Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων»

Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού υπό καθεστώς κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής με χρήση του λογισμικού WEAP21

Ψωμάς Αλέξανδρος

Επιβλέπουσα: Μιμίκου Μαρία, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων»

Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού υπό καθεστώς κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής με χρήση του λογισμικού WEAP21

Water resources management in Pinios river basin
under climate and socio-economic change
using the WEAP21 software

Ψωμάς Αλέξανδρος

Επιβλέπουσα: Μιμίκου Μαρία, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

Το περιεχόμενο της ανά χείρας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια του παρόντος προλόγου θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλα εκείνα τα πρόσωπα που με άμεσο ή έμμεσο τρόπο συνέβαλαν στην επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας από μέρους μου. Η βοήθεια που μου παρείχαν, με οποιοδήποτε μέσο (πχ. γνώσεις, πληροφορίες, συμβουλές, καθοδήγηση, ηθική υποστήριξη) υπήρξε για μένα σημαντική. Ωστόσο, περισσότερο από καθετί άλλο, οφείλω να τους ευχαριστήσω για τον πολύτιμο χρόνο τους που διέθεσαν σε εμένα.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Μιμίκου Μαρία, Καθηγήτρια ΕΜΠ, διευθύντρια του Εργαστηρίου Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, που υπήρξε η επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας εργασίας και συνέβαλε καθοριστικά, με τις διορθώσεις και τις παρατηρήσεις της, στο τελικό περιεχόμενο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Κόσσιδα Μάγκυ, επιστημονική συνεργάτη του Εργαστηρίου Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων και υποψήφια διδάκτορα, για τη διαρκή παρακολούθηση της δουλειάς μου, την άψογη συνεργασία και τον εφοδιασμό μου με χρήσιμα δεδομένα και βιβλιογραφικό υλικό.

Ακόμη, θέλω να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους Μακρόπουλο Χρήστο, Επίκουρο Καθηγητή του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, και Παναγόπουλο Γιάννη, επιστημονικό συνεργάτη του Εργαστηρίου Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων και διδάκτορα, για τη συνδρομή τους σε επιμέρους ενότητες της εργασίας και την άμεση ανταπόκρισή τους, όποτε χρειάστηκε να απευθυνθώ σε αυτούς.

Επιπλέον, σημαντική ήταν η βοήθεια που μου παρείχαν οι Μαμάης Δάνος, Αναπληρωτής Καθηγητής του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, και Λούρμας Γιώργος, ανώτερος σύμβουλος της εταιρείας LDK, σε σχέση με το ισχύον καθεστώς της επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή μελέτης. Τέλος, χρήσιμες υπήρξαν οι υδρογεωλογικές πληροφορίες που μου παρείχε και τα δεδομένα με τα οποία με εφοδίασε ο γεωλόγος-μελετητής Περλέρος Βασίλης.

Ψωμάς Αλέξανδρος

Νοέμβριος, 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη i

Extended Abstract iii

Κεφάλαιο 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική σημασία του νερού 3

1.2 Οι υδατικοί πόροι και η διαχείρισή τους 5

1.2.1 Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης 9

1.2.2 Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ 13

1.3 Το εννοιολογικό περιεχόμενο της ξηρασίας και της λειψυδρίας 15

1.4 Αντικείμενο μελέτης 18

1.5 Στόχοι εργασίας 19

1.6 Διάρθρωση περιεχομένου 21

Κεφάλαιο 2 - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 Γεωγραφική θέση - Διοικητική διαίρεση 25

2.2 Πληθυσμός - Κοινωνική και οικονομική οργάνωση 28

2.3 Χρήσεις Γης 32

2.4 Γεωμορφολογία 34

2.5 Γεωλογία - Υδρογεωλογία 35

2.5.1 Έδαφος 35

2.5.2 Υπέδαφος 37

2.6 Κλίμα - Υδρομετεωρολογία 40

2.6.1 Βροχόπτωση 41

2.6.2 Θερμοκρασία 47

2.6.3 Σχετική υγρασία 47

2.6.4 Ταχύτητα ανέμου 48

2.6.5 Ηλιοφάνεια 48

2.6.6 Δυνητική και Πραγματική Εξατμοδιαπνοή 49

2.7 Προσφορά νερού 56

2.7.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα 56

2.7.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα & Πηγές 63

2.7.3 Υδρολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ υδατικών συστημάτων 68

2.7.4 Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων 70

2.8 Ζήτηση νερού 74

2.8.1 Ύδρευση 75

2.8.2 Άρδευση 76

2.8.3 Κτηνοτροφία – Ιχθυοκαλλιέργεια 78

2.8.4 Βιομηχανία 81

2.8.5 Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας 81

2.8.6 Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων Οδηγίας 2000/60/ΕΚ 82

2.9 Σύνοψη μεγεθών προσφοράς-ζήτησης 84

2.10 Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων 87

2.11 Κατανάλωση νερού - Επιστροφές - Επεξεργασία λυμάτων 89

Κεφάλαιο 3 - ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

3.1 Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης 95

3.1.1 Το Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης WEAP21 96

3.2 Σχηματοποίηση - Μοντελοποίηση περιοχής μελέτης 99

3.2.1 Υδρογραφικό δίκτυο και Υδρομετρικοί σταθμοί 100

3.2.2 Διαχειριστικές λεκάνες 101

3.2.3 Κόμβοι προσφοράς νερού 103

3.2.4 Κόμβοι ζήτησης νερού 106

3.2.5 Κόμβοι επεξεργασίας λυμάτων 108

3.2.6 Μεταφορά νερού – Συνδέσεις 109

3.2.6.1 Ειδικές συνδέσεις 110

3.2.7 Πρακτική απολήψεων 111

3.2.8 Υδρολογικό Μοντέλο λεκάνης απορροής 112

3.2.9 Μοντέλο διαχείρισης υδατικών πόρων 113

3.3 Βαθμονόμηση και Επικύρωση μοντέλου 114

3.3.1 Διατύπωση προβλήματος βαθμονόμησης 116

3.3.2 Βελτιστοποίηση - Σύζευξη WEAP με Matlab 119

3.3.2.1 Προσομοιωμένη ανόπτηση 120

3.3.3 Επιλογή περιόδων και στόχων βαθμονόμησης και επικύρωσης 122

3.3.4 Αποτελέσματα βαθμονόμησης και επικύρωσης 124

3.3.4.1 Μέτρα επίδοσης ανά θέση υδρομετρικού σταθμού 124

3.3.4.2 Βελτιστοποιημένες παράμετροι 132

Κεφάλαιο 4 - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ A1B ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 Παγκόσμια σενάρια εκπομπών SRES 137

4.2 Παγκόσμια και Περιφερειακά κλιματικά μοντέλα (GCM/RCM) 140

4.2.1 Μελλοντικές προβλέψεις κλιματικών μοντέλων για το παγκόσμιο κλίμα 142

4.3 Επεξεργασία μελλοντικών κλιματικών χρονοσειρών για την περιοχή μελέτης 143

4.4 Παρουσίαση μελλοντικών κλιματικών προβλέψεων για την περιοχή μελέτης 145

Κεφάλαιο 5 - ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ G1: CONFIDENT & COMPETITIVE GREECE ΚΑΙ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Παγκόσμια και ευρωπαϊκά κοινωνικοοικονομικά σενάρια (GEO-4, SCENES) 153

5.2 Διατύπωση του ελληνικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece 155

5.2.1 Αφήγηση σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece 158

5.3 Προσομοίωση G1 με χρήση του λογισμικού International Futures (IFs) 192

5.4 Το υδατικό Σενάριο P1: Εξειδίκευση σεναρίου G1 στην περιοχή μελέτης 197

Κεφάλαιο 6 - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

6.1 Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης (1980-2010) 207

6.1.1 Περίοδος βαθμονόμησης και επικύρωσης (1980-1994) 207

6.1.2 Σενάριο Αναφοράς (1995-2010) 208

6.1.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου Αναφοράς 209

6.2 Προσομοίωση μελλοντικής κατάστασης (2015-2030) 211

6.2.1 Σενάριο πιέσεων CC: Σενάριο Αναφοράς με ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής (2015-2030) 212

6.2.1.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CC 212

6.2.2 Σενάριο πιέσεων CCP1: Σενάριο πιέσεων CC με ενσωμάτωση της κοινωνικοοικονομικής αλλαγής του υδατικού Σεναρίου P1 (2015-2030) 214

6.2.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CCP1 215

6.2.3 Σενάριο πιέσεων CCP1Env: Σενάριο πιέσεων CCP1 με ενσωμάτωση περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων (2015-2030) 217

6.2.3.1 Αποτελέσματα Σεναρίου πιέσεων CCP1Env 218

Κεφάλαιο 7 - ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

7.1 Διατύπωση σεναρίων απόκρισης 225

7.2 Σενάριο απόκρισης R0: Σενάριο μηδενικής παρέμβασης 227

7.3 Σενάριο απόκρισης R1: Σενάριο κινήτρων και μέτρων για την εξοικονόμηση νερού 228

7.4 Σενάριο απόκρισης R2: Σενάριο απόκρισης R0 με ενσωμάτωση αναδιάρθρωσης καλλιεργειών 232

7.4.1 Αναδιάρθρωση καλλιεργειών αρδευόμενων εκτάσεων πεδινής ζώνης 237

Κεφάλαιο 8 - ΣΥΝΟΨΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 245

Κεφάλαιο 9 - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ & ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ 253

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Πίνακας Συντομογραφιών

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Πληθυσμιακά δεδομένα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Δεδομένα βροχόπτωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Φυτικοί συντελεστές

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Εκτίμηση υδατικών αναγκών ανά χρήση

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: Κατανάλωση νερού

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ: Μοντελοποίηση - Αλγόριθμοι υπολογισμού

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1: Καλλικρατικοί και καποδιστριακοί δήμοι ή τμήματα δήμων της περιοχής μελέτης 26

Πίνακας 2.2: Μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης σε επίπεδο δήμων (Απογραφή 2001) 29

Πίνακας 2.3: Διάρθρωση της απασχόλησης και της παραγωγής ΑΕΠ στην Περιφέρεια Θεσσαλίας 31

Πίνακας 2.4: Διάρθρωση των χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης 33

Πίνακας 2.5: Διάρθρωση της γεωργικής γης στην περιοχή μελέτης 34

Πίνακας 2.6: Κατάταξη εδαφικών προφίλ της περιοχής μελέτης σε κλίμακες διαπερατότητας 36

Πίνακας 2.7: Κατάταξη γεωλογικών σχηματισμών περιοχής μελέτης ως προς την υδροπερατότητα 39

Πίνακας 2.8: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης 44

Πίνακας 2.9: Σύνοψη τιμών μεταβλητών, που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της υψομετρικά διορθωμένης μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1980-81 – 2009-10 46

Πίνακας 2.10: Υψομετρικά διορθωμένες μέσες μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1980-81 – 2009-10 46

Πίνακας 2.11: Χαρακτηριστικά μετεωρολογικών σταθμών μέτρησης θερμοκρασίας 47

Πίνακας 2.12: Χαρακτηριστικά μετεωρολογικού σταθμού μέτρησης σχετικής υγρασίας 47

Πίνακας 2.13: Χαρακτηριστικά μετεωρολογικού σταθμού μέτρησης ταχύτητας ανέμου 48

Πίνακας 2.14: Χαρακτηριστικά μετεωρολογικών σταθμών μέτρησης ηλιοφάνειας 49

Πίνακας 2.15: Μηνιαίες και ετήσιες τιμές θερμοκρασίας, σχετική υγρασίας, ταχύτητας ανέμου, ηλιοφάνειας και δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς για τον μετεωρολογικό σταθμό των Τρικάλων 50

Πίνακας 2.16: Φυτικοί συντελεστές μη καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης 53

Πίνακας 2.17: Φυτικοί συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης 53

Πίνακας 2.18: Μηνιαία και ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή ανά χρήση γης της περιοχής μελέτης 54

Πίνακας 2.19: Μηνιαία και ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή της περιοχής μελέτης, με βάση τις υφιστάμενες χρήσεις γης 55

Πίνακας 2.20: Χαρακτηριστικά υδρομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης 61

Πίνακας 2.21: Υδρολογικά χαρακτηριστικά λεκανών απορροής στα ανάντη των πιο αξιόπιστων υδρομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης 62

Πίνακας 2.22: Χαρακτηριστικά στοιχεία πηγών της περιοχής μελέτης 67

Πίνακας 2.23: Μέση ετήσια τροφοδοσία στα υπόγεια υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης 67

Πίνακας 2.24: Υφιστάμενα και μελλοντικά φράγματα της περιοχής μελέτης 72

Πίνακας 2.25: Τυπική μέση ημερήσια κατανάλωση ανά ζώο 79

Πίνακας 2.26: Περιβαλλοντικές απαιτήσεις ανά υδατικό σύστημα 84

Πίνακας 2.27: Τελική ζήτηση νερού στην περιοχή μελέτης 85

Πίνακας 2.28: Μέσες ετήσιες απολήψεις και καταναλώσεις ανά υπόγειο υδατικό σύστημα 86

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικοί αριθμοί και ονομασίες διαχειριστικών λεκανών 101

Πίνακας 3.2: Νέες μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο για τον υπολογισμό της μηνιαίας τελικής ζήτησης 107

Πίνακας 3.3: Ορισθείσες προτεραιότητες ζήτησης στο μοντέλο 114

Πίνακας 3.4: Σύνοψη των μέτρων επίδοσης σε όλες τις θέσεις υδρομετρικών σταθμών 132

Πίνακας 3.5: Βέλτιστες τιμές κλάσματος διήθησης/κατείσδυσης ανά λεκάνη 133

Πίνακας 3.6: Βέλτιστες τιμές ποσοστού ωφέλιμης βροχόπτωσης ανά λεκάνη 133

Πίνακας 3.7: Βέλτιστες τιμές ποσοστού διήθησης από τις κοίτες των ποταμών 134

Πίνακας 4.1: Μηνιαία μέση βροχόπτωση περιοχής μελέτης για την περίοδο 2015-2030 και μεταβολή σε σχέση με την περίοδο 1981-2010 148

Πίνακας 4.2: Δυνητική εξατμοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς και πρωτογενής αρδευτική ανάγκη καλλιεργειών περιοχής μελέτης για την περίοδο 2015-2030 σε σύγκριση με την περίοδο 1981-2010 150

Πίνακας 5.1: Βασικά αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου G1 με το λογισμικό IFs 196

Πίνακας 5.2: Ανάλυση αποτελεσμάτων έρευνας κοινής γνώμης για την πιθανότητα μετεγκατάστασης κατοίκων Αθήνας και Θεσσαλονίκης στην επαρχία στο μέλλον 199

Πίνακας 5.3: Παραδοχές Σεναρίου P1 204

Πίνακας 6.1: Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου Αναφοράς 209

Πίνακας 6.2: Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CC 213

Πίνακας 6.3: Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CCP1 216

Πίνακας 6.4: Διάρθρωση προμήθειας νερού στο Σενάριο πιέσεων CCP1 216

Πίνακας 6.5: Χαρακτηρισμός πίεσης απόληψης για τη θέση Αλή Εφέντη 219

Πίνακας 6.6: Αναγκαίες περικοπές στις καθαρές απολήψεις για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env 220

Πίνακας 6.7: Αναγκαίες περικοπές στις μικτές απολήψεις για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env 221

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα Σεναρίου πιέσεων CCP1Env 222

Πίνακας 7.1: Ζήτηση νερού στην πεδινή ζώνη της περιοχής μελέτης για το Σενάριο πιέσεων CCP1Env 226

Πίνακας 7.2: Εκμεταλλευόμενη και δυνητικά εκμεταλλεύσιμη γεωργική γη στην πεδινή ζώνη της περιοχής μελέτης 226

Πίνακας 7.3: Βασικά χαρακτηριστικά σεναρίων απόκρισης 227

Πίνακας 7.4: Εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R0 228

Πίνακας 7.5: Πρόγραμμα μέτρων εξοικονόμησης νερού στα πλαίσια του Σεναρίου απόκρισης R1 230

Πίνακας 7.6: Εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R1 231

Πίνακας 7.7: Εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R0 232

Πίνακας 7.8: Ορισμός στόχου εξοικονόμησης νερού στο Σενάριο απόκρισης R2 233

Πίνακας 7.9: Οικονομική απόδοση καλλιεργειών που επιλέχθηκαν 235

Πίνακας 7.10: Αρδευτική ανάγκη καλλιεργειών που επιλέχθηκαν 236

Πίνακας 7.11: Κατευθύνσεις αναδιάρθρωσης καλλιεργειών στο Σενάριο απόκρισης R2 239

Πίνακας 7.12: Σύγκριση οικονομικής και υδατικής απόδοσης καλλιεργειών στο Σενάριο απόκρισης R0 (προ αναδιάρθρωσης) και στο Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση) 242

Πίνακας 7.13: Σύνθεση γεωργικής γης στο Σενάριο απόκρισης R0 (προ αναδιάρθρωσης) και στο Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση) 242

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Η διαίρεση της Ελλάδας σε 14 υδατικά διαμερίσματα (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2008) 9

Εικόνα 2.1: Οριοθέτηση της περιοχής μελέτης 25

Εικόνα 2.2: Διοικητική διαίρεση της περιοχής μελέτης με βάση α. το Πρόγραμμα Καποδίστριας και β. το Πρόγραμμα Καλλικράτης 27

Εικόνα 2.3: Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης 33

Εικόνα 2.4: Γεωμορφολογία και υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης 35

Εικόνα 2.5: Διαπερατότητα των εδαφών της περιοχής μελέτης 36

Εικόνα 2.6: Γεωτεκτονικές ζώνες της περιοχής μελέτης 38

Εικόνα 2.7: Υδροπερατότητα των υδρολιθολογικών ενοτήτων της περιοχής μελέτης 39

Εικόνα 2.8: Επιλεγέντες βροχομετρικοί σταθμοί και πολύγωνα Thiessen 42

Εικόνα 2.9: Κύρια επιφανειακά υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης και λεκάνες απορροής 57

Εικόνα 2.10: Πρόχειρο φράγμα υδροληψίας ακριβώς ανάντη του υδρομετρικού σταθμού στη θέση Αλή Εφέντη του Πηνειού ποταμού (Πηγή: Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α) 60

Εικόνα 2.11: Υδρομετρικοί σταθμοί της περιοχής μελέτης και ανάντη λεκάνες απορροής για τους πιο αξιόπιστους από αυτούς 61

Εικόνα 2.12: Υπόγεια υδατικά συστήματα και σημαντικότερες πηγές της περιοχής μελέτης 66

Εικόνα 2.13: Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης 74

Εικόνα 2.14: Πρακτική απολήψεων ύδρευσης στην περιοχή μελέτης 88

Εικόνα 2.15: Πρακτική απολήψεων άρδευσης στην περιοχή μελέτης 88

Εικόνα 3.1: Υδρογραφικό δίκτυο και υδρομετρικοί σταθμοί στο WEAP21 100

Εικόνα 3.2: Όρια και σχηματοποίηση διαχειριστικών λεκανών στο WEAP21 102

Εικόνα 3.3: Σχηματοποίηση κόμβων προσφοράς νερού στο WEAP21 και περιοχές επιρροής των υπόγειων υδροφορέων στο μοντέλο 106

Εικόνα 3.4: Σχηματοποίηση κόμβων ζήτησης υδρευτικού, κτηνοτροφικού και βιομηχανικού νερού στο WEAP21 και όρια καποδιστριακών δήμων 108

Εικόνα 3.5: Τελική σχηματοποίηση περιοχής μελέτης στο WEAP21 και εξωτερικά όρια λεκάνης Αλή Εφέντη 110

Εικόνα 3.6: Διάγραμμα ροής κώδικα προγραμματισμού βαθμονόμησης μοντέλου (Προέλευση: Τσουκαλάς, 2012 · μετά από προσαρμογή) 120

Εικόνα 3.7: Ρύθμιση της μεθόδου προσομοιωμένης ανόπτησης σε περιβάλλον Matlab 122

Εικόνα 3.8: Παρακολούθηση αποτελεσμάτων βαθμονόμησης με τη μέθοδο προσομοιωμένης ανόπτησης σε περιβάλλον Matlab 122

Εικόνα 4.1: Το δένδρο των αφηγήσεων SRES (Πηγή: IPCC, 2000) 138

Εικόνα 4.2: Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και μεταβολή της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας για τα διάφορα σενάρια εκπομπών SRES (Πηγή: IPCC, 2007) 142

Εικόνα 4.3: Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της περιόδου 2015-2030 σε σχέση με την περίοδο 1981-2010 ανά σταθμό της περιοχής μελέτης 147

Εικόνα 5.1: Κατηγοριοποίηση αγροτικών προϊόντων με βάση το στρατηγικό προσανατολισμό (Πηγή: McKinsey & Company, 2012) 171

Εικόνα 6.1: Μη εξυπηρετούμενη ζήτηση για άρδευση στο Σενάριο Αναφοράς 211

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1: Διάγραμμα αλληλεπιδράσεων μεταξύ κοινωνικο-οικονομικού, διοικητικού-θεσμικού και συστήματος φυσικών πόρων, καθώς και με το περιβάλλον αυτών (Πηγή: Loucks et al., 2005) 10

Σχήμα 1.2: Αλληλουχία και επιπτώσεις των διαφόρων ειδών ξηρασίας (Προέλευση: Ameziane et al., 2005 · μετά από προσαρμογή) 16

Σχήμα 2.1: Διάγραμμα υπολογισμού βροχοβαθμίδας της περιοχής μελέτης 45

Σχήμα 2.2: Τυπική εξέλιξη της τιμής του φυτικού συντελεστή K_c στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας (Προέλευση: Allen et al., 1998 · μετά από προσαρμογή) 51

Σχήμα 2.3: Διακύμανση στάθμης υπογείου νερού σε γεωτρήσεις του δικτύου παρακολούθησης της προσχωματικής λεκάνης Τρικάλων-Καλαμπάκας (Πηγή: Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011στ) 68

Σχήμα 2.4: Σχηματική αναπαράσταση των έργων εκτροπής του Αχελώου (Πηγή: Κουτσογιάννης, 1996) 70

Σχήμα 2.5: Διάρθρωση τελικής ζήτησης νερού στην περιοχή μελέτης 85

Σχήμα 3.1: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού της Πύλης 125

Σχήμα 3.2: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων ετήσιων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού του Μουζακίου 126

Σχήμα 3.3: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού του Μουζακίου 127

Σχήμα 3.4: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού της Θεόπετρας 128

Σχήμα 3.5: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού του Γάβρου 129

Σχήμα 3.6: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού της Σαρακίνας 130

Σχήμα 3.7: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων ετήσιων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού Αλή Εφέντη 131

Σχήμα 3.8: Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού Αλή Εφέντη 131

Σχήμα 4.1: Μέση ετήσια θερμοκρασία στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες) 145

Σχήμα 4.2: Μέση εποχική θερμοκρασία στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες) 146

Σχήμα 4.3: Μέση ετήσια βροχόπτωση στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες) 149

Σχήμα 4.4: Μέση εποχική βροχόπτωση στα Τρίκαλα
για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες) 149

Σχήμα 5.1: Η τοποθέτηση των αφηγήσεων GEO-4 σε σχέση με τη χωρική διάσταση των αλλαγών και την κυριαρχούσα νοοτροπία (Πηγή: Kok et al., 2011b) 154

Σχήμα 5.2: Η τοποθέτηση των αφηγήσεων SCENES σε σχέση με τη χωρική διάσταση των αλλαγών και την κυριαρχούσα νοοτροπία
(Προέλευση: Kok et al., 2011b · μετά από προσαρμογή) 155

Σχήμα 5.3: Η τοποθέτηση της αφήγησης G1 - Confident and Competitive Greece σε σχέση με τη χωρική διάσταση των αλλαγών και την κυριαρχούσα νοοτροπία
(Προέλευση: Kok et al., 2011b · μετά από προσαρμογή) 156

Σχήμα 5.4: Χαρακτηριστικές κοινωνικοοικονομικές δομές και συσχετίσεις στο λογισμικό IFs (Πηγή: Hughes, 2009) 194

Σχήμα 5.5: Ελληνικές εξαγωγές για το σενάριο G1 (2010-2030) 196

Σχήμα 5.6: Ιστορική εξέλιξη ελληνικού χρέους ως ποσοστό του ΑΕΠ και μελλοντική εξέλιξη για το σενάριο G1 (2010-2030) 197

Σχήμα 5.7: Ιστορική εξέλιξη ελληνικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ και μελλοντική εξέλιξη για το σενάριο G1 (2010-2030) 197

Σχήμα 6.1: Παροχές πηγών Κουμερκίου-Κεφαλόβρυσου
για την περίοδο 1980-1994 207

Σχήμα 6.2: Αποθήκευση υπόγειου υδατικού συστήματος κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου για την περίοδο 1980-1994 208

Σχήμα 6.3: Μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης
για το Σενάριο Αναφοράς 210

Σχήμα 6.4: Μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης
για το Σενάριο πιέσεων CC 214

Σχήμα 6.5: Ετήσια κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης
για το Σενάριο πιέσεων CCP1 217

Σχήμα 6.6: Μικτές απολήψεις για το Σενάριο πιέσεων CCP1 και
για το Σενάριο πιέσεων CCP1Env 222

Σχήμα 7.1: Βέλτιστες λύσεις για εξοικονόμηση νερού και αύξηση μικτού γεωργικού εισοδήματος σύμφωνα με τη μέθοδο απόδοσης βαρών στα κριτήρια αποτίμησης 240

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιοχή μελέτης είναι η λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη, που αποτελεί υπολεκάνη του ποταμού Πηνειού. Η περίοδος αναφοράς καλύπτει τα έτη 1995-2010, ενώ η εξεταζόμενη περίοδος είναι το διάστημα 2015-2030. Στόχος της εργασίας είναι η διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης κάτω από συνθήκες κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής, με επιπρόσθετη ενσωμάτωση περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων.

Αρχικά, πραγματοποιείται συλλογή και επεξεργασία όλων των απαραίτητων δεδομένων για τη σχηματοποίηση και τη μοντελοποίηση της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώνονται στοιχεία διοικητικής διαίρεσης και κοινωνικοοικονομικής οργάνωσης, δεδομένα χρήσεων γης, γεωμορφολογικές, γεωλογικές και υδρογεωλογικές πληροφορίες, κλιματικά και υδρομετεωρολογικά δεδομένα, στοιχεία προσφοράς, ζήτησης, απολήψεων, μεταφοράς, κατανάλωσης και επεξεργασίας νερού. Η επεξεργασία γίνεται σε περιβάλλον ΣΓΠ ή σε λογιστικά φύλλα.

Αξιοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, αναπτύσσεται το υδρολογικό και διαχειριστικό μοντέλο της περιοχής μελέτης. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για αυτήν την εργασία είναι το WEAP21. Για την εκτέλεση της βαθμονόμησης του μοντέλου, υλοποιείται η σύζευξη του WEAP21 με το περιβάλλον της Matlab. Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης που εφαρμόζεται είναι αυτός της προσομοιωμένης ανόπτησης. Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης και της επικύρωσης του μοντέλου κρίθηκαν πολύ ικανοποιητικά, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των μέτρων επίδοσης που υπολογίστηκαν (αποτελεσματικότητα, συντελεστής γραμμικής και μεροληψία της μέσης τιμής).

Προκειμένου να προσομοιωθεί η μελλοντική κατάσταση της περιοχής μελέτης κατά την περίοδο 2015-2030, πραγματοποιήθηκαν τριών ειδών επεξεργασίες. Πρώτον, παρελήφθησαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών οι μελλοντικές κλιματικές χρονοσειρές για την περιοχή μελέτης, με βάση το κλιματικό σενάριο A1B. Οι χρονοσειρές αυτές διορθώθηκαν ως προς τις ιστορικά παρατηρημένες και στη συνέχεια υπέστησαν επεξεργασία για την εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων ως προς τη μεταβολή των αντίστοιχων υδροκλιματικών μεταβλητών. Δεύτερον, ακολουθώντας τη φιλοσοφία και τη διάρθρωση των παγκόσμιων κοινωνικοοικονομικών σεναρίων GEO-4 και των ευρωπαϊκών υδατικών σεναρίων SCENES διατυπώθηκε το πρωτότυπο ελληνικό κοινωνικοοικονομικό σενάριο G1: Confident & Competitive Greece. Βασικές παραδοχές του σεναρίου είναι η τάση παγκοσμιοποίησης της οικονομίας και φιλελευθεροποίησης των αγορών, η ισορροπημένη αξιοποίηση των ορυκτών πόρων και των ΑΠΕ, η ενισχυμένη λήψη αποφάσεων σε υπερεθνικό επίπεδο και η καθοριστική επιρροή των παραγόντων της οικονομίας στις τελικές αποφάσεις. Στο σενάριο αυτό η Ελλάδα

αποφασίζει να εκπονήσει και να εφαρμόσει ένα Εθνικό Σχέδιο Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης, με την ευρύτερη συνεργασία πλήθους φορέων. Μέσω αυτού επιδιώκεται η βελτίωση της παραγωγικής της βάσης, η άνοδος της ανταγωνιστικότητας σε όρους οικονομικής απόδοσης και ποιότητας, η ενίσχυση της καινοτομίας, η απελευθέρωση της επιχειρηματικότητας και η προώθηση της εξωστρέφειας. Το σενάριο αυτό προσομοιώνεται με τη χρήση του λογισμικού International Futures (IFs), ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι πιθανές επιπτώσεις του στα μεγέθη της προσφοράς και της ζήτησης νερού. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, σε συνδυασμό με κατάλληλη βιβλιογραφία, συμβάλλουν στην εξειδίκευση του σεναρίου G1 στην περιοχής μελέτης. Η εξειδίκευση αυτή αποτελεί το υδατικό σενάριο P1. Η τρίτη επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε αφορούσε τον υπολογισμό της φυσικοποιημένης απορροής στη θέση Αλή Εφέντη, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του Υδατικού Διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Το σενάριο περιβαλλοντικών απαιτήσεων που υιοθετήθηκε ήταν το μέσο, το οποίο προβλέπει ότι το 50% της φυσικοποιημένης απορροής θα πρέπει είναι διαθέσιμη στο περιβάλλον. Με βάση το κριτήριο αυτό, προσδιορίσθηκαν οι μήνες κατά τους οποίους οι απολήψεις είναι μεγαλύτερες από το επίπεδο που επιτρέπεται. Όπως προέκυψε, οι μήνες που θα αντιμετωπίσουν σοβαρό πρόβλημα είναι ο Ιούνιος, ο Ιούλιος, ο Αύγουστος και ο Σεπτέμβριος.

Η ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής, της κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης και των παραπάνω περιβαλλοντικών απαιτήσεων κατά την περίοδο 2015-2030 (Σενάριο CCP1Env) έδειξε ότι το έλλειμμα του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού θα προσεγγίσει τα 166,6 hm^3 (ποσοστό κάλυψης της ζήτησης 68,1%). Τα διαχειριστικά σενάρια που διατυπώθηκαν για την αντιμετώπιση αυτού του ελλείμματος είναι τρία. Το πρώτο είναι ένα σενάριο μηδενικής παρέμβασης. Σε αυτό η εξοικονόμηση νερού είναι αποτέλεσμα της εγγενούς τεχνολογικής αλλαγής, που συμβαδίζει με την κοινωνικοοικονομική εξέλιξη. Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση νερού φτάνει το 6,7% της μελλοντικής ζήτησης ή 19% του ελλείμματος. Το δεύτερο είναι ένα σενάριο κινήτρων και μέτρων για την εξοικονόμηση νερού και τη βελτίωση της αποδοτικότητας στη χρήση του. Η εξοικονόμηση νερού σε αυτό εκτιμάται σε 30-35% της μελλοντικής ζήτησης ή 85-99% του ελλείμματος. Επιπλέον, διερευνήθηκε η δυνατότητα μείωσης του ελλείμματος μέσω της αναδιάρθρωσης των αρδευόμενων καλλιεργειών της πεδινής ζώνης. Όπως και στο πρώτο σενάριο, η εγγενής τεχνολογική αλλαγή θα μπορούσε να μειώσει τη μελλοντική ζήτηση κατά 6,7% ή 19% του ελλείμματος. Το υπόλοιπο 81% απαιτείται να καλυφθεί από τη μείωση της αρδευτικής ζήτησης κατά 32,2%. Η μείωση της αρδευτικής ζήτησης σε αυτό το επίπεδο επιχειρείται να γίνει με αναδιάρθρωση των καλλιεργειών, η οποία θα μεγιστοποιεί το μικτό γεωργικό εισόδημα και θα ελαχιστοποιεί την αρδευτική ανάγκη. Κάθε “βέλτιστη λύση” που προκύπτει εκφράζει έναν διαφορετικό συνδυασμό συνολικής αρδευόμενης έκτασης και ποσοστιαίας συμμετοχής των επιμέρους καλλιεργειών. Ωστόσο, τα αποτελέσματα εξαρτώνται σε καθοριστικό βαθμό από τις παραδοχές που ενσωματώνονται στον αλγόριθμο επίλυσης.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The study area is Ali Efenti catchment, a subcatchment of the broader Pinios river basin in the northwest Thessaly region, Greece. The baseline period spans over the years 1995-2010 and the study period comprises of the years 2015-2030. The scope of the thesis is water resources management under climate and socio-economic change, with an additional integration of environmental requirements for the quantitative state of the surface and underground water bodies.

Thesis Outline

The thesis is structured in 9 chapters with the following content:

Chapter 1: Introduction

Chapter 2: Study area presentation - Data gathering and processing

Chapter 3: Development, calibration and validation of the hydrological and the water resources management model

Chapter 4: Impact of the A1B emission scenario on the study area

Chapter 5: Development of the Greek socio-economic scenario G1: Confident & Competitive Greece, inspired by the Markets First GEO-4 global socio-economic scenario – The P1 water scenario: Configuration of the G1 scenario for the study area

Chapter 6: Simulation of the current and future state of the study area, integrating climatic change, socio-economic evolution and environmental requirements for the quantitative state of the surface and underground water bodies – Estimation of the water balance between future supply and demand

Chapter 7: Response measures for the enhancement of water saving and the improvement of water use efficiency

Chapter 8: Summary and Conclusions

Chapter 9: Suggestions for improvements and further investigation

Posing the management problem

The Pinios river basin suffers from water-scarcity as demand for water overwhelms the available supply for the current state of infrastructure. The area is occasionally struck by droughts which deteriorate the existing deficit between supply and demand. The main characteristics of the Pinios water resources system include: lack of reservoirs which could store winter flows, high conveyance and distribution losses due to leakage to groundwater or evapotranspiration from open channels, extremely high level of agricultural demand (over 90%), highly water consuming and unsustainable agricultural practices, sea intrusion in the coastal areas, pollution of the cultivated areas in the lowlands with nitrogenous compounds, diversion of the Tavropos river (belonging to the neighbouring West Greece river basin district) through the Pastiras dam, intended diversion of the Acheloos river (also belonging to the neighbouring West Greece river basin district) through a complex system of reservoirs and tunnels, competition between different water uses (including hydropower generation from the Plastiras dam). The combination of all the above with future climate and socioeconomic change, as well as the establishment of environmental requirements for the surface and underground water bodies adds further complexity to the management problem. Concerning the colliding interests of the users, managing such a water resources system with efficiency and equity constitutes a real challenge for any water manager.

The Ali Efenti catchment, being a subcatchment of the Pinios river basin, faces quite similar issues and hazards, but to a lower extent as the literature review revealed. This is mainly due to the lower development level, comparing with the eastern part of the river basin (Larissa), and the greater availability of water because of higher precipitation and more rapid aquifer recharge.

Data gathering and processing

The data which was gathered and processed included administrative boundaries, socio-economic organization, land use, geomorphology, geology and hydrogeology, climate and hydrometeorology, supply, demand, abstractions, conveyance, distribution, consumption and water treatment. The processing was executed with GIS software or spreadsheets.

Hydrological and water resources management model establishment

The study area hydrological and water resources management model was developed using WEAP21, developed by Stockholm Environment Institute. Model calibration was executed via WEAP21-Matlab conjunction. The selected optimisation algorithm was simulated annealing, which is integrated in the Optimization Toolbox of Matlab. The performance criteria used were Efficiency (Nash-Sutcliffe coefficient), Correlation coefficient and Mean

value bias. Calibration and validation results show good fitting of the model given the complexity of the study area and taking into account results from previous studies.

Baseline scenario simulation results

The baseline scenario simulation (1995-2010) showed that water demand in the study area exceeds supply by about 72,1 hm^3. Over 99% of this deficit derives from unmet irrigation demand. Partly it could be attributed to an overestimation of the irrigation needs, due to the fact that actually irrigated area may fall short of officially irrigated land. The deficit is primary concentrated in the lowland region, where most of the irrigation takes place.

Future climate change simulation results

Dynamically downscaled climatic timeseries, based on the A1B emission scenario, were obtained from the National Observatory of Athens. These timeseries were extracted from regional climate model run results during the European project ENSEMBLES. The climatic timeseries were compared with observed timeseries for the common historical period of 1980-2010. The overannual monthly mean and standard deviation were then corrected and the future timeseries were recalculated. The recalculated timeseries were statistically processed in order to extract the 5-year-moving average timeseries. The investigation of the processed timeseries revealed that during 2015-2030 a 0,5 °C temperature increase should be expected, relative to 1981-2001. The average rainfall may increase slightly by 0,8%, compared to the period 1981-2010. At seasonal basis, the rainfall will be reduced in winter and summer and increased in autumn and spring. In particular, during the typical irrigation season (April to September), the reduction of rainfall was estimated equal to 8,5%. The rainfall reduction during the irrigation season in combination with the simultaneous increase of temperature and, therefore, evapotranspiration would cause the increase of crop irrigation needs by 2,7-3,9%.

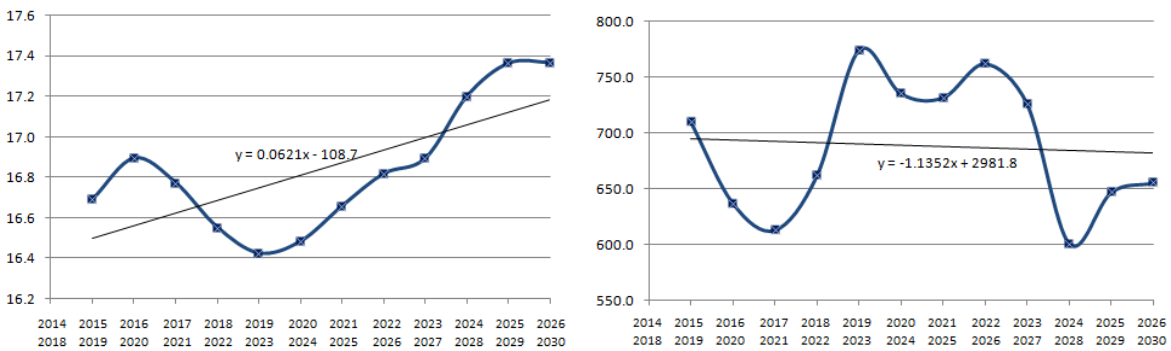


***Fig.1**: Future temperature (on the left) and precipitation (on the right) in Ali Efenti catchment (A1B emission scenario, 5-year moving average for 2015-2030)*

The CC Scenario investigates the influence of climate change on future supply and demand water balance during 2015-2030. Simulation showed that the balance deficit could deteriorate by 3,1 hm^3, only due to the climate change.

Future socio-economic change simulation results

Future socio-economic change was determined by developing the original socio-economic scenario G1: Confident & Competitive Greece. This scenario follows the concept and the structure of the Markets First scenario of the GEO-4 report and the Economy First scenario of the european project SCENES. The underlying assumptions of the scenario are the globalization trend, the liberalization of the markets, the balanced exploitation of fossil fuels and renewable energy, the enhancement of decision-making at the supranational level and the decisive influence of Markets-Businesses in policy-making. In this scenario, Greece decides to elaborate and implement a Reconstruction and Development National Plan, which is formed with broad cooperation and consensus. The primary objectives of the plan are productive base improvement, competitiveness rise in terms of economic efficiency and quality, innovation fostering, entrepreneurship liberalization and openness promotion. A key component of the scenario is the domestic migration of a substantial portion of urban population to the peri-urban and rural areas of Greece. The G1 scenario was simulated using the International Futures (IFs) software, to quantify the potential impact on water supply and demand. The simulation results, in combination with appropriate literature, contributed to the configuration of the G1 scenario in the study area. This configuration is the water scenario P1. P1 involves increase in water demand for the domestic, livestock and industry sector. Regarding the agricultural sector, no further increase is assumed. Irrigation needs would only increase as a result of climate change.

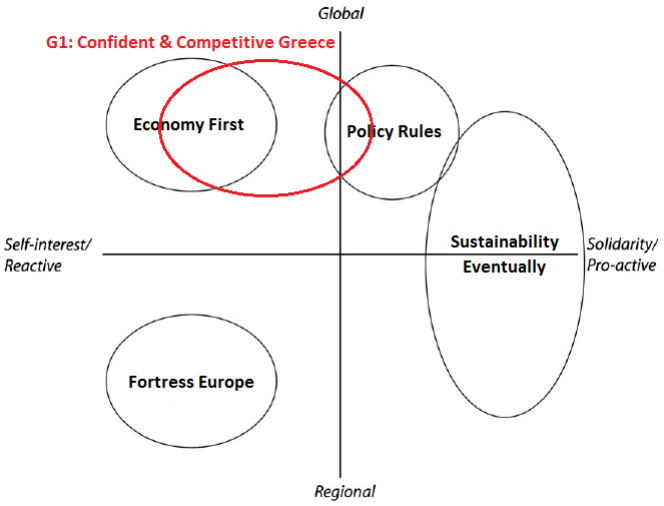


***Fig.2**: Positioning of the G1 scenario with regards to the four SCENES water scenarios*

The CCP1 Scenario investigates the influence of both climate and socio-economic change on supply and demand water balance during 2015-2030. Simulation showed that the balance deficit could deteriorate by 3,8 hm^3. This means that the contribution of socio-economic change to the deficit is an additional 0,7 hm^3.

Environmental requirements for the quantitative state of water bodies

The environmental requirements adopted were those of the moderate scenario, proposed by the Draft River Basin Management Plan of the river basin district of Thessaly. According to the moderate scenario, the 50% of the naturalised flow is required to be available for environmental purposes. Based on this criterion, the permitted abstractions per month were then calculated. The comparison between the permitted abstractions and the simulated ones in the CCP1 scenario revealed that future abstractions in June, July, August and September will violate the imposed restrictions.

It was estimated that nearly 91 hm^3 or 26% of the gross abstractions from rivers and the groundwater system of the Pinios-Portaikos-Pamisos cone need to be truncated in order to meet the environmental requirements.

The CCP1Env Scenario investigates the combined influence of climate, socio-economic change and environmental requirements on supply and demand water balance during 2015-2030. The overall balance deficit amounts to 166,6 hm^3. The coverage of demand drops sharply to only 68,1%. Nearly 96% of the deficit accounts for August and September and over 99% of this deficit is found in the lowland region. This was quite expected since most of the irrigation takes place in this region.

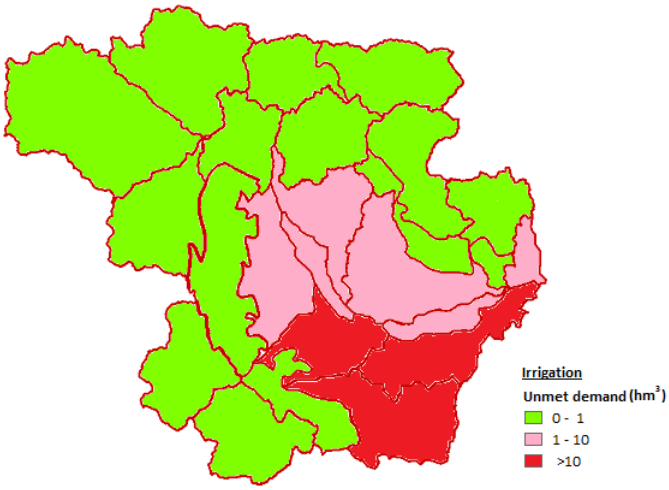


***Fig.3**: Concentration of the supply-demand balance deficit in the study area*

Response measures for water saving and water use efficiency

Since demand and water deficit are mainly concentrated in the lowland region of the study area, the management focuses on this subregion. Three response scenarios are regarded on the whole, with respect to deficit tackling.

The R0 scenario assumes that no organised action towards water saving is taken. According to the available literature, the inherent technological change in the overall socio-economic evolution will make it possible to reduce future demand of the CCP1Env scenario by 6,7%. This would contribute to deficit reduction by 19%.

The R1 scenario assumes that incentives are provided and water saving measures are implemented. Based on the available literature, it was estimated that such an option could reduce demand for water by 30-35% in the domestic and the agricultural sector, 25-30% for the livestock use and 35-40% in the industrial sector. Those prospects could reduce overall demand by 30-35%. This would contribute to deficit reduction by 85-99%.

The R2 scenario incorporates the water saving potential included in the R0 scenario (19% of the deficit), due to the inherent technological change in the socio-economic evolution, but, beyond this, it also implements crop restructuring of the irrigated land in the lowland region. Irrigated land crop restructuring could contribute another 81% of the total deficit, which means that irrigation demand should be reduced by another 32,2%. The crop restructuring was implemented based on two criteria. These were gross agricultural income and irrigation need. Depending on the assumptions incorporated in the analysis and the restructuring emphasis on either water saving or income increase, a wide range of “best" solutions was discovered. Each of these solutions reflects a different area of irrigated land and an alternative crop combination. The general assumption which could be drawn is that irrigation demand reduction by 32,2% is feasible through crop restructuring, whereas the gross agricultural income could simultaneously increase. The most efficient cultivations in terms of gross income and irrigation need appear to be aloe vera, cauliflower & broccoli, pomegranate, tomato, asparagus and artichoke. The existing crops (sugarbeet, corn, alfalfa and cotton) are the least efficient.

Key Conclusions

- Climate change and socio-economic development during 2015-2030, even in a scenario of economic acceleration similar to Economy First, is unlikely to affect the current supply and demand water balance in Ali Efenti catchment decisively.
- The decisive factor shaping the future supply and demand water balance is the implementation of environmental requirements for the quantitative state of water bodies.

- Even for a scenario with moderate environmental requirements, the required truncation of abstractions from June to September is considered very high.
- Unless an active approach towards water saving takes place, the expected saving would be considerably low.
- Based on the literature review conducted, it seems possible that supply and demand balance by 2030, taking demand side management measures. However, this will require radical intervention, which may include promotion of water-efficient appliances in the domestic sector, water-recycling systems in the industry, precision agriculture, substitution of open channels with pressurised underground network, incentive water pricing, changing consumer behaviour, educational initiatives, institutional changes etc. The cost of implementing the above-mentioned actions might prove a limiting factor and deserves further study.
- The restructuring of crops is capable of saving significant amounts of water and simultaneously improving the average agricultural income. Important factors that need to be clarified are the imposing mechanism and the means that will ensure the farmers' acceptance for measures such as the abandonment of irrigated land.

Suggested issues for further investigation

- Extension of the model across Western Thessaly or the entire Pinios river basin.
- Calibration of the model using multi-criteria optimisation.
- Investigation of alternative methods for processing climatic time series, derived from statistical or dynamic downscaling.
- Consideration of alternative environmental criteria for determining the abstraction pressure on surface and ground water systems (i.e. WEI - Water Abstraction Index).
- Improvement of the assumptions made in the scenarios G1, P1, R0, R1 and R2 through additional literature review or, more importantly, through detailed consultation with stakeholders and experts per topic.
- Restructuring of crops in the lowland region using a multicriteria optimisation algorithm to locate the global optimal solution.
- Incorporation of cost and benefit data in the model to allow the investigation of optimum practices with economic criteria (i.e. optimum abstraction practices for water resources, optimum water allocation to users, optimum pricing of water services, optimum combination of water saving measures).

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική σημασία του νερού

1.2. Οι υδατικοί πόροι και η διαχείρισή τους

1.2.1. Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης

1.2.2. Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ

1.3. Το εννοιολογικό περιεχόμενο της ξηρασίας και της λειψυδρίας

1.4. Αντικείμενο μελέτης

1.5. Στόχοι εργασίας

1.6. Διάρθρωση περιεχομένου

1.1 Η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική σημασία του νερού

Η Διεθνής Διάσκεψη του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον και η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, που αμφότερες έλαβαν χώρα το 1992, αναγνώρισαν την καθοριστική σημασία του νερού για την ύπαρξη της ζωής, τη διατήρηση του περιβάλλοντος και την προώθηση της ανάπτυξης (Agarwal et al., 2000).

Το νερό αποτελεί το κύριο συστατικό των ιστών των έμβιων οργανισμών και η τακτική πρόσληψή του είναι αναγκαία για τη διατήρηση των οργανισμών στη ζωή. Επιπλέον, το νερό είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής. Τα ακάθαρτα ύδατα αποτελούν εστία μόλυνσης και πιθανή πηγή διάδοσης επικίνδυνων ασθενειών. Παράλληλα, η απουσία τακτικού προσωπικού καθαρισμού αυξάνει την πιθανότητα να αρρωστήσουν οι άνθρωποι ή τα ζώα.

Η παρουσία του νερού σε αφθονία δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη της βλάστησης, τη συγκέντρωση μεγάλων πληθυσμών ζώων και την αποδοτική ανάπτυξη καλλιεργειών. Ακόμη και το αλμυρό νερό, των θαλασσών και των ωκεανών, φιλοξενεί τεράστιο πλήθος οργανισμών. Είναι αναμενόμενο, λοιπόν, κοντά σε μεγάλα αποθέματα νερού να πολλαπλασιάζονται οι πιθανότητες εξεύρεσης τροφής. Επομένως, επειδή το νερό συνδέεται στενά με την παραγωγή τροφής, η έλλειψή του δεν μπορεί παρά να έχει ουσιώδη κοινωνικό αντίκτυπο. Δεν πρέπει να περνά απαρατήρητο το γεγονός ότι μεγάλοι πολιτισμοί της αρχαιότητας αναπτύχθηκαν γύρω από μεγάλα ποτάμια (πχ. Αίγυπτος, Μεσοποταμία, Ινδία, Κίνα) ή σε παράκτιο περιβάλλον (πχ. Ελλάδα, Φοινίκη).

Πέραν της τροφής, το νερό έχει σήμερα στενή σύνδεση και με την παραγωγή ενέργειας. Με την παρεμβολή κατάλληλων διατάξεων η μηχανική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή και το αντίστροφο. Ηλεκτρική ενέργεια που έχει παραχθεί με οποιοδήποτε τρόπο μπορεί να αποθηκευτεί με τη μορφή ύψους νερού (δηλαδή ως δυναμική ενέργεια) σε κάποιο ταμιευτήρα, ώστε να είναι διαθέσιμη για μετέπειτα χρήση. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η διαφοροποίηση του χρόνου παραγωγής και του χρόνου κατανάλωσης της ενέργειας. Φυσικά, οι μετασχηματισμοί αυτοί είναι μεν εφικτοί, αλλά συνοδεύονται από απώλειες ενέργειας. Έτσι, σε καμία περίπτωση δεν υφίστανται πλήρως αντιστρεπτές διαδικασίες. Επίσης, το νερό συμμετέχει καθοριστικά και στη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικά καύσιμα. Αρχικά, η παραγόμενη θερμική ενέργεια από την πυρηνική σχάση διοχετεύεται στο νερό που περιβάλλει τον πυρηνικό αντιδραστήρα. Στη συνέχεια, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του, το νερό περνά σε αέρια φάση με τη μορφή υδρατμών. Σε επόμενα στάδια, η κινητική ενέργεια των υδρατμών αξιοποιείται από κατάλληλες διατάξεις και μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, τεράστιες ποσότητες ενέργειας μπορούν να προκύψουν από την

αξιοποίηση της ενέργειας των κυμάτων, των ρευμάτων και των παλιρροιών, αν εφαρμοστούν κατάλληλες συσκευές.

Η εξασφάλιση πηγών τροφής και ενέργειας αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για τη βιωσιμότητα και την άνθηση μιας κοινωνίας. Άρα, το νερό, που βρίσκεται σε στενή σύνδεση μαζί τους, αποτελεί τη βάση για να μπορέσει μια κοινωνία να συντηρηθεί και να αναπτυχθεί. Επίσης, πλήθος κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση με το νερό. Η βιομηχανία, ο τουρισμός, το εμπόριο, η ναυσιπλοΐα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα. Συνεπώς, η παρατεταμένη έλλειψη νερού μπορεί να δράσει ανασταλτικά για την ανάπτυξη και την ευημερία μιας κοινωνίας. Ακόμη, η πρόσκαιρη αδυναμία κάλυψης των απαιτήσεων σε νερό μπορεί να επιφέρει οικονομικές ζημιές μεγάλης αξίας.

Επιπλέον, τα τρόφιμα και η ενέργεια, που όπως αναφέρθηκε συσχετίζονται με το νερό, αποτελούν σημαντικά οικονομικά αγαθά και βρίσκονται στο επίκεντρο του διεθνούς εμπορίου. Εκτός αυτού, το ίδιο το νερό έχει οικονομική αξία, η οποία πηγάζει από το γεγονός ότι είναι πεπερασμένος και ευάλωτος φυσικός πόρος. Η Διεθνής Διάσκεψη του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον και η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη διακήρυξαν πως, σε όλες τις ανταγωνιστικές χρήσεις του, το νερό πρέπει να αντιμετωπίζεται ως οικονομικό αγαθό. Αυτή η αντιμετώπιση διασφαλίζει την ιεράρχηση στη διανομή του και, μέσω αυτής, τη μεγιστοποίηση της ωφέλειας από την αξιοποίησή του (Agarwal et al., 2000). Βέβαια, πρέπει να προστεθεί ότι η αντιμετώπιση του νερού ως οικονομικό αγαθό δεν αποκλείει, αλλά συμπληρώνει, τη φύση του ως κοινωνικό αγαθό, απαραίτητο για την επιβίωση και την υγεία των πολιτών.

Η κοινωνική και οικονομική σημασία του νερού αναδεικνύεται ανάγλυφα από τους ανταγωνισμούς και τις διαμάχες που προκαλούνται συχνά σε εθνικό και διακρατικό επίπεδο για την εκμετάλλευση του. Ο έλεγχος επί των υδατικών πόρων μετατρέπεται σε σημείο τριβής ανάμεσα στις τοπικές κοινωνίες εντός των συνόρων μιας χώρας ή ανάμεσα σε διαφορετικά κράτη, που μοιράζονται τα δικαιώματα επί του ίδιου υδατικού πόρου.

Το νερό ως αγαθό έχει και μια τρίτη διάσταση, εξαιρετικά κρίσιμη για να αγνοηθεί. Πρόκειται για την περιβαλλοντική διάσταση, που ολοκληρώνει το χαρακτήρα του ως κοινωνικό και οικονομικό αγαθό. Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του φλοιού της γης, είτε με τη μορφή ωκεανών είτε με τη μορφή χερσαίων υδάτινων σωμάτων. Απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας που φθάνει στη γήινη επιφάνεια, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται. Η εξάτμιση που ακολουθεί είναι το πρώτο στάδιο του υδρολογικού κύκλου, ο οποίος καθορίζει τη δίαιτα του νερού στο χώρο και στο χρόνο. Το είδος, η ποσότητα και η κατανομή του κατακρημνίσματος στο χρόνο αποτελούν, σε μακροπρόθεσμη βάση, στοιχεία του κλίματος μιας περιοχής. Επιπλέον, το νερό

διαθέτει μεγάλη θερμοχωρητικότητα, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται-ψύχεται σε διαφορετικούς χρόνους από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην επιφάνεια της θάλασσας και την επιφάνεια της ξηράς ρυθμίζει την κυκλοφορία του αέρα και συνδιαμορφώνει το κλιματικό προφίλ της περιοχής. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του παγκόσμιου κλίματος παίζουν και τα ωκεάνια ρεύματα, που διατρέχουν την υφήλιο και αλλού μεταφέρουν θερμό και αλλού ψυχρό νερό. Γενικά, το νερό μπορεί να θεωρηθεί ο ρυθμιστής του κλίματος της γης.

Από οικολογική άποψη, το νερό μπορεί να χαρακτηριστεί ο σημαντικότερος οικότοπος στη γη, αφού φιλοξενεί τεράστιο πλήθος οργανισμών. Οι οργανισμοί αυτοί, που είναι ζωικοί και φυτικοί, εντάσσονται σε οικοσυστήματα. Εκτός, όμως, από τα υδάτινα οικοσυστήματα, στα οποία οι οργανισμοί διαβιούν μέσα στο νερό, και τα χερσαία οικοσυστήματα δεν μπορούν να διατηρηθούν, αν απουσιάζει το νερό. Κατ' αρχήν, το ίδιο το νερό είναι ουσιώδες συστατικό της ζωής και, κατά δεύτερον, αποτελεί το μέσο μεταφοράς ποικιλίας θρεπτικών συστατικών, που χρειάζονται οι έμβιοι οργανισμοί. Στις περιπτώσεις που το νερό περιορίζεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο, τα οικοσυστήματα αρχίζουν να απειλούνται με κατάρρευση. Λόγω των πολύπλοκων τροφικών αλληλεξαρτήσεων, που αναπτύσσονται εντός και εκτός των οικοσυστημάτων, είναι πολύ πιθανόν η κατάρρευση του ενός να επηρεάσει αλυσιδωτά και τα γειτονικά του.

Επιπρόσθετα, ως στοιχείο του φυσικού τοπίου, το νερό αναπόφευκτα επηρεάζει και την αισθητική αξία που προσδίδουν σε αυτό οι κάτοικοι και οι επισκέπτες του. Αν και στο σημείο αυτό υπεισέρχεται έντονος υποκειμενισμός, είναι γενικά αποδεκτό ότι η παρατεταμένη απουσία νερού μπορεί να αποφέρει υποβάθμιση της εικόνας ενός φυσικού τοπίου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην απογύμνωση της κοίτης και του πυθμένα των υδάτινων σωμάτων, στη μεταβολή του χρώματος και της θολότητας του νερού που έχει απομείνει, στην απομείωση της φυσικής βλάστησης και στον κατακερματισμό του επιφανειακού εδάφους.

1.2 Οι υδατικοί πόροι και η διαχείρισή τους

Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος. Στα πλαίσια του υδρολογικού κύκλου κυκλοφορεί διαρκώς και συχνά μεταπηδά από τη μια φυσική κατάσταση στην άλλη (στερεά, υγρή, αέρια φάση). Βέβαια, αυτό δεν σημαίνει ότι όλη η ποσότητα του νερού που υπάρχει στη γη κυκλοφορεί σε ετήσια βάση. Υπάρχουν ποσότητες νερού που είναι "μόνιμα" εγκλωβισμένες σε κάποια μορφή και άλλες ποσότητες νερού "προσωρινά" μόνο δεσμευμένες. Οι μορφές με τις οποίες μπορούμε να εντοπίσουμε το νερό πάνω στη γη, άσχετα με την προσωρινότητα ή μη αυτής της κατάστασης, είναι το νερό των ωκεανών και των θαλασσών, το νερό της ατμόσφαιρας, το νερό του χιονιού, το νερό των παγετώνων και των παγόβουνων, το νερό των λιμνών, των

ποταμών και των ελών, το νερό της εδαφικής ζώνης, το υπόγειο νερό και το βιολογικό νερό.

Συνεπώς, είναι χρήσιμο να οριοθετήσουμε την έννοια των υδατικών πόρων, ως υποσύνολο της συνολικής ποσότητας του παγκόσμιου νερού. Σύμφωνα με το Νόμο 1739/1987 του ΥΒΕΤ, ως *υδατικοί πόροι* ορίζονται τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα, ανεξάρτητα από την ποιότητα και την προέλευση που έχουν ή τη χρήση για την οποία προορίζονται. Στους υδατικούς πόρους περιλαμβάνονται, επίσης, τα νερά των φυσικών πηγών, είτε είναι χερσαίες είτε υποθαλάσσιες, καθώς και τα θερμομεταλλικά νερά (ιαματικά, μεταλλικά ή αεριούχα, ολιγομεταλλικά). Η τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει και τα νερά που προορίζονται για εμφιάλωση ή άλλου τύπου συσκευασία με εμπορικό σκοπό. Να σημειωθεί ότι ο νόμος αποκλείει το θαλασσινό νερό από τους υδατικούς πόρους. Ωστόσο, αν λάβουμε υπόψη τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, τότε το θαλασσινό νερό που υφίσταται αφαλάτωση μπορεί να θεωρηθεί υδατικός πόρος.

Επιπλέον, ο Νόμος 1739/1987 εισήγαγε για πρώτη φορά στην Ελλάδα την έννοια της *διαχείρισης υδατικών πόρων*, που ορίστηκε ως:

“το σύστημα των μέτρων και δραστηριοτήτων που είναι απαραίτητα για την πλησιέστερη δυνατή κάλυψη των αναγκών σε νερό για κάθε χρήση, και κατά κύριο λόγο:

- η διευθέτηση της φυσικής προσφοράς του νερού, σε σχέση με τη ζήτησή του, σε περιοχές που υπάρχει έλλειψη ή προβλέπεται περιοδική ή οριστική εξάντλησή του.
- η πρόνοια για την πρόληψη απωλειών νερού και για την κατά το δυνατό αξιοποίηση πλεονασμάτων που μπορεί να προκαλέσουν ζημιές ή βλάβες εξαιτίας πλημμυρών ή άλλων αιτιών.
- η αντιμετώπιση των σημερινών ή και μελλοντικών ανοιγμάτων ανάμεσα στην προσφορά και στη ζήτηση του νερού.
- η αποφυγή ή εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα σε όμοιες ή ανταγωνιστικές χρήσεις.
- ο προσανατολισμός της ζήτησης στις χρήσεις νερού, στις οποίες αποβλέπουν τα προγράμματα ανάπτυξης της χώρας.
- η διατήρηση της υψηλότερης δυνατής ποιότητας νερού σε σχέση με την κατά προορισμό χρήση του.
- ο συντονισμός των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων.”

Ο Νόμος 1739/1987 του ΥΒΕΤ μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένος και σύγχρονος για την εποχή του, καθώς αντανακλούσε την αυξανόμενη ανησυχία σε παγκόσμιο επίπεδο για ζητήματα, όπως η βιώσιμη ανάπτυξη και η ορθολογική διαχείριση των υδατικών

πόρων, και εξέφραζε τις επιστημονικές αντιλήψεις τις εποχής. Έκτοτε, όμως, το ζήτημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων έχει εξελιχθεί ενσωματώνοντας νέες ιδέες και αντιλήψεις, όπως είναι η αποκαλούμενη "ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση και την ανάπτυξη των υδατικών πόρων". Σημαντικούς σταθμούς σε αυτήν την πορεία αποτελούν η Διεθνής Διάσκεψη του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον και η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, που αμφότερες έλαβαν χώρα το 1992. Στα πλαίσια της ΕΕ, σημείο καμπής θεωρείται η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ, η οποία κατέστησε ως πρότυπο διαχείρισης των υδατικών πόρων την ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Τα ζητήματα της ολοκληρωμένης διαχείρισης και της ευρωπαϊκής Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ αναπτύσσονται εκτενέστερα στα εδάφια 1.2.1 και 1.2.2.

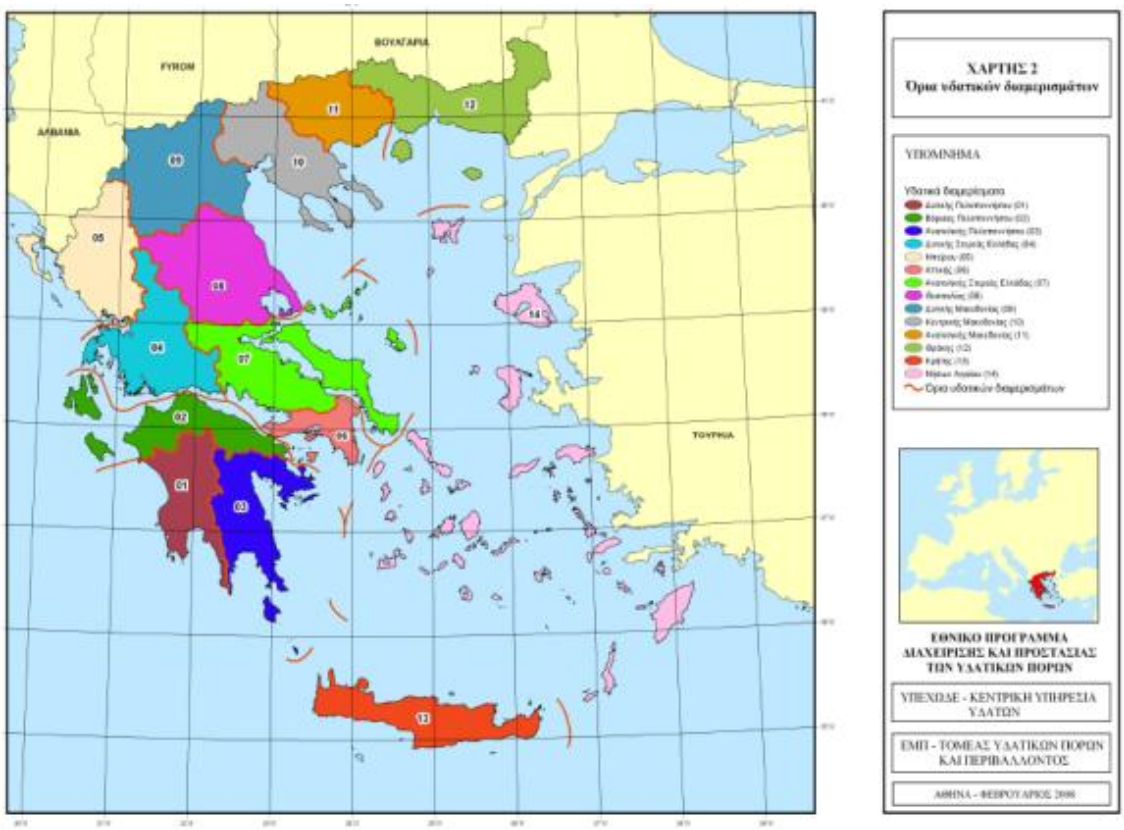
Ο Νόμος 1739/1987 προέβλεπε, ανάμεσα στα άλλα, την υποχρέωση κατάρτισης και έγκρισης προγραμμάτων ανάπτυξης των υδατικών πόρων της χώρας από το ΥΒΕΤ. Στόχος αυτών των προγραμμάτων ήταν η εναρμόνιση των διαφορετικών τομεακών πολιτικών, η εξασφάλιση της συμπληρωματικότητας των έργων κάθε τομέα δραστηριότητας, ο υπολογισμός του κόστους λειτουργίας τους, η ιεράρχηση και ο αναπτυξιακός προσανατολισμός της έρευνας κ.α. Μέσω του Β' και Γ' ΚΠΣ (1995-2006) το ΥΠΑΝ επιχείρησε να καταρτίσει ένα πρώτο Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων. Η εκπόνησή του έγινε σε δύο στάδια (1995-1996 και 2002) και για την ολοκλήρωσή του συνεργάστηκαν το ΥΠΑΝ, ο Τομέας Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ, το ΙΓΜΕ και το ΚΕΠΕ. Το τελικό σχέδιο δημοσιεύτηκε τον Ιανουάριο του 2003. Στη συνέχεια, το ΥΠΕΧΩΔΕ ανέθεσε στον Τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ την υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων στη κατάρτιση του Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, που κατά βάση επικαιροποίησε την προηγούμενη μελέτη του ΥΠΑΝ. Η σχετική μελέτη δημοσιεύτηκε το Φεβρουάριο του 2008 (Κουτσογιάννης κ.α., 2008).

Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων της χώρας (Κουτσογιάννης κ.α., 2008), η κατάσταση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα παρουσιάζει συνοπτικά την παρακάτω εικόνα. Αφενός, το ολικό υδατικό δυναμικό υπερβαίνει σημαντικά την ποσότητα του νερού που απαιτείται για την κάλυψη των διαφόρων χρήσεων. Αφετέρου, μόνο μικρό ποσοστό αυτού του δυναμικού είναι αξιοποιήσιμο τεχνικά και οικονομικά. Επιπλέον, διάφοροι παράγοντες ασκούν δυσμενή επίδραση στην πραγματική διαθεσιμότητα του νερού. Τέτοιοι είναι η ανομοιόμορφη κατανομή της προσφοράς και της ζήτησης του νερού στο χώρο και στο χρόνο (χωρίς να συμβαδίζουν μεταξύ τους), η γεωμορφολογία της χώρας (έντονο ανάγλυφο, περιορισμένη ενδοχώρα, κατακερματισμός του χώρου σε πολλές μικρές λεκάνες απορροής, μεγάλη ακτογραμμή), η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από νερά διακρατικών ποταμών (πχ. Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας), ο μεγάλος αριθμός άνυδρων νησιών. Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα μείζονες περιοχές να παρουσιάζουν, ή να κινδυνεύουν να εμφανίσουν, ελλειμματικό ισοζύγιο νερού. Έτσι, για να καλυφθεί

η ζήτηση, έχουν κατασκευαστεί κοστοβόρα έργα μεταφοράς νερού από απομακρυσμένες περιοχές. Για παράδειγμα, η ύδρευση της Αθήνας εξυπηρετείται με νερό προερχόμενο από τους ποταμούς Εύηνο και Μόρνο.

Αναφορικά με το σκέλος της ποιότητας, σημειώνεται ότι τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της ελληνικής επικράτειας παρουσιάζουν σαφή επιδείνωση σε σχέση με το παρελθόν. Πάντως, εκτός από μεμονωμένες περιοχές, η ποιότητά τους παραμένει εν γένει εντός των θεσμοθετημένων ορίων. Οι γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα αστικά λύματα, τα αστικά απορρίμματα και η μακροχρόνια έλλειψη παρακολούθησης και παρεμβάσεων από την πλευρά της πολιτείας έχουν οδηγήσει σε υφαλμύρινση των υπόγειων υδάτων σε παράκτιες περιοχές, σε φαινόμενα νιτρο-ρύπανσης και οργανικής επιβάρυνσης σε αγροτικές περιοχές και σε ρύπανση με βαρέα μέταλλα (πχ. χρώμιο) σε περιοχές με βιομηχανική δραστηριότητα. Τα υδάτινα σώματα με τα περισσότερα προβλήματα είναι οι ποταμοί Ασωπός, Πηνειός Θεσσαλίας, Αξιός, Τιταρήσιος, Κόσυνθος και Έβρος, οι λίμνες Κορώνεια και Βιστωνίδα και οι υπόγειοι υδροφορείς Κωπαΐδας, Αργολικού πεδίου, Πηνειού Ηλείας και Θεσσαλικής πεδιάδας.

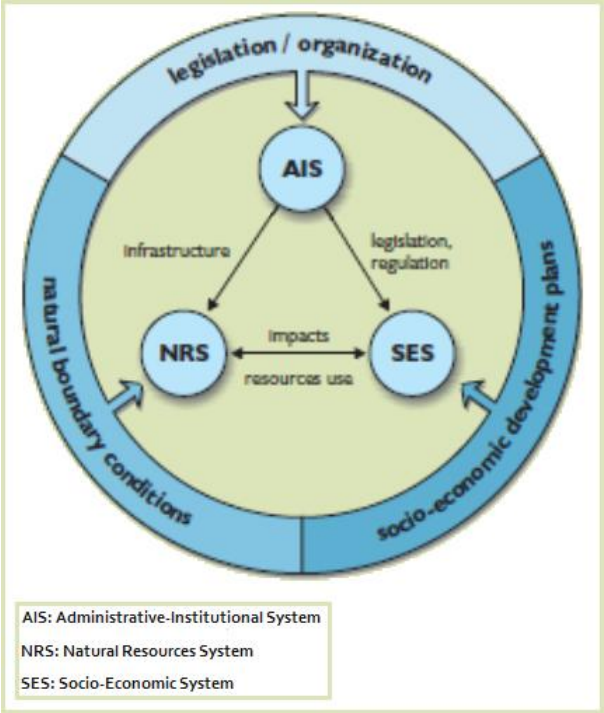
Για την αποτελεσματική παρακολούθηση του καθεστώτος των υδατικών πόρων μιας χώρας και για την οργάνωση των σχετικών πολιτικών προστασίας, διαχείρισης και ανάπτυξης είναι απαραίτητη η δημιουργία της κατάλληλης διοικητικής και επιτελικής δομής. Με το Νόμο 3199/2003, που ενσωμάτωσε την κοινοτική οδηγία 2000/60/ΕΚ, ιδρύθηκε η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων. Η υπηρεσία αυτή απορρόφησε τις αρμοδιότητες άλλων προγενέστερων διευθύνσεων, που λειτουργούσαν τις προηγούμενες δεκαετίες σε άλλα υπουργεία (Κουτσογιάννης κ.α., 2008). Αρχικά η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων λειτούργησε στα πλαίσια του ΥΠΕΧΩΔΕ, ενώ σήμερα η υπηρεσία έχει περάσει στην αρμοδιότητα του ΥΠΕΚΑ. Επιπλέον, ιδρύθηκαν η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων και το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων. Στο παρελθόν οι κύριοι φορείς που έχουν ασχοληθεί με διάφορες συνιστώσες της διαχείρισης των υδατικών πόρων, εξαιτίας της φύσεως του αντικειμένου τους, είναι η ΔΕΗ, το ΙΓΜΕ, το ΥΠΓΕ, το ΥΠΕΧΩΔΕ, καθώς και τα ΑΕΙ της χώρας. Επίσης, ήδη με το Νόμο 1739/1987, θεσμοθετήθηκε η διαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα, δηλαδή ομάδες λεκανών απορροής με σχεδόν όμοιες υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες. Τα 14 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας φαίνονται στην Εικόνα 1.1 και είναι τα εξής: Δυτικής Πελοποννήσου, Ανατολικής Πελοποννήσου, Βόρειας Πελοποννήσου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδος, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας, Θεσσαλίας, Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης, Κρήτης και Νησιών Αιγαίου. Ακόμη, αξίζει να προστεθεί ότι με τη συνεργασία διάφορων δημόσιων φορέων έχουν καταρτισθεί εθνικές βάσεις δεδομένων (πχ. ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ, ΕΤΥΜΠ, ΕΔΠΠ).



***Εικόνα 1.1**: Η διαίρεση της Ελλάδας σε 14 υδατικά διαμερίσματα*
(Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2008)

1.2.1 Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης

Σύμφωνα με Loucks et al. (2005), η διαχείριση των υδατικών πόρων βρίσκεται σε συνεχή αλληλεπίδραση με τρία συστήματα. Αυτά είναι το κοινωνικο-οικονομικό σύστημα, το διοικητικό-θεσμικό σύστημα και το σύστημα φυσικών πόρων. Το κοινωνικο-οικονομικό σύστημα περιλαμβάνει τις ανθρώπινες δραστηριότητες που χρησιμοποιούν ή σχετίζονται με το νερό. Το διοικητικό-θεσμικό σύστημα περικλείει τη διοίκηση, τη νομοθεσία, το ρυθμιστικό πλαίσιο, τις διαχειριστικές αρχές και τις αρμόδιες υπηρεσίες για τον έλεγχο της εφαρμογής των νόμων και των ρυθμίσεων. Τέλος, το σύστημα φυσικών πόρων ενσωματώνει τα φυσικά και τα τεχνητά υδάτινα σώματα, τα έργα υποδομής (πχ. γεωτρήσεις, φρέατα, δίκτυα, κανάλια, εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων) και τους κανόνες λειτουργίας τους. Οι αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των τριών αυτών συστημάτων, καθώς και με το περιβάλλον αυτών, παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1*: Διάγραμμα αλληλεπιδράσεων μεταξύ κοινωνικο-οικονομικού, διοικητικού-θεσμικού και συστήματος φυσικών πόρων, καθώς και με το περιβάλλον αυτών (Πηγή: Loucks et al., 2005)*

Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα είναι εξαιρετικά πολύπλοκο ως προς τη δομή και τη συμπεριφορά του. Επίσης, η αλληλεπίδραση που έχουν τα συστήματα αυτά μεταξύ τους και η αμφίδρομη σχέση που αναπτύσσουν με τη διαχείριση των υδατικών πόρων, καθιστούν τη διαδικασία της διαχείρισης μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία. Είναι τέτοιο το πλήθος των παραμέτρων που υπεισέρχονται, των προσώπων που εμπλέκονται και των (συχνά αντικρουόμενων) στόχων που υπάρχει προσδοκία να ικανοποιηθούν, ώστε δεν θα ήταν υπερβολή αν η διαδικασία της διαχείρισης χαρακτηριζόταν ως "τέχνη της σύνθεσης και του βέλτιστου συμβιβασμού". Επομένως, ένας σοβαρός κίνδυνος που ελλοχεύει σε μια τέτοια διαδικασία είναι η μη συνειδητοποίηση των αλληλεξαρτήσεων που υπάρχουν και ο αποκλεισμός χρήσιμων δεδομένων και διεργασιών. Φυσικά, αυτό θα οδηγήσει σε μονομερή ικανοποίηση ορισμένων μόνο στόχων της διαχείρισης. Άρα, σε μη βελτιστοποίηση της δυνητικής ωφέλειας από τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Για να αποφευχθεί αυτή η περίπτωση, θα πρέπει η διαχείριση να διατηρεί την διατομεακή και πολυστοχική της προσέγγιση.

Επιπλέον, οι Sadoff και Muller (2009) τονίζουν ότι η διαχείριση των υδατικών πόρων σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι βραχυπρόθεσμη, χρονικά αποσπασματική και χωρικά κατακερματισμένη. Αντίθετα, θα πρέπει να υπηρετεί έναν μακροπρόθεσμο, συνεκτικό σχεδιασμό, στον οποίο τα διάφορα μέτρα (κατασκευαστικά και θεσμικά) θα

λειτουργούν συμπληρωματικά, εξυπηρετώντας μια εθνική και περιφερειακή στρατηγική. Επίσης, θα πρέπει να διαθέτει οργανωμένες δομές, για την ανάλυση των αλλαγών που σημειώνονται στο κοινωνικο-οικονομικό, το διοικητικό-θεσμικό και το σύστημα φυσικών πόρων. Τα συστήματα αυτά εξελίσσονται δυναμικά μέσα στο χρόνο. Επομένως, η διαχείριση υδατικών πόρων, που βρίσκεται σε αλληλεξάρτηση μαζί τους, οφείλει να προσαρμόζεται στις μεταβολές που συντελούνται.

Συμπερασματικά, για να είναι αποτελεσματική η διαχείριση των υδατικών πόρων στο σύγχρονο πλαίσιο, οφείλει να διατηρεί μια ολιστική-ολοκληρωμένη προσέγγιση σε όλα τα επίπεδα.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την εφαρμογή της διαχείρισης, μια προσέγγιση θεωρείται ολοκληρωμένη όταν περιλαμβάνει τόσο τα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια ύδατα, χωρίς να παραλείπει να εξετάσει και τις συσχετίσεις που αναπτύσσονται με τα παράκτια νερά. Ουσιαστικά, με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται η μεμονωμένη θεώρηση των επιμέρους συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου, αφού όλες μαζί συνιστούν μια αδιάσπαστη ενότητα.

Ακόμη, μια ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των υδατικών πόρων είναι απαραίτητο να υπεισέρχεται και στα ζητήματα της ποσότητας (πχ. παροχές, όγκοι, στάθμες, κλίσεις), αλλά και στα ζητήματα της ποιότητας (πχ. φυσικοχημικές παράμετροι, ρυπαντικά φορτία). Είναι διαπιστωμένο ότι η ποιότητα και η ποσότητα του νερού αλληλοεπηρεάζονται. Παράλληλα, επειδή ποσότητα και ποιότητα περιγράφουν διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών σε νερό, συχνά τα κριτήρια ικανοποίησής τους δεν συμβαδίζουν.

Επιπλέον, η στρατηγική της διαχείρισης είναι σημαντικό να παρεμβαίνει όχι μόνο στην προσφορά αλλά και στη ζήτηση του νερού. Δηλαδή, οι παρεμβάσεις που υλοποιούνται να μην διέπονται μόνο από μια φιλοσοφία κατασκευαστικών μέτρων για την αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού (πχ. ταμιευτήρες, δεξαμενές, γεωτρήσεις, κανάλια, δίκτυα). Αντίθετα, πέρα από αυτό, πρέπει να υπεισέρχονται σε μέτρα και δράσεις για τον περιορισμό της σπατάλης και της άσκοπης χρήσης (πχ. νομοθεσία, ρυθμιστικό πλαίσιο, διοικητικός μηχανισμός, σχεδιασμός, πρόληψη, πληροφόρηση, παροχή κινήτρων). Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων συνιστά μια ουσιώδη αλλαγή σε σχέση με τις παλαιότερες αντιλήψεις περί διαχείρισης. Το επίκεντρο της διαχείρισης μετατοπίζεται από την αύξηση της διαθεσιμότητας και τα κατασκευαστικά μέτρα, στον περιορισμό της κατανάλωσης και τα μη κατασκευαστικά μέτρα. Έτσι, περιορίζοντας τις μη αντιστρέψιμες επεμβάσεις στο περιβάλλον, παρέχεται στις μελλοντικές γενιές μεγαλύτερη ελευθερία επιλογών για να αντιμετωπίσουν πιθανές ή απρόβλεπτες αλλαγές. Συνεπώς, η ολοκληρωμένη διαχείριση εισάγει την έννοια της *προσαρμοστικότητας* στις μελλοντικές αλλαγές (Agarwal et al., 2000 · Sadoff και Muller, 2009).

Επιπρόσθετα, κατά τη διανομή του νερού, απαιτείται ιεράρχηση της ζήτησης ανά χρήση και καταναλωτή και ιεράρχηση της προσφοράς ανά υποψήφιο πόρο, ώστε να μεγιστοποιείται η ωφέλεια ή να ελαχιστοποιείται το κόστος. Η ωφέλεια ή το κόστος είναι απαραίτητο να λαμβάνουν υπόψη, εκτός από τις οικονομικές, και τις κοινωνικές και τις περιβαλλοντικές-οικολογικές πτυχές που ανακύπτουν. Δηλαδή, να ενσωματώνουν εξωτερικότητες που δεν υπεισέρχονται στην καθαρά χρηματο-οικονομική ανάλυση. Άρα, η έμφαση μεταφέρεται από το οικονομικό αποτέλεσμα της διαχείρισης, στις επιπτώσεις για την κοινωνία, το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα. Σε αυτό το σημείο, η ολοκληρωμένη διαχείριση επιχειρεί να εισάγει τη λογική της *φέρουσας ικανότητας* του περιβάλλοντος και της *βιωσιμότητας-αειφορίας* (Loucks et al., 2005).

Επίσης, κατά το σχεδιασμό της ανάπτυξης και της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι χρήσιμο να υιοθετείται μια συμμετοχική πρακτική για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Δηλαδή, να εξασφαλίζεται επαρκής και πολυεπίπεδη διαβούλευση και των τεχνικών-επιστημόνων και των νομοθετών και των στελεχών της διοίκησης και των διαχειριστών και των χρηστών.

Άλλα ζητήματα, στα οποία εστιάζει η ολοκληρωμένη-ολιστική προσέγγιση της διαχείρισης, σε αντίθεση με την παραδοσιακή-κλασική, είναι τα ακόλουθα: η αλληλεπίδραση των χρήσεων γης και των υπόλοιπων φυσικών πόρων με τη διαχείριση του νερού, οι επιπτώσεις της διαχείρισης των νερών ανάντη στις κατάντη περιοχές, η ενσωμάτωση της πολιτικής για τα λύματα στην πολιτική για τους υδατικούς πόρους, η ενσωμάτωση της εθνικής πολιτικής για τους υδατικούς πόρους στις υπόλοιπες εθνικές τομεακές πολιτικές, οι μακρο-οικονομικές επιπτώσεις των επενδύσεων στα έργα ανάπτυξης υδατικών πόρων, η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην προσφορά και τη ζήτηση του νερού (Agarwal et al., 2000 · Bahri, 2009 · Sadoff και Muller, 2009).

Τέλος, σύμφωνα με Agarwal et al. (2000) και Loucks et al. (2005), η ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων μπορεί να περιγραφεί από τον ακόλουθο ορισμό:

"*Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων* είναι η διαδικασία που προωθεί τη συντονισμένη ανάπτυξη και διαχείριση του νερού, της γης και των σχετικών πόρων, με σκοπό να μεγιστοποιήσει την προκαλούμενη οικονομική και κοινωνική ευημερία με δίκαιο τρόπο, χωρίς συμβιβασμούς για τη βιωσιμότητα ζωτικών οικοσυστημάτων."

1.2.2 Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ

Στα κράτη-μέλη της ΕΕ το κύριο θεσμικό εργαλείο που διέπει τον τομέα του νερού είναι η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Στην ελληνική νομοθεσία ενσωματώθηκε με το Νόμο 3199/2003 και το σχετικό Προεδρικό Διάταγμα

ΠΔ.51/8.3.2007 (Α' 54). Η συγκεκριμένη οδηγία αναφέρεται στα χερσαία επιφανειακά, τα υπόγεια, τα παράκτια και τα μεταβατικά ύδατα. Η βασική της επιδίωξη είναι ο συντονισμός των ευρωπαϊκών πολιτικών προς την κατεύθυνση της προστασίας και της βελτίωσης της κατάστασης των υδάτων στην ευρωπαϊκή επικράτεια. Η κατάσταση των υδάτων εξετάζεται κυρίως υπό το πρίσμα της ποιότητας και λιγότερο σε σχέση με την ποσότητα. Η υλοποίηση της Οδηγίας Πλαίσιο από τα κράτη-μέλη πραγματοποιείται σταδιακά, με βάση προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα, ξεκινώντας από το 2002 και φτάνοντας μέχρι το 2015.

Το κείμενο της οδηγίας θέτει ως στόχους:

- την αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης, την προστασία και τη βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, αλλά και των άμεσα εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων, σε ότι αφορά τις ανάγκες τους σε νερό.
- την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των υδατικών πόρων.
- την ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων με ειδικά μέτρα για την προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και τη σταδιακή εξάλειψη ή παύση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας.
- τη διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και την αποτροπή της περαιτέρω μόλυνσής τους.
- τη συμβολή στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που θέτει η οδηγία, τα κράτη-μέλη οφείλουν να δείξουν συνέπεια στην υλοποίηση των προβλέψεών της. Πιο συγκεκριμένα, οι χώρες της ΕΕ οφείλουν μέχρι το 2015 να διατηρήσουν ή να επιτύχουν “καλή κατάσταση” σε όλα τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Για τα επιφανειακά ύδατα, ο όρος καλή κατάσταση ανταποκρίνεται στην καλή οικολογικά και χημικά κατάσταση. Αντίστοιχα για τα υπόγεια ύδατα ο όρος καλή κατάσταση ανταποκρίνεται στην καλή ποσοτικά και χημικά κατάσταση. Για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης προωθείται η δημιουργία προτύπων περιβαλλοντικής ποιότητας, η θέσπιση οριακών τιμών εκπομπής ρύπων και η λήψη μέτρων για τον περιορισμό ή την εξάλειψη του κινδύνου ατυχήματος. Για τη διαφύλαξη επαρκούς ποσότητας υδάτων προτείνεται ο έλεγχος των απολήψεων.

Με την οδηγία εισάγεται ως πρότυπο διαχείρισης η ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Μια από τις βασικές απαιτήσεις της οδηγίας είναι η υποχρέωση των κρατών-μελών να εκπονήσουν σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων ανά υδατικό διαμέρισμα (για την ακρίβεια ανά river basin district, που στην Ελλάδα αντιστοιχεί στο υδατικό διαμέρισμα). Επιπλέον, εξασφαλίζει ότι στη

διαδικασία της κατάρτισης και της ενημέρωσης των σχεδίων διαχείρισης, και προτού τεθούν αυτά σε εφαρμογή, θα συμμετέχουν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Μέσα από την ενημέρωση του ευρύτερου κοινού και τη διαβούλευση κατά το σχεδιασμό, επιδιώκεται η επίτευξη συναινετικών λύσεων και η απρόσκοπτη εφαρμογή του τελικού προγράμματος μέτρων που θα αποφασιστεί. Ανάμεσα σε αυτά τα μέτρα ενθαρρύνεται να υπάρχουν και οικονομικά εργαλεία, που θα επιτρέψουν την ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος. Το κόστος αυτό οφείλει να συμπεριλάβει και το κόστος πόρου και το κόστος του περιβάλλοντος, τα οποία μπορούν να προσδιοριστούν με κατάλληλες οικονομικές μεθόδους. Επομένως, ασκείται πίεση στα κράτη-μέλη να επαναπροσδιορίσουν την τιμολογιακή τους πολιτική για κάθε χρήση ύδατος την οποία εξυπηρετούν και να εφαρμόσουν με αποφασιστικότητα την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει”. Επίσης, η οδηγία θεωρεί αναγκαία την ενσωμάτωση των πολιτικών για την προστασία και τη βιώσιμη διαχείριση του νερού στις υπόλοιπες κοινοτικές τομεακές πολιτικές (πχ. γεωργία, αλιεία, ενέργεια, μεταφορές, τουρισμός, περιφερειακή πολιτική).

Όσον αφορά τις διασυνοριακές λεκάνες απορροής, προτρέπει τα κράτη-μέλη να συνεργαστούν μεταξύ τους, ώστε να καταστεί δυνατός ο συντονισμός των επιμέρους πολιτικών διαχείρισης και να υπάρχει αμφίδρομη πληροφόρηση. Για λεκάνες απορροής που εκτείνονται πέραν των συνόρων της ΕΕ, προτείνεται στα κράτη-μέλη να επιδιώξουν συνεργασία με τις τρίτες χώρες και συντονισμό των πολιτικών τους βάσει των ισχυόντων στις διεθνείς συμβάσεις.

Σε σχέση με τα παράκτια ύδατα και τα οικοσυστήματα που αναπτύσσονται κοντά στις θαλάσσιες ακτές, στις εκβολές των ποταμών, σε κόλπους ή σε σχετικά κλειστές θάλασσες, η οδηγία υπενθυμίζει ότι είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στη μεταβολή της ποιότητας των εσωτερικών υδάτων που καταλήγουν σε αυτά. Συνεπώς, απαιτεί να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι επιπτώσεις της όποιας διαχειριστικής πολιτικής σε αυτά.

1.3 Το εννοιολογικό περιεχόμενο της ξηρασίας και της λειψυδρίας

Η διαθεσιμότητα του νερού στο χώρο και στο χρόνο εξαρτάται από τις διάφορες συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου, όπως είναι η κατακρήμνιση, η εξάτμιση, η τήξη του χιονιού, η διήθηση, η απορροή (επιφανειακή ή υπόγεια) και η βαθειά κατείσδυση. Κάθε παράγοντας, φυσικός ή ανθρωπογενής, που επεμβαίνει άμεσα ή έμμεσα σε αυτές τις συνιστώσες επηρεάζει ακόλουθα και την τελική διαθεσιμότητα του νερού στο φυσικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, η διήθηση και η απορροή επηρεάζονται άμεσα από τις χρήσεις γης και το γεωλογικό υπόβαθρο. Αν και το δεύτερο δεν είναι δυνατόν να μεταβληθεί, το πρώτο, δηλαδή οι χρήσεις γης, υφίσταται συνεχείς αλλαγές εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το δομημένο περιβάλλον μειώνει

τη διήθηση προς τους υπόγειους υδροφορείς και αυξάνει τις πλημμυρικές απορροές σε μια λεκάνη. Η κατασκευή ενός φράγματος στα ανάντη ενός ποταμού μειώνει τη φυσική ροή προς τα κατάντη και περιορίζει όχι μόνο το επιφανειακά διαθέσιμο νερό, αλλά και το νερό που καταλήγει στους υπόγειους υδροφορείς μέσω διηθήσεων.

Το νερό που τελικά μένει διαθέσιμο στο περιβάλλον, ύστερα από την αλληλεπίδραση των φυσικών διεργασιών και των ανθρωπογενών παρεμβάσεων, στη συνέχεια υφίσταται αξιοποίηση με έργα μεταφοράς και διανομής. Η λανθασμένη διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων, τα προβλήματα με την ποιότητα του νερού, οι έκτακτες βλάβες ή οι μόνιμες απώλειες στα δίκτυα μειώνουν ακόμη περισσότερο το διαθέσιμο νερό για τους τελικούς χρήστες. Επομένως, είναι δυνατόν η τελική ζήτηση από τους καταναλωτές να μην μπορεί να καλυφθεί. Αν αυτό το γεγονός συνδυαστεί με αυξημένη ζήτηση, σε σχέση με τη φυσιολογικά αναμενόμενη, τότε το πρόβλημα γίνεται ακόμη οξύτερο.

Συμπερασματικά, όταν η ζήτηση του νερού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη προσφορά, τότε αναφερόμαστε σε *έλλειμμα νερού*. Το έλλειμμα αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στους φυσικούς είτε στους ανθρωπογενείς παράγοντες που προαναφέρθηκαν ή και σε συνδυασμό των δύο. Επίσης, μπορεί να έχει μόνιμο ή προσωρινό χαρακτήρα. Τα φαινόμενα της ξηρασίας και της λειψυδρίας σχετίζονται με την ύπαρξη ελλείμματος νερού σε μια περιοχή, αλλά δεν περιγράφουν την ίδια κατάσταση. Επίσης, δεν πρέπει να συγχέονται με την ξηρότητα-ανυδρία και την ερημοποίηση, που είναι φαινόμενα με διαφορετικό περιεχόμενο.

Σύμφωνα με Loucks et al. (2005) η *ξηρότητα-ανυδρία* αναφέρεται στην μόνιμα πολύ χαμηλή ετήσια ή εποχιακή βροχόπτωση και στην απουσίας μόνιμης απορροής, ώστε να μην συντηρείται βλάστηση. Οι έρημοι (πχ. Σαχάρα, Καλαχάρι, Γκόμπι) αποτελούν ακραία παραδείγματα ξηρότητας-ανυδρίας.

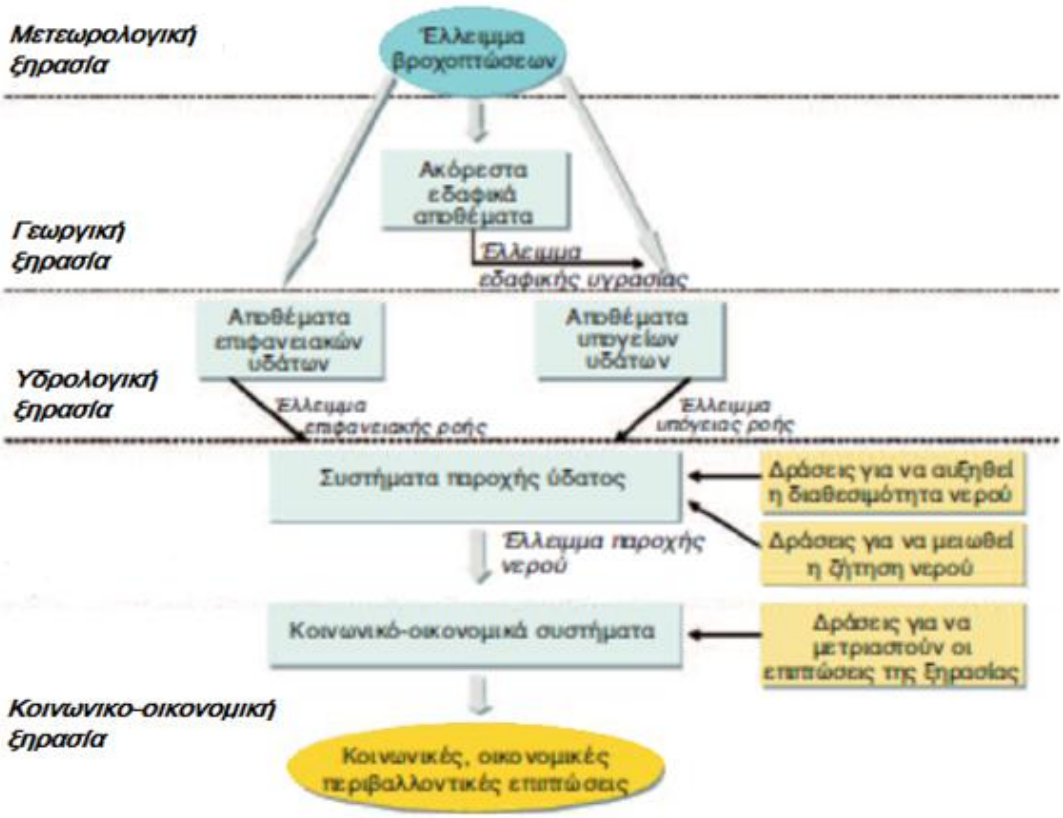
Η *λειψυδρία* αναφέρεται στο μόνιμο έλλειμμα νερού σε μια περιοχή, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης τόσο των φυσικών όσο και των ανθρωπογενών παραγόντων. Δηλαδή, μπορεί να οφείλεται είτε σε χαμηλή κατακρήμνιση και χαμηλή επιφανειακή και υπόγεια απορροή είτε σε αυξημένη ζήτηση, που υπερβαίνει τη δυναμικότητα των υφιστάμενων υδραυλικών έργων, χωρίς να αποκλείεται να ισχύουν και τα δύο ταυτόχρονα. Η έννοια της λειψυδρίας, λοιπόν, δίνει έμφαση στη μόνιμη έλλειψη νερού για την κάλυψη του συνόλου των αναγκών των χρηστών. Για παράδειγμα, η Θεσσαλία ή τα νησιά του Αιγαίου είναι περιοχές της Ελλάδας με πρόβλημα λειψυδρίας.

Η *ερημοποίηση* ως φαινόμενο περιλαμβάνει όλες εκείνες τις διεργασίες που συνολικά οδηγούν στην υποβάθμιση του εδάφους. Δηλαδή, στην απώλεια του οργανικού κλάσματος και της υγρασίας που περιέχει. Εκτός από τις έννοιες της ανυδρίας-ξηρότητας και της λειψυδρίας, περιλαμβάνει ακόμα την αποψίλωση των δασών,

εξαιτίας πυρκαγιών ή εντατικής υλοτομίας, την απώλεια της βλάστησης, εξαιτίας της παράνομης βόσκησης, καθώς και την εντατική γεωργική εκμετάλλευση. Ο συνδυασμός των παραπάνω έχει ως συνέπεια την αδυναμία συγκράτησης του νερού της βροχής, την απόπλυση των επιφανειακών στρώσεων του εδάφους, μαζί με τα περισσότερα θρεπτικά συστατικά, και την μετάπτωση του εδάφους σε ακατάλληλο για γεωργική εκμετάλλευση. Τα σημάδια της ερημοποίησης γίνονται έκδηλα από την κατακερματισμένη και κονιορτοποιημένη εικόνα του εδάφους.

Τέλος, η *ξηρασία* αναφέρεται στο περιστασιακό έλλειμμα νερού που εμφανίζεται σε μια ευρύτερη περιοχή για σημαντικό χρονικό διάστημα, λόγω της χαμηλότερης από το φυσιολογικό κατακρήμνισης και απορροής και της αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης από τους χρήστες.

Βέβαια, ανάλογα με το αίτιο ή το αποτέλεσμα της ξηρασίας, στο οποίο εστιάζει η εκάστοτε επιστημονική σκοπιά, μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερα είδη ξηρασίας. Σύμφωνα με Heim (2002) πρόκειται για τη μετεωρολογική, τη γεωργική, την υδρολογική και την κοινωνικοοικονομική ξηρασία. Η αλληλουχία μεταξύ τους και οι επιπτώσεις της κάθε μιας φαίνονται στο Σχήμα 1.2.



***Σχήμα 1.2**: Αλληλουχία και επιπτώσεις των διαφόρων ειδών ξηρασίας*
(Προέλευση: Ameziane et al., 2005 · μετά από προσαρμογή)

Η *μετεωρολογική ξηρασία* εστιάζει στην απόκλιση της κατακρήμνισης από την μέση συνηθισμένη, σύμφωνα με το κλίμα της περιοχής. Επιστημονικά συνδέεται με τη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας, τα ωκεάνια ρεύματα, τη σχέση θερμοκρασίας και πίεσης πάνω από την επιφάνεια των ωκεανών και πάνω από την επιφάνεια της στεριάς, τη συγκέντρωση στερεών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (ώστε να ευνοείται η συσσωμάτωση των σταγονιδίων της βροχής) και γεωφυσικές διεργασίες, όπως οι ηφαιστειακές εκρήξεις. Δεν μπορούμε να αναφερόμαστε σε μετεωρολογική ξηρασία σε περιοχές όπως η Nebraska (ΗΠΑ), η Fortaleza (Βραζιλία) και το Darwin (Αυστραλία) όπου οι παρατεταμένες περίοδοι ανομβρίας είναι ίδιον του κλίματός τους (Loucks et al., 2005).

Η *γεωργική ξηρασία* επικεντρώνεται στη μείωση της εδαφικής υγρασίας, σε σχέση με τη συνηθισμένη, με συνέπεια την αδυναμία κάλυψης της δυνητικής εξατμοδιαπνοής των φυτών και τον περιορισμό της ανάπτυξη τους. Η γεωργική ξηρασία εμφανίζεται ως αποτέλεσμα της μετεωρολογικής ξηρασίας. Ωστόσο, ο χρόνος εκκίνησης και η έντασή της μπορεί να διαφέρει σε σχέση με την μετεωρολογική, ανάλογα με το προηγούμενο υπόλειμμα νερού στο εδαφικό στρώμα. Αν η αρχική εδαφική υγρασία είναι χαμηλή, τότε η γεωργική ξηρασία θα εμφανιστεί σχεδόν άμεσα. Πάντως, δεν μπορούμε να αναφερόμαστε σε γεωργική ξηρασία μόνο όταν μειώνεται η εδαφική υγρασία. Θα πρέπει και τα φυτά να βρίσκονται σε τέτοιο στάδιο ανάπτυξης, ώστε να επηρεάζονται από το έλλειμμα νερού. Για παράδειγμα, μια χειμερινή μετεωρολογική ξηρασία δεν αναμένεται να έχει ιδιαίτερες επιπτώσεις στις περισσότερες καλλιέργειες. Φυσικά, το αντίθετο ισχύει, αν αυτό συμβεί κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Η *υδρολογική ξηρασία* δίνει έμφαση στη μειωμένη επιφανειακή και υπόγεια απορροή, σε σχέση με τη συνηθισμένη, ως αποτέλεσμα της μετεωρολογικής ξηρασίας. Εκδηλώνεται με την μείωση της εδαφικής υγρασίας, της υπόγειας αποθήκευσης, της παροχής των ποταμών και των πηγών, της στάθμης των λιμνών και των ταμιευτήρων. Εξαρτάται από τη γεωμορφολογία, τις χρήσεις γης και την υδρογεωλογία. Η χρονική υστέρηση που εμφανίζει η υδρολογική ξηρασία, σε σχέση με τη μετεωρολογική, είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη υστέρηση που εμφανίζει η γεωργική. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαδρομή του νερού μέσα από το έδαφος και τα πετρώματα, μέχρι τους υπόγειους υδροφορείς, τα ποτάμια, τις πηγές και τους ταμιευτήρες, είναι πολύ μεγαλύτερη σε χρονική διάρκεια από την αντίστοιχη διαδρομή του νερού μέχρι το επιφανειακό εδαφικό στρώμα.

Η *κοινωνικο-οικονομική ξηρασία* τονίζει την αδυναμία της υφιστάμενων υδροσυστημάτων να καλύψουν τις ανάγκες των χρηστών σε νερό (υδρευτικό, αρδευτικό, κτηνοτροφικό, βιομηχανικό κλπ), με σοβαρές κοινωνικές, οικονομικές και

περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εξαιτίας του ελλείμματος που εμφανίζει η προσφορά του νερού σε σχέση με τη ζήτηση, περιορίζεται η γεωργική, κτηνοτροφική, βιομηχανική και ενεργειακή παραγωγή, μειώνεται η οικολογικά απαραίτητη ποσότητα νερού και, σε οξείες περιπτώσεις, απειλείται το φυσιολογικό επίπεδο παροχής πόσιμου νερού. Η μείωση της παραγόμενης τροφής, η πτώση του κύκλου εργασιών των επιχειρήσεων, ο περιορισμός της υδροηλεκτρικής παραγωγής, τα προβλήματα στον τουρισμό, η καταστροφή του φυτικού και ζωικού κεφαλαίου, η υπεράντληση από τους υπόγειους υδροφορείς, η καταστροφή οικότοπων, ο περιορισμός της βιοποικιλότητας, η κοινωνική αναταραχή και οι πολεμικές συγκρούσεις για διακρατικούς υδατικούς πόρους αποτελούν, περισσότερο ή λιγότερο, πιθανές συνέπειες μιας ξηρασίας. Σύμφωνα με Μαμάση και Κουτσογιάννη (2007), η κοινωνικο-οικονομική ξηρασία στην ουσία εκφράζει το πόσο ευάλωτη είναι μια κοινωνία σε περίπτωση παρατεταμένης έλλειψης νερού. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την τρωτότητα σε ξηρασία είναι το φυσικό πλαίσιο της κατακρήμνισης, το επίπεδο ανάπτυξης υδραυλικών έργων, η πολιτική διαχείρισης των υδροσυστημάτων, η συγκέντρωση πληθυσμού στην περιοχή, η έκταση και η σημασία των πληττόμενων ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η ετοιμότητα του κρατικού μηχανισμού και η συνεργασία των πολιτών με τις αρχές.

1.4 Αντικείμενο μελέτης

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας υποφέρει παραδοσιακά από λειψυδρία. Μάλιστα, σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων της χώρας, πρόκειται για το πιο ελλειμματικό υδατικό διαμέρισμα. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει συγκρίνοντας την εκτίμηση της ζήτησης του νερού για τις διάφορες χρήσεις, με το αντίστοιχο θεωρητικό υδατικό δυναμικό κατά τον μήνα αιχμής Ιούλιο. Άλλα χαρακτηριστικά του διαμερίσματος είναι ο περιορισμένος αριθμός έργων ταμίευσης χειμερινών απορροών, οι υψηλές απώλειες νερού (διαρροές και εξάτμιση) κατά τη μεταφορά και τη διανομή του, το εξαιρετικά υψηλό ποσοστό ζήτησης για άρδευση (άνω του 90%), οι προβληματικές γεωργικές πρακτικές, οι υπεραντλήσεις από τους υπόγειους υδροφορείς, τα φαινόμενα υφαλμύρινσης στις παράκτιες περιοχές, η ρύπανση των πεδινών γεωργικών περιοχών με αζωτούχες ενώσεις, η εκτροπή του ποταμού Ταυρωπού μέσω του ταμιευτήρα του Πλαστήρα και η σχεδιαζόμενη εκτροπή του ποταμού Αχελώου από τη Δυτική Στερεά Ελλάδα στη Θεσσαλία μέσω ενός συστήματος ταμιευτήρων και σηράγγων.

Είναι φανερό ότι η αποδοτική και δίκαιη διαχείριση των υδατικών πόρων κάτω από αυτές τις συνθήκες αποτελεί μια πρόκληση. Ο συνδυασμός κλιματικής αλλαγής και κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης στην περιοχή αναμένεται μελλοντικά να προσθέσει επιπλέον διαχειριστικές παραμέτρους στο πρόβλημα. Τα φαινόμενα ξηρασίας

(μετεωρολογική, γεωργική, υδρολογική και κοινωνικοοικονομική) είναι πιθανόν να καταστούν συχνότερα και εντονότερα.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται χωρικά στο ΒΔ τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας και, πιο συγκεκριμένα, στη λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη, που αποτελεί υπολεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού. Η περιοχή αυτή μοιράζεται διοικητικά ανάμεσα στις Περιφερειακές Ενότητες Τρικάλων και Καρδίτσας. Αντικείμενο της εργασίας είναι η χρήση του λογισμικού WEAP21 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης την περίοδο 2015-2030, υπό καθεστώς κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής. Το διαχειριστικό ενδιαφέρον εστιάζεται στην ποσοτική κατάσταση των υδατικών πόρων, ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες περιβαλλοντικές απαιτήσεις που προτείνονται από το Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (ΥΔ08). Οι μελλοντικές κλιματικές χρονοσειρές στηρίζονται στο παγκόσμιο σενάριο εκπομπών A1B. Η κοινωνικοοικονομική αλλαγή προσδιορίζεται με βάση το πρωτότυπα διατυπωμένο σενάριο G1: Confident & Competitive Greece. Πρόκειται για ένα ελληνικό σενάριο κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης, που ακολουθεί κυρίως τη φιλοσοφία του σεναρίου Markets First της έκθεσης GEO-4. Με βάση το ευρύτερο σενάριο G1, διαμορφώνεται το εξειδικευμένο υδατικό σενάριο P1, που επικεντρώνεται στη λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

1.5 Στόχοι εργασίας

Η εργασία αυτή έχει ως πρωταρχικούς στόχους:

α) την ανάπτυξη, βαθμονόμηση και επικύρωση του μοντέλου της περιοχής μελέτης με τη χρήση του λογισμικού WEAP21.

β) την εκτίμηση του μελλοντικού ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού για την περίοδο 2015-2030, υπό συνθήκες κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής.

γ) την εκτίμηση του μελλοντικού ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού για την περίοδο 2015-2030, αν επιπρόσθετα υιοθετηθούν οι ελάχιστες περιβαλλοντικές απαιτήσεις που προτείνονται στο Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (ΥΔ08) σε σχέση με την ποσοτική κατάσταση των υδάτων.

δ) τη διατύπωση διαχειριστικών σεναρίων, ώστε να εξοικονομηθούν υδατικοί πόροι και να περιοριστεί το έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης.

Για την εξυπηρέτηση του κύριου στόχου α) τίθενται 5 επιμέρους στόχοι.

α1) Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων σχετικών με την περιοχή μελέτης.
α2) Κατανόηση των υδρολογικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα.
α3) Προκαταρκτική εκτίμηση των μεγεθών προσφοράς και ζήτησης και ταυτοποίηση των διαχειριστικών παραμέτρων του προβλήματος.
α4) Αξιοποίηση και επέκταση των υπολογιστικών εργαλείων του WEAP21, με βάση τις ανάγκες του προβλήματος.
α5) Υλοποίηση της σύζευξης WEAP-Matlab, για αυτοματοποίηση της βαθμονόμησης μέσω αλγορίθμου ολικής βελτιστοποίησης.

Για την εξυπηρέτηση του κύριου στόχου β) τίθενται 6 επιμέρους στόχοι.

β1) Συλλογή και επεξεργασία κλιματικών χρονοσειρών για την περιοχή μελέτης, με βάση τις προβλέψεις του σεναρίου εκπομπών A1B.
β2) Διατύπωση πρωτότυπου ελληνικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου κατά τα πρότυπα των GEO-4.
β3) Αξιοποίηση του λογισμικού International Futures (IFs) για την προσομοίωση του σεναρίου που θα διατυπωθεί.
β4) Εξειδίκευση του ευρύτερου ελληνικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου στην περιοχή μελέτης, με έμφαση στις επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους.
β5) Προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης προσφοράς και ζήτησης νερού στην περιοχή μελέτης.
β6) Προσομοίωση της μελλοντικής κατάστασης προσφοράς και ζήτησης νερού στην περιοχή μελέτης, με ενσωμάτωση της μελλοντικής κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής.

Για την εξυπηρέτηση του κύριου στόχου γ) τίθενται 2 επιμέρους στόχοι.

γ1) Προσδιορισμός των περιβαλλοντικών απαιτήσεων σε νερό.
γ2) Επανεκτίμηση του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού, αφαιρώντας τις παραπάνω ποσότητες από τη διαθέσιμη προσφορά.

Για την εξυπηρέτηση του κύριου στόχου δ) τίθενται 2 επιμέρους στόχοι.

δ1) Συλλογή στοιχείων της βιβλιογραφίας για την αποδοτικότητα διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης νερού σε κάθε τομέα της ζήτησης.
δ2) Χρήση γραμμικής βελτιστοποίησης για την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης με τρόπο οικονομικά και υδατικά αποδοτικό.

1.6 Διάρθρωση περιεχομένου

Το 1^{ο} Κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή στο αντικείμενο μελέτης της μεταπτυχιακής εργασίας. Αρχικά, επιχειρείται να ερμηνευθεί ο λόγος για τον οποίο οι υδατικοί πόροι προσελκύουν το επιστημονικό ενδιαφέρον. Γίνεται, κατά το δυνατόν, συνοπτική αναφορά στην τριπλή σημασία του νερού για την κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον. Στη συνέχεια, καταβάλλεται προσπάθεια να προσεγγισθεί η έννοια των υδατικών πόρων και της διαχείρισής τους. Παράλληλα, περιγράφεται το πλαίσιο της διαχείρισης των υδατικών πόρων, με ειδική αναφορά στην έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης και στις προβλέψεις της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Ακόμη, παρατίθενται στοιχεία για την κατάσταση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα. Έπεται η αποσαφήνιση του εννοιολογικού περιεχομένου των όρων λειψυδρία και ξηρασία, καθώς και ο διαχωρισμός τους από την ερημοποίηση και την ξηρότητα-ανυδρία. Το κεφάλαιο κλείνει με τον ορισμό του αντικειμένου μελέτης της εργασίας, τον καθορισμό των πρωταρχικών και των επιμέρους στόχων της και την περιγραφή της διάρθρωσης των περιεχομένων της.

Στο 2^{ο} Κεφάλαιο επιχειρείται η οριοθέτηση και παρουσίαση της περιοχής. Παρέχονται γεωγραφικές και γεωμορφολογικές πληροφορίες, στοιχεία διοικητικής διαίρεσης και κοινωνικοοικονομικής οργάνωσης. Επίσης, πραγματοποιείται συλλογή και επεξεργασία δεδομένων χρήσεων γης, γεωλογίας-υδρογεωλογίας, κλίματος-υδρομετεωρολογίας, προσφοράς και ζήτησης νερού. Ακόμη, περιλαμβάνονται θέματα, όπως η υφιστάμενη πρακτική απολήψεων στην περιοχή μελέτης, η κατανάλωση και οι επιστροφές νερού από τους χρήστες, η επεξεργασία των αστικών, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών λυμάτων.

Το 3^{ο} Κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης WEAP. Αρχικά, δίνονται ορισμένα θεωρητικά στοιχεία για τα ΣΥΑ και μια γενική περιγραφή της φιλοσοφίας και των λειτουργιών του WEAP. Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος σχηματοποίησης και μοντελοποίησης των διαφόρων στοιχείων της περιοχής μελέτης, καθώς και τα δεδομένα εισόδου στο μοντέλο. Στο τέλος, περιγράφονται οι διαδικασίες και τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης και της επικύρωσης του μοντέλου.

Στο 4^{ο} Κεφάλαιο αρχικά περιγράφονται τα παγκόσμια σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αερολυμάτων της έκθεσης SRES. Στη συνέχεια, γίνεται συνοπτική αναφορά στα παγκόσμια και περιφερειακά κλιματικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των μελλοντικών επιπτώσεων των εκπομπών στο κλίμα. Τέλος, πραγματοποιείται επεξεργασία των διαθέσιμων μελλοντικών κλιματικών χρονοσειρών για την περιοχή μελέτης, με βάση το σενάριο εκπομπών A1B, και παρουσίαση των κυριότερων συμπερασμάτων.

Στο 5^{ο} Κεφάλαιο περιγράφεται η φιλοσοφία και η διάρθρωση των παγκόσμιων κοινωνικοοικονομικών σεναρίων GEO-4 και των ευρωπαϊκών υδατικών σεναρίων SCENES. Στα πρότυπα αυτά διατυπώνεται το ελληνικό κοινωνικοοικονομικό σενάριο G1: Confident & Competitive Greece. Το σενάριο αυτό προσομοιώνεται με τη χρήση του λογισμικού International Futures (IFs), ώστε να προκύψουν ποσοτικοποιημένα συμπεράσματα για τα κοινωνικοοικονομικά μεγέθη που επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού σε πανελλαδικό επίπεδο. Τα συμπεράσματα αυτά, σε συνδυασμό με κατάλληλη βιβλιογραφία, συμβάλλουν στην εξειδίκευση του σεναρίου G1 στην περιοχής μελέτης. Έτσι, διατυπώνεται το υδατικό σενάριο P1, που δίνει έμφαση στις επιπτώσεις της κοινωνικοοικονομικής αλλαγής στη ζήτηση νερού στην περιοχή μελέτης.

Στο 6^{ο} Κεφάλαιο υλοποιείται η προσομοίωση της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης προσφοράς και ζήτησης νερού στην περιοχή μελέτης. Στην μελλοντική προσομοίωση ενσωματώνονται η κλιματική αλλαγή, η κοινωνικοοικονομική αλλαγή και οι ελάχιστες περιβαλλοντικές απαιτήσεις που προτείνονται στο Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (ΥΔ08) σε σχέση με την ποσοτική κατάσταση των υδάτων.

Το 7^{ο} Κεφάλαιο εξετάζει τρία σενάρια απόκρισης για την εξοικονόμηση νερού στις διάφορες χρήσεις ύδατος. Το πρώτο είναι ένα σενάριο μηδενικής παρέμβασης, όπου η εξοικονόμηση νερού είναι αποτέλεσμα της εγγενούς τεχνολογικής αλλαγής. Το δεύτερο είναι ένα σενάριο παροχής κινήτρων και λήψης μέτρων για την εξοικονόμηση νερού. Το τρίτο είναι ένα σενάριο αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών στις αρδευόμενες εκτάσεις της πεδινής ζώνης με οικονομικά και υδατικά αποδοτικό τρόπο.

Στο 8^{ο} Κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα της μεταπτυχιακής εργασίας.

Στο 9^{ο} Κεφάλαιο κατατίθενται προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση και βελτιώσεις.

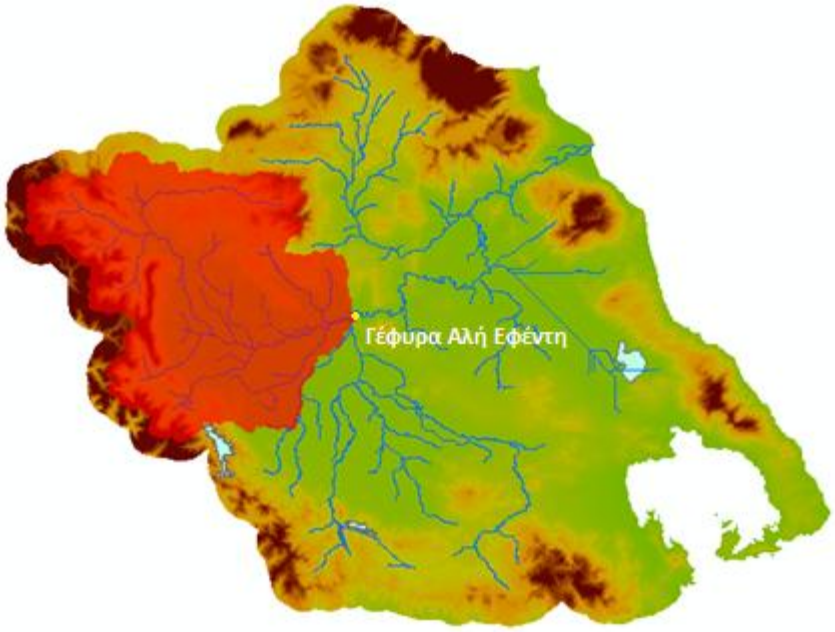
Κεφάλαιο 2

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 Γεωγραφική θέση - Διοικητική διαίρεση
2.2 Πληθυσμός - Κοινωνική και οικονομική οργάνωση
2.3 Χρήσεις Γης
2.4 Γεωμορφολογία
2.5 Γεωλογία - Υδρογεωλογία
2.5.1 Έδαφος
2.5.2 Υπέδαφος
2.6 Κλίμα - Υδρομετεωρολογία
2.6.1 Βροχόπτωση
2.6.2 Θερμοκρασία
2.6.3 Σχετική υγρασία
2.6.4 Ταχύτητα ανέμου
2.6.5 Ηλιοφάνεια
2.6.6 Δυνητική και Πραγματική Εξατμοδιαπνοή
2.7 Προσφορά νερού
2.7.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα
2.7.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα & Πηγές
2.7.3 Υδρολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ υδατικών συστημάτων
2.7.4 Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων
2.8 Ζήτηση νερού
2.8.1 Ύδρευση
2.8.2 Άρδευση
2.8.3 Κτηνοτροφία - Ιχθυοκαλλιέργεια
2.8.4 Βιομηχανία
2.8.5 Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
2.8.6 Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων Οδηγίας 2000/60/ΕΚ
2.9 Σύνοψη μεγεθών προσφοράς-ζήτησης
2.10 Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων
2.11 Κατανάλωση νερού - Επιστροφές - Επεξεργασία λυμάτω

2.1 Γεωγραφική θέση - Διοικητική διαίρεση

Η περιοχή που πρόκειται να μελετηθεί είναι το ΒΔ τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την υπολεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού ανάντη της θέσης Αλή Εφέντη, όπου και βρίσκεται η ομώνυμη γέφυρα και ο αντίστοιχος υδρομετρικός σταθμός. Η γεωγραφική τοποθέτηση και τα όρια της περιοχής μελέτης, σε σχέση με το υπόλοιπο υδατικό διαμέρισμα, παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.1.



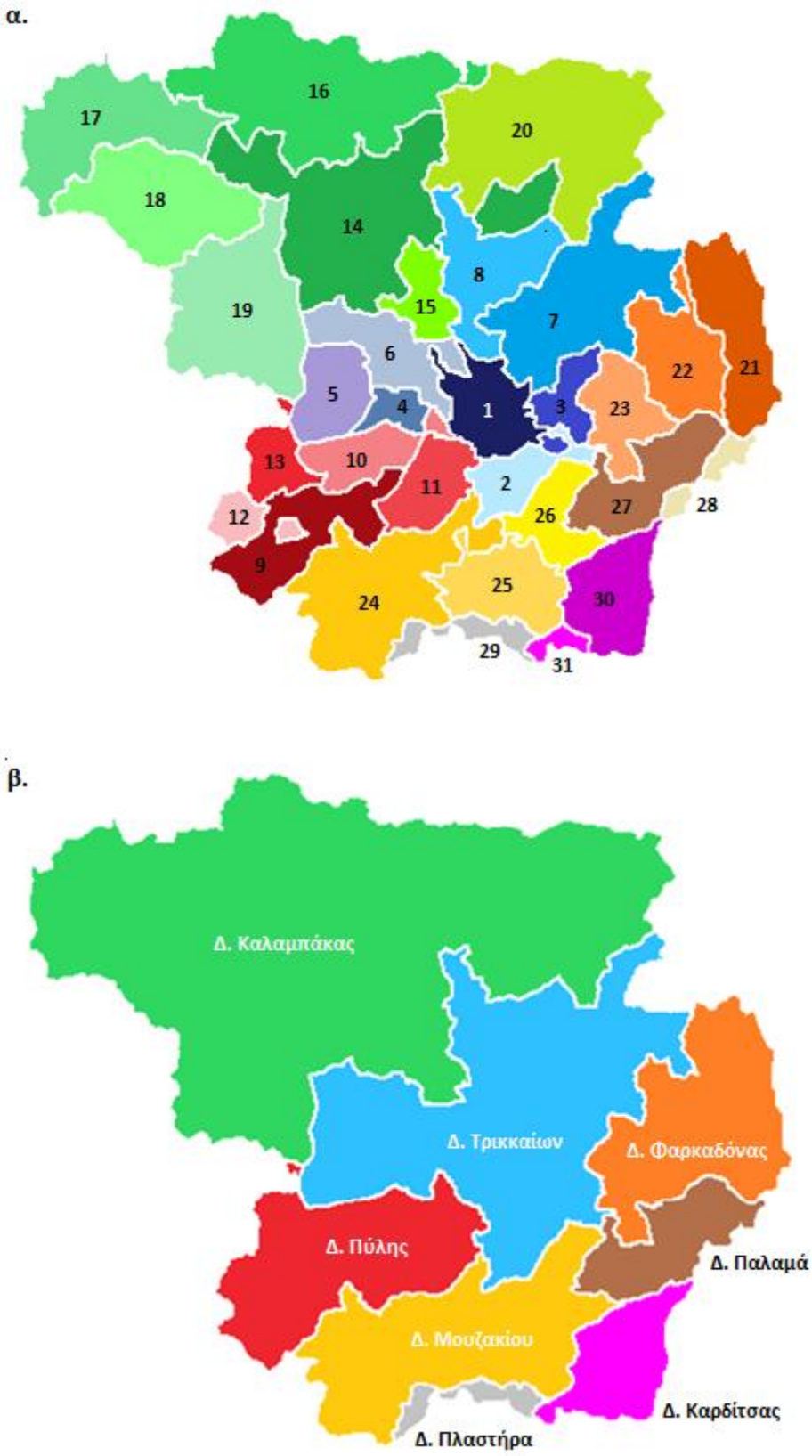
***Εικόνα 2.1**: Οριοθέτηση της περιοχής μελέτης*

Ουσιαστικά, η περιοχή μελέτης ανήκει διοικητικά στις Περιφερειακές Ενότητες Τρικάλων και Καρδίτσας, της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Η Περιφερειακή Ενότητα Γρεβενών, της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, καταλαμβάνει μόνο κάποιες ελάχιστες ορεινές εκτάσεις στα βόρεια της περιοχής μελέτης. Μετά την αυτοδιοικητική μεταρρύθμιση “Καποδίστριας” (Νόμος 2539/1997) η περιοχή μελέτης περιέκλειε 31 δήμους και τμήματα δήμων. Αντίστοιχα, μετά την μεταρρύθμιση “Καλλικράτης” (Νόμος 3852/2010) η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει 8 δήμους και τμήματα δήμων. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι καλλικρατικοί δήμοι ή τμήματα καλλικρατικών δήμων της περιοχής μελέτης, συνοδευόμενα από τους καποδιστριακούς δήμους ή τμήματα καποδιστριακών δήμων, που βρίσκονταν προηγουμένως στη θέση τους. Επίσης, στην Εικόνα 2.2 παρουσιάζονται τα όρια των παλαιών-καποδιστριακών και των νέων-καλλικρατικών δήμων εντός της περιοχής μελέτης. Για την εύκολη αναγνώριση των

καποδιστριακών δήμων στην Εικόνα 2.2α, εφαρμόζεται η αρίθμηση που έχουν λάβει στον Πίνακα 2.1.

Δήμος/Τμήμα Δήμου Περιοχής Μελέτης	
Κατά Καλλικράτη	***Κατά Καποδίστρια***
Περιφ. Ενοτ. Τρικάλων	Νομός Τρικάλων
Τρικκαίων	1. Τρικκαίων 2. Μεγάλων Καλυβίων 3. Εστιαιώτιδας 4. Καλλιδενδρίου 5. Κόζιακα 6. Φαλώρειας 7. Παληοκάστρου 8. Παραληθαίων
Πύλης	9. Πύλης 10. Πιαλείων 11. Γόμφων 12. Πινδαίων 13. Αιθηκών
Καλαμπάκας	14. Καλαμπάκας 15. Βασιλικής 16. Χασίων 17. Μαλακασίου 18. Καστανιάς 19. Κλεινοβού 20. Τυμφαίων
Φαρκαδόνας	21. Φαρκαδόνας 22. Οιχαλίας 23. Πελλιναίων
Περιφ. Ενοτ. Καρδίτσας	Νομός Καρδίτσας
Μουζακίου	24. Μουζακίου 25. Ιθώμης 26. Παμίσου
Παλαμά	27. Σελλάνων 28. Παλαμά
Πλαστήρα	29. Πλαστήρα
Καρδίτσας	30. Καρδίτσης 31. Μητρόπολης

Πίνακας 2.1*: Καλλικρατικοί και καποδιστριακοί δήμοι ή τμήματα δήμων της περιοχής μελέτης*



***Εικόνα 2.2**: Διοικητική διαίρεση της περιοχής μελέτης με βάση α. το Πρόγραμμα Καποδίστριας και β. το Πρόγραμμα Καλλικράτης*

2.2 Πληθυσμός - Κοινωνική και οικονομική οργάνωση

Η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα της Περιφέρειας της Θεσσαλίας, που σχεδόν συμπίπτει γεωγραφικά με το αντίστοιχο υδατικό διαμέρισμα. Έτσι, η αναπτυξιακή ταυτότητα της περιοχής είναι αναπόφευκτα συνδεδεμένη με αυτήν της ευρύτερης περιφέρειας και ιδιαίτερα του δυτικού της τμήματος.

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας περιλαμβάνει τέσσερα μεγάλα αστικά κέντρα, στα οποία εδρεύουν οι πρωτεύουσες των αντίστοιχων Περιφερειακών Ενοτήτων. Πρόκειται για τη Λάρισα και το Βόλο, στην ανατολική πλευρά της περιφέρειας, και τα Τρίκαλα και την Καρδίτσα, στη δυτική. Σε σχέση με το δυτικό τμήμα της περιφέρειας, το ανατολικό είναι περισσότερο ανεπτυγμένο και διαθέτει περισσότερους κατοίκους. Αυτό οφείλεται κυρίως στη γεωγραφική του θέση, αφού αποτελεί τη βασική δίοδο (οδική και σιδηροδρομική) ανάμεσα στη Βόρεια και τη Νότια Ελλάδα και συνδέει τα δύο σημαντικότερα οικονομικά κέντρα της χώρας, την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Επίσης, επειδή το ανατολικό τμήμα έχει διέξοδο προς τη θάλασσα, προσελκύει δραστηριότητες όπως ο τουρισμός-παραθερισμός, η αλιεία, η ακτοπλοΐα και το εμπόριο. Μάλιστα, σύμφωνα με το Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς 2007-2013, το αστικό σύστημα Λάρισα-Βόλος έχει χαρακτηριστεί ως ένας από τους 11 βασικούς πόλους ανάπτυξης ολόκληρης της χώρας (Υπουργείο Οικονομίας & Οικονομικών, 2008). Στο μέλλον αυτό αναμένεται να επιδεινώσει ακόμη περισσότερο την ανισομερή ανάπτυξη που χαρακτηρίζει τη δυτική και την ανατολική Θεσσαλία.

Με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2001 (ΕΣΥΕ, 2009), ο μόνιμος πληθυσμός της περιφέρειας Θεσσαλίας ήταν 740.015. Από τα προσωρινά στοιχεία της απογραφής του 2011 (ΕΛΣΤΑΤ, 2011) προκύπτει ότι, μετά από μια δεκαετία, ο μόνιμος πληθυσμός μειώθηκε σε 730.730, αποτελώντας το 6,77% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Οι άνδρες αποτελούν το 49,5% του πληθυσμού και οι γυναίκες το 50,5%. Στην ανατολική Θεσσαλία (περιφερειακές ενότητες Λάρισας και Μαγνησίας) κατοικεί το 64,9% του μόνιμου πληθυσμού, ενώ στη δυτική (περιφερειακές ενότητες Τρικάλων και Καρδίτσας) το 35,1%. Ειδικότερα, στην περιφερειακή ενότητα Τρικάλων οι μόνιμοι κάτοικοι ανέρχονταν σε 129.700 το 2011, έναντι 132.689 το 2001 (-2,25%). Αντίστοιχα, στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας οι μόνιμοι κάτοικοι ήταν 113.070 το 2011, έναντι 120.265 το 2001 (-5,98%).

Εντός της περιοχής μελέτης τα δύο σημαντικότερα αστικά κέντρα είναι τα Τρίκαλα και η Καρδίτσα. Άλλες σημαντικές ημιαστικές περιοχές που περιλαμβάνονται είναι η Καλαμπάκα, το Μουζάκι και το Νεοχώρι (Οιχαλία). Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε με ακρίβεια τον πληθυσμό της περιοχής μελέτης απαιτείται η γνώση του μόνιμου πληθυσμού των δήμων της περιοχής σε επίπεδο δημοτικών διαμερισμάτων. Πολλοί δήμοι δεν περιλαμβάνονται εξ ολοκλήρου στην περιοχή μελέτης, αλλά μόνο ορισμένα τους δημοτικά διαμερίσματα. Ωστόσο, τέτοια στοιχεία δεν έχουν προς το παρόν

δημοσιευθεί από την ΕΛΣΤΑΤ για την απογραφή που διεξήχθη το 2011. Τα τελευταία δημοσιευμένα στοιχεία αυτού του είδους αφορούν την απογραφή του 2001 και είναι διαθέσιμα στον Πίνακα Β-1 του Παραρτήματος Β. Στον Πίνακα 2.2 δίνεται ο μόνιμος πληθυσμός, με βάση την απογραφή του 2001, για τους καποδιστριακούς δήμους ή τα τμήματα καποδιστριακών δήμων που εμπεριέχονται στην περιοχή μελέτης.

Νομός / Δήμος ή Τμήμα Δήμου	**Μόνιμος Πληθυσμός 2001** [1]
Νομός Τρικάλων	
1. Τρικκαίων	57.914
2. Μεγάλων Καλυβίων	3.021
3. Εστιαιώτιδας	2.927
4. Καλλιδενδρίου	2.311
5. Κόζιακα	2.503
6. Φαλώρειας	3.946
7. Παληοκάστρου	2.892
8. Παραληθαίων	3.097
9. Πύλης	4.015
10. Πιαλείων	3.507
11. Γόμφων	4.901
12. Πινδαίων	602
13. Αιθηκών	745
14. Καλαμπάκας	11.347
15. Βασιλικής	2.350
16. Χασίων	3.175
17. Καστανιάς	1.116
18. Κλεινοβού	1.820
19. Μαλακασίου	1.063
20. Τυμφαίων	1.536
21. Φαρκαδόνας	4.589
22. Οιχαλίας	5.457
23. Πελλιναίων	2.921
Νομός Καρδίτσας	
24. Μουζακίου	9.187
25. Ιθώμης	2.773
26. Παμίσου	4.447
27. Σελλάνων	4.987
28. Παλαμά	0
29. Πλαστήρα	209
30. Καρδίτσης	40.478
31. Μητρόπολης	440
Σύνολο	*190.276*

[1] ΕΣΥΕ (2009)

***Πίνακας 2.2**: Μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης σε επίπεδο δήμων (Απογραφή 2001)*

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 2.2, το 2001 ο μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης ήταν 190.276 άτομα.

Κατά την περίοδο 2005-2009 στην περιφέρεια Θεσσαλίας παρήχθη το 5,11% της συνολικής ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας της Ελλάδας (ΕΛΣΤΑΤ, 2012). Πρόκειται για την υψηλότερη επίδοση μεταξύ των 13 περιφερειών, αν εξαιρέσει κανείς τις περιφέρειες Αττικής και Κεντρικής Μακεδονίας. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη και ο πληθυσμός της κάθε περιφέρειας, η Θεσσαλία κατατάσσεται μόλις στη 10^{η} θέση. Το κατά κεφαλήν παραγόμενο ΑΕΠ στην περιφέρεια αυτή φθάνει τα 15.112 €, αποτελώντας μόλις το 77,7% του εθνικού μέσου όρου για τα έτη 2005-2009. Να σημειωθεί ότι οι τέσσερις περιφερειακές ενότητες της Θεσσαλίας δεν συνεισφέρουν ισότιμα στη δημιουργία του συνολικού ΑΕΠ της περιφέρειας. Ανάμεσα στην ανατολική και τη δυτική Θεσσαλία υπάρχει ένα αναπτυξιακό χάσμα. Στην ανατολική Θεσσαλία, η ΕΛΣΤΑΤ εκτίμησε ότι τα έτη 2005-2009 το κατά κεφαλήν ΑΕΠ ανερχόταν στο 95,4% του εθνικού μέσου όρου για τη Μαγνησία και στο 81,0% για τη Λάρισα. Στη δυτική Θεσσαλία, όμως, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ υπολογίστηκε στο 63,1% του εθνικού μέσου όρου για τα Τρίκαλα και το 54,7% για την Καρδίτσα.

Αναλύοντας τα δημοσιευμένα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, για τη διάρθρωση της απασχόλησης και του ΑΕΠ το 2009, προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα για την περιφέρεια Θεσσαλίας. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.3, οι τομείς οικονομικής δραστηριότητας με τους περισσότερους εργαζόμενους ήταν ο κλάδος “χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών, μεταφορές και αποθήκευση, δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής καταλύματος και υπηρεσιών εστίασης” (26,8%), ο κλάδος “δημόσια διοίκηση και άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση, εκπαίδευση, δραστηριότητες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνική μέριμνα” (23,1%), ο κλάδος “γεωργία, δασοκομία και αλιεία” (19,8%) και ο κλάδος “ορυχεία, λατομεία, βιομηχανία, παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού, κλιματισμού και νερού, επεξεργασία λυμάτων, διαχείριση αποβλήτων και δραστηριότητες εξυγίανσης” (12,1%).

Το 2009 η περιφέρεια Θεσσαλίας συγκέντρωνε συνολικά το 6,4% των απασχολούμενων σε πανελλαδικό επίπεδο. Ωστόσο, σε ορισμένους κλάδους η συμμετοχή της Θεσσαλίας υπερέβαινε κατά πολύ το γενικό μέσο όρο. Πιο συγκεκριμένα, στον κλάδο “γεωργία, δασοκομία και αλιεία” οι απασχολούμενοι έφθαναν το 11,4% των πανελλαδικώς απασχολούμενων στον συγκεκριμένο κλάδο. Επίσης, σχετικά υψηλά ποσοστά καταγράφονταν και στις κατηγορίες “δημόσια διοίκηση και άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση, εκπαίδευση, δραστηριότητες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνική μέριμνα” και “διαχείριση ακίνητης περιουσίας”. Στους κλάδους αυτούς τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής ανέρχονταν σε 7,3% και 7,2% αντίστοιχα. Ειδικότερα για τον κλάδο “διαχείριση ακίνητης περιουσίας” το ποσοστό αυτό είναι

ιδιαίτερα μεγάλο, αφού οι απασχολούμενοι σε αυτόν τον τομέα αποτελούν μόλις το 0,11% του συνόλου των απασχολούμενων της περιφέρειας.

Κλάδος (ταξινόμηση Nace Rev.2)	**Ποσοστό απασχολούμενων στην Περιφ. Θεσσαλίας (%)**	**Ποσοστιαία συμμετοχή της Περιφ. Θεσσαλίας στην πανελλαδική απασχόληση του συγκεκριμένου κλάδου (%)**	**Ποσοστό της παραγόμενης ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας στην Περιφ. Θεσσαλίας (%)**
Γεωργία, δασοκομία και αλιεία	19,83	11,4	8,75
Ορυχεία, λατομεία, βιομηχανία, παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού, κλιματισμού και νερού, επεξεργασία λυμάτων, διαχείριση αποβλήτων και δραστηριότητες εξυγίανσης	12,10	6,7	16,00
Κατασκευές	6,61	5,6	6,82
Χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών, μεταφορές και αποθήκευση, δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής καταλύματος και υπηρεσιών εστίασης	26,84	5,5	23,54
Ενημέρωση και επικοινωνία	0,27	1,0	1,33
Χρηματοπιστωτικές και ασφαλιστικές δραστηριότητες	1,22	3,4	2,54
Διαχείριση ακίνητης περιουσίας	0,11	7,2	9,76
Επαγγελαμτικές, επιστημονικές και τεχνικές δραστηριότητες, διοικητικές και υποστηρικτικές δραστηριότητες	5,39	4,8	3,37
Δημόσια διοίκηση και άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση, εκπαίδευση, δραστηριότητες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνική μέριμνα	23,07	7,3	23,47
Τέχνες, διασκέδαση, ψυχαγωγία, άλλες δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών, δραστηριότητες νοικοκυριών ως εργοδοτών, μη διαφοροποιημένες δραστηριότητες νοικοκυριών που αφορούν την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών για ίδια χρήση, δραστηριότητες ετερόδικων οργανισμών και φορέων	4,56	4,5	4,42
Σύνολο Απασχόλησης	100,00	6,4	100,00

Πίνακας 2.3*: Διάρθρωση της απασχόλησης και της παραγωγής ΑΕΠ στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*

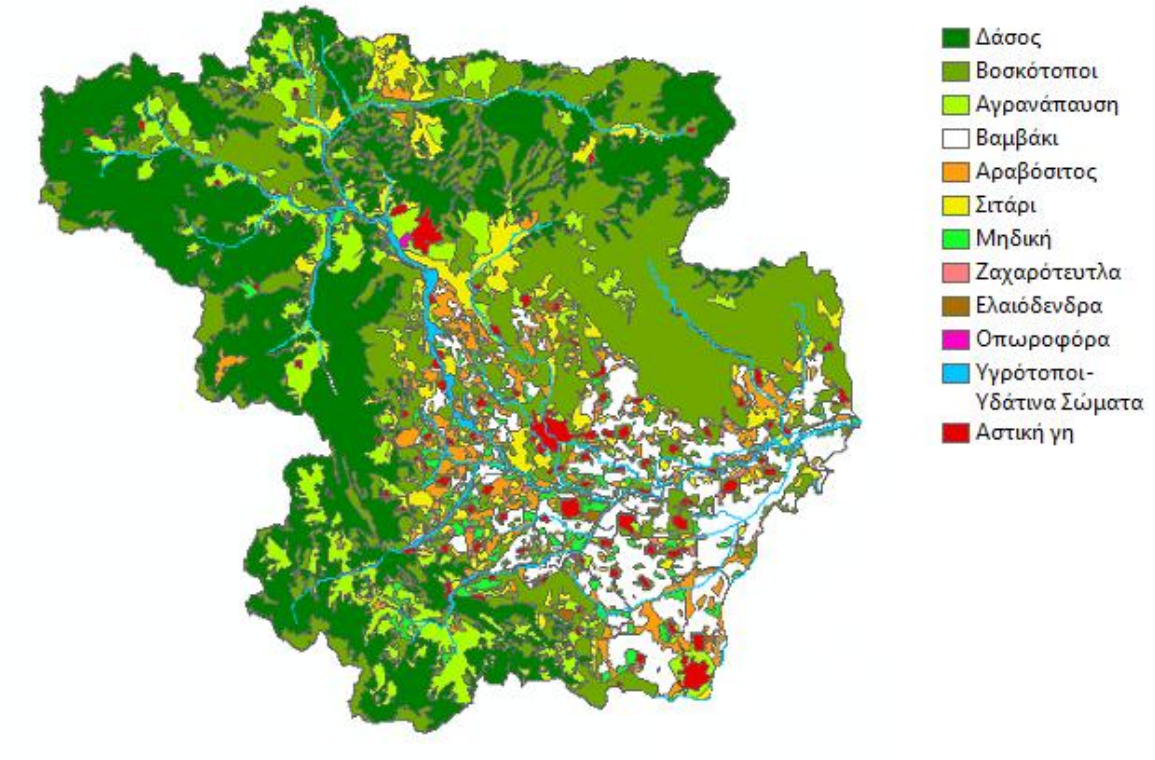
Λαμβάνοντας υπόψη την παραγόμενη ακαθάριστη προστιθέμενη αξία ανά κλάδο, οι τομείς απασχόλησης με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο ΑΕΠ της Θεσσαλίας είναι ο κλάδος "χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών, μεταφορές και αποθήκευση, δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής καταλύματος και υπηρεσιών εστίασης" (23,5%), ο κλάδος "δημόσια διοίκηση και άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση, εκπαίδευση, δραστηριότητες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνική μέριμνα" (23,5%) και ο κλάδος "ορυχεία, λατομεία, βιομηχανία, παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού, κλιματισμού και νερού, επεξεργασία λυμάτων, διαχείριση αποβλήτων και δραστηριότητες εξυγίανσης" (16,0%). Ο κλάδος "γεωργία, δασοκομία και αλιεία" παράγει μόνο το 8,75% της συνολικής ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας της περιφέρειας.

2.3 Χρήσεις Γης

Στα πλαίσια της Β' Φάσης της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005γ) πραγματοποιήθηκε επεξεργασία του χάρτη εδαφοκάλυψης CORINE 2000, για την εξαγωγή των γενικών χρήσεων γης. Επίσης, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα της γεωργικής και κτηνοτροφικής απογραφής της ΕΣΥΕ για το έτος 2000, ώστε να εξαχθούν οι εκτάσεις των καλλιεργειών ανά δήμο. Τα αρχικά στοιχεία της απογραφής της ΕΣΥΕ παρέχονταν σε επίπεδο δημοτικού διαμερίσματος, των παλαιών καποδιστριακών δήμων. Τα αποτελέσματα των παραπάνω επεξεργασιών υιοθετήθηκαν και στην παρούσα εργασία. Για την περαιτέρω αξιοποίησή τους χρησιμοποιήθηκε περιβάλλον ΣΓΠ.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα, το 2000 επί συνόλου 2.920,59 km^2 οι αστικές χρήσεις γης καταλάμβαναν μόλις το 2,34%. Όλες οι υπόλοιπες χρήσεις ανέρχονταν στο 97,66% της συνολικής έκτασης. Συνεπώς, η εξεταζόμενη λεκάνη απορροής δεν μπορεί παρά να χαρακτηριστεί αγροτική. Η επιφάνειά της καλυπτόταν σχεδόν κατά το ένα τρίτο από δάσος, ενώ περίπου άλλο ένα τρίτο της επιφάνειας καταλάμβαναν οι βοσκότοποι. Επίσης, στο υπόλοιπο ένα τρίτο κυριαρχούσε η γεωργική γη και η γη σε αγρανάπαυση. Ένα πολύ μικρό ποσοστό, κάτω του 1%, αποτελούσαν οι υγρότοποι και τα επιφανειακά υδάτινα σώματα. Όσον αφορά τη χαρακτηριζόμενη ως γεωργική γη, το 2000 οι σημαντικότερες καλλιέργειες της περιοχής μελέτης ήταν το βαμβάκι (43,85% της γεωργικής γης), το σιτάρι (25,12%), ο αραβόσιτος (18,61%) και η μηδική (9,86%). Πολύ μικρό ποσοστό της επιφάνειας κάλυπταν τα ζαχαρότευτλα, τα ελαιόδενδρα και τα οπωροφόρα δένδρα.

Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζεται εποπτικά η χωρική κατανομή των χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης.



***Εικόνα 2.3**: Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης*

Η απόλυτη και η ποσοστιαία συμμετοχή των διαφόρων χρήσεων γης στην επιφανειακή κάλυψη της περιοχής μελέτης δίνεται στον Πίνακα 2.4. Επίσης, στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζεται η διάρθρωση της γεωργικής γης για το 2000.

Χρήσεις γης	**Έκταση [1] (km^2)**	**Ποσοστό περιοχής μελέτης (%)**
Δάσος	955,60	32,72
Βοσκοτόπια	895,10	30,65
Αγρανάπαυση	293,76	10,06
Γεωργική γη	679,30	23,26
Υγρότοποι	28,46	0,97
Αστική γη	68,38	2,34
Σύνολο	2.920,59	100.00

[1] Corine Land Cover (2000) (μετά από επεξεργασία)

***Πίνακας 2.4**: Διάρθρωση των χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης*

Γεωργική γη	Έκταση [1] (km^2)	Ποσοστό γεωργικής γης (%)	Ποσοστό περιοχής μελέτης (%)
βαμβάκι	297,85	43,85	10,20
αραβόσιτος	126,41	18,61	4,33
σιτάρι (χειμερινό)	170,63	25,12	5,84
μηδική	66,95	9,86	2,29
ζαχαρότευτλα	10,50	1,55	0,36
ελαιόδεντρα	5,97	0,88	0,20
οπωροφόρα	1,00	0,15	0,03
Σύνολο	679,30	100,00	23.26

[1] ΕΣΥΕ (2000) (μετά από επεξεργασία)

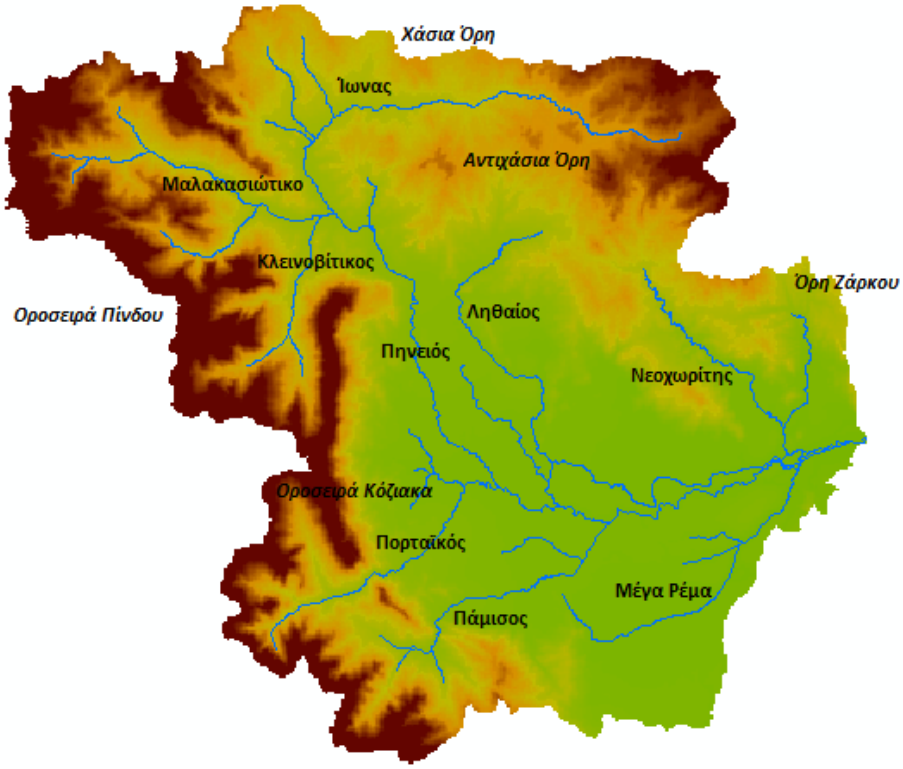
***Πίνακας 2.5**: Διάρθρωση της γεωργικής γης στην περιοχή μελέτης*

2.4 Γεωμορφολογία

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Στα δυτικά οριοθετείται από την οροσειρά της Πίνδου και το Κερκότιον όρος (οροσειρά Κόζιακα), βόρεια και βορειοανατολικά από τα Χάσια και τα Αντιχάσια όρη και ανατολικά από τα όρη του Ζάρκου. Οι παραπάνω οροσειρές περιβάλλουν το κεντρικό πεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης, που αποτελεί υποενότητα της δυτικής πεδιάδας της Θεσσαλίας. Ανάμεσα στα πεδινά και τα ορεινά τμήματα της περιοχής μελέτης υπάρχουν πολύ μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Το ελάχιστο υψόμετρο που παρατηρείται είναι 65,9 m και βρίσκεται κοντά στη έξοδο της λεκάνης. Το μέγιστο υψόμετρο ανέρχεται σε 2.181,3 m και παρατηρείται στο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου που διατρέχει τα δυτικά όρια της λεκάνης.

Το πεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης διαρρέεται από τον ποταμό Πηνειό, στον οποίο καταλήγουν και επιμέρους υδατορεύματα. Πρόκειται για το Μαλακασιώτικο ρέμα, τον Κλεινοβίτικο ποταμό και τον ποταμό Ίωνα στα βόρεια, τον Πορταϊκό και τον Πάμισο (ή Πηλιούρη) στα δυτικά, το Ληθαίο και τον Νεοχωρίτη στα ανατολικά και το Μέγα Ρέμα στα νότια. Ολόκληρη η περιοχή μελέτης αποτελεί υπολεκάνη της ευρύτερης λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού. Ειδικότερα, πρόκειται για την υπολεκάνη απορροής του Πηνειού ανάντη της θέσης Αλή Εφέντη, όπου βρίσκεται η ομώνυμη γέφυρα. Στην ίδια θέση υπάρχει εγκατεστημένος και σημαντικός υδρομετρικός σταθμός. Το νότιο όριο της περιοχής μελέτης είναι ο υδροκρίτης της λεκάνης απορροής του Μεγάλου Ρέματος.

Στην Εικόνα 2.4 απεικονίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της γεωμορφολογίας, καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.



***Εικόνα 2.4**: Γεωμορφολογία και υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης*

2.5 Γεωλογία - Υδρογεωλογία

Για την καλύτερη προσέγγιση της γεωλογίας-υδρογεωλογίας της περιοχής μελέτης, αρχικά διερευνάται η εδαφική ζώνη (κοκκομετρική σύσταση και διαπερατότητα) και στη συνέχεια εξετάζεται το υπέδαφος (γεωτεκτονική και υδρολιθολογική κατηγοριοποίηση των πετρωμάτων).

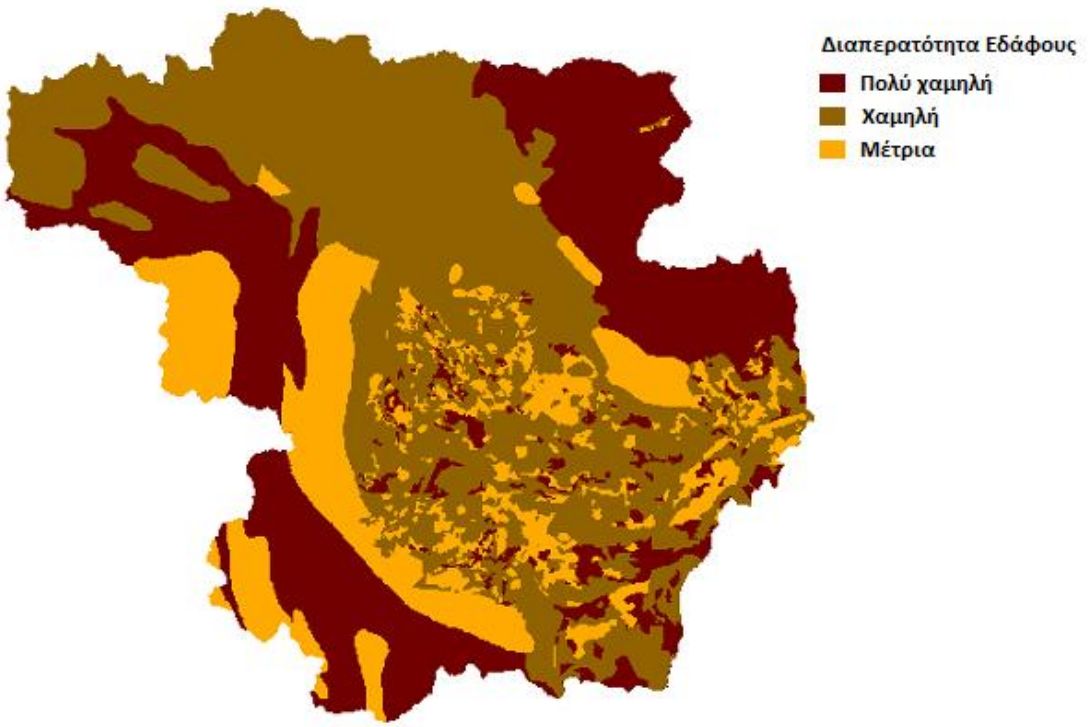
2.5.1 Έδαφος

Σύμφωνα με το Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών που εφαρμόζεται στις ΗΠΑ (Soil Survey Division Staff, 1993 · Soil Survey Staff, 1999 · Soil Survey Staff, 2010), το εδαφικό προφίλ μπορεί να διαιρεθεί σε τρία τμήματα και κάθε ένα από αυτά να καταταχθεί ως προς την κοκκομετρική του σύσταση. Το τμήμα Α (επιφανειακή ζώνη) έχει βάθος 0-0,25 m. Το τμήμα Β (ενδιάμεση ζώνη) έχει βάθος 0,25-0,75 m. Το τμήμα Γ (κατώτερη ζώνη) έχει βάθος 0,75-1,50 m. Οι βασικές κατηγορίες ταξινόμησης είναι τέσσερις: Αμμώδες (S), Ιλυώδες (Si), Πηλώδες (L), Αργιλώδες (C). Από τις τέσσερις βασικές κατηγορίες κοκκομετρικής σύστασης, μπορούν να προκύψουν πολύ περισσότερες ενδιάμεσες. Για παράδειγμα, ένα εδαφικό στρώμα μπορεί να χαρακτηριστεί ιλυοαργιλώδες (SiC). Οι

ταξινομήσεις κοκκομετρικής σύστασης, που λαμβάνουν τα τρία διαδοχικά τμήματα του εδαφικού προφίλ, συνιστούν ένα είδος ταυτότητας για το έδαφος. Έτσι, ένα έδαφος μπορεί να χαρακτηρισθεί ως C-SiL-CL, αν το τμήμα Α είναι αργιλώδες, το τμήμα Β ιλυοπηλώδες και το τμήμα Γ αργιλοπηλώδες. Με κριτήρια την ταξινόμηση που λαμβάνει κάθε τμήμα του εδάφους, αλλά και το πάχος κάθε τμήματος, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί ποιοτικά η κλίμακα διαπερατότητας στην οποία ανήκει ένα εδαφικό προφίλ στο σύνολό του. Στον Πίνακα 2.6 παρουσιάζεται η εκτίμηση που γίνεται για τη διαπερατότητα των εδαφικών προφίλ που συναντώνται εντός της περιοχής μελέτης. Όπως προκύπτει, αυτά είναι πολύ χαμηλής έως μέτριας διαπερατότητας. Αυτό ερμηνεύει, ως ένα βαθμό, το ιδιαίτερα ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο της εξεταζόμενης λεκάνης. Στην Εικόνα 2.5 παρουσιάζεται η χωρική εξάπλωση κάθε ομάδας εδαφών, με κριτήριο την διαπερατότητα που εμφανίζουν.

Κλίμακα διαπερατότητας	Εδαφικό Προφίλ
Πολύ χαμηλή	C-C-CL
Χαμηλή	CL-C-CL, CL-CL-CL, SiL-CL-CL, SiL-SiL-CL
Μέτρια	CL-SiL-SiL, SiL-SiL-Si

***Πίνακας 2.6**: Κατάταξη εδαφικών προφίλ της περιοχής μελέτης σε κλίμακες διαπερατότητας*



***Εικόνα 2.5**: Διαπερατότητα των εδαφών της περιοχής μελέτης*

2.5.2 Υπέδαφος

Σύμφωνα με Παπανικολάου (1986), κατά Λέκκα (1986), εντός της περιοχής μελέτης αναπτύσσονται αλπικοί σχηματισμοί, που μπορούν να καταταγούν σε τέσσερις μεγάλες γεωτεκτονικές ενότητες. Πρόκειται για την ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας, την ενότητα της Δυτικής Θεσσαλίας, τη Ζώνη της Πίνδου και τους Οφιόλιθους της Βόρειας Πίνδου. Συνοπτικά, τα χαρακτηριστικά τους είναι τα παρακάτω.

- Ενότητα Ανατολικής Ελλάδας: Αναπτύσσεται στις ορεινές ανατολικές περιοχές. Περιλαμβάνει κυρίως κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και μάρμαρα, αλλά και γνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες.
- Ενότητα Δυτικής Θεσσαλίας: Αναπτύσσεται στη μεσοδυτική περιοχή και κατά κύριο λόγο στο όρος Κόζιακας. Αντιστοιχεί στην πρώην Υπερπινδική υποζώνη και περιλαμβάνει ασβεστόλιθους, σχιστοκερατόλιθους, οφιόλιθους, ραδιολαρίτες.
- Ζώνη της Πίνδου: Αναπτύσσεται στις ορεινές δυτικές περιοχές. Περιλαμβάνει κυρίως ασβεστόλιθους, αλλά και φλύσχη από εναλλαγές στρωμάτων πηλιτών και ψαμμιτών.
- Οφιόλιθοι Βόρειας Πίνδου: Αναπτύσσονται στην περιοχή βόρεια της γέφυρας του Μουργκανίου. Τεκτονικά είναι τοποθετημένοι πάνω στο φλύσχη της Πίνδου.

Επιπλέον, εκτός από τους αλπικούς σχηματισμούς, η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει μολασσικές, νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005β).

- Μολασσικές αποθέσεις: Ανήκουν στη λεγόμενη Μεσοελληνική Αύλακα. Εκτείνονται κυρίως βόρεια και βορειοανατολικά. Παράλληλα, αποτελούν το υπόβαθρο των νεογενών και των τεταρτογενών σχηματισμών. Περιλαμβάνουν συνεκτικά κροκαλοπαγή, μάργες, ψαμμίτες και ασβεστόλιθους.
- Νεογενείς αποθέσεις: Καταλαμβάνουν την κεντρική πεδινή περιοχή και, συνήθως, επικαλύπτονται από τις τεταρτογενείς αποθέσεις. Αποτελούνται από ιζήματα πλειοκαινικής - μειοκαινικής ηλικίας, με προέλευση κυρίως λιμνοθαλάσσια ή αβαθούς θάλασσας. Περιλαμβάνουν μάργες, αργίλους, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άμμους, μαργαϊκούς και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοους, σε στρωματογραφικές εναλλαγές ή αμιγείς ορίζοντες. Το μέγιστο πάχος τους μπορεί να είναι λίγες εκατοντάδες μέτρα.
- Τεταρτογενείς αποθέσεις: Καλύπτουν τις πεδινές περιοχές και, συνήθως, υπέρκεινται των νεογενών αποθέσεων. Προέρχονται από αλλουβιακές αποθέσεις, προσχώσεις πεδινών ζωνών, ποταμοχειμάρριες αναβαθμίδες, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων. Δηλαδή, είναι προϊόντα διάβρωσης και αποσάθρωσης

παλαιότερων σχηματισμών. Περιλαμβάνουν άμμους, αμμούχες αργίλους, ιλυώδεις άμμους, πηλούς, χάλικες, ψηφίδες, λατύπες, κροκάλες, ημισυνεκτικούς ψαμμίτες, ψηφιδοπαγή και κροκαλοπαγή σε προσμίξεις ή ακανόνιστες εναλλαγές στρώσεων. Το πάχος τους φτάνει τα λίγες δεκάδες μέτρα.

Στην Εικόνα 2.6 παρουσιάζεται η χωρική τοποθέτηση των διαφόρων γεωτεκτονικών ενοτήτων, που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Με κριτήρια τη λιθολογική και κοκκομετρική σύσταση, το βαθμό συνεκτικότητας, το βαθμό καρστικοποίησης, την τεκτονική καταπόνηση και την εν γένει υδρογεωλογική συμπεριφορά, οι επιμέρους γεωλογικοί σχηματισμοί, που περιέχονται στις παραπάνω γεωτεκτονικές ενότητες, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε ενότητες με παρόμοια υδρολιθολογική συμπεριφορά (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005β). Οι υδρολιθολογικές ενότητες που προκύπτουν παρουσιάζουν σημαντική διαβάθμιση ως προς την υδροπερατότητά τους (ελάχιστη, πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια και υψηλή έως πολύ υψηλή).

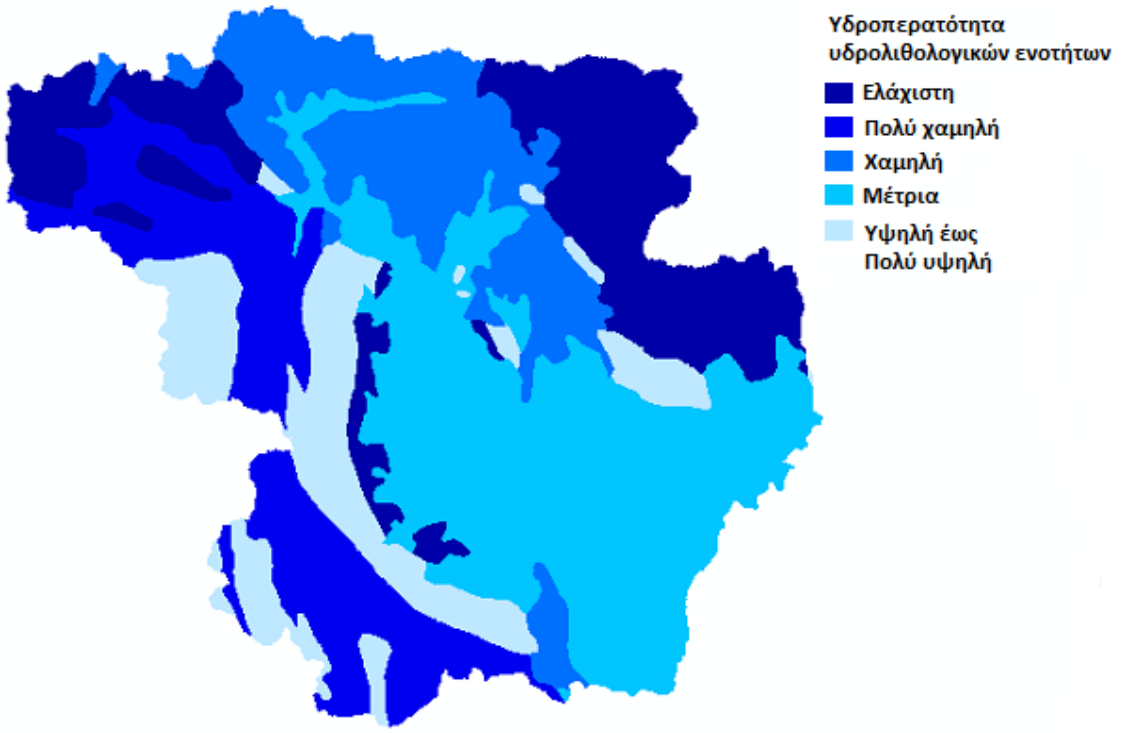
Στον Πίνακα 2.7 παρουσιάζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης και η κλίμακα υδροπερατότητας στην οποία κατατάσσονται. Στην Εικόνα 2.7 παρουσιάζεται εποπτικά η υδροπερατότητα των υδρολιθολογικών ενοτήτων της περιοχής μελέτης.

***Εικόνα 2.6**: Γεωτεκτονικές ζώνες της περιοχής μελέτης*

Κλίμακα υδροπερατότητας	**Γεωλογικοί σχηματισμοί** [1]
Ελάχιστη	*συνεκτικά ιζηματογενή, μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή* (σχιστόλιθοι και φυλλίτες / σχιστόλιθοι και ψαμμίτες / σιδηρονικελιούχα, βωξιτικά, λατεριτικά κοιτάσματα / οφιολιθικά - ηφαιστειακά πετρώματα / γνευσιοσχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες) *συνεκτικά-ημισυνεκτικά ιζηματογενή* (μάργες, άργιλοι, αργιλομάργες και άμμοι)
Πολύ χαμηλή	*συνεκτικά ιζηματογενή, μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή* (φλύσχης αδιαίρετος / φλυσχοειδή ιζήματα / στρώματα μετάβασης / αρκόζες, γραουβάκες / σχιστοκερατολιθική διάπλαση)
Χαμηλή	*κοκκώδεις προσχωματικοί σχηματισμοί* (λεπτόκοκκες έως μεσόκοκκες ελουβιακές αποθέσεις) *συνεκτικά-ημισυνεκτικά ιζηματογενή* (μολασσικά και κλαστικά ιζήματα)
Μέτρια	*κοκκώδεις προσχωματικοί σχηματισμοί* (αλλουβιακές αποθέσεις και προσχώσεις πεδινών ζωνών / πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων / ψαμμίτες, ψηφιδοπαγή και κροκαλοπαγή) *συνεκτικά-ημισυνεκτικά ιζηματογενή* (κροκαλοπαγή και ψαμμίτες)
Υψηλή έως Πολύ υψηλή	*καρστικοποιημένα ανθρακικά πετρώματα*

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005β)

***Πίνακας 2.7**: Κατάταξη γεωλογικών σχηματισμών περιοχής μελέτης ως προς την υδροπερατότητα*



***Εικόνα 2.7**: Υδροπερατότητα των υδρολιθολογικών ενοτήτων της περιοχής μελέτης*

2.6 Κλίμα - Υδρομετεωρολογία

Το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων της Χώρας (Κουτσογιάννης κ.α., 2008) και η Έκθεση Επιφανειακής Υδρολογίας της Α' Φάσης της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α) αποτελούν τις βασικές πηγές πληροφοριών και δεδομένων για το κλίμα και την υδρομετεωρολογία της περιοχής μελέτης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το δυτικό τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας έχει ηπειρωτικό κλίμα στην κεντρική πεδινή περιοχή και ορεινό κλίμα στις ορεινές περιμετρικές περιοχές.

Στο σύνολο του υδατικού διαμερίσματος, η μέση ετήσια βροχόπτωση υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 686,8 mm (για την περίοδο 1980-81 έως 2000-01), ενώ στα δυτικά και βορειοδυτικά παρατηρούνται σαφώς υψηλότερες τιμές. Για παράδειγμα, η μέση ετήσια βροχόπτωση στους σταθμούς των Τρικάλων, των Μετεώρων και της Ελάτης, την ίδια περίοδο, ήταν αντίστοιχα 707,1 mm, 745,8 mm και 1633,7 mm. Η περίοδος Οκτωβρίου-Ιανουαρίου είναι η πιο βροχερή του έτους, ενώ η περίοδος Ιουλίου-Αυγούστου η πιο ξηρή. Στην κεντρική πεδινή περιοχή καταγράφονται τα μικρότερα κατακρημνίσματα, ενώ στη δυτική ορεινή τα υψηλότερα. Στα ανατολικά του διαμερίσματος εμφανίζεται ξηρή περίοδος 4-5 μηνών, ενώ στα κεντρικά-δυτικά πεδινά 2-4 μηνών και στα δυτικά ορεινά 1-2 μηνών.

Ιδιαίτερα στα ορεινά του διαμερίσματος, οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένες. Οι περισσότερες καταγράφονται την περίοδο Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου. Ωστόσο, στα βορειοδυτικά του διαμερίσματος, όπου βρίσκεται η περιοχή μελέτης, είναι γενικά πιο έντονες. Μάλιστα, στα δυτικά και ορεινά τμήματα του διαμερίσματος οι χιονοπτώσεις αρχίζουν το μήνα Σεπτέμβριο και μπορεί να φθάσουν μέχρι και τις αρχές Ιουλίου. Συγκριτικά, ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών με χιόνι είναι 6,2 στα Τρίκαλα και 4 στη Λάρισα.

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας πολύ συχνά πλήττεται από χαλαζοπτώσεις. Στα βόρεια εκδηλώνονται κυρίως κατά την περίοδο Μαΐου-Ιουνίου, ενώ στα νοτιοανατολικά κατά την περίοδο Φεβρουαρίου-Απριλίου.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του υδατικού διαμερίσματος έχει υπολογιστεί σε 14,3 ^{o}C. Η μέση ελάχιστη είναι ίση με 5 ^{o}C και η μέση μέγιστη 16,4 ^{o}C. Επομένως, προκύπτει ένα μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος σχεδόν 12 ^{o}C. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι θερμότεροι μήνες του έτους, ενώ ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος οι ψυχρότεροι. Η εμφάνιση παγετών είναι συχνή. Κυρίως εκδηλώνονται την περίοδο

Νοεμβρίου-Απριλίου. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών παγετού στα Τρίκαλα είναι 33,8. Στο Βόλο είναι 9,2 και στη Λάρισα 35,5.

Η μέση ετήσια νέφωση κυμαίνεται από 4 έως 5 βαθμίδες. Οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στα δυτικά και οι χαμηλότερες στα ανατολικά.

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία έχει μετρηθεί μεταξύ 63,5 και 71,3%.

Η μέση ταχύτητα των ανέμων είναι σχετικά μικρή στις εσωτερικές περιοχές (Λάρισα, Τρίκαλα), σε σύγκριση με τις παραλιακές περιοχές (Αγχίαλος), οι οποίες επηρεάζονται από την παρουσία της θάλασσας. Η επικρατούσα φορά των ανέμων είναι δυτική στα Τρίκαλα, έναντι βορειοδυτικής και νότιας στο Βόλο και ανατολικής στη Λάρισα.

2.6.1 Βροχόπτωση

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό βροχομετρικών σταθμών, η πλειοψηφία των οποίων είναι εγκατεστημένη στην περιοχή της δυτικής Θεσσαλίας. Οι σταθμοί αυτοί έχουν στο παρελθόν λειτουργήσει ή συνεχίζουν να λειτουργούν υπό την εποπτεία διαφόρων δημοσίων φορέων (ΥΠΕΧΩΔΕ-ΥΠΕΚΑ, ΕΜΥ, ΥΠΓΕ-ΥΠΑΑΤ, ΔΕΗ). Ανάλογα με το φορέα που είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία τους, η ποιότητα των παρεχόμενων δεδομένων μπορεί να διαφέρει. Έτσι, στα πλαίσια της Α' Φάσης της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α) πραγματοποιήθηκε συλλογή, καταχώρηση και αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων δεδομένων. Οι σταθμοί των οποίων τα δεδομένα θεωρήθηκαν ελλιπή (με εκτεταμένα κενά ή με μικρό διάστημα λειτουργίας) και οι σταθμοί που είχαν τη χαμηλότερη αξιοπιστία, συγκριτικά με τους αμέσως γειτονικούς τους, απορρίφθηκαν. Τα πρωτογενή δεδομένα της παραπάνω μελέτης αφορούσαν την περίοδο 1980-81 – 2000-01. Στις περιπτώσεις που υπήρχαν μεμονωμένα σποραδικά κενά, πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση του δείγματος. Στις περιπτώσεις των σταθμών που τέθηκαν σε λειτουργία μετά το 1980-81 ή διακόπηκε η λειτουργία τους πριν το 2000-01, οι διαθέσιμες χρονοσειρές υπέστησαν επέκταση, ώστε να αποκτήσουν το ίδιο μήκος με τις υπόλοιπες. Τελικώς, προέκυψε ένα κατάλογος 61 βροχομετρικών σταθμών, με πλήρεις χρονοσειρές, οι οποίοι θεωρήθηκαν κατάλληλοι για περαιτέρω υδρολογική ανάλυση.

Εν γένει, οι βροχομετρικοί σταθμοί του ΥΠΕΧΩΔΕ θεωρήθηκαν περισσότερο αξιόπιστοι, γιατί τα δεδομένα τους παρέχονταν σε ημερήσιο βήμα και ήταν καταγεγραμμένα ψηφιακά. Ακόμη και όσα δεδομένα δεν είχαν ψηφιοποιηθεί, εντοπίστηκαν και τελικά ψηφιοποιήθηκαν από τις πρωτογενείς καταγραφές. Επίσης, η λειτουργία αρκετών

βροχομετρικών σταθμών του ΥΠΕΧΩΔΕ θεωρήθηκε υποδειγματική. Προβληματική θεωρήθηκε, μόνο, η καταγραφή του χιονιού, αφού δεν ήταν σαφείς οι συνθήκες μέτρησης και ο διαχωρισμός του από την καθαρή βροχόπτωση.

Τα βροχομετρικά δεδομένα της ΕΜΥ, του ΥΠΓΕ και της ΔΕΗ θεωρήθηκαν χαμηλότερης ποιότητας, κυρίως επειδή ήταν διαθέσιμα σε μηνιαίο βήμα. Άλλοι λόγοι ήταν οι ειδικές συνθήκες μέτρησης, ο τρόπος λειτουργίας των σταθμών και η έλλειψη δεδομένων για παρατεταμένες περιόδους. Οι σταθμοί της ΕΜΥ είναι εγκατεστημένοι σε πολύ χαμηλά υψόμετρα και συνήθως σε αεροδρόμια. Επίσης, αρκετοί από αυτούς θεωρούνται μειωμένης αξιοπιστίας. Για όσους σταθμούς παρασχέθηκαν δεδομένα, οι καταγραφές της βροχόπτωσης χαρακτηρίζονταν από αρκετά και διάσπαρτα κενά. Αυτό καθιστούσε δύσκολη την εξαγωγή ετήσιων τιμών. Επίσης, κατά τους θερινούς μήνες, δεν ήταν πάντα σαφής η διάκριση ανάμεσα στη μηδενική τιμή και την απουσία τιμής. Αντίθετα, η καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων (πχ. θερμοκρασία, ένταση ανέμου) θεωρήθηκε υποδειγματική. Οι σταθμοί του ΥΠΓΕ είναι εγκατεστημένοι κυρίως σε χαμηλά υψόμετρα, σε πεδινές περιοχές. Γενικά, πρόκειται για παλαιούς σταθμούς, με πολλά κενά στις μετρήσεις, ή για πρόσφατους σταθμούς, με πολύ λίγα χρόνια λειτουργίας. Οι περισσότεροι βροχομετρικοί σταθμοί της ΔΕΗ έχουν εγκατασταθεί σε μεγάλα υψόμετρα, σε ορεινές περιοχές. Όσοι από αυτούς τους σταθμούς λειτουργούσαν την περίοδο 1980-81 – 2000-01, διαθέτουν σχεδόν πλήρεις χρονοσειρές των μηνιαίων κατακρημνίσεων. Ωστόσο, οι μηνιαίες κατακρημνίσεις που παρέχει η ΔΕΗ δεν διαχωρίζουν τη βροχόπτωση από τη χιονόπτωση. Επίσης, ένας σημαντικός αριθμός βροχομετρικών σταθμών της ΔΕΗ καταργήθηκε το 1994, ενώ οι σταθμοί που προστέθηκαν μετά το 1980, και κυρίως μετά το 1994, ήταν σαφώς λιγότεροι.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, επιλέχθηκαν συνολικά 14 σταθμοί, εντός της περιοχής μελέτης ή πολύ κοντά σε αυτήν. Η επιλογή τους έγινε με κριτήρια την αξιοπιστία των δεδομένων, την ομοιόμορφη γεωγραφική κάλυψη της περιοχής μελέτης και την αντιπροσώπευση του μεγαλύτερου δυνατού φάσματος υψομέτρων. Οι 11 από τους σταθμούς ανήκουν στην εποπτεία του ΥΠΕΧΩΔΕ, οι 2 στο ΥΠΓΕ και ο 1 στην ΕΜΥ.

Τα βροχομετρικά δεδομένα αυτών των σταθμών για την περίοδο 2000-01 – 2009-10 αναζητήθηκαν και συλλέχθηκαν από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Σε όσους από αυτούς υπήρχαν κενά πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση.

Με βάση τις διαθέσιμες χρονοσειρές βροχόπτωσης, υπολογίστηκε η μέση ετήσια σημειακή βροχόπτωση κάθε σταθμού. Προκειμένου να εκτιμηθεί η μέση επιφανειακή βροχόπτωση σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης, εφαρμόστηκε η μέθοδος επιφανειακής ολοκλήρωσης Thiessen. Με τη βοήθεια ΣΓΠ πραγματοποιήθηκε η χάραξη των πολυγώνων Thiessen, που αντιστοιχούν στους παραπάνω βροχομετρικούς σταθμούς. Έπειτα, υπολογίστηκε ο λόγος της επιφάνειας κάθε πολυγώνου Thiessen προς τη συνολική επιφάνεια της εξεταζόμενης λεκάνης. Ο λόγος αυτός αποτελεί το συντελεστή

επιρροής του κάθε βροχομετρικού σταθμού στη συνολική επιφανειακή βροχόπτωση. Τέλος, γνωρίζοντας τη μέση ετήσια σημειακή βροχόπτωση κάθε σταθμού και τον αντίστοιχο συντελεστή επιρροής, υπολογίστηκε ότι η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης ($P_{thiessen}$) ανέρχεται σε 849,8 mm.

Στην Εικόνα 2.8 φαίνονται οι θέσεις των επιλεγέντων βροχομετρικών σταθμών, καθώς και τα αντίστοιχα πολύγωνα Thiessen που χαράχθηκαν.

***Εικόνα 2.8**: Επιλεγέντες βροχομετρικοί σταθμοί και πολύγωνα Thiessen*

Στον Πίνακα 2.8 παρουσιάζονται ορισμένα χαρακτηριστικά των επιλεγέντων βροχομετρικών σταθμών. Αυτά είναι η εποπτεύουσα υπηρεσία, το υψόμετρο εγκατάστασης, το χρονικό διάστημα που καλύπτει το διαθέσιμο δείγμα βροχοπτώσεων, η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιόδου 1980-81 – 2009-10 και ο συντελεστής επιρροής του πολυγώνου Thiessen κάθε σταθμού.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα αυτό, ο συντελεστής επιρροής του σταθμού στο Περτούλι είναι σχεδόν μηδενικός. Συνεπώς, η επιρροή του στον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης της εξεταζόμενης λεκάνης είναι αμελητέα. Έτσι, η επιφάνεια επιρροής του μπορεί να απορροφηθεί από τους κοντινότερους σταθμούς σε αυτόν, που είναι η Χρυσομηλιά και η Ελάτη.

Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Περίοδος δείγματος βροχοπτώσεων	Μέση ετήσια σημειακή βροχόπτωση (mm)	Συντελεστής επιρροής (Thiessen)
Αγιόφυλλο	ΥΠΕΧΩΔΕ	581	1980-81 – 2009-10	836,90	0.0547
Βερδικούσα	ΥΠΕΧΩΔΕ	863	1980-81 – 2009-10	697,97	0.0219
Ελάτη	ΥΠΕΧΩΔΕ	900	1980-81 – 2009-10	1612,69	0.0729
Καρδίτσα	ΥΠΕΧΩΔΕ	103	1980-81 – 2009-10	572,90	0.0618
Κονίσκος	ΥΠΓΕ	810	1980-81 – 2009-10 [1]	740,26	0.0822
Λιόπρασο	ΥΠΓΕ	688	1980-81 – 2009-10 [1]	773,83	0.0932
Μαλακάσιο	ΥΠΕΧΩΔΕ	842	1980-81 – 2009-10	1068,66	0.0709
Μεγ. Κερασιά	ΥΠΕΧΩΔΕ	500	1980-81 – 2009-10	875,68	0.0823
Μετέωρα	ΥΠΕΧΩΔΕ	596	1980-81 – 2009-10	782,64	0.0879
Μουζάκι	ΥΠΕΧΩΔΕ	226	1980-81 – 2009-10	651,22	0.0974
Περτούλι	ΥΠΕΧΩΔΕ	1160	1980-81 – 2009-10	1438,81	0.0041
Τρίκαλα	ΕΜΥ	110	1980-81 – 2000-05	668,73	0.1259
Φαρκαδώνα	ΥΠΕΧΩΔΕ	87	1980-81 – 2009-10	556,71	0.0745
Χρυσομηλιά	ΥΠΕΧΩΔΕ	940	1980-81 – 2009-10	1295,47	0.0704

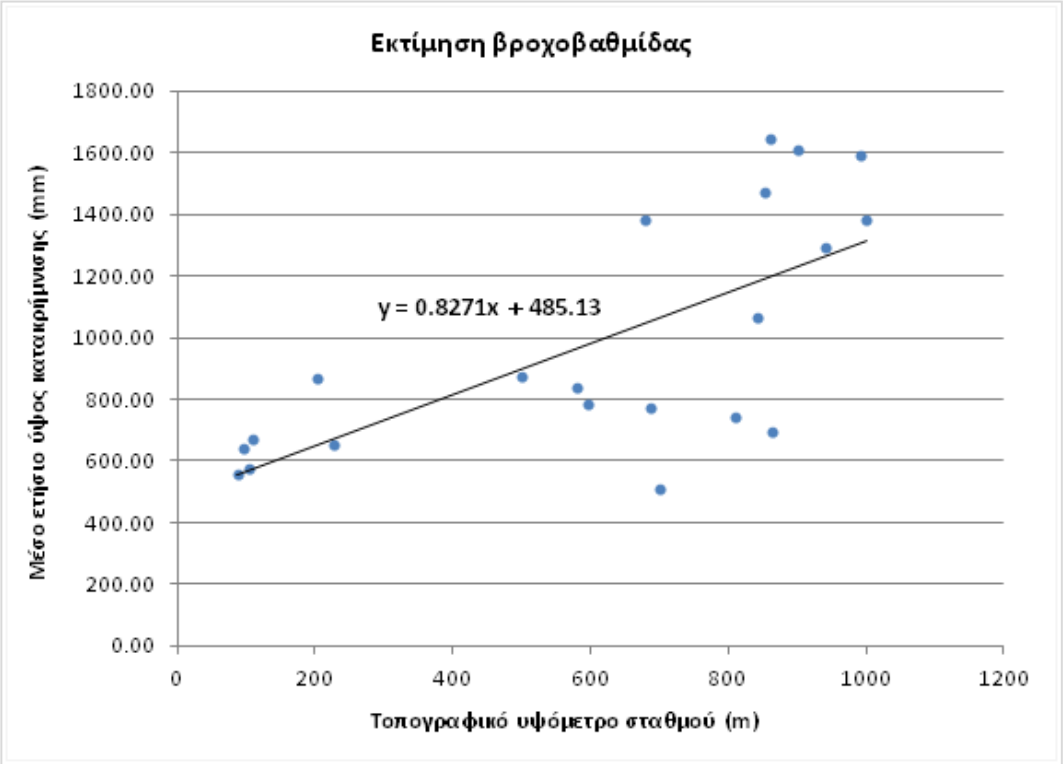
[1] Κατά την περίοδο 2000-01 – 2009-10 παρουσιάζουν εκτεταμένες ελλείψεις

***Πίνακας 2.8**: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης*

Το υψόμετρο, στο οποίο είναι εγκατεστημένοι οι βροχομετρικοί σταθμοί, είναι αναμενόμενο να επηρεάζει και τις παρατηρήσεις που καταγράφονται. Γενικά, όσο αυξάνεται το υψόμετρο, οι βροχοπτώσεις αναμένεται να είναι μεγαλύτερες. Συνεπώς, μια ανομοιόμορφη υψομετρική κατανομή των σταθμών στη λεκάνη επηρεάζει και τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση που υπολογίζεται. Για την άρση αυτής της αδυναμίας, εκτελείται υψομετρική διόρθωση της υπολογισμένης τιμής για την επιφανειακή βροχόπτωση.

Αρχικά, υπολογίζεται η βροχομετρική βαθμίδα (ή απλά βροχοβαθμίδα) της περιοχής μελέτης. Το μέγεθος αυτό εκφράζει τη μοναδιαία μεταβολή του ύψους βροχής με την αύξηση του τοπογραφικού υψομέτρου. Η βροχοβαθμίδα ταυτίζεται υπολογιστικά με την κλίση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης, σε ένα διάγραμμα της μέσης ετήσιας σημειακής βροχόπτωσης και του τοπογραφικού υψομέτρου του αντίστοιχου σταθμού. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ένα τέτοιο διάγραμμα για την περιοχή μελέτης. Όπως φαίνεται σε αυτό, η βροχοβαθμίδα (λ) εκτιμάται σε 0,8271 mm/m. Ο συντελεστής συσχέτισης των μέσων ετήσιων κατακρημνίσεων και του υψομέτρου των σταθμών υπολογίστηκε σε 0,697. Η τιμή αυτή κρίνεται ικανοποιητική. Να σημειωθεί ότι, αποκλειστικά και μόνο για την εξαγωγή της βροχοβαθμίδας, πέραν των 14 αρχικών βροχομετρικών σταθμών, χρησιμοποιήθηκαν και τα δεδομένα άλλων 8. Πρόκειται για τους σταθμούς Πεδινού, Καλαμπάκας, Δρακότρυπας, Αγριελιάς, Βροντερού,

Στουρναραίικων, Αργιθέας και Κερασέας. Η σταθμοί αυτοί κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή της βροχοβαθμίδας, καθώς περιέχονται εντός της περιοχής μελέτης. Ωστόσο, επειδή δεν ανήκαν στη δικαιοδοσία του ΥΠΕΧΩΔΕ και η δυνητική περιοχή επιρροής τους καλυπτόταν επαρκώς γεωγραφικά από άλλους γειτονικούς σταθμούς, δεν συμπεριλήφθηκαν στους σταθμούς στους οποίους βασίστηκε η υδρολογική ανάλυση.



Σχήμα 2.1: *Διάγραμμα υπολογισμού βροχοβαθμίδας της περιοχής μελέτης*

Το μέσο σταθμισμένο υψόμετρο των βροχομετρικών σταθμών ($H_{στ}$) υπολογίστηκε ότι είναι 519,9 m. Με τη βοήθεια ΣΓΠ, το μέσο φυσικό υψόμετρο της λεκάνης ($H_{λεκ}$) εκτιμήθηκε ότι είναι 528,4 m. Ο συντελεστής υψομετρικής αναγωγής (μ) δίνεται από τον τύπο:

$$\mu = 1 + \lambda \frac{H_{\sigma\tau} - H_{\lambda\varepsilon\kappa}}{P_{thiessen}} \qquad (2.1)$$

όπου λ η βροχοβαθμίδα και $P_{thiessen}$ η επιφανειακή βροχόπτωση, με βάση τη μέθοδο Thiessen. Η τιμή του συντελεστή υψομετρικής αναγωγής προκύπτει ίση με 1,0083. Τελικώς, η υψομετρικά διορθωμένη μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση ($P_{διορθ}$) υπολογίζεται σε 856,8 mm.

Στον Πίνακα 2.9 συνοψίζονται οι τιμές των μεταβλητών, που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της υψομετρικά διορθωμένης μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης για τα έτη 1980-81 – 2009-10.

Μεταβλητή	Τιμή
Μέσο φυσικό υψόμετρο λεκάνης (Ηλεκ) [m]	528,4
Μέσο σταθμισμένο υψόμετρο σταθμών (Ηστ) [m]	519,9
Βροχοβαθμίδα (λ) [mm/m]	0,8271
Επιφανειακή βροχόπτωση (Pthiessen) [mm]	849,8
Συντελεστής υψομετρικής αναγωγής (μ)	1,0083
Υψομετρικά διορθωμένη επιφανειακή βροχόπτωση (Ρδιορθ) [mm]	856,8

***Πίνακας 2.9**: Σύνοψη τιμών μεταβλητών, που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της υψομετρικά διορθωμένης μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1980-81 – 2009-10*

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία, όπως προηγουμένως, αλλά για τις μέσες μηνιαίες σημειακές βροχοπτώσεις της περιόδου 1980-81 – 2009-10, μπορούν αντίστοιχα να προκύψουν οι υψομετρικά διορθωμένες μέσες μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις της λεκάνης. Τα αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας παρέχονται στον Πίνακα 2.10.

Μήνας	Υψομετρικά διορθωμένη επιφανειακή βροχόπτωση (mm)
Οκτ	97,5
Νοε	116,4
Δεκ	126,9
Ιαν	91,4
Φεβ	89,1
Μαρ	79,4
Απρ	71,4
Μαϊ	59,1
Ιουν	28,0
Ιουλ	28,6
Αυγ	24,5
Σεπ	40,4

***Πίνακας 2.10**: Υψομετρικά διορθωμένες μέσες μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1980-81 – 2009-10*

2.6.2 Θερμοκρασία

Σύμφωνα με την Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005α), η θερμοβαθμίδα (c) του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας έχει εκτιμηθεί σε -0,0042 ^{o}C. Αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία μειώνεται κατά 4,2 ^{o}C ανά 1000 m αύξησης του υψομέτρου. Τα διαθέσιμα δεδομένα θερμοκρασίας αφορούν την περίοδο 1980-81 – 2000-01. Στον Πίνακα 2.11 φαίνονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής μελέτης που μετρούν τη θερμοκρασία. Επίσης, δίνονται διάφορα χαρακτηριστικά τους, όπως η αρμόδια υπηρεσία, το υψόμετρο εγκατάστασης και η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 1980-81 – 2000-01.

Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Μέση ετήσια θερμοκρασία (^{o}C)
Αργιθέα	ΔΕΗ	980	12,2
Καλαμπάκα	ΥΠΓΕ	222	13,7
Μεγάλη Κερασιά	ΥΠΕΧΩΔΕ	500	14,3
Πεδινό	ΥΠΓΕ	95	15,6
Καρδιτσομαγούλα	ΥΠΓΕ	95	15,9
Καρδίτσα	ΥΠΓΕ	95	16,0
Τρίκαλα	ΕΜΥ	110	16,3

Πίνακας 2.11: *Χαρακτηριστικά μετεωρολογικών σταθμών μέτρησης θερμοκρασίας*

2.6.3 Σχετική υγρασία

Σύμφωνα με την Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005α), το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας περιλαμβάνει τέσσερις αξιόπιστους σταθμούς για την μέτρηση της σχετικής υγρασίας. Πρόκειται για τους σταθμούς Λάρισας, Αγχιάλου, Λιβαδίου και Τρικάλων. Ωστόσο, εντός της περιοχής μελέτης περιλαμβάνεται μόνο ο τελευταίος. Επειδή η πρωτογενής χρονοσειρά των Τρικάλων δεν ήταν πλήρης, συμπληρώθηκε με βάση το σταθμό της Λάρισας. Στον Πίνακα 2.12 φαίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία του σταθμού των Τρικάλων. Δηλαδή, η αρμόδια υπηρεσία, το υψόμετρο εγκατάστασης και η μέση ετήσια σχετική υγρασία, για την περίοδο 1991 – 2001.

Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Μέση ετήσια σχετική υγρασία (%)
Τρίκαλα	ΕΜΥ	110	63,5

Πίνακας 2.12: *Χαρακτηριστικά μετεωρολογικού σταθμού μέτρησης σχετικής υγρασίας*

2.6.4 Ταχύτητα ανέμου

Σύμφωνα με την Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005α), το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας περιλαμβάνει τρεις σταθμούς για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου. Πρόκειται για τους σταθμούς Λάρισας, Αγχιάλου και Τρικάλων. Ωστόσο, εντός της περιοχής μελέτης περιλαμβάνεται μόνο ο σταθμός των Τρικάλων. Τα διαθέσιμα δεδομένα αυτού του σταθμού αφορούν την περίοδο 1991-2001. Λόγω της εξαιρετικής μεταβλητότητας του φαινομένου, δεν έγινε επέκταση του δείγματος με τη χρήση άλλου σταθμού.

Η ταχύτητα του ανέμου είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος των εξισώσεων υπολογισμού της δυνητικής εξατμοδιαπνοής. Επομένως, τα διαθέσιμα δεδομένα υπέστησαν μια επεξεργασία δύο σταδίων. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μετατροπή της μονάδας μέτρησης. Οι παρατηρημένες τιμές μετατράπηκαν από κόμβους (Knots-Kt) σε m/s. Στη συνέχεια, οι νέες τιμές υπέστησαν υψομετρική αναγωγή. Στο σταθμό των Τρικάλων το ανεμόμετρο είναι τοποθετημένο σε ύψος 4 m από το έδαφος. Ωστόσο, για τις τιμές της ταχύτητας του ανέμου, το τυπικό ύψος αναφοράς είναι 2 m. Σύμφωνα με Allen et al. (1998), η υψομετρική αναγωγή από οποιοδήποτε υψόμετρο στο τυπικό υψόμετρο αναφοράς μπορεί να γίνει με χρήση του τύπου:

$$U_2 = \frac{4{,}87\, U_z}{\ln(67{,}8\, z - 5{,}42)} \qquad (2.2)$$

όπου U_2 η ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2 m και U_z η ταχύτητα ανέμου σε ύψος z m.

Στον Πίνακα 2.13 φαίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία του σταθμού των Τρικάλων. Δηλαδή, η αρμόδια υπηρεσία, το υψόμετρο εγκατάστασης και η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, για την περίοδο 1991 – 2001.

Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου [z=4 m] (Kt)	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου [z=4 m] (m/s)	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου [z=2 m] (m/s)
Τρίκαλα	ΕΜΥ	110	3,98	2,05	1,78

Πίνακας 2.13: *Χαρακτηριστικά μετεωρολογικού σταθμού μέτρησης ταχύτητας ανέμου*

2.6.5 Ηλιοφάνεια

Σύμφωνα με την Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005α), το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας περιλαμβάνει δύο σταθμούς για την μέτρηση της ηλιοφάνειας. Πρόκειται για τους σταθμούς Λάρισας και Αγχιάλου.

Ωστόσο, κανένας από αυτούς δεν περιλαμβάνεται εντός της περιοχής μελέτης. Τα διαθέσιμα δεδομένα αυτών των σταθμών αφορούν την περίοδο 1980-1999.

Στον Πίνακα 2.14 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των σταθμών μέτρησης της ηλιοφάνειας. Δηλαδή, η αρμόδια υπηρεσία, το υψόμετρο εγκατάστασης και η μέση ετήσια ηλιοφάνεια, για την περίοδο 1980 – 1999.

Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Μέση ετήσια ηλιοφάνεια (h)
Λάρισα	ΕΜΥ	15	2432,4
Αγχίαλος	ΕΜΥ	74	2523,1

Πίνακας 2.14: *Χαρακτηριστικά μετεωρολογικών σταθμών μέτρησης ηλιοφάνειας*

2.6.6 Δυνητική και Πραγματική Εξατμοδιαπνοή

Για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Penman-Monteith, όπως ορίστηκε στα πλαίσια του Irrigation and Drainage Paper No. 56 του Food & Agriculture Organization (FAO) των Ηνωμένων Εθνών (Allen et al., 1998). Η καλλιέργεια αναφοράς είναι μια υποθετική καλλιέργεια ύψους 0,12 m, με επιφανειακή αντίσταση 70 s/m και τιμή λευκαύγειας 0,23. Οι συνθήκες αυτές προσιδιάζουν σε ένα γρασίδι ομοιόμορφου ύψους, που καλλιεργείται σε μια εκτεταμένη επιφάνεια, αναπτύσσεται ενεργά, διαθέτει επαρκή εδαφική υγρασία και σκιάζει πλήρως το έδαφος. Η επιφανειακή αντίσταση των 70 s/m υπονοεί ένα έδαφος μέτρια ξηρό, όπως προκύπτει από μια περίπου εβδομαδιαία άρδευση.

Η μέθοδος υπολογισμού Penman-Monteith απαιτεί την ύπαρξη μετρήσεων ή εκτιμήσεων θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας ανέμου και ηλιοφάνειας. Όπως προκύπτει από τις παραγράφους 2.6.2 έως 2.6.5 κανένας σταθμός της περιοχής μελέτης δεν διαθέτει ταυτόχρονα όλα αυτά τα δεδομένα. Ωστόσο, μεταξύ όλων, ο σταθμός των Τρικάλων είναι ο πιο πλήρης. Η μόνη μέτρηση που δεν διαθέτει είναι αυτή της ηλιοφάνειας. Για να αρθεί αυτό το εμπόδιο, η μέση μηνιαία ηλιοφάνεια που καταγράφεται στο σταθμό της Λάρισας θεωρείται ότι ισχύει και για τα Τρίκαλα.

Επομένως, χρησιμοποιώντας τη χρονοσειρά της θερμοκρασίας στα Τρίκαλα για την περίοδο 1980-81 – 2000-01 και τις μέσες μηνιαίες τιμές της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας ανέμου και της ηλιοφάνειας, για τα διαστήματα που έχουν μετρηθεί, λαμβάνουμε την εκτιμώμενη χρονοσειρά δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς για την περίοδο 1980-81 – 2000-01.

Στον Πίνακα 2.15 παρέχονται οι μηνιαίες και οι ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας ανέμου, της ηλιοφάνειας και της υπολογιζόμενης δυνητικής εξατμοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς.

Μήνας	**Μέση θερμοκρασία (°C)**	**Μέση σχετική υγρασία (%)**	**Μέση ταχύτητα ανέμου [z=2 m] (m/s)**	**Ηλιοφάνεια (h)**	**Δυνητική εξατμοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς (mm)**
Οκτ	16,6	68,1	1,33	167,8	65,3
Νοε	10,3	77,9	1,26	110,4	28,2
Δεκ	6,3	79,2	1,46	96,6	22,2
Ιαν	5,3	78,8	1,31	112,0	20,6
Φεβ	6,6	71,6	1,63	119,9	36,4
Μαρ	10,4	63,5	2,12	159,9	84,3
Απρ	15,5	59,1	2,43	212,3	137,8
Μαϊ	20,8	55,7	2,37	255,8	195,2
Ιουν	26,2	46,5	2,30	318,4	259,5
Ιουλ	27,9	49,8	1,89	328,5	239,3
Αυγ	26,6	54,6	1,52	307,9	183,0
Σεπ	22,7	57,4	1,79	242,9	141,7
Έτος	16,3	63,5	1,78	2432,4	1413,4

Πίνακας 2.15: *Μηνιαίες και ετήσιες τιμές θερμοκρασίας, σχετική υγρασίας, ταχύτητας ανέμου, ηλιοφάνειας και δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς για τον μετεωρολογικό σταθμό των Τρικάλων*

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.15, η ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς εκτιμάται ότι είναι ίση με 1413,4 mm.

Σύμφωνα με Allen et al. (1998), οι διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης ενός φυτού, σε σχέση με την καλλιέργεια αναφοράς, διαφοροποιούν την δυνητική εξατμοδιαπνοή αυτού του φυτού. Η παράμετρος που συσχετίζει τη δυνητική εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (PET_{ref}) με τη δυνητική εξατμοδιαπνοή της οποιαδήποτε καλλιέργειας (PET_{crop}) είναι ο φυτικός συντελεστής (K_c). Η σχέση που τα συνδέει είναι:

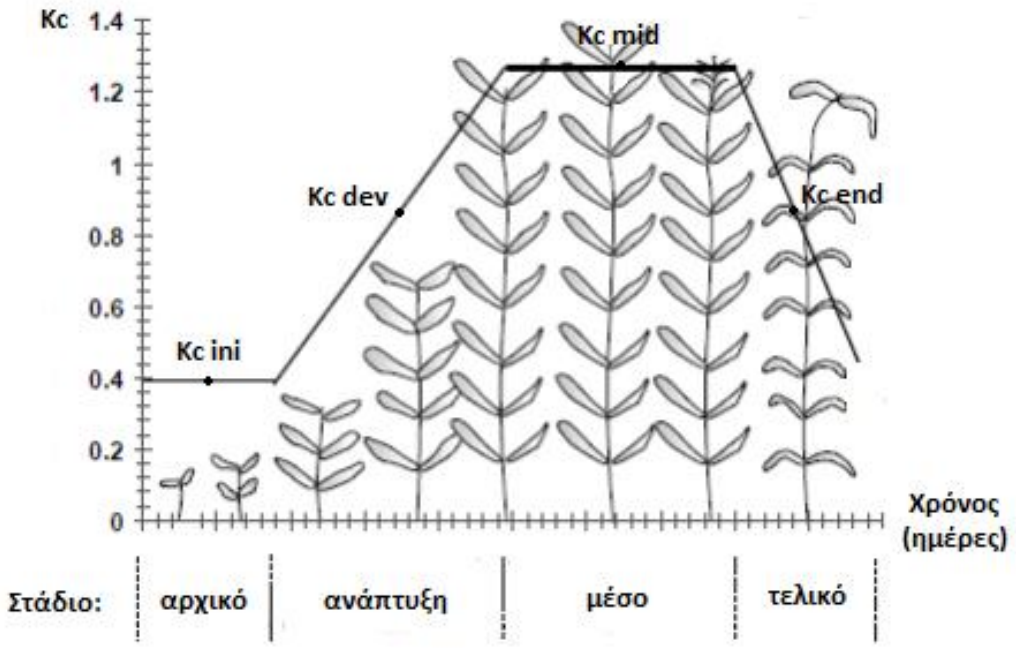
$$PET_{crop} = K_c \, PET_{ref} \qquad (2.3)$$

Ο προσδιορισμός της τιμής του φυτικού συντελεστή K_c είναι προϊόν συστηματικής πειραματικής έρευνας. Όπως έχει αποδειχθεί, η τιμή αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του φυτού. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του είναι το είδος και η ποικιλία της καλλιέργειας, η διάπλαση του

φυτού (ριζικό σύστημα, κορμός, φύλλωμα), η δυνατότητα εξάτμισης από την εδαφική επιφάνεια και οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Ο κύκλος ζωής μιας καλλιέργειας μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερα στάδια: αρχικό στάδιο, στάδιο ανάπτυξης, μέσο στάδιο και τελικό στάδιο. Στην προσέγγιση του μοναδικού φυτικού συντελεστή, κάθε ένα από τα παραπάνω στάδια αντιπροσωπεύεται από μία τιμή του φυτικού συντελεστή. Το αρχικό στάδιο από την τιμή $K_{c\ ini}$, το στάδιο ανάπτυξης από την τιμή $K_{c\ dev}$, το μέσο στάδιο από την τιμή $K_{c\ mid}$ και τελικό στάδιο από την $K_{c\ end}$. Συνήθως, στη βιβλιογραφία παρέχονται οι τιμές $K_{c\ ini}$, $K_{c\ mid}$ και $K_{c\ end}$.

Στο Σχήμα 2.2 δίνεται ένα τυπικό διάγραμμα της εξέλιξης της τιμής του φυτικού συντελεστή κατά τα διάφορα στάδια ανάπτυξης μιας καλλιέργειας.



***Σχήμα 2.2**: Τυπική εξέλιξη της τιμής του φυτικού συντελεστή K_c στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας*
(Προέλευση: Allen et al., 1998 · μετά από προσαρμογή)

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές του φυτικού συντελεστή, που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, συνήθως αντιστοιχούν σε τυποποιημένες συνθήκες αναφοράς. Ωστόσο, στην πράξη, οι συνθήκες ανάπτυξης μιας καλλιέργειας μπορεί να διαφέρουν σημαντικά. Για παράδειγμα, οι τυποποιημένες τιμές του φυτικού συντελεστή, που περιέχονται στο FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 (Allen et al., 1998), αφορούν δεδομένες συνθήκες ταχύτητας ανέμου και σχετικής υγρασίας. Αν υπάρχει

διαφοροποίηση από αυτές, τότε οι τιμές του φυτικού συντελεστή απαιτούν διόρθωση. Πιο συγκεκριμένα, αν η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2 m από το έδαφος (U_2) είναι διαφορετική από 2 m/s και η ελάχιστη σχετική υγρασία (RH_{min}) διαφέρει από την τιμή 45%, τότε οι τιμές $K_{c\ mid}$ και $K_{c\ end}$ υφίστανται τις ακόλουθες διορθώσεις:

$$K_{c\ mid} = K_{c\ mid(table)} + [0{,}04(U_2 - 2) - 0{,}004(RH_{min} - 45)](\frac{h}{3})^{0{,}3} \qquad (2.4)$$

$$K_{c\ end} = K_{c\ end(table)} + [0{,}04(U_2 - 2) - 0{,}004(RH_{min} - 45)](\frac{h}{3})^{0{,}3} \geq 0{,}45 \qquad (2.5)$$

όπου h το μέσο ύψος της καλλιέργειας κατά τη μέση περίοδο. Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν για 0,1 m<h<10m, 1 m/s<U_2<6 m/s, 20%<RH_{min}<80%.

Στην παράγραφο 2.3 παρουσιάστηκαν όλες οι υφιστάμενες χρήσεις γης εντός της περιοχής μελέτης. Ορισμένες από αυτές έχουν χαρακτήρα καλλιεργειών (πχ. βαμβάκι, αραβόσιτος), ενώ οι περισσότερες είναι, με την ευρεία έννοια, αγροτικές (πχ. δάσος, αγρανάπαυση, υγρότοποι). Επομένως, ο φυτικός συντελεστής έχει φυσικό νόημα και στις πρώτες και στις δεύτερες. Αν γενικεύσουμε την ιδέα του φυτικού συντελεστή, ως το ποσοστό της εξατμοδιαπνοής αναφοράς που είναι δυνατή σε κάθε χρήση γης, τότε θα μπορούσε να συμπεριλαμβάνει ακόμη και τις λιγοστές αστικές χρήσεις γης.

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό, επιχειρήθηκε να προσδιοριστεί ο φυτικός συντελεστής για όλες τις χρήσεις γης που εμφανίζονται στη λεκάνη. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκε η ελληνική και η διεθνής βιβλιογραφία, σε συνδυασμό με την κρίση του μελετητή. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε σε αναφορές που επικεντρώνονταν στην Ελλάδα και ειδικότερα την περιοχή της Θεσσαλίας. Επίσης, λήφθηκε υπόψη η μεθοδολογία καθορισμού της τιμής του φυτικού συντελεστή σε κάθε στάδιο ανάπτυξης, η οποία περιγράφεται σε FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 (Allen et al., 1998). Όπου ήταν απαραίτητο, συμπεριελήφθη και η διόρθωση ως προς τις κλιματικές συνθήκες (ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία), που ορίζεται στις εξισώσεις 2.1 και 2.2.

Στον Πίνακα 2.16 παρέχονται οι φυτικοί συντελεστές των μη καλλιεργητικών χρήσεων γης και στον Πίνακα 2.17 οι φυτικοί συντελεστές των καλλιεργητικών χρήσεων. Οι τιμές τους δίνονται σε μηνιαίο βήμα, αφού λήφθηκαν υπόψη η έναρξη (πχ. ημερομηνία σποράς), η λήξη (πχ. ημερομηνία θερισμού) και η χρονική διάρκεια κάθε σταδίου ανάπτυξης. Περισσότερα στοιχεία, σε σχέση με τους φυτικούς συντελεστές, παρέχονται στο Παράρτημα Δ.

Αξιοποιώντας τα στοιχεία του Πίνακα 2.15, για τη μηνιαία διακύμανση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς, και τα στοιχεία των Πινάκων 2.16 και 2.17, για τους μηνιαίους φυτικούς συντελεστές των διαφόρων χρήσεων γης , καταλήγουμε στις τιμές της δυνητικής εξατμοδιαπνοής ανά χρήση γης. Οι τιμές αυτές είναι διαθέσιμες στον Πίνακα 2.18.

Μήνας	Φυτικός συντελεστής (K_c)				
	Αστική γη	Δάσος [1,2]	Βοσκότοποι [3]	Υγρότοποι [2]	Αγρανάπαυση
Οκτ	0,01	1,30	0,20	0,49	0,01
Νοε	0,01	0,70	0,01	0,60	0,01
Δεκ	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Ιαν	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Φεβ	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Μαρ	0,01	0,50	0,16	0,60	0,01
Απρ	0,01	0,70	0,45	0,60	0,01
Μαϊ	0,01	1,00	0,65	0,80	0,01
Ιουν	0,01	1,30	0,75	1,00	0,01
Ιουλ	0,01	1,30	0,78	1,18	0,01
Αυγ	0,01	1,30	0,74	1,15	0,01
Σεπ	0,01	1,30	0,55	1,15	0,01

[1] Allen (2000), [2] Allen et al. (1998), [3] Μιμίκου και Μπαλτάς (2006)

Πίνακας 2.16: *Φυτικοί συντελεστές μη καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης*

Μήνας	Φυτικός συντελεστής (K_c)						
	Βαμβάκι [1,2]	Αραβόσιτος [3]	Σιτάρι [3,4]	Ζαχαρό-τευτλα [1]	Μηδική [1]	Ελαιόδεντρα [4]	Οπωροφόρα [1,4]
Οκτ	0,60	0,01	0,01	0,01	0,63	0,60	0,55
Νοε	0,01	0,01	0,30	0,01	0,42	0,65	0,20
Δεκ	0,01	0,01	0,38	0,01	0,01	0,50	0,20
Ιαν	0,01	0,01	0,54	0,01	0,01	0,50	0,20
Φεβ	0,01	0,01	0,70	0,01	0,01	0,50	0,20
Μαρ	0,01	0,01	0,86	0,01	0,57	0,65	0,45
Απρ	0,01	0,40	1,01	0,31	0,74	0,60	0,59
Μαϊ	0,30	0,78	1,05	0,69	0,89	0,55	0,84
Ιουν	0,45	1,05	0,25	0,96	0,98	0,50	0,94
Ιουλ	0,90	1,05	0,01	1,01	1,00	0,45	0,90
Αυγ	1,00	0,60	0,01	0,83	0,95	0,45	0,87
Σεπ	1,00	0,01	0,01	0,01	0,84	0,55	0,87

[1] Μιμίκου και Μπαλτάς (2006), [2] Σαμαράς (2011), [3] FAOwater (2012),
[4] Pastor and Orgaz (1994) κατά Allen et al. (1998)

Πίνακας 2.17: *Φυτικοί συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης*

Μήνας	Δυνητική εξατμοδιαπνοή ανά χρήση γης (mm)				
	Αστική γη	Δάσος	Βοσκοτόπια	Υγρότοποι	Αγρανάπαυση
Οκτ	0,7	84,8	13,1	32,0	0,7
Νοε	0,3	19,7	0,3	16,9	0,3
Δεκ	0,2	11,1	0,2	13,3	0,2
Ιαν	0,2	10,3	0,2	12,4	0,2
Φεβ	0,4	18,2	0,4	21,9	0,4
Μαρ	0,8	42,2	13,5	50,6	0,8
Απρ	1,4	96,4	62,0	82,7	1,4
Μαϊ	2,0	195,2	126,9	156,2	2,0
Ιουν	2,6	337,4	194,7	259,5	2,6
Ιουλ	2,4	311,0	186,6	282,3	2,4
Αυγ	1,8	237,8	135,4	210,4	1,8
Σεπ	1,4	184,2	77,9	162,9	1,4
Έτος	14,1	1548,4	811,1	1301,0	14,1

Μήνας	Βαμβάκι	Αραβόσιτος	Σιτάρι	Ζαχαρό-τευτλα	Μηδική	Ελαιόδεντρα	Οπωροφόρα
Οκτ	39,2	0,7	0,7	0,7	41,1	39,2	35,9
Νοε	0,3	0,3	8,5	0,3	11,8	18,3	5,6
Δεκ	0,2	0,2	8,4	0,2	0,2	11,1	4,4
Ιαν	0,2	0,2	11,1	0,2	0,2	10,3	4,1
Φεβ	0,4	0,4	25,5	0,4	0,4	18,2	7,3
Μαρ	0,8	0,8	72,5	0,8	48,1	54,8	37,9
Απρ	1,4	55,1	139,2	42,7	102,0	82,7	80,6
Μαϊ	58,6	152,3	205,0	134,7	173,8	107,4	163,0
Ιουν	116,8	272,5	64,9	249,2	254,3	129,8	242,7
Ιουλ	215,3	251,2	2,4	241,6	239,3	107,7	215,3
Αυγ	183,0	109,8	1,8	151,9	173,8	82,3	158,3
Σεπ	141,7	1,4	1,4	1,4	119,0	77,9	122,5
Έτος	757,76	844,9	541,4	824,1	1163,9	739,6	1077,7

Πίνακας 2.18: *Μηνιαία και ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή ανά χρήση γης της περιοχής μελέτης*

Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία των Πινάκων 2.4 και 2.5, για την ποσοστιαία συμμετοχή κάθε χρήσης γης στη συνολική επιφάνεια της περιοχής μελέτης, σε συνδυασμό με τον Πίνακα 2.18, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μεσοσταθμική δυνητική εξατμοδιαπνοή της εξεταζόμενης λεκάνης σε μηνιαίο και ετήσιο βήμα. Τα αποτελέσματα της παραπάνω επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.19.

Μήνας	**Δυνητική εξατμοδιαπνοή περιοχής μελέτης (mm)**
Οκτ	37,2
Νοε	7,6
Δεκ	4,4
Ιαν	4,3
Φεβ	7,9
Μαρ	24,1
Απρ	64,9
Μαϊ	133,8
Ιουν	207,5
Ιουλ	201,6
Αυγ	149,9
Σεπ	103,4
Έτος	946,6

Πίνακας 2.19: *Μηνιαία και ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή της περιοχής μελέτης, με βάση τις υφιστάμενες χρήσεις γης*

Η δυνητική εξατμοδιαπνοή μιας καλλιέργειας έχει μεγάλη σημασία για την άρδευση, καθώς εκφράζει την ποσότητα του νερού που μπορεί να εξατμιστεί και να διαπνευστεί από μια καλλιεργούμενη έκταση, σε συνθήκες αφθονίας νερού και πλήρους ανάπτυξης των φυτών. Συνεπώς, η δυνητική εξατμοδιαπνοή μιας καλλιέργειας αποτελεί τη θεωρητική υδατική ανάγκη της καλλιέργειας προκειμένου αυτή να αναπτυχθεί πλήρως. Η θεωρητική υδατική ανάγκη της καλλιέργειας καλύπτεται με δύο τρόπους. Με φυσικό τρόπο, μέσω του νερού των βροχοπτώσεων, και με τεχνητό τρόπο, μέσω του νερού των αρδεύσεων. Έτσι, αν από τη συνολική θεωρητική υδατική ανάγκη της καλλιέργειας αφαιρεθεί η αναμενόμενη πρόσληψη νερού από τις βροχοπτώσεις, προκύπτει η θεωρητική αρδευτική ανάγκη. Ασφαλώς, το αν θα καταστεί δυνατόν να καλυφθεί η θεωρητική αρδευτική ανάγκη, εξαρτάται από τον τρόπο διαχείρισης του διαθέσιμου νερού. Έτσι, με βάση την πραγματική άρδευση μιας καλλιέργειας, προκύπτει και η πραγματική εξατμοδιαπνοή που λαμβάνει χώρα. Φυσικά, η πραγματική εξατμοδιαπνοή έχει πάντα ως άνω όριο τη δυνητική εξατμοδιαπνοή. Όσο περισσότερο απέχουν οι τιμές των δύο αυτών μεγεθών, τόσο περισσότερο μειώνεται η ανάπτυξη και η απόδοση μιας καλλιέργειας.

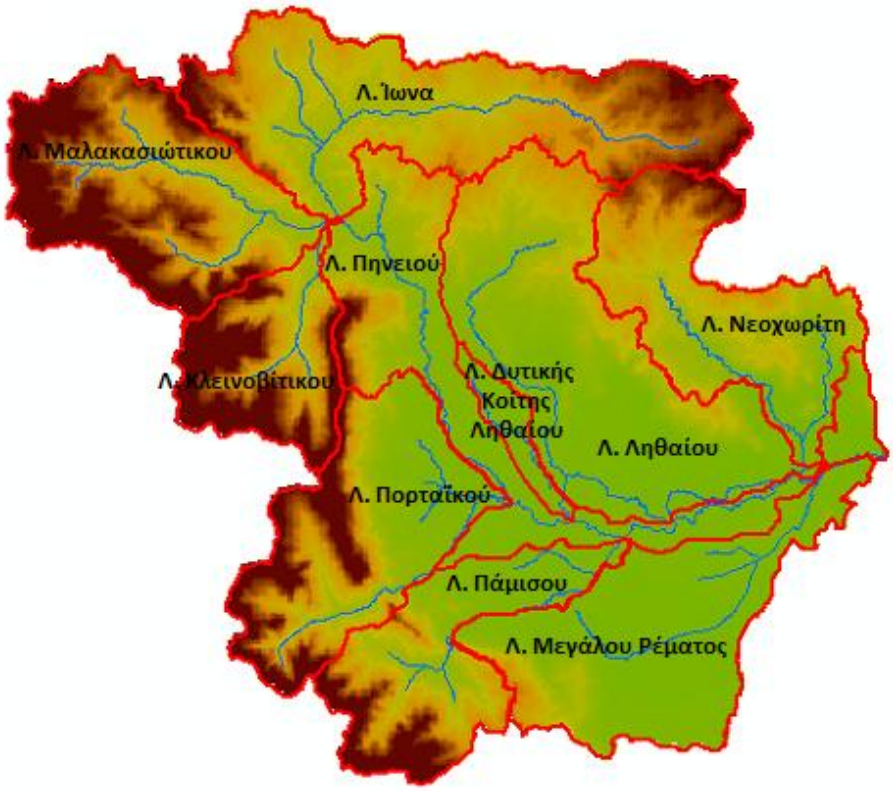
2.7 Προσφορά νερού

Με τον όρο προσφορά νερού εννοούμε το θεωρητικό υδατικό δυναμικό που υπάρχει προς αξιοποίηση. Δηλαδή, το σύνολο των υδατικών πόρων που είναι διαθέσιμοι για χρήση, ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή όχι της απαραίτητης υποδομής εκμετάλλευσης. Προκειμένου να διευκολυνθεί η παρουσίαση των δεδομένων προσφοράς νερού, υιοθετείται ο διαχωρισμός σε επιφανειακά υδατικά συστήματα, υπόγεια υδατικά συστήματα και πηγές. Ωστόσο, δεν πρέπει να παραγνωρίζεται το γεγονός ότι η σχέση μεταξύ επιφανειακών, υπόγειων υδάτων και πηγών είναι στενή και δυναμική. Ανάμεσά τους αναπτύσσονται απλές ή πολύπλοκες συνθήκες αλληλοτροφοδότησης, που, συνήθως, αποδεικνύονται καθοριστικές για τη χωροχρονική δίαιτα του νερού στη φύση. Η επέμβαση στη φυσική χωροχρονική δίαιτα του νερού υλοποιείται με τεχνητά έργα μικρής ή μεγάλης κλίμακας.

2.7.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.4, η περιοχή μελέτης διαρρέεται από ένα πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, που σχηματίζουν ο ποταμός Πηνειός και τα διάφορα υδατορεύματα που καταλήγουν σε αυτόν. Επομένως, η βασική κοίτη του Πηνειού ποταμού και οι παραπόταμοι Ίωνας (Μουργκάνι), Μαλακασιώτικος, Κλεινοβίτικος, Πορταϊκός, Πάμισος, Ληθαίος, Δυτική Κοίτη Ληθαίου, Νεοχωρίτης, Μέγα Ρέμα αποτελούν τα κύρια επιφανειακά υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης. Με κριτήριο τις θέσεις συμβολής των παραπάνω υδατορευμάτων, η εξεταζόμενη λεκάνη απορροής μπορεί να διαμερισθεί σε επιμέρους υπολεκάνες. Ο διαχωρισμός αυτός φαίνεται στην Εικόνα 2.9. Ο διαμερισμός αυτός, παρότι είναι φυσικά συνεπής, έχει ένα βασικό μειονέκτημα. Επειδή οι εγκατεστημένοι υδρομετρικοί σταθμοί δεν βρίσκονται στις εξόδους των λεκανών αυτών, η διαθέσιμη υδρομετρική πληροφορία καθίσταται δυσχερής στη χρησιμοποίησή της.

Εναλλακτικά, η χάραξη των υπολεκανών απορροής της εξεταζόμενης λεκάνης μπορεί να γίνει με βάση τις θέσεις των εγκατεστημένων υδρομετρικών σταθμών. Οι σημαντικότεροι υδρομετρικοί σταθμοί της περιοχής μελέτης είναι οκτώ και βρίσκονται στις θέσεις Πύλη, Μουζάκι, Γάβρος (Μουργκάνι), Σαρακίνα, Μεσδάνι, Θεόπετρα, Κλοκωτός και Αλή Εφέντη. Η καταγραφή, αξιολόγηση, επεξεργασία και δημοσίευση των υδρομετρικών δεδομένων των σταθμών αυτών έχει αποτελέσει στο παρελθόν αντικείμενο πολλών μελετών και ερευνητικών προγραμμάτων (Μιμίκου και Χατζησάββα, 1986 · Κουτσογιάννης κ.α., 1988 · Χατζησάββα κ.α., 1995 · Μακρυγιώργος, 1996 · Ζαρρής κ.α., 1997 · Κουτσογιάννης κ.α., 2001 · Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α · ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006). Οι αρμόδιοι φορείς για τη λειτουργία των σταθμών είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ-ΥΠΕΚΑ, η ΔΕΗ και το ΥΠΓΕ-ΥΠΑΑΤ.



Εικόνα 2.9*: Κύρια επιφανειακά υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης και λεκάνες απορροής*

Σύμφωνα με την Έκθεση Επιφανειακής Υδρολογίας της Α' Φάσης της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α), οι περισσότεροι από τους παραπάνω σταθμούς παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα σε σχέση με τη λειτουργία τους, με συνέπεια τη μειωμένη αξιοπιστία των καταγραφών τους, για μικρότερα ή μεγαλύτερα διαστήματα. Εξαίρεση αποτελεί ο υδρομετρικός σταθμός στη θέση Αλή Εφέντη, αφού πρόκειται για έναν από τους πιο αξιόπιστους σταθμούς σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος. Ωστόσο, τα τελευταία 15-20 χρόνια παρατηρείται μια σαφής επιδείνωση της ποιότητας λειτουργίας των υδρομετρικών σταθμών, χωρίς να εξαιρούνται και οι σταθμοί των οποίων η λειτουργία στο παρελθόν χαρακτηριζόταν σχετικά ικανοποιητική έως υποδειγματική. Αυτό οφείλεται στην κατασκευή πρόχειρων φραγμάτων ανάντη των υδρομετρικών σταθμών, για την διευκόλυνση της άντλησης από τα ποτάμια κατά τους θερινούς μήνες. Με αυτόν τον τρόπο, όμως, προκαλείται ανάσχεση της ροής, άνοδος της στάθμης του ποταμού και ακύρωση της διενέργειας υδρομετρήσεων. Η πρακτική αυτή εμφανίστηκε κατά την περίοδο της έντονης ξηρασίας των ετών 1988-1994 και υπάρχουν ενδείξεις ότι γενικεύεται τα τελευταία έτη. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώνεται προφανής ασυμφωνία ανάμεσα στη στάθμη της

υδρομέτρησης και την στάθμη του παρατηρητή και αραίωση της διενέργειας υδρομετρήσεων κατά τους θερινούς μήνες. Επομένως, η αξιοπιστία των δεδομένων μετά το 1994 είναι σαφώς υποβαθμισμένη. Τα παλαιότερα δεδομένα, προ του 1994, αντιπροσωπεύουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη φυσική λειτουργία του συστήματος.

Από τους οκτώ σταθμούς της περιοχής μελέτης, αυτοί με τα πληρέστερα δείγματα και την πιο ικανοποιητική λειτουργία είναι πέντε. Πρόκειται για τους σταθμούς που βρίσκονται στις θέσεις Πύλη, Μουζάκι, Γάβρο (Μουργκάνι), Σαρακίνα και Αλή Εφέντη. Σύμφωνα με Ζαρρή κ.α. (1997), τα βασικότερα χαρακτηριστικά της λειτουργία τους είναι τα εξής:

- Σταθμός Πύλης: Πριν από το 1986 η ευθύνη λειτουργίας του σταθμού ανήκε στο ΥΠΓΕ, με αποτέλεσμα την πλημμελή σταθμημέτρηση. Επίσης, ανάντη της θέσης των υδρομετρήσεων υπήρχε φράγμα υδροληψίας, που εξέτρεπε τμήμα της παροχής κατά τη θερινή περίοδο. Μετά το 1986 την ευθύνη των υδρομετρήσεων ανέλαβε η ΔΕΗ, λόγω του ενδιαφέροντός της για την κατασκευή του ομώνυμου φράγματος. Ο σύγχρονος σταθμός βρίσκεται ανάντη του φράγματος υδροληψίας, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αξιοπιστίας των μετρήσεων. Μειονέκτημα αποτελεί η αραιή διενέργεια υδρομετρήσεων, που προκαλεί προβλήματα στην κατάρτιση των καμπυλών στάθμης-παροχής. Τα δεδομένα της ΔΕΗ χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αξιόπιστα.

- Σταθμός Μουζακίου: Πριν από το 1988 η ευθύνη της λειτουργίας του σταθμού ανήκε στο ΥΠΓΕ με αποτέλεσμα τη χαμηλή αξιοπιστία των μετρήσεων. Οι υδρομετρήσεις και οι σταθμημετρήσεις χαρακτηρίζονται ως προβληματικές, ενώ σε ορισμένους θερινούς μήνες οι στάθμες είναι υπερβολικές. Μετά το 1988 την ευθύνη λειτουργίας του σταθμού ανέλαβε η ΔΕΗ, καθώς προγραμματιζόταν η κατασκευή του ομώνυμου φράγματος. Οι μετρήσεις της ΔΕΗ χαρακτηρίζονται αρκετά αξιόπιστες. Ωστόσο, η αξιοπιστία του είναι χαμηλότερη από αυτήν της Πύλης.

- Σταθμός Γάβρου (Μουργκάνι): Ο σταθμός αυτός λειτουργεί υπό την ευθύνη του ΥΠΓΕ. Η συχνότητα των υδρομετρήσεων δεν είναι ικανοποιητική μετά το 1979, ενώ ο σταθμηγράφος φαίνεται να έχει σοβαρά προβλήματα στη λειτουργία του. Ο σταθμημετρικός πήχης είναι σχετικά βραχύς σε ύψος, με αποτέλεσμα οι πλημμυρικές στάθμες να καταγράφονται κατ' εκτίμηση. Έχουν διαπιστωθεί συστηματικά μετρητικά λάθη. Παρά τις πλημμυρικές απορροές, η διατομή του υδατορεύματος στη θέση του σταθμού είναι εξαιρετικά σταθερή, πράγμα που βελτιώνει την αξιοπιστία των καμπυλών στάθμης-παροχής. Η αξιοπιστία του σταθμού κρίνεται ικανοποιητική, αλλά θα μπορούσε να βελτιωθεί αισθητά με τη βελτίωση της λειτουργίας του σταθμηγράφου.

- Σταθμός Σαρακίνας: Μέχρι το 1972 την ευθύνη των υδρομετρήσεων είχε το ΥΠΕΧΩΔΕ, αλλά στη συνέχεια το έργο αυτό ανέλαβε το ΥΠΓΕ. Στο σταθμό συνεχίζουν

να λειτουργούν το σταθμήμετρο και ο σταθμηγράφος του ΥΠΕΧΩΔΕ. Μάλιστα, ο σταθμηγράφος θεωρείται ότι λειτουργεί αξιόπιστα, εκτός από τις περιόδους που συσσωρεύονται φερτά υλικά, με συνέπεια τη μείωση της ευαισθησίας του πλωτήρα. Ανάμεσα στις ενδείξεις του σταθμήμετρου και αρκετές στάθμες των υδρομετρήσεων καταγράφεται προφανής ασυμφωνία. Σε συνδυασμό με τη μη ικανοποιητική συχνότητα υδρομετρήσεων, δημιουργείται πρόβλημα στην κατάρτιση των καμπυλών στάθμης-παροχής. Κατά την εκτέλεση των υδρομετρήσεων έχουν διαπιστωθεί συστηματικά μετρητικά λάθη. Στη θέση της υδρομέτρησης η διατομή της κοίτης έχει μεγάλο πλάτος, πράγμα που μειώνει την ευαισθησία της στάθμης στη διακύμανση της παροχής, για τις χαμηλές παροχές. Επίσης, παρατηρείται απουσία μετρήσεων υψηλών παροχών. Η θέση του σταθμού χαρακτηρίζεται ως ακατάλληλη, λόγω του μαιανδρισμού του ποταμού. Ο σταθμός χαρακτηρίζεται οριακά αξιόπιστος.

- Σταθμός Αλή Εφέντη: Ο σταθμός αυτός λειτουργεί με την ευθύνη του ΥΠΕΧΩΔΕ και χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή αξιοπιστία, ιδίως για τις παλαιότερες μετρήσεις του. Οι υδρομετρήσεις είναι πυκνές και αξιόπιστες, ενώ τα σταθμήμετρα και ο σταθμηγράφος λειτουργούν σωστά. Στο σταθμό αυτό παρατηρούνται μετρήσεις και μεσαίων και υψηλών παροχών. Στη θέση του σταθμού η διατομή της κοίτης διατηρείται επαρκώς σταθερή, αυξάνοντας την αξιοπιστία των υπολογιζόμενων παροχών από τις καμπύλες στάθμης-παροχής. Ωστόσο, τα τελευταία 15-20 χρόνια η αξιοπιστία αυτών των υπολογισμών έχει υποβαθμιστεί. Ακριβώς ανάντη σταθμού κατασκευάζονται τους θερινούς μήνες πρόχειρα φράγματα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.10, ώστε να ανυψώνεται η στάθμη του ποταμού και να διευκολύνονται οι αντλήσεις νερού για άρδευση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των περιπτώσεων ασυμφωνίας μεταξύ της στάθμης υδρομέτρησης και της στάθμης του σταθμήμετρου για αυτούς τους μήνες.

Οι υπόλοιποι τρεις σταθμοί της περιοχής μελέτης, σε Κλοκωτό, Μεσδάνι και Θεόπετρα, θεωρήθηκαν ανεπαρκείς ή αναξιόπιστοι ως προς τα διαθέσιμα δεδομένα και ακατάλληλοι ως προς τη λειτουργία τους. Σύμφωνα με Ζαρρή κ.α. (1997), τα βασικότερα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν είναι τα εξής:

- Σταθμός Κλοκωτού: Ο σταθμός αυτός ανήκει στη δικαιοδοσία του ΥΠΓΕ. Η θέση του (3 km από τη συμβολή Νεοχωρίτη-Πηνειού) θεωρείται εντελώς ακατάλληλη, αφού στην περιοχή του σταθμού ο Νεοχωρίτης σχηματίζει ένα διπλό S. Η λειτουργία του σταθμηγράφου είναι απαράδεκτη, ενώ το σταθμήμετρο και ο σταθμηγράφος είναι τοποθετημένα σε διαφορετικά βάθρα. Ο αριθμός των υδρομετρήσεων είναι απαράδεκτα μικρός. Η κατάρτιση των καμπυλών στάθμης-παροχής δεν κατέστη δυνατή. Ο σταθμός αυτός κρίνεται εντελώς αναξιόπιστος.

Εικόνα 2.10*: Πρόχειρο φράγμα υδροληψίας ακριβώς ανάντη του υδρομετρικού σταθμού στη θέση Αλή Εφέντη του Πηνειού ποταμού*
(Πηγή: Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α)

- Σταθμός Μεσδανίου: Η ευθύνη του σταθμού αυτού ανήκει στο ΥΠΓΕ. Το βασικό του μειονέκτημα είναι το μεγάλο πλάτος της κοίτης (περίπου 100 m) και η μεταβλητότητα της διατομής στη θέση του σταθμού. Η κατάρτιση αξιόπιστων καμπυλών στάθμης-παροχής δεν κατέστη δυνατή. Θεωρείται ακατάλληλος και ανεπαρκής σταθμός.

- Σταθμός Θεόπετρας: Αρμόδιο για τη λειτουργία του σταθμού αυτού είναι το ΥΠΓΕ. Ο αριθμός των υδρομετρήσεων είναι απαράδεκτα μικρός και η συχνότητα τους χαμηλή. Μία στις τρεις υδρομετρήσεις έγιναν σε ξερή κοίτη ή με το σταθμήμετρο προσχωμένο. Ο σταθμηγράφος κρίθηκε ακατάλληλος και δεν χρησιμοποιήθηκε. Οι παρατηρημένες παροχές είναι πολύ μικρές, αλλά παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση. Οι καμπύλες στάθμης-παροχής που καταρτίστηκαν υποδεικνύουν ότι η στάθμη παρουσιάζει αναισθησία σε σχέση με το μέγεθος της παροχής. Έτσι, ο σταθμός αυτός κρίνεται αναξιόπιστος. Πάντως, σε σχέση με τους σταθμούς σε Κλοκωτό και Μεσδάνι, ο σταθμός αυτός έχει καλύτερη ποιότητα δεδομένων.

Στον Πίνακα 2.20 συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των πέντε πιο αξιόπιστων υδρομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης (Πύλη, Μουζάκι, Γάβρος, Σαρακίνα και Αλή Εφέντη). Αυτά είναι το υδατόρευμα εγκατάστασης, η εποπτεύουσα υπηρεσία και η χρονική περίοδος του διαθέσιμου δείγματος παροχών. Επίσης, στην Εικόνα 2.11 παρουσιάζονται οι θέσεις των παραπάνω σταθμών και η χάραξη των ανάντη λεκανών απορροής. Ενδεικτικά, σημειώνονται και οι θέσεις των τριών σταθμών χαμηλής αξιοπιστίας (Κλοκωτός, Μεσδάνι , Θεόπετρα). Τα βασικά υδρολογικά χαρακτηριστικά

των λεκανών, που σχηματίζονται ανάντη των πιο αξιόπιστων υδρομετρικών σταθμών, παρέχονται στον Πίνακα 2.21. Ειδικότερα, δίνονται η έκταση της κάθε λεκάνης, η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση, η μέση ετήσια απορροή, ο μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής και η περίοδος αναφοράς για τα προαναφερθέντα μεγέθη. Να σημειωθεί ότι τα υπολογιζόμενα μεγέθη βροχόπτωσης και απορροής δεν είναι ευθέως συγκρίσιμα για τους διαφορετικούς υδρομετρικούς σταθμούς, αφού η χρονική περίοδος αναφοράς διαφέρει.

Σταθμός	**Ποταμός**	**Υπηρεσία** [1]	**Περίοδος δείγματος παροχών** [1,2]
Πύλη	Πορταϊκός	ΥΠΓΕ/ΔΕΗ	1960-1994
Μουζάκι	Πάμισος	ΥΠΓΕ/ΔΕΗ	1960-1994
Γάβρος	Ίων	ΥΠΓΕ	1960-1993
Σαρακίνα	Πηνειός	ΥΠΓΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ	1960-1993
Αλή Εφέντη	Πηνειός	ΥΠΕΧΩΔΕ	1953-1995

[1] Ζαρρής κ.α. (1997), [2] Κουτσογιάννης (2001)

Πίνακας 2.20: *Χαρακτηριστικά υδρομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης*

Εικόνα 2.11*: Υδρομετρικοί σταθμοί της περιοχής μελέτης και ανάντη λεκάνες απορροής για τους πιο αξιόπιστους από αυτούς*

Σταθμός	Έκταση ανάντη λεκάνης (km^2)	Μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση [1] (mm)	Μέση ετήσια απορροή [1] (m^3/s)	Μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής	Περίοδος αναφοράς [1]
Πύλη	137,2	1672,7	4,14	0,57	1986-1994
Μουζάκι	143,3	1351,1	3,07	0,50	1988-1995
Γάβρος	227,9	756,1	1,20	0,22	1973-1985
Σαρακίνα	1068,9	1147,1	8,59	0,22	1980-1983
Αλή Εφέντη	2789,1	921,0	39,24	0,48	1980-1995

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005α)

Πίνακας 2.21: *Υδρολογικά χαρακτηριστικά λεκανών απορροής στα ανάντη των πιο αξιόπιστων υδρομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης*

Οι δίδυμες λεκάνες Πύλης και Μουζακίου έχουν υψηλούς συντελεστές απορροής, οι οποίοι είναι αντίστοιχοι με αυτούς των λεκανών απορροής του Αχελώου. Οι υψηλές τιμές αποδίδονται στα σημαντικά ύψη βροχής, τις μεγάλες κλίσεις και τη χαμηλή διαπερατότητα των πετρωμάτων.

Οι λεκάνες Γάβρου και Σαρακίνας εμφανίζουν αρκετά μικρούς συντελεστές απορροής, που μπορούν να αποδοθούν σε δύο λόγους. Αφενός, μπορεί να οφείλονται σε διαφυγές νερού εκτός λεκάνης, μέσω των καρστικών υδροφορέων της περιοχής. Αφετέρου, είναι πιθανόν οι καταγεγραμμένες στάθμες στους αντίστοιχους υδρομετρικούς σταθμούς να μην έχουν συμπεριλάβει σημαντικούς πλημμυρικούς όγκους κατά τους χειμερινούς μήνες, με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση των επιφανειακών απορροών και εν συνεχεία των συντελεστών απορροής.

Αν ληφθεί υπόψη ότι η λεκάνη Αλή Εφέντη είναι κατά βάση πεδινή, τότε η τιμή του συντελεστή απορροής που παρουσιάζει κρίνεται ιδιαίτερα υψηλή. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε ίσως να αποδοθεί σε εμπλουτισμό της κοίτης του Πηνειού με υπόγεια ύδατα, στις θέσεις σύγκλισης των πιεζομετρικών καμπυλών.

Τέλος, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.21, κατά την περίοδο 1980-81 – 1994-1995 η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή στην έξοδο της λεκάνης Αλή Εφέντη ήταν 39,24 m^3/s ή 1237,47 hm^3. Η ποσότητα αυτή δεν αντιπροσωπεύει τη φυσικοποιημένη απορροή του συστήματος, δηλαδή την απορροή που εξαρτάται αποκλειστικά από το φυσικό πλαίσιο, αλλά είναι μειωμένη κατά το ποσό των απολήψεων που τελικώς καταναλώνονται και δεν επιστρέφουν στο σύστημα. Επομένως, η παραπάνω τιμή αντιπροσωπεύει τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους της περιοχής μελέτης που είναι δυνητικά διαθέσιμοι για περαιτέρω αξιοποίηση, πέραν της υφιστάμενης χρήσης. Φυσικά, η δυνατότητα περαιτέρω αξιοποίησης των επιφανειακών υδατικών πόρων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και τις περιβαλλοντικές και οικολογικές ανάγκες.

2.7.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα & Πηγές

Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005β, 2005δ) και Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011γ) τα υπόγεια υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες, με κριτήριο τον τρόπο κυκλοφορίας του νερού. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται σε κοκκώδη, καρστικά και ρωγματώδη υπόγεια συστήματα.

Κοκκώδη χαρακτηρίζονται τα συστήματα, στα οποία το υπόγειο νερό κυκλοφορεί μέσω του πρωτογενούς πορώδους. Τέτοιο σύστημα, εντός της περιοχής μελέτης, είναι η προσχωματική λεκάνη Τρικάλων-Καλαμπάκας. Επειδή αυτή η υδρογεωλογική λεκάνη συντίθεται από τις ποταμοχειμάρριες αποθέσεις των ποταμών Πηνειού, Πορταϊκού και Παμίσου και υδρολογικά βρίσκεται σε έντονη αλληλεπίδραση μαζί τους, αποκαλείται και Σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου.

Καρστικά ονομάζονται τα συστήματα, στα οποία το υπόγειο νερό διακινείται μέσω του δευτερογενούς πορώδους, που έχει σχηματιστεί, συνήθως, από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων (πχ. καρστική διασωλήνωση, έγκοιλα). Βέβαια, το δευτερογενές πορώδες μπορεί να προέλθει και από την αποσάθρωση (πχ. ρωγμές) ή τον τεκτονισμό (πχ. διακλάσεις). Καρστικά συστήματα υπογείων υδάτων, που συναντώνται εντός της περιοχής μελέτης, είναι αυτά του Κόζιακα, της Παλαιοσαμαρίνας-Βούλας και του Ολωνού-Πίνδου.

Ρωγματώδη αποκαλούνται τα συστήματα, στα οποία το υπόγειο νερό βρίσκει δίοδο προς το εσωτερικό της μάζας τους μέσω του δευτερογενούς πορώδους, που αναπτύσσουν εξαιτίας της αποσάθρωσης και του τεκτονισμού (πχ. ρωγμές, διακλάσεις, ζώνες διάρρηξης). Οι γεωλογικοί σχηματισμοί χαμηλής, πολύ χαμηλής και ελάχιστης διαπερατότητας (πχ. μάργες, φλύσχης, οφιόλιθοι, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι), όταν βρίσκονται σε άριστη κατάσταση δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη υδροφορέων στη μάζα τους. Ωστόσο, όταν είναι διαρρηγμένοι, υπάρχει η δυνατότητα σχηματισμού τοπικών υδροφοριών χαμηλής και πολύ χαμηλής δυναμικότητας. Αυτές συνήθως φιλοξενούνται στο μανδύα αποσάθρωσης και στις ζώνες τεκτονισμού. Ρωγματώδη συστήματα υπογείων υδάτων, εντός της περιοχής μελέτης, είναι αυτά των Χασίων-Αντιχασίων, των υδροφοριών Μαλακασιώτικου ρέματος, των υδροφοριών Ελάτης-Ρεντίνας και των υδροφοριών Χασίων-Φαρκαδόνας.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων υπόγειων υδατικών συστημάτων περιγράφονται ακολούθως (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005β · Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011γ):

- Προσχωματική λεκάνη Τρικάλων-Καλαμπάκας (Σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου): Οριοθετείται γεωγραφικά από την περιοχή της Καλαμπάκας στα βόρεια, τους κώνους Πορταϊκού-Παμίσου στα δυτικά-νοτιοδυτικά, τη νοητή γραμμή Φαναρίου-Ριζοβουνίου-Κεραμιδίου στα νότια, την περιοχή της Φαρκαδόνας στα ανατολικά και την περιοχή των Τρικάλων στα κεντρικά-βορειοανατολικά. Η έκταση αυτή είναι περίπου 819,9 km^2. Με βάση τη λιθολογική σύσταση των προσχώσεων ή την επικράτηση ορισμένων υδροφορέων, η προσχωματική λεκάνη μπορεί να διαχωριστεί στις υπολεκάνες Καλαμπάκας και Τρικάλων. Επιπλέον, η υπολεκάνη των Τρικάλων μπορεί να διακριθεί στους τομείς Τρικάλων, Φαρκαδόνας και κώνων Πορταϊκού-Παμίσου. Πρέπει να τονισθεί ότι μεταξύ των υπολεκανών, καθώς και των τομέων, δεν υπάρχουν υδρογεωλογικά όρια και ότι ο παραπάνω διαχωρισμός δεν υπονοεί την ύπαρξη αυτόνομων υδρογεωλογικών ενοτήτων. Άλλωστε, μεταξύ των υπολεκανών και των τομέων υφίσταται στενή υδραυλική αλληλεξάρτηση. Η λεκάνη Τρικάλων-Καλαμπάκας χαρακτηρίζεται από φρεάτιους υδροφορείς, μεγάλης δυναμικότητας, οι οποίοι μεταπίπτουν σε περιορισμένους υδροφορείς προς το κέντρο της. Μάλιστα, οι περιορισμένοι υδροφορείς είναι πολλαπλοί, επάλληλοι και κυμαινόμενης δυναμικότητας. Στην υπολεκάνη της Καλαμπάκας και τον τομέα των κώνων Πορταϊκού-Παμίσου το βάθος των υδροφορέων υπερβαίνει τα 50 m, ενώ στον τομέα των Τρικάλων το βάθος των επάλληλων, περιορισμένων υδροφορέων φτάνει τα 180-200 m. Στο όριο των υπολεκανών Καλαμπάκας και Τρικάλων, που ορίζεται από τη γραμμή Ράξα-Κεφαλόβρυσο-Πρίνος, αναβλύζουν οι αλλουβιακές πηγές Κεφαλόβρυσου και Κουμερκίου Διποτάμου. Οι αναβλύσεις αυτές έχουν συνδεθεί με πιθανές διηθήσεις νερού από την ανάντη λεκάνη της Σαρακίνας (βλέπε παράγραφο 2.7.3). Την περίοδο 1972-2005, η μέση παροχή στο Κεφαλόβρυσο ανερχόταν σε 1,08 m^3/s και στο Κουμέρκι σε 0,51 m^3/s. Επίσης, στην περιοχή της Λαζαρίνας, πλησίον του Παμίσου ποταμού, αναβλύζουν δύο ακόμα αλλουβιακές πηγές. Για την περίοδο 1972-2007, η πρώτη (Λαζαρίνα Α) είχε μέση παροχή 0,08 m^3/s και η δεύτερη (Λαζαρίνα Β) 0,17 m^3/s. Άλλες δύο αλλουβιακές πηγές υπάρχουν στην περιοχή των Μεγάλων Καλυβίων. Πρόκειται για τις πηγές Βουβουλίνας, με μέσες παροχές 1,22 m^3/s (Βουβουλίνα Α) και 0,33 m^3/s (Βουβουλίνα Β) για την περίοδο 1980-2007. Ύστερα από επεξεργασία των δεδομένων παροχών προκύπτει μια μέση ετήσια εκροή πηγών 94,5 hm^3.

- Σύστημα Κόζιακα (Κερκετίου): Αυτό το σύστημα εντοπίζεται στα δυτικά-νοτιοδυτικά της προσχωματικής λεκάνης, στο τόξο που σχηματίζει η οροσειρά του Κόζιακα (Κερκέτιον Όρος). Η έκταση αυτή ανέρχεται σε 219 km^2. Ο Κόζιακας αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από καρστικοποιημένους λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους μέτριας έως υψηλής και υψηλής έως πολύ υψηλής υδροπερατότητας, οι οποίοι επιτρέπουν την κατείσδυση μεγάλων ποσοτήτων νερού στη μάζα τους. Οι ποσότητες αυτές εκφορτίζονται μέσω πηγών, που εμφανίζονται στις ανατολικές πλαγιές του βουνού. Οι σημαντικότερες πηγές είναι της Γκούρας, του Γοργογυρίου και του Ξυλοπάροικου,

των οποίων η μέση ετήσια παροχή αθροίζεται σε 1 m^3/s ή 31,5 hm^3. Ειδικότερα, η πηγή Γοργογυρίου είχε μέση παροχή 0,55 m^3/s και του Ξυλοπάροικου 0,26 m^3/s για την περίοδο 1980-2007. Επίσης, αναφέρεται η ύπαρξη πηγών σε διάφορα υψόμετρα, στις θέσεις Μονή Βυτουμά, Κοτρώνι, Ελάτη και Γλυκομηλιά.

- Σύστημα Παλαιοσαμαρίνας-Βούλας: Αυτό το σύστημα εκτείνεται στα ανατολικά-βορειοανατολικά της προσχωματικής λεκάνης και αποτελεί τμήμα των κρυσταλλικών ασβεστολίθων της κεντρικής Θεσσαλίας. Η επιφάνεια που καταλαμβάνει είναι 75,6 km^2. Το σύστημα αυτό εκφορτίζεται μερικώς από την πηγή της Βούλας. Την περίοδο 1972-2007, η μέση παροχή ανερχόταν σε 0,50 m^3/s. Ύστερα από επεξεργασία των δεδομένων παροχών προκύπτει ότι η μέση ετήσια εκροή της πηγής είναι ίση με 15,1 hm^3.

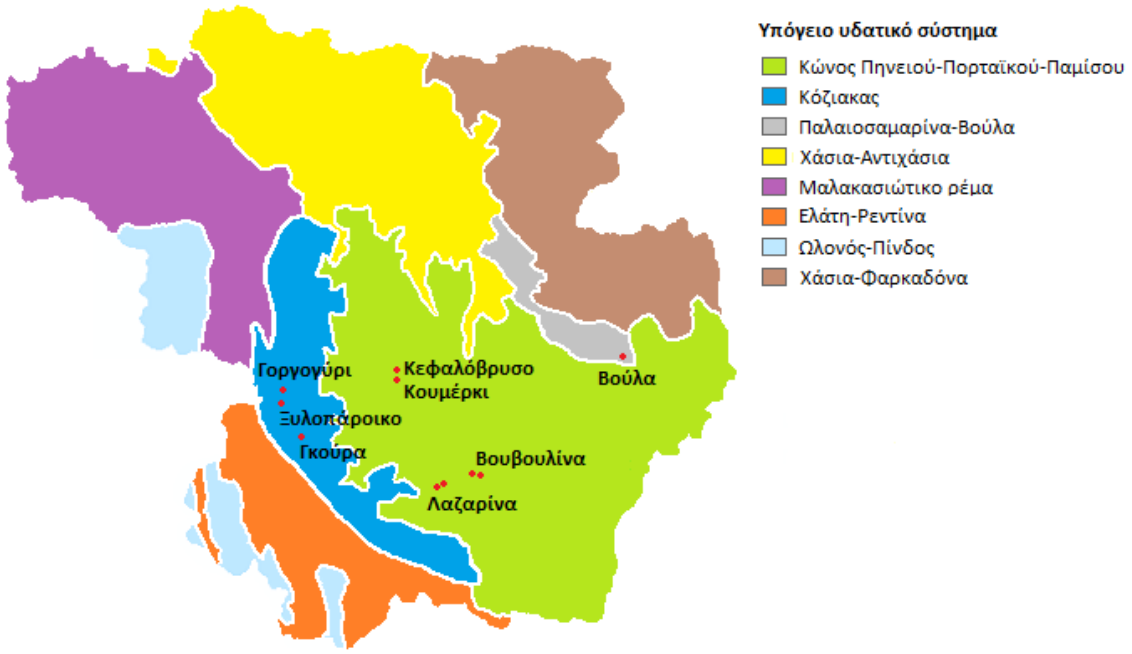
- Σύστημα Ολωνού-Πίνδου: Το σύστημα αυτό κατά μείζονα λόγο εμφανίζεται εντός του γειτονικού υδατικού διαμερίσματος της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Εντός της περιοχής μελέτης, η εμφάνισή του είναι περιορισμένη σε μία έκταση 152,2 km^2 στα δυτικά όρια. Αποτελείται από καρστικοποιημένους λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας. Οι ποσότητες νερού που κατεισδύουν σε αυτούς εκφορτίζονται κυρίως νότια και δυτικά εκτός του υδατικού διαμερίσματος. Επίσης, τμήμα τους εκφορτίζεται προς τα ανατολικά, εντός της κοίτης του Πορταϊκού και του Παμίσου, μέσω πηγών χαμηλής παροχής.

- Τοπικές υδροφορίες: Στην περιφέρεια της προσχωματικής λεκάνης και των παραπάνω καρστικών ενοτήτων, ξεκινώντας από νοτιοδυτικά και καταλήγοντας ανατολικά, η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει υδρολιθολογικές ενότητες χαμηλής έως και ελάχιστης υδροπερατότητας. Όπου οι σχηματισμοί αυτοί είναι διαρρηγμένοι (πχ. μανδύας αποσάθρωσης, πλησίον των ζωνών τεκτονικής καταπόνησης) και, ιδιαίτερα, όπου υπάρχουν ενστρώσεις ή παρεμβολές γεωλογικών σχηματισμών υψηλότερης διαπερατότητας (πχ. ψαμμίτες-κροκαλοπαγή στο φλύσχη, μάρμαρα-ασβεστόλιθοι στους γνεύσιους-γνευσιοσχιστόλιθους, ψαμμίτες-κροκαλοπαγή-λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι στις μολασσικές αποθέσεις), είναι δυνατή η δημιουργία τοπικών, υπό πίεση υδροφοριών, χαμηλής και πολύ χαμηλής δυναμικότητας. Η εκφόρτισή τους γίνεται μέσω μικρών πηγών σε διάφορα υψόμετρα.

Στην Εικόνα 2.12 παρουσιάζεται η γεωγραφική τοποθέτηση των προαναφερθέντων υπόγειων υδατικών συστημάτων, καθώς και των σημαντικότερων πηγών. Τα βασικά στοιχεία που αφορούν τις πηγές αυτές συνοψίζονται στον Πίνακα 2.22. Επίσης, στον Πίνακα 2.23 είναι διαθέσιμες οι εκτιμήσεις που αφορούν τη μέση ετήσια τροφοδοσία των υπόγειων υδατικών συστημάτων της περιοχής μελέτης. Συνολικά, το υπόγειο υδατικό δυναμικό εκτιμάται σε 623 hm^3. Να σημειωθεί ότι τουλάχιστον τα 141 hm^3 από αυτά αναβλύζουν από πηγές.

Η μέση ετήσια τροφοδοσία, που δίνεται στον Πίνακα 2.23, ουσιαστικά αντιπροσωπεύει τους μέσους ετήσιους ανανεώσιμους πόρους του υπόγειου υδατικού συστήματος. Εξαιτίας της δυναμικής λειτουργίας των υπόγειων υδροφορέων (με τις διαρκείς διηθήσεις, μεταγγίσεις, απολήψεις και διαφυγές), η διατιθέμενη ποσότητα νερού κάθε στιγμή έχει δυναμικά χαρακτηριστικά και δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως στατικό απόθεμα. Επιπλέον, εξαιτίας του ρυθμιστικού χαρακτήρα των υπόγειων ταμιευτήρων, είναι δυνατή η αποθήκευση όγκου νερού που να υπερβαίνει τις ετήσιες ποσότητες τροφοδοσίας.

Ωστόσο, σε βάθος χρόνου, με την προϋπόθεση ότι δεν συντελείται υπεράντληση ή δεν υπάρχουν εκτεταμένες διαφυγές προς όμορα υπόγεια συστήματα, τα ετήσια ελλείμματα και οι περίσσειες τείνουν να αντισταθμίζονται και το σύστημα τείνει στη μέσα ετήσια δυναμικά αποθέματα. Συνεπώς, σε κλειστές υδρογεωλογικές λεκάνες, χωρίς αξιόλογες υδραυλικές επικοινωνίες με άλλα συστήματα, η ετήσια τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων αναμένεται να είναι σχεδόν ίση με την ποσότητα των υπογείων υδάτων που καταναλώνεται στις διάφορες χρήσεις και την ποσότητα των υπογείων υδάτων που εμπλουτίζει τις κοίτες των ποταμών στα κατάντη. Το υπόγειο υδατικό σύστημα του κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου αποτελεί μια τέτοια περίπτωση (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011δ).



***Εικόνα 2.12**: Υπόγεια υδατικά συστήματα και σημαντικότερες πηγές της περιοχής μελέτης*

Πηγή	Εκφορτιζόμενος υδροφορέας	Δείγμα παροχών [1,2]	Μέση μηνιαία παροχή (m^3/s)
Κεφαλόβρυσο	Προσχωματική λεκάνη Τρικάλων-Καλαμπάκας	1972-2005	1,08
Κουμέρκι		1972-2005	0,51
Λαζαρίνα Α / Β		1972-2007	0,08 / 0,17
Βουβουλίνα Α / Β		1980-2007	1,22 / 0,33
Γοργογύρι	Καρστικός Κόζιακα	1980-2007	0,55
Ξυλοπάροικο		1980-2007	0,26
Βούλα	Καρστικός Βούλας	1972-2007	0,50

[1] προσωπικό αρχείο Γεωλόγου-Υδρογεωλόγου Περλέρου Β., [2] ΔΕΒ Νομαρχίας Τρικάλων

***Πίνακας 2.22**: Χαρακτηριστικά στοιχεία πηγών της περιοχής μελέτης*

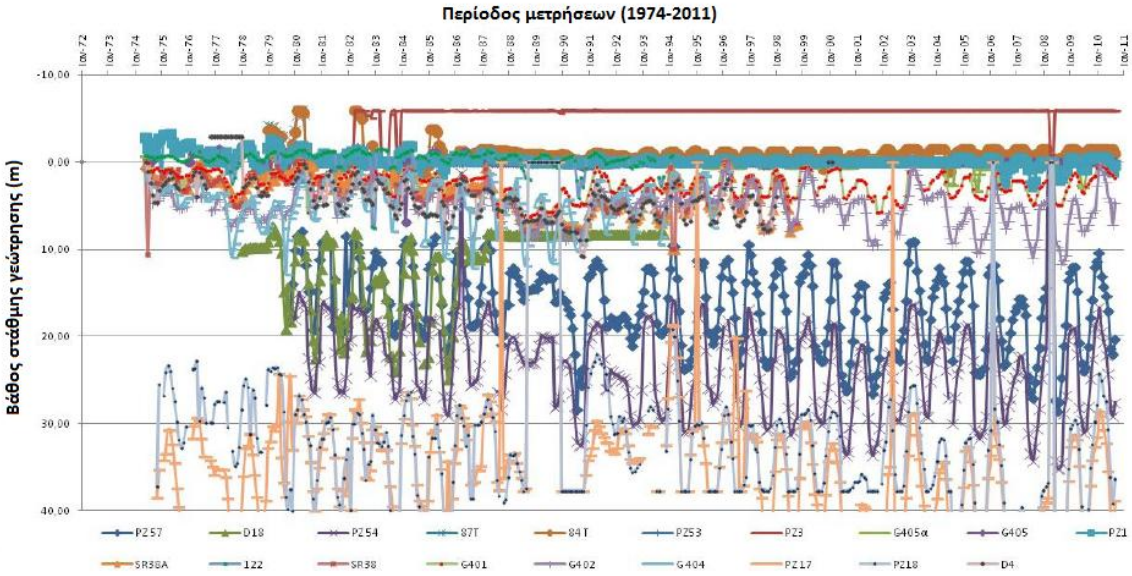
Υπόγειο υδατικό σύστημα	Έκταση (km^2)	Μέση ετήσια τροφοδοσία [1] (hm^3)
Σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταΐκού-Παμίσου	819,9	350
Σύστημα Κόζιακα	219,0	55
Σύστημα Παλαιοσαμαρίνας-Βούλας	75,6	20
Σύστημα Χασίων-Αντιχασίων	532,7	65
Σύστημα υδροφοριών Μαλακασιώτικου ρέματος	439,5	50
Σύστημα υδροφοριών Ελάτης-Ρεντίνας *	220,8	9,2
Σύστημα Ωλονού-Πίνδου *	152,2	56,4
Σύστημα υδροφοριών Χασίων-Φαρκαδόνας *	367,0	17,2

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011α, 2011δ)
* Μόνο το τμήμα που περιλαμβάνεται στην περιοχή μελέτης

***Πίνακας 2.23**: Μέση ετήσια τροφοδοσία στα υπόγεια υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης*

Από την ανάλυση της διακύμανσης της στάθμης του υπογείου νερού και της παροχής των πηγών, δεν προκύπτουν πτωτικές τάσεις με εμμονή βάθους πενταετίας. Αυτό υποδηλώνει την απουσία υπεραντλήσεων, λόγω της δυνατότητας του φυσικού συστήματος να αναπληρώνει τις ποσότητες νερού που απομακρύνονται. Συνεπώς, εντός της περιοχής μελέτης δεν υπάρχουν απολήψεις από τα μόνιμα αποθέματα. Οι όποιες απολήψεις αφορούν μόνο τους ετήσιους ανανεώσιμους πόρους (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011στ).

Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζεται γραφικά η σταθερότητα που εμφανίζουν η μέσες στάθμες των γεωτρήσεων του δικτύου παρακολούθησης της προσχωματικής λεκάνης Τρικάλων-Καλαμπάκας. Τα δεδομένα αφορούν την περίοδο 1974-2011.



Σχήμα 2.3*: Διακύμανση στάθμης υπογείου νερού σε γεωτρήσεις του δικτύου παρακολούθησης της προσχωματικής λεκάνης Τρικάλων-Καλαμπάκας*
(Πηγή: Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011στ)

2.7.3 Υδρολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ υδατικών συστημάτων

Τα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα δεν λειτουργούν απομονωμένα το ένα από το άλλο, αλλά αναπτύσσουν σχέσεις και αλληλεξαρτήσεις. Το νερό κυκλοφορεί από το ένα σύστημα στο άλλο και αποταμιεύεται προσωρινά, μέχρι οι υδρογεωλογικές συνθήκες και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις να επιτρέψουν τη μεταφορά του αλλού.

Εντός της περιοχής μελέτης, οι βασικές υδρολογικές αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται είναι οι εξής (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005δ · Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011δ):

- Διηθήσεις ποταμών Πηνειού, Πορταϊκού, Παμίσου στην προσχωματική λεκάνη Τρικάλων-Καλαμπάκας: Κατά την είσοδο των ορεινών υδατορευμάτων στην πεδινή ζώνη η κλίση της κοίτης τους μειώνεται σημαντικά. Αυτό οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας ροής του νερού και, επομένως, σε μείωση της μεταφορικής του ικανότητας. Έτσι, τα πιο αδρομερή από τα υλικά που μεταφέρει αποτίθενται στις περιοχές των ορεινών προσβάσεων και δημιουργούν ζώνες υψηλής διηθητικότητας. Η ετήσια τροφοδοσία της προσχωματικής λεκάνης Τρικάλων-Καλαμπάκας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις διηθήσεις που πραγματοποιούνται στις ζώνες αυτές. Κατά την κατάρτιση του διαχειριστικού ομοιώματος, στα πλαίσια της Γ’ Φάσης της

μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)", οι διηθήσεις από την κοίτη του Πορταϊκού και του Παμίσου στις ζώνες ορεινών προσβάσεων ορίστηκαν σε 20% της ροής για την υγρή περίοδο (Οκτώβριος-Μάρτιος) και 30% για την ξηρή (Απρίλιος-Σεπτέμβριος). Για το τμήμα του Πηνειού ανάντη της θέσης Σαρακίνα, οι διηθήσεις από την κοίτη θεωρήθηκαν ίσες με 40% ολόκληρο το έτος. Αυτές οι διηθήσεις από τη λεκάνη της Σαρακίνας θεωρείται ότι έχουν σχέση με τις αναβλύσεις των πηγών Κεφαλόβρυσου και Κουμερκίου, στα όρια των υπολεκανών Τρικάλων και Καλαμπάκας.

- Τροφοδοσία τομέα Φαρκαδόνας: Ο τομέας της Φαρκαδόνας, της υπολεκάνης των Τρικάλων, διαθέτει έναν ελεύθερο δυναμικό υδροφορέα, που τροφοδοτείται από τις διηθήσεις του Πηνειού ποταμού, τις μη καταναλισκόμενες παροχές των πηγών της Βούλας και του Κλοκωτού και τις πλευρικές υπόγειες μεταγγίσεις από τις καρστικές υδροφορίες Αντιχασίων και Ζάρκου.

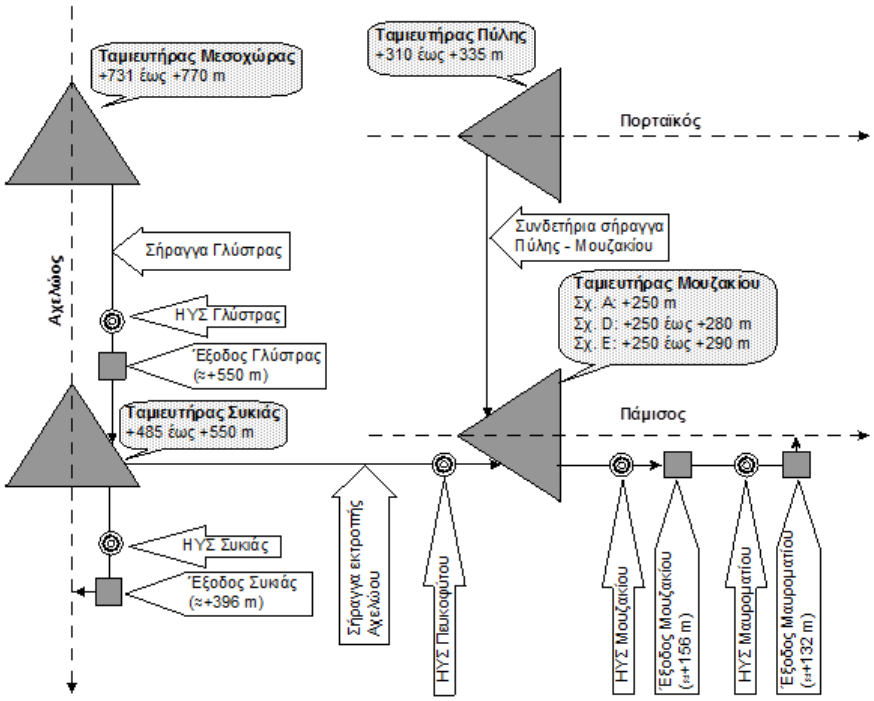
- Εμπλουτισμός Πηνειού από υπόγεια ύδατα: Στις πεδινές περιοχές, όπου οι πιεζομετρικές καμπύλες συγκλίνουν, πραγματοποιείται τροφοδοσία του ποταμού από τα υπόγεια ύδατα της προσχωματικής λεκάνης Τρικάλων-Καλαμπάκας. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως προς τα κατάντη της λεκάνης, στην περιοχή της θέσης Αλή Εφέντη. Ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, οπότε η καθαρή επιφανειακή απορροή λόγω βροχόπτωσης είναι χαμηλή και οι καταναλώσεις νερού μεγιστοποιούνται, η υπόγεια τροφοδότηση του Πηνειού μέσω της βασικής απορροής είναι πολύ σημαντική συνιστώσα της συνολικά παρατηρούμενης επιφανειακής απορροής.

- Εκφορτίσεις του συστήματος Ολωνού-Πίνδου: Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 2.7.2, το σύστημα αυτό εκφορτίζονται κυρίως νότια και δυτικά, εκτός του υδατικού διαμερίσματος, καθώς και προς τα ανατολικά, εντός της κοίτης του Πορταϊκού και του Παμίσου, μέσω πηγών χαμηλής παροχής. Εντός της περιοχής μελέτης, το σύστημα Ολωνού-Πίνδου εμφανίζεται σε δύο περιοχές. Αφενός στις λεκάνες απορροής του Μαλακασιώτικου και του Κλεινοβίτικου (βόρεια εμφάνιση) και αφετέρου στις λεκάνες απορροής της Πύλης και του Μουζακίου (νότια εμφάνιση). Κατά την κατάρτιση του διαχειριστικού ομοιώματος, στα πλαίσια της Γ' Φάσης της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)", κρίθηκε ότι η καρστική δομή και η υψομετρική θέση της βόρειας εμφάνισης οδηγούν σε πιθανές διαφυγές της τάξεως των 0,7 m^3/s προς τη νότια εμφάνιση.

2.7.4 Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων

Για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της Θεσσαλίας έχει προταθεί στο παρελθόν η κατασκευή μεγάλου αριθμού έργων μικρής και μεγάλης κλίμακας (πχ. φράγματα, λιμνοδεξαμενές, ρουφράκτες, αρδευτικές διώρυγες και κανάλια) . Ωστόσο, σε σχέση με τις προτάσεις που κατατέθηκαν, τα έργα που τελικώς υλοποιήθηκαν είναι λίγα. Τα σημαντικότερα έργα που περατώθηκαν τα τελευταία χρόνια είναι ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου, στον ποταμό Σοφαδίτη, και η αναδημιουργία της λίμνης Κάρλας.

Επίσης, για την ικανοποίηση των αρδευτικών, υδρευτικών και περιβαλλοντικών αναγκών της Θεσσαλίας, καθώς και για την εξασφάλιση των ενεργειακών αναγκών της χώρας, μελετήθηκε η εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου προς τη Θεσσαλία. Το σχέδιο αυτό προέβλεπε τη μεταφορά ποσοτήτων νερού από το υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, μέσω ενός συστήματος φραγμάτων και σηράγγων. Με βάση τον τελευταίο σχεδιασμό του έργου, οι ποσότητες αυτές ανέρχονταν σε 600 hm^3 ετησίως (Κουτσογιάννης κ.α., 2008). Με την εγκατάσταση υδροηλεκτρικών σταθμών, το σύστημα θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και ενεργειακά. Η σχηματική αναπαράσταση των έργων εκτροπής του Αχελώου, δίνεται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4*: Σχηματική αναπαράσταση των έργων εκτροπής του Αχελώου*
(Πηγή: Κουτσογιάννης, 1996)

Τα έργα που αφορούν τη Δυτική Στερεά Ελλάδα σε μεγάλο βαθμό έχουν προχωρήσει, παρά την πολύχρονη δικαστική διαμάχη που εκτυλίσσεται στο ΣτΕ (ακυρωτικές αποφάσεις των εγκρίσεων περιβαλλοντικών όρων 2759/94, 2760/94, 3478/2000, 1688/2005, 1691/2005). Το 2009 το ΣτΕ απέστειλε 14 προδικαστικά ερωτήματα στο ΔΕΕ σε σχέση με το ζήτημα της εκτροπής (απόφαση 3053/2009) και στη συνέχεια έκανε δεκτά τα αιτήματα αναστολής όλων των έργων μέχρι τη λήψη των απαντήσεων του ΔΕΕ (αποφάσεις 141/2010, 151/2011). Έκτοτε, τα έργα εκτροπής παραμένουν παγωμένα (Δανιλάκης, 2011). Τα έργα που αφορούν τη Θεσσαλία δεν έχουν προχωρήσει καθόλου. Να σημειωθεί ότι, ανεξάρτητα από την υλοποίηση ή όχι της εκτροπής, τα επιμέρους έργα σε κάθε υδατικό διαμέρισμα θα μπορούσαν να λειτουργήσουν και αυτόνομα.

Από την πλευρά της Θεσσαλίας, τα έργα ταμίευσης που διαχρονικά έχουν συνδεθεί με την εκτροπή του Αχελώου βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης. Πρόκειται για το φράγμα του Μουζακίου, στον Πάμισο, το φράγμα της Πύλης, στον Πορταϊκό ποταμό και την αναρρυθμιστική δεξαμενή Μαυρομματίου, κοντά στο ομώνυμο χωριό. Άλλοι ταμιευτήρες μεγάλης κλίμακας, που έχουν μελετηθεί στο παρελθόν και βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, είναι αυτοί της Κρύας Βρύσης, στο Μαλακασιώτικο ρέμα, της Θεόπετρας, στον άνω ρου του Ληθαίου, και του Νεοχωρίου, στον Νεοχωρίτη. Ωστόσο, κανένα από αυτά τα έργα μεγάλης κλίμακας δεν έχει κατασκευασθεί προς το παρόν.

Σύμφωνα με Κουτσογιάννη κ.α. (2008), το φράγμα της Κρύας Βρύσης δεν συμπεριλαμβάνεται στα μελλοντικά προγραμματιζόμενα έργα, εξαιτίας περιβαλλοντικών και τεχνικών ζητημάτων. Επίσης, σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005δ), η Συνολική Μελέτη Οικονομικής Σκοπιμότητας Εκτροπής του π. Αχελώου στη Θεσσαλία δεχόταν ότι ο ταμιευτήρας της Θεόπετρας δεν θα κατασκευασθεί λόγω τεχνικοοικονομικών προβλημάτων. Οι ταμιευτήρες Μουζακίου και Πύλης είναι διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους και ο σχεδιασμός τους είναι ενταγμένος στη φιλοσοφία εκτροπής του Αχελώου. Ακόμη και στην περίπτωση που τα δύο φράγματα αποσυνδέονταν από το όλο εγχείρημα, χωρίς να υπάρξουν δικαστικά εμπόδια στην αυτόνομη κατασκευή και λειτουργία τους, στην παρούσα φάση δεν διαθέτουν επαρκή ωριμότητα για να προχωρήσει η κατασκευή τους. Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011ζ), το Μουζάκι κρίνεται ότι δεν περιλαμβάνεται στα άμεσα προγραμματιζόμενα έργα, ενώ η Πύλη, αν και θεωρείται περισσότερο ώριμη από το Μουζάκι σε επίπεδο μελετών και αδειοδοτήσεων, δεν διαθέτει Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και εξασφαλισμένη χρηματοδότηση. Επίσης, το φράγμα στο Νεοχώρι διαθέτει μόνο εγκεκριμένη προμελέτη και δεν είναι ενταγμένο σε κάποιο χρηματοδοτικό σχήμα.

Επιπλέον, είναι χρήσιμο να προστεθεί πως, αν και ο ταμιευτήρας του Πλαστήρα (φράγμα Ταυρωπού) δεν βρίσκεται εντός του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας,

εντούτοις το σύνολο των απολήψεων που τον αφορούν κατευθύνεται προς αυτό. Ο ταμιευτήρας του Πλαστήρα έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 300 hm^3 και λειτουργεί ως έργο πολλαπλού σκοπού, αφού καλύπτει ανάγκες ύδρευσης, άρδευσης και ενεργειακής παραγωγής. Σύμφωνα με ΕΥΔΕ Αχελώου (1995), κατά Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005δ), οι μέσες ετήσιες απολήψεις από τον Πλαστήρα εκτιμώνται σε 160 hm^3. Περίπου 145 hm^3 προορίζονται για άρδευση και 15 hm^3 για ύδρευση περιοχών της Καρδίτσας. Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011δ), η νεότερη εκτίμηση για τις απολήψεις από τον Πλαστήρα είναι 129 hm^3. Η νότια ζώνη της περιοχής μελέτης περιλαμβάνει δήμους που προμηθεύονται νερό από τον Πλαστήρα για ύδρευση και άρδευση.

Σύμφωνα με ΕΕΜΦ (2008), Περιφέρεια Θεσσαλίας (2011α, 2012) και Αντιπεριφέρεια Τρικάλων (2011), εντός της περιοχής μελέτης έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί ένα έργο ταμίευσης μικρής κλίμακας (φράγμα Λογγά), ενώ σε φάση κατασκευής βρίσκονται ακόμη τρία (φράγματα Αλέξη, Αγίας Παρασκευής και Ληθαίου). Και τα τέσσερα φράγματα είναι εγκατεστημένα στον Καλλικρατικό δήμο Καλαμπάκας. Ο ωφέλιμος όγκος των ταμιευτήρων τους είναι μικρός. Τα φράγματα Αλέξη και Αγίας Παρασκευής προβλέπεται να καλύπτουν τοπικές αγροτοκτηνοτροφικές ανάγκες, ενώ τα φράγματα Λογγά και Ληθαίου έχουν ως στόχο την προμήθεια αρδευτικού και υδρευτικού νερού στις κοντινές περιοχές.

Στον Πίνακα 2.24 παρουσιάζονται τα υφιστάμενα, τα κατασκευαζόμενα και τα μελλοντικώς σχεδιαζόμενα φράγματα εντός της περιοχής μελέτης. Τα φράγματα της Κρύας Βρύσης και της Θεόπετρας δεν συμπεριελήφθησαν.

Φράγμα	**Περιφ. Ενότητα**	**Δήμος (Καλλικράτης)**	**Θέση**	**Ωφέλιμος όγκος (hm3)**	**Στάδιο κατασκευής** *
Μουζάκι	Καρδίτσας	Μουζακίου	Μουζάκι	185 [1]	3 [1,3]
Πύλη	Καρδίτσας	Πύλης	Πύλη	47 [1]	3 [1,3,6]
Νεοχώρι	Τρικάλων	Φαρκαδόνας	Νεοχώρι	65 [1]	3 [1,5,6]
Λογγά	Τρικάλων	Καλαμπάκας	Λογγά	0,390 [1]	1 [2,3]
Αλέξη	Τρικάλων	Καλαμπάκας	Ασπροκκλησιά	0,074 [2]	2 [4]
Αγ. Παρασκευή	Τρικάλων	Καλαμπάκας	Γάβρος-Σκεπάρι	0,070 [2]	2 [4]
Ληθαίου	Τρικάλων	Καλαμπάκας	Νέα Ζωή	2,5 [1]	2 [4,5,6]

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005δ), [2] ΕΕΜΦ (2008), [3] Περιφέρεια Θεσσαλίας (2011α), [4] Αντιπεριφέρεια Τρικάλων (2011), [5] Περιφέρεια Θεσσαλίας (2012), [6] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011ζ)

* 1: κατασκευασμένο, 2: υπό κατασκευή, 3: περατωμένες προπαρασκευαστικές μελέτες

***Πίνακας 2.24**: Υφιστάμενα και μελλοντικά φράγματα της περιοχής μελέτης*

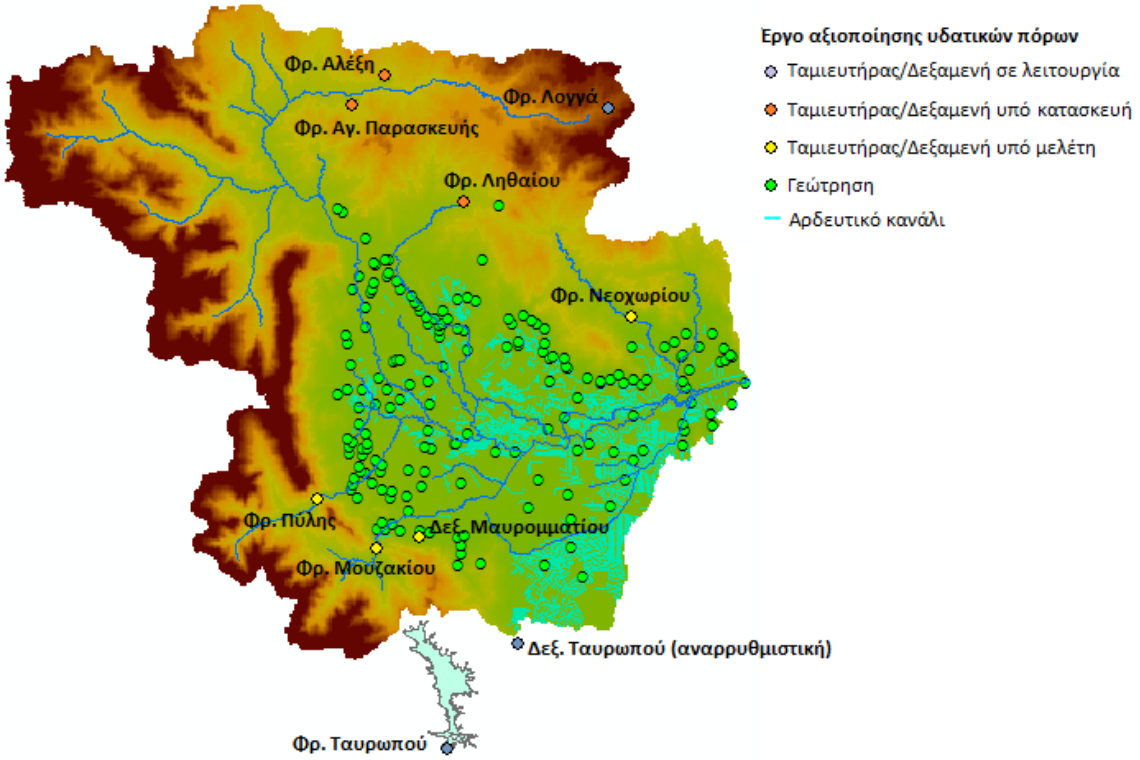
Εκτός από τα παραπάνω μόνιμα φράγματα, στη Θεσσαλία κατασκευάζονται και προσωρινά πρόχειρα φράγματα κατά μήκος του Πηνειού, με σκοπό την ανάσχεση της ροής, την αποθήκευση μικρών ποσοτήτων νερού και τη διευκόλυνση των αντλήσεων. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.7.1, τα φράγματα αυτά κατασκευάζονται την θερινή περίοδο και απομακρύνονται στο τέλος της αρδευτικής περιόδου, ώστε να επανέλθει η φυσική ροή του ποταμού.

Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005δ), μεταξύ Γυρτώνης και Εργοστασίου Ζάχαρης στη Λάρισα, λειτουργούν τέσσερα μόνιμα αντλιοστάσια ικανά να αρδεύουν 80.000 στρέμματα με επιφανειακά νερά του Πηνειού ποταμού. Επίσης, από τη συμβολή του Ενιπέα στον Πηνειό μέχρι και το Εργοστάσιο Ζάχαρης, έχουν εγκατασταθεί μικρά ιδιωτικά αντλητικά συγκροτήματα για την άρδευση εφαπτόμενων εκτάσεων σε Γεωργανάδα, Ζάρκο, Φαρκαδόνα, Κλοκωτό και Πηνειάδα. Οι εκτάσεις αυτές εκτιμάται ότι υπερβαίνουν κατά πολύ τα 10.000 στρέμματα.

Μια σημαντική κατηγορία έργων της περιοχής είναι τα αρδευτικά-αποστραγγιστικά δίκτυα. Συνήθως, η διάκρισή τους γίνεται με βάση τον αρμόδιο φορέα διαχείρισης. Έτσι, στην περιφερειακή ενότητα Τρικάλων συναντώνται 35 αρδευτικά έργα και στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας 7, σε αντιστοίχηση με τους τοπικούς ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ. Περιλαμβάνουν έργα γεωτρήσεων, σωληνωτά δίκτυα, τάφρους (συλλεκτήρες), κανάλια και διώρυγες. Επίσης, το αρδευτικό έργο Ταυρωπού, που προμηθεύεται νερό από τη λίμνη Πλαστήρα, διαθέτει και αναρρυθμιστική δεξαμενή. Να σημειωθεί ότι και στην Καρδίτσα, όπως στον Πηνειό, είναι σύνηθες φαινόμενο να κατασκευάζονται πρόχειρα φράγματα εντός των ποταμών και των τάφρων, για τη διευκόλυνση των αρδευτικών αντλήσεων. Κάτι τέτοιο φαίνεται πως συμβαίνει και στο Μέγα Ρέμα.

Οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στη θεσσαλική πεδιάδα διαχωρίζονται σε νόμιμες (κρατικές και ορισμένες ιδιωτικές) και παράνομες (ιδιωτικές). Οι νόμιμες γεωτρήσεις διανοίχθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΑΥΥΘ ή στο πλαίσιο άλλων προγραμμάτων εγγείων βελτιώσεων από τις τοπικές ΥΕΒ. Επίσης, διανοίχθηκαν από τους ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ, με ίδιους πόρους. Οι παράνομες γεωτρήσεις διανοίχθηκαν από ιδιώτες, κυρίως μετά το 1980. Ορισμένες από τις παράνομες γεωτρήσεις νομιμοποιήθηκαν σε τέσσερις φάσεις (1981, 1986, 1996, 2008). Κατά Γκούμα (2006), σε όλη την περιφέρεια Θεσσαλίας υπάρχουν 1.712 κρατικές και 31.000 ιδιωτικές γεωτρήσεις. Ειδικότερα, στα Τρίκαλα αναφέρεται η ύπαρξη 540 κρατικών και 5900 ιδιωτικών και στην Καρδίτσα 422 κρατικών και 7000 ιδιωτικών.

Στην Εικόνα 2.13 παρουσιάζονται τα κυριότερα έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων εντός της περιοχής μελέτης.



***Εικόνα 2.13**: Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης*

2.8 Ζήτηση νερού

Με τον όρο ζήτηση νερού εννοούμε τις υδατικές ανάγκες που υφίστανται ανά χρήση ύδατος. Δηλαδή, τις ποσότητες νερού που απαιτούν να λάβουν οι χρήστες της ύδρευσης (αστική χρήση και τουρισμός), της άρδευσης, της κτηνοτροφίας-ιχθυοκαλλιέργειας, της βιομηχανίας και της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η έννοια της ζήτησης διαφοροποιείται από αυτήν της απόληψης και από αυτήν της προμήθειας. Κατ' αρχήν, η πρωτογενής ζήτηση πρέπει να προσαυξάνεται κατά τις απώλειες που λαμβάνουν χώρα στη μεταφορά και τη διανομή του νερού. Έτσι, προκύπτει η τελική ζήτηση. Στη συνέχεια, με βάση τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων και την ασκούμενη διαχειριστική πολιτική, η τελική ζήτηση ικανοποιείται μέχρι ένα ποσοστό. Αυτή η ποσότητα αποτελεί την απόληψη από τα υδατικά συστήματα. Η τιμή της απόληψης, μειωμένη κατά την ποσότητα των απωλειών που πραγματοποιούνται στη διαδρομή, αποτελεί την προμήθεια. Δηλαδή, η προμήθεια συνιστά την τελική ποσότητα νερού που παραδίδεται στους χρήστες.

Στα επόμενα παρουσιάζονται τα δεδομένα της ζήτησης για την περιοχή μελέτης. Για τη διευκόλυνση της παρουσίασης, υιοθετείται ο διαχωρισμός σε χρήσεις ύδατος.

2.8.1 Ύδρευση

Η αρμοδιότητα της ύδρευσης και της αποχέτευσης ανήκει στις ΔΕΥΑ, όπου υφίστανται, ή στις τεχνικές υπηρεσίες των Δήμων. Στην περιφερειακή ενότητα Τρικάλων έχουν ιδρυθεί και λειτουργούν οι ΔΕΥΑ Τρικάλων, Αιθηκών, Γόμφων, Εστιαιώτιδας, Καλαμπάκας, Χασίων, Πελλιναίων, Πύλης, Οιχαλίας και Φαρκαδόνας. Αντίστοιχα στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας συναντώνται οι ΔΕΥΑ Καρδίτσας, Μουζακίου, Παλαμά και Σοφάδων. Επίσης, οι δήμοι Καρδίτσας (ΔΕΥΑ Καρδίτσας, Καρδιτσομάγουλα, Αρτεσιανό, Παλιοκλήσι, Ρουσσό, Αγιοπηγή), Μητρόπολης (Μητρόπολη, Ξυνονέρι, Κρύα Βρύση, Γεωργικό, Φράγκο), Κάμπου (Σταυρός, Πρόδρομος, Μυρίνη, Μαξρυχώρι, Αγ. Θεόδωρος, Πτελοπούλα, Μέλλισσα), Σοφάδων (ΔΕΥΑ Σοφάδων, Μασχολούρι, Καρποχώρι, Άμπελος, Ανώγι, Αγία Παρασκευή), Σελλάνων (Προάστιο, Πεδινό, Καλογριαννά, Αγία Τριάδα), Άρνης (Ματαράγκα, Ερμήτσι), Παμίσου (Μαγούλα, Παλαιοχώρι, Κρανιά, Ριζοβούνι), Παλαμά (Μάρκο, Γοργοβίτες) και Πελινναίων Τρικάλων (Σερβωτά) έχουν συστήσει Σύνδεσμο Ύδρευσης για τη διάθεση πόσιμου νερού στα μέλη του από τις εκροές του ταμιευτήρα του Πλαστήρα.

Οι ανάγκες ύδρευσης μπορούν να διακριθούν σε ανάγκες για αστική χρήση και ανάγκες για τουριστική χρήση.

<u>Αστική Χρήση</u>

Η ζήτηση νερού για αστική χρήση υπολογίστηκε με βάση το μόνιμο πληθυσμό των καποδιστριακών δήμων ή τμημάτων δήμων της περιοχής μελέτης (βλέπε Πίνακα 2.2). Η τυπική μέση ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο θεωρήθηκε ίση με 170 l/κάτοικο/ημέρα. Για τη χειμερινή περίοδο (Οκτώβριος-Μάρτιος) η τυπική κατανάλωση θεωρήθηκε 30% χαμηλότερη και για τη θερινή περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος) 30% υψηλότερη σε σχέση με τη μέση. Οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης θεωρείται ότι ανέρχονται σε 40%. Οι παραπάνω τιμές υιοθετήθηκαν με βάση τα αναφερόμενα στη Β' Φάση της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005γ). Για την εξαγωγή τους χρησιμοποιήθηκαν τα επίσημα δελτία των ΔΕΥΑ και των τοπικών υπηρεσιών ύδρευσης του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, τα ερωτηματολόγια που τους διανεμήθηκαν, καθώς και δεδομένα από άλλες περιοχές αντίστοιχης ανάπτυξης και υποδομών.

Με βάση τα παραπάνω, η πρωτογενής ζήτηση νερού για αστική χρήση εντός της περιοχής μελέτης είναι 11,64 hm^3. Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες των δικτύων,

η τελική ζήτηση ανέρχεται σε 19,41 hm^3. Στον Πίνακα Ε-1 του Παραρτήματος Ε παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί.

Τουρισμός

Οι σημαντικότεροι τουριστικοί προορισμοί της περιοχής μελέτης είναι η περιοχή των Μετεώρων στην Καλαμπάκα, η ορεινή περιοχή Ελάτης-Περτουλίου και η ευρύτερη περιοχή της λίμνης Πλαστήρα. Υψηλός αριθμός διανυκτερεύσεων καταγράφεται και εντός των ορίων του Δήμου Τρικκαίων, που πιθανότατα χρησιμοποιείται ως βάση των εξορμήσεων για πολλούς τουρίστες.

Η ζήτηση νερού για τουριστική χρήση υπολογίστηκε με βάση τις διανυκτερεύσεις των τουριστών στα ξενοδοχεία κατηγορίας ΑΑ έως Ε και τις διανυκτερεύσεις των τουριστών στα μοτέλ, τα επιπλωμένα διαμερίσματα και τους ξενώνες. Ως τουρίστες λογίστηκαν τόσο οι αλλοδαποί όσο και οι ημεδαποί. Επίσης, οι διανυκτερεύσεις αφορούν το άθροισμα των διανυκτερεύσεων για κάθε μεμονωμένο τουρίστα. Για την πρώτη κατηγορία διανυκτερεύσεων (ξενοδοχεία), η τυπική κατανάλωση ανά διανυκτέρευση ορίστηκε στα 400 l/διανυκτέρευση. Για τη δεύτερη κατηγορία διανυκτερεύσεων (μοτέλ, επιπλωμένα διαμερίσματα, ξενώνες), η τυπική κατανάλωση ανά διανυκτέρευση ορίστηκε στα 300 l/διανυκτέρευση. Οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης είναι και πάλι 40%, όπως για την αστική χρήση. Οι παραπάνω τιμές υιοθετήθηκαν με βάση τα αναφερόμενα στη Β' Φάση της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005γ). Τα στοιχεία των διανυκτερεύσεων προήλθαν από την ΕΣΥΕ και αφορούν το έτος 2003.

Με βάση τα παραπάνω, η πρωτογενής ζήτηση νερού για τουριστική χρήση εντός της περιοχής μελέτης είναι 0,11 hm^3. Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες των δικτύων, η τελική ζήτηση ανέρχεται σε 0,18 hm^3. Στον Πίνακα Ε-2 του Παραρτήματος Ε παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί.

2.8.2 Άρδευση

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.7.4, ένα σημαντικό τμήμα των αρδευόμενων εκτάσεων προμηθεύεται νερό από τα αρδευτικά έργα των ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ της περιοχής. Οι εποπτεύουσες ΔΕΒ της Περιφέρειας Θεσσαλίας και οι αρμόδιες υπηρεσίες του ΥΠΑΑΤ διαθέτουν σχετικά αναλυτικά στοιχεία αναφορικά με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις κάθε έτος, τα είδη των καλλιεργειών, την πηγή υδροδότησης, τον τρόπο μεταφοράς και εφαρμογής του αρδευτικού νερού. Τα παραπάνω στοιχεία προσφέρουν μια πολύ καλή

εικόνα για το καθεστώς της άρδευσης στην περιοχή μελέτης. Ωστόσο, δεν παύουν να αντιπροσωπεύουν μόνο τον τομέα της επίσημης άρδευσης από συλλογικά δίκτυα.

Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ), το 2004 οι αρδευόμενες εκτάσεις από ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ ανέρχονταν σε 194,5 km^2 στην περιφερειακή ενότητα Τρικάλων και 217,3 km^2 στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας. Ωστόσο, σύμφωνα με Γκούμα (2011), την ίδια χρονιά οι συνολικές αρδευόμενες εκτάσεις εκτιμάται ότι προσέγγιζαν τα 380,0 km^2 στην περιφερειακή ενότητα Τρικάλων και τα 812,5 km^2 στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας. Όπως προκύπτει, οι συνολικές αρδευόμενες εκτάσεις είναι δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερες από αυτές που ανήκουν στη δικαιοδοσία των ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ. Για την άρδευση των εκτάσεων εκτός δικαιοδοσίας ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ έχουν ανορυχθεί χιλιάδες ιδιωτικές γεωτρήσεις, για τον αριθμό και τη λειτουργία των οποίων γίνονται μόνο αδρές εκτιμήσεις. Επίσης, για την άρδευση αυτών των εκτάσεων, χρησιμοποιούνται και επιφανειακά νερά παρακείμενων ποταμών ή συλλεκτήρων. Για το λόγο αυτό κατασκευάζονται πρόχειρα φράγματα εντός της κοίτης τους (βλέπε παράγραφο 2.7.4).

Η εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών στην περιοχή μελέτης στηρίχθηκε στις εκτάσεις που καταλαμβάνουν οι αρδευόμενες καλλιέργειες. Οι εκτάσεις αυτές προέκυψαν ύστερα από επεξεργασία, σε περιβάλλον ΣΓΠ, των δεδομένων του χάρτη εδαφοκάλυψης Corine 2000 και των στοιχείων της γεωργικής και κτηνοτροφικής απογραφής της ΕΣΥΕ για το έτος 2000 (βλέπε παράγραφο 2.3). Πιο συγκεκριμένα, αρδευόμενες θεωρήθηκαν οι καλλιέργειες του βαμβακιού, του αραβοσίτου, της μηδικής, των ζαχαρότευτλων και των οπωροφόρων δένδρων. Για κάθε μία από αυτές έχει ήδη υπολογιστεί η δυνητική εξατμοδιαπνοή σε μηνιαίο βήμα (βλέπε Πίνακα 2.18). Λαμβάνοντας υπόψη τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης του κύκλου ζωής των καλλιεργειών, μπορούμε να προσδιορίσουμε την αρδευτική τους περίοδο. Για αυτήν την περίοδο, η δυνητική εξατμοδιαπνοή της χρήσης γης αποτελεί τη θεωρητική υδατική ανάγκη της καλλιέργειας. Στη συνέχεια, από τη μηνιαία θεωρητική υδατική ανάγκη της καλλιέργειας αφαιρείται η ωφέλιμη βροχόπτωση του ίδιου μήνα. Αν η ωφέλιμη βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη από αυτήν, τότε δεν υφίσταται αρδευτική ανάγκη. Αν, όμως, είναι μικρότερη, η διαφορά τους συνιστά την πρωτογενή αρδευτική ανάγκη της καλλιέργειας.

Επειδή οι καλλιέργειες κυρίως εντοπίζονται στις πεδινές περιοχές, η μέση μηνιαία βροχόπτωση που λαμβάνεται υπόψη είναι αυτή του σταθμού της ΕΜΥ στα Τρίκαλα, για την περίοδο 1980-2010 και όχι η μέση επιφανειακή της λεκάνης, που επηρεάζεται από τα μεγάλα ύψη βροχής των ορεινών περιοχών. Η ωφέλιμη βροχόπτωση, δηλαδή αυτή που μπορεί να αξιοποιηθεί από τις καλλιέργειες, προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την πραγματική βροχόπτωση με έναν συντελεστή. Ο συντελεστής αυτός ορίστηκε ίσος με 0,65 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006α).

Επιπλέον, επειδή κατά τη μεταφορά και την εφαρμογή του αρδευτικού νερού παρατηρούνται απώλειες, οι πρωτογενής αρδευτική ανάγκη διαιρείται με έναν συντελεστή απόδοσης, Έτσι, προκύπτει η τελική αρδευτική ανάγκη της καλλιέργειας. Ο συντελεστή απόδοσης λαμβάνει υπόψη το είδος του δικτύου μεταφοράς (κλειστός αγωγός υπό πίεση ή ανοιχτός αγωγός), καθώς και τη μέθοδο άρδευσης (μικροάρδευση, καταιονισμός ή επιφανειακές μέθοδοι). Για την εκτίμησή του, λήφθηκαν υπόψη οι αναφορές σε Makropoulos and Mimikou (2012), Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ), Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011δ), Καλφούντζος κ.α. (2004) κατά Γκούμας (2011). Ακόμη, αξιοποιώντας τα διαθέσιμα στοιχεία ανά περιφερειακή ενότητα για τις αρδευόμενες εκτάσεις από συλλογικά ή μεμονωμένα δίκτυα, με κλειστούς υπό πίεση ή ανοικτούς αγωγούς, με μικροάρδευση, καταιονισμό ή επιφανειακές μεθόδους, προέκυψε ο μέσος σταθμισμένος συντελεστής απόδοσης κάθε περιφερειακής ενότητας. Για την Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων υπολογίστηκε ίσος με 0,782 και για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας ίσος με 0,754. Ο διαχωρισμός σε περιφερειακές ενότητες κρίθηκε αναγκαίος, αφού ο τρόπος μεταφοράς και εφαρμογής του αρδευτικού νερού παρουσίαζε ουσιαστικές διαφορές. Στα Τρίκαλα η κύρια πηγή προμήθειας νερού είναι τα υπόγεια ύδατα. Η μεταφορά του νερού γίνεται με κλειστά δίκτυα υπό πίεση και οι βασικές αρδευτικές μέθοδοι είναι ο καταιονισμός και οι μικροαρδεύσεις (στάγδην άρδευση, μικροεκτοξευτήρες). Στην Καρδίτσα, οι περιοχές που περιλαμβάνονται στην περιοχή μελέτης, προμηθεύονται ικανή ποσότητα επιφανειακών υδάτων από τον ταμιευτήρα του Πλαστήρα. Η μεταφορά γίνεται σε σημαντικό ποσοστό με ανοικτά δίκτυα (τάφροι, κανάλια, διώρυγες) και εφαρμόζεται κυρίως η μέθοδος του καταιονισμού.

Με βάση τα παραπάνω, η πρωτογενής ζήτηση νερού για αρδευτική χρήση εντός της περιοχής μελέτης είναι 354,97 hm^3 (522,6 mm/στρέμμα). Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες, κατά την μεταφορά και την εφαρμογή του αρδευτικού νερού, η τελική ζήτηση ανέρχεται σε 465,40 hm^3 (685,1 mm/στρέμμα). Στους Πίνακες Ε-3 και Ε-4 του Παραρτήματος Ε παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί της αρδευτικής ζήτησης. Επίσης, στους Πίνακες Ε-5, Ε-6, Ε-7, Ε-8 και Ε-9 του Παραρτήματος Ε παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί του συντελεστή απόδοσης μεταφοράς και εφαρμογής του αρδευτικού νερού.

2.8.3 Κτηνοτροφία - Ιχθυοκαλλιέργεια

Τα δεδομένα που αφορούν την κτηνοτροφία στην περιοχή μελέτης ελήφθησαν από τη Β' Φάση της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)"

(Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005γ), ενώ τα δεδομένα που αφορούν την ιχθυοκαλλιέργεια από την μελέτη "Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011δ).

Κτηνοτροφία

Ο αριθμός των ζώων ανά είδος προήλθε από τη Βασική Έρευνα Διάρθρωσης Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων (Απογραφή Γεωργίας-Κτηνοτροφίας των ετών 1999/2000). Εντός της περιοχής μελέτης υπήρχαν 1.246.034 ζώα. Από αυτά περίπου 700.000 ήταν πουλερικά, ενώ ο αριθμός των αιγοπροβάτων ήταν κάτι περισσότερο από 420.000. Τα υπόλοιπα 220.000 ζώα περιελάμβαναν βοοειδή, χοίρους, ιπποειδή-όνους και κουνέλια. Για την τυπική μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά ζώο έγιναν οι παραδοχές του Πίνακα 2.25.

Είδος ζώου	**Υδατικές ανάγκες [1] (m^3/ημέρα/ανά ζώο)**
Βοοειδή	0,0800
Προβατοειδή	0,0080
Αίγες	0,0080
Χοίροι	0,0800
Ιπποειδή-Όνοι	0,0360
Κουνέλια	0,0040
Πουλερικά	0,0002

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)

***Πίνακας 2.25**: Τυπική μέση ημερήσια κατανάλωση ανά ζώο*

Οι τιμές του Πίνακα 2.25 αναφέρονται στις ποσότητας νερού που καταναλώνονται στις κτηνοτροφικές μονάδες για την κάλυψη των αναγκών ποτίσματος και καθαρισμού των ζώων και καθαρισμού των εγκαταστάσεων. Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ανάγκες κάθε μεμονωμένου ζώου είναι συνάρτηση του είδους του, του βάρους του, της θερμοκρασίας και της υγρασίας του περιβάλλοντος, της διατροφής του, καθώς και του ύψους της παραγωγής του. Η επιρροή της θερμοκρασίας και της υγρασίας του

περιβάλλοντος λήφθηκε υπόψη με την παραδοχή ότι τη χειμερινή περίοδο (Οκτώβριος-Μάρτιος) η τυπική κατανάλωση είναι 30% χαμηλότερη και τη θερινή περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος) 30% υψηλότερη, σε σχέση με τη μέση.

Όσον αφορά το χαρακτήρα της κτηνοτροφίας, κάνουμε την παραδοχή ότι στα αιγοπρόβατα κυριαρχεί η ελεύθερη βόσκηση, ενώ στα υπόλοιπα ζώα η σταβλισμένη κτηνοτροφία. Έτσι, τα αιγοπρόβατα συγκεντρώνονται κυρίως στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές των δήμων και καλύπτουν τις υδατικές τους ανάγκες από επιφανειακά ύδατα (πηγές και ποτάμια). Συνεπώς, θεωρούμε ότι για αυτά δεν υπάρχουν απώλειες στη μεταφορά νερού. Αντίθετα, τα υπόλοιπα ζώα φιλοξενούνται σε αγροκτήματα και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις κυρίως στις πεδινές περιοχές. Οι υδατικές τους ανάγκες καλύπτονται από τα οργανωμένα δίκτυα ύδρευσης των εκάστοτε δήμων. Επομένως, οι απώλειες μεταφοράς νερού σε αυτά θεωρούνται ίσες με 40%, όσο και του δικτύου ύδρευσης (βλέπε παράγραφο 2.8.1).

Με βάση τα παραπάνω, η πρωτογενής ζήτηση νερού για κτηνοτροφική χρήση εντός της περιοχής μελέτης είναι 4,42 hm^3. Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες των δικτύων, η τελική ζήτηση ανέρχεται σε 6,55 hm^3. Στον Πίνακα Ε-10 του Παραρτήματος Ε παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί. Όπως προκύπτει, η μεγαλύτερη ζήτηση αφορά τη χοιροτροφία (59,2%). Τα βοοειδή και τα αιγοπρόβατα καταλαμβάνουν επίσης σημαντικό μερίδιο της ζήτησης (19,4% και 18,8% αντίστοιχα).

<u>Ιχθυοκαλλιέργεια</u>

Εντός της περιοχής μελέτης εντοπίζονται πέντε ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες. Όλες τους είναι εγκατεστημένες στην Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων και ειδικότερα στους Δήμους Τρικκαίων, Καλαμπάκας και Πύλης. Τα καλλιεργούμενα είδη είναι η πέστροφα και οι κυπρίνοι. Οι εκμεταλλεύσεις προμηθεύονται νερό από παρακείμενες πηγές ή ιδιωτικές γεωτρήσεις. Επομένως, χαρακτηρίζονται ως γλυκού νερού. Όσον αφορά τις υδατικές τους ανάγκες και τις απολήψεις που πραγματοποιούν, δεν διατίθενται τέτοια στοιχεία. Αυτές εξαρτώνται από τη χωρητικότητα των εγκαταστάσεων και το ρυθμό ανανέωσης των υδάτων. Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011δ), οι απολήψεις που πραγματοποιούνται από ορισμένες μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας είναι σημαντικές. Ωστόσο, μετά τη χρήση τους, τα νερά επιστρέφουν αμέσως πίσω στο φυσικό περιβάλλον, χωρίς να διαφοροποιείται ουσιαστικά η ποσότητά τους. Διαφοροποίηση υφίσταται μόνο ως προς το σκέλος της ποιότητας. Επομένως, μπορούμε να κάνουμε την παραδοχή ότι σε ετήσια βάση το ισοζύγιο εισερχόμενων-εξερχόμενων ποσοτήτων νερού στις ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες είναι μηδενικό.

2.8.4 Βιομηχανία

Τα δεδομένα που αφορούν τη βιομηχανία στην περιοχή μελέτης ελήφθησαν από τη Β' Φάση της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005γ). Στα πλαίσια της παραπάνω μελέτης συλλέχθηκαν και καταχωρήθηκαν τα στοιχεία των βασικότερων βιομηχανιών του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Ειδικότερα, καταγράφηκαν οι βιομηχανίες με ημερήσια κατανάλωση νερού τουλάχιστον 20 m^3.

Εντός της περιοχής μελέτης λειτουργούν κυρίως μεμονωμένες βιομηχανίες, αφού το ΒΙΟΠΑ Φαρκαδόνας βρίσκονται στα όρια της εξεταζόμενης λεκάνης και η ΒΙΠΕ Καρδίτσας δεν συμπεριλαμβάνεται. Πιο συγκεκριμένα, συναντώνται 11 βιομηχανίες, στους Δήμους Τρικκαίων, Πύλης και Φαρκαδόνας. Οι βιομηχανίες αυτές δραστηριοποιούνται στην παραγωγή δομικών υλικών, γαλακτοκομικών προϊόντων και φυτικών και ζωικών ελαίων και λιπών, τη σφαγή ζώων, την κατεργασία και δέψη δερμάτων και την προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών. Η ημερήσια κατανάλωση νερού σε αυτές τις βιομηχανίες προέρχεται από Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ).

Από τις έντεκα βιομηχανίες, οι εννέα προμηθεύονται νερό από ιδιωτικές γεωτρήσεις, η μία από το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης και άλλη μία από ιδιωτική γεώτρηση και το δημόσιο δίκτυο. Για την προμήθεια νερού από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις κάνουμε την παραδοχή ότι πρακτικά δεν υπάρχουν απώλειες στη μεταφορά, ενώ για την προμήθεια νερού από το δημόσιο δίκτυο θεωρούμε απώλειες 40% (βλέπε παράγραφο 2.8.1).

Με βάση τα παραπάνω, η πρωτογενής ζήτηση νερού για βιομηχανική χρήση εντός της περιοχής μελέτης είναι 1,14 hm^3. Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες των δικτύων, η τελική ζήτηση ανέρχεται σε 1,17 hm^3. Στον Πίνακα Ε-11 του Παραρτήματος Ε παρατίθενται οι αναλυτικοί υπολογισμοί.

2.8.5 Παραγωγή Υδροηλεκτρικής Ενέργειας

Εντός της περιοχής μελέτης δεν εντοπίστηκε κάποιο μονάδα παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία. Αυτές που έχουν σχεδιαστεί (ΥΗΣ Πευκόφυτου, Μουζακίου και Μαυρομματίου) σχετίζονται με τα έργα εκτροπής του Αχελώου. Επίσης, ο ΥΗΣ Πλαστήρα είναι εγκατεστημένος στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας.

2.8.6 Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων Οδηγίας 2000/60/ΕΚ

Με βάση την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ (βλέπε παράγραφο 1.2.2), τα κράτη-μέλη της ΕΕ οφείλουν μέχρι το 2015 να διατηρήσουν ή να επιτύχουν "καλή κατάσταση" σε όλα τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, εκτός εάν συντρέχουν τεκμηριωμένοι λόγοι εξαίρεσης.

Για τα επιφανειακά ύδατα, ο όρος καλή κατάσταση ανταποκρίνεται στην καλή οικολογικά και χημικά κατάσταση. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που σχετίζονται με την οικολογική κατάσταση αφορούν διάφορα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία, φυσικοχημικές παραμέτρους και ειδικούς ρύπους, που δεν ανήκουν στον κατάλογο των ουσιών προτεραιότητας ή απορρίπτονται σε σημαντικές ποσότητες. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που σχετίζονται με τη χημική κατάσταση αφορούν την τήρηση προτύπων ποιότητας περιβάλλοντος, για τις ουσίες προτεραιότητας.

Αντίστοιχα για τα υπόγεια ύδατα ο όρος καλή κατάσταση ανταποκρίνεται στην καλή ποσοτικά και χημικά κατάσταση. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που σχετίζονται με την ποσοτική κατάσταση αφορούν την ανίχνευση έμμονων τάσεων πτώσης της στάθμης και την αναίρεση των αιτιών τους. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που σχετίζονται με την χημική κατάσταση αφορούν τον καθορισμό ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης.

Επιπλέον, για τα υδατικά συστήματα που σχετίζονται με προστατευόμενες περιοχές, τίθενται πρόσθετοι περιβαλλοντικοί στόχοι ποιότητας και προστασίας. Προστατευόμενες περιοχές χαρακτηρίζονται αυτές που προορίζονται για την άντληση πόσιμου νερού για τον άνθρωπο, αυτές που προορίζονται για την προστασία υδρόβιων ειδών με οικονομική σημασία, τα ύδατα κολύμβησης και αναψυχής, οι ευπρόσβλητες ζώνες σε νιτρορύπανση , οι ευαίσθητες περιοχές λόγω της διάθεσης αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων και οι προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 που σχετίζονται με το νερό.

Ακόμη, για τα ιδιαίτερα τροποποιημένα και τεχνητά υδάτινα σώματα ο περιβαλλοντικός στόχος που τίθεται είναι η επίτευξη καλού οικολογικού δυναμικού.

Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011ε), η οικολογική κατάσταση των επιφανειακών υδατικών συστημάτων της περιοχής μελέτης ποικίλλει από ελλιπής έως υψηλή. Ωστόσο, το συντριπτικά μεγαλύτερο μήκος τους εμφανίζει μέτρια έως ελλιπή οικολογική κατάσταση. Ελλιπής χαρακτηρίζεται η οικολογική κατάσταση του ρου του Ληθαίου κατάντη των Τρικάλων και του τμήματος του Πηνειού από τη συμβολή του με τον Πορταϊκό μέχρι και τη θέση Αλή Εφέντη. Επίσης, η χημική τους κατάσταση μπορεί να χαρακτηριστεί σε άλλες θέσεις καλή και σε άλλες θέσεις κατώτερη της καλής. Κατώτερη της καλής χαρακτηρίζεται στον ρου του Ληθαίου ανάντη των Τρικάλων και στο τμήμα του

Πηνειού, που ξεκινά από τη συμβολή του με τον Πορταϊκό και τερματίζει στη θέση Αλή Εφέντη. Ακόμη, σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011δ), τα επιφανειακά υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης που υφίστανται την μεγαλύτερη πίεση από απολήψεις είναι το τμήμα του Πηνειού από τη συμβολή του με τον Πορταϊκό μέχρι και τη θέση Αλή Εφέντη, ο ρους του Ληθαίου κατάντη των Τρικάλων, το Μέγα Ρέμα, η Δυτική Κοίτη και το τμήμα του Παμίσου κατάντη του Μουζακίου.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011στ), όλα τα υπόγεια υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζονται ως καλής ποσοτικής και χημικής κατάστασης.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η κατάσταση των επιφανειακών υδατικών συστημάτων στην περιοχή μελέτης χρήζει σημαντικής βελτίωσης, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Αντίθετα, τα υπόγεια υδατικά συστήματα της περιοχής βρίσκονται σε πολύ καλή κατάσταση, συγκρινόμενα με άλλα του υδατικού διαμερίσματος. Οι υδροφορείς κυρίως των πεδινών περιοχών της Ανατολικής και Νοτιοδυτικής Θεσσαλίας υποφέρουν από το φαινόμενο των υπεραντλήσεων, με αποτέλεσμα τη συνεχή ταπείνωση της στάθμης τους. Επίσης, αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα ποιοτικής υποβάθμισης.

Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011θ), στις πεδινές, κεντρικές και περιμετρικές καρστικές περιοχές της λεκάνης απορροής του Πηνειού η μέση ετήσια απόληψη νερού από υπόγεια ύδατα είναι 550-580 hm^3. Από αυτά τα 120-150 hm^3 προέρχονται από τα μόνιμα αποθέματα και τα 400-450 hm^3 από τα ανανεώσιμα. Επίσης, οι μέσες θερινές απολήψεις από τα επιφανειακά υδατικά συστήματα ανέρχονται σε 260 hm^3. Περίπου τα 100 hm^3 από αυτά είναι υπεραπολήψεις, οι οποίες εμποδίζουν την επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης στα επιφανειακά υδατικά συστήματα. Από τα παραπάνω προκύπτει μια συνολική ποσότητα υπερεκμετάλλευσης 220-250 hm^3, που εμποδίζει την αειφορική αξιοποίηση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών συστημάτων.

Έτσι, στα πλαίσια του Προσχεδίου Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011ι), υιοθετούνται δύο επίπεδα περιβαλλοντικών απαιτήσεων, για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Πρόκειται για τις μέσες και τις υψηλές περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Στον Πίνακα 2.26 παρέχονται οι προτάσεις του Προσχεδίου Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας για τη θέσπιση περιβαλλοντικών απαιτήσεων στα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα. Οι απαιτήσεις για τα υπόγεια υδατικά συστήματα αναφέρονται στις πεδινές περιοχές.

Περιβαλλοντικές απαιτήσεις	**Επιφανειακά υδατικά συστήματα**	**Υπόγεια υδατικά συστήματα**
	μέγιστες θερινές απολήψεις ως ποσοστό της διαθέσιμης ροής (%) [1]	*μέγιστη άντληση από ανανεώσιμα αποθέματα (hm^3)* [1]
Μέσες	50	300
Υψηλές	30	200-250

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011ι)

***Πίνακας 2.26**: Περιβαλλοντικές απαιτήσεις ανά υδατικό σύστημα*

Για τις μέσες περιβαλλοντικές απαιτήσεις υπολογίζεται ότι η ανάκαμψη της υπόγειας στάθμης θα πραγματοποιηθεί σε 60 έτη, ενώ για τις υψηλές σε 50 έτη. Η δυσκολία στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορεών αποδίδεται, αφενός στην αλλαγή που έχει επέλθει στα υδραυλικά τους χαρακτηριστικά (μείωση πορώδους και υδραυλικής αγωγιμότητας λόγω συνίζησης-συμπύκνωσης) και αφετέρου στη φύση των υδροφορέων (υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση).

Επιπλέον, σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011η), η εγκεκριμένη προμελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φράγματος Νεοχωρίου προβλέπει ελάχιστη διατηρητέα περιβαλλοντική παροχή ίση με 0,958 m^3/s. Η τιμή αυτή είναι παραπλήσια με τη μέση παροχή του Νεοχωρίτη κατά το δυσμενέστερο θερινό μήνα (0,97 m^3/s). Ομοίως, για το φράγμα Πύλης η ελάχιστη διατηρητέα περιβαλλοντική παροχή είναι ίση και 0,30 m^3/s. Η τιμή αυτή είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση παροχή του Πορταϊκού κατά το δυσμενέστερο θερινό μήνα (1,75 m^3/s). Ακόμη, στο φράγμα του Ληθαίου η ελάχιστη διατηρητέα περιβαλλοντική παροχή έχει οριστεί ίση με 0,02 m^3/s. Η τιμή αυτή αντιπροσωπεύει το 1/3 της μέσης απορροής των τριών ξηρότερων μηνών του έτους.

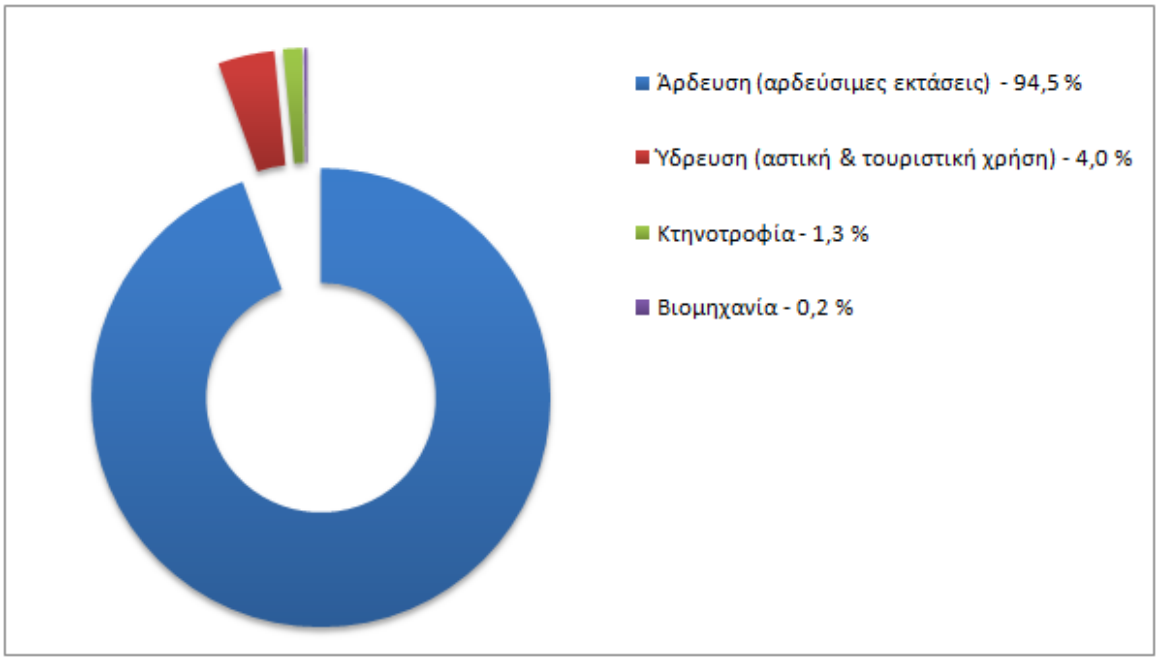
2.9 Σύνοψη μεγεθών προσφοράς - ζήτησης

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.8 η τελική ζήτηση για όλες τις χρήσεις νερού αθροίζεται σε 492,71 hm^3 σε ετήσια βάση. Να σημειωθεί ότι η ζήτηση είναι εκφρασμένη σε τελικές τιμές, ώστε να συμπεριλαμβάνει και τις απώλειες μεταφοράς, που υφίστανται κατά τη μεταφορά του νερού από την πηγή στον τελικό καταναλωτή.

Η διάρθρωση της τελικής ζήτησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.27 και δίνεται εποπτικά στο Σχήμα 2.5. Όπως είναι αναμενόμενο, το σημαντικότερο ποσοστό αυτής αφορά την αρδευτική χρήση του νερού (94,5%). Να σημειωθεί πως η εκτίμηση της άρδευσης στηρίχθηκε στις επίσημες αρδευόμενες εκτάσεις της περιοχής μελέτης.

Χρήση νερού	Τελική ζήτηση (hm^3)
Ύδρευση - Αστική χρήση	19,41
Ύδρευση - Τουριστική χρήση	0,18
Άρδευση (*επίσημες αρδευόμενες εκτάσεις*)	465,40
Κτηνοτροφία	6,55
Βιομηχανία	1,17
Σύνολο	*492,71*

***Πίνακας 2.27**: Τελική ζήτηση νερού στην περιοχή μελέτης*



***Σχήμα 2.5**: Διάρθρωση τελικής ζήτησης νερού στην περιοχή μελέτης*

Το θεωρητικό υδατικό δυναμικό της περιοχής μελέτης περιλαμβάνει 1237,5 hm^3 της ετήσιας επιφανειακής απορροής (βλέπε παράγραφο 2.7.1) και 622,8 hm^3 της ετήσιας υπόγειας διήθησης-κατείσδυσης (βλέπε παράγραφο 2.7.2). Συνεπώς, το θεωρητικό υδατικό δυναμικό είναι τουλάχιστον 1860,3 hm^3. Σε αυτήν την ποσότητα θα πρέπει να προστεθούν και οι ποσότητες που αποταμιεύονται στα φράγματα της περιοχής (βλέπε παράγραφο 2.7.4). Το υφιστάμενο φράγμα του Λογγά και τα κατασκευαζόμενα φράγματα Αγίας Παρασκευής, Αλέξη και Ληθαίου έχουν αθροιστικό ωφέλιμο όγκο περίπου 3 hm^3. Επομένως, το τελικό θεωρητικό δυναμικό είναι 1863,3 hm^3.

Στις παραπάνω ποσότητες ταμίευσης δεν προστίθεται ο ταμιευτήρας του Πλαστήρα, γιατί αποτελεί εξωτερική πηγή στο σύστημα. Τα νερά που αποθηκεύει δεν ανήκουν στη λεκάνη Αλή Εφέντη, αλλά στη λεκάνη του Ταυρωπού, που ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Η συνεισφορά του ταμιευτήρα του

Πλαστήρα εξαρτάται από τις εκάστοτε διαθέσιμες ποσότητες και τον ανταγωνισμό που αναπτύσσεται ανάμεσα στις διάφορες χρήσεις. Από τις συνολικές απολήψεις που πραγματοποιούνται (129 hm^3, για επίπεδο αξιοπιστίας 99%), εκείνο το τμήμα που αφορά την περιοχή μελέτης είναι κυρίως αυτό που προορίζεται για την ύδρευση των Δήμων Καρδίτσας, Σελλάνων και Μουζακίου και για την άρδευση των αρδευόμενων εκτάσεων του ΤΟΕΒ Ταυρωπού.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω τιμή αντιπροσωπεύει μια θεωρητική ποσότητα. Μόνο ένα ποσοστό αυτής είναι πραγματικά διαθέσιμο για χρήση στον κατάλληλο χρόνο και στην κατάλληλη θέση σε σχέση με τη ζήτηση. Για παράδειγμα, το μεγαλύτερο μέρος αυτής αφορά την υγρή περίοδο του έτους, ενώ η ζήτηση βρίσκεται σε αιχμή κατά την ξηρή περίοδο. Επίσης, μέρος αυτής της ποσότητας είναι διαθέσιμο σε δευτερεύοντες ποταμούς και ρέματα της περιοχής ή σε περιφερειακούς ορεινούς υδροφορείς, όπου οι ανάγκες για απολήψεις είναι χαμηλές. Αντίθετα, η μεγαλύτερη ζήτηση για νερό συγκεντρώνεται κυρίως στις πυκνοκατοικημένες πεδινές περιοχές. Επιπροσθέτως, για την εκμετάλλευση του θεωρητικού υδατικού δυναμικού, θα πρέπει να υφίστανται και τα κατάλληλα τεχνικά έργα. Για παράδειγμα, ενώ το θεωρητικό δυναμικό των υπόγειων υδατικών συστημάτων της περιοχής ανέρχεται σε 622,8 hm^3, οι εκτιμώμενες ετήσιες απολήψεις από αυτά προσεγγίζουν μόλις τα 305,5 hm^3 (καταναλώνονται τα 228 hm^3), όπως φαίνεται και στην ανάλυση του Πίνακα 2.28. (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011α και 2011δ). Αν και η εκτίμηση αυτή θα μπορούσε να είναι συντηρητική, λόγω της μη εποπτευόμενης λειτουργίας χιλιάδων παράνομων ιδιωτικών γεωτρήσεων σε Τρίκαλα και Καρδίτσα, και πάλι αναμένεται οι πραγματικές απολήψεις να υπολείπονται του θεωρητικού δυναμικού.

Υπόγειο υδατικό σύστημα	**Εκτιμώμενες ετήσιες απολήψεις (hm^3)**	**Εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις [1] (hm^3)**
Σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταΐκού-Παμίσου	260,77	194,65
Σύστημα Κόζιακα	4,81	3,59
Σύστημα Παλαιοσαμαρίνας-Βούλας	8,75	6,53
Σύστημα Χασίων-Αντιχασίων	16,63	12,41
Σύστημα υδροφοριών Μαλακασιώτικου ρέματος	5,32	3,97
Σύστημα υδροφοριών Ελάτης-Ρεντίνας *	1,62	1,21
Σύστημα Ωλονού-Πίνδου *	1,45	1,08
Σύστημα υδροφοριών Χασίων-Φαρκαδόνας *	6,13	4,58
Σύνολο	*305,5*	*228,0*

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011α, 2011δ)
* Μόνο το τμήμα που περιλαμβάνεται στην περιοχή μελέτης

***Πίνακας 2.28**: Μέσες ετήσιες απολήψεις και καταναλώσεις ανά υπόγειο υδατικό σύστημα*

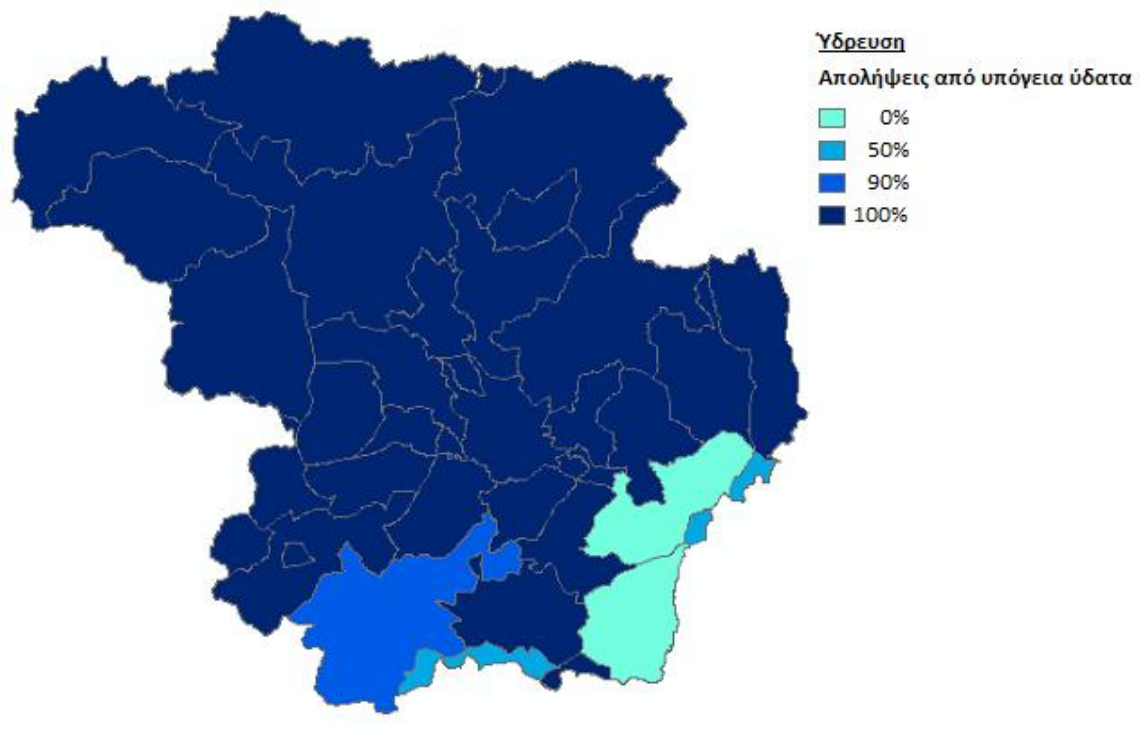
2.10 Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων

Κάθε δήμος της περιοχής μελέτης εφαρμόζει τη δική του πρακτική απολήψεων από τα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του κάθε υδατικού πόρου, την ύπαρξη των αναγκαίων υποδομών για την αξιοποίησή του, την προτιμώμενη ποιότητα νερού, το κόστος μεταφοράς και επεξεργασίας και λαμβάνοντας υπόψη τους νομικούς ή περιβαλλοντικούς ή κοινωνικούς περιορισμούς που μπορεί να υφίστανται.

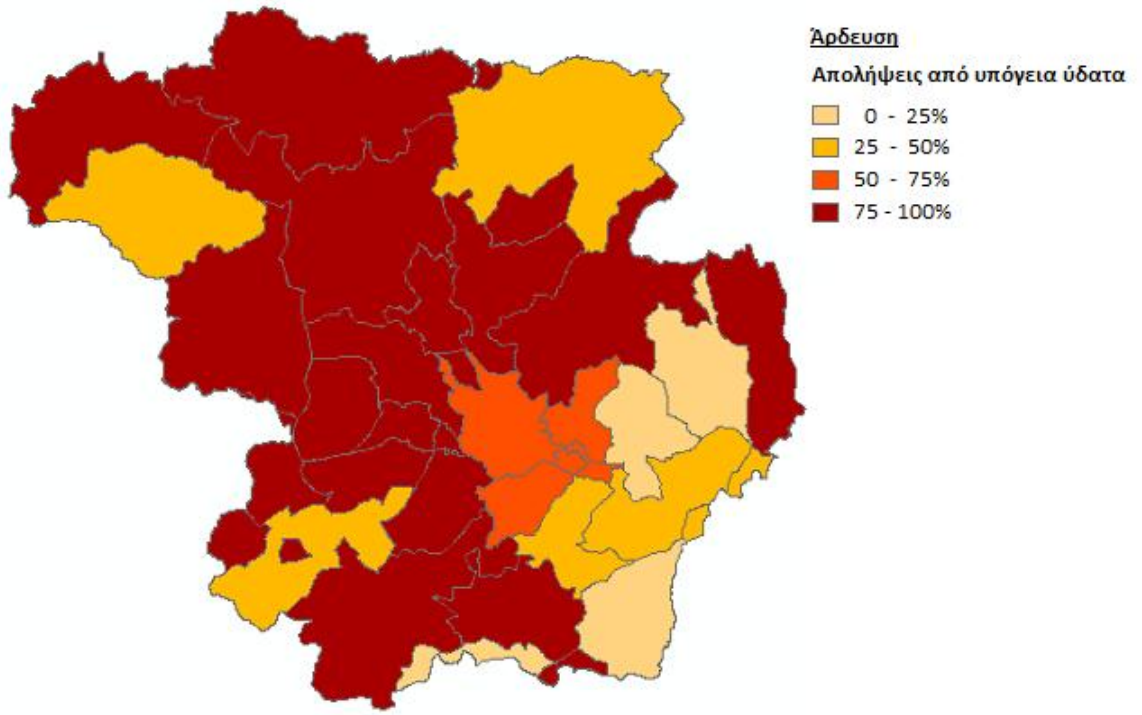
Τα μόνα ακριβή και αξιόπιστα στοιχεία που υπάρχουν για την πρακτική των απολήψεων που ακολουθείται είναι τα στοιχεία των τοπικών μεγάλων καταναλωτών κάθε χρήσης. Δηλαδή, των ΔΕΥΑ/Δήμων για την ύδρευση και των ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ για την άρδευση. Επαρκή στοιχεία διατίθενται και για τις βιομηχανίες της περιοχής. Ωστόσο, η εκτίμηση της συνολικής εικόνας των απολήψεων στην περιοχή δεν μπορεί παρά να είναι προσεγγιστική, στη βάση παραδοχών και απλουστεύσεων.

Οι κυριότερη πηγή δεδομένων που αξιοποιήθηκε για την εξαγωγή σχετικών συμπερασμάτων είναι η Γ' Φάση της μελέτης "Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" και ειδικότερα οι Πίνακες ΙΙ.1 και ΙΙ.3 των Παραρτημάτων (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005δ). Στα πλαίσια της παραπάνω μελέτης υπήρξε επικοινωνία με εκπροσώπους κάθε δήμου, ώστε να καταγραφούν οι εκτιμήσεις τους για την πρακτική των απολήψεων που εφαρμόζουν. Τα στοιχεία αυτά διασταυρώθηκαν με τα όσα αναφέρονται στα Παραρτήματα 6-Α και 2-Α της μελέτης "Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)" (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011α και 2011δ). Όπου διαπιστώθηκαν αντικρουόμενα στοιχεία επενέβη η κρίση του μελετητή. Αυτό δεν αφορούσε τα στοιχεία της ύδρευσης, αλλά κυρίως τα στοιχεία της άρδευσης. Επιπλέον, λήφθηκαν υπόψη οι αναφορές του Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων (Κουτσογιάννης κ.α., 2008). Σύμφωνα με αυτό, οι ΤΟΕΒ Πύλης και ΓΟΕΒ Θεσσαλίας αρδεύονται κατά βάση με επιφανειακά νερά. Επίσης, νερά των ποταμών Πηνειού και Ληθαίου χρησιμοποιούνται για την άρδευση εφαπτόμενων περιοχών. Λήφθηκε πρόνοια, ώστε οι απολήψεις των αντίστοιχων δήμων να απεικονίζουν αυτήν την πρακτική, έστω σε ένα μικρό ποσοστό.

Τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν για την πρακτική των απολήψεων ύδρευσης και άρδευσης παρουσιάζονται στον Πίνακα ΣΤ-1 του Παραρτήματος ΣΤ. Στις Εικόνες 2.14 και 2.15 παρέχονται εποπτικά τα συμπεράσματα αυτά.



Εικόνα 2.14*: Πρακτική απολήψεων ύδρευσης στην περιοχή μελέτης*



Εικόνα 2.15*: Πρακτική απολήψεων άρδευσης στην περιοχή μελέτης*

Συνοπτικά, στην Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων η ύδρευση υλοποιείται αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα (γεωτρήσεις και πηγές), ενώ στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας οι απολήψεις από τον Πλαστήρα αποτελούν μια σημαντική συνιστώσα της ύδρευσης. Αναφορικά με την άρδευση, στην Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων η κύρια πηγή προμήθειας νερού είναι τα υπόγεια ύδατα, ενώ στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας η προμήθεια νερού πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό από νερά προερχόμενα από τον ταμιευτήρα του Πλαστήρα.

Όσον αφορά τις απολήψεις για την κτηνοτροφία, γίνονται οι εξής παραδοχές. Τα αιγοπρόβατα, λόγω της ελεύθερης βόσκησης, καλύπτουν τις ανάγκες τους από επιφανειακά ύδατα (πηγές και ποτάμια) των ημιορεινών και ορεινών περιοχών. Τα υπόλοιπα ζώα θεωρείται ότι είναι σταβλισμένα στις πεδινές περιοχές και, επομένως, οι ανάγκες τους καλύπτονται από τα οργανωμένα δίκτυα ύδρευσης.

Επίσης, οι κύριες βιομηχανίες της περιοχής μελέτης προμηθεύονται νερό σχεδόν αποκλειστικά από τους υπόγειους υδροφορείς, μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων. Η ύδρευση από το δημόσιο δίκτυο γίνεται σε μικρό ποσοστό.

2.11 Κατανάλωση νερού - Επιστροφές - Επεξεργασία λυμάτων

Οι ποσότητες νερού που αφαιρούνται από τα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα, για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των διαφόρων χρήσεων, μεταφέρονται μέσω αγωγών και στη συνέχεια διανέμονται στους τελικούς χρήστες. Κατά τη διαδρομή του νερού μέσα από τους αγωγούς πραγματοποιούνται απώλειες (πχ. διαρροές, εξατμίσεις), με αποτέλεσμα οι τελικές ποσότητες που παραλαμβάνουν οι χρήστες να είναι μειωμένες.

Στη συνέχεια, οι ποσότητες που προμηθεύονται οι χρήστες αξιοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών τους. Αυτές, ανάλογα με τη χρήση, μπορεί να περιλαμβάνουν πόση, μαγείρεμα, προσωπική υγιεινή, οικιακή καθαριότητα, εκτροφή και καθαρισμό ζώων, καθαρισμό κτηνοτροφικών ή βιομηχανικών εγκαταστάσεων, ενσωμάτωση σε βιομηχανικά προϊόντα, άρδευση. Επομένως, κάποιες ποσότητες νερού καταναλώνονται, με την έννοια ότι δεν επιστρέφουν άμεσα στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα.

Οι υπόλοιπες ποσότητες γίνονται λύματα, λόγω της διαφοροποίησης των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Τα λύματα άλλοτε καταλήγουν σε δίκτυα αποχέτευσης και άλλοτε όχι. Στη δεύτερη περίπτωση απορρίπτονται απευθείας σε κάποιο υδατόρευμα ή καταλήγουν σε κάποιο βόθρο (στεγανό ή απορροφητικό). Στην πρώτη περίπτωση τα λύματα που καταλήγουν σε αποχετευτικά δίκτυα είτε κατευθύνονται σε ΕΕΛ για επεξεργασία είτε εκρέουν σε

κάποιο επιφανειακό υδάτινο σώμα ανεπεξέργαστα. Οι ποσότητες που υφίστανται καθαρισμό σε μια ΕΕΛ στη συνέχεια επιστρέφουν ασφαλώς στο περιβάλλον.

Όσον αφορά την κατανάλωση νερού, μπορούν να γίνουν οι εξής παραδοχές. Για νερό υδρευτικής χρήσης η κατανάλωση από τους χρήστες προσεγγίζει το 20% (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005δ · Ortega et al., 2006). Σε περίπτωση που τα αστικά λύματα καταλήγουν σε βόθρο, τότε διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Αν αυτός είναι στεγανός, τότε πρακτικά δεν υπάρχουν διαφυγές προς το περιβάλλον. Ειδικά συνεργεία αναλαμβάνουν το άδειασμα των βόθρων, όταν αυτοί πληρωθούν. Αν οι βόθροι είναι απορροφητικοί, τότε εντός του βόθρου υπάρχει μια κατακράτηση λυμάτων της τάξης του 10%. Το υπόλοιπο νερό σταδιακά διαρρέει προς τον υπόγειο υδροφορέα. Σε περίπτωση που τα αστικά λύματα δεν καταλήγουν σε βόθρο, τότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η επιστροφή τους στο περιβάλλον πραγματοποιείται χωρίς επιπλέον απώλειες (πχ. προς τα υπόγεια ύδατα). Τα αποχετευτικά δίκτυα πρακτικά δεν έχουν απώλειες, ανεξάρτητα από το αν εκρέουν σε κάποιο επιφανειακό υδάτινο σώμα ή διέρχονται από ΕΕΛ. Απεναντίας, πολλές φορές έχει παρατηρηθεί ότι τα υπόγεια ύδατα εμπλουτίζουν τις ροές των αποχετευτικών δικτύων.

Για το νερό αρδευτικής χρήσης η κατανάλωση εξαρτάται από την αρδευτική μέθοδο που εφαρμόζεται (βλέπε παράγραφο 2.8.2). Έτσι, η κατανάλωση μπορεί να κυμαίνεται από 60% μέχρι και 95%. Το υπόλοιπο επιστρέφει στο περιβάλλον ως επιφανειακή απορροή, υπόγεια διήθηση ή εξάτμιση.

Για το νερό κτηνοτροφικής χρήσης η κατανάλωση εξαρτάται κυρίως από το είδος του ζώου, αλλά και από άλλους παράγοντες (βλέπε παράγραφο 2.8.3). Στον Πίνακα Ζ-1 του Παραρτήματος Ζ υπολογίζεται το ποσοστό της καθαρής κατανάλωσης νερού για διάφορα ζώα της κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Σύμφωνα με αυτούς τους υπολογισμούς, η καθαρή κατανάλωση μπορεί να κυμαίνεται από 14% μέχρι και 74%. Με βάση τη σύνθεση του ζωικού κεφαλαίου στην περιοχή μελέτης και τη ζήτηση νερού για κάθε είδος, εκτιμάται ότι η μεσοσταθμική κατανάλωση νερού θα είναι 70,5%. Οι σχετικοί υπολογισμοί παρέχονται στον Πίνακα Ζ-2 του Παραρτήματος Ζ. Το νερό που δεν καταναλώνεται επιστρέφει στο περιβάλλον ως επιφανειακή απορροή, υπόγεια διήθηση ή εξάτμιση. Επειδή οι ανάγκες σε κτηνοτροφικό νερό είναι μικρές, οι όποιες παραδοχές αφορούν την κατανάλωση και τις επιστροφές του έχουν αμελητέα επίδραση στη συνολική εικόνα της περιοχής μελέτης.

Για το νερό βιομηχανικής χρήσης η κατανάλωση εξαρτάται από το είδος της βιομηχανίας. Οι βιομηχανίες που ενσωματώνουν το νερό στα προϊόντα τους συνήθως έχουν μεγάλες καταναλώσεις. Σε αυτές που το νερό χρησιμοποιείται κυρίως για τον καθαρισμό των διατάξεων, των συσκευών και των εγκαταστάσεων η κατανάλωση νερού τείνει να είναι μικρότερη και οι επιστροφές στο περιβάλλον μεγαλύτερες. Στον

Πίνακα Ζ-3 του Παραρτήματος Ζ παρέχονται ορισμένες τυπικές τιμές καταναλώσεων για τις βιομηχανίες που φιλοξενούνται στην περιοχή μελέτης. Ενδεικτικά, οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 0% έως 94%. Επειδή οι ανάγκες σε βιομηχανικό νερό είναι μικρές, οι όποιες παραδοχές αφορούν την κατανάλωση και τις επιστροφές του έχουν αμελητέα επίδραση στη συνολική εικόνα της περιοχής μελέτης.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα βασικά στοιχεία σχετικά με τη διάθεση και την επεξεργασία των αστικών, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών λυμάτων στην περιοχή μελέτης, σύμφωνα με Αργυρούλη κ.α. (2005), Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ), Κουτσογιάννη κ.α. (2008), Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011η).

Αστικά λύματα

Η βασική νομοθεσία που διέπει τη διαχείριση των αστικών λυμάτων είναι η Οδηγία 91/271/ΕΚ και η ΚΥΑ 5673/400/1997. Σύμφωνα με αυτές, απαιτείται η κατασκευή δικτύων αποχέτευσης και ΕΕΛ, βάση συγκεκριμένου χρονοδιαγράμματος, για όλους τους οικισμούς με ΜΙΠ πάνω από 2000 κατοίκους.

Από τους οικισμούς της περιοχής μελέτης, αποχετευτικό δίκτυο και ΕΕΛ διαθέτουν η πόλη των Τρικάλων, η πόλη της Καρδίτσας, η πόλη της Καλαμπάκας (εξυπηρετεί και το Καστράκι) και ο οικισμός Ελληνοποντίων Φαρκαδόνας. Στο Αγιόφυλλο του Δήμου Χασίων, τη Χρυσομηλιά του Δήμου Κλεινοβού και το Φωτεινό του Δήμου Τυμφαίων υπάρχουν μόνο εγκαταστάσεις αποχέτευσης, χωρίς ΕΕΛ προς το παρόν. Υπό κατασκευή βρίσκονται τα έργα αποχέτευσης και ΕΕΛ σε Μουζάκι, Μαυρομμάτι και Οιχαλία. Εξασφαλισμένη χρηματοδότηση έχουν τα έργα αποχέτευσης και ΕΕΛ σε Μεγάλα Καλύβια και Φαρκαδόνα και οι επεκτάσεις των ΕΕΛ Καλαμπάκας και Καρδίτσας. Επιπλέον, μελλοντικά αναμένεται να κατασκευαστούν ΕΕΛ σε Αγιόφυλλο και Χρυσομηλιά. Φορέας διαχείρισης των ΕΕΛ είναι οι τοπικές ΔΕΥΑ ή, αν δεν υπάρχουν, οι αρμόδιες υπηρεσίες του αντίστοιχου δήμου.

Στους οικισμούς με ΜΙΠ κάτω από 2000 κατοίκους δεν υπάρχει νομική υποχρέωση για την κατασκευή δικτύων αποχέτευσης και ΕΕΛ. Σε αυτούς οι όροι διάθεσης των λυμάτων καθορίζονται από την υγειονομική διάταξη ΕΙΒ/221/1965 (ΦΕΚ 138/Β). Συνήθως η απόρριψη των λυμάτων γίνεται σε βόθρους ή τοπικά ρέματα. Οι βόθροι είναι κυρίως απορροφητικοί, παρά στεγανοί. Στους Πίνακες Η-1 και Η-2 του Παραρτήματος Η παρέχονται τα χαρακτηριστικά των ΕΕΛ της περιοχής μελέτης.

Κτηνοτροφία

Δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για την εφαρμογή ή όχι κατάλληλης επεξεργασίας των κτηνοτροφικών λυμάτων και αποβλήτων της περιοχής μελέτης. Φαίνεται ότι τα

λύματα και τα απόβλητα των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων δεν υφίστανται κάποιου είδους επεξεργασία πριν αποτεθούν στο έδαφος ή απορριφθούν στα τοπικά υδάτινα σώματα.

Βιομηχανία

Από τις 11 κύριες βιομηχανίες που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης οι τέσσερις εφαρμόζουν επεξεργασία 1^{ου} βαθμού, οι δύο επεξεργασία 2^{ου} βαθμού, μία επεξεργασία 3^{ου} βαθμού και άλλη μία είναι συνδεδεμένη με την ΕΕΛ Τρικάλων για την επεξεργασία των λυμάτων της. Οι υπόλοιπες τρεις, που είναι βιομηχανίες παραγωγής δομικών υλικών, είναι άγνωστο εάν εφαρμόζουν κάποια επεξεργασία στα λύματά τους.

Κεφάλαιο 3

ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

3.1 Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης

3.1.1 Το Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης WEAP21

3.2 Σχηματοποίηση - Μοντελοποίηση περιοχής μελέτης

3.2.1 Υδρογραφικό δίκτυο και Υδρομετρικοί σταθμοί

3.2.2 Διαχειριστικές λεκάνες

3.2.3 Κόμβοι προσφοράς νερού

3.2.4 Κόμβοι ζήτηση νερού

3.2.5 Κόμβοι επεξεργασίας λυμάτων

3.2.6 Μεταφορά νερού – Συνδέσεις

3.2.6.1 Ειδικές συνδέσεις

3.2.7 Πρακτική απολήψεων

3.2.8 Υδρολογικό μοντέλο λεκάνης απορροής

3.2.9 Μοντέλο διαχείρισης υδατικών πόρων

3.3 Βαθμονόμηση και Επικύρωση μοντέλου

3.3.1 Διατύπωση προβλήματος βαθμονόμησης

3.3.2 Βελτιστοποίηση - Σύζευξη WEAP με Matlab

3.3.2.1 Προσομοιωμένη ανόπτηση

3.3.3 Επιλογή περιόδων και στόχων βαθμονόμησης και επικύρωσης

3.3.4 Αποτελέσματα βαθμονόμησης και επικύρωσης

3.3.4.1 Μέτρα επίδοσης ανά θέση υδρομετρικού σταθμού

3.3.4.2 Βελτιστοποιημένες παράμετροι

3.1 Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης

Σύμφωνα με τον κλασικό ορισμό, που αναφέρεται σε French (2000), Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) χαρακτηρίζεται "ένα σύστημα βασισμένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή που υποστηρίζει τη διαδικασία λήψη της απόφασης, βοηθώντας αυτόν που αποφασίζει να διαμορφώσει και να εξερευνήσει τις επιπτώσεις των αποφάσεών του και άρα να αποφασίσει βασιζόμενος στην κατανόηση".

Αξιοποιώντας τις αναφορές σε Sage (1993), French and Papamichail (2003), De Kok and Wind (2003), Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης (2003), θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως ένα ΣΥΑ αποτελεί μια εφαρμογή λογισμικού, αποτελούμενη από επιμέρους διασυνδεμένα υπολογιστικά εργαλεία, που όλα μαζί συνεργάζονται για την υποβοήθηση αυτού που λαμβάνει τις αποφάσεις. Στόχος του ΣΥΑ είναι η ολοκληρωμένη προσέγγιση ενός προβλήματος απόφασης, που αφορά πολύπλοκα φυσικά ή τεχνητά συστήματα και ασθενώς δομημένα προβλήματα (χωρίς δυνατότητα άμεσης διατύπωσης εξισώσεων που τα περιγράφουν), ώστε αυτός που λαμβάνει τις αποφάσεις να κατανοήσει βαθύτερα τις επιπτώσεις που προκύπτουν από εναλλακτικές αποφάσεις του. Χαρακτηρίζεται δε από διαδραστικότητα, επιτρέποντας στο χρήστη να εξάγει χρήσιμες πληροφορίες από αρχικώς ανεπεξέργαστα δεδομένα και στη συνέχεια να εισάγει συμπληρωματικά δεδομένα για συναξιολόγηση. Επίσης, διευκολύνει την παρουσίαση και την κατανόηση των αποτελεσμάτων κάθε επεξεργασίας, μέσα από το φιλικό γραφικό του περιβάλλον και τη διασύνδεση του με ΣΓΠ. Βασικές πτυχές της υποβοήθησης λήψης απόφασης είναι η ανάλυση και η πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών, που αναμένεται να επικρατούν στο περιβάλλον απόφασης, η προσομοίωση και η ανάλυση των επιπτώσεων των εναλλακτικών αποφάσεων που προτείνονται, ο έλεγχος της εφικτότητας των αποφάσεων και η ποσοτικοποίηση των ωφελειών και του κόστους τους με βάση κάποιο κριτήριο αποτίμησης. Η διαδικασία λήψης απόφασης ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση και την ταξινόμηση των εναλλακτικών αποφάσεων στη βάση των στόχων που έχουν τεθεί, κατά τη διατύπωση του προβλήματος, τη λήψη της πιο συμφέρουσας απόφασης, με τεκμηριωμένο τρόπο, και την ανάληψη δράσης.

Στα ΣΥΑ τον πρώτο και τον τελευταίο λόγο τον διαθέτει αυτός που λαμβάνει την απόφαση. Στο αρχικό επίπεδο, είναι αυτός που διατυπώνει το πρόβλημα απόφασης, καθορίζει τους στόχους του και προσδιορίζει τη μέθοδο αποτίμησης των εναλλακτικών αποφάσεων. Στο τελευταίο επίπεδο, είναι αυτός που αξιολογεί τις επιπτώσεις των εναλλακτικών αποφάσεων, επιλέγει την πιο συμφέρουσα και αναλαμβάνει δράση. Επομένως, ένα ΣΥΑ λειτουργεί υποβοηθητικά στη λήψη της απόφασης, αλλά δεν υποδεικνύει την απόφαση. Αυτή είναι και η βασική του διαφοροποίηση από τα πληροφοριακά συστήματα που ανήκουν στην περιοχή της αποκαλούμενης "τεχνητής νοημοσύνης". Σε αυτά ο λήπτης της απόφασης υποκαθίσταται από ένα έξυπνο

πληροφοριακό σύστημα, που του υποδεικνύει την απόφαση βασισμένο σε μηχανική μάθηση ή γνώση ειδικού (French and Papamichail, 2003).

Σύμφωνα με Sage (1993), τα ΣΥΑ μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα μεγάλο φάσμα προβλημάτων απόφασης. Τα προβλήματα απόφασης που σχετίζονται με τη διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία. Τέτοιου είδους προβλήματα είναι αρκετά πολύπλοκα και ενσωματώνουν μεγάλο αριθμό παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη για να θεωρείται η προσέγγιση ολοκληρωμένη. Έτσι, οι αποφάσεις που σχετίζονται με αυτά τα προβλήματα επιδέχονται υποβοήθησης μέσω της χρήσης ΣΥΑ. Τέτοια ΣΥΑ, με σημαντική αποδοχή και εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι το MIKE-BASIN (Danish Hydraulic Institute), το RIBASIM (Delft Hydraulics), το MODSIM (Colorado State University) και το WEAP (Stockholm Environment Institute). Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στο WEAP και, πιο συγκεκριμένα, στην πλέον πρόσφατη έκδοσή του, την 21^{η} (WEAP21).

3.1.1 Το Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης WEAP21

Το WEAP (Water Evaluation and Planning system) είναι ένα ΣΥΑ που επιδιώκει να ενσωματώσει της αρχές και τη φιλοσοφία της ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων (βλέπε παράγραφο 1.2.1).

Το WEAP λειτουργεί ως ΣΥΑ, γιατί δεν επιδιώκει να υποκαταστήσει το χρήστη του λογισμικού και λήπτη της απόφασης. Αντίθετα, μέσα από το διαδραστικό και φιλικό προς το χρήστη γραφικό περιβάλλον, επιδιώκει να τον υποβοηθήσει βήμα προς βήμα στο να λάβει την τελική του απόφαση. Η διαδικασία που ακολουθείται περιλαμβάνει τη χωρική και χρονική οριοθέτηση του προβλήματος, τη σχηματοποίηση και μοντελοποίηση της περιοχής μελέτης, τον προσδιορισμό των αρχικών συνθηκών (Current Accounts), τη δημιουργία και οργάνωση βάσεων δεδομένων, την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, την παρουσίαση της επεξεργασμένης πληροφορίας με εύληπτο εποπτικό τρόπο, τη δημιουργία μελλοντικών σεναρίων υδροκλιματικής μεταβολής και κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης, την προσομοίωση αυτών των σεναρίων, την εκτίμηση των επιπτώσεων κάθε σεναρίου στα υδρολογικά, περιβαλλοντικά ή οικονομικά στοιχεία του μοντέλου και την ανάλυση αβεβαιότητας για τις παραδοχές κάθε σεναρίου. Συνεπώς, με βάση τα παραπάνω, παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να αποκτήσει μια συγκροτημένη και σε βάθος οπτική για τις επιπτώσεις που θα προκληθούν από κάθε του απόφαση. Ο χρήστης και λήπτης της απόφασης, αξιολογεί αυτές τις επιπτώσεις και τελικώς επιλέγει την απόφαση που θεωρεί πλησιέστερη προς τους στόχους του.

Για την ευκολότερη υλοποίηση των προαναφερθέντων, το WEAP διαθέτει πέντε κύριες προβολές. Αυτές είναι η Σχηματική Αναπαράσταση (Schematic), τα Δεδομένα (Data), τα Αποτελέσματα (Results), ο Εξερευνητής Σεναρίων (Scenario Explorer) και οι Σημειώσεις (Notes). Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει τις δικές του μεταβλητές εισόδου (Data Variables), μεταβλητές εξόδου (Result Variables), αλγεβρικές εκφράσεις (Expressions). Ακόμη, μπορεί να ορίσει σημαντικές παραμέτρους (Key Assumptions), των οποίων η επίδραση είναι καθοριστική στα τελικά αποτελέσματα, ώστε να χρειάζεται να υπάρχει κεντρική εποπτεία και αξιολόγηση των τιμών τους. Επιπλέον, τα εργαλεία οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων επιτρέπουν τη δημιουργία γραφημάτων προσαρμοσμένων στις ανάγκες και τις προτιμήσεις του χρήστη. Εξαιτίας όλων αυτών των δυνατοτήτων, το WEAP χαρακτηρίζεται ως ευέλικτο και προσαρμοστικό στις ανάγκες του χρήστη.

Επιπρόσθετα, εκτός από τις παραπάνω βασικές επιλογές, προσφέρει στους χρήστες του και πιο προχωρημένες δυνατότητες, προγραμματιστικού τύπου. Κατ' αρχήν διαθέτει ενσωματωμένο ειδικό γραφικό περιβάλλον για τη συγγραφή κώδικα (Script Editor). Έτσι, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη, μπορούν να συγγραφούν και να εισαχθούν στο μοντέλο πρόσθετες εξειδικευμένες ρουτίνες για ορισμένες διεργασίες. Επίσης, το WEAP μπορεί να λειτουργήσει ως COM Automation Server για άλλα προγράμματα. Δηλαδή, μπορεί να συνδεθεί μαζί τους με χρήση κοινών πρωτοκόλλων επικοινωνίας και να τους επιτρέψει να παρέμβουν στη λειτουργία του, να τροποποιήσουν χαρακτηριστικά του μοντέλου και να του δώσουν εντολή να εκτελέσει μια σειρά από διεργασίες. Το ίδιο το λογισμικό, από την εγκατάστασή του, διαθέτει ενσωματωμένες συνδέσεις με άλλα προγράμματα, όπως είναι το MODFLOW, το MODPATH, το QUAL2K, το LEAP και το PEST. Το MODFLOW προσομοιώνει την τρισδιάστατη υπόγεια ροή, το MODPATH την τρισδιάστατη μεταγωγική μεταφορά σωματιδίων σε υπόγειο υδροφορέα και το QUAL2K την ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών υδάτων. Το LEAP, αντίστοιχα με το WEAP, λειτουργεί ως ΣΥΑ για τον ενεργειακό σχεδιασμό και την ανάλυση της ενεργειακής πολιτικής, σε συσχέτιση με την παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Το PEST είναι ένα εργαλείο αυτοματοποίησης της βαθμονόμησης του μοντέλου, το οποίο στηρίζεται σε μεθόδους κλίσης (gradient methods). Τέλος, το WEAP επιτρέπει την εισαγωγή επιπέδων γεωγραφικής πληροφορίας από ΣΓΠ, για τη διευκόλυνση της σχηματοποίησης του εξεταζόμενου συστήματος στο χώρο. Ωστόσο, αυτά αναγνωρίζονται μόνο ως εικόνες από το λογισμικό και δεν υφίσταται κανενός είδους ανταλλαγή δεδομένων με το WEAP.

Επιχειρώντας να μείνει πιστό στις αρχές και το πνεύμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων, το λογισμικό WEAP έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην είναι υπερβολικά εστιασμένο, είτε στις υδρολογικές διεργασίες σε επίπεδο λεκάνης απορροής, είτε στη διανομή του νερού στους χρήστες. Αντίθετα, προσπαθεί να συνδυάσει αυτές τις δύο συνιστώσες ισότιμα, χωρίς να αναγκάζεται να

καταφύγει σε λεπτομερή μοντελοποίηση και μαθηματική περιγραφή των πραγματικών διεργασιών. Απεναντίας, στηρίζεται στην απλή αρχή του υδατικού ισοζυγίου, η οποία υπολογίζεται σε κάθε κόμβο και κάθε δίαυλο του μοντέλου για κάθε υπολογιστικό βήμα. Στόχος των σχεδιαστών του ήταν να είναι "χρήσιμο, εύχρηστο, οικονομικό και εύκολα διαθέσιμο στην ευρύτερη κοινότητα των υδατικών πόρων" (Yates et al., 2005).

Χαρακτηριστικό της ολιστικής προσέγγισης του WEAP είναι το γεγονός ότι η υδρολογική προσομοίωση περιλαμβάνει τόσο τα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια ύδατα. Τόσο την ποσοτική όσο και την ποιοτική κατάσταση του νερού στο φυσικό σύστημα. Τόσο τις φυσικές (πχ. λεκάνες απορροής, ποτάμια, υδροφορείς) όσο και τις τεχνητές συνιστώσες (πχ. φράγματα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί, αντλήσεις, αγωγοί, κανάλια, ΕΕΛ, εκτροπές) ενός συστήματος υδατικών πόρων.

Επιπλέον, είναι σημαντικό ότι το WEAP αντιμετωπίζει τη διαχείριση των υδατικών πόρων ως ζήτημα όχι μόνο διαχείρισης της προσφοράς (πχ. τεχνικά έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων), αλλά και ως ζήτημα διαχείρισης της ζήτησης. Έτσι, περιλαμβάνει στοιχεία όπως η αποδοτικότητα των συσκευών στη χρήση νερού, οι στρατηγικές επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και τα διάφορα κόστη που συνδέονται με το νερό.

Επίσης, κατά τη διανομή του νερού, τα κριτήρια που υπεισέρχονται είναι η ιεράρχηση της προτεραιότητας της ζήτησης κάθε χρήσης, η ιεράρχηση των προτιμήσεων προμήθειας νερού από τους διαθέσιμους πόρους, το χρηματοοικονομικό κόστος κάθε διαδρομής του νερού, αλλά και οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις που τίθενται ως προς την παροχή των ποταμών.

Ακόμη, το WEAP ενσωματώνει στην ανάλυση των μελλοντικών σεναρίων τόσο τις κοινωνικοοικονομικές όσο και τις υδροκλιματικές πιέσεις στους υδατικούς πόρους. Οι κοινωνικοοικονομικές πιέσεις προσομοιώνονται με την μεταβολή των παραγόντων που καθοδηγούν τη ζήτηση σε κάθε χρήση (πχ. πληθυσμός, κατά κεφαλήν κατανάλωση, χρήσεις γης). Οι υδροκλιματικές πιέσεις αναφέρονται στην αβεβαιότητα που υπάρχει, όσον αφορά τις μελλοντικές υδρολογικές εισροές στο μοντέλο. Στα πλαίσια του WEAP, η αβεβαιότητα αυτή μπορεί να προσομοιωθεί μέσω της θεώρησης διαδοχικών υγρών και ξηρών ετών (Water Year Method), ή με την εισαγωγή εξωτερικά επεξεργασμένων μελλοντικών χρονοσειρών των υδροκλιματικών μεταβλητών. Οι χρονοσειρές αυτές μπορεί να είναι συνθετικές και να έχουν παραχθεί από στοχαστικά μοντέλα, με βάση τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικά παρατηρημένων χρονοσειρών. Εναλλακτικά, μπορεί να είναι αποτέλεσμα στατιστικού καταβιβασμού των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης κλιματικών μοντέλων.

Συνοψίζοντας, το WEAP αποτελεί ένα ΣΥΑ, του οποίου η αρχιτεκτονική εμπνέεται από τη φιλοσοφία της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Δεν φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα εξειδικευμένο και λεπτομερές μοντέλο σε κάποιο ορισμένο κλάδο της

διαχείρισης, αλλά αντίθετα επιδιώκει να ενοποιήσει όλες τις επιμέρους συνιστώσες σε μια εύχρηστη, κατανοητή και κυρίως ευέλικτη και προσαρμοστική δομή. Με αυτόν τον τρόπο, ο κάθε χρήστης μπορεί να εκμεταλλευθεί τα προτερήματα του μοντέλου και να εξειδικεύσει ή να επεκτείνει τα χωρία που δεν εξυπηρετούν τις ανάγκες του.

3.2 Σχηματοποίηση - Μοντελοποίηση περιοχής μελέτης

Η σχηματοποίηση της περιοχής μελέτης πραγματοποιείται μέσω της αφαιρετικής, τυποποιημένης και απλουστευτικής απεικόνισης της αρχιτεκτονικής και της λειτουργίας του συστήματος υδατικών πόρων. Το σύστημα απεικονίζεται με τη μορφή δικτύου, που αποτελείται από κόμβους και διαύλους. Οι κόμβοι μπορεί να αντιπροσωπεύουν στοιχεία προσφοράς ή ζήτησης νερού και οι δίαυλοι αναπαριστούν τις σχέσεις επικοινωνίας και τις μεταφορές νερού μεταξύ των κόμβων. Ειδική κατηγορία στοιχείων προσφοράς νερού αποτελούν τα ποτάμια. Εξαιτίας της φύσης τους, δεν έχουν τη μορφή απλού κόμβου, αλλά αποτελούνται από διαδοχικούς κόμβους και γραμμικά στοιχεία που ενώνουν τους κόμβους αυτούς.

Η μοντελοποίηση της περιοχής μελέτης περιλαμβάνει την επιλογή των μεθόδων και των συναρτήσεων που θα χρησιμοποιηθούν για την μαθηματική περιγραφή της λειτουργίας των επιμέρους στοιχείων του συστήματος. Οι περισσότερες μέθοδοι είναι ενσωματωμένες στο λογισμικό, από την εγκατάσταση του. Επομένως, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στις προτεινόμενες. Εναλλακτικά, μπορεί να συγγραφεί και να ενταχθεί στο λογισμικό τμήμα κώδικα, που να περιγράφει απλές ή πιο εξειδικευμένες διεργασίες. Σημαντικό κομμάτι της μοντελοποίησης πραγματοποιείται και μέσω των ενσωματωμένων συναρτήσεων που διαθέτει το λογισμικό, επιτρέποντας στο χρήστη να ορίσει τον τρόπο μεταβολής των διαφόρων μεγεθών του μοντέλου. Και πάλι παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει τις δικές του αλγεβρικές εκφράσεις, ώστε να προσαρμόσει την μοντελοποίηση στις επιθυμίες του.

Το WEAP περιλαμβάνει δύο βασικά μοντέλα. Το πρώτο είναι το υδρολογικό μοντέλο της λεκάνης απορροής, στο οποίο προσομοιώνονται οι κύριες διεργασίες του υδρολογικού κύκλου (πχ. βροχόπτωση, χιονόπτωση, εξάτμιση, διαπνοή, άμεση, βασική και υπόγεια απορροή). Το δεύτερο είναι το διαχειριστικό μοντέλο της διανομής των υδατικών πόρων από τους κόμβους προσφοράς στους κόμβους της ζήτησης, με βάση τις προτεραιότητες και τις προτιμήσεις των χρηστών.

Η σχηματοποίηση και η μοντελοποίηση πραγματοποιούνται μέσα από τις κύριες προβολές της Σχηματικής Αναπαράστασης και των Δεδομένων (βλέπε παράγραφο 3.1.1).

Παρακάτω περιγράφονται οι κυριότερες επιλογές σχηματοποίησης-μοντελοποίησης, που αφορούν την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας (λεκάνη απορροής ανάντη της θέσης Αλή Εφέντη).

3.2.1 Υδρογραφικό δίκτυο και Υδρομετρικοί σταθμοί

Το υδρογραφικό δίκτυο σχηματοποιείται χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο το αντίστοιχο επίπεδο γεωγραφικής πληροφορίας. Η σχηματοποίηση γίνεται με το σχηματικό αντικείμενο ποταμού (River). Το σχηματικό αντικείμενο ποταμού δημιουργεί διαδοχικούς κόμβους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους αυτόματα με γραμμικά στοιχεία. Αυτά τα γραμμικά στοιχεία αποκαλούνται "τμήματα ποταμού" (reaches). Οι κόμβοι ενός ποταμού μπορούν να φιλοξενήσουν σχηματικά αντικείμενα φραγμάτων, υδροηλεκτρικών σταθμών, υδρομετρικών σταθμών και περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Επίσης, στους κόμβους υλοποιούνται οι εισροές από άλλα ποτάμια, οι επιστροφές από σχηματικά αντικείμενα χρήσης και επεξεργασίας νερού, οι απολήψεις και οι εκτροπές. Στα τμήματα ποταμού μπορούν να εισαχθούν οι αλληλεπιδράσεις των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων, η εξάτμιση από την επιφάνεια των ποταμών και δεδομένα ποιότητας των υδάτων. Οι υδρομετρικοί σταθμοί σχηματοποιούνται με το σχηματικό αντικείμενο υδρομετρικού σταθμού (Streamflow Gauge). Στο στοιχείο αυτό εισάγονται χρονοσειρές παροχών.

Στην Εικόνα 3.1 δίνεται οι σχηματοποίηση του υδρογραφικού δικτύου και των υδρομετρικών σταθμών στο WEAP

***Εικόνα 3.1**: Υδρογραφικό δίκτυο και υδρομετρικοί σταθμοί στο WEAP21*

3.2.2 Διαχειριστικές λεκάνες

Η λεκάνη απορροής ανάντη της θέσης Αλή Εφέντη, μπορεί να διαμερισθεί σε επιμέρους διαχειριστικές λεκάνες με βάση ένα συνδυασμό κριτηρίων. Τα κριτήρια αυτά είναι οι θέσεις συμβολής των κυριότερων υδατορευμάτων (Εικόνα 2.9), οι θέσεις των πιο αξιόπιστων υδρομετρικών σταθμών (Εικόνα 2.11), οι θέσεις των σημαντικών φραγμάτων (Εικόνα 2.13) και η οριοθέτηση των υπόγειων υδατικών συστημάτων (Εικόνα 2.12). Ειδικά το τελευταίο κριτήριο αποδεικνύεται σημαντικό στα πλαίσια του WEAP, αφού μια διαχειριστική λεκάνη δεν επιτρέπεται να επικοινωνεί με παραπάνω από έναν υδροφορέα. Επίσης, η πυκνή διακριτοποίηση μιας μεγάλης λεκάνης απορροής σε επιμέρους υπολεκάνες κρίνεται αναγκαία, λόγω του τρόπου υπολογισμού των παροχών των ποταμών στο WEAP. Πιο συγκεκριμένα, η τροφοδοσία ενός ποταμού από την επιφανειακή απορροή μιας λεκάνης πραγματοποιείται μόνον στον κόμβο όπου η λεκάνη συνδέεται με τον ποταμό. Αυτό σημαίνει ότι ανάντη αυτού του κόμβου το ποτάμι δεν τροφοδοτείται από την επιφανειακή απορροή της λεκάνης, παρότι κάτι τέτοιο στη φυσική πραγματικότητα δεν ισχύει. Επομένως, όσο πιο πολλές είναι οι επιμέρους λεκάνες στις οποίες διαμερίζεται η ευρύτερη λεκάνη απορροής, τόσο περισσότεροι θα είναι η ενδιάμεσοι κόμβοι τροφοδοσίας του ποταμού. Άρα, τόσο πιο κοντά στην πραγματικότητα θα είναι η προσομοίωση των παροχών του ποταμού σε όλο το μήκος του. Με αυτόν τον τρόπο, θα είναι και ευκολότερη η χωρική κατανομή των πιέσεων απόληψης ή ρύπανσης στα διάφορα τμήματα του ποταμού. Διαφορετικά, θα έπρεπε όλες αυτές οι πιέσεις να ομαδοποιηθούν σε λίγους κόμβους.

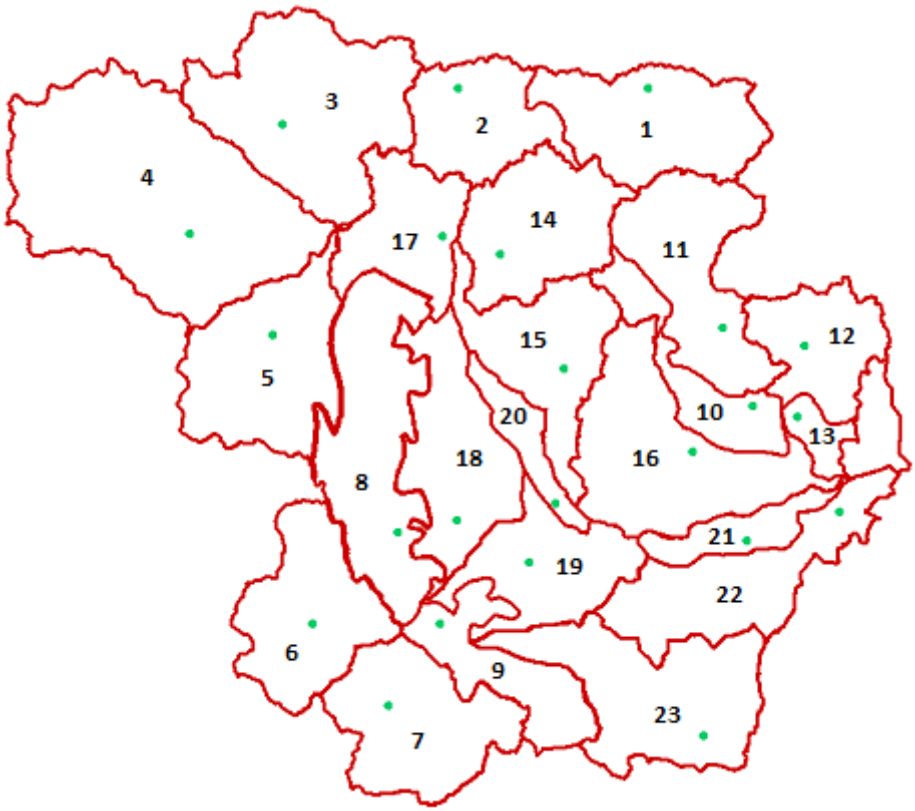
Με βάση το παραπάνω σκεπτικό, η ευρύτερη λεκάνη απορροής υποδιαιρείται σε 23 διαχειριστικές λεκάνες. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1, κάθε μια από αυτές τις λεκάνες λαμβάνει έναν χαρακτηριστικό αριθμό (από 1 έως 23) και μια ονομασία.

Χαρακτηριστικός αριθμός	Όνομα διαχειριστικής λεκάνης
1	Λογγά
2	Γάβρου
3	Ίωνα
4	Μαλακασίου
5	Κλεινοβίτη
6	Πύλης
7	Μουζακίου
8	Βόρειου Κόζιακα
9	Νότιου Κόζιακα
10	Βούλας
11	Νεοχωρίτη 1 (Φράγμα Νεοχωρίτη)
12	Νεοχωρίτη 2
13	Νεοχωρίτη 3

14	Θεόπετρας
15	Ληθαίου
16	Κάτω Ληθαίου
17	Σαρακίνας
18	Πορταϊκού-Πηνειού
19	Παμίσου-Πηνειού (Γεφ.Μεσδανίου)
20	Δυτικής Κοίτης
21	Πηνειού (Γεφ.Αλή Εφέντη)
22	Μ.Ρέματος 1
23	Μ.Ρέματος 2

***Πίνακας 3.1**: Χαρακτηριστικοί αριθμοί και ονομασίες διαχειριστικών λεκανών*

Οι παραπάνω λεκάνες σχηματοποιούνται στο WEAP με το σχηματικό αντικείμενο λεκάνης (Catchment). Στην Εικόνα 3.2 παρουσιάζονται τα όρια των διαχειριστικών λεκανών και η σχηματοποίησή τους στα πλαίσια του WEAP. Η αναγνώριση των λεκανών γίνεται με βάση τον χαρακτηριστικό αριθμό τους από τον Πίνακα 3.1.



***Εικόνα 3.2**: Όρια και σχηματοποίηση διαχειριστικών λεκανών στο WEAP21*

Οι διαχειριστικές λεκάνες στο WEAP μπορούν να λειτουργήσουν σε δύο επίπεδα. Σε πρώτο επίπεδο, το υδρολογικό, λειτουργούν ως λεκάνες απορροής και, επομένως, ως κόμβοι προσφοράς νερού. Οι υδρολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, καθορίζουν την διαθέσιμη ποσότητα νερού για επιφανειακή απορροή και διήθηση. Περισσότερα στοιχεία για το υδρολογικό μοντέλο αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.8. Σε δεύτερο επίπεδο, το διαχειριστικό, οι λεκάνες λειτουργούν ως κόμβοι ζήτησης αρδευτικού νερού για τις αρδευόμενες εκτάσεις που περιλαμβάνουν. Η ικανοποίηση των αναγκών τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Περισσότερα στοιχεία για το διαχειριστικό μοντέλο αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.9.

Τα κύρια δεδομένα που απαιτείται να εισαχθούν στις λεκάνες είναι η έκταση της λεκάνης ή των επιμέρους χρήσεων γης που την απαρτίζουν, ο φυτικός συντελεστής, το ποσοστό της ωφέλιμης βροχόπτωσης, η κατακρήμνιση και η εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς. Ακόμη, πρέπει να οριστεί αν ολόκληρη η λεκάνη ή μόνο ορισμένες χρήσεις γης είναι αρδευόμενες. Τέλος, μπορούν να εισαχθούν δεδομένα σχετικά με την ποιότητα, το κόστος ή την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι εκτάσεις των χρήσεων γης κάθε λεκάνης προήλθαν από επεξεργασία του αντίστοιχου επιπέδου γεωγραφικής πληροφορίας για το σύνολο της λεκάνης (βλέπε παράγραφο 2.3). Οι φυτικοί συντελεστές λήφθηκαν από τους Πίνακες 2.16 και 2.17. Η κατακρήμνιση κάθε λεκάνης υπολογίστηκε με βάση τις σημειακές βροχοπτώσεις των βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης. Αρχικά πραγματοποιήθηκε επιφανειακή ολοκλήρωση κατά Thiessen και στη συνέχεια υψομετρική διόρθωση με βάση την εξαχθείσα βροχοβαθμίδα. Η διαδικασία είναι αντίστοιχη με τα όσα αναφέρονται στην παράγραφο 2.6.1. Οι μέσες ετήσιες υψομετρικά διορθωμένες επιφανειακές βροχοπτώσεις ανά λεκάνη παρέχονται στον Πίνακα Γ-1 του Παραρτήματος Γ. Η εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς θεωρήθηκε ενιαία για όλες τις λεκάνες, λόγω της έλλειψης άλλου αξιόπιστου σταθμού, πέραν αυτού των Τρικάλων (βλέπε παράγραφο 2.6.6). Το ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης προέκυψε έπειτα από τη βαθμονόμηση του μοντέλου (βλέπε παράγραφο 3.3).

3.2.3 Κόμβοι προσφοράς νερού

Στα πλαίσια του WEAP οι κόμβοι προσφοράς νερού σχηματοποιούνται κυρίως με το σχηματικό αντικείμενο υπόγειου υδροφορέα (■ Groundwater) και το σχηματικό αντικείμενο ταμιευτήρα (▲ Reservoir). Επίσης, διατίθεται το σχηματικό αντικείμενο άλλης προμήθειας (◆ Other Supply).

Το σχηματικό αντικείμενο υπόγειου υδροφορέα χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των υπόγειων υδατικών συστημάτων της περιοχής μελέτης (βλέπε παράγραφο 2.7.2).

Ωστόσο, κατά τη διαδικασία αυτή προέκυψαν δύο ζητήματα. Κατ' αρχήν, το WEAP απαιτεί οι διηθήσεις μιας λεκάνης απορροής να μεταβιβάζονται αποκλειστικά σε έναν υπόγειο υδροφορέα. Επίσης, τα όρια των λεκανών απορροής σε ορισμένες περιπτώσεις υπερκαλύπτουν τα αντίστοιχα υδρογεωλογικά όρια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρά τμήματα μιας λεκάνης να εισέρχονται και σε γειτονικούς υδροφορείς, εκτός από τον κύριο. Όπου κρίθηκε σκόπιμο (πχ. Καρστικά συστήματα Κόζιακα και Παλαιοσαμαρίνας-Βούλας), κατά τη χάραξη των διαχειριστικών λεκανών, ολόκληρες υδρογεωλογικές λεκάνες θεωρήθηκαν και λεκάνες απορροής. Στις υπόλοιπες, όμως, περιπτώσεις κάτι τέτοιο κρίθηκε άσκοπο και επιβαρυντικό για τη λειτουργία του μοντέλου, αφού θα προσέθετε πολλές μικρές λεκάνες με μόνο σκοπό τη μεταβίβαση των διηθήσεών τους σε έναν υπόγειο υδροφορέα. Για αυτό το λόγο έγιναν οι εξής παραδοχές. Πρώτον, θεωρήθηκε ότι το εξωτερικό σύνορο όλων των λεκανών απορροής, που μεταβιβάζουν τις διηθήσεις τους σε έναν κοινό υδροφορέα, αποτελούν ταυτόχρονα και το σύνορο αυτού του υδροφορέα. Λόγω της επιμελούς χάραξης των ορίων των διαχειριστικών λεκανών, η προσέγγιση αυτή είχε ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα. Δεύτερον, σε όσες λεκάνες διαθέτουν σύνθετο γεωλογικό υπόβαθρο, ο υπόγειος υδροφορέας που συνδέεται μαζί τους λαμβάνει το σύνολο των διηθήσεων από αυτές. Άρα, οι υπολογιζόμενες τιμές διήθησης θα αντιπροσωπεύουν τη μέση γεωλογική κατάσταση της κάθε λεκάνης.

Με βάση τα παραπάνω, εισήχθησαν στο μοντέλο 8 υπόγειοι υδροφορείς. Να σημειωθεί ότι το Σύστημα Ωλονού-Πίνδου, εξαιτίας της μικρής χωρικής του εξάπλωσης, απορροφήθηκε από το Σύστημα υδροφοριών Μαλακασιώτικου ρέματος και το Σύστημα υδροφοριών Ελάτης-Ρεντίνας. Επίσης, το Σύστημα υδροφοριών Χασίων-Φαρκαδόνας, εξαιτίας του τοπικού χαρακτήρα των υδροφοριών και της μεγάλης γεωγραφικής του εξάπλωσης, διαχωρίστηκε σε Σύστημα λεκάνης Λογγά και Σύστημα Νεοχωρίου-Φαρκαδόνας.

Τα δεδομένα των υπόγειων υδροφορέων που εισάγονται στο μοντέλο είναι η αρχική αποθήκευση και η χωρητικότητα. Επειδή στην περιοχή μελέτης δεν πραγματοποιούνται απολήψεις από τα μόνιμα αποθέματα (βλέπε παράγραφο 2.7.2), θεωρούμε ότι κάθε έτος είναι διαθέσιμοι μόνο οι ανανεώσιμοι πόροι. Έτσι, η αρχική αποθήκευση των υδροφορέων για τον μήνα Οκτώβριο, οπότε ξεκινά η υγρή περίοδος του έτους, θεωρήθηκε μηδενική. Η παραδοχή αυτή ενδέχεται να επηρεάσει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κατά τα πρώτα στάδια, μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία στο μοντέλο. Όσον αφορά τη χωρητικότητα των υδροφορέων, αυτή ελήφθη ίση με τα δυναμικά αποθέματα των υδροφορέων (βλέπε Πίνακα 2.23).

Όσον αφορά το σχηματικό αντικείμενο ταμιευτήρα, αυτό χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των φραγμάτων σε ποταμούς και των λιμνοδεξαμενών εκτός ποταμών. Το μόνο κατασκευασμένο φράγμα εντός της περιοχής μελέτης είναι αυτό του Λογγά. Λόγω του μικρού ωφέλιμου όγκου του και της πρόσφατης κατασκευής του, εκτός της

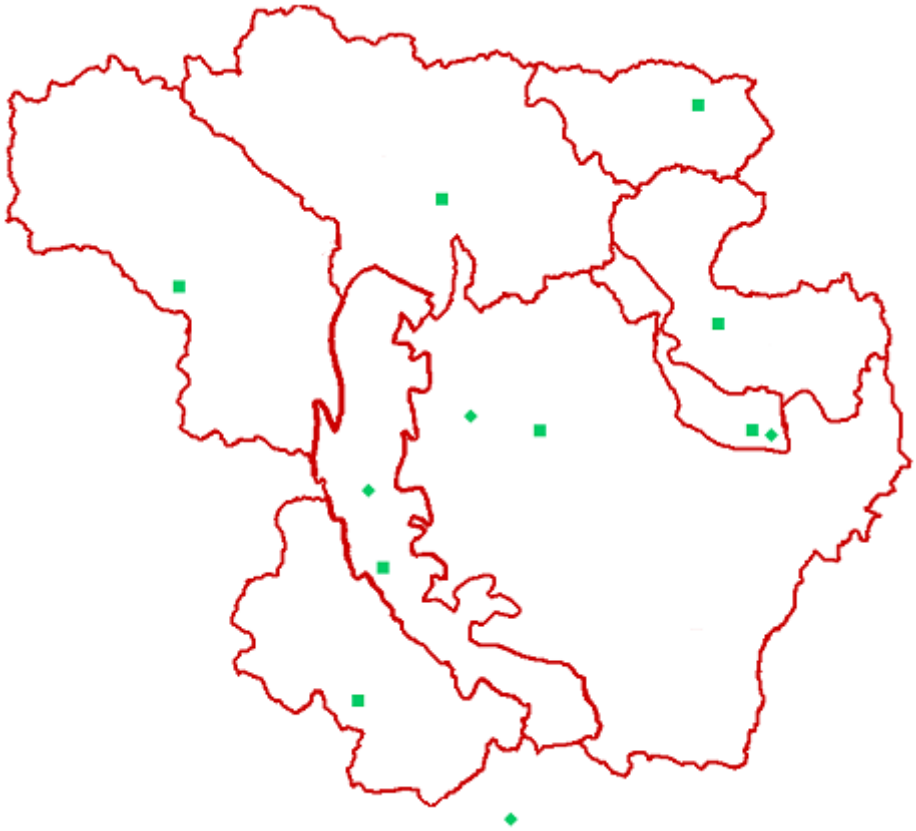
περιόδου βαθμονόμησης του μοντέλου (βλέπε παράγραφο 3.3.3), αποφασίζεται να μην εισαχθεί στο μοντέλο. Το ίδιο ισχύει και για τα υπόλοιπα μικρά υπό κατασκευή φράγματα.

Το σχηματικό αντικείμενο άλλης προμήθειας χρησιμοποιείται, συνήθως, για την εισαγωγή εγκαταστάσεων αφαλάτωσης, τη μεταφορά νερού από μια λεκάνη σε μια άλλη ή ακόμη για εξωτερικές πηγές νερού σε μια περιοχή. Σημειώνεται ότι δεν έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης νερού. Απλά διαθέτει μια συγκεκριμένη μηνιαία εκφόρτιση. Στη συγκεκριμένη σχηματοποίηση, το σχηματικό αντικείμενο άλλης προμήθειας χρησιμοποιείται με δύο τρόπους. Αφενός, υιοθετείται στην περίπτωση των πηγών (πηγές Κόζιακα, Βούλας και Κουμερκίου-Κεφαλόβρυσου) και, αφετέρου, εφαρμόζεται στην περίπτωση του ταμιευτήρα του Πλαστήρα.

Όσον αφορά τον ταμιευτήρα του Πλαστήρα, η επιλογή αυτής της μοντελοποίησης υπαγορεύτηκε από τους εξής λόγους. Κατ' αρχήν, ο ταμιευτήρας του Πλαστήρα βρίσκεται εκτός της περιοχής μελέτης και τροφοδοτείται με την επιφανειακή απορροή της λεκάνης του ποταμού Ταυρωπού, η οποία ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Σε περίπτωση μοντελοποίησης με σχηματικό αντικείμενο ταμιευτήρα θα έπρεπε να προσομοιωθεί και ο τρόπος τροφοδοσίας του Πλαστήρα και ο τρόπος λειτουργίας του φράγματος. Ωστόσο, κρίθηκε ότι κάτι τέτοιο θα ξέφευγε από το σκοπό της παρούσας εργασίας, θα διεύρυνε κατά πολύ την εξεταζόμενη περιοχή και τελικά θα μετατόπιζε το διαχειριστικό ενδιαφέρον από τη λεκάνη Αλή Εφέντη στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του ταμιευτήρα του Πλαστήρα. Επίσης, σύμφωνα με Ευστρατιάδης κ.α. (2006), από τότε που ο ταμιευτήρας του Πλαστήρα έπαψε να λειτουργεί με κύριο σκοπό την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, αλλά απέκτησε πολλαπλή σκοπιμότητα, σχεδόν απώλεσε τον ρυθμιστικό του χαρακτήρα. Με σκοπό την κάλυψη των αναγκών άρδευσης και ύδρευσης, οι ετήσιες εκροές παρουσιάζουν σημαντική μεταβλητότητα και εξαρτώνται σημαντικά από τις ετήσιες εισροές. Επομένως, ο τρόπος λειτουργίας του προσεγγίζει τη λειτουργία ενός αντικειμένου άλλης προμήθειας. Με βάση τα παραπάνω, επιλέχθηκε να εξουδετερωθεί, κατά το δυνατόν, η επιρροή του ταμιευτήρα στο διαχειριστικό πρόβλημα. Για αυτό το λόγο, γίνεται η παραδοχή ότι οι απολήψεις από τον ταμιευτήρα του Πλαστήρα (129 hm^3, για επίπεδο αξιοπιστίας 99%) εξυπηρετούν κατά προτεραιότητα τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται εντός της περιοχής μελέτης. Οποιαδήποτε έλλειψη νερού θα οδηγεί σε περικοπή στους υπόλοιπους χρήστες. Η παραδοχή αυτή έχει κάποια βάση, αν αναλογιστεί κανείς ότι εντός της περιοχής μελέτης συναντώνται η ύδρευση τριών δήμων (Καρδίτσας, Σελλάνων και Μουζακίου) και η άρδευση του σημαντικότερου ΤΟΕΒ της περιοχής (ΤΟΕΒ Ταυρωπού).

Στην Εικόνα 3.3 παρουσιάζονται οι σχηματοποιημένοι κόμβοι προσφοράς νερού στο μοντέλο. Ειδικότερα για τους υπόγειους υδροφορείς, έχουν επισημανθεί και τα εξωτερικά σύνορα των λεκανών, που τους τροφοδοτούν με τις διηθήσεις τους. Με

βάση τις παραδοχές που έγιναν, τα όρια αυτά θεωρούνται ταυτόχρονα και όρια εξάπλωσης των υπόγειων υδροφορέων.



Εικόνα 3.3*: Σχηματοποίηση κόμβων προσφοράς νερού στο WEAP21 και περιοχές επιρροής των υπόγειων υδροφορέων στο μοντέλο*

3.2.4 Κόμβοι ζήτησης νερού

Στα πλαίσια του WEAP οι κόμβοι ζήτησης νερού σχηματοποιούνται κυρίως με το σχηματικό αντικείμενο θέσης ζήτησης (Demand Site). Το αντικείμενο αυτό είναι ενιαίο για κάθε είδος ζήτησης (ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία, βιομηχανία). Οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις συνιστούν ένα άλλο είδος κόμβου ζήτησης νερού. Η σχηματοποίησή του γίνεται με τη χρήση του σχηματικού αντικειμένου απαίτησης παροχής (Flow Requirement). Επίσης, στα πλαίσια της διττής φύσης της, μια λεκάνη μπορεί να θεωρηθεί και κόμβος ζήτησης για άρδευση. Η σχηματοποίησή της εκτελείται με το σχηματικό αντικείμενο λεκάνης (Catchment).

Το σχηματικό αντικείμενο θέσης ζήτησης χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να εισαχθούν στο μοντέλο κόμβοι ζήτησης υδρευτικού, κτηνοτροφικού και βιομηχανικού νερού. Σε

κάθε καποδιστριακό δήμο της περιοχής μελέτης τοποθετήθηκε ένας κόμβος ύδρευσης, που αντιπροσωπεύει το σύνολο των υδρευτικών αναγκών αστικής και τουριστικής χρήσης, και ένας κόμβος κτηνοτροφικής χρήσης, που αντιπροσωπεύει τις αντίστοιχες ανάγκες. Οι κόμβοι ζήτησης βιομηχανικού νερού τοποθετήθηκαν ξεχωριστά για την κάθε βιομηχανική εγκατάσταση, ανεξάρτητα από το δήμο στον οποίο φιλοξενούνται. Για τις περιπτώσεις γειτονικών κόμβων με ταυτόσημη πρακτική απολήψεων από τους ίδιους υδατικούς πόρους, εκτελέστηκε συγχώνευση σε ενιαίο κόμβο.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση των κόμβων ζήτησης είναι αυτή του ορισμού της μηνιαίας ζήτησης (Specify monthly demand). Η μέθοδος αυτή απαιτεί μόνο την εισαγωγή των μηνιαίων αναγκών και του ποσοστού κατανάλωσης του κάθε κόμβου. Ωστόσο, κρίθηκε σκόπιμο οι επιμέρους μεταβλητές, από τις οποίες εξαρτάται η μηνιαία ζήτηση, να εισαχθούν και αυτές στο μοντέλο, ως πρόσθετες μεταβλητές. Με αυτόν τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να παραγάγει το μέγεθος της μηνιαίας ζήτησης, απλά εισάγοντας τις τιμές των επιμέρους μεγεθών που την απαρτίζουν. Οι επιμέρους μεταβλητές που εισήχθησαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2. Το γινόμενό τους δίνει την τελική ζήτηση. Δηλαδή, τη ζήτηση που λαμβάνει υπόψη και τις απώλειες νερού κατά τη μεταφορά και την επιρροή της εποχής του χρόνου (καλοκαίρι-χειμώνας). Οι τιμές που εισήχθησαν στο μοντέλο για τις προαναφερθείσες μεταβλητές παρέχονται στις παραγράφους 2.8.1, 2.8.3 και 2.8.4. Οι παραδοχές που έγιναν για την κατανάλωση ανά είδος κόμβου παρέχονται στην παράγραφο 2.11.

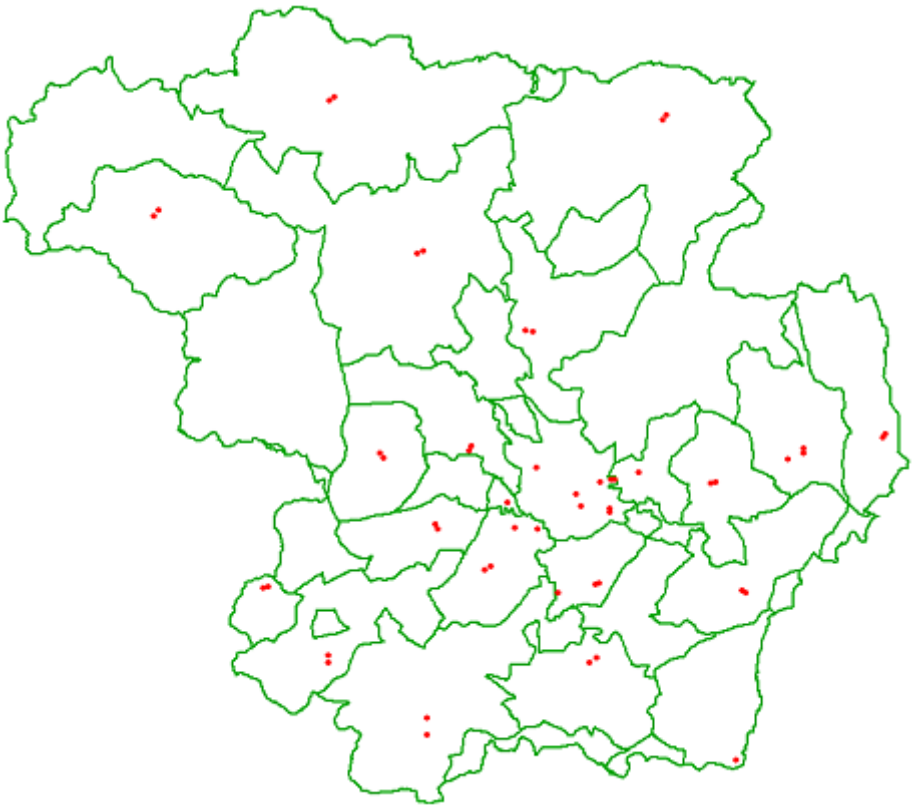
Νέες μεταβλητές για τον υπολογισμό της μηνιαίας τελικής ζήτησης	
Ύδρευση-Αστική χρήση/Κτηνοτροφία/Βιομηχανία	**Ύδρευση-Τουριστική χρήση**
Πληθυσμός (Population) Κατά κεφαλήν ημερήσια χρήση (Daily water use per capita) Εποχικός συντελεστής διόρθωσης ζήτησης (Seasonal correction factor) Συντελεστής διόρθωσης λόγω απωλειών (Losses correction factor) Διάρκεια μήνα (Month Duration)	Διανυκτερεύσεις ανά άτομο (Nights spent) Κατά κεφαλήν ετήσια χρήση (Annual water use per capita) Ετήσια ζήτηση (Annual demand) Συντελεστής διόρθωσης λόγω απωλειών (Losses correction factor) Μηνιαίο κλάσμα κατανομής (Monthly distribution fraction)

***Πίνακας 3.2**: Νέες μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο για τον υπολογισμό της μηνιαίας τελικής ζήτησης*

Το σχηματικό αντικείμενο απαίτησης παροχής δεν χρησιμοποιήθηκε κατά το στάδιο της βαθμονόμησης, καθώς δεν εφαρμόστηκαν οποιεσδήποτε περιβαλλοντικές

απαιτήσεις, όσον αφορά τα επιφανειακά ύδατα. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σενάρια που θα ενσωματώνουν τέτοιου είδους απαιτήσεις.

Στην Εικόνα 3.4 παρουσιάζονται οι σχηματοποιημένοι κόμβοι ζήτησης υδρευτικού, κτηνοτροφικού και βιομηχανικού νερού στο μοντέλο. Παράλληλα, σημειώνονται και τα όρια των καποδιστριακών δήμων που αντιπροσωπεύονται από τους κόμβους ύδρευσης και κτηνοτροφίας.



Εικόνα 3.4*: Σχηματοποίηση κόμβων ζήτησης υδρευτικού, κτηνοτροφικού και βιομηχανικού νερού στο WEAP21 και όρια καποδιστριακών δήμων*

3.2.5 Κόμβοι επεξεργασίας λυμάτων

Στα πλαίσια του WEAP οι κόμβοι επεξεργασίας λυμάτων σχηματοποιούνται με το σχηματικό αντικείμενο ΕΕΛ (Wastewater Treatment Plant). Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή των υφιστάμενων ΕΕΛ σε Τρίκαλα, Καλαμπάκα και οικισμό Ελληνοποντίων Φαρκαδόνας. Η ΕΕΛ Καρδίτσας δεν εισήχθη στο μοντέλο, επειδή διαθέτει τα επεξεργασμένα λύματα εκτός περιοχής μελέτης, στον ποταμό Καλέντζη. Για να μην εμφανίζονται λύματα από τον υδρευτικό κόμβο της Καρδίτσας, η

κατανάλωση νερού τέθηκε ίση με 100%. Όσες ΕΕΛ ενταχθούν στα μελλοντικά σενάρια, θα εισαχθούν επίσης στο μοντέλο.

Επειδή η παρούσα εργασία δεν υπεισέρχεται στα ζητήματα της ποιότητας του νερού, στο μοντέλο δεν εισάγονται άλλα δεδομένα πέραν της κατανάλωσης κατά την επεξεργασία. Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 2.11, αυτή θεωρείται μηδενική.

3.2.6 Μεταφορά νερού - Συνδέσεις

Στα πλαίσια του WEAP ορίζονται τέσσερα εργαλεία μεταφοράς νερού. Οι μεταφορές νερού από τις λεκάνες απορροής στα ποτάμια, τους ταμιευτήρες και τους υπόγειους υδροφορείς (δηλαδή, η επιφανειακή και η υπόγεια απορροή) σχηματοποιούνται με το σχηματικό αντικείμενο απορροής/διήθησης (Runoff/Infiltration). Οι μεταφορές νερού από τα στοιχεία προσφοράς (δηλαδή, τους κόμβους προσφοράς και τα ποτάμια) προς τους κόμβους ζήτησης νερού σχηματοποιούνται με το σχηματικό αντικείμενο συνδέσμου μεταφοράς (Transmission Link). Οι μεταφορές νερού από ένα ποτάμι σε ένα άλλο (δηλαδή, οι εκτροπές) σχηματοποιούνται με το σχηματικό αντικείμενο εκτροπής (Diversion). Οι επιστροφές επεξεργασμένων λυμάτων από μια ΕΕΛ ή οι επιστροφές ανεπεξέργαστων λυμάτων από έναν κόμβο ζήτησης σε κάποιο φυσικό αποδέκτη (δηλαδή, ποτάμι ή υπόγειο υδροφορέα) σχηματοποιούνται με το σχηματικό αντικείμενο παροχής επιστροφής (Return Flow). Με τον ίδιο τρόπο σχηματοποιούνται και οι μεταφορές επεξεργασμένων λυμάτων σε άλλους κόμβους ζήτησης για επαναχρησιμοποίηση.

Τα παραπάνω εργαλεία, εκτός από το σχηματικό αντικείμενο εκτροπής, χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση όλων των σχετικών συνδέσεων. Τα δεδομένα που απαιτείται να εισαχθούν για κάθε ένα από αυτά είναι τα εξής. Στο σχηματικό αντικείμενο απορροής/διήθησης απαιτείται το κλάσμα απορροής/διήθησης. Αυτό προέκυψε ύστερα από βαθμονόμηση (βλέπε παράγραφο 3.3). Στο σχηματικό αντικείμενο συνδέσμου μεταφοράς απαιτείται η μέγιστη διερχόμενη παροχή ή το μέγιστο διερχόμενο ποσοστό ζήτησης, η σειρά προτίμησης για προμήθεια από το συνδεόμενο πόρο, οι απώλειες εξάτμισης και οι διαρροές προς τον υπόγειο υδροφορέα. Τα στοιχεία αυτά λήφθηκαν από τις παραγράφους 2.8 και 2.10. Στο σχηματικό αντικείμενο παροχής επιστροφής απαιτείται να εισαχθούν το ποσοστό της συνολικής ποσότητας λυμάτων που διοχετεύεται σε αυτό, οι απώλειες εξάτμισης και οι αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσει με τον αντίστοιχο υπόγειο υδροφορέα (διαρροές ή εισροές). Τα στοιχεία αυτά λήφθηκαν από την παράγραφο 2.11.

Η τελική σχηματοποίηση της περιοχής μελέτης στο μοντέλο, συμπεριλαμβανομένων και των συνδέσεων, φαίνεται στην Εικόνα 3.5. Ενδεικτικά, έχουν χαραχθεί και τα εξωτερικά όρια της λεκάνης Αλή Εφέντη.

Εικόνα 3.5*: Τελική σχηματοποίηση περιοχής μελέτης στο WEAP21 και εξωτερικά όρια λεκάνης Αλή Εφέντη*

3.2.6.1 Ειδικές συνδέσεις

Οι παραπάνω τρόποι μεταφοράς νερού στο WEAP θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως συμβατικοί. Ωστόσο, εντός της περιοχής μελέτης υπάρχουν τρεις ειδικές περιπτώσεις μεταφορών νερού, που απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό. Πρόκειται για τη χειμερινή αντιπλημμυρική εκτροπή του Ληθαίου στη Δυτική Κοίτη, την τροφοδοσία των πηγών από τους υπόγειους υδροφορείς και τις μεταγγίσεις νερού από έναν υπόγειο υδροφορέα σε έναν άλλο (βλέπε παράγραφο 2.7.2). Οι περιπτώσεις αυτές σχηματοποιούνται-μοντελοποιούνται χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα εργαλεία που αναφέρθηκαν παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, εισάγεται ένας ψευδής κόμβος ζήτησης, ο οποίος ζητά κατά προτεραιότητα να λάβει τις εκάστοτε απαιτούμενες ποσότητες νερού. Για την εκτροπή αυτό αντιστοιχεί στην χειμερινή παροχή του Ληθαίου, για τις πηγές στη χρονοσειρά των παρατηρημένων παροχών και για τις μεταγγίσεις στις εκτιμώμενες χρονοσειρές διαφυγών. Οι ψευδείς κόμβοι ζήτησης συνδέονται με τον υδατικό πόρο, από όπου αντλούν το νερό, με σχηματικό αντικείμενο συνδέσμου

μεταφοράς και αποδίδουν τις ποσότητες που τελικώς τους διανέμονται με σχηματικό αντικείμενο παροχής επιστροφής. Προφανώς, δεν υφίσταται κανενός είδους κατανάλωση ή απώλεια σε όλη αυτήν την διαδικασία.

3.2.7 Πρακτική απολήψεων

Οι παραδοχές που αφορούν την πρακτική των απολήψεων εντός της περιοχής μελέτης έχουν ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 2.10. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των σχετικών συνδέσεων μεταξύ κόμβων προσφοράς και κόμβων ζήτησης νερού.

Όσον αφορά τους κόμβους ζήτησης νερού (υδρευτικού, κτηνοτροφικού, βιομηχανικού, αρδευτικού) με παραπάνω από μία πηγή προμήθειας νερού, η μοντελοποίηση είχε την εξής ιδιαιτερότητα. Για τον υδατικό πόρο με την μικρότερη συμμετοχή ορίστηκε προτίμηση προμήθειας 1, για τον υδατικό πόρο με την επόμενη μεγαλύτερη συμμετοχή προτίμηση προμήθειας 2 και αντίστοιχα μέχρι τον μεγαλύτερο σε συμμετοχή υδατικό πόρο. Επίσης, για κάθε υδατικό πόρο ορίστηκε το μέγιστο ποσοστό απολήψεων με βάση την υφιστάμενη διαχειριστική πρακτική, για να αποτραπεί η κάλυψη όλης της ζήτησης από τον υδατικό πόρο με την υψηλότερη προτίμηση προμήθειας. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο σχηματικό αντικείμενο συνδέσμου μεταφοράς.

Ωστόσο, σε περίπτωση που υπήρχαν λεκάνες με διαφορετικές πρακτικές απολήψεων εντός των ορίων τους, το μέγιστο ποσοστό απολήψεων από κάθε υδατικό πόρο σε επίπεδο λεκάνης δεν ήταν άμεσα σαφές. Λόγω της κατάληψης της λεκάνης από διαφορετικούς δήμους, το ποσοστό απολήψεων από τα υπόγεια ή τα επιφανειακά ύδατα ή από τις πηγές ή από τα φράγματα διέφερε ανάλογα με το δήμο. Έτσι, για τον υπολογισμό του μέσου ποσοστού απολήψεων ολόκληρης της λεκάνης ανά υδατικό πόρο έγινε στάθμιση των ποσοστών των δήμων με τη συμμετοχή τους στη συνολική ζήτηση της λεκάνης. Οι υπολογισμοί αυτοί πραγματοποιήθηκαν εσωτερικά στο μοντέλο με τη δημιουργία των απαραίτητων μεταβλητών και την εισαγωγή των απαραίτητων αλγεβρικών εκφράσεων. Η δομή αυτή δημιουργήθηκε στο σχηματικό αντικείμενο λεκάνης. Η αναλυτική παρουσίαση αυτής της δομής είναι διαθέσιμη στον Πίνακα Θ-1 του Παραρτήματος Θ.

Όσον αφορά τους κόμβους ζήτησης κτηνοτροφικού νερού, οι απολήψεις τους παρουσιάζουν μια ιδιαιτερότητα. Όπως αναφέρθηκε ήδη στην παράγραφο 2.10, γίνεται η παραδοχή ότι τα αιγοπρόβατα, λόγω της ελεύθερης βόσκησης, καλύπτουν τις ανάγκες τους από επιφανειακά ύδατα (πηγές και ποτάμια) των ημιορεινών και ορεινών περιοχών. Τα υπόλοιπα ζώα θεωρείται ότι είναι σταβλισμένα στις πεδινές περιοχές και, επομένως, οι ανάγκες τους καλύπτονται από τα οργανωμένα δίκτυα

ύδρευσης (υπόγεια ύδατα ή επιφανειακά νερά ταμιευτήρων). Προκειμένου να διακριθούν αυτές οι δύο πηγές προέλευσης νερού των κτηνοτροφικών κόμβων, στις απολήψεις από ποτάμια και πηγές τίθεται ως άνω όριο η ποσότητα που αντιστοιχεί στη ζήτηση των αιγοπροβάτων. Επίσης, τίθεται προτίμηση προμήθειας 1. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένας κτηνοτροφικός κόμβος πρώτα να εκτελεί απολήψεις από τα ποτάμια ή τις πηγές μέχρι το ποσό που ορίζεται για να καλυφθούν οι ανάγκες των αιγοπροβάτων και στη συνέχεια να πραγματοποιεί απολήψεις από τα υπόγεια ύδατα ή τους ταμιευτήρες για να καλύψει τις ανάγκες των υπόλοιπων ζώων.

3.2.8 Υδρολογικό μοντέλο λεκάνης απορροής

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση των υδρολογικών διεργασιών σε επίπεδο λεκάνης απορροής είναι η Μέθοδος Βροχής-Απορροής κατά FAO (FAO Rainfall-Runoff Method). Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι η χρήση των φυτικών συντελεστών για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμοδιαπνοής κάθε καλλιέργειας, όπως ορίζεται στο FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 (Allen et al., 1998). Στη συνέχεια, με αφαίρεση της ωφέλιμης βροχόπτωσης που προσλαμβάνει η καλλιέργεια, εκτιμάται η αρδευτική ανάγκη που υφίσταται. Σε περίπτωση υπερκάλυψης της υδατικής ανάγκης μιας καλλιέργειας από την ωφέλιμη βροχόπτωση, τότε η αρδευτική ανάγκη θεωρείται μηδενική. Το νερό της βροχής, που δεν περιλαμβάνεται στην ωφέλιμη βροχόπτωση, γίνεται άμεση απορροή στα ποτάμια. Το νερό της ωφέλιμης βροχόπτωσης που δεν εξατμοδιαπνέεται καθίσταται διαθέσιμο για απορροή είτε επιφανειακά είτε υπόγεια. Διευκρινίζεται ότι η επιφανειακή απορροή περιλαμβάνει και την απορροή πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά και την απορροή της εδαφικής ζώνης. Δηλαδή, ως επιφανειακή απορροή νοείται το σύνολο της ωφέλιμης βροχόπτωσης που δεν εξατμοδιαπνέεται και, μέσα από οποιαδήποτε διαδρομή, τελικώς καταλήγει στα επιφανειακά υδατικά συστήματα. Αντίστοιχα, η ποσότητα της ωφέλιμης βροχόπτωσης που δεν εξατμοδιαπνέεται, αλλά μέσα από οποιαδήποτε διαδρομή διηθείται ή κατεισδύει στα υπόγεια υδατικά συστήματα, θεωρείται υπόγεια απορροή προς τους υπόγειους υδροφορείς.

Συμπερασματικά, το περιγραφόμενο υδρολογικό μοντέλο της λεκάνης απορροής αναπαριστά τις κύριες υδρολογικές και γεωργικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα, μέσα από μια σειρά απλοποιητικές παραδοχές για τις συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου. Συνεπώς, πρόκειται για ένα εννοιολογικό μοντέλο. Επιπλέον, το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται ως αδιαμέριστο, αφού η κάθε λεκάνη αποτελεί μια ενιαία χωρική ενότητα, με τις ίδιες χρονοσειρές φόρτισης σε όλη της την έκταση (βροχόπτωση και εξατμοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς) και μία ενιαία απόκριση στην έξοδο (απορροή).

Επίσης, σύμφωνα με Stockholm Environment Institute (2011), στα πλαίσια της παραπάνω μεθόδου, αξίζει να προσεχθούν οι εξής παραδοχές. Κατ' αρχήν, οι φυτικοί συντελεστές απαιτείται να ορίζονται σε μηνιαία βάση. Το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής υπολογίζεται σε κάθε χρονικό βήμα. Η έλλειψη νερού, για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών μιας λεκάνης, μοιράζεται ισότιμα ανάμεσα στις διάφορες αρδευτικές χρήσεις γης. Η χρήση της ωφέλιμης βροχόπτωσης ενός μήνα από τις καλλιέργειες πραγματοποιείται μόνο εντός του ίδιου μήνα και δεν μπορεί να μετατεθεί στον επόμενο ως εδαφική υγρασία. Ο συντελεστής απόδοσης των καλλιεργειών παραμένει σταθερός για όλη την περίοδο ανάπτυξης.

Ο αλγόριθμος επίλυσης της Μεθόδου Βροχής-Απορροής κατά FAO (FAO Rainfall-Runoff Method) παρατίθεται στον Πίνακα Θ-2 του Παραρτήματος Θ.

3.2.9 Μοντέλο διαχείρισης υδατικών πόρων

Στα πλαίσια του WEAP21 η διανομή των υδατικών πόρων υλοποιείται μέσω επαναληπτικού αλγορίθμου γραμμικού προγραμματισμού. Η εκτέλεση του ίδιου του γραμμικού προγραμματισμού πραγματοποιείται με τον επιλυτή ανοιχτού κώδικα LP Solve 5.520, ενώ διατίθεται και ο GLPK 4.47 ως εφεδρικός επιλυτής.

Ειδικότερα, το πρόβλημα της διανομής των υδατικών πόρων διατυπώνεται ως ένα πρόβλημα γραμμικής βελτιστοποίησης με στοχική συνάρτηση το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης όλων των κόμβων ίσης προτεραιότητας (Yates et al., 2005). Οι μεταβλητές ελέγχου που ορίζονται είναι οι διανεμόμενες ποσότητες νερού σε κάθε κόμβο ζήτησης και το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης όλων των κόμβων ίσης προτεραιότητας. Οι περιορισμοί που τίθενται έχουν πολλαπλούς στόχους. Κατ' αρχήν, σε κάθε κόμβο και σε κάθε δίαυλο του μοντέλου οφείλει να ισχύει η βασική αρχή της διατήρησης της μάζας (και για το νερό και για τους ρύπους). Οι εισερχόμενες ποσότητες οφείλουν να είναι ίσες με τις εξερχόμενες και την αποθήκευση, αν υπάρχει (πχ. ταμιευτήρες, υπόγειοι υδροφορείς). Επίσης, απαγορεύεται οι διανεμόμενες ποσότητες σε κάθε κόμβο ζήτησης να υπερβούν την ίδια την τελική ζήτηση του κόμβου. Οι διανεμόμενες ποσότητες οφείλουν να ισούνται με το γινόμενο του ποσοστού κάλυψης της ζήτησης και της τελικής ζήτησης του κόμβου. Εξαίρεση αποτελούν οι κόμβοι απαίτησης (ελάχιστης) παροχής, όπου οι διανεμόμενες ποσότητες επιτρέπεται να είναι και μεγαλύτερες. Η διανομή των υδατικών πόρων γίνεται σε στάδια, ώστε πρώτα να ικανοποιούνται οι ανάγκες των κόμβων με την υψηλότερη προτεραιότητα ζήτησης. Η διανομή των υδατικών πόρων στους κόμβους ίδιας προτεραιότητας γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε πρώτα να λαμβάνεται νερό από τους υδατικούς πόρους υψηλότερης προτίμησης. Όλοι οι κόμβοι ζήτησης ίσης προτεραιότητας έχουν το ίδιο ποσοστό κάλυψης των αναγκών τους υποχρεωτικά. Εξαίρεση αποτελούν οι κόμβοι που έχουν πρόσβαση σε επιπλέον υδατικούς πόρους και μπορούν σε επόμενο υπολογιστικό

βήμα να αποκτήσουν μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης της ζήτησης. Το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης κάθε κόμβου οφείλει να κυμαίνεται μεταξύ 0% και 100%. Ο αλγόριθμος αυτός επαναλαμβάνεται για όλες τις προτιμήσεις προμήθειας και για όλες τις προτεραιότητες ζήτησης, μέχρι να προκύψουν οι βέλτιστες διανεμόμενες ποσότητες σε κάθε κόμβο και η μέγιστη δυνατή κάλυψη της ζήτησης για όλους τους κόμβους.

Ισχυρό σημείο του αλγόριθμου είναι η ευελιξία του στην αναπροσαρμογή των περιορισμών. Σε περίπτωση που εντοπιστεί η βέλτιστη τιμή για τη διανεμόμενη ποσότητα και το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ενός κόμβου, τότε στο επόμενο βήμα υπολογισμών αυτές οι τιμές εισάγονται ως δεδομένες και οι αντίστοιχοι περιορισμοί απαλείφονται. Επίσης, σε κάθε επαναληπτικό κύκλο νέας προτίμησης προμήθειας και σε κάθε επαναληπτικό κύκλο νέας προτεραιότητας ζήτησης οι αντίστοιχοι περιορισμοί της στοχικής συνάρτησης αναδιατυπώνονται.

Ο επαναληπτικός αλγόριθμος γραμμικού προγραμματισμού για τη διανομή των υδατικών πόρων, που χρησιμοποιεί το WEAP21, παρατίθεται στον Πίνακα Θ-3 του Παραρτήματος Θ.

Όσον αφορά τις προτεραιότητες της ζήτησης για κάθε είδος κόμβου, αυτές ορίστηκαν όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.3.

Είδος κόμβου ζήτησης	Προτεραιότητα ζήτησης
Ύδρευση (Αστική - Τουριστική χρήση)	1
Ψευδείς κόμβοι ζήτησης	1
Περιβαλλοντικές απαιτήσεις	1
Άρδευση	2
Κτηνοτροφία	2
Βιομηχανία	3
Πηγές (για τις μελλοντικές παροχές)	4

***Πίνακας 3.3**: Ορισθείσες προτεραιότητες ζήτησης στο μοντέλο*

3.3 Βαθμονόμηση και Επικύρωση μοντέλου

Σύμφωνα με Refsgaard and Henriksen (2004), η βαθμονόμηση ενός μοντέλου έχει ως στόχο τη ρύθμιση των σχετικά άγνωστων παραμέτρων του μοντέλου, ώστε αυτό να αναπαράγει, όσο το δυνατόν πιστότερα, την μετρημένη απόκριση του πραγματικού συστήματος, μέσα στο εύρος ακρίβειας που επιτρέπεται από τα μέτρα επίδοσης. Επομένως, το πρόβλημα της βαθμονόμησης ενός μοντέλου είναι στην ουσία ένα

πρόβλημα βελτιστοποίησης των σχετικά πιο αβέβαιων παραμέτρων του. Κριτήριο αξιολόγησης της βελτιστοποίησης αποτελούν τα μέτρα επίδοσης.

Μέτρα επίδοσης ονομάζονται οι στατιστικοί δείκτες που συγκρίνουν την προσομοιωμένη απόκριση από ένα μοντέλο με την μετρημένη απόκριση σε ένα φυσικό σύστημα. Για αυτό το λόγο, τα μέτρα επίδοσης αποκαλούνται και κριτήρια καλής προσαρμογής του μοντέλου. Τα πιο συνηθισμένα κριτήρια καλής προσαρμογής ενός μοντέλου είναι ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης (r: Correlation Factor), το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE: Mean Absolute Error), το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE: Root Mean Square Error), η αποτελεσματικότητα (EFF: Efficiency) ή αλλιώς συντελεστής Nash-Sutcliffe και η μεροληψία της μέσης τιμής (BIAS). Οι αλγεβρικές εκφράσεις των παραπάνω μεγεθών δίνονται στις εξισώσεις 3.1 έως 3.5. Οι τιμές Q_{obs} και Q_{sim} αντιπροσωπεύουν τις παρατηρημένες και τις προσομοιωμένες παροχές αντίστοιχα, ενώ n είναι το πλήθος των παρατηρημένων/προσομοιωμένων παροχών. Οι τιμές $\overline{Q}_{obs}$ και $\overline{Q}_{sim}$ αφορούν τις αντίστοιχες μέσες τιμές των παραπάνω μεγεθών.

$$r = \frac{\sum(Q_{obs}-\bar{Q}_{obs})(Q_{sim}-\bar{Q}_{sim})}{\sqrt{\sum(Q_{obs}-\bar{Q}_{obs})^2 \sum(Q_{sim}-\bar{Q}_{sim})^2}} \tag{3.1}$$

$$MAE = \frac{\sum|Q_{obs}-Q_{sim}|}{n} \tag{3.2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Q_{obs}-Q_{sim})^2}{n}} \tag{3.3}$$

$$EFF = 1 - \frac{\sum(Q_{obs}-Q_{sim})^2}{\sum(Q_{obs}-\bar{Q}_{obs})^2} \tag{3.4}$$

$$BIAS = \frac{\bar{Q}_{sim}-\bar{Q}_{obs}}{\bar{Q}_{obs}} \tag{3.5}$$

Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r λαμβάνει τιμές από -1 έως 1, με βέλτιστη τιμή το 1. Το μέσο απόλυτο σφάλμα MAE και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα RMSE λαμβάνουν τιμές μεγαλύτερες του 0, με βέλτιστη τιμή το 0. Η αποτελεσματικότητα EFF (συντελεστής Nash-Sutcliffe) λαμβάνει τιμές από -∞ έως 1, με βέλτιστη τιμή το 1. Η μεροληψία της μέσης τιμής BIAS λαμβάνει τιμές από -1 έως +∞, με βέλτιστη τιμή το 0.

Εκτός από τους παραπάνω στατιστικούς δείκτες, μεγάλη σημασία για τη βαθμονόμηση ενός υδρολογικού μοντέλου έχει και η διαφορά του αθροιστικού όγκου

νερού μεταξύ των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων παροχών για όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Σύμφωνα με Wagener et al. (2001) και Efstratiadis and Koutsoyiannis (2010), η καλύτερη πρακτική για τη βαθμονόμηση σύνθετων υδρολογικών μοντέλων, με πολλές άγνωστες παραμέτρους, είναι η ημιαυτόματη πολυκριτηριακή βαθμονόμηση. Για παράδειγμα, προτείνεται η διατύπωση μιας στοχικής συνάρτησης που θα περιλαμβάνει διάφορα μέτρα επίδοσης, σταθμισμένα ως προς κάποιο βάρος, ανάλογα με τη σημασία τους. Η στοχική συνάρτηση μπορεί να βελτιστοποιηθεί με τη χρήση κάποιας μεθόδου μη γραμμικής ολικής βελτιστοποίησης. Οι μεταβλητές ελέγχου της στοχικής συνάρτησης θα είναι οι άγνωστες παράμετροι του μοντέλου και οι περιορισμοί θα διατυπώνονται ως άνω και κάτω όρια των μεταβλητών ελέγχου. Βέβαια, τα ενδιάμεσα και τα τελικά αποτελέσματα της βαθμονόμησης πρέπει να υπόκεινται πάντοτε στην κρίση του μελετητή. Κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης, ο μελετητής οφείλει να εξασφαλίζει ότι το μοντέλο λειτουργεί ικανοποιητικά και σε συνολικό επίπεδο, αλλά και σε επίπεδο επιμέρους συνιστωσών. Επιπλέον, οφείλει να έχει γνώση και εμπειρία για το εύρος διακύμανσης των εμπλεκόμενων μεγεθών, ώστε οι τιμές που λαμβάνουν οι βελτιστοποιημένες παράμετροι να είναι εύλογες, με βάση το φυσικό και εννοιολογικό υπόβαθρο του μοντέλου.

Αφού ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση, ακολουθεί η διαδικασία της επικύρωσης του μοντέλου. Σύμφωνα με Refsgaard and Henriksen (2004), η επικύρωση έχει ως στόχο να τεκμηριώσει ότι το μοντέλο, κάτω από διαφορετικές συνθήκες σε σχέση με τη βαθμονόμηση, μπορεί να προσομοιώσει την απόκριση του φυσικού συστήματος, με ένα επαρκές εύρος ακρίβειας. Επομένως, η επικύρωση του μοντέλου πρέπει να υλοποιείται με ένα δείγμα παρατηρημένων παροχών διαφορετικό από αυτό που χρησιμοποιήθηκε κατά τη βαθμονόμηση του μοντέλου.

3.3.1 Διατύπωση προβλήματος βαθμονόμησης

Οι παράμετροι του μοντέλου, που επιλέχθηκε να βαθμονομηθούν, λόγω της σχετικής αβεβαιότητας που υπάρχει για την ακριβή τιμή τους, είναι το ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης (effective precipitation percent) και το κλάσμα διήθησης/κατείσδυσης (infiltration fraction) ανά λεκάνη απορροής, καθώς και το ποσοστό των διηθήσεων από τις κοίτες των ποταμών (groundwater outflow). Για το κλάσμα διήθησης/κατείσδυσης των λεκανών και το ποσοστό των διηθήσεων από τις κοίτες των ποταμών θεωρήθηκε μία ετήσια τιμή, ενώ για το ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης δώδεκα μηνιαίες.

Αρχικά, είχε θεωρηθεί ότι και το ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης λαμβάνει μία ετήσια τιμή. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης με αυτήν την παραδοχή

κρίθηκαν μη ικανοποιητικά. Λόγω της απλουστευτικής δομής του υδρολογικού μοντέλου λεκάνης απορροής (Μέθοδος Βροχής-Απορροής κατά FAO), δεν λαμβάνονται υπόψη υδρολογικά φαινόμενα με χρονική υστέρηση. Δηλαδή, οι απορροές που οφείλονται σε κατακρήμνιση κάποιου προηγούμενου μήνα, δεν υπάρχει τρόπος να εισαχθούν στο μοντέλο. Τέτοιες απορροές είναι η εαρινή απορροή λόγω της τήξης του χιονιού, η βασική απορροή σχηματισμών χαμηλότερης διαπερατότητας και οι δευτερογενείς απορροές καρστικών συστημάτων. Αναζητήθηκε, λοιπόν, μια παράμετρος του μοντέλου, της οποίας η φυσική ερμηνεία θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με μεγαλύτερη ελαστικότητα, ώστε να συμπεριλάβει τέτοιου είδους φαινόμενα. Μέσω της μηνιαίας διαφοροποίησης αυτής της παραμέτρου, θα μπορούσε να επιτευχθεί μηνιαία προσαρμογή των αποκρίσεων της λεκάνης. Τελικώς, επιλέχθηκε αυτή η παράμετρος να είναι το ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης στη λεκάνη.

Προκειμένου να περιοριστεί δραστικά το μεγάλο πλήθος των παραμέτρων προς βελτιστοποίηση, ακολουθήθηκε μια στρατηγική φειδωλής παραμετροποίησης. Έτσι, πολλές γειτονικές λεκάνες απορροής, με παρόμοια γεωμορφολογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά, θεωρήθηκε ότι μοιράζονται κοινές παραμέτρους.

Επίσης, επιδιώχθηκε η διατύπωση πολλών μέτρων επίδοσης σε διαφορετικές θέσεις του μοντέλου. Με αυτόν τον τρόπο, επιχειρείται να ενσωματωθεί στη βαθμονόμηση, όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία σχετικά με τον τρόπο απόκρισης της λεκάνης. Μάλιστα, η πληροφορία αυτή είναι χωρικά κατανεμημένη και δεν αφορά μόνο το σημείο εξόδου. Επιπλέον, η χρήση πολλών μέτρων επίδοσης επιχειρεί να μεταφέρει από τα παρατηρημένα στα προσομοιωμένα υδρογραφήματα πολλών ειδών στατιστική πληροφορία. Διαφορετικά, τα προσομοιωμένα υδρογραφήματα θα εμφάνιζαν πολύ καλή προσαρμογή σε ένα είδος πληροφορίας (πχ. γραμμική συσχέτιση), αγνοώντας, όμως, άλλες κρίσιμες παραμέτρους (πχ. διαφορά αθροιστικού όγκου νερού). Οι θέσεις στις οποίες διατυπώθηκαν τα μέτρα επίδοσης είναι οι θέσεις γνωστών παροχών ποταμών. Δηλαδή, οι θέσεις των υδρομετρικών σταθμών της περιοχής (βλέπε παράγραφο 2.7.1). Οι πιο αξιόπιστοι από αυτούς είναι εγκατεστημένοι στις θέσεις Γάβρος, Σαρακίνα, Πύλη, Μουζάκι και Αλή Εφέντη. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε εντελώς ενδεικτικά ο υδρομετρικός σταθμός στη Θεόπετρα, αφού θεωρείται σχετικά μειωμένης αξιοπιστίας.

Το επόμενο ζήτημα που ανέκυψε αφορούσε τη μορφή της στοχικής συνάρτησης. Η μία επιλογή ήταν να διατυπωθεί μια καθολική στοχική συνάρτηση, που να ενσωματώνει όλα τα μέτρα επίδοσης σε όλες τις θέσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, η βαθμονόμηση θα ήταν ταυτόχρονη για όλες τις παραμέτρους του μοντέλου. Η άλλη επιλογή ήταν να οριστεί ένας ενιαίος τύπος στοχικής συνάρτησης, που να εξειδικευτεί σε κάθε μεμονωμένη θέση υδρομετρικού σταθμού. Στη δεύτερη περίπτωση, η βαθμονόμηση

γίνεται πολυστρωματική και κάθε φορά στοχεύει σε συγκεκριμένη ομάδα παραμέτρων.

Επειδή ο συνολικός αριθμός των παραμέτρων προς βαθμονόμηση, παρά τις απλοποιήσεις, παρέμενε υψηλός, δεν επιχειρήθηκε η ταυτόχρονη βαθμονόμηση όλων των παραμέτρων. Κρίθηκε ότι κάτι τέτοιο θα αύξανε υπερβολικά τις διαστάσεις του χώρου αναζήτησης, θα ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρο και θα δυσκόλευε τη μέθοδο αναζήτησης στο να εντοπίσει ένα ικανοποιητικό ολικό βέλτιστο. Το βασικότερο όλων, όμως, θα ήταν η αδυναμία ενεργού παρακολούθησης της διαδικασίας της βαθμονόμησης και επέμβασης από τη μεριά του μελετητή, όπου χρειάζεται να ανακατευθυνθεί η διαδικασία.

Αντίθετα, οι λεκάνες ομαδοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε η βαθμονόμηση να εκτελεστεί σε επιμέρους χωρικές ενότητες, σχετικά πιο απομονωμένες από τις υπόλοιπες. Η διαδικασία ξεκίνησε από τα ανάντη και κατέληξε στα κατάντη. Πρώτα, εκτελέστηκε η βαθμονόμηση των ορεινών και ημιορεινών λεκανών ανάντη των θέσεων Γάβρος, Σαρακίνα, Πύλη, Μουζάκι και Θεόπετρα. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης των παραπάνω χωρικών ενοτήτων θεωρήθηκαν δεδομένα και εισήχθησαν στο μοντέλο. Τέλος, εκτελέστηκε η βαθμονόμηση των υπόλοιπων λεκανών ανάντη της θέσης Αλή Εφέντη, στην πεδιάδα Τρικάλων-Καλαμπάκας-Φαρκαδόνας.

Ένα ζήτημα που προέκυψε με το διαχωρισμό σε επιμέρους χωρικές ενότητες ήταν η εύρεση σχεδόν ισοδύναμων συνδυασμών παραμέτρων σε κάποιες από αυτές (φαινόμενο equifinality). Οι διαφορετικοί συνδυασμοί παραμέτρων κινούνταν μέσα σε εύλογα όρια διακύμανσης και ικανοποιούσαν σχεδόν εξίσου τα κριτήρια καλής προσαρμογής. Για το λόγο αυτό, η τελική βαθμονόμηση στη θέση Αλή Εφέντη εκτελέστηκε τόσες φορές όσες και οι διαφορετικοί συνδυασμοί παραμέτρων. Τελικά, επιλέχθηκε αυτός ο συνδυασμός παραμέτρων που βελτιστοποιούσε τη στοχική συνάρτηση στη θέση Αλή Εφέντη.

Η στοχική συνάρτηση που διατυπώθηκε περιελάμβανε τρία μέτρα επίδοσης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν η αποτελεσματικότητα (EFF), ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης (r) και η μεροληψία της μέσης τιμής (BIAS). Κάθε ένα από αυτά σταθμίστηκε με ένα βάρος, ώστε να προκύπτει μία ενιαία αλγεβρική έκφραση προς βελτιστοποίηση. Τα βάρη ορίστηκαν σε 0,50 για την αποτελεσματικότητα και 0,25 για το συντελεστή γραμμικής συσχέτισης και τη μεροληψία. Επειδή ο αλγόριθμος επίλυσης εκτελεί ελαχιστοποίηση, η αλγεβρική έκφραση πολλαπλασιάστηκε με (-1). Επομένως, η ελαχιστοποίησή της σημαίνει αντίστροφα τη μεγιστοποίηση της επιθυμητής ποσότητας. Συνεπώς, η τελική στοχική συνάρτηση ήταν:

$$ObjectiveFunction = (0{,}50\ EFF + 0{,}25\ r - 0{,}25\ |BIAS|)(-1) \qquad (3.6)$$

Οι περιορισμοί που τέθηκαν ουσιαστικά αφορούσαν το εύρος διακύμανσης των βαθμονομούμενων παραμέτρων. Μαθηματικά εκφράζουν λόγους και ποσοστά. Επομένως, κυμαίνονται από 0 έως 1 ή 0 έως 100. Όμως, όσον αφορά τις διηθήσεις, μπορούν να γίνουν κάποιες αρχικές εκτιμήσεις με βάση τη γεωλογία-υδρογεωλογία (βλέπε παράγραφο 2.5) και τις υφιστάμενες αναφορές από προηγούμενες μελέτες (βλέπε παράγραφο 2.7.3). Σε κάθε περίπτωση, πάντως, υπήρχε συνεχής παρακολούθηση του τρόπου διακύμανσης των παραμέτρων κατά τη βαθμονόμηση, ώστε, αν διαπιστωνόταν προσκόλληση στο άνω ή το κάτω όριο, να υπάρχει εύλογη ελαστικοποίησή τους.

3.3.2 Βελτιστοποίηση - Σύζευξη WEAP με Matlab

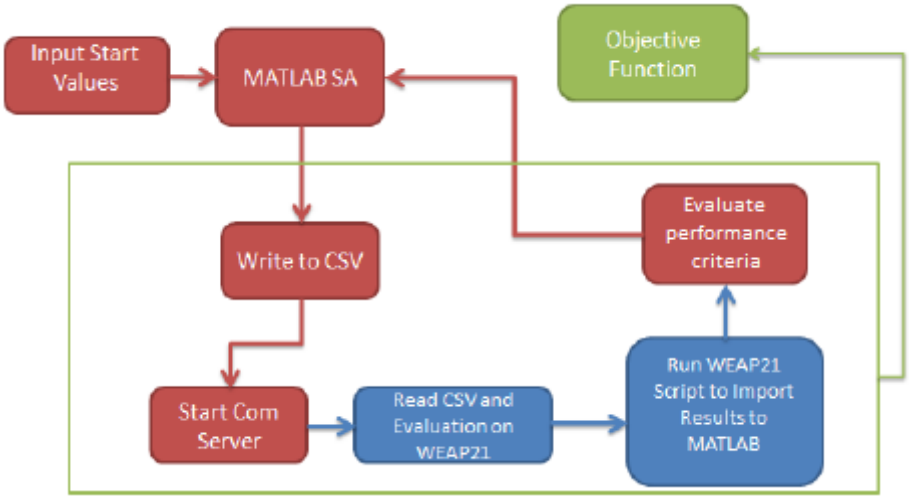
Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για την βελτιστοποίηση της στοχικής συνάρτησης ήταν η προσομοιωμένη ανόπτηση. Πρόκειται για μία μέθοδο μη γραμμικής ολικής βελτιστοποίησης, η οποία βασίζεται στις αρχές της στατιστικής μηχανικής και εμπνέεται από τη διαδικασία της αναδιάταξης των ατόμων κατά τη σταδιακή ψύξη ενός θερμοδυναμικού συστήματος (πχ. μέταλλο) (Ευστρατιάδης, 2001). Μια σύντομη περιγραφή της μεθόδου δίνεται στην παράγραφο 3.3.2.1.

Η μέθοδος της προσομοιωμένης ανόπτησης είναι διαθέσιμη στην εργαλειοθήκη βελτιστοποίησης του περιβάλλοντος αριθμητικών υπολογισμών Matlab. Για να μπορέσει να γίνει αξιοποίησή της, έπρεπε να δημιουργηθεί σύζευξη μεταξύ WEAP21 και Matlab. Ένα τέτοιο σχήμα σύζευξης, μέσω κώδικα προγραμματισμού, έχει προταθεί σε Τσουκαλάς (2012). Το σχήμα αυτό υιοθετήθηκε και στην παρούσα εργασία, ενώ ο κώδικας προγραμματισμού προσαρμόστηκε στις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου προβλήματος βαθμονόμησης. Μέσω της παραπάνω σύζευξης, το WEAP21 λειτουργεί ως COM Automation Server. Δηλαδή, υιοθετεί κοινά πρωτόκολλα επικοινωνίας με το περιβάλλον της Matlab και του επιτρέπει να παρεμβαίνει στη λειτουργία του, να τροποποιεί τα χαρακτηριστικά του και να του δίνει εντολές να εκτελέσει μια σειρά από διεργασίες.

Συνοπτικά, η σύζευξη WEAP21 και Matlab πραγματοποιείται μέσω της εντολής actxserver σε περιβάλλον Matlab. Αρχικά, ορίζεται το διάνυσμα των μεταβλητών ελέγχου (παράμετροι προς βελτιστοποίηση). Στη συνέχεια, δημιουργείται ένα μητρώο της μορφής CSV για κάθε μεταβλητή ελέγχου, ώστε να μπορεί να αναγνωσθεί από το WEAP21. Η Matlab δίνει εντολή στο WEAP21 να τρέξει μία προσομοίωση και, έπειτα, μέσω ειδικού τμήματος κώδικα, εξάγει σε αρχείο CSV τις προσομοιωμένες παροχές στην επιθυμητή θέση. Το αρχείο εισάγεται ως μητρώο στη Matlab, μαζί με τις παρατηρημένες παροχές. Τελικώς, υπολογίζονται τα απαραίτητα μέτρα επίδοσης και η τιμή της στοχικής συνάρτησης.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται κυκλικά, με βάση τον αλγόριθμο της προσομοιωμένης ανόπτησης και τερματίζεται μετά από ικανό αριθμό επαναλήψεων χωρίς περαιτέρω βελτίωση της στοχικής συνάρτησης. Βέβαια, το τελευταίο κριτήριο συνδυάζεται και με το συνολικό αριθμό επαναλήψεων που έχει εκτελεστεί (2000-4000).

Το διάγραμμα ροής του κώδικα προγραμματισμού για την εκτέλεση της βαθμονόμησης παρέχεται στην Εικόνα 3.6.



Εικόνα 3.6*: Διάγραμμα ροής κώδικα προγραμματισμού βαθμονόμησης μοντέλου (Προέλευση: Τσουκαλάς, 2012 · μετά από προσαρμογή)*

3.3.2.1 Προσομοιωμένη ανόπτηση

Όταν η θερμοκρασία ενός θερμοδυναμικού συστήματος (πχ. ενός μετάλλου) είναι υψηλή, τότε τα μόριά του διαθέτουν υψηλή κινητική ενέργεια και κινούνται άτακτα προς όλες τις κατευθύνσεις. Όταν όμως ψύχεται, η κινητική ενέργεια των μορίων του σταδιακά μειώνεται. Αν η ψύξη ενός μετάλλου γίνει με αργό ρυθμό, τότε το μέταλλο μπορεί να οδηγηθεί σε μια κρυσταλλική κατάσταση ελάχιστης ολικά ενέργειας. Αν, όμως, η ψύξη είναι ταχεία, τότε το σύστημα καταλήγει σε μια άμορφη ή πολυκρυσταλλική μορφή υψηλότερης ενέργειας από την ελάχιστη. Η παραπάνω φυσική διαδικασία αναδιάταξης των ατόμων ενός ψυχόμενου θερμοδυναμικού συστήματος ονομάζεται στη θερμοδυναμική ανόπτηση. Η πιθανότητα ένα θερμοδυναμικό σύστημα να έχει ενέργεια E, όταν η θερμοκρασία του είναι T, ακολουθεί την συνάρτηση κατανομής Boltzman:

$$P(E) \sim e^{-\frac{E}{kT}} \tag{3.7}$$

Σύμφωνα με Ευστρατιάδης (2001,2008), η προσομοιωμένη ανόπτηση ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό την παραπάνω συλλογιστική, προκειμένου να καταλήξει από μία αρχική τιμή της στοχικής συνάρτησης στην ολικά ελάχιστη. Στην περίπτωση προβλημάτων συνεχών μεταβλητών η διαδικασία της προσομοιωμένης ανόπτησης ακολουθεί τα εξής βήματα. Πρώτα, ορίζεται ένα αρχικό εφικτό διάνυσμα x_0, για το οποίο υπολογίζεται η τιμή της στοχικής συνάρτησης f. Στη συνέχεια, υπολογίζεται μια διαταραχή Δx στην περιοχή του αρχικού διανύσνματος. Με βάση τη διαταραχή, υπολογίζεται η μεταβολή της στοχικής συνάρτησης Δf. Αν αυτή είναι αρνητική (δηλαδή μειώνει της στοχική συνάρτηση), τότε η νέα τιμή του διανύσματος και η νέα τιμή της στοχικής συνάρτησης γίνονται αποδεκτές. Αν όμως είναι θετική (δηλαδή αυξάνει τη στοχική συνάρτηση), τότε η πιθανότητα να γίνει αποδεκτή εξαρτάται από το πιθανοτικό κριτήριο Metropolis:

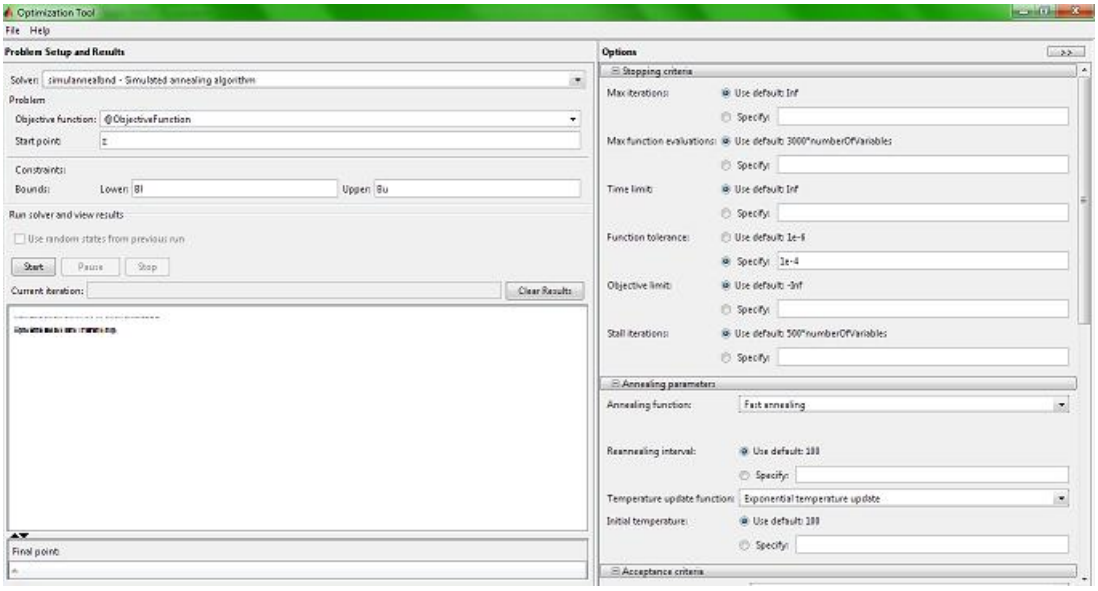
$$P = e^{-\frac{\Delta \mathrm{f}}{T}} \tag{3.8}$$

όπου T είναι η εικονική θερμοκρασία της συγκεκριμένης κατάστασης θερμικής ισορροπίας. Επομένως, ο αλγόριθμος επιτρέπει την προσωρινή επιδείνωση της τιμής της στοχικής συνάρτησης, προκειμένου να υπάρξει αναζήτηση καλύτερων τιμών στη γειτονιά της τρέχουσας λύσης. Το εύρος της δυνατής περιοχής, όπου μπορεί να υπάρξει αναζήτηση, εξαρτάται από την τιμή που λαμβάνει μια συνάρτηση εικονικής θερμοκρασίας. Όσο μεγαλύτερη η τιμή της εικονικής θερμοκρασίας, τόσο πιθανότερο είναι να επιτραπεί μια μεγάλη αναπήδηση από το τρέχον σημείο. Η πιθανότητα αυτή φθίνει, καθώς η θερμοκρασία μειώνεται. Να σημειωθεί ότι το σύστημα παραμένει σε μια θερμοκρασία για έναν ικανό αριθμό διαταραχών, προτού υποχωρήσει σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία.

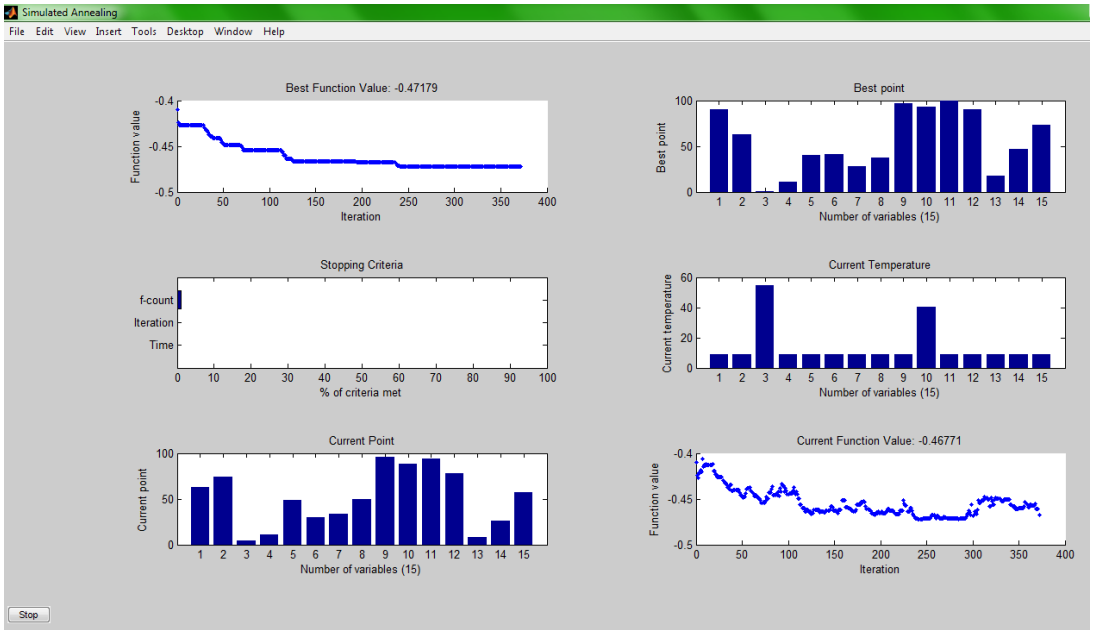
Η διαδικασία τερματίζεται όταν υπάρξει ένας επαρκής αριθμός δοκιμών, χωρίς περαιτέρω βελτίωση της στοχικής συνάρτησης, παρά τη μείωση της εικονικής θερμοκρασίας, ή όταν ολοκληρωθεί ένας προκαθορισμένος αριθμός επαναλήψεων ή όταν εκπνεύσει ένα προκαθορισμένο χρονικό όριο.

Στην Εικόνα 3.7 παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον που χρησιμοποιεί η Matlab για τη ρύθμιση της μεθόδου της προσομοιωμένης ανόπτησης.

Αντίστοιχα, στην Εικόνα 3.8 παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον παρακολούθησης της διαδικασία της βαθμονόμησης. Αυτό περιλαμβάνει τις τρέχουσες και τις βέλτιστες τιμές μεταβλητών ελέγχου και στοχικής συνάρτησης, την πρόοδο των κριτηρίων τερματισμού και την τρέχουσα τιμή εικονικής θερμοκρασίας για κάθε ξεχωριστή μεταβλητή.



Εικόνα 3.7: *Ρύθμιση της μεθόδου προσομοιωμένης ανόπτησης σε περιβάλλον Matlab*



Εικόνα 3.8: *Παρακολούθηση αποτελεσμάτων βαθμονόμησης με τη μέθοδο προσομοιωμένης ανόπτησης σε περιβάλλον Matlab*

3.3.3 Επιλογή περιόδων και στόχων βαθμονόμησης και επικύρωσης

Η γενικές αρχές που ακολουθήθηκαν για την επιλογή των περιόδων βαθμονόμησης και επικύρωσης ήταν οι εξής. Κατ' αρχήν, εντοπίστηκε η κοινή περίοδος όλων των διαθέσιμων δεδομένων βροχόπτωσης, εξάτμισης και υδρομετρήσεων. Αυτή συνέπιπτε

με την περίοδο 1980-1994. Δεν επιδιώχθηκε να εντοπιστούν περισσότερα δεδομένα για προηγούμενες περιόδους, αφού, σύμφωνα με ΥΠΕΧΩΔΕ (2006), η σημερινή μορφή του υδατικού συστήματος του Πηνειού, αλλά και γενικότερα της Θεσσαλίας, κατά κύριο λόγο διαμορφώθηκε τη δεκαετία του 1980. Ο πρώτος παράγοντας αλλαγής ήταν η εκτεταμένη κατασκευή στραγγιστικών δικτύων, που άλλαξαν θεμελιωδώς την υδρολογική απόκριση της λεκάνης. Ο δεύτερος παράγοντας αλλαγής ήταν η ραγδαία επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων, εξαιτίας των κοινοτικών ενισχύσεων προς τα γεωργικά προϊόντα. Συνεπώς, η ενσωμάτωση των ετών πριν από το 1980 στη βαθμονόμηση δεν θα ήταν συνεπής με την υφιστάμενη πραγματικότητα στη λεκάνη.

Ο κύριος στόχος της βαθμονόμησης ήταν η αξιόπιστη προσομοίωση των θερινών παροχών στα ποτάμια, λόγω της μεγάλης διαχειριστικής σημασίας που έχει αυτό το στοιχείο. Κατά τους θερινούς μήνες, οι υδρολογικές εισροές στο σύστημα ελαχιστοποιούνται, ενώ οι καταναλώσεις μεγιστοποιούνται. Επομένως, η αξιόπιστη προσομοίωση των θερινών παροχών στα ποτάμια επιτρέπει και την αξιόπιστη προσομοίωση της δίαιτας των απολήψεων. Αν οι θερινές παροχές προκύψουν μεγαλύτερες από τις πραγματικές, τότε θα προσομοιωθούν μεγαλύτερες απολήψεις από τα επιφανειακά ύδατα και η προσομοιωμένη πίεση απολήψεων στους υπόγειους υδροφορείς θα μειωθεί. Επίσης, λόγω του ότι οι παροχές αυτές είναι οι χαμηλότερες του έτους, παρέχεται η δυνατότητα να μελετηθεί με μεγαλύτερη αξιοπιστία το ζήτημα των οικολογικών πιέσεων στα οικοσυστήματα.

Επειδή τα τελευταία χρόνια οι θερινές απολήψεις από τον Πηνειό, το Ληθαίο και τις τάφρους της Καρδίτσας έχουν πολλαπλασιαστεί, με την κατασκευή πρόχειρων φραγμάτων, οι μετρημένες στάθμες και παροχές έχουν υποβαθμισμένη αξιοπιστία (βλέπε παραγράφους 2.7.1 και 2.7.4). Γενικώς, θεωρείται ότι οι μετρήσεις της περιόδου 1980-1994 διακρίνονται από μεγαλύτερη συνέπεια σε σχέση με την πραγματική λειτουργία του φυσικού συστήματος, συγκρινόμενες με τις μετέπειτα τιμές (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005δ).

Με βάση τις βιβλιογραφικές αναφορές (βλέπε παράγραφο 2.7.1), προσδιορίστηκαν οι πιο αξιόπιστες περίοδοι λειτουργίας των υδρομετρικών σταθμών, κατά το διάστημα 1980-1994. Η βαθμονόμηση εκτελέστηκε τελικώς για αυτές τις χρονικές περιόδους, εκτός εάν το μήκος τους ήταν πολύ μικρό, οπότε έγινε μια εύλογη χρονική διεύρυνση. Η παραπάνω μεθοδολογία είχε ως αποτέλεσμα να μην βαθμονομούνται όλες οι χωρικές ενότητες της λεκάνης ταυτόχρονα, αλλά μόνο κατά την περίοδο που πιστεύεται ότι τα δείγματα των παροχών είναι πιο αντιπροσωπευτικά της φυσικής λειτουργίας του συστήματος.

Επιπλέον, η περίοδος 1980-1994 περιλαμβάνει και την ξηρή περίοδο 1988-1993, η οποία προκάλεσε μεγάλες υδρολογικές και διαχειριστικές πιέσεις στο υδατικό

σύστημα της Θεσσαλίας. Η περίοδος της ξηρασίας κυρίως χρησιμοποιήθηκε για την επικύρωση του μοντέλου, επιτρέποντάς του να δοκιμαστεί σε εντελώς διαφορετικές συνθήκες από αυτές τις βαθμονόμησης. Παράλληλα, παρέχεται ένα μέτρο αξιοπιστίας για την απόκριση του μοντέλου σε ένα ακραίο φαινόμενο.

Ακόμη, για τα πλημμυρικά φαινόμενα κατεβλήθη προσπάθεια να προσομοιωθούν με επαρκή ακρίβεια, χωρίς, όμως, να διαταραχθεί η γενικότερη λειτουργία του μοντέλου. Περισσότερο δόθηκε έμφαση στην προσομοίωση της βασικής απορροής, παρά στις καταγεγραμμένες πλημμυρικές αιχμές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εκτίμησή τους είναι αρκετές φορές προβληματική (λανθασμένη μέτρηση ή προϊόν επέκτασης δείγματος χαμηλότερων παροχών). Επίσης, αποδίδεται στο γεγονός ότι η σημασία τους στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι μειωμένη. Σε περιπτώσεις όπου εμφανίζονταν αδικαιολόγητα υψηλές αιχμές παροχών, με συνέπεια να δυσχεραίνεται η βελτιστοποίηση του μοντέλου, οι αιχμές αυτές περικόπηκαν.

Τέλος, ένα σημαντικό στοιχείο που ελέγχθηκε, όσον αφορά τη λειτουργία του μοντέλου, ήταν η αξιοπιστία στην προσομοίωση των παροχών των πηγών και η ποιοτική διακύμανση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων. Τα δύο αυτά στοιχεία ήταν κρίσιμα, καθώς αποτελούν τη μόνη παρεχόμενη ένδειξη για τη λειτουργία των υπόγειων υδροφορέων στο μοντέλο. Όσον αφορά τις πηγές, μπορούσε να γίνει στατιστικός έλεγχος της ταύτισης των προσομοιωμένων παροχών σε σχέση με τις παρατηρημένες και ποιοτικός έλεγχος των γνωστών περιόδων στείρευσης. Για τους υπόγειους υδροφορείς, μπορούσαν να γίνουν οι εξής ποιοτικοί έλεγχοι. Πρώτον, αν η μέση υπερετήσια στάθμη παραμένει σταθερή και, δεύτερον, αν στις περιόδους γνωστών ξηρασιών η στάθμες εμφανίζουν ιστορικά χαμηλά.

3.3.4 Αποτελέσματα βαθμονόμησης και επικύρωσης

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω είναι τα μέτρα επίδοσης ανά θέση υδρομετρικού σταθμού και οι τιμές των βελτιστοποιημένων παραμέτρων.

3.3.4.1 Μέτρα επίδοσης ανά θέση υδρομετρικού σταθμού

Για κάθε θέση υδρομετρικού σταθμού παρατίθενται τα επιμέρους μέτρα επίδοσης κατά την περίοδο της βαθμονόμησης και της επικύρωσης.

Ένα γενικό συμπέρασμα που προέκυψε από όλες της θέσης βαθμονόμησης είναι η σημαντική υπερεκτίμηση των παροχών κατά τους χειμερινούς μήνες και αντίστοιχα η σημαντική υποεκτίμηση τους κατά τους εαρινούς. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί σε υδρολογικά φαινόμενα με χρονική υστέρηση. Δηλαδή, φαινόμενα όπως η εαρινή

απορροή λόγω της τήξης του χιονιού, η βασική απορροή σχηματισμών χαμηλότερης διαπερατότητας και οι δευτερογενείς απορροές καρστικών συστημάτων. Επίσης, κατά τους χειμερινούς μήνες θα μπορούσε να οφείλεται σε πλημμυρικούς όγκους, που δεν καταγράφηκαν από τους υδρομετρικούς σταθμούς, αλλά, αντίθετα, προέκυψαν στην προσομοίωση με βάση τη βροχόπτωση.

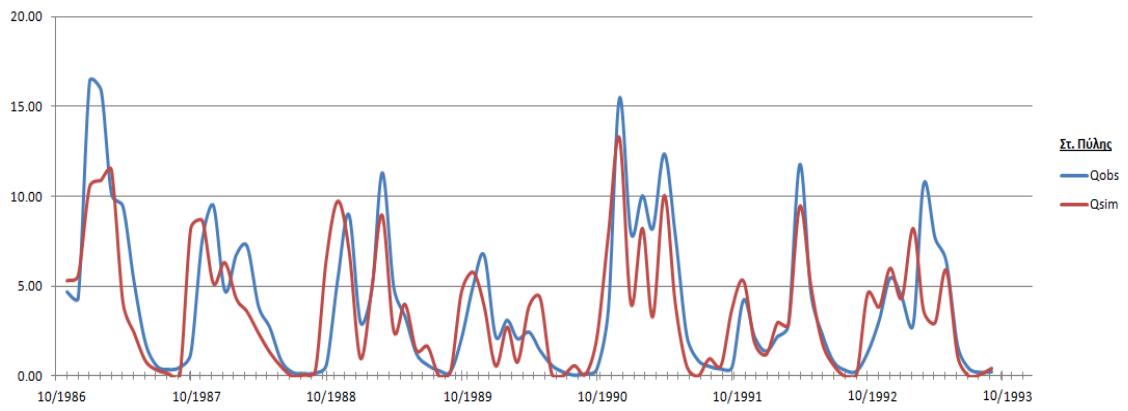
Ωστόσο, πρέπει να υπογραμμιστεί η πολύ καλή προσομοίωση των θερινών παροχών στις περισσότερες θέσεις. Άλλωστε, αυτός ήταν εξαρχής ένας από τους βασικούς στόχους που τέθηκαν για τη βαθμονόμηση και την επικύρωση (βλέπε παράγραφο 3.3.3).

Σταθμός Πύλης

Η βαθμονόμηση αφορούσε την περίοδο 11/1986-9/1990, οπότε τη λειτουργία του σταθμού είχε αναλάβει η ΔΕΗ. Τα αποτελέσματα κρίθηκαν πολύ ικανοποιητικά, αφού η αποτελεσματικότητα υπολογίστηκε σε 0,632 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης σε 0,802. Από τη μεροληψία της μέσης τιμής προκύπτει μια υποεκτίμηση των μέσων ετήσιων παροχών κατά 10,8%.

Η επικύρωση εκτελέστηκε για την περίοδο 10/1990-9/1993. Ουσιαστικά, επιβεβαιώνεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου, αφού η αποτελεσματικότητα και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης βελτιώνονται ακόμη περισσότερο.

Στο Σχήμα 3.1 δίνεται η σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του σταθμού της Πύλης.

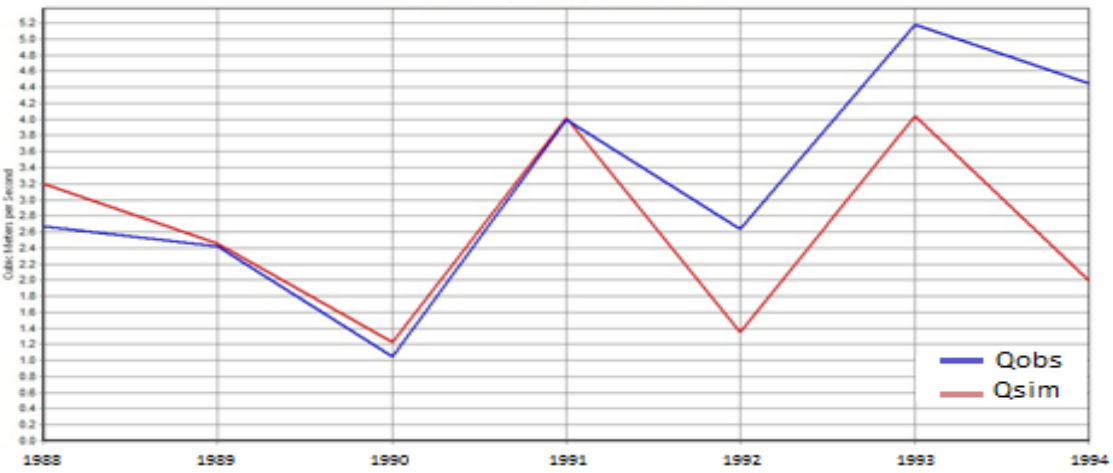


Σχήμα 3.1: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού της Πύλης*

Σταθμός Μουζακίου

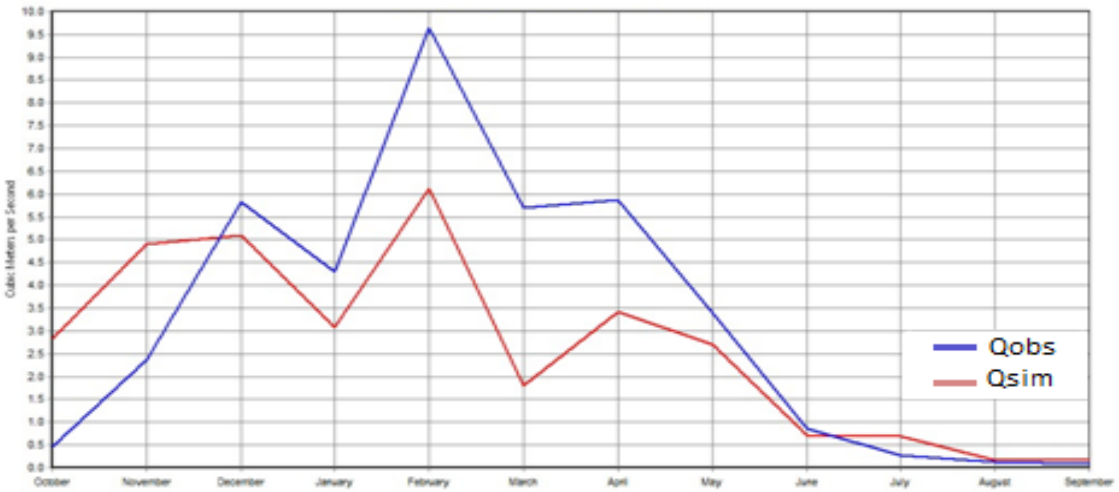
Η βαθμονόμηση αφορούσε την περίοδο 2/1988-9/1992, οπότε τη λειτουργία του σταθμού είχε αναλάβει η ΔΕΗ. Εξαρχής αναμένονταν χειρότερα αποτελέσματα σε σχέση με την Πύλη (βλέπε παράγραφο 2.7.1). Τα αποτελέσματα κρίθηκαν μη ικανοποιητικά, αφού η αποτελεσματικότητα ήταν σχεδόν μηδενική. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο αποτελεί το ίδιο αποτελεσματική εκτιμήτρια με τη μέση τιμή των παρατηρημένων παροχών. Στα θετικά λογίζεται η χαμηλή τιμή της μεροληψίας της μέσης τιμής. Όπως προκύπτει, οι μέσες ετήσιες παροχές υποεκτιμώνται μόνο κατά 2,4%.

Από διερεύνηση που έγινε διαπιστώθηκε ότι το μοντέλο έχει πρόβλημα στη μηνιαία κατανομή των απορροών κατά την παραπάνω περίοδο, αλλά σε ετήσιο επίπεδο έχει εξαιρετικά καλή προσαρμογή. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από παρατήρηση του Σχήματος 3.2. Να σημειωθεί, πάντως, ότι η προσομοίωση των απορροών Μαΐου-Σεπτεμβρίου ήταν εξαιρετικά αξιόπιστη.



Σχήμα 3.2: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων ετήσιων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού του Μουζακίου*

Η επικύρωση εκτελέστηκε για την περίοδο 10/1992-9/1994. Τα αποτελέσματα είναι σαφώς βελτιωμένα σε σχέση με την περίοδο της βαθμονόμησης, αφού η αποτελεσματικότητα γίνεται 0,565 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης 0,802. Ωστόσο, βασικό αρνητικό σημείο της επικύρωσης είναι η σημαντική υποεκτίμηση των παρατηρημένων παροχών κατά 30,9%. Αυτό είναι φανερό και στο Σχήμα 3.2. Να σημειωθεί, πάντως, ότι και πάλι το συμπέρασμα αυτό δεν αφορά τις απορροές Μαΐου-Σεπτεμβρίου, των οποίων η προσομοίωση ήταν εξαιρετικά αξιόπιστη, όπως φαίνεται από το Σχήμα 3.3.



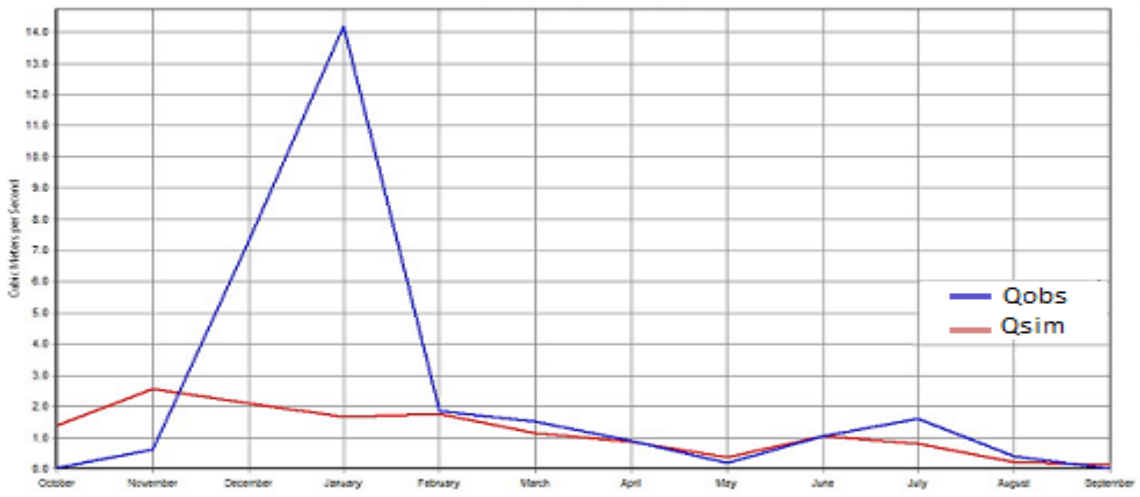
Σχήμα 3.3: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού του Μουζακίου*

<u>Σταθμός Θεόπετρας</u>

Η βαθμονόμηση αφορούσε την περίοδο 10/1981-9/1988 και ήταν εντελώς ενδεικτική, λόγω της μειωμένης αξιοπιστίας του σταθμού. Ο βασικός στόχος που τέθηκε εξαρχής ήταν η αξιόπιστη προσομοίωση τουλάχιστον της βασικής απορροής. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα αυτού του σταθμού ήταν το γεγονός ότι ο Ληθαίος δεν καλύπτεται από άλλον υδρομετρικό σταθμό. Δεδομένων των προβλημάτων στη λειτουργία του σταθμού, αλλά και του μεγάλου χρονικού διαστήματος της βαθμονόμησης, τα αποτελέσματα κρίθηκαν αρκετά ικανοποιητικά.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4, η βασική απορροή προσομοιώθηκε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια. Τα όποια προβλήματα εμφανίζονται με την προσαρμογή του μοντέλου στις παρατηρημένες παροχές, αποδίδονται κυρίως στη συστηματική εμφάνιση πολύ υψηλών αιχμών κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Τις αιχμές αυτές αδυνατεί να τις αναπαράγει το μοντέλο. Κατά τους υπόλοιπους μήνες η προσαρμογή είναι σαφώς καλύτερη. Λόγω της πολύ κακής προσαρμογής συνολικά, η αποτελεσματικότητα και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι σχεδόν μηδενικοί. Επίσης, η μεροληψία της μέσης τιμής υποδεικνύει υποεκτίμηση της τάξης του 51,4%.

Η επικύρωση εκτελέστηκε για την περίοδο 10/1988-9/1993. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια, αλλά ελαφρώς βελτιωμένα. Ωστόσο, η υποεκτίμηση των παροχών έχει αυξηθεί σε 68,3%.



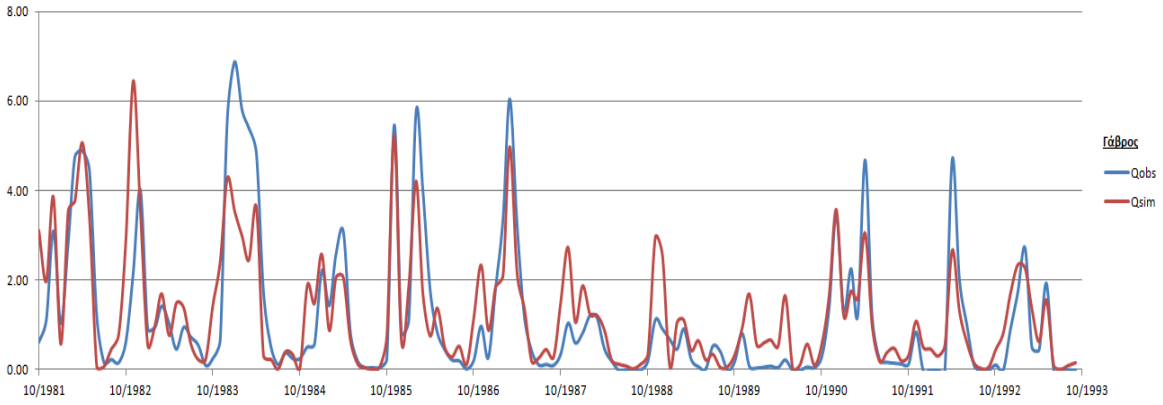
Σχήμα 3.4: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού της Θεόπετρας*

<u>Σταθμός Γάβρου (Μουργκάνι)</u>

Η βαθμονόμηση αφορούσε την περίοδο 10/1981-9/1988. Τα αποτελέσματα κρίθηκαν ιδιαίτερα ικανοποιητικά, δεδομένων των προβλημάτων στη λειτουργία του υδρομετρικού σταθμού, αλλά και του μεγάλου χρονικού διαστήματος της βαθμονόμησης. Ειδικότερα, η αποτελεσματικότητα υπολογίστηκε σε 0,633 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης σε 0,797. Μάλιστα, για την υποπερίοδο 10/1983-9/1988 οι αντίστοιχες τιμές αυξάνονται σε 0,693 και 0,860. Ο σημαντικότερος, όμως, στατιστικός δείκτης είναι η μεροληψία της μέσης τιμής που προέκυψε μηδενική.

Η επικύρωση εκτελέστηκε για την περίοδο 10/1988-9/1993. Ουσιαστικά, επιβεβαιώνεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου, αφού η αποτελεσματικότητα και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης διατηρούν αντίστοιχες τιμές με την περίοδο της βαθμονόμησης. Ωστόσο, η μεροληψία της μέσης τιμής υποδεικνύει μια υπερεκτίμηση της τάξης του 21,2%. Από διερεύνηση που έγινε διαπιστώθηκε ότι αυτή η υπερεκτίμηση αφορά τις παροχές της περιόδου 1988-1990 και, μάλιστα, ιδιαίτερα τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Μάιο. Συνεπώς, θα μπορούσε να οφείλεται σε μη καταγεγραμμένες πλημμυρικές παροχές αυτών των μηνών. Εξάλλου, κατά την περίοδο 1990-1993 η αποτελεσματικότητα υπολογίστηκε σε 0,792 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης σε 0,914 και μεροληψία μέσης τιμής σχεδόν μηδενική.

Στο Σχήμα 3.5 δίνεται η σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του σταθμού του Γάβρου.



Σχήμα 3.5: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού του Γάβρου*

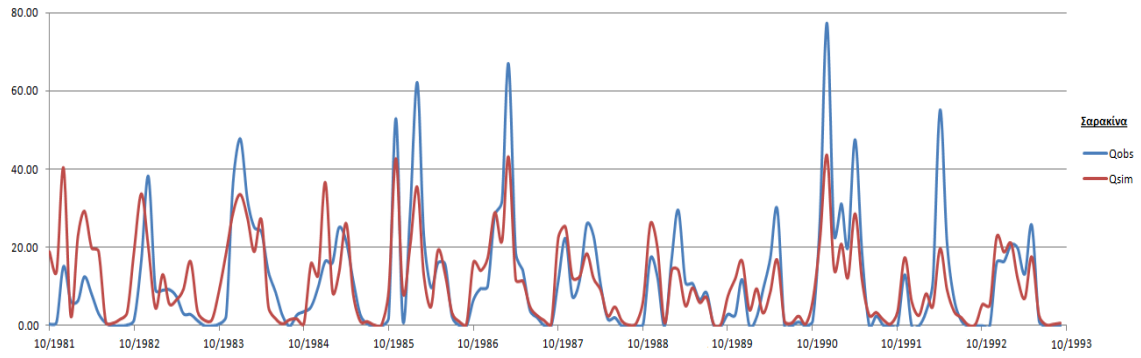
<u>Σταθμός Σαρακίνας</u>

Η βαθμονόμηση αφορούσε την περίοδο 10/1981-9/1988. Τα αποτελέσματα κρίθηκαν ικανοποιητικά, δεδομένων των προβλημάτων στη λειτουργία του υδρομετρικού σταθμού, αλλά και του μεγάλου χρονικού διαστήματος της βαθμονόμησης. Ειδικότερα, η αποτελεσματικότητα υπολογίστηκε σε 0,602 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης σε 0,777. Μάλιστα, για την υποπερίοδο 10/1983-9/1988 οι αντίστοιχες τιμές αυξάνονται σε 0,733 και 0,874. Από τη μεροληψία της μέσης τιμής προκύπτει μια υπερεκτίμηση των μέσων ετήσιων παροχών κατά 2,2%.

Η επικύρωση εκτελέστηκε για την περίοδο 10/1988-9/1993. Ουσιαστικά, επιβεβαιώνεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου, αφού η αποτελεσματικότητα και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης βελτιώνονται και λαμβάνουν τιμές 0,653 και 0,870. Ωστόσο, η μεροληψία της μέσης τιμής υποδεικνύει μια υποεκτίμηση της τάξης του 22,1%.

Η υποεκτίμηση αυτή οφείλεται κατά βάση στις εαρινές απορροές (διάστημα Φεβρουάριος-Μάιος). Πιθανότατα, πρόκειται για απορροές οφειλόμενες στην τήξη του χιονιού στις ανάντη ορεινές και ημιορεινές λεκάνες.

Στο Σχήμα 3.6 δίνεται η σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του σταθμού της Σαρακίνας.



Σχήμα 3.6: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού της Σαρακίνας*

<u>Σταθμός Αλή Εφέντη</u>

Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005δ), μετά το 1988 οι απολήψεις νερού απευθείας από τον Πηνειό εντάθηκαν σημαντικά, ώστε να αντιμετωπιστεί η ξηρή περίοδος που εμφανίστηκε. Επίσης, τότε άρχισαν να κατασκευάζονται ανάντη του υδρομετρικού σταθμού τα πρώτα πρόχειρα φράγματα. Έτσι, από την περίοδο αυτή και έπειτα οι καταγεγραμμένες παροχές αρχίζουν να παρουσιάζουν τις πρώτες αποκλίσεις σε σχέση με τη φυσικοποιημένη λειτουργία του συστήματος. Για το λόγο αυτό, η βαθμονόμηση και η επικύρωση του μοντέλου εκτελέστηκαν με τα παλαιότερα δεδομένα (1981-1988).

Η βαθμονόμηση αφορούσε την περίοδο 6/1981-9/1984. Τα αποτελέσματα κρίθηκαν ιδιαίτερα ικανοποιητικά, αφού η αποτελεσματικότητα υπολογίστηκε σε 0,626 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης σε 0,800. Με βάση τη μεροληψία της μέσης τιμής, προκύπτει ότι οι μέσες ετήσιες παροχές υποεκτιμώνται κατά 11,6%.

Η επικύρωση εκτελέστηκε για την περίοδο 10/1984-9/1988. Τα αποτελέσματα παρουσίασαν σχετική επιδείνωση, αλλά παρέμειναν σε ικανοποιητικά επίπεδα. Η αποτελεσματικότητα ήταν ίση με 0,571 και ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης ίσος με 0,765. Θα πρέπει να σημειωθεί, πάντως, ότι η μεροληψία της μέσης τιμής παρουσίασε βελτίωση. Για την περίοδο αυτή οι παρατηρημένες παροχές υπερεκτιμώνται κατά 8,4%.

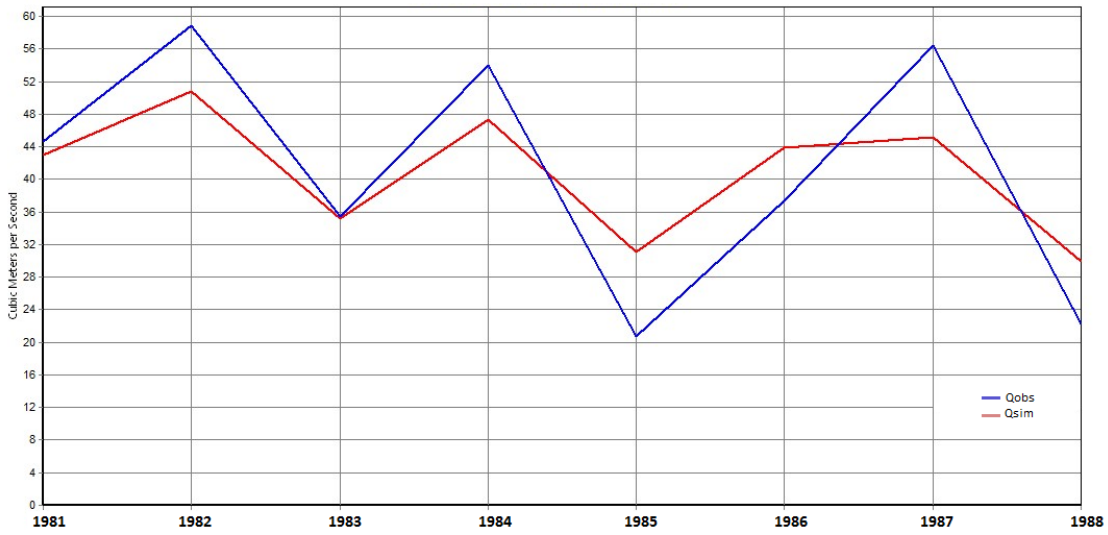
Το γεγονός ότι το μοντέλο άλλοτε υποεκτιμά (βαθμονόμηση) και άλλοτε υπερεκτιμά (επικύρωση) τις παρατηρημένες παροχές αποδεικνύει ότι δεν υπάρχει κάποια συστηματική μεροληψία. Επίσης, για ένα τόσο σύνθετο σύστημα, το εκτιμώμενο εύρος των αποκλίσεων είναι αποδεκτό.

Επιπροσθέτως, ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που παρατηρείται είναι η εξαιρετικά αξιόπιστη προσομοίωση των παροχών της περιόδου Μαΐου-Σεπτεμβρίου. Για το

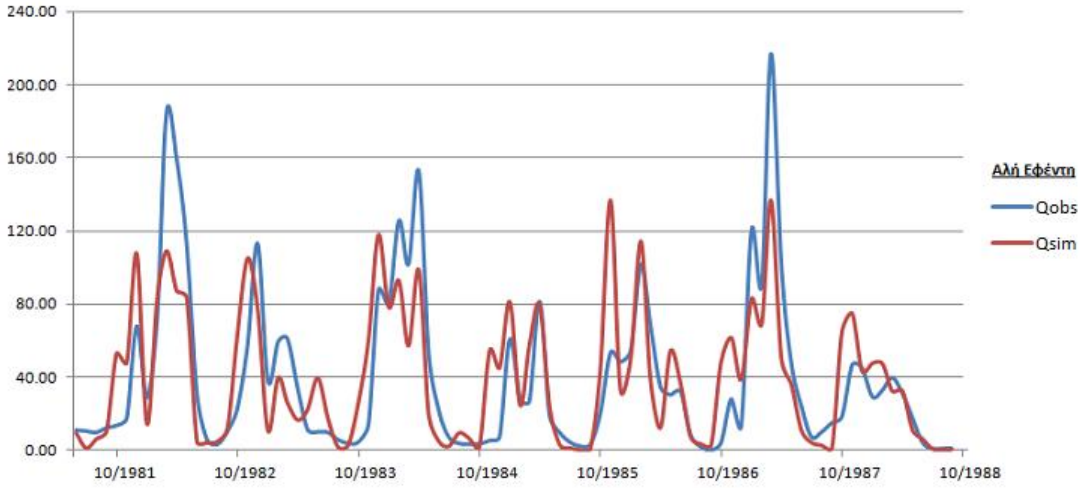
διάστημα 1981-1993 υπολογίστηκε ότι η υποεκτίμηση των παρατηρημένων παροχών ανέρχεται μόλις σε 2,7%.

Στο Σχήμα 3.7 συγκρίνονται οι μέσες ετήσιες παρατηρημένες και προσομοιωμένες παροχές στη θέση του σταθμού Αλή Εφέντη.

Επίσης, στο Σχήμα 3.8 συγκρίνονται οι μηνιαίες παρατηρημένες και προσομοιωμένες παροχές στη θέση του σταθμού Αλή Εφέντη.



Σχήμα 3.7: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μέσων ετήσιων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού Αλή Εφέντη*



Σχήμα 3.8: *Σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μηνιαίων παροχών στη θέση του υδρομετρικού σταθμού Αλή Εφέντη*

Κλείνοντας, στον Πίνακα 3.4 πραγματοποιείται η σύνοψη όλων των μέτρων επίδοσης στις παραπάνω θέσεις υδρομετρικών σταθμών.

Μέτρο επίδοσης	**Διαδικασία**	**Υδρομετρικός σταθμός**					
		Πύλη	**Μουζάκι**	**Γάβρος**	**Σαρακίνα**	**Θεόπετρα**	**Αλή Εφέντη**
Αποτελεσματικότητα (EFF)	Βαθμονόμηση	0,632	-0,009	0,633	0,602	-0,094	0,626
	Επικύρωση	0,639	0,565	0,638	0,653	-0,088	0,571
Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης (r)	Βαθμονόμηση	0,802	0,545	0,797	0,777	0,039	0,800
	Επικύρωση	0,811	0,802	0,811	0,870	0,161	0,765
Μεροληψία μέσης τιμής (BIAS)	Βαθμονόμηση	-0,108	-0,024	-0,050	0,022	-0,514	-0,116
	Επικύρωση	-0,133	-0,309	0,212	-0,221	-0,683	0,084

***Πίνακας 3.4**: Σύνοψη των μέτρων επίδοσης σε όλες τις θέσεις υδρομετρικών σταθμών*

3.3.4.2 Βελτιστοποιημένες παράμετροι

Οι τελικές τιμές των βελτιστοποιημένων παραμέτρων παρέχονται στους Πίνακες 3.5, 3.6 και 3.7.

Λεκάνη	**Κλάσμα διήθησης/κατείσδυσης**
Λογγά	33,7
Γάβρου	46,0
Ίωνα	39,4
Μαλακασίου	32,0
Κλεινοβίτη	32,0
Πύλης	35,5
Μουζακίου	14,0
Βόρειου Κόζιακα	80,0
Νότιου Κόζιακα	80,0
Βούλας	71,0
Νεοχωρίτη 1 (Φράγμα Νεοχωρίτη)	17,1
Νεοχωρίτη 2	17,1
Νεοχωρίτη 3	25,0
Θεόπετρας	21,5
Ληθαίου	25,0
Κάτω Ληθαίου	25,0
Σαρακίνας	39,4

Πορταϊκού-Πηνειού	25,0
Παμίσου-Πηνειού (Γεφ.Μεσδανίου)	25,0
Δυτικής Κοίτης	25,0
Πηνειού (Γεφ.Αλή Εφέντη)	25,0
Μ.Ρέματος 1	25,0
Μ.Ρέματος 2	25,0

***Πίνακας 3.5**: Βέλτιστες τιμές κλάσματος διήθησης/κατείσδυσης ανά λεκάνη*

Λεκάνη	**Ποσοστό μηνιαίας ωφέλιμης βροχόπτωσης (%)**											
	Οκτ	**Νοε**	**Δεκ**	**Ιαν**	**Φεβ**	**Μαρ**	**Απρ**	**Μαϊ**	**Ιουν**	**Ιουλ**	**Αυγ**	**Σεπ**
Λογγά	100	100	100	50	93	0	0	61	72	87	65	45
Γάβρου	100	100	100	69	43	0	0	2	97	83	88	80
Ίωνα	100	100	100	100	0	0	0	0	32	86	100	100
Μαλακασίου	100	100	100	100	0	0	0	0	76	93	100	100
Κλεινοβίτη	100	100	100	100	0	0	0	0	76	93	100	100
Πύλης	100	100	0	0	0	0	0	28	17	40	94	94
Μουζακίου	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	50	61
Βόρειου Κόζιακα	100	100	100	81	0	0	0	0	40	50	60	15
Νότιου Κόζιακα	100	100	100	81	0	0	0	0	40	50	60	15
Βούλας	100	100	100	36	0	0	0	0	40	50	89	40
Νεοχωρίτη 1	100	100	100	43	0	0	0	0	40	45	71	40
Νεοχωρίτη 2	100	100	100	43	0	0	0	0	40	45	71	40
Νεοχωρίτη 3	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Θεόπετρας	92	53	90	57	98	94	72	96	1	2	88	90
Ληθαίου	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Κάτω Ληθαίου	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Σαρακίνας	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Πορταϊκού-Πηνειού	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Παμίσου-Πηνειού	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Δυτικής Κοίτης	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Πηνειού	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Μ. Ρέματος 1	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35
Μ. Ρέματος 2	100	100	100	40	0	0	0	0	40	55	65	35

***Πίνακας 3.6**: Βέλτιστες τιμές ποσοστού ωφέλιμης βροχόπτωσης ανά λεκάνη*

Ποτάμι/Θέση	Διήθηση από την κοίτη ποταμών
Ίων/Γάβρος	55.5
Πηνειός/Σαρακίνα	32.5

***Πίνακας 3.7**: Βέλτιστες τιμές ποσοστού διήθησης από τις κοίτες των ποταμών*

Κεφάλαιο 4

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ A1B ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 Παγκόσμια σενάρια εκπομπών SRES

4.2 Παγκόσμια και Περιφερειακά κλιματικά μοντέλα (GCM/RCM)

4.2.1 Μελλοντικές προβλέψεις κλιματικών μοντέλων για το παγκόσμιο κλίμα

4.3 Επεξεργασία μελλοντικών κλιματικών χρονοσειρών για την περιοχή μελέτης

4.4 Παρουσίαση μελλοντικών κλιματικών προβλέψεων για την περιοχή μελέτης

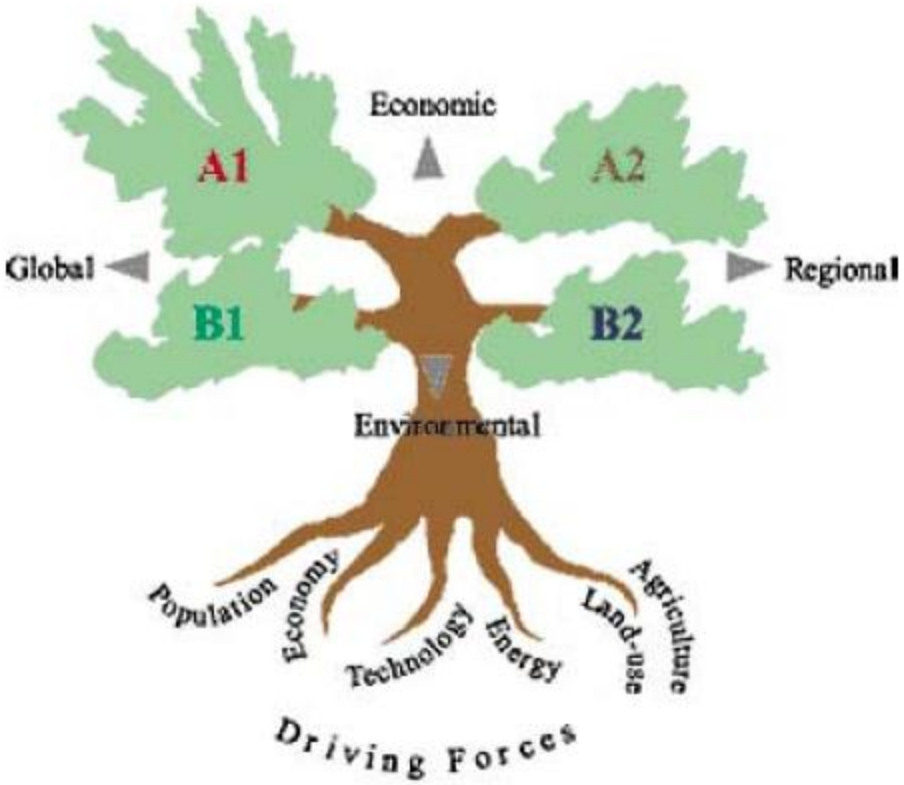
4.1 Παγκόσμια σενάρια εκπομπών SRES

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO - World Meteorological Organisation) και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UNEP - United Nations Environment Programme) συνέβαλαν από κοινού το 1988 στην ίδρυση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). Πρόκειται για ένα διακυβερνητικό όργανο, στο οποίο μπορούν να συμμετέχουν όλα τα κράτη-μέλη των δύο παραπάνω οργανισμών. Ο κύριος στόχος της δημιουργίας του είναι η αξιολόγηση των επιστημονικών δεδομένων, που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή σε παγκόσμιο επίπεδο, και η σύνταξη εκθέσεων, που θα επισημαίνουν τις περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και θα διατυπώνουν ρεαλιστικές στρατηγικές ανταπόκρισης σε αυτές. Έτσι, στα πλαίσια της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή, έχουν δημιουργηθεί τρεις ομάδες εργασίας. Η πρώτη ομάδα εργασίας έχει ως στόχο την προετοιμασία εκθέσεων σχετικά με τη διαθέσιμη επιστημονική πληροφορία πάνω στην κλιματική αλλαγή. Η δεύτερη ομάδα εργασίας έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, η τρίτη ομάδα εργασίας είναι προσανατολισμένη στη διατύπωση στρατηγικών αποτροπής της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογής στις επιπτώσεις αυτής. Από την ίδρυσή της μέχρι σήμερα η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή έχει δημοσιεύσει τέσσερις εκθέσεις αξιολόγησης (1990, 1995, 2001, 2007). Η πέμπτη έκθεση αξιολόγησης αναμένεται το 2013-2014. Επίσης, εκτός από τις τακτικές εκθέσεις, κατά καιρούς δημοσιεύονται και ειδικές εκθέσεις, τεχνικά έγγραφα και εκθέσεις μεθοδολογίας (IPCC, 2010).

Μια από τις σημαντικότερες εκθέσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή αποτελεί η Ειδική Έκθεση πάνω στα Σενάρια Εκπομπών (SRES - Special Report on Emissions Scenarios) (IPCC, 2000). Η έκθεση αυτή περιλαμβάνει τέσσερις συνεκτικές αφηγήσεις για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εξελιχθεί ο πλανήτης μελλοντικά σε δημογραφικό, κοινωνικό, οικονομικό, περιβαλλοντικό και τεχνολογικό επίπεδο. Κάθε μία από αυτές τις ποιοτικές αφηγήσεις στη συνέχεια ποσοτικοποιείται με τη δημιουργία σεναρίων. Προφανώς, για κάθε αφήγηση μπορούν να διατυπωθούν πολλά εναλλακτικά σενάρια, που θα διατηρούν τις βασικές παραδοχές της αφήγησης, αλλά θα διαφοροποιούνται σε επιμέρους στοιχεία. Έτσι, για τις τέσσερις αφηγήσεις έχουν διατυπωθεί 40 διαφορετικά σενάρια. Το βασικό χαρακτηριστικό της έκθεσης SRES είναι ότι επιχειρεί να συνδέσει τις κινητήριες δυνάμεις των παραπάνω αλλαγών σε δημογραφικό, κοινωνικό, οικονομικό, περιβαλλοντικό και τεχνολογικό επίπεδο με την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και αερολυμάτων. Συνεπώς, για κάθε σενάριο που διατυπώνεται, ταυτόχρονα εκτιμώνται και οι αναμενόμενες εκπομπές από την υλοποίησή του. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν να διερευνηθεί ένα μεγάλο εύρος πιθανών εξελίξεων και να αντιμετωπιστεί, εν μέρει, η αβεβαιότητα που ανακύπτει σε σχέση με τις μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αερολυμάτων.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι στην έκθεση SRES όλα τα σενάρια θεωρούνται ισοπίθανα και δεν υφίσταται κανενός είδους διάκριση, προτίμηση ή υποκειμενική αξιολόγηση του περιεχομένου τους. Επιπλέον, έχει αποφασιστεί τα σενάρια αυτά να μην λαμβάνουν υπόψη τις επιπρόσθετες πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, όπως είναι η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC - United Nations Framework Convention for Climate Change) ή οι στόχοι του Πρωτοκόλλου του Κυότο. Συνεπώς, τα σενάρια εκπομπών SRES μπορούν να αποτελέσουν τη βάση αναφοράς για σύγκριση με άλλα σενάρια, που θα ενσωματώνουν μέτρα και παρεμβάσεις (IPCC, 2000).

Όλα τα σενάρια που αναφέρονται στην ίδια αφήγηση συγκροτούν μια οικογένεια σεναρίων. Οι αφηγήσεις-οικογένειες σεναρίων που περιλαμβάνονται στην έκθεση SRES, και έκτοτε έχουν βρει ευρεία εφαρμογή, είναι οι A1 (με τις εξειδικεύσεις A1FI, A1T, A1B), A2, B1 και B2. Οι τέσσερις αφηγήσεις αναπτύσσονται ακολουθώντας δύο κάθετους άξονες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1: *Το δένδρο των αφηγήσεων SRES*
(Πηγή: IPCC, 2000)

Ο οριζόντιος άξονας αφορά τη χωρική διάσταση των αλλαγών και ο κατακόρυφος άξονας το είδος της ανάπτυξης. Στον οριζόντιο άξονα, το ένα άκρο καταλαμβάνεται από αλλαγές που

είναι αποτέλεσμα κοινής παγκόσμιας δράσης και το άλλο άκρο από αλλαγές που οφείλονται σε τοπική/περιφερειακή πρωτοβουλία. Στον κατακόρυφο άξονα, στο ένα άκρο τοποθετείται η ανάπτυξη που δίνει έμφαση στην παγκοσμιοποιημένη φιλελεύθερη οικονομία και τις αγορές και στο άλλο άκρο η ανάπτυξη που είναι προσανατολισμένη στη βιωσιμότητα/αειφορία και στην κατανομή των αγαθών με δίκαιο τρόπο. Κάθε αφήγηση κάνει μια παραδοχή σε σχέση με την τοποθέτησή της ως προς τους δύο άξονες.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων αφηγήσεων-ομάδων σεναρίων περιγράφονται παρακάτω (IPCC, 2000).

Βασικοί άξονες αφήγησης οικογένειας σεναρίων A1

- Περιφερειακή σύγκλιση σε οικονομικό, κοινωνικό και πολιτιστικό επίπεδο με παγκόσμιο προσανατολισμό
- Κορύφωση του παγκόσμιου πληθυσμού το 2050 και μετά πτώση
- Ταχεία οικονομική ανάπτυξη
- Ραγδαία εισαγωγή νέων και περισσότερο αποδοτικών τεχνολογιών
- Τρεις εκδοχές για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών:
  A1FI: Έμφαση σε ενέργεια από ορυκτά καύσιμα
  A1T: Έμφαση σε ενέργεια από μη ορυκτά καύσιμα
  A1B: Ισορροπία ανάμεσα σε ορυκτά και μη ορυκτά καύσιμα
- Το A1FI χαρακτηρίζεται από υψηλές εκπομπές, το A1B από μέτριες εκπομπές και το A1T από χαμηλές εκπομπές

Βασικοί άξονες αφήγησης οικογένειας σεναρίων A2

- Ετερογενής και κατακερματισμένος πλανήτης, όσον αφορά την οικονομική, κοινωνική, τεχνολογική και δημογραφική εξέλιξη, λόγω τοπικού/περιφερειακού προσανατολισμού
- Πολύ αργή σύγκλιση των δεικτών γονιμότητας, με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού
- Επιδίωξη αυτάρκειας/αυτοδυναμίας και διατήρησης της ιδιαίτερης τοπικής ταυτότητας
- Μέτριες-Υψηλές εκπομπές

Βασικοί άξονες αφήγησης οικογένειας σεναρίων B1

- Περιφερειακή σύγκλιση σε οικονομικό, κοινωνικό και πολιτιστικό επίπεδο με παγκόσμιο προσανατολισμό
- Κορύφωση του παγκόσμιου πληθυσμού το 2050 και μετά πτώση
- Ραγδαίες αλλαγές στις οικονομικές δομές, με μετάβαση σε οικονομία υπηρεσιών και πληροφορικής

- Καθαρές και περισσότερο αποδοτικές τεχνολογίες
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων
- Παγκόσμιες λύσεις για την επίτευξη οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας με ισότιμο τρόπο
- Μέτριες-Χαμηλές εκπομπές

Βασικοί άξονες αφήγησης οικογένειας σεναρίων B2

- Ετερογενής και κατακερματισμένος πλανήτης, όσον αφορά την οικονομική, κοινωνική, τεχνολογική και δημογραφική εξέλιξη, λόγω τοπικού/περιφερειακού προσανατολισμού
- Μέτρια οικονομική ανάπτυξη
- Πιο αργή και διαφοροποιημένη χωρικά τεχνολογική πρόοδος
- Πολύ αργή σύγκλιση των δεικτών γονιμότητας, με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού (σε ρυθμό μικρότερο από την αφήγηση A2)
- Τοπικές/Περιφερειακές λύσεις για την περιβαλλοντική προστασία και την κοινωνική δικαιοσύνη
- Χαμηλές εκπομπές

4.2 Παγκόσμια και Περιφερειακά κλιματικά μοντέλα (GCM/RCM)

Τα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα (GCM - Global Climate Models) και τα περιφερειακά κλιματικά μοντέλα (RCM - Regional Climate Models) επιχειρούν να μοντελοποιήσουν σύνθετες διεργασίες, που σχετίζονται με τη φυσική κλιματική μεταβλητότητα και την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή. Τέτοιες διεργασίες είναι η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, η κυκλοφορία των ωκεάνιων ρευμάτων, η αλληλεπίδραση της ωκεάνιας-ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, οι αλληλεπιδράσεις στεριάς-ατμόσφαιρας, ο κύκλος του άνθρακα, ο μηχανισμός μεταφοράς των αερολυμάτων, η ανάκλαση και η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς και τη χερσαία εδαφοκάλυψη, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα κλιματικά μοντέλα μπορούν να παράγουν την κατανομή της πίεσης, της θερμοκρασίας, της κατακρήμνισης και της ροής θερμότητας στην επιφάνεια των ωκεανών σε μεγάλη κλίμακα και να αναπαραστήσουν τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες στην επιφάνεια της θάλασσας, που συνδέονται με το φαινόμενο ENSO (El Niño/Southern Oscillation) (Van der Linden and Mitchell, 2009 · Koutsoyiannis, 2003 · Loucks at al., 2005).

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αερολυμάτων, που προβλέπονται σε κάθε σενάριο εκπομπών SRES, μπορούν να αποτελέσουν δεδομένα εισόδου στα κλιματικά μοντέλα. Ακόμη, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του μοντέλου, δεδομένα εισόδου μπορούν να αποτελέσουν η μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και οι εκλύσεις αερίων εξαιτίας της ηφαιστειακής δραστηριότητας (Van der Linden and Mitchell, 2009).

Η επίλυση των μαθηματικών εξισώσεων, που διέπουν τις περιγραφόμενες διεργασίες σε ένα κλιματικό μοντέλο και, επομένως, η παραγωγή των αποτελεσμάτων γίνεται επί ενός τρισδιάστατου κανάβου, που προσαρμόζεται πάνω στη επιφάνεια της Γης. Στον κάθετο άξονα υλοποιείται η διακριτοποίηση και των στρωμάτων της ατμόσφαιρας και των στρωμάτων των ωκεανών. Το επίπεδο διακριτοποίησης του κανάβου καθορίζει και το επίπεδο ανάλυσης που προσφέρεται στην προσομοίωση των αποτελεσμάτων. Τα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα διαθέτουν αραιότερο κάναβο από τα περιφερειακά, λόγω του σημαντικά ευρύτερου πεδίου που καλύπτουν. Συνήθως, η προσφερόμενη διακριτοποίηση από τα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα διαφέρει κατά μία τάξη μεγέθους σε σχέση με τα περιφερειακά (πχ. 250 km έναντι 25 km). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η διακριτοποίηση του κανάβου είναι μια παράμετρος που εξαρτάται από το είδος του μοντέλου και μπορεί να μεταβάλλεται με βάση τις υπολογιστικές δυνατότητες που υφίστανται κάθε φορά.

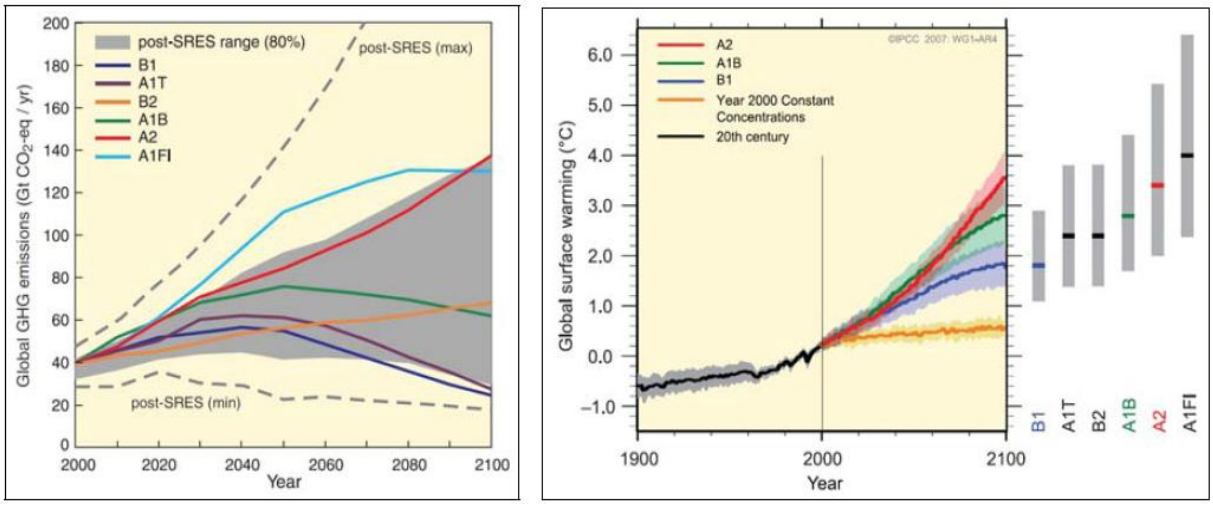
Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η διακριτική ικανότητα ενός παγκόσμιου κλιματικού μοντέλου είναι τέτοια που δεν επιτρέπει την ευχερή αξιοποίηση της παραγόμενης πληροφορίας σε εφαρμογές με αντικείμενο τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Συνήθως, τέτοιες εφαρμογές απαιτούν δεδομένα σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή σε επίπεδο μετεωρολογικού σταθμού. Επομένως, οι εκτιμήσεις που παράγονται για την μελλοντική εξέλιξη των υδροκλιματικών μεταβλητών (πχ. θερμοκρασία, βροχόπτωση) είναι ανάγκη να επανεκτιμώνται σε νέα μικρότερη κλίμακα, με μεγαλύτερη τοπική εξειδίκευση.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται “καταβιβασμός” και μπορεί να είναι είτε δυναμικός είτε στατιστικός. Ο δυναμικός καταβιβασμός εκτελείται μέσω των περιφερειακών κλιματικών μοντέλων, στα οποία τα δεδομένα εξόδου των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων εισάγονται ως συνθήκες εξαναγκασμού. Ο στατιστικός καταβιβασμός εκτελείται μέσω της στατιστικής συσχέτισης των μεταβλητών εξόδου των παγκόσμιων (ή και των περιφερειακών) κλιματικών μοντέλων και των τοπικών υδροκλιματικών μεταβλητών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται τρεις τεχνικές στατιστικού καταβιβασμού. Πρόκειται για τη συνάρτηση μεταφοράς, την καιρική τυποποίηση και τη γεννήτρια καιρού (Chen et al., 2011).

Λόγω της ελλιπούς κατανόησης του συνόλου των μηχανισμών που επηρεάζουν το κλίμα, των πολλών αβεβαιοτήτων που υπεισέρχονται κατά τη μοντελοποίηση τόσο σύνθετων φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών, της μειωμένης ακρίβειας που παρουσιάζει το κάθε μεμονωμένο κλιματικό μοντέλο στην προσομοίωση του πραγματικού κλίματος και των εγγενών αβεβαιοτήτων κατά τον καταβιβασμό των αποτελεσμάτων σε τοπική κλίμακα, τα κλιματικά μοντέλα έχουν δεχθεί έντονη κριτική (Koutsoyiannis, 2003 · Cudennec et al., 2007 · Van der Linden and Mitchell, 2009 · Maraun et al., 2010 · Mishra and Singh, 2011 · Chen et al., 2011). Έτσι, καταβάλλεται συνεχώς μεγάλη προσπάθεια για την βελτίωση των αδυναμιών που εμφανίζουν.

4.2.1 Μελλοντικές προβλέψεις κλιματικών μοντέλων για το παγκόσμιο κλίμα

Περίπου στα μέσα του 18^{ου} αιώνα η συγκέντρωση CO_2 στην ατμόσφαιρα εκτιμάται ότι ανερχόταν σε 270 ppm. Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα η συγκέντρωση CO_2 πλησίαζε αντίστοιχα τα 370 ppm. Τα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί, παρά τις μεταξύ τους διαφορές, γενικώς συμφωνούν ότι η συνέχιση της αύξησης της συγκέντρωσης του CO_2, των λοιπών αερίων του θερμοκηπίου και των αερολυμάτων θα οδηγήσει σε αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας. Οι προβολές που γίνονται μέχρι το 2100 δίνουν ένα εύρος μεταξύ 1,1 και 6,4 ^{o}C, ανάλογα με το σενάριο SRES που υιοθετείται. Συγκριτικά, από το 1906 μέχρι και το 2005 η αντίστοιχη παρατηρημένη αύξηση της θερμοκρασίας υπολογίζεται σε 0,74 ^{o}C (IPCC, 2007). Στην Εικόνα 4.2 παρουσιάζονται οι προβλέψεις της 4^{ης} Έκθεσης Αξιολόγησης (AR4) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή, όσον αφορά τις παγκόσμιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και τη μεταβολή της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας ανά σενάριο εκπομπών SRES.



Εικόνα 4.2: *Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και μεταβολή της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας για τα διάφορα σενάρια εκπομπών SRES*
(Πηγή: IPCC, 2007)

Παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας, εκτιμάται ότι η χωροχρονική κατανομή και η ένταση της κατακρήμνισης θα μεταβληθεί. Οι προσομοιώσεις των κλιματικών μοντέλων υποδεικνύουν ότι στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη πρέπει να αναμένονται αυξημένες κατακρημνίσεις, ενώ στα μεσαία και χαμηλά γεωγραφικά πλάτη η κατακρήμνιση είναι πολύ πιθανόν να περιοριστεί. Επιπλέον, αναμένεται αύξηση της συχνότητας εμφάνισης και της έντασης ακραίων φαινομένων (πχ. τροπικές καταιγίδες, τυφώνες, πλημμύρες, καύσωνες και ξηρασίες) (IPCC, 2007).

4.3 Επεξεργασία μελλοντικών κλιματικών χρονοσειρών για την περιοχή μελέτης

Οι κλιματικές χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία χορηγήθηκαν από το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για χρονοχειρές που παρήχθησαν στα πλαίσια του ευρωπαϊκού κοινοτικού προγράμματος ENSEMBLES, στο οποίο το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ήταν ένα από τα συμβαλλόμενα μέρη. Το παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο που εφαρμόστηκε ήταν το ECHAM5, που έχει αναπτυχθεί από το Ινστιτούτο Max Planck. Το σενάριο εκπομπών που χρησιμοποιήθηκε ήταν το A1B. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του ECHAM5 υπέστησαν δυναμικό καταβιβασμό με την εφαρμογή του περιφερειακού κλιματικού μοντέλου RACMO2_v2.1, που αναπτύχθηκε από το Βασιλικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο της Ολλανδίας (KNMI). Ο κάναβος που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο RACMO2 είχε διακριτότητα 25 km. Επίσης, το πακέτο λογισμικού που αφορά τις φυσικές διεργασίες βασίστηκε στο μοντέλο Cycle23 (4^{η} έκδοση) του Ευρωπαϊκού Κέντρου Καιρικών Προβλέψεων Ενδιάμεσης Κλίμακας (ECMWF - European Centre for Medium-range Weather Forecasts). Οι χρονοσειρές που παραδόθηκαν αφορούσαν την ημερήσια κατακρήμνιση και την ημερήσια ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία για τις γεωγραφικές συντεταγμένες των σταθμών της Θεσσαλίας και για την περίοδο 1960-2100. Η περίοδος 1960-1990 αποτελεί την περίοδο αναφοράς. Δηλαδή, η μεταβολή όλων των μεγεθών υπολογίζεται με βάση τη μέση τιμή αυτής της περιόδου.

Μια πρώτη επεξεργασία που έγινε ήταν ο υπολογισμός της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, ως μέση τιμή των δύο ακραίων ημερήσιων τιμών. Στη συνέχεια, εξήχθησαν οι μηνιαίες χρονοσειρές κατακρήμνισης και θερμοκρασίας, με χρήση του λογισμικού ανάλυσης χρονοσειρών Υδρογνώμων, που έχει αναπτυχθεί στο ΕΜΠ (Kozanis et al., 2005). Η περίοδος ενδιαφέροντος ήταν το χρονικό διάστημα 10/2014 – 9/2030. Επιπλέον, οι μηνιαίες χρονοσειρές χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για τη δημιουργία νέων χρονοσειρών, που περιλαμβάνουν του κυλιόμενους μέσους όρους πενταετίας ανά μήνα (πχ. Οκτώβριος 2014-2018, Νοέμβριος 2014-2018 κ.ο.κ) (Kossida, 2012). Έτσι, κάθε “μηνιαία” τιμή αυτής της χρονοσειράς δεν αντιπροσωπεύει μόνο έναν μήνα, αλλά τον μέσο όρο του μήνα για τα επόμενα πέντε έτη. Με αυτόν τον τρόπο, επιχειρείται να επαναπροσδιοριστεί το χρονικό πλαίσιο στο οποίο αναφέρονται τα αποτελέσματα του κλιματικού μοντέλου. Καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε αυτά να μην θεωρηθούν συγκεκριμένες προβλέψεις για έναν μελλοντικό μήνα, αλλά περισσότερο να αντιμετωπιστούν ως πιθανές τιμές γύρω από μια μέση τιμή πενταετίας. Ακόμη, η προσέγγιση των κυλιόμενων πενταετιών παρέχει σαφέστερη εποπτεία των τάσεων εξέλιξης της θερμοκρασίας και της κατακρήμνισης σε βάθος δεκαπενταετίας.

Σε δεύτερο επίπεδο πραγματοποιήθηκε σύγκριση των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων χρονοσειρών ανά σταθμό για το κοινό διάστημα 1980-2010. Τα κριτήρια σύγκρισης ήταν η υπερετήσια μέση τιμή και η υπερετήσια τυπική απόκλιση για κάθε μήνα του έτους (Kossida, 2012). Επειδή παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις, ιδίως κατά τους

θερινούς μήνες, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί κάποια τεχνική διόρθωσης των προσομοιωμένων χρονοσειρών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες τέτοιες τεχνικές (Maraun et al., 2010 · Chen et al., 2011). Συνήθως, οι μελλοντικές προσομοιωμένες τιμές διορθώνονται, με βάση κάποια διαφορά ή κάποιο λόγο των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων τιμών για την ίδια ιστορική περίοδο. Γενικώς, η διαφορά εφαρμόζεται στις μέσες τιμές της θερμοκρασίας και ο λόγος στις μέσες τιμές της κατακρήμνισης και στις τυπικές αποκλίσεις τόσο της θερμοκρασίας όσο και της κατακρήμνισης.

Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας στη συγκεκριμένη περίπτωση οδήγησε σε μια σημαντική διαστρέβλωση, όσον αφορά τις κατακρημνίσεις. Ενώ το ποιοτικό συμπέρασμα που προέκυπτε από τις μη διορθωμένες χρονοσειρές ήταν η μείωση της ετήσιας κατακρήμνισης στο μέλλον, μετά από τη διόρθωση η μελλοντική ετήσια κατακρήμνιση εμφανιζόταν πολλές φορές μεγαλύτερη από την ιστορικά παρατηρημένη. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, και οι μέσες τιμές των προσομοιωμένων μελλοντικών κατακρημνίσεων διορθώθηκαν τελικώς με βάση τη διαφορά και όχι το λόγο των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων κατακρημνίσεων για την ίδια ιστορική περίοδο. Η τεχνική αυτή βελτίωσε σημαντικά τα παραγόμενα αποτελέσματα, αφού διατηρήθηκαν όλα τα βασικά ποιοτικά συμπεράσματα των μη διορθωμένων χρονοσειρών και σε μηνιαίο και σε ετήσιο επίπεδο.

Οι διορθώσεις που υπέστησαν οι μηνιαίες μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις της θερμοκρασίας και της κατακρήμνισης δίνονται από τις εξισώσεις 4.1 και 4.2.

$$m_{sim(correct)}^{fut} = m_{sim}^{fut} + (m_{obs} - m_{sim}^{hist}) \tag{4.1}$$

$$s_{sim(correct)}^{fut} = s_{sim}^{fut} \cdot (s_{obs}/s_{sim}^{hist}) \tag{4.2}$$

όπου m είναι η μέση τιμή της θερμοκρασίας ή της κατακρήμνισης, s η τυπική απόκλιση της θερμοκρασίας ή της κατακρήμνισης, sim ο δείκτης για τις προσομοιωμένες τιμές, obs ο δείκτης για τις παρατηρημένες τιμές, hist ο εκθέτης για τις προσομοιωμένες τιμές μιας ιστορικής περιόδου, fut ο εκθέτης για τις προσομοιωμένες τιμές μιας μελλοντικής περιόδου και correct ο δείκτης για τις διορθωμένες τιμές.

Η προσαρμογή των μελλοντικών προσομοιωμένων χρονοσειρών στις νέες μηνιαίες μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις εκτελέστηκε σε δύο βήματα. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε κανονικοποίηση ως προς τις υφιστάμενες μηνιαίες μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις, ώστε να προκύψει η κανονικοποιημένη μεταβλητή z_{sim}^{fut}. Στη συνέχεια, η κανονικοποιημένη μεταβλητή z_{sim}^{fut} πολλαπλασιάστηκε με τη διορθωμένη τυπική απόκλιση $s_{sim(correct)}^{fut}$ και

προστέθηκε στη διορθωμένη μέση τιμή $m_{sim(correct)}^{fut}$. Η διορθωμένη χρονοσειρά κατακρήμνισης ή θερμοκρασίας $X_{sim(correct)}^{fut}$ δίνεται από την εξίσωση 4.3.

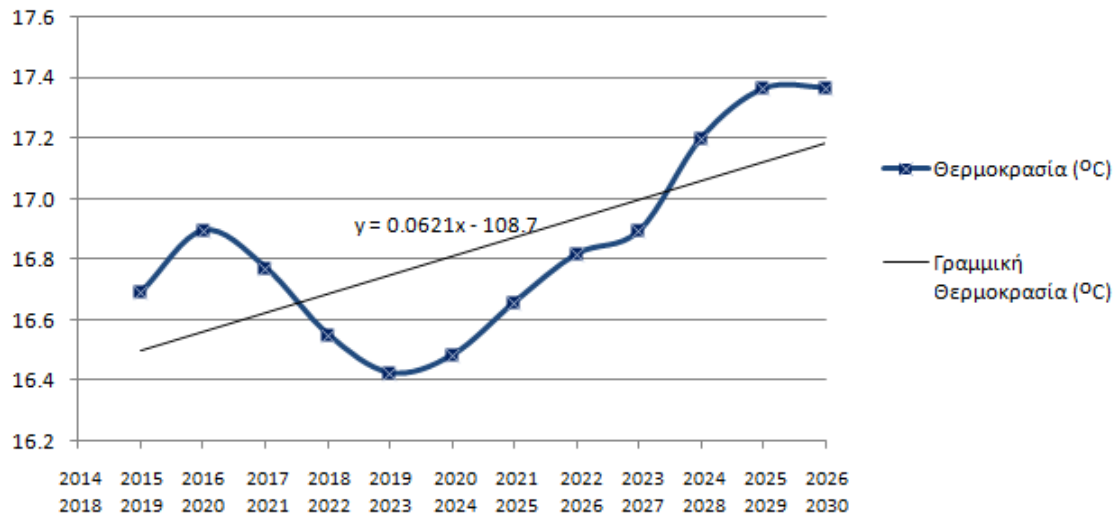
$$X_{sim(correct)}^{fut} = m_{sim(correct)}^{fut} + z_{sim}^{fut} \cdot s_{sim(correct)}^{fut} \tag{4.3}$$

4.4 Παρουσίαση μελλοντικών κλιματικών προβλέψεων για την περιοχή μελέτης

Έπειτα από τις προαναφερθείσες επεξεργασίες, οι διορθωμένες χρονοσειρές θερμοκρασίας και κατακρήμνισης αναλύθηκαν στατιστικά, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τον τρόπο μεταβολής τους στο μέλλον. Ειδικότερα, διερευνήθηκε η ετήσια, μηνιαία και εποχική συμπεριφορά τους. Επίσης, με βάση τους παραπάνω παράγοντες, εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη δυνητική εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς και στις αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης.

<u>Θερμοκρασία</u>

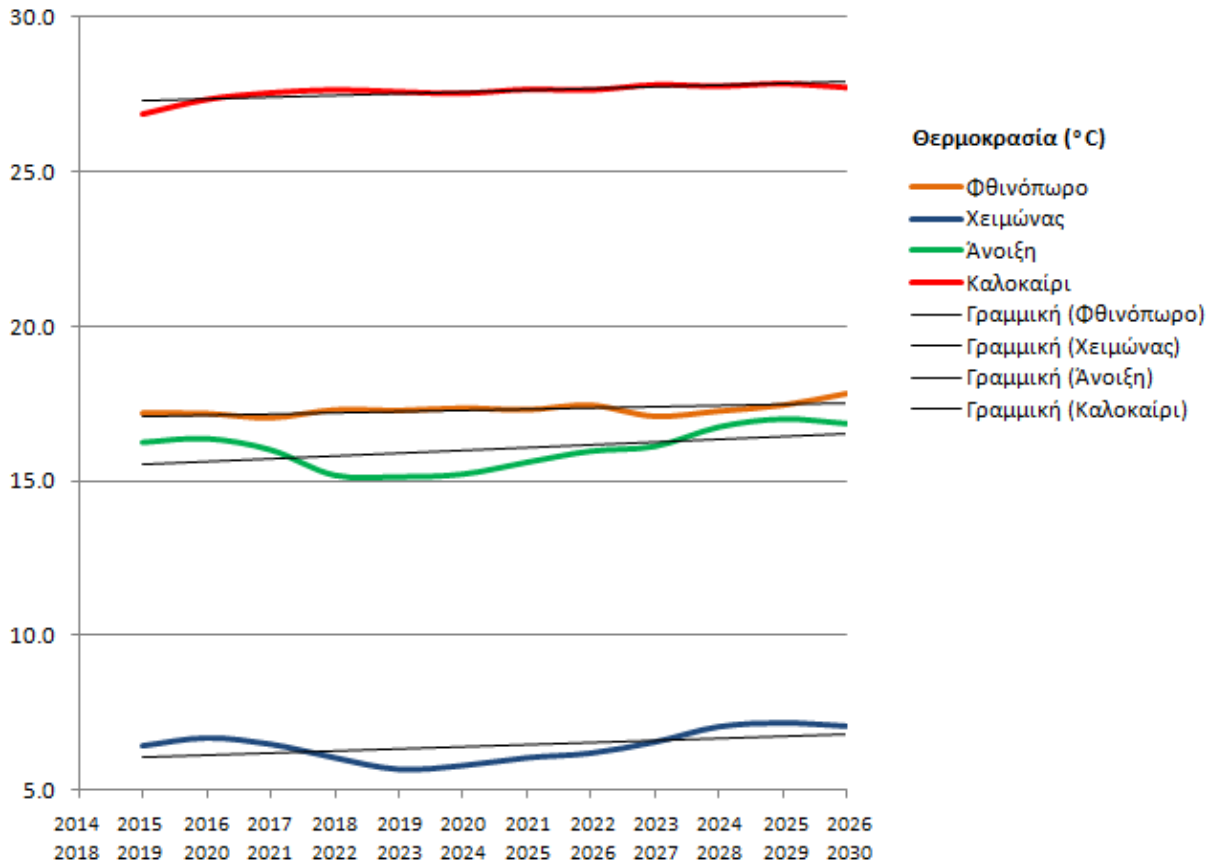
Η μέση ετήσια θερμοκρασία στο σταθμό των Τρικάλων για την περίοδο 2015-2030, εκτιμήθηκε ότι θα ανέλθει σε 16,8 ^{o}C (+3,5%), έναντι 16,3 ^{o}C την περίοδο 1981-2001. Μάλιστα, προς το τέλος της περιόδου θα προσεγγίσει τους 17,4 ^{o}C, εμφανίζοντας μια σχεδόν γραμμική αύξηση, ύστερα από μια σχετικά ψυχρότερη περίοδο περίπου ανάμεσα στα έτη 2018-2024. Τα συμπεράσματα αυτά αποτυπώνονται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: *Μέση ετήσια θερμοκρασία στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες)*

Όσον αφορά τη μηνιαία θερμοκρασία, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν εμφάνιζε κάποια ομοιογενή τάση αύξησης ή μείωσης, ακόμη και για μήνες που ανήκουν στην ίδια εποχή του χρόνου. Υπήρχαν μήνες με περίπου σταθερή πτώση, άλλοι μήνες με περίπου σταθερή αύξηση, ενώ υπήρχαν και μήνες με σημαντικές διακυμάνσεις στο πέρασμα του χρόνου. Όπως παρατηρήθηκε, οι τελευταίοι ήταν συνήθως οι μήνες μετάβασης από τη μία εποχή του χρόνου στην άλλη. Έτσι, ανάλογα με το πόσο ψυχρό ή θερμό ήταν το συνολικό έτος, αντίστοιχες τάσεις ανέπτυσσαν και αυτοί οι μήνες.

Σε εποχική βάση, αναμένεται αύξηση της θερμοκρασίας σε όλες τις εποχές. Η διακύμανση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη το χειμώνα και την άνοιξη και μικρότερη το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Η εποχική διακύμανση της θερμοκρασίας για την περίοδο 2014-2018 – 2026-2030 φαίνεται στο Σχήμα 4.2.



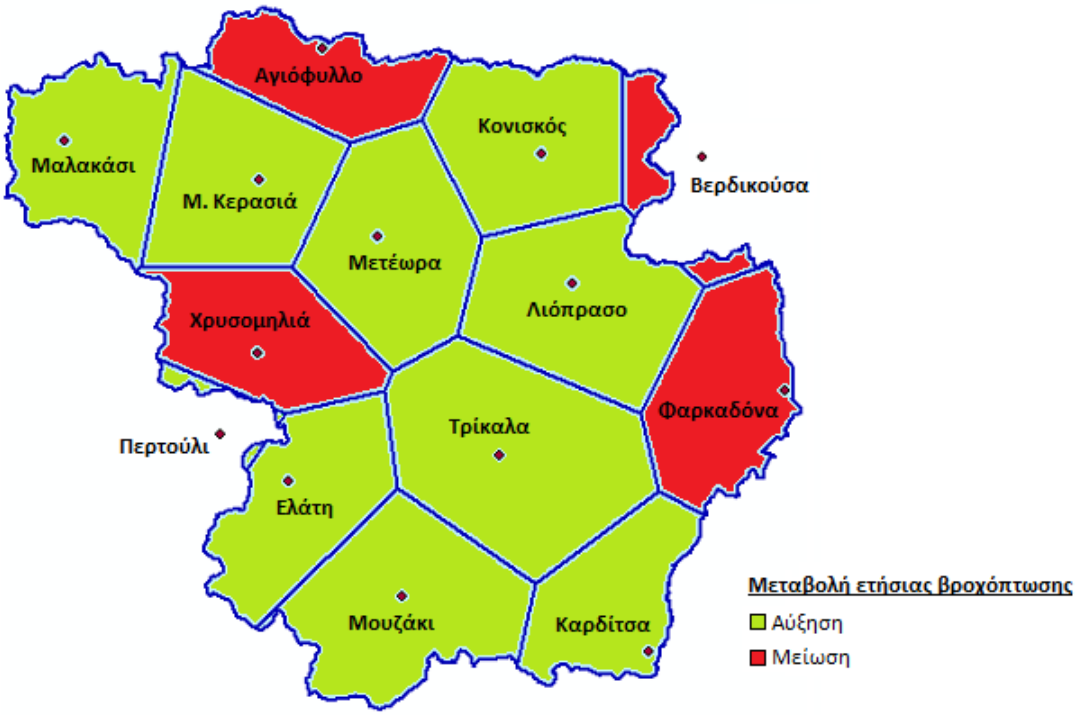
Σχήμα 4.2: *Μέση εποχική θερμοκρασία στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες)*

<u>Βροχόπτωση</u>

Όσον αφορά τη βροχόπτωση, εκτιμάται ότι στο σύνολο της περιοχής μελέτης θα ανέλθει στα 862,8 mm (+0,7%), έναντι 856,8 mm, την περίοδο 1981-2010. Η τιμή αυτή προκύπτει

ύστερα από επιφανειακή ολοκλήρωση των σημειακών βροχοπτώσεων και υψομετρική διόρθωση, κατά τα πρότυπα της παραγράφου 2.6.1. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η οριακή αύξηση της βροχόπτωσης είναι το τελικό αποτέλεσμα επιμέρους αυξήσεων ή μειώσεων της βροχόπτωσης ανά σταθμό και ανά μήνα και σε καμία περίπτωση δεν εκφράζει μια ενιαία συμπεριφορά στο χώρο και στο χρόνο.

Πιο συγκεκριμένα, από τους 14 σταθμούς της περιοχής μελέτης οι 10 παρουσιάζουν ετήσια αύξηση και η 4 ετήσια μείωση. Η μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης κάθε σταθμού, σε σχέση με την περίοδο 1981-2010, παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.3.



Εικόνα 4.3: *Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της περιόδου 2015-2030 σε σχέση με την περίοδο 1981-2010 ανά σταθμό της περιοχής μελέτης*

Σε μηνιαίο επίπεδο, υπάρχουν 6 μήνες με αύξηση της βροχόπτωσης και 6 μήνες με μείωση. Αύξηση παρατηρείται τον Οκτώβριο, τον Νοέμβριο, το Φεβρουάριο, το Μάρτιο, το Μάιο και τον Ιούνιο, ενώ μείωση εμφανίζεται το Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο, τον Απρίλιο, τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο. Να σημειωθεί, πάντως, ότι ακόμη και στους σταθμούς με ετήσια αύξηση της βροχόπτωσης, η περίοδος Ιουλίου-Σεπτεμβρίου παρουσιάζει αξιόλογη μείωση. Η μηνιαία κατανομή της ετήσιας βροχόπτωσης και η μεταβολή της σε σχέση με την περίοδο 1981-2010 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

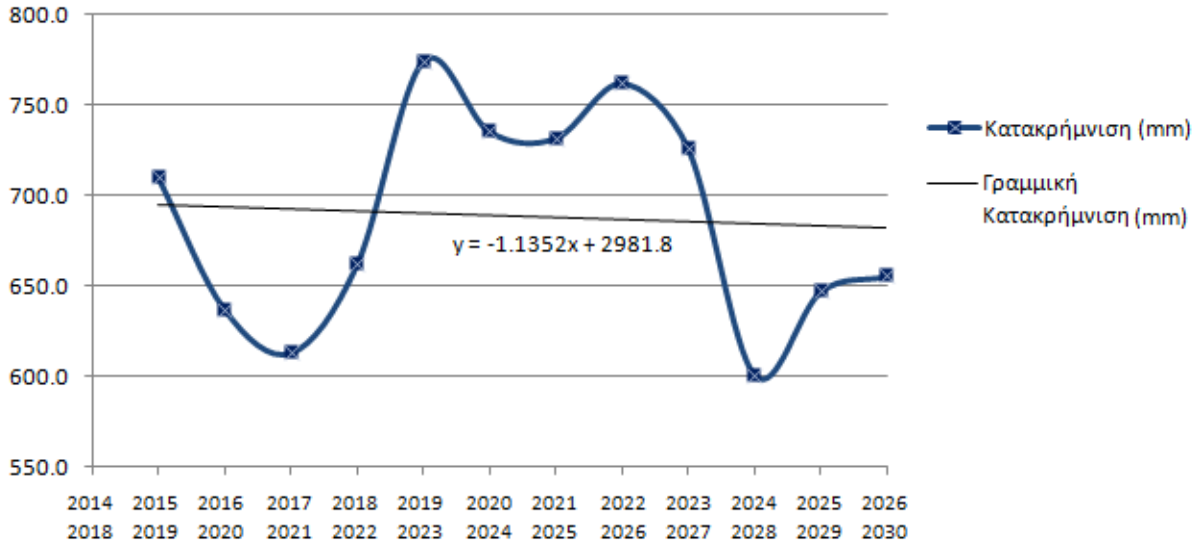
Μήνας	**Υψομετρικά διορθωμένη επιφανειακή βροχόπτωση 2015 - 2030 (mm)**	**Μεταβολή σε σχέση με 1981 - 2010 (mm)**	**Μεταβολή σε σχέση με 1981 - 2010 (%)**
Οκτ	116,5	19,0	19,5
Νοε	124,3	7,9	6,8
Δεκ	121,0	-5,9	-4,7
Ιαν	66,0	-25,4	-27,8
Φεβ	109,2	20,1	22,5
Μαρ	95,3	15,9	20,0
Απρ	58,6	-12,8	-17,9
Μαϊ	61,4	2,3	3,9
Ιουν	31,8	3,9	13,8
Ιουλ	24,7	-3,9	-13,7
Αυγ	23,8	-0,7	-3,0
Σεπ	30,3	-10,1	-25,0
Έτος	*862.8*		

Πίνακας 4.1: *Μηνιαία μέση βροχόπτωση περιοχής μελέτης για την περίοδο 2015-2030 και μεταβολή σε σχέση με την περίοδο 1981-2010*

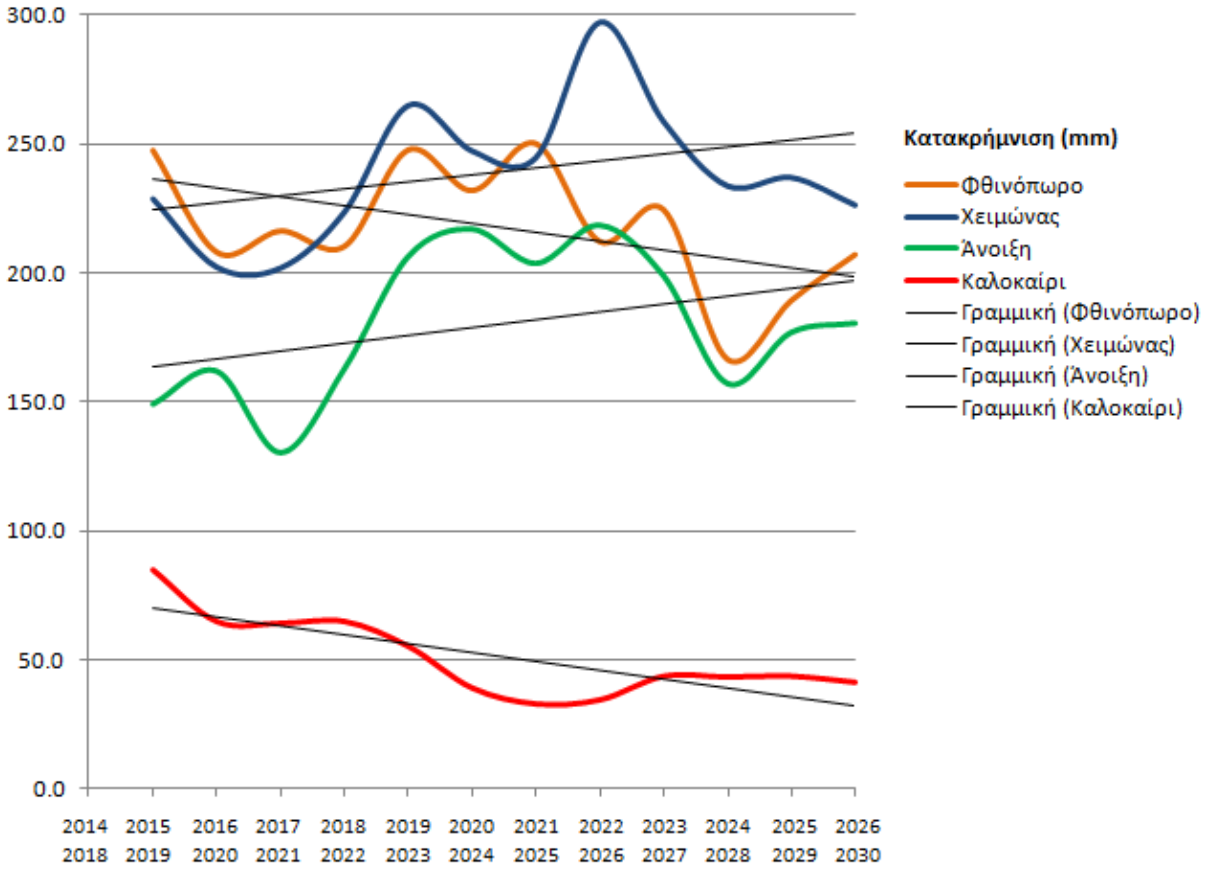
Σε εποχικό επίπεδο, η βροχόπτωση μειώνεται το χειμώνα και το καλοκαίρι και αυξάνεται το φθινόπωρο και την άνοιξη. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την τυπική αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), η μείωση της βροχόπτωσης ανέρχεται σε 21,4 mm (-8,5%).

Όσον αφορά την ετήσια διακύμανση της βροχόπτωσης κατά την περίοδο 2015-2030, το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι αρχικά παρατηρείται μια περίοδος μειωμένης βροχόπτωσης (κυλιόμενες πενταετίες 2016-2020 – 2018-2022), στη συνέχεια μια περίοδος αυξημένης βροχόπτωσης (κυλιόμενες πενταετίες 2019-2023 – 2023-2027) και τέλος μια νέα περίοδος μειωμένης βροχόπτωσης (κυλιόμενες πενταετίες 2024-2028 – 2026-2030). Επίσης, η συνολική τάση της βροχόπτωσης σε ετήσιο επίπεδο είναι φθίνουσα. Τα παραπάνω συμπεράσματα αποτυπώνονται στο Σχήμα 4.3, το οποίο αφορά το σταθμό των Τρικάλων, αλλά, με μικρότερες ή μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις, απηχεί τη γενική τάση στο σύνολο των σταθμών.

Σε εποχική βάση, τάσεις μείωσης της βροχόπτωσης παρουσιάζονται το φθινόπωρο και το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα και την άνοιξη καταγράφονται τάσεις αύξησης. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει ευκρινώς από το Σχήμα 4.4. Το Σχήμα 4.4 αφορά και πάλι το σταθμό των Τρικάλων, αλλά είναι αντιπροσωπευτικό της γενικής τάσης στο σύνολο των σταθμών.



Σχήμα 4.3: *Μέση ετήσια βροχόπτωση στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες)*



Σχήμα 4.4: *Μέση εποχική βροχόπτωση στα Τρίκαλα για την περίοδο 2014-18 – 2026-30 (κυλιόμενες πενταετίες)*

Εξατμοδιαπνοή - Αρδευτικές ανάγκες

Η δυνητική εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς υπολογίζεται ότι θα αυξηθεί από 1413,4 mm την περίοδο 1981-2001 σε 1446,1 mm (+2,3%) την περίοδο 2015-2030. Μάλιστα, προς το τέλος αυτής της περιόδου η τιμή της θα φτάσει περίπου τα 1473 mm. Εκτός από τον Νοέμβριο και τον Ιανουάριο, όλοι οι υπόλοιποι μήνες παρουσιάζουν άνοδο. Ιδίως κατά την αρδευτική περίοδο η αύξηση θα είναι μεγαλύτερη (+2,5%). Για τον υπολογισμό έγινε η παραδοχή ότι τα υπόλοιπα μεγέθη που εισέρχονται στην εξίσωση Penman-Monteith, πλην της θερμοκρασίας, κατά μέσο όρο διατηρούν τις ίδιες τιμές με το παρελθόν. Δεν χρησιμοποιήθηκε άλλη μέθοδος υπολογισμού, γιατί τότε τα δύο συγκρινόμενα μεγέθη δε θα είχαν ομοιογενή βάση σύγκρισης.

Ο συνδυασμός αυξημένης δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς και μειωμένης βροχόπτωσης κατά την αρδευτική περίοδο αναμένεται να επηρεάσει αυξητικά τις αρδευτικές ανάγκες των υφιστάμενων καλλιεργειών στην περιοχή μελέτης. Με βάση τα παραπάνω κλιματικά δεδομένα, υπολογίζεται ότι η αρδευτική ανάγκη του βαμβακιού θα αυξηθεί κατά 3,76%, του αραβόσιτου κατά 2,73%, του ζαχαρότευτλου κατά 2,69%, της μηδικής κατά 3,28% και των οπωροφόρων δένδρων κατά 3,92%. Αν η σύνθεση του τυπικού γεωργικού στρέμματος στην περιοχή μελέτης παραμείνει σταθερή, τότε η ετήσια αρδευτική ανάγκη της περιόδου 2015-2030 θα είναι αυξημένη κατά 3,4%.

Μεταβλητή	**Μέση τιμή 2015 - 2030**	**Μεταβολή σε σχέση με 1980 - 2010 (mm)**	**Μεταβολή σε σχέση με 1980 - 2010 (%)**
Δυνητική εξατμοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς	1446,1	32,7	2,3
Πρωτογενής αρδευτική ανάγκη			
βαμβάκι	661,2	24,0	3,76
αραβόσιτος	758,9	20,2	2,73
ζαχαρότευτλο	737,3	19,3	2,69
μηδική	978,1	31,0	3,28
οπωροφόρα δένδρα	896,9	33,8	3,92

Πίνακας 4.2: *Δυνητική εξατμοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς και πρωτογενής αρδευτική ανάγκη καλλιεργειών περιοχής μελέτης για την περίοδο 2015-2030 σε σύγκριση με την περίοδο 1981-2010*

Κεφάλαιο 5

ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ G1: CONFIDENT & COMPETITIVE GREECE ΚΑΙ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Παγκόσμια και ευρωπαϊκά κοινωνικοοικονομικά σενάρια (GEO-4, SCENES)

5.2 Διατύπωση του ελληνικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece

5.2.1 Αφήγηση σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece

5.3 Προσομοίωση G1 με χρήση του λογισμικού International Futures (IFs)

5.4 Το υδατικό σενάριο P1: Εξειδίκευση σεναρίου G1 στην περιοχή μελέτης

5.1 Παγκόσμια και ευρωπαϊκά κοινωνικοοικονομικά σενάρια (GEO-4, SCENES)

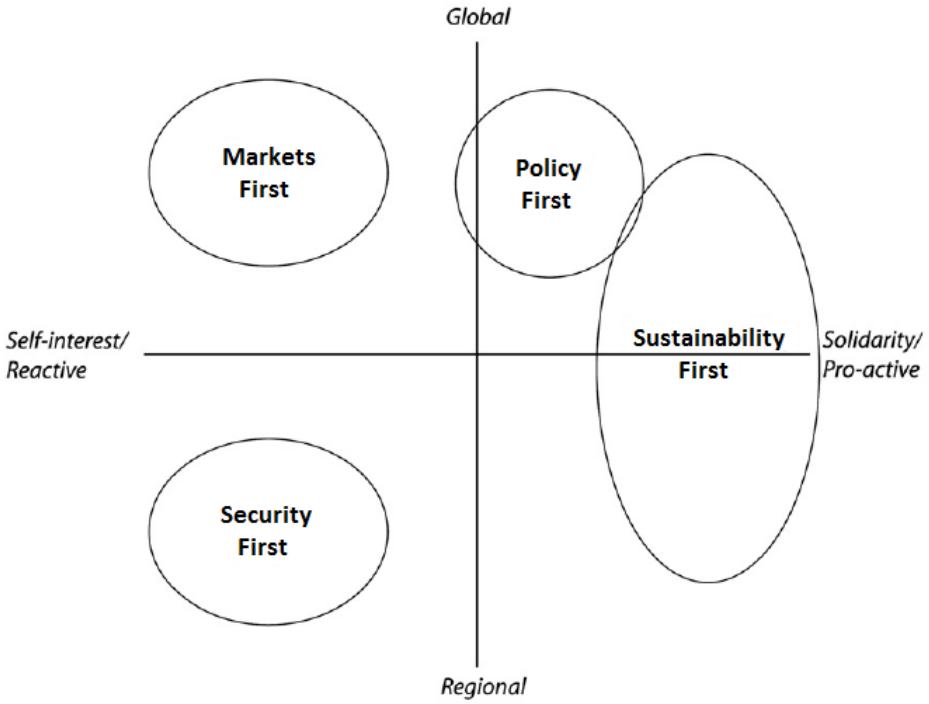
Τα σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αερολυμάτων της έκθεσης SRES (βλέπε παράγραφο 4.1) έχουν αποτελέσει το πρότυπο για τη δημιουργία και άλλων παγκόσμιων ή περιφερειακών κοινωνικοοικονομικών σεναρίων. Δύο τέτοια παραδείγματα είναι τα παγκόσμια κοινωνικοοικονομικά σενάρια GEO-4 και τα ευρωπαϊκά κοινωνικοοικονομικά σενάρια SCENES.

Τα παγκόσμια κοινωνικοοικονομικά σενάρια GEO-4 δημοσιεύτηκαν το 2007, στα πλαίσια της 4^{ης} Έκθεσης Αξιολόγησης για τις Προοπτικές του Παγκόσμιου Περιβάλλοντος (GEO-4 – 4th Global Environment Outlook Assessment Report) του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP - United Nations Environment Programme) (UNEP, 2007). Στόχος αυτών των σεναρίων είναι η διερεύνηση της επίδρασης που θα έχουν στο περιβάλλον, την ανάπτυξη και την ανθρώπινη ευημερία διαφορετικές πολιτικές αποφάσεις, κοινωνικές επιλογές, οικονομικές προσεγγίσεις και περιβαλλοντικές στάσεις. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία των σεναρίων GEO-4, οι βασικοί παράγοντες που θα καθορίσουν τις μελλοντικές εξελίξεις είναι το θεσμικό και κοινωνικοπολιτικό σύστημα, η δημογραφική σύσταση και εξέλιξη, η ζήτηση για οικονομικά αγαθά, η ρύθμιση του εμπορίου και των αγορών, η επιστημονική πρόοδος, η τεχνολογική καινοτομία και το κυρίαρχο σύστημα αρχών και αξιών.

Κάθε αφήγηση κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης στηρίζεται στην παραδοχή ότι ένας παράγοντας αλλαγής θα καταφέρει να έχει την πρωτοκαθεδρία ανάμεσα στους άλλους και, επομένως, θα καθοδηγήσει τις αλλαγές προς ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Έτσι, κάθε αφήγηση λαμβάνει ένα όνομα αντιπροσωπευτικό της κινητήριας δύναμης των εξελίξεων. Οι τέσσερις αφηγήσεις GEO-4 είναι οι εξής: “Πρώτα οι Αγορές” (Markets First), “Πρώτα η Ασφάλεια” (Security First), “Πρώτα η Πολιτική” (Policy First) και “Πρώτα η Βιωσιμότητα” (Sustainability First). Η αφήγηση “Πρώτα οι Αγορές” συσχετίζεται με την οικογένεια σεναρίων εκπομπών A1B, η αφήγηση “Πρώτα η Ασφάλεια” με την οικογένεια σεναρίων A2, η αφήγηση “Πρώτα η Πολιτική” με την οικογένεια σεναρίων B1 και η αφήγηση “Πρώτα η Βιωσιμότητα” με την οικογένεια σεναρίων B2.

Οι τέσσερις αφηγήσεις GEO-4, όπως και οι αφηγήσεις SRES, αναπτύσσονται ακολουθώντας δύο κάθετους άξονες, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.1. Ο κατακόρυφος άξονας αφορά τη χωρική διάσταση των αλλαγών και ο οριζόντιος άξονας την κυριαρχούσα νοοτροπία (είδος ανάπτυξης, κοινωνικές αξίες και τρόπος δράσης). Στον κατακόρυφο άξονα, το ένα άκρο καταλαμβάνεται από αλλαγές που είναι αποτέλεσμα κοινής παγκόσμιας δράσης και το άλλο άκρο από αλλαγές που οφείλονται σε τοπική/περιφερειακή πρωτοβουλία. Στον οριζόντιο άξονα, στο ένα άκρο τοποθετείται η ανάπτυξη που δίνει έμφαση στην παγκοσμιοποιημένη φιλελεύθερη οικονομία, τις αγορές, το ιδιωτικό συμφέρον και τις διορθωτικές επεμβάσεις εκ των υστέρων και στο άλλο άκρο η ανάπτυξη που είναι

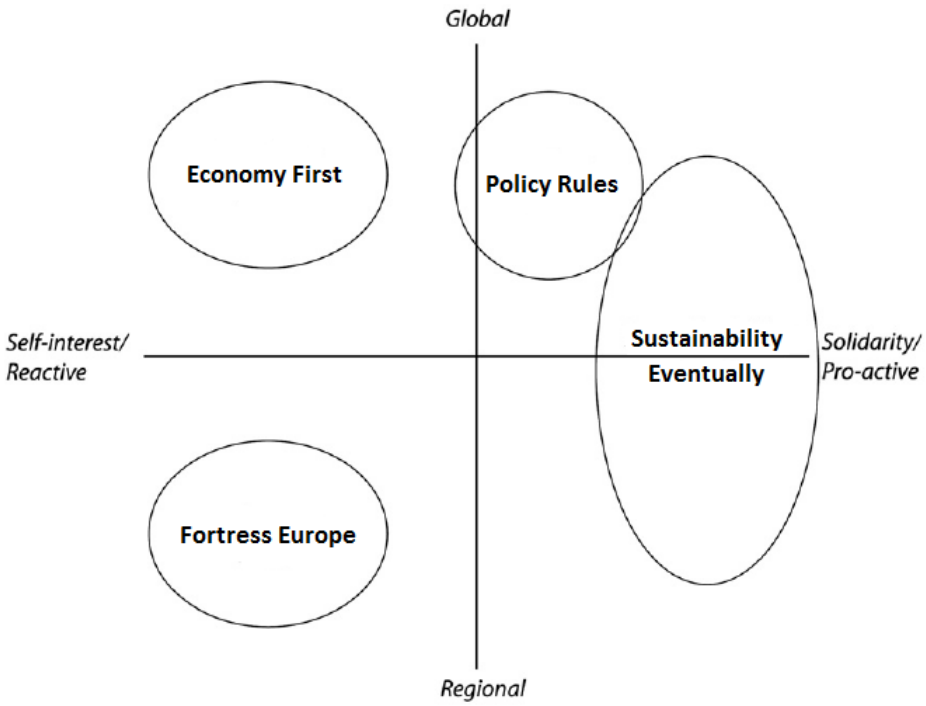
προσανατολισμένη στη βιωσιμότητα/αειφορία, την κατανομή των αγαθών με δίκαιο τρόπο, την αλληλεγγύη και τις προληπτικές δράσεις.



Σχήμα 5.1: *Η τοποθέτηση των αφηγήσεων GEO-4 σε σχέση με τη χωρική διάσταση των αλλαγών και την κυριαρχούσα νοοτροπία*
(Πηγή: Kok et al., 2011b)

Στα πλαίσια του ευρωπαϊκού κοινοτικού προγράμματος SCENES (water SCenarios for Europe and for NEighbouring States)(Kok et al., 2011a) αναπτύχθηκαν τέσσερις αφηγήσεις κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης με χρονικό ορίζοντα το 2050, κατά τα πρότυπα των αφηγήσεων GEO-4. Ωστόσο, το ενδιαφέρον τους επικεντρωνόταν μόνο στον ευρύτερο ευρωπαϊκό χώρο. Ειδικότερα, κάλυπταν τη γεωγραφική περιοχή που εκτείνεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό μέχρι τον Καύκασο και τα Ουράλια Όρη και από τις Σκανδιναβικές χώρες μέχρι τη Μεσόγειο, περικλείοντας και τις χώρες της βόρειας Αφρικής και της Εγγύς Ανατολής. Επίσης, ο στόχος των αφηγήσεων ήταν πιο εξειδικευμένος σε σχέση με τις αφηγήσεις GEO-4. Κάθε αφήγηση εστίαζε στις πιθανές επιπτώσεις των περιγραφόμενων κοινωνικοοικονομικών αλλαγών στην ποιότητα, τη διαθεσιμότητα και τη ζήτηση του νερού. Οι τέσσερις αφηγήσεις SCENES είναι οι εξής: “Πρώτα η Οικονομία” (Economy First), “Ευρώπη Οχυρό” (Fortress Europe), “Η Πολιτική κυριαρχεί” (Policy Rules) και “Βιωσιμότητα εν καιρώ” (Sustainability eventually). Από τις ονομασίες γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι η αφήγηση “Πρώτα η Οικονομία” αντιστοιχίζεται στην αφήγηση “Πρώτα οι Αγορές”, η αφήγηση “Ευρώπη Οχυρό” στην αφήγηση “Πρώτα η Ασφάλεια”, η αφήγηση “Η Πολιτική

κυριαρχεί" στην αφήγηση "Πρώτα η Πολιτική" και η αφήγηση "Βιωσιμότητα εν καιρώ" στην αφήγηση "Πρώτα η Βιωσιμότητα". Η τοποθέτηση των αφηγήσεων SCENES, σε σχέση με τους δύο βασικούς άξονες ανάπτυξης κοινωνικοοικονομικών σεναρίων, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2.

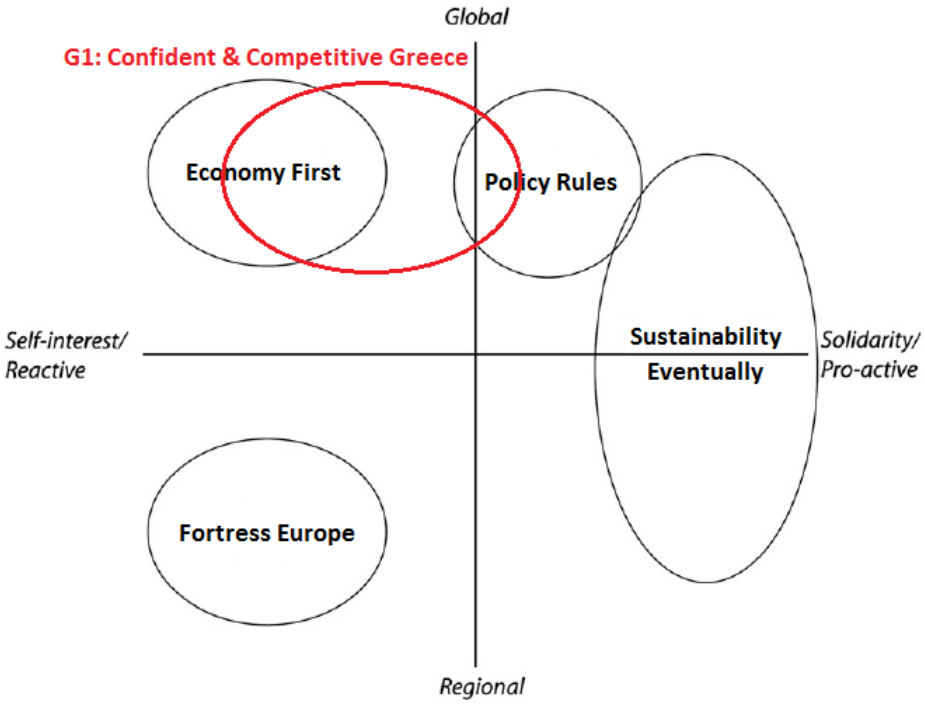


Σχήμα 5.2: *Η τοποθέτηση των αφηγήσεων* SCENES *σε σχέση με τη χωρική διάσταση των αλλαγών και την κυριαρχούσα νοοτροπία*
(Προέλευση: Kok et al., 2011b · μετά από προσαρμογή)

5.2 Διατύπωση του ελληνικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece

Το παγκόσμιο σενάριο εκπομπών που υιοθετείται στην παρούσα μελέτη είναι το A1B. Αυτό σημαίνει ότι σε παγκόσμιο επίπεδο αναμένεται να δοθεί έμφαση στην παγκοσμιοποιημένη φιλελεύθερη οικονομία και στην ισορροπημένη αξιοποίηση των ορυκτών και των μη ορυκτών καυσίμων. Όσον αφορά τις εξελίξεις στην Ελλάδα, αυτές αναμένεται να διαμορφωθούν σύμφωνα με το κοινωνικοοικονομικό σενάριο G1: Confident & Competitive Greece ("Ελλάδα με Αυτοπεποίθηση και Ανταγωνιστικότητα"). Πρόκειται για μια αφήγηση που εμπνέεται από την αντίστοιχη αφήγηση SCENES "Πρώτα η Οικονομία", ενώ δανείζεται και αρκετά στοιχεία και από την αφήγηση "Η Πολιτική κυριαρχεί". Η αφήγηση G1 είναι

προσαρμοσμένη στις ελληνικές συνθήκες. Η τοποθέτηση της αφήγησης G1, σε σχέση με τους δύο βασικούς άξονες ανάπτυξης σεναρίων, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3: *Η τοποθέτηση της αφήγησης G1: Confident & Competitive Greece σε σχέση με τη χωρική διάσταση των αλλαγών και την κυριαρχούσα νοοτροπία*
(Προέλευση: Kok et al., 2011b · μετά από προσαρμογή)

Τα βασικά χαρακτηριστικά του σεναρίου είναι η τάση παγκοσμιοποίησης της οικονομίας και φιλελευθεροποίησης των αγορών, η ισορροπημένη αξιοποίηση των ορυκτών και των μη ορυκτών ενεργειακών πόρων και η ενισχυμένη λήψη αποφάσεων σε υπερεθνικό επίπεδο, με καθοριστική επιρροή των παραγόντων της οικονομίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτήν την αφήγηση η Ελλάδα δεν ανταποκρίνεται παθητικά στις εξελίξεις. Αντίθετα, η ίδια η αφήγηση ενσωματώνει μια ενεργητική απόκριση στα εξωτερικά κοινωνικοοικονομικά ερεθίσματα. Πιο συγκεκριμένα, η αφήγηση εμπεριέχει ένα πλαίσιο συνεκτικών πολιτικών, που εκτιμάται ότι θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν, αν η Ελλάδα επεδίωκε να αποκτήσει ανταγωνιστικότητα και να αντιμετωπίσει με αυτοπεποίθηση τις διεθνείς εξελίξεις. Ο ορίζοντας της αφήγησης φτάνει μέχρι το 2030.

Εκτός από τη βασική αφήγηση, το σενάριο περιλαμβάνει και επιμέρους τομεακές εξειδικεύσεις για τις θεματικές ενότητες Διακυβέρνηση, Δημόσια Διοίκηση, Αυτοδιοίκηση, Δικαιοσύνη, Εκπαίδευση, Κατάρτιση, Οικονομία, Απασχόληση, Γεωργία, Κτηνοτροφία, Ιχθυοκαλλιέργεια, Αλιεία, Βιομηχανία, Λιανικό και Χονδρικό εμπόριο, Θαλάσσιο Εμπόριο,

Τουρισμός, Υπηρεσίες περίθαλψης ηλικιωμένων, Ειδικές ιατρικές υπηρεσίες, Περιβάλλον, Φυσικοί Πόροι, Χωροταξία, Υποδομές, Ενέργεια, Κλιματική Αλλαγή, Πληθυσμός και Μετανάστευση.

Ο βασικός κορμός της αφήγησης διαμορφώθηκε με βάση τις προβλέψεις των σεναρίων GEO-4 (UNEP, 2007), GEO-5 (UNEP, 2012) και SCENES (Kok et al., 2011a). Επίσης, καθοριστική ήταν η συμβολή της μελέτης "Greece 10 Years Ahead: Defining Greece's new growth model and strategy" (McKinsey & Company, 2012), αφού παρείχε σημαντικό υλικό για την τομεακή εξειδίκευση των σεναρίων. Σημαντικές πηγές πληροφόρησης για τις διακηρυγμένες κατευθύνσεις των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών ανά θεματική ενότητα και το νομοθετικό έργο ανά τομέα αποτέλεσαν οι ιστότοποι των αρμόδιων ελληνικών υπουργείων και δημοσίων φορέων, καθώς και η ηλεκτρονική πύλη της Ανοιχτής Διακυβέρνησης. Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκε υλικό από τις ιστοσελίδες των Υπουργείων Διοικητικής Μεταρρύθμισης και Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης, Εσωτερικών, Δικαιοσύνης, Διαφάνειας και Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων, Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού, Οικονομικών, Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Πρόνοιας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ναυτιλίας και Αιγαίου. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες από τις ιστοσελίδες της ΠΑΣΕΓΕΣ, του ΕΟΤ, του ΣΕΤΕ, του ΠΣΕ, του ΤΑΙΠΕΔ, του Φόρουμ για την Ψηφιακή Ελλάδα 2020 και της ηλεκτρονικής διαβούλευσης Μετάβαση σε μία Πράσινη Ελλάδα 2010-2020 (υπό την αιγίδα του ΕΛΙΑΜΕΠ, της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού και του ΕΚΕΠΕΚ).

Επιπλέον, όσον αφορά τον τομέα της Οικονομίας-Απασχόλησης, λήφθηκαν υπόψη οι προβλέψεις του 1^{ου} και του 2^{ου} Προγράμματος Οικονομικής Προσαρμογής, όπως αυτά συμφωνήθηκαν μεταξύ Ελλάδας και ΕΕ-ΕΚΤ-ΔΝΤ (European Commission, 2010 · European Commission, 2012). Επίσης, αξιοποιήθηκαν τα συμπεράσματα των τριμηνιαίων εκθέσεων του ΙΟΒΕ για την πορεία και τις μακροπρόθεσμες προοπτικές της ελληνικής οικονομίας (ΙΟΒΕ, 2011α · ΙΟΒΕ, 2011β · ΙΟΒΕ, 2011γ · ΙΟΒΕ, 2012).

Επιπροσθέτως, στον τομέα της Γεωργίας-Κτηνοτροφίας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το Εθνικό Σχέδιο Στρατηγικής Αγροτικής Ανάπτυξης 2007-2013 (ΥΠΑΑΤ, 2010), τη μελέτη "Η κατάσταση του αγροτικού τομέα: Εξελίξεις, Προβλέψεις, Προτεραιότητες" (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2011) και την έκθεση "Αυτάρκεια αγροτικών διατροφικών προϊόντων" (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2012). Όσον αφορά το μέλλον της ΚΑΠ μετά το 2013 και τις επιπτώσεις από την αναθεώρησή της, αξιοποιήθηκαν η σχετική έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής "Common Agricultural Policy towards 2020: Assessment of Alternative Policy Options" (European Commission, 2011a), καθώς και το ενημερωτικό σημείωμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής "The future of CAP direct payments" (European Commission, 2011b).

Επίσης, στον τομέα Περιβάλλον-Φυσικοί Πόροι ενσωματώθηκαν στοιχεία από τις απαιτήσεις της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ, καθώς και από το Προσχέδιο

Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011ι), για την πορεία εφαρμογής της οδηγίας.

Εκτός από τις υπόλοιπες πηγές, στον τομέα Ενέργεια-Κλιματική Αλλαγή αξιοποιήθηκαν οι μελέτες "World Energy Outlook" της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (IEA, 2010 · IEA, 2011a · IEA, 2011b), "Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός: Οδικός χάρτης για το 2050" (ΥΠΕΚΑ, 2012), "National Renewable Energy Action Plan in the scope of Directive 2009/28/EC" (20-20-20 Committee/CRES, 2010), "Ανάλυση Ενεργειακών Σεναρίων διείσδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα και επίτευξης των Εθνικών Στόχων του 2020 με χρήση των μοντέλων MARKAL, ENPEP, WASP, COST" (Επιτροπή 20-20-20, 2010) και "Επιδράσεις και αναγκαίες προσαρμογές για τη μεγάλης κλίμακας διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή" (Ασημακοπούλου κ.α., 2011).

Όσον αφορά τις ενεργειακές καλλιέργειες και τα βιοκαύσιμα, στους τομείς Γεωργία-Κτηνοτροφία και Ενέργεια-Κλιματική Αλλαγή, οι σχετικές αναφορές έλαβαν υπόψη τις εκθέσεις "Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development" (Larson, E.D., 2008) και "Biofuels - At what cost?: Government support for ethanol and biodiesel in the European Union" (Jung et al., 2010).

Στην ενότητα Πληθυσμός-Μετανάστευση αξιοποιήθηκαν τα συμπεράσματα του κοινοτικού προγράμματος PLUREL (Ravetz, 2008). Ειδικότερα, υιοθετήθηκαν οι εκτιμήσεις του σεναρίου A1 (αντίστοιχο του A1B και του Economy First) για μέτρια αύξηση της διεθνούς μετανάστευσης και ανακατανομή του εσωτερικού πληθυσμού από τα μεγάλα αστικά κέντρα προς τα περιαστικά, τις περιφερειακές πόλεις και την ύπαιθρο.

5.2.1 Αφήγηση σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece

Η διατύπωση της αφήγησης γίνεται σε τρία επίπεδα. Αρχικά, δίνεται το πλαίσιο της αφήγησης. Έπειτα, παρουσιάζεται η βασική αφήγηση, η οποία αξιοποιεί στοιχεία από πρόσφατη ερευνητική εργασία (Kossida, 2012). Κατόπιν, ακολουθεί η αναλυτική τομεακή εξειδίκευση, η οποία και αποτελεί σημαντικό καινοτόμο στοιχεία της παρούσας εργασίας.

<u>Πλαίσιο Αφήγησης</u>

Στα πλαίσια του σεναρίου αυτού οι κοινωνικές και οικονομικές εξελίξεις αποτελούν προϊόν συνεργασίας, ή κατά περίπτωση ανταγωνισμού, των φορέων της διακυβέρνησης και της διοίκησης με τις δυνάμεις της αγοράς και της ιδιωτικής οικονομίας. Ωστόσο, οι δεύτερες συνήθως επιβάλλουν την πλειοψηφία των θέσεών τους. Η πολιτική μπορεί να έχει τον τελευταίο λόγο, αλλά συχνά εμφανίζεται διστακτική να επιβάλλει αυστηρή ρύθμιση στις αγορές. Η επέμβασή της εκδηλώνεται μόνο σε μεγάλης σημασίας ζητήματα ή όταν

δημιουργούνται παγκόσμιες ανισορροπίες. Συνήθως, περιορίζεται στα συντονιστικά ή εκτελεστικά της καθήκοντα. Ακόμη, ρόλο στις εξελίξεις διεκδικούν οι οργανώσεις που εκφράζουν την κοινωνία των πολιτών. Σε ορισμένες επιπτώσεις επιτυγχάνουν εν μέρει να επηρεάσουν τις τελικές αποφάσεις.

Η σκοπιά αυτού του σεναρίου είναι παγκόσμια. Εκφράζει έναν κόσμο που συγκλίνει οικονομικά, κοινωνικά, τεχνολογικά και πολιτισμικά, ενώ η λήψη των αποφάσεων διαμορφώνεται σε επίπεδα υψηλότερα από το εθνικό. Το παγκόσμιο εμπόριο, οι μεταφορές και οι επικοινωνίες διευκολύνονται και επιταχύνονται με την κατάργηση των περιορισμών και των προστατευτικών μέτρων. Η λειτουργία της οικονομίας είναι παγκοσμιοποιημένη και φιλελεύθερη.

Στην Ευρώπη, η διακυβέρνηση και οι πολιτικές καθορίζονται κατά κύριο λόγο σε επίπεδο ΕΕ και Ευρωζώνης. Οι εθνικές κυβερνήσεις και οι περιφερειακές αρχές αναλαμβάνουν κυρίως την εξειδίκευση των κεντρικών πολιτικών ή την αντιμετώπιση τοπικών προβλημάτων. Οι χώρες τις Ευρωζώνης αποφασίζουν να προχωρήσουν στην οικονομική διακυβέρνηση της ένωσης, με την υιοθέτηση κοινού συμφώνου για την νομισματική, δημοσιονομική και αναπτυξιακή πολιτική και τη δημιουργία αντίστοιχων συντονιστικών και ελεγκτικών οργάνων. Επίσης, ασκούν πίεση και στις υπόλοιπες, εκτός Ευρωζώνης, χώρες της ΕΕ να υιοθετήσουν αντίστοιχες πολιτικές. Σε επόμενο στάδιο επιχειρείται να ενισχυθεί περαιτέρω η συνεργασία στους τομείς της άμυνας και της ασφάλειας, ενώ παράλληλα έρχονται στο επίκεντρο θέματα, όπως η αντιμετώπιση και η διαχείριση της κλιματικής αλλαγής και ο κοινός σχεδιασμός του ενεργειακού εφοδιασμού της Ευρώπης.

Καθώς η ευρωπαϊκή ενοποίηση προχωρά, η Ελλάδα προσπαθεί να παρακολουθήσει τις εξελίξεις και να διασφαλίσει τη συμμετοχή της σε αυτές. Ο ευρωπαϊκός προσανατολισμός της χώρας δεν αμφισβητείται, αλλά, εξαιτίας της οικονομικής κρίσης, απαιτείται ισχυρή προσπάθεια, ώστε να διατηρηθεί αλώβητος. Η χώρα οδηγείται στην υιοθέτηση μιας ανοιχτής, φιλελεύθερης οικονομίας, με εξυγίανση των αντιπαραγωγικών και αντιαναπτυξιακών δομών του κράτους. Βασική επιδίωξη καθίσταται η άνοδος της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας, σε όσους παραγωγικούς τομείς διαθέτει (ή μπορεί εύκολα να αποκτήσει) συγκριτικά πλεονεκτήματα. Στην όλη προσπάθεια κινητοποιείται ένα ευρύ φάσμα Ελλήνων, τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό.

Βασική Αφήγηση

Η περίοδος 2011-2015 αποτελεί μια μεταβατική, σταθεροποιητική περίοδο για την Ελλάδα. Σε αυτό το διάστημα προωθούνται σύνθετες και επίπονες οικονομικές μεταρρυθμίσεις. Η χώρα βρίσκεται υπό τη στενή παρακολούθηση των οργάνων της ΕΕ και της Ευρωζώνης, της ΕΚΤ, του ΔΝΤ και άλλων διεθνών οργανισμών, όπως ο ΟΟΣΑ. Η υλοποίηση των μεταρρυθμίσεων και η δημοσιονομική εξυγίανση προχωρά με μέτριο ρυθμό, βελτιώνοντας βέβαια το οικονομικό προφίλ της χώρας, αλλά χωρίς να σημειώνονται τα αναμενόμενα

αποτελέσματα από πλευράς ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας. Το γεγονός αυτό δημιουργεί φόβους ότι η ανάκαμψη της χώρας μπορεί να καθυστερήσει ή να αποδειχθεί εύθραυστη.

Η συνειδητοποίηση του παραπάνω κινδύνου ενεργοποιεί τα ευρωπαϊκά και ελληνικά αντανακλαστικά σε δύο κατευθύνσεις. Κατ' αρχήν, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, λαμβάνονται αποφάσεις που βελτιώνουν τη διαχείριση του ελληνικού χρέους, επιτρέπουν την ομαλότερη δημοσιονομική προσαρμογή και αυξάνουν την ρευστότητα της οικονομίας. Επίσης, προσφέρονται χρηματοδοτικά εργαλεία για την προώθηση αναπτυξιακών έργων. Σε ελληνικό επίπεδο, αυξάνει η πίεση για την άμεση εκπόνηση ενός Εθνικού Προγράμματος Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης. Το πρόγραμμα αυτό θέτει ως στόχους: πρώτον τη διαμόρφωση μακροπρόθεσμων, συναινετικών πολιτικών σε κρίσιμους παραγωγικούς τομείς της ελληνικής οικονομίας και δεύτερον τον καθορισμό του χρονικού πλαισίου υλοποίησης των αλλαγών.

Βασικές πτυχές του σχεδίου αποτελούν η βελτιστοποίηση της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και των πλουτοπαραγωγικών πηγών της χώρας (γη, υδατικοί πόροι, φυτικό και ζωικό κεφάλαιο, ιχθυοαπόθεμα, ορυκτός πλούτος, ενέργεια) με σεβασμό στο περιβάλλον, η αύξηση της ανταγωνιστικότητας, η άνοδος της παραγωγικότητας, η προώθηση των εξαγωγών, η προσέλκυση επενδύσεων, η οικονομική ανάπτυξη και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου. Στην εκπόνηση του σχεδίου συμμετέχουν πολιτικοί, εκπρόσωποι των επιχειρήσεων, εκπρόσωποι των εργαζομένων και κορυφαίοι Έλληνες επιστήμονες του εσωτερικού και του εξωτερικού, με ειδίκευση στην οικονομία, τις επενδύσεις, την αξιοποίηση και διαχείριση φυσικών πόρων και τη δημόσια διοίκηση. Στη διαδικασία αυτή υπάρχει και συμμετοχή εκπροσώπων της κοινωνίας των πολιτών. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσφέρει τεχνική βοήθεια στην Ελλάδα, μέσω ειδικής ομάδας απεσταλμένων τεχνοκρατών. Στόχος αυτής της ομάδας είναι να υποστηρίξει τεχνικά την υλοποίηση του σχεδίου, μεταφέροντας τεχνογνωσία και καλές πρακτικές από όλες τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες.

Την επόμενη περίοδο, 2015-2030, το σχέδιο που εκπονείται εφαρμόζεται βήμα-βήμα, οδηγώντας σε σαφή βελτίωση της οικονομικής θέσης της χώρας στο διεθνοποιημένο ανταγωνιστικό περιβάλλον. Μάλιστα, τα σημάδια της αλλαγής που συντελείται είναι ήδη εμφανή από το 2020. Επομένως, ανακτάται η αυτοπεποίθηση των πολιτών ότι η χώρα μπορεί να επιτύχει τους στόχους της και σύντομα ξεκινάει η συζήτηση για τη διαμόρφωση των νέων, αναθεωρημένων, στρατηγικών στόχων, που θα τεθούν μελλοντικά. Παρά τις πρόσκαιρες παγκόσμιες αναταράξεις, οι αναπτυξιακοί ρυθμοί της χώρας διατηρούνται σταθερά υψηλοί, εξαιτίας του βιώσιμου μοντέλου ανάπτυξης που έχει κτισθεί. Καθώς το βιοτικό επίπεδο των πολιτών εμφανίζει ανάκαμψη, σε σχέση την εκκίνηση υλοποίησης του προγράμματος, στη δημόσια συζήτηση υπεισέρχονται νέα θέματα. Τέτοια είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής, η μεγαλύτερη προστασία του περιβάλλοντος και η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Ειδικά σε σχέση με το τελευταίο, το ενδιαφέρον των

πολιτών αυξάνεται, ύστερα από ακραία γεγονότα ξηρασιών και πλημμυρών που σημειώνονται ανά των κόσμο.

Τομεακή Εξειδίκευση

Διακυβέρνηση – Δημόσια Διοίκηση – Αυτοδιοίκηση – Δικαιοσύνη

Κατά την περίοδο 2011-2030 οι κυριότεροι στόχοι που τίθενται στους τομείς της Διακυβέρνησης, της Δημόσιας Διοίκησης, της Αυτοδιοίκησης και της Δικαιοσύνης είναι:

- Η ενίσχυση της διαφάνειας, η μείωση της διαφθοράς, η αυξημένη λογοδοσία των φορέων της διακυβέρνησης και των διοικητικών αρχών.
- Η δημιουργία επιτελικού κράτους με ισχυρή περιφερειακή και τοπική διακυβέρνηση, που θα αποτελεί το σημείο αναφοράς για τις καθημερινές ανάγκες και την εξυπηρέτηση του πολίτη.
- Ο περιορισμός της γραφειοκρατίας, η βελτίωση της εξυπηρέτησης των πολιτών, η άρση των εμποδίων και η μείωση του διοικητικού κόστους στην επιχειρηματικότητα.
- Ο περιορισμός του κόστους λειτουργίας του κράτους και η απλοποίηση των δομών του.
- Η επιτάχυνση στην εκδίκαση υποθέσεων και η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απονομή δικαιοσύνης .

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, οι βασικές δράσεις και μεταρρυθμίσεις που προωθούνται προς αυτήν την κατεύθυνση είναι:

- Ενδελεχής λογιστικός έλεγχος στην μεταβολή της περιουσίας, όσων κατέχουν κυβερνητικές και κρατικές θέσεις.
- Ανάθεση δικαστικών υποθέσεων, στις οποίες εμπλέκονται πολιτικά πρόσωπα, αποκλειστικά στην τακτική δικαιοσύνη.
- Άρση της παραγραφής των αδικημάτων πολιτικών προσώπων σε συντομότερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με τα υπόλοιπα φυσικά πρόσωπα.
- Ενίσχυση του σώματος επιθεωρητών δημόσιας διοίκησης και αυστηροποίηση των διοικητικών ποινών για σοβαρά παραπτώματα (πχ. ανάρμοστη συμπεριφορά, πλημμελής άσκηση καθηκόντων, διαφθορά). Δημιουργία ειδικής αστυνομικής υπηρεσίας για τις σχετικές υποθέσεις και η επιτάχυνση στην εκδίκασή τους.
- Δήμευση των περιουσιακών στοιχείων πολιτών, που δεν μπορούν να δικαιολογηθούν από τις φορολογικές τους δηλώσεις. Καθαίρεση όσων από αυτούς κατέχουν κυβερνητικές ή κρατικές θέσεις και απόλυση όσων είναι δημόσιοι υπάλληλοι.
- Ενίσχυση της δημόσιας διαβούλευσης πάνω στα προς ψήφιση νομοσχέδια. Η συμμετοχή της κοινωνίας των πολιτών στη διαμόρφωση των αποφάσεων. Η διενέργεια δημοψηφισμάτων για μείζονα θέματα.

- Εμβάθυνση της μεταρρύθμισης του Καλλικράτη με μεταφορά πόρων, αρμοδιοτήτων και υπηρεσιών από το κεντρικό κράτος στις Περιφέρειες και τους Δήμους. Η περαιτέρω συγχώνευση των Καλλικρατικών δήμων, καθώς και η συνένωση περιφερειών στα όρια των σημερινών Αποκεντρωμένων Διοικήσεων.
- Αναδιάρθρωση της δημόσιας διοίκησης. Κατάργηση ή συγχώνευση τμημάτων, διευθύνσεων και γραμματειών, ώστε να περιοριστούν σημαντικά οι ανώτερες διοικητικές θέσεις και να απλοποιηθεί η ιεραρχία. Κατάργηση ή συγχώνευση υπηρεσιών και φορέων του δημοσίου. Μεταφορά κρατικών λειτουργιών στην ιδιωτική οικονομία. Αποκρατικοποίηση δημοσίων επιχειρήσεων.
- Προώθηση του ψηφιακού κράτους και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Καθιέρωση ηλεκτρονικών διαδικασιών για την επικοινωνία κράτους-πολιτών. Εφαρμογή της ψηφιακής υπογραφής στα ηλεκτρονικά δημόσια έγγραφα. Δημιουργία ηλεκτρονικού παρατηρητηρίου της δράσης όλων των οργάνων της διακυβέρνησης και της διοίκησης. Διενέργεια ηλεκτρονικών δημόσιων διαγωνισμών για τις κρατικές προμήθειες.
- Δημιουργία υπηρεσιών μίας στάσης (one-stop-shop) για την ταχύτερη εξυπηρέτηση των πολιτών.
- Απλοποίηση των διαδικασιών και η μείωση του κόστους για την ίδρυση και την αδειοδότηση επιχειρήσεων.
- Αξιολόγηση των υπηρεσιών και του προσωπικού του δημόσιου τομέα σε κάθε επίπεδο.
- Επίλυση δικαστικών υποθέσεων, σχετικών με στρατηγικές επενδύσεις, μεγάλα έργα υποδομής και μείζονες μεταρρυθμίσεις, χωρίς χρονοβόρες διαδικασίες.
- Επιτάχυνση στην απονομή της δικαιοσύνης μέσω των θεσμών της πρότυπης δίκης και της διαμεσολάβησης.

Εκπαίδευση – Κατάρτιση

Η αλλαγή του παραγωγικού μοντέλου της οικονομίας και η αναδιάρθρωση της αγοράς εργασίας περνά απαραίτητα μέσα από την αλλαγή του προσανατολισμού της εκπαίδευσης και της κατάρτισης. Από τη στιγμή που η χώρα υιοθετεί ένα νέο οικονομικό πρότυπο, οι φορείς της εκπαίδευσης, κάθε τύπου, αναγκάζονται να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες και να συμβάλουν στην πραγμάτωσή του.

Οι βασικές αλλαγές που πραγματοποιούνται αυτό το διάστημα είναι οι παρακάτω:

- Αναδιάρθρωση της δομής της ανώτατης εκπαίδευσης μέσα από καταργήσεις και συγχωνεύσεις εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, σχολών και τμημάτων. Οι νέες εκπαιδευτικές οντότητες που προκύπτουν διαθέτουν την κρίσιμη μάζα διδασκόντων και φοιτητών για την υποστήριξη της έρευνας και της αριστείας. Επίσης, διαθέτουν ξεκάθαρο επιστημονικό προσανατολισμό και εξασφαλισμένα επαγγελματικά δικαιώματα.
- Ενθάρρυνση της συνεργασίας και της κινητικότητας ανάμεσα στις δημιουργούμενες εκπαιδευτικές μονάδες. Επιδίωξη συνεργειών στην διαμόρφωση των προγραμμάτων

σπουδών, στην οργάνωση μεταπτυχιακών προγραμμάτων και στην υλοποίηση της έρευνας. Διευκόλυνση στη μετακίνηση των φοιτητών ανάμεσα σε διαφορετικά προγράμματα σπουδών, γνωστικά αντικείμενα και ιδρυμάτων, με ακαδημαϊκά κριτήρια.

- Αναθεώρηση των προγραμμάτων σπουδών. Δημιουργία σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών, που βασίζονται στην αιχμή των παγκόσμιων επιστημονικών εξελίξεων και υποστηρίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του νέου μοντέλου ανάπτυξης, μέσα από την ανάδειξη των ελληνικών συγκριτικών πλεονεκτημάτων.
- Ενίσχυση της δια βίου μάθησης και της συνεχούς επανακατάρτισης σε αντικείμενα χρήσιμα για την εθνική οικονομία.
- Θεσμοθέτηση και εφαρμογή διαδικασιών αξιολόγησης. Διασφάλιση της ποιότητας των σπουδών και επιβράβευση όσων ακαδημαϊκών μονάδων επιτυγχάνουν καινοτομία και αριστεία.
- Επιδίωξη της εξωστρέφειας από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Σύναψη συνεργασιών με εκπαιδευτικά ιδρύματα και ερευνητικούς φορείς του εξωτερικού, σε τομείς στους οποίους η Ελλάδα διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα και την αναγκαία κρίσιμη μάζα. Διευκόλυνση της κινητικότητας του διδακτικού προσωπικού, των φοιτητών και των αποφοίτων από και προς το εξωτερικό. Δημιουργία μεταπτυχιακών προγραμμάτων σε ξένη γλώσσα. Διεθνής προβολή των ελληνικών ιδρυμάτων και των προγραμμάτων τους στο εξωτερικό, σε συνεργασία με το Υπουργείο Εξωτερικών και το Συμβούλιο Απόδημου Ελληνισμού.
- Εποπτεία όλων των ερευνητικών ιδρυμάτων της χώρας από κοινή επιτροπή, που αξιολογεί και κατευθύνει την ερευνητικές προτάσεις σε τομείς με σημαντικό αναπτυξιακό δυναμικό για τη χώρα.

Ειδικότερα, υπάρχουν τρεις τομείς υψηλής προτεραιότητας για την Ελλάδα, στους οποίους το εκπαιδευτικό σύστημα δίνει ιδιαίτερη προσοχή. Πρόκειται για τον τουρισμό, την ναυτιλία και τον αγροτοδιατροφικό τομέα.

- *Τουρισμός*: Δημιουργία μιας πανεπιστημιακής Σχολής Τουρισμού, κατά τα πρότυπα αντίστοιχων διεθνών, που υπάγεται στον κύκλο των οικονομικών σχολών. Οι απόφοιτοί της έχουν υψηλού επιπέδου γνώσεις οικονομικών, οργάνωσης, διοίκησης, μάρκετινγκ και εξειδικευμένες γνώσεις γύρω από όλο το φάσμα των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει ο τουρισμός. Η σχολή αυτή συνάπτει συμμαχίες με άλλες σχολές του εξωτερικού και συνεργάζεται στενά με τις τεχνολογικές σχολές τουριστικών επαγγελμάτων που υπάρχουν ήδη.
- *Ναυτιλία*: Συγχώνευση των επιμέρους τμημάτων και δημιουργία μιας μεγάλης σχολής Ναυτιλιακών σπουδών με ισχυρές διεθνείς συνεργασίες και μεταπτυχιακά προγράμματα διεθνούς επιπέδου. Δυνατότητα σε έλληνες εφοπλιστές να δημιουργήσουν έδρες με χορηγία. Αναθεώρηση του καθεστώτος της ναυτικής εκπαίδευσης και προβολή των Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού, ώστε να προσελκύσουν περισσότερους νέους να τις επιλέξουν.

- *Γεωργία - Κτηνοτροφία - Αλιεία - Ιχθυοκαλλιέργεια*: Δημιουργία ισχυρής εξειδικευμένης σχολής για την Αγροτική παραγωγή και τις Ιχθυοκαλλιέργειες, με ταυτόχρονη κατάργηση των επιμέρους τμημάτων, που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τα ανωτέρω αντικείμενα. Η σχολή αυτή έχει ως στόχο την εκπαίδευση των νέων αγροτών και την μετεκπαίδευση όσων παλαιών αγροτών ενδιαφέρονται να την παρακολουθήσουν. Επίσης, σε συνεργασία με άλλες σχολές (πχ. Γεωπονική), ινστιτούτα και φορείς των αγροτών μπορεί να διοργανώνει εξειδικευμένα σεμινάρια. Η σχολή αυτή είναι εγκατεστημένη σε μια μείζονα αγροτική περιοχή (πχ. Θεσσαλία), ενώ στο μέλλον μπορεί να δημιουργηθούν και άλλες δύο παρόμοιες σχολές, σε άλλες περιοχές με μεγάλη αγροτική δραστηριότητα. Ο κύκλος σπουδών περιλαμβάνει διάφορες εξειδικεύσεις-κατευθύνσεις ανάλογα με τον τομέα στον οποίο ενδιαφέρεται να ακολουθήσει ο κάθε σπουδαστής. Εκτός από εξειδικευμένες παραδοσιακές γνώσεις πάνω στο εκάστοτε αντικείμενο, θα προσφέρονται και άλλες χρήσιμες γνώσεις για έναν σύγχρονο αγρότη. Έτσι, κάθε σπουδαστής θα λαμβάνει οικονομικές γνώσεις (πχ. βασικές οικονομικές αρχές, οργάνωση αγροτικής επιχείρησης, εμπορικές συναλλαγές), στοιχεία από περιβαλλοντικές επιστήμες (φυσική, χημεία, βιολογία, οικολογία, γεωλογία, μετεωρολογία) και ενημέρωση για τις πιο σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα του (τεχνολογικές καινοτομίες, διαχείριση ποιότητας, θεσμικό πλαίσιο και τάσεις της κοινοτικής νομοθεσίας). Σημαντική θα είναι και η πρακτική εξάσκηση όλων των σπουδαστών.

Πάντως, με τη διεθνοποίηση των ελληνικών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, ανοίγονται ευκαιρίες για την μετατροπή της ίδιας της εκπαίδευσης σε εξαγώγιμο προϊόν και μοχλό ανάπτυξης. Η ευκαιρία για την Ελλάδα εντοπίζεται, κυρίως, στη θέσπιση προγραμμάτων σπουδών (προπτυχιακών και μεταπτυχιακών) παγκόσμιας εμβέλειας, που να εκμεταλλεύονται τους τομείς στους οποίους διαθέτει συγκριτικά πλεονεκτήματα (πχ. κλασικές σπουδές). Η πρόβλεψη για διδασκαλία σε εναλλακτικές γλώσσες (πχ. αγγλικά), η συνεργασία με διεθνώς αναγνωρισμένα πανεπιστημιακά ιδρύματα και η ένταξη των ξενόγλωσσων προγραμμάτων σπουδών στην συνολική τουριστική στρατηγική της χώρας, μπορούν να συμβάλλουν στην επιτυχία του εγχειρήματος.

Οικονομία – Απασχόληση

Το πρώτο διάστημα (2011-2015) προωθούνται σύνθετες και επίπονες οικονομικές μεταρρυθμίσεις. Η χώρα βρίσκεται υπό τη στενή παρακολούθηση των οργάνων της ΕΕ και της Ευρωζώνης, της ΕΚΤ, του ΔΝΤ και άλλων διεθνών οργανισμών, όπως ο ΟΟΣΑ. Η υλοποίηση των μεταρρυθμίσεων και η δημοσιονομική εξυγίανση προχωρά με μέτριο ρυθμό, βελτιώνοντας βέβαια το οικονομικό προφίλ της χώρας, αλλά χωρίς να σημειώνονται τα αναμενόμενα αποτελέσματα από πλευράς ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας. Υλοποιούνται αλλαγές στο ασφαλιστικό σύστημα, την αγορά εργασίας, στους τομείς της υγείας και της παιδείας και ξεκινά η αναδιάρθρωση των κρατικών υπηρεσιών και των

δημόσιων οργανισμών. Τα βασικά θετικά σημάδια που σημειώνονται αυτήν την περίοδο, είναι η καλή πορεία των εξαγωγών και του τουρισμού. Μείζονες δομικές αλλαγές, όπως ο παραγωγικός και εξωστρεφής επαναπροσανατολισμός της οικονομίας, η επανακατάρτιση των εργαζομένων, η αναπροσαρμογή της αγοράς εργασίας και η αναδιάρθρωση της εκπαίδευσης, βρίσκονται σε εξέλιξη, χωρίς όμως τα αποτελέσματά τους να γίνονται άμεσα εμφανή.

Βασικό στοιχείο της φιλοσοφίας που κυριαρχεί είναι η συνένωση δυνάμεων. Αυτό ξεκινάει από τη μικρή και πολύ μικρή επιχείρηση και τους ελεύθερους επαγγελματίες και φτάνει μέχρι και τους μικροϊδιοκτήτες γης. Ο επιχειρηματικός κόσμος επιδιώκει τη δημιουργία μεγαλύτερων μονάδων μέσω εξαγορών και συγχωνεύσεων. Τη θέση των μικρών καταστημάτων καταλαμβάνουν μεσαία και μεγάλα καταστήματα ή δίκτυα συνεργαζόμενων καταστημάτων. Οι ελεύθεροι επαγγελματίες και οι αυτοαπασχολούμενοι επιστήμονες δημιουργούν επαγγελματικές εταιρείες. Οι μικροϊδιοκτήτες γης πωλούν την περιουσία τους σε μεσαίους και μεγάλους ιδιοκτήτες ή εναλλακτικά δημιουργούν συνεργατικά σχήματα (πχ. ομάδες παραγωγών).

Επίσης, οι διοικητικοί περιορισμοί και τα προστατευτικά μέτρα, που εμποδίζουν την είσοδο νέων επαγγελματιών σε πολλούς κλάδους, αίρονται έπειτα από διαδοχικές ημιτελείς προσπάθειες. Ο τραπεζικός δανεισμός παραμένει φειδωλός και αφορά κυρίως κοινοπρακτικά σχήματα ελληνικών και ξένων εταιρειών, που διαθέτουν πρόσβαση σε ξένα κεφάλαια. Οι εξωτερικές επενδύσεις που πραγματοποιούνται στη χώρα αφορούν, σχεδόν αποκλειστικά, το πρόγραμμα αποκρατικοποιήσεων του δημοσίου και τον τομέα της ενέργειας. Ωστόσο, η ωρίμανση αυτών των επενδύσεων προβλέπεται μετά το 2015, με αποτέλεσμα οι πρόσθετες ευκαιρίες απασχόλησης να είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Η ανεργία, που εμφανίζει σημαντικά διαρθρωτικά χαρακτηριστικά, διατηρείται σε πολύ υψηλά επίπεδα. Συνεπώς, ένα τμήμα του πληθυσμού αποφασίζει να αναζητήσει εργασία σε χώρες του εξωτερικού (εξωτερική μετανάστευση) ή στα περιφερειακά αστικά κέντρα και στις αγροτικές περιοχές (εσωτερική μετανάστευση). Αυτήν την περίοδο, η απασχόληση στον αγροτικό τομέα αυξάνεται μερικώς, ενώ στους υπόλοιπους τομείς υπάρχει μείωση.

Χαρακτηριστικό αυτής της περιόδου είναι ο έκδηλος προβληματισμός για την πορεία ανάκαμψης της χώρας. Υπάρχουν ανησυχίες, τόσο ελληνικές όσο και ευρωπαϊκές, ότι η όποια ανάπτυξη μπορεί να καθυστερήσει ή να αποδειχθεί προσωρινή. Κατ’ αρχήν, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, λαμβάνονται αποφάσεις που βελτιώνουν τη διαχείριση του ελληνικού χρέους, επιτρέπουν την ομαλότερη δημοσιονομική προσαρμογή και αυξάνουν την ρευστότητα της οικονομίας. Επίσης, προσφέρονται χρηματοδοτικά εργαλεία για την προώθηση αναπτυξιακών έργων. Ταυτόχρονα, στο εσωτερικό της χώρας, επικρατεί η πεποίθηση ότι η δημιουργία ενός μακρόπνοου Εθνικού Προγράμματος Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης, με στρατηγικές πολιτικές για την επόμενη 15ετία, είναι άμεση ανάγκη. Στο σκοπό αυτό συστρατεύονται πολιτικοί, εκπρόσωποι των κοινωνικών φορέων, κορυφαίοι Έλληνες επιστήμονες του εσωτερικού και του εξωτερικού και εκπρόσωποι της κοινωνίας

των πολιτών. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνδράμει στην προσπάθεια με την αποστολή ειδικής τεχνοκρατικής ομάδας. Οι συνθήκες εθνικής συνεννόησης και η ύπαρξη ολοκληρωμένου σχεδίου για τα μελλοντικά βήματα της χώρας δημιουργούν την ελπίδα ότι η εφαρμογή του προγράμματος θα είναι επιτυχής.

Την επόμενη περίοδο (2015-2030) το σχέδιο εφαρμόζεται βήμα-βήμα, οδηγώντας σε σαφή βελτίωση της οικονομικής θέσης της χώρας στο διεθνοποιημένο ανταγωνιστικό περιβάλλον. Η δημοσιονομική κατάσταση χαρακτηρίζεται από αυστηρή υλοποίηση του προϋπολογισμού του κράτους και των φορέων της γενικής κυβέρνησης, σταθερά πρωτογενή πλεονάσματα, αποπληρωμή του παλαιού χρέους και αποφυγή νέου δανεισμού, παρά μόνο για αναπτυξιακούς σκοπούς. Στον τομέα των μεταρρυθμίσεων εμφανίζεται σημαντική πρόοδος και σταδιακά το επιχειρηματικό και επενδυτικό κλίμα βελτιώνεται. Η οικονομία κερδίζει ανταγωνιστικότητα, γίνεται περισσότερο εξωστρεφής, και εξασφαλίζεται η εκρηκτική άνοδος των ελληνικών εξαγωγών.

Επιπλέον, προκειμένου να περιοριστεί η φοροδιαφυγή και η παραοικονομία, ζητείται η παροχή τεχνικής βοήθειας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Αυτή εισηγείται την εφαρμογή διεθνών πρακτικών, με αποδεδειγμένη επιτυχία, και επιβλέπει την εφαρμογή τους. Τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά, με αποτέλεσμα την διεύρυνση της φορολογικής βάσης και την αύξηση των κρατικών εσόδων. Πιο συγκεκριμένα, προτείνει:

- Ηλεκτρονική καταγραφή όλων των περιουσιακών στοιχείων και εισοδημάτων των πολιτών σε ενιαία βάση δεδομένων. Υποχρεωτική υποβολή φορολογικών δηλώσεων με ηλεκτρονικό τρόπο. Τεκμηρίωση της μεταβολής που υπάρχει σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά.
- Επιβολή επαγγελματικών τεκμηρίων και τεκμηρίων διαβίωσης.
- Υποχρεωτική πληρωμή όλων των μισθωτών μέσω του τραπεζικού συστήματος.
- Απαγόρευση των οικονομικών συναλλαγών πάνω από ένα όριο με μετρητά.
- Σύνδεση όλων των ταμειακών μηχανών με τη Γενική Γραμματεία Πληροφοριακών Συστημάτων.
- Εγκατάσταση ηλεκτρονικού συστήματος για την καταγραφή των εισροών-εκροών καυσίμων σε όλα τα στάδια της μεταφοράς τους.
- Ενιαία φορολόγηση των καυσίμων.
- Χρήση ηλεκτρονικής κάρτας για τη συλλογή των αποδείξεων, με κίνητρο την επιστροφή μέρους του ΦΠΑ.
- Έμφαση στην πάταξη του λαθρεμπορίου καυσίμων, των παρα-εισαγωγών, του παρα-εμπορίου και του παράνομου στοιχηματισμού.
- Εφαρμογή στοχευμένων ελέγχων σε πρόσωπα και επιχειρήσεις που εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο φοροδιαφυγής, βάσει αντικειμενικών κριτηρίων.
- Αναδιάρθρωση του φοροεισπρακτικού μηχανισμού. Μείωση του αριθμού των εφοριών με καταργήσεις και συγχωνεύσεις. Μεταφορά των χρηματικών συναλλαγών με τους φορολογούμενους στα τραπεζικά καταστήματα, σε ειδικό λογαριασμό του ελληνικού

δημοσίου. Συγκρότηση ενιαίου ελεγκτικού σώματος φοροδιαφυγής-εισφοροδιαφυγής-αδήλωτης εργασίας, με απορρόφηση της επιθεώρησης εργασίας.

Συνολικά, το νέο οικονομικό μοντέλο που ακολουθείται σταθεροποιεί τη βιωσιμότητα των δημοσίων οικονομικών και βαθμιαία οδηγεί σε περισσότερες θέσεις εργασίας. Βέβαια, το μεγαλύτερο κομμάτι των εργαζομένων έχει αλλάξει επαγγελματικό προσανατολισμό και τομέα απασχόλησης, σε σχέση με το παρελθόν. Η απασχόληση στον πρωτογενή τομέα παρουσιάζει σημαντική αύξηση. Η γεωργία, η κτηνοτροφία και η ιχθυοκαλλιέργεια αναπτύσσονται δυναμικά και απορροφούν μεγάλο μέρος των ανέργων της προηγούμενης περιόδου. Στο δευτερογενή τομέα παρατηρείται επίσης αύξηση, αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τον πρωτογενή. Έμφαση δίνεται στην μεταποίηση, την ενέργεια, τη βιομηχανία φαρμάκων και την αξιοποίηση του ορυκτού πλούτου. Στον τριτογενή τομέα παρατηρείται μικρή μόνο αύξηση του αριθμού των εργαζομένων, αλλά με έντονη στροφή προς τους τομείς του τουρισμού, της ναυτιλίας και του εξαγωγικού εμπορίου. Σημαντική ανάπτυξη παρατηρείται και στον τομέα της περίθαλψης ηλικιωμένων, αλλά και στην παροχή ειδικών ιατρικών υπηρεσιών. Μετά το 2020 η ανεργία υποχωρεί κάτω από το 12%. Την περίοδο 2020-2030 το βιοτικό επίπεδο των πολιτών ανακάμπτει, αλλά τα εισοδήματα παραμένουν στενά συνδεδεμένα με την παραγωγικότητα και την ανταγωνιστικότητα της οικονομίας. Προς το τέλος αυτής της περιόδου ξεκινά η συζήτηση για το νέο στρατηγικό πλαίσιο στο οποίο θα κινηθεί η ελληνική οικονομία, λαμβάνοντας υπόψη τις νέες συνθήκες που διαμορφώνονται.

Γεωργία – Κτηνοτροφία – Ιχθυοκαλλιέργεια – Αλιεία

Κατά την περίοδο 2011-2030 οι τομείς της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, της αλιείας και της ιχθυοκαλλιέργειας ωθούνται σε ριζικές αλλαγές, σε σχέση με το ισχύον καθεστώς. Οι κινητήριες δυνάμεις των παρατηρούμενων αλλαγών είναι η οικονομική κρίση, το Εθνικό Πρόγραμμα Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης και η αναθεωρημένη ΚΑΠ (Κοινή Αγροτική Πολιτική), που τίθεται σε ισχύ μετά το 2013. Η αλλαγή του οικονομικού μοντέλου της πρωτογενούς παραγωγής αποτελεί βασική συνιστώσα της συνολικής αλλαγής του οικονομικού προτύπου της χώρας. Έτσι, η γενική φιλοσοφία που διατρέχει την όλη προσπάθεια, βρίσκει εφαρμογή και εδώ. Οι στόχοι στους οποίους προσανατολίζονται οι αλλαγές είναι: η δημιουργία οικονομιών κλίμακας, η άνοδος της παραγωγικότητας, η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας, η ενίσχυση της επιχειρηματικότητας και η εξωστρέφεια.

Γεωργία – Κτηνοτροφία

Την περίοδο 2011-2013 η διάρθρωση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας παραμένει σε γενικές γραμμές ως έχει, παρά τις πιέσεις που δημιουργούνται από την οικονομική κρίση και τις εξελίξεις που κυοφορούνται από την αναθεώρηση της ΚΑΠ. Η παρατηρούμενη αδράνεια οφείλεται στη συνέχιση της γενναίας στήριξης των αγροτών από την ισχύουσα

ΚΑΠ, στην έλλειψη έγκαιρης προετοιμασίας των αρμόδιων κρατικών υπηρεσιών και στην αμεριμνησία των παραγωγών. Οι βασικές ελληνικές καλλιέργειες είναι το βαμβάκι, το σιτάρι, το καλαμπόκι, τα δημητριακά, οι ελιές, τα αμπέλια, τα φρούτα και τα οπωροκηπευτικά. Μετά την αναθεώρηση της ΚΑΠ το 2006, οι καλλιέργειες καπνών και ζαχαρότευτλων, είναι σημαντικά περιορισμένες. Τα ζώα τα οποία εκτρέφονται είναι βοοειδή, χοίροι, κοτόπουλα, κουνέλια, αρνιά και κατσίκια. Οι αλλαγές που εμφανίζονται αυτήν την περίοδο είναι μικρής κλίμακας και αποτελούν εξαίρεση στη γενική εικόνα. Η συνένωση δυνάμεων, η συγκέντρωση της παραγωγής, η δοκιμαστική φύτευση/εκτροφή νέων ειδών και η συμβολαιακή παραγωγή, όπου εμφανίζονται, οφείλονται στην πρωτοβουλία μεμονωμένων παραγωγών.

Κατά την περίοδο 2013-2015 πραγματοποιείται η απότομη μετάβαση από το παλαιό στο νέο μοντέλο αγροτικής παραγωγής. Η μετάβαση αυτή δεν είναι καθόλου ομαλή, καθώς υλοποιείται χωρίς να έχει προηγηθεί η κατάλληλη προετοιμασία. Σε μεγάλο βαθμό πραγματοποιείται βεβιασμένα, και λιγότερο συνειδητά, υπό την πίεση των δυσμενών συνθηκών στην ελληνική οικονομία και υπό το βάρος της νέας μεταρρύθμισης της ΚΑΠ.

Από το 2014 η ΕΕ αναπροσαρμόζει την ΚΑΠ στους κανόνες της αγοράς. Υπό την πίεση πολλών χωρών της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης, μειώνει τον προϋπολογισμό της ΚΑΠ (αν και μοιράζεται ανάμεσα σε περισσότερα κράτη-μέλη), μεταφέρει κονδύλια από τον πρώτο στον δεύτερο πυλώνα (από τις άμεσες ενισχύσεις στην αγροτική ανάπτυξη) και συρρικνώνει το χάσμα ανάμεσα στις ενισχύσεις που λαμβάνουν τα διάφορα προϊόντα και κράτη-μέλη. Σταδιακά περιορίζει τα προστατευτικά μέτρα στα αγροτικά προϊόντα (πχ. τις ποσοστώσεις στο γάλα και τη ζάχαρη ή τις κατώτατες εγγυημένες τιμές) και θεσπίζει ειδικό ορισμό για τον ενεργό αγρότη. Το τελευταίο έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των δικαιούχων ενισχύσεων. Επιπλέον, διαχωρίζει τις επιδοτήσεις σε τέσσερα σκέλη, θέτοντας πολύ αυστηρές προϋποθέσεις για τη χορήγησή τους. Το πρώτο σκέλος αφορά μια ελάχιστη στρεμματική ενίσχυση που θα παίρνουν όλοι όσοι έχουν εκμεταλλεύσεις (ανεξάρτητα από το αν παράγουν ή όχι). Το δεύτερο σκέλος συνδέεται με τα στρέμματα της παραγωγής ή τον αριθμό των ζώων. Το τρίτο σκέλος απευθύνεται σε όσους δραστηριοποιούνται σε ορεινές, μειονεκτικές και νησιωτικές περιοχές. Τέλος, το τέταρτο σκέλος χορηγείται σε όσους τηρούν τα κριτήρια της πολλαπλής συμμόρφωσης (cross-compliance) σε σχέση με το περιβάλλον (πχ. διαφοροποίηση καλλιεργειών, προστασία βιοποικιλότητας, συντήρηση μόνιμης βλάστησης για βόσκηση, διατήρηση τοπίου και περιβαλλοντικών αποδεκτών). Για να εισπράξει και τα τέσσερα σκέλη της ενίσχυσης, ο παραγωγός θα πρέπει να πληροί όλες τις προϋποθέσεις. Πρόσθετη ενίσχυση δίνεται για τους νέους αγρότες, κάτω των 40 ετών.

Οι αλλαγές που κομίζει η νέα ΚΑΠ βρίσκουν την Ελλάδα απροετοίμαστη να τις εφαρμόσει. Ως αποτέλεσμα, κατά το πρώτο έτος εφαρμογής του νέου καθεστώτος, πολλοί έλληνες παραγωγοί εξαιρούνται από τον ορισμό του ενεργού αγρότη και δεν λαμβάνουν καμία επιδότηση ή όσοι λαμβάνουν επιδοτήσεις, αυτές είναι σημαντικά μειωμένες. Το οικονομικό

και κοινωνικό σοκ που συντελείται επιταχύνει την υλοποίηση της εθνικής στρατηγικής για την πρωτογενή παραγωγή, ώστε να επιτευχθεί η ταχεία μετάβαση στο νέο καθεστώς. Μια σημαντική συνέπεια της νέας ΚΑΠ είναι η ακόλουθη. Όσοι αποκλείονται από τον ορισμό του ενεργού αγρότη, και δεν επιθυμούν να ασχοληθούν κύρια με τον αγροτικό τομέα, μεταπωλούν ή νοικιάζουν τη γη τους σε άλλους. Ωστόσο, το ενδιαφέρον για την αγροτική παραγωγή δεν περιορίζεται. Λόγω της οικονομικής κρίσης, η ανεργία παραμένει εξαιρετικά υψηλή για χρόνια. Επομένως, ένα σχετικά μεγάλο τμήμα του πληθυσμού της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, αλλά και των υπόλοιπων αστικών κέντρων, αποφασίζει να εγκατασταθεί στα χωριά και τις κωμοπόλεις της περιφέρειας, για να ασχοληθεί με τις αγροτικές εργασίες. Η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου στρατηγικού σχεδίου, που εφαρμόζεται με επιμέλεια, καθώς και η στήριξη της ΕΕ στους νέους αγρότες, λειτουργούν ενθαρρυντικά προς αυτήν την κατεύθυνση.

Κατά την περίοδο 2015-2030 η προσαρμογή στις κατευθύνσεις της νέας ΚΑΠ και η εφαρμογή του Προγράμματος Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης είναι ταχεία. Ο κίνδυνος κατάρρευσης του αγροτικού εισοδήματος, αν δεν εφαρμοστούν οι μεταρρυθμίσεις, λειτουργεί ως μοχλός πίεσης προς αυτήν την κατεύθυνση. Άλλωστε, η Ελλάδα διαθέτει τις απαραίτητες προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ανταγωνιστικά και να ανατρέψει το αρνητικό εμπορικό ισοζύγιο στον αγροτικό τομέα. Στους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας διαθέτει μια ισχυρή ιστορική παράδοση. Επιπλέον, διαθέτει συγκριτικά πλεονεκτήματα ποιότητας, αισθητά περιθώρια αύξησης της παραγωγικότητας (τόσο της γης όσο και του εργατικού δυναμικού) και σημαντικές δυνατότητες μείωσης του κόστους (McKinsey & Company, 2012).

Με βάση τη νέα φιλοσοφία αυτής της περιόδου, οι παραγωγικές και εξαγωγικές προσπάθειες επικεντρώνονται σε προϊόντα που έχουν τη δυνατότητα να διαφοροποιηθούν σε τιμή και ποιότητα από τα ανταγωνιστικά και σε προϊόντα που έχουν υψηλότερη προστιθέμενη αξία από τα εισαγόμενα. Επίσης, δίνεται έμφαση στην “πράσινη” παραγωγή, στην καινοτομία, στην επιχειρηματικότητα και στην εξωστρέφεια. Οι παραπάνω αλλαγές ανεβάζουν την ανταγωνιστικότητα, εκτοξεύουν τις ελληνικές εξαγωγές στα επιλεγμένα προϊόντα και οδηγούν σε περιορισμό των αντίστοιχων εισαγωγών. Μάλιστα, σε ορισμένα είδη οι εισαγωγές εξαλείφονται. Ωστόσο, σε είδη με μη ανταγωνιστικές τιμές εγχώριας παραγωγής οι εισαγωγές διευρύνονται.

Οι θετικές προοπτικές που δημιουργούνται στον αγροτικό τομέα προσελκύουν ένα δεύτερο κύμα εσωτερικής μετανάστευσης προς την ελληνική ύπαιθρο. Πρόκειται για ανθρώπους υψηλής μόρφωσης, με γνώσεις γύρω από οικονομικά και αγροτικά θέματα, εξοικειωμένους με τις νέες τεχνολογίες, που αναπτύσσουν πιο σύνθετες οικονομικές δραστηριότητες σε σχέση με πριν. Οι νέες δραστηριότητες περιλαμβάνουν πρότυπες μονάδες βιολογικής γεωργίας και κτηνοτροφίας, ιχθυοτροφεία, παραδοσιακά τουριστικά καταλύματα, μονάδες αγροτουρισμού, εργαστήρια παρασκευής τοπικών προϊόντων, μονάδες επεξεργασίας και τυποποίησης γεωργικών και κτηνοτροφικών ειδών. Η ανανέωση του αγροτικού πληθυσμού,

που επιτυγχάνεται με τα δύο κύματα εσωτερικής μετανάστευσης, διευκολύνει τον εκσυγχρονισμό της αγροτικής παραγωγής και την προσαρμογή σε ένα νέο μοντέλο αγρότη. Ενός αγρότη επιστήμονα-επιχειρηματία, τεχνολογικά καινοτόμου, με ευαισθησία για την προστασία του περιβάλλοντος και τα ζητήματα της ποιότητας.

Το σχέδιο το οποίο υιοθετείται, σε σχέση με τα γεωργικά και κτηνοτροφικά προϊόντα, περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά στοιχεία:

- Επιλογή και ιεράρχηση των εξαγωγικών αγορών στις οποίες απευθύνεται η Ελλάδα (πχ. ΗΠΑ, Γαλλία, Ην. Βασίλειο, Γερμανία, Ρωσία, Κίνα) με βάση τις εισαγωγές αυτών των χωρών και τον υφιστάμενο ανταγωνισμό.
- Ομαδοποίηση των ελληνικών προϊόντων σε τέσσερις βασικές κατηγορίες και υιοθέτηση ξεχωριστής στρατηγικής για την κάθε μια (Εικόνα 5.1). Οι κατηγορίες αυτές και η προτεινόμενη στρατηγική έχουν ως εξής (McKinsey & Company, 2012):
  - *Εξαγωγικές μηχανές*: Πρόκειται για προϊόντα με θετικό ισοζύγιο εξαγωγών-εισαγωγών, εξαιτίας της ανταγωνιστικής τιμολόγησης και της ανώτερης ποιότητας/ονομασίας έναντι των ανταγωνιστών (πχ. πορτοκάλια, ροδάκινα, νεκταρίνια, ακτινίδια, σταφύλια, βαμβάκι). Τα προϊόντα αυτά αποτελούν την αιχμή της ελληνικής εξαγωγικής προσπάθειας στις αγορές-στόχους. Λαμβάνονται μέτρα για την ελαχιστοποίηση του κόστους (ιδίως για το σταφύλι) και επιδιώκεται η εξάλειψη των εισαγωγών.
  - *Ανερχόμενα Εμπορεύσιμα:* Πρόκειται για προϊόντα με οριακό ή ελαφρώς αρνητικό ισοζύγιο εξαγωγών-εισαγωγών, με σημαντικές, όμως, προοπτικές βελτίωσης της ανταγωνιστικότητας και της εμπορευσιμότητάς τους (πχ. πατάτες, μήλα). Τα προϊόντα αυτά προωθούνται σε επιλεγμένες αγορές-στόχους. Λαμβάνονται μέτρα για τη βελτιστοποίηση του κόστους και την ελαχιστοποίηση των εισαγωγών.
  - *Προς εγχώρια επεξεργασία:* Προορισμός αυτών των προϊόντων είναι οι εγχώριες μεταποιητικές μονάδες, όπου πραγματοποιείται η απαραίτητη επεξεργασία (πχ. ελιές, τομάτες, ζαχαρότευτλα). Πρόκειται για προϊόντα με οριακό ισοζύγιο εξαγωγών-εισαγωγών, σχετικά μεγάλη εγχώρια κατανάλωση και σχετικά ανταγωνιστικές τιμές. Η στρατηγική για αυτά τα προϊόντα περιλαμβάνει την προσπάθεια μείωσης του κόστους παραγωγής και τη διευκόλυνση της εγχώριας επεξεργασίας, ώστε να υποκατασταθεί ένα μέρος των εισαγωγών. Μέσω της μεταποίησης αυξάνεται η προστιθέμενη αξία των τελικώς εξαγώγιμων προϊόντων.
  - *Εισαγόμενα/ευρείας κατανάλωσης:* Πρόκειται για προϊόντα με οριακό ή έντονα αρνητικό ισοζύγιο εξαγωγών-εισαγωγών, μεγάλη εγχώρια κατανάλωση και μη ανταγωνιστικές τιμές (πχ. σιτάρι, καλαμπόκι, δημητριακά). Προωθείται δραστική μείωση του κόστους παραγωγής για ελαχιστοποίηση των εισαγωγών με ταυτόχρονη διερεύνηση επιλεκτικής αντικατάστασης τέτοιων καλλιεργειών από άλλες υψηλότερης προστιθέμενης αξίας.

Εικόνα 5.1: *Κατηγοριοποίηση αγροτικών προϊόντων με βάση το στρατηγικό προσανατολισμό (Πηγή: McKinsey & Company, 2012)*

- Στροφή σε εναλλακτικά αγροτικά προϊόντα, με ανταγωνιστικό χαρακτήρα, που μπορούν να στηρίξουν το αγροτικό εισόδημα. Τέτοια προϊόντα είναι:
  - Αρωματικά και Φαρμακευτικά φυτά: Πρόκειται για φυτά με μεγάλη ζήτηση από τις βιομηχανίες διατροφής, φαρμάκων, καλλυντικών και καθαριστικών προϊόντων. Τέτοια φυτά, που ευδοκιμούν στην Ελλάδα, είναι η αλόη βέρα, ο βασιλικός, η βαλεριάνα, το γιασεμί, το γλυκάνισο, η δάφνη, το δίκταμο, ο δυόσμος, το κορίανδρον, ο κρίνος, ο κρόκος, το κύμινο, η λεβάντα, ο λυκίσκος, το μάραθο, η μαστίχα Χίου, το μελισσόχορτο, η μέντα, η ρίγανη, το τριαντάφυλλο, το τσάι βουνού, το φασκόμηλο, η φλαμουριά και το χαμομήλι. Προσφέρονται για καλλιέργεια σε ημιορεινές και εύφορες πεδινές περιοχές. Οι ευνοϊκές εδαφοκλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα ανεβάζουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, σε σύγκριση με τις ανταγωνίστριες χώρες. Η διαδικασίες μεταποίησης, τυποποίησης και συσκευασίας είναι απλές και δεν προϋποθέτουν μεγάλες παραγωγικές μονάδες και επενδύσεις κεφαλαίων. Τα παραγόμενα τελικά προϊόντα έχουν υψηλή προστιθέμενη αξία (ιδιαίτερα τα αιθέρια έλαια) και μπορούν να διατεθούν τόσο στην εγχώρια όσο και στην ξένη αγορά. Για την οικονομική επιτυχία του όλου εγχειρήματος η καλλιέργεια γίνεται υπό το καθεστώς της συμβολαιακής γεωργίας.
  - Προϊόντα ιδιαίτερης διατροφικής αξίας (“υπερ-τροφές”): Πρόκειται για προϊόντα με μεγάλη ζήτηση από τις βιομηχανίες φαρμάκων και διατροφής, λόγω της υψηλής θρεπτικής αξίας και των ιδιαίτερων χημικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν, έναντι των κοινών τροφών. Οι υπάρχουσες ιατρικές μελέτες τους αποδίδουν

ευεργετικές ιδιότητες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, για την παραγωγή συμπληρωμάτων διατροφής και φαρμακευτικών σκευασμάτων. Επίσης, ορισμένα βρίσκουν εφαρμογή ως φυσικά συντηρητικά τροφών, ως εναλλακτικές γλυκαντικές ύλες και ως συστατικά της εκλεπτυσμένης μαγειρικής. Τέτοια προϊόντα είναι ο βασιλικός πολτός, η πρόπολη, το ρόδι, το αβοκάντο, το μύρτιλο, το ιπποφαές, οι τρούφες, η σπιρουλίνα, η στέβια και η σουρβία. Η υψηλή προστιθέμενη αξία αυτών των προϊόντων αποτελεί κίνητρο για την εντατικοποίηση της παραγωγής τους.

- Ενεργειακά φυτά: Πρόκειται για φυτά τα οποία καλλιεργούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Θεωρούνται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, γιατί η παραγόμενη από αυτά βιομάζα αποδίδει περισσότερη ενέργεια, σε σχέση με την ενέργεια από ορυκτά καύσιμα που καταναλώνεται κατά την παραγωγή και επεξεργασία των ίδιων των φυτών. Η παραγόμενη βιομάζα χρησιμοποιείται για την τελική παραγωγή θερμότητας (πχ. ελαιοπυρήνες) ή ηλεκτρισμού (πχ. αγριοαγκινάρα - κάρντο) ή βιοκαυσίμου, όπως είναι η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Η βιοαιθανόλη (πχ. από γλυκό σόργο, ζαχαρότευτλα, καλαμπόκι, σιτάρι) και το βιοντίζελ (πχ. από σόγια, ελαιοκράμβη και ηλίανθο) αναμιγνύεται με τα κοινά καύσιμα για τη δημιουργία μιγμάτων καυσίμων για τις μεταφορές. Βέβαια, η στόχευση της ΕΕ στα ενεργειακά φυτά και την παραγωγή βιοκαυσίμων εγείρει ανησυχίες, αφενός για τις πιέσεις που δέχονται οι υδατικοί πόροι και αφετέρου για τις προκλήσεις που ανακύπτουν σε σχέση με τη διατροφική ασφάλεια. Στον αντίποδα, η μετατροπή μέρους των καλλιεργειών της ΕΕ από διατροφικές σε ενεργειακές εξασφαλίζει θέσεις εργασίας για ένα μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού της, διατηρώντας ενεργό τον αγροτικό της τομέα. Διαφορετικά, λόγω της αναθεώρησης της ΚΑΠ και του περιορισμού των κοινοτικών ενισχύσεων, πολλές αγροτικές καλλιέργειες θα εγκαταλείπονταν. Επιπλέον, τα βιοκαύσιμα αποτελούν έναν βασικό άξονα της ενεργειακής στρατηγικής της ΕΕ για διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών, περιορισμό της χρήσης ορυκτών καυσίμων και μείωση των αντίστοιχων εκπομπών CO_2. Μάλιστα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο, μέχρι το 2020, τα βιοκαύσιμα να συμμετέχουν σε ποσοστό 10% στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές. Συνεπώς, η προσήλωσή της ΕΕ στην προώθηση των βιοκαυσίμων διατηρείται σταθερή, ενώ οι όποιες ανησυχίες λαμβάνονται υπόψη και ενσωματώνονται στους αντίστοιχους στρατηγικούς σχεδιασμούς για τους υδατικούς πόρους και τα τρόφιμα.
- Κτηνοτροφικά φυτά: Πρόκειται για φυτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζωοτροφών (πχ. μηδική-τριφύλλι, καλαμπόκι, σιτάρι). Αν η καλλιέργεια κτηνοτροφικών φυτών αξιοποιηθεί σε συνδυασμό με την κτηνοτροφική δραστηριότητα, τότε μπορεί να επιτευχθεί μείωση του κόστους εκτροφής των ζώων και, συνεπώς, του κόστους παραγωγής των ζωικών προϊόντων (πχ. κρέας, γάλα, μαλλί κλπ.).

▪ Καθορισμός του “καλαθιού προϊόντων” κάθε περιφέρειας. Από τα προϊόντα που ήδη παράγονται σε κάθε περιφέρεια επιλέγονται εκείνα που διαθέτουν την μεγαλύτερη

προστιθέμενη αξία και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ποιότητας (πχ. προϊόντα βιολογικής γεωργίας/κτηνοτροφίας). Επιπλέον, περιλαμβάνονται τα προϊόντα που διαφυλάττουν την τοπική-παραδοσιακή ταυτότητα, ιδιαίτερα αν διαθέτουν ΠΟΠ (Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης) ή ΠΓΕ (Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη).

- Προώθηση της οικολογικής αγροτικής παραγωγής. Πριμοδοτείται η βιολογική γεωργία και η μη σταβλισμένη κτηνοτροφία, ώστε να μειωθεί η χρήση χημικών, λιπασμάτων και ζωοτροφών. Ακόμη, προωθούνται προγράμματα για την ενεργειακή αξιοποίηση της παραγόμενης βιομάζας από τα υπολείμματα φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Η οικολογική ταυτότητα των προϊόντων δημιουργεί αξιόλογη προστιθέμενη αξία και αποφέρει σημαντικό οικονομικό όφελος στους παραγωγούς. Κερδισμένοι είναι οι αιγοπροβατοτρόφοι σε ορεινές και μειονεκτικές περιοχές και οι βιοκαλλιεργητές (πχ. κρασί, ελαιόλαδο, κηπευτικά).
- Δημιουργία ενός νέου μηχανισμού προτυποποίησης και πιστοποίησης των αγροτικών προϊόντων/μεθόδων, σε επίπεδο μονάδων ή συνεταιρισμών. Το σύστημα αυτό δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην παραγωγή με οικολογικά χαρακτηριστικά. Δίνονται κίνητρα για την εγκατάσταση ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης ποιότητας κατά την παραγωγή, την επεξεργασία και την διάθεση των προϊόντων.
- Προσθήκη νέων προϊόντων σε καθεστώς ΠΟΠ ή ΠΓΕ. Η Ελλάδα διαθέτει περισσότερα από 50 προϊόντα, τα οποία διαθέτουν πιστοποίηση ΠΟΠ ή ΠΓΕ (πχ. κρόκος Κοζάνης, φάβα Σαντορίνης, μαστίχα Χίου, αυγοτάραχο Μεσολογγίου). Γενικότερη προσπάθεια δημιουργίας ταυτότητας (branding) για τα προϊόντα που ενδιαφέρουν την εθνική αναπτυξιακή στρατηγική.
- Δημιουργία οικονομιών κλίμακας, άνοδος της παραγωγικότητας, επιχειρηματικότητα και εξωστρέφεια.
  - Συνένωση ιδιοκτησιών γης, ώστε να προκύψουν μεσαίες και μεγάλες ομοιογενώς καλλιεργούμενες εκτάσεις. Η συνένωση μπορεί να προκύψει μέσα από εξαγορά ή εθελοντική δημιουργία ομάδων παραγωγών.
  - Αναδιάρθρωση καλλιεργειών με βάση την εθνική και περιφερειακή αναπτυξιακή στρατηγική.
  - Εισαγωγή κινήτρων για την δραστηριοποίηση νέων αγροτών, ώστε να ανανεωθεί ηλικιακά ο αγροτικός πληθυσμός και να αυξηθεί η συνολική παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού. Πχ. Εκμετάλλευση αδιάθετης δημόσιας γης για καλλιέργεια από νέους αγρότες. Η μίσθωση μπορεί να είναι μακροχρόνια έναντι χαμηλού αντιτίμου.
  - Παροχή κινήτρων παραγωγικότητας για την τόνωση της μαζικής παραγωγής. Εκτέλεση προγραμμάτων βελτίωσης της παραγωγικής ικανότητας των μικρών και μεσαίων μονάδων.
  - Προώθηση σύγχρονων μεθόδων διαχείρισης των μέσων παραγωγής. Οι απώλειες νερού κατά την άρδευση μπορούν να περιοριστούν με την αντικατάσταση των υφιστάμενων αρδευτικών δικτύων και την εγκατάλειψη αρδευτικών μεθόδων χαμηλής απόδοσης, όπως ο καταιονισμός και επιφανειακή άρδευση. Εναλλακτικά

προτείνονται μέθοδοι, όπως η στάγδην και η υπόγεια άρδευση. Η εξοικονόμηση υδατικών πόρων μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την ανακύκλωση-επαναχρησιμοποίηση του αρδευτικού και κτηνοτροφικού νερού (ύστερα από μερική επεξεργασία, όπου απαιτείται). Με τη δημιουργία κατάλληλων υποδομών και τη χορήγηση κινήτρων μπορεί να γίνει η μετάβαση στην ψηφιακή-ηλεκτρονική γεωργία (παρακολούθηση μετεωρολογικών προβλέψεων μέσω δορυφόρου, εγκατάσταση ηλεκτρονικών συστημάτων προειδοποίησης και ελέγχου, χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων άρδευσης με αισθητήρες).
- Συγχώνευση των συνεταιριστικών οργανώσεων και δημιουργία ισχυρών δομών σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.
- Εισαγωγή επιχειρηματικού πνεύματος σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο (ομάδα παραγωγών, συνεταιρισμός).
- Εντατική προώθηση της συμβολαιακής γεωργίας και κτηνοτροφίας, σε συνεργασία με επιχειρήσεις του εσωτερικού και εξωτερικού.

- Ίδρυση ειδικής εταιρίας για την ολοκληρωμένη προώθηση ελληνικών τροφίμων και ποτών στο εξωτερικό. Σε αυτή θα υπάρχει συμμετοχή των νέων αγροτικών συνεταιρισμών, της τοπικής αυτοδιοίκησης και του κεντρικού κράτους (ΣΔΙΤ). Οι στόχοι της θα είναι οι παρακάτω:
  - Συνεννόηση με τις μονάδες επεξεργασίας και σχεδιασμός του πως θα κατανεμηθούν οι πόροι ανά προϊόν και αγορά.
  - Σχεδιασμός, δημιουργία και λειτουργία κατάλληλου μοντέλου εμπορικής παρουσίας στις αγορές.
  - Ανάπτυξη δικτύου λιανέμπορων και χονδρέμπορων στο εξωτερικό.
  - Διαχείριση των logistics εντός και εκτός Ελλάδος (συμπεριλαμβανομένων και των εξαγωγών)
  - Διαφήμιση των ελληνικών προϊόντων, είτε είναι επεξεργασμένα είτε όχι, στο εξωτερικό.
  - Πιστοποίηση της χρήσης ελληνικών προϊόντων και προϊόντων ΠΟΠ και ΠΓΕ από εστιατόρια του εξωτερικού, προαιρετικά.
- Ίδρυση ενός ινστιτούτου, που παρέχει επιστημονική και τεχνική υποστήριξη στους αγρότες, με συγχώνευση των επιμέρους σχετικών οργανισμών του Υπουργείου Γεωργίας. Αποστολή του είναι η διάδοση της τεχνογνωσίας, η προώθηση των καινοτομιών και η διάχυση των βέλτιστων μεθόδων παραγωγής. Επίσης, μπορεί να αναλάβει τη λειτουργία του μηχανισμού πιστοποίησης και προτυποποίησης αγροτικών προϊόντων. Συνεργάζεται με τη Σχολή Αγροτικής Παραγωγής και Ιχθυοκαλλιέργειας, την εταιρεία προώθησης ελληνικών τροφίμων και ποτών και τους φορείς που εκπροσωπούν τους αγρότες.
- Προώθηση της ελληνικής κουζίνας, που αποτελεί χαρακτηριστικό δείγμα της μεσογειακής διατροφής, ως ανεξάρτητη αναγνωρίσιμη κατηγορία φαγητού στο εξωτερικό. Έτσι, ενισχύεται η εικόνα της χώρας ως γαστρονομικού τουριστικού προορισμού.

- Παροχή κινήτρων για τη δημιουργία ελληνικών εστιατορίων σε επιλεγμένες χώρες, με την προϋπόθεση ότι αυτά θα χρησιμοποιούν αποκλειστικά ελληνικά προϊόντα. Η προϋπόθεση αυτή θα ελέγχεται και θα πιστοποιείται από την εταιρεία προώθησης ελληνικών τροφίμων και ποτών. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται δυνατότητα αύξησης των εξαγωγών, και μάλιστα με εξασφαλισμένους πελάτες.
- Καθιέρωση ελληνικού πρωινού γεύματος (greek breakfast) στα ξενοδοχεία και τα καταλύματα της χώρας, με τοπικά παραδοσιακά προϊόντα και αυθεντικές ελληνικές συνταγές.

Ιχθυοκαλλιέργεια – Αλιεία

Η Ελλάδα διαθέτει ιστορική παράδοση στην αλιεία. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες εξελίχθηκε με μη βιώσιμο τρόπο. Εξαιτίας της εντατικοποίησής της και των λανθασμένων αλιευτικών πρακτικών που υιοθετήθηκαν (πχ. μηχανότρατες, χρήση δυναμίτη), η μείωση των ιχθυοαποθεμάτων είναι ραγδαία.

Πιο πρόσφατα, ο τομέας της ιχθυοκαλλιέργειας, αν και δεν υπήρχε προηγούμενη εμπειρία, παρουσίασε ραγδαία ανάπτυξη. Σύμφωνα με McKinsey & Company (2012), η μεσογειακή τσιπούρα και το λαβράκι αποτελούν το 90% της εγχώριας παραγωγής των ελληνικών ιχθυοτροφείων. Μάλιστα, το 80% αυτής της παραγωγής εξάγεται στο εξωτερικό και σε αυτά τα δύο είδη η Ελλάδα κατέχει το 50% της παγκόσμιας αγοράς. Επίσης, σε πολλές αγορές η Ελλάδα κατέχει δεσπόζουσα θέση.

Μετά το 2015, το σχέδιο το οποίο υιοθετείται, σε σχέση με την αλιεία και την ιχθυοκαλλιέργεια, περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά στοιχεία:

- Επιλογή και ιεράρχηση των εξαγωγικών αγορών στις οποίες απευθύνεται η Ελλάδα με βάση τις εισαγωγές αυτών των χωρών και τον υφιστάμενο ανταγωνισμό. Διατήρηση της δεσπόζουσας θέσης σε σημαντικές αγορές (πχ. Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία) και επεκτατική εμπορική πολιτική σε χώρες με υπαρκτή παρουσία (πχ. Γερμανία, Ην. Βασίλειο). Δυναμική είσοδος σε νέες αγορές (πχ. Ρωσία, Ολλανδία, Πολωνία, Ουκρανία, ΗΠΑ, Κίνα, Ιαπωνία).
- Διαφοροποίηση των παραγόμενων ειδών. Παράλληλα με τα βασικά είδη να παράγονται και είδη μεγαλύτερου μεγέθους, ευκολότερης επεξεργασίας, υψηλότερης προστιθέμενης αξίας (πχ. bluefin tuna) ή ταχείας ανάπτυξης (πχ. yellowtail). Προσθήκη νέων ειδών με βάση τις καταναλωτικές προτιμήσεις και τον ανταγωνισμό στις επιλεγμένες αγορές (πχ. λυθρίνι, συναγρίδα).
- Δημιουργίας ταυτότητας (branding) και μηχανισμού πιστοποίησης για τα προϊόντα ιχθυοτροφείου που ενδιαφέρουν την εθνική αναπτυξιακή στρατηγική, ώστε να διευκολυνθεί η προώθησή τους στις ξένες αγορές.

- Συνεργασία των φορέων της ιχθυοκαλλιέργειας με την ειδική εταιρεία προώθησης ελληνικών τροφίμων και ποτών στο εξωτερικό, ώστε να υλοποιηθεί από κοινού η εθνική στρατηγική.
- Κατάρτιση εθνικού προγράμματος παραγωγής, με ετήσιους στόχους και ρυθμιστικά μέτρα, ώστε να αποφεύγεται η υπερπροσφορά και η απότομη πτώση των τιμών.
- Ολοκλήρωση του χωροταξικού σχεδιασμού για τις ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες και απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησης.
- Δημιουργία οικονομιών κλίμακας και άνοδος της αποδοτικότητας της εργασίας
  - Ενθάρρυνση συνένωσης μονάδων παραγωγής, μέσα από εξαγορές και εθελοντικές συνεργασίες.
  - Σύναψη στρατηγικών συμφωνιών με ξένες εταιρείες παραγωγής για μεταφορά τεχνογνωσίας και προσέλκυση επενδύσεων.
  - Λήψη μέτρων για την μείωση του κόστους παραγωγής και τη διατήρηση ανταγωνιστικών τιμών.
  - Αποδοτικότερη χρήση των μέσων παραγωγής. Εφαρμογή συστημάτων ανακύκλωσης-επαναχρησιμοποίησης νερού (ύστερα από μερική επεξεργασία), για τις χερσαίες μονάδες.
  - Κίνητρα για την προώθηση της έρευνας.
- Εκπόνηση μελέτης για την τάση εξέλιξης των ιχθυοαποθεμάτων στην Ελλάδα, τον ορισμό προστατευόμενων θαλάσσιων περιοχών και την καθιέρωση επιτρεπόμενων ζωνών αλιείας. Απαγόρευση αλίευσης ειδών των οποίων ο πληθυσμός φθίνει ανεξέλεγκτα. Αυστηρή απαγόρευση καταστροφικών μεθόδων αλιείας.
- Στρατηγική απόσυρσης εργαζομένων από τον τομέα της αλιείας και μεταφορά τους στον τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών.
- Στρατηγική αντικατάστασης μεγάλου μέρους της εγχώριας κατανάλωσης αλιευμάτων από προϊόντα ιχθυοτροφείου. Αυτό προϋποθέτει περαιτέρω διαφοροποίηση των εκτρεφόμενων ειδών. Προτεραιότητα δίνεται σε είδη, των οποίων ο πληθυσμός φθίνει επικίνδυνα στις ελληνικές θάλασσες, και σε είδη που εισάγονται από το εξωτερικό κατεψυγμένα, εφόσον η εκτροφή τους είναι δυνατή τεχνικά και οικονομικά.

Βιομηχανία

Σύμφωνα με McKinsey & Company (2012), οι βιομηχανικοί κλάδοι με τα μεγαλύτερα ενδογενή ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα είναι η μεταποίηση τροφίμων και η βιομηχανία γενόσημων φαρμάκων. Η επιλογή αυτή γίνεται με κριτήρια τη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων πρώτων υλών, την ύπαρξη τεχνογνωσίας, την παρουσία κατάλληλων υποδομών, την γεωγραφική εγγύτητα προς τις ξένες αγορές, το μέγεθος και τις προοπτικές ανάπτυξης της διεθνούς αγοράς, το είδος και την έκταση του προσδοκώμενου ανταγωνισμού.

Η άρση γραφειοκρατικών εμποδίων, η δημιουργία ενός σταθερού και φιλικού επιχειρηματικού περιβάλλοντος και η τροφοδότηση της αγοράς εργασίας με κατάλληλα εκπαιδευμένο-καταρτισμένο προσωπικό, αποτελούν τις γενικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των επιχειρήσεων και τη βελτίωση της απασχόλησης σε όλους τους βιομηχανικούς κλάδους.

Μεταποίηση Τροφίμων

Όσον αφορά τη μεταποίηση τροφίμων, η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα να αυξήσει σημαντικά τον όγκο και την αξία των εξαγωγών της και παράλληλα να περικόψει δραστικά τις εισαγωγές της. Η προσπάθεια της επικεντρώνεται ειδικά σε τέσσερις κατηγορίες τροφίμων, οι οποίοι αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς. Πρόκειται για τις ομάδες: λίπη και έλαια, φρούτα και λαχανικά, γαλακτοκομικά προϊόντα και προϊόντα αρτοποιίας. Για την επιτυχία του εγχειρήματος απαιτούνται ουσιώδεις αλλαγές στη δομή και την οργάνωση των επιχειρήσεων, την παραγωγή των προϊόντων και την προώθηση τους στις ξένες αγορές. Ειδικότερα, οι παρεμβάσεις οι οποίες πραγματοποιούνται είναι οι παρακάτω:

- Ανάπτυξη της ελληνικής παραγωγικής βάσης, με τη δημιουργία μεταποιητικών μονάδων μεγάλης κλίμακας κοντά στην περιοχή συγκέντρωσης των πρώτων υλών. Δημιουργία 2-3 σύγχρονων μονάδων μεταποίησης και συσκευασίας για ελιές και ελαιόλαδο σε Κρήτη και Πελοπόννησο. Δημιουργία 2-3 αντίστοιχων μονάδων για επιλεγμένα φρούτα και λαχανικά (πατάτες, τομάτες, ροδάκινα, μήλα, σταφύλια, πορτοκάλια, ακτινίδια) σε Κεντρική, Βόρεια Ελλάδα και Πελοπόννησο. Συνένωση μικρών μονάδων παραγωγής γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων σε επιχειρήσεις μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Ειδική στόχευση σε εξειδικευμένες κατηγορίες τροφών που θεωρούνται πολυτελείας (delicatessen, gourmet), όπως είναι ο κρόκος, η μαστίχα, το αυγοτάραχο, τα σπαράγγια, η αγκινάρα, και ορισμένες σειρές αλλαντικών και τυριών.
- Μέριμνα για περιορισμό των εισαγωγών. Δημιουργία ελληνικών ανταγωνιστικών προϊόντων σε όλες τις διατροφικές κατηγορίες και επιθετική προώθησή τους στην εσωτερική αγορά, ώστε να συμπιεστούν οι εισαγωγές. Υποκατάσταση των εισαγωγών φοινικέλαιου και ηλιέλαιου, που αφορούν κυρίως επαγγελματική χρήση, με ελληνικό ελαιόλαδο ή έστω αραβοσιτέλαιο, που είναι φθηνότερο.
- Αναβάθμιση της αξίας του πρωτογενούς προϊόντος και εισαγωγή καινοτομιών. Έμφαση στην τυποποίηση του ελαιολάδου. Εξαγωγή συσκευασμένων ποσοτήτων στο εξωτερικό, αντί για χύδην εξαγωγές προς την Ιταλία και την Ισπανία. Μεγαλύτερη ποικιλία συσκευασιών, ώστε καλύπτονται οι διαφορετικές καταναλωτικές ανάγκες πχ. πολύ-συσκευασίες ελληνικού γιαουρτιού ή συσκευασίες φρούτων και λαχανικών έτοιμων για μαγείρεμα/κατανάλωση. Πρωτοτυπία στο σχεδιασμό νέων προϊόντων (πχ. παραλλαγές κίτρινων τυριών ή νέες σειρές αλλαντικών ή καινοτόμα αρτοσκευάσματα).

- Ανάδειξη της ελληνικής διατροφικής ταυτότητας και της αξίας που έχει αυτή ως μέρος της ευρύτερης μεσογειακής δίαιτας. Διαφήμιση της παραδοσιακής ελληνικής κουζίνας. Προβολή επιστημονικών δημοσιεύσεων που συσχετίζουν τα ελληνικά προϊόντα και το μεσογειακό διατροφικό πρότυπο με οφέλη για την υγεία.
- Πιστοποίηση των αυθεντικών ελληνικών προϊόντων και ανάδειξη της γεωγραφικής τους προέλευσης. Έμφαση στην ΠΟΠ ή την ΠΓΕ. Συστηματική δημιουργία branding για τα προϊόντα-στόχους (πχ. φέτα, γιαούρτι, μήλα, πορτοκάλια).
- Ιεράρχηση των ξένων αγορών και διαφοροποίηση της στρατηγικής διείσδυσης. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι το μέγεθος της αγοράς, οι προοπτικές ανάπτυξης, η υπάρχουσα διείσδυση και ο προσδοκώμενος ανταγωνισμός. Σε πρώτη προτεραιότητα τοποθετούνται οι αγορές της Β. Αμερικής, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Γερμανίας, της Αυστρίας και των Βαλκανίων, ενώ σε επόμενη προτεραιότητα βρίσκονται η Ιταλία, η Γαλλία, το Βέλγιο, η Σκανδιναβία, η Ρωσία και η Αυστραλία.

Γενόσημα Φάρμακα

Η ελληνική αγορά φαρμάκου διαθέτει ένα από τα χαμηλότερα ποσοστά διείσδυσης των φαρμάκων εκτός πατέντας. Το ποσοστό αυτό είναι μόλις 32%, όταν στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες υπερβαίνει το 60% και σε ΗΠΑ, Τουρκία και Βραζιλία ακόμη και το 90% (McKinsey &Company, 2012). Το στοιχείο αυτό καταδεικνύει το σημαντικό περιθώριο ανάπτυξης που υπάρχει για την εγχώρια αγορά. Επίσης, η γεωγραφική θέση της χώρας, ευνοεί τη μετατροπή της σε εξαγωγικό κόμβο της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Εγγύς Ανατολής. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την ύπαρξη εδραιωμένης βιομηχανίας φαρμάκων στη χώρα, δημιουργούν τις προϋποθέσεις για αλματώδη ανάπτυξη του συγκεκριμένου κλάδου. Στα πλαίσια του Εθνικού Προγράμματος Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης τίθεται ο στόχος για διπλασιασμό του οικονομικού μεγέθους του κλάδου μέχρι το 2020 και αύξηση της συμμετοχής στην απασχόληση. Η επίτευξη αυτού του στόχου μπορεί να γίνει πραγματικότητα με τις παρακάτω δράσεις:

- Δημιουργία «εθνικών πρωταθλητών». Εξαγορές και συγχωνεύσεις των υφιστάμενων εταιρειών, με στόχο τη δημιουργία επιχειρηματικών σχημάτων τέτοιας κλίμακας και αποδοτικότητας, ικανών να ανταγωνιστούν σε ένα παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον. Η συγκέντρωση δυνάμεων βελτιώνει το λειτουργικό κόστος, τις δυνατότητες χρηματοδότησης, την ποιότητα της έρευνας και την πρόσβαση σε ξένες αγορές.
- Διασφάλιση πρόσβασης σε εναλλακτικές πηγές χρηματοδότησης, εκτός από τον τραπεζικό δανεισμό. Χρηματοδότηση μέσω ιδιωτικών κεφαλαίων (πχ. Private Equity ή Venture Capital). Αποπληρωμή των χρεών του δημοσίου με συμψηφισμό των οφειλών έναντι φόρων.
- Επενδύσεις στην έρευνα και την καινοτομία. Επικέντρωση σε κατάλληλες υποκατηγορίες προϊόντων, υψηλής προστιθέμενης αξίας. Συνεργασία με εγχώρια και ξένα ερευνητικά

και εκπαιδευτικά ιδρύματα. Προσέλκυση εξειδικευμένων στελεχών και συμβούλων από το εξωτερικό.

- Εντατικοποίηση των διενεργούμενων ελέγχων από τον Ελληνικό και Ευρωπαϊκό Οργανισμό Φαρμάκων, ώστε να ενισχυθεί η ποιότητα των παραγόμενων σκευασμάτων και να παρέχεται η απαραίτητη πιστοποίηση καταλληλότητας.
- Παρέμβαση του κράτους για την άρση άσκοπων ρυθμιστικών και νομικών εμποδίων στην αδειοδότησή τους, τη σύντμηση του χρόνου που μεσολαβεί μέχρι την έγκριση νέων προϊόντων και τη μείωση του σχετικού κόστους. Επίσης, η πολιτεία μπορεί να προωθήσει τα γενόσημα φάρμακα στην εγχώρια αγορά μέσα από τη συνταγογράφηση των νοσοκομείων και των ασφαλιστικών ταμείων και τη μείωση της τιμής πώλησής τους. Ακόμη, μπορούν να καθιερωθούν κίνητρα για τους εμπλεκόμενους ιατρούς και φαρμακοποιούς, ώστε να τα προτιμούν σε σχέση με τα ακριβά φάρμακα πατέντας.
- Ενημέρωση των καταναλωτών για τις εγγυήσεις ποιότητας που έχουν τα γενόσημα και το βιο-ισοδύναμο αποτέλεσμά τους σε μια φαρμακευτική αγωγή.
- Εμπορική διείσδυση των ελληνικών εταιρειών γενοσήμων σε υποσχόμενες ξένες αγορές. Τέτοιες είναι τα Βαλκάνια, η Ρωσία, το Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία και η Γαλλία. Αυτή η κίνηση θα βοηθούσε ταυτόχρονα και στη βελτίωση της κερδοφορίας τους, αλλά και στη γεωγραφική διαφοροποίηση των κερδών τους, ώστε να είναι πιο ανθεκτικές σε ενδεχόμενες οικονομικές αναταραχές.

Λιανικό και Χονδρικό εμπόριο

Το λιανικό και χονδρικό εμπόριο στην Ελλάδα κατά κύριο λόγο περιλαμβάνει τους κλάδους των τροφίμων-ποτών, της ένδυσης-υπόδησης και των ηλεκτρονικών ειδών. Σύμφωνα με McKinsey & Company (2012), η παραγωγικότητα της λιανεμπορικής-χονδρεμπορικής στην Ελλάδα έχει σημαντικά περιθώρια ενίσχυσης, αφού υπολείπεται κατά 30-40% σε σχέση με τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά κράτη, ακόμα και τα μεσογειακά (Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία).

Η άνοδος της παραγωγικότητας μπορεί να επιτευχθεί με την δημιουργία μεγαλύτερων εμπορικών μονάδων, μέσω εξαγορών ή συγχωνεύσεων. Για την ενίσχυση του ανταγωνισμού αναβαθμίζεται ο ρόλος και οι δυνατότητες της Επιτροπής Ανταγωνισμού, επιταχύνεται η απελευθέρωση της αγοράς των φορτηγών δημόσιας χρήσης και καταργούνται οι απαγορεύσεις στην πώληση προϊόντων από γενικά καταστήματα λιανικής, με παράλληλη όμως τήρηση των κανόνων ασφάλειας και υγιεινής (μη συνταγογραφούμενα φάρμακα, τροφές για μωρά κλπ.). Για να διευκολυνθούν οι επενδύσεις στον τομέα του εμπορίου αναθεωρούνται οι χρήσεις γης, με επέκταση των εμπορικών χρήσεων. Ακόμη, για τη διευκόλυνση των συναλλαγών, προωθούνται οι ψηφιακές υπηρεσίες των εμπορικών επιχειρήσεων, ώστε να υποστηριχθεί το ηλεκτρονικό εμπόριο. Σημαντική ώθηση στην επίσημη οικονομική δραστηριότητα δίνεται με τον περιορισμό του φαινομένου του παραεμπορίου.

Θαλάσσιο Εμπόριο

Από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου διέρχεται μία από τις τρεις μεγαλύτερες διηπειρωτικές διαδρομές του παγκόσμιου εμπορίου (McKinsey & Company, 2012). Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας, στο κέντρο αυτής της περιοχής, ο μεγάλος εμπορικός της στόλος και η λιμενική της υποδομή, της προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες για την αξιοποίηση του θαλάσσιου εμπορίου.

Το θαλάσσιο εμπόριο διακρίνεται σε δύο τύπους: το διαμετακομιστικό (transshipment), όπου υπάρχει μία ενδιάμεση στάση πριν την αποστολή των εμπορευμάτων δια θαλάσσης στον τελικό τους προορισμό, και της εμπορευματικής πύλης (gateway), όπου τα εμπορεύματα έχουν τελικό προορισμό είτε την τοπική αγορά είτε την απώτερη ηπειρωτική Ευρώπη. Όσον αφορά το διαμετακομιστικό εμπόριο, η εγγύτητα του Πειραιά με τις μεγάλες θαλάσσιες οδούς είναι αντίστοιχη με αυτήν ανταγωνιστικών λιμανιών (πχ. Gioia Tauro στην Ιταλία). Στον τομέα της εμπορευματικής πύλης, τόσο η Αθήνα όσο και η Θεσσαλονίκη είναι εγκατεστημένες κατάλληλα για να εξυπηρετούν τις αγορές των Βαλκανίων και της Ανατολικής Ευρώπης. Επομένως, η Ελλάδα διαθέτει σοβαρές προοπτικές ανάπτυξης και των δύο τύπων εμπορίου. Για να το καταφέρει αυτό, όμως, θα πρέπει να προσπεράσει τον ισχυρό ανταγωνισμό που υφίσταται από λιμάνια γειτονικών χωρών (πχ. Varna στη Βουλγαρία, Ambarli στην Τουρκία, Costanza στη Ρουμανία).

Το σχέδιο το οποίο προωθείται για την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών λιμανιών και την ανάπτυξη του θαλάσσιου εμπορίου περιλαμβάνει τα παρακάτω μέτρα:

- Σύσταση εταιρείας διαχείρισης των περιφερειακών λιμένων της χώρας, κατά τα πρότυπα του ΟΛΠ και του ΟΛΘ.
- Είσοδος ιδιωτών στη μετοχική σύνθεση των λιμένων. Σύναψη μακροχρόνιων συμβάσεων παραχώρησης της διαχείρισης και λειτουργίας τους.
- Επενδυτικό πρόγραμμα για την αναβάθμιση των υποδομών των λιμένων, με έμφαση στα logistics και την κρουαζιέρα.
- Βελτίωση των συμπληρωματικών έργων υποδομής, εκτός λιμένων. Δημιουργία εμπορευματικών κέντρων σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη. Καλύτερη σύνδεση της ενδοχώρας με τα λιμάνια (πχ. σιδηροδρομικές γραμμές για τη μεταφορά εμπορευμάτων).
- Προσέλκυση ελληνικών εφοπλιστικών κεφαλαίων στις παραπάνω διαδικασίες με διάφορα κίνητρα.
- Σύντμηση των τελωνειακών απαιτήσεων, για μείωση της γραφειοκρατίας και επίσπευση των διαδικασιών. Περιορισμός του χρόνου φόρτωσης/εκφόρτωσης. Διασφάλιση της απρόσκοπτης και ομαλής λειτουργίας των λιμανιών.
- Επιδίωξη στρατηγικών συμμαχιών με ξένες χώρες, που αναπτύσσουν μεγάλη εμπορική δραστηριότητα (πχ. Κίνα).

- Προώθηση του Πειραιά ως κύριο διαμετακομιστικό κέντρο για την Ανατολική Μεσόγειο και της Θεσσαλονίκης ως κύριας εμπορικής πύλης για τα Βαλκάνια και την Ανατολική Ευρώπη.

Τουρισμός

Ο τουρισμός απασχολεί παραδοσιακά μεγάλο μέρος του εργατικού δυναμικού της χώρας και συμμετέχει άμεσα ή έμμεσα καθοριστικά στη διαμόρφωση του ελληνικού ΑΕΠ. Ωστόσο, διαθέτει ακόμα πολύ μεγάλα περιθώρια ανάπτυξης, αφού ο παραδοσιακός τρόπος προσέγγισης "ήλιος και θάλασσα" δεν έχει αφήσει να ξεδιπλωθούν οι υπόλοιπες δυνατότητες του ελληνικού τουριστικού προϊόντος. Στόχος της νέας φιλοσοφίας είναι η υψηλή ποιότητα υπηρεσιών, η χωρική διαφοροποίηση του τουριστικού προϊόντος με βάση την τοπική κουλτούρα και η παραγωγή υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Η νέα στρατηγική του ελληνικού τουρισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Κατάργηση του ΕΟΤ και δημιουργία οργανισμού τουριστικής προβολής της Ελλάδος με σύμπραξη ιδιωτικού και δημόσιου τομέα. Σε αυτόν θα συμμετέχουν οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τουρισμό, σε πλειοψηφικό ποσοστό, και η τοπική αυτοδιοίκηση και το κεντρικό κράτος, σε μειοψηφικά ποσοστό. Ο οργανισμός θα χρηματοδοτείται από τα τρία μετοχικά μέρη, θα διέπεται από σύγχρονα διοικητικά πρότυπα και θα περιλαμβάνει ξεχωριστά λειτουργικά τμήματα, όπως είναι ο στρατηγικός σχεδιασμός, η διαχείριση αγορών και προϊόντων, το μάρκετινγκ, η υποστήριξη πωλήσεων, η αξιολόγηση και η κατηγοριοποίηση παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Η οργάνωση της τουριστικής καμπάνιας στο εξωτερικό και η προώθηση των τουριστικών ευκαιριών στη χώρα θα γίνεται με βάση πολυετές επιχειρησιακό σχέδιο. Ο οργανισμός αυτός θα αναλάβει και τη διαδικασία πιστοποίησης των τουριστικών μονάδων.
- Συνένωση μικρών τουριστικών μονάδων ή δημιουργία δικτύου συνεργαζόμενων τουριστικών επιχειρήσεων για τη μείωση του λειτουργικού κόστους και τη διευκόλυνση προσαρμογής στον ανταγωνισμό.
- Ενθάρρυνση των επενδύσεων σε μεγάλες Περιοχές Ολοκληρωμένης Τουριστικής Ανάπτυξης (ΠΟΤΑ)
- Επένδυση σε υψηλού επιπέδου παραθεριστικές κατοικίες. Προσέλκυση ηλικιωμένων Ευρωπαίων υψηλού εισοδήματος, που θέλουν να εγκατασταθούν στην Ελλάδα.
- ΣΔΙΤ για την κατασκευή και εκμετάλλευση τουριστικών υποδομών, όπως οι μαρίνες και οι αποβάθρες ελλιμενισμού κρουαζιερόπλοιων.
- Πλήρης απελευθέρωση του τομέα της κρουαζιέρας. Δυνατότητα χρήσης των ελληνικών λιμανιών για ελλιμενισμό βάσης (homeporting).
- Διευκόλυνση της πρόσβασης τουριστών από αναδυόμενες και πιο απομακρυσμένες αγορές (ΗΠΑ, Ρωσία, Κίνα, Ινδία, Βραζιλία, Αυστραλία). Σύνδεση μέσω απευθείας

πτήσεων και επιτάχυνση των διαδικασιών για την παροχή άδειας εισόδου (διευκολύνσεις στο πλαίσιο των διαδικασιών Σένγκεν).

- Επιλεκτικός ανταγωνισμός με τις γειτονικές τουριστικές χώρες. Αυτό σημαίνει διατήρηση ανταγωνιστικών τιμών ως προς τις βασικές τουριστικές αγορές (Ευρώπη, Αμερική, Αυστραλία) και συνεργασία για τη διαμόρφωση κοινών τουριστικών πακέτων, για την προσέλκυση επισκεπτών από μεγάλες και ανεκμετάλλευτες αγορές (Κίνα, Ινδία, Βραζιλία)
- Προτεραιότητα στην προσέλκυση τουρισμού υψηλής εισοδηματικής κατηγορίας
- Έμφαση στην διεύρυνση της τουριστικής περιόδου πέρα από τους τρεις θερινούς μήνες. Προώθηση της Ελλάδας ως τουριστικού προορισμού σε χώρες, όπου οι διακοπές συνηθίζονται σε διαφορετική περίοδο από την τυπική θερινή. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ενισχυθεί η περίοδος Μαρτίου-Μαΐου και η περίοδος Σεπτεμβρίου-Νοεμβρίου. Δημιουργία και προβολή ενός ολοκληρωμένου χειμερινού τουριστικού προφίλ της Ελλάδας για την ενίσχυση των χειμερινών προορισμών. Προβολή Αθήνας και Θεσσαλονίκης ως προορισμούς για αστικές αποδράσεις. Προώθηση του συνεδριακού τουρισμού με τη δημιουργία 2-3 μεγάλων συνεδριακών κέντρων.
- Ανάδειξη των εναλλακτικών μορφών τουρισμού, όπως ο αγροτουρισμός, ο θρησκευτικός, ο γαστρονομικός, ο ορειβατικός, ο περιπατητικός, ο αλιευτικός και ο ιατρικός τουρισμός.
- Ανάδειξη των τοπικών ιδιαιτεροτήτων κάθε προορισμού, ώστε το ελληνικό τουριστικό προϊόν να μην είναι χωρικά ομοιογενές. Επισήμανση των παραδοσιακών στοιχείων στην αρχιτεκτονική, τη διατροφή, την κουλτούρα και ένταξή τους στο τουριστικό πακέτο κάθε επισκέπτη.

Υπηρεσίες περίθαλψης ηλικιωμένων

Σύμφωνα με McKinsey & Company (2012), το ποσοστό του πληθυσμού με ηλικία άνω των 65 αναμένεται να αυξηθεί στην Ελλάδα από 19% το 2010 σε 32% το 2050, με τον μέσο όρο του ΟΟΣΑ να προβλέπεται στο 25%. Λόγω της συνεχούς γήρανσης του πληθυσμού στην Ελλάδα και την Ευρώπη, η ετήσια δημόσια δαπάνη για την περίθαλψη των ηλικιωμένων, στα πλαίσια των εθνικών συστημάτων υγείας, αυξάνεται αισθητά. Επιπλέον, σημαντική άνοδος παρατηρείται και στην ιδιωτική δαπάνη για εξω-νοσοκομειακή φροντίδα ηλικιωμένων σε ειδικούς χώρους φιλοξενίας (πχ. οίκοι ευγηρίας). Συνεπώς, οι υπηρεσίες περίθαλψης ηλικιωμένων αναδεικνύονται μελλοντικά σε σημαντικό τομέα της οικονομίας, όχι μόνο σε ελληνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η Ελλάδα εγκαίρως αντιλαμβάνεται τις ευκαιρίες που δημιουργούνται και προωθεί όλες τις απαραίτητες δράσεις, ώστε να εδραιωθεί στον συγκεκριμένο τομέα. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα ενδιαφερόμενων. Στόχος είναι να έχουν απήχηση και στο ευρύ κοινό ηλικιωμένων, με πιο μαζικά χαρακτηριστικά, αλλά και σε πιο εξειδικευμένα κοινά, υψηλής και πολύ υψηλής εισοδηματικής κατάστασης. Το κράτος

ενθαρρύνει τη δημιουργία εταιρειών παροχής φροντίδας σε ηλικιωμένους (πχ. φροντίδα στο σπίτι, τηλε-ιατρική, προγράμματα συμμόρφωσης με τη φαρμακευτική αγωγή) και προωθεί τις επενδύσεις σε οίκους ευγηρίας. Επίσης, διευκολύνει τις μεγάλες επενδύσεις σε υψηλού επιπέδου χώρους φιλοξενίας. Τέτοιοι χώροι δεν περιορίζονται απλά στις εγκαταστάσεις διαμονής, αλλά διαθέτουν και υποδομές ψυχαγωγίας, προσωπικής περιποίησης και ήπιας άθλησης. Ακόμη, σε συνεργασία με τις εταιρείες του κλάδου, δημιουργείται ένας ειδικός φορέας για την πιστοποίηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, τη διαφήμισή τους στο εσωτερικό και το εξωτερικό και την προσέλκυση πελατών, μέσω της σύναψης συνεργασιών με ασφαλιστικούς φορείς. Τα ασφαλιστικά ταμεία συμβάλουν σε κάποιο ποσοστό στη σχετική δαπάνη, προκειμένου να αποφύγουν μελλοντικά υψηλότερα κόστη νοσοκομειακής νοσηλείας, εξαιτίας της παραμέλησης των ηλικιωμένων.

Μεγάλος αριθμός ηλικιωμένων από πλούσιες χώρες της Ευρώπης (πχ. Σκανδιναβία, Γερμανία, Ην.Βασίλειο, Κάτω Χώρες) ανταποκρίνεται στη διαφημιστική εκστρατεία και επιλέγει να εγκατασταθεί στην Ελλάδα. Σταδιακά προσελκύονται υψηλού εισοδήματος ηλικιωμένοι και από άλλες χώρες της Ευρώπης (πχ. Ρωσία, Πολωνία).

Ειδικές ιατρικές υπηρεσίες

Η Ελλάδα διαθέτει μια από τις μεγαλύτερες αναλογίες ιατρών ανά κάτοικο στην Ευρώπη και σε ολόκληρο τον κόσμο. Επιπλέον, το ιατρικό προσωπικό θεωρείται υψηλού επιπέδου και ιδιαίτερα καταρτισμένο σε ορισμένους ιατρικούς τομείς. Μάλιστα, μεγάλος αριθμός γιατρών έχουν σπουδάσει, ειδικευθεί ή εργαστεί στο εξωτερικό. Ακόμη, σε σύγκριση με πολλές ευρωπαϊκές χώρες, το εγχώριο κόστος των ιατρικών υπηρεσιών είναι αρκετά χαμηλότερο (McKinsey & Company, 2012). Επομένως, μια εξωστρεφής πολιτική στον τομέα της παροχής ιατρικών υπηρεσιών θα μπορούσε να δώσει διέξοδο στη συσσώρευση ιατρικού προσωπικού και να προσφέρει μεγάλα οφέλη στην ελληνική οικονομία.

Ειδικότερα, η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα να στοχεύσει σε ειδικές ιατρικές υπηρεσίες, όπου διαθέτει τεχνογνωσία και ανταγωνιστικές τιμές. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η υποβοηθούμενη αναπαραγωγή, οι οφθαλμολογικές επεμβάσεις, η αισθητική χειρουργική, η αντιμετώπιση της παχυσαρκίας, η αιμοκάθαρση, οι καρδιαγγειακές και οι ορθοπεδικές επεμβάσεις. Για την υλοποίηση αυτής της στρατηγικής είναι απαραίτητες οι ιδιωτικές επενδύσεις σε νοσοκομειακές υποδομές, η συνεργασία με διεθνείς ιατρικούς οργανισμούς και κορυφαία ιατρικά ιδρύματα και η πιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών από διεθνείς οργανισμούς, όπως το Joint Committee International. Το προσφερόμενο προϊόν θα μπορούσε να διευρυνθεί, μέσω της ανάπτυξης ολοκληρωμένων θέρετρων υγείας (health resorts) και κέντρων ευεξίας. Η διαφήμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών θα μπορούσε να στοχεύσει χώρες, όπως η Ρωσία, η Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη, τα Βαλκάνια, η Μέση Ανατολή, και επιλεγμένες χώρες της ΕΕ, όπου τα σχετικά κόστη είναι υψηλότερα (πχ. Ην.

Βασίλειο). Η επιτυχία της προώθησης εξαρτάται και από τις συνοδευτικές υπηρεσίες, όπως είναι η μεταφορά και η διαμονή του ιατρικού πελάτη και όσων τον συνοδεύουν, αφού αυτές συνδιαμορφώνουν τη φήμη ενός ιατρικού προορισμού.

Περιβάλλον – Φυσικοί Πόροι – Χωροταξία – Υποδομές – Ενέργεια – Κλιματική Αλλαγή

Περιβάλλον – Φυσικοί Πόροι

Κατά την περίοδο 2011-2030 η ελληνική νομοθεσία που αφορά τον τομέα του περιβάλλοντος ουσιαστικά ευθυγραμμίζεται με τις στρατηγικές κατευθύνσεις, τις οδηγίες και τις αποφάσεις των οργάνων της ΕΕ. Ωστόσο, ανάμεσα στην ενσωμάτωση της κοινοτικής νομοθεσίας στο ελληνικό δίκαιο και την υλοποίηση της περιγραφόμενης πολιτικής, παρατηρείται σαφής καθυστέρηση. Αυτό οφείλεται στην κωλυσιεργία των αρμόδιων αρχών, στις αδυναμίες της διοίκησης και στις αντιδράσεις από τα θιγόμενα μέρη. Η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος από τη ρύπανση (ατμόσφαιρα, έδαφος, επιφανειακά-υπόγεια-παράκτια ύδατα, ανοικτές θάλασσες), η διασφάλιση της βιοποικιλότητας και η προφύλαξη περιοχών ιδιαίτερης οικολογικής ή αισθητικής αξίας υφίστανται ως διακηρυγμένες επιδιώξεις του κράτους, αλλά δεν συνοδεύονται από ένα ολοκληρωμένο εθνικό σχέδιο δράσης, με σκοπό την πραγμάτωση αυτών των επιδιώξεων. Έτσι, όσες περιβαλλοντικές παρεμβάσεις υλοποιούνται σπάνια είναι προληπτικές και αφορούν κυρίως την επίλυση μεμονωμένων περιστατικών.

Ακόμη, η προσέγγιση που ακολουθείται απέναντι στο περιβάλλον είναι στενά οικονομική. Στόχοι των όποιων παρεμβάσεων είναι η αποφυγή προστίμων από το Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για τη μη τήρηση των κοινοτικών οδηγιών, η αποτροπή της απώλειας κονδυλίων από τα κοινοτικά ταμεία, η επέκταση του χρονικού ορίζοντα εκμετάλλευσης ενός φυσικού πόρου και η εξασφάλιση κρατικών εσόδων από την τακτοποίηση παρανομιών (πχ. αυθαίρετη δόμηση). Ακόμη, το οικονομικό κόστος μιας περιβαλλοντικής παρέμβασης μετατρέπεται συχνά σε αποτρεπτικό παράγοντα για την υλοποίησή της. Πιο συγκεκριμένα, η υλοποίηση ή μη μιας περιβαλλοντικής παρέμβασης εξαρτάται μονομερώς από το χρηματοοικονομικό ισοζύγιο κόστους-οφέλους. Η αυτόνομη αξία του περιβάλλοντος, ως κοινωνικό αγαθό, στην πράξη υποβαθμίζεται.

Στα πλαίσια του Εθνικού Προγράμματος Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης οι φυσικοί πόροι της ελληνικής επικράτειας (ξυλεία, πετρώματα, μέταλλα, ενεργειακά ορυκτά, υδατικοί πόροι, φυτά, ιχθυοαποθέματα) καταγράφονται σε ενιαία ηλεκτρονική βάση δεδομένων. Στη συνέχεια, εκπονούνται τεχνικο-οικονομικές μελέτες, ώστε να διαπιστωθεί σε ποιες περιοχές και υπό ποιες προϋποθέσεις υπάρχουν συμφέρουσες ευκαιρίες εκμετάλλευσης με τα τρέχοντα δεδομένα. Οι ευκαιρίες που παρουσιάζονται ομαδοποιούνται θεματικά και κατηγοριοποιούνται με βάση το οικονομικό μέγεθος. Έπειτα, προκηρύσσονται διαγωνισμοί για την παραχώρηση των δικαιωμάτων εκμετάλλευσης. Για να προχωρήσει η εκμετάλλευση

ταχύτερα, αναμορφώνεται το θεσμικό πλαίσιο σε σχέση με τις διαγωνιστικές διαδικασίες και τις περιβαλλοντικές εγκρίσεις. Επίσης, καταργούνται οι επιμέρους αρμόδιες υπηρεσίες και δημιουργείται μια κεντρική.

Ειδικότερα, όσον αφορά το νερό, οι εξελίξεις αυτής της περιόδου είναι οι ακόλουθες:

- Προσπάθεια εφαρμογής των προβλεπόμενων από την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Τα απαιτούμενα διαχειριστικά σχέδια για τις λεκάνες απορροής ετοιμάζονται χωρίς μεγάλες καθυστερήσεις. Ωστόσο, ο στόχος της "καλής οικολογικής κατάστασης" των υδάτινων σωμάτων μέχρι το 2015 μετατίθεται για αργότερα. Λόγω της σύνδεσης όλο και περισσότερων περιοχών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και της στροφής στην βιολογική γεωργία και κτηνοτροφία, σταδιακά επιτυγχάνεται βελτίωση της ποιότητας των νερών ως το 2020. Επίσης, περίπου το 2020, αρχίζουν να εφαρμόζονται πολιτικές τιμολόγησης του νερού, σε τομείς όπως η γεωργία.
- Αλλαγή του ιδιοκτησιακού καθεστώτος των φορέων παροχής νερού και αποχέτευσης. Σε πρώτη φάση, η ΕΥΔΑΠ διαχωρίζεται σε μια εταιρεία υποδομών και σε μια εταιρεία διαχείρισης. Η πρώτη περνά σε κρατικό έλεγχο και δεύτερη ιδιωτικοποιείται. Σε δεύτερη φάση, οι τοπικές ΔΕΥΑ και οι ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ καταργούνται, ώστε να συσταθούν μεγαλύτερα σχήματα, με γεωγραφική βάση τις διοικητικές περιφέρειες της χώρας. Το μοντέλο που ακολουθείται είναι ανάλογο της ΕΥΔΑΠ, με την ύπαρξη μιας περιφερειακής εταιρείας υποδομών και μιας περιφερειακής εταιρείες παροχής νερού και αποχέτευσης. Οι πρώτες παραμένουν σε δημόσιο έλεγχο, ενώ οι δεύτερες σταδιακά αποκρατικοποιούνται.
- Δράσεις για μείωση της ζήτησης από όλες τις χρήσεις. Εφαρμόζονται τεχνολογίες και υλοποιούνται πολιτικές (οικονομικού και μη οικονομικού χαρακτήρα), ώστε να εξοικονομηθεί νερό που χάνεται κατά τη μεταφορά και διανομή, καθώς και για να πολλαπλασιασθεί η αποδοτικότητα κάθε μονάδας νερού που διανέμεται.
- Πρωτοβουλίες για την αύξηση της προσφοράς του νερού, όπου είναι αναγκαίο. Προωθούνται προγράμματα ανακύκλωσης νερού, στη γεωργία και τη βιομηχανία, και χρήσης νερού τριτογενούς επεξεργασίας, από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Η κατασκευή φραγμάτων για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης γίνεται με φειδώ και αφού πρώτα εξαντληθούν οι εναλλακτικές λύσεις. Αντίθετα, τα φράγματα που προορίζονται και για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζονται με λιγότερες επιφυλάξεις. Αφενός, αυτό συμβαίνει λόγω της δυνατότητας παραγωγής φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας, που θα καλύπτει άμεσα τις αιχμές της ζήτησης. Αφετέρου, η ραγδαία ανάπτυξη των αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών, μπορεί να δημιουργήσει αστάθεια εθνικό ηλεκτρικό σύστημα. Η παραγωγή ενέργειας από αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς είναι άνισα κατανεμημένη εντός της ημέρας, αλλά και από μέρα σε μέρα, και δεσμεύεται από τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες. Η διόγκωση αυτής της συνιστώσας της ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να προκαλέσει μεγάλη αβεβαιότητα για τη συνολική παραγωγή, εκτός εάν η πλεονάζουσα ενέργεια κάθε

στιγμή αποθηκεύεται με τη μορφή ύψους νερού σε ταμιευτήρες αντλησιοταμίευσης. Η δημιουργία υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ-ταμιευτήρων αντλησιοταμίευσης μπορεί να ρυθμίσει τη χρονική δίαιτα της τελικής ηλεκτροπαραγωγής και να μεγιστοποιήσει το οικονομικό όφελος.

Χωροταξία – Υποδομές

Ο χωροταξικός σχεδιασμός είναι προσανατολισμένος στην προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης και στην προσέλκυση επενδύσεων από το εσωτερικό και το εξωτερικό. Ο σχεδιασμός των χρήσεων γης πριμοδοτεί τις παραγωγικές δραστηριότητες, ώστε να τονωθεί το επενδυτικό ενδιαφέρον, να ανασυντεθεί ο παραγωγικός ιστός της χώρας και να δημιουργηθούν θέσεις εργασίας. Δίνονται κίνητρα για τη δημιουργία βιομηχανικών ζωνών, επιχειρηματικών πάρκων και μεγάλων εμπορευματικών κέντρων. Επίσης, το εθνικό χωροταξικό σχέδιο για τον τουρισμό ολοκληρώνεται και νομοθετείται, ώστε να αποσαφηνιστούν οι αξιοποιήσιμες περιοχές και οι όροι ανάπτυξης. Το σχέδιο αυτό προβλέπει ειδικές χωροταξικές ζώνες για παραθεριστικές κατοικίες υψηλού επιπέδου. Ακόμη, επιλύονται ζητήματα χωροθέτησης των εγκαταστάσεων ιχθυοκαλλιέργειας.

Για την επιτάχυνση της κτηματογράφησης της χώρας, κατατίθεται αίτημα τεχνικής βοήθειας από άλλα ευρωπαϊκά κράτη (πχ. Ολλανδία, Γερμανία). Στην προσπάθεια ενεργοποιούνται και οι ιδιώτες μηχανικοί. Μέχρι το 2020, το Εθνικό Κτηματολόγιο έχει καλύψει το σύνολο της επικράτειας. Ταυτόχρονα, εκκαθαρίζονται οι χρονίζουσες εκκρεμότητες σε σχέση με το ιδιοκτησιακό καθεστώς πολλών περιοχών. Έτσι, υποθέσεις αξιοποίησης της ακίνητης περιουσίας του ελληνικού δημοσίου απεμπλέκονται.

Στις μεταφορές δίνεται έμφαση στη δημιουργία μεγάλων αυτοκινητοδρόμων, που θα λειτουργούν ως συνέχεια του πανευρωπαϊκού δικτύου. Ολοκληρώνονται οι κάθετοι άξονες της Εγνατίας Οδού, η Ολυμπία Οδός, η Ιόνια Οδός, η Κεντρική Οδός και τα εναπομείναντα τμήματα των Αυτοκινητοδρόμων Αιγαίου και Μορέα. Επίσης, σχεδιάζεται και στη συνέχεια ξεκινά να κατασκευάζεται αντίστοιχος αυτοκινητόδρομος στην Κρήτη. Αυτοί οι αυτοκινητόδρομοι αναβαθμίζουν τις μεταφορές, το εμπόριο και τον τουρισμό και ενισχύουν την ασφάλεια των μετακινήσεων. Εξαιτίας της απουσίας ανταγωνιστικού σιδηροδρομικού δικτύου, οι αυτοκινητόδρομοι προβλέπεται να καλύπτουν τις μεταφορές ανάμεσα στις περισσότερες περιοχές της χώρας. Η βασική σιδηροδρομική γραμμή, η οποία διατηρείται και γνωρίζει άνθηση, είναι η Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Νέες σιδηροδρομικές γραμμές δημιουργούνται μόνο ανάμεσα σε μεγάλα λιμάνια (πχ. Πειραιάς, Θεσσαλονίκη) και τα νέα μεγάλα εμπορευματικά κέντρα (πχ. Θριάσιο, Σίνδος), με αποκλειστικό σκοπό τη μεταφορά αγαθών. Η εκμετάλλευση των σιδηροδρομικών γραμμών παραχωρείται σε ιδιώτες, ενώ οι υποδομές παραμένουν υπό δημόσιο έλεγχο. Για τη χρηματοδότηση των έργων υποδομής προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν κοινοτικά κονδύλια, χρηματοδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων και δανειοδότηση από το τραπεζικό σύστημα.

Μάλιστα, η εθνική συμμετοχή στα επιλέξιμα έργα μειώνεται δραστικά, ώστε να μην αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στην κατασκευή τους.

Στον τομέα της επικοινωνίας και του διαδικτύου βασική πρόοδος αυτής της περιόδου είναι η εγκατάσταση δικτύου οπτικών ινών, που θα φτάνει μέχρι τον τελικό χρήστη, στην κατοικία και την επιχείρηση. Έτσι, επιτυγχάνεται αυξημένη ταχύτητα, μεταφορά μεγαλύτερου όγκου δεδομένων και λιγότερες βλάβες στο δίκτυο.

Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό ζήτημα που μπαίνει σε τροχιά επίλυσης ,είναι αυτό της διαχείρισης των απορριμμάτων-αποβλήτων. Το ζήτημα αυτό έχει, αφενός περιβαλλοντικές και αφετέρου οικονομικές προεκτάσεις. Από τη μια, η ασφαλής συλλογή, επεξεργασία και απόθεση των απορριμμάτων-αποβλήτων προστατεύει τους περιβαλλοντικούς αποδέκτες από τη ρύπανση. Από την άλλη, η αξιοποίηση των απορριμμάτων μπορεί να οδηγήσει στην εξοικονόμηση πρώτων υλών και στην παραγωγή ενέργειας, με σημαντικό οικονομικό όφελος. Η χώρα αποφασίζει να υλοποιήσει τον υπάρχοντα περιφερειακό σχεδιασμό, για ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων-αποβλήτων, με τη μορφή ΣΔΙΤ. Παρέχεται η δυνατότητα σε ιδιωτικά κεφάλαια να χρηματοδοτούν τα απαραίτητα έργα υποδομής σε κάθε περιφέρεια (εγκαταστάσεις ανακύκλωσης/κομποστοποίησης/αποτέφρωσης και ΧΥΤΥ) και να συμμετέχουν μετοχικά στις εταιρείες διαχείρισης που συστήνονται. Οι δημοτικές υπηρεσίες αποκομιδής των απορριμμάτων καταργούνται και το σχετικό έργο ανατίθεται σε ιδιωτικές εταιρείες. Προωθούνται δυναμικά η ανακύκλωση, η κομποστοποίηση και, όπου είναι δυνατόν, η θερμική επεξεργασία, με αποτέλεσμα το τελικό υπόλειμμα της επεξεργασίας να κατέχει δραστικά λιγότερο όγκο από τον αρχικό. Αυτό το υπόλειμμα τελικώς καταλήγει στους προβλεπόμενους ΧΥΤΥ και οι ανεξέλεγκτες χωματερές εξαλείφονται. Για τα νοσοκομειακά απόβλητα προβλέπεται αποτέφρωση σε ειδικούς χώρους, ενώ για τα βιομηχανικά απόβλητα προωθούνται ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Ενέργεια - Κλιματική Αλλαγή

Ο ενεργειακός τομέας σε παγκόσμιο επίπεδο διέπεται από τις ακόλουθες βασικές εξελίξεις στο μέλλον (IEA, 2010 · IEA, 2011a · IEA, 2011b):

- Η συνολική παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται.
- Το πετρέλαιο παραμένει το κυρίαρχο καύσιμο του πρωτογενούς ενεργειακού μίγματος μέχρι το 2035, αλλά με σημαντικά μειωμένο μερίδιο συμμετοχής. Αυτό είναι αποτέλεσμα των μέτρων που λαμβάνονται από πολλές κυβερνήσεις για διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών, ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης, οφείλεται στη σημαντική αύξηση της τιμής του. Η μέση τιμή του αργού πετρελαίου αναμένεται να αυξηθεί από 60 $/βαρέλι το 2009 σε 113 $(2009) το 2035.

- Το φυσικό αέριο διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην ικανοποίηση των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών, αντικαθιστώντας σε μεγάλο βαθμό το πετρέλαιο. Σε αυτό συμβάλουν οι σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που παράγει η καύση του.
- Η ζήτηση για άνθρακα αυξάνεται περίπου μέχρι το 2020 και μετά σταθεροποιείται.
- Το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας αυξάνεται από 6% το 2008 σε 8% το 2035.
- Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (υδροηλεκτρική, αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, βιομάζα, θαλάσσια ενέργεια) αυξάνεται ραγδαία. Το μερίδιό τους στη συνολική ζήτηση ενέργειας αυξάνεται από 7% σε 14%. Η διείσδυσή τους στην ηλεκτροπαραγωγή αυξάνεται από 19% σε σχεδόν 30% και αντίστοιχα στην παραγωγή θερμότητας από 10% σε 16% (σε βιομηχανία και κτίρια). Η αύξηση προέρχεται κυρίως από την αιολική και την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά συστήματα αυξάνει ραγδαία, αλλά το μερίδιό της στην παγκόσμια παραγωγή φτάνει μόνο γύρω στο 2% το 2035. Η χρήση βιοκαυσίμων για τις μεταφορές τετραπλασιάζεται, χάρη στην αύξηση των τιμών του πετρελαίου και την κρατική υποστήριξη.

Λόγω της φύσης του ενεργειακού ζητήματος, οι παραπάνω παγκόσμιες εξελίξεις στον τομέα της ενέργειας επηρεάζουν άμεσα και την Ελλάδα. Επίσης, λόγω της συμμετοχής της χώρας σε υπερεθνικούς οργανισμούς (πχ. ΟΗΕ, ΕΕ), η ενεργειακή πολιτική που εφαρμόζει καθορίζεται και από τις διεθνείς της δεσμεύσεις για περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η κλιματική αλλαγή. Για τις χώρες της ΕΕ, κομβικό κεφάλαιο στην ενεργειακή και περιβαλλοντική τους πολιτική αποτελούν η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και η προσαρμογή στις επιπτώσεις της. Η ΕΕ απαιτεί από το σύνολο των κρατών-μελών να μειώσουν τα εκπεμπόμενα αέρια του θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020, με έτος αναφοράς το 1990 (Οδηγία 2009/28/ΕΚ). Με την απαίτηση αυτή εναρμονίζεται και η Ελλάδα, αφού έχει υιοθετήσει το παρακάτω πλαίσιο στόχων, γνωστό και ως “20-20-20”:

- 20% διείσδυση της ενέργειας από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας (ανερχόταν σε 8,78% το 2009 με βάση τη Eurostat).
- 40% διείσδυση της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- 20% διείσδυση της ενέργειας από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.
- 10% διείσδυση της ενέργειας από ΑΠΕ (βιοκαύσιμα) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές.
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Για την υλοποίηση του τελευταίου στόχου, δηλαδή την ενεργειακή εξοικονόμηση, υιοθετούνται θεσμικά μέτρα και δίνονται κατάλληλα κίνητρα. Στον κτηριακό τομέα, εφαρμόζονται προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης του κελύφους υφιστάμενων κτηρίων, επιδοτείται η αντικατάσταση του οικιακού εξοπλισμού με άλλον υψηλότερης

ενεργειακής απόδοσης, ενθαρρύνεται η εγκατάσταση θερμικών ηλιακών συστημάτων και η αναβάθμιση καυστήρων/λεβήτων, προωθούνται τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (ΣΥΗΘ), εμπλουτίζεται ο ΓΟΚ με αρχές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, καθιερώνεται η υποχρεωτική δόμηση με "πράσινα" υλικά και επιβάλλεται η πιστοποίηση της ενεργειακής κλάσης όλων των κτηρίων, βάσει του ΚΕΝΑΚ. Στις μεταφορές, παρέχονται οικονομικά κίνητρα για την προώθηση των κινητήρων νέας τεχνολογίας, με χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένες εκπομπές ρύπων, όπως επίσης και των ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων.

Κατά την περίοδο 2011-2030 ο γενικότερος προσανατολισμός της ελληνικής οικονομίας προς ένα "πράσινο" πρότυπο ανάπτυξης, βρίσκει εφαρμογή και στον τομέα της ενέργειας. Η Ελλάδα θέτει ως κεντρικό στοιχείο της ενεργειακής και περιβαλλοντικής της πολιτικής την προώθηση των ΑΠΕ. Με αυτόν τον τρόπο επιδιώκει να διαφοροποιήσει τις ενεργειακές πηγές στις οποίες έχει πρόσβαση, να ενισχύσει την ενεργειακή της ασφάλεια, να μειώσει την εξάρτησή της από τα εισαγόμενα καύσιμα, να εξισορροπήσει το ενεργειακό της ισοζύγιο, να ωφεληθεί οικονομικά εξάγοντας ενέργεια (πχ. ηλεκτρική ενέργεια, βιοκαύσιμα), να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που εκλύει και να αποφύγει το υψηλό κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής ρύπων μετά το 2013.

Οι ΑΠΕ αποτελούν προνομιακό πεδίο για την Ελλάδα, αφού διαθέτει ένα τεράστιο και ουσιαστικά αναξιοποίητο δυναμικό. Έχει αξιόλογο δυναμικό σε αιολική και ηλιακή ενέργεια, μια πολλά υποσχόμενη βιομάζα και πολλά γεωθερμικά πεδία. Επίσης, το τεχνικοοικονομικά εκμεταλλεύσιμο υδροηλεκτρικό δυναμικό της δεν έχει αξιοποιηθεί επαρκώς. Εντελώς ανεκμετάλλευτο είναι και το μεγάλο κυματικό δυναμικό των ελληνικών θαλασσών και τα κατά τόπους παλιρροϊκά ρεύματα. Την περίοδο αυτή επιταχύνεται η εγκατάσταση χερσαίων και υπεράκτιων ανεμογεννητριών, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ σε κτήρια και η δημιουργία μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων σε γη χαμηλής παραγωγικότητας. Επίσης, δημιουργούνται εργοστάσια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ή βιομάζα. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα υπολείμματα αγροτικών, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Ακόμη, σε περιοχές με ικανό γεωθερμικό δυναμικό, δημιουργούνται οι απαραίτητες υποδομές για την αξιοποίηση της γεωθερμίας στη θέρμανση κτηρίων και στη θερμοκηπιακή γεωργία. Επιπλέον, τα φράγματα που προορίζονται και για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας βαίνουν σταδιακά προς υλοποίηση, ενώ πραγματοποιούνται και πιλοτικές εφαρμογές τεχνολογιών αξιοποίησης της κυματικής και παλιρροϊκής ενέργειας.

Η εγκατάσταση ΑΠΕ στα νησιά του Αιγαίου μπορεί να τους εξασφαλίσει ενεργειακή αυτάρκεια ή έστω μεγαλύτερη αυτονομία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, η διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου και της Κρήτης με την ηπειρωτική Ελλάδα, μέσω υποβρύχιων καλωδίων, θα δώσει τη δυνατότητα μεταφοράς του πλεονάσματος της παραγόμενης ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα. Βέβαια, αυτό θα απαιτήσει την αναβάθμιση του υφιστάμενου ηλεκτρικού δικτύου και την κατασκευή ταμιευτήρων

αντλησιοταμίευσης. Το δεύτερο κρίνεται αναγκαίο, επειδή η παραγωγή ενέργειας από αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς είναι άνισα κατανεμημένη εντός της ημέρας, αλλά και από μέρα σε μέρα, και δεσμεύεται από τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες. Επομένως, η διόγκωση αυτής της συνιστώσας της ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να προκαλέσει μεγάλη αβεβαιότητα για τη συνολική παραγωγή. Συνεπώς, αποθηκεύοντας την πλεονάζουσα κάθε στιγμή ενέργεια με τη μορφή ύψους νερού, καθίσταται δυνατή η ετεροχρονισμένη απόδοσή της στους καταναλωτές. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο σε καταστάσεις, όπου η ζήτηση φθάνει στην αιχμή της.

Παράλληλα με την ανάπτυξη των ΑΠΕ, η Ελλάδα διερευνά τις δυνατότητες που έχει για την αξιοποίηση ορυκτών καυσίμων στο υπέδαφος και την υφαλοκρηπίδα της. Προκηρύσσονται έρευνες για τον εντοπισμό κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου και στη συνέχεια διενεργούνται διεθνείς διαγωνισμοί για την παραχώρηση των δικαιωμάτων εξόρυξης. Στόχος της χώρας είναι να απεξαρτηθεί από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, οι τιμές και η διαθεσιμότητα των οποίων επηρεάζονται από γεωπολιτικούς παράγοντες, και να επωφεληθεί οικονομικά. Τα έσοδα που συγκεντρώνονται από την αξιοποίηση των χερσαίων και θαλάσσιων ενεργειακών κοιτασμάτων κατευθύνονται σε ειδικό ταμείο που δημιουργείται, κατά τα πρότυπα ξένων χωρών (πχ. Νορβηγία, Κατάρ).

Σταδιακά, η χρήση λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή περιορίζεται. Άλλωστε, ως καύσιμο μπορεί να είναι φθηνό, αλλά έχει χαμηλή μοναδιαία απόδοση και είναι εξαιρετικά ρυπογόνο. Πάντως, το ενδιαφέρον για το λιγνίτη δεν χάνεται, αφού μπορεί να αξιοποιηθεί ως εγχώριος στρατηγικός ενεργειακός πόρος. Σε συνθήκες γεωπολιτικής αστάθειας και διεθνών κρίσεων μπορεί να αποτελέσει μια φθηνή εναλλακτική πηγή ενέργειας.

Μείωση παρατηρείται και στη χρήση πετρελαίου και πετρελαιοειδών. Για παράδειγμα, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το πετρέλαιο γρήγορα αντικαθίσταται από το φυσικό αέριο. Επίσης, στις μεταφορές, παρατηρείται διείσδυση των βιοκαυσίμων και αύξηση στη χρήση ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων. Ακόμη, στα κτήρια, η βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης και η επέκταση της χρήσης φυσικού αερίου περιορίζουν τη ζήτηση για πετρέλαιο.

Αυτήν την περίοδο ο κλάδος της ενέργειας (ΑΠΕ, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) προσελκύει μεγάλες επενδύσεις από το εξωτερικό, δημιουργώντας χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας και αυξάνοντας τα έσοδα του κράτους. Έτσι, ο ενεργειακός τομέας πρωταγωνιστεί στην αναζωογόνηση της ελληνικής οικονομίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πρόγραμμα «Ήλιος». Το πρόγραμμα προβλέπει τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για λογαριασμό τρίτων ευρωπαϊκών κρατών και στη συνέχεια την εξαγωγή της.

Οι ελληνικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο των ΑΠΕ, στην παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικού ρεύματος και στη διύλιση και διακίνηση πετρελαιοειδών δημιουργούν

συμμαχίες με τις ξένες εταιρείες που ενδιαφέρονται να επενδύσουν στην Ελλάδα, είτε με τη μορφή κοινοπραξίας είτε με την είσοδο των ξένων εταιρειών στο μετοχικό τους κεφάλαιο.

Πληθυσμός – Μετανάστευση

Την πρώτη περίοδο (2011-2015), η οικονομική κρίση οδηγεί σε παρατεταμένη ανεργία μεγάλο τμήμα των κατοίκων της χώρας, συμπεριλαμβανομένων και των οικονομικών μεταναστών που βρίσκονται σε αυτή. Αρκετοί Έλληνες αποφασίζουν να αναζητήσουν εργασία σε άλλα κράτη-μέλη της ΕΕ, αλλά και σε χώρες εκτός ΕΕ. Πρόκειται κυρίως για άτομα υψηλής μόρφωσης ή εξειδίκευσης που κατοικούν στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας. Ένα άλλο τμήμα αυτής της κατηγορίας κατευθύνεται προς τα περιφερειακά αστικά κέντρα της χώρας, που συνήθως είναι ο τόπος καταγωγής τους. Η αντίστροφη πορεία, από τα περιφερειακά προς τα μεγάλα αστικά κέντρα, προς αναζήτηση εργασίας, αφορά μικρό μέρος του πληθυσμού. Επίσης, ένα σχετικά μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού που κατοικεί στα περιφερειακά αστικά κέντρα, στρέφεται προς τις πρωτεύουσες και τα χωριά των επαρχιακών Καλλικρατικών δήμων. Οι αγροτικές εργασίες και τα μικρά εμπορικά καταστήματα αποτελούν τους κύριους τομείς δραστηριοποίησης.

Επίσης, παλαιοί μετανάστες, που κατοικούν στην Ελλάδα, επιστρέφουν στις χώρες προορισμού τους, αν αυτές είναι γειτονικές ή έχουν σταθερή οικονομική και πολιτική κατάσταση. Έτσι, παρατηρείται επιστροφή μεταναστών σε Βαλκανικές και Ανατολικοευρωπαϊκές χώρες. Οι μετανάστες που προέρχονται από φτωχές και πολιτικά ασταθείς χώρες της Αφρικής και της Ασίας παραμένουν στη χώρα ή προσπαθούν να προωθηθούν προς τις άλλες χώρες της ΕΕ, με μικρή όμως επιτυχία. Στα πλαίσια της μεταναστευτικής της πολιτικής, η ΕΕ προσπαθεί να βοηθήσει τις αδύναμες ασιατικές και αφρικανικές χώρες να ορθοποδήσουν οικονομικά και να εδραιώσουν δημοκρατικά καθεστώτα, ώστε να περιοριστούν οι αιτίες της μετανάστευσης. Επίσης, ενισχύει τη δύναμη της Frontex στα θαλάσσια και χερσαία σύνορα. Ωστόσο, δεν λαμβάνεται καμία απόφαση για τον καταμερισμό των λαθρομεταναστών στα διάφορα κράτη-μέλη. Παράλληλα, μέρος των μεταναστευτικών ροών, που παραδοσιακά κατευθύνονταν στην Ελλάδα, τώρα την παρακάμπτει και διοχετεύεται σε άλλες συνοριακές χώρες-μέλη της ΕΕ, όπως η Ιταλία, η Βουλγαρία και η Ρουμανία. Συνολικά, οι μεταναστευτικές ροές προς την Ελλάδα περιορίζονται σε όγκο.

Κατά τη δεύτερη περίοδο (2015-2030) η μετανάστευση Ελλήνων στο εξωτερικό αρχίζει να φθίνει και μετά το 2022 μερικώς αντιστρέφεται, καθώς ορισμένοι επιστρέφουν στη χώρα. Όσοι επέλεξαν την εσωτερική μετανάστευση την προηγούμενη περίοδο κατάφεραν να ορθοποδήσουν οικονομικά και προσελκύουν και άλλους να τους ακολουθήσουν. Ωστόσο, ο ρυθμός εσωτερικής μετανάστευσης είναι τώρα σχετικά μικρότερος. Αυτό το δεύτερο κύμα εσωτερικής μετανάστευσης αποτελείται από ανθρώπους υψηλής μόρφωσης, με γνώσεις γύρω από οικονομικά και αγροτικά θέματα. Όσοι εγκαθίστανται στην ελληνική περιφέρεια

αυτήν την περίοδο αναπτύσσουν περισσότερο σύνθετες οικονομικές δραστηριότητες σε σχέση με πριν. Οι νέες δραστηριότητες περιλαμβάνουν πρότυπες μονάδες βιολογικής γεωργίας και κτηνοτροφίας, ιχθυοτροφεία, παραδοσιακά τουριστικά καταλύματα, μονάδες αγροτουρισμού, εργαστήρια παρασκευής τοπικών προϊόντων, μονάδες επεξεργασίας και τυποποίησης γεωργικών και κτηνοτροφικών ειδών. Οι εξωτερικές μεταναστευτικές ροές προς την Ελλάδα παραμένουν στα ίδια επίπεδα με τα προηγούμενα χρόνια, παρά την αύξηση του αντίστοιχου ενδιαφέροντος, λόγω της βελτίωσης στη φύλαξη των συνόρων από την Frontex. Μια ειδική κατηγορία μετανάστευσης που παρατηρείται αυτήν την περίοδο είναι από πλούσια κράτη-μέλη της ΕΕ προς την Ελλάδα. Πρόκειται για ηλικιωμένους Ευρωπαίους που εγκαθίστανται μόνιμα στην χώρα, εκμεταλλευόμενοι τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες, την ανάπτυξη της παραθεριστικής κατοικίας και τις εξειδικευμένες υπηρεσίες περίθαλψης ηλικιωμένων που προσφέρονται.

5.3 Προσομοίωση G1 με χρήση του λογισμικού International Futures (IFs)

Τα ανθρώπινα συστήματα χαρακτηρίζονται από εξαιρετική πολυπλοκότητα, όσον αφορά την οργάνωση και τη συμπεριφορά τους. Η δομή τους εμπεριέχει τεράστιο πλήθος ξεχωριστών αλληλεξαρτώμενων παραγόντων, που μεταβάλλονται χωρικά και χρονικά, με τρόπο που δεν είναι πάντα εύκολα ερμηνεύσιμος ή εκ των προτέρων καθορισμένος. Οι σχέσεις αιτίας-αιτιατού που αναπτύσσονται ανάμεσα στους διάφορους παράγοντες είναι πολύ συχνά αμφίδρομες και σύνθετες, αφού μπορεί να υπεισέρχονται πολλών ειδών μεταβλητές ενδιάμεσα. Το σύνολο των αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται έχει περισσότερο τη μορφή ενός πυκνού πλέγματος, παρά μια τυπική αλυσιδωτή μορφή. Επίσης, οι σχέσεις αιτίας-αιτιατού μεταξύ μεμονωμένων παραγόντων, ευρύτερων ομάδων παραγόντων και ανώτερων κοινωνικοοικονομικών δομών, συνήθως δεν περιγράφεται με τυπικούς φυσικούς νόμους, αλλά από εμπειρικές στατιστικές σχέσεις, με βάση την παρατηρημένη συμπεριφορά του παρελθόντος. Αυτή η προσέγγιση είναι σίγουρα εύλογη, αλλά εκ των πραγμάτων δεσμεύεται από εξαιρετικά αβέβαιες έννοιες, όπως είναι η ψυχολογία, το ένστικτο, η τύχη και η ελεύθερη βούληση.

Η μοντελοποίηση τέτοιων δυναμικών συστημάτων απαιτεί:

- Προσεκτική οριοθέτηση του συστήματος.
- Λεπτομερή διερεύνηση και ανάλυση των επιμέρους υποσυστημάτων, που απαρτίζουν το ευρύτερο σύστημα.
- Αναγνώριση των οντοτήτων, που συμμετέχουν σε κάθε υποσύστημα.
- Αναγνώριση των πρωταρχικών μεταβλητών, που δρουν καθοριστικά στην εξέλιξη κάθε οντότητας.
- Αναγνώριση των στοιχείων που λειτουργούν ως αποθέματα και των στοιχείων που λειτουργούν ως ροές, που μεταβάλλουν τα αποθέματα.

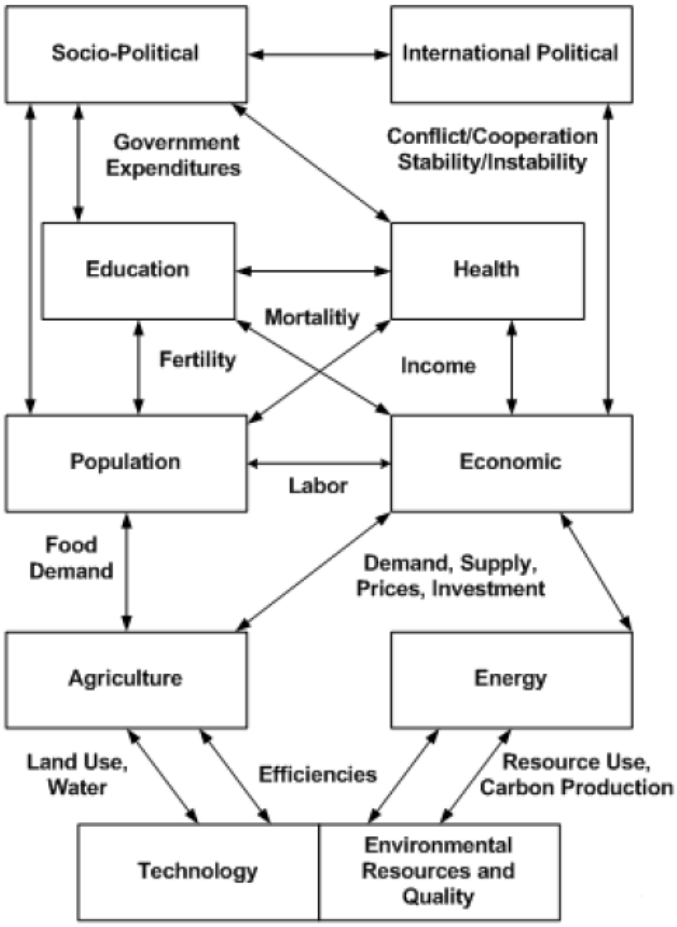
- Διατύπωση των σχέσεων αλληλεξάρτησης κάθε επιπέδου (μόνο μεταξύ πρωταρχικών μεταβλητών/οντοτήτων/υποσυστημάτων)
- Διατύπωση των σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών επιπέδων (μεταξύ πρωταρχικών μεταβλητών - οντοτήτων - υποσυστημάτων - συστήματος)
- Αναγνώριση και ποσοσοτικοποίηση αρχικών και οριακών συνθηκών.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες που περιγράφονται στο σενάριο G1 προσομοιώθηκαν με χρήση του λογισμικού International Futures (IFs), όπως προτείνεται σε Kossida (2012). Το λογισμικό αυτό αναπτύχθηκε στο Frederick S. Pardee Center for International Futures, της Σχολής Διεθνών Σπουδών Josef Korbel, του Πανεπιστημίου του Denver. Το λογισμικό επιχειρεί να αναπαραστήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα ανθρώπινα συστήματα σε 183 χώρες του κόσμου. Επίσης, μέσα από τις αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται, επιχειρεί να διερευνήσει τον τρόπο λειτουργίας των επιμέρους περιφερειακών συστημάτων και του ευρύτερου παγκόσμιου συστήματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η επικοινωνία μεταξύ κρατικών, περιφερειακών και παγκόσμιου συστήματος είναι αμφίδρομη, σε όλα τα επίπεδα. Μέσω του λογισμικού καθίσταται δυνατή η προσομοίωση, διερεύνηση και ανάλυση μακροπρόθεσμων σεναρίων κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης ευρείας κλίμακας. Επειδή αποτελεί ένα εργαλείο για την κατανόηση των συνεπειών που έχουν οι πολιτικές, κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές αποφάσεις στην εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών, το IFs κατατάσσεται στην κατηγορία των ΣΥΑ. Αξίζει να αναφερθεί ότι το λογισμικό έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) για την προσομοίωση των σεναρίων GEO-4 (Hughes, 2009).

Στα πλαίσια του IFs, κάθε ανθρώπινη κοινωνία αναπαρίσταται με κάποια βασικά υποσυστήματα, που χαρακτηρίζουν την εξέλιξή της. Αυτά είναι η δημογραφία, η οικονομία, το κοινωνικοπολιτικό καθεστώς, το περιβάλλον και η τεχνολογία. Η δημογραφία οργανώνεται σε κλάσεις ηλικίας-φύλου και επηρεάζεται από παράγοντες, όπως οι ο ρυθμός γεννήσεων, ο ρυθμός θνησιμότητας, η μετανάστευση και το προσδόκιμο ζωής. Η οικονομία δομείται σε έξι επιμέρους τομείς (αγροτικός, υλικά, ενέργεια, μεταποίηση, υπηρεσίες και τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνίας). Ο αγροτικός τομέας και η ενέργεια αναπτύσσονται ξεχωριστά σε πιο εξειδικευμένες δομές. Όσον αφορά τον αγροτικό τομέα, βασικά χαρακτηριστικά είναι η γεωργική παραγωγή και η παραγωγή κρέατος. Οι ενεργειακές πηγές ταξινομούνται σε έξι κατηγορίες (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας, πυρηνική, υδροηλεκτρική και άλλες ανανεώσιμες). Τα στοιχεία της παραγωγής μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο του εσωτερικού και του διεθνούς εμπορίου μέσω κατάλληλης δομής. Εκτός από την παραγωγική διάρθρωση και τις εμπορικές συναλλαγές, το μοντέλο αναπαριστά και τα μακροοικονομικά μεγέθη κάθε χώρας. Το κοινωνικοπολιτικό καθεστώς περικλείει ζητήματα, όπως το επίπεδο δημοκρατίας, η ατομική ελευθερία, οι δημοσιονομικές επιλογές (δημόσια φορολογικά έσοδα και δημόσιες δαπάνες για άμυνα, υγεία, παιδεία, έρευνα και τεχνολογία, ξένη βοήθεια και υπόλοιπες δαπάνες), η κοινωνική οργάνωση (πχ. κοινωνική θέση της γυναίκας), οι κοινωνικοί δείκτες (πχ. αναλφαβητισμός,

υποσιτισμός, υπογονιμότητα), οι κοινωνικές αξίες (πχ. επίπεδο υλισμού) και οι κίνδυνοι αστάθειας ή κατάρρευσης (πχ. κοινωνική αναταραχή, εμφύλιος πόλεμος, πολεμική σύρραξη). Το περιβάλλον επικεντρώνεται σε ζητήματα χρήσεων γης (καλλιεργήσιμη γη, βοσκοτόπια, δάσος, αστική γη και άλλη κατηγορία), αξιοποίησης ενεργειακών πηγών, εκπομπών CO_2, κλιματικής αλλαγής (μεταβολή θερμοκρασίας και κατακρήμνισης) και χρήσης νερού. Η τεχνολογία αφορά κυρίως την πρόοδο στον αγροτικό τομέα, την ενέργεια και τις υποδομές (πχ. μεταφορές, επικοινωνίες, επεξεργασία λυμάτων) (Hughes, 2009).

Στο Σχήμα 5.4 παρουσιάζονται οι βασικότερες κοινωνικοοικονομικές δομές και οι χαρακτηριστικότερες συσχετίσεις που αναπαριστώνται στα πλαίσια του λογισμικού IFs.



Σχήμα 5.4: *Χαρακτηριστικές κοινωνικοοικονομικές δομές και συσχετίσεις στο λογισμικό IFs (Πηγή: Hughes, 2009)*

Η μοντελοποίηση του σεναρίου G1 με το λογισμικό IFs διευκολύνθηκε από το γεγονός ότι τα σενάρια των εκθέσεων SRES και GEO-4, έχουν ήδη μοντελοποιηθεί και είναι ενσωματωμένα στην εγκατεστημένη έκδοση του λογισμικού. Επίσης, διατίθεται μια μεγάλη βιβλιοθήκη με επιμέρους δομές, που εκφράζουν διαφορετικές παγκόσμιες, περιφερειακές

ή κρατικές επιλογές σε πολιτικό, κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο ή ακόμη και έκτακτα γεγονότα (πχ. σοκ στις τιμές των τροφίμων, άνοδος των επιτοκίων δανεισμού, εκτόξευση των τιμών του πετρελαίου).

Για το Σενάριο G1 υιοθετήθηκαν παραδοχές αντίστοιχες με τα σενάρια A1B και Markets First. Επιπλέον, όμως, το μοντέλο που δημιουργήθηκε υπέστη κατάλληλη προσαρμογή με την προσθήκη στοιχείων που ταιριάζουν στα τομεακά του χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, προστέθηκαν οι δομές: Renewable Energy Growth fast, Democracy Wave on, Investment high, Networking fast, Economic Freedom grows, Education Spending low, Health Spending low, R&D Spending high, Working Life increase, Foreign Direct Investment high, high Economic Growth. Ακόμη, έγιναν οι επιλογές: Government Effectiveness +10%, Government Corruption -5%, Agricultural Yields +10%, Agricultural Investment +10%, Aquaculture Fish Production +20%.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο μοντέλο δεν συμπεριελήφθησαν τα μέτρα, οι παρεμβάσεις και οι πρωτοβουλίες που αναφέρονται στην αφήγηση G1, ώστε να είναι δυνατή η εξέτασή τους ξεχωριστά. Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί, όπως επισημαίνεται και από το ίδιο το λογισμικό, ότι το IFs δεν είναι δυνατόν να μοντελοποιήσει το σύνολο των δομών και των επιλογών μιας αφήγησης, αλλά κυρίως επιχειρεί να αποδώσει τη φιλοσοφία που αυτή αποπνέει. Επίσης, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δεν είναι πραγματικές μελλοντικές προβλέψεις, αλλά σεναριακή ανάλυση αποφάσεων σε μακροπρόθεσμο επίπεδο και σε ευρεία κλίμακα.

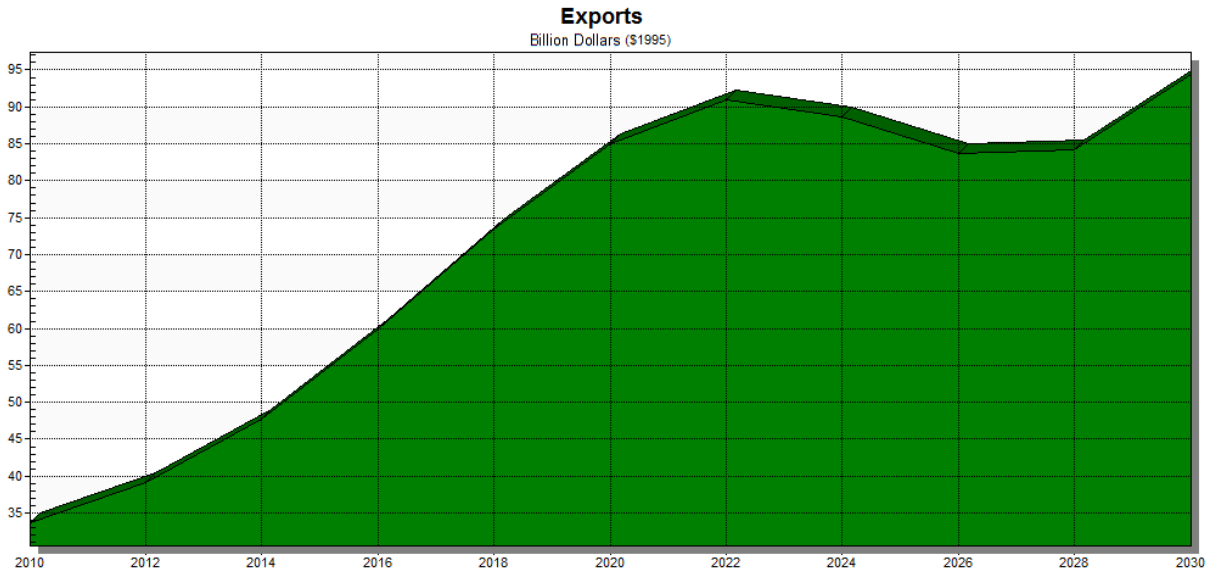
Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται ορισμένα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του Σεναρίου G1. Αξίζει να σημειωθούν τρία στοιχεία:

- Η σχεδόν αμελητέα μεταβολή των χρήσεων γης συγκριτικά με το 2010. Μικρή αύξηση παρουσιάζουν η αστική γη, οι δασικές εκτάσεις και οι λοιπές χρήσεις γης εις βάρος των χορτολιβαδικών εκτάσεων.
- Η αύξηση των συγκεντρώσεων του CO_2, παρά τη σημαντική διείσδυση των ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων και των υδροηλεκτρικών) στην παραγωγή ενέργειας. Η προσομοίωση του σεναρίου δείχνει ότι η ταχεία οικονομική ανάπτυξη σε περιβάλλον τύπου Markets First οδηγεί σε απόκλιση από το στόχο 20-20-20. Για την επίτευξή του απαιτείται να ληφθούν επιπρόσθετα μέτρα εξισορρόπησης των εκπομπών.
- Η σημαντική αύξηση της συνολικής ζήτησης νερού, κατά 15,6% μέχρι το 2020 και επιπλέον 10% μέχρι το 2030. Τα ποσοστά αυτά δεν υπονοούν ότι η εκτιμώμενη ζήτηση θα μπορούσε και να εξυπηρετηθεί, αφού το μοντέλο δεν έχει τη δυνατότητα να εκτιμήσει κάτι τέτοιο. Επομένως, οι συνδεόμενες δραστηριότητες με αυτήν τη ζήτηση νερού, ελέγχεται αν θα μπορούσαν όντως να προσεγγίσουν το εκτιμώμενο επίπεδο ανάπτυξης. Αυτό σημαίνει ότι σε ένα σενάριο οικονομικής επιτάχυνσης, όπως το G1, η διαθεσιμότητα του νερού θα μπορούσε να αποδειχθεί ισχυρός περιοριστικός παράγοντας.

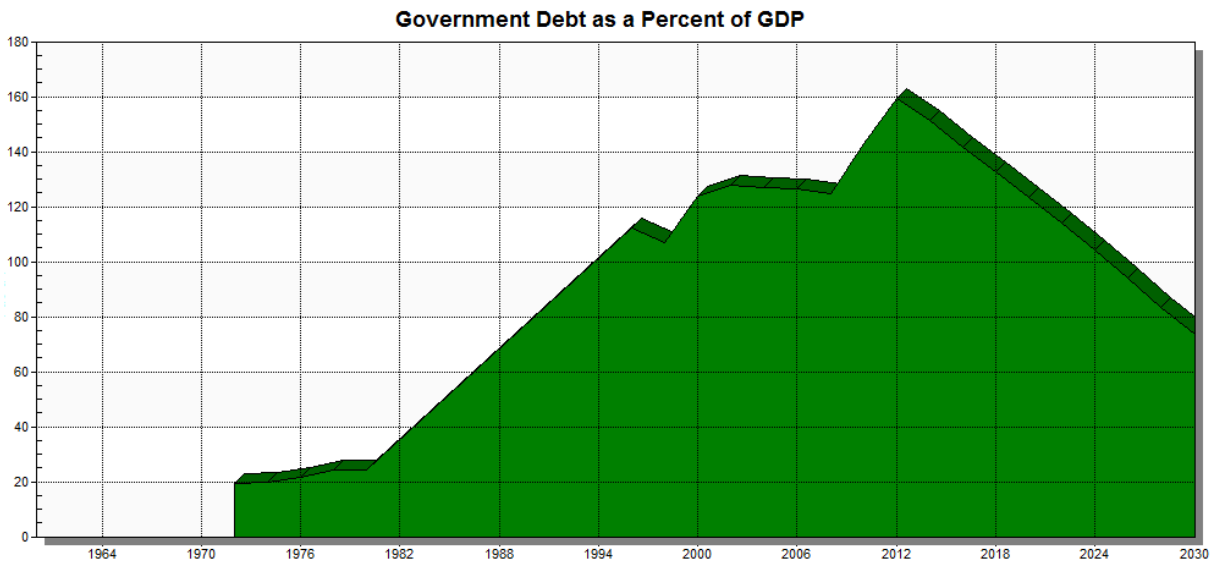
Μεταβλητή	Μεταβολή σε σχέση με το 2010	
	2020	2030
Πληθυσμός	1,1 %	1,4 %
Καλλιεργήσιμη γη	0,0 %	0,0 %
Χορτολιβαδική γη	-2,0 %	-3,9 %
Δάσος	0,3 %	0,7 %
Αστική γη	0,3 %	0,7 %
Άλλη χρήση γης	1,0 %	1,4 %
Εκπομπές CO2	11,5 %	26,9 %
Θερμοκρασία	0,65 °C	1,00 °C
Βροχόπτωση	-2,3 %	-4,8 %
Συνολική χρήση νερού	15,6 %	25,5 %
Γεωργική παραγωγή	25,8 %	42,7 %
Παραγωγή κρέατος	15,0 %	25,2 %
Παραγωγή ενέργειας από υδροηλεκτρικά	36,3 %	37,6 %
Παραγωγή ενέργειας από λοιπές ΑΠΕ	60,3 %	191,3 %

Πίνακας 5.1: *Βασικά αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου G1 με το λογισμικό IFs*

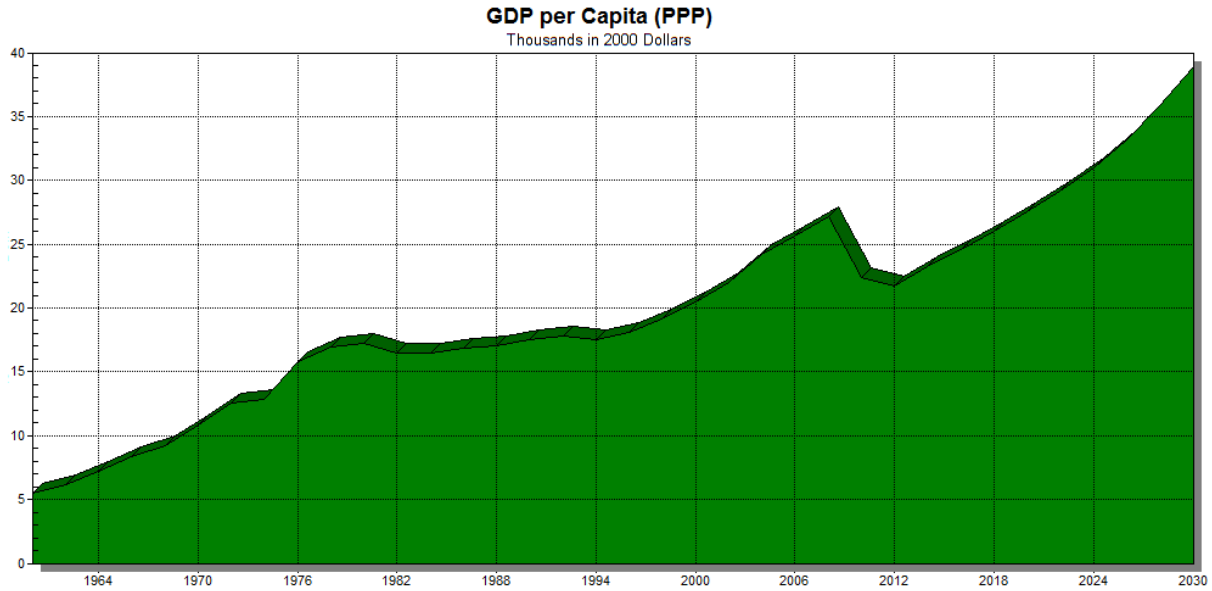
Στο Σχήμα 5.5 φαίνεται η εξέλιξη των ελληνικών εξαγωγών μέχρι το 2030. Η αξία τους σχεδόν τριπλασιάζεται. Στο Σχήμα 5.6 παρουσιάζεται η μεταβολή του ελληνικού χρέους ως ποσοστό του ΑΕΠ. Το 2020 προσεγγίζει το 120%, ενώ μέχρι το 2030 μειώνεται ραγδαία, περίπου στο 75%. Στο Σχήμα 5.7 απεικονίζεται η εξέλιξη του κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ επαναπροσεγγίζει τα επίπεδα του 2008 ξανά το 2020. Φυσικά, οι παραπάνω εκτιμήσεις είναι ενδεικτικές και πρέπει να αξιολογούνται μόνο ποιοτικά.



Σχήμα 5.5: *Ελληνικές εξαγωγές για το σενάριο G1 (2010-2030)*



Σχήμα 5.6: *Ιστορική εξέλιξη ελληνικού χρέους ως ποσοστό του ΑΕΠ και μελλοντική εξέλιξη για το σενάριο G1 (2010-2030)*



Σχήμα 5.7: *Ιστορική εξέλιξη ελληνικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ και μελλοντική εξέλιξη για το σενάριο G1 (2010-2030)*

5.4 Το υδατικό σενάριο P1: Εξειδίκευση σεναρίου G1 στην περιοχή μελέτης

Όπως ακριβώς τα κοινωνικοοικονομικά σενάρια GEO-4 αποτέλεσαν τη βάση για τη διατύπωση των υδατικών σεναρίων SCENES, κατά τον ίδιο τρόπο το κοινωνικοοικονομικό σενάριο G1 αποτελεί τη βάση για τη διατύπωση του υδατικού σεναρίου P1. Το υδατικό

σενάριο P1 περιορίζεται γεωγραφικά στη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού ανάντη της θέσης Αλή Εφέντη, που αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Το ενδιαφέρον του εστιάζεται στη συσχέτιση των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων της περιοχής μελέτης με τη ζήτηση για νερό. Ο χρονικός ορίζοντας του σεναρίου είναι το 2030.

Η οργάνωση του σεναρίου γίνεται με βάση τις επιμέρους χρήσεις νερού. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε χρήση νερού εντοπίζονται οι πρωταρχικοί παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της ζήτησης και υιοθετούνται εύλογες παραδοχές για τον τρόπο μεταβολής τους στο μέλλον. Επιπλέον, γίνονται εύλογες παραδοχές για τις υποδομές αξιοποίησης των υδατικών πόρων και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας του νερού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το υδατικό σενάριο P1 δεν ενσωματώνει τα μέτρα, τις παρεμβάσεις και τις πρωτοβουλίες που αναφέρονται στην αφήγηση G1, ώστε αυτές να μελετηθούν ξεχωριστά ως απόκριση στις προσομοιωμένες πιέσεις.

<u>Αστική Χρήση</u>

Οι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού για αστική χρήση είναι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός και η τυπική χρήση ανά άτομο.

- Εξυπηρετούμενος πληθυσμός: Με βάση την Απογραφή του 2001 ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης ήταν 190.276 άτομα. Συγκρίνοντας τα προσωρινά αποτελέσματα της Απογραφής του 2011 με αυτά του 2001 (σε επίπεδο ομάδων καποδιστριακών δήμων που συγκροτούν τους νέους καλλικρατικούς δήμους), υπολογίζουμε το ποσοστό μεταβολής του πληθυσμού ανά καλλικρατικό δήμο. Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι ο καλλικρατικός δήμος Τρικάλων παρουσιάζει μικρή αύξηση κατά 2,64%, ο καλλικρατικός δήμος Καρδίτσας μικρή μείωση κατά -1,10% και οι υπόλοιποι καλλικρατικοί δήμοι σχετικά μεγαλύτερες αυξομειώσεις, που μεσοσταθμικά οδηγούν σε μείωση -10%. Συνολικά, ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης το 2011 εκτιμάται σε 183.577 άτομα (-3,65%). Όσον αφορά την εξέλιξη του πληθυσμού στο μέλλον, εκτιμούμε ότι αυτή θα είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων. Κατ' αρχήν, θα οφείλεται στην πανελλαδική αύξηση του πληθυσμού, όπως αυτή προσομοιώθηκε μέσα από το λογισμικό IFs για το σενάριο G1 (βλέπε Πίνακα 5.1). Θεωρούμε ότι ο ρυθμός των γεννήσεων, ο ρυθμός των θανάτων και το προσδόκιμο ζωής θα είναι σχεδόν τα ίδια στην περιοχή μελέτης με τον πανελλαδικό μέσο όρο. Έτσι, μεταφέρουμε στην περιοχή μελέτης αυτούσια την υπολογισθείσα αύξηση για το συνολικό πληθυσμό της χώρας. Ο δεύτερος λόγος αύξησης του πληθυσμού θα είναι οι καθαρή εισροή κατοίκων από τα μεγάλα αστικά κέντρα. Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα, που διενεργήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΑΑΤ (Κάπα Research, 2012), ένα μεγάλο ποσοστό των κατοίκων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης ενδιαφέρεται να μετεγκατασταθεί στην ελληνική περιφέρεια, αναζητώντας καλύτερες επαγγελματικές ευκαιρίες και βελτιωμένη ποιότητα ζωής. Η ανάλυση των επιμέρους στοιχείων της έρευνας οδηγεί στα συμπεράσματα του Πίνακα

5.2. Όπως φαίνεται σε αυτόν, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ένα ποσοστό της τάξης του 16% τελικώς να μετακινηθεί προς την περιφέρεια. Με βάση την Απογραφή του 2011, το 16% του πληθυσμού του Λεκανοπεδίου και του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης ανέρχεται σε 631.520 άτομα. Δεχόμενοι ομοιόμορφη κατανομή του ανά την επικράτεια αυτό θα σήμαινε μεσοσταθμική αύξηση 9,2%. Θεωρούμε ότι τα 2/3 των μετακινήσεων θα πραγματοποιηθούν μέχρι το 2020 (και κυρίως την περίοδο 2015-2020) και το υπόλοιπο 1/3 μέχρι το 2030. Συνεπώς, σε σχέση με το 2010, ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 2,9% μέχρι το 2015, 7,3% μέχρι το 2020 και 10,6% μέχρι το 2030.

Ποσοστό κατοίκων (%) Αθήνας-Θεσσαλονίκης που: [1]	
Έχει σκεφτεί να φύγει στην επαρχία	62,4
και έχει περιουσία στην επαρχία (πχ. σπίτι, γη, επιχείρηση)	43,3
και θα έφευγε για πάντα	41,5
και έχει φίλους & συγγενείς στην επαρχία	38,9
και δεν έχει παιδιά	33,4
και έχει ζήσει παλαιότερα στην επαρχία	28,2
και θέλει να ασχοληθεί στον αγροτικό τομέα	20,8
και έχει κάνει συγκεκριμένες σοβαρές κινήσεις προετοιμασίας	15,9
και είναι άνεργο	10,3

[1] Επεξεργασμένα στοιχεία από Κάπα Research (2012)

Πίνακας 5.2: *Ανάλυση αποτελεσμάτων έρευνας κοινής γνώμης για την πιθανότητα μετεγκατάστασης κατοίκων Αθήνας και Θεσσαλονίκης στην επαρχία στο μέλλον*

- Τυπική χρήση ανά άτομο: Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.7, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ των Ελλήνων σε όρους ισοδύναμης αγοραστικής δύναμης (PPP) ανακάμπτει στα επίπεδα του 2008 ξανά το έτος 2020. Στη συνέχεια, παρουσιάζει μια σχεδόν γραμμική αύξηση μέχρι το 2030. Θεωρούμε ότι την περίοδο 2010-2020 η τυπική χρήση νερού δεν παρουσιάζει κάποια μεταβολή, σε σχέση με τις παρούσες συνθήκες. Για την περίοδο 2020-2030 γίνεται η παραδοχή ότι η άνοδος του βιοτικού επιπέδου, σε συνδυασμό με την άνοδο της θερμοκρασίας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής (βλέπε παράγραφο 4.4), θα οδηγήσει σε αύξηση της τυπικής κατανάλωσης ανά άτομο κατά 10 l/ημέρα (+5,9%).

<u>Τουριστική Χρήση</u>

Οι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού για τουριστική χρήση είναι ο αριθμός των διανυκτερεύσεων και η τυπική χρήση ανά διανυκτέρευση.

- Αριθμός διανυκτερεύσεων: Η περιοχή των Μετεώρων και της Καλαμπάκας προωθείται στο εξωτερικό ως ένας από τους βασικούς θρησκευτικούς προορισμούς στην Ελλάδα.

Έτσι, προσελκύει μεγάλο αριθμό ξένων τουριστών, κυρίως ορθόδοξων, από τα Βαλκάνια, την Ανατολική Ευρώπη και τη Ρωσία. Επιπλέον, αναπτύσσεται περισσότερο ο εσωτερικός τουρισμός προς όλους τους προορισμούς της περιοχής (Μετέωρα, Καλαμπάκα, Ελάτη, Περτούλι, λίμνη Πλαστήρα, Τρίκαλα). Σε αυτό συμβάλλει η γεωγραφική θέση (Κεντρική Ελλάδα), που εξασφαλίζει εγγύτητα σε πολλά γεωγραφικά διαμερίσματα της χώρας, η οδική σύνδεση μέσω Εγνατίας και Κεντρικής Οδού και το σχετικά οικονομικότερο τουριστικό προϊόν, σε σύγκριση με άλλους τουριστικούς προορισμούς. Ο εσωτερικός τουρισμός αφορά κυρίως τους χειμερινούς μήνες, την Πασχαλινή περίοδο και την περίοδο του Αυγούστου. Επίσης, δίνεται έμφαση σε τουριστικά καταλύματα παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, στο γαστρονομικό, τον ορειβατικό, τον περιπατητικό και τον αγροτουρισμό. Σύμφωνα με McKinsey & Company (2012), ο αριθμός των διανυκτερεύσεων στην Ελλάδα από αλλοδαπούς και εγχώριους τουρίστες θα μπορούσε να αυξηθεί περίπου 48% μέχρι το 2020. Ωστόσο, η περιοχή μελέτης δεν ανήκει στους προορισμούς υψηλής ζήτησης. Επομένως, γίνεται η παραδοχή ότι ο αριθμός των διανυκτερεύσεων θα είναι κατά 20% υψηλότερος μέχρι το 2020 και επιπλέον 10% μέχρι το 2030.

- Τυπική χρήση ανά διανυκτέρευση: Η τυπική χρήση νερού ανά διανυκτέρευση θεωρείται ότι θα παραμείνει σταθερή.

<u>Αρδευτική χρήση</u>

Οι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού για αρδευτική χρήση είναι η αρδευόμενη έκταση και η τυπική χρήση ανά μονάδα έκτασης. Η αρδευόμενη έκταση επηρεάζεται από την εξέλιξη των χρήσεων γης, ενώ η τυπική χρήση ανά μονάδα έκτασης εξαρτάται από τη σύνθεση των καλλιεργειών και τις κλιματικές συνθήκες.

- Χρήσεις γης: Όπως προκύπτει από την προσομοίωση του Σεναρίου G1 μέσα από το λογισμικό IFs (βλέπε Πίνακα 5.1), σε πανελλαδικό επίπεδο οι μεταβολές των χρήσεων γης είναι πολύ μικρές, ώστε πρακτικά μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες. Ειδικά για την περιοχή μελέτης, μπορούμε να κάνουμε την παραδοχή ότι όλες οι χρήσεις γης παραμένουν κατά μέσο όρο σταθερές, εκτός από την αστική γη, η οποία θα παρουσιάσει μια αύξηση εις βάρος των χορτολιβαδικών εκτάσεων. Η αύξηση αυτή υπαγορεύεται από την αυξημένη συγκέντρωση πληθυσμού στην περιοχή μελέτης κατά την περίοδο 2010-2030 και την αύξηση της ζήτησης για στέγη, εργασία, εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης το 2001 ήταν 190.276 άτομα (βλέπε Πίνακα 2.2), ενώ η έκταση της αστικής γης το 2000 ήταν 68.379.100 m^2 (βλέπε Πίνακα 2.4). Άρα, σε κάθε άτομο αντιστοιχούσαν 359,37 m^2 αστικής γης. Για την περίοδο 2001-2011 ο πληθυσμός της περιοχής μειώνεται. Έτσι, θεωρούμε ότι η αστική γη διατηρείται στα ίδια επίπεδα με το 2001. Για την περίοδο 2011-2030 θεωρούμε ότι η αύξηση του πληθυσμού θα συμπαρασύρει ανοδικά και την αστική γη. Η πρόσθετη αστική γη υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον πρόσθετο πληθυσμό με την αναλογία αστικής γης

ανά άτομο που εκτιμήθηκε. Έτσι, η αστική γη αυξάνεται κατά 3,5% μέχρι το 2020 και 6,7% μέχρι το 2030, σε σχέση με το 2011. Αν οι αντίστοιχες εκτάσεις αφαιρεθούν από τη χορτολιβαδική έκταση, τότε οδηγούν σε μειώσεις -0,27% και -0,51% αντίστοιχα.

- Γεωργική γη - Αρδευόμενες εκτάσεις: Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, θεωρούμε ότι η γεωργική γη δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή σε σχέση με το παρελθόν. Επιπλέον, όσον αφορά την αρδευόμενη έκταση, θεωρούμε ότι διατηρείται στα ίδια επίπεδα σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Αυτή η επιλογή έγινε με σκοπό τη μετατροπή του Σεναρίου P1 σε σενάριο αναφοράς. Επειδή η άρδευση αποτελεί τον μεγαλύτερο χρήστη νερού (94,5% της ζήτησης), οι μείζονες αλλαγές ως προς τις καλλιεργήσιμες και τις αρδευόμενες εκτάσεις αποκλείστηκαν από το βασικό σενάριο. Η δυνατότητα μεταβολής τους θα διερευνηθεί περαιτέρω στο πλαίσιο των εξεταζόμενων μέτρων και παρεμβάσεων. Επομένως, το σενάριο P1 μπορεί να αποτελέσει τη βάση σύγκρισης με άλλα μελλοντικά διαχειριστικά σενάρια. Να σημειωθεί ότι, στα πλαίσια του SCENES, οι αρδευόμενες εκτάσεις σταδιακά μειώνονται στη Νότια Ευρώπη και αυξάνονται στη Βόρεια, λόγω της κλιματικής αλλαγής (CESR, 2010). Επειδή η εξεταζόμενη περίοδος είναι πρώιμη, χωρίς να έχει ενσωματωθεί κάποια μεγάλη κλιματική μεταβολή, και επειδή το σενάριο G1 περιλαμβάνει στοιχεία εντατικοποίησης της γεωργίας, η παραδοχή για σταθερές καλλιεργήσιμες και αρδευόμενες εκτάσεις μπορεί να θεωρηθεί εύλογη.
- Τυπική χρήση ανά μονάδα έκτασης: Όσον αφορά τη σύνθεση των καλλιεργειών, δεχόμαστε ότι αυτή μένει σταθερή μέχρι το 2030. Αυτή η επιλογή έγινε με σκοπό τη μετατροπή του Σεναρίου P1 σε σενάριο αναφοράς. Επειδή η άρδευση αποτελεί τον μεγαλύτερο χρήστη νερού (94,5% της ζήτησης), οι μείζονες αλλαγές ως προς τις αρδευόμενες εκτάσεις αποκλείστηκαν από το βασικό σενάριο. Η δυνατότητα μεταβολής των καλλιεργειών θα διερευνηθεί περαιτέρω στο πλαίσιο των εξεταζόμενων μέτρων και παρεμβάσεων. Έτσι, ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει την τυπική χρήση νερού είναι οι κλιματικές συνθήκες, οι οποίες φυσικά μεταβάλλονται. Όπως υπολογίστηκε στην παράγραφο 4.4, κατά την περίοδο 2015-2030, σε σύγκριση με την περίοδο 1980-2010, η μεταβολή αυτή είναι 3,4%.

<u>Κτηνοτροφική χρήση</u>

Οι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού για κτηνοτροφική χρήση είναι ο αριθμός των ζώων κάθε είδους και η τυπική χρήση κάθε είδους ανά ζώο.

- Αριθμός ζώων κάθε είδους: Όπως προκύπτει από την προσομοίωση του Σεναρίου G1 μέσα από το λογισμικό IFs (βλέπε Πίνακα 5.1), σε πανελλαδικό επίπεδο η παραγωγή κρέατος αναμένεται να αυξηθεί κατά 15,0% μέχρι το 2020 και κατά 25,2% μέχρι το 2030. Η αύξηση αυτή μπορεί να ερμηνευθεί από τη γενική αύξηση του πληθυσμού και από την κατανάλωση περισσότερου κρέατος ανά άτομο, λόγω της βελτίωσης των εισοδημάτων. Ειδικά στην περιοχή της Θεσσαλίας αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγής κρέατος, αφού αποτελεί μια από τις κύριες κτηνοτροφικές περιοχές της

χώρας. Εκτός από την παραγωγή κρέατος, αναμένεται επίσης αύξηση της παραγωγής γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων (πχ. τυριά, γιαούρτια). Ο αριθμός των εκτρεφόμενων ζώων στη Θεσσαλία αναμένεται να παρουσιάσει αντίστοιχη αύξηση, αφού είναι άμεσα συνδεδεμένος με την παραγωγή κρέατος και γάλακτος. Οι προοπτικές που δημιουργούνται για κάθε τομέα της κτηνοτροφίας είναι διαφοροποιημένες, εξαιτίας του διαφορετικού καθεστώτος ενίσχυσης από την ΕΕ και του διαφορετικού επιπέδου ανταγωνιστικότητας, εγχώριας αυτάρκειας και ανάπτυξης αγοράς. Για την αξιολόγηση των προοπτικών κάθε τομέα της κτηνοτροφίας, αξιοποιείται το επιχειρησιακό σχέδιο της Περιφέρειας Θεσσαλίας "Καλάθι Προϊόντων Περιφέρειας Θεσσαλίας" (Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011β) και η έκθεση της ΠΑΣΕΓΕΣ "Αυτάρκεια αγροτικών διατροφικών προϊόντων" (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2012). Το επιχειρησιακό σχέδιο της Περιφέρειας Θεσσαλίας δίνει έμφαση στους τομείς της αιγοπροβατοτροφίας, της βοοτροφίας και της χοιροτροφίας. Η αιγοπροβατοτροφία αποτελεί το σημαντικότερο κλάδο της κτηνοτροφίας σε επίπεδο χώρας και σε επίπεδο Θεσσαλίας. Διατηρεί παραδοσιακά χαρακτηριστικά, διαθέτει τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη βιολογική γεωργία, πολλά προϊόντα έχουν σήμανση ΠΟΠ/ΠΓΕ και είναι δραστηριότητα στενά συνδεδεμένη με τις ορεινές και μειονεκτικές περιοχές. Τα στοιχεία αυτά της εξασφαλίζουν τη συνέχιση της κοινοτικής ενίσχυσης και τη νέα προγραμματική περίοδο της ΚΑΠ. Σύμφωνα με ΠΑΣΕΓΕΣ (2012), το 2011 το επίπεδο αυτάρκειας της χώρας σε αιγοπρόβειο γάλα και κρέας έφτανε το 98% και 94% αντίστοιχα. Λαμβάνοντας υπόψη τη μελλοντική αύξηση του πληθυσμού στην Ελλάδα και κάνοντας την παραδοχή ότι μέχρι το 2030 θα έχει καλυφθεί το έλλειμμα αυτάρκειας, προκύπτει ότι ο αριθμός των αιγοπροβάτων θα αυξηθεί κατά 5% μέχρι το 2020 και 10% μέχρι το 2030. Η βοοτροφία στη Θεσσαλία είναι επίσης ανεπτυγμένη. Ωστόσο, είναι ανάγκη να προσανατολιστεί προς τη βιολογική κτηνοτροφία και να συνδεθεί με την εγχώρια παραγωγή ζωοτροφών από κτηνοτροφικά φυτά. Έτσι, θα καταστεί περισσότερο ανταγωνιστική. Η βοοτροφία ενισχύεται από την ΕΕ, αλλά αναμένεται μείωση της στήριξης, αν αυτή δεν πληροί όλα τα κριτήρια χρηματοδότησης. Γίνεται η παραδοχή ότι μέχρι το 2030 το επίπεδο αυτάρκειας της χώρας σε βόειο κρέας μπορεί να αυξηθεί κατά περίπου 10 μονάδες, από 29% σε 40%. Υπολογίζεται ότι αυτό θα οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των βοοειδών κατά 20% μέχρι το 2020 και 40% μέχρι το 2030. Η χοιροτροφία θεωρείται ένας δυναμικός τομέας της Θεσσαλίας, ο οποίος μάλιστα είναι ανταγωνιστικός, χωρίς να είναι επιδοτούμενος από την ΕΕ. Ο τομέας μπορεί να κερδίσει σε ανταγωνιστικότητα αν προσανατολιστεί στη βιολογική κτηνοτροφία και αυξήσει τη χρήση εγχώριων ζωοτροφών από κτηνοτροφικά φυτά. Τα αλλαντικά Τρικάλων περιλαμβάνονται στο Καλάθι Προϊόντων που επιθυμεί να προωθήσει η Περιφέρεια Θεσσαλίας. Γίνεται η παραδοχή ότι μέχρι το 2030 το επίπεδο αυτάρκειας της χώρας σε χοιρινό κρέας μπορεί να αυξηθεί κατά περίπου 10 μονάδες, από 36% σε 46%. Υπολογίζεται ότι αυτό θα οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των χοίρων κατά 15% μέχρι το 2020 και 30% μέχρι το 2030. Τα πουλερικά και τα κουνέλια δεν περιλαμβάνονται στο επιχειρησιακό σχέδιο της Περιφέρειας Θεσσαλίας, ενώ τα ιπποειδή και οι όνοι είναι μη

παραγωγικά ζώα. Συνεπώς, θεωρούμε ότι ο αριθμός τους δεν θα παρουσιάσει κάποια μεταβολή.

- Τυπική χρήση κάθε είδους ανά ζώο: Όσον αφορά την τυπική χρήση όλων των ειδών ανά ζώο, δεχόμαστε ότι αυτή παραμένει αμετάβλητη μέχρι το 2030.

Βιομηχανική χρήση

Οι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού για βιομηχανική χρήση είναι οι μονάδες παραγόμενου προϊόντος και η τυπική χρήση ανά μονάδα προϊόντος.

- Μονάδες παραγόμενου προϊόντος: Εντός της περιοχής μελέτης αναμένεται να δημιουργηθούν νέες μονάδες επεξεργασίας των γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων, με έμφαση στην τυποποίηση, τη συσκευασία και την κονσερβοποίηση. Επίσης, οι υφιστάμενες μονάδες αναμένεται να επεκτείνουν τη δυναμικότητά τους. Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραγόντων εκτιμάται ότι θα οδηγήσει σε αύξηση των παραγόμενων προϊόντων κατά 15% μέχρι το 2020 και 30% μέχρι το 2030. Οι νέες μονάδες αναμένεται να εγκατασταθούν στις πεδινές περιοχές, πλησίον των ήδη υφιστάμενων.
- Τυπική χρήση ανά μονάδα προϊόντος: Όσον αφορά την τυπική χρήση νερού ανά μονάδα προϊόντος, γίνεται η παραδοχή ότι θα κινείται στα τρέχοντα επίπεδα.

Υποδομές

- Φράγματα: Θεωρούμε ότι μέχρι το 2030 στην περιοχή μελέτης δεν πρόκειται να έχει κατασκευαστεί και να έχει τεθεί σε λειτουργία κανένα νέο φράγμα, από αυτά που βρίσκονται υπό μελέτη (βλέπε παράγραφο 2.7.4). Αυτό οφείλεται στη μειωμένη ωριμότητα των έργων, την έλλειψη εξασφαλισμένης χρηματοδότησης, την νομική εμπλοκή του σχεδίου εκτροπής του Αχελώου και τη χρονοβόρα διαδικασία απαλλοτριώσεων στη λεκάνη κατάκλυσης ενός ταμιευτήρα.
- ΕΕΛ: Θεωρούμε ότι μέχρι το 2030 θα έχουν τεθεί σε λειτουργία όλες οι ΕΕΛ που βρίσκονται υπό κατασκευή ή έχουν εξασφαλισμένη χρηματοδότηση (βλέπε παράγραφο 2.11). Συμβατικά δεχόμαστε ότι μέχρι το 2015 θα λειτουργήσουν οι ΕΕΛ σε Μουζάκι (εξυπηρετεί και το Μαυρομμάτι) και Οιχαλία, ενώ μέχρι το 2020 θα λειτουργήσουν οι ΕΕΛ σε Μεγάλα Καλύβια και Φαρκαδόνα. Επίσης, μέχρι το 2020 θα ολοκληρωθούν οι επεκτάσεις των ΕΕΛ Καρδίτσας και Καλαμπάκας.

Οι παραδοχές που πραγματοποιούνται στα πλαίσια του Σεναρίου P1 συνοψίζονται στον Πίνακα 5.3.

Ζήτηση νερού		**Μεταβολή σε σχέση με το 2010 (%)**			
Χρήσεις νερού	**Πρωταρχικοί παράγοντες καθορισμού της ζήτησης**	**2015**	**2020**	**2030**	**Σχόλια**
Αστική	Πληθυσμός	2.9	7.3	10.6	
	Τυπική χρήση ανά άτομο	0	0	5.9	Αύξηση στα 180 l/άτομο/ημέρα
Τουριστική	Αριθμός διανυκτερεύσεων	10	20	30	
	Τυπική χρήση ανά διανυκτέρευση	0	0	0	
Αρδευτική	Αρδευόμενη έκταση	0	0	0	Βάση αναφοράς για διαχειριστικά σενάρια
	Τυπική χρήση ανά μονάδα έκτασης	3.4	3.4	3.4	Μόνο λόγω κλιματικών παραγόντων / Βάση αναφοράς για διαχειριστικά σενάρια
Κτηνοτροφική	Αριθμός ζώων ανά είδος				
	βοοειδή	0	20	40	επίτευξη αυτάρκειας 40% (από 29%)
	χοίροι	0	15	30	επίτευξη αυτάρκειας 46% (από 36%)
	αιγοπροβατοειδή	0	5	10	επίτευξη αυτάρκειας 100%
	πουλερικά, κουνέλια	0	0	0	εκτός Επιχειρησιακού Σχεδίου Περιφέρειας Θεσσαλίας
	ιπποειδή, όνοι	0	0	0	Μη παραγωγικά ζώα
	Τυπική χρήση ανά ζώο κάθε είδους	0	0	0	
Βιομηχανική	Μονάδες παραγόμενου προϊόντος	0	20	30	
	Τυπική χρήση ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος	0	0	0	
Χρήσεις γης					
Καλλιεργήσιμη γη		0	0	0	Βάση αναφοράς για διαχειριστικά σενάρια
Χορτολιβαδική γη		0	-0.27	-0.51	
Δάσος		0	0	0	
Αστική γη		0	3.52	6.73	
Άλλη χρήση γης		0	0	0	
Υποδομές					
Φράγματα					Κανένα νέο φράγμα μέχρι το 2030
ΕΕΛ					2015: Μουζάκι-Μαυρομμάτι, Οιχαλία 2020: Μ. Καλύβια, Φαρκαδόνα, επέκταση Καρδίτσας, επέκταση Καλαμπάκας

Πίνακας 5.3: *Παραδοχές Σεναρίου P1*

Κεφάλαιο 6

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

6.1 Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης (1980-2010)

6.1.1 Περίοδος βαθμονόμησης και επικύρωσης (1980-1994)

6.1.2 Σενάριο Αναφοράς (1995-2010)

6.1.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου Αναφοράς

6.2 Προσομοίωση μελλοντικής κατάστασης (2015-2030)

6.2.1 Σενάριο πιέσεων CC: Σενάριο Αναφοράς με ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής (2015-2030)

6.2.1.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CC

6.2.2 Σενάριο πιέσεων CCP1: Σενάριο πιέσεων CC με ενσωμάτωση της κοινωνικοοικονομικής αλλαγής του υδατικού Σεναρίου P1 (2015-2030)

6.2.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CCP1

6.2.3 Σενάριο πιέσεων CCP1Env: Σενάριο πιέσεων CCP1 με ενσωμάτωση περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων (2015-2030)

6.2.3.1 Αποτελέσματα Σεναρίου πιέσεων CCP1Env

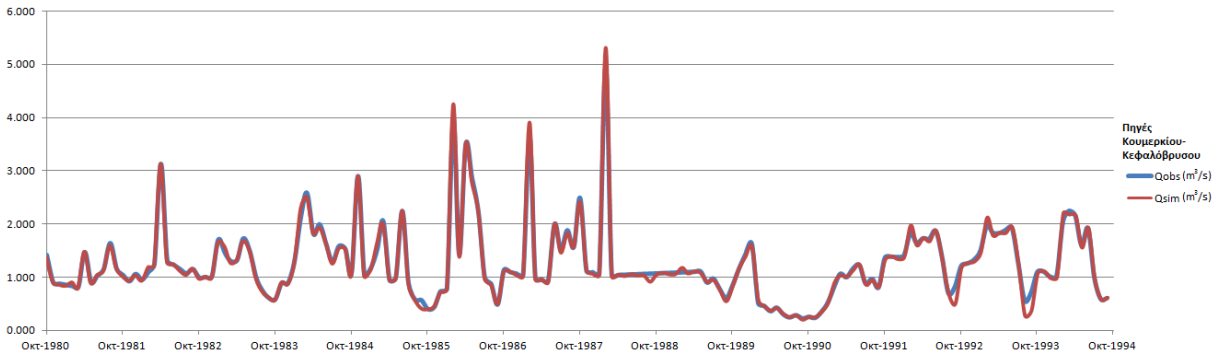
6.1 Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης (1980-2010)

Η προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης πραγματοποιείται για την περίοδο 1980-2010, δηλαδή την πλέον πρόσφατη τριακονταετία. Η περίοδος αυτή μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποπεριόδους. Την πρώτη δεκαπενταετία 1980-1994 και τη δεύτερη δεκαπενταετία 1995-2010. Η πρώτη αποτελεί την περίοδο βαθμονόμησης και επικύρωσης του μοντέλου, ενώ η δεύτερη αποτελεί την περίοδο αναφοράς για τη σύγκριση με την μελλοντική περίοδο 2015-2030.

6.1.1 Περίοδος βαθμονόμησης και επικύρωσης (1980-1994)

Η περίοδος 1980-1994 ταυτίζεται με την περίοδο βαθμονόμησης και επικύρωσης του μοντέλου (βλέπε παράγραφο 3.3). Στην παρούσα παράγραφο το ενδιαφέρον επικεντρώνεται σε δύο σημεία. Πρώτον, στην προσομοίωση της διακύμανσης των παροχών των πηγών και, δεύτερον, στην προσομοίωση της διακύμανσης της αποθήκευσης των υπόγειων υδροφορέων, ιδιαίτερα κατά τις γνωστές ξηρές περιόδους.

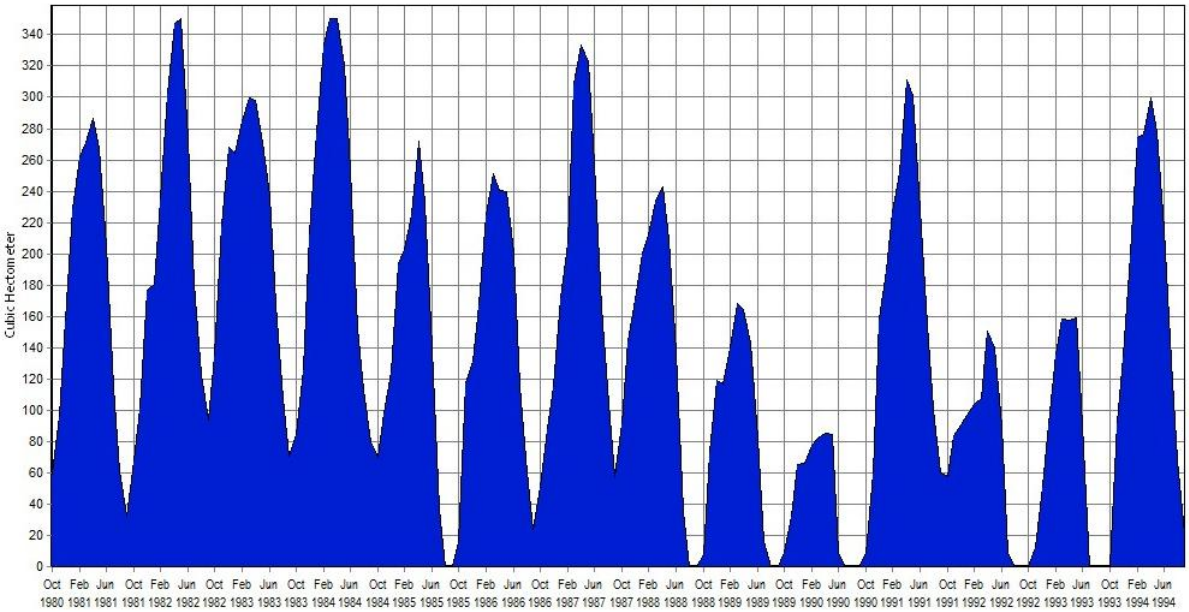
Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται η παροχή των πηγών Κουμερκίου-Κεφαλόβρυσου. Όπως παρατηρείται, οι προσομοιωμένες παροχές είναι σχεδόν ταυτόσημες με τις παρατηρημένες. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι 0,996. Η υψηλή ταύτιση οφείλεται στο γεγονός ότι οι ψευδείς κόμβοι ζήτησης που προμηθεύουν τις πηγές με νερό έχουν λάβει την υψηλότερη προτεραιότητα, όσον αφορά την ικανοποίηση της ζήτησης. Παρόμοια συμπεράσματα ισχύουν και για τις υπόλοιπες πηγές.



Σχήμα 6.1: *Παροχές πηγών Κουμερκίου-Κεφαλόβρυσου για την περίοδο 1980-1994*

Στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζεται η αποθήκευση του υπόγειου υδατικού συστήματος του κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου. Όπως παρατηρείται, η αποθήκευση βρέθηκε σε ιστορικά χαμηλά το καλοκαίρι του 1985, την περίοδο 1988-1990 και την περίοδο 1992-1993. Σε

αυτές τις περιόδους αντιστοιχούν γνωστά περιστατικά ξηρασίας, που γνώρισε η Θεσσαλία στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990.



Σχήμα 6.2: *Αποθήκευση υπόγειου υδατικού συστήματος κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου για την περίοδο 1980-1994*

6.1.2 Σενάριο Αναφοράς (1995-2010)

Η περίοδος 1995-2010 αποτελεί την πλέον πρόσφατη δεκαπενταετία. Τα κοινωνικοοικονομικά δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο προέρχονται από την περίοδο αυτή. Ειδικότερα, τα δεδομένα πληθυσμού αφορούν τις απογραφές του 2001 και του 2011, τα δεδομένα χρήσεων γης και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων το έτος 2000, τα δεδομένα τουριστικής ανάπτυξης το έτος 2003 και τα δεδομένα βιομηχανικής δραστηριότητας την περίοδο 2000-2001. Θεωρούμε ότι τα δεδομένα αυτά είναι αντιπροσωπευτικά της μέσης κοινωνικοοικονομικής κατάστασης στην περιοχή μελέτης για την εξεταζόμενη περίοδο. Οι βασικές μεταβλητές εισόδου στο μοντέλο είναι η βροχόπτωση, η δυνητική εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς και οι παρατηρημένες παροχές των πηγών.

Οι παραδοχές που υιοθετούνται για την περίοδο 1995-2010 συγκροτούν το Σενάριο Αναφοράς (Baseline). Η προσομοίωση του Σεναρίου Αναφοράς θα αποτελέσει τη βάση, με την οποία θα συγκριθούν οι μελλοντικές προσομοιώσεις για την περίοδο 2015-2030.

6.1.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου Αναφοράς

Τα βασικότερα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του Σεναρίου Αναφοράς εμφανίζονται στον Πίνακα 6.1. Όπως φαίνεται από αυτόν, η μη εξυπηρετούμενη ζήτηση της περιόδου 1995-2010 ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 72,1 hm^3 κάθε χρόνο. Από αυτά, τα 71,7 hm^3 (99,3%) αφορούν την αρδευτική χρήση, που είναι και ο μεγαλύτερος χρήστης. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι στην πραγματικότητα η ζήτηση εξαναγκάζεται σε εξίσωση με τη διαθέσιμη προσφορά, το έλλειμμα αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί με διάφορους τρόπους. Κατ' αρχήν, θα μπορούσε να σημαίνει ότι οι εκτάσεις που θεωρούνται επίσημα αρδευόμενες στην πραγματικότητα δεν αρδεύονται στο σύνολό τους. Δηλαδή, ότι η ζήτηση για άρδευση έχει υπερεκτιμηθεί κατά 14,2%. Εναλλακτικά, στις αρδευόμενες εκτάσεις θα μπορούσε να εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση κατά 14,2%. Ένα τρίτο ενδεχόμενο είναι να ισχύουν και τα δύο ταυτόχρονα. Δηλαδή, οι πραγματικά αρδευόμενες εκτάσεις να υπολείπονται των δηλωθέντων και να εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση, αλλά σε ποσοστά μικρότερα του 14,2%. Τέλος, δεν μπορεί να αποκλειστεί η προσωρινή υπεράντληση νερού από τα υπόγεια σώματα. Ωστόσο, λόγω των τοπικών υδρογεωλογικών συνθηκών, που ευνοούν την ταχεία επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων, το φαινόμενο αυτό αναιρείται γρήγορα και δεν εμφανίζει μακροπρόθεσμη τάση.

Επιπλέον, όπως προέκυψε από την προσομοίωση, το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για όλες τις χρήσεις προσεγγίζει το 86%. Τη μεγαλύτερη κάλυψη την έχει η ύδρευση (σχεδόν 100%), ακολουθεί η κτηνοτροφία (περίπου 96%) και έπονται η άρδευση με τη βιομηχανία (περί το 85%). Αυτό το ποσοστό για την άρδευση θεωρείται ικανοποιητικό, αλλά για τη βιομηχανία είναι μάλλον χαμηλό. Το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της βιομηχανίας δεν είναι υψηλό εξαιτίας των παραδοχών που αφορούν την προτεραιότητά της σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις. Επειδή ορίστηκε να λαμβάνει νερό τελευταία κατά σειρά, είναι επόμενο οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι να είναι περιορισμένοι.

Ζήτηση νερού (hm^3)		**Προμήθεια νερού (hm^3)**	
Ύδρευση *	19,63	Ύδρευση *	19,57
Άρδευση	481,20	Άρδευση	409,54
Κτηνοτροφία	6,38	Κτηνοτροφία	6,15
Βιομηχανία	1,17	Βιομηχανία	0,99
Σύνολο	*508,39*	**Σύνολο**	*436,25*

Μη εξυπηρετούμενη ζήτηση (hm^3)		**Ποσοστό κάλυψης ζήτησης (%)**	
Ύδρευση *	0,06	Ύδρευση *	99,68
Άρδευση	71,66	Άρδευση	85,11
Κτηνοτροφία	0,23	Κτηνοτροφία	96,43
Βιομηχανία	0,19	Βιομηχανία	84,07
Σύνολο	*72,14*	**Σύνολο**	*85,81*

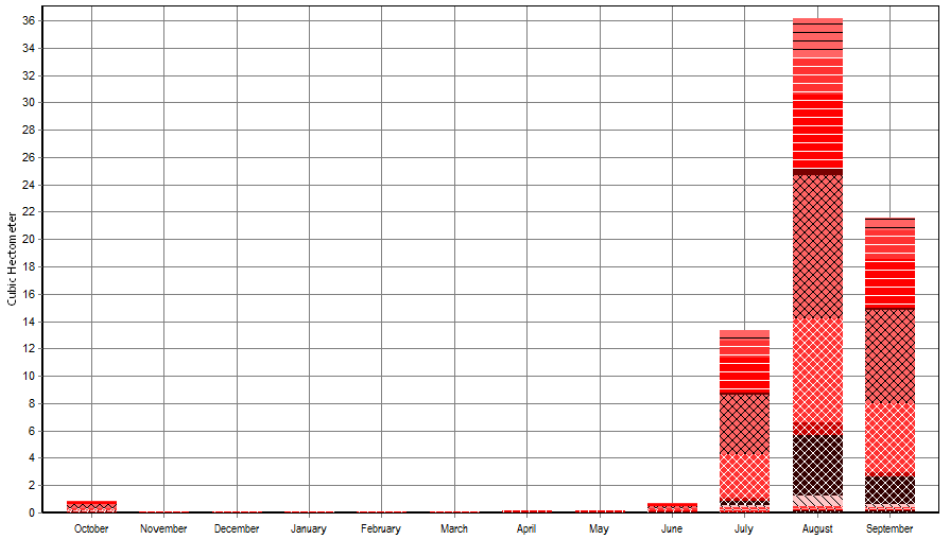
* Αστική και Τουριστική Χρήση

Πίνακας 6.1: *Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου Αναφοράς*

Όσον αφορά τη μακροπρόθεσμη αξιοπιστία εξυπηρέτησης της ζήτησης, αυτή ανέρχεται σε 94,4%. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι κάθε μήνα υπάρχει 94,4% πιθανότητα να εξυπηρετηθεί η ζήτηση και 5,6% πιθανότητα να μην εξυπηρετηθεί. Η μη εξυπηρέτηση της ζήτησης κάποιο μήνα δε σημαίνει πλήρη αστοχία, δηλαδή ότι δεν παραδίδεται καθόλου νερό στους χρήστες, αλλά ότι η προμήθεια νερού είναι χαμηλότερη από αυτήν που ζήτησαν κατά οποιαδήποτε ποσότητα. Για την ύδρευση η αξιοπιστία υπερβαίνει το 99%, για την άρδευση και την κτηνοτροφία κινείται περί το 95% και για τη βιομηχανία φτάνει το 83%.

Το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης και η αξιοπιστία περιγράφουν δύο διαφορετικά πράγματα. Το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης εκφράζει πόση ποσότητα παραδόθηκε σε έναν κόμβο ζήτησης, σε σχέση με αυτήν την οποία ζήτησε να λάβει. Η αξιοπιστία εκφράζει σε πόσα βήματα υπολογισμού (εδώ μήνες) κατά μέσο όρο επιτυγχάνεται η παράδοση του 100% της ποσότητας που ζητείται. Δηλαδή, σε πόσες περιπτώσεις κατά μέσο όρο η ικανοποίηση της πλήρους ζήτησης δεν αστοχεί.

Στο Σχήμα 6.3 παρέχεται η μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης. Ουσιαστικά, αυτή συγκεντρώνεται κατά την τυπική αρδευτική περίοδο. Τότε, οι πιέσεις στους υδατικούς πόρους πολλαπλασιάζονται, αλλά αυτοί βρίσκονται σε ετήσια χαμηλά από άποψη ποσότητας.

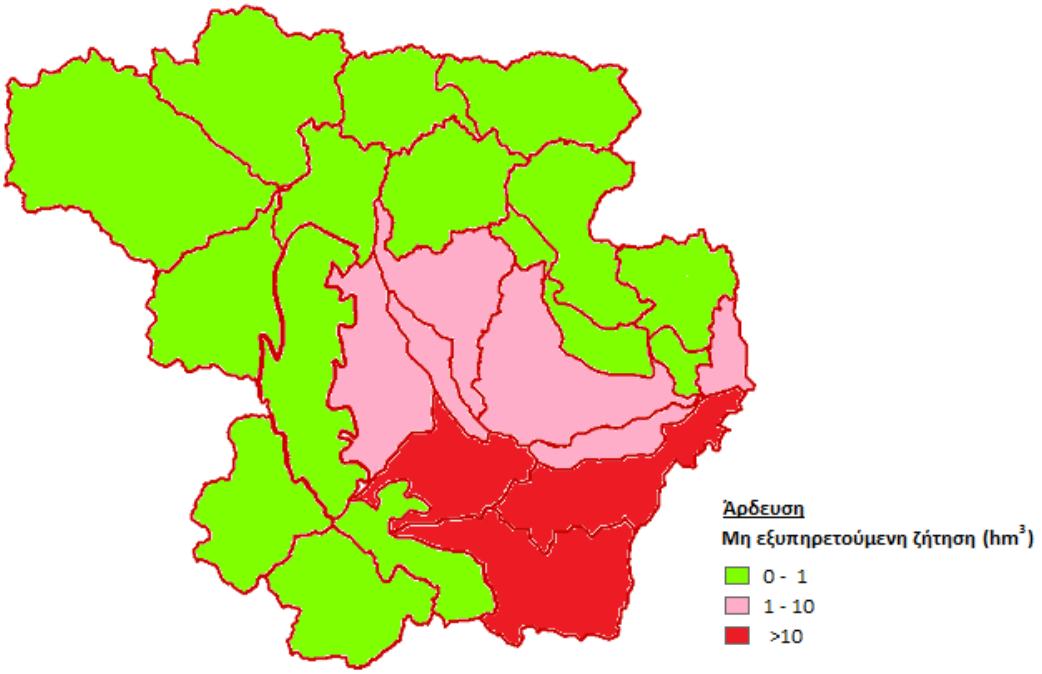


Σχήμα 6.3: *Μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης για το Σενάριο Αναφοράς*

Επειδή η μη εξυπηρετούμενη ζήτηση προέρχεται κατά 99,3% από την άρδευση, ουσιαστικά η γεωγραφική της κατανομή ακολουθεί αυτήν της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης από άρδευση. Στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή και το μέγεθος της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης για άρδευση. Όπως φαίνεται, τα μεγαλύτερα ελλείμματα εντοπίζονται στις πεδινές περιοχές μεταξύ Καλαμπάκας, Τρικάλων, Καρδίτσας και

Φαρκαδόνας και ιδίως στην περιοχή της Καρδίτσας. Αυτή η περιοχή περιλαμβάνει τις περισσότερες αρδευόμενες εκτάσεις και, επομένως, έχει πολύ μεγαλύτερες αρδευτικές ανάγκες από τις υπόλοιπες. Έτσι, διαθέτει αναλογικά και το μεγαλύτερο έλλειμμα κάλυψης της ζήτησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το έλλειμμα αυτό δεν προέρχεται από τη συμμετοχή του ταμιευτήρα του Πλαστήρα, αφού έχει γίνει η παραδοχή ότι το δικό του ποσοστό συνεισφοράς καλύπτεται πάντα (βλέπε παράγραφο 3.2.3). Το έλλειμμα αυτό οφείλεται στη συνεισφορά των υπογείων υδάτων.

Παρόμοια εικόνα με την άρδευση επικρατεί και σε επίπεδο κτηνοτροφίας. Οι κτηνοτροφική ζήτηση των πεδινών περιοχών (πχ. Τρίκαλα, Πιάλεια, Οιχαλία) παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ελλείμματα σε σχέση με τις ορεινές και ημιορεινές περιοχές, που εμφανίζουν μηδενικά ελλείμματα.



Εικόνα 6.1: *Μη εξυπηρετούμενη ζήτηση για άρδευση στο Σενάριο Αναφοράς*

6.2 Προσομοίωση μελλοντικής κατάστασης (2015-2030)

Η προσομοίωση της μελλοντικής κατάστασης αναφέρεται στην περίοδο 2015-2030. Η μεταβολή των κλιματικών παραγόντων για αυτήν την περίοδο αναπτύχθηκε εκτενώς στο Κεφάλαιο 4. Επίσης, οι παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν για την κοινωνικοοικονομική εξέλιξη αυτής της περιόδου περιγράφονται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 5. Συνολικά, διαμορφώνονται τρία σενάρια πιέσεων για την περίοδο αυτή. Πρόκειται για τα σενάρια CC, CCP1 και CCP1Env, τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

6.2.1 Σενάριο πιέσεων CC: Σενάριο Αναφοράς με ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής (2015-2030)

Στο Σενάριο πιέσεων CC επιχειρείται να προσομοιωθούν αποκλειστικά και μόνο οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στα μεγέθη της ζήτησης και της προσφοράς νερού. Στο μοντέλο εισάγονται μόνο οι μελλοντικές χρονοσειρές βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς, ενώ οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες θεωρείται ότι μένουν παγιωμένες στα επίπεδα του έτους 2010. Έτσι, οι πρωταρχικοί παράγοντες καθορισμού της ζήτησης διατηρούν την ίδια τιμή με το έτος 2010. Όσον αφορά τις πηγές, γίνεται η παραδοχή ότι οι ψευδείς κόμβοι ζήτησης που τις τροφοδοτούν ζητούν να λάβουν νερό ίσο με τη μηνιαία μέση τιμή της ιστορικής περιόδου. Ουσιαστικά, πρόκειται για την προέκταση των παραδοχών του Σεναρίου Αναφοράς στο μέλλον, ενώ προστίθεται και η κλιματική αλλαγή της περιόδου 2015-2030.

6.2.1.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CC

Τα βασικότερα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του Σεναρίου CC εμφανίζονται στον Πίνακα 6.2. Η κτηνοτροφία και η βιομηχανία παραμένουν στα ίδια επίπεδα ζήτησης με προηγουμένως, ενώ η ζήτηση για ύδρευση μειώνεται λίγο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο Σενάριο Αναφοράς ο πληθυσμός μεταβάλλεται από το 2001 μέχρι το 2011, με βάση τα στοιχεία των απογραφών του 2001 και του 2011, ακολουθώντας γραμμική παρεμβολή. Ωστόσο, στο Σενάριο CC ο πληθυσμός παραμένει σταθερός στην τιμή του 2011, που είναι μικρότερη από το μέσο όρο της περιόδου 2001-2011 (βλέπε παράγραφο 5.4). Πάντως, η βασική διαφορά, όσον αφορά τη ζήτηση, προέρχεται από τον τομέα της άρδευσης. Η αρδευτική ζήτηση είναι αυξημένη κατά 2,3%, όπως είχε προβλεφθεί στην παράγραφο 4.3. Αυτό ερμηνεύεται από την αύξηση της εξατμοδιαπνοής (+2,5%) και τη μείωση της βροχόπτωσης (-8,5%) κατά την αρδευτική περίοδο.

Επίσης, σε αυτήν την προσομοίωση παρατηρείται αύξηση της προμήθειας νερού στους χρήστες, η οποία οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην άρδευση. Λόγω των αυξημένων αναγκών της, η άρδευση προμηθεύεται ακόμη περισσότερους νερό τους μήνες που αυτό είναι δυνατόν. Επειδή, όμως, είναι δεύτερη σε προτεραιότητα, οδηγεί όσες χρήσεις έπονται σε μειωμένη προμήθεια σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς. Γενικώς, η αύξηση της προμήθειας νερού στους χρήστες δεν μπορεί να παρακολουθήσει την αύξηση της ζήτησης και αυτό έχει ως συνέπεια τη διεύρυνση του ελλείμματος κάλυψης της ζήτησης. Η μη εξυπηρετούμενη ζήτηση ανεβαίνει στα 75,2 hm^3 (+3,1 hm^3), με το μεγαλύτερο μέρος να προέρχεται από την άρδευση.

Όπως προέκυψε από την προσομοίωση, το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση αυξάνεται σε 100%. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τη μείωση της ζήτησης για ύδρευση σε αυτό το σενάριο και από το γεγονός ότι η ύδρευση προηγείται σε προτεραιότητα

ικανοποίησης. Για όλες τις υπόλοιπες χρήσεις το ποσοστό κάλυψης μειώνεται, με τη μεγαλύτερη μείωση να εμφανίζεται το διάστημα Ιουλίου-Σεπτεμβρίου. Τη μεγαλύτερη μείωση υφίσταται η βιομηχανία, που έχει τη χαμηλότερη προτεραιότητα όσον αφορά τις απολήψεις. Το συνολικό ποσοστό κάλυψης της ζήτησης εκτιμήθηκε σε 85,5%. Δηλαδή ελαφρώς μειωμένο σε σχέση με την περίοδο 1995-2010. Η μέση αξιοπιστία ικανοποίησης της ζήτησης υπολογίστηκε ίση με 94,4%. Το γεγονός ότι η αξιοπιστία είναι ίδια με το Σενάριο Αναφοράς σημαίνει ότι η ζήτηση αστοχεί τόσες φορές όσες και προηγουμένως. Βέβαια, τώρα αυξάνεται η ποσότητα που δεν ικανοποιείται, όπως φαίνεται από τη μείωση του ποσοστού κάλυψης.

Ζήτηση νερού (hm^3)		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**	**Προμήθεια νερού (hm^3)**		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**
Ύδρευση*	19,13	-0,50	Ύδρευση*	19,13	-0,44
Άρδευση	492,23	11,03	Άρδευση	417,46	7,92
Κτηνοτροφία	6,38	0,00	Κτηνοτροφία	6,12	-0,03
Βιομηχανία	1,17	0,00	Βιομηχανία	0,97	-0,02
Σύνολο	*518,92*	10,53	**Σύνολο**	*443,68*	7,44

Μη εξυπηρετούμενη ζήτηση (hm^3)		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**	**Ποσοστό κάλυψης ζήτησης (%)**		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (%)**
Ύδρευση*	0,00	-0,06	Ύδρευση*	100,00	0,32
Άρδευση	74,77	3,10	Άρδευση	84,81	-0,35
Κτηνοτροφία	0,26	0,03	Κτηνοτροφία	95,99	-0,45
Βιομηχανία	0,21	0,02	Βιομηχανία	82,32	-2,09
Σύνολο	*75,23*	3,09	**Σύνολο**	*85,50*	-0,36

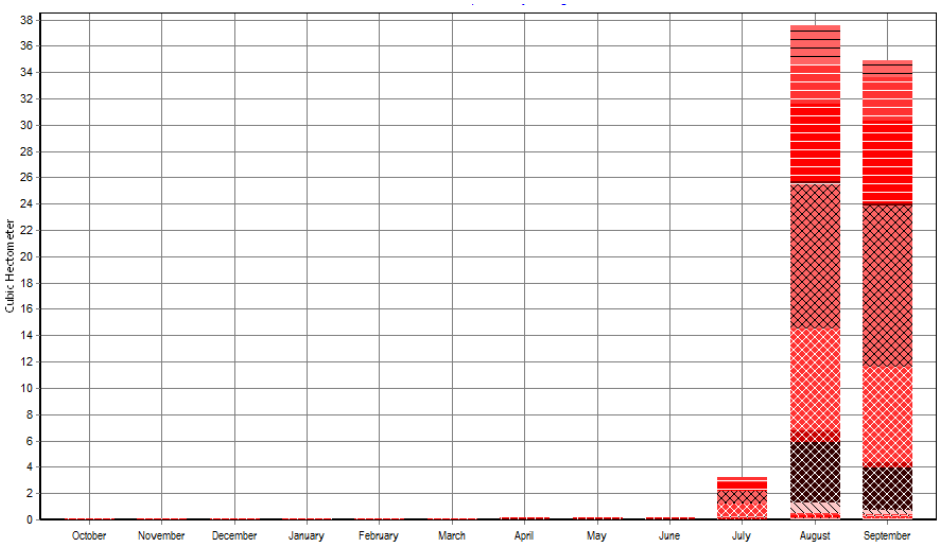
* Αστική και Τουριστική Χρήση

Πίνακας 6.2: *Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CC*

Στο Σενάριο CC οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι, σε επίπεδο έτους, περιορίζονται. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, η μέση αποθήκευση του συστήματος κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου μειώνεται κατά 10,3% και η προσομοιωμένη απορροή στη θέση Αλή Εφέντη κατά 0,6%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βροχόπτωση παραμένει περίπου σταθερή σε ετήσιο επίπεδο, αλλά η εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς αυξάνεται (βλέπε παράγραφο 4.4).

Ωστόσο, η ανισοκατανομή των υδατικών πόρων εντός του έτους αναμένεται να ενταθεί. Από την επεξεργασία των κλιματικών χρονοσειρών προέκυψε ότι οι υγρές περίοδοι τείνουν να γίνουν υγρότερες και οι ξηρές ξηρότερες. Η περίοδος Οκτωβρίου-Μαΐου γίνεται υγρότερη και η περίοδος Ιουνίου-Σεπτεμβρίου ξηρότερη. Η βελτίωση της διαθεσιμότητας

του νερού την υγρή περίοδο ευνοεί την κάλυψη των όποιων ελλειμμάτων υπήρχαν σε επιμέρους μήνες και την ικανοποίηση των πρόσθετων αναγκών που προκύπτουν. Έτσι, η κάλυψη της ζήτησης βελτιώνεται. Όμως, αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση των υδατικών πόρων που θα ήταν δυνητικά διαθέσιμοι στους υπόγειους υδροφορείς την ξηρή περίοδο. Ο συνδυασμός μειωμένων υδατικών πόρων σε επίπεδο έτους, έντασης της ανισοκατανομής τους στο έτος, αφαίρεσης περισσότερων υδατικών πόρων σε σχέση με πριν από τους υπόγειους υδροφορείς κατά την υγρή περίοδο και αυξημένων αναγκών κατά την αρδευτική περίοδο εξαιτίας του φυσικού πλαισίου, οδηγούν σε συσσώρευση της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει καθαρά από το Σχήμα 6.4, που παρουσιάζει τη μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης. Επιπλέον, σε σύγκριση με το Σχήμα 6.3, παρατηρείται μια εμφανής βελτίωση των ελλειμμάτων κατά τους μήνες Οκτώβριο, Ιούνιο και Ιούλιο. Η γεωγραφική κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης είναι παρόμοια με αυτήν της Εικόνας 6.1.



Σχήμα 6.4: *Μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης για το Σενάριο πιέσεων CC*

6.2.2 Σενάριο πιέσεων CCP1: Σενάριο πιέσεων CC με ενσωμάτωση της κοινωνικοοικονομικής αλλαγής του υδατικού Σεναρίου P1 (2015-2030)

Το Σενάριο πιέσεων CCP1 υιοθετεί το σύνολο των παραδοχών του Σεναρίου πιέσεων CC και, επιπρόσθετα, ενσωματώνει τις προβλέψεις του υδατικού Σεναρίου P1. Συνεπώς, η προσομοίωση αυτού του σεναρίου περιλαμβάνει και την κλιματική και την κοινωνικοοικονομική αλλαγή της περιόδου 2015-2030. Οι κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές τροποποιούνται, όπως περιγράφεται στην Παράγραφο 5.4.

6.2.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CCP1

Τα βασικότερα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση αυτή εμφανίζονται στον Πίνακα 6.3. Η μέση ζήτηση νερού αυξάνεται, σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς, κατά 13,2 hm^3. Από αυτά, τα 10,5 hm^3 οφείλονται στην κλιματική αλλαγή και τα 2,7 hm^3 στην κοινωνικοοικονομική αλλαγή. Η ζήτηση για ύδρευση, κτηνοτροφία και βιομηχανία είναι αυξημένη, εξαιτίας των παραδοχών του Σεναρίου P1. Η αύξηση της ζήτησης για άρδευση οφείλεται μόνο στη μεταβολή των κλιματικών μεταβλητών, αφού δύο βασικές παραδοχές του Σεναρίου P1 είναι οι σταθερές αρδευόμενες εκτάσεις και η αμετάβλητη σύνθεση καλλιεργειών. Στο σενάριο αυτό η προμήθεια νερού στους χρήστες αυξάνεται κατά 9,5 hm^3. Στο Σενάριο CC η αύξηση ήταν 7,7 hm^3, ενώ στο Σενάριο CCP1 υπάρχει επιπλέον αύξηση κατά 2,1 hm^3. Η διάρθρωση της προμήθειας νερού στους χρήστες με βάση την προέλευση δίνεται στον Πίνακα 6.4. Το έλλειμμα κάλυψης της ζήτησης διευρύνεται κατά 3,8 hm^3. Εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής κατά 3,1 hm^3 και εξαιτίας της κοινωνικοοικονομικής αλλαγής κατά 0,7 hm^3. Το σύνολο της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης είναι 75,9 hm^3. Εκτός από την ύδρευση, της οποίας η ζήτηση καλύπτεται κατά 100%, οι υπόλοιπες χρήσεις εμφανίζουν επιδείνωση αναφορικά με το βαθμό ικανοποίησης της ζήτησης. Η μέση κάλυψη της ζήτησης για όλες τις χρήσεις υπολογίζεται σε 85,5%. Η μακροπρόθεσμη αξιοπιστία είναι και πάλι 94,4%.

Να σημειωθεί ότι ο βαθμός ικανοποίησης της ζήτησης επιδεινώνεται σημαντικά κατά την περίοδο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου, οπότε οι ανανεώσιμοι πόροι του υπόγειου υδατικού συστήματος κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου συνήθως εξαντλούνται. Εξαιτίας των ρυθμίσεων που έχουν εισαχθεί στο μοντέλο, οι χρήστες δεν μπορούν να αντλήσουν νερό από τα μόνιμα αποθέματα και, επομένως, η πλεονάζουσα ζήτηση μετατρέπεται αυτόματα σε μη εξυπηρετούμενη. Αυτό συμβαδίζει με τους σκοπούς της εργασίας για περιβαλλοντικά βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων. Αν επιτρεπόταν στους χρήστες να καταναλώσουν και από τα μόνιμα αποθέματα, τότε θα παραβιαζόταν η αρχή της αειφορικής διαχείρισης.

Στα πλαίσια του Σεναρίου CCP1, η μέση ετήσια αποθήκευση στο υπόγειο υδατικό σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου προσομοιώνεται κατά 10,4% μικρότερη, σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς. Επίσης, η προσομοιωμένη απορροή στη θέση Αλή Εφέντη εκτιμάται μειωμένη κατά 0,6%. Οι τιμές αυτές βρίσκονται σε αντιστοιχία με τις τιμές που υπολογίστηκαν στα πλαίσια του σεναρίου CC (βλέπε παράγραφο 6.2.1.1).

Η γεωγραφική κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης είναι παρόμοια με αυτήν της Εικόνας 6.1. Ακόμη, η μηνιαία κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης είναι εντελώς αντίστοιχη με του Σχήματος 6.4. Δηλαδή, τα ελλείμματα κάλυψης της ζήτησης συγκεντρώνονται, κυρίως, τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο. Ειδικότερα, αυτούς τους δύο μήνες παρατηρείται περίπου το 96% του ελλείμματος.

Ζήτηση νερού (hm^3)		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**	**Προμήθεια νερού (hm^3)**		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**
Ύδρευση*	20,74	1,11	Ύδρευση*	20,74	1,17
Άρδευση	492,23	11,03	Άρδευση	416,87	7,34
Κτηνοτροφία	7,27	0,89	Κτηνοτροφία	6,98	0,83
Βιομηχανία	1,38	0,21	Βιομηχανία	1,13	0,14
Σύνολο	*521,63*	13,24	**Σύνολο**	*445,73*	9,48

Μη εξυπηρετούμενη ζήτηση (hm^3)		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**	**Ποσοστό κάλυψης ζήτησης (%)**		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (%)**
Ύδρευση*	0,00	-0,06	Ύδρευση*	100,00	0,32
Άρδευση	75,35	3,69	Άρδευση	84,69	-0,49
Κτηνοτροφία	0,29	0,06	Κτηνοτροφία	96,04	-0,40
Βιομηχανία	0,26	0,07	Βιομηχανία	81,44	-3,13
Σύνολο	*75,90*	3,76	**Σύνολο**	*85,45*	-0,42

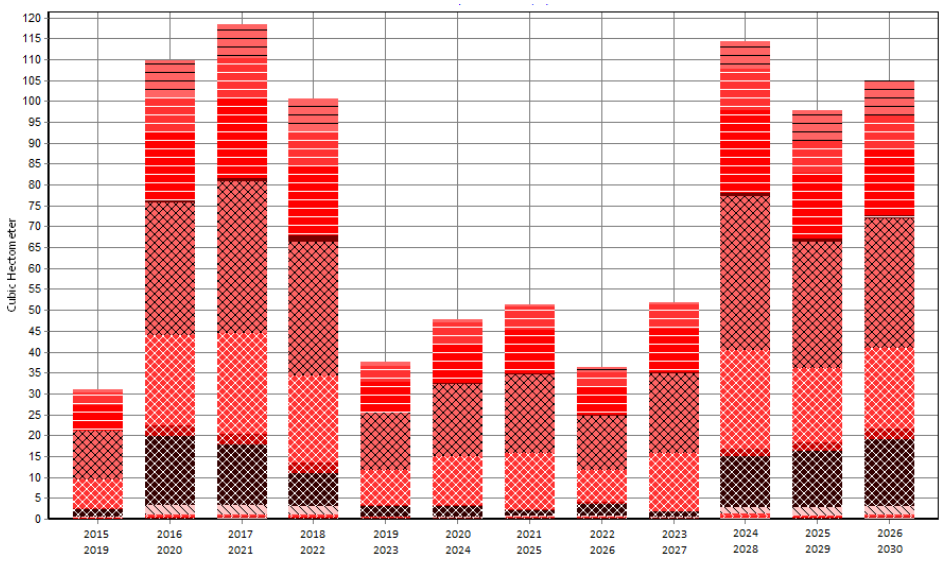
* Αστική και Τουριστική Χρήση

Πίνακας 6.3: *Αποτελέσματα προσομοίωσης Σεναρίου πιέσεων CCP1*

Προέλευση νερού	**Προμήθεια νερού (hm^3)**
Τ. Πλαστήρα	29,01
Ποτάμια	86,45
Υπόγειο σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου	269,61
Άλλα Υπόγεια συστήματα και Πηγές	60,66
Σύνολο	*445,73*

Πίνακας 6.4: *Διάρθρωση προμήθειας νερού στο Σενάριο πιέσεων CCP1*

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ετήσια κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης, η οποία δίνεται στο Σχήμα 6.5. Όπως προκύπτει, αυτή παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση μέσα στο χρόνο. Η χαμηλότερη τιμή που λαμβάνει είναι 31,0 hm^3 και η υψηλότερη 118,7 hm^3. Αν γίνει αντιπαραβολή με το Σχήμα 5.4, τότε προκύπτει αβίαστα ότι οι περίοδοι υψηλών βροχοπτώσεων αντιστοιχούν στις περιόδους χαμηλής μη εξυπηρετούμενης ζήτησης και οι περίοδοι χαμηλής βροχόπτωσης στις περιόδους υψηλής μη εξυπηρετούμενης ζήτησης. Αυτό είναι αναμενόμενο, αφού η άρδευση είναι ο βασικός χρήστης νερού στην περιοχή μελέτης. Η κάλυψη των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών από το νερό της βροχής περιορίζει την ανάγκη για άρδευση. Επίσης, η αύξηση των βροχοπτώσεων βελτιώνει τη διαθεσιμότητα του νερού στα υπόγεια και τα επιφανειακά υδατικά συστήματα.



Σχήμα 6.5: *Ετήσια κατανομή της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης για το Σενάριο πιέσεων CCP1*

6.2.3 Σενάριο πιέσεων CCP1Env: Σενάριο πιέσεων CCP1 με ενσωμάτωση περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων (2015-2030)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 2.8.6, το Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011ι) εισηγείται τη θέσπιση ελάχιστων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, όσον αφορά την ποσοτική κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδατικών συστημάτων. Από τα επιφανειακά υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης, τα μεγαλύτερα προβλήματα φαίνεται πως παρουσιάζει εκείνο το τμήμα του Πηνειού ποταμού που ξεκινά από τη συμβολή του Πηνειού με τον Πορταϊκό και φτάνει μέχρι τη θέση Αλή Εφέντη. Η οικολογική του κατάσταση χαρακτηρίζεται ως ελλιπής, η χημική του κατάσταση κατώτερη της καλής και από πλευράς ποσοτικής κατάστασης υφίσταται υψηλή πίεση απολήψεων. Το συσχετισμένο υπόγειο υδατικό σύστημα με αυτό το τμήμα του Πηνειού ποταμού είναι το σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου.

Στα πλαίσια του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env, υιοθετούνται όλες οι παραδοχές που γίνονται για το Σενάριο πιέσεων CCP1. Επιπρόσθετα, ενσωματώνεται το προτεινόμενο σενάριο μέσων περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων. Ειδικότερα, ελέγχεται αν πληρείται η απαίτηση για μέγιστη πίεση απόληψης ίση με 50%, τόσο σε ετήσιο όσο και σε μηνιαίο επίπεδο, στη θέση Αλή Εφέντη κατά την περίοδο 2015-2030. Σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011ι), όταν η πίεση απόληψης υπερβαίνει το 50%, τότε η πίεση που ασκείται στο υδατικό σύστημα χαρακτηρίζεται υψηλή. Όταν η πίεση είναι κάτω του 20% σε μηνιαία βάση και του

15% σε ετήσια βάση, χαρακτηρίζεται αμελητέα. Η διάκριση μεταξύ χαμηλής και μέτριας πίεσης γίνεται με όριο το 35% σε μηνιαία βάση ή το 30% σε ετήσια.

Για τον υπολογισμό της πίεσης απόληψης ακολουθείται η εξής διαδικασία. Αρχικά, υπολογίζονται οι απολήψεις και οι επιστροφές κάθε κόμβου ζήτησης από και προς τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα. Με βάση αυτά τα δύο μεγέθη, υπολογίζεται η καθαρή απόληψη από τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα ανά κόμβο και για το σύνολο των κόμβων. Οι επιστροφές περιλαμβάνουν απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού και μη καταναλισκόμενες ποσότητες που επιστρέφουν στο σύστημα. Οι απολήψεις από τα υπόγεια ύδατα που λαμβάνονται υπόψη είναι μόνον αυτές που αντιστοιχούν στα ανανεώσιμα αποθέματα των υπόγειων υδατικών συστημάτων. Σε κλειστές υδρογεωλογικές λεκάνες, χωρίς διαφυγές σε άλλες όμορες λεκάνες, γίνεται η παραδοχή ότι αν τα ανανεώσιμα αποθέματα δεν αντλούνταν από τους υπόγειους υδροφορείς, αυτοί θα υπερπληρώνονταν και εν συνεχεία θα ενίσχυαν την επιφανειακή απορροή. Έτσι, οι ποσότητες αυτές αθροίζονται στη συνολική φυσικοποιημένη απορροή του συστήματος. Η φυσικοποιημένη απορροή αντιστοιχεί σε εκείνη την απορροή, η οποία διαμορφώνεται αποκλειστικά και μόνο με βάση το φυσικό πλαίσιο βροχής-απορροής, χωρίς να παρεμβαίνουν ενδιάμεσα οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Έτσι, η φυσικοποιημένη απορροή δίνεται από τη Σχέση 6.1. Οι καθαρές απολήψεις δίνονται από της σχέση 6.2 και η πίεση απόληψης δίνεται από τη σχέση 6.3.

$$\textit{Φυσικοποιημένη απορροή} = \textit{Παρατηρημένη απορροή} + \textit{Καθαρές απολήψεις} \quad (6.1)$$

$$\textit{Καθαρές απολήψεις} = \textit{Μικτές απολήψεις} - \textit{Απώλειες Μεταφοράς} - \textit{Επιστροφές} \quad (6.2)$$

$$\textit{Πίεση απόληψης} = \textit{Καθαρές απολήψεις} / \textit{Φυσικοποιημένη απορροή} \quad (6.3)$$

Εν προκειμένω η παρατηρημένη απορροή αντικαθίσταται από την προσομοιωμένη απορροή του μοντέλου για την περίοδο 2015-2030. Να σημειωθεί ότι ως καθαρές απολήψεις νοούνται και αυτές από τα επιφανειακά και αυτές από τα υπόγεια ύδατα.

6.2.3.1 Αποτελέσματα Σεναρίου πιέσεων CCP1Env

Λαμβάνοντας υπόψη όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, γίνεται ο υπολογισμός των μέσων μηνιαίων και της μέσης υπερετήσιας φυσικοποιημένης απορροής στη θέση Αλή Εφέντη για την περίοδο 2015-2030. Από την προσομοίωση του Σεναρίου CCP1 είναι ήδη γνωστές η προσομοιωμένη απορροή στη θέση Αλή Εφέντη και οι καθαρές απολήψεις από τα ποτάμια και το σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, υπολογίζεται η πίεση απόληψης σε μηνιαίο και σε ετήσιο επίπεδο. Ακολούθως,

πραγματοποιείται ο χαρακτηρισμός της πίεσης απόληψης, σύμφωνα με τα όρια που δόθηκαν στην παράγραφο 6.2.3.

Η παραπάνω διαδικασία συνοψίζεται στον Πίνακα 6.5. Όπως προκύπτει, οι μόνοι μήνες κατά τους οποίους η πίεση απόληψης υπερβαίνει την τιμή-στόχο του 50% είναι ο Ιούνιος, ο Ιούλιος, ο Αύγουστος και ο Σεπτέμβριος. Οι πιέσεις που υφίστανται οι υδατικοί πόροι είναι εξαιρετικά υψηλές και φτάνουν μέχρι και το 84,1%. Τους υπόλοιπους μήνες η πίεση απόληψης μπορεί να χαρακτηριστεί αμελητέα-χαμηλή. Ωστόσο, η αντίστοιχη πίεση απόληψης σε επίπεδο έτους είναι μόλις 18,8%. Δηλαδή, σε ετήσιο επίπεδο, η πίεση χαρακτηρίζεται χαμηλή. Ο συνολικός χαρακτηρισμός της πίεσης γίνεται με βάση τη δυσμενέστερη ταξινόμηση. Άρα, ο γενικός χαρακτηρισμός της πίεσης είναι υψηλή.

Μήνας	**Μέση υπερετήσια φυσικοποιημένη απορροή στη θέση Αλή Εφέντη (hm^3)**	**Καθαρή απόληψη* (hm^3)**	**Πίεση απόληψης (%)**	**Χαρακτηρισμός απόληψης**
Οκτ	115,96	0,16	0,14	Αμελητέα
Νοε	169,31	0,16	0,09	Αμελητέα
Δεκ	177,46	0,17	0,09	Αμελητέα
Ιαν	96,05	0,17	0,17	Αμελητέα
Φεβ	178,54	0,31	0,17	Αμελητέα
Μαρ	150,61	2,81	1,87	Αμελητέα
Απρ	104,31	11,67	11,19	Αμελητέα
Μαϊ	137,58	41,60	30,24	Χαμηλή
Ιουν	103,90	70,89	**68,23**	Υψηλή
Ιουλ	106,73	89,74	**84,08**	Υψηλή
Αυγ	38,29	31,24	**81,60**	Υψηλή
Σεπ	28,02	15,27	**54,50**	Υψηλή
Έτος	1406,76	264,19	18,78	Χαμηλή

* από το υπόγειο σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου και τα ποτάμια

Πίνακας 6.5: *Χαρακτηρισμός πίεσης απόληψης για τη θέση Αλή Εφέντη*

Από τις τιμές της φυσικοποιημένης απορροής μπορεί να προκύψει η μέγιστη επιτρεπόμενη καθαρή απόληψη ανά μήνα και σε επίπεδο έτους. Αυτή είναι ίση με το 50% της φυσικοποιημένης απορροής. Συγκρίνοντας τις καθαρές απολήψεις του Σεναρίου CCP1, με τις μέγιστες επιτρεπόμενες απολήψεις, μπορεί να εκτιμηθεί η απόκλιση των καθαρών απολήψεων από το στόχο. Προκειμένου να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι, οι ποσότητες αυτές πρέπει να περικοπούν.

Στον Πίνακα 6.6 υπολογίζονται οι απαραίτητες περικοπές στις καθαρές απολήψεις της περιοχής μελέτης. Αυτές κυμαίνονται από 8,3% έως και 40,5%. Το συνολικό ποσό των

καθαρών απολήψεων που πρέπει να περικοπεί ανέρχεται σε 68,7 hm^3. Η ποσότητα αυτή αποτελεί το 26,0% των ετήσιων καθαρών απολήψεων.

Μήνας	**Καθαρή απόληψη-στόχος* (hm^3)**	**Απόκλιση καθαρής απόληψης από στόχο (hm^3)**	**Απαιτούμενη περικοπή καθαρών απολήψεων (%)**
Οκτ	57,98	0	0
Νοε	84,66	0	0
Δεκ	88,73	0	0
Ιαν	48,03	0	0
Φεβ	89,27	0	0
Μαρ	75,30	0	0
Απρ	52,16	0	0
Μαϊ	68,79	0	0
Ιουν	51,95	-18,94	-26,72
Ιουλ	53,37	-36,37	-40,53
Αυγ	19,14	-12,10	-38,73
Σεπ	14,01	-1,26	-8,26
Έτος	703,38	0	0
Σύνολο		-68,67	-25,99%

* 50% της φυσικοποιημένης απορροής

Πίνακας 6.6: *Αναγκαίες περικοπές στις καθαρές απολήψεις για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env*

Όπως φαίνεται και στην εξίσωση 6.2, οι καθαρές απολήψεις προκύπτουν από τις μικτές απολήψεις, αν αφαιρεθούν οι απώλειες νερού κατά τη μεταφορά και οι επιστροφές νερού στο σύστημα. Ωστόσο, οι απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού και οι επιστροφές νερού στο σύστημα έχουν θεωρηθεί γραμμικά συσχετισμένες με τις μικτές απολήψεις. Αυτό σημαίνει ότι όταν αυξάνονται οι μικτές απολήψεις από τα υδατικά συστήματα, αυξάνονται ακολούθως και οι ποσότητες νερού που επιστρέφουν στο σύστημα είτε ως απώλειες κατά τη μεταφορά είτε ως λύματα μετά τη χρήση. Έτσι, μεταξύ μικτών απολήψεων και καθαρών απολήψεων υπάρχει επίσης γραμμική συσχέτιση. Συνεπώς, το απαιτούμενο ποσοστό μείωσης των καθαρών απολήψεων μπορεί να εφαρμοστεί αυτούσιο και στις μικτές απολήψεις.

Στον Πίνακα 6.7 παρέχονται οι μέσες υπερετήσιες μικτές απολήψεις από τα ποτάμια και το υπόγειο σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου, όπως υπολογίστηκαν στα πλαίσια του Σεναρίου CCP1. Επίσης, δίνονται οι αντίστοιχες περικοπές που τους αναλογούν, ώστε

να επιτευχθούν οι στόχοι του Σεναρίου CCP1Env. Οι περικοπές αυτές ανέρχονται σε 90,7 hm^3. Συνεπώς, σε ετήσιο επίπεδο οι μέσες υπερετήσιες μικτές απολήψεις πρέπει να περιοριστούν από 356,1 hm^3 σε 265,4 hm^3.

Μήνας	**Μέση υπερετήσια μικτή απόληψη (hm^3)**	**Απαιτούμενη περικοπή μικτών απολήψεων* (%)**	**Περικοπή μικτής απόληψης (hm^3)**	**Μικτή απόληψη μετά από περικοπή (hm^3)**
Οκτ	1,09	0	0	1,09
Νοε	1,05	0	0	1,05
Δεκ	1,09	0	0	1,09
Ιαν	1,09	0	0	1,09
Φεβ	1,19	0	0	1,19
Μαρ	4,51	0	0	4,51
Απρ	16,57	0	0	16,57
Μαϊ	55,40	0	0	55,40
Ιουν	93,28	-26,72	-24,92	68,36
Ιουλ	117,87	-40,53	-47,77	70,09
Αυγ	41,89	-38,73	-16,22	25,67
Σεπ	21,04	-8,26	-1,74	19,30
Έτος	356,06	0	0	265,40
Σύνολο			-90,66	

* ίση με το ποσοστό περικοπής των καθαρών απολήψεων λόγω γραμμικής συσχέτισης

Πίνακας 6.7: *Αναγκαίες περικοπές στις μικτές απολήψεις για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env*

Συνοψίζοντας, η επιβολή περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαθέσιμης ποσότητας νερού στους χρήστες. Πλέον, οι χρήστες δεν έχουν τη δυνατότητα να λάβουν πάνω από το 50% της φυσικοποιημένης απορροής ή, διαφορετικά, το 50% της φυσικοποιημένης απορροής απαιτείται να είναι πάντα διαθέσιμο στα υδατικά συστήματα.

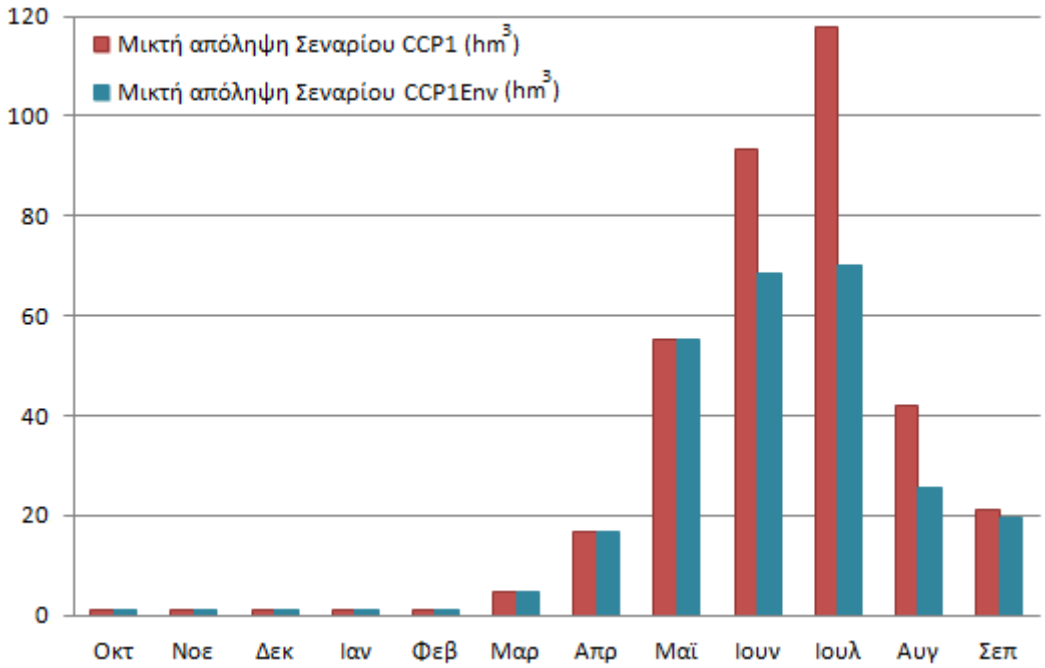
Στα πλαίσια του Σεναρίου CCP1 η προμήθεια νερού στους χρήστες υπολογίστηκε ίση με 445,73 hm^3. Επομένως, η περικοπή 90,7 hm^3 από τις μικτές απολήψεις οδηγεί σε μείωση της παρεχόμενης ποσότητας στους χρήστες στα 355,1 hm^3. Ωστόσο, η ζήτηση του Σεναρίου CCP1Env παραμένει ίδια σε σχέση με του Σεναρίου CCP1, στα 521,6 hm^3. Συνεπώς, η μη εξυπηρετούμενη ζήτηση στην περιοχή μελέτης αυξάνεται και στα 166,6 hm^3. Ο βαθμός ικανοποίησης της ζήτησης είναι τώρα πολύ χαμηλός, καθώς περιορίζεται στο 68,1% της ζήτησης.

Τα παραπάνω συμπεράσματα, σε σχέση με το αναθεωρημένο ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης νερού στην περιοχή μελέτης, συγκεντρώνονται στον Πίνακα 6.8.

Ζήτηση νερού (hm^3)		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**	**Προμήθεια νερού (hm^3)**		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**
Σύνολο	521,63	13,21	Σύνολο	355,07	-81,21
Μη εξυπηρετούμενη ζήτηση (hm^3)		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (hm^3)**	**Ποσοστό κάλυψης ζήτησης (%)**		**Απόκλιση από Σενάριο Αναφοράς (%)**
Σύνολο	166,56	94,41	Σύνολο	68,07	-20,67

Πίνακας 6.8: *Αποτελέσματα Σεναρίου πιέσεων CCP1Env*

Στο Σχήμα 6.6 παρουσιάζονται προσομοιωμένες μικτές απολήψεις για το Σενάριο CCP1 και οι νέες μικτές απολήψεις, μετά την περικοπή, για το Σενάριο CCP1Env. Οι νέες μικτές απολήψεις είναι ίσες με τις επιτρεπόμενες βάσει του κριτηρίου της φυσικοποιημένης απορροής.



Σχήμα 6.6: *Μικτές απολήψεις για το Σενάριο πιέσεων CCP1 (χωρίς περιβαλλοντικές απαιτήσεις) και για το Σενάριο πιέσεων CCP1Env (με εφαρμογή περιβαλλοντικών απαιτήσεων)*

Κεφάλαιο 7

ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

7.1 Διατύπωση σεναρίων απόκρισης

7.2 Σενάριο απόκρισης R0: Σενάριο μηδενικής παρέμβασης

7.3 Σενάριο απόκρισης R1: Σενάριο κινήτρων και μέτρων για την εξοικονόμηση νερού

7.4 Σενάριο απόκρισης R2: Σενάριο απόκρισης R0 με ενσωμάτωση αναδιάρθρωσης καλλιεργειών

7.4.1 Αναδιάρθρωση καλλιεργειών αρδευόμενων εκτάσεων πεδινής ζώνης

7.1 Διατύπωση σεναρίων απόκρισης

Όπως προέκυψε στο Κεφάλαιο 6, η ζήτηση νερού στην περιοχή μελέτης υπερβαίνει την προσφορά νερού στους χρήστες. Από την προσομοίωση του Σεναρίου Αναφοράς το έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης υπολογίστηκε σε 72,1 hm^3, προερχόμενο σχεδόν αποκλειστικά από την άρδευση (99,3%). Το έλλειμμα αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί με διάφορους τρόπους. Κατ' αρχήν, θα μπορούσε να σημαίνει ότι οι εκτάσεις που θεωρούνται επίσημα αρδευόμενες στην πραγματικότητα δεν αρδεύονται στο σύνολό τους. Δηλαδή, ότι η ζήτηση για άρδευση έχει υπερεκτιμηθεί κατά 14,2%. Εναλλακτικά, στις αρδευόμενες εκτάσεις θα μπορούσε να εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση κατά 14,2%. Ένα τρίτο ενδεχόμενο είναι να ισχύουν και τα δύο ταυτόχρονα. Δηλαδή, οι πραγματικά αρδευόμενες εκτάσεις να υπολείπονται των δηλωθέντων και να εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση, αλλά σε ποσοστά μικρότερα του 14,2%. Τέλος, δεν μπορεί να αποκλειστεί η προσωρινή υπεράντληση νερού από τα υπόγεια σώματα. Ωστόσο, λόγω των τοπικών υδρογεωλογικών συνθηκών, που ευνοούν την ταχεία επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων, το φαινόμενο αυτό αναιρείται γρήγορα και δεν εμφανίζει μακροπρόθεσμη τάση.

Η προσομοίωση των Σεναρίων CC και CCP1 κατέδειξε ότι η κλιματική αλλαγή της περιόδου 2015-2030 θα δημιουργήσει ένα επιπρόσθετο έλλειμμα ύψους 3,1 hm^3, ενώ το ίδιο διάστημα η κοινωνικοοικονομική αλλαγή που έχει ενσωματωθεί στο σενάριο θα προκαλέσει διεύρυνση του ελλείμματος επιπλέον κατά 0,7 hm^3. Με βάση την ανάλυση που έγινε στα πλαίσια του Σεναρίου CCP1Env, εκτιμήθηκε ότι η εφαρμογή περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των επιφανειακών υδάτων στη θέση Αλή Εφέντη και των υπογείων υδάτων στο υπόγειο σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου θα οδηγήσει σε περαιτέρω αύξηση του ελλείμματος κατά 90,7 hm^3. Συνεπώς, το συνολικό έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης, όπως υπολογίστηκε για το Σενάριο CCP1Env, είναι ίσο με 166,6 hm^3. Η αντιμετώπιση αυτού του ελλείμματος απαιτεί μια εξοικονόμηση νερού ίση με το 32% της ζήτησης του Σεναρίου CCP1Env (521,6 hm^3).

Για την αντιμετώπιση του ελλείμματος, διατυπώνονται τρία σενάρια απόκρισης. Η διαμόρφωσή τους συζητήθηκε με την Υ.Δ. Μ. Κοσσίδα στα πλαίσια της υπό εκπόνηση Διδακτορικής της Διατριβής. Το πρώτο σενάριο απόκρισης (R0) είναι το Σενάριο μηδενικής παρέμβασης (BaU - Business as Usual). Στο σενάριο αυτό η όποια εξοικονόμηση νερού προκύπτει, είναι αποτέλεσμα της εγγενούς τεχνολογικής προόδου, που συμβαδίζει με τη γενικότερη κοινωνικοοικονομική εξέλιξη. Το δεύτερο σενάριο απόκρισης (R1) είναι το σενάριο κινήτρων και μέτρων για την εξοικονόμηση νερού. Περιλαμβάνει κυρίως τεχνικά μέτρα, αλλά και ρυθμιστικές παρεμβάσεις, επιμορφωτικές πρωτοβουλίες, εκστρατείες ενημέρωσης και παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών. Το σενάριο αυτό εστιάζει στην πλευρά της διαχείρισης της ζήτησης. Τέλος, το τρίτο σενάριο απόκρισης (R2) επικεντρώνεται στην αναδιάρθρωση των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης με τρόπο οικονομικά και υδατικά αποδοτικό. Τα σενάρια αυτά καλύπτουν την περίοδο 2015-2030.

Όσον αφορά το γεωγραφικό εύρος των παρεμβάσεων κάθε σεναρίου, θα πρέπει να σημειωθούν τα εξής: Οι μεγάλοι καταναλωτές νερού είναι εγκατεστημένοι στην κεντρική πεδινή περιοχή μεταξύ Καλαμπάκας, Τρικάλων, Καρδίτσας και Φαρκαδόνας (90,6% της συνολικής ζήτησης). Επίσης, στις πεδινές περιοχές είναι συγκεντρωμένο το συντριπτικό ποσοστό της μη εξυπηρετούμενης ζήτησης (πάνω από 99%), όπως φαίνεται και από την Εικόνα 6.1. Συνεπώς, θεωρείται περισσότερο εύλογο οι δράσεις εξοικονόμησης νερού, και βεβαίως οι συναφείς οικονομικοί πόροι, να επικεντρωθούν σε αυτήν την υποπεριοχή της εξεταζόμενης λεκάνης. Αυτός είναι ένας έμμεσος τρόπος με τον οποίο δηλώνεται ότι οι περιγραφόμενες δράσεις εξοικονόμησης νερού δεν διεισδύουν σε όλη την περιοχή μελέτης, αλλά αφορούν μόνο ένα υποσύνολο της συνολικής ζήτησης. Ωστόσο, ακόμη και στις πεδινές περιοχές, θεωρείται ότι οι δράσεις εξοικονόμησης νερού δεν επιτυγχάνουν 100% διείσδυση σε όλους τους χρήστες, αλλά ένα σαφώς μικρότερο ποσοστό, που διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της δράσης.

Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα μεγέθη της ζήτησης ανά χρήση νερού μόνο στην πεδινή ζώνη της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με το Σενάριο πιέσεων CCP1Env. Ακολούθως, στον Πίνακα 7.2 παρέχονται οι εκμεταλλευόμενες και δυνητικά εκμεταλλεύσιμες γεωργικές εκτάσεις στην πεδινή ζώνη. Τα όποια διαχειριστικά μέτρα ληφθούν, στα πλαίσια των προαναφερθέντων σεναρίων, θα αφορούν μόνο αυτά τα μεγέθη.

Ζήτηση νερού στην πεδινή ζώνη με βάση το Σενάριο πιέσεων CCP1Env (hm^3)		**Ποσοστό επί της συνολικής ζήτησης (%)**
Ύδρευση*	18,14	87,44
Άρδευση	447,62	90,94
Κτηνοτροφία	5,37	73,79
Βιομηχανία	1,38	100,00
Σύνολο	*472,5*	90,58

* Αστική και Τουριστική Χρήση

Πίνακας 7.1: *Ζήτηση νερού στην πεδινή ζώνη της περιοχής μελέτης για το Σενάριο πιέσεων CCP1Env*

Χρήση γης	**Έκταση στην πεδινή ζώνη (km^2)**	**Ποσοστό επί του συνόλου της περιοχής μελέτης (%)**
Αρδευόμενες εκτάσεις	441,4	87,81
Γεωργική γη	540,4	79,56
Γεωργική γη & Αγρανάπαυση	573,9	58,97

Πίνακας 7.2: *Εκμεταλλευόμενη και δυνητικά εκμεταλλεύσιμη γεωργική γη στην πεδινή ζώνη της περιοχής μελέτης*

Στον Πίνακα 7.3 δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των τριών σεναρίων απόκρισης.

Σενάριο απόκρισης	**Δράση για την εξοικονόμηση νερού**	**Περιοχή αναφοράς**	**Χρονικός ορίζοντας**
R0	Μηδενική παρέμβαση *Εγγενής τεχνολογική πρόοδος - Υιοθέτηση καινοτομιών εξαιτίας μεμονωμένων και αποσπασματικών πρωτοβουλιών*	Δήμοι και Διαχειριστικές Λεκάνες της πεδινής ζώνης	2015-2030
R1	Κίνητρα και μέτρα για την εξοικονόμηση νερού *Τεχνικά μέτρα σε συνδυασμό με ρυθμιστικές παρεμβάσεις, επιμορφωτικές πρωτοβουλίες, εκστρατείες ενημέρωσης και παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών*		
R2	Αναδιάρθρωση των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης με τρόπο οικονομικά και υδατικά αποδοτικό		

Πίνακας 7.3: *Βασικά χαρακτηριστικά σεναρίων απόκρισης*

7.2 Σενάριο απόκρισης R0: Σενάριο μηδενικής παρέμβασης

Το Σενάριο απόκρισης R0 είναι ένα σενάριο μηδενικής παρέμβασης (BaU - Business as Usual). Στο σενάριο αυτό τα πράγματα αφήνονται να εξελιχθούν από μόνα τους, ως αποτέλεσμα μεμονωμένων και αποσπασματικών πρωτοβουλιών. Επομένως, ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή μη μιας κεντρικής παρέμβασης για τη μείωση της ζήτησης, η ίδια η τεχνολογική πρόοδος, που συμβαδίζει με την κοινωνικοοικονομική εξέλιξη, αναμένεται να επηρεάσει θετικά την αποδοτικότητα στη χρήση των υδατικών πόρων. Βέβαια, χωρίς την παροχή κινήτρων, ενημέρωσης και επενδύσεων ο ρυθμός υιοθέτησης των τεχνολογικών καινοτομιών από την κοινωνία θα είναι χαμηλότερος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κυριότερο στοιχείο που διαφοροποιεί το Σενάριο απόκρισης R0 από το Σενάριο απόκρισης R1 δεν είναι η φύση των δράσεων για την εξοικονόμηση νερού, αλλά ο βαθμός ενθάρρυνσης των πολιτών στην υιοθέτηση της τεχνολογικής αλλαγής και, επακόλουθα, ο βαθμός διάχυσης της καινοτομίας στην κοινωνία.

Σύμφωνα με Flörke and Alcamo (2004), ιστορικά δεδομένα από την ευρωπαϊκή ήπειρο υποδεικνύουν ότι την περίοδο 2000-2030 είναι εφικτή μια ετήσια εξοικονόμηση νερού της τάξης του 1% στον τομέα της ύδρευσης και της βιομηχανίας και του 0,4%-0,5% στον αγροτικό τομέα. Ειδικά για την Ελλάδα, γίνεται η παραδοχή ότι η τεχνολογική πρόοδος στον αγροτικό τομέα θα είναι 0,4% σε ετήσια βάση. Ελλείψει ξεχωριστής αναφοράς για την κτηνοτροφία, υιοθετείται η παρακάτω προσέγγιση. Η κτηνοτροφία στην περιοχή μελέτης είναι περίπου κατά το 80% σταβλισμένη και κατά το 20% ελεύθερη. Στην ελεύθερη

κτηνοτροφία δύσκολα θα μπορούσε να γίνει κάποιου είδους εξοικονόμηση. Στη σταβλισμένη κτηνοτροφία οι τεχνολογικές καινοτομίες που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν μοιάζουν περισσότερο με αυτές που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στη βιομηχανία και την ύδρευση. Συνεπώς, υιοθετείται αντίστοιχο επίπεδο ετήσιας εξοικονόμησης νερού. Μεσοσταθμικά, η ετήσια εξοικονόμηση νερού στην κτηνοτροφία θα μπορούσε να προσεγγίσει το 0,8%. Για τη δεκαπενταετία 2015-2030 η σωρευτική εξοικονόμηση νερού στην ύδρευση και τη βιομηχανία υπολογίζεται σε 16,1%, στην κτηνοτροφία σε 12,7% και στην άρδευση σε 6,2%.

Ο Πίνακας 7.4 παρουσιάζει την εκτιμώμενη εξοικονόμηση νερού ανά χρήση, καθώς και τη συνολική εξοικονόμηση νερού, για το Σενάριο απόκρισης R0. Στα πλαίσια του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env, η συνολική μη εξυπηρετούμενη ζήτηση υπολογίστηκε ίση με 166,6 hm^3. Άρα, η εξοικονόμηση 31,6 hm^3 αναμένεται αν μειώσει το σχετικό έλλειμμα κατά 19,0%.

Χρήση νερού	Ποσοστό εξοικονόμησης νερού (%)	Εξοικονόμηση νερού (hm^3)
Ύδρευση*	16,1	2,92
Άρδευση	6,2	27,75
Κτηνοτροφία	12,7	0,68
Βιομηχανία	16,1	0,22
Σύνολο	6,7	31,58

* Αστική και Τουριστική Χρήση

Μείωση ελλείμματος Σεναρίου πιέσεων CCP1Env (%)	19,0

Πίνακας 7.4: *Εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R0*

7.3 Σενάριο απόκρισης R1: Σενάριο κινήτρων και μέτρων για την εξοικονόμηση νερού

Το Σενάριο απόκρισης R1 είναι ένα σενάριο παροχής κινήτρων και λήψης μέτρων για την εξοικονόμηση νερού. Περιλαμβάνει τεχνικά μέτρα, για τη βελτίωση της απόδοσης στη χρήση του νερού, καθώς και μη τεχνικά μέτρα, με σκοπό την ενημέρωση και την ευαισθητοποίηση των χρηστών. Το σενάριο αυτό δίνει έμφαση στη διαχείριση της ζήτησης. Ωστόσο, περιλαμβάνει και την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, που αποτελεί μέτρο αύξησης της προσφοράς (Lourmas et al., 2012). Στον Πίνακα 7.5 συγκεντρώνονται οι δράσεις που λαμβάνουν χώρα σε κάθε τομέα της ζήτησης. Επίσης, δίνονται τα εκτιμώμενα ποσοστά μέγιστης εξοικονόμησης, με βάση τη βιβλιογραφική αναζήτηση που έγινε. Ειδικά για τον αγροτικό τομέα, αξιοποιήθηκαν τα συμπεράσματα του προγράμματος i-adapt (Makropoulos and Mimikou, 2012 · Panagopoulos et al., 2012).

Χρήση νερού	**Δράση για την εξοικονόμηση νερού**	**Μέγιστο ποσοστό εξοικονόμησης**	**Μοναδιαίο κόστος δράσης**
Ύδρευση*	Τακτικός έλεγχος και επισκευή σημείων διαρροής στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής νερού	5-7% [1]	
	Πρόγραμμα αντικατάστασης γηρασμένων και φθαρμένων αγωγών	20% [2]	
	Προώθηση συσκευών εξοικονόμησης νερού σε νοικοκυριά και χώρους εργασίας	29-41% [1]	
	Βρύση χαμηλής ροής	15% [1]	
	Βρύση με αισθητήρα κίνησης	70% [1]	
	Τουαλέτα διπλής ροής	32-55% [1]	150 €/τεμάχιο [1]
	Κεφαλές Ντουζ	33-44% [1]	20 €/τεμάχιο [1]
	Πλυντήριο ρούχων	25-33% [1]	600-1000 €/τεμάχιο [1]
	Πλυντήριο πιάτων	30-40% [1]	
	Προώθηση συσκευών εξοικονόμησης νερού σε τουριστικά καταλύματα	10-52% [1]	
	Αύξηση τιμής νερού κατά 11,9% (ανάκτηση 100% υφιστάμενου χρηματοοικονομικού κόστους)	8,3% [3] / 7,1% [5]	
Άρδευση	Πρόγραμμα αντικατάστασης γηρασμένων και φθαρμένων κλειστών αγωγών υπό πίεση	10%-15%	
	Πρόγραμμα καθαρισμού και επένδυσης μη επενδεδυμένων ανοικτών αγωγών	6.2%-30% [4]	
	Πρόγραμμα αντικατάστασης ανοικτών αγωγών με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς	20%-30%	600 €/στρ [2,4]
	Αλλαγή γεωργικών πρακτικών		
	Αντικατάσταση μεθόδων επιφανειακής άρδευσης από καταιονισμό / στάγδην άρδευση	15% / 30%	60 €/στρ [2]/ 150 €/στρ [2]
	Αντικατάσταση άρδευσης με καταιονισμό από στάγδην άρδευση	10%	150 €/στρ [2]
	Γεωργία ακριβείας	20-35% [4]	3 €/στρ [4]
	Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων από ΕΕΛ (Τρίκαλα, Καλαμπάκα, Καρδίτσα)	1,32%-3,15% [4]	0.048-0.467 €/m^3 [4]
	Αύξηση τιμής νερού κατά 50% (ανάκτηση 75% υφιστάμενου χρηματοοικονομικού κόστους)	24% [6]	
Κτηνοτροφία	Παρόμοιες δράσεις με Ύδρευση και Βιομηχανία	-	
Βιομηχανία	Αλλαγή τρόπου επεξεργασίας	20-40% [7]	
	Βελτίωση απόδοσης συστημάτων θέρμανσης και ψύξης	Μεταβλητό [7]	
	Εισαγωγή συστημάτων επεξεργασίας και ανακύκλωσης νερού	50-90% [7]	
	Χρήση βρόχινου νερού	-	

	Προώθηση συσκευών εξοικονόμησης νερού (όμοια με τα νοικοκυριά και τους χώρους εργασίας) Αύξηση τιμής νερού κατά 10%	29-41% [1] 2% [8]	
Όλες οι χρήσεις	Ρυθμιστικές παρεμβάσεις Επιμορφωτικές πρωτοβουλίες, εκστρατείες ενημέρωσης και παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών	Διάχυση επίδρασης στα υπόλοιπα μέτρα	

[1] Dworak et al. (2007), [2] Strosser et al. (2007), [3] Πανάς (2002), [4] Makropoulos and Mimikou (2012), [5] Hadjispirou et al. (2002) κατά Κουντούρη κ.α. (2008), [6] Scheierling et al. (2006) κατά Κουντούρη κ.α. (2008), [7] Envirowise (2005) κατά Dworak et al. (2007), [8] Βαγιωνά και Μυλόπουλος (2005)

* Αστική και Τουριστική Χρήση

Πίνακας 7.5: *Πρόγραμμα μέτρων εξοικονόμησης νερού στα πλαίσια του Σεναρίου απόκρισης R1*

Όσον αφορά τα στοιχεία του Πίνακα 7.5, αξίζει να διευκρινιστεί ότι η ελαστικότητα της ζήτησης σε σχέση με την τιμή του νερού θεωρήθηκε ίση με -0,6 ή -0,7 για το νερό ύδρευσης, -0,48 για το νερό άρδευσης και -0,2 για το νερό βιομηχανικής χρήσης. Επίσης, σύμφωνα με Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011α), το μέσο χρηματοοικονομικό κόστος της παροχής υδρευτικού (πόσιμου-διυλισμένου) νερού στην Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι 1,737 €/m^3, ενώ το μέσο έσοδο των ΔΕΥΑ και των Δήμων ανέρχεται σε 1,553 €/m^3. Η ανάκτηση του 100% του χρηματοοικονομικού κόστους αναμένεται να προκαλέσει αύξηση της τιμής του υδρευτικού νερού κατά 0,204 €/m^3. Αντίστοιχα, το μέσο χρηματοοικονομικό κόστος της παροχής αρδευτικού (μη πόσιμου-αδιύλιστου) νερού στην Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι 0,060 €/m^3, ενώ το μέσο έσοδο των ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ και των Δήμων ανέρχεται σε 0,030 €/m^3. Η ανάκτηση του 75% του χρηματοοικονομικού κόστους αναμένεται να προκαλέσει αύξηση της τιμής του αρδευτικού νερού κατά 0,015 €/m^3.

Με βάση τα αναφερόμενα σε Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011β), σε σχέση με τους μελλοντικούς στόχους της τιμολογιακής πολιτικής και τη σύγκριση του υφιστάμενου καθεστώτος με την τιμολογιακή πολιτική της Κύπρου, οι παραπάνω εκτιμήσεις για την αύξηση στις τιμές του νερού κρίνονται βάσιμες. Να σημειωθεί ότι, βάσει του Άρθρου 5 και του Άρθρου 9 της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ, τα κράτη-μέλη της ΕΕ δεσμεύονται να εξασφαλίσουν επαρκή συμβολή των διαφόρων υπηρεσιών ύδατος, διακρινόμενων τουλάχιστον σε νοικοκυριά, γεωργία και βιομηχανία, στην ανάκτηση του συνολικού κόστους του νερού. Το συνολικό κόστος του νερού συμπεριλαμβάνει, εκτός από το χρηματοοικονομικό κόστος, και το κόστος πόρου και το περιβαλλοντικό κόστος του νερού. Λόγω της φύσης του μελλοντικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου G1, που είναι ένα σενάριο τύπου Economy First, θεωρείται ότι ο αυξημένος βαθμός ανάκτησης του συνολικού κόστους θα επιτευχθεί μέσω του

αυξημένου βαθμού ανάκτησης του χρηματοοικονομικού κόστους σε πρώτη φάση. Σε ένα σενάριο τύπου Economy First το ενδιαφέρον για τα περιβαλλοντικά αγαθά επικεντρώνεται κυρίως στην υλική τους αξία και όχι στην αυτόνομη αξία τους ως κοινωνικά αγαθά.

Ακόμη, όσον αφορά τις εξοικονομήσεις που αναφέρονται στον Πίνακα 7.5, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν μπορούν να εφαρμοστούν απευθείας στην τελική ζήτηση, ούτε και να αθροιστούν. Ο πρώτος λόγος είναι ότι κάθε μέτρο εξοικονόμησης νερού αφορά ένα υποσύνολο της ζήτησης κάθε χρήσης. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι ο βαθμός διείσδυσης κάθε νέας τεχνολογίας στην κοινωνία δεν είναι 100%. Τέλος, ο τρίτος λόγος είναι ότι πολλά μέτρα λειτουργούν συμπληρωματικά το ένα στο άλλο και όχι απλά μεμονωμένα.

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 7.5, γίνεται μια προσεγγιστική εκτίμηση του συνδυαστικού οφέλους όλων των μέτρων στη ζήτηση. Για την ύδρευση (αστική και τουριστική χρήση) και την άρδευση αυτή εκτιμάται σε 30-35%, για την κτηνοτροφία 25-30% (εξοικονόμηση μόνο στο μόνο στο τμήμα της σταβλισμένης κτηνοτροφίας) και στη βιομηχανία 35-45%. Οι εκτιμήσεις αυτές είναι συμβατές με τα αναφερόμενα σε Dworak et al. (2007) και EEA (2012) για τις δυνατότητες εξοικονόμησης νερού στην ΕΕ.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.6, οι παραπάνω ποσοστιαίες εξοικονομήσεις νερού ανά χρήση μπορούν να μειώσουν τη συνολική ζήτηση νερού στην πεδινή ζώνη κατά 30-35% ή αντίστοιχα κατά 141-165 hm^3. Η πρόσθετη εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R1, σε σχέση με το Σενάριο απόκρισης R0, εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 110-134 hm^3. Στα πλαίσια του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env, η συνολική μη εξυπηρετούμενη ζήτηση υπολογίστηκε ίση με 166,6 hm^3. Άρα, η εξοικονόμηση 141-165 hm^3 στο Σενάριο απόκρισης R1 θα μπορούσε να μειώσει το σχετικό έλλειμμα κατά 85,0-99,2%.

Χρήση νερού	**Ποσοστό εξοικονόμησης νερού (%)**	**Εξοικονόμηση νερού (hm^3)**	**Επιπρόσθετη εξοικονόμηση σε σχέση με το Σενάριο R0 (hm^3)**
Ύδρευση*	30-35	5,44 - 6,35	2,52 - 3,43
Άρδευση	30-35	134,29 - 156,67	106,73 - 129,11
Κτηνοτροφία	25-30	1,34 - 1,61	0,64 - 0,91
Βιομηχανία	35-45	0,48 - 0,62	0,26 - 0,40
Σύνολο	30-35	141,55 - 165,25	110,15 - 133,85

* Αστική και Τουριστική Χρήση

Μείωση ελλείμματος Σεναρίου πιέσεων CCP1 Env (%)	85,0 - 99,2

Πίνακας 7.6: *Εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R1*

7.4 Σενάριο απόκρισης R2: Σενάριο απόκρισης R0 με ενσωμάτωση αναδιάρθρωσης καλλιεργειών

Το Σενάριο απόκρισης R2 υιοθετεί τις παραδοχές του Σεναρίου απόκρισης R0 και, επιπλέον, ενσωματώνει την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης. Επομένως, στα πλαίσια του Σεναρίου απόκρισης R2, αφενός οι διάφορες χρήσεις επιτυγχάνουν περιορισμένου εύρους εξοικονομήσεις νερού, εξαιτίας της εγγενούς τεχνολογικής προόδου, και, αφετέρου, στον τομέα της άρδευσης επιχειρείται περαιτέρω εξοικονόμηση μέσω της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών. Η αναδιάρθρωση προωθείται με κριτήρια την υδατική και οικονομική αποδοτικότητα των καλλιεργειών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η προτεινόμενη αναδιάρθρωση των υφιστάμενων καλλιεργειών παρουσιάστηκε και συζητήθηκε και με εμπλεκόμενους φορείς στα πλαίσια ημερίδας που διοργανώθηκε στη Θεσσαλία για το ευρωπαϊκό πρόγραμμα i-adapt (Kossida et al., 2012).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.7, το συνολικό ποσοστό εξοικονόμησης νερού στο Σενάριο απόκρισης R0 είναι 6,7%. Αυτό αντιστοιχεί σε μια ποσότητα νερού ίση με 31,6 hm^3. Αν ληφθούν υπόψη οι εκτιμώμενες εξοικονομήσεις του Σεναρίου απόκρισης R0, τότε η νέα ζήτηση για άρδευση στην πεδινή ζώνη γίνεται 419,9 hm^3. Μέσω της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών, θα επιδιωχθεί η περαιτέρω μείωση αυτής της ποσότητας, ώστε το έλλειμμα κάλυψης της ζήτησης του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env να εξαλειφθεί.

Χρήση νερού	Ζήτηση νερού στην πεδινή ζώνη με βάση το Σενάριο πιέσεων CCP1Env (hm^3)	Ποσοστό εξοικονόμησης νερού για το Σενάριο R0 (%)	Εξοικονόμηση νερού (hm^3)	Νέα ζήτηση στην πεδινή ζώνη για το Σενάριο R0 (hm^3)
Ύδρευση*	18,14	16,1%	2,92	15,22
Άρδευση	447,62	6,2%	27,75	419,86
Κτηνοτροφία	5,37	12,7%	0,68	4,68
Βιομηχανία	1,38	16,1%	0,22	1,16
Σύνολο	472,50	6,7%	31,58	440,93

* Αστική και Τουριστική Χρήση

Πίνακας 7.7: *Εξοικονόμηση νερού στο Σενάριο απόκρισης R0*

Ο ορισμός του στόχου εξοικονόμησης νερού στο Σενάριο απόκρισης R2 δίνεται στον Πίνακα 7.8. Το έλλειμμα κάλυψης της ζήτησης του Σεναρίου πιέσεων CCP1Env ήταν 166,6 hm^3. Εξαιτίας της εξοικονόμησης των 31,6 hm^3 στο Σενάριο απόκρισης R0, το παραπάνω έλλειμμα μειώνεται σε 135,0 hm^3. Η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών θα πρέπει να συνεισφέρει τουλάχιστον αυτήν την ποσότητα (135,0 hm^3). Αν η ζήτηση για άρδευση στην πεδινή ζώνη (419,9 hm^3) μειωθεί κατά 135,0 hm^3, τότε θα φτάσει την τιμή-στόχο 284,9 hm^3.

Αυτό αποτελεί μια επιπρόσθετη μείωση της ζήτησης κατά 32,2%, σε σχέση με το Σενάριο απόκρισης R0. Η μείωση της ζήτησης για άρδευση στα 284,9 hm^3 θα επιχειρηθεί μέσω αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών.

Σενάριο πιέσεων CCP1Env: Έλλειμμα κάλυψης της ζήτησης (hm^3)	166,56
Σενάριο απόκρισης R0: Νέο Έλλειμμα κάλυψης της ζήτησης (hm^3)	134,98
Σενάριο απόκρισης R0: Ζήτηση για άρδευση στην πεδινή ζώνη (hm^3)	419,86

Σενάριο απόκρισης R2: Τιμή-στόχος της ζήτησης για άρδευση (hm^3)	284,89
Σενάριο απόκρισης R2: Στόχος μείωσης της ζήτησης για άρδευση (%)	32,15

Πίνακας 7.8: *Ορισμός στόχου εξοικονόμησης νερού στο Σενάριο απόκρισης R2*

Λόγω της φύσης του μελλοντικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου G1, που είναι ένα σενάριο τύπου Economy First, δίνεται έμφαση σε καλλιέργειες με ανταγωνιστικό χαρακτήρα, διεθνώς εξαγώγιμες, με μεγάλη προστιθέμενη αξία αν υποστούν μεταποίηση και εμπορική διείσδυση σχετικά αυτόνομη από το καθεστώς κοινοτικής στήριξης (στήριξη της τιμής ή στήριξη της αγοράς). Αρχικά, δημιουργήθηκαν τρεις κατηγορίες καλλιεργειών. Οι παραδοσιακές-υφιστάμενες καλλιέργειες στην περιοχή μελέτης, οι κλασικές ελληνικές-μη καλλιεργούμενες στην περιοχή μελέτης και οι νέες-εναλλακτικές καλλιέργειες. Κάθε κατηγορία περιελάμβανε διαφόρων ειδών καλλιέργειες, όπως φρούτα, λαχανικά, δημητριακά, όσπρια, καρποί/σπόροι, βιομηχανικά-ενεργειακά φυτά, κτηνοτροφικά φυτά, αρωματικά-φαρμακευτικά φυτά και υπερτροφές. Το επιχειρησιακό σχέδιο της Περιφέρειας Θεσσαλίας “Καλάθι Προϊόντων Περιφέρειας Θεσσαλίας” (Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011β), η μελέτη “Greece 10 Years Ahead: Defining Greece’s new growth model and strategy” (McKinsey & Company, 2012), η έκθεση “Αυτάρκεια αγροτικών διατροφικών προϊόντων” (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2012), η Εγκύκλιος 49680/2012 του ΟΠΕΚΕΠΕ "Εγκύκλιος - Εγχειρίδιο διαδικασιών ολοκληρωμένου συστήματος 2012 σχετικά με την εφαρμογή του καθεστώτος της ενιαίας ενίσχυσης και λοιπών καθεστώτων & μέτρων στήριξης στα πλαίσια των καν. (ΕΚ) 73/2009 & 1405/06" (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2012) και το πληροφοριακό υλικό που είναι δημοσιευμένο στους ιστότοπους του ΥΠΑΑΤ και της ΠΑΣΕΓΕΣ αποτέλεσαν τις κυριότερες πηγές, ώστε να προεπιλεχθούν 31 καλλιέργειες, για τις οποίες εξετάστηκε η οικονομική τους απόδοση.

Μια σημαντική παράμετρος που καθορίζει το βαθμό αποδοχής μιας καλλιέργειας από τους αγρότες είναι το εισόδημα που τους εξασφαλίζει. Αν το εισόδημα είναι υψηλότερο συγκριτικά με άλλες, τότε υπάρχει σημαντικό κίνητρο, ώστε να πεισθούν να στραφούν σε αυτήν. Συνεπώς, το οικονομικό κριτήριο με το οποίο εξετάστηκαν οι διάφορες καλλιέργειες είναι το μικτό γεωργικό εισόδημα. Βέβαια, ασφαλέστερο κριτήριο θα ήταν το καθαρό γεωργικό εισόδημα, αν αφαιρεθούν οι επενδύσεις και οι ετήσιες γεωργικές δαπάνες. Ωστόσο, δεν κατέστη δυνατόν να εντοπιστούν αξιόπιστα και ομοιογενή στοιχεία για το

σύνολο των καλλιεργειών. Ορισμένα άλλα οικονομικά κριτήρια, που θα μπορούσαν να υπεισέλθουν στην ανάλυση, είναι ο αριθμός των απασχολούμενων ατόμων ανά είδος καλλιέργειας, η προστιθέμενη αξία ενός προϊόντος μετά από επεξεργασία και τυποποίηση, το μέγεθος των εισαγωγών και των εξαγωγών και το περιθώριο διείσδυσης σε ξένες αγορές. Το μικτό γεωργικό εισόδημα ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης προσδιορίσθηκε με βάση τρία στοιχεία. Την παραγωγικότητα της καλλιέργειας ανά μονάδα έκτασης, την τιμή παραγωγού ανά μονάδα ακατέργαστου ή ελαφρώς κατεργασμένου (πχ. ξήρανση) γεωργικού προϊόντος και τα μέτρα ειδικής οικονομικής ενίσχυσης (πχ. βαμβάκι) ή ειδικής οικονομικής στήριξης (πχ. ελαιόλαδο, σκληρό σιτάρι) από την ΕΕ. Δεν συνυπολογίστηκε η ενιαία οικονομική ενίσχυση της ΕΕ, καθώς είναι αβέβαιο αν θα συνεχίσει να καταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο στα πλαίσια της νέας ΚΑΠ ή και των επόμενων αναθεωρήσεών της κατά την περίοδο 2015-2030. Σε περίπτωση πλήρους άρσης των προστατευτικών μέτρων των αγορών και πλήρους αποδέσμευσης των ενισχύσεων, η κάθε καλλιέργεια θα πρέπει να μπορεί να επιβιώσει σε καθεστώς ελεύθερης αγοράς (European Commission, 2011a · European Commission, 2011b).

Στον Πίνακα 7.9 παρατίθενται τα στοιχεία οικονομικής απόδοσης των 31 καλλιεργειών που επιλέχθηκαν. Η ταξινόμηση γίνεται ξεκινώντας από την πιο αποδοτική καλλιέργεια και καταλήγοντας στη λιγότερο αποδοτική, όσον αφορά το μικτό γεωργικό εισόδημα. Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 7.9, αρχικώς απορρίφθηκαν τα όσπρια (ρεβύθι και φακή), γιατί η οικονομική τους αποδοτικότητα είναι ίση ή κατώτερη των υφιστάμενων καλλιεργειών. Επιπλέον, τα ακρόδρυα (καστανιά, αμυγδαλιά και καρυδιά) και το ιπποφαές αποφασίστηκε να μην εισαχθούν στην πεδινή ζώνη, που περιλαμβάνει γη υψηλής παραγωγικότητας. Αυτά τα φυτά συναντώνται, συνήθως, στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές και δεν έχουν υψηλές εδαφολογικές απαιτήσεις για να είναι παραγωγικά. Συνεπώς, θα μπορούσε να προωθηθεί η καλλιέργειά τους στις περιφερειακές ημιορεινές και ορεινές λεκάνες, οι οποίες, επιπρόσθετα, δεν αντιμετωπίζουν σοβαρά ελλείμματα νερού (βλέπε Σχήμα 6.1). Η ανάπτυξη αυτών των καλλιεργειών θα μπορούσε να βελτιώσει το εισόδημα των κατοίκων αυτών των περιοχών, καθώς η οικονομική τους απόδοση είναι από ικανοποιητική έως πολύ υψηλή.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες καλλιέργειες, αναζητήθηκαν στοιχεία για τις υδατικές τους ανάγκες. Αρχικά, προσδιορίσθηκε ο φυτικός συντελεστής κάθε καλλιέργειας, με βάση βιβλιογραφικές αναφορές. Οι φυτικοί συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν είναι διαθέσιμοι στον Πίνακα Δ-2 του Παραρτήματος Δ. Ακολουθώντας αντίστοιχη διαδικασία με αυτήν που περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6, υπολογίστηκε η μέση δυνητική εξατμοδιαπνοή κάθε καλλιέργειας για την περίοδο 2015-2030 (βλέπε παράγραφο 4.4). Αφαιρώντας την αντίστοιχη ωφέλιμη βροχόπτωση, που αναφέρεται στο σταθμό των Τρικάλων, υπολογίστηκε η αρδευτική ανάγκη για κάθε καλλιέργεια. Οι τιμές που προέκυψαν παρέχονται στον Πίνακα 7.10. Η ταξινόμηση γίνεται ξεκινώντας από την μικρότερη αρδευτική ανάγκη και καταλήγοντας στην υψηλότερη.

Καλλιέργεια	Παραγωγικότητα (t/στρ)	Τιμή παραγωγού (€/t)	Ειδική ενίσχυση/στήριξη από ΕΕ (€/στρ)	Μικτό γεωργικό εισόδημα (€/στρ)
Αλόη Βέρα	5,250 [13]	-		3000,00 [14]
Τομάτα	4,946 [2]	558,23 [1]		2760,91
Ροδιά	2,150 [6]	1000,00 [7]		2150,00
Ιπποφαές	1,250 [11]	-		2000,00 [12]
Κουνουπίδι & Μπρόκολο	1,874 [2]	842,00 [1]		1577,83
Αγγινάρα	1,089 [2]	1395,44 [3]		1519,92
Μηλιά	1,969 [2]	598,41 [1]		1178,56
Πατάτα	2,243 [2]	462,84 [1]		1038,16
Σταφύλι (επιτραπέζιο)	1,478 [1]	699,23 [1]		1033,24
Σπαράγγι	0,442 [2]	2265,52 [1]		1001,24
Βερικοκιά	1,310 [2]	679,43 [1]		890,04
Ακτινίδιο	1,633 [2]	525,04 [3]		857,37
Πεπόνι	2,125 [1]	391,43 [1]		831,79
Καρπούζι	4,375 [2]	184,20 [1]		805,89
Στέβια (ξηρά φύλλα)	0,400 [9,10]	2000,00 [10]		800,00
Ροδακινιά	1,885 [2]	370,89 [1]		698,95
Καρυδιά	0,210 [2]	2971,99 [1]		623,67
Αμυγδαλιά	0,260 [2]	2100,29 [1]		546,95
Ελιά (ελαιόλαδο)	0,242 [1]	1815,33 [1]	30 [4]	469,44
Καστανιά	0,180 [2]	1832,73 [1]		330,38
Σταφύλι (κρασί)	0,859 [1]	375,86 [1]		322,91
Ελιά (επιτραπέζιες)	0,138 [1]	1840,96 [1]	30 [4]	283,78
Μηδική (βιολογική)	1,245 [8]	200,00 [8]		249,00
Μηδική (συμβατική)	1,366 [8]	170,00 [8]		232,22
Βαμβάκι (σύσπορο)	0,279 [5]	474,04 [1]	80,76 [4]	212,80
Αραβόσιτος	1,037 [2]	185,96 [1]		192,87
Ρεβύθι	0,118 [2]	1634,37 [1]		192,42
Φακή	0,118 [2]	1535,27 [1]		181,69
Ζαχαρότευτλο	6,110 [2]	27,469 [1]		167,84
Σιτάρι (σκληρό)	0,261 [2]	186,11 [1]	9 [4]	57,56
Σιτάρι (μαλακό)	0,261 [2]	181,09 [1]		47,24

[1] Eurostat (2012) (μέση τιμή 2005-2011), [2] FAOstat (2012) (μέση τιμή 2005-2010), [3] FAOstat (2012) (μέση τιμή 2005-2009), [4] ΟΠΕΚΕΠΕ (2012), [5] Σκούρτος κ.α. (2011) (μέση τιμή 1990-2009), [6] Δρογούδη κ.α. (2007), [7] Τζουραμάνη κ.α. (2008α), [8] Τζουραμάνη κ.α. (2008β), [9] ΥΠΑΑΤ (2011α), [10] Νάνος (2011), [11] ΥΠΑΑΤ (2011β), [12] Ιγνατιάδης (2010), [13] ΥΠΑΑΤ (2011γ), [14] Aloe Vera-Hellas (2012)

Πίνακας 7.9: *Οικονομική απόδοση καλλιεργειών που επιλέχθηκαν*

Καλλιέργεια	Πρωτογενής αρδευτική ανάγκη (mm ή m^3/στρέμμα)
Κουνουπίδι & Μπρόκολο	94,8
Αλόη Βέρα	134,8
Ροδιά	407,5
Σπαράγγι	463,8
Πατάτα	605,4
Καρπούζι	617,3
Πεπόνι	644,7
Βαμβάκι	661,2
Στέβια	693,3
Ζαχαρότευτλο	737,3
Τομάτα	747,2
Αραβόσιτος	758,9
Αγκινάρα	865,2
Βερικοκιά/Ροδακινιά	871,3
Μηλιά	922,5
Ακτινίδιο	932,3
Μηδική	978,1
Αμυγδαλιά	986,2
Καρυδιά	1115,0
Σιτάρι*	359,0
Ελιά*	497,6
Αμπέλι *	637,4

* Η τιμή είναι ενδεικτική, επειδή οι καλλιέργειες αυτές συνήθως είναι ξηρικές και αρδεύονται ελάχιστα

Πίνακας 7.10: *Αρδευτική ανάγκη καλλιεργειών που επιλέχθηκαν*

Οι γεωργικές εκτάσεις που συναντώνται εντός της πεδινής ζώνης διακρίνονται σε αρδευόμενες και μη αρδευόμενες. Κατά βάση, αρδευόμενες είναι οι εκτάσεις που καλλιεργούνται με βαμβάκι, αραβόσιτο, μηδική, ζαχαρότευτλα και οπωροφόρα δέντρα. Η επιφάνεια αυτή καταλαμβάνει έκταση 441,4 km^2. Η υπόλοιπη γεωργική έκταση περιλαμβάνει χειμερινό σιτάρι και ελαιόδεντρα, τα οποία αρδεύονται ελάχιστα και, επομένως, αντιμετωπίζονται σαν ξηρικές καλλιέργειες. Η έκταση αυτή είναι 99 km^2. Η γη σε αγρανάπαυση ανέρχεται σε 33,5 km^2.

Στα πλαίσια της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών υιοθετείται η εξής προσέγγιση. Οι μη αρδευόμενες εκτάσεις και η γη σε αγρανάπαυση παραμένουν τουλάχιστον στα ίδια επίπεδα με το Σενάριο πιέσεων CCP1Env και ενδεχομένως αυξάνονται με την προσθήκη αρδευόμενων εκτάσεων που εγκαταλείπονται. Στις περιοχές αυτές καλλιεργούνται ως ξηρικά χειμερινό σιτάρι, ελαιόδεντρα και αμπέλια. Επίσης, μπορούν να προστεθούν αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά (πχ. ρίγανη, θυμάρι, λεβάντα). Τα αρωματικά και φαρμακευτικά θα μπορούσαν επίσης να εμπλουτίσουν τις καλλιέργειες των ημιορεινών και ορεινών περιοχών (πχ. τσάι του βουνού, μέντα).

Οι αρδευόμενες εκτάσεις της πεδινής ζώνης επιδιώκεται να αξιοποιηθούν στο σύνολό τους. Ωστόσο, αν είναι απαραίτητο για τη μείωση του ελλείμματος, θα μπορούσαν να μειωθούν σε κάποιο ποσοστό. Οι καλλιέργειες των αρδευόμενων εκτάσεων της πεδινής ζώνης πρόκειται να αναδιαρθρωθούν με τη χρήση γραμμικής βελτιστοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη το μικτό γεωργικό εισόδημα που αποδίδουν και την αρδευτική ανάγκη που έχουν.

7.4.1 Αναδιάρθρωση καλλιεργειών αρδευόμενων εκτάσεων πεδινής ζώνης

Η αρδευόμενες εκτάσεις της πεδινής ζώνης ανέρχονται σε 441,4 km^2. Στην υφιστάμενη κατάσταση καταλαμβάνονται από βαμβάκι, αραβόσιτο, μηδική, ζαχαρότευτλα και ελάχιστα οπωροφόρα δέντρα. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 7.9, η οικονομική τους απόδοση, χωρίς την άμεση κοινοτική ενίσχυση, είναι κατώτερη των υπόλοιπων καλλιεργειών που εξετάζονται. Κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης είναι πολύ πιθανόν οι καλλιέργειες αυτές να τεθούν εκτός συναγωνισμού και να αποκλειστούν από τον αλγόριθμο. Λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες, όπως η παράδοση, η γνώση των καλλιεργειών από τους αγρότες και η ύπαρξη εξειδικευμένου μηχανολογικού εξοπλισμού, αποφασίζεται να τεθεί ένα πλαφόν ως προς τη μείωση που μπορούν να υποστούν οι υφιστάμενες καλλιέργειες.

Για το βαμβάκι θεωρείται δυνατή μια μέγιστη μείωση 25%, καθώς, σύμφωνα με McKinsey & Company (2012), αποτελεί μια από τις εξαγωγικές μηχανές τις χώρας. Μάλιστα, το καθεστώς ειδικής ενίσχυσης του βαμβακιού δεν πρόκειται να διαταραχθεί ούτε μετά την νέα αναθεώρηση της ΚΑΠ το 2013 (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2012). Για τον αραβόσιτο και τη μηδική η μέγιστη μείωση θεωρείται ίση με 80% και 60% αντίστοιχα. Οι δύο αυτές καλλιέργειες μπορούν να επαναπροσανατολιστούν προς την παραγωγή ζωοτροφών (ΥΠΑΑΤ, 2010). Επίσης, ο αραβόσιτος θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ενεργειακά για την παραγωγή βιοκαυσίμων (20-20-20 Committee/CRES, 2010). Να σημειωθεί ότι ο αραβόσιτος θεωρείται έντονα μη ανταγωνιστικό προϊόν με μεγάλο εμπορικό έλλειμμα (McKinsey & Company, 2012). Η μείωση για τη μηδική θεωρείται μικρότερη, καθώς συναξιολογούνται η μακροχρόνια σταθερότητα τιμών που παρουσιάζει, οι περιορισμένες καλλιεργητικές φροντίδες που έχει και οι πολλές σοδιές μέσα στο έτος που αποδίδει. Επιπλέον, για τη μηδική γίνεται η παραδοχή ότι μετατρέπεται σε βιολογική καλλιέργεια, η οποία αποδίδει υψηλότερο εισόδημα σε σχέση με τη συμβατική (Τζουραμάνη κ.α., 2008β). Τέλος, όσον αφορά τα ζαχαρότευτλα, το μέγιστο ποσοστό μείωσης θεωρείται ίσο με 100%. Σε αυτήν την απόφαση βαραίνει η πολιτική της ΕΕ, που κινείται προς την πλήρη άρση των προστατευτικών μέτρων στο ζαχαρικό τομέα. Άλλωστε, ήδη από την αναθεώρηση της ΚΑΠ το 2006, υπήρξε δραστική μείωση των κατώτατων εγγυημένων τιμών (ΥΠΑΑΤ, 2010). Εναλλακτικά προς τα ζαχαρότευτλα θα μπορούσε να καλλιεργηθεί η στέβια, από την οποία παράγεται η στεβιοζάχαρη.

Οι νέες καλλιέργειες που εξετάζεται να εισαχθούν ανήκουν στα κηπευτικά (πατάτα, τομάτα, μπρόκολο-κουνουπίδι, αγκινάρα, σπαράγγι), τα μποστανικά (καρπούζι, πεπόνι), τα

οπωροφόρα (μηλιά, βερικοκιά, ροδακινιά, ροδιά) και τις εναλλακτικές καλλιέργειες (ακτινίδιο, στέβια, αλόη βέρα). Ωστόσο, κατά τη βελτιστοποίηση υπήρχε η πιθανότητα τα περισσότερα από αυτά να αποκλειστούν και να επιβληθούν σε όλη την έκταση ένα ή δύο, που είναι τα πιο αποδοτικά τόσο οικονομικά όσο και υδατικά. Αν και η επιλογή αυτή ενδεχομένως οδηγεί σε μαθηματικά βέλτιστες λύσεις, στην πραγματικότητα τα φαινόμενα μονοκαλλιέργειας απέχουν πολύ από τη βέλτιστη κατάσταση. Καταρχήν, με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται δραστικά η βιοποικιλότητα και επηρεάζονται τα οικοσυστήματα της περιοχής μελέτης. Η μονοκαλλιέργεια βρίσκεται σε αντίθεση με τις στοχεύσεις της ΚΑΠ για διατήρηση ή και αύξηση της βιοποικιλότητας. Επίσης, σε περίπτωση κάποιας φυτικής ασθένειας ή προσβολής από κάποιο έντομο ή απότομης μεταβολής της εμπορικής τιμής του γεωργικού προϊόντος, το γεωργικό εισόδημα σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης θα ήταν εξαιρετικά ευάλωτο. Επιπλέον, θεωρείται σχετικά δύσκολο όλοι οι αγρότες μιας περιοχής να κινηθούν με ομοιογενή κριτήρια προς τη μία ή την άλλη καλλιέργεια. Η απόφασή τους μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες, όπως το μέγεθος του κλήρου, το αναγκαίο κεφάλαιο εκκίνησης, οι ετήσιες καλλιεργητικές δαπάνες, ο υφιστάμενος γεωργικός εξοπλισμός, το υφιστάμενο σύστημα άρδευσης, η γνώση και η εκπαίδευση σε σχέση με μια καλλιέργεια, η μεταβλητότητα των τιμών του γεωργικού προϊόντος. Για όλους τους παραπάνω λόγους, αποφασίστηκε η επιβολή ενός ανώτατου πλαφόν ύψους 5%, ως προς το μέγιστο ποσοστό διείσδυσης μια καλλιέργειας.

Οι παραπάνω κατευθύνσεις, όσον αφορά την αναδιάρθρωση των υφιστάμενων καλλιεργειών και την εισαγωγή νέων, τέθηκαν υπόψη των εμπλεκόμενων μερών στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα i-adapt και συζητήθηκαν στα πλαίσια σχετικών ημερίδων (Kossida et al., 2012). Σε αυτές συμμετείχαν και αγρότες της Θεσσαλίας. Συνεπώς, οι προτεινόμενες καλλιέργειες και οι αναφερόμενες παρεμβάσεις έχουν αξιολογηθεί ως εύλογες.

Στα πλαίσια της βελτιστοποίησης, ως μεταβλητές ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν οι εκτάσεις των καλλιεργειών. Πολλαπλασιάζοντας αυτές με το μοναδιαίο μικτό γεωργικό εισόδημα (βλέπε Πίνακα 7.9) ή τη μοναδιαία αρδευτική ανάγκη (βλέπε Πίνακα 7.10) υπολογίστηκαν αντίστοιχα το μικτό γεωργικό εισόδημα και οι αρδευτικές ανάγκες για όλη την περιοχή μελέτης. Χρησιμοποιώντας ως βάση αναφοράς την αρδευτική ανάγκη και το μικτό γεωργικό εισόδημα, που προκύπτουν χωρίς αναδιάρθρωση των καλλιεργειών (Σενάριο απόκρισης R0), υπολογίστηκαν δύο νέες μεταβλητές. Η εξοικονόμηση νερού και η αύξηση του μικτού γεωργικού εισοδήματος. Οι δύο αυτές μεταβλητές κανονικοποιήθηκαν και, στη συνέχεια, αθροίστηκαν σε ενιαία μαθηματική έκφραση με τη χρήση βαρών, ώστε να προκύψει η στοχική συνάρτηση. Η στοχική συνάρτηση μεγιστοποιήθηκε, με περιορισμούς τη μη υπέρβαση της συνολικής αρδευόμενης έκτασης και την εφαρμογή των πλαφόν μείωσης των υφιστάμενων καλλιεργειών και του πλαφόν διείσδυσης των νέων.

Όλες οι παραδοχές που γίνονται, σε σχέση με τις υφιστάμενες και τις νέες καλλιέργειες, παρέχονται στον Πίνακα 7.11.

Κατευθύνσεις και παραδοχές αναδιάρθρωσης καλλιεργειών			
Υφιστάμενες		Νέες	
Βαμβάκι	Πλαφόν μείωσης: 25%	*Πατάτα*	Πλαφόν διείσδυσης 5%
Αραβόσιτος	Πλαφόν μείωσης: 80%	*Τομάτα*	
Μηδική	Πλαφόν μείωσης: 60% / Μετατροπή σε βιολογική	*Κουνουπίδι & Μπρόκολο*	
Ζαχαρότευτλο	Πλαφόν μείωσης: 100%	*Αγκινάρα*	
		Σπαράγγι	
		Καρπούζι	
		Πεπόνι	
		Μηλιά	
		Βερικοκιά	
		Ροδακινιά	
		Ροδιά	
		Ακτινίδιο	
		Στέβια	
		Αλόη Βέρα	

Πίνακας 7.11: *Κατευθύνσεις αναδιάρθρωσης καλλιεργειών στο Σενάριο απόκρισης R2*

Η διατύπωση του προβλήματος βελτιστοποίησης είναι η εξής:

max $$f = w_1\, WaterSaving + w_2\, GrossIncomeIncrease$$

s.t. $$\sum X_i \leq X_{irrig}$$

$$X_{cotton} \geq 0{,}75\, X_{cotton(initial)}$$

$$X_{corn} \geq 0{,}20\, X_{corn(initial)}$$

$$X_{alfalfa} \geq 0{,}40\, X_{alfalfa(initial)}$$

$$X_{sugarbeet} \geq 0$$

$$X_{new} \leq 0{,}05\, X_{irrig}$$

όπου WaterSaving είναι η εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται, GrossIncomeIncrease η αύξηση του μικτού γεωργικού εισοδήματος, w_i τα βάρη στάθμισης των δύο μεταβλητών και X_i η έκταση κάθε καλλιέργειας στην αρδευόμενη περιοχή της πεδινής ζώνης.

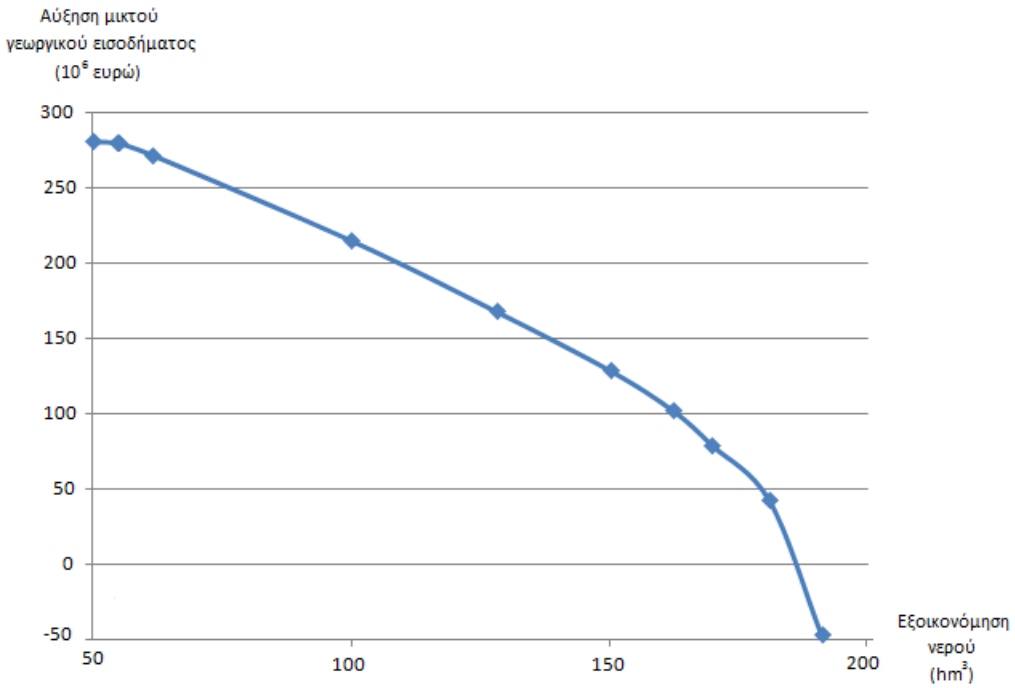
Οι μεταβλητές WaterSaving και GrossIncomeIncrease υπολογίζονται με βάση τις σχέσεις:

$$WaterSaving = \frac{IrrigationNeed_{R0} - IrrigationNeed_{opt}}{IrrigationNeed_{R0}} \quad (7.1)$$

$$GrossIncomeIncrease = \frac{GrossIncome_{opt} - GrossIncome_{R0}}{GrossIncome_{R0}} \quad (7.2)$$

όπου IrrigationNeed η αρδευτική ανάγκη και GrossIncome το μικτό γεωργικό εισόδημα. Με δείκτη R0 σημειώνεται η τιμή που υπολογίζεται στο Σενάριο απόκρισης R0, χωρίς αναδιάρθρωση των καλλιεργειών, και με δείκτη opt η τρέχουσα τιμή της βελτιστοποίησης.

Η στοχική συνάρτηση, που δημιουργήθηκε με τη χρήση βαρών, είναι ουσιαστικά μια συνάρτηση χρησιμότητας με την οποία αποτιμάται ο εφικτός χώρος. Δίνοντας διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών στα βάρη w_i, μπορούν να υπολογιστούν οι βέλτιστες λύσεις κάθε συνδυασμού. Ο γεωμετρικός τόπος των βέλτιστων λύσεων που προκύπτουν, με βάση τη συνάρτηση χρησιμότητας, δίνεται στο Σχήμα 7.1.



Σχήμα 7.1: *Βέλτιστες λύσεις για εξοικονόμηση νερού και αύξηση μικτού γεωργικού εισοδήματος σύμφωνα με τη μέθοδο απόδοσης βαρών στα κριτήρια αποτίμησης*

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η παραπάνω καμπύλη δεν αντιπροσωπεύει απαραίτητα τις ολικά βέλτιστες λύσεις κατά Pareto για την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών στην πεδινή ζώνη για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι οι παραπάνω βέλτιστες λύσεις εξήχθησαν ύστερα

από τη μετατροπή του πολυκριτηριακού προβλήματος σε μονοκριτηριακό με τη μέθοδο των βαρών. Επομένως, οι παραπάνω λύσεις είναι στενά συνδεδεμένες με τη μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας. Αν η συνάρτηση χρησιμότητας είχε διαφορετική μορφή, οι βέλτιστες λύσεις που θα προέκυπταν να ήταν ενδεχομένως διαφορετικές. Επιπλέον, η μέθοδος των βαρών έχει αδυναμία στο να εντοπίσει τις μη κυρτές περιοχές του μετώπου Pareto. Συνεπώς, οι μεμονωμένες λύσεις που εντοπίστηκαν είναι βέλτιστες κατά Pareto, αλλά η συνολική καμπύλη που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.1 όχι.

Ο δεύτερος, και κυριότερος λόγος, είναι ότι οι λύσεις που προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση είναι τελικώς στενά συνδεδεμένες με τους περιορισμούς που τέθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος ελαχιστοποιεί τις εκτάσεις των υφιστάμενων καλλιεργειών, με αποτέλεσμα αυτές να προκύπτουν ίσες με τα κατώτατο πλαφόν που τους αντιστοιχεί. Επίσης, οι εκτάσεις των νέων καλλιεργειών μεγιστοποιούνται και γίνονται ίσες με το ανώτατο πλαφόν που τέθηκε. Πρώτα, μεγιστοποιείται η έκταση της αλόης, η οποία είναι η πιο αποδοτική οικονομικά και υδατικά, και στη συνέχεια ακολουθούν οι υπόλοιπες καλλιέργειες κατά σειρά αποδοτικότητας. Συνεπώς, η καμπύλη του Σχήματος 7.1 αναφέρεται αποκλειστικά στα πλαφόν που έχουν οριστεί για την ανώτατη και την κατώτατη έκταση των καλλιεργειών. Αν τα πλαφόν αυτά τροποποιηθούν, τότε η καμπύλη αυτή θα είναι μετατοπισμένη ως προς τους δύο άξονες αναφοράς.

Από τη βελτιστοποίηση προκύπτει ότι η μείωση της αρδευτικής ζήτησης στα 284,9 hm^3 είναι επιτεύξιμη, αν υπάρξει ένας συνδυασμός παραγόντων. Κατ' αρχήν, αν η αρδευόμενη έκταση μειωθεί κατά 19,7%. Δηλαδή, αν από το 81,7% της γεωργικής έκτασης η αρδευόμενη περιοχή περιοριστεί στο 65,6%. Οι εκτάσεις που αποδεσμεύονται μπορούν να φιλοξενήσουν ξηρικές καλλιέργειες, όπως σιτάρι, ελαιόδεντρα, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Δεύτερον, αν οι υφιστάμενες καλλιέργειες περιοριστούν στα κατώτατα δυνατά επίπεδα, προσεγγίζοντας το πλαφόν μείωσης που έχει οριστεί για αυτές. Μετά την αναδιάρθρωση, το βαμβάκι, ο αραβόσιτος και η μηδική θα αποτελούν συνολικά το 46,2% της γεωργικής έκτασης. Τρίτον, αν οι νέες καλλιέργειες καταφέρουν να αποσπάσουν ένα σημαντικό μερίδιο της συνολικής γεωργικής έκτασης. Ειδικότερα, η απαιτούμενη διείσδυση για την τομάτα, την πατάτα, το σπαράγγι, το κουνουπίδι, το μπρόκολο, τη ροδιά και την αλόη βέρα εκτιμήθηκε σε 19,5%. Παράλληλα, η μείωση της αρδευτικής ζήτησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με αύξηση του μικτού γεωργικού εισοδήματος κατά 2,6 φορές.

Στον Πίνακα 7.12 παρουσιάζεται η σύγκριση της αρδευτικής ζήτησης, του ποσοστού των αρδευόμενων εκτάσεων και του μικτού γεωργικού εισοδήματος ανάμεσα στο Σενάριο απόκρισης R0 (προ της αναδιάρθρωσης) και το Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση).

Στον Πίνακα 7.13 παρέχεται η σύνθεση της γεωργικής γης στο Σενάριο απόκρισης R0 (προ της αναδιάρθρωσης) και το Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση).

	Σενάριο απόκρισης R0 (προ αναδιάρθρωσης)	**Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση)**	**Μεταβολή (%)**
Αρδευτική ζήτηση	419,86 hm^3 776,92 m^3/στρ	284,90 hm^3 527,15 m^3/στρ	-32,2%
Ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων	81,7%	65,6%	-19,7%
Μικτό γεωργικό εισόδημα	100,07 M € 185,17 €/στρ	256,13 M € 473,94 €/στρ	155,9%

Πίνακας 7.12: *Σύγκριση οικονομικής και υδατικής απόδοσης καλλιεργειών στο Σενάριο απόκρισης R0 (προ αναδιάρθρωσης) και στο Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση)*

	Σενάριο απόκρισης R0	**Σενάριο απόκρισης R2**
Χρήση γης	Μερίδιο γεωργικής γης (%)	Μερίδιο γεωργικής γης (%)
Αρδευόμενη έκταση	81,7%	65,6%
Βαμβάκι	51,7%	38,8%
Αραβόσιτος	19,2%	3,8%
Μηδική (συμβατική / βιολογική)	9,1%	3,6%
Ζαχαρότευτλο	1,7%	0%
Ροδιά	0,0%	3,3%
Τομάτα	0,0%	3,3%
Σπαράγγι	0,0%	3,3%
Κουνουπίδι & Μπρόκολο	0,0%	3,3%
Αλόη Βέρα	0,0%	3,3%
Πατάτα	0,0%	3,0%
Μη αρδευόμενη έκταση	18,3%	34,4%

Πίνακας 7.13: *Σύνθεση γεωργικής γης στο Σενάριο απόκρισης R0 (προ αναδιάρθρωσης) και στο Σενάριο απόκρισης R2 (μετά την αναδιάρθρωση)*

Κεφάλαιο 8

ΣΥΝΟΨΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ενδιαφέρον της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας εστιάζεται χωρικά στο ΒΔ τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη, που αποτελεί υπολεκάνη του ποταμού Πηνειού. Ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης είναι το έτος 2030. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν ανά θεματική ενότητα είναι τα ακόλουθα:

- *Μοντελοποίηση με τη χρήση του λογισμικού WEAP21*

Το λογισμικό WEAP21 διαθέτει το πλεονέκτημα ότι είναι εξαιρετικά ευέλικτο και προσαρμοστικό στις ανάγκες του χρήστη, όσον αφορά τη σχηματοποίηση, τη μοντελοποίηση, τη σεναριακή ανάλυση, την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και τη συνεργασία με άλλα πακέτα λογισμικού. Επίσης, δίνει ιδιαίτερη έμφαση σε ζητήματα διαχείρισης της ζήτησης και διευκολύνει την ανάλυση κόστους-οφέλους από την εφαρμογή πολιτικών εξοικονόμησης νερού.

Μία από τις αδυναμίες που καταγράφηκαν είναι η έλλειψη εξειδίκευσης, όσον αφορά τους κόμβους ζήτησης νερού. Όλα τα είδη κόμβων (υδρευτικός, κτηνοτροφικός, βιομηχανικός, αρδευτικός) σχηματοποιούνται με το ίδιο σχηματικό αντικείμενο και διαθέτουν το ίδιο μενού μεταβλητών. Αυτό δεν διευκολύνει ούτε την εισαγωγή των διαθέσιμων δεδομένων, ούτε και την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων ανά είδος κόμβου. Επίσης, μια άλλη αδυναμία του μοντέλου είναι η εξής. Θεωρεί εκ προοιμίου πως η προτίμηση απολήψεων από τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα είναι ομοιογενής εντός μιας λεκάνη απορροής. Ωστόσο, κάτι τέτοιο συχνά διαφέρει από την πραγματικότητα. Τέλος, μια σοβαρή αδυναμία που πρέπει να σημειωθεί είναι η απουσία κατάλληλου αλγορίθμου βελτιστοποίησης (πχ. γενετικός αλγόριθμος) για τη διευκόλυνση της βαθμονόμησης του μοντέλου και τη βελτιστοποίηση της διαχειριστικής πολιτικής που περιγράφεται στα σενάρια.

- *Κλιματική αλλαγή, Κοινωνικοοικονομική εξέλιξη και Περιβαλλοντικές απαιτήσεις για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων*

Η προσομοίωση του Σεναρίου Αναφοράς (1995-2010) έδειξε ότι η ζήτηση νερού στην περιοχή μελέτης υπερβαίνει την προμήθεια νερού στους χρήστες κατά περίπου 72,1 hm^3. Το έλλειμμα αυτό οφείλεται κατά 99,3% στην άρδευση.

Κατά την περίοδο 2015-2030, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να οδηγήσει σε περαιτέρω επιδείνωση του ελλείμματος ικανοποίησης της ζήτησης κατά 3,1 hm^3.

Οι μελλοντικές κλιματικές χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις αναφέρονται στο παγκόσμιο σενάριο εκπομπών A1B. Η επεξεργασία των κλιματικών χρονοσειρών για την περιοχή μελέτης κατέδειξε ότι την περίοδο 2015-2030 θα πρέπει να αναμένεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά $0,5^{o}$ C, σε

σχέση με την περίοδο 1981-2001. Επίσης, προκύπτει ελαφριά αύξηση της μέσης υπερετήσιας βροχόπτωσης κατά 0,8%, σε σύγκριση με την περίοδο 1981-2010. Σε εποχική βάση, η βροχόπτωση θα είναι μειωμένη το χειμώνα και το καλοκαίρι και αυξημένη το φθινόπωρο και την άνοιξη. Ειδικότερα, κατά την τυπική αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), η μείωση της βροχόπτωσης υπολογίστηκε ίση με 8,5%. Η μείωση των βροχοπτώσεων κατά την αρδευτική περίοδο σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας και, συνεπώς, της εξάτμισης, θα προκαλέσει αύξηση των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών της κατά 2,7-3,9%.

Κατά την περίοδο 2015-2030, αν επικρατήσει ένα σενάριο τύπου Markets First/Economy First, τότε το έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης αυξάνεται επιπλέον κατά 0,7 hm^3.

Η κοινωνικοοικονομική αλλαγή αυτής της περιόδου προσδιορίσθηκε σεναριακά μέσω της διατύπωσης του πρωτότυπου ελληνικού κοινωνικοοικονομικού σεναρίου G1: Confident & Competitive Greece. Το σενάριο αυτό ακολουθεί τη φιλοσοφία του σεναρίου Markets First της έκθεσης GEO-4 και του σεναρίου Economy First του ευρωπαϊκού προγράμματος SCENES. Βασικές παραδοχές του σεναρίου είναι η τάση παγκοσμιοποίησης της οικονομίας και φιλελευθεροποίησης των αγορών, η ισορροπημένη αξιοποίηση των ορυκτών πόρων και των ΑΠΕ, η ενισχυμένη λήψη αποφάσεων σε υπερεθνικό επίπεδο και η καθοριστική επιρροή των παραγόντων της οικονομίας στις τελικές αποφάσεις. Στο σενάριο αυτό η Ελλάδα αποφασίζει να εκπονήσει και να εφαρμόσει ένα Εθνικό Σχέδιο Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης, με την ευρύτερη συνεργασία πλήθους φορέων. Μέσω αυτού επιδιώκεται η βελτίωση της παραγωγικής της βάσης, η άνοδος της ανταγωνιστικότητας σε όρους οικονομικής απόδοσης και ποιότητας, η ενίσχυση της καινοτομίας, η απελευθέρωση της επιχειρηματικότητας και η προώθηση της εξωστρέφειας. Στον αγροτο-διατροφικό τομέα οι αλλαγές που προωθούνται είναι ριζικές, με κινητήριους μοχλούς την αναθεωρημένη ΚΑΠ και το Εθνικό Σχέδιο Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης. Σημαντική συνιστώσα του σεναρίου είναι η μετεγκατάσταση μεγάλου αριθμού πολιτών των αστικών κέντρων στην περιφέρεια. Η εξειδίκευση του σεναρίου G1 στη λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη είναι το υδατικό Σενάριο P1. Το Σενάριο P1 προβλέπει αύξηση της ζήτησης νερού για ύδρευση, κτηνοτροφία και βιομηχανία. Όσον αφορά την άρδευση, δεν υιοθετείται επιπλέον αύξηση πέραν αυτής που προβλέπεται εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.

Κατά την περίοδο 2015-2030, αν στη θέση Αλή Εφέντη εφαρμοστεί το σενάριο μέσων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, που προτείνεται από το Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, το έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης θα αυξηθεί επιπρόσθετα κατά 90,7 hm^3.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, σύμφωνα με το σενάριο μέσων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, το 50% της φυσικοποιημένης απορροής θα πρέπει να διατίθεται για περιβαλλοντικούς σκοπούς. Επομένως, προσδιορίζοντας τις μελλοντικές απολήψεις ανά μήνα και συγκρίνοντας με το αντίστοιχο επιτρεπόμενο όριο απολήψεων εξάγεται η απόκλιση των απολήψεων από το αποδεκτό επίπεδο. Όπως διαπιστώθηκε, το όριο παραβιάζεται κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Για να υπάρξει συμμόρφωση με το επιθυμητό όριο απολήψεων, οι μικτές απολήψεις από τα ποτάμια και από το υπόγειο σύστημα κώνου Πηνειού-Πορταϊκού-Παμίσου απαιτείται να περιοριστούν κατά 90,7 hm^3 ή 26%.

Όπως εκτιμήθηκε, ο συνδυασμός κλιματικής αλλαγής, κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης και επιβολής περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων κατά την περίοδο 2015-2030 μπορεί να οδηγήσουν σε ένα μέσο υπερετήσιο έλλειμμα ύψους 166,6 hm^3. Το έλλειμμα αυτό αφορά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο σε ποσοστό 96% και πάνω από 99% αυτού του ελλείμματος εντοπίζεται στην πεδινή ζώνη.

- *Διαχειριστικά σενάρια εξοικονόμησης νερού*

Επειδή η ζήτηση και το έλλειμμα νερού κατά κύριο λόγο συγκεντρώνονται στην πεδινή ζώνη της περιοχής μελέτης, το διαχειριστικό ενδιαφέρον επικεντρώθηκε σε αυτήν την υποπεριοχή. Συνολικά, εξετάστηκαν τρία διαχειριστικά σενάρια, σε σχέση με την αντιμετώπιση του ελλείμματος των 166,6 hm^3.

Σε περίπτωση που δεν αναληφθεί κάποια οργανωμένη δράση για την εξοικονόμηση νερού στην περιοχή μελέτης, εκτιμάται ότι η εγγενής τεχνολογική αλλαγή, που συμβαδίζει με τη γενική κοινωνικοοικονομική εξέλιξη, θα καταστήσει δυνατή τη μείωση της μελλοντικής ζήτησης της περιόδου 2015-2030 κατά 6,7%. Αυτό θα συμβάλει στη μείωση του ελλείμματος κατά 19%.

Στην περίπτωση που αναληφθούν ισχυρές πρωτοβουλίες για την εξοικονόμηση νερού στην περιοχή μελέτης, μέσω της παροχής κινήτρων και της λήψης μέτρων, εκτιμάται ότι η μελλοντική ζήτηση της περιόδου 2015-2030 θα μπορούσε να μειωθεί κατά 30-35%. Αυτό θα σήμαινε μείωση του ελλείμματος κατά 85-99%.

Επιπλέον, διερευνήθηκε η δυνατότητα μείωσης του ελλείμματος μέσω της αναδιάρθρωσης των αρδευόμενων καλλιεργειών της πεδινής ζώνης. Όπως και στην πρώτη περίπτωση, η εγγενής τεχνολογική αλλαγή θα μπορούσε να μειώσει τη μελλοντική ζήτηση νερού στην πεδινή ζώνη για την περίοδο 2015-2030 κατά 6,7% ή 19% του ελλείμματος. Το υπόλοιπο 81% απαιτείται να καλυφθεί από τη μείωση της αρδευτικής ζήτησης κατά 32,2%.

Η μείωση της αρδευτικής ζήτησης σε αυτό το επίπεδο επιχειρείται να γίνει με αναδιάρθρωση των καλλιεργειών, η οποία θα μεγιστοποιεί το μικτό γεωργικό εισόδημα και θα ελαχιστοποιεί την αρδευτική ανάγκη. Το πρόβλημα βελτιστοποίησης που στήθηκε περιελάμβανε τη στάθμιση των δύο κριτηρίων με βάρη σε μια ενιαία συνάρτηση χρησιμότητας και τη γραμμική βελτιστοποίηση αυτής της βαθμωτής συνάρτησης. Η επίλυση του αλγόριθμου έγινε με τη χρήση μέγιστων πλαφόν για το ποσοστό μείωσης των υφιστάμενων καλλιεργειών και το ποσοστό διείσδυσης των νέων.

Οι "βέλτιστες λύσεις" που εντοπίστηκαν εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τα πλαφόν που ενσωματώνονται στον αλγόριθμο, καθώς και από τους στόχους στους οποίους δίνει έμφαση η αναδιάρθρωση (περισσότερη εξοικονόμηση νερού ή μεγαλύτερη αύξηση εισοδήματος). Κάθε "βέλτιστη λύση" εκφράζει έναν διαφορετικό συνδυασμό συνολικής αρδευόμενης έκτασης και ποσοστιαίας συμμετοχής των επιμέρους καλλιεργειών. Περισσότερη εξοικονόμηση νερού οδηγεί τον αλγόριθμο στη μείωση της αρδευόμενης έκτασης, ενώ μεγαλύτερη αύξηση εισοδήματος οδηγεί σε αξιοποίηση του συνόλου των υφιστάμενων αρδευόμενων εκτάσεων. Από τις νέες καλλιέργειες, τον καλύτερο συνδυασμό οικονομικής και υδατικής αποδοτικότητας διαθέτουν η αλόη βέρα, το μπρόκολο, η ροδιά, η τομάτα, το σπαράγγι και η αγκινάρα. Η διερεύνηση των διαφόρων βέλτιστων λύσεων έδειξε ότι η μείωση της αρδευτικής ζήτησης κατά 32,2% είναι εφικτή, αλλά για να επιτευχθεί θα πρέπει να υπάρξει σημαντική αντικατάσταση των υφιστάμενων καλλιεργειών. Ταυτόχρονα, το όλο εγχείρημα μπορεί να συνοδευτεί από αύξηση του μικτού γεωργικού εισοδήματος, σε σχέση με το τρέχον επίπεδο.

- *Γενικά συμπεράσματα*

- Η κλιματική αλλαγή και η κοινωνικοοικονομική εξέλιξη της περιόδου 2015-2030, ακόμα και σε ένα σενάριο οικονομικής επιτάχυνσης τύπου Economy First, δεν αναμένεται να επηρεάσουν αποφασιστικά το τρέχον ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης νερού, που έχει διαμορφωθεί στη λεκάνη Αλή Εφέντη.
- Ο καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση του μελλοντικού ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού είναι η επιβολή περιβαλλοντικών απαιτήσεων για την ποσοτική κατάσταση των υδάτων.
- Ακόμη και για ένα σενάριο μέσων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, η απαιτούμενη περικοπή των απολήψεων της περιόδου Ιουνίου-Σεπτεμβρίου είναι πολύ υψηλή.
- Σε περίπτωση που δεν ληφθούν οργανωμένα μέτρα, η εξοικονόμηση νερού θα είναι χαμηλή.

- Με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση που έγινε, το ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης νερού φαίνεται ότι είναι εφικτό να ισοσκελιστεί μέχρι το 2030, λαμβάνοντας μέτρα διαχείρισης της ζήτησης. Ωστόσο, αυτό θα απαιτήσει ριζικές παρεμβάσεις, που μπορεί να περιλαμβάνουν αγορά περισσότερων αποδοτικών οικιακών συσκευών, συστήματα ανακύκλωσης νερού στη βιομηχανία, προώθηση γεωργίας ακριβείας, υπογειοποίηση ανοικτών καναλιών, έξυπνη τιμολόγηση νερού, αλλαγή καταναλωτικής συμπεριφοράς, επιμορφωτικές πρωτοβουλίες, θεσμικές παρεμβάσεις κ.α. Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας μπορεί να αποδειχθεί το κόστος εφαρμογής των παραπάνω δράσεων, το οποίο χρήζει περισσότερης μελέτης.
- Η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών είναι μια επιλογή που έχει τη δυνατότητα και να εξοικονομήσει σημαντικές ποσότητες νερού και να βελτιώσει το μέσο γεωργικό εισόδημα. Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να διευκρινιστεί είναι ο μηχανισμός με τον οποίο θα προωθηθεί και ο τρόπος με τον οποίο θα εξασφαλιστεί η αποδοχή των γεωργών για μέτρα, όπως η εγκατάλειψη αρδευόμενων εκτάσεων.

Κεφάλαιο 9

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ & ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Ορισμένα στοιχεία της εργασίας που θα μπορούσαν μελλοντικά να διερευνηθούν διεξοδικότερα και να βελτιωθούν ή να επεκταθούν είναι τα παρακάτω:

- Βελτίωση της συλλογής δεδομένων για τις αρδευόμενες εκτάσεις, την παραγωγικότητα της γης, τις μεθόδους μεταφοράς και εφαρμογής αρδευτικού νερού, το ισχύον καθεστώς απολήψεων εντός και εκτός ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ. Αναζήτηση στοιχείων για τον τρόπο μεταβολής αυτών των μεταβλητών στο χρόνο.
- Προσθήκη ρουτίνας η οποία θα υπολογίζει το ποσοστό τη κατακρήμνισης που αποτελεί χιονόπτωση και θα το αποδίδει ως απορροή, με βάση τον εκτιμώμενο ρυθμό τήξης του χιονιού.
- Εφαρμογή εναλλακτικής μεθόδου για την μοντελοποίηση των λεκανών απορροής στο WEAP21. Ειδικότερα, προτείνεται κάποια μέθοδος διαδοχικών δεξαμενών.
- Σύνδεση WEAP21 με MODFLOW για συνδυασμένη προσομοίωση επιφανειακών και υπογείων υδάτων.
- Επέκταση του μοντέλου σε ολόκληρη τη Δυτική Θεσσαλία ή και στο σύνολο της λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού.
- Βαθμονόμηση του μοντέλου με τη χρήση πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης.
- Διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας μελλοντικών κλιματικών χρονοσειρών, που έχουν προκύψει από στατιστικό ή δυναμικό καταβιβασμό.
- Εξέταση εναλλακτικών περιβαλλοντικών κριτηρίων για τον προσδιορισμό της πίεσης απόληψης από τα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα (πχ. WEI - Water Abstraction Index).
- Βελτίωση των παραδοχών των σεναρίων G1, P1, R0, R1 και R2 μέσω πρόσθετης βιβλιογραφικής αναζήτησης ή, το κυριότερο, μέσω αναλυτικής διαβούλευσης, στην οποία θα συμμετέχουν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη και ειδικοί ανά θεματική ενότητα.
- Αναδιάρθρωση των καλλιεργειών της πεδινής ζώνης με τη χρήση αλγόριθμου πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, ώστε να εντοπιστεί η ολικά βέλτιστη λύση.
- Εισαγωγή στο μοντέλο στοιχείων κόστους και οφέλους που θα επιτρέψουν τη διερεύνηση βέλτιστων πρακτικών με οικονομικά κριτήρια (πχ. βέλτιστες πρακτικές απολήψεων από τους υδατικούς πόρους, βέλτιστη διανομή νερού στους χρήστες, βέλτιστη τιμολόγηση υπηρεσιών παροχής ύδατος, βέλτιστος συνδυασμός μέτρων εξοικονόμησης νερού).

Αναφορές

Νομοθεσία

Ελληνικές Αναφορές

Ξένες Αναφορές

Ηλεκτρονικές Πηγές Δεδομένων

Έντυπα και Ηλεκτρονικά Περιοδικά

Νομοθεσία

Ν. 1739/1987, “Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ 201Α/20-11-87)

Ν. 2539/1997, "Συγκρότηση της Πρωτοβάθμιας Τοπικής Αυτοδιοίκησης" (ΦΕΚ 244Α/4-12-1997)

Ν. 3199/2003, “Προστασία και διαχείριση των υδάτων-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000” (ΦΕΚ 280Α/09-12-2003)

Ν. 3852/2010, “Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης - Πρόγραμμα Καλλικράτης” (ΦΕΚ 87Α/07-06-2010)

Οδηγία 2000/60/ΕΚ, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 “για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων”

Οδηγία 2009/28/ΕΚ, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 “σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ”

Π.Δ. 51/2007 “Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000” (ΦΕΚ 54Α/08-03-2007)

Ελληνικές Αναφορές

Αντιπεριφέρεια Τρικάλων, 2011. *Δελτίο Τύπου της 31^{ης} Ιανουαρίου 2011*, Τρίκαλα

Αργυρούλη, Φ., Ε. Καλτσά, Χ. Μούσιου, Σ. Δολμές, Α. Παπακωνσταντίνου, 2005. Μελέτη σκοπιμότητας και χωροθέτησης βιολογικών καθαρισμών τουριστικών και παραλιακών περιοχών Θεσσαλίας, 432 σελ., ΕΥΔΕΠ Θεσσαλίας

Ασημακοπούλου, Γ., Μ. Βουμβουλάκης, S. Danchev, Γ. Μανιάτης, 2011. *Επιδράσεις και αναγκαίες προσαρμογές για τη μεγάλης κλίμακας διείσδυση των ΑΠΕ στην*

ηλεκτροπαραγωγή, 44 σελ., ΙΟΒΕ - Μονάδα Παρακολούθησης και Ανάλυσης του Τομέα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Αθήνα

Βαγιωνά, Δ., και Γ. Μυλόπουλος, 2005. *Ζήτηση του νερού και τιμολογιακή πολιτική στο βιομηχανικό τομέα*, Heleco '05 – 3-6 Φεβρουαρίου, ΤΕΕ, Αθήνα, σελ. 1-9

Γκούμας, Κ., 2006. Οι αρδεύσεις στη θεσσαλική πεδιάδα: Επιπτώσεις στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, *Υδατικοί Πόροι και Γεωργία*, Πρακτικά Ημερίδας Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης - 2 Φεβρουαρίου 2006, σελ. 39-53, ΕΥΕ, Θεσσαλονίκη

Γκούμας, Κ., 2011. Οι αρδεύσεις στη θεσσαλική πεδιάδα: Επιπτώσεις στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, *Λειψυδρία στη Θεσσαλία: Πιέσεις, Επιπτώσεις και Μέτρα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων*, i-adapt project: 1η Ημερίδα - 3 Ιουνίου 2011, ΕΘΙΑΓΕ/ΙΧΤΕΛ, Λάρισα

Δανιλάκης, Β., 2011. Το αμφιλεγόμενο έργο της εκτροπής του ποταμού Αχελώου: Υπέρ ή κατά εν αναμονή της επικείμενης απόφασης του ΔΕΕ, *Νόμος+Φύσις* (http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=4339&lang=1&catpid=1)

Δρογούδη, Π., Κ. Τσιπουρίδης, Σ. Πανταζής, 2007. Η καλλιέργεια της ροδιάς, *Γεωργία-Κτηνοτροφία*, 1, σελ. 24-29.

ΕΕΜΦ, 2008. Κατάλογος Μεγάλων Ελληνικών Φραγμάτων (ανακτήθηκε στις 11-9-2012 από www.eemf.gr\damlistGR.xls)

Επιτροπή 20-20-20, 2010. *Ανάλυση Ενεργειακών Σεναρίων διείσδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα και επίτευξης των Εθνικών Στόχων του 2020 με χρήση των μοντέλων MARKAL, ENPEP, WASP, COST*, 36 σελ., ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

ΕΣΥΕ, 2009. Αποτελέσματα απογραφής πληθυσμού - κατοικιών της 18ης Μαρτίου 2001, Μόνιμος και νόμιμος πληθυσμός, τάξεις μεγέθους των οικισμών, επιφάνεια, μέσος σταθμικός των υψομέτρων, υψομετρικές ζώνες, Τόμος Ι, 437 σελ., Πειραιάς

ΕΛΣΤΑΤ, 2011. *Ανακοίνωση προσωρινών αποτελεσμάτων Απογραφής Πληθυσμού 2011*, Δελτίο Τύπου της 22ης Ιουλίου 2011, Πειραιάς

ΕΛΣΤΑΤ, 2012. *Περιφερειακοί Λογαριασμοί: Επικαιροποιημένα και αναθεωρημένα στοιχεία Ακαθάριστης Προστιθέμενης Αξίας για την περίοδο 2005-2009*, Δελτίο Τύπου της 13ης Μαρτίου 2012, Πειραιάς

ΕΥΔΕ Αχελώου / ΥΠΕΧΩΔΕ, 1995. *Συνολική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Εκτροπής Αχελώου*, Ανάδοχος: Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα

Ευστρατιάδης, Α., 2001. *Διερεύνηση μεθόδων αναζήτησης ολικού βέλτιστου σε προβλήματα υδατικών πόρων*, Μεταπτυχιακή Εργασία, 139 σελ., ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - ΕΜΠ, Αθήνα

Ευστρατιάδης, Α., 2008. *Μη γραμμικές μέθοδοι σε πολυκριτηριακά προβλήματα βελτιστοποίησης υδατικών πόρων, με έμφαση στη βαθμονόμηση υδρολογικών μοντέλων*, Διδακτορική διατριβή, 391 σελ., Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - ΕΜΠ, Αθήνα

Ευστρατιάδης, Α., Α. Τέγος, Γ. Καραβοκυρός, Ι. Κυριαζοπούλου, και Ι. Βαζίμας, 2006. Σχέδιο διαχείρισης των υδατικών πόρων περιοχής Καρδίτσας, *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)*, Τεύχος 16, ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές Α.Ε., Αθήνα

Ζαρρής, Δ., Π. Αναστασοπούλου, και Κ. Αλεξοπούλου, 1997. Επικαιροποίηση παροχομετρικής πληροφορίας, *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*, Τεύχος 2, ΕΜΠ, ΤΥΠΥΘΕ, Αθήνα

Ιγνατιάδης, Β., 2010. Μια νέα καλλιέργεια σπέρνει... ελπίδες, Το Έθνος - 9/4/2010 (Συνέντευξη με το γεωπόνο Σ. Παπούη)

ΙΟΒΕ, 2011α. Η Ελληνική Οικονομία 2/11, *Τριμηνιαία Έκθεση 64*, 138 σελ., Αθήνα

ΙΟΒΕ, 2011β. Η Ελληνική Οικονομία 3/11, *Τριμηνιαία Έκθεση 65*, 150 σελ., Αθήνα

ΙΟΒΕ, 2011γ. Η Ελληνική Οικονομία 4/11, *Τριμηνιαία Έκθεση 66*, 134 σελ., Αθήνα

ΙΟΒΕ, 2012. Η Ελληνική Οικονομία 2/12, *Τριμηνιαία Έκθεση 68*, 144 σελ., Αθήνα

Καλφούντζος, Δ., Σ. Κωτσόπουλος, Κ. Γκούμας, Ι. Αλεξίου, 2004. *Μελέτη διαρθρωτικών και αγροτοπεριβαλλοντικών μέτρων σε περιοχές καλλιέργειας βάμβακος στην Περιφέρεια Θεσσαλίας*, Περιφέρεια Θεσσαλίας, Λάρισα

Κάπα Research, 2012. *Επιστροφή στην Ύπαιθρο: Εργασία και Ποιότητα Ζωής*, Πανελλαδική έρευνα κοινής γνώμης 14-16 Μαρτίου 2012

Κουτσογιάννης, Δ., Σ. Ρώτη, Ι. Τζεράνης, και Θ. Ξανθόπουλος, 1988α. Δεδομένα στάθμης και παροχής, *Υδρολογική διερεύνηση υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας*, Παράρτημα Δ, 559 σελ., Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - ΕΜΠ, Αθήνα

Κουτσογιάννης, Δ., Σ. Ρώτη, Ι. Τζεράνης, και Θ. Ξανθόπουλος, 1988β. Δεδομένα στάθμης και παροχής, *Υδρολογική διερεύνηση υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας*, Παράρτημα Δ2, 589 σελ., Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - ΕΜΠ, Αθήνα

Κουτσογιάννης, Δ., 1996. Μελέτη λειτουργίας ταμιευτήρων, *Γενική διάταξη έργων εκτροπής Αχελώου προς Θεσσαλία*, 420 σελ., Ανάδοχος: Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - ΥΠΕΧΩΔΕ, Συνεργαζόμενοι: Γ. Καλαούζης, ELECTROWATT, Π. Μαρίνος, Δ. Κουτσογιάννης

Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ευστρατιάδης, και Ν. Μαμάσης, 2001. Αποτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων εκμετάλλευσής του στη λεκάνη του Αχελώου και τη Θεσσαλία, Κεφ. 5 της Μελέτης Υδατικών Συστημάτων, *Συμπληρωματική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτροπής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχος: Υδροεξυγιαντική, Συνεργαζόμενοι: Δ. Κουτσογιάννης

Κουτσογιάννης, Δ., και Α. Ευστρατιάδης, 2003. Εμπειρία από την ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση μεγάλης κλίμακας υδροσυστημάτων της Ελλάδας, *Πρακτικά της Ημερίδας " Μελέτες και Έρευνες Υδατικών Πόρων στον Κυπριακό Χώρο"*, επιμέλεια Ε. Σιδηρόπουλος και Ι. Ιακωβίδης, Λευκωσία, σελ. 159-180, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη

Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Ρ. Μαυροδήμου, Α. Χριστοφίδης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Γ. Καραβοκυρός, Σ. Κοζάνης, Δ. Μαμάης, και Κ. Νουτσόπουλος, 2008. Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, *Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, 748 σελ., Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - ΕΜΠ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005α. Έκθεση Επιφανειακής Υδρολογίας, *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Φάση Α, Τεύχος 08-Α-ΙΙ-1-v2, ΥΠΑΝ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005β. Έκθεση Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής:*

Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08), Φάση Α, Τεύχος 08-Α-ΙΙΙ-1-v2, ΥΠΑΝ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005γ. Ανάλυση Υποδομής και Χρήσεων - Δεδομένα αξιοποίησης υδατικών πόρων - Ανάλυση Προγραμμάτων Ανάπτυξης, *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08),* Φάση Β, Τεύχος 08-Β-master, ΥΠΑΝ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, 2005δ. Διαχειριστικό Ομοίωμα - Υφιστάμενη Κατάσταση, *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Φάση Γ, Τεύχος 08-C-II-master, ΥΠΑΝ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011α. Οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος και προσδιορισμός του υφιστάμενου βαθμού ανάκτησης κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 3^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011β. Προκαταρκτική ανάλυση εναλλακτικών προτάσεων ευέλικτης τιμολογιακής πολιτικής, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 4^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011γ. Χαρακτηρισμός και τυπολογία επιφανειακών υδατικών συστημάτων και αρχικός και περαιτέρω χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 5^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011δ. Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεων τους στα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 8^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011ε. Αξιολόγηση και Ταξινόμηση της Ποιοτικής Κατάστασης των Επιφανειακών Υδατικών Συστημάτων, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 9^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011στ. Αξιολόγηση και Ταξινόμηση της Ποιοτικής (Χημικής) και Ποσοτικής Κατάστασης των Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 10^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011ζ. Καθορισμός των περιβαλλοντικών στόχων, συμπεριλαμβανόμενων των «εξαιρέσεων» από την επίτευξη των στόχων, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 11^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011η. Κατάλογος προγραμματισμένων και νέων έργων / δραστηριοτήτων / τροποποιήσεων, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 12^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011θ. Προκαταρκτικά προγράμματα βασικών και συμπληρωματικών μέτρων για την προστασία και αποκατάσταση των υδατικών συστημάτων, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, Παραδοτέο 13^{ο}, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, 2011ι. Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ. 51/2007: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (08)*, 1^{η} Έκδοση, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα

Λέκκας, Ε., 1986. Η Γεωλογία της Δυτικής Θεσσαλίας, *3^{ο} Επιστημονικό Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Εκδρομή Δυτικής Θεσσαλίας, Σάββατο-Κυριακή 24-25 Μαΐου 1986*, σελ. 28, Αθήνα

Μακρυγιώργος, Χ., 1996. *Μελέτη μέσων ημερήσιων παροχών ποταμού Πάμισου στη θέση Μουζάκι*, ΔΕΗ, Αθήνα

Μαμάσης, Ν., και Δ. Κουτσογιάννης, 2007. Φυσικές, κοινωνικές και τεχνολογικές πτυχές της ξηρασίας - Το παράδειγμα της Αθήνας, *Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα*, επιμέλεια Κ. Σαπουντζάκη, σελ. 61 - 88, Gutenberg, Αθήνα

Μιμίκου, Μ., και Π. Χατζησάββα, 1986. *Μελέτη υδρολογικού σχεδιασμού στους ποταμούς Πορταϊκού (θέση Πύλης) και Πλιούρη (θέση Μουζάκι) της Θεσσαλίας*, ΔΕΗ/ΔΑΥΕ, Αθήνα

Μιμίκου, Μ.Α., και Ε.Α. Μπαλτάς, 2006. *Τεχνική Υδρολογία*, Δ' έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

Μπάκουλας, Χ., 2011. Αρδευτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στη Θεσσαλία, *Λειψυδρία στη Θεσσαλία: Πιέσεις, Επιπτώσεις και Μέτρα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων* i-adapt project: 1^{η} Ημερίδα - 3 Ιουνίου 2011, ΕΘΙΑΓΕ/ΙΧΤΕΛ, Λάρισα

Μπίκας, Α., 2011. *«Πράσινο φως» για καλλιέργειες στέβιας στην Ελλάδα από το 2012 - Ποια τα οφέλη για τους παραγωγούς*, www.paseges.gr (Συνέντευξη με το γεωπόνο-ερευνητή Π. Καπόγλου)

Ναλμπάντης, Ι., και Δ. Κουτσογιάννης, 1997. Τελική έκθεση, *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*, Τεύχος 4, ΕΜΠ, ΤΥΠΥΘΕ, Αθήνα

Νάνος, Κ., 2011. *Στέβια: Υπόσχεται κέρδη η ζάχαρη του μέλλοντος*, Επαγγελματικές Ευκαιρίες, Το Έθνος - 28/3/2011 (Συνέντευξη με τον καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Π. Λόλα)

ΟΠΕΚΕΠΕ, 2012. *Εγκύκλιος - Εγχειρίδιο διαδικασιών ολοκληρωμένου συστήματος 2012 σχετικά με την εφαρμογή του καθεστώτος της ενιαίας ενίσχυσης και λοιπών καθεστώτων & μέτρων στήριξης στα πλαίσια των καν. (ΕΚ) 73/2009 & 1405/06*, Εγκύκλιος 49680/2012, σελ. 124, Διεύθυνση Άμεσων Ενισχύσεων & Αγοράς, Αθήνα

Πανάς, Ε., 2002. Εκτίμηση της ζήτησης νερού στην Ελλάδα με τη χρησιμοποίηση διαστρωματικών στοιχείων και χρονολογικών σειρών, *ΣΠΟΥΔΑΙ*, Τόμος 52, Τεύχος 4^{ο}, σελ. 88-111, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς

Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999. *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 347 σελ.

ΠΑΣΕΓΕΣ, 2011. *Η κατάσταση του αγροτικού τομέα: Εξελίξεις, Προβλέψεις, Προτεραιότητες*, 55 σελ., Αθήνα

ΠΑΣΕΓΕΣ, 2012. *Αυτάρκεια αγροτικών διατροφικών προϊόντων*, 7 σελ., Αθήνα

Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011α. *Δελτίο Τύπου της 3^{ης} Απριλίου 2011*, Λάρισα

Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2011β. *Επιχειρησιακό Σχέδιο: Καλάθι Προϊόντων Περιφέρειας Θεσσαλίας*, 157 σελ., Λάρισα

Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2012. *Δελτίο Τύπου της 7^{ης} Σεπτεμβρίου 2012*, Λάρισα

Σαμαράς, Β., 2011. Αρδευτικές ανάγκες των κύριων καλλιεργειών της Θεσσαλίας, *Λειψυδρία στη Θεσσαλία: Πιέσεις, Επιπτώσεις και Μέτρα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων*, i-adapt project: 1^{η} Ημερίδα - 3 Ιουνίου 2011, ΕΘΙΑΓΕ/ΙΧΤΕΛ, Λάρισα

Σκούρτος, Μ.Σ., Α. Μαχλέρας, Α. Κοντογιάννη, 2011. *Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής στη γεωργία και τα γεωργικά εδάφη*, σελ. 71, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα

Τζουραμάνη, Ε., Α. Λιοντάκης, Α. Σιντόρη, Π. Ναβρούζογλου, Μ. Παπαευθυμίου, Π. Καρανικόλας, και Γ. Αλεξόπουλος, 2008α. Δενδροκομία - Ρόδια, *Δίκτυο*

Παροχής Συμβουλών Καινοτόμων Πρωτοβουλιών στον Αγροτικό Τομέα, Μέτρο 9, Καν.(ΕΚ) 2182/02, Υποέργο 2: Αποτύπωση και Παρουσίαση των Μελετών Περιπτώσεων, Φάση 3: Αποτύπωση των Επιτυχημένων Περιπτώσεων-Δραστηριοτήτων, σελ. 6, ΙΓΕΚΕ - ΕΘΙΑΓΕ, Μαρούσι

Τζουραμάνη, Ε., Α. Σιντόρη Α., Λιοντάκης, Π. Ναβρούζογλου, Μ. Παπαευθυμίου, Π. Καρανικόλας, και Γ. Αλεξόπουλος, 2008β. Βιολογική Μηδική, *Δίκτυο Παροχής Συμβουλών Καινοτόμων Πρωτοβουλιών στον Αγροτικό Τομέα, Μέτρο 9, Καν.(ΕΚ) 2182/02*, Υποέργο 2: Αποτύπωση και Παρουσίαση των Μελετών Περιπτώσεων, Φάση 3: Αποτύπωση των Επιτυχημένων Περιπτώσεων-Δραστηριοτήτων, σελ. 6, ΙΓΕΚΕ - ΕΘΙΑΓΕ, Μαρούσι

Τσουκαλάς, Ι., 2012. *Βελτιστοποίηση υδροσυστήματος με τη χρήση εξελικτικών αλγορίθμων: Η περίπτωση του Νέστου*, Μεταπτυχιακή εργασία, 134 σελ., ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - ΕΜΠ, Αθήνα

Υπουργείο Οικονομίας & Οικονομικών, 2007. *Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς 2007-2013*, 337 σελ., Γενική Γραμματεία Επενδύσεων και Ανάπτυξης, Αθήνα

ΥΠΑΑΤ, 2010. *Εθνικό Σχέδιο Στρατηγικής Αγροτικής Ανάπτυξης 2007-2013*, 112 σελ., Ειδική Γραμματεία Γ' ΚΠΣ, Αθήνα

ΥΠΑΑΤ, 2011α. *Στέβια (Stevia rebaudiana Bertoni, Οικογένεια: Compositae)*, 8 σελ., Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής – Διεύθυνση ΠΑΠ-Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Αθήνα

ΥΠΑΑΤ, 2011β. *Ιπποφαές (Hippophae rhamnoides L., Οικογένεια: Eleagnaceae)*, 2η Έκδοση, 21 σελ., Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής – Διεύθυνση ΠΑΠ-Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Αθήνα

ΥΠΑΑΤ, 2011γ. *Αλόη Βέρα (Aloe Vera , Οικογένεια: Aloaceae)*, 2η Έκδοση, 20 σελ., Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής – Διεύθυνση ΠΑΠ-Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Αθήνα

ΥΠΕΚΑ, 2012. Συνοπτική Παρουσίαση, *Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός: Οδικός χάρτης για το 2050*, 17 σελ., Αθήνα

ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006α. Χρήσεις - Υποδομές - Ανάγκες, Διαχειριστική μελέτη υδατικών πόρων λεκάνης απορροής του π. Πηνειού, *Έργα εκτροπής Αχελώου και ε/β έργα θεσσαλικής πεδιάδας*, Φάση Β, Γενική Γραμματεία Δημοσιών Έργων, Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων, Οδικών Σηράγγων & Υπογείων Έργων, Αθήνα

ΥΠΕΧΩΔΕ, 2006β. Κατάρτιση διαχειριστικού ομοιώματος & αξιολόγηση σεναρίων διαχείρισης, Διαχειριστική μελέτη υδατικών πόρων λεκάνης απορροής του π. Πηνειού, *Έργα εκτροπής Αχελώου και ε/β έργα θεσσαλικής πεδιάδας*, Φάση Δ, Γενική Γραμματεία Δημοσιών Έργων, Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων, Οδικών Σηράγγων & Υπογείων Έργων, Αθήνα

Κουντούρη, Φ., και επιστημονική ομάδα Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών, 2008. *Εφαρμογή των οικονομικών πτυχών του Άρθρου 5 της Κοινοτικής Οδηγίας περί Υδάτων2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα*, 239 σελ., ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα

Χατζησάββα, Π., Ι. Κουβόπουλος, Η. Θεοδόσης, Σ. Δημητρέλλος, και Ι. Βαλίλας, 1995. *Εκτίμηση μέσων ημερήσιων παροχών ποταμού Πορταϊκού στη θέση Πύλη*, ΔΕΗ, Αθήνα

Ξένες Αναφορές

Agarwal, A., M.S. delos Angeles, R. Bhatia, I. Chéret, S. Davila-Poblete, M. Falkenmark, F.G. Villarreal, T. Jønch-Clausen, M.A. Kadi, J. Kindler, J. Rees, P. Roberts, P. Rogers, M. Solanes, and A. Wright, 2000. Integrated water resources management, *TAC Background Paper No. 4*, 67 pp., Global Water Partnership, Stockholm

Allen, R.G., 2000. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study, *Journal of Hydrology*, 229, pp. 27-41

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements, *Irrigation and Drainage Paper No. 56*, 300 pp., Food and Agriculture Organization, Rome

Aloe Vera-Hellas, 2012. *Υπηρεσίες*, www.aloevera-hellas.gr

Ameziane, T., M. Belghiti, S. Benbeniste, M. Bergaoui, B. Bonaccorso, A. Cancelliere, T. Christofides, Confederación Hidrográfica del Tajo, F. Cubillo, L. Euchi, D. Gabiña, A. Garrido, L. Garrote, S. Hajispyrou, J.C. Ibáñez, A. Iglesias, E. Keravnou-Papailiou, A. Lapeña, F. Lebdi, A. López-Francos, M.H. Louati, M. Mathlouthi, H.J. Mellouli, M. Moneo, A. Ouassou, D. Pangalou, P. Pashardes, S. Quiroga, G. Rossi, N. Rostandi, D. Saraçoglu, T. Sibou, D. Tigkas, G. Tsakiris, N. Tsiourtis, C. Vangelis, and A. Ziyad, 2005. Drought Management Guidelines, *Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management*

(MEDA Water) - Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN), 78 pp., European Commission - EuropeAid Co-operation Office

Bahri, A., 2009. Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset, *TEC Background Paper No. 13*, 62 pp., Global Water Partnership, Stockholm

CESR - Center for Environmental Systems Research, 2010. Background Document on Scenarios, *Climate Adaptation - Modelling water scenarios and sectoral impacts*, 59 pp., European Commission – Directorate-General Environment – Unit D.1 Water, Brussels

Chen, J., F.P. Brissette, R. Leconte, 2011. Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology, *Journal of Hydrology*, 40, pp. 190-202

20-20-20 Committee/CRES, 2010. *National Renewable Energy Action Plan in the scope of Directive 2009/28/EC*, 109 pp., Ministry of Environment, Energy and Climate Change, Athens

Cudennec, C., C. Leduc, and D. Koutsoyiannis, 2007. Dryland hydrology in Mediterranean regions - a review, *Hydrological Sciences Journal*, 52 (6), pp. 1077-1087

Diaz-Nieto, J., and R.L. Wilby, 2005. A comparison statistical downscaling and climate change factor methods: impacts on low flows in the river Thanes, United Kingdom, *Climatic Change*, 69, pp. 245-268

De Kok, J.L., and H.G. Wind, 2003. Design and application of decision-support systems for integrated water management: lessons to be learned, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28 (14-15), pp. 571-654

Dworak, T., M. Berglund, C. Laaser, P. Strosser, J. Roussard, B. Grandmougin, M. Kossida, I. Kyriazopoulou, J. Berbel, S. Kolberg, J.A. Rodríguez-Díaz, P. Montesinos, 2007. Final report, Part 1 - Report, *EU Water saving potential*, ENV.D.2/ETU/2007/0001r, 247 pp., Ecologic (in cooperation with ACTeon, NTUA, Universidad de Córdoba), European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

Envirowise, 2005. *Cost-effective water saving devices and practices for industrial sites: Good practice guidance*, United Kingdom

EEA - European Environment Agency, 2012. *Towards efficient use of water resources in Europe*, 70 pp., Copenhagen

Efstratiadis, A., and D. Koutsoyiannis, 2010. One decade of multiobjective calibration approaches in hydrological modelling: a review, *Hydrological Sciences Journal*, 55 (1), pp. 58-78

Evangelou, L., C. Vlouchos, K. Moustaka, and C. Tsadilas, 2011. DPSIR Study for Desertification in Pinios, *Innovative approaches to halt desertification in Pinios: Piloting emerging technologies*, i-adapt project, 2011 Desertification projects, Version: 1.0, i-adapt Task: Task B, 68 pp., European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

European Commission, 2010. The Economic Adjustment Programme for Greece, *European Economy*, Occasional Papers No. 61, 113 pp., Directorate-General for Economic and Financial Affairs, Brussels

European Commission, 2011a. Assessment of Alternative Policy Options, *Common Agricultural Policy towards 2020,* SEC (2011) 1153 final/2, 85 pp., Brussels

European Commission, 2011b. The future of CAP direct payments, *Agricultural Policy Perspectives Briefs*, Brief No. 2, 9 pp., Directorate-General for Agriculture and Rural Development - Agricultural Policy Analysis and Perspectives Unit, Brussels

European Commission, 2012. The Second Economic Adjustment Programme for Greece, *European Economy*, Occasional Papers No. 94, 185 pp., Directorate-General for Economic and Financial Affairs, Brussels

FAOwater, 2012. *Crop Water Information*, Food and Agriculture Organization - Natural Resources Management and Environment Department - Water Development and Management Unit, www.fao.org/nr/water/cropinfo.html

Flörke, M., and J. Alcamo, 2004. Final Report, *European Outlook on Water Use*, 86 pp., Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Kassel

French, S., 2000. *Decision analysis and decision support systems*, Lecture Notes, Manchester Business School, University of Manchester

French, S., and N. Papamichail, 2003. Decision behaviour, analysis and support: Decision making and how computers and analysis may support this, *Decision analysis and decision support systems,* Lecture Notes, Manchester Business School, University of Manchester

Hadjispirou, S., P. Koundouri, and P. Pasharides, 2002. Household Demand and Welfare Implications of Water Pricing in Cyprus. *Environment and Development Economics*, 7(4), pp. 659-685

Hay, L.E., R.L. Wilby, H.H., Leavesly, 2000. Comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States, *Journal of the American Water Resources Association*, 36 (2), pp. 387‑397

Heim Jr., R.R., 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), pp. 1149-1165

Holzapfel, E.A., R. Merino, M.A. Marino, R. Matta, 2000. Water production functions in kiwi, *Irrigation Science*, 19, pp. 73-79

Hughes, B.B., 2009. *Forecasting Long-Term Global Change: Introduction to International Futures (IFs)*, 21 pp., Frederick S. Pardee Center for International Futures, Josef Korbel School of International Studies, University of Denver, Denver

IEA - International Energy Agency, 2010. What does the global energy outlook to 2035 look like?, *World Energy Outlook 2010 Factsheet,* 6 pp., OECD/IEA, Paris

IEA - International Energy Agency, 2011a. Executive Summary, *World Energy Outlook 2011,* 7 pp., OECD/IEA, Paris

IEA - International Energy Agency, 2011b. How will global energy markets evolve to 2035?, *World Energy Outlook 2011 Factsheet,* 6 pp., OECD/IEA, Paris

IPPC - Integrated Pollution Protection and Control, 2003. *Reference Document on Best Available Techniques for the tanning of hides and skins*, 18 pp., European Commission, Brussels

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*, Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Nakicenovic, N., and R. Swart (Eds.)], 570 pp., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report*, A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson, R.T., and the Core Writing Team (eds.)], 398 pp., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri, and A. Reisinger (Eds.)], 104 pp., IPCC, Geneva

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2010. *Understanding Climate Change: 22 years of IPCC assessment,* 9 pp., IPCC Secretariat, Geneva

Johns, M.R., 1995. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review, *Bioresource Technology*, 54, pp. 203-216

Jung, A., P. Dörrenberg, A. Rauch, and M. Thöne, 2010. *Biofuels - At what cost?: Government support for ethanol and biodiesel in the European Union*, 81 pp., International Institute for Sustainable Development - Global Subsidies Initiative, Geneva

Kok, K., I. Barlund, A. Dubel, M. Flörke, P. Magnuszewski, J. Sendzimir, M. van Vliet, 2011a. Lessons Learnt: summary of scenarios: multiscale stories, conceptual models and policy actions, *SCENES project*, Deliverable 2.12, 61 pp., Wageningen University, Wageningen

Kok, K., M. van Vliet, I. Barlund, A. Dubel, J. Sendzimir, 2011b. Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project, *Technological Forecasting & Social Change*, 78, pp. 835-851

Koroneos, C., and A. Dompros, 2007. Environmental assessment of brick production in Greece, *Building and Environment*, 42, pp. 2114–2123

Kossida, M., 2012. *Water Scarcity under Socio-Economic Scenarios: The case of Pinios*, PhD Progress Report, NTUA

Kossida, M., Panagopoulos, Y., Makropoulos, C., Mimikou, M., 2012. Pinios Action Plan, Final Conference of the i-adapt project, *Innovative approaches to halt desertification in Pinios: Piloting emerging technologies*, i-adapt project, 2011 Desertification projects, European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

Koutsoyiannis, D., 2003. Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrological statistics, *Hydrological Sciences Journal*, 48(1), pp. 3-24

Kozanis, S., A. Christofides, N. Mamassis, A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis, 2005. Hydrognomon - A hydrological data management and processing software tool, 2nd General Assembly of the European Geosciences Union, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, Vienna

Larson, E.D., 2008. *Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development*, 41 pp., United Nations Conference on Trade and Development, New York and Geneva

Loucks, D.P., E. van Beek, J.R. Stedinger, J.P.R Dijkman, and M.T. Villars, 2005. *Water Resources Systems Planning and Management - An Introduction to Methods, Models and Applications*, 680 pp., UNESCO Publishing, Paris

Lourmas, G., S. Papageorgiou, F. Evangelatos and D. Mamais, 2012. Report on the waste water reuse potential for Pinios, *Innovative approaches to halt desertification in Pinios: Piloting emerging technologies*, i-adapt project, 2011 Desertification projects, European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

Makropoulos, C., and M. Mimikou, 2012. A Monograph, *Innovative approaches to halt desertification in Pinios: Piloting emerging technologies*, i-adapt project, 2011 Desertification projects, pp. 168, European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

Maraun, D., F. Wetterhall, A.M. Ireson, R.E. Chandler, E.J. Kendon, M. Widmann, S. Brienen, H.W. Rust, T. Sauter, M. Themeßl, V.K.C. Venema, K.P. Chun, C.M. Goodess, R.G. Jones, C. Onof, M. Vrac, and I. Thiele-Eich, 2010. Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user, *Reviews of Geophysics*, 48, RG3003, 34 pp., doi: 10.1029/2009RG000314

McKinsey & Company, 2012. Executive Summary*, Greece 10 Years Ahead: Defining Greece's new growth model and strategy*, 79 pp., McKinsey & Company Athens Office, Athens

Minville, M., F. Brissette, R. Leconte, 2008. Uncertainty of the impact of climate change on the hydrology of a nordic watershed, *Journal of Hydrology*, 358, pp. 70-83

Mishra, A.K., and V.P. Singh, 2011. Drought modeling – A review, *Journal of Hydrology*, 403, pp. 157–175

Ortega, C.V., R. Rapallo, I.B. Gutiérrez, 2006. Report of the WEAP21 use for water management in the upper Guadiana basin (Spain), *Adaptive management of water resources: Stakeholder participation for vulnerability and adaptation analysis using WEAP*, NeWater Madrid Workshop - 25-30 June 2006, 31 pp., Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid

Panagopoulos, Y., C. Makropoulos, M. Kossida and M. Mimikou, 2012. A library of methods (mapping routines) to model alternative technologies and practices within the SWAT model, *Innovative approaches to halt desertification in Pinios: Piloting emerging technologies*, i-adapt project, 2011 Desertification projects, European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

Ravetz, J., 2008. Scenario Framework - a guide for exploring the future of the peri-urban, *PLUREL project*, Module 1, Deliverable 1.3.2, 62 pp., Centre for Urban & Regional Ecology, University of Manchester, Manchester

Refsgaard, J.C., and H.J. Henriksen, 2004. Modelling guidelines-terminology and guiding principles, *Advances in Water Resources*, 27, pp. 71-82

Sadoff, C., and M. Muller, 2009. Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses, *TEC Background Paper No. 14*, 85 pp., Global Water Partnership, Stockholm

Sage, A.P., 1993. Associates systems for decision support, *Information & Decision Technologies*, 19, pp. 165-184

Scheierling, S.M., J.B. Loomis, and R.A. Young, 2006. Irrigation water demand: A meta-analysis of price elasticities, *Water Resources Reservation*, *4*

Silva, H., S. Sagardia, O. Seguel, C. Torres, C. Tapia, N. Franck, L. Cardemil, 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in Aloe Vera (Aloe barbadensis M.), *Industrial Crops and Products*, 31, pp. 20-27

SEI - Stockholm Environment Institute, 2010. *WEAP Tutorial*, (www.weap21.org/downloads/WEAP_Tutorial.pdf)

SEI - Stockholm Environment Institute, 2011. *WEAP User Guide*, (www.weap21.org/downloads/WEAP_User_Guide.pdf)

Soil Survey Division Staff, 1993. *Soil survey manual*, 315 pp., US Department of Agriculture - Soil Conservation Service, Washington DC

Soil Survey Staff, 1999. *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*, 2nd edition, 871 pp., US Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service, Washington DC

Soil Survey Staff, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th edition, 337 pp., US Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service, Washington DC

Steduto, P., T.C. Hsiao, E. Fereres, and D. Raes, 2012. Crop yield response to water, *Irrigation and Drainage Paper No. 66*, 500 pp., Food and Agriculture Organization, Rome

Strosser, P., J. Roussard, B. Grandmougin, M. Kossida, I. Kyriazopoulou, J. Berbel, S. Kolberg, J.A. Rodríguez-Díaz, P. Montesinos, J. Joyce, T. Dworak, M. Berglund, C. Laaser, 2007. Final report, Part 2 - Case Sudies, *EU Water saving potential*, ENV.D.2/ETU/2007/0001r, 98 pp., Ecologic (in cooperation with ACTeon, NTUA,

Universidad de Córdoba), European Commission – Directorate-General Environment, Brussels

Taiganides, E.P., 1978. Principles and techniques of animal waste management and utilization, *FAO Soils Bulletin 36*, pp. 341‑362, Food and Agriculture Organization, Rome

UNEP - United Nations Environment Programme, 2007. GEO_4: Environment for Development, *Global Environment Outlook Assessment Report No. 4*, 540 pp., UNEP, Nairobi

UNEP - United Nations Environment Programme, 2012. GEO_5: Environment for the future we want, *Global Environment Outlook Assessment Report No. 5*, 528 pp., UNEP, Nairobi

Van der Linden, P., and J.F.B. Mitchell (eds.), 2009. Summary of research and results from the ENSEMBLES project, *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts*, 160 pp., Met Office Hadley Centre, Exeter

Wagener, T., D.P. Boyle, M.J. Lees, H.S. Wheater, H.V. Gupta, and S. Sorooshian, 2001. A framework for development and application of hydrological models, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(1), pp. 13-26

Yates, D., J. Sieber, D. Purkey, and A. Huber-Lee, 2005. WEAP21 – A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model, Part 1: Model Characteristics, *Water International*, 30, 4, pp. 487-500

Ηλεκτρονικές Πηγές Δεδομένων

Ανοιχτή Διακυβέρνηση	www.opengov.gr
Διαύγεια	diavgeia.gov.gr
Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ)	www.nagref.gr
Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς (ΕΣΠΑ)	www.espa.gr
ΕΛΙΑΜΕΠ	www.eliamep.gr
Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ΕΕΜΦ)	www.eemf.gr
Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού	www.ellet.gr
Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)	www.statistics.gr
Ελληνική Υδροτεχνική Ένωση	eye.web.auth.gr
ΕΟΤ	www.gnto.gov.gr
Ευρωπαϊκό Κέντρο Περιβαλλοντικής Έρευνας και Κατάρτισης (ΕΚΕΠΕΚ)	www.ekepek.gr
Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (ΙΟΒΕ)	www.iobe.gr
Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών (ΙΧΤΕ)	www.ismc.gr
Μετάβαση σε μία Πράσινη Ελλάδα 2010-2020	www.diavouleusi.eliamep.gr
Νόμος+Φύσις	www.nomosphysis.org
Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ενώσεων Αγροτικών Συνεταιρισμών (ΠΑΣΕΓΕΣ)	www.paseges.gr
Πανελλήνιος Σύνδεσμος Εξαγωγέων	www.pse.gr
Περιφέρεια Θεσσαλίας	www.pthes.gov.gr
Σύνδεσμος Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων (ΣΕΤΕ)	www.sete.gr
Ταμείο Αξιοποίησης Ιδιωτικής Περιουσίας Δημοσίου (ΤΑΙΠΕΔ)	www.hradf.com
Τράπεζα Νομικών Πληροφοριών ΔΣΑ	www.dsanet.gr
Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων	www.minagric.gr
Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων	www.ypoian.gr, www.yme.gr
Υπουργείο Δικαιοσύνης, Διαφάνειας και Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων	www.ministryofjustice.gr
Υπουργείο Διοικητικής Μεταρρύθμισης και Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης	www.ydmed.gov.gr
Υπουργείο Εσωτερικών	www.ypes.gr
Υπουργείο Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Πρόνοιας	www.ypakp.gr
Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου	www.yen.gr
Υπουργείο Οικονομικών	www.minfin.gr
Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού	www.minedu.gov.gr, www.yppo.gr
Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής	www.ypeka.gr
Φόρουμ για τη Ψηφιακή Ελλάδα 2020	www.digitalgreece2020.gr

CIRCE	www.circeproject.eu
ENSEMBLES	www.ensembles-eu.org
European Environment Agency (EEA)	www. eea.europa.eu
European Union (EU)	europa.eu
Eurostat	ec.europa.eu/eurostat
FAOSTAT	faostat.fao.org
FAOwater	www.fao.org/nr/water
Food & Agriculture Organisation (FAO)	www.fao.org
Global Water Partnership (GWP)	www.gwp.org
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	www.ipcc.ch
International Futures (Ifs)	www.ifs.du.edu
International Monetary Fund (IMF)	www.imf.org
SCENES	www.environment.fi/syke/scenes
WEAP21	www.weap21.org
World Bank	data.worldbank.org
United Nations Environment Programme (UNEP)	www.unep.org

Έντυπα και Ηλεκτρονικά Περιοδικά

Advances in Water Resources	Elsevier
Bioresource Technology	Elsevier
Building and Environment	Elsevier
Bulletin of the American Meteorological Society	American Meteorological Society
Climatic Change	Springer
Hydrological Sciences Journal	Taylor & Francis
Hydrology and Earth System Sciences	Copernicus Publications
Journal of Hydrology	Elsevier
Journal of the American Water Resources Association	American Water Resources Association

Γλωσσάρι

Α

αδιαμέριστο μοντέλο: lumped model

αειφορία: sustainability

αερόλυμα: aerosol

ανυδρία: aridity

απόθεμα: stock

απόληψη: abstraction

αποψίλωση δασών: deforestation

αυλάκι: furrow

Β

βαθμονόμηση: calibration

βιωσιμότητα: sustainability

Γ

γνώση ειδικού: expert knowledge

γεννήτρια καιρού: weather generator

Δ

δίαυλος: link

Ε

ενδιαφερόμενα μέρη: stakeholders

εννοιολογικό μοντέλο: conceptual model

επικύρωση: validation

ερημοποίηση: desertification

Ζ

ζήτηση: demand

Ι

ισοδύναμη αγοραστική δύναμη: purchasing power parity

Κ

καιρική τυποποίηση: weather typing

καταβιβασμός: downscaling

καταιονισμός: sprinkler irrigation

κόμβος: node

Λ

λειψυδρία: water scarcity

Μ

μηχανική μάθηση: machine learning

μικροεκτοξευτήρας: micro-jet

Ξ

ξηρότητα: dryness

ξηρασία: drought

Ο

ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων: integrated water resources management

οντότητα: entity

Π

προμήθεια: supply

προσαρμοστικότητα: adaptation

προσομοιωμένη ανόπτηση: simulated annealing

προτεραιότητα ζήτησης: demand priority

προτίμηση προμήθειας: supply preference

πρωταρχική μεταβλητή: primary variable

Ρ

ροή: flow

Σ

στάγδην άρδευση: drip irrigation

στατιστικός καταβιβασμός: downscaling

στοχική συνάρτηση: objective function

συνάρτηση μεταφοράς: transfer function

σύστημα, διοικητικό-θεσμικό: administrative-institutional system (AIS)

σύστημα, κοινωνικο-οικονομικό: socio-economic system (SES)

σύστημα, φυσικών πόρων: natural resources system (NRS)

σύστημα υποστήριξης απόφασης: decision support system (DSS)

Τ

τεχνητή νοημοσύνη: artificial intelligence (AI)

Φ

φέρουσα ικανότητα: bearing capacity

φυτικός συντελεστής: crop coefficient

Ψ

ψευδής κόμβος: buffer node

Ω

ωφέλιμη βροχόπτωση: effective precipitation

Παραρτήματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Πίνακας Συντομογραφιών

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Πληθυσμιακά δεδομένα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Δεδομένα βροχόπτωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Φυτικοί συντελεστές

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Εκτίμηση υδατικών αναγκών ανά χρήση

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: Κατανάλωση νερού

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: Εγκαταστάσεις αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ: Μοντελοποίηση - Αλγόριθμοι υπολογισμού

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας Συντομογραφιών

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΒΙΠΕ	Βιομηχανική Περιοχή
ΒΙΟΠΑ	Βιομηχανικό Πάρκο
ΓΟΕΒ	Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΔΕΒ	Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΥΑ	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης
ΔΝΤ	Διεθνές Νομισματικό Ταμείο
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΛ	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΕΜΦ	Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων
ΕΚΕΠΕΚ	Ευρωπαϊκό Κέντρο Περιβαλλοντικής Έρευνας και Κατάρτισης
ΕΚΤ	Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα
ΕΛΙΑΜΕΠ	Ελληνικό Ίδρυμα Ευρωπαϊκής και Εξωτερικής Πολιτικής (πρώην Ελληνικό Ίδρυμα Αμυντικής και Εξωτερικής Πολιτικής)
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΕΣΥΕ	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος
ΙΓΜΕ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
ΚΕΝΑΚ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων
ΚΕΠΕ	Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών
ΜΙΠ	Μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού
ΠΑΥΥΘ	Πρόγραμμα Ανάπτυξης Υπογείων Υδάτων Θεσσαλίας
ΣΓΠ	Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
ΣΕΤΕ	Σύνδεσμος Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων
ΣτΕ	Συμβούλιο της Επικρατείας
ΣΥΑ	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων
ΤΑΙΠΕΔ	Ταμείο Αξιοποίησης Ιδιωτικής Περιουσίας Δημοσίου
ΤΟΕΒ	Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΥΒΕΤ	Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας
ΥΕΒ	Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων
ΥΠΑΑΤ	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων
ΥΠΑΝ	Υπουργείο Ανάπτυξης
ΥΠΓΕ	Υπουργείο Γεωργίας
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

EEA	European Environment Agency
FAO	Food and Agriculture Organization
GCM	Global Climate Model
IEA	International Energy Agency
IFs	International Futures
RCM	Regional Climate Model
SRES	Special Report on Emissions Scenarios

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πληθυσμιακά δεδομένα

ΝΟΜΟΣ / ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Μόνιμος Πληθυσμός 2001 [1]	ΝΟΜΟΣ / ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Μόνιμος Πληθυσμός 2001 [1]
ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ			
ΔΗΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	**40,478**	**ΔΗΜΟΣ ΠΑΜΙΣΟΥ**	**4,447**
Δ.Δ.Καρδίτσης	35,971	Δ.Δ.Αγναντερού	1,920
Δ.Δ.Αρτεσιανού	1,420	Δ.Δ.Κρανέας	759
Δ.Δ.Καρδιτσομαγούλας	2,232	Δ.Δ.Μαγούλας	882
Δ.Δ.Παλαιοκκλησίου	855	Δ.Δ.Παλαιοχωρίου	441
ΔΗΜΟΣ ΙΘΩΜΗΣ	**2,773**	Δ.Δ.Ριζοβουνίου	445
Δ.Δ.Φαναρίου	719	**ΔΗΜΟΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ**	**209**
Δ.Δ.Αγίου Ακακίου	229	Δ.Δ.Κερασέας [2]	209
Δ.Δ.Ελληνοπύργου	316	**ΔΗΜΟΣ ΣΕΛΛΑΝΩΝ**	**4,987**
Δ.Δ.Καναλίων	573	Δ.Δ.Προαστίου	1,828
Δ.Δ.Καππά	206	Δ.Δ.Αγίας Τριάδος	820
Δ.Δ.Λοξάδας	236	Δ.Δ.Καλογριανών	677
Δ.Δ.Πύργου Ιθώμης	264	Δ.Δ.Μαραθέας	939
Δ.Δ.Χάρματος	230	Δ.Δ.Πεδινού	723
ΔΗΜΟΣ ΜΗΤΡΟΠΟΛΗΣ	**440**	***ΝΟΜΟΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ***	
Δ.Δ.Φράγκου	440	**ΔΗΜΟΣ ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ**	**57,914**
ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΖΑΚΙΟΥ	**9,187**	Δ.Δ.Τρικκαίων	57,914
Δ.Δ.Μουζακίου	2,474	**ΔΗΜΟΣ ΑΙΘΗΚΩΝ**	**745**
Δ.Δ.Αμυγδαλής	76	Δ.Δ.Ελάτης [2]	532
Δ.Δ.Ανθοχωρίου	413	Δ.Δ.Βροντερού [2]	69
Δ.Δ.Βατσουνιάς	505	Δ.Δ.Καλογήρων [2]	134
Δ.Δ.Γελάνθης	491	Δ.Δ.Περτουλίου [2]	10
Δ.Δ.Δρακότρυπας	564	**ΔΗΜΟΣ ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ**	**2,350**
Δ.Δ.Ελληνοκάστρου	125	Δ.Δ.Βασιλικής	1,498
Δ.Δ.Κρυοπηγής	409	Δ.Δ.Θεοπέτρας	624
Δ.Δ.Λαζαρίνας	436	Δ.Δ.Περιστέρας	228
Δ.Δ.Μαγουλίτσης	804	**ΔΗΜΟΣ ΓΟΜΦΩΝ**	**2,646**
Δ.Δ.Μαυρομματίου	1,969	Δ.Δ.Λυγαριάς	553
Δ.Δ.Οξυάς	332	Δ.Δ.Γόμφων	1,054
Δ.Δ.Πευκοφύτου	178	Δ.Δ.Δροσερού	446
Δ.Δ.Πορτής	411	Δ.Δ.Μουριάς	593

[1] ΕΣΥΕ (2009) [2] Για το τμήμα του Δ.Δ. εντός του υδατικού διαμερίσματος

Β-1: Μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης σε επίπεδο δήμων και δημοτικών διαμερισμάτων (Απογραφή 2001)

ΝΟΜΟΣ / ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Μόνιμος Πληθυσμός 2001 [1]	ΝΟΜΟΣ / ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Μόνιμος Πληθυσμός 2001 [1]
Δ.Δ.Παλαιομοναστήρου	1,063	Δ.Δ.Γενεσίου	373
Δ.Δ.Πηγής	1,192	Δ.Δ.Γοργογυρίου	635
ΔΗΜΟΣ ΕΣΤΙΑΙΩΤΙΔΑΣ	**2,927**	Δ.Δ.Ξυλοπαροίκου	339
Δ.Δ.Μεγαλοχωρίου	1,590	Δ.Δ.Προδρόμου	515
Δ.Δ.Λόγγου	371	**ΔΗΜΟΣ ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ**	**1,063**
Δ.Δ.Πατουλιάς	517	Δ.Δ.Παναγίας	368
Δ.Δ.Χρυσαυγής	449	Δ.Δ.Κορυδαλλού	168
ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΑΜΠΑΚΑΣ	**11,347**	Δ.Δ.Μαλακασίου	208
Δ.Δ.Καλαμπάκας	7,550	Δ.Δ.Πεύκης	151
Δ.Δ.Αύρας	562	Δ.Δ.Τρυγόνος	168
Δ.Δ.Βλαχάβας	252	**ΔΗΜΟΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΛΥΒΙΩΝ**	**3,021**
Δ.Δ.Διάβας	733	Δ.Δ.Μεγάλων Καλυβίων	2,060
Δ.Δ.Καστρακίου	1,184	Δ.Δ.Αγίας Κυριακής	394
Δ.Δ.Κρύας Βρύσης	310	Δ.Δ.Γλίνου	567
Δ.Δ.Μεγάλης Κερασέας	210	**ΔΗΜΟΣ ΟΙΧΑΛΙΑΣ (ΝΕΟΧΩΡΙΟΥ)**	**5,457**
Δ.Δ.Ορθοβουνίου	121	Δ.Δ.Οιχαλίας (Νεοχωρίου)	2,740
Δ.Δ.Σαρακήνας	425	Δ.Δ.Γεωργανάδων	369
ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΛΙΔΕΝΔΡΟΥ	**2,311**	Δ.Δ.Κλοκοτού	634
Δ.Δ.Βαλτινού	700	Δ.Δ.Κρήνης	873
Δ.Δ.Δενδροχωρίου	792	Δ.Δ.Πετρωτού	841
Δ.Δ.Κάτω Ελάτης	400	**ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΗΟΚΑΣΤΡΟΥ**	**2,576**
Δ.Δ.Φωτάδας	419	Δ.Δ.Παλαιοπύργου	1,043
ΔΗΜΟΣ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ	**1,116**	Δ.Δ.Αρδανίου	450
Δ.Δ.Καστανέας	226	Δ.Δ.Ζηλευτής	502
Δ.Δ.Αμαράντου	432	Δ.Δ.Κρηνίτσης	581
Δ.Δ.Αμπελοχωρίου	95	Δ.Δ.Λιοπράσου	316
Δ.Δ.Καλομοίρας	287	**ΔΗΜΟΣ ΠΑΡΑΛΗΘΑΙΩΝ**	**3,097**
Δ.Δ.Ματονερίου	76	Δ.Δ.Ριζώματος	1,130
ΔΗΜΟΣ ΚΛΕΙΝΟΒΟΥ	**627**	Δ.Δ.Ελληνοκάστρου	196
Δ.Δ.Κλεινού	505	Δ.Δ.Πλατάνου	713
Δ.Δ.Αηδόνος	122	Δ.Δ.Ράξας	700
Δ.Δ.Γλυκομηλέας	273	Δ.Δ.Σπαθάδων	358
Δ.Δ.Καλογριανής	159	**ΔΗΜΟΣ ΠΕΛΛΙΝΑΙΩΝ**	**473**
Δ.Δ.Παλαιοχωρίου	136	Δ.Δ.Ταξιαρχών	980
Δ.Δ.Χρυσομηλέας	625	Δ.Δ.Νομής	400
ΔΗΜΟΣ ΚΟΖΙΑΚΑ	**641**	Δ.Δ.Πετροπόρου	496
Δ.Δ.Πρίνου	641	Δ.Δ.Σερβωτών	572

[1] ΕΣΥΕ (2009) [2] Για το τμήμα του Δ.Δ. εντός του υδατικού διαμερίσματος

Β-1: Μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης σε επίπεδο δήμων και δημοτικών διαμερισμάτων (Απογραφή 2001) (συνέχεια)

ΝΟΜΟΣ / ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Μόνιμος Πληθυσμός 2001 [1]
Δ.Δ.Φανερωμένης	473
ΔΗΜΟΣ ΠΙΑΛΕΙΩΝ	**3,507**
Δ.Δ.Φήκης	1,307
Δ.Δ.Ελευθεροχωρίου	539
Δ.Δ.Παραποτάμου	457
Δ.Δ.Πιαλείας	805
Δ.Δ.Φιλύρας	399
ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΗΣ	**4,015**
Δ.Δ.Πύλης	1,831
Δ.Δ.Αγίου Βησσαρίωνος	738
Δ.Δ.Αγίου Προκοπίου	75
Δ.Δ.Κοτρωνίου	461
Δ.Δ.Παλαιοκαρυάς	204
Δ.Δ.Πετροχωρίου	141
Δ.Δ.Ροποτού	565
ΔΗΜΟΣ ΠΙΝΔΑΙΩΝ	**602**
Δ.Δ.Στουρναραιίκων [2]	602
ΔΗΜΟΣ ΤΥΜΦΑΙΩΝ	**294**
Δ.Δ.Κονισκού	294
Δ.Δ.Γερακαρίου	154
Δ.Δ.Καλλιθέας	93
Δ.Δ.Λογγάς	128
Δ.Δ.Μαυρελίου	360
Δ.Δ.Φλαμπουρεσίου	148
Δ.Δ.Φωτεινού	359
ΔΗΜΟΣ ΦΑΛΩΡΕΙΑΣ	**3,946**
Δ.Δ.Κεφαλοβρύσου	947
Δ.Δ.Διαλεκτού	673
Δ.Δ.Διποτάμου	381
Δ.Δ.Μεγάλου Κεφαλοβρύσου	790
Δ.Δ.Μεγάρχης	1,155
ΔΗΜΟΣ ΦΑΡΚΑΔΟΝΑΣ	**4,589**
Δ.Δ.Φαρκαδόνος	2,419
Δ.Δ.Αχλαδοχωρίου	141
Δ.Δ.Γριζάνου	1,398
Δ.Δ.Διασέλλου	306
Δ.Δ.Παναγίτσας	325

ΝΟΜΟΣ / ΔΗΜΟΣ / ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Μόνιμος Πληθυσμός 2001 [1]
ΔΗΜΟΣ ΧΑΣΙΩΝ	**3,175**
Δ.Δ.Ασπροκκλησιάς [2]	616
Δ.Δ.Αγιοφύλλου [2]	397
Δ.Δ.Αγναντιάς [2]	322
Δ.Δ.Αχλαδέας [2]	221
Δ.Δ.Γάβρου	432
Δ.Δ.Κακοπλευρίου	411
Δ.Δ.Οξυνείας	594
Δ.Δ.Σκεπαρίου	182
ΣΥΝΟΛΟ	***190,276***

[1] ΕΣΥΕ (2009) [2] Για το τμήμα του Δ.Δ. εντός του υδατικού διαμερίσματος

Β-1: Μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης σε επίπεδο δήμων και δημοτικών διαμερισμάτων (Απογραφή 2001) (συνέχεια)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Δεδομένα βροχόπτωσης

Χαρακτ. αριθμός	Διαχειριστική Λεκάνη	Μέσο υψό-μετρο λεκάνης (m)	Μέσο σταθμι-σμένο υψό-μετρο σταθμών (m)	Μέση ετήσια βροχό-πτωση Thiessen (mm)	Συντε-λεστής υψο-μετρικής αναγωγής	Υψομετρικά διορθωμένη μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)
1	Λογγά	950,9	822,4	730,3	1,146	836,6
2	Γάβρου	615,0	665,7	793,0	0,947	751,1
3	Ίωνα	583,4	554,3	859,9	1,028	884,0
4	Μαλακασίου	953,6	719,1	1003,5	1,193	1197,4
5	Κλεινοβίτη	1007,9	888,0	1244,9	1,080	1344,1
6	Πύλης	937,2	849,7	1541,0	1,047	1613,3
7	Μουζακίου	824,6	226,0	651,2	1,760	1146,3
8	Βόρειου Κόζιακα	655,9	824,4	1290,1	0,892	1150,8
9	Νότιου Κόζιακα	376,4	224,7	650,5	1,193	776,0
10	Βούλας	435,4	572,0	731,7	0,846	618,7
11	Νεοχωρίτη 1 (Φράγμα Νεοχωρίτη)	652,2	738,5	753,0	0,905	681,7
12	Νεοχωρίτη 2	374,1	317,0	617,4	1,077	664,7
13	Νεοχωρίτη 3	108,4	87,0	556,7	1,032	574,4
14	Θεόπετρας	491,9	715,0	759,6	0,757	575,1
15	Ληθαίου	233,6	616,3	769,9	0,589	453,4
16	Κάτω Ληθαίου	142,6	275,0	681,0	0,839	571,5
17	Σαρακήνας	408,9	580,5	798,3	0,822	656,3
18	Πορταϊκού-Πηνειού	143,8	429,3	904,4	0,739	668,2
19	Παμίσου-Πηνειού (Γεφ,Μεσδανίου)	117,1	126,9	666,2	0,988	658,1
20	Δυτικής Κοίτης	125,2	186,2	686,6	0,926	636,1
21	Πηνειού (Γεφ,Αλή Εφέντη)	115,0	93,7	589,3	1,030	607,0
22	Μ,Ρέματος 1	94,8	100,2	596,4	0,993	592,0
23	Μ,Ρέματος 2	117,9	122,8	592,1	0,993	588,1

Γ-1: Υπολογισμός υψομετρικά διορθωμένης μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης διαχειριστικών λεκανών μοντέλου (1980-2010)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Φυτικοί συντελεστές

Σύμφωνα με FAO Irrigation and Drainage Paper No, 56 (Allen et al,, 1998), εκτός της τυπικής περιόδου ανάπτυξης ο φυτικός συντελεστής για τις φυλλοβόλες δενδρώδεις καλλιέργειες θεωρείται ίσος με 0,20 για γυμνό και ξηρό έδαφος και 0,50-0,80 για έδαφος με ενεργή βλάστηση, Την ίδια περίοδο τα αειθαλή δένδρα διατηρούν τιμή φυτικού συντελεστή ίση με την ελάχιστη τιμή από τον αναπτυξιακό τους κύκλο (συχνά $Kc_{ini} = Kc_{end} = Kc_{inactive}$), Επίσης, εκτός της τυπικής περιόδου ανάπτυξης η αντίστοιχη γη που καταλαμβάνεται από σπαρτά θεωρείται ότι μεταπίπτει σε γη σε αγρανάπαυση, Σύμφωνα με τη βιβλιοθήκη καλλιεργειών του λογισμικού WEAP21 (WEAP21 Crop Library), η γη αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει έναν ελάχιστο φυτικό συντελεστή ίσο με 0,01,

Οι τυποποιημένες τιμές του φυτικού συντελεστή, που λήφθηκαν από FAO Irrigation and Drainage Paper No, 56, αφορούν δεδομένες συνθήκες ταχύτητας ανέμου και σχετικής υγρασίας, Επομένως, πριν από την εφαρμογή τους υπέστησαν διόρθωση για τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης, Πιο συγκεκριμένα, αν η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2 m από το έδαφος (U_2) είναι διαφορετική από 2 m/s και η ελάχιστη σχετική υγρασία (RH_{min}) διαφέρει από την τιμή 45%, τότε οι τιμές $K_{c\ mid}$ και $K_{c\ end}$ υφίστανται τις ακόλουθες διορθώσεις:

$$K_{c\,mid} = K_{c\,mid(table)} + [0{,}04(U_2 - 2) - 0{,}004(RH_{min} - 45)](\frac{h}{3})^{0{,}3} \qquad (2{,}4)$$

$$K_{c\,end} = K_{c\,end(table)} + [0{,}04(U_2 - 2) - 0{,}004(RH_{min} - 45)](\frac{h}{3})^{0{,}3} \geq 0{,}45 \qquad (2{,}5)$$

όπου h το μέσο ύψος της καλλιέργειας κατά τη μέση περίοδο, Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν για 0,1 m<h<10m, 1 m/s<U_2<6 m/s, 20%<RH_{min}<80%,

Όπου δεν υπήρχαν μηνιαίες τιμές φυτικών συντελεστών, αυτές προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψη την έναρξη (πχ, ημερομηνία σποράς), τη λήξη (πχ, ημερομηνία θερισμού) και τη χρονική διάρκεια κάθε σταδίου ανάπτυξης,

Με βάση τα παραπάνω, οι φυτικοί συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία παρέχονται στους Πίνακες Δ-1 και Δ-2,

Μήνας	Φυτικός συντελεστής (K_c)				
	Αστική γη	Δάσος [1,2]	Βοσκότοποι [3]	Υγρότοποι [2]	Αγρανάπαυση
Οκτ	0,01	1,30	0,20	0,49	0,01
Νοε	0,01	0,70	0,01	0,60	0,01
Δεκ	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Ιαν	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Φεβ	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Μαρ	0,01	0,50	0,16	0,60	0,01
Απρ	0,01	0,70	0,45	0,60	0,01
Μαϊ	0,01	1,00	0,65	0,80	0,01
Ιουν	0,01	1,30	0,75	1,00	0,01
Ιουλ	0,01	1,30	0,78	1,18	0,01
Αυγ	0,01	1,30	0,74	1,15	0,01
Σεπ	0,01	1,30	0,55	1,15	0,01

[1] Allen (2000), [2] Allen et al, (1998), [3] Μιμίκου και Μπαλτάς (2006)

Πίνακας Δ-1: *Φυτικοί συντελεστές μη καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης*

Μήνας	Φυτικός συντελεστής (K_c)						
	Βαμβάκι [1,2]	Αραβόσιτος [3]	Σιτάρι [3,4]	Ζαχαρό-τευτλα[1]	Μηδική [1]	Ελαιόδεντρα [4]	Οπωροφόρα [1,4]
Οκτ	0,60	0,01	0,01	0,01	0,63	0,60	0,55
Νοε	0,01	0,01	0,30	0,01	0,42	0,65	0,20
Δεκ	0,01	0,01	0,38	0,01	0,01	0,50	0,20
Ιαν	0,01	0,01	0,54	0,01	0,01	0,50	0,20
Φεβ	0,01	0,01	0,70	0,01	0,01	0,50	0,20
Μαρ	0,01	0,01	0,86	0,01	0,57	0,65	0,45
Απρ	0,01	0,40	1,01	0,31	0,74	0,60	0,59
Μαϊ	0,30	0,78	1,05	0,69	0,89	0,55	0,84
Ιουν	0,45	1,05	0,25	0,96	0,98	0,50	0,94
Ιουλ	0,90	1,05	0,01	1,01	1,00	0,45	0,90
Αυγ	1,00	0,60	0,01	0,83	0,95	0,45	0,87
Σεπ	1,00	0,01	0,01	0,01	0,84	0,55	0,87

[1] Μιμίκου και Μπαλτάς (2006), [2] Σαμαράς (2011), [3] FAOwater (2012),
[4] Pastor and Orgaz (1994) κατά Allen et al, (1998)

Πίνακας Δ-2: *Φυτικοί συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης*

Μήνας	Φυτικός συντελεστής (K_c)						
	Μηλιές [3,4]	Βερικοκιές/ Ροδακινιές/ Νεκταρινιές [3,4]	Κλήματα [2]	Καρυδιές [3,4]	Αμυγδαλιές [5]	Πατάτα [1]	Τομάτα [1]
Οκτ	0,57	0,53	0,50	0,31	0,76	0,01	0,01
Νοε	0,20	0,20	0,35	0,20	0,55	0,01	0,01
Δεκ	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,01	0,01
Ιαν	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,01	0,01
Φεβ	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,01	0,01
Μαρ	0,45	0,45	0,20	0,59	0,53	0,01	0,01
Απρ	0,59	0,58	0,45	1,06	0,71	0,45	0,01
Μαϊ	0,86	0,81	0,55	1,07	0,85	0,80	0,41
Ιουν	0,96	0,91	0,68	1,11	0,95	0,95	0,74
Ιουλ	0,92	0,88	0,68	1,08	1,00	0,90	0,93
Αυγ	0,89	0,84	0,68	1,04	1,03	0,01	0,98
Σεπ	0,89	0,84	0,68	0,74	0,93	0,01	0,89

[1] Μιμίκου και Μπαλτάς (2006), [2] FAOwater (2012), [3] WEAP crop library, [4] Allen et al, (1998), [5] Fereres and Puech (1981), Girona (2006), Sanden (2007) κατά Steduto et al, (2012)

Πίνακας Δ-2: *Φυτικοί συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (συνέχεια)*

Μήνας	Φυτικός συντελεστής (K_c)							
	Ακτινίδιο [4,5]	Πεπόνι [1,3,4]	Καρπούζι [2,3,4]	Αγκι-νάρα [4]	Σπα-ράγγι [4]	Κουνουπίδι/ Μπρόκολο [4]	Στέβια* (Καπνά) [2,4]	Αλόη βέρα [6]
Οκτ	0,20	0,01	0,01	0,92	0,43	0,78	0,20	0,2
Νοε	0,20	0,01	0,01	0,90	0,41	0,93	0,20	0,2
Δεκ	0,20	0,01	0,01	0,90	0,41	0,96	0,20	0,01
Ιαν	0,20	0,01	0,01	0,89	0,20	0,58	0,20	0,01
Φεβ	0,20	0,01	0,01	0,92	0,50	0,01	0,20	0,01
Μαρ	0,20	0,01	0,01	0,96	0,50	0,01	0,20	0,2
Απρ	0,20	0,01	0,01	0,20	0,49	0,01	0,20	0,2
Μαϊ	0,86	0,46	0,43	0,52	0,48	0,01	0,57	0,2
Ιουν	1,01	0,76	0,87	0,91	0,50	0,01	0,90	0,2
Ιουλ	1,07	1,05	0,92	0,98	0,49	0,01	0,97	0,2
Αυγ	0,93	0,85	0,75	0,96	0,47	0,01	0,90	0,2
Σεπ	0,88	0,01	0,01	0,96	0,47	0,70	0,20	0,2

[1] Μιμίκου και Μπαλτάς (2006), [2] FAOwater (2012), [3] WEAP crop library, [4] Allen et al, (1998), [5] Holzapfel et al, (2000), [6] Silva et al, (2010)

* Στέβια: Λόγω παρόμοιας δομής, τρόπου καλλιέργειας, συγκομιδής και επεξεργασίας υιοθετούνται οι μηνιαίοι φυτικοί συντελεστές των καπνών,

Πίνακας Δ-2: *Φυτικοί συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (συνέχεια)*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Εκτίμηση υδατικών αναγκών ανά χρήση

Νομός / Δήμος	Μόνιμος Πληθυσμός 2001	Πρωτογενής ετήσια ζήτηση νερού αστικής χρήσης (hm^3)	Τελική ετήσια ζήτηση νερού αστικής χρήσης (απώλειες 40%) (hm^3)
Νομός Τρικάλων			
1, Τρικκαίων	57,914	3,54	5,91
2, Μεγάλων Καλυβίων	3,021	0,18	0,31
3, Εστιαιώτιδας	2,927	0,18	0,30
4, Καλλιδενδρίου	2,311	0,14	0,24
5, Κόζιακα	2,503	0,15	0,26
6, Φαλώρειας	3,946	0,24	0,40
7, Παληοκάστρου	2,892	0,18	0,29
8, Παραληθαίων	3,097	0,19	0,32
9, Πύλης	4,015	0,25	0,41
10, Πιαλείων	3,507	0,21	0,36
11, Γόμφων	4,901	0,30	0,50
12, Πινδαίων	602	0,04	0,06
13, Αιθηκών	745	0,05	0,08
14, Καλαμπάκας	11,347	0,69	1,16
15, Βασιλικής	2,350	0,14	0,24
16, Χασίων	3,175	0,19	0,32
17, Καστανιάς	1,116	0,07	0,11
18, Κλεινοβού	1,820	0,11	0,19
19, Μαλακασίου	1,063	0,07	0,11
20, Τυμφαίων	1,536	0,09	0,16
21, Φαρκαδόνας	4,589	0,28	0,47
22, Οιχαλίας	5,457	0,33	0,56
23, Πελλιναίων	2,921	0,18	0,30
Νομός Καρδίτσας			
24, Μουζακίου	9,187	0,56	0,94
25, Ιθώμης	2,773	0,17	0,28
26, Παμίσου	4,447	0,27	0,45
27, Σελλάνων	4,987	0,31	0,51
28, Παλαμά	-	-	-
29, Πλαστήρα	209	0,01	0,02
30, Καρδίτσης	40,478	2,48	4,13
31, Μητρόπολης	440	0,03	0,04
Σύνολο	190,276	11,64	*19,41*

Ε-1: Ζήτηση υδρευτικού νερού αστικής χρήσης στην περιοχή μελέτης

Νομός / Δήμος (Δ,Δ)	Διανυκτερεύσεις [1]		Ετήσια ζήτηση νερού (m^3)		Πρωτογενής ετήσια ζήτηση νερού τουριστικής χρήσης (m^3)	Τελική ετήσια ζήτηση νερού τουριστικής χρήσης (απώλειες 40%) (m^3)
	Ξενο-δοχεία ΑΑ - Ε	Μοτέλ ΑΑ-Ε, Επιπλ, διαμερί-σματα, Ξενώνες	Ξενο-δοχεία ΑΑ - Ε	Μοτέλ ΑΑ-Ε, Επιπλ, διαμερί-σματα, Ξενώνες		
Νομός Τρικάλων						
Τρικκαίων	53,577	0	21,430,8	0,0	21,430,8	35,718,0
Πύλης	4,846	0	1,938,4	0,0	1,938,4	3,230,7
Πινδαίων (Στουρναραίικα)	689	0	275,6	0,0	275,6	459,3
Αιθηκών (Ελάτη, Βροντερό)	12,446	1,598	4,978,4	479,4	5,457,8	9096,3
Καλαμπάκας (Καλαμπάκα, Καστράκι)	161,208	33,591	64,483,2	10,077,3	74,560,5	124,267,5
Καστανιάς (Καστανιά, Αμάραντος)	2,106	0	842,4	0,0	842,4	1,404,0
Νομός Καρδίτσας						
Μουζακίου	2,458	0	983,2	0,0	983,2	1,638,7
Πλαστήρα (Κερασέα)	3,965	128	1,586,0	38,4	1,624,4	2,707,3
Σύνολο	241,295	35,317	96,518,0	10,595,1	107,113,1	178,521,8
Σύνολο (hm^3)	-	-	0,10	0,01	0,11	*0,18*

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)

Ε-2: Ζήτηση υδρευτικού νερού τουριστικής χρήσης στην περιοχή μελέτης

Μήνας	Θεωρητική υδατική ανάγκη / Δυνητική εξατμοδιαπνοή (mm)					Βροχόπτωση (mm) [Στ, Τρίκαλα 1980-2010]	Ωφέλιμη Βροχόπτωση (mm)
	Βαμβάκι	Αραβό-σιτος	Ζαχαρό-τευτλα	Μηδική	Οπωρο-φόρα		
Οκτ	39,2			41,1	35,9	76,6	49,8
Νοε				11,8		94,3	61,3
Δεκ						98,7	64,2
Ιαν						73,4	47,7
Φεβ						71,3	46,4
Μαρ				48,1	37,9	67,4	43,8
Απρ		55,1	42,7	102,0	80,6	63,5	41,2
Μαϊ	58,6	152,3	134,7	173,8	163,0	43,4	28,2
Ιουν	116,8	272,5	249,2	254,3	242,7	18,6	12,1
Ιουλ	215,3	251,2	241,6	239,3	215,3	16,1	10,5
Αυγ	183,0	109,8	151,9	173,8	158,3	15,6	10,1
Σεπ	141,7			119,0	122,5	26,5	17,2
Έτος	754,47	840,90	820,09	1163,14	1056,26	665,33	432,46

Ε-3: Θεωρητική υδατική ανάγκη καλλιεργειών και ωφέλιμη βροχόπτωση

Μήνας	Πρωτογενής αρδευτική ανάγκη (mm ή m^3/στρ)					Πρωτογενής αρδευτική ανάγκη (mm ή m^3/στρ)	Τελική αρδευτική ανάγκη (mm ή m^3/στρ)
	Βαμβάκι	**Αραβό-σιτος**	**Ζαχαρό-τευτλα**	**Μηδική**	**Οπωρο-φόρα**	**Τυπικό γεωργικό στρέμμα**	**Τυπικό γεωργικό στρέμμα**
Οκτ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Νοε	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δεκ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ιαν	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φεβ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Μαρ	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,4	0,5
Απρ	0,0	13,9	1,5	60,7	39,4	8,6	11,3
Μαϊ	30,3	124,1	106,5	145,5	134,8	52,6	68,9
Ιουν	104,7	260,4	237,1	242,3	230,6	122,2	160,3
Ιουλ	204,9	240,8	231,2	228,8	204,9	161,0	211,2
Αυγ	172,8	99,7	141,7	163,7	148,1	112,9	148,0
Σεπ	124,4	0,0	0,0	101,8	105,3	64,8	84,9
Έτος	637,20	738,76	717,94	947,03	863,06	522,6	685,1
Έκταση (km^2)	297,9	126,4	10,5	67,0	1,0	679,3	679,3
Ζήτηση (hm^3)	189,79	93,39	7,54	63,40	0,85	354,97	*465,40*

Ε-4: Ζήτηση αρδευτικού νερού στην περιοχή μελέτης

Συντελεστής απόδοσης μεταφοράς αρδευτικού νερού	**Μέθοδος μεταφοράς νερού**	
	Κλειστοί αγωγοί υπό πίεση	**Ανοιχτοί αγωγοί**
Συλλογικά δίκτυα (άνω των 1,000 στρ,)	0,80 [1]	0,60 [1]
Μικρά ομαδικά ή μεμονωμένα δίκτυα	0,95 [2]	-

[1] Makropoulos and Mimikou (2012),

[2] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)

Ε-5: Συντελεστής απόδοσης μεταφοράς αρδευτικού νερού

Συντελεστής απόδοσης εφαρμογής αρδευτικού νερού	Μέθοδος άρδευσης		
	Μικροάρδευση	**Καταιονισμός**	**Αυλάκια**
Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)	0,9	0,85-0,9	0,75
Καλφούντζος κ,α, (2004) κατά Γκούμας (2011)	0,95	0,8	0,6
Ενδεικτική τιμή	0,95	0,85	0,65

Ε-6: Συντελεστής απόδοσης εφαρμογής αρδευτικού νερού

Συντελεστής απόδοσης μεταφοράς και εφαρμογής αρδευτικού νερού		Μικρο-άρδευση	Καταιονισμός	Αυλάκια
Κλειστοί αγωγοί υπό πίεση	Συλλογικά δίκτυα (άνω των 1,000 στρ,)	0,760	0,680	0,520
	Μικρά ομαδικά ή μεμονωμένα δίκτυα	0,903	0,808	0,618
Ανοιχτοί αγωγοί	Συλλογικά δίκτυα (άνω των 1,000 στρ,)	0,570	0,510	0,390
	Μικρά ομαδικά ή μεμονωμένα δίκτυα	-	-	-

Ε-7: Συντελεστής απόδοσης μεταφοράς και εφαρμογής αρδευτικού νερού

Περιφ, Ενότητα / Είδος δικτύου	Αρδευ-θείσες εκτάσεις 2004 [1,2] (km^2)	Ποσοστό εκτάσεων (%)	Ποσοστό εκτάσεων ανά αρδευτική μέθοδο			Συντε-λεστής δικτύου	Συντε-λεστής Περιφ, Ενότητας
			Μικρο-άρδευση (%) [1,2]	Καταιο-νισμός (%) [1,2]	Αυλάκια (%) [1,2]		
Τρίκαλα	380						
Συλλογικά δίκτυα (ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ)	138,99	37					
- Αγωγοί υπό πίεση			14	84	0	0,687	*0,782*
- Ανοιχτοί αγωγοί			0	0	2		
Μικρά ομαδικά ή μεμονωμένα δίκτυα	241,01	63					
- Αγωγοί υπό πίεση			22	78	0	0,837	
- Ανοιχτοί αγωγοί			0	0	0		

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ), [2] Γκούμας (2011)

Ε-8: Συντελεστής απόδοσης μεταφοράς και εφαρμογής αρδευτικού νερού στην Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων

Περιφ, Ενότητα / Είδος δικτύου	Αρδευ-θείσες εκτάσεις 2004 [1,2] (km^2)	Ποσοστό εκτάσεων (%)	Ποσοστό εκτάσεων ανά αρδευτική μέθοδο			Συντε-λεστής δικτύου	Συντε-λεστής Περιφ, Ενότητας
			Μικρο-άρδευση (%) [1,2]	Καταιο-νισμός (%) [1,2]	Αυλάκια (%) [1,2]		
Καρδίτσα	812,5						
Συλλογικά δίκτυα (ΤΟΕΒ/ΓΟΕΒ)	168,39	21					
- Αγωγοί υπό πίεση			9	14	0	0,544	*0,754*
- Ανοιχτοί αγωγοί			12	49	16		
Μικρά ομαδικά ή μεμονωμένα δίκτυα	644,11	79					
- Αγωγοί υπό πίεση			1	99	0	0,808	
- Ανοιχτοί αγωγοί			0	0	0		

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ), [2] Γκούμας (2011)

Ε-9: Συντελεστής απόδοσης μεταφοράς και εφαρμογής αρδευτικού νερού στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας

Είδος ζώου	Υδατικές ανάγκες [1] (m^3/ημέρα/ανά ζώο)	Αριθμός Ζώων [1]	Πρωτογενής ετήσια ζήτηση νερού κτηνοτροφικής χρήσης (hm^3)	Τελική ετήσια ζήτηση νερού κτηνοτροφικής χρήσης (απώλειες 40%) [2] (hm^3)
Βοοειδή	0,0800	26,117	0,76	1,27
Προβατοειδή	0,0080	294,297	0,86	0,86
Αίγες	0,0080	127,136	0,37	0,37
Χοίροι	0,0800	79,657	2,33	3,88
Ιπποειδή-Όνοι	0,0360	1,918	0,03	0,04
Κουνέλια	0,0040	18,104	0,03	0,04
Πουλερικά	0,0002	698,805	0,05	0,09
Σύνολο	-	1,246,034	4,42	*6,55*

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ),

[2] Για τις ανάγκες των αιγοπροβατοειδών οι απώλειες θεωρούνται μηδενικές

Ε-10: Ζήτηση νερού για κτηνοτροφική χρήση στην περιοχή μελέτης

Επωνυμία [1]	Δραστηριότητα [1]	Υδροδότηση [1]	Ημερήσια κατανάλωση νερού [1] (m^3)	Πρωτογενής ετήσια ζήτηση νερού (hm^3)	Τελική ετήσια ζήτηση νερού (hm^3)
ΑΛΕΞ, Π, ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΣ Α,Β,Ε,Ε,	Παραγωγή φυτικών και ζωικών ελαίων και λιπών	Ιδιωτική Γεώτρηση	20	0,007	0,007
ΑΦΟΙ Γ,ΜΗΤΣΙΑΔΗ- Α, ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΟΥ Ο,Ε,	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	Ιδιωτική Γεώτρηση	40	0,015	0,015
Δ, & Σ, ΜΗΤΣΙΑΔΗΣ & ΥΙΟΙ Ο,Ε,	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	Ιδιωτική Γεώτρηση	40	0,015	0,015
ΕΝΩΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΣΥΝ/ΣΜΩΝ ΤΡΙΚΑΛΩΝ	Προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών	Ιδιωτική Γεώτρηση	150	0,055	0,055
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ "ΤΡΙΚΚΗ"	Παραγωγή γαλακτοκομικών προιόντων	Ιδιωτική Γεώτρηση	300	0,110	0,110
ΜΠΑΤΑΓΙΑΝΝΗΣ ΗΛΙΑΣ	Κατεργασία και δέψη δέρματος	Ιδιωτική Γεώτρηση	23,3	0,009	0,009
ΠΛΕΞΙΔΑΣ ΑΘ, & ΥΙΟΙ ΟΕ	Παραγωγή γαλακτοκομικών προιόντων	Ιδιωτική Γεώτρηση	667	0,243	0,243
ΤΥΡΑΣ Α,Ε,	Παραγωγή γαλακτοκομικών προιόντων	Ιδιωτική Γεώτρηση	366	0,134	0,134
ΥΙΟΙ Θ, ΤΣΑΡΟΥΧΑ ΟΕ	Παραγωγή τσιμέντου, ασβέστη και γύψου	Δημόσιο Δίκτυο	30	0,011	0,018
ΦΑΓΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ Α,Ε,	Παραγωγή γαλακτοκομικών προιόντων	Δημόσιο Δίκτυο - Ιδιωτική Γεώτρηση	301	0,110	0,137
HELLAS FARM ΑΒΕΕ (ΠΡΩΗΝ ΕΛΒΙΚ ΑΒΕΕ)	Σφαγείο	2 ιδιωτικές γεωτρήσεις	1,184	0,432	0,432
Σύνολο			3,121,3	1,14	*1,17*

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)

Ε-11: Ζήτηση νερού για βιομηχανική χρήση στην περιοχή μελέτης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων

Νομός/Δήμος	Ύδρευση		Άρδευση	
	Υπόγεια ύδατα	Επιφανειακά ύδατα	Υπόγεια ύδατα	Επιφανειακά ύδατα
	Π: Πηγές Γ: Γεωτρήσεις	Τ: Ταμιευτήρες Λ: Φυσικές Λίμνες Π: Ποταμοί	Π: Πηγές Γ: Γεωτρήσεις	Τ: Ταμιευτήρες Λ: Φυσικές Λίμνες Π: Ποταμοί
Τρικάλων				
1, Τρικκαίων	Γ(100%)		Γ(70%)	Π(30%)
2, Μεγάλων Καλυβίων	Γ(100%)		Γ(70%)	Π(30%)
3, Εστιαιώτιδας	Γ(100%)		Γ(55%)	Π(45%)
4, Καλλιδενδρίου	Γ(100%)		Γ(90%)	Π(10%)
5, Κόζιακα	Γ(50%), Π(50%)		Γ(30%), Π(60%)	Π(10%)
6, Φαλώρειας	Γ(90%), Π(10%)		Γ(100%)	
7, Παληοκάστρου	Γ(100%)		Γ(100%)	
8, Παραληθαίων	Γ(80%), Π(20%)		Γ(90%)	Π(10%)
9, Πύλης	Γ(100%)		Γ(50%)	Π(50%)
10, Πιαλείων	Γ(30%), Π(70%)		Γ(90%)	Π(10%)
11, Γόμφων	Γ(100%)		Γ(100%)	
12, Πινδαίων	Π(100%)		Π(100%)	
13, Αιθηκών	Π(100%)		Π(100%)	
14, Καλαμπάκας	Γ(100%)		Γ(100%)	
15, Βασιλικής	Γ(100%)		Γ(90%)	Π(10%)
16, Χασίων	Γ(100%)		Γ(100%)	
17, Καστανιάς	Π(100%)		Π(50%)	Π(50%)
18, Κλεινοβού	Γ(20%), Π(80%)		Π(100%)	
19, Μαλακασίου	Γ(30%), Π(70%)		Γ(30%), Π(70%)	
20, Τυμφαίων	Γ(50%), Π(50%)		Π(40%)	Τ(30%), Π(30%)
21, Φαρκαδόνας	Γ(100%)		Γ(100%)	
22, Οιχαλίας	Γ(100%)		Γ(25%)	Π(75%)
23, Πελλιναίων	Γ(100%)		Γ(25%)	Π(75%)
Καρδίτσας				
24, Μουζακίου	Γ(80%), Π(10%)	Τ(10%)	Γ(100%)	
25, Ιθώμης	Γ(100%)		Γ(100%)	
26, Παμίσου	Γ(100%)		Γ(30%)	Τ(60%), Π(10%)
27, Σελλάνων		Τ(100%)	Γ(50%)	Π(50%)
28, Παλαμά	Π(25%), Γ(25%)	Τ(50%)	Γ(40%)	Τ(60%)
29, Πλαστήρα	Π(50%)	Τ(50%)		Τ(100%)
30, Καρδίτσης		Τ(100%)	Γ(20%)	Τ(80%)
31, Μητρόπολης	Γ(100%)		Γ(100%)	

ΣΤ-1: Υφιστάμενη πρακτική απολήψεων στην περιοχή μελέτης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

Κατανάλωση νερού

Είδος ζώου	Υδατικές ανάγκες [1] (l/ημέρα)	Υγρά απόβλητα [2] (l/kg ZB[*] / ημέρα)	Μέσο βάρος [3] (kg)	Υγρά απόβλητα (l/ημέρα)	Νερό πλύσης [1] (l/ημέρα)	Συνολική εκροή νερού	Ποσοστό κατανά-λωσης νερού (%)
Μοσχάρια	80	0,046	450,0	20,7	14	34,7	56,6
Αιγο-πρόβατα	8	0,036	60,0	2,2	0	2,2	73,0
Χοίροι	80	0,051	60,0	3,1	18	21,1	73,7
Πουλερικά	0,2	0,066	1,8-2,2	0,13	0,04 [4]	0,17	14,0

[*] ZB= Ζων Βάρος

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)

[2] Taiganides (1978), κατά Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011δ)

[3] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (2011δ)

[4] Παραδοχή ότι το νερό πλύσης στα πουλερικά είναι ~20%

Ζ-1: Κατανάλωση νερού ανά είδος ζώου στην κτηνοτροφία

Είδος ζώου	Ποσοστό κατανάλωσης νερού κτηνοτροφικής χρήσης (%)	Ποσοστό ετήσιας τελικής ζήτησης νερού κτηνοτροφικής χρήσης (%)	Μεσοσταθμική ποσοστιαία κατανάλωση νερού κτηνοτροφικής χρήσης (%)
Μοσχάρια	56,6	19,4	11,0
Αιγοπρόβατα	73,0	18,8	13,7
Χοίροι	73,7	59,2	43,6
Πουλερικά	14,0	1,3	1,3
		98,6	*70,5*

Ζ-2: Κατανάλωση νερού κτηνοτροφικής χρήσης στην περιοχή μελέτης

Δραστηριότητα	Κύρια χρήση νερού [1]	Εκτίμηση Ποσοστού Κατανάλωσης (%)	Αναφορά
Παραγωγή δομικών υλικών (πχ, τούβλα, πλακίδια, τσιμέντο, ασβέστης και γύψος)	Ανάμιξη με τα γεωυλικά	94	Koroneos and Dompros (2007)
Σφαγείο	Έκπλυση εξοπλισμού, Έκπλυση σφάγιων	20	Johns (1995)
Κατεργασία και δέψη δέρματος	Έκπλυση εξοπλισμού, Επεξεργασία πρώτης ύλης	0	IPPC (2003)
Προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών	Έκπλυση εξοπλισμού, Επεξεργασία πρώτης ύλης	0	Εκτίμηση με βάση την κύρια χρήση του νερού
Παραγωγή φυτικών και ζωικών ελαίων και λιπών	Έκπλυση εξοπλισμού, Παραγωγή προϊόντος	20	Εκτίμηση με βάση την κύρια χρήση του νερού
Παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων	Έκπλυση εξοπλισμού, Παραγωγή προϊόντος	20	Εκτίμηση με βάση την κύρια χρήση του νερού

[1] Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος (2005γ)

Ζ-3: Κατανάλωση νερού στη βιομηχανία

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η

Εγκαταστάσεις αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων

ΕΕΛ / Αποχέτευση	Εξυπηρετού-μενοι οικισμοί	Πραγματικός πληθυσμός οικισμών (Απογραφή 2001)	Επεξεργασία	Δυνα-μικότητα (ΜΙΠ)	Ποσοστό κάλυψης δικτύου αποχέτευσης (%)	Εξυπηρετού-μενος πραγματικός πληθυσμός	Πραγματικός πληθυσμός καποδιστρι-ακού δήμου (Απογραφή 2001)	Ποσοστό λυμάτων καποδιστρι-ακού δήμου (%)	Αποδέκτης
ΕΕΛ									
Τρικάλων	Τρίκαλα	48.686	2NP	37.500	70	34.080	51.862	65,7	Ληθαίος
Καλαμπάκας	Καλαμπάκα / Καστράκι	7.392 / 1.203	2NP	20.000	40 / 100	4.160	11.841	35,1	Πηνειός
Φαρκαδόνας	Οικισμός Ελληνοποντίων	500	2N	500	100	500	7.093	7,0	Πηνειός
Καρδίτσας	Καρδίτσα	32.031	2NP	36.000	90 (+5)	28.828	37.768	76,3	Καλέντζης
Αποχέτευση									
Αγιόφυλλου	Αγιόφυλλο	543	-	-	20	109	3.736	2,9	ρέμα, μετά Ίων
Χρυσομηλιάς	Χρυσομηλιά	755	-	-	50	378	2.301	16,4	απορροφητικοί βόθροι
Φωτεινού	Φωτεινό	410	-	-	90	369	2.103	17,5	ρέμα, μετά Ίων

Η-1: Χαρακτηριστικά υφιστάμενων εγκαταστάσεων αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων

ΕΕΛ	Εξυπηρετού-μενοι οικισμοί	Πραγματικός πληθυσμός οικισμών (Απογραφή 2001)	Επεξερ-γασία	Δυνα-μικότητα (ΜΙΠ)	Ποσοστό κάλυψης δικτύου αποχέτευσης (%)	Εξυπηρετού-μενος πληθυσμός	Πραγματικός πληθυσμός καποδιστρι-ακού δήμου (Απογραφή 2001)	Ποσοστό λυμάτων καποδιστρι-ακού δήμου (%)	Αποδέκτης
Αγιόφυλλου	Αγιόφυλλο	543	-	-	20	109	3.736	2,9	ρέμα, μετά Ίων
Χρυσομηλιάς	Χρυσομηλιά	755	-	800	100	755	2.301	32,8	άρδευση δασικών εκτάσεων
Μουζακίου	Μουζάκι, Μαυρομμάτι	4.210	-	7.000	100	4.210	10.148	41,5	Παμισός
Οιχαλίας	Οιχαλία (Νεοχώρι)	2.936	-	-	100	2.936	5.783	50,8	Νεοχωρίτης
Μ, Καλυβίων	Μ, Καλύβια	2.151	-	-	100	2.151	3.169	67,9	Ληθαίος
Φαρκαδόνας	Φαρκαδόνα	2.387	-	-	100	2.387	7.093	33,7	Πηνειός

Η-2: Χαρακτηριστικά εγκαταστάσεων αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων υπό κατασκευή ή με ολοκληρωμένες μελέτες

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ

Μοντελοποίηση - Αλγόριθμοι υπολογισμού

Είδος μεταβλητής	Διαδικασία υπολογισμού μέσου ποσοστού απολήψεων λεκάνης ανά υδατικό πόρο	
	Μεταβλητή	**Αλγεβρική έκφραση**
Υφιστάμενη	Area	#Value#
	K_c	#Value#
	Percent of Effective Precipitation	#Value#
	Precipitation	#Value#
	PET_{ref}	#Value#
	Irrigation Efficiency Coefficient	#Value#
Νέα	PET_{crop}	K_c*PET_{ref}
	Available Precipitation	Percent of Effective Precipitation*Precipitation
	Irrigation Need per crop	Max(0,(PETcrop-Available Precipitation))
	Supply Required per crop	(Irrigation Need per crop/Irrigation Efficiency Coefficient)*Area
	Supply Required per municipality	**Σ**Supply Required per crop
	Supply Required per catchment	**Σ**Supply Required per municipality
	Fraction from GW per municipality	#Value#
	Supply Required from GW per municipality	Supply Required per municipality*Fraction from GW per municipality
	Supply Required from GW per catchment	**Σ**Supply Required from GW per municipality
	Fraction from GW per catchment	Supply Required from GW per catchment/Supply Required per catchment
	Fraction from SW per catchment	**Σ**(Supply Required per municipality*Fraction from SW per municipality)/Supply Required per catchment
	Fraction from Springs per catchment	**Σ**(Supply Required per municipality*Fraction from Springs per municipality)/Supply Required per catchment
	Fraction from Dams per catchment	**Σ**(Supply Required per municipality*Fraction from Dams per municipality)/Supply Required per catchment

Θ-1: Νέες μεταβλητές και αλγεβρικές εκφράσεις που εισήχθησαν στο WEAP21 για την εξαγωγή του μέσου ποσοστού απολήψεων ανά υδατικό πόρο σε επίπεδο λεκάνης

Crop requirements are calculated assuming a demand site with simplified hydrological and agro-hydrological processes such as precipitation, evapotranspiration, and crop growth emphasizing irrigated and rainfall agriculture. Non-agricultural land classes can be included as well. The following equations were used to implement this approach where subscripts $_{LC}$ is land cover, $_{HU}$ is hydro-unit, $_{I}$ is irrigated, and $_{NI}$ is non-irrigated:

$$PrecipAvailableForET_{LC} = Precip_{HU} * Area_{LC} * 10^{-5} * PrecipEffective_{LC}$$

$$ETpotential_{LC} = ETreference_{HU} * Kc_{LC} * Area_{LC} * 10^{-5}$$

$$PrecipShortfall_{LC,I} = \text{Max}\ (\ 0,\ ETpotential_{LC,I} - PrecipAvailableForET_{LC,I}\ )$$

$$SupplyRequirement_{LC,I} = (1\ /\ IrrFrac_{LC,I}\ ) * PrecipShortfall_{LC,I}$$

$$SupplyRequirement_{HU} = \sum_{LC,I} SupplyRequirement_{LC,I}$$

The above four equations are used to determine the additional amount of water (above the available precipitation) needed to supply the evapotranspiration demand of the land cover (and total hydro unit) while taking into account irrigation efficiencies.

Based on the system of priorities, the following quantities can be calculated:

$$Supply_{HU} = \text{Calculated by WEAP allocation algorithm}$$

$$Supply_{LC,I} = Supply_{HU} * (\ SupplyRequirement_{LC,I}\ /\ SupplyRequirement_{HU}\ )$$

$$ETActual_{LC,NI} = \text{Min}\ (ETpotential_{LC,NI}\ ,\ PrecipAvailableForET_{LC,NI}\ )$$

$$ETActual_{LC,I} = \text{Min}\ (ETpotential_{LC,I}\ ,\ PrecipAvailableForET_{LC,I}\ ) + IrrFrac_{LC,I} * Supply_{LC,I}$$

$$EF_{LC} = ETActual_{LC}\ /\ ETpotential_{LC}$$

As a result, the actual yield can be calculated with the following equation:

$$ActualYield_{LC} = PotentialYield_{LC} * \text{Max}\ (\ 0,\ (1 - YieldResponseFactor_{LC} * (1 - EF_{LC}\ )\ )\ )$$

In the Irrigation Demands Only method, runoff is not calculated. In the Rainfall Runoff method, runoff to both groundwater and surface water can be calculated with the following equations:

$$Runoff_{LC} = \text{Max}\ (\ 0,\ PrecipAvailableForET_{LC} - ETpotential_{LC})$$
$$+ (Precip_{LC} * (1 - PrecipEffective_{LC}\ ))$$
$$+ (1 - IrrFrac_{LC,I}\ ) * Supply_{LC,I}$$

$$RunoffToGW_{HU} = \sum_{LC} (Runoff_{LC} * RunoffToGWFraction_{LC}\ )$$

$$RunoffToSurfaceWater_{HU} = \sum_{LC} (Runoff_{LC} * (1 - RunoffToGWFraction_{LC}\ )\ )$$

Units and definitions for all variables above are:
Area [HA] - Area of land cover
Precip [MM] - Precipitation
PrecipEffective [%] - Percentage of precipitation that can be used for evapotranspiration
PrecipAvailableForET [MCM] - Precipitation available for evapotranspiration
Kc [-] - FAO crop coefficient
ETreference [MM] - Reference crop evapotranspiration
ETpotential [MCM] - Potential crop evapotranspiration
PrecipShortfall [MCM] - Evapotranspiration deficit if only precipitation is considered
IrrFrac [%] - Percentage of supplied water available for ET (i.e. irrigation efficiency)
SupplyRequirement [MCM] - Crop irrigation requirement
Supply [MCM] - Amount supplied to irrigation (calculated by WEAP allocation)
EF [-] - Fraction of potential evapotranspiration satisfied

Θ-2: Αλγόριθμος υπολογισμού της Μεθόδου Βροχής-Απορροής κατά FAO
(Πηγή: SEI, 2011)

For each $p = 1$ to P — for each demand priority

For each $f = 1$ to $F \in (D_k^{p,t-n})$ — for each supply preference to demand, k

maximize (Coverage to all demand sites $k \in N$ with priority p)

$Z = C_p$

subject to

$\sum_{j=1}^{n} x_{j,i}^{p} - \sum_{r=1}^{m} x_{i,r}^{p} + S_i^{t-1} = S_i^{t}$ — mass balance constraint with storage for node i to node r

$\sum_{j=1}^{F} x_{j,k}^{p} = \mathbf{D}_k^{p,t-n}$ — demand node constraint for demand k from j sources

$\sum_{j=1}^{F} x_{j,k}^{p} = \mathbf{D}_k^{p,t-n} * c_k^{p}$ — coverage consraint for demand k from j sources

$\sum_{j=1}^{m} x_{j,k}^{p} \geq \mathbf{D}_k^{p,t-n} * c_k^{p}$ — coverage constraint for ifr and reservoirs k from j sources

$\mathrm{c}_k^{p} = C$ — equity constraint for demand site k with priority p

$\mathrm{c}_k^{p} \geq C$ — equity constraint for ifr and reservoirs with priority p

$0 \leq \mathrm{c}_k^{p} \leq 1$ — bound for demand site coverage variables (not ifr or reservoirs)

$x_{i,l}^{>p} = 0$ — for demand sites l with priority $> p$

$x_{i,k}^{p} \geq 0$ — for demand sites k with priority $= p$

$x_{i,k}^{f} \geq 0$ — for demand sites k with preference $= f$

$x_{i,k}^{>f} = 0$ — for demand sites k with preference $> f$

Solve LP, then

1. Evaluate shadow prices (h_k^{p}) of each equity constraint, is $h_k^{p} > 0$?
2. If so, set $x_{j,k}^{p}$ and c_k to optimal values from solution
3. Remove equity constraints with $h_k^{p} > 0$

Next iteration for current priority, p

4. Set $x_{i,k}^{f}$ to optimal values

Next f

Next p

Θ-3: Αλγόριθμος γραμμικού προγραμματισμού για τη διανομή νερού στο WEAP21
(Πηγή: Yates et al,, 2005)