



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Π.Μ.Σ. «*Φυσικοί Πόροι, Γεωπεριβάλλον και Γεωργική Μηχανική*»

Κατεύθυνση: «*ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ και ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ*»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Σχεδιασμός και Ανάλυση Αρδευτικού Δικτύου υπό Πίεση στο Αρκαδικό του Δήμου Επιδαύρου»

Σωτήριος Σ. Προύντζος

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΙΟΣ 2019

Επιβλέπων: **Νικόλαος Δέρκας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ**



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Π.Μ.Σ. «*Φυσικοί Πόροι, Γεωπεριβάλλον και Γεωργική Μηχανική*»

Κατεύθυνση: «*ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ και ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ*»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Σχεδιασμός και Ανάλυση Αρδευτικού Δικτύου
υπό Πίεση στο Αρκαδικό του Δήμου Επιδαύρου»**

**“Design and Analysis of Pressurized Irrigation Network in
Arcadiko of the Municipality of Epidaurus”**

Σωτήριος Σ. Προύντζος

Επιβλέπων: **Νικόλαος Δέρκας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την: .../.../2019

Νικόλαος Δέρκας, Επιβλέπων (Υπογραφή)

Διονύσιος Καλύβας, Μέλος (Υπογραφή)

Ιωάννης Αργυροκαστρίτης, Μέλος (Υπογραφή)

Copyright © Σωτήριος Σ. Προύντζος, 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν επίσημες θέσεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

*Στην οικογένειά μου,
Σπύρο, Ασημίνα και Νικόλα.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μέσα από τη διατριβή αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου στο ΓΠΑ, δηλώνοντας ιδιαίτερα ευτυχής καθώς βρέθηκα να έχω την καθοδήγηση και τη στήριξη πολλών αξιόλογων ανθρώπων. Από τη θέση αυτή έχω την ελάχιστη υποχρέωση και την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά:

Τον Επιβλέποντα της διατριβής, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής ΓΠΑ, κ. Νικόλαο Δέρκα, τόσο για την υπόδειξη του συγκεκριμένου θέματος, όσο και για την καθοδήγησή του. Επιπρόσθετα, τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης και συγγραφής της εργασίας και κυρίως για το απαράμιλλο ήθος του, την έμπνευση, τη μαχητικότητα που εμφύσησε και τις ποικίλες ευεργετικές γνώσεις που διαχέει προς τους φοιτητές του γενικότερα. Η αγάπη του για τη δουλειά και το επιστημονικό του αντικείμενο, για το εργαστήριο και άλλο τόσο για το πεδίο, ως Γεωπόνος και ως Πολιτικός Μηχανικός, έχοντας τη δύναμη ενός έφηβου φοιτητή, υπήρξε κίνητρο για τις δυσκολίες που συνάντησα και αποτελεί πρότυπο για τους νέους επιστήμονες.

Το μέλος της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, Καθηγητή του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής ΓΠΑ, κ. Διονύσιο Καλύβα, για τη στήριξη, τις πολύτιμες γνώσεις που παρείχε στο επιστημονικό πεδίο της Γεωπληροφορικής και των GIS, αλλά και για την υπομονή που έδειξε συνολικά κατά τη διάρκεια των σπουδών.

Το μέλος της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής ΓΠΑ, κ. Ιωάννη Αργυροκαστρίτη, ο οποίος με τίμησε με τη συμμετοχή του ως μέλος στην Επιτροπή, τις εύστοχες και καλοπροαίρετες κριτικές του, ώστε το παρόν πόνημα να καταστεί αρτιότερο.

Σε όλη την Εξεταστική Επιτροπή της Διατριβής συνολικά. Τους είμαι ευγνώμων.

Τον Δρ. Κωνσταντίνο Σούλη, Γεωπόνο – ΕΔΙΠ του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής ΓΠΑ, για την κατανόηση και τις χρήσιμες συμβουλές του στον τομέα της Υδραυλικής και της εφαρμογής αυτής σε περιβάλλοντα ΓΣΠ. Η βοήθειά του ήταν πολύτιμη και ουσιαστική.

Τον Δρ. Δημήτριο Συκά, Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, διδάκτορα στον τομέα της Ψηφιακής Τηλεπισκόπησης και Γεω – Αλγορίθμων της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, για τις εφαρμοσμένες επιστημονικές γνώσεις του και τις πρακτικές συμβουλές στον τομέα της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ.

Επίσης, την Τεχνική Υπηρεσία και το προσωπικό του Δήμου Επιδαύρου για την παροχή σημαντικών δεδομένων αλλά και πληροφοριών σχετικά με την υπάρχουσα κατάσταση της περιοχής ενδιαφέροντος. Οι τεκμηριωμένες απόψεις τους υπήρξαν καθοριστικές και η προθυμία τους χαρακτηριστική. Από την Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδας, τα στελέχη του Τμήματος Εποικισμού και Αναδασμού και τον κ. Θεόδωρο

Χαραμή, Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό – Συγκοινωνιολόγο MSc, της Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων, για την παροχή όλων των σχετικών τεχνικών δεδομένων.

Τους φίλους μου και τους συμφοιτητές μου από το Π.Μ.Σ. για την κατανόηση και τη στήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών και ιδίως με την εντατική ενασχόλησή μου με την παρούσα διατριβή.

Τέλος, τις πλέον θερμές ευχαριστίες θα δώσω στην οικογένειά μου στο Ναύπλιο, για την αγάπη, την ηθική και υλική συμπαράστασή τους αυτά τα χρόνια. Για τα εφόδια που μου έχουν προσφέρει ώστε να αντιμετωπίζω τις δυσκολίες που παρουσιάζονται, αλλά και να αγωνίζομαι διαρκώς για ένα καλύτερο αύριο. Χωρίς τη δύναμή τους δε θα είχα φθάσει ως εδώ. Τους ευχαριστώ πραγματικά.

Σωτήριος Σπ. Προύντζος

Μάιος 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή στοχεύει στο σχεδιασμό και στην ανάλυση ενός αρδευτικού δικτύου υπό πίεση ελεύθερης ζήτησης στην Τ.Κ. Αρκαδικού του Δήμου Επιδαύρου. Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση των συλλογικών αρδευτικών δικτύων υπό πίεση και η ανάγκη για ορθολογική διαχείριση υδατικών πόρων, δημιουργούν προϋποθέσεις για τη βελτίωση των αγροτικών καλλιεργειών στην ελληνική πραγματικότητα. Ως αποτέλεσμα, τα πλεονεκτήματα θα είναι κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά για την εκάστοτε περιοχή.

Η διερεύνηση αυτή περιλαμβάνει την ανάπτυξη των θεμελιωδών αρχών σχεδιασμού και λειτουργίας των αρδευτικών δικτύων υπό πίεση, από τις οποίες δομούνται τα μοντέλα σχεδιασμού και οι προσομοιώσεις της λειτουργίας αυτών αντίστοιχα. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε το μείζον καλλιεργήσιμο τμήμα από το Αρκαδικό Επιδαύρου, το οποίο απαρτίζεται πλειοψηφικά από ελαιόδενδρα από πλευράς χρήσης και κάλυψης γης, ενώ δεν υφίστανται έργα έγγειων βελτιώσεων. Ο σχεδιασμός του δικτύου και η χωρική ανάλυση της επιλεγμένης έκτασης, ως προς το ιδιοκτησιακό καθεστώς και τα εφαρμοσμένα όρια, υλοποιήθηκε με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Βάσεων Δεδομένων, ώστε να παραχθούν οι τελικοί ψηφιακοί χάρτες και γεωβάσεις με τα αναγκαία χωρικά δεδομένα στο ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα QGIS.

Η προσομοίωση της λειτουργίας του νέου δικτύου πραγματοποιήθηκε με το ελεύθερο λογισμικό COPAM, μέσω του οποίου υπολογίσθηκαν οι διάμετροι των αγωγών, η παροχή σχεδιασμού του έργου και το κόστος του συστήματος των αγωγών. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση υδραυλικής επάρκειας μέσα από τις δυνατότητες του λογισμικού. Τέλος, για την εξέταση της ανταπόκρισης του δικτύου σε μελλοντικές μεταβολές των αρδευτικών αναγκών στο χώρο εφαρμογής, επομένως και του παράγοντα της ζήτησης, εκπονήθηκε συγκριτική ποσοτική ανάλυση ως προς την παράμετρο της ειδικής συνεχούς παροχής q_0 . Συνεπώς, δομήθηκαν εναλλακτικά σενάρια λειτουργίας του συλλογικού δικτύου που σχεδιάστηκε, η αξιολόγηση των οποίων επισημαίνει την αδιάλειπτη λειτουργία του σε δυνητική αναμόρφωση αρχικώς ή μελλοντικά.

Λέξεις Κλειδιά: Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα, Λειτουργία Ελεύθερης Ζήτησης, Σχεδιασμός, Χωρική Ανάλυση, Γεωβάση, Ανάλυση Υδραυλικής Επάρκειας, Ποσοτική Ανάλυση

ABSTRACT

The current Master thesis aims at the design and analysis of an on – demand pressurized irrigation network in the Local Community Arcadiko of the Municipality of Epidaurus. The ever – increasing use of collective pressurized irrigation networks and the necessity for a more rational management of water resources lend themselves to the overall improvement of the agricultural crops in Greek reality. As a result, the benefits will be of social, economic and environmental nature for the respective regions.

This investigation includes the development of the fundamental principles of design and operation of pressurized irrigation networks, that form the basis of the design models and the simulations of their operation. As a study area, the major cultivated part of Arcadiko of Epidaurus was selected, which is mostly comprised of olive trees in terms of land use and land cover, whereas no reclamation projects have been implemented. The network design and spatial analysis of the chosen area, regarding ownership status and applicable boundaries, was implemented using the Geographic Information Systems and Databases to produce the final digital maps and geodatabases with the necessary spatial data, applied in the free open source QGIS software.

Simulation of the operation of the new network was performed with the free COPAM (Combined Optimization and Performance Analysis Model) software, through which the pipeline diameters, the design of the project and the cost of the pipeline system were calculated. Hydraulic efficiency analysis was then conducted through the software capabilities. Finally, in order to examine the network's response to future variations in the research field with regards to the irrigation needs and to therefore accordingly calculate the demand factor, a comparative quantitative analysis was enacted on the specific continuous discharge q_0 parameter. Therefore, alternative scenarios of the planned collective network were constructed, the evaluation of which indicates its uninterrupted operation in contingent reforming initially or in the future.

Key Words: Collective Irrigation Networks, On – Demand Operation, Design, Spatial Analysis, Geodatabase, Hydraulic Efficiency Analysis, Quantitative Analysis

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	vi
Περίληψη.....	ix
Abstract.....	x
Ευρετήριο Περιεχομένων.....	1
Συνοτμήσεις – Ακρωνύμια.....	12
1. Εισαγωγή.....	14
1.1 Αντικείμενο και Στόχοι της Μελέτης.....	14
1.2 Περίγραμμα Ενοτήτων της Διατριβής.....	15
1.3 Κατάλογος Λογισμικών.....	15
2. Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα Υπό Πίεση.....	16
2.1 Εισαγωγικές Έννοιες – Εγγειοβελτιωτικά Έργα.....	16
2.1.1 Ταξινόμηση των Εγγειοβελτιωτικών Έργων.....	17
2.1.2 Αρδευτικά Έργα και Μέθοδοι Άρδευσης.....	17
2.2 Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα.....	18
2.2.1 Προσδιορισμός αρδευτικών αναγκών.....	21
2.2.2 Οριοθέτηση της αρδευτικής περιμέτρου.....	23
2.2.3 Μεθοδολογία βέλτιστης χάραξης.....	23
2.2.4 Προσδιορισμός των παροχών μελέτης σε δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση.....	24
2.2.5 Επιλογή της παροχής και της πίεσης των υδροστομίων.....	31
2.2.6 Οικονομική βελτιστοποίηση των διαμέτρων.....	33
2.3 Ανάλυση της λειτουργίας συλλογικού δικτύου άρδευσης.....	34
2.3.1 Η ανάλυση λειτουργίας υπό πίεση δικτύου άρδευσης.....	34
2.3.2 Η σημασία της ανάλυσης της λειτουργίας ενός δικτύου.....	36
2.3.3 Οι χρήστες – η ζήτηση.....	37
2.4 Το δίκτυο ως σύστημα αγωγών.....	38
2.4.1. Ανάλυση σε επίπεδο δικτύου.....	39
2.4.2 Χαρακτηριστικές καμπύλες του συστήματος των αγωγών.....	39

2.5 Ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου.....	43
2.6 Ολοκληρωμένη ανάλυση του δικτύου (χρήστες + σύστημα αγωγών + έργο κεφαλής).....	45
2.7 Συμπεράσματα της ανάλυσης.....	46
3. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Ανάλυση Χωρικών Δεδομένων....	48
3.1 Βασικές Έννοιες των ΓΣΠ.....	48
3.2 Τα Συστατικά Μέρη των ΓΣΠ.....	50
3.3 Χωρικά Δεδομένα και Μοντέλα Δεδομένων.....	51
3.4 Οπτικοποίηση των Χωρικών Δεδομένων.....	52
3.5 Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων.....	56
4. Σχεδιασμός Συλλογικού Αρδευτικού Δικτύου Υπό Πίεση – Εφαρμογή στο Αρκαδικό Επιδαύρου.....	60
4.1 Επισκόπηση της Περιοχής Μελέτης – Υπάρχουσα Κατάσταση.....	60
4.1.1 Τοποκλιματικά Δεδομένα της Περιοχής Μελέτης.....	61
4.1.2 Γεωλογικά και Εδαφολογικά Στοιχεία.....	65
4.1.3 Υδρολογικές Συνθήκες.....	66
4.1.4 Δημογραφικά και Κτηματολογικά Στοιχεία.....	67
4.1.5 Γεωργικές Εκμεταλλεύσεις – Χρήσεις Γης.....	69
4.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Δικτύου.....	72
4.2.1 Στοιχεία Κεντρικού Αγωγού Διανομής Αναβάλου.....	73
4.2.2 Έργο Υδροληψίας για την Τ.Κ. Αρκαδικού.....	74
4.2.3 Γεωργικές Εκτάσεις της Περιοχής Μελέτης.....	75
4.3 Συλλογή και Διαχείριση Δεδομένων.....	76
4.4 Σχεδιασμός του Δικτύου.....	77
4.4.1 Θέση του Έργου.....	77
4.4.2 Όρια και Έκταση της Περιοχής Μελέτης.....	78
4.4.3 Περιγραφή της Χάραξης του Δικτύου.....	79

4.5 Δημιουργία Ψηφιακού Υποβάθρου και Θεματικών Επιπέδων.....	80
4.5.1 Επιλογή Χαρτογραφικού Υποβάθρου.....	80
4.5.2 Επεξεργασία των Ιδιοκτησιακών Δεδομένων.....	81
4.5.3 Ψηφιοποίηση Περιοχής Εφαρμογής και Αρδευτικών Μονάδων.....	84
4.5.4 Χωρικός Σχεδιασμός του Αρδευτικού Συστήματος.....	92
5. Ανάλυση λειτουργίας του υπό πίεση αρδευτικού δικτύου ελεύθερης ζήτησης.....	105
5.1 Το ελεύθερο λογισμικό COPAM (Combined Optimization and Performance Analysis Model)	105
5.1.1. Ο 1ος τύπος του Clément.....	111
5.1.2. Ο 2ος τύπος του Clément.....	112
5.1.3 Υπολογισμός των παροχών με τη μέθοδο Διαφόρων Παροχών του λογισμικού COPAM.....	113
5.1.4 Η χρήση του COPAM για τη βελτιστοποίηση με τη Μέθοδο της Μίας Παροχής.....	114
5.2 Μελέτη Εφαρμογής.....	119
5.2.1 Δεδομένα και παράμετροι σχεδιασμού.....	120
5.2.2 Δημιουργία αρχείου εισόδου.....	121
5.2.3 Υπολογισμός παροχών και διαστασιολόγηση νέου δικτύου.....	128
5.2.4 Ανάλυση λειτουργίας σε επίπεδο δικτύου.....	138
5.2.5 Ανάλυση λειτουργίας σε επίπεδο υδροστομίου.....	139
5.2.6 Αποτελέσματα ανάλυσης λειτουργίας του νέου δικτύου.....	140
5.3 Συγκριτική ποσοτική ανάλυση της ειδικής συνεχούς παροχής του νέου δικτύου.....	142
5.3.1 Σενάριο 1 ^ο – Αύξηση της ειδικής συνεχούς παροχής κατά 10%.....	143
5.3.2 Σενάριο 2 ^ο – Αύξηση της ειδικής συνεχούς παροχής κατά 20%.....	147
5.3.3 Σενάριο 3 ^ο – Αύξηση τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής 30%.....	150
5.3.4 Σενάριο 4 ^ο – Εξέταση ειδικής συνεχούς παροχής της ΜΟΣ Αναβάλου.....	154
5.3.5 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων.....	158

6. Συμπεράσματα – Προεκτάσεις	160
6.1 Συμπεράσματα και Αποτίμηση των Αποτελεσμάτων.....	160
6.2 Μελλοντικές Προεκτάσεις.....	163
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	165
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	167
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	170
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'.....	171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'.....	179
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	205

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Συνάρτηση κατανομής της τυποποιημένης μεταβλητής $U(P_q)$ και συντελεστής ποιότητας λειτουργίας P_q , (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).....	26
Πίνακας 4.1: Κατανομή νομών (Π.Ε.) ανά κλιματική ζώνη της ελληνικής επικράτειας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΚΕΝΑΚ, 2017).....	62
Πίνακας 4.2: Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα, οι μέσες μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, καθώς και η μέση των απολύτων μέγιστων και ελαχίστων θερμοκρασιών της περιόδου 1958 – 2010 του Μ.Σ. Πυργέλας, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).....	57
Πίνακας 4.3: Η εξέλιξη του πληθυσμού για το Δήμο Επιδαύρου και για την Π.Ε. Αργολίδας (Απογραφές 1991, 2001, 2011, ΕΛΣΤΑΤ).....	68
Πίνακας 4.4: Οικονομικώς ενεργός και μη ενεργός πληθυσμός Δήμου Επιδαύρου ανά Κοινότητα (ΕΛΣΤΑΤ, 2011).....	68
Πίνακας 4.5: Οι συντεταγμένες ακραίων σημείων της περιοχής μελέτης σε ΕΓΣΑ'87.....	78
Πίνακας 5.1: Συντελεστές τραχύτητας “ γ ” Bazin για διάφορα υλικά σωληνώσεων (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).....	119
Πίνακας 5.2: Στοιχεία διαμέτρων, υλικών και κόστους των αγωγών για το υπό μελέτη δίκτυο.....	121
Πίνακας 5.3: Αρχείο εισόδου <i>arcadico.inp</i> στο COPAM για το υπό μελέτη δίκτυο.....	127
Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM.....	136
Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM με το συνολικό κόστος των αγωγών.....	136
Πίνακας 5.6: Οι μεταβολές της ειδικής συνεχούς παροχής q για $Z_{κεφ}=400m$, συναρτήσει της $Q_{Clém}$ και του κόστους των αγωγών.....	137

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Διαδοχικά στάδια χάραξης αρδευτικού δικτύου (Τσακίρης και Δέρκας, 2006).....	23
Σχήμα 2.2: Παροχή σχεδιασμού των αγωγών σε σχέση με την εξοπλισμένη έκταση του δικτύου (δίκτυο με ελεύθερη ζήτηση), (Δέρκας, 1999).....	31
Σχήμα 2.3: Αναγκαίο φορτίο στην κεφαλή για την παροχή αιχμής, (Δέρκας, 2001)....	35
Σχήμα 2.4: Αναγκαίο φορτίο στην κεφαλή σε συνάρτηση με την καλουμένη παροχή, (Δέρκας, 2001).....	36

Σχήμα 2.5: Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό (αναφορά σε έτος ορισμένης συχνότητας επαναφοράς), (Δέρκας, 2001).....	38
Σχήμα 2.6: Κατανομή της συχνότητας εμφάνισης των παροχών: σε όλη την καλλιεργητική περίοδο (Καμπύλη 1) και στην περίοδο αιχμής (Καμπύλη 2), (Δέρκας, 2001).....	38
Σχήμα 2.7: Χαρακτηριστικές καμπύλες δικτύου για διάφορους συνδυασμούς ανοικτών υδροστομίων.....	40
Σχήμα 2.8: Ακραία σημεία (Z_2 , Q_2) των πραγματικών χαρακτηριστικών του δικτύου.....	41
Σχήμα 2.9: Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες (C_i), (Δέρκας, 2001).....	42
Σχήμα 2.10: Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες και σημείο μελέτης δικτύου, (Δέρκας, 2001).....	43
Σχήμα 2.11: Διάγραμμα ολοκληρωμένης ανάλυσης λειτουργίας δικτύου, (Στεφοπούλου, 2013).....	45
Σχήμα 2.12: Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες σε δίκτυα διαφορετικού τοπογραφικού αναγλύφου, (Δέρκας, 2001).....	47
Σχήμα 3.1: Συστατικά στοιχεία ενός ΣΓΠ, (Κάβουρας κ.α., 2015).....	50
Σχήμα 3.2: Υλοποίηση σχεδιασμού Γεωβάσης σύμφωνα με τα τρία στάδια μοντελοποίησης (www.omicsonline.org , 2017).....	59
Σχήμα 3.3: Σχηματική διάρθρωση μίας Γεωβάσης με τα DBMS που περιλαμβάνει (arcgis.com).....	60
Σχήμα 4.1: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας (T.O.T.E.E. KENAK, 2017).....	63
Σχήμα 4.2: Χρωματική κατανομή ηλιακής έντασης στην ελληνική επικράτεια, (Κομνηνού, 2012).....	65
Σχήμα 4.3: Απόσπασμα χάρτη με την προτεινόμενη λύση για τη δημιουργία έργου υδροληψίας για το αρδευτικό έργο του Αρκαδικού στο λογισμικό QGIS.....	75
Σχήμα 5.1: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C_{10} , C_{30} , C_{50} , C_{70} , C_{80} , C_{90} και C_{100} με βάση το σημείο ρύθμισης.....	110
Σχήμα 5.2: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=288L/s$	132
Σχήμα 5.3: Αξιοπιστία των υδροστομίων για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=288L/s$	133
Σχήμα 5.4: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C_{60} , C_{70} , C_{80} , C_{90} και C_{100} με βάση το σημείο ρύθμισης (400, 312).....	137
Σχήμα 5.5: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=312L/s$	138

Σχήμα 5.6: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=312L/s$	139
Σχήμα 5.7: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C_{10} , C_{30} , C_{50} , C_{80} , C_{90} και C_{100} με βάση το σημείο ρύθμισης (400, 336).....	141
Σχήμα 5.8: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=336L/s$	142
Σχήμα 5.9: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=336L/s$	142
Σχήμα 5.10: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C_{10} , C_{30} , C_{50} , C_{70} , C_{90} και C_{100} με βάση το σημείο ρύθμισης.....	145
Σχήμα 5.11: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=360L/s$	146
Σχήμα 5.12: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=360L/s$	146
Σχήμα 5.13: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C_{10} , C_{30} , C_{50} , C_{70} , C_{80} , C_{90} και C_{100} με βάση το σημείο ρύθμισης (400, 258).....	149
Σχήμα 5.14: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=258L/s$	150
Σχήμα 5.15: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=258L/s$	151

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1: Από τα δεδομένα στις πληροφορίες και στη γνώση (<i>Κάβουρας κ.α., 2015</i>).....	49
Εικόνα 3.2: Παράδειγμα διανυσματικής δομής δεδομένων (vector data structure) πολυγώνων και της σχετικής τοπολογίας τους, (<i>lardbucket.org</i>).....	49
Εικόνα 3.3: Παράδειγμα της πλεγματικής/ κανονικοποιημένης δομής δεδομένων (raster data structure), (<i>desktop.arcgis.com</i>).....	54
Εικόνα 3.4: Παραδείγματα χρήσης διανυσματικών και πλεγματικών Θ.Ε. (layers) χωρικών δεδομένων υδρολογίας και γεωτεμαχίων, (<i>esri.com</i>).....	55
Εικόνα 3.5: Παράδειγμα εφαρμογής σχεσιακού μοντέλου RDBMS με τα δεδομένα καταχωρημένα σε πίνακες και οι μεταξύ τους σχέσεις (<i>w3resource.com</i>).....	57
Εικόνα 4.1: Το φράγμα του συλλογής ποσότητας νερού από την υποθαλάσσια πηγή του Αναβάλου στο Κιβέρι Αργολίδας (<i>Wikipedia, 2017</i>).....	67

Εικόνα 4.2: Διαθέσιμο αγροτικό εργατικό δυναμικό Δήμου Επιδαύρου κατά ομάδες ηλικιών και κατά φύλο (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).....	69
Εικόνα 4.3: Χαρακτηριστικά Δεξαμενών Δ1, Δ2 και Δ3 του κεντρικού αγωγού μεταφοράς νερού (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).....	73
Εικόνα 4.4: Στιγμιότυπο λήψης από επί τόπου επίσκεψη στο προτεινόμενο σημείο της νέας υδροληψίας για το Αρκαδικό του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου, (2018).....	74
Εικόνα 4.5: Το χαρτογραφικό υπόβαθρο της ΕΚΧΑ περιόδου 2007 – 2009 για την περιοχή μελέτης σε raster μορφή στο QGIS.....	81
Εικόνα 4.6: Τα πεδία του Πίνακα Στοιχείων για το Vector Layer της Διανομής Ι.Μ. Καρακαλά Αργολίδας στο περιβάλλον του QGIS.....	82
Εικόνα 4.7: Το διάγραμμα σχέσεων οντοτήτων της ΒΔ του Layer της Διανομής της Ι.Μ. Καρακαλά σε περιβάλλον Microsoft Access.....	83
Εικόνα 4.8: Τα προστιθέμενα πεδία OWNER_name και OWNER_code του Πίνακα Στοιχείων για το Θ.Ε. i_m_karakala_parcel.....	84
Εικόνα 4.9: Στιγμιότυπο λήψης από τη Δ1 Δεξαμενή στο Μετόχι προς τις μελλοντικά αρδευόμενες εκτάσεις (2018).....	86
Εικόνα 4.10: Χωρική σχεδίαση και τεκμηρίωση νέου φρεατίου διακλάδωσης για το νέο δίκτυο άρδευσης του Αρκαδικού σε κλίμακα 1:30000.....	86
Εικόνα 4.11: Επιλογή οπτικοποίησης της ετικέτας – πεδίου OWNER_code στα Layer Properties του Πίνακα Στοιχείων.....	87
Εικόνα 4.12: Αναζήτηση αποτελεσμάτων του πεδίου OWNER_code στον Πίνακα Στοιχείων του layer i_m_karakala_parcel για δεδομένη εγγραφή με φίλτρο πεδίου....	88
Εικόνα 4.13: Οπτικοποίηση της κατανομής των ιδιοκτητών στο χώρο μέσω του πεδίου OWNER_code στον Πίνακα Στοιχείων του layer i_m_karakala_parcel ως προς τον κεντρικό αγωγό Αναβάλου και τη νέα υδροληψία για το Αρκαδικό σε κλίμακα 1:20000.....	89
Εικόνα 4.14: Το vector layer dianomi_brief των αρδευτικών ενοτήτων ως προς τον κεντρικό αγωγό Αναβάλου και τη νέα υδροληψία για το Αρκαδικό σε κλίμακα 1:20000.....	86
Εικόνα 4.15: Το vector layer dianomi_brief των αρδευτικών ενοτήτων ως υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση ανά επιλεγμένο κόμβο του νέου Θ.Ε. Study_Area σε μεγέθυνση.....	91
Εικόνα 4.16: Το vector layer dianomi_brief των αρδευτικών ενοτήτων ως υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση ανά επιλεγμένο κόμβο του νέου Θ.Ε. Study_Area σε μεγέθυνση.....	91
Εικόνα 4.17: Το vector line layer Haraxi_2 nd με τις κύριες διαδρομές μεταφοράς του νερού ως προς τις αρδευτικές ενότητες στην Τ.Κ. Αρκαδικού σε κλίμακα 1:20000.....	92

Εικόνα 4.18: Τα στατιστικά του vector line layer <i>Haraxi_2nd</i> για τις κύριες διαδρομές μεταφοράς του νερού ως προς τις αρδευτικές ενότητες στην Τ.Κ. Αρκαδικού και το διάγραμμα κατανομής των συχνοτήτων τους.....	93
Εικόνα 4.19: Το vector line layer <i>Haraxi_3rd</i> με τους επιμέρους αγωγούς μεταφοράς του νερού ως προς την περιοχή μελέτης και το vector layer <i>contour</i> των ισοϋψών καμπυλών της ευρύτερης περιοχής. Κλίμακα 1:20000.....	94
Εικόνα 4.20: Το vector line layer <i>Haraxi_3rd</i> με τους επιμέρους αγωγούς μεταφοράς του νερού ως προς την περιοχή μελέτης, το vector layer <i>Haraxi_2nd</i> και υπόβαθρο το Ψ.Μ.Ε. (DEM) <i>hillshade</i> της ευρύτερης περιοχής. Κλίμακα 1:20000.....	95
Εικόνα 4.21: Έλεγχος τοπολογίας για το γραμμικό Θ.Ε. <i>Haraxi_2nd</i> μέσω του πρόσθετου Topology Checker και τη δόμηση τοπολογικών κανόνων.....	95
Εικόνα 4.22: Προσθήκη στοιχείου στο σημειακό Θ.Ε. <i>ydrostomia</i> για την εισαγωγή των υδροληψιών του έργου.....	96
Εικόνα 4.23: Προσθήκη τιμής στο πεδίο ονομασίας υδροστομιών του Attribute Table στο σημειακό Θ.Ε. <i>ydrostomia</i> για την εισαγωγή των υδροληψιών του έργου.....	97
Εικόνα 4.24: Το σημειακό Θ.Ε. <i>ydrostomia</i> των υδροληψιών και το σύστημα αγωγών του έργου σε σχέση με την περιοχή της μελέτης σε κλίμακα 1:20000.....	98
Εικόνα 4.25: Το τελικό δίκτυο με τις υδροληψίες, το σύστημα των αγωγών και τις αρδευτικές μονάδες σε σχέση με την περιοχή της μελέτης υπό κλίμακα εργασίας 1:5000.....	99
Εικόνα 4.26: Η δημιουργία νέου Θ.Ε. γραμμών για τις αποστάσεις των επιμέρους αγωγών ως προς τα υδροστόμια με το SAGA GIS.....	100
Εικόνα 4.27: Η μετατροπή του vector Θ.Ε. <i>contour</i> σε raster μορφή με αλγόριθμο από το Toolbox του GRASS GIS.....	101
Εικόνα 4.28: Το αναδυσόμενο παράθυρο από την εντολή Point Sampling Tool για τη δημιουργία νέου vector point Θ.Ε. <i>komnoi_z</i> με την προσθήκη τιμών από τα κελιά του <i>contour_to_dem</i> αρχείου.....	102
Εικόνα 4.29: Στιγμιότυπο από την οπτικοποίηση τμήματος του τελικού δικτύου ως προς το ψηφιακό του υπόβαθρο ορθοφωτογραφιών.....	102
Εικόνα 4.30: Δημιουργία χωρικού φίλτρου αναζήτησης στη ΒΔ του Attribute Table με τη δημιουργία έκφρασης από συνδυασμούς πεδίων.....	103
Εικόνα 4.31: Δημιουργία χωρικής ΒΔ της μορφής Spatial Lite Database για το έργο στο Αρκαδικό με ονομασία <i>SPATIAL_LITE_DIKTYO</i>	104
Εικόνα 4.32: Εισαγωγή του διανυσματικού Θ.Ε. <i>komnoi</i> στη χωρική ΒΔ του αρδευτικού έργου στο Αρκαδικό <i>SPATIAL_LITE_DIKTYO</i> με την εντολή <i>Import vector layer</i>	104
Εικόνα 5.1: COPAM Software. Έναρξη του λογισμικού σε περιβάλλον Windows....	106

Εικόνα 5.2: COPAM Software. Επιλογές που αναδύονται από το παράθυρο Edit.....	107
Εικόνα 5.3: Παράθυρο καταχώρησης παροχών υδροστομίων.....	108
Εικόνα 5.4: Παράθυρο καταχώρησης στοιχείων των αγωγών του εξεταζόμενου δικτύου.....	108
Εικόνα 5.5: Εισαγωγή δεδομένων – στοιχείων του υπό μελέτη δικτύου.....	111
Εικόνα 5.6: Εισαγωγή τιμών των παραμέτρων του 1 ^{ου} τύπου του Clément.....	112
Εικόνα 5.7: Πεδίο καταχώρησης τιμών του 2 ^{ου} τύπου του Clément.....	112
Εικόνα 5.8: Random Generation Model – Εισαγωγή παραμέτρων.....	113
Εικόνα 5.9: Παράμετροι βέλτιστου σχεδιασμού – Πεδίο καταχώρησης Options της Μεθόδου Μίας Παροχής.....	114
Εικόνα 5.10: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης διαμέτρων αγωγών και παροχών δικτύου με τη Μέθοδο της Μίας Παροχής (απλό καθεστώς).....	116
Εικόνα 5.11: Παράμετροι ανάλυσης δικτύου με τη Μέθοδο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών.....	117
Εικόνα 5.12: Παράμετροι ανάλυσης με τη Μέθοδο ΑΚΛΑ.....	117
Εικόνα 5.13: Έλεγχος δεδομένων εισόδου στο COPAM.....	128
Εικόνα 5.14: Εισαγωγή στοιχείων λειτουργίας με το πρώτο μοντέλο του Clément...	129
Εικόνα 5.15: Εισαγωγή τιμής ονομαστικής παροχής υδροστομίων.....	129
Εικόνα 5.16: Εισαγωγή στοιχείων των αγωγών του υπό μελέτη δικτύου.....	130
Εικόνα 5.17: Εισαγωγή παραμέτρων ανάλυσης του δικτύου με το Μοντέλο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών.....	132
Εικόνα 5.18: Εισαγωγή παραμέτρων ανάλυσης του δικτύου με το Μοντέλο ΑΚΛΑ (AKLA Model).....	133
Εικόνα 5.19: Εισαγωγή νέας τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_1 στο 1 ^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).....	139
Εικόνα 5.20: Εισαγωγή νέας τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_2 στο 1 ^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).....	143
Εικόνα 5.21: Εισαγωγή νέας τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_3 στο 1 ^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).....	147
Εικόνα 5.22: Εισαγωγή νέας τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_4 στο 1 ^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).....	151

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 4.1: Το είδος καλλιέργειας στην περιοχή μελέτης με βάση την ταξινόμηση Corine Land Cover 2012 σε κλίμακα 1:20000.....	70
Χάρτης 4.2: Η ταξινόμηση της κάλυψης και χρήσης γης στην περιοχή μελέτης με βάση τις θεματικές ενότητες ILOTS του Land Parcel Identification System (LPIS) του ΥΠΑΑΤ σε κλίμακα 1:20000.....	71
Χάρτης 4.3: Η ταξινόμηση της κάλυψης και χρήσης γης στην περιοχή μελέτης με βάση τις δηλώσεις ΟΣΔΕ των καλλιεργητών σε κλίμακα 1:15000.....	72
Χάρτης 4.4: Ιδιοκτησιακό καθεστώς του γεωργικού κλήρου σε τμήμα της περιοχής μελέτης σε κλίμακα 1:10000.....	76
Χάρτης 4.5: Η περιοχή μελέτης μέσα από την ελεύθερη πλατφόρμα Google Earth Pro.....	78
Χάρτης 4.6: Όρια περιοχής μελέτης του συλλογικού αρδευτικού υπό πίεση για την Τ.Κ. Αρκαδικού σε κλίμακα 1:20000.....	79

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

AKLA	Ait Khali Lamaddalena
CAD	Computer Aided Design
CLC	Corine Land Cover
COPAM	Combined Optimization and Performance Analysis Model
DBMS	Data Base Management System
DEM	Digital Elevation Model
ELIDM	Extended Labye's Iterative Discontinuous Method
FAO	Food and Agricultural Organization
FOSS	Free Open Source Software
GIS	Geographic Information Systems
LSO	Large Scale Orthophotos
RDBMS	Relational Data Base Management System
RS	Remote Sensing
SaaS	Software as a Service
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
SCP	Société du Canal de Provence
UTF	Unicode Transformation Format
ΒΔ	Βάση/ -εις Δεδομένων
ΒΓΔ	Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων
Γ.Σ.	Γεωργικός Συνεταιρισμός
ΓΣΠ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
Δ.Κ.	Δημοτική Κοινότητα
Δ.Τ.Μ. & Κ.	Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών και Κατασκευών
ΔΥΠ	Διαχείριση Υδατικών Πόρων
ΕΓΣΑ '87	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987
Ε.Ε.	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚΧΑ	Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση

ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
Ε.Ο.	Εθνική Οδός
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
Θ.Ε.	Θεματικό Επίπεδο
ΚΕΝΑΚ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΛΑΠ	Λεκάνη Απορροής Ποταμού
ΜΟΣ	Μελέτη Οικονομικής Σκοπιμότητας
Μ.Σ.	Μετεωρολογικός Σταθμός
Ο.Σ.Δ.Ε.	Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου
Π.Ε.	Περιφερειακή Ενότητα
ΣΔΒΔ	Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων
Τ.Ε.	Τεχνική Έκθεση
Τ.Κ.	Τοπική Κοινότητα
ΤΟΕΒ	Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.	Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος
ΥΔ	Υδατικό Διαμέρισμα
Υ.Δ.Ε.	Υπουργείο Δημοσίων Έργων
ΥΠΑΑΤ	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΥΥΣ	Υπόγειο Υδατικό Σύστημα
Ψ.Μ.Ε.	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και Στόχοι της Μελέτης

Η εμφάνιση και η ευημερία του ανθρώπινου πολιτισμού συνδέεται άρρηκτα με τη δημιουργία και την εξέλιξη των έργων υποδομής διαχρονικά. Στα έργα αυτά συγκαταλέγονται και τα υδραυλικά έργα, τα οποία κατασκευάζονται για τον έλεγχο του νερού με προοπτική τη διάθεσή του για χρήσιμους σκοπούς. Ο πρωτογενής τομέας παραγωγής και συγκεκριμένα η γεωργία, συνιστούν έναν από αυτούς τους σκοπούς βαρύνουσας σημασίας, όπου υδραυλικά έργα υλοποιούνται για την ανάπτυξη και τη διατήρηση των γεωργικών γαιών. Τα έργα τα οποία υπάγονται σε αυτή την ομάδα ορίζονται ως εγγειοβελτιωτικά έργα και αποσκοπούν ουσιαστικά στη βελτίωση της ποιότητας της γης.

Στις μεσογειακές χώρες, ο χαμηλός αριθμός βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησης αναφορικά με φυτικά προϊόντα, προκαλεί την αύξηση του αριθμού των εκτάσεων προς άρδευση. Με την τελευταία νοείται η τεχνητή παροχή του νερού σε καλλιεργούμενο έδαφος, η οποία συνδράμει στη φυτική ανάπτυξη. Στην Ελλάδα, η γεωργική ανάπτυξη είναι ο κεντρικός άξονας προόδου σε πολλές περιοχές της χώρας, η οποία καθίσταται ανέφικτη δίχως αποδοτικά αρδευτικά έργα και ορθολογική διαχείριση υδατικών πόρων (Μιγκίρος, 2012). Ως εκ τούτου, η σπουδαιότητα της οργανωμένης γεωργίας ως βασική συνιστώσα της απασχόλησης σε μία περιοχή, έχει στόχο το βέλτιστο σχεδιασμό αρδευτικών έργων με γνώμονα την αξιοποίηση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και την ορθή χρησιμοποίηση των υδατικών πόρων. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός νέου δικτύου άρδευσης στα πλαίσια της ΔΥΠ δεν αφορά αποκλειστικά το δίκτυο και την άρδευση στον αγρό, αλλά διαμορφώνει μία συστημική διαδικασία μελέτης και παρακολούθησης των υδατικών πόρων, των χρηστών και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Οι φάσεις υλοποίησης του σχεδιασμού περιγράφονται αδρομερώς από τα κάτωθι βήματα:

- ✚ Υδρολογική προσέγγιση και αξιολόγηση του Υδατικού Ισοζυγίου της ευρύτερης περιοχής.
- ✚ Ολοκληρωμένη μελέτη ΔΥΠ σε επίπεδο ΛΑΠ και σε επίπεδο ζώνης της περιοχής εφαρμογής.
- ✚ Η γεωργική, εδαφολογική και οικονομοτεχνική μελέτη του πεδίου σε διευρυμένη κλίμακα.
- ✚ Σχεδιασμός αρδευτικών και στραγγιστικών έργων.
- ✚ Ανάλυση υδραυλικής επάρκειας.
- ✚ Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Ως αντικείμενο της διατριβής αυτής ορίζεται ο σχεδιασμός και η υδραυλική ανάλυση ενός αρδευτικού υπό πίεση στο Αρκαδικό του Δήμου Επιδαύρου. Στους επιμέρους στόχους περιλαμβάνονται ο σχεδιασμός ενός συλλογικού δικτύου το οποίο θα λειτουργεί με ελεύθερη ζήτηση, καθώς και η ανάλυση λειτουργίας για δυνητικές αυξήσεις ή μειώσεις των αρδευτικών αναγκών, αναφορικά με το είδος, την έκταση, την

κατάσταση και την εκάστοτε αξιολόγηση των καλλιεργειών. Οι ως άνω στόχοι υλοποιήθηκαν με τη συνδρομή της Γεωπληροφορικής και ειδικότερα των ΓΣΠ, με σκοπό τη γεωοπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων, από το στάδιο της αναγνωριστικής μελέτης, έως την επεξεργασία και το σχεδιασμό του υπό εκπόνηση ακτινωτού δικτύου άρδευσης.

1.2 Περίγραμμα Ενοτήτων της Διατριβής

Για την παρουσίαση του σχεδιασμού και της ανάλυσης αρδευτικών δικτύων υπό πίεση, καθώς και για το σχεδιασμό, την ανάλυση και τη διαχείρισή τους σε περιβάλλον ΓΣΠ, η εργασία οργανώθηκε σε έξι επιμέρους κεφάλαια, τα οποία συνοψίζονται στη συνέχεια διαδοχικά.

Στο **1^ο Κεφάλαιο**, το εισαγωγικό, πραγματοποιείται αναφορά στο γενικότερο πλαίσιο διερεύνησης της διατριβής και στα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την αποπεράτωση αυτής.

Στο **2^ο Κεφάλαιο**, παρατίθενται βασικές έννοιες και ορισμοί των εγγειοβελτιωτικών έργων επιγραμμικά και εκτενέστερα των συλλογικών αρδευτικών δικτύων υπό πίεση. Παρουσιάζεται ακόμη η ανάλυση λειτουργίας σε ελεύθερη ζήτηση και τα μοντέλα του Clément.

Στο **3^ο Κεφάλαιο**, γίνεται αδρομερής αναφορά στα ΓΣΠ στην ανάλυση και αναπαράσταση των χωρικών δεδομένων. Επιπρόσθετα, αναπτύσσονται και βασικές έννοιες των ΒΔ, των ΒΓΔ και των ΣΔΒΔ, καθώς και ο ρόλος αυτών στα ΓΣΠ.

Στο **4^ο Κεφάλαιο**, αναλύεται ο σχεδιασμός συλλογικού αρδευτικού υπό πίεση δικτύου ελεύθερης ζήτησης στην περιοχή της μελέτης, με επισκόπηση αυτής και στοιχεία του ιδιοκτησιακού καθεστώτος που τη διέπουν.

Στο **5^ο Κεφάλαιο**, εφαρμόζεται η ανάλυση υδραυλικής επάρκειας για το δίκτυο που σχεδιάστηκε στο Αρκαδικό Επιδαύρου. Επίσης, πραγματοποιείται συγκριτική ποσοτική ανάλυση για ορισμένες τιμές της παραμέτρου της ειδικής συνεχούς παροχής και την αντίστοιχη συμπεριφορά του υπό μελέτη δικτύου.

Στο **6^ο Κεφάλαιο**, διατυπώνονται γενικά συμπεράσματα του υπό μελέτη δικτύου σε δύο συνιστώσες, ως προς τη χωρική σχεδίαση και ως προς την υδραυλική σχεδίαση και ανάλυση. Επιπλέον, προτείνονται ορισμένα μέτρα ανάπτυξης, τάσεις και εφαρμογές για τα συλλογικά δίκτυα, καθώς και για πρόσθετη έρευνα επί αυτών.

1.3 Κατάλογος Λογισμικών της Εργασίας

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των κάτωθι λογισμικών σε περιβάλλον Η/Υ:

- QGIS (Geographic Information System) version 2.18.15, πρόγραμμα επεξεργασίας, σχεδίασης και διαχείρισης Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών – ελεύθερο λογισμικό/ λογισμικό ανοικτού κώδικα (FOSS)

- COPAM (Combined Optimization and Performance Analysis Model), πρόγραμμα επεξεργασίας, σχεδίασης και ανάλυσης αρδευτικών δικτύων υπό πίεση από τον FAO σε συνεργασία με CIHEAM – IAMB – ελεύθερο λογισμικό
- Apache Open Office version 4.1.6 (Calc, Math και Base) – ελεύθερο λογισμικό/ λογισμικό ανοικτού κώδικα (FOSS)
- Google Earth Pro, πρόγραμμα ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης της Γης και δορυφορικών εικόνων – ελεύθερο λογισμικό
- Microsoft Office 2016 Suite (Word, Excel, PowerPoint and Access) – SaaS (Software as a Service) / ακαδημαϊκή χρήση
- AutoCAD Map 3D 2018, εμπορικό σχεδιαστικό πρόγραμμα CAD με δυνατότητες εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων GIS της εταιρείας Autodesk Inc. – SaaS / ακαδημαϊκή χρήση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα Υπό Πίεση

2.1 Εισαγωγικές Έννοιες – Εγγειοβελτιωτικά Έργα

Με τον όρο *εγγειοβελτιωτικά έργα* νοούνται όλα τα έργα που έχουν ως σκοπό την ανάπτυξη και διατήρηση των υδατικών, εδαφικών και γεωργικών πόρων. Συνεπώς, στα εγγειοβελτιωτικά έργα υπάγονται όλα σχεδόν τα έργα, υδραυλικά και άλλα που γίνονται στις γεωργικές εκτάσεις. Συναντώνται είτε ως αυτοτελή είτε σε συνδυασμό με άλλα έργα υδατικών πόρων που αποβλέπουν σε άλλους σκοπούς (π.χ. ύδρευση οικισμών, παραγωγή ενέργειας). Τα σύνθετα αυτά έργα είναι γνωστά ως έργα πολλαπλού σκοπού, (Τσακίρης και Δέρκας, 2006).

Έργα τα οποία εντάσσονται στις έγγειες βελτιώσεις μίας περιοχής μπορούν να διακριθούν σε:

- a) Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και διευθέτησης υδατορευμάτων
- b) Αποχετευτικά
- c) Στραγγιστικά
- d) Αρδευτικά
- e) Έργα αγροτικής οδικής επικοινωνίας

Τις τελευταίες δεκαετίες με τον όρο εγγειοβελτιωτικά έργα, στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων, εννοούμε έργα με πολλαπλή βελτίωση που περιέχουν δηλαδή συνδυασμό άρδευσης, αποχέτευσης και προσπέλασης (οδικό δίκτυο) και συνήθως και στραγγίσης, εφόσον οι εδαφικές και λοιπές συνθήκες το επιβάλλουν. Επίσης, οι

περιπτώσεις αμιγώς εγγειοβελτιωτικών έργων, όπως αντιπλημμυρικά (προστατευτικά αναχώματα ποταμών), αρδευτικά (ορεινές περιοχές) ή οδικής προσπέλασης (περιοχές εκούσιων αναδασμών), είναι σχετικά λίγες (Ντάσκας, 1989).

2.1.1 Ταξινόμηση των Εγγειοβελτιωτικών Έργων

Στην Ελλάδα σύμφωνα με το Ν.Δ. 3881/58 τα εγγειοβελτιωτικά έργα ανάλογα με το μέγεθος και το είδος τους ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες – τάξεις:

A. *Έργα Α' Τάξης*: τα έργα που αποβλέπουν στη ριζική βελτίωση των συνθηκών γεωργικής εκμετάλλευσης εκτεταμένων περιοχών (π.χ. τα έργα διευθέτησης μεγάλων χειμάρρων και ποταμών, φράγματα αποθήκευσης ή εκτροπής με τα κύρια αρδευτικά δίκτυα που τροφοδοτούνται από αυτά, έργα προστασίας εδαφών από τη θάλασσα και γενικά έργα βασικής σημασίας μίας περιοχής).

B. *Έργα Β' Τάξης*: τα αυτοτελή έργα τοπικού ενδιαφέροντος ή συμπληρώματα έργων Α' Τάξης, (π.χ. αρδευτικά και στραγγιστικά δίκτυα, αντιπλημμυρικά έργα, έργα αξιοποίησης παθογενών ή άγονων εδαφών, έργα εμπλουτισμού των υπογείων υδροφόρων στρωμάτων και άλλα έργα τοπικής σημασίας).

Γ. *Έργα Γ' Τάξης*: αφορούν ομάδες ιδιοκτησιών ή ατομικές ιδιοκτησίες και είναι γενικά μικρά αυτοτελή έργα μικρής τοπικής σημασίας, (π.χ. ανορύξεις φρεάτων και γεωτρήσεων, ισοπεδώσεις, εκριζώσεις δασικών εκτάσεων κ.α.).

2.1.2 Αρδευτικά Έργα και Μέθοδοι Άρδευσης

Υπό τον όρο *Άρδευση* νοείται η προσαγωγή του νερού στις καλλιέργειες με τεχνικά μέσα με σκοπό την κανονική τους ανάπτυξη και απόδοση. Ο ρόλος της άρδευσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός, σε συνδυασμό με αυτό των στραγγίσεων, για τη διατήρηση των εδαφικών γεωργικών πόρων (Δέρκας, 1999).

Τα αρδευτικά έργα διακρίνονται στα εξής μέρη:

1. Έργα συλλογής, αποθήκευσης ή υδροληψίας
2. Συστήματα μεταφοράς και διανομή αρδευτικού νερού
3. Συστήματα εφαρμογής

Επιπρόσθετα, σε περίπτωση που το αρδευτικό έργο συνοδεύεται από το αντίστοιχο στραγγιστικό διακρίνονται και τα παρακάτω μέρη:

4. Δίκτυο συλλογής και απομάκρυνσης πλεονάζοντος νερού
5. Έργο απόθεσης στον τελικό αποδέκτη.

Γενικότερα, έχει επικρατήσει ο όρος «άρδευση» και «αρδευτικό», διότι οι αρδεύσεις αποτελούν την αποφασιστικότερη βελτίωση, όταν γίνεται αναφορά σε αρδευτικά έργα. Ωστόσο, πρόκειται περί συνδυασμού περισσότερων βελτιώσεων. Υπό αυτό το πρίσμα θα χρησιμοποιηθούν οι προαναφερόμενοι όροι και στη συνέχεια της παρούσας εργασίας.

Τα αρδευτικά δίκτυα διακρίνονται ανάλογα το είδος των αγωγών που χρησιμοποιούνται κατά τη μεταφορά και τη διανομή του νερού σε:

- A. Δίκτυα ανοικτών αγωγών – διωρύγων
- B. Δίκτυα κλειστών σωληνωτών αγωγών υψηλής πίεσης
- Γ. Δίκτυα κλειστών σωληνωτών αγωγών χαμηλής πίεσης.

Τέλος, οι βασικές μέθοδοι αρδεύσεων ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του αρδευτικού νερού έχουν ως εξής:

- i. Την άρδευση με καταιονισμό ή με τεχνητή βροχή
- ii. Την επιφανειακή άρδευση
- iii. Την τοπική άρδευση ή μικροάρδευση
- iv. Την υπόγεια άρδευση ή υπάρδευση.

2.2 Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα (Τσακίρης και Δέρκας, 2006)

Τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα είναι υδραυλικά συστήματα που έχουν ως σκοπό να μεταφέρουν το νερό από το σημείο υδροληψίας (φυσική ή τεχνητή λίμνη, εκτροπή ποταμού, γεώτρηση) στην αρδευτική περίμετρο και να το διανέμουν στις διάφορες αρδευτικές μονάδες.

Τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα ήταν δίκτυα ανοικτών αγωγών, ενώ η εφαρμογή του νερού πραγματοποιούνταν με επιφανειακές μεθόδους, όπως άρδευση με αυλάκια, με περιορισμένη διάχυση (μέθοδος με λωρίδες) ή με κατάκλυση (μέθοδος των λεκανών). Η διανομή του νερού γινόταν με τη βαρύτητα από την υδροληψία προς τα αγροτεμάχια. Ωστόσο, μετά το 1970 κατασκευάστηκαν δίκτυα με κλειστούς αγωγούς υπό πίεση, γεγονός το οποίο σηματοδότησε την ανάπτυξη των συστημάτων του καταιονισμού και της μικροάρδευσης.

Οι επιδράσεις της προαναφερθείσας μεταβολής θα έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση στις μεθόδους διανομής του αρδευτικού νερού εν συνεχεία. Συγκεκριμένα, τα επιφανειακά συστήματα μεταφοράς, διανομής και εφαρμογής του αρδευτικού νερού ήταν άρρηκτα συνδεδεμένα με τη μέθοδο της εκ περιτροπής ζήτησης, όμως στα υπό πίεση δίκτυα εφαρμόστηκε η μέθοδος διανομής με ελεύθερη ζήτηση.

Οι μέθοδοι διανομής του αρδευτικού νερού συνοψίζονται ως εξής:

- 1) *Η μέθοδος συνεχούς ροής.* Στη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό διανέμεται κατά τρόπο συνεχή σε όλες τις αρδευτικές διώρυγες, σύμφωνα με το δικαίωμα για χρήση ή ανάλογα με τις αρδευόμενες εκτάσεις.
- 2) *Η μέθοδος της εκ περιτροπής διανομής.* Κατά τη μέθοδο αυτή οι διώρυγες έχουν οργανωθεί σε αρδευτικές ομάδες και σύμφωνα με καθορισμένο πρόγραμμα κάθε ομάδα λειτουργεί ορισμένες μέρες. Παρόμοια οργάνωση

ισχύει και για τα αγροτεμάχια στα οποία δίνεται νερό σε προκαθορισμένο χρόνο και διάρκεια.

- 3) *Η μέθοδος με ελεύθερη ζήτηση.* Στην περίπτωση αυτή, οι γεωργοί είναι εκείνοι που καθορίζουν το χρόνο και τη διάρκεια άρδευσης του αγροτεμαχίου τους. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε στα δίκτυα υπό πίεση, ωστόσο υπάρχουν και δίκτυα της διάταξης αυτής που λειτουργούν με τη μέθοδο της εκ περιτροπής διανομής είτε σε επίπεδο τομέα είτε σε επίπεδο υδροληψίας.
- 4) *Η μέθοδος με περιορισμένη ζήτηση.* Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε λόγω του μεγάλου κόστους των δικτύων ελεύθερης ζήτησης και του περιοριστικού χαρακτήρα της διανομής με πρόγραμμα, όπου οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιούν το νερό κατά βούληση κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, όπως για παράδειγμα, ορισμένες ημέρες της εβδομάδας ή όταν ο γείτονάς τους, με τον οποίο μοιράζονται το ίδιο υδροστόμιο ή την ίδια υδροληψία, δεν αρδεύει. Η εν λόγω μέθοδος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μία ενδιάμεση μορφή μεταξύ ελεύθερης ζήτησης και της εκ περιτροπής διανομής, η οποία παρέχει ουσιαστικά στο χρήστη ελευθερία μεταξύ ελεύθερης ζήτησης και προγράμματος (Dercas, 1989).

Η επικρατέστερη των άνωθεν μεθόδων για τα συλλογικά δίκτυα υπό πίεση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι αυτή της ελεύθερης ζήτησης. Στο σύστημα αυτό οι καλλιεργητές μπορούν να καθορίσουν πότε και πόσο πρέπει να αρδεύσουν ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργειών της εκμετάλλευσής τους. Η χρησιμοποίηση των υδροστομίων όποτε θέλουν και για όσο το χρειάζονται, δίνει ιδιαίτερη ελευθερία στους αγρότες, βελτιώνει την οργάνωση των εργασιών τους και τελικά πραγματοποιείται αποτελεσματικότερη χρήση του νερού. *Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι οι χρήστες να γνωρίζουν και να τηρούν τις αρχές της άρδευσης (συχνότητα και δόση άρδευσης) και να μην αρδεύουν εμπειρικά* (Σταμούλη, 2014). Το σύστημα αυτό οδήγησε στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της άρδευσης και των συνθηκών εργασίας των χρηστών. Συν τοις άλλοις, η δεδομένη μέθοδος έχει αποδειχθεί πιο αποδοτική κυρίως στις περιπτώσεις πολυκαλλιέργειας.

Σχεδιασμός συλλογικού αρδευτικού δικτύου υπό πίεση

Τα δίκτυα υπό πίεση είναι συστήματα αγωγών με ακτινωτή διάταξη, σε αντίθεση με τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης, τα οποία μεταφέρουν το νερό από το σημείο υδροδότησης με άντληση ή με βαρύτητα (όταν η τοπογραφία το επιτρέπει) υπό πίεση μέχρι τα σημεία διανομής του νερού κοντά στις αρδευτικές μονάδες. Στα σημεία διανομής είναι οι υδροληψίες που φέρουν συνήθως από 1 έως 4 υδροστόμια (σε ορισμένους τύπους υδροληψιών έως και 6). Τα υδροστόμια αυτά επιτρέπουν στους χρήστες να συνδέουν τα ατομικά τους συστήματα άρδευσης και να αρδεύουν τα αγροτεμάχιά τους με καταιονισμό ή μικροάρδευση. Βασικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι η δυνατότητα χρήσης όλων των σύγχρονων μεθόδων άρδευσης, ενώ μειονέκτημα αποτελεί το υψηλό κόστος λειτουργίας λόγω κυρίως του ενεργειακού κόστους. Επίσης, τα αρδευτικά δίκτυα υπό πίεση δεν έχουν τις δεσμεύσεις που έχουν τα επιφανειακά δίκτυα από την τοπογραφική διαμόρφωση της περιμέτρου (Τσακίρης και Δέρκας, 2006).

Οι μελέτες των αρδευτικών δικτύων είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες και εκτελούνται από επιτελεία πολλών ειδικοτήτων (μηχανικών, γεωπόνων, οικονομολόγων κ.λπ.). Τα αναγκαία στοιχεία για τη σύνταξη των μελετών των συλλογικών αρδευτικών δικτύων αφορούν στο φυσικό περιβάλλον (τοπογραφία, γεωλογία, εδαφολογία, εδαφομηχανική, μετεωρολογία, υδρολογία και υδρογεωλογία), στο κτηματολόγιο της περιοχής όπως επίσης και στην οικονομικό – τεχνική κατάσταση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι, εξοπλισμός, χρησιμοποιούμενη τεχνολογία), στις κοινωνικές συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή του έργου (ηλικιακή πυραμίδα, μορφωτικό επίπεδο, διαθέσιμο εργατικό δυναμικό κ.λπ.).

Οι παράμετροι που εμπλέκονται στη σχεδίαση ενός αρδευτικού δικτύου υπό πίεση το οποίο λειτουργεί με ελεύθερη ζήτηση μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες, σύμφωνα με τους Galand και Jean (1979):

α) *Στις παραμέτρους πλαισίου (paramètres de contexte)*. Οι παράμετροι αυτοί είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του κλίματος, του τύπου εδάφους, όπως και των υδροτεχνικών και αγρονομικών χαρακτηριστικών της αρδευτικής περιμέτρου. Λαμβάνουν συγκεκριμένες και προκαθορισμένες τιμές και συνεπώς ο μελετητής δε μπορεί να επέμβει στον καθορισμό των τιμών τους.

β) *Στις παραμέτρους απόφασης (paramètres de décision)*. Οι παράμετροι απόφασης δεν είναι προκαθορισμένες, αλλά αποτελούν επιλογή του μελετητή του έργου και μάλιστα χωρίς να υπάρχει συνήθως σαφής τεκμηρίωση της επιλογής αυτής, (Bethery et al., 1981).

Οι άνωθεν παράμετροι συνιστούν παράγοντα της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (ποιότητα λειτουργίας του δικτύου, χρονική απόδοση του δικτύου) και τη σχεδίαση του δικτύου (πυκνότητα εγκατεστημένων υδροστομίων, μελλοντικά υδροστόμια κ.λπ.), (Σταμούλη, 2014).

Τα στάδια κατά τη μελέτη ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου υπό πίεση – ελεύθερης ζήτησης συνοψίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω ενέργειες:

- I. Ο προσδιορισμός των αρδευτικών αναγκών.
- II. Η οριοθέτηση των αρδευτικών μονάδων.
- III. Ο καθορισμός των σημείων διανομής του νερού (υδροληψίες) και η επιλογή των παροχών των υδροστομίων.
- IV. Η χάραξη του δικτύου.
- V. Ο υπολογισμός των παροχών σχεδιασμού των αγωγών.
- VI. Η οικονομική βελτιστοποίηση των διαμέτρων των αγωγών και του έργου κεφαλής.

Τα προαναφερθέντα στάδια είναι τα αναγκαία για έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό συλλογικού αρδευτικού που λειτουργεί υπό πίεση. *Ανάλογα με το στόχο της μελέτης άλλες φάσεις που μπορεί να περιλαμβάνει είναι ο υπολογισμός του αντλητικού συγκροτήματος και η ρύθμισή του, η αντιπληγματική προστασία και η ενίσχυση ενός υπάρχοντος δικτύου* (Στεφοπούλου, 2013).

Εν συνεχεία αναλύονται τα στάδια μελέτης και σχεδιασμού των συλλογικών αρδευτικών δικτύων υπό πίεση με τη μέθοδο της ελεύθερης ζήτησης σε αντίστοιχες υποενότητες.

2.2.1 Προσδιορισμός αρδευτικών αναγκών (Δέρκας, 1999)

Η πιο δύσκολη φάση της μελέτης ενός αρδευτικού δικτύου είναι η εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών. Στο στάδιο αυτό της μελέτης πρέπει να γίνει αξιολόγηση της κατανομής καλλιεργειών κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Εν συνεχεία, βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων μίας μεγάλης χρονικής περιόδου, της μεγαλύτερης δυνατής διαθέσιμης για τον εξεταζόμενο χώρο, υπολογίζονται οι ανάγκες των φυτών σε νερό και οι ανάγκες τους σε αρδευτικό νερό. Η φάση αυτή της μελέτης οδηγεί συχνά σε αστοχίες διότι είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, έστω και με σχετική ακρίβεια, η κατανομή καλλιεργειών στο χρονικό ορίζοντα της ζωής του έργου (30 – 40 έτη).

Δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν τα έργα Αλφειού και Πηνειού της Π.Ε. Ηλείας, όπου γίνεται αντιληπτός και υπολογίζεται ο βαθμός αστοχίας στην εκτίμηση της κατανομής των καλλιεργειών (Karantounias and Dercas, 1999). Από τη συγκριτική ανάλυση των καλλιεργειών διαπιστώθηκε ότι το 1995, έπειτα από 23 χρόνια από την ολοκλήρωση των έργων του Αλφειού και 15 χρόνια από την ολοκλήρωση των έργων του Πηνειού αντίστοιχα, οι αρδεύσεις είχαν αναπτυχθεί σημαντικά λιγότερο από την εκτίμηση της μελέτης. Επιπρόσθετα, υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις και στις εκτάσεις που καταλαμβάνουν οι διάφορες καλλιέργειες, καθώς επίσης δεν εξοπλίστηκε το σύνολο της προβλεπόμενης έκτασης και στα δύο έργα.

Λόγω των αντικειμενικών δυσκολιών εκτίμησης της κατανομής των καλλιεργειών που θα αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια ζωής ενός εγγειοβελτιωτικού έργου, ορισμένοι οργανισμοί μελέτης, σχεδιασμού και διαχείρισης συλλογικών αρδευτικών δικτύων, όπως η Société du Canal de Provence (SCP) στη Γαλλία, υιοθετούν μία διαφορετική προσέγγιση. Δέχονται ότι είναι σημαντικά παρακινδυνευμένη μία τέτοια προσέγγιση και κάνουν εκτίμηση της κατανομής των καλλιεργειών για τρεις χρονικούς ορίζοντες: 1 – 5 έτη, 6 – 10 έτη, 11 – 15 έτη. Το έργο θα κατασκευαστεί για την αρχική κατανομή καλλιεργειών 1 – 5 έτη, με πρόβλεψη ωστόσο για περαιτέρω ενισχύσεις (π.χ. στο αντλιοστάσιο κεφαλής μπορεί να μην τοποθετηθούν εξαρχής όλες οι αντλίες αλλά το κτίριο θα έχει τις τελικές του διαστάσεις) και στη συνέχεια, θα υπάρχει παρακολούθηση του έργου προκειμένου να ενισχύεται την κατάλληλη χρονική στιγμή. Αυτό που επιδιώκεται είναι το έργο να προσαρμόζεται στη ζήτηση και να μην παρατηρείται το φαινόμενο της μερικής αξιοποίησης των επενδυμένων κεφαλαίων (είναι συχνό φαινόμενο το ποσοστό των αρδεύσεων να μην ξεπερνά το ποσοστό 60 – 65% της εξοπλισμένης έκτασης).

Επισημαίνεται ότι η προσέγγιση της Société du Canal de Provence προϋποθέτει σοβαρή παρακολούθηση της λειτουργίας του δικτύου, έγκαιρο εντοπισμό των προβλημάτων και τέλος, μηχανισμούς γρήγορης μελέτης και ανάθεσης των έργων ενίσχυσης.

2.2.2 Οριοθέτηση της αρδευτικής περιμέτρου (Δέρκας, 1999)

Στις αρχικές φάσεις της μελέτης τα όρια της αρδευτικής περιμέτρου δεν είναι σαφώς προσδιορισμένα. Όταν όμως γίνει η εδαφολογική μελέτη, προσδιοριστούν ζώνες με παθογένεια και εδάφη που χρήζουν βελτίωσης, ολοκληρωθεί η γεωργοτεχνική - γεωργοοικονομική μελέτη, προσδιοριστούν οι αρδευτικές ανάγκες ανά μονάδα επιφανείας, και οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι, ο μελετητής θα είναι σε θέση να προσδιορίσει τα όρια της περιμέτρου λαμβάνοντας υπόψη και τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους. Στην περίπτωση που το έργο, εκτός από συστήματα υπό πίεση, περιλαμβάνει και ζώνες με κλειστούς αγωγούς (χρήση επιφανειακών αρδευτικών συστημάτων) η τοπογραφία θα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό των ορίων της αρδευτικής περιμέτρου.

2.2.3 Μεθοδολογία βέλτιστης χάραξης (Clément και Galand, 1979, Lamadalena και Sagardoy, 2000, Τσακίρης και Δέρκας, 2006)

Αφού ορισθούν τα σημεία υδροδότησης όπου θα βρίσκονται οι υδροληψίες με τα υδροστόμια, θα γίνει η χάραξη του δικτύου. Η χάραξη προκειμένου να φθάσει στη βέλτιστη λύση περνά από διαδοχικά στάδια (Τσακίρης και Δέρκας, 2006):

A) Βήμα 1: *Χάραξη εκ του σύνεγγυς*. Στόχος είναι να συνδεθούν οι υδροληψίες με την κεφαλή μέσω της πλέον σύντομης χάραξης χωρίς την παρεμβολή κόμβων. Η κεφαλή του δικτύου συνδέεται με την πλησιέστερη υδροληψία και αυτή με την πλησιέστερη επομένη και ούτω καθεξής (χρήση αλγορίθμων *Sollin* και *Kruskal*).

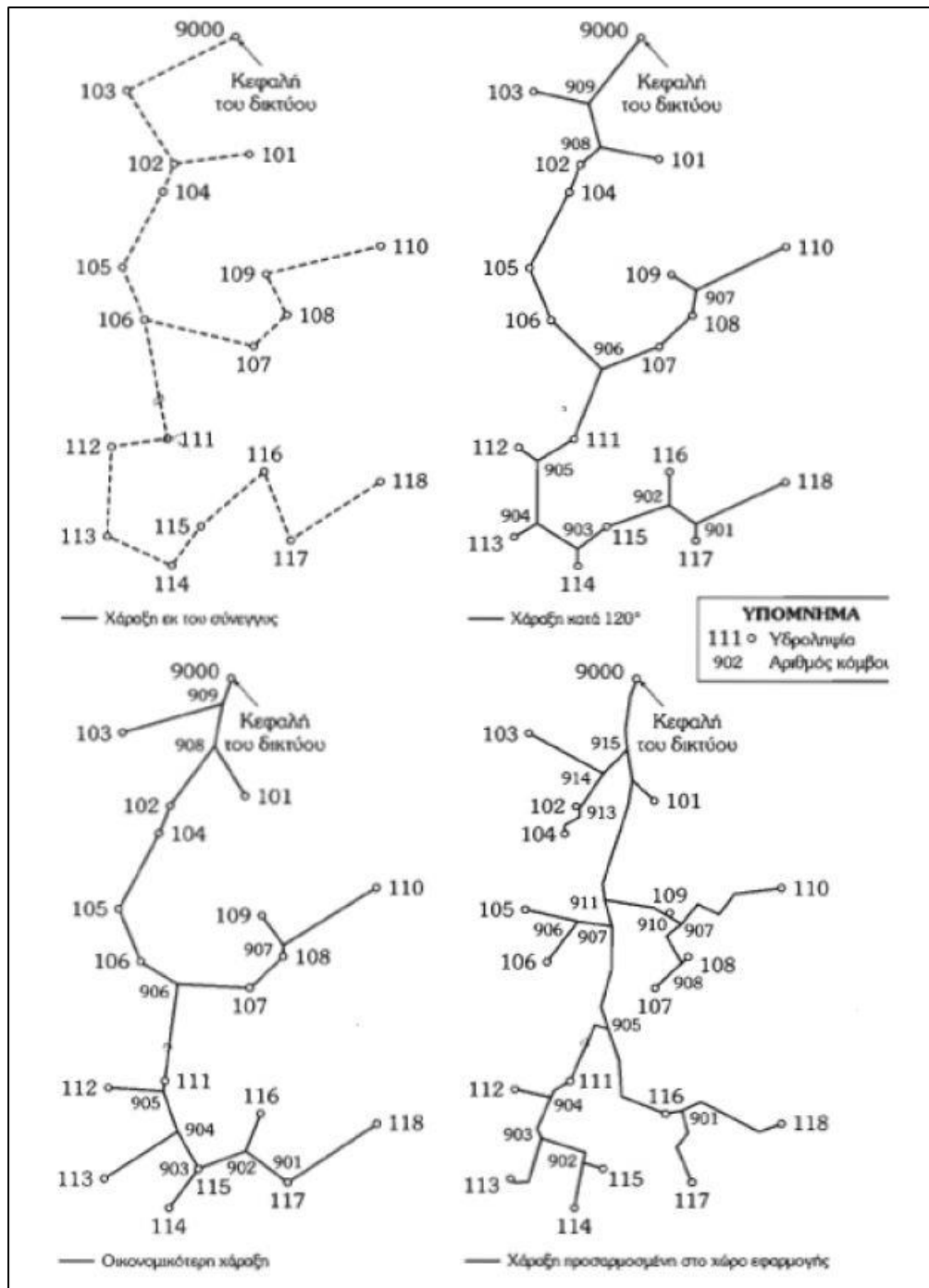
B) Βήμα 2: *Χάραξη 120°*. Οι αγωγοί δε συνδέονται μόνο στις υδροληψίες αλλά δημιουργούνται και ενδιάμεσοι κόμβοι (χωρίς υδροληψία), όπου τρεις αγωγοί συνδέονται υπό γωνία 120°. Στη χάραξη αυτή οι αγωγοί που συντρέχουν στον ίδιο κόμβο θεωρούνται αυτής της διαμέτρου και συνεπώς και του ίδιου κόστους ανά μονάδα μήκους (αυτή η παραδοχή οδηγεί στη λύση των 120°).

Γ) Βήμα 3: *Η οικονομικότερη χάραξη*. Η προηγούμενη χάραξη διαστασιολογείται βελτιστοποιώντας τις διαμέτρους. Χρησιμοποιώντας ως οδηγό τις διαμέτρους που έδωσε η διαστασιολόγηση, τροποποιούνται τα μήκη των αγωγών (αυξάνουμε τους αγωγούς μικρότερης διαμέτρου – συνεπώς μικρότερου κόστους) και αντίστοιχα μειώνεται το μήκος του αγωγού της μεγαλύτερης διαμέτρου (μεγάλου κόστους).

Δ) Βήμα 4: *Χάραξη προσαρμοσμένη στην υπάρχουσα κατάσταση του χώρου εφαρμογής*. Στο τέλος η χάραξη θα πρέπει να προσαρμοστεί στα εμπόδια που υπάρχουν στην υπό μελέτη περίμετρο (π.χ. ύπαρξη μεγάλων οδών, οικοδομημάτων κλπ.). Η χάραξη του σταδίου (Γ) προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες του πεδίου, δεδομένου ότι υπάρχουν εμπόδια που θα πρέπει να παρακαμφθούν (π.χ. ένας αυτοκινητόδρομος, μια βιομηχανία, κοκ). Επισημαίνεται ότι ο μελετητής συνήθως

προσπαθεί να αποφεύγει τις διελεύσεις των αγωγών μέσα από τα αγροτεμάχια προκειμένου να μειώσει τις αντιδράσεις των αγροτών στην υλοποίηση του έργου και να ελαχιστοποιήσει τις αποζημιώσεις που θα πρέπει να δώσει στους ιδιοκτήτες αυτών των αγροτεμαχίων, (Δέρκας, 1999).

Στο Σχήμα 2.1 που ακολουθεί, γίνεται παρουσίαση των διαφόρων φάσεων της χάραξης.



Σχήμα 2.1: Διαδοχικά στάδια χάραξης αρδευτικού δικτύου (Τσακίρης και Δέρκας, 2006).

Η προαναφερθείσα μέθοδος βήμα – βήμα μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές που υπάρχει διάσπαρτη γεωργική εκμετάλλευση χωρίς αναδασμό. Στην Ελλάδα ο αναδασμός πριν από την κατασκευή του έργου είναι υποχρεωτικός. Στην περίπτωση αυτή η χάραξη απλοποιείται διότι ακολουθεί τη γεωμετρική χάραξη των αρδευτικών μονάδων και αγωγοί περνούν κυρίως από αγροτικούς δρόμους (Δέρκας, 2006).

2.2.4 Προσδιορισμός των παροχών μελέτης σε δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση

Στην ελεύθερη ζήτηση η ονομαστική παροχή των υδροστομίων "d" (L/s) είναι πολύ μεγαλύτερη από την ειδική συνεχή παροχή "v" (L/s/ha), την απαραίτητη δηλαδή παροχή για να καλύψει τις ανάγκες των καλλιεργειών σε 24ωρη βάση κατά την περίοδο αιχμής. Για το λόγο αυτό, είναι βέβαιο ότι η παροχή "Q" μέσα σε έναν αγωγό που έχει κατάντη R' υδροστόμια ονομαστικής παροχής "d" τα οποία αρδεύουν μία έκταση "Si" (ha), θα παίρνει τιμές τέτοιες ώστε:

$$S_i \cdot v \leq Q \leq R' \cdot d$$

Οι υψηλές τιμές των "d" έχουν ως επακόλουθο τα υδροστόμια να λειτουργούν ένα μέρος του χρόνου εντός του 24ώρου. Συνεπώς, η πιθανότητα να είναι εν χρήση όλα συγχρόνως είναι πολύ μικρή. Το πρόβλημα που τίθεται είναι να υπολογισθεί η παροχή αιχμής με τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιηθούν στο μέγιστο δυνατό οι διάμετροι των σωληνώσεων μεταφοράς.

Τα προαναφερθέντα ζητήματα είχαν ως αποτέλεσμα τη χρήση πιθανολογικών προσεγγίσεων για τον υπολογισμό των παροχών στα τμήματα του δικτύου αλλά και στην κεφαλή ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου υπό πίεση με ελεύθερη ζήτηση, (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

Για την εκτίμηση αυτής της παροχής, ο Γάλλος μηχανικός René Clément πρότεινε δύο στατιστικά μοντέλα, τα οποία και θα αναλυθούν παρακάτω.

Οι νόμοι της ζήτησης (Clément, 1955, 1966)

Πρώτος νόμος της ζήτησης (πρώτος τύπος του Clément)

Ο Clément για να αναπτύξει το μοντέλο του έκανε τις εξής δύο υποθέσεις:

1. Όλα τα υδροστόμια είναι όμοια και ανεξάρτητα μεταξύ τους
2. Η πιθανότητα λειτουργίας κάθε υδροστομίου "p" είναι σταθερή και ίση προς

$$p = \frac{t}{T}$$

t Χρόνος αναγκαίος για να παράσχει την αναγκαία ποσότητα νερού
T Χρόνος διαθέσιμος

Πρέπει καταρχήν να διευκρινίσουμε ότι ο υπολογισμός της παροχής αιχμής πρέπει να γίνει για την περίοδο της εποχής άρδευσης με τις μεγαλύτερες ανάγκες, δηλαδή την περίοδο αιχμής "T". Ο Clément δέχεται ότι κατά την περίοδο αυτή είναι δυνατό το

δίκτυο να μην χρησιμοποιείται συνεχώς, δηλαδή ότι υπάρχουν χρονικά διαστήματα κατά τα οποία η παροχή είναι μηδενική. Έτσι εισάγει τον διαθέσιμο χρόνο T' που είναι $T' = r \cdot T$, ορίζοντας το "r" σαν χρονική απόδοση του δικτύου.

Με τις προαναφερθείσες υποθέσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον διωνυμικό νόμο για να μοντελοποιήσουμε το φαινόμενο της λειτουργίας των υδροστομίων. Υπό την προϋπόθεση ότι ο αριθμός των υδροστομίων είναι αρκετά μεγάλος και η πιθανότητα "p" δεν είναι πλησίον του 0 ή του 1, μπορούμε να προσεγγίσουμε τον διωνυμικό νόμο με τον κανονικό και να καταλήξουμε στον πρώτο νόμο της ζήτησης ή πρώτο τύπο του Clément (1955),

$$N = R \cdot p + U(Pq)\sqrt{R \cdot p \cdot q} \quad (2.1)$$

Επιπλέον, θεωρώντας ότι όλα τα υδροστόμια είναι ομοιογενή και έχουν την ίδια ονομαστική παροχή, για τη συνολική παροχή να λειτουργούν N (κατάντη) υδροστόμια, ισχύει:

$$Q = N \cdot d \Rightarrow$$

$$Q = R \cdot p \cdot d + U(Pq)\sqrt{R \cdot p \cdot q \cdot d^2} \quad (2.2)$$

Όπου

N: μέγιστος αριθμός συγχρόνως λειτουργούντων υδροστομίων

Q: παροχή αιχμής

R: συνολικός αριθμός υδροστομίων

d: ονομαστική παροχή των υδροστομίων

p: πιθανότητα λειτουργίας των υδροστομίων

q: 1-p (η μη δυνατότητα ικανοποίησης της ζήτησης για N υδροστόμια ανοικτά)

U: τυποποιημένη μεταβλητή

P_q : ποιότητα λειτουργίας του δικτύου (αθροιστική πιθανότητα).

Η σχέση μεταξύ της " P_q " και της "U" έχει ως εξής:

$$P_q = \Pi(U) = \int_{-\infty}^U \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

Ενώ η πιθανότητα λειτουργίας των υδροστομίων δίνεται και από τους ακόλουθους τύπους:

$$p = \frac{t}{T'} = \frac{t}{r \cdot T} = \frac{Si \cdot v}{r \cdot R \cdot d} = \frac{A \cdot Se \cdot v}{r \cdot R \cdot d} \quad (2.3)$$

Όπου

t : ο απαραίτητος χρόνος για να καλυφθούν οι ανάγκες σε νερό
 T' : ο διαθέσιμος χρόνος κατά την περίοδο αιχμής
 T : η περίοδος αιχμής
 S_i : η αρδευόμενη επιφάνεια
 S_e : η εξοπλισμένη επιφάνεια, δηλ. η επιφάνεια που μόνο η εγκατάσταση υδροληψίας και υδροστομίου αρκούν για να μας παρασχεθεί νερό (δεν χρειάζεται καμία άλλη επέμβαση στο συλλογικό δίκτυο)
 A : πυκνότητα άρδευσης με $A = S_i/S_e$
 v : ειδική συνεχής παροχή αιχμής (είναι η ειδική παροχή αιχμής που αναφέρεται σε 24ωρη λειτουργία του δικτύου)
 r : χρονική απόδοση ή βαθμός χρησιμοποίησης του δικτύου
 Ο όρος $U(P_q)$ ονομάζεται συντελεστής ποιότητας λειτουργίας και λαμβάνει τιμές σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1 παρακάτω, ανάλογα δηλαδή με την ποιότητα λειτουργίας P_q . Ο πρώτος τύπος του Clément ισχύει για $R > 10$ και στην περίπτωση που προκύπτει $N < 10$, τότε θεωρούμε $N = 10$. Αν $R \leq 10$, τότε θεωρούμε $N = R$, (Clément and Galand, 1979).

P_q	$U(P_q)$
0.90	1.285
0.91	1.345
0.92	1.405
0.93	1.475
0.94	1.555
0.95	1.645
0.96	1.755
0.97	1.885
0.98	2.055
0.99	2.324

Πίνακας 2.1: Συνάρτηση κατανομής της τυποποιημένης μεταβλητής $U(P_q)$ και συντελεστής ποιότητας λειτουργίας P_q , (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

Επισημαίνεται ότι ο ορισμός του "r" έχει αλλάξει και σήμερα θεωρείται ένας συντελεστής προσαρμογής του μοντέλου στην πραγματικότητα, (Δέρκας, 1999).

Οι σχέσεις (2.1) και (2.2) ισχύουν για υδροστόμια ομοιογενή ως προς την παροχή και την πιθανότητα λειτουργίας. Για ένα σύνολο ετερογενών υδροστομίων, διαιρούμε τον πληθυσμό σε (i) ομοιογενείς υπό – πληθυσμούς. Χρησιμοποιώντας στη συνέχεια την ιδιότητα του κανονικού νόμου να διατηρείται κατά την πρόσθεση, έχουμε τη σχέση:

$$Q = \sum_i R_i \cdot p_i \cdot d_i + U(P_q) \sqrt{\sum_i R_i \cdot p_i \cdot q_i \cdot d^2} \quad (2.4)$$

Τέλος, αν θεωρήσουμε κάθε υδροστόμιο "j" ξεχωριστά, όπου το κάθε ένα είναι παροχής " d_j " και υπακούει σε ένα διωνυμικό νόμο με πιθανότητα " p_j " και $q_j = 1 - p_j$ αντίστοιχα.

Επίσης, σύμφωνα με τον ισχυρό νόμο των μεγάλων αριθμών, το άθροισμα "R" τυχαίων μεταβλητών (R: μεγάλο) συγκλίνει προς το νόμο του Laplace με τα εξής χαρακτηριστικά:

Μέση τιμή παροχής: $\sum p_j \cdot d_j$

Διασπορά παροχής: $\sum p_j \cdot q_j \cdot d_j^2$

Τελικά καταλήγουμε στη γενικευμένη μορφή του τύπου του Clément,

$$Q = \sum_{j=1}^{j=R} p_j \cdot d_j + U(Pq) \sqrt{\sum_{j=1}^{j=R} p_j \cdot q_j \cdot d_j^2} \quad (2.5)$$

Δεύτερος νόμος της ζήτησης (δεύτερος τύπος του Clément)

A. Υποθέσεις

Ο Clément ανέπτυξε ένα δεύτερο μοντέλο υπολογισμού παροχών σε αρδευτικά δίκτυα ελεύθερης ζήτησης, έχοντας λάβει υπόψη τους περιορισμούς που τέθηκαν στο πρώτο μοντέλο, (Clément, 1966). Η λειτουργία του δικτύου περιγράφεται από μια στοχαστική διαδικασία γέννησης και θανάτου: στοχαστική αλυσίδα MARKOV, μόνιμος, ασυνεχής, ομοιογενής μέσα στο χρόνο.

- ✓ Ο αριθμός των υδροστομιών είναι R. Ο αριθμός των ανοικτών υδροστομιών είναι $N \leq R$.
- ✓ Όλα τα υδροστόμια είναι όμοια.
- ✓ Οι διάρκειες άρδευσης των υδροστομιών είναι ανεξάρτητες.
- ✓ Οι διάρκειες άρδευσης ακολουθούν την ίδια κατανομή με μέση τιμή 'Θ'.
- ✓ Το δίκτυο λειτουργεί μόνο ένα μέρος του συνολικού χρόνου της περιόδου αιχμής.

B. Χαρακτηριστικά της διαδικασίας

Τα μόνα δυνατά "βήματα" του συστήματος (αλλαγές καταστάσεως του συστήματος) είναι προς τις άμεσα γειτονικές καταστάσεις: από το j στο j + 1 ή στο j - 1 εάν $0 < j < N$ ή από το 0 στο 1 και τέλος από το N στο N - 1.

Εάν σε κάποια χρονική στιγμή "t" το σύστημα είναι στην κατάσταση "j" η πιθανότητα "λ_j" να παρουσιαστεί νέα ζήτηση (άνοιγμα υδροστομίου) μέσα στο χρονικό διάστημα dt είναι μεγαλύτερη όσο ο αριθμός των κλειστών υδροστομιών "R - j" είναι μεγάλος.

Μια καλή προσέγγιση είναι να θεωρήσουμε ότι η πιθανότητα αυτή "λ_j" είναι ανάλογη της "R - j".

$$\lambda_j \cdot dt = \lambda \cdot (R - j) \cdot dt \quad (2.6)$$

Εάν τη χρονική στιγμή "t" το σύστημα είναι στην κατάσταση "j", η πιθανότητα "μ_j" να περάσει στην κατάσταση "j - 1" : τέλος μίας ζήτησης, στο χρονικό διάστημα dt είναι

$$\mu_j \cdot dt = \mu \cdot j \cdot dt \quad (2.7)$$

Όπου,

$\mu = 1/\Theta$ και
 Θ : μέση διάρκεια της άρδευσης.

Το σύστημα γίνεται οριακά στάσιμο, ανεξάρτητο δηλαδή από τις αρχικές συνθήκες, όταν το "t" τείνει στο άπειρο. Το σύστημα τη δεδομένη στιγμή βρίσκεται σε στατιστική ισορροπία.

Στη συνέχεια, με βάση τις προηγούμενες υποθέσεις:

Υπολογίζεται ο χρόνος υπερφόρτωσης του συστήματος " P_N ", το ποσοστό δηλαδή μέσα στο χρόνο που το σύστημα είναι υπερφορτωμένο

$$P_N = \frac{\binom{R}{N} \cdot p^N \cdot q^{R-N}}{\sum_{K=0}^N \binom{R}{K} \cdot p^K \cdot q^{R-K}} \quad (2.8)$$

Όπου p και q η πιθανότητα ενός υδροστομίου να είναι ανοικτό ή κλειστό αντίστοιχα ($p=1-q$).

Μετά υπολογίζεται το επίπεδο μη ικανοποίησης της ζήτησης " P_a " (εκφράζει το μέσο ποσοστό κλήσεων που βρίσκει το σύστημα κορεσμένο και δεν ικανοποιούνται). Για τον υπολογισμό της P_a χρησιμοποιείται ο τύπος του P_N θεωρώντας ότι υπάρχουν " $R-1$ " υδροστόμια αντί " R "

$$P_a = \frac{\binom{R-1}{N} \cdot p^N \cdot q^{R-1-N}}{\sum_{K=0}^N \binom{R-1}{K} \cdot p^K \cdot q^{R-1-K}} \quad (2.9)$$

Στη συνέχεια εφαρμόζεται η προσέγγιση με την κανονική κατανομή.

Έστω

- $\Psi(U)$ η συνάρτηση πυκνότητας της κανονικής κατανομής
- $\Pi(U)$ η συνάρτηση κατανομής της κανονικής κατανομής

Οι συναρτήσεις $\Psi(U)$, $\Pi(U)$ δίνονται από πίνακες σε όλα τα βιβλία στατιστικής και από τη θεωρία των πιθανοτήτων δίνεται:

$$\binom{R-1}{N} \cdot p^N \cdot q^{R-1-N} = \frac{1}{\sqrt{(R-1) \cdot p \cdot q}} \cdot \Psi(U')$$

$$\sum_{K=0}^N \binom{R-1}{K} \cdot p^K \cdot q^{R-1-K} = \Pi(U')$$

Με U' (ανηγμένη μεταβλητή):

$$U' = \frac{N - (R-1) \cdot p}{\sqrt{(R-1) \cdot p \cdot q}} \quad (2.10)$$

Η σχέση (2.6) διαμορφώνεται για την *πιθανότητα κορεσμού – συσσώρευση ζήτησης*

$$P_a = \frac{1}{\sqrt{(R-1) \cdot p \cdot q}} \cdot \frac{\Psi(U')}{\Pi(U')}$$

Θέτοντας

$$H(U') = \frac{\Psi(U')}{\Pi(U')}$$

$$H(U') = P_a \sqrt{(R-1) \cdot p \cdot q} \quad (2.11)$$

Επίσης από την εξίσωση (2.10)

$$N = (R-1) \cdot p + U' \sqrt{(R-1) \cdot p \cdot q} \quad (2.12)$$

$$N = (R-1) \cdot p + \frac{U' \cdot H(U')}{P_a} \quad (2.13)$$

Η σχέση (2.12) είναι παραπλήσια του πρώτου τύπου του Clément (εξίσωση 2.1), υπολογίζοντας το μέγιστο αριθμό υδροστομίων που μπορούν να λειτουργήσουν συγχρόνως σε ένα δίκτυο όπου είναι εγκατεστημένα R συνολικά υδροστόμια, αλλά η ανηγμένη μεταβλητή U' εξαρτάται σε αυτή την περίπτωση από τις παραμέτρους R , p , q και P_a , (Dercas, 1989, Lamaddalena and Sagardoy, 1997). Επιπλέον, η παράμετρος p στο δεύτερο νόμο εξομοιώθηκε μόνο προσεγγιστικά με την πιθανότητα λειτουργίας των υδροστομίων (Dercas, 1989).

Ο Clément προτείνει τα μικρά δίκτυα να υπολογίζονται με το πρώτο μοντέλο και ποιότητα λειτουργίας $P_q=99\%$, ενώ τα μεγάλα δίκτυα να υπολογίζονται με το δεύτερο μοντέλο με πιθανότητα κορεσμού $P_a=1\%$, (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

Τονίζεται ότι το μοντέλο που οδηγεί στον πρώτο τύπο της ζήτησης υποθέτει ότι η πλεονάζουσα ζήτηση διατηρείται, ενώ στο δεύτερο τύπο αποκλείεται (Dercas, 1989). Επίσης, η συμπεριφορά των αγροτών θεωρείται ως αμετάβλητη και στις δύο περιπτώσεις, (Δέρκας, 1999).

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι μόνο ο πρώτος τύπος του Clément χρησιμοποιείται, επειδή η εφαρμογή του είναι σχετικώς ευκολότερη από αυτή του δεύτερου τύπου, (Δέρκας, 1999).

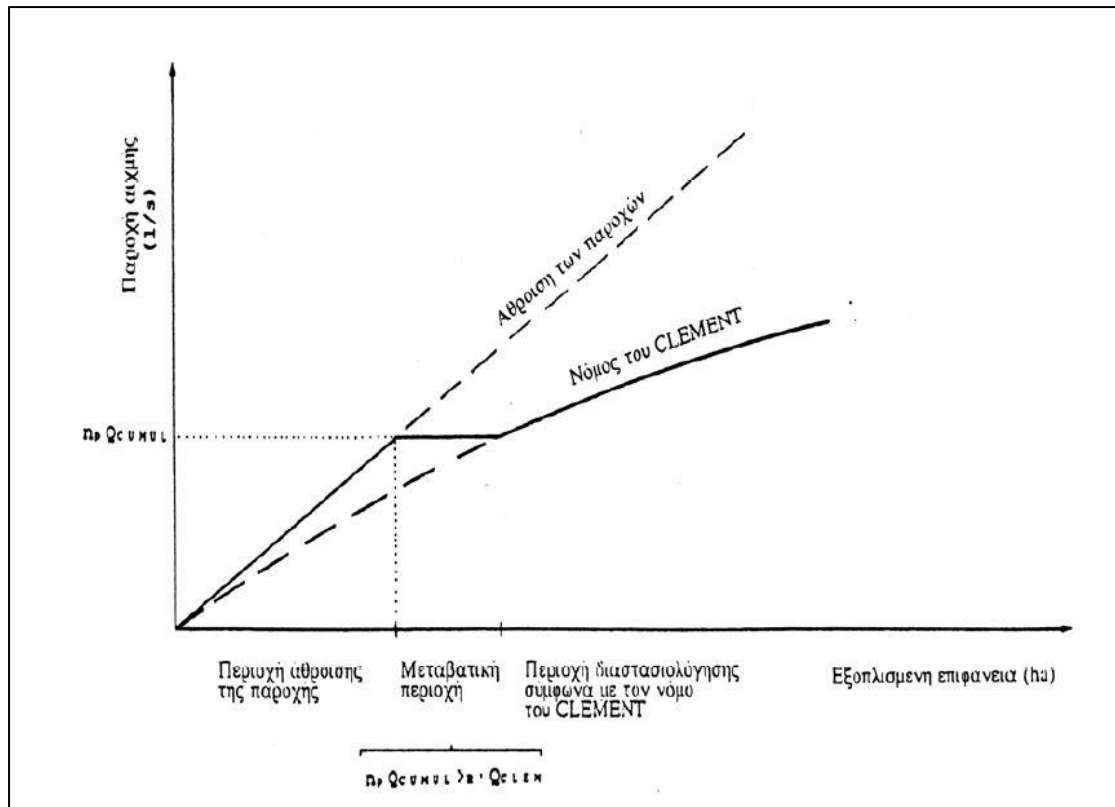
Εφαρμογή του νόμου του Clément στα άκρα των δικτύων (Karantounias and Dercas, 1997)

Όταν ο αριθμός των κατάντη υδροστομιών είναι πολύ μικρός, ο τύπος του Clément δεν μπορεί να εφαρμοστεί, διότι για να επιτευχθεί ο νόμος της ελεύθερης ζήτησης, έγινε η προσέγγιση του διωνυμικού νόμου από τον κανονικό. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα στα άκρα των δικτύων, η συνήθης πρακτική είναι η άθροιση (CUMUL) της παροχής Q_{CUMUL} ενός αριθμού n_p ακραίων υδροστομιών $n_p \cdot Q_{CUMUL}$ και η χρησιμοποίησή της ως παροχής μελέτης για τη διαστασιολόγηση των αγωγών που τροφοδοτούν τα ανωτέρω υδροστόμια. Ο αριθμός n_p λαμβάνει τιμές από 2 έως 12 ανάλογα με το μελετητή.

Όταν ο αριθμός των κατάντη υδροστομιών R' καταστεί μεγαλύτερος από n_p ($R' > n_p$), εφαρμόζεται η σχέση του Clément και υπολογίζεται η παροχή του $Q_{R'(CLEM)}$.

Αν $Q_{R'(CLEM)} > n_p \cdot Q_{CUMUL}$, τότε επιλέγεται η $Q_{R'(CLEM)}$ ως παροχή σχεδιασμού του εξεταζόμενου αγωγού. Διαφορετικά, χρησιμοποιείται το άθροισμα παροχών $n_p \cdot Q_{CUMUL}$.

Ομοίως εφαρμόζεται η μέθοδος και στους ανάντη υπάρχοντες αγωγούς. Ακολουθεί σχηματικά η αναπαράσταση της μεταβολής της παροχής σχεδιασμού των αγωγών (παροχή αιχμής) συναρτήσεως της κατάντη εξοπλισμένης έκτασης (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Παροχή σχεδιασμού των αγωγών σε σχέση με την εξοπλισμένη έκταση του δικτύου (δίκτυο με ελεύθερη ζήτηση), (Δέρκας, 1999).

2.2.5 Επιλογή της παροχής και της πίεσης των υδροστομίων (Δέρκας, 1999)

Ιδιαίτερα σημαντικοί παράγοντες για την οικονομία και τη λειτουργικότητα ενός δικτύου είναι η πίεση και η παροχή που διαθέτουν οι αγρότες στα υδροστόμια. Οι παράμετροι αυτές θα καθορίσουν τον τύπο και το βαθμό κάλυψης των συστημάτων άρδευσης που θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι αγρότες.

Υπενθυμίζεται ότι οι κύριοι τύποι αρδευτικού εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται σε ένα υπό πίεση δίκτυο κατηγοριοποιούνται ως εξής:

A) Στην άρδευση με καταιονισμό

- Οι σταθεροί εκτοξευτήρες χαμηλής και μέσης πίεσης. Έχουν ανάγκη 1,4 έως 4 bars και παροχή 0,6 με 6 m³/h.
- Οι σταθεροί εκτοξευτήρες υψηλής πίεσης:
 - i. Κανόνια (4 – 6 bars και παροχή 15 – 100 m³/h).
 - ii. Γιγάντιοι εκτοξευτήρες (4 – 6 bars και 25 – 125 m³/h).
 - iii. Τα καρούλια (6 – 10 bars και 30 – 100 m³/h)
 - iv. Οι γιγάντιες ράμπες που αυτοκινούνται κυκλικά ή μετωπικά.

B) Στη μικροάρδευση

- οι σταλακτήρες,

- οι μικροεκτοξευτήρες κ.α.

Η σύγχρονη και διαρκώς αυξανόμενη τάση χρησιμοποίησης των καρουλιών, λόγω ότι βοηθούν στην αυτοματοποίηση της αρδευτικής διαδικασίας, οδηγεί σε τάση για αύξηση της πίεσης στα συλλογικά δίκτυα αντίστοιχα. Όσο αφορά την SCP, ενώ παλιότερα επέλεγαν 4,5 bars στη δυσμενέστερη υδροληψία, εγκαθιστούν πλέον με 6 bars ελάχιστη πίεση. Στην Ελλάδα, δεχόμαστε πλέον συχνά στις νέες μελέτες μία πίεση των 6 bars ,αντί των 4,5 bars που ίσχυαν στο παρελθόν.

Σχετικά με την παροχή των υδροστομιών, αυτή επιδρά όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ελευθερία του χρήστη. Για την ακρίβεια, όσο μεγαλύτερη είναι η παροχή, τόσο γρηγορότερα αυτός θα μπορέσει να αρδεύσει, πράγμα το οποίο τον βοηθά στην οργάνωση της εργασίας του.

Τις περισσότερες φορές η επιλογή της εγκατεστημένης παροχής από τον μελετητή γίνεται βάσει της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί στην περιοχή του δικτύου. Στην Ελλάδα δεχόμαστε συνήθως 4 – 5 m³/h ανά αρδευόμενο εκτάριο. Στην Προβηγκία η SCP, ανάλογα με τις υπάρχουσες και προβλεπόμενες καλλιέργειες, διαλέγει για τα δίκτυα της μία εγκατεστημένη παροχή που κυμαίνεται μεταξύ 5 – 30 m³/h ανά αρδευόμενο εκτάριο (2,5 με 15 φορές την ειδική συνεχή παροχή αιχμής), (Δέρκας, 1999). Έχει διαπιστωθεί ότι η SCP έχει καθορίσει ένα οριοθετημένο σύνολο τιμών όσο αφορά τις εγκατεστημένες παροχές ανά αρδευόμενο εκτάριο και ανάλογα με το είδος της εκάστοτε καλλιέργειας, κατόπιν ερευνών και μελετών. Υπογραμμίζεται ότι έχει συντελεστεί ομαδοποίηση στα είδη καλλιέργειας. Με ανάλογο τρόπο και βάσει της εμπειρίας που έχουν διαχρονικά αποκομίσει, έχουν καθορισμένο σύνολο τιμών για την παροχή των υδροστομιών σε σχέση με την αρδευόμενη έκταση και την απόδοση αυτών σε σχετικό πίνακα.

Η αύξηση της εγκατεστημένης παροχής, όπως ανωτέρω επισημάνθηκε, οδηγεί σε δίκτυα που παρέχουν μεγαλύτερη ελευθερία στους χρήστες, ωστόσο χρειάζονται αγωγούς μεγαλύτερων διαμέτρων, και ως εκ τούτου θα προκύψουν δίκτυα μεγαλύτερου κόστους.

Συμπερασματικά, η επιλογή των παροχών και πιέσεων στα υδροστόμια γίνεται εμπειρικά με στόχο να συμβιβαστούν δύο αντίθετες τάσεις:

- ❖ *του χρηματοδότη του έργου*, που θέλει ένα δίκτυο οικονομικό (μικρές παροχές και πιέσεις), και
- ❖ *των αγροτών*, που θέλουν υψηλές τιμές για τις εν λόγω παραμέτρους, ώστε να διευκολυνθεί η άρδευσή τους (συντόμευση του χρόνου επέμβασης, χρήση καρουλιών κ.λπ.).

Μία πιο ορθολογική προσέγγιση, ιδίως σε περιοχές δίχως εμπειρία σε δίκτυα υπό πίεση, αποτελεί η βελτιστοποίηση του αρδευτικού εξοπλισμού του αγροτεμαχίου. Αυτή η προσέγγιση του προβλήματος οδηγεί με τη σειρά της σε μία ορθολογική επιλογή των παροχών και πιέσεων και αποκλείει τις λύσεις που βασίζονται σε μεταφορά προδιαγραφών από περιοχή σε περιοχή, χωρίς ωστόσο να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της κάθε μίας.

Συμπερασματικά, υπάρχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και για τον καθορισμό του βέλτιστου μεγέθους των μονάδων άρδευσης σε νέα δίκτυα που κατασκευάζονται κατόπιν αναδασμού.

2.2.6 Οικονομική βελτιστοποίηση των διαμέτρων (Τσακίρης και Δέρκας, 2006)

Μετά τη χάραξη ενός ακτινωτού δικτύου και τον υπολογισμό των παροχών σχεδιασμού των αγωγών γίνεται η οικονομική βελτιστοποίηση των διαμέτρων του δικτύου. Στη βελτιστοποίηση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το μήκος των αγωγών, η παροχή των αγωγών, το υψόμετρο και το έργο κεφαλής (αντλιοστάσιο ή ταμιευτήρας). Το φορτίο στο έργο κεφαλής μπορεί να είναι προκαθορισμένο (π.χ. ταμιευτήρας προϋπάρχει) ή και να αποτελέσει αυτό το στοιχείο της βελτιστοποίησης (π.χ. νέο αντλιοστάσιο). Η επιλογή των διαμέτρων θα πρέπει αφενός να ικανοποιεί τις υδραυλικές απαιτήσεις του δικτύου και αφετέρου θα πρέπει ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος του δικτύου. *Σε όλες τις περιπτώσεις, υπάρχει θεωρητικά μία μόνο πιεζομετρική γραμμή, για την οποία οι αντίστοιχες διάμετροι καθιστούν το κόστος του δικτύου ελάχιστο, η οποία ονομάζεται οικονομική πιεζομετρική γραμμή,* (Κατσιμπα, 2009).

Οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι παρακάτω:

- Ο γραμμικός προγραμματισμός (Karmeli et al., 1968, Alperovits and Shamir, 1977, Kale et al., 2008)
- Ο δυναμικός προγραμματισμός (Liang, 1971, Yang et al., 1975)
- Η ασυνεχής μέθοδος του Labye, (Labye, 1966)
- Η συνεχής μέθοδος του Labye, (Labye, 1961)
- Μέθοδοι βελτιστοποίησης με ασαφή λογική (Spiliotis and Tsakiris, 2007)

Η ανωτέρω μέθοδος του Labye είναι ισοδύναμη με τη μέθοδο του δυναμικού προγραμματισμού, η οποία εφαρμόζεται και σε κλειστά δίκτυα με βρόγχους. Ο χαρακτηρισμός *ασυνεχής μέθοδος* προκύπτει από το γεγονός ότι εξετάζονται αποκλειστικά οι εμπορικοί διάμετροι (Κατσιμπα, 2009). Επιπλέον, διακρίνεται και για την ακρίβειά της, ενώ ταυτόχρονα δεν έχει ανάγκη μεγάλο υπολογιστικό χρόνο, ούτε μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Ο λόγος αυτός ήταν που επικράτησε για πολλά έτη για την οικονομική βελτιστοποίηση των διαμέτρων σε σχέση με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού για μεγάλα αρδευτικά δίκτυα, τα οποία απαιτούσαν πολύ μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ.

Στην ελληνική πραγματικότητα, η χρήση της ασυνεχούς μεθόδου του Labye είναι η επικρατέστερη για τη διαστασιολόγηση των αρδευτικών δικτύων, ιδίως για δίκτυα που τροφοδοτούνται από ένα μόνο αντλιοστάσιο στην κεφαλή του έργου. Εν συνεχεία παρατίθενται αδρομερώς αυτή η μέθοδος.

Ασυνεχής μέθοδος του Labye (Labye, 1961, 1966, CEMAGREF, 1983)

Απαραίτητα δεδομένα :

- ❖ Η χάραξη του δικτύου και η παροχή σχεδιασμού σε κάθε κλάδο (ορίζεται ως κλάδος το τμήμα αγωγού που βρίσκεται μεταξύ δύο κόμβων ή ενός κόμβου και ενός πέρατος του δικτύου).
- ❖ Η ελάχιστη πιεζομετρική στάθμη που είναι απαραίτητη σε κάθε υδροληψία.
- ❖ Ο πίνακας με τους διαθέσιμους αγωγούς στην αγορά. Στον πίνακα αυτό υπάρχει για κάθε διάμετρο το κόστος, η τραχύτητα, η ανωτέρα και η κατωτέρα ταχύτητα και η ονομαστική πίεση. Το προαναφερθέν κόστος αναφέρεται στο κόστος προμήθειας αγωγών και ειδικών εξαρτημάτων, μεταφοράς, εκσκαφής, τοποθέτησης, κόστος κάθε εργασίας σύνδεσης των σωλήνων για τη διαμόρφωση του αγωγού, δοκιμασίας των αγωγών και εγκιβωτισμού. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί διαφόρων υλικών (π.χ. χάλυβας, PVC κλπ.) και χαρακτηριστικών (π.χ. διαφόρου ονομαστικής πίεσης) θα πρέπει να δημιουργηθεί ανάλογος αριθμός πινάκων με αγωγούς ομοιόμορφων χαρακτηριστικών.

Φάσεις της μεθόδου Labye:

- A. *Φάση ανόδου:* Κατά τη φάση αυτή εκκινώντας από τα κατάντη του δικτύου (τα άκρα του δικτύου) και «κινούμενοι» προς τα ανάντη (προ την κεφαλή) προσδιορίζεται ο νόμος βέλτιστης λύσης σε σχέση με το διαθέσιμο φορτίο (το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των αγωγών σαν συνάρτηση του πιεζομετρικού φορτίου στον υπό μελέτη κόμβο). Ο νόμος αυτό προσδιορίζεται σε κάθε κόμβο και τέλος στην κεφαλή του δικτύου.
- B. *Φάση καθόδου:* Βασιζόμενοι σε αυτό το νόμο της βέλτιστης λύσης στην κεφαλή του δικτύου και στις συνθήκες φορτίου στην κεφαλή (φορτίο βελτιστοποιημένου αντλιοστασίου, ή στάθμη ταμιευτήρα) προσδιορίζεται η βέλτιστη διάμετρος για τον κλάδο/αγωγό κεφαλής. Στη συνέχεια υπολογίζουμε το πιεζομετρικό φορτίο στον επόμενο κατάντη κόμβο, αφαιρώντας το φορτίο κεφαλής, τις απώλειες του κεντρικού αγωγού. Στο νέο αυτό κόμβο θα χρησιμοποιηθεί ο αντίστοιχος νόμος βέλτιστης λύσης και όλη η διαδικασία επαναλαμβάνεται προκειμένου να διαστασιολογηθούν οι υπόλοιποι αγωγοί του δικτύου.

2.3 Ανάλυση της λειτουργίας συλλογικού δικτύου άρδευσης

Στο κεφάλαιο αυτό διασαφηνίζεται η σημασία της ανάλυσης ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης. Με τον τρόπο αυτό αξιολογείται η επάρκειά του, καθορίζονται τα αίτια σε περίπτωση ανεπάρκειας και διατυπώνονται τα προτεινόμενα μέτρα ενίσχυσης ή και ανάταξης του δικτύου. Πρόκειται επίσης και για ένα στάδιο ελέγχου και επανεκτίμησης του σχεδιασμού.

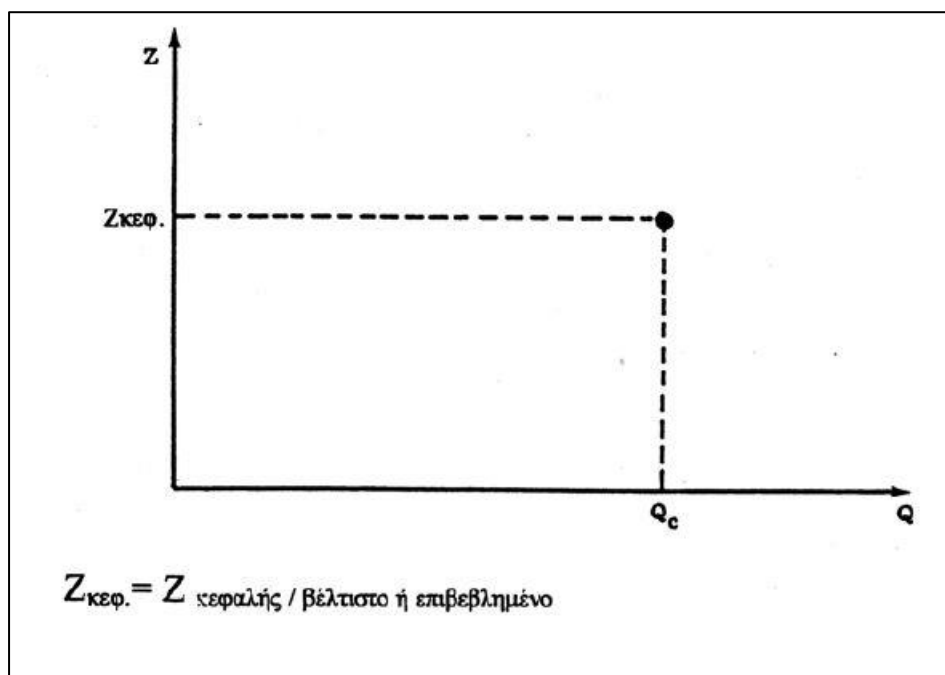
2.3.1 Η ανάλυση λειτουργίας υπό πίεση δικτύου άρδευσης

Κατά τη μελέτη ενός δικτύου άρδευσης υπό πίεση, σε πρώτη φάση καθορίζονται οι ανάγκες στις οποίες θα πρέπει να ανταποκρίνεται το δίκτυο και τα σημεία διανομής

του νερού (υδροληψίες), επιλέγονται οι παροχές των υδροστομιών (ανάλογα με τον αρδευτικό εξοπλισμό στο αγροτεμάχιο που πρόκειται να χρησιμοποιούν οι μελλοντικοί χρήστες και την ελευθερία που θέλει να τους χορηγήσει ο μελετητής) και γίνεται η χάραξη του δικτύου. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι παροχές μελέτης των αγωγών (ανάλογα με το σύστημα διανομής του νερού – ελεύθερη ζήτηση, πρόγραμμα ή περιορισμένη ζήτηση) και γίνεται βελτιστοποίηση των διαμέτρων των αγωγών για δεδομένο φορτίο στην κεφαλή (περίπτωση τροφοδοσίας από ταμιευτήρα) ή βελτιστοποίηση του συστήματος αντλιοστάσιο – δίκτυο (περίπτωση τροφοδοσίας από αντλιοστάσιο), (Δέρκας, 2001).

Κατά συνέπεια, η προσέγγιση μελέτης του δικτύου αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας ($Q_c = Q_{\text{αιχμή κεφαλής}}$, $Z_{\text{κεφαλής}}$ / βέλτιστο ή επιβεβλημένο) (Σχήμα 2.3) και ότι δεν είναι γνωστό ποια θα είναι η συμπεριφορά του για τα άλλα σημεία λειτουργίας του διαγράμματος $Z=f(Q)$. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να διερευνηθεί η υδραυλική συμπεριφορά και στα άλλα σημεία του διαγράμματος $Z=f(Q)$, ιδίως για τις παροχές που παρουσιάζουν μεγάλη συχνότητα.

Η διερεύνηση αυτή είναι ιδιαίτερα δύσκολη όταν το δίκτυο έχει σχεδιαστεί για ελεύθερη ζήτηση. Κι αυτό διότι οι χρήστες είναι εκείνοι που καθορίζουν την άρδευση, με αποτέλεσμα να μην είναι προκαθορισμένος ο αριθμός και η θέση των υδροστομιών που θα λειτουργήσουν συγχρόνως και συνεπώς οι παροχές που θα ζητηθούν και το αναγκαίο φορτίο στην κεφαλή.



Σχήμα 2.3: Αναγκαίο φορτίο στην κεφαλή για την παροχή αιχμής, (Δέρκας, 2001).

Αποτέλεσμα αυτής της σύνθετης λειτουργίας είναι ο σχηματισμός ενός μεγάλου αριθμού πιθανών τυχαίων συνδυασμών ανοιχτών υδροστομιών. Ένας συνδυασμός ανοιχτών υδροστομιών r είναι ένα σύνολο ανοιχτών υδροστομιών για τα οποία η συνολική του παροχή αντιστοιχεί σε μία δεδομένη τιμή παροχής στην κεφαλή του δικτύου, (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

Στα πλαίσια της ανάλυσης του δικτύου μελετώνται ξεχωριστά αλλά και στα πλαίσια της αλληλεξάρτησής τους οι τρεις συνιστώσες του αρδευτικού δικτύου:

- οι παροχές που εκφράζουν τη συμπεριφορά των αγροτών,
- η ανταπόκριση του δικτύου,
- η συμπεριφορά του αντλιοστασίου.

2.3.2 Η σημασία της ανάλυσης της λειτουργίας ενός δικτύου (Δέρκας, 2001)

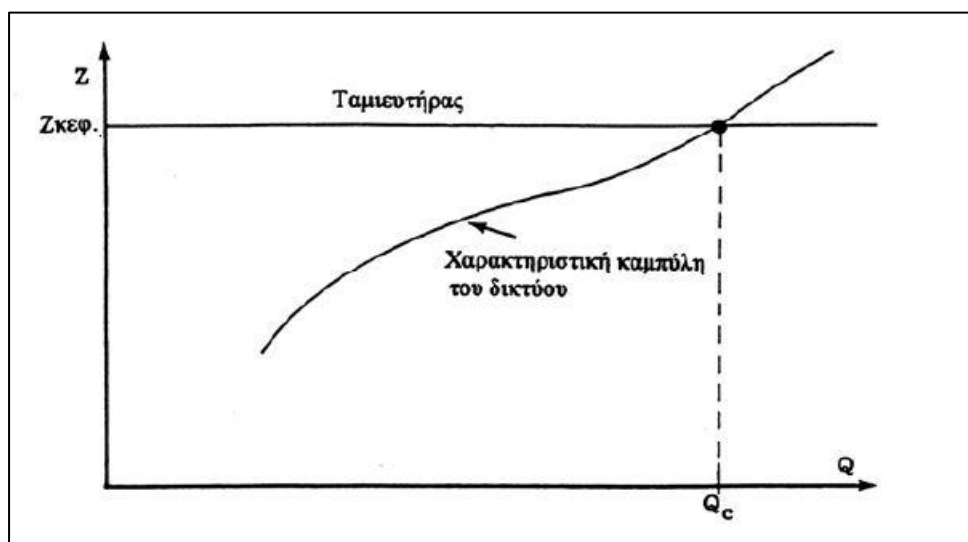
α. Δίκτυο υπό μελέτη (κατασκευή ολοκληρωμένη εξ αρχής)

Στην περίπτωση μελέτης δικτύου, μας ενδιαφέρει να εξετάσουμε πώς θα συνεργασθεί το μελλοντικό δίκτυο με το έργο κεφαλής (ταμιευτήρα ή αντλιοστάσιο) ανάλογα με τη ζήτηση που θα εμφανισθεί.

Όταν το δίκτυο τροφοδοτείται από υπάρχοντα ταμιευτήρα, η βελτιστοποίηση των διαμέτρων του δικτύου γίνεται για τη στάθμη που επιβάλλει ο ταμιευτήρας και πρέπει να καθορίζεται η χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου προκειμένου να γίνεται φανερή η συμπεριφορά του συστήματος για διάφορες παροχές στην κεφαλή, (Σχήμα 2.4).

Όταν το δίκτυο τροφοδοτηθεί από ταμιευτήρα που πρόκειται να κατασκευασθεί, το φορτίο $Z_{ταμ}=Z_{κεφ}$ καθορίζεται με βάση τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια και στη συνέχεια γίνεται η βελτιστοποίηση του συστήματος των αγωγών.

Αναφερόμενοι στα οικονομικά κριτήρια θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την επιλογή της θέσης και του αντίστοιχου φορτίου του ταμιευτήρα θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το σύνολο «κόστος ταμιευτήρα + κόστος δικτύου».



Σχήμα 2.4: Αναγκαίο φορτίο στην κεφαλή σε συνάρτηση με την καλούμενη παροχή, (Δέρκας, 2001).

Στην περίπτωση που το δίκτυο πρόκειται να τροφοδοτηθεί από αντλιοστάσιο, θα πρέπει να προσδιορισθεί η χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου προκειμένου να καθορισθούν κατά τον βέλτιστο τρόπο τα χαρακτηριστικά του αντλιοστασίου.

β. Δίκτυο υπό μελέτη (κατασκευή με τη λογική των προοδευτικών ενισχύσεων ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη προσαρμογή του έργου στις εξελισσόμενες ανάγκες).

Στην περίπτωση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μπορεί να προβλεφθεί εκ των προτέρων ποιοι αγωγοί και με ποια προτεραιότητα θα πρέπει να ενισχυθούν. Επιπλέον, ποιες ενισχύσεις των αντλιοστασίων είναι αναγκαίες, καθώς και αν θα πρέπει να γίνει και σε ποια σημεία εγκατάσταση νέων αντλιών επί της γραμμής / boosters προκειμένου να ανταποκριθεί το μελλοντικό δίκτυο στην εξελισσόμενη ζήτηση.

Η μελέτη αυτή θα μας δώσει τη δυνατότητα να προγραμματίσουμε τις μελλοντικές ενισχύσεις του δικτύου και να αποφύγουμε βασικά λάθη σχεδιασμού.

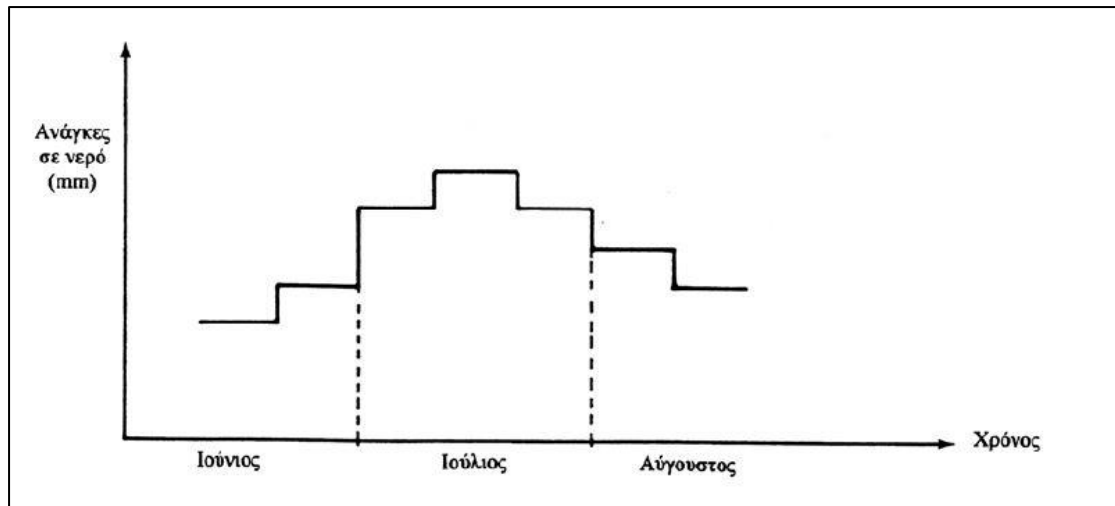
γ. Δίκτυο που ήδη λειτουργεί.

Για ένα δίκτυο που είναι σε λειτουργία, θα πρέπει να αναλυθούν τα προβλήματα που παρουσιάζει (πχ ποια υδροστόμια παρουσιάζουν ανεπάρκειες πίεσης/παροχής και για πόσο χρόνο, ποιοι αγωγοί είναι υποδιαστασιοποιημένοι κ.α.) προκειμένου να μελετηθούν και να προβλεφθούν οι κατάλληλες ενισχύσεις.

2.3.3 Οι χρήστες – η ζήτηση

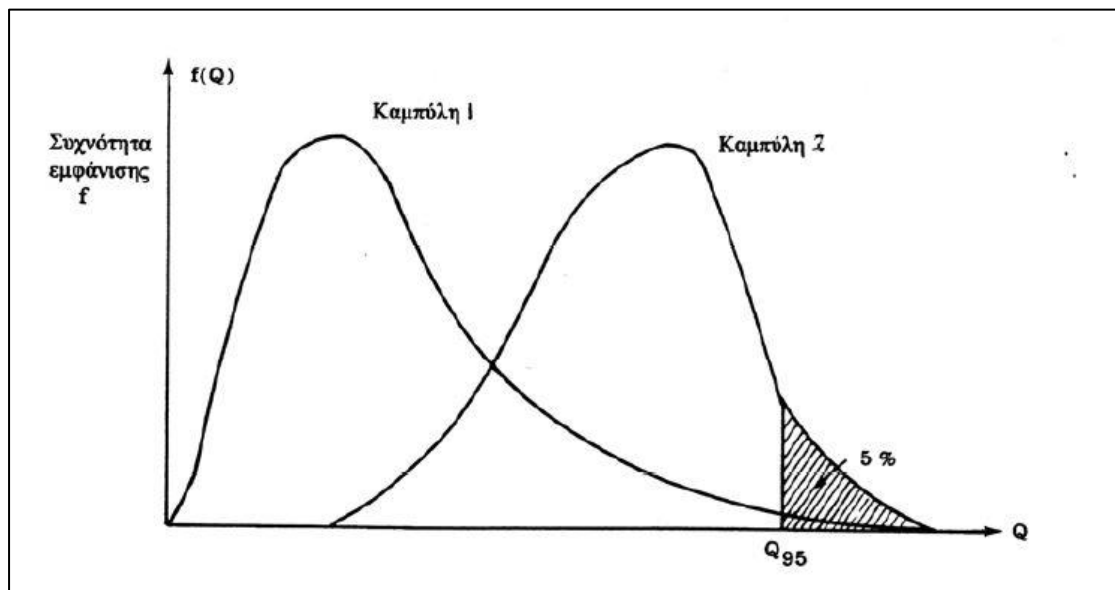
Η παράμετρος που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη δυσκολία εκτίμησης κατά τη μελέτη ενός δικτύου είναι οι παροχές που θα παρουσιάζονται στους αγωγούς. Η εκτίμηση των μεγάλων παροχών κατά την περίοδο αιχμής θα επιτρέψει να επιλεγούν οι απαιτούμενες διάμετροι για τους αγωγούς του δικτύου, ενώ η εκτίμηση της συχνότητας με την οποία θα εμφανίζονται όλες οι παροχές κατά τη διάρκεια όλης της καλλιεργητικής περιόδου θα επιτρέψει τον υπολογισμό του κόστους άντλησης.

Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες και οι καλλιέργειες στην περιοχή μελέτης θα επιτρέψουν ακολούθως την εκτίμηση των αναγκών, ανά μήνα ή καλύτερα ανά δεκαήμερο. Οι ανάγκες αυτές (Σχήμα 2.5), που αναφέρονται σε ένα μέσο έτος ή έτος ορισμένης συχνότητας επαναφοράς, ανάλογα με την επιλογή του μελετητή, σύμφωνα με τη μέθοδο διανομής του νερού στα υδροστόμια και τις μεθόδους άρδευσης που εφαρμόζουν οι αγρότες στα αγροτεμάχια, θα μετατραπούν σε παροχές στους αγωγούς και στο αντλιοστάσιο του δικτύου.



Σχήμα 2.5: Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό (αναφορά σε έτος ορισμένης συχνότητας επαναφοράς), (Δέρκας, 2001).

Η κατανομή συχνοτήτων εμφάνισης των παροχών (σχήμα 2.6) είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο το οποίο θα βοηθήσει στην εκτίμηση της σοβαρότητας των αστοχιών του δικτύου. Στο σχήμα 4.4 η Καμπύλη 1 αναφέρεται σε όλη την καλλιεργητική περίοδο, ενώ η Καμπύλη 2 στην περίοδο αιχμής.



Σχήμα 2.6: Κατανομή της συχνότητας εμφάνισης των παροχών: σε όλη την καλλιεργητική περίοδο (Καμπύλη 1) και στην περίοδο αιχμής (Καμπύλη 2), (Δέρκας, 2001).

2.4 Το δίκτυο ως σύστημα αγωγών

Το κεφάλαιο αυτό στοχεύει στην ανάλυση του δικτύου, μη λαμβάνοντας υπόψη το σύστημα τροφοδοσίας στην κεφαλή του δικτύου, τουλάχιστον σε επίπεδο μελέτης. Θα

προσδιοριστούν τα απαραίτητα φορτία κεφαλής προκειμένου να υπάρξει ικανοποίηση της ζήτησης.

Η προσέγγιση που ακολουθεί έχει δύο σκέλη:

- στο πρώτο γίνεται μια συνολική ανάλυση της λειτουργίας του δικτύου (εν λειτουργία ή στη φάση μελέτης), όπου προσδιορίζεται η χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου $Z=f(Q)$, όπου Z το φορτίο και Q η ζητούμενη παροχή στην κεφαλή. Το φορτίο στην κεφαλή δεν πρέπει να γίνει μικρότερο αυτού που προσδιορίζεται από την $Z=f(Q)$ προκειμένου η λειτουργία του δικτύου να θεωρηθεί "καλή". Η προαναφερθείσα καμπύλη οριοθετεί την "καλή λειτουργία του δικτύου" (ανάλυση σε επίπεδο δικτύου).
- στο δεύτερο σκέλος θα αναζητηθούν τα "αδύνατα" σημεία του δικτύου (υδροστόμια που παρουσιάζουν προβλήματα λειτουργίας και υποδιαστασιοποιημένοι αγωγοί), τα σημεία στα οποία πρέπει πρώτα να επικεντρωθεί η προσπάθεια ενίσχυσης και ανάταξης (ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου).

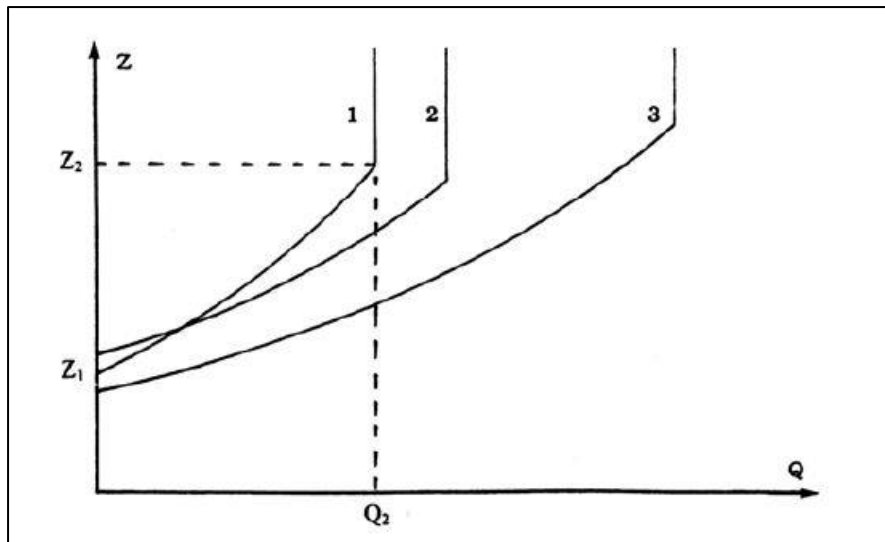
2.4.1. Ανάλυση σε επίπεδο δικτύου

Η ανάλυση αυτή θα επιτρέψει να εκτιμηθεί η γενική συμπεριφορά του συστήματος των αγωγών. Με μια διαδικασία προσομοίωσης της λειτουργίας των υδροστομίων χρησιμοποιώντας τυχαίους αριθμούς για το άνοιγμα των υδροστομίων (δημιουργία μεγάλου αριθμού συνδυασμών ανοικτών – κλειστών υδροστομίων) θα χαραχθούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες και θα εκτιμηθεί σε τι βαθμό το δίκτυο, σε συνδυασμό πάντα με το έργο κεφαλής, εξυπηρετεί τους χρήστες. Η μέθοδος των χαρακτηριστικών με δείκτες προτάθηκε από τους Labye et al (1975).

2.4.2 Χαρακτηριστικές καμπύλες του συστήματος των αγωγών (Labye et al., 1975; Bethery et al., 1981; Bethery, 1990; CEMAGREF, 1983; Lamadalena and Sagardoy, 2000, Steforoulou and Dercas, 2011a; b).

Για να αναλυθεί ένα δίκτυο θα πρέπει καταρχάς να χαραχθούν χαρακτηριστικές καμπύλες του $Z=f(Q)$ προκειμένου να είναι δυνατόν άμεσα να προσδιορίζεται το φορτίο που πρέπει να είναι διαθέσιμο στη κεφαλή ώστε να ικανοποιηθεί μια ζήτηση Q_0 που θα παρουσιαστεί. Η χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου εξαρτάται από τα υδροστόμια που έχουν ανοίξει και συγκεκριμένα, τον αριθμό τους, την ονομαστική τους παροχή και τη θέση τους.

Γίνεται η υπόθεση ότι σε ένα δίκτυο ανοίγει ένας αριθμός υδροστομίων. Για να αρχίσει να υπάρχει παροχέτευση νερού θα πρέπει το φορτίο στην κεφαλή του δικτύου να είναι μεγαλύτερο από το γεωμετρικό ύψος του χαμηλότερου υδροστομίου 2, προσαυξημένο κατά τις απώλειες φορτίου μέχρι το συγκεκριμένο υδροστόμιο. Το μέγεθος Z_1 λοιπόν είναι καθορισμένο και είναι το αρχικό σημείο της χαρακτηριστικής καμπύλης $Z=f(Q)$ του δικτύου για τον συγκεκριμένο συνδυασμό ανοικτών υδροστομίων (Σχήμα 2.7).



Σχήμα 2.7: Χαρακτηριστικές καμπύλες δικτύου για διάφορους συνδυασμούς ανοικτών υδροστομίων.

Αυξάνοντας το φορτίο στην κεφαλή, η παροχή του προαναφερθέντος υδροστομίου θα αρχίσει να αυξάνει και θα αρχίσουν να παροχετεύουν νερό και άλλα υδροστόμια. Με την αύξηση του φορτίου στην κεφαλή η παροχή των υδροστομίων θα συνεχίσει να αυξάνει μέχρι του σημείου όπου θα επιτευχθεί στο ένα μετά το άλλο στα υδροστόμια η ονομαστική παροχή και θα επέμβουν οι περιοριστές παροχής. Η μεγαλύτερη λοιπόν παροχή, για συγκεκριμένο συνδυασμό ανοικτών υδροστομίων, είναι Q_2 (Σχήμα 4.6), όπου όλα τα ανοικτά υδροστόμια λειτουργούν με την ονομαστική παροχή τους. Το αντίστοιχο πιεζομετρικό φορτίο στην κεφαλή του δικτύου είναι Z_2 , ίσο με το γεωμετρικό ύψος του πιο δυσμενώς τοποθετημένου υδροστομίου προσαυξημένου κατά την απαραίτητη πίεση λειτουργίας και κατά τις αντίστοιχες απώλειες φορτίου.

Αν το φορτίο στην κεφαλή του δικτύου αυξηθεί πέραν του Z_2 , η παροχή θα παραμείνει Q_2 (μέσα στα πλαίσια ακρίβειας λειτουργίας των περιοριστών παροχής), διότι έχουν επέμβει σε όλα τα υδροστόμια οι περιοριστές παροχής και δεν επιτρέπουν να αυξηθεί πέραν της ονομαστικής παροχής.

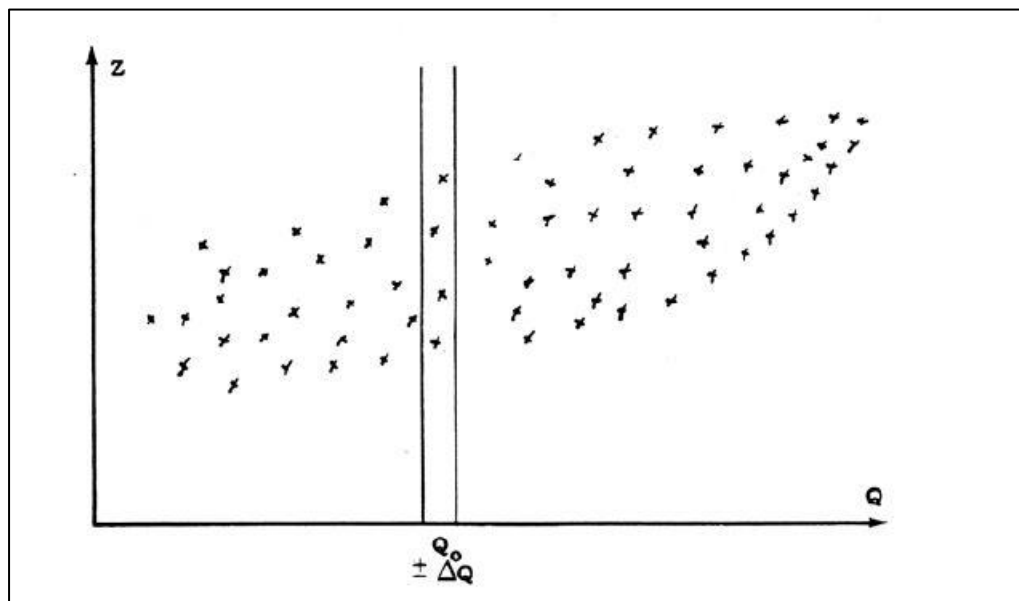
Συνεπώς, η επιτευχθείσα Καμπύλη (1) (Σχήμα 2.7) είναι η χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου για τον προαναφερθέντα συνδυασμό ανοικτών υδροστομίων. Αν ο συνδυασμός των ανοικτών υδροστομίων είναι διαφορετικός, θα επιτευχθεί μία άλλη χαρακτηριστική καμπύλη (Καμπύλη 2, Σχήμα 2.7). Συμπεραίνεται ότι οι χαρακτηριστικές καμπύλες για το συγκεκριμένο δίκτυο θα είναι τόσες, όσοι και οι συνδυασμοί των ανοικτών υδροστομίων.

Το σύνολο αυτό των χαρακτηριστικών καμπυλών του δικτύου θα πρέπει να γίνει αντικείμενο στατιστικής επεξεργασίας για να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για το δίκτυο.

Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες (τύπου I)

Οι δείκτες εκφράζουν το ποσοστό (%) συνδυασμών ανοικτών υδροστομιών χωρίς προβλήματα λειτουργίας.

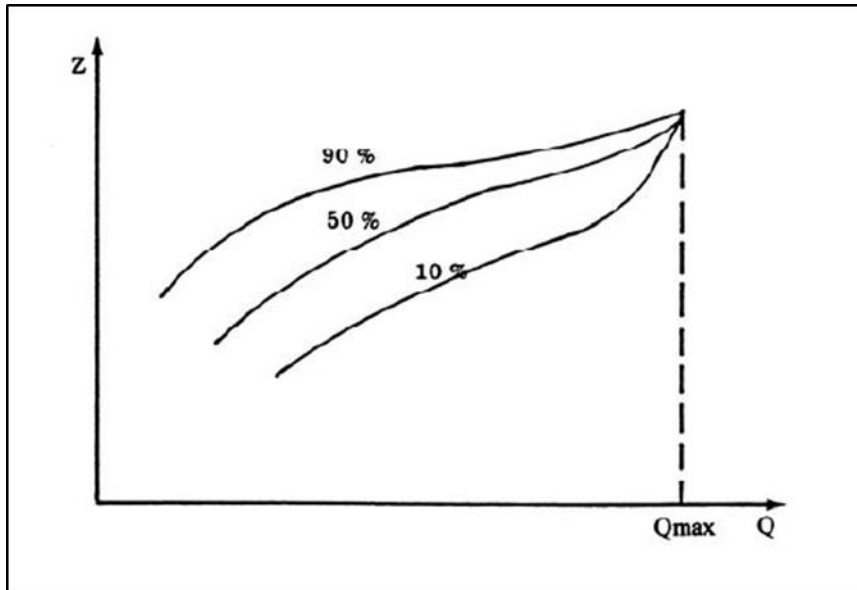
Έστω ότι έχουν υπολογιστεί τα ζεύγη (Z_2, Q_2) όλων των δυνατών συνδυασμών ανοικτών υδροστομιών. Τα ζεύγη αυτά παρουσιάζονται στο διάγραμμα (Z, Q) υπό μορφή ενός «σμήνους» σημείων που μπορούν να αναλυθούν με τις μεθόδους της στατιστικής με σκοπό την καλύτερη διαχείριση της πληροφορίας που παρέχουν (Σχήμα 2.8).



Σχήμα 2.8: Ακραία σημεία (Z_2, Q_2) των πραγματικών χαρακτηριστικών του δικτύου.

Επομένως, είναι εφικτό για δεδομένη παροχή Q_0 να υπολογιστεί η κατανομή των αναγκαίων φορτίων στην κεφαλή ώστε να λειτουργήσουν ικανοποιητικά οι συνδυασμοί ανοικτών υδροστομιών που προκαλούν παροχή στην κεφαλή Q_0 . Στη συνέχεια, μπορούν να υπολογιστούν τα φορτία που επιτρέπουν να υπάρχει ικανοποίηση στο 75%, 90% κ.λπ. των συνδυασμών ανοικτών υδροστομιών που καλούν παροχή Q_0 .

Από τα φορτία αυτά προκύπτουν οι χαρακτηριστικές με δείκτες σε ποσοστό (%) ικανοποίησης συνδυασμών ανοικτών υδροστομιών που ονομάζονται «χαρακτηριστικές με δείκτες» (C_i) (Σχήμα 2.9).

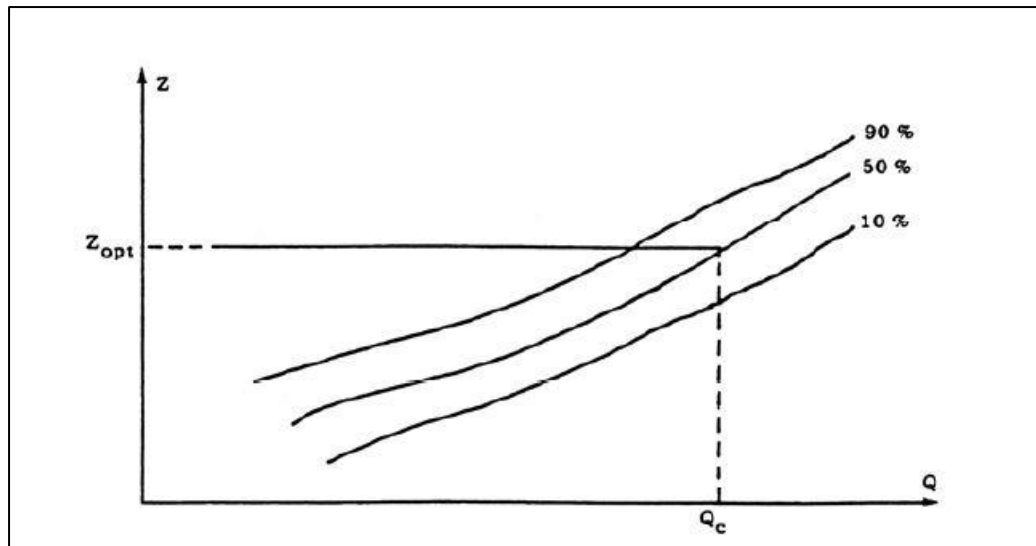


Σχήμα 2.9: Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες (C_i), (Δέρκας, 2001).

Το διάγραμμα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες επιτρέπει να εκτιμάται σε ποιο βαθμό το έργο κεφαλής παρέχει ικανοποίηση της ζήτησης για διάφορες παροχές (από 0 έως Q_{max}) στην κεφαλή. Πρόκειται για ένα σημαντικό εργαλείο, παρά το γεγονός ότι για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα ακραία σημεία (Z_2, Q_2) των πραγματικών χαρακτηριστικών του δικτύου. Η ερμηνεία αυτού παραθέτει ότι επιλέχθηκε η πλευρά ασφάλειας. Πιο αναλυτικά, κάθε συνδυασμός ανοικτών υδροστομίων, όπου έστω και ένα υδροστόμιο παρουσιάζει μικρό πρόβλημα, θεωρείται ανεπιτυχής όταν το φορτίο στην κεφαλή δεν είναι ικανό να εξασφαλίσει τη σωστή λειτουργία όλων των συγκεκριμένων υδροστομίων.

Επισημαίνεται ότι άλλοι δύο τύποι χαρακτηριστικών καμπυλών με δείκτες υφίστανται, εκτός του τύπου I, οι οποίοι παρόλα αυτά δεν έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα, (Σταμούλη, 2014). Μόνο ο πρώτος βρίσκεται σε χρήση, διότι ο υπολογισμός του είναι ευκολότερος και ταχύτερος. Για το λόγο αυτό, κάθε φορά που θα γίνεται εφεξής χρήση χαρακτηριστικών καμπυλών με δείκτες θα αναφερόμαστε σε αυτό το είδος των χαρακτηριστικών. Υπογραμμίζεται ότι κατά τη δημιουργία αυτών των καμπυλών τοποθετηθήκαμε στην πλευρά της ασφάλειας, χρησιμοποιώντας από τις πραγματικές χαρακτηριστικές καμπύλες τα ακραία μόνο σημεία (Z_2, Q_2). Επιπρόσθετα, η όλη ανάλυση του δικτύου ως σύνολο γίνεται σε επίπεδο συνδυασμών ανοικτών υδροστομίων που παρουσιάζουν προβλήματα και όχι μεμονωμένων υδροστομίων με πρόβλημα (μείωση παροχής/πίεσης).

Στην περίπτωση που το δίκτυο έχει υπολογισθεί σύμφωνα με τις μεθόδους Clément για τις παροχές αιχμής στα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα σε ελεύθερη ζήτηση και με τη μέθοδο Labye για την οικονομική βελτιστοποίηση των διαμέτρων, το αντίστοιχο σημείο (Z_{opt}, Q_c) βρίσκεται συνήθως κοντά στη χαρακτηριστική C_i 50% (Σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10: Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες και σημείο μελέτης δικτύου, (Δέρκας, 2001).

2.5 Ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου (CEMAGREF, 1983; Lamadalena and Sagardoy, 2000; Khadra and Lamadalena, 2010).

Μετά την ανάλυση με τις χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες, η οποία έδωσε μία γενική εικόνα της συμπεριφοράς του δικτύου, είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί μία πιο ενδελεχής αξιολόγηση της ποιότητας λειτουργίας του αρδευτικού δικτύου υπό πίεση με τον προσδιορισμό των παροχών και πιέσεων που προσφέρονται στα υδροστόμια κάτω από διάφορα καθεστώτα ζήτησης. Αυτό θα επιτρέψει να προσδιοριστούν τα υδροστόμια που παρουσιάζουν έλλειμμα παροχής και πίεσης καθώς και οι υποδιαστασιοποιημένοι αγωγοί (αγωγοί με μεγάλες απώλειες ενέργειας).

Για την ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου καθορίζονται οι ανάντη συνθήκες (πιεζομετρικό φορτίο, Z και παροχή στη κεφαλή, Q) και προσομοιώνεται μεγάλος αριθμός καθεστώτων ζήτησης με αθροιστική παροχή κεφαλής Q (συνήθως η παροχή αυτή είναι η παροχή αιχμής).

Για τη δημιουργία αυτών των καθεστώτων ζήτησης χρησιμοποιείται *γεννήτρια τυχαίων αριθμών* (που ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή) που επιτρέπει κάτω από ορισμένους κανόνες το άνοιγμα (λειτουργία) των υδροστομίων και συνήθως ενσωματώνεται σε κάποιο λογισμικό. Στη συνέχεια, έχοντας ως σημείο εκκίνησης το μεγάλο αριθμό καταστάσεων λειτουργίας του δικτύου (συνδυασμοί ανοικτών – κλειστών υδροστομίων), προσομοιώνονται οι αντίστοιχες μόνιμες ροές που ζητούν τη συγκεκριμένη παροχή Q στην κεφαλή. Από κάθε προσομοίωση, προκύπτουν οι παροχές και οι πιέσεις των υδροστομίων για το συγκεκριμένο συνδυασμό ανοικτών – κλειστών υδροστομίων. Οι παροχές μπορεί να είναι ίσες ή μικρότερες της ονομαστικής της παροχής. Οι πιέσεις (ανάντη του ρυθμιστή πίεσης) μπορούν να είναι μεγαλύτερες, ίσες ή μικρότερες της ονομαστικής πίεσης.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την υλοποίηση ενός σημαντικού αριθμού προσομοιώσεων, είναι δυνατό να επεξεργαστούν στατιστικά και να προκύψει με τον

τρόπο αυτό η πιθανότητα ενός υδροστομίου να αποτύχει να δώσει την ονομαστική του παροχή και πίεση, αλλά και η έκταση της αποτυχίας της.

Επίσης, ένα ακόμη έμμεσο αλλά σημαντικό αποτέλεσμα των προσομοιώσεων είναι ο υπολογισμός των απωλειών ενέργειας ανά τρέχον μέτρο, το οποίο οδηγεί στον προσδιορισμό των υποδιαστασιολογημένων αγωγών (αγωγοί οι οποίοι λόγω της ανάπτυξης των αρδεύσεων στην περίμετρο εμφανίζουν κορεσμό). Οι αγωγοί αυτοί χρήζουν επεμβάσεων ενίσχυσης ή ανάταξης.

Δείκτης Αξιοπιστίας

Στα πλαίσια της ανάλυσης λειτουργίας σε επίπεδο υδροστομίου χρησιμοποιείται συχνά ο συντελεστής αξιοπιστίας του Hashimoto (Hashimoto 1980; Hashimoto et al., 1982). Ο συντελεστής αξιοπιστίας του Hashimoto a_j για κάθε υδροστόμιο j προσδιορίζει πόσο πιθανό είναι ένα υδροστόμιο να έχει το ονομαστικό του φορτίο πίεσης, ειδικά κατά την περίοδο αιχμής. Ο δείκτης της προσδιορίζεται από τη μαθηματική σχέση:

$$a_j = \frac{\sum_{r=1}^c I_{h_{j,r}} I_{p_{j,r}}}{\sum_{r=1}^c I_{h_{j,r}}} \quad (2.14)$$

Όπου,

$I_{h_{j,r}} = 1$: εάν το υδροστόμιο j είναι ανοιχτό στη συγκεκριμένη προσομοίωση r ,

$I_{h_{j,r}} = 0$: εάν το υδροστόμιο j είναι κλειστό στη συγκεκριμένη προσομοίωση r ,

$I_{p_{j,r}} = 1$: εάν το φορτίο πίεσης στο υδροστόμιο j , το οποίο είναι ανοιχτό στην προσομοίωση r , είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο απαιτούμενο φορτίο πίεσης,

$I_{p_{j,r}} = 0$: εάν το φορτίο πίεσης στο υδροστόμιο j , το οποίο είναι ανοιχτό στην προσομοίωση r , είναι μικρότερο από το ελάχιστο απαιτούμενο φορτίο πίεσης και

C : ο συνολικός αριθμός των προσομοιώσεων που υλοποιήθηκαν.

Σε επίπεδο υδροστομίου έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα (CEMAGREF, 1983; Lamaddalena and Sagardoy, 2000; Khadra and Lamaddalena, 2010) που υιοθετούν συνθήκες μόνιμης ροής. Το εμπορικό λογισμικό ICARE, το οποίο έχει αναπτυχθεί από το CEMAGREF (Bethery et al., 1981, Bethery, 1990), αποτελεί ένα διαδομένο μοντέλο ανάλυσης λειτουργίας υπό πίεση δικτύων σε καθεστώς ελεύθερης ζήτησης. Εντούτοις, λειτουργεί σε περιβάλλον MS – DOS και στη γαλλική γλώσσα, ενώ δεν υλοποιεί διαστασιολόγηση δικτύου (Steforoulou and Dercas, 2017). Στην Ελλάδα, αλλά και σε όλες τις χώρες της Μεσογείου, χρησιμοποιείται κατά το πλειοψηφούν το μοντέλο AKLA το οποίο ενσωματώνεται στο λογισμικό COPAM (Lamaddalena and Sagardoy, 2000) και υπολογίζει τις μόνιμες ροές (permanent regimes) για ένα μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων / τυχαίων συνδυασμών ανοιχτών – κλειστών υδροστομίων

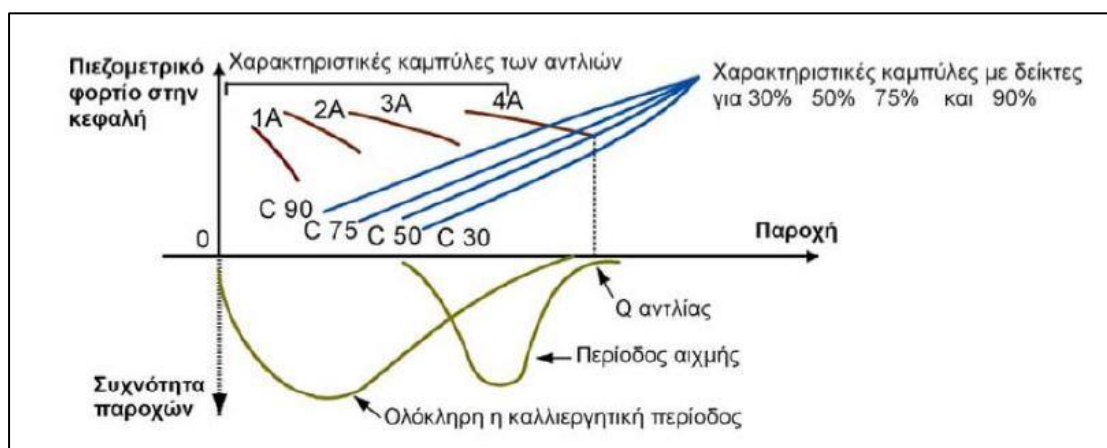
και για επιλεγμένο αριθμό παροχών στην κεφαλή του δικτύου. Πέραν αυτού, έχει αναπτυχθεί το λογισμικό ανάλυσης υπό πίεση δικτύων ελεύθερης ζήτησης NIREAS, το οποίο εφαρμόζει ανάλυση απόδοσης σε επίπεδο δικτύου και υδροστομίου, με φιλικό περιβάλλον και συμβατό με λειτουργικά συστήματα Windows 64 – bit, (Steforoulou,2013; Steforoulou and Dercas, 2017). Έχει αναπτυχθεί με αντικειμενοστραφή προγραμματισμό σε γλώσσα Visual Basic.NET, καθώς επίσης παρέχει επιλογές εξισώσεων για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών φορτίου, σε αντίθεση με το ICARE και το COPAM.

Ωστόσο, άλλα μοντέλα υποθέτουν συνθήκες μη μόνιμης ροής, όπως το GERSTAR (Estrada et al., 2009), το FLUCS (Lamaddalena and Perreira, 2007a;b) και το EPANET (Rosseman, 2000). Τα μοντέλα μη μόνιμης ροής είναι καταλληλότερα για δίκτυα που δεν διαθέτουν περιοριστές παροχής και ρυθμιστές πίεσης.

2.6 Ολοκληρωμένη ανάλυση του δικτύου (χρήστες + σύστημα αγωγών + έργο κεφαλής)

Η υποεπάρκεια αυτή αναφέρεται στη συνολική εξέταση των τριών συνιστωσών (έργο κεφαλής, δίκτυο – αγωγοί, χρήστες) ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου υπό πίεση με ελεύθερη ζήτηση. Η ανάγκη για συνδυαστική ανάλυση των τριών αυτών συνιστωσών είναι προφανής στο στάδιο του σχεδιασμού νέου, καθώς και κατά το στάδιο της ανάλυσης λειτουργίας νέου αλλά και υπάρχοντος αρδευτικού δικτύου. Επαγωγικά, από την αλληλεξάρτηση αυτή προκύπτει ότι ο μελετητής αλλά και ο διαχειριστής του έργου μελλοντικά, θα πρέπει να είναι σε θέση να αναλύει και να ελέγχει εμπειριστικά και συνδυαστικά τις συνιστώσες αυτές, ώστε να εφαρμόσει την κατάλληλη στρατηγική και τα απαραίτητα μέτρα.

Στο Σχήμα 2.11 παρατίθενται οι χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες του δικτύου αγωγών και οι χαρακτηριστικές καμπύλες του αντλιοστασίου (διάγραμμα $Z=f(Q)$), καθώς επίσης και δύο καμπύλες συχνότητας εμφάνισης των παροχών για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο και για την περίοδο αιχμής (Bethery et al., 1981). Οι δύο τελευταίες καμπύλες εκφράζουν τη συμπεριφορά των αγροτών για τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους.



Σχήμα 2.11: Διάγραμμα ολοκληρωμένης ανάλυσης λειτουργίας δικτύου, (Στεφοπούλου, 2013).

Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στο άνωθεν σχήμα, το σύστημα συμπεριφέρεται ικανοποιητικά επειδή οι παροχές που συνήθως καλούνται επιτρέπουν ένα βαθμό ικανοποίησης των συνδυασμών των ανοικτών υδροστομίων >90%, και μόνο όταν καλείται η παροχή αιχμής Qc η ικανοποίηση μειώνεται στο επίπεδο του 50%.

Αλλά ακόμη και σε αυτή την περίπτωση, μόνο μερικά υδροστόμια θα έχουν ορισμένα προβλήματα λειτουργίας (μειωμένη παροχή/πίεση), γεγονός που στην πράξη έχει αποδειχθεί ότι δεν είναι ιδιαίτερα ενοχλητικό.

Από τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι κατά την ανάλυση της λειτουργίας ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου υπό πίεση, η συμπεριφορά των τριών συνιστωσών του (έργο κεφαλής, δίκτυο – αγωγοί, χρήστες) δεν είναι ανεξάρτητες, αλλά χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό αυτοσυσχέτισης, γεγονός που αναδεικνύει την πολυπλοκότητα της ανάλυσής τους.

2.7 Συμπεράσματα της ανάλυσης

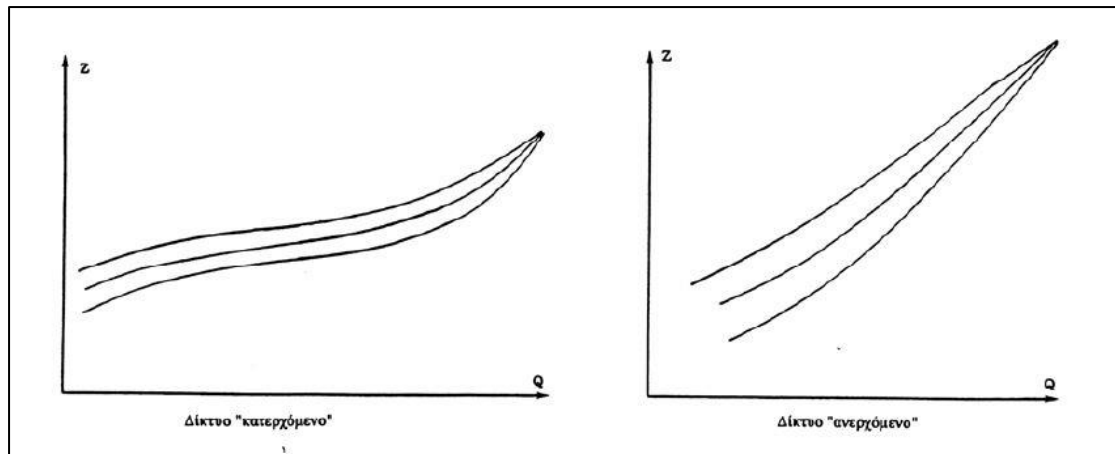
Η ανάλυση των παροχών σε ένα δίκτυο σε συνδυασμό με την ανάλυση του δικτύου αγωγών και του έργου κεφαλής θα επιτρέψει να εκτιμηθεί αν υπάρχει πρόβλημα ζήτησης και σε ποιο βαθμό. Σε περίπτωση που αυτό επαληθεύεται, θα προτείνεται η ενίσχυση του συστήματος «δίκτυο – έργο κεφαλής», με βάση παραμέτρους οι τιμές των οποίων θα έχουν εκτιμηθεί με αρκετή ακρίβεια.

Η ανάλυση σε υφιστάμενα δίκτυα θα επιτρέψει την εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων, όπως του συντελεστή r ή του ποσοστού άρδευσης, της ειδικής συνεχούς παροχής κ.λπ., τη σύγκριση αυτών με τις παραμέτρους της αρχικής μελέτης και την εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων για πιθανές αστοχίες.

Επιπροσθέτως, χρήζει ιδιαίτερης σημασίας το γεγονός ότι θα αποκτηθεί εμπειρία ώστε σε μελλοντικές μελέτες δικτύων με ομοειδή χαρακτηριστικά (είδος καλλιέργειας, συστήματα άρδευσης, συμπεριφορά χρηστών, έκταση γεωργικής ιδιοκτησίας κ.α.) να επιλέγονται με μεγαλύτερη ακρίβεια οι παράμετροι.

Όσο αφορά τις χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες, πρόκειται για ανιούσες καμπύλες, η κλίση των οποίων αυξάνει με την αύξηση των απωλειών ενέργειας. Ένας ακόμη καταλυτικός παράγοντας που τις επηρεάζεται άμεσα είναι και η τοπογραφία της περιοχής.

Ειδικότερα, όταν σε ένα δίκτυο λόγω τοπογραφίας το αντλιοστάσιο βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο του υπολοίπου δικτύου (ανερχόμενο δίκτυο), τότε οι χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες είναι ιδιαίτερα ανιούσες (Σχήμα 2.12). Όταν όμως το αντλιοστάσιο βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο του δικτύου (κατερχόμενο δίκτυο), οι καμπύλες είναι μικρότερης κλίσης, κυρίως στις μέσες παροχές, και η αιτία αυτού είναι η διαφορά υψομέτρου αντισταθμίζει ένα μέρος των απωλειών ενέργειας.



Σχήμα 2.12: Χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες σε δίκτυα διαφορετικού τοπογραφικού αναγλύφου, (Δέρκας, 2001).

Η χάραξη πολλών χαρακτηριστικών καμπυλών με δείκτες ενός δικτύου, απαιτεί τις προσομοιώσεις της υδραυλικής λειτουργίας του δικτύου για διάφορες παροχές και διάφορους συνδυασμούς ανοικτών υδροστομιών. Τα αποτελέσματα αυτών των υδραυλικών προσομοιώσεων θα οδηγήσουν στον εντοπισμό αγωγών με υψηλές απώλειες, αλλά και στις πλέον απαιτητικές υδροληψίες. Η διερεύνηση αυτή θα υποδείξει αρχικά στο μελετητή αν είναι πάντα τα ίδια υδροστόμια και οι ίδιοι αγωγοί που παρουσιάζουν σοβαρό πρόβλημα. Συν τοις άλλοις, οι υποδιαστασιοποιημένοι αγωγοί είναι αυτοί που παρουσιάζουν υψηλές απώλειες όταν αυξάνουν οι παροχές.

Σε αντίθετη περίπτωση, αν ένα δίκτυο είναι σωστά διαστασιοποιημένο, τα υδροστόμια και οι αγωγοί που θα παρουσιάζουν πρόβλημα θα είναι κατανεμημένα σε όλη την έκτασή του. Κατά το στάδιο της μελέτης, θα διαπιστωθεί προσομοιώνοντας τη λειτουργία των υδροστομιών (δημιουργία τυχαίων συνδυασμών ανοικτών υδροστομιών) και πραγματοποιώντας τον υδραυλικό υπολογισμό του δικτύου κατ' επέκταση. Εν κατακλείδι, ο μελετητής θα προβεί σε ενίσχυση του έργου κεφαλής.

Επιπλέον, αν η αύξηση της παροχής έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση πολλών προβληματικών υδροστομιών και αγωγών σε δεδομένο κλάδο, τότε συνίσταται η εξέταση της δυνατότητας ενίσχυσης του συγκεκριμένου κλάδου, μέσω ενίσχυσης των αγωγών ή/και τοποθέτηση στη κεφαλή του κλάδου ενισχυτικής αντλίας (booster).

Στο σημείο αυτό πρέπει να προστεθεί ότι όταν αυξάνει η παροχή, οι αγωγοί οι οποίοι θα εμφανίσουν πρώτοι κορεσμό, είναι όσοι είχαν ταχύτητες κοντά στο ανώτερο επιτρεπτό όριο κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Επισημαίνεται ότι οι υδροληψίες που θα παρουσιάσουν πρώτες πρόβλημα είναι αυτές που δεν διέθεταν περίσσεια πίεσης κατά τη βελτιστοποίηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Ανάλυση Χωρικών Δεδομένων

3.1 Βασικές Έννοιες των ΓΣΠ

Στο παρόν κεφάλαιο, πραγματοποιείται αναφορά στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), τα οποία είναι διεθνώς γνωστά ως *Geographical Information Systems (GIS)* και αποτελούν μία νέα γενιά ψηφιακών συστημάτων και τεχνολογιών, καθώς επίσης και κλάδο της επιστήμης της Γεωπληροφορικής. Με έναν απλό ορισμό, ένα ΓΣΠ μπορεί να θεωρηθεί σαν μία αποθήκη ψηφιακών χαρτών, ή ένα εργαλείο για τη λύση γεωγραφικών προβλημάτων και την εφαρμογή επεξεργασιών σε χωρικά δεδομένα, (Κόλλια, 2006). Επιπρόσθετα, για τον ορισμό των GIS έχει επικρατήσει ότι είναι *ένα οργανωμένο ψηφιακό σύστημα μηχανικών μερών και λογισμικού, κατάλληλο για τη συλλογή, την αποθήκευση, την ενημέρωση, την επεξεργασία, την ανάλυση και την παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών*, (Burrough, 1986, Maguire et al., 1991, Καλύβας, 2012).

Οι ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της Πληροφορικής και η ανάγκη για την αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων που αφορούν πληροφορίες του πραγματικού κόσμου, οδήγησαν στη δημιουργία και ανάπτυξη των Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων, τα οποία με την προσθήκη της χωρικής πληροφορίας εισήχθησαν στους επιστημονικούς τομείς της Χαρτογραφίας και της Γεωγραφίας, δημιουργώντας έτσι την επιστήμη της Γεωπληροφορικής και κατά συνέπεια τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Ως εκ τούτου, γίνεται αντιληπτή η αλληλένδετη σχέση μεταξύ των GIS και των Βάσεων Δεδομένων (ΒΔ), (Κόλλια, 2006).

Τα GIS επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργήσουν μία εικόνα του πραγματικού κόσμου σε ψηφιακό περιβάλλον, συλλέγοντας και συνδέοντας γεωγραφικά δεδομένα από διαφορετικές πηγές φαινομενικά ασύνδετων μεταξύ τους. Από το παρελθόν έχουν αναπτυχθεί και διαρκώς αναπτύσσονται πολλά πακέτα λογισμικών, τα οποία παρέχουν ένα σύνολο από νευραλγικά εργαλεία για τη διαχείριση και ανάλυση των γεωγραφικών δεδομένων. Επισημαίνεται ότι στα συστήματα Βάσεων Δεδομένων οι όροι *δεδομένα*, *πληροφορίες* και *γνώση* είναι διαφοροποιημένοι. Τα δεδομένα, αποτελούν απεικονίσεις του πραγματικού κόσμου, αντιπροσωπεύοντας τη γνώση του ανθρώπου πάνω σε αυτόν σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, σε αντίθεση με την πληροφορία που παράγεται από τα δεδομένα με τη χρήση της διακριτικής και γνωστικής του ικανότητας, (Εικόνα 3.1). Τα μετά – δεδομένα (*metadata*) είναι επιπρόσθετα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται σε αυτές περιπτώσεις ώστε να καταστούν αντιληπτά τα δεδομένα.



Εικόνα 3.1: Από τα δεδομένα στις πληροφορίες και στη γνώση (Κάβουρας κ.α., 2015).

Η χωρική συνιστώσα είναι το χαρακτηριστικό το οποίο διαφοροποιεί τα Γ.Σ.Π. από άλλα πληροφοριακά συστήματα, καθιστώντας τα απαραίτητα εργαλεία για την οργάνωση και παράσταση χωρικών πληροφοριών και την ανάλυση των χωρικών επιδράσεων εναλλακτικών αποφάσεων σε πολλά πεδία μελέτης, (Κόλλια, 2006). Συγκεκριμένα, έχουν ενσωματωθεί στις εργασίες πολλών επαγγελματιών και επιστημόνων, όπως γεωγράφοι, μηχανικοί, γεωπόνοι, γεωλόγοι και επαγγελματίες σε άλλους τομείς, στα στάδια της διαχείρισης και ανάλυσης των δεδομένων από οποιαδήποτε πηγή και αν προέρχονται. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα από τα πλέον συχνά πεδία εφαρμογής της.

Χρήσεις – Πεδία Εφαρμογής των GIS (Κάβουρας, 2007)

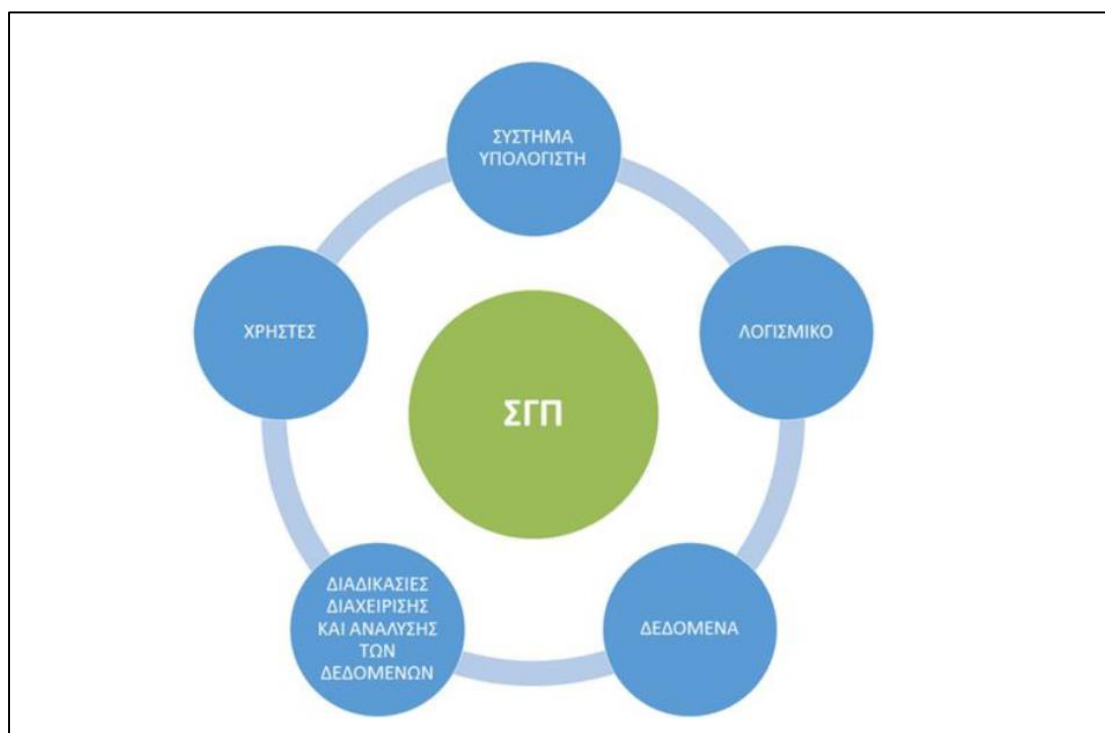
- ❖ Κτηματολόγιο
- ❖ Δίκτυα κοινής ωφέλειας
- ❖ Αυτόματη Σχεδίαση (CAD)
- ❖ Θεματική Χαρτογραφία
- ❖ Υδρογραφία
- ❖ Φωτογραμμετρία – Τηλεπισκόπηση
- ❖ Περιγραφή τοπογραφικού αναγλύφου
- ❖ Φυσικά διαθέσιμα
- ❖ Σχεδιασμός μεταφορών
- ❖ Αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών
- ❖ Απογραφές – Δημογραφία
- ❖ Γεω – marketing
- ❖ Γεωτεχνική
- ❖ Αρχαιολογία
- ❖ Στρατιωτικές εφαρμογές

Κλείνοντας, αποστολή των ΓΣΠ είναι να αποτελέσουν καθοριστικούς μοχλούς στήριξης των σύγχρονων και μελλοντικών κοινωνιών στην προσπάθεια τους να πετύχουν αρμονική συμβίωση με το περιβάλλον και σημαντική βελτίωση του επιπέδου ζωής των ανθρώπων. Αποτελούν εργαλεία τεκμηρίωσης απέναντι σε αυθαίρετες αποφάσεις και όχι απλά τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της λήψης αποφάσεων, με φάσμα εφαρμογής σχεδόν το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, (Μανιάτης, 1996).

3.2 Τα Συστατικά Μέρη των ΓΣΠ

Η σωστή λειτουργία ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών άμεσα εξαρτάται από τα βασικά συστατικά του. Τα συστατικά αυτά έχουν ως ακολούθως και παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1 που έπεται, σύμφωνα με τους Κάβουρα και συνεργάτες (2015):

- ✓ Το υπολογιστικό σύστημα, που πρακτικά σημαίνει ο μηχανικός εξοπλισμός (*hardware*) και το λειτουργικό του σύστημα (*operating system*),
- ✓ το λογισμικό (*software*),
- ✓ τα χωρικά δεδομένα,
- ✓ τις διαδικασίες ανάλυσης και διαχείρισης των δεδομένων,
- ✓ τους χρήστες, δηλαδή το ανθρώπινο δυναμικό που απασχολείται.



Σχήμα 3.1: Συστατικά στοιχεία ενός ΣΓΠ, (Κάβουρας κ.α., 2015).

Τα γεωγραφικά δεδομένα εμφανίζονται σε πολλές και διαφορετικές μορφές. Μπορεί να είναι είτε πραγματικά δεδομένα, όπως οι εδαφολογικές ή οι κλιματικές συνθήκες, είτε να έχουν συλλεχθεί από φυσικές συσκευές όπως τα GPS ή οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες, είτε να προέρχονται από χάρτες, σχεδιαγράμματα, ερωτηματολόγια ή βιβλία, ακόμη και να είναι επεξεργασμένα δεδομένα από Τηλεπισκόπηση/RS, (Κόλλια, 2006). Σε αρκετές περιπτώσεις συναντώνται σε υφιστάμενες ΒΔ και είναι διαθέσιμα στους πολίτες, (geodata.gov).

3.3 Χωρικά Δεδομένα και Μοντέλα Δεδομένων

Τα γεωγραφικά δεδομένα ή χωρικά (*spatial data*), συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα. Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS έγκειται στη σύνδεση της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία, διότι η τελευταία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αυτή βασίζεται στα κάτωθι μοντέλα δεδομένων, (Wikipedia.org):

- Στο σχεσιακό (*relational*) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.
- Στο αντικειμενοστραφές (*object – oriented*) μοντέλο δεδομένων, όπου τα χωρικά και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = «δρόμος», όνομα = «Πανεπιστημίου», γεωμετρία = «[X1,Y1],[X2,Y2]...», πλάτος = «20μέτρα»).

Το Σχεσιακό Μοντέλο Δεδομένων

Η σχεσιακή δομή δεδομένων περιγράφεται από πίνακες οι οποίοι καλούνται σχέσεις. Κάθε σχέση αποτελείται από ένα σύνολο γραμμών οι οποίες ονομάζονται πλειάδες ή εγγραφές. Κάθε εγγραφή είναι μοναδική και η σειρά τοποθέτησης της δεν είναι ρητά καθορισμένη. Οι στήλες κάθε σχέσης ονομάζονται γνωρίσματα (*attributes*) ή πεδία (*fields*). Η τομή κάθε στήλης και γραμμής ενός πίνακα αποτελεί την τιμή του πεδίου ή το χαρακτηριστικό του.

Σε κάθε σχέση υπάρχει μία μοναδική ταυτότητα των εγγραφών η οποία μπορεί να είναι μία ιδιότητα ή ένας συνδυασμός ιδιοτήτων. Η ταυτότητα αυτή καλείται κλειδί (*key*) και στο σχεσιακό μοντέλο υπάρχουν τριών ειδών κλειδιά, (Χαλκιάς, 2006):

- ✚ Το υποψήφιο κλειδί (*candidate key*): κάθε γνώρισμα ή συνδυασμός γνωρισμάτων που ταυτοποιεί τις εγγραφές μίας σχέσης.
- ✚ Το πρωτεύον κλειδί (*primary key*): είναι το υποψήφιο κλειδί που επιλέγεται για την ταυτοποίηση των εγγραφών μίας σχέσης.
- ✚ Το ξένο κλειδί (*foreign key*): κάθε κλειδί της σχέσης που έχει το ίδιο πεδίο ορισμού με το κλειδί αυτής της σχέσης.

Το Αντικειμενοστραφές Μοντέλο Δεδομένων

Σε αντίθεση με το σχεσιακό μοντέλο, για την αντικειμενοστραφή δομή δεδομένων δεν υφίσταται κάποια συγκεκριμένη τυποποίηση. Ωστόσο, η δομή αυτή μπορεί να αναλυθεί με τους παρακάτω όρους, (Χαλκιάς, 2006):

- ❖ *Ταυτότητα αντικειμένου*: είναι μοναδική και υλοποιείται από το σύστημα μέσω ενός μοναδικού αναγνωριστικού αντικειμένου. Στη δομή αυτή τα αναγνωριστικά αντικειμένου είναι αμετάβλητα.
- ❖ *Τιμές ή καταστάσεις*: αναφέρονται στα σύνθετα αντικείμενα και μπορούν να κατασκευάζονται από άλλα αντικείμενα με τη χρήση των τελεστών κατασκευής τύπων.

3.4 Οπτικοποίηση των Χωρικών Δεδομένων

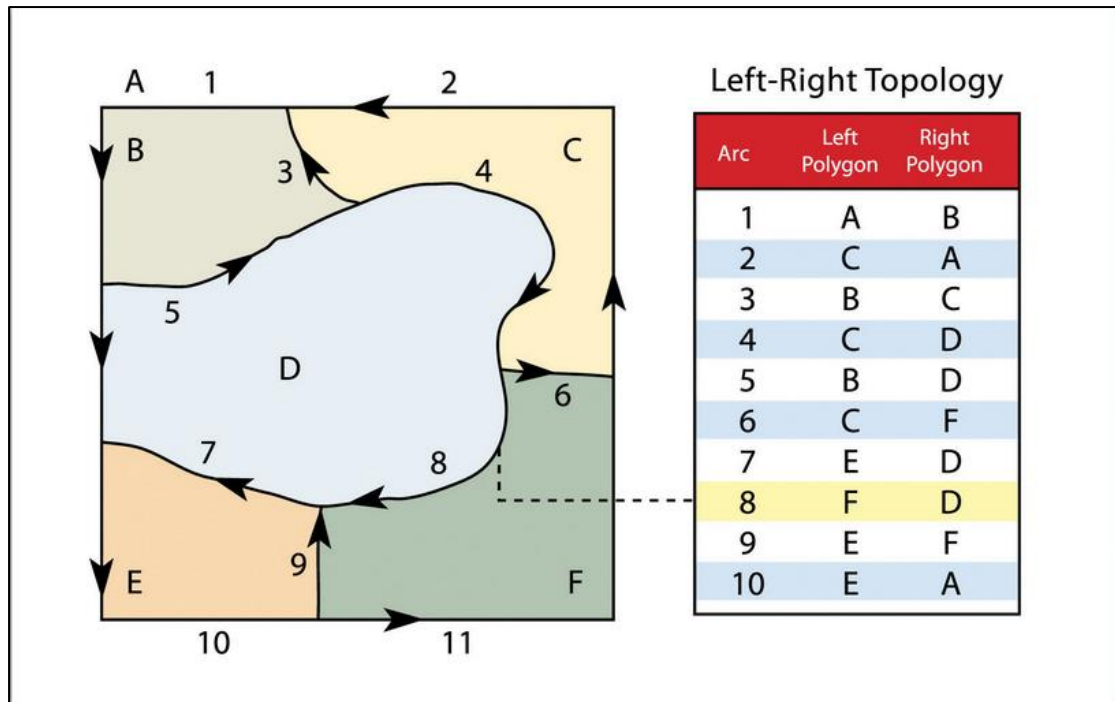
Τα γεωμετρικά δεδομένα που εισάγονται σε Γ.Σ.Π, βοηθούν στην ανάπτυξη της εικόνας της γήινης επιφάνειας. Υπάρχουν δύο θεωρήσεις ή μοντέλα για την περιγραφή της γήινης επιφάνειας. Το πρώτο μοντέλο, ονομάζεται μοντέλο πεδίων (*field – based approach*) και θεωρεί τη γήινη επιφάνεια ως ένα χωρικό συνεχές και ομογενές μέσο. Το δεύτερο μοντέλο ονομάζεται μοντέλο αντικειμένων (*object – oriented*) και θεωρεί ότι ο γεωγραφικός χώρος αποτελείται από στοιχεία (*features*) ή αντικείμενα (*objects*) τα οποία έχουν γεωμετρική θέση και σχήμα.

Για την υλοποίηση των θεωρήσεων αυτών έχουν καθιερωθεί δύο γεωμετρικές δομές δεδομένων, η διανυσματική (*vector*) και η κανονικοποιημένη ή ψηφιδωτή (*raster*) αντίστοιχα. Η διαφορά στην απεικόνιση του πραγματικού κόσμου ανάλογα με τη δομή των δεδομένων και το μοντέλο το οποίο ακολουθούν αναλύεται ως εξής:

A. Διανυσματική δομή δεδομένων

Στη διανυσματική δομή δεδομένων (*vector data structure*) (Εικόνα 3.2) η βασική λογική μονάδα αντιστοιχεί σε μία γραμμή η οποία μπορεί να αναπαριστά μία ισοϋψή καμπύλη, ένα ποταμό, ένα δρόμο, το όριο μίας επιφάνειας ή ένα γραμμικό τμήμα των παραπάνω. Ένα διανυσματικό σύστημα, απεικονίζει τα δεδομένα ως σύνολα χωρικών προτύπων. Στα δισδιάστατα μοντέλα τα χωρικά πρότυπα είναι σημεία, γραμμές και πολύγωνα, ενώ στα τρισδιάστατα χρησιμοποιούνται επιπλέον οι επιφάνειες και οι όγκοι. Τα χωρικά πρότυπα που χρησιμοποιούνται κάθε φορά εξαρτώνται από την κλίμακα παρατήρησης ή το επίπεδο γενίκευσης. Σε μικρή κλίμακα, οι πόλεις επί παραδείγματι αναπαρίστανται από σημεία, ενώ οι δρόμοι αναπαρίστανται από γραμμές. Ωστόσο, καθώς αυξάνεται η κλίμακα παρατήρησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η επιφανειακή διάσταση των οντοτήτων, (Κόλλια, 2006).

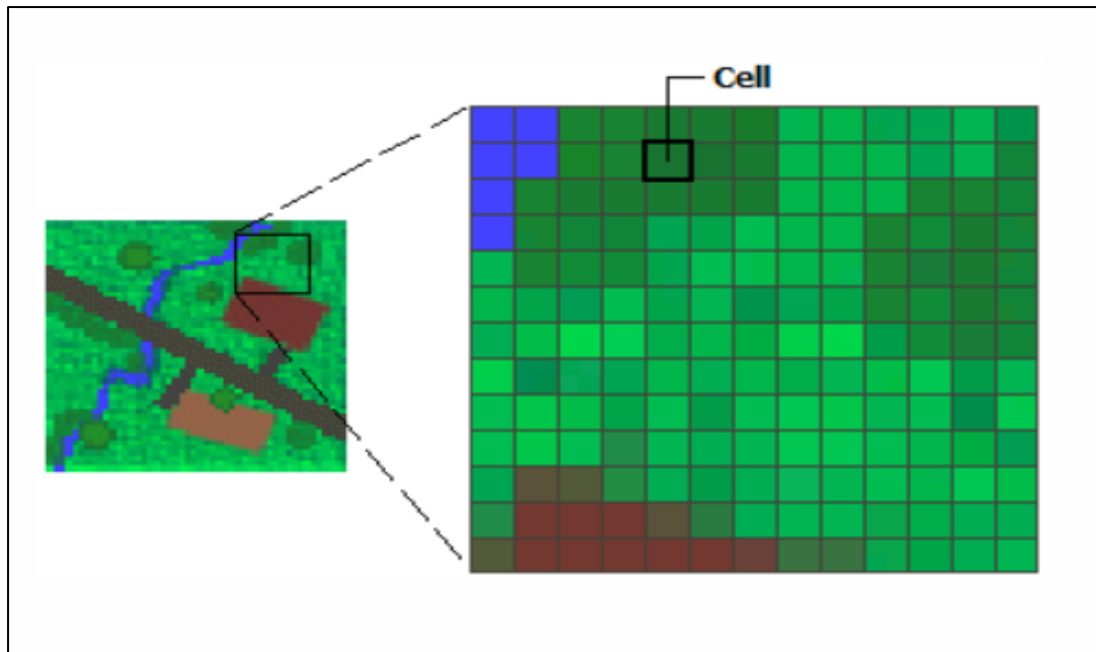
Οι γραμμές ή τα τόξα είναι σειρές διατεταγμένων σημείων των οποίων καταγράφονται οι συντεταγμένες. Οι επιφάνειες ή τα πολύγωνα αποθηκεύονται επίσης ως διατεταγμένες σειρές σημείων, παρά το γεγονός ότι το αρχικό και τελικό σημείο ταυτίζονται ώστε να ορίζεται ένα κλειστό σχήμα. Τα σημεία σε μια διανυσματική δομή δεδομένων περιγράφονται ως γραμμές μηδενικού μήκους.



Εικόνα 3.2: Παράδειγμα διανυσματικής δομής δεδομένων (vector data structure) πολυγώνων και της σχετικής τοπολογίας τους, (*lardbucket.org*).

B. Κανονικοποιημένη δομή δεδομένων

Η κανονικοποιημένη/πλεγματική δομή δεδομένων (*raster data structure*) (Εικόνα 3.3) αντιλαμβάνεται το χώρο ως μωσαϊκή διαίρεση κυψελίδων – ψηφίδων (*tessellation of cells*), δηλαδή τοποθετεί και αποθηκεύει τα δεδομένα χρησιμοποιώντας ένα πίνακα ή ένα κείμενο κυψελίδων. Όταν γίνεται αναφορά σε ένα φαινόμενο/ κυψελίδα, συνήθως είναι άμεσα συνυφασμένο με τον όρο εικονοστοιχείο (*pixel*). Η ψηφιδωτή δομή δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το χωρικό φαινόμενο το οποίο αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (π.χ. το υψόμετρο του εδάφους) ή σε περιπτώσεις που στο ΓΣΠ πρέπει να εισαχθεί μία δορυφορική εικόνα ή μία σαρωμένη αεροφωτογραφία.



Εικόνα 3.3: Παράδειγμα της πλεγματικής/ κανονικοποιημένης δομής δεδομένων (raster data structure), (*desktop.arcgis.com*).

Οι δύο δομές διαχειρίζονται γεωμετρική πληροφορία, η οποία αναφέρεται στις μετρητικές (*metrics*) και στις τοπολογικές (*topology*) ιδιότητες των στοιχείων.

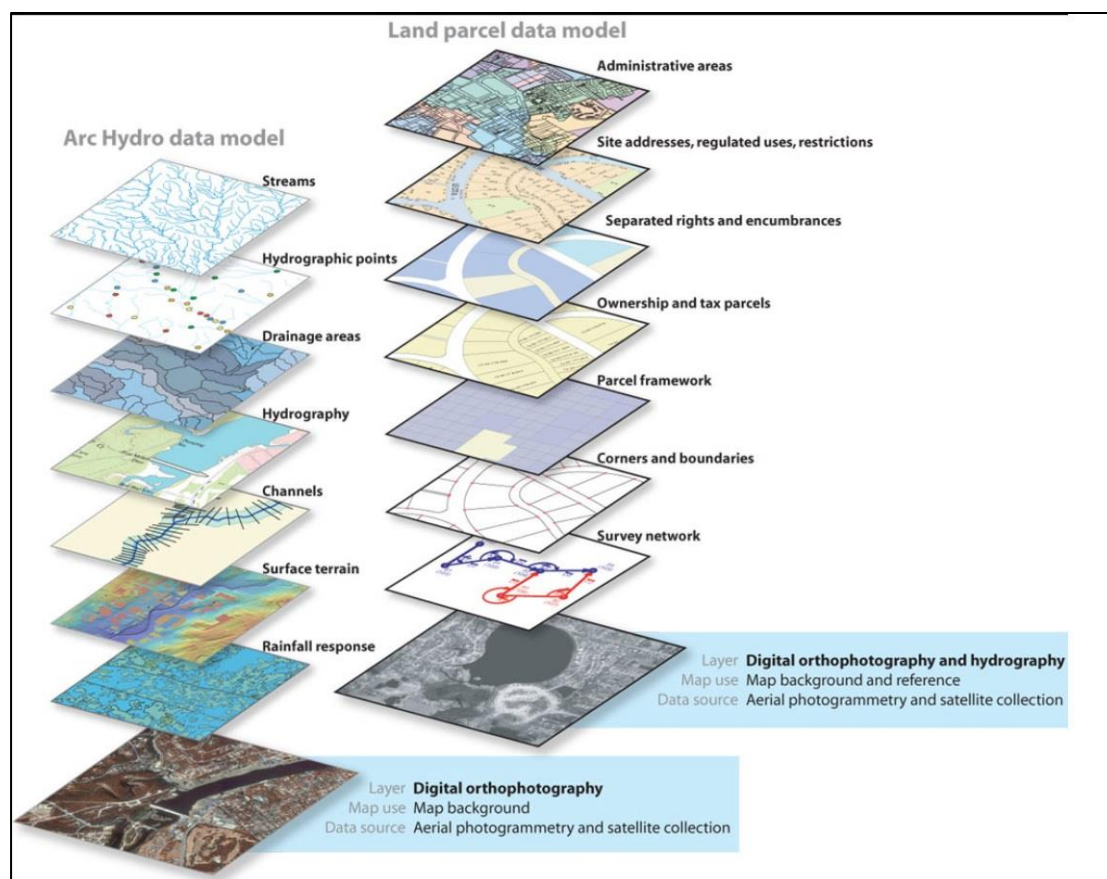
Οι μετρητικές ιδιότητες αναφέρονται στη θέση, τον προσανατολισμό, το σχήμα και το μέγεθος των γεωμετρικών στοιχείων, (Κάβουρας, 2007). Συγκεκριμένα ισχύουν τα παρακάτω:

- Η θέση και ο προσανατολισμός εκφράζονται σε σχέση με κάποιο σύστημα αναφοράς. Η θέση κάθε σημείου προσδιορίζεται από ένα ζεύγος συντεταγμένων, ενώ ο προσανατολισμός των πλευρών δίνεται από τη γωνία που σχηματίζουν με τον άξονα συντεταγμένων.
- Το σχήμα και το μέγεθος των γεωμετρικών στοιχείων εκφράζονται ανεξάρτητα από το σύστημα συντεταγμένων. Οι μετρήσεις αυτές προκύπτουν από το μήκος των πλευρών των γεωμετρικών στοιχείων και από τις γωνίες που σχηματίζουν οι πλευρές μεταξύ της. Επομένως, η πληροφορία αυτή παραμένει αμετάβλητη μετά από οποιοδήποτε μετασχηματισμό του συστήματος συντεταγμένων που διατηρεί σταθερή την κλίμακα και τη γωνία μεταξύ των αξόνων.

Οι τοπολογικές σχέσεις ορίζονται ανεξάρτητα από τη θέση, τον προσανατολισμό, το σχήμα και το μέγεθος των αντικειμένων. Επομένως, παραμένουν αμετάβλητες κάτω από οποιοδήποτε μετασχηματισμό του συστήματος συντεταγμένων. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι οι τοπολογικές σχέσεις παραμένουν αμετάβλητες και κάτω από παραμορφώσεις όπως στροφή, μετάθεση και αλλαγή της κλίμακας.

Οργάνωση της Χωρικής Πληροφορίας

Τα δεδομένα ανεξάρτητα της δομής αλλά και της πηγής των σε ένα GIS συχνά οργανώνονται σε πληροφοριακά θεματικά επίπεδα (*layers*) τα οποία κοινή χωρική αναφορά (Χαλκιάς, 2015). Το καθένα από αυτά τα επίπεδα περιλαμβάνει είτε δεδομένα στην αρχική τους μορφή (π.χ. τοπογραφικές μετρήσεις), είτε επεξεργασμένες θεματικές πληροφορίες (π.χ. ποτάμια, υδατορεύματα, οικισμοί, δρόμοι κα), όπως φαίνεται και στο παράδειγμα της Εικόνας 3.4 παρακάτω.



Εικόνα 3.4: Παραδείγματα χρήσης διανυσματικών και πλεγματικών Θ.Ε. (*layers*) χωρικών δεδομένων υδρολογίας και γεωτεμαχίων, (*esri.com*).

Κύριο χαρακτηριστικό σε αυτή τη λογική των επιπέδων είναι η ύπαρξη ενός κοινού συστήματος αναφοράς (*Reference System*), ώστε να καθίσταται δυνατή η συνδυαστική αξιοποίηση τους ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Στα σύγχρονα λογισμικά ΓΣΠ υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του συστήματος αναφοράς και της χαρτογραφικής προβολής (*Map Projection*) μέσα από ευρεία γκάμα, η οποία εξυπηρετεί περίπου το σύνολο των επικρατέστερων από τις παραπάνω ανά περιοχή ή κράτος.

3.5 Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων

Βάση Δεδομένων

Μία βάση δεδομένων (ΒΔ) μπορεί να ορισθεί ως μία οργανωμένη συλλογή συσχετιζόμενων δεδομένων. Ειδικότερα, μία βάση δεδομένων ονομάζεται *βάση γεωγραφικών δεδομένων* (ΒΓΔ) όταν τα κύρια δεδομένα της συνδέονται με μία συγκεκριμένη θέση στον γεωγραφικό χώρο μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων. Για παράδειγμα, τα δεδομένα της βάσης μπορεί να σχετίζονται με την περιγραφή κάποιου γεωγραφικής περιοχής ή ενός γεωγραφικού φαινομένου. Τα τελευταία χρόνια, ο όγκος και η πολυπλοκότητα των ΒΓΔ αυξάνονται με ραγδαίο ρυθμό, ακολουθώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των ΣΓΠ και ειδικότερα της συλλογής γεωγραφικών δεδομένων, (Κάβουρας και συνεργάτες, 2015).

Το περιβάλλον των ΒΔ ονομάζεται Data Base Management System (DBMS) και πρόκειται για μία συλλογή αρχείων δεδομένων, τα περιεχόμενα των οποίων αλληλεξαρτώνται και αλληλοσυμπληρώνονται συνθέτοντας το σύνολο του πληροφοριακού περιεχομένου του συστήματος. Το πληροφοριακό περιεχόμενο, η δομή και η πρόσβαση στα δεδομένα βρίσκονται κάτω από τον έλεγχο του λογισμικού που λειτουργεί τη βάση των δεδομένων. Το λογισμικό αυτό λειτουργεί ένα επίπεδο υψηλότερα από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή και αποκρύπτει τις λεπτομέρειες του δεύτερου από το χρήστη του DBMS. Περιλαμβάνει υποσυστήματα καταχώρησης, ενημέρωσης και ανάκλησης δεδομένων, (Silberschatz et al, 2002).

Η λειτουργική αίσθηση που δίνει το DBMS στο χρήστη και στον προγραμματιστή χαρακτηρίζεται από:

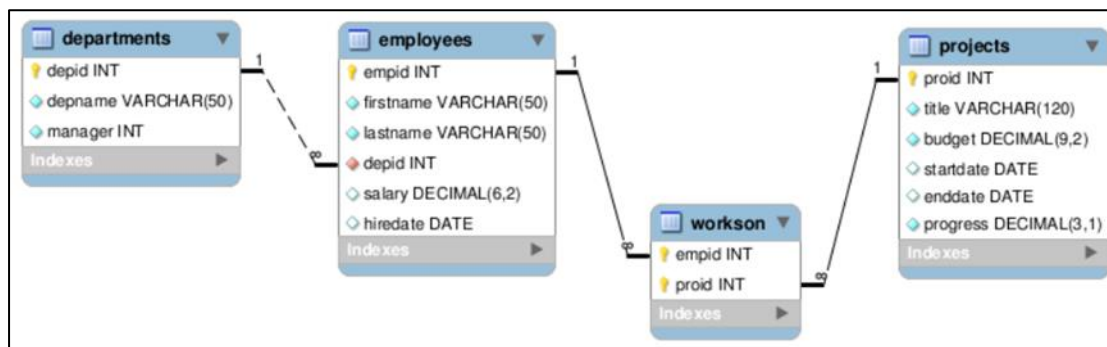
- Ανεξαρτησία από συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού.
- Φυσική ανεξαρτησία των δεδομένων: αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα καταχωρούνται στο δίσκο δεν πρέπει να επηρεάζουν τον κώδικα που τα επεξεργάζεται.
- Διακρίνεται η υποστήριξη δύο τύπων μοντέλου καταχώρησης της πληροφορίας: α) το λογικό μοντέλο και β) το φυσικό μοντέλο.

Το λογικό μοντέλο

Το λογικό μοντέλο συνιστά μία όχι πραγματική εικόνα που υποστηρίζεται, όσο αφορά την οργάνωση της πληροφορίας, με στόχο τη διευκόλυνση της επεξεργασίας της και τη φιλικότητα επικοινωνίας με το χρήστη. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στο χρήστη και τον προγραμματιστή με τον τρόπο που τους εξυπηρετεί, ώστε να λειτουργούν εύκολα στο περιβάλλον της ΒΔ. Το σχεσιακό μοντέλο DBMS (RDBMS) αποτελεί ένα σύνηθες παράδειγμα, όπου όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται να είναι καταχωρημένα υπό μορφή πινάκων, (Εικόνα 3.5).

Το φυσικό μοντέλο

Το μοντέλο αυτό βρίσκεται πλησιέστερα στον πραγματικό τρόπο με τον οποίο είναι καταχωρημένα τα δεδομένα στην περιφερειακή μνήμη. Σε άλλες περιπτώσεις είναι προσαρμοσμένο ώστε να εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες του συγκεκριμένου υπολογιστή που χρησιμοποιείται. Επιπλέον, είναι διαφανές για το χρήστη, ο οποίος αντιλαμβάνεται και λειτουργεί μόνο το λογικό μοντέλο του DBMS.



Εικόνα 3.5: Παράδειγμα εφαρμογής σχεσιακού μοντέλου RDBMS με τα δεδομένα καταχωρημένα σε πίνακες και οι μεταξύ τους σχέσεις (*w3resource.com*).

Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Data Base Management System)

Για τη δημιουργία και τη διαχείριση ΒΔ, έχουν αναπτυχθεί ειδικές εφαρμογές λογισμικού που ονομάζονται *συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων* (ΣΔΒΔ). Τα ΣΔΒΔ εξασφαλίζουν την αποτελεσματική και οργανωμένη αποθήκευση, τη συνεκτικότητα καθώς και την εύκολη και ελεγχόμενη προσπέλαση δεδομένων. Οι συνηθέστερες λειτουργίες που παρέχει ένα ΣΔΒΔ επιγραμματικά έχουν ως εξής, (Κάβουρας και συνεργάτες, 2015):

- ❖ Λειτουργίες ή εργαλεία για τη μαζική εισαγωγή δεδομένων στη βάση. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται να προηγηθεί μετατροπή των δεδομένων της εισαγωγή σε μορφή συμβατή προς το ΣΔΒΔ.
- ❖ Γλώσσα ερωτημάτων για την υποβολή ερωτημάτων/εντολών προς τη ΒΔ. Συνήθως, τα περισσότερα ΣΔΒΔ υποστηρίζουν τη δομημένη γλώσσα ερωτημάτων **SQL** (Structured Query Language).
- ❖ Μηχανισμοί δεικτοδότησης για την επιτάχυνση της διαδικασίας αναζήτησης στη ΒΔ.
- ❖ Μηχανισμός ασφαλείας για την ελεγχόμενη πρόσβαση στα δεδομένα.
- ❖ Μηχανισμός ανάκτησης δεδομένων σε περίπτωση βλάβης του συστήματος.
- ❖ Ειδικά εργαλεία για εύκολη/καθοδηγούμενη δημιουργία και ενημέρωση των δεδομένων.
- ❖ Ειδικά εργαλεία για τη δημιουργία διεπαφών (*interfaces*) προσπέλασης, παρουσίασης και εκτύπωσης δεδομένων και πληροφοριών.

Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων – Γεωβάσεις

Οι ΒΓΔ σχεδιάζονται, δημιουργούνται και συντηρούνται με τρόπο ώστε να μπορούν να στηρίζουν τις διαδικασίες ανάλυσης, εξαγωγής συμπερασμάτων και λήψης

αποφάσεων που συντελούνται στο πλαίσιο των GIS. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν σε σχέση με τα απλά αρχεία δεδομένων διαρθρώνονται ως εξής:

- εφαρμογή ενός αποτελεσματικότερου τρόπου οργάνωσης των δεδομένων, αποφεύγοντας την αποθήκευση περιττών πληροφοριών,
- γρηγορότερη και ευκολότερη ενημέρωση και αναζήτηση δεδομένων,
- ταυτόχρονη προσπέλαση της ίδιας ΒΓΔ από πολλούς χρήστες, εξοικονομώντας χρόνο και διευκολύνοντας τη διαχείριση των δεδομένων,
- ανάπτυξη GIS ανεξάρτητα από τη ΒΓΔ, χρήση της ίδιας ΒΓΔ από πολλά και διαφορετικά GIS.

Σχεδιασμός ΒΓΔ

Ο σχεδιασμός μίας ΒΓΔ περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια μοντελοποίησης, τα οποία και θα αναλυθούν παρακάτω σε πέντε συνιστώσες. Τα στάδια αυτά είναι (Κάβουρας και συνεργάτες, 2015):

- i. το εννοιολογικό,
- ii. το λογικό και
- iii. το φυσικό.

Οι συνιστώσες σχεδιασμού διαμορφώνονται ως εξής:

- ✓ *Ορισμός υποσυνόλου ενδιαφέροντος του πραγματικού κόσμου.*

Το βήμα αυτό συνίσταται στην καταγραφή των απαιτήσεων του ή των GIS που θα προσπελαίνουν τη ΒΓΔ. Περιλαμβάνει τον καθορισμό του σκοπού, των χρηστών, των λειτουργιών που θα υποστηρίζονται, των δεδομένων που θα εμπλέκονται, κλπ.

- ✓ *Καθορισμός των οντοτήτων και των αναμεταξύ τους συσχετίσεων.*

Αφορά τον καθορισμό των οντοτήτων που συμμετέχουν στο υποσύνολο του πραγματικού κόσμου που περιγράφηκε προηγουμένως, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο συσχετίζονται. Επαγωγικά χρησιμοποιούνται *διαγράμματα οντοτήτων – συσχετίσεων (entity – relationship diagrams)*, τα βασικά συστατικά των οποίων είναι:

- 1) οι οντότητες και οι κατηγορίες οντοτήτων,
- 2) οι αναμεταξύ τους συσχετίσεις και
- 3) τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων και των συσχετίσεων.

Μία οντότητα μπορεί να είναι ένα πρόσωπο, ένα φαινόμενο, ένα συμβάν, της χώρος, κλπ. Μπορεί να έχει φυσική υπόσταση, ή μπορεί να είναι αφηρημένη, όπως μία επαγγελματική δραστηριότητα, μία αγορά, κ.α. Μία συσχέτιση περιγράφεται από έναν βαθμό που ορίζει τον αριθμό των εμπλεκόμενων οντοτήτων και ενδεχομένως από χαρακτηριστικά.

- ✓ *Επιλογή του ΣΔΒΔ που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία της ΒΓΔ.*

Η επιλογή του ΣΔΒΔ περιλαμβάνει την επιλογή του είδους των ΣΔΒΔ (σχεσιακά, αντικειμενοστραφή, αντικειμενοσχεσιακά) και της συγκεκριμένης εφαρμογής λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί. Το βήμα αυτό είναι απόλυτα κρίσιμο διότι θα επηρεάσει άμεσα τον τρόπο σχεδιασμού της ΒΓΔ.

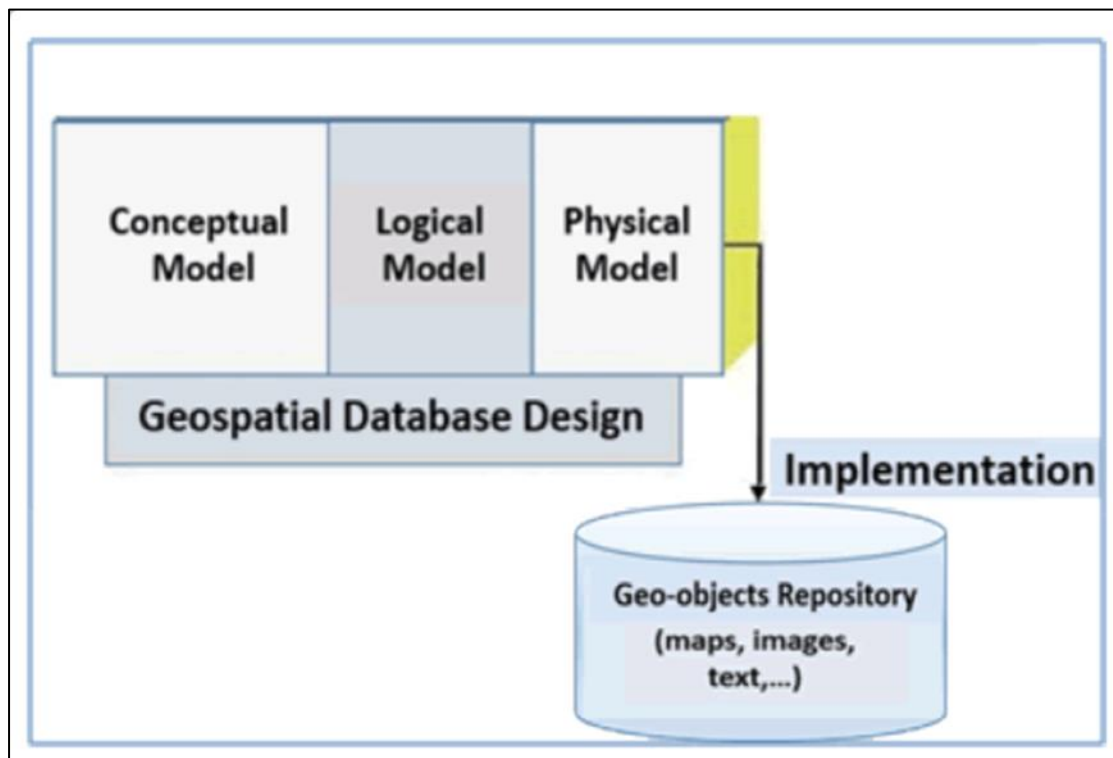
- ✓ *Σχεδίαση του λογικού μοντέλου.*

Η σχεδίαση του λογικού μοντέλου βασίζεται άμεσα στο εννοιολογικό μοντέλο. Ουσιαστικά μεταφέρεται το διάγραμμα οντοτήτων – συσχετίσεων σε όρους του μοντέλου που υποστηρίζεται από το επιλεγμένο DBMS.

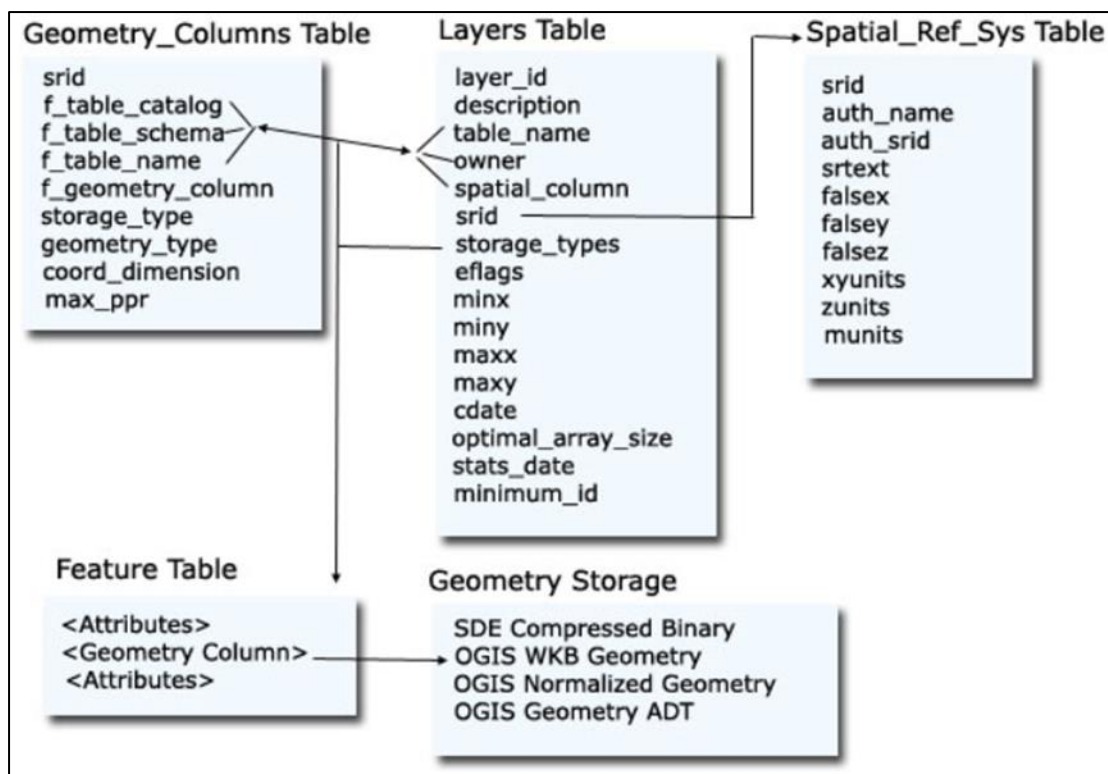
- ✓ *Σχεδίαση του φυσικού μοντέλου.*

Το βήμα αυτό αφορά στη σχεδίαση του φυσικού μοντέλου. Πραγματοποιείται με το λογισμικό που παρέχεται από το επιλεγμένο DBMS, το οποίο συνήθως συνιστά ενδεχομένως μία πιο σύνθετη μορφή της SQL με χωρικούς τύπους δεδομένων και συναρτήσεις υποστήριξης χωρικών ερωτημάτων.

Τα στάδια μοντελοποίησης του σχεδιασμού των ΒΓΔ αναπαρίστανται σχηματικά και στο Σχήμα 3.2 που ακολουθεί. Ακολούθως, η διαχείριση της πληροφορίας μέσα από 3 DBMS υπό μορφή πινάκων, όπως ο πίνακας με στήλες γεωμετρίας, τα θεματικά επίπεδα (layers), καθώς και το σύστημα χωρικής συσχέτισης πινακοποιημένο, συνθέτουν μία πλήρη ΒΓΔ και οπτικοποιείται από το Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.2: Υλοποίηση σχεδιασμού Γεωβάσης σύμφωνα με τα τρία στάδια μοντελοποίησης (www.omicsonline.org, 2017).



Σχήμα 3.3: Σχηματική διάρθρωση της Γεωβάσης με τα DBMS που περιλαμβάνει (*arcgis.com*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχεδιασμός Συλλογικού Αρδευτικού Δικτύου Υπό Πίεση – Εφαρμογή στο Αρκαδικό Επιδαύρου

4.1 Επισκόπηση της Περιοχής Μελέτης – Υπάρχουσα Κατάσταση

Η περιοχή στην οποία πρόκειται να σχεδιαστεί το συλλογικό αρδευτικό δίκτυο εντοπίζεται κεντρικά στην Π.Ε. Αργολίδας της Περιφέρειας Πελοποννήσου. Το Αρκαδικό αποτελεί ένα χωριό του τέως Δήμου Ασκληπείου και νυν Δήμου Επιδαύρου, ο οποίος συστάθηκε με το πρόγραμμα «Καλλικράτης» την 1^η Ιανουαρίου του 2011, με τη συνένωση των καποδιστριακών Δήμων Ασκληπείου και Επιδαύρου. Εντός των διοικητικών ορίων της Τ.Κ. Αρκαδικού υφίστανται δύο οικισμοί, ο Άγιος Ιωάννης – Καζάρμα και ο ομώνυμος ο οποίος αποτελεί και την έδρα των κοινοτικών δραστηριοτήτων. Βρίσκεται στους νοτιοδυτικούς πρόποδες του όρους Αραχναίου, στο μέσο περίπου της απόστασης Ναυπλίου – Ασκληπείου. Εντός των ορίων της κοινότητας του Αρκαδικού υφίστανται γνωστοί και σημαντικοί αρχαιολογικοί χώροι του αρχαίου Μυκηναϊκού πολιτισμού.

Στα όρια της κοινότητας, το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται ως ημιορεινό και το μέσο υψόμετρο υπολογίζεται στα +300 μέτρα. Στην έκταση του υπό μελέτη αρδευτικού έργου το ελάχιστο υψόμετρο υπολογίζεται στα +170 μέτρα, ενώ το μέγιστο στα +360 μέτρα κατά προσέγγιση. Οι κλίσεις του εδάφους της είναι ήπιες στο νότιο τμήμα και αυξάνονται προς το βορρά. Η υπό μελέτη περιοχή αντιμετωπίζεται ως ενιαία με ουσιαστικό φυσικό όριο που τη διαιρεί την παλαιά Επαρχιακή Οδό Ναυπλίου – Λυγουριού, η οποία είναι και η κύρια οδική αρτηρία του χωριού και διχοτομεί τους οικισμούς Άγιος Ιωάννης, Αρκαδικό, Γιαννουλαίικα και Λυγουριό κατά σειρά. Στην περιοχή δεν υφίσταται ποταμός ή μεγάλο ρέμα.

Οι καλλιέργειες της περιοχής είναι πλειοψηφικά δενδρώδεις στο Δήμο Επιδαύρου και αποτελούνται από ελαιόδενδρα, εσπεριδοειδή και πυρηνόκαρπα. Η ελιά (*Olea europaea* L.) είναι το πιο σημαντικό αειθαλές δέντρο στη μεσογειακή λεκάνη, το οποίο χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικό στην ξηρασία είδος που αντιδρά θετικά στην άρδευση αυξάνοντας την απόδοση του και βελτιώνοντας την ποιότητα του ελαιόλαδου, (Bourazanis et al., 2016). Η ελαιοκαλλιέργεια ευδοκίμει στην περιοχή μελέτης και σε επίπεδο Δήμου, διότι ευνοείται από το Μεσογειακού τύπου κλίμα, το οποίο είναι ζεστό, ξηρό με μέτριες βροχοπτώσεις και έντονη ηλιοφάνεια. Στην περιοχή του Αρκαδικού συγκεκριμένα, η ελαιοκαλλιέργεια αποτελεί την κύρια καλλιέργεια τις τελευταίες δεκαετίες, με την οποία απασχολείται πλήρως ή και συμπληρωματικά η πλειοψηφία των κατοίκων του.

Οι πρόσφατες μελέτες και αξιολογήσεις για το Δήμο της Επιδαύρου υποστηρίζουν ότι η άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων κυμαίνεται στο 33%, με ατομικά ή περιορισμένης έκτασης δημοτικά αρδευτικά δίκτυα, όπως στην περίπτωση της Δήμαινας. Επισημαίνεται ότι δεν υφίσταται συλλογικό αρδευτικό δίκτυο στο σύνολο του Δήμου, καθώς και άλλα έργα έγγειων βελτιώσεων. Η άρδευση των καλλιεργειών πραγματοποιείται από έναν αξιοσημείωτο αριθμό γεωτρήσεων με μεγάλο βάθος. Η συνεχής άντληση σε διαρκώς αυξανόμενα βάθη έχει οδηγήσει σε ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υπογείων υδάτων σε βάθος χρόνου, καθώς και στην εξάντληση των αποθεμάτων του υδροφόρου ορίζοντα σε ορισμένες περιοχές.

Στην παρούσα φάση κατασκευάζεται το μεγάλο έργο μεταφοράς και διανομής αρδευτικού νερού από την κύρια διώρυγα του Αναβάλου προς το Δήμο Επιδαύρου με σκοπό την υδροδότηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε επίπεδο καλλικρατικού Δήμου. Η κατασκευή του κεντρικού αγωγού του συλλογικού αρδευτικού δικτύου του Αναβάλου θα πρέπει, σε επόμενο στάδιο, να αποτελέσει το εφαλτήριο για τα επιμέρους έργα διανομής αρδευτικού νερού σε όλες τις περιοχές του Δήμου, ώστε να αναπληρωθεί το έλλειμα στο χαμηλό υδατικό ισοζύγιο και να αξιοποιηθεί από το γεωργικό δυναμικό.

4.1.1 Τοποκλιματικά Δεδομένα της Περιοχής Μελέτης

Η περιγραφή των κλιματικών συνθηκών της περιοχής του Αρκαδικού θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση στοιχείων Μετεωρολογικών Σταθμών (Μ.Σ.) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) που λειτουργούν στην περιοχή. Ο Δήμος Επιδαύρου περιβάλλεται από τον Μ.Σ. Πυργέλας Άργους, ο οποίος βρίσκεται σε λειτουργία από το 1958 και τον Μ.Σ. Αίγινας, ο οποίος λειτουργεί από το 1974. Ωστόσο, θα χρησιμοποιηθούν τα κλιματικά δεδομένα του Μ.Σ. Πυργέλας για το

Αρκαδικό λόγω εγγύτητας, όπως άλλωστε πράττει και η μελέτη του κεντρικού αγωγού για τις περιοχές Αγίου Δημητρίου, Αρκαδικού και Ασκληπιείου (Τ.Ε. Αναβάλου, 2014). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του σταθμού της Πυργέλας έχουν ως εξής:

Γεωγραφικό Πλάτος: 37° 96''

Γεωγραφικό Μήκος: 22° 47''

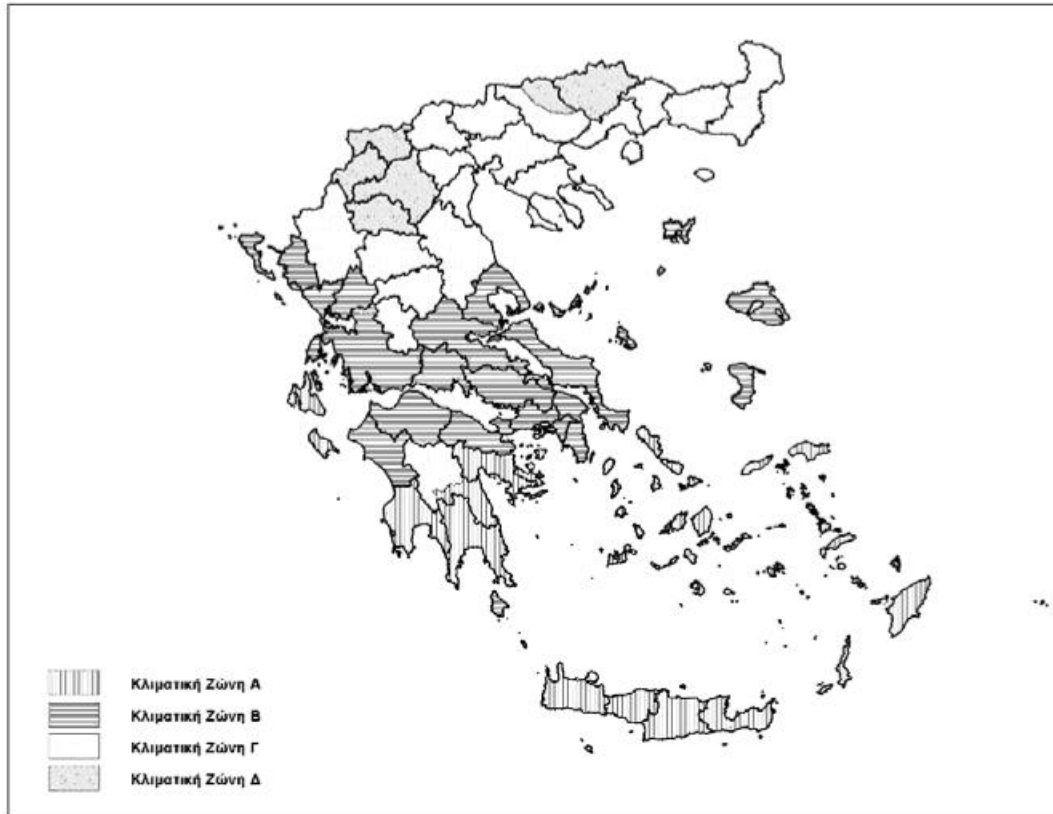
Υψόμετρο: 11 m (a.s.l.)

Κλιματικά Δεδομένα

Η Π.Ε. Αργολίδας στο σύνολό της εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Α κατά ΚΕΝΑΚ, δηλαδή στην πλέον θερμή ζώνη της χώρας, (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΚΕΝΑΚ, 2017) σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1 Και την Σχήμα 4.1.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
ΖΩΝΗ Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Πίνακας 4.1: Κατανομή νομών (Π.Ε.) ανά κλιματική ζώνη της ελληνικής επικράτειας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΚΕΝΑΚ, 2017).



Σχήμα 4.1: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας (T.O.T.E.E. KENAK, 2017).

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα, οι μέσες μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, καθώς και η μέση των απολύτων μέγιστων και ελαχίστων θερμοκρασιών της περιόδου 1958 – 2010 του Μ.Σ. Πυργέλας, παρατίθενται στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί. Από τον εν λόγω πίνακα διαπιστώνεται ότι:

- Δεν υφίσταται μέση ή και ελάχιστη μέση θερμοκρασία κάτω του 0 °C.
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία για τον προαναφερόμενο Μ.Σ. είναι 17 °C.
- Η μέση μηνιαία θερμοκρασία άνω των 20 °C παρατηρείται για την περίοδο από Μάιο έως και Σεπτέμβριο.
- Οι υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες παρουσιάζονται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και στη συνέχεια Ιούνιο και Σεπτέμβριο, ενώ οι απόλυτα μέγιστες κατά την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου. Η περίοδος αυτή ταυτίζεται με την αντίστοιχη των αρδεύσεων.
- Οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται διαδοχικά τον Ιανουάριο, το Φεβρουάριο, το Δεκέμβριο και το Μάρτιο.

Μήνες	Θερμοκρασία		
	Μέση μηνιαία	Απολύτως Μέγιστη	Απολύτως Ελαχίστη
Ιανουάριος	8.18	23.20	-5.40
Φεβρουάριος	8.38	24.40	-6.00
Μάρτιος	10.63	34.20	-4.60
Απρίλιος	14.71	36.40	-2.20
Μάιος	20.12	38.40	2.40
Ιούνιος	25.06	41.20	6.40
Ιούλιος	27.36	45.00	9.40
Αύγουστος	26.61	43.00	9.80
Σεπτέμβριος	22.57	39.40	5.40
Οκτώβριος	17.89	38.80	1.00
Νοέμβριος	13.04	30.20	-2.20
Δεκέμβριος	9.55	25.20	-3.80
Μέση ετήσια	17.01	45.00	-6.00

Πίνακας 4.2: Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα, οι μέσες μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, καθώς και η μέση των απολύτων μέγιστων και ελαχίστων θερμοκρασιών της περιόδου 1958 – 2010 του Μ.Σ. Πυργέλας, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

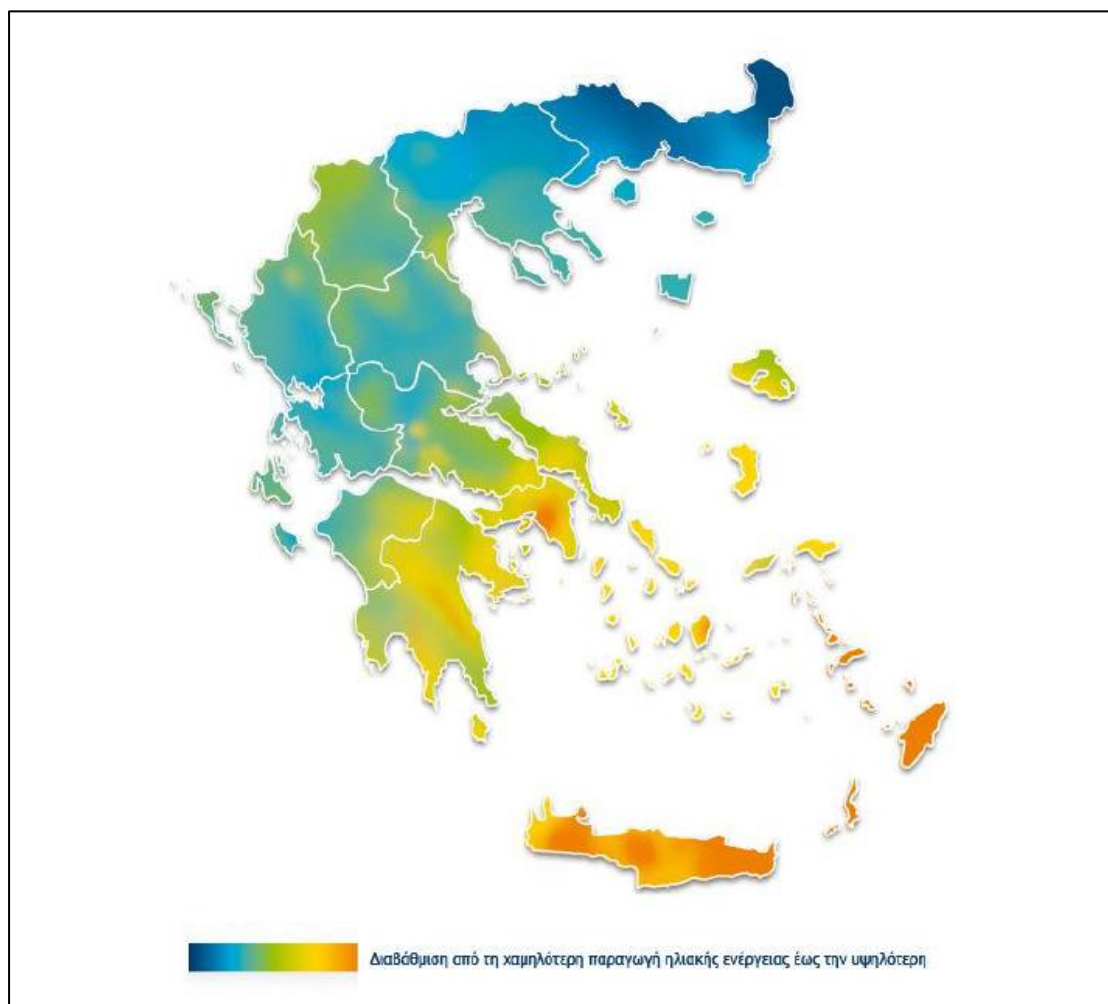
Οι βροχοπτώσεις στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, με τη συνολική ετήσια βροχόπτωση για το Μ.Σ. Πυργέλας να ανέρχεται στα 496 χιλιοστά. Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης παρουσιάζεται το μήνα Νοέμβριο με 87,6 χιλιοστά και το ελάχιστο το μήνα Ιούνιο με 10,1 χιλιοστά. Αντίστοιχα και για το μέγιστο ύψος βροχοπτώσεων 24ώρου, καταγράφεται το μήνα Νοέμβριο με 217,4 χιλιοστά. Κατά τη διάρκεια (Μάιος – Σεπτέμβριος) της αρδευτικής περιόδου παρατηρείται ανεπάρκεια βροχοπτώσεων, το ύψος των οποίων κυμαίνεται από 10,13 χιλιοστά τον Ιούνιο, 10,17 χιλιοστά τον Ιούλιο και 16,29 χιλιοστά τον Αύγουστο, (ΕΜΥ, 1958 – 2010).

Η μέση μηνιαία υγρασία ανέρχεται σε 67,2% και παρουσιάζει διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους με ελάχιστη τιμή 52,8% τον Ιούλιο και μέγιστη τιμή 76,9% το Δεκέμβριο.

Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή, λόγω της γεωγραφικής της θέσης και του προσανατολισμού, είναι βόρειοι, βορειοανατολικοί, περιορισμένης έκτασης και σχετικά μικρής έντασης. Για την αρδευτική περίοδο (Μάιος – Σεπτέμβριος) δεν παρατηρούνται άνεμοι μεγαλύτεροι των 8 BEAUFORT, ενώ από 2 – 7 μέρες το μήνα φυσούν άνεμοι ταχύτητας μεγαλύτερης των 6 BEAUFORT. Εντούτοις, οι άνεμοι μεγαλύτερης ταχύτητας των 6 BEAUFORT υπολογίζονται σε περίπου 50% του συνόλου για την αρδευτική περίοδο. Το δεδομένο αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη της περιπτώσεις άρδευσης με τεχνητή βροχή, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Τέλος, σε ό,τι αφορά τη διάρκεια της ηλιοφάνειας, η μέση ετήσια ηλιοφάνεια στην περιοχή ανέρχεται σε 215,07 ώρες, ενώ οι μήνες με τη μεγαλύτερη διάρκεια αντιστοιχούν σε αυτούς της αρδευτικής περιόδου Μαΐου – Σεπτεμβρίου. Συγκεκριμένα, η περιοχή του Δήμου Επιδαύρου γενικά χαρακτηρίζεται από έντονο ηλιακό δυναμικό, ακόμη και κατά τη χειμερινή περίοδο, με την περιοχή να τοποθετείται στην επόμενη κατηγορία από τη μεγαλύτερη της ελληνικής επικράτειας, στην οποία εντάσσονται τα νησιά του Νοτίου Αιγαίου, των Κυκλάδων και της Κρήτης (Κομνηνού, 2012). Συνεπώς,

υπάρχουν μεγάλες ανάγκες των φυτών σε νερό και ακόμη μεγαλύτερες κατά τους θερινούς μήνες.



Σχήμα 4.2: Χρωματική κατανομή ηλιακής έντασης στην ελληνική επικράτεια, (Κομνηνού, 2012).

Στους Πίνακες 1, 2 και 3 του Παραρτήματος Α' παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης, το μέσο ύψος βροχής 24ώρου, οι μέσες τιμές διεύθυνσης και ταχύτητας των ανέμων, της μέσης ηλιοφάνειας και σχετικής υγρασίας. Τα δεδομένα των Πινάκων προέρχονται από τον Μ.Σ. Πυργέλας για την περίοδο καταγραφής 1958 – 2010.

4.1.2 Γεωλογικά και Εδαφολογικά Στοιχεία

Το ορεινό τμήμα του Δήμου Επιδαύρου χαρακτηρίζεται από ασβεστολιθικό ανάγλυφο. Από τεκτονικής απόψεως, σε επίπεδο Π.Ε. κυριαρχεί η αλπική τεκτονική δομή, όπου ο ορεινός όγκος Τραπεζώνας – Αραχναίου έχει τεμαχιστεί από ισχυρά ρήγματα με οριζόντια διεύθυνση από Ανατολή προς τη Δύση με μεταπτώσεις προς το Νότο, (Ρίζος, 2013). Οι ασβεστόλιθοι συνιστούν το κυριότερο γεωλογικό υπόβαθρο του όρους Αραχναίου (Τριαδικό και Ιουρασικό ασβεστόλιθοι), ενώ άλλοι σημαντικοί γεωλογικοί σχηματισμοί σε επαφή με τους ασβεστόλιθους είναι οι αργιλικό σχιστόλιθοι, τα κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες του φλύσχη. Οι προαναφερόμενοι σχηματισμοί

εκτείνονται στη λοφώδη περιοχή νότιο – δυτικά του Αραχναίου όρους και τα νεογενή ιζήματα (κροκαλοπαγή, άμμοι και μάργες) εκτείνονται νότια του Αραχναίου, στη λεκάνη Ασκληπιείου – Αρκαδικού.

Τα εδάφη της περιοχής περιέχουν ανθρακικές βάσεις, κεκορεσμένα, ασυνεχή και αβαθή πλειοψηφικά, σε ανάμιξη μετά σκελετικών σχηματισμών με καθολική εμφάνιση του μητρικού πετρώματος, τα οποία δεν έχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης δασικών συστάδων μεγάλου ύψους. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής εντοπίζονται ασβεστολιθογενείς ρετζίνες, καθώς πρόκειται για αργιλώδη εδάφη με μέτρια υδατοπερατότητα και $\text{pH} > 7$, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Τα επιφανειακά πετρώματα της περιοχής στο σύνολό της είναι ασβεστολιθικά και συχνά παρουσιάζουν καρστικές μορφές. Κατά συνέπεια, τα εδάφη είναι υδατοπερατά με ικανοποιητική στράγγιση, καθώς και δυνατότητα μετακίνησης του νερού και εδαφικών διαλυμάτων, έχοντας ως επακόλουθο να μη συγκρατούν το νερό. Επίσης, ευρύτερα στο Δήμο Επιδαύρου κυριαρχεί το λοφώδες έδαφος, το οποίο κατηγοριοποιείται από ελαφρά έως και μέσης συστάσεως εδάφη από μηχανικής πλευράς, (Τ.Ε. Αναβάλου, 2014).

4.1.3 Υδρολογικές Συνθήκες

Εξετάζοντάς την από πλευράς υδατικού δυναμικού, η περιοχή μελέτης ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα (ΥΔ) με κωδικό EL03 της Ελλάδας, το οποίο επίσημα ονομάζεται «Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου» και υπάγεται στη ΛΑΠ Ρεμάτων Αργολικού Κόλπου με κωδικό EL0331, (ΥΠΕΝ, 2017). Πρόκειται για μία ορεινή λεκάνη με απόκρημνα, ψηλά βουνά, οι οροσειρές των οποίων στην Π.Ε. Αργολίδας σχηματίζουν μικρές κυρίως πεδιάδες, εκ των οποίων και αυτή της Επιδαύρου. Τα κυριότερα υδατικά σώματα συνιστούν ο Ευρώτας, ο Ίναχος και άλλοι μικρότεροι ποταμοί και ρέματα, ενώ από πλευράς λιμναίων υδατικών σωμάτων η τεχνητή λίμνη Τάκα στην Αρκαδία.

Σχετικά με τα υπόγεια ύδατα της περιοχής μελέτης, το ασβεστολιθικό τοπίο δεν έχει επιφανειακή απορροή, λόγω της καρστικότητας που εμφανίζει, όπου σχεδόν το 60% του νερού των βροχοπτώσεων διηθείται στον ασβεστόλιθο. Το υδρογραφικό δίκτυο πρακτικά ελέγχεται από ένα πυκνό, με σχεδόν κατακόρυφα ρήγματα ασβεστολίθων, δίκτυο. Καρστικά υπόγεια ύδατα διηθούμενα μέσα στους ασβεστόλιθους, εξασφαλίζουν την τροφοδοσία σε νερό μερικών πλούσιων υπόγειων υδροφόρων οριζόντων στην υπολεκάνη του Ασκληπιείου, (Τ.Ε. Αναβάλου, 2014). Στην Αργολίδα αναπτύσσονται 11 διακριτά υπόγεια υδατικά συστήματα (ΥΥΣ) σύμφωνα με τα Σχέδιο Διαχείρισης για το ΥΔ EL03, από τα οποία το κυριότερο είναι το ΥΥΣ Δυτικής Αργολίδας – Ανατολικής Αρκαδίας, όσο αφορά την ποσότητα αλλά και την ποιότητα του υδατικού αποθέματος. Το δεδομένο ΥΥΣ εκφορτίζει σε πολλές πηγές, οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι αυτές του Κεφαλαρίου, της Αμυμώνης, της Λέρνης, του Μποτίνου και του Αγίου Γεωργίου Κιβερίου ή Αναβάλου, (Τ.Ε.Ε. Πελοποννήσου, 2001). Η τελευταία αποτελεί την πιο πλούσια πηγή της περιοχής, το γλυκό νερό της οποίας αναβλύζει μέσα από τη θάλασσα. Βρίσκεται στα όρια των Π.Ε. Αργολίδας και Αρκαδίας, σε βάθος μέχρι 80 μέτρα, νότια του οικισμού του Κιβερίου Αργολίδας και στην περιοχή έχει κατασκευαστεί φράγμα για τη συλλογή ποσότητας νερού από την υποθαλάσσια πηγή, η οποία διοχετεύεται για άρδευση σε ένα μικρό τμήμα της

Αργολικής Πεδιάδας και στην περιοχή του τέως Δήμου Ασίνης και νυν Ναυπλιέων, (Εικόνα 4.1). Επιπλέον, στην περιοχή των Μύλων Άργους η πηγή της Λέρνης χαρακτηρίζεται ως πλούσια σε υδατικά αποθέματα, η οποία είναι γνωστή και από τη μυθολογία.



Εικόνα 4.1: Το φράγμα του συλλογής ποσότητας νερού από την υποθαλάσσια πηγή του Αναβάλου στο Κιβέρι Αργολίδας (*Wikipedia*, 2017).

4.1.4 Δημογραφικά και Κτηματολογικά Στοιχεία

Μείζονος σημασίας είναι το γεγονός ότι στην περιοχή του Δήμου Επιδαύρου δεν έχει πραγματοποιηθεί κτηματογράφηση και ως εκ τούτου, η σύνταξη Κτηματολογίου. Με άλλα λόγια, δεν έχει συγκροτηθεί μία ενιαία, συστηματική και ενημερωμένη καταγραφή της κτηματικής περιουσίας. Ειδικότερα, στα όρια του σημερινού Δήμου, τα υφιστάμενα κτηματολογικά στοιχεία απαρτίζονται από τα εξής χαρτογραφικά και αναλογικά περιγραφικά δεδομένα:

- ✚ τη Διανομή της Ιεράς Μονής Αγίου Δημητρίου Καρακαλά της περιόδου 1933 – 1956 για τις περιοχές Αρκαδικό, Άγιος Δημήτριος – Μετόχι και Γιαννουλαίικα,
- ✚ τη Διανομή της Ιεράς Μονής Καλαμίου της περιόδου 1938 – 1962 για τις περιοχές Λυγουριό, Παλαιά Επίδαυρος και Αδάμι,
- ✚ τη Διανομή 1957 Αγροκτήματος Δήμαινας – Νέας Επιδαύρου, και
- ✚ τον Αναδασμό Δήμαινας – Νέας Επιδαύρου της περιόδου 1983 – 1986.

Τα προαναφερθέντα μέτρα πολιτικής της γης υλοποιήθηκαν από την Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Γεωργίας και αφορούν τμήματα της εκάστοτε Δημοτικής ή Τοπικής Κοινότητας. Συνεπώς, το ιδιοκτησιακό καθεστώς του Δήμου Επιδαύρου και της περιοχής ενδιαφέροντος καθίσταται άγνωστο στο μεγαλύτερο μέρος της.

Όσο αφορά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του Δήμου Επιδαύρου, σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) και την τελευταία απογραφή που διενεργήθηκε το 2011, ο μόνιμος πληθυσμός ήταν 8115 κάτοικοι σε μία έκταση 338,06 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Στις απογραφές του 1991 και του 2001 ο πληθυσμός ανέρχεται σε 8473 και 8710 κατοίκους αντίστοιχα, γεγονός που αποδεικνύει ότι ο πληθυσμός αυξήθηκε κατά την περίοδο 1991 – 2001, ενώ την περίοδο 2001 – 2011 ελαττώθηκε. Το φαινόμενο αυτό έλαβε χώρα και σε επίπεδο Νομού (Π.Ε.) με βάση τον Πίνακα που ακολουθεί.

Έτος Απογραφής	Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Επιδαύρου	Μόνιμος πληθυσμός Π.Ε. Αργολίδας
1991	8473	94873
2001	8710	102392
2011	8115	97090

Πίνακας 4.3: Η εξέλιξη του πληθυσμού για το Δήμο Επιδαύρου και για την Π.Ε. Αργολίδας (Απογραφές 1991,2001, 2011, ΕΛΣΤΑΤ).

Σχετικά με την κατανομή του πληθυσμού, ο οικονομικά ενεργός και μη ενεργός πληθυσμός στο σύνολο του Δήμου, παρουσιάζεται στην Πίνακας 4.4. Η ανάλυσή του από την ΕΛΣΤΑΤ πραγματοποιήθηκε κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, για το σύνολο των Δ.Κ. και Τ.Κ., ενώ ο συγκεντρωτικός πίνακας αντλείται από τη ΜΟΣ Αναβάλου (2014). Παρατηρείται ότι οι οικονομικώς ενεργοί είναι λιγότεροι από τους οικονομικά μη ενεργούς, γεγονός το οποίο οφείλεται στην ηλικιακή κατανομή, η οποία είναι υπέρ των ατόμων άνω των 60 ετών, γεγονός το οποίο συνηθίζεται στην ελληνική επαρχία (Πίνακας 4 Παράρτημα).

Δ.Κ./ Τ.Κ. περιοχής μελέτης	Οικονομικώς ενεργοί				Οικονομικώς μη ενεργοί
	Σύνολο	Απασχολούμενοι	Άνεργοι		
			Σύνολο	Από αυτούς νέοι	
Τ.Κ. Αγ. Δημητρίου	282	253	29	19	405
Τ.Κ. Αρκαδικού	120	103	17	6	151
Δ.Κ. Ασκληπιείου	1.153	1.068	84	57	1.2213
Τ.Κ. Αρχαίας Επιδαύρου	771	728	43	22	646
Τ.Κ. Δημαίνης	305	288	17	14	181
Τ.Κ. Νέας Επιδαύρου	380	361	19	15	455
Σύνολο περιοχής μελέτης	3.009	2.802	208	133	3.509

Πίνακας 4.4: Οικονομικώς ενεργός και μη ενεργός πληθυσμός Δήμου Επιδαύρου ανά Κοινότητα (ΕΛΣΤΑΤ, 2011).

Σε επίπεδο Δήμου, από τους οικονομικά ενεργούς, οι μόνιμοι απασχολούμενοι ανέρχονται σε 2713 κάτοικους. Η κατανομή αυτών ανά παραγωγικό τομέα έχει ως εξής (ΕΛΣΤΑΤ, 2011):

- Στον Πρωτογενή τομέα παραγωγής απασχολούνται 1110 άτομα,
- Στο Δευτερογενή τομέα παραγωγής απασχολούνται 415 άτομα,
- Στον Τριτογενή τομέα απασχολούνται 1188 άτομα,
- Άνεργοι καταγράφηκαν 395 άτομα.

Διαπιστώνεται ότι ο πρωτογενής τομέας οικονομικής δραστηριότητας καταλαμβάνει ένα σημαντικό μεγάλο ποσοστό στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου, εξίσου σημαντικό με αυτό του τριτογενή τομέα. Πλειοψηφικά απασχολούνται με την ελαιοκαλλιέργεια, σε ορισμένες περιοχές με τα εσπεριδοειδή και σε ακόμη μικρότερο βαθμό με την καλλιέργεια βερικοκιάς. Η απασχόληση στον τουριστικό τομέα της περιοχής συνιστά μία επιπλέον οικονομική διέξοδο, ιδίως για τους νεότερους και κατά τους θερινούς μήνες, συνδυαστικά με τις γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες.

Ο συνολικός αγροτικός πληθυσμός της περιοχής ανέρχεται σε 2655 άτομα ηλικίας 15 έως 65 ετών και μάλιστα 1355 άρρενα άτομα και 1300 θήλεα, με την προσθήκη πολλών ομάδων εργαζομένων (Παράρτημα Α' Πίνακας 5). Το διαθέσιμο αγροτικό εργατικό δυναμικό παρατίθεται στον πίνακα της Εικόνας 4.2.

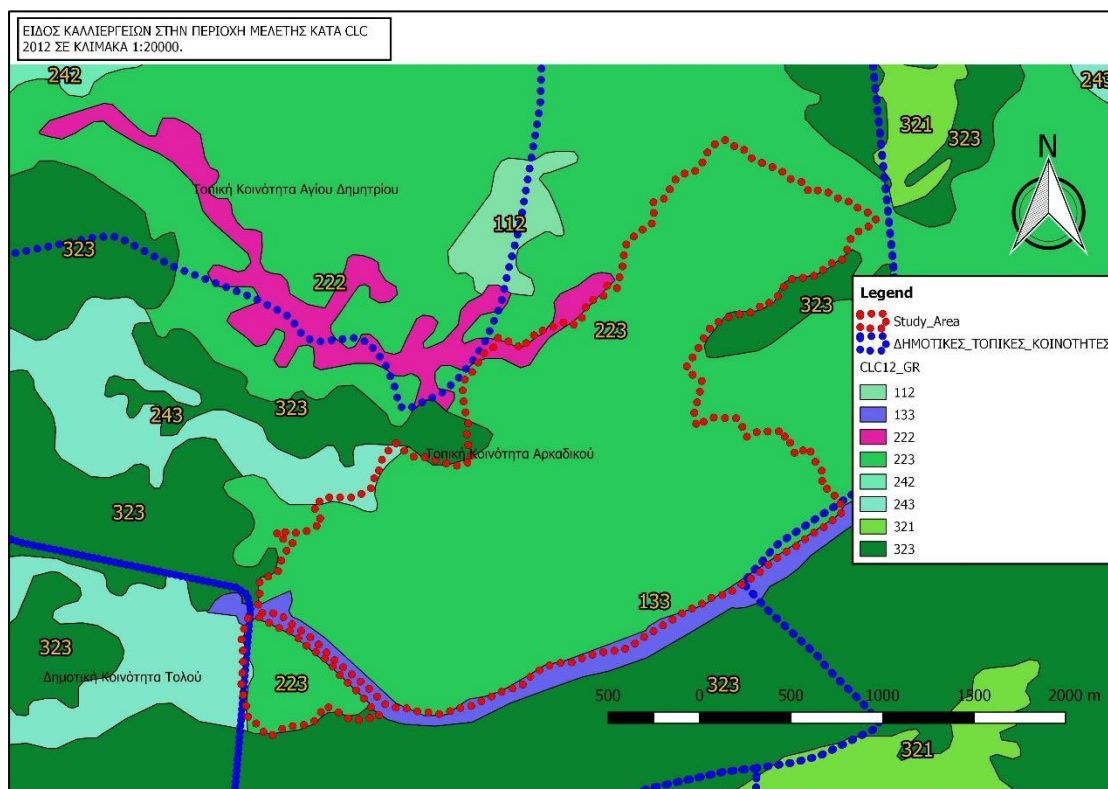
Ομάδες ηλικιών	Άρρενες	Θήλεις	Σύνολο
15-19 ετών	113	114	227
20-65ετών	1.162	1.108	2.270
>65ετών	428	475	903
Σύνολο	1.703	1.697	3.400

Εικόνα 4.2: Διαθέσιμο αγροτικό εργατικό δυναμικό Δήμου Επιδαύρου κατά ομάδες ηλικιών και κατά φύλο (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

4.1.5 Γεωργικές Εκμεταλλεύσεις – Της Γης

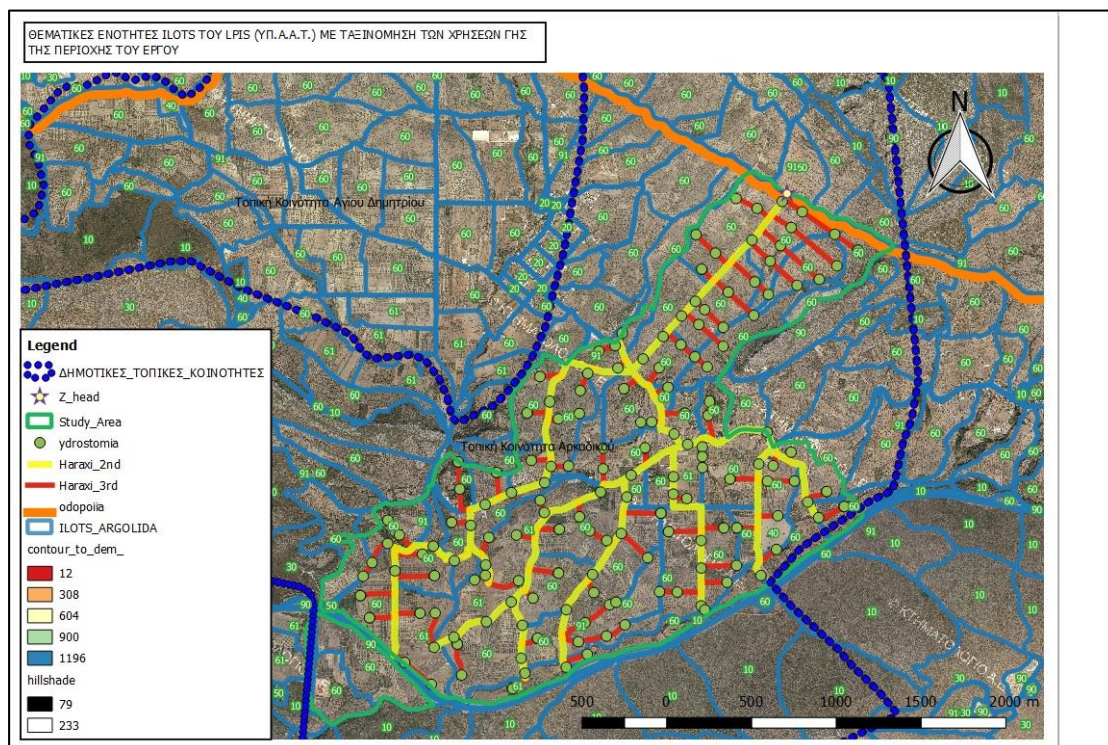
Στην εξεταζόμενη περιοχή, το μείζον ποσοστό της έκτασης καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες ελαιόδενδρων (Χάρτης 4.1). Η κατηγοριοποίηση που ακολουθείται με βάση τα γεωχωρικά δεδομένα της κάλυψης γης Corine Land Cover για τα έτη 2000, 2006 και 2012 του προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης «GMS/ Copernicus Initial Operations (GIO) Land Monitoring 2011 – 2013» ή GIO LAND, το οποίο είχε ως στόχο την παροχή ολοκληρωμένης και έγκαιρης πληροφόρησης όσον αφορά τις μορφές κάλυψης και χρήσεων γης και τις μεταβολές αυτών, σε εθνικό επίπεδο. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο QGIS υπό μορφή διανυσματικών Θ.Ε. για την εκάστοτε περίοδο. Στην κατηγοριοποίηση αυτή η προς μελέτη περιοχή λαμβάνει σχεδόν ολοκληρωτικά τον κωδικό 223, ο οποίος αντιστοιχεί στους ελαιώνες (olive groves) και εφαρμόζεται μέσω της ταξινόμησης σε κατηγορίες με χρωματικό κώδικα του Θ.Ε. κάλυψης γης

(Παράρτημα Α' Εικόνα 1). Τα προαναφερθέντα δεδομένα διατίθενται **δωρεάν** μέσα από την ιστοσελίδα της ΕΚΧΑ Α.Ε. και συγκεκριμένα την ενότητα «Δασικοί Χάρτες & Φυσικό Περιβάλλον – Παρακολούθηση χρήσεων γης», καθώς και από τον ιστότοπο Συνόλων Δεδομένων <http://www.data.gov.gr>. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι δε χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του Corine Land Cover 2018 του προγράμματος Copernicus Land Monitoring Services, διότι δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί η επικύρωση του συνόλου των χωρικών δεδομένων και αποτελεσμάτων.



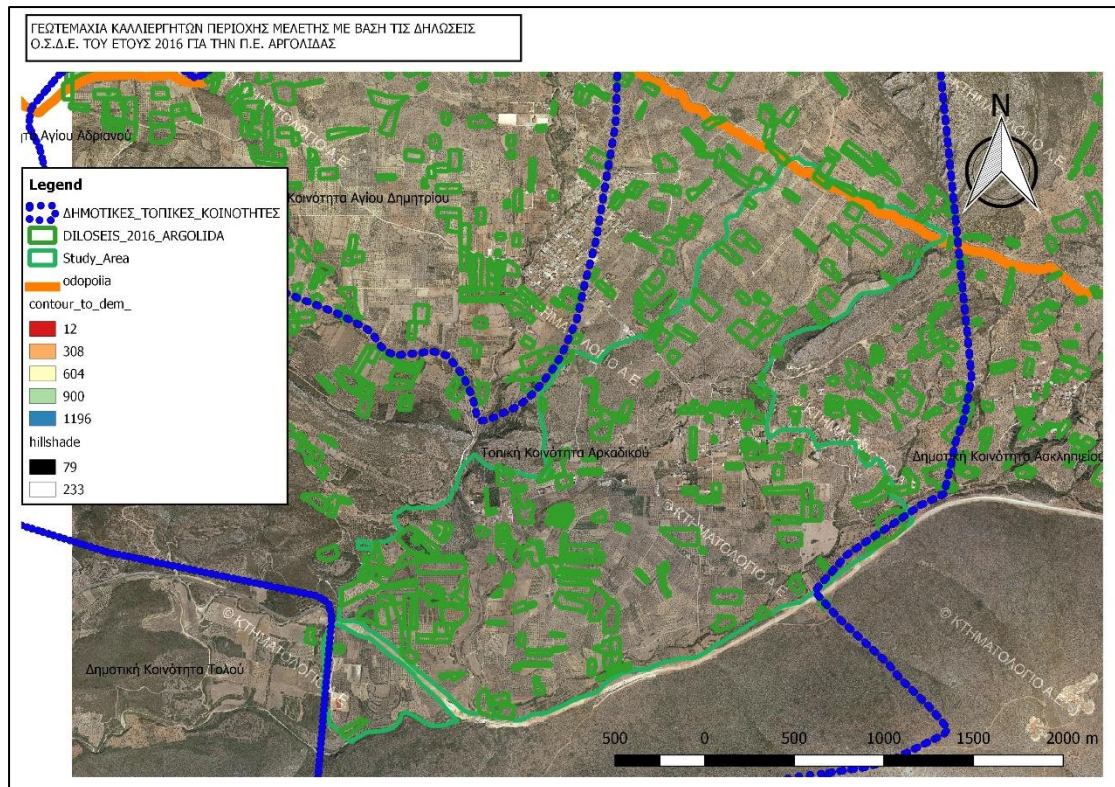
Χάρτης 4.1: Το είδος καλλιέργειας στην περιοχή μελέτης με βάση την ταξινόμηση Corine Land Cover 2012 σε κλίμακα 1:20000.

Μία ακόμη εξίσου σημαντική πηγή χαρτογραφικών και περιγραφικών δεδομένων για την κάλυψη και τη χρήση γης αποτελεί το Μητρώο Αγροτικού Χώρου ως μέτρο Κοινής Αγροτικής Πολιτικής της Ε.Ε., με ονομασία Σύστημα Αναγνώρισης Αγροτεμαχίων (Land Parcel identification System – LPIS) του πρώην Υπουργείου Γεωργίας και πλέον ΥΠΑΑΤ, (Ζεντέλης, 2011). Το χαρτογραφικό παράγωγο συνιστούν οι διαφάνειες ενοτήτων (ILOTS) με ψηφιοποιημένη ταξινόμηση των χρήσεων γης σε ενιαία ΒΔ γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών για το ελαιοκομικό και αμπελουργικό μητρώο από 01.01.2005, (Χάρτης 4.2). Ως ελαιοκομική ή αμπελουργική εκμετάλλευση νοείται κάθε εκμετάλλευση της οποίας η έκταση είναι φυτεμένη εν όλω ή εν μέρει με ελαιόδενδρα ή αμπέλια αντίστοιχα. Η έκταση αυτή μπορεί να αποτελείται από περισσότερα του ενός αγροτεμάχια για την παραγωγή ελαιόλαδου, αμπέλου και οίνου. Ο κάτοχος μπορεί να είναι ιδιοκτήτης, μισθωτής, επικαρπωτής, κ.λπ., ενώ φυσικό πρόσωπο μπορεί να είναι ένα άτομο ή ομάδα ατόμων, (Ζεντέλης, 2011). Το αμπελουργικό μητρώο και κτηματολόγιο εξαιρείται από την υπό συζήτηση περιοχή, διότι η παραγωγή αυτή είναι μηδαμινή σύμφωνα με τα στοιχεία και τη φωτοερμηνεία που διενεργήθηκε.



Χάρτης 4.2: Η ταξινόμηση της κάλυψης και χρήσης γης στην περιοχή μελέτης με βάση τις θεματικές ενότητες ΙΛΟΤΣ του Land Parcel Identification System (LPIS) του ΥΠΑΑΤ σε κλίμακα 1:20000.

Επιπρόσθετα, η κατηγοριοποίηση της κάλυψης γης αναπαρίσταται και από τις χαρτογραφικές πληροφορίες του Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης και Ελέγχου (Ο.Σ.Δ.Ε.) του ΥΠ.Α.Α.Τ., το οποίο συντίθεται με πρωτογενή δεδομένα τις ετήσιες δηλώσεις των καλλιεργητών ανά την επικράτεια. Το μέτρο αυτό Κοινής Αγροτικής Πολιτικής υφίσταται και εφαρμόζεται ως Μητρώο Αγροτικού Χώρου από το 1993, με κύριο χαρακτήρα την αλλαγή της διαδικασίας υπολογισμού των ενισχύσεων, την ορθολογική διαφοροποίηση μεταξύ αυτών και την πολλαπλή συμμόρφωση των καλλιεργητών, (Ζεντέλης, 2011). Στην περίπτωση του Αρκαδικού επιβεβαιώνεται χαρτογραφικά και με γεωοπτικοποίηση της σχετικής περιγραφικής πληροφορίας το είδος καλλιέργειας (Πεδίο CropCode), το οποίο είναι η ελαιοκαλλιέργεια, εκτός από ελάχιστες μεμονωμένες περιπτώσεις εσπεριδοειδών και πυρηνόκαρπων (βερίκοκα), όπως φαίνεται υπό κλίμακα 1:15000 (Χάρτης 4.3) και βάσει ερμηνείας των φωτογραφιών. Τα δεδομένα κάλυψης και χρήσης γης θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη συνέχεια για την επιλογή του τρόπου άρδευσης με βάση τα είδη που καλλιεργούνται, αλλά και για την εξέλιξη των αρδευτικών αναγκών στο μέλλον με την ποσοτικοποίηση των τελευταίων, υπολογίζοντας τους απαραίτητους συντελεστές.



Χάρτης 4.3: Η ταξινόμηση της κάλυψης και χρήσης γης στην περιοχή μελέτης με βάση τις δηλώσεις ΟΣΔΕ των καλλιεργητών σε κλίμακα 1:15000.

4.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Δικτύου

Στο στάδιο αυτό της παρούσας διατριβής θα πραγματοποιηθεί αναφορά και περιγραφή των χαρακτηριστικών του προς υλοποίηση αρδευτικού έργου μεταφοράς νερού στην περιοχή της Τοπικής Κοινότητας του Αρκαδικού. Το υπό εξέλιξη έργο μεταφοράς και διανομής νερού στις περιοχές του Δήμου Επιδαύρου θα δώσει τη δυνατότητα άρδευσης στις εκτάσεις κατά μήκος του άξονα Ναύπλιο – Λυγουριό – Νέα Επίδαυρος. Μέσω του κεντρικού αγωγού μεταφοράς θα υδροδοτηθούν οι επιμέρους περιοχές του Δήμου.

Όσο αφορά τη γενική διάταξη των έργων μεταφοράς νερού στην ευρύτερη περιοχή, καθοριστικός παράγοντας σχεδιασμού και κατασκευής είναι η γεωγραφική θέση των αρδευόμενων εκτάσεων σε συνάρτηση με την πηγή υδροληψίας. Το νερό αντλείται από το επίπεδο της Διώρυγας του Αναβάλου σε υψόμετρο +15m περίπου έως την περιοχή του Αγίου Δημητρίου σε υψόμετρο +400m. Το σημείο αυτό αποτελεί και το υψηλότερο σημείο της διαδρομής του κεντρικού αγωγού, αλλά και της υπό εκπόνηση μελέτης.

4.2.1 Στοιχεία Κεντρικού Αγωγού Διανομής Αναβάλου (ΜΟΣ Αναβάλου, ΥΠ.Α.Α.Τ., 2014)

Για το υπό κατασκευή έργο του κεντρικού αγωγού, ο σχεδιασμός του προβλέπει αρχικά την απόληψη του νερού από την περιοχή της Νέας Τίρυνθας Ναυπλίου, σε σχετικά μικρή απόσταση από το υπάρχον αρδευτικό Αντλιοστάσιο 3Α5 και την αντίστοιχη Δεξαμενή 3Δ5, η οποία εξυπηρετεί τα δίκτυα της περιοχής αυτής. Επιπλέον, θα κατασκευασθεί έργο υδροληψίας από τη Διώρυγα και το Αντλιοστάσιο Κεφαλής Α1, κατάντη του υφιστάμενου.

Η σύνδεση με την περιοχή μελέτης θα πραγματοποιηθεί με καταθλιπτικούς αγωγούς διαμέτρου DN800 και συνολικού μήκους 13069m, όπου το νερό μεταφέρεται έως τη Δεξαμενή Δ1, η οποία και κατασκευάζεται βορειοδυτικά του οικισμού του Αγίου Δημητρίου. Από τη Δεξαμενή Δ1 ξεκινά ο αγωγός βαρύτητας, διαμέτρου DN600 και μήκους 6218m, ο οποίος κατευθύνεται νοτιοανατολικά προς τον οικισμό Χουνταλαίικα και καταλήγει στη Δεξαμενή Δ2.

Οι δεξαμενές κατασκευάζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις κάθε περιοχής. Συγκεκριμένα, η δεξαμενή η οποία θα χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό του αρδευτικού έργου στο Αρκαδικό είναι η Δ1, από την οποία προβλέπεται από τη ΜΟΣ Αναβάλου (2014), καθώς και από τη γεωμορφολογία και την τοπογραφία της περιοχής, η άρδευση και της Τ.Κ. Αγίου Δημητρίου (Μετόχι). Οι θέσεις, ο τύπος και οι διαστάσεις των δεξαμενών επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζονται κατά το δυνατόν κατάλληλα τα κυρίως έργα και οι οδοί πρόσβασης στο ανάγλυφο της περιοχής, καθώς επίσης και να περιοριστούν τα χωματοουργικά έργα και οι απαλλοτριώσεις.

Χαρακτηριστικά	Δ1	Δ2	Δ3
Τύπος	Ανοικτή ορθογωνική	Υπόγεια ορθογωνική	Ανοικτή τραπεζοειδής
Χωρητικότητα	5.000	3.000	7.000
Διαστάσεις στη στέψη			
- Μήκος	44,50	41,80	72,30
- Πλάτος	32,00	21,20	38,80
Υψόμετρα			
- Στέψη δεξαμενής	401,00	365,80	274,60
- ΑΣΥ	400,00	365,00	274,00
- ΚΣΥ	395,85	361,20	271,00
- Πυθμένας	395,20	360,80	270,50
Βάθος νερού (ωφέλιμο)	4,15	3,80	3,00

Εικόνα 4.3: Χαρακτηριστικά Δεξαμενών Δ1, Δ2 και Δ3 του κεντρικού αγωγού μεταφοράς νερού (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014). Οι μονάδες μέτρησης είναι σε m για διαστάσεις, βάθος και υψόμετρα, ενώ για τη χωρητικότητα είναι σε m³.

Η εν λόγω δεξαμενή θα κατασκευαστεί ανοικτή ορθογωνική, διθάλαμη και με οπλισμένο σκυρόδεμα, εξαιτίας των έντονων κλίσεων του εδάφους. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι η δεδομένη υλοποίηση άνευ στεγάστρου θα αυξήσει την υδροχαρή βλάστηση στο εσωτερικό της.

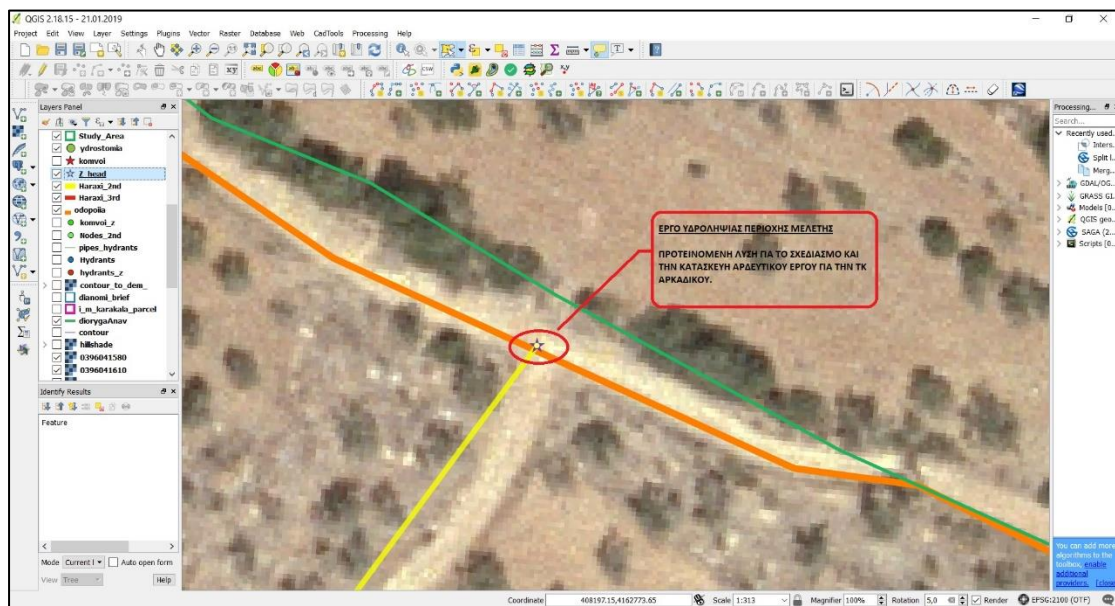
4.2.2 Έργο Υδροληψίας για την Τ.Κ. Αρκαδικού

Από τη Μελέτη Έργων Μεταφοράς και Διανομής Νερού Άρδευσης στους Δήμους Ασκληπιείου και Επιδαύρου που υποβλήθηκε στο ΥΠΑΑΤ τον Αύγουστο του 2014, προβλέπεται βάσει της Τεχνικής Έκθεσης, η κατασκευή φρεατίου διακλάδωσης για τη μελλοντική σύνδεση του αγωγού που θα τροφοδοτήσει το δίκτυο της περιοχής Μετόχι – Αρκαδικό. Το τεχνικό αυτό έργο θα ολοκληρωθεί σε απόσταση 132m από τη Δ1 Δεξαμενή.

Στη διατριβή αυτή προτείνεται ως λύση η κατασκευή ενός επιπρόσθετου έργου υδροληψίας το οποίο θα υδροδοτεί την περιοχή του Αρκαδικού. Για την άρδευση των εξοπλισμένων εκτάσεων της Τ.Κ. Αρκαδικού συνολικά κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία επιπλέον έργων υδροληψίας, σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο στην περίμετρο αυτή. Σε επόμενο στάδιο θα αναπτυχθεί και θα τεκμηριωθεί χωρικά ο σχεδιασμός της επιπλέον υδροληψίας μεταξύ των δεξαμενών Δ1 και Δ2 (Σχήμα 4.3), από την οποία πρόκειται να αρδευτεί η περιοχή που μελετάται, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 4.4 από επίσκεψη που πραγματοποιήθηκε στο πεδίο.



Εικόνα 4.4: Στιγμιότυπο λήψης από επί τόπου επίσκεψη στο προτεινόμενο σημείο της νέας υδροληψίας για το Αρκαδικό του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου, (2018).

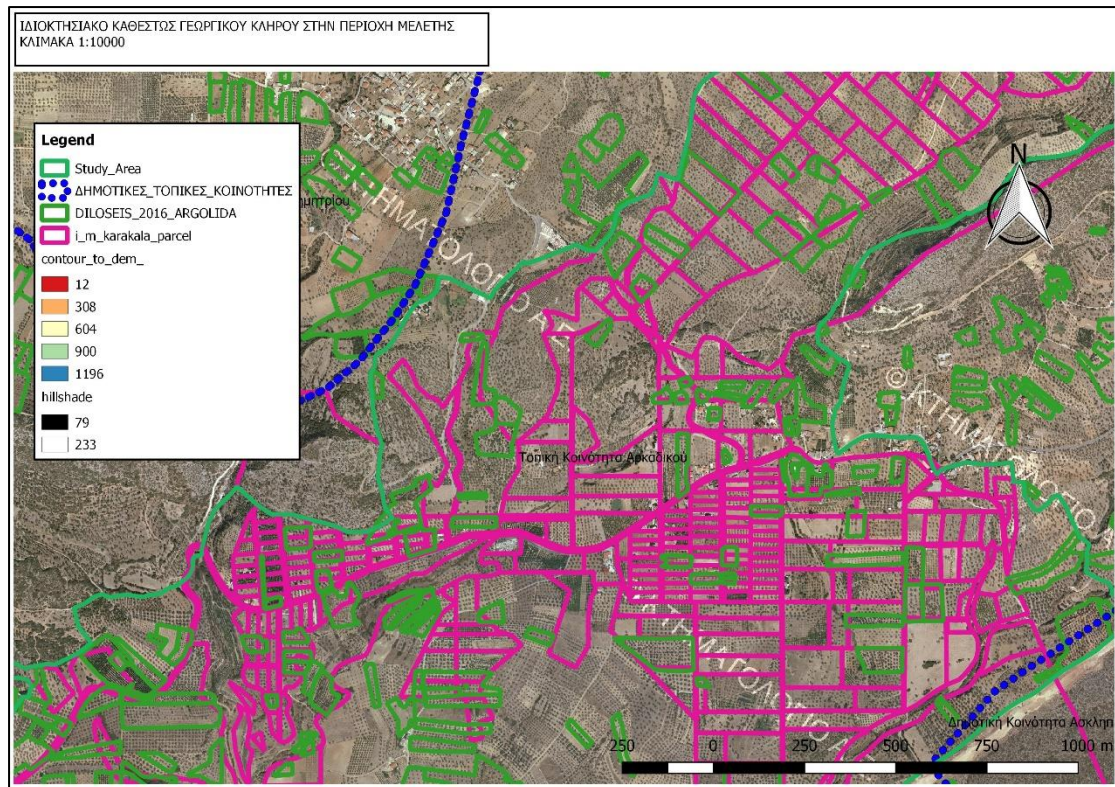


Σχήμα 4.3: Απόσπασμα χάρτη με την προτεινόμενη λύση για τη δημιουργία έργου υδροληψίας για το αρδευτικό έργο του Αρκαδικού στο λογισμικό QGIS.

4.2.3 Γεωργικές Εκτάσεις της Περιοχής Μελέτης

Σε επίπεδο Δήμου, τα αγροτεμάχια χαρακτηρίζονται ως μικρές και μεσαίες γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Ως αγροτική ή γεωργική εκμετάλλευση ορίζεται μία ενιαία μονάδα από τεχνική και οικονομική άποψη, η οποία έχει ενιαία διαχείριση και παράγει αγροτικά προϊόντα. Κατά συνέπεια, η έννοια της αγροτικής εκμετάλλευσης περιλαμβάνει σύνολο αγροτεμαχίων και είναι ανεξάρτητη από τα δικαιώματα κυριότητας επί αυτών, (Ζεντέλης, 2011). Πλειοψηφικά είναι ιδιόκτητες, οικογενειακές και δενδρώδεις καλλιέργειες, χωρίς να υφίστανται αμιγώς κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Επικρατούν τα μικρά τεμάχια γης (parcels), όπου η μέση έκταση αγροτεμαχίου είναι 6,33 στρέμματα κατά προσέγγιση και με μέση έκταση κατά εκμετάλλευση τα 43,69 στρέμματα. Ωστόσο, ο αριθμός των αγροτεμαχίων ανά γεωργική εκμετάλλευση διαφέρει κατά αναλογία με το μέγεθος της σε ένα εύρος από 5 έως 8 στρέμματα.

Εστιάζοντας στο Αρκαδικό, το μέσο αγροτεμάχιο ανέρχεται στα 8,88 στρέμματα και η μέση έκταση κατά εκμετάλλευση στα 46,75 στρέμματα. Τα στοιχεία αυτά συνοψίζονται στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος Α'. Συμπερασματικά, στην υπό μελέτη περιοχή επικρατεί ο πολυτεμαχισμός και ο μικροτεμαχισμός της γης (Χάρτης 4.4), όπως άλλωστε συμβαίνει γενικότερα στην αγροτική ιδιοκτησία στην Ελλάδα βάσει πολιτικών, κοινωνικών και οικονομικών αιτιών (Ζεντέλης, 2011) και πιο συγκεκριμένα, του γεωργικού κλήρου που πρόκειται να αρδευθεί με συλλογικό δίκτυο ελεύθερης ζήτησης.



Χάρτης 4.4: Ιδιοκτησιακό καθεστώς του γεωργικού κλήρου σε τμήμα της περιοχής μελέτης σε κλίμακα 1:10000.

4.3 Συλλογή και Διαχείριση Δεδομένων

Η διαδικασία συλλογής και οργάνωσης των δεδομένων για την παρούσα μελέτη αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό στοιχείο, από την έναρξη έως το στάδιο των εξαγόμενων συμπερασμάτων. Όσο αφορά τις πηγές προέλευσης των δεδομένων, αναφέρονται επιγραμματικά οι κάτωθι υπηρεσίες και φορείς από τις οποίες χορηγήθηκαν χαρτογραφικά και περιγραφικά δεδομένα, σε αναλογική και σε ψηφιακή μορφή κατά περίπτωση:

- Το Τμήμα Τοπογραφίας, Εποικισμού & Αναδασμού της Π.Ε. Αργολίδας,
- Η Διεύθυνση Τεχνικών Έργων της Π.Ε. Αργολίδας,
- Η Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών του ΥΠ.Α.Α.Τ.,
- Ο Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.) του ΥΠ.Α.Α.Τ.,
- Η Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Επιδαύρου,
- Το Τμήμα Σχεδιασμού και Προώθησης Προϊόντων της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Καθοριστικής σημασίας υπήρξε η περιήγηση στην περίμετρο. Διενεργήθηκαν επιτόπιες παρατηρήσεις και φωτογραφικές λήψεις με σκοπό την πρόσκτηση γνώσης της περιοχής μελέτης στο εύρος του κεντρικού αγωγού και εντός των οικισμών ενδιαφέροντος. Το έντονο και ποικιλόμορφο ανάγλυφο οδήγησε στην αναζήτηση αρχικά κι έπειτα στην παραγωγή πρόσθετων υψομετρικών δεδομένων για τη μελέτη και τη χάραξη του νέου δικτύου μεταφοράς αρδευτικού νερού.

Τα δημογραφικά δεδομένα αντλήθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) με σημείο αναφοράς την απογραφή του 2011, ενώ τα δεδομένα για τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις αφορούν και την περίοδο 1999 – 2000. Τα μετεωρολογικά δεδομένα ελήφθησαν αφενός από την ΕΛΣΤΑΤ, αλλά και από το ΥΠ.Α.Α.Τ. μέσα από τη σχετική υποβληθείσα Τεχνική Έκθεση και τη ΜΟΣ Αναβάλου, (2014).

Στο στάδιο της επεξεργασίας, τα πρωτογενή δεδομένα οργανώθηκαν σε Θεματικά Επίπεδα (Layers) και στα αντίστοιχα Πεδία (Fields) αυτών. Σε ένα πιο γενικευμένο επίπεδο διαχείρισης, τα Θεματικά Επίπεδα ομαδοποιούνται σε:

- Τοπογραφικά στοιχεία (υδρογραφικό δίκτυο, Διώρυγα κεντρικού αγωγού, υψομετρικές καμπύλες κλπ.)
- Διοικητικά όρια (Όρια ΟΤΑ, Δημοτικών – Τοπικών Κοινοτήτων κλπ.)
- Κτηματογραφικά όρια (Όρια Διανομής, Δηλώσεις ΟΣΔΕ κλπ.)
- Κάλυψης και Χρήσης Γης (Corine Land Cover 2012, ILOTS κλπ.)

Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων περιλαμβάνει την κατασκευή γεωβάσης σε πρόγραμμα ΓΣΠ, όπου εισάγονται στο επιλεγμένο λογισμικό και συνδέονται μεταξύ τους μέσω των πεδίων και των εγγραφών. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται η συσχέτιση και η βέλτιστη επεξεργασία τους ανά Θ.Ε. και στην αντίστοιχη ΒΔ που εμπεριέχει.

4.4 Σχεδιασμός του Δικτύου

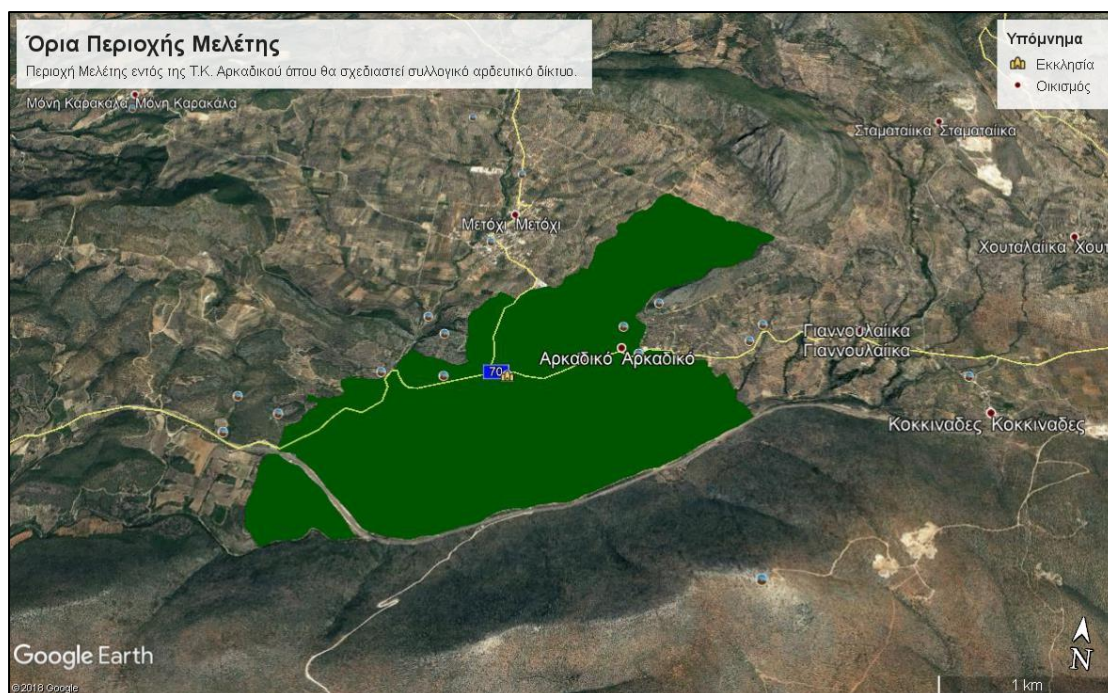
Στην ενότητα αυτή περιγράφεται η διαδικασία χάραξης του αρδευτικού δικτύου κατά στάδια σε περιβάλλον ΓΣΠ με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού ανοικτού κώδικα QGIS version 2.18.15 (QGIS 2.18 Las Palmas). Μέσω του λογισμικού αυτού παρέχεται στους χρήστες η χωρική πληροφορία για το γήινο ανάγλυφο, το δομημένο περιβάλλον και το προς υλοποίηση συλλογικό αρδευτικό δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό θα επεξεργασθεί και θα αναλυθεί σε χωρικό επίπεδο και τελικά θα αποδοθεί σε χάρτες και βάσεις περιγραφικών και γεωγραφικών δεδομένων.

4.4.1 Θέση του Έργου

Η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης ορίζεται από τις κάτωθι γεωγραφικές συντεταγμένες, όπως προκύπτει από την εισαγωγή των πολυγώνων στην ελεύθερη τρισδιάστατη (3D) πλατφόρμα Google Earth Pro, (Χάρτης 4.5):

Γεωγραφικό Μήκος Ανατολικό: 22° 58" έως 22° 55"

Γεωγραφικό Πλάτος Βόρειο: 37° 34" έως 37° 36"



Χάρτης 4.5: Η περιοχή μελέτης μέσα από την ελεύθερη πλατφόρμα Google Earth Pro.

Στο σύστημα ΕΓΣΑ '87 τα ακραία σημεία του υπό μελέτη έργου ορίζονται από τις παρακάτω συντεταγμένες, οι οποίες λαμβάνονται μέσω του ΓΣΠ:

Προσανατολισμός	X	Y
Βόρεια	408044	4160865
Ανατολικά	408689	4160865
Νότια	406487	4159753
Δυτικά	405492	4160314

Πίνακας 4.5: Οι συντεταγμένες ακραίων σημείων της περιοχής μελέτης σε ΕΓΣΑ'87.

Η περιοχή μελέτης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εντάσσεται διοικητικά στην Περιφέρεια Πελοποννήσου, στην Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδας, στο Δήμο Επιδαύρου, στην Τοπική Κοινότητα Αρκαδικού.

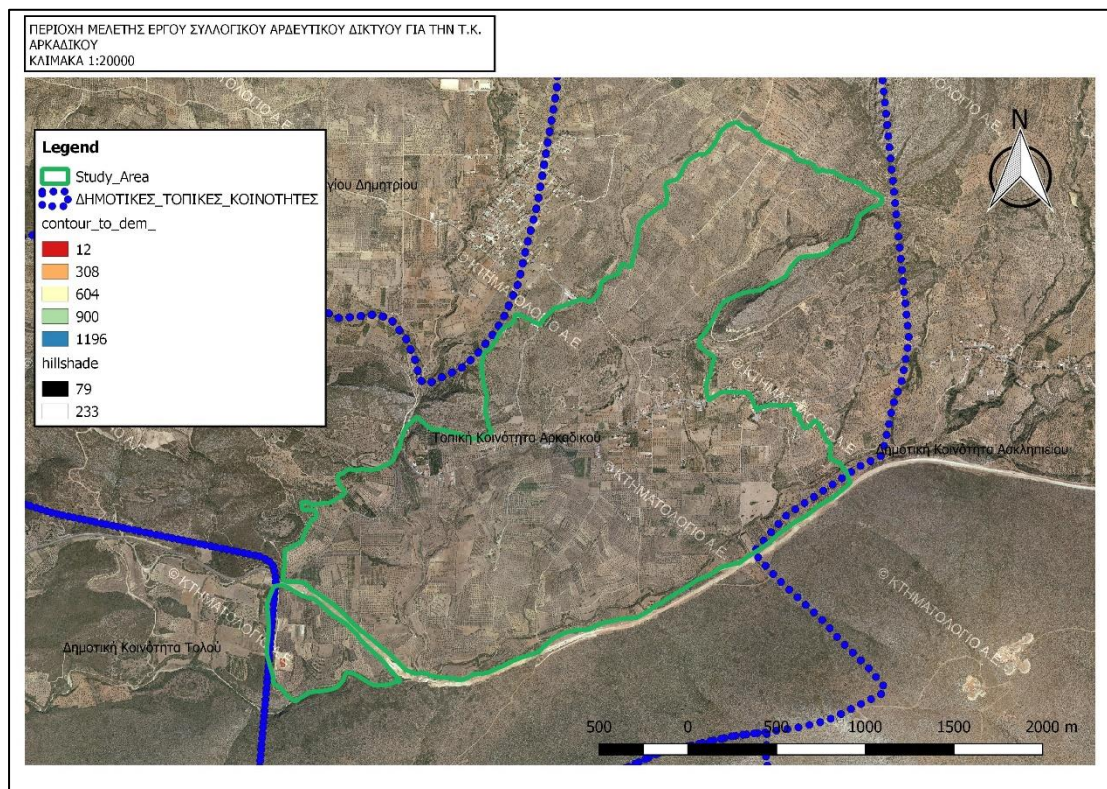
4.4.2 Όρια και Έκταση της Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή μελέτης εντάσσεται, από διοικητικής πλευράς, στην Περιφέρεια Πελοποννήσου, στην Περιφερειακή Ενότητα (Π.Ε.) Αργολίδας.

Η περιοχή στην οποία πρόκειται να σχεδιασθεί το αρδευτικό έργο ορίζεται από τα διοικητικά όρια των Τοπικών Κοινοτήτων Αρκαδικού, Αγίου Δημητρίου – Μετοχίου και της Δημοτικής Κοινότητας Ασκληπιείου με τον οικισμό Γιαννουλαίικα.

Η συνολική έκταση της περιοχής μελέτης ανέρχεται σε 4772 στρέμματα, όπως προκύπτει από την ψηφιοποίηση και τον υπολογισμό μέσω του λογισμικού QGIS, (Χάρτης 4.6). Στην περιοχή αυτή δε συμπεριλαμβάνεται το δεύτερο πολύγωνο που

σηματίστηκε ψηφιακά έκτασης 271 στρεμμάτων. Τα δύο αυτά πολύγωνα διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω της κύριας οδικής αρτηρίας (Εθνική – Επαρχιακή Οδός) Ναυπλίου – Επιδαύρου. Συμπληρώνεται ότι ως σύστημα κωδικοποίησης για τα vector Θ.Ε. του Project στο QGIS, χρησιμοποιήθηκε το διεθνές σύστημα UTF – 8 για την ανάγνωση χαρακτήρων από την πηγή δεδομένων, (Παράρτημα Α' Εικόνα 2).



Χάρτης 4.6: Όρια περιοχής μελέτης του συλλογικού αρδευτικού υπό πίεση για την Τ.Κ. Αρκαδικού σε κλίμακα 1:20000.

4.4.3 Περιγραφή της Χάραξης του Δικτύου

Στην υποενότητα αυτή επεξηγείται το θεωρητικό υπόβαθρο της διαδικασίας της σχεδίασης του δικτύου στην περιοχή εφαρμογής και οι συνιστώσες που λαμβάνονται υπόψη, σύμφωνα με την υπάρχουσα κατάσταση. Η βέλτιστη χάραξη του δικτύου αποτελεί ένα πολυσύνθετο πρόβλημα για το μελετητή, διότι πρέπει να εφαρμόζεται η συντομότερη διαδρομή η οποία θα εξυπηρετεί τα υδροστόμια ταυτόχρονα με την οικονομικότερη δυνατή λύση (Τσακίρης και Δέρκας, 2006).

Στην παρούσα εργασία θα σχεδιασθεί ακτινωτό δίκτυο, το οποίο αποσκοπεί στη σύνδεση των υδροληψιών με την κεφαλή του δικτύου. Η χάραξη θα πραγματοποιηθεί προσαρμοσμένη στο χώρο εφαρμογής, θα πρέπει δηλαδή να εναρμονιστεί στα υφιστάμενα εμπόδια της εξεταζόμενης περιοχής, όπως για παράδειγμα κτίσματα, μαντρότοιχοι, οδικό δίκτυο κ.α. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές που υπάρχει διάσπαρτη γεωργική εκμετάλλευση χωρίς αναδασμό (Τσακίρης και Δέρκας, 2006). Πράγματι στην περιοχή του Αρκαδικού δεν έχει συντελεστεί αναδασμός και από τα ιδιοκτησιακά δεδομένα της Διανομής της Ι.Μ. Αγίου Δημητρίου Καρακαλά

προκύπτει η κατανομή των κλήρων σε διάφορα σημεία για τους αγρότες και σε σπάνιες περιπτώσεις εντοπίζονται γειτονικά τεμάχια ίδιου ιδιοκτήτη. Διαφορετικά, σε περίπτωση περατωμένου αναδασμού το έργο θα είχε γεωμετρική χάραξη του αρδευτικού, στραγγιστικού και του αγροτικού οδικού δικτύου.

Με γνώμονα τη βέλτιστη και οικονομικότερη κατασκευή των υπό μελέτη δικτύων, επιδιώκεται η διέλευση από μη ασφαλτοστρωμένους αγροτικούς, ή και μεταξύ ιδιοκτησιών, δρόμους (ιδιωτικές οδοί). Σε κεντρικά σημεία των οικισμών ο σχεδιασμός ακολουθεί παράλληλα την ασφαλτοστρωμένη υπάρχουσα οδοποιία. Η χάραξη αυτή πραγματοποιήθηκε στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, ακόμη και σε περίπτωση που προκαλεί πρόσθετες οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ανωμαλίες, με την αρωγή των GIS.

4.5 Δημιουργία Ψηφιακού Υποβάθρου και Θεματικών Επιπέδων

Το εν λόγω στάδιο πραγματοποιείται τη χωρική και περιγραφική διαδικασία με την οποία θα σχεδιαστεί το αρδευτικό δίκτυο στο Αρκαδικό με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες. Έπεται της φάσης συλλογής πληροφοριών, ως αφετηρία έχει την επεξεργασία των δεδομένων και ακολουθεί ο χωρικός σχεδιασμός του δικτύου. Στα πλαίσια της μελέτης αναλύεται χωρικά το επικείμενο δίκτυο και η ευρύτερη περιοχή αυτού. Η επίτευξη των παραπάνω υλοποιήθηκε σε περιβάλλον ΓΣΠ για τα στάδια χαρτογραφικής επεξεργασίας, σχεδιασμού και ανάλυσης, καθώς και για τη διαχείριση των χωρικών δεδομένων.

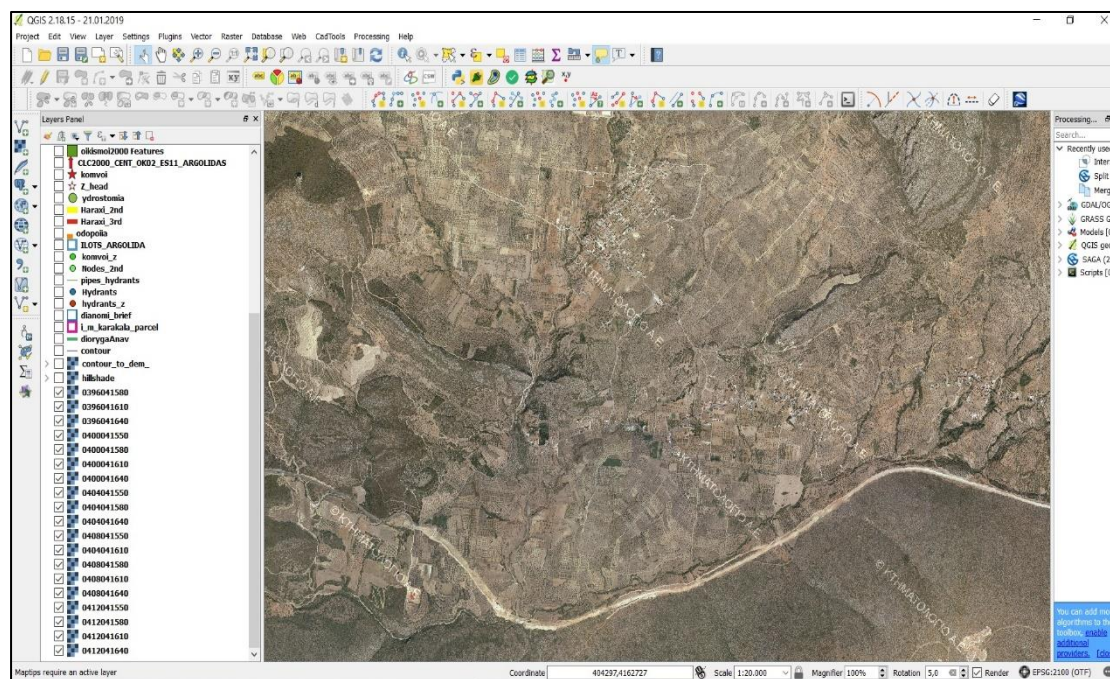
4.5.1 Επιλογή Χαρτογραφικού Υποβάθρου

Η περιοχή της εφαρμογής θα αναπαρασταθεί σε χάρτη με σκοπό την υλοποίηση του εγγειοβελτιωτικού έργου. Συνεπώς, το πρώτο βήμα αποτελεί η εύρεση του κατάλληλου χαρτογραφικού υποβάθρου.

Ως γεωγραφικό υπόβαθρο της περιοχής επιλέχθηκαν οι ορθοφωτογραφίες LSO της ΕΚΧΑ, περιόδου 2007 – 2009 και κλίμακας 1:5000, όπως αυτές χορηγήθηκαν από την υπηρεσία σε αρχεία ψηφιδωτής μορφής (raster). Τα παραπάνω αρχεία καλύπτουν την προς μελέτη περιοχή του Δήμου Επιδαύρου και τα όμορα τμήματα γης του Δήμου Ναυπλιέων, καθότι συνορεύουν στο Αρκαδικό, (Εικόνα 4.5). Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο η πλατφόρμα Google Earth Pro, η οποία παρέχει ελεύθερα χαρτογραφικά δεδομένα σε ορθοφωτογραφίες διαφόρων λήψεων ανά χρονικές περιόδους, συμπεριλαμβανομένης και της εφαρμογής Google Street View που εμπεριέχει, η οποία παραθέτει πανοραμικές φωτογραφίες ορισμένων οδών. Το λογισμικό της Google λειτούργησε ως μέσο σύγκρισης και καλύτερης οπτικοποίησης για δυσχερή ως προς τη φωτοερμηνεία τμήματα. Όμοια λειτούργησε και το ψηφιακό υπόβαθρο της ΕΚΧΑ με τις ορθοφωτογραφίες της περιόδου 2015 – 2016, το οποίο χρησιμοποιείται μέσα από την ιστοσελίδα της υπηρεσίας.

Τα raster αρχεία εισήχθησαν στο λογισμικό QGIS 2.18 με την εντολή Add Raster Layer (θεματικό επίπεδο εικόνας), αφού ξεκίνησε νέο Project και έτσι δημιουργήθηκε μία

ολοκληρωμένη εικόνα για την ευρύτερη περιοχή. Επιλέγεται το προβολικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87 (CRS: GGRS87/ Greek Grid) κατά την εισαγωγή. Με αυτό το βήμα διαμορφώνεται η πρώτη γνώμη για το μελετητή σχετικά με τη γεωμορφολογική κατάσταση της και την τοπογραφία της περιμέτρου.



Εικόνα 4.5: Το χαρτογραφικό υπόβαθρο της ΕΚΧΑ περιόδου 2007 – 2009 για την περιοχή μελέτης σε raster μορφή στο QGIS.

4.5.2 Επεξεργασία των Ιδιοκτησιακών Δεδομένων

Έχοντας επιλέξει την ΤΚ Αρκαδικού ως περιοχή υλοποίησης εγγειοβελτιωτικού έργου, συνεπάγεται ότι πρέπει να συγκεντρωθεί το σύνολο των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων της υπάρχουσας κατάστασης. Τα δεδομένα αυτά θα καταστήσουν γνωστό στο μελετητή την τοπογραφία, το ιδιοκτησιακό καθεστώς και το είδος των καλλιεργειών της περιοχής. Το μειονέκτημα που συναντάται σε αυτή τη φάση αρχικά είναι η μη ύπαρξη Κτηματολογίου αλλά και Δασικών Χαρτών σε επίπεδο Δήμου. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται σαφής και εκσυγχρονισμένη πληροφορία για τα όρια των ιδιοκτησιών και την κατανομή αυτών στους αντίστοιχους δικαιούχους. Επιπλέον, στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής δεν έχουν υλοποιηθεί μελέτες και έργα αγροτικής οδοποιίας.

Οι άνωθεν αιτίες συνετέλεσαν στην έρευνα και εξεύρεση των υπαρχόντων πληροφοριών και τελικά αξιοποιήθηκε το τοπογραφικό υπόβαθρο της Διανομής Ι.Μ. Αγίου Δημητρίου Καρακαλά (1933, 1946, 1958) και οι Δηλώσεις ΟΣΔΕ (2016) των καλλιεργητών της Π.Ε. Αργολίδας. Δοθέντων από τις υπηρεσίες του ΥΠ.Α.Α.Τ. τα αρχεία διανυσματικών δεδομένων σε μορφή *.shp* (ESRI shapefile) και οι σχετικές αυτών ΒΔ, τα στοιχεία αυτά εισήχθησαν στο QGIS επιλέγοντας το εικονίδιο Add Vector Layer και ορίζοντας ως προβολικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ'87 (GGRS87/ Greek Grid).

Με αυτή τη διαδικασία εισάγονται τα εξής θεματικά επίπεδα πληροφοριών:

A. Εισαγωγή του διανυσματικού επιπέδου πολυγώνων με όνομα «i_m_karakala_parcel», το οποίο αφορά τη Διανομή Ι.Μ. Καρακαλά Αργολίδας.

B. Εισαγωγή του διανυσματικού επιπέδου πολυγώνων με όνομα «DILOSEIS_2016_ARGOLIDA», το οποίο περιέχει την πληροφορία για τις δηλώσεις ΟΣΔΕ των καλλιεργητών στην Αργολίδα για το έτος 2016.

Από το περιβάλλον του ΓΣΠ θα αντληθούν τα απαραίτητα χωρικά δεδομένα και εν γένει θα τροποποιηθούν με σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση και αναπαράστασή της. Αφορά ένα μείζονος σημασίας στάδιο του σχεδιασμού για τη χάραξη του δικτύου και τελικά την κατανομή του νερού στους χρήστες, όπως αυτό θα γίνει αντιληπτό στη συνέχεια. Η επεξεργασία των υπό συζήτηση Θ.Ε. περιλαμβάνει τις εξής ενέργειες:

A. Θεματικό Επίπεδο της Διανομής Ι.Μ. Καρακαλά Αργολίδας

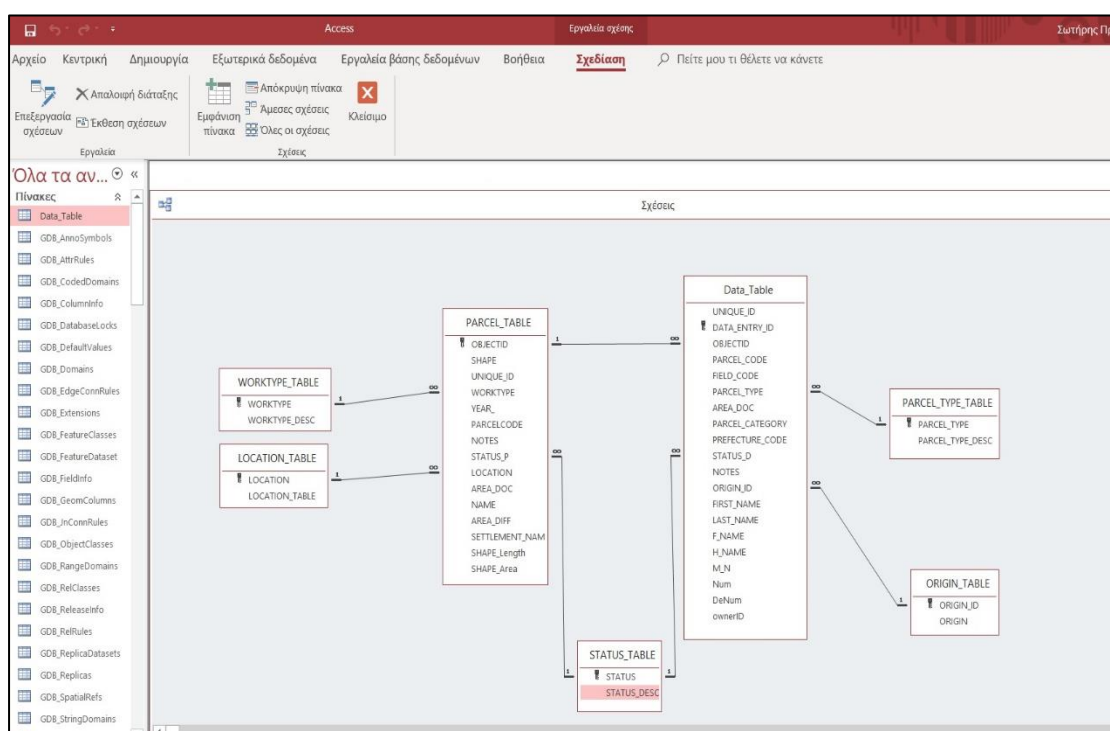
Το συγκεκριμένο Θ.Ε. συγκροτεί το βασικό διανυσματικό υπόβαθρο για την περιοχή της μελέτης. Παρουσιάζει την πολυτεμαχισμένη ιδιοκτησία που κυριαρχεί, είναι καταχωρημένη στους πίνακες διανομής και ψηφιοποιημένη. Τα στοιχεία από τη ΒΔ οργανώνονται στον Attribute Table του Layer αυτού στο QGIS, μέσα από τα ανάλογα πεδία ανά πληροφορία (Εικόνα 4.6).

OBJECTID	UNIQUE_ID	WORKTYPE	YEAR	PARCELCODE	NOTES	STATUS_P	LOCATION	AREA_DOC	NAME	AREA_DIFF	SETTLEMENT	SHAPE_Length	SHAPE_Area
1	1853	18531141	1	1933	250	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	8	1	1500	1141	-35.0000000000	163.14845335...	975.3202418...
2	1851	18511141	1	1933	248	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	0	1	15500	1141	1.000000000000	527.38073377...	15725.02244...
3	1850	18501141	1	1933	249	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	0	1	4750	1141	7.000000000000	395.56712429...	5085.1670374...
4	1849	18491141	1	1933	233	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	8	1	6250	1141	-16.0000000000	347.69844299...	5236.2506440...
5	1903	19031141	1	1933	352	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	78625	1141	26.0000000000	2117.0434006...	99378.166610...
6	1901	19011141	1	1933	353	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	74885	1141	-2.000000000000	1120.0196717...	73097.271442...
7	1900	19001141	1	1933	8210	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	0	1141	0.000000000000	4461.4136262...	334228.12918...
8	1908	19081141	1	1933	A50100	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	2	1	0	1141	0.000000000000	1256.5452185...	26566.959162...
9	1896	18961141	1	1933	276	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	30750	1141	7.000000000000	1194.1517592...	33036.33202...
10	1904	19041141	1	1933	213	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	132375	1141	-1.000000000000	1881.6889542...	12316.83732...
11	1866	18661141	1	1933	254	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	3278000	1141	0.000000000000	9089.7164788...	3276130.4650...
12	1864	18641141	1	1933	240	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	188601	1141	1.000000000000	3523.3353072...	191006.00766...
13	1858	18581141	1	1933	222A	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	664946	1141	0.000000000000	7160.0477551...	665764.29550...
14	1854	18541141	1	1933	247	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	21750	1141	1.000000000000	693.50938519...	21987.247566...
15	1145	11451141	1	1933	1E	E - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥΛΕΚΑ	5	1	2250	1141	-23.0000000000	202.31080860...	1727.6705483...
16	1353	13531141	1	1933	50043	ΔΡΟΜΟΣ-Γ.Σ. ΓΡΑΙΝΟΥΛΕΚΑ	5	1	50	1141	2226.00000000	653.45977228...	1163.3388054...
17	1374	13741141	1	1933	50044	ΔΡΟΜΟΣ-Γ.Σ. ΓΡΑΙΝΟΥΛΕΚΑ	5	1	0	1141	0.000000000000	1967.3623012...	3116.3360776...
18	1104	11041141	1	1933	50112	ΔΡΟΜΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥ...	5	1	0	1141	0.000000000000	919.44932167...	2207.7895427...
19	1207	12071141	1	1933	50032	ΔΡΟΜΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥ...	08	1	0	1141	0.000000000000	1417.9873740...	3502.8631832...
20	1284	12841141	1	1933	50119	ΔΡΟΜΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥ...	5	1	0	1141	0.000000000000	721.63715251...	3230.6619856...
21	1281	12811141	1	1933	50118	ΔΡΟΜΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥ...	5	1	0	1141	0.000000000000	508.0208324...	1440.9905358...
22	135	1351141	3	1958	50001	ΔΡΟΜΟΣ	0	3	0	1141	0.000000000000	283.6363426...	897.31242923...
23	154	1541141	3	1958	50004	ΔΡΟΜΟΣ	0	3	0	1141	0.000000000000	353.89909698...	671.76149215...
24	158	1581141	3	1958	70	ΔΡΟΜΟΣ	8	3	2125	1141	-35.0000000000	780.57810555...	1388.8012702...
25	164	1641141	3	1958	50000	ΔΡΟΜΟΣ	0	3	0	1141	0.000000000000	1426.5445922...	2489.0216587...
26	166	1661141	3	1958	50003	ΔΡΟΜΟΣ	0	3	0	1141	0.000000000000	427.68578735...	913.72335329...
27	307	3071141	3	1946	50007	ΔΡΟΜΟΣ	0	3	0	1141	0.000000000000	1969.8538326...	4581.6408510...
28	338	3381141	3	1946	50008	ΔΡΟΜΟΣ	0	3	0	1141	0.000000000000	605.67573913...	2001.8144377...
29	1898	18981141	1	1933	50099	ΔΡΟΜΟΣ	6	1	0	1141	0.000000000000	2628.1491066...	9475.0151946...
30	1138	11381141	1	1933	5Z	Δ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥΛΕΚΑ	5	1	6507	1141	11.0000000000	397.69502297...	7245.7139740...
31	1148	11481141	1	1933	637	Δ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΙΝΟΥΛΕΚΑ	5	1	2000	1141	-5.000000000000	190.60044003...	1900.4881471...

Εικόνα 4.6: Τα πεδία του Πίνακα Στοιχείων για το Vector Layer της Διανομής Ι.Μ. Καρακαλά Αργολίδας στο περιβάλλον του QGIS.

Η ΒΔ του Θ.Ε. μορφώνεται από τον Πίνακα Στοιχείων και απαρτίζεται από ένα μεγάλο αριθμό πεδίων. Κρίθηκε ωστόσο αναγκαίο για βελτίωση της επεξεργασίας των δεδομένων με σκοπό την αναζήτηση, τη συσχέτιση και την εκλογή αυτών που αφορούν το Αρκαδικό να συμπληρωθούν και να προστεθούν νέα πεδία. Η συσχέτιση μεταξύ

των πεδίων – οντοτήτων δίνεται στο αντίστοιχο αρχείο Microsoft Access 2016 της περιγραφικής ΒΔ του Θ.Ε., με ονομασία «i_m_karakala_parcel_01.mdb», μέσα από το διάγραμμα της Εικόνας 4.7. Με βάση την έρευνα που διενεργήθηκε στην περιοχή, επιλέχθηκαν τα γεωτεμάχια που είχαν διανεμηθεί από το Γεωργικό Συνεταιρισμό Γιαννουλαίικα, εφόσον αυτά καταλαμβάνουν το μείζον τμήμα της σημερινής κοινότητας, όσο αφορά την ισχύουσα Διανομή. Η πληροφορία αυτή αποκτήθηκε από το πεδίο NOTES του Πίνακα Στοιχείων. Στη μελέτη ωστόσο συμπεριλήφθηκαν και ορισμένα γεωτεμάχια από τον Γ.Σ. Πυργιωτικών της ομώνυμης ΤΚ του Δήμου Ναυπλιέων και ελάχιστα με την τιμή «Καρακαλά» ή άνευ καταχωρημένης τιμής.



Εικόνα 4.7: Το διάγραμμα σχέσεων οντοτήτων της ΒΔ του Layer της Διανομής της Ι.Μ. Καρακαλά σε περιβάλλον Microsoft Access.

Για την εξυπηρέτηση των χρηστών και τον καταμερισμό του αρδευτικού ύδατος στον αγρό, θα πρέπει να συνταχθούν τα σχετικά πεδία με τα οποία θα διασταυρωθούν τα στοιχεία των δικαιούχων της Διανομής και θα διευκολύνεται η διαδικασία αναζήτησης. Με τη συσχέτιση των οντοτήτων από τη ΒΔ και σημείο αναφοράς τον *κωδικό γεωτεμαχίου* (πεδίο PARCELCODE), για το πρωτεύον κλειδί OBJECTID αποδίδονται τιμές για τις νέες ιδιότητες που αφορούν το ονοματεπώνυμο του δικαιούχου με τη δημιουργία ερωτημάτων στη βάση. Έτσι, προστέθηκαν οι στήλες – πεδία (εντολή New Field) Owner_name και Owner_code στον Attribute Table για την κωδικοποίηση των δικαιούχων, με στόχο την ταύτιση αυτών με τα γεωτεμάχια της Διανομής και τη φιλικότερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων προς επεξεργασία, (Εικόνα 4.8).

OBJECTID	UNIQUE_ID	WORKTYPE	YEAR	PARCEL_CODE	NOTES	STATUS	AREA_DOC	NAME	AREA_DEF	SETTLEMENT	SHAPE_Length	SHAPE_Area	OWNER_name	OWNER_code
336	1844	18441141	1933	50691	ΑΝΕΛΤΟΡΙΣΤΟ-Γ.Σ.ΠΛΥΣΙΔΩΤΑ	98	1	0	1141	0.00000...	238.2985688...	1458.2927866...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
337	1845	18451141	1933	50692	ΑΝΕΛΤΟΡΙΣΤΟ-Γ.Σ.ΠΛΥΣΙΔΩΤΑ	98	1	0	1141	0.00000...	478.33446393...	6542.8554389...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
338	1846	18461141	1933	50693	ΑΝΕΛΤΟΡΙΣΤΟ-Γ.Σ.ΠΛΥΣΙΔΩΤΑ	98	1	0	1141	0.00000...	131.86789485...	755.29654793...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
339	1847	18471141	1933	50694	ΑΝΕΛΤΟΡΙΣΤΟ-Γ.Σ.ΠΛΥΣΙΔΩΤΑ	98	1	0	1141	0.00000...	643.63132147...	9323.9666032...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
340	1849	18491141	1933	223	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	8	1	6230	1141	-16.000...	347.89944296...	5236.2556440...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
341	1850	18501141	1933	249	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	0	1	4730	1141	7.00000...	299.96712429...	5085.1670274...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
342	1851	18511141	1933	248	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	0	1	15500	1141	1.00000...	527.38073377...	15725.032244...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
343	1854	18541141	1933	247	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	21750	1141	1.00000...	693.36938519...	21987.247266...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
344	1858	18581141	1933	222A	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	66496	1141	0.00000...	7166.0477351...	663764.29530...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
345	1864	18641141	1933	240	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	18861	1141	1.00000...	3523.3353672...	191066.30786...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
346	1866	18661141	1933	254	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	327800	1141	0.00000...	6085.7164788...	3276136.4650...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
347	1868	18681141	1933	276	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	30750	1141	7.00000...	1194.1517382...	33036.32202...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
348	1900	19001141	1933	8210	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	0	1141	0.00000...	4461.4126262...	334228.12618...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
349	1901	19011141	1933	353	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	74885	1141	-2.0000...	1126.0198717...	73097.27442...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
350	1903	19031141	1933	352	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	79629	1141	26.000...	2117.0434096...	99378.166610...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
351	1373	13731141	1933	59121	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	98	1	0	1141	0.00000...	299.53125392...	3945.8806947...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
352	1376	13761141	1933	59122	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	98	1	0	1141	0.00000...	240.69363312...	1394.3224266...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
353	1395	13951141	1933	61E	θ - Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	466.89460263...	12181.689230...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
354	1398	13981141	1933	605T	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	531.02676938...	5642.8672861...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
355	1399	13991141	1933	68A	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	375.38787206...	8654.2090412...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
356	1400	14001141	1933	222B	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	288.43419563...	2888.4297719...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
357	1401	14011141	1933	59123	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	98	1	0	1141	0.00000...	195.35188731...	968.18177134...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
358	1404	14041141	1933	168B	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	353.51232376...	5307.7648607...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
359	1407	14071141	1933	21E	θ - Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	289.38794574...	6280.3241473...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
360	1904	19041141	1933	213	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	6	1	13275	1141	-1.0000...	1881.6889942...	131618.83732...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
361	1906	19061141	1933	856100	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	2	1	0	1141	0.00000...	1286.4803818...	26566.6599162...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
362	1908	19081141	1933	450100	ΚΑΡΑΚΑΛΑ	2	1	0	1141	0.00000...	1256.5452185...	26566.6599162...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
363	1926	19261141	1933	223	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	207.71299927...	2684.7596585...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
364	1786	17861141	1933	79A	Γ.Σ. ΓΡΑΝΘΟΥΣΕΚΑ	5	1	0	1141	0.00000...	308.83826097...	6885.4729079...	ΑΓΝΩΣΤΟΣ	ID
365	153	1531141	1958	67		8	3	1188	1141	28.000...	207.12291392...	1517.4348200...	ΚΑΤΕΧΟΜΕΝΟ	I - K
366	157	1571141	1958	69		8	1	1000	1141	-15.000...	184.78186846...	871.38671816...	ΚΑΤΕΧΟΜΕΝΟ	I - K

Εικόνα 4.8: Τα προστιθέμενα πεδία OWNER_name και OWNER_code του Πίνακα Στοιχείων για το Θ.Ε. i_m_karakala_parcel.

B. Θεματικό Επίπεδο των Δηλώσεων ΟΣΔΕ έτους 2016

Το Layer αυτό αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο ως προς το ιδιοκτησιακό καθεστώς της περιοχής ενδιαφέροντος, καθώς συνεισφέρει στην πρόσκτηση γνώσης ως προς το σχήμα, το μέγεθος και την οριοθέτηση των καλλιεργειών. Επισημαίνεται ότι καθιστά μία πρόσθετη και επικαιροποιημένη, σε σύγκριση με τη Διανομή, πληροφορία για τα αγροτεμάχια που έχουν δηλωθεί, των οποίων ο αριθμός είναι σχετικά μικρός στην έκταση στην κοινότητα, πράγμα το οποίο αυτό αντιληπτό από το Χάρτη 4.3 σε προηγούμενη ενότητα. Το συγκεκριμένο vector Layer έχει ως πεδία το είδος καλλιέργειας, την περίμετρο και το εμβαδό των πολυγώνων που περιλαμβάνει ο Πίνακας Στοιχείων του. Το πρώτο πεδίο από τα παραπάνω καθιστά αυτό το Θ.Ε. ένα σπουδαίο εργαλείο για την κάλυψη και τις χρήσεις γης.

Τα Θ.Ε. της Διανομής και των Δηλώσεων Ο.Σ.Δ.Ε. παρουσιάστηκαν υπό κλίμακα στον Χάρτη 4.4 της υποενότητας 4.2.3, ο οποίος συνιστά μία πρώτη οπτικοποίηση των ιδιοκτησιακών πολυγώνων στο χώρο. Γίνεται φανερή η μη ύπαρξη ιδιοκτησιακών πολυγώνων, επαγωγικά και δεδομένων, σε μεγάλο τμήμα του Αρκαδικού.

4.5.3 Ψηφιοποίηση Περιοχής Εφαρμογής και Αρδευτικών Μονάδων

Η ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης περίπτωσης διαμορφώθηκε από το σχεδιασμό των αρδευτικών ενοτήτων, η άθροιση των οποίων σχηματίζει την αρδευτική περίμετρο. Σε αντίθεση λοιπόν με τη συνήθη τακτική, η περιοχή μελέτης περίπτωσης αναμορφώθηκε στο επόμενο βήμα του σχεδιασμού. Κοινή βάση και των δύο αυτών Θ.Ε. υπήρξε το Layer της Διανομής.

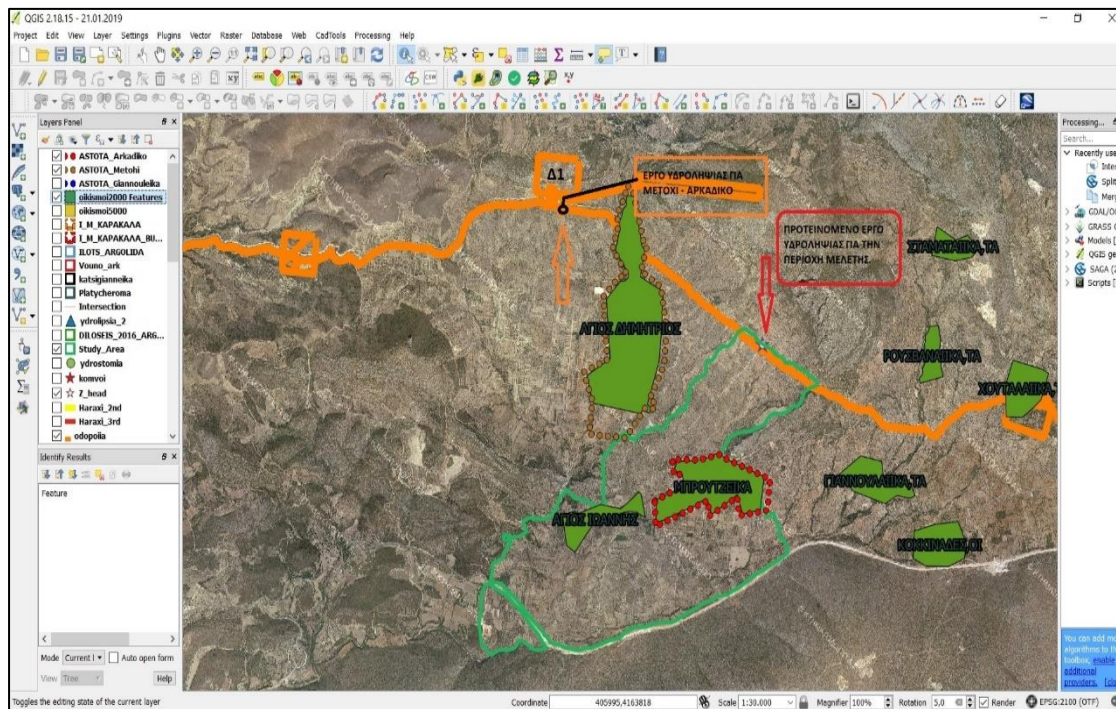
Φρεάτιο διακλάδωσης για το αρδευτικό δίκτυο του Αρκαδικού

Ο καθοριστικός παράγοντας για τη δόμηση των αρδευτικών ενοτήτων είναι η αφηρησιά της υδροδότησης. Ο κεντρικός αγωγός του Αναβάλου καταχωρήθηκε στο QGIS από τα δοθέντα αρχεία (μορφής *.dwg*) της Δ.Τ.Μ. & Κ., τα οποία ελέγχθηκαν στο AutoCAD MAP 3D 2018 και αποθηκεύτηκαν σε μορφή ESRI shapefile. Το vector layer το οποίο παρουσιάζει τη διαδρομή του κεντρικού αγωγού και τις δεξαμενές είναι το *odopoiaa.shp* και ακολουθεί χωματόδρομο συνεχόμενης αγροτικής οδοποιίας στην περιοχή ενδιαφέροντος. Η Τ.Ε. Αναβάλου (2014), υποδεικνύει όπως έχει προηγουμένως ειπωθεί μία υδροληψία σε κοντινή απόσταση από τη Δ1 δεξαμενή, με σκοπό την άρδευση των Τ.Κ. Αγίου Δημητρίου και Αρκαδικού. Η περιήγηση ωστόσο στην ευρύτερη περιοχή του έργου σε συνδυασμό με την οπτικοποίηση μέσα από τα ΣΓΠ Google Earth και QGIS, οδήγησε στη λήψη της απόφασης να σχεδιαστεί μία πρόσθετη υδροληψία για το Αρκαδικό (Εικόνα 4.9). Ειδικότερα, η αρχική υδροληψία προτείνεται να αξιοποιηθεί για τις εκτάσεις της Τ.Κ. Αγίου Δημητρίου και ένα μικρό αναλογικά τμήμα του Αρκαδικού στη δυτική του πλευρά. Με τη μέθοδο αυτή η εκάστοτε κοινότητα θα καταστεί αυτόνομη διαχειριστικά και τα αρδευτικά συστήματα θα είναι πιο ευέλικτα ως προς τη μεταφορά και τη διανομή του ύδατος. Η σύσταση του νέου φρεατίου διακλάδωσης εξηγείται και προβάλλεται χωρικά στο QGIS όπου και σχεδιάστηκε στο Project, σε αντιπαραβολή με το layer των οικισμών της περιοχής *oikismoia2000 Features.shp* και *ASTOTA_Arkadiko.shp*, με την ανάλογη μετατροπή αυτών από αρχεία AutoCAD που παρασχέθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Επιδαύρου (Εικόνα 4.10). Σχεδιαστικά η νέα υδροληψία αποδόθηκε με τη δημιουργία νέου διανυσματικού σημειακού επιπέδου (point layer) με ονομασία *Z_head.shp*, επί του κεντρικού αγωγού.

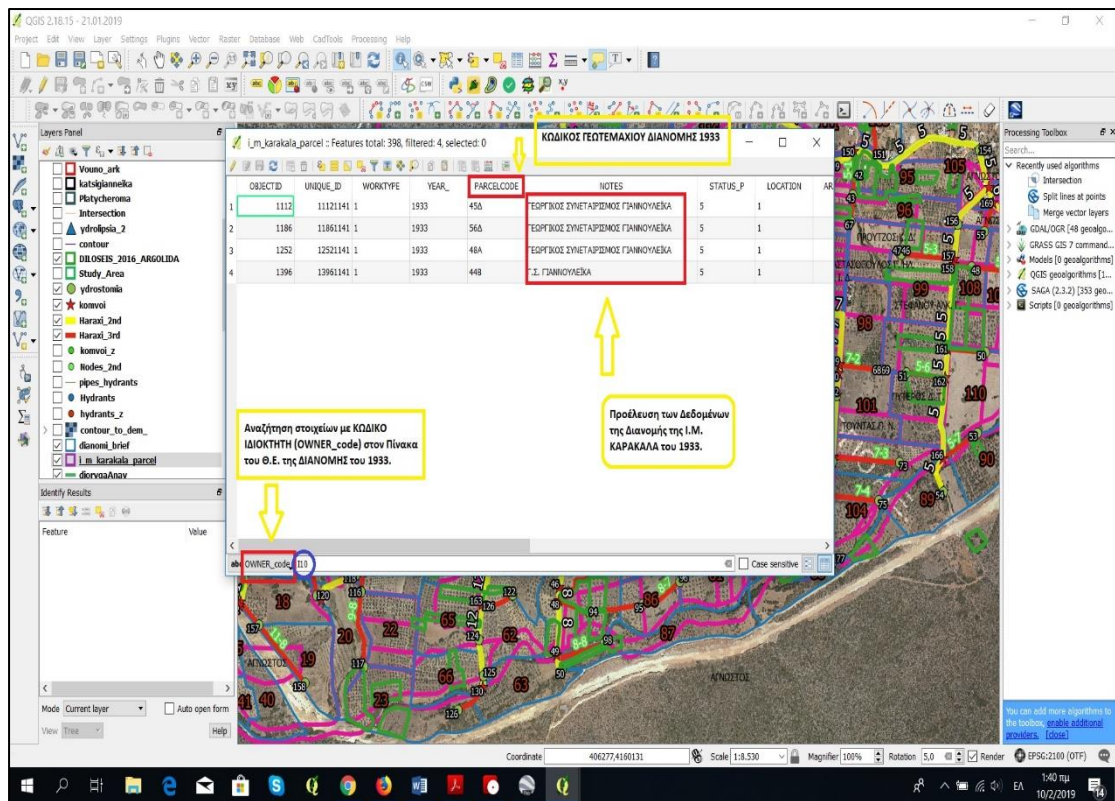
Η θέση της υδροληψίας εντάσσεται σε δρόμο κάθετο στην οδοποιία του κεντρικού αγωγού και παράλληλο με την κεντρική αρτηρία που διέρχεται από τον οικισμό του Αγίου Δημητρίου. Στόχος είναι διανύσει την αγροτική οδοποιία με τμήμα καθόδου προς τον κεντρικό οικισμό του χωριού όπου και θα διακλαδωθεί. Ο υπό συζήτηση κάθετος δρόμος αποτελεί τη μοναδική αρτηρία που έχει χαραχθεί για την εξυπηρέτηση του βόρειου τμήματος των αγροτικών εκτάσεων έως το όρος Αραχναίο, χωρίς να διακόπτονται οι ευθυγραμμίες και με τα πλέον σαφή όρια σε σύγκριση με τους δύο κάθετους που προηγούνται μετά το Μετόχι και την αρχική υδροληψία. Εκτός από την επιτόπια εξέταση και τοπογραφική εκτίμηση που αρχικά διατυπώθηκε, την εκτίμηση αυτή και την τελική λήψη της απόφασης καθόρισε και επικύρωσε η γνωμοδότηση του κοινού μέσα από το διάλογο, σε επίπεδο γεωργών, κατοίκων και φορέων αυτοδιοίκησης της περιοχής, με σκοπό την ανταλλαγή απόψεων και επιχειρημάτων, για την ποιότητα της διαδικασίας σχεδιασμού και τη χάραξη πολιτικής. Η αξιολόγηση μέσα από μία διερευνητική διαδικασία αλληλεπίδρασης πραγματοποιήθηκε ουσιαστικά μέσα από μια πλατφόρμα διαλόγου στα πλαίσια επικοινωνιακού ή συμμετοχικού σχεδιασμού για μία βιώσιμη τοπική ανάπτυξη, (Στρατηγέα, 2009).



Εικόνα 4.9: Στιγμιότυπο λήψης από τη Δ1 Δεξαμενή στο Μετόχι προς τις μελλοντικά αρδευόμενες εκτάσεις (2018).



Εικόνα 4.10: Χωρική σχεδίαση και τεκμηρίωση νέου φρεατίου διακλάδωσης για το νέο δίκτυο αρδευσης του Αρκαδικού σε κλίμακα 1:30000.

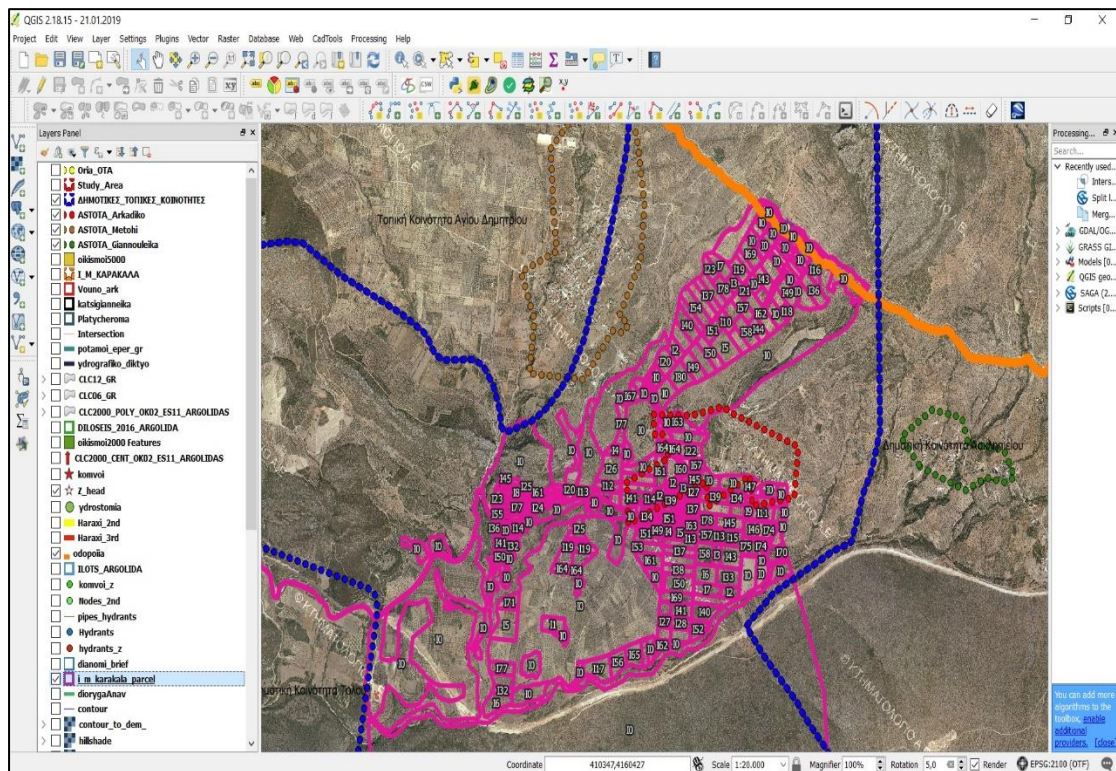


Εικόνα 4.12: Αναζήτηση αποτελεσμάτων του πεδίου OWNER_code στον Πίνακα Στοιχείων του layer *i_m_karakala_parcel* για δεδομένη εγγραφή με φίλτρο πεδίου.

Η χωρική διερεύνηση στην περιοχή κατέδειξε ότι τα κτήματα είχαν διανεμηθεί σε διάφορα σημεία της τότε κοινότητας και δε γειτνιάζουν στην πλειονότητά της (Εικόνα 4.13). Συνεπώς, θα δομηθούν οι ενότητες άρδευσης από μικρές κυρίως ιδιοκτησίες και από διαφορετικούς δικαιούχους, με μέσο εμβαδό τα 30 στρέμματα (3ha). Το γήινο ανάγλυφο, το μέγεθος και το σχήμα των ιδιοκτησιών είναι αυτό που θα καθορίσει το τελικό εμβαδό της εκάστοτε ενότητας, εφόσον πρόκειται για ημιορεινή περιοχή με κατακερματισμένες ιδιοκτησίες. Ένα ακόμη ζήτημα που αναδεικνύεται από τη διερεύνηση αυτή είναι η έλλειψη δεδομένων σε αρκετά μεγάλο μέρος της Διανομής, οπότε δεν υφίσταται σαφής πληροφορία για το ιδιοκτησιακό καθεστώς. Τα στοιχεία αυτά είχαν καταχωρηθεί ως αγνώστου ιδιοκτήτη. Στο σημείο αυτό, επικουρικά λειτούργησαν τα δεδομένα από τις Δηλώσεις ΟΣΔΕ των καλλιεργητών.

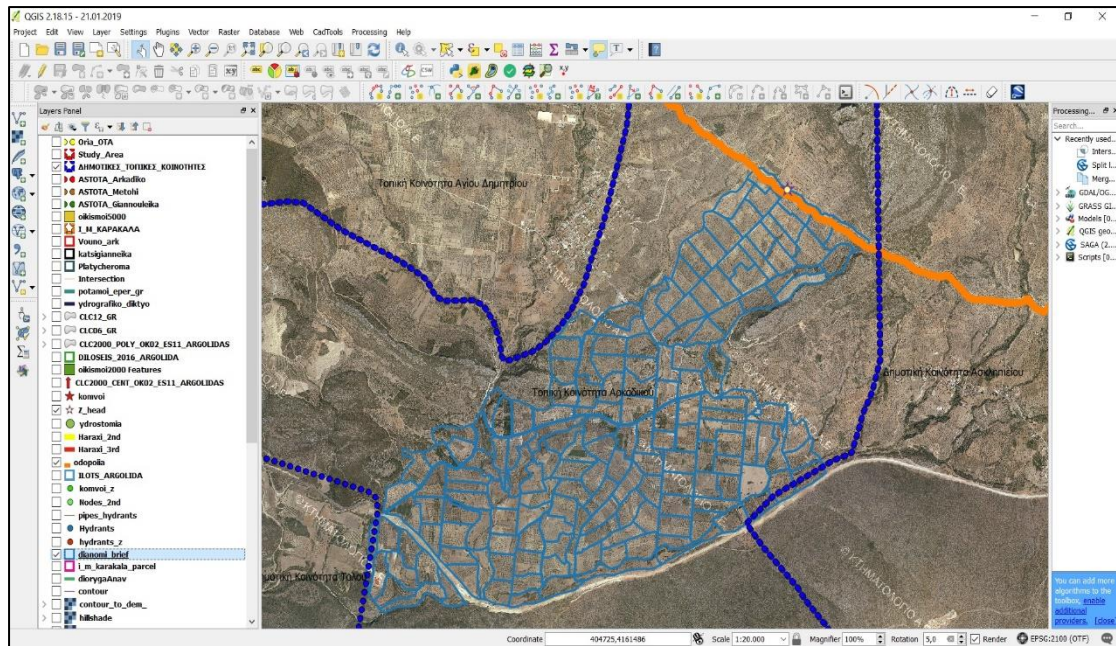
Ο σχεδιασμός των αρδευτικών ενοτήτων έχει ως αφετηρία τη δημιουργία ενός νέου διανυσματικού πολυγωνικού Θ.Ε. με ονομασία *dianomi_brief* στο ήδη υπάρχον Project και αποθηκεύοντάς το στην διαδρομή C:\Users\user\Desktop\THESIS. Με την εντολή Toggle Editing σε αυτό το νέο Θ.Ε., στο layer της Διανομής το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως βάση, της και το Θ.Ε. των Δηλώσεων ΟΣΔΕ 2016, ξεκινά η διαδικασία της ψηφιοποίησης. Μείζον κριτήριο αποτελούν τα υλοποιημένα όρια στο χώρο εφαρμογής από τις ορθοφωτογραφίες, όπου ακολουθούνται με δέουσα σημασία και σε συνεργασία με το διανυσματικό υπόβαθρο. Καταλυτική υπήρξε και η αρωγή του Google Earth Pro σε πολλές περιπτώσεις, με την απόδοση καλύτερης ευκρίνειας από νεότερα υπόβαθρα και την παράθεση φωτογραφιών σε αστικά κυρίως σημεία μέσω

της εφαρμογής Street View. Επιπρόσθετα, η φωτοερμηνεία της περιοχής ισχυροποιήθηκε και επικυρώθηκε και με το επικαιροποιημένο υπόβαθρο της ΕΚΧΑ με ορθοφωτογραφίες της περιόδου 2015 – 2016.



Εικόνα 4.13: Οπτικοποίηση της κατανομής των ιδιοκτητών στο χώρο μέσω του πεδίου OWNER_code στον Πίνακα Στοιχείων του layer *i_m_karakala_parcel* ως προς τον κεντρικό αγωγό Αναβάλου και τη νέα υδροληψία για το Αρκαδικό σε κλίμακα 1:20000.

Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας απαιτήθηκαν αρκετές δοκιμές και συγκρίσεις μεταξύ των υποψηφίων πολυγώνων ώστε να προσεγγίζουν κατά το δυνατόν καλύτερα την υπάρχουσα διανομή και τα υλοποιημένα όρια. Η ψηφιοποίηση των πολυγώνων συμπεριέλαβε και τεμάχια ή περιοχές γειτονικά της διανομής, με γνώμονα φυσικά ή τεχνητά όρια. Η οριστικοποίηση του Θ.Ε. πραγματοποιήθηκε με τη σχεδίαση των αγωγών και των υδροστομιών του δικτύου, στοιχεία τα οποία διευθετούν τη διανομή του νερού στον αγρό. Η χάραξη των αρδευτικών μονάδων έγινε προσαρμοσμένη στην υπάρχουσα κατάσταση του χώρου εφαρμογής. Συνολικά κατασκευάστηκαν 167 μονάδες άρδευσης και δημιουργήθηκε στον Attribute Table το πεδίο αρίθμησης εγγραφών id και το πεδίο Area με τα εμβαδά ανά πολύγωνο. Τέλος, έγινε έλεγχος ως προς την τοπολογία του νέου Θ.Ε. με την κατασκευή αντίστοιχων κανόνων για την εξάλειψη των τοπολογικών σφαλμάτων, (Παράρτημα Α' Εικόνα 3), με τη χρήση του plugin Topology Checker. Τα σφάλματα αυτά στη συνέχεια επιδιορθώθηκαν έως ότου μηδενισθούν. Ο έλεγχος γεωμετρικών σφαλμάτων πραγματοποιήθηκε και με την εντολή Check Geometries από το tab Vector και την επιλογή των σχετικών πεδίων υπό εξέταση. Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο νέο vector Θ.Ε. *synoptiki_dianomi*, (Παράρτημα Α' Εικόνα 4).

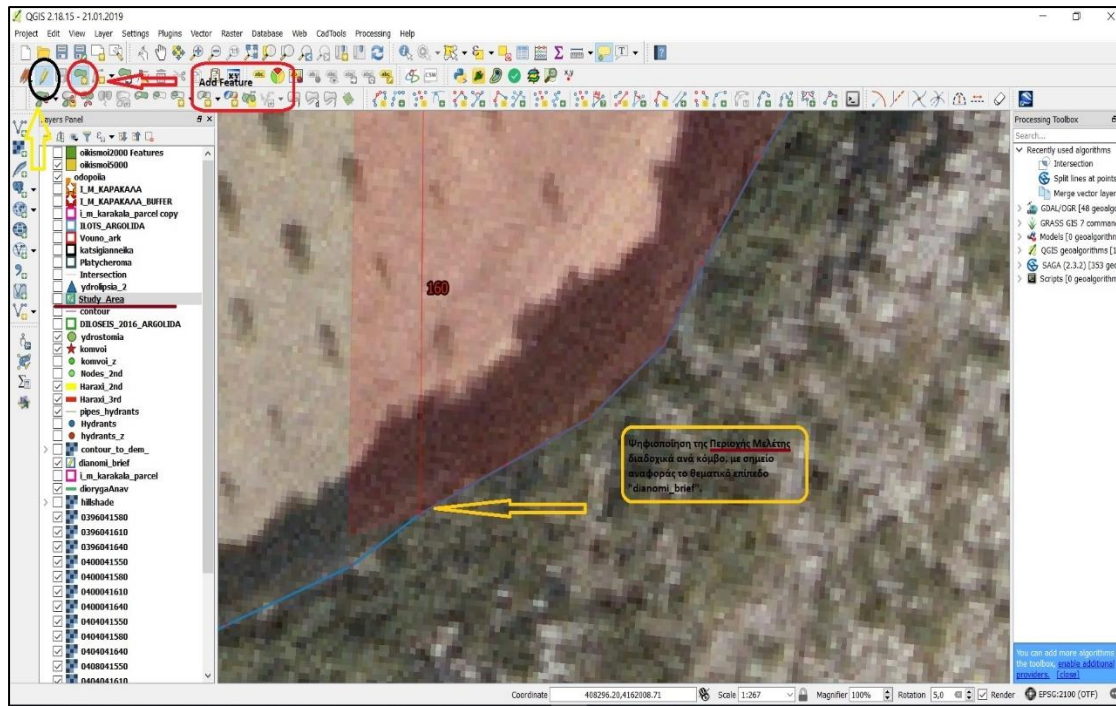


Εικόνα 4.14: Το vector layer *dianomi_brief* των αρδευτικών ενοτήτων ως προς τον κεντρικό αγωγό Αναβάλου και τη νέα υδροληψία για το Αρκαδικό σε κλίμακα 1:20000.

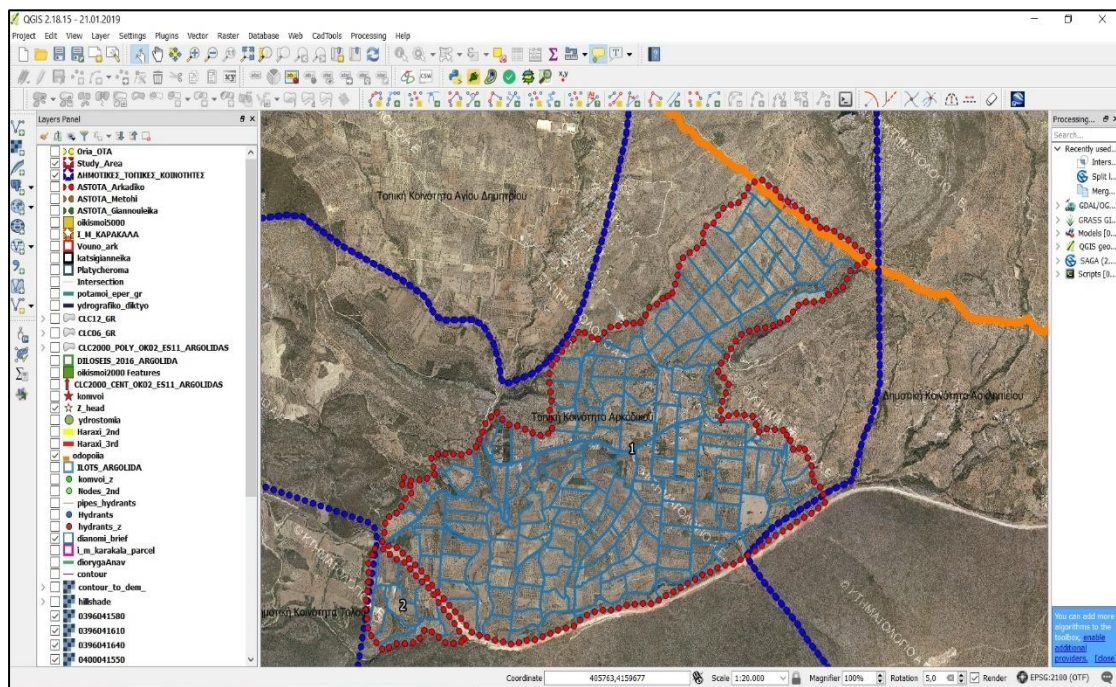
Ψηφιοποίηση Περιοχής Μελέτης Περίπτωσης

Με την ολοκλήρωση των αρδευτικών μονάδων του επικείμενου συλλογικού αρδευτικού δικτύου διατυπώνεται η περιοχή εφαρμογής του. Η ψηφιοποίηση του εξωτερικού περιγράμματος των ακραίων μονάδων θα διαμορφώσει το σχήμα της και ύστερα θα υπολογιστεί το εμβαδό της. Για το λόγο αυτό προστίθεται νέο vector layer με όνομα *Study_Area* και με υπόβαθρο το Θ.Ε. *dianomi_brief* (Εικόνα 4.15) ξεκινά η ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης κάνοντας μεγέθυνση (Zoom) στον εκάστοτε κόμβο που συμπεριλαμβάνεται, αφού ρυθμιστούν κατάλληλα τα Snapping Options (Παράρτημα Α' Εικόνα 5) για την ορθή τοπογραφικά σχεδίαση του επιπέδου. Με το πέρας της διαδικασίας αποθηκεύεται το Θ.Ε. που σχεδιάστηκε, το οποίο περιέχει δύο ζώνες. Η ζώνη (1) αποτελεί την περιοχή εφαρμογής, ενώ η ζώνη (2) προβλέπεται να υδροδοτηθεί μεταγενέστερα, ως επέκταση του δικτύου που θα σχεδιαστεί, (Εικόνα 4.16). Η προαναφερόμενη υποπεριοχή καθορίζει τη μοναδική καλλιεργήσιμη έκταση της Τ.Κ. Αρκαδικού, νότια της Ε.Ο. Ναυπλίου – Επιδαύρου και κατά τις αρχικές προσπάθειες χάραξης των αρδευτικών μονάδων, αλλά και του δικτύου, αντιμετωπίστηκε ως μέλος της περιοχής ενδιαφέροντος, άρα και ως ενιαίο πολύγωνο.

Για τον υπολογισμό του εμβαδού της περιοχής της μελέτης, προστέθηκαν στον Πίνακα Στοιχείων του ομώνυμου Θ.Ε. δύο νέα πεδία – στήλες, το εμβαδό και η περίμετρος αυτών, (Παράρτημα Α' Εικόνα 6). Η ενέργεια αυτή επιτεύχθηκε με την εντολή Field Calculator και τη δημιουργία κάθε πεδίου με την εισαγωγή των γεωμετρικών (*Geometry*) συναρτήσεων *area* και *perimeter*. Αντίστοιχα δόθηκαν και οι ονομασίες στα πεδία. Ομοίως, η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε και σε άλλα Θ.Ε. της μελέτης. Οι συναρτήσεις αυτές αποδίδουν για κάθε πολύγωνο – εγγραφή την αντίστοιχη τιμή με βάση τη γεωμετρική της ερμηνεία – ιδιότητα από το λογισμικό.



Εικόνα 4.15: Το vector layer *dianomi_brief* των αρδευτικών ενοτήτων ως υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση ανά επιλεγμένο κόμβο του νέου Θ.Ε. *Study_Area* σε μεγέθυνση.



Εικόνα 4.16: Το vector layer *dianomi_brief* των αρδευτικών ενοτήτων ως υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση ανά επιλεγμένο κόμβο του νέου Θ.Ε. *Study_Area* σε μεγέθυνση.

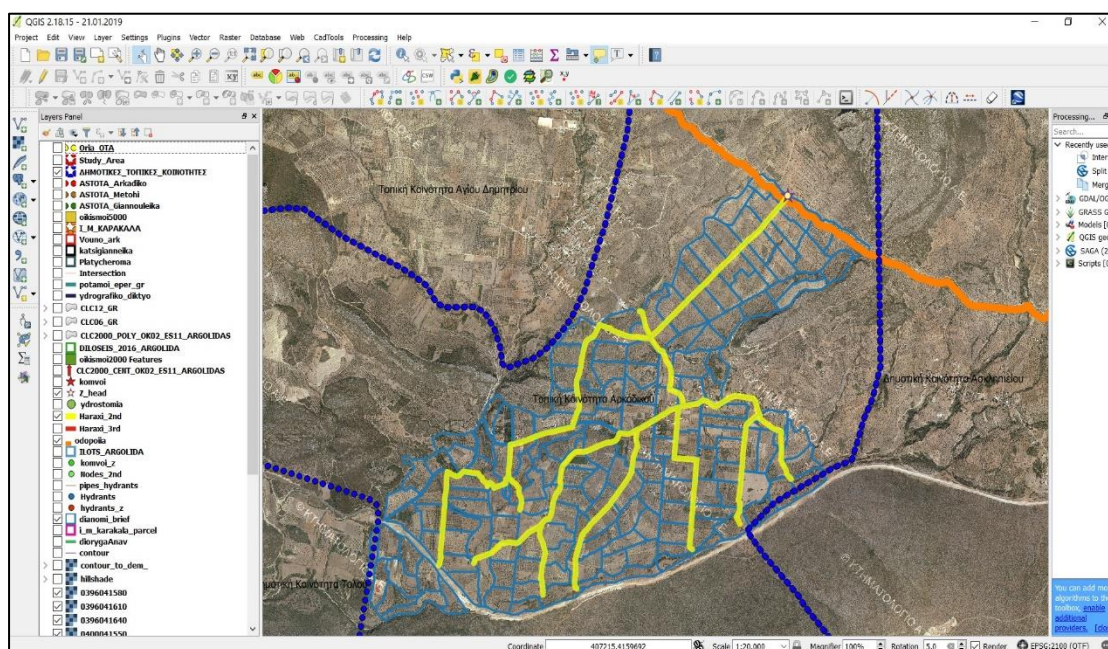
Η περιοχή εφαρμογής (Ζώνη 1) υπολογίστηκε 4771605,40 τετραγωνικά μέτρα ή 4772 στρέμματα κατά προσέγγιση ως προς τη συνολική έκτασή του, με βάση τα αποτελέσματα της νέας στήλης. Παράλληλα, το δεύτερο πολύγωνο υπολογίστηκε 270980,10 τετραγωνικά μέτρα ή 271 στρέμματα περίπου.

4.5.4 Χωρικός Σχεδιασμός του Αρδευτικού Συστήματος

Αφού ολοκληρωθεί η ψηφιοποίηση των αρδευτικών μονάδων και της περιοχής μελέτης περίπτωσης, ακολουθεί η χωρική σχεδίαση του συλλογικού αρδευτικού έργου με σκοπό την παραγωγή της τελικής πρότασης. Η άνωθεν αιτία θα μπορούσε να χαρακτηρίσει ως στάδιο προ – επεξεργασίας την προγενέστερη διαδικασία, η οποία οδήγησε στην επεξεργασία και την τελική παρουσία του δικτύου.

Το σύστημα των αγωγών

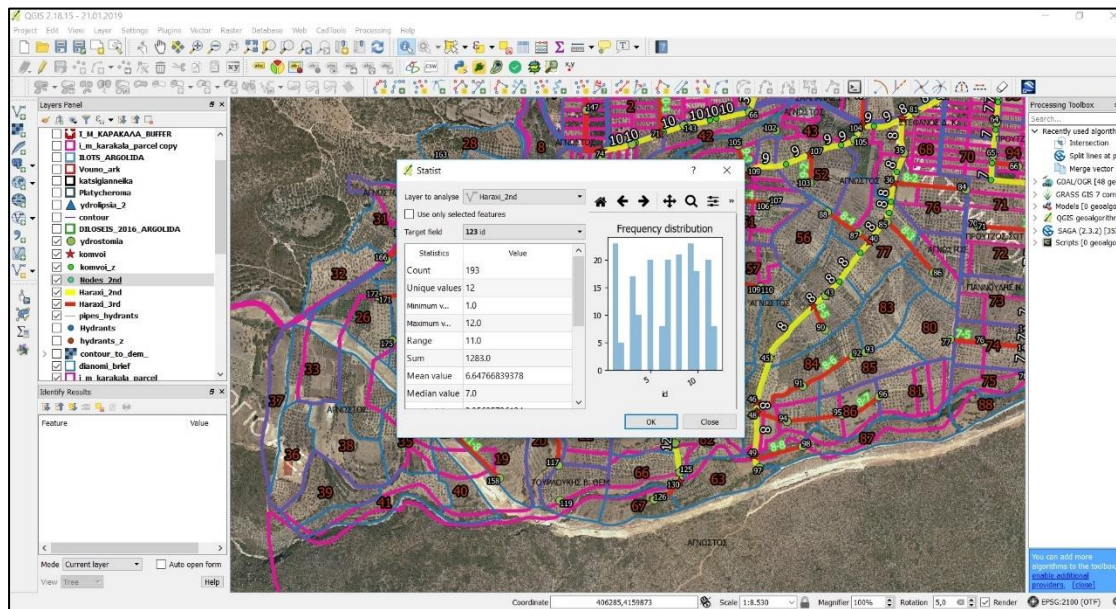
Αρχικά δημιουργήθηκε νέο Θ.Ε. γραμμών (Haraxi) με σκοπό τη σχεδίαση των μεγάλων τμημάτων αγωγών που καλύπτουν τις κυριότερες διαδρομές σε όλο το εύρος της περιοχής ενδιαφέροντος. Με αφετηρία το νέο φρέαρ διακλάδωσης από τον κεντρικό αγωγό, σχεδιάζονται υπό μορφή τμημάτων γραμμών οι αγωγοί, οι οποίοι ακολουθούν τις κύριες και φωτοερμηνευτικά ευκρινείς αρτηρίες της αγροτικής οδοποιίας. Η επικύρωση των τμημάτων αυτών ολοκληρώθηκε με τη μετάβαση και περιήγηση στους δρόμους της κοινότητας. Αφού υλοποιήθηκαν ορισμένες δοκιμαστικές χαράξεις, δημιουργήθηκε και αποθηκεύτηκε το οριστικό vector line layer με ονομασία *Haraxi_2nd*, το οποίο περιέχει τους βασικούς κλάδους μεταφοράς του νερού στο χώρο εφαρμογής, (Εικόνα 4.17). Με ελάχιστες εξαιρέσεις ακολουθεί καθοδική πορεία, η οποία διασχίζει και τα δύο αστικά τμήματα, τον κεντρικό δρόμο του Αρκαδικού (Παλαιά Ε.Ο. Ναυπλίου – Λυγουριού) και καταλήγει στο σύνορο με την Ε.Ο. Ναυπλίου – Επιδαύρου. Επιπλέον, σχεδιάστηκε να διασχίζει παράλληλα την οδοποιία, στο όριο με τις όμορες ιδιοκτησίες.



Εικόνα 4.17: Το vector line layer *Haraxi_2nd* με τις κύριες διαδρομές μεταφοράς του νερού ως προς τις αρδευτικές ενότητες στην Τ.Κ. Αρκαδικού σε κλίμακα 1:20000.

Οι διαδρομές που θα ακολουθήσει το νερό άρδευσης είναι μείζονος σημασίας για την εκτέλεση των υδραυλικών υπολογισμών κατά το βέλτιστο τρόπο, το οποίο θα

υλοποιηθεί στη συνέχεια με την αρωγή του COPAM software. Από την καρτέλα (tab) Vector και επιλέγοντας την εντολή Statist για το υπό μελέτη Θ.Ε. Haraxi_2nd αναλύεται στατιστικά η κατανομή των συχνοτήτων κάθε κλάδου, (Εικόνα 4.18). Το εργαλείο αυτό παρέχει πληροφορία σχετικά με το μήκος κάθε κλάδου, γεγονός το οποίο είναι σπουδαίο για την ανάλυση της λειτουργίας του δικτύου, για την κατανομή του νερού και τη σειρά εισαγωγής στην υδραυλική προσομοίωση.



Εικόνα 4.18: Τα στατιστικά του vector line layer *Haraxi_2nd* για τις κύριες διαδρομές μεταφοράς του νερού ως προς τις αρδευτικές ενότητες στην Τ.Κ. Αρκαδικού και το διάγραμμα κατανομής των συχνοτήτων της.

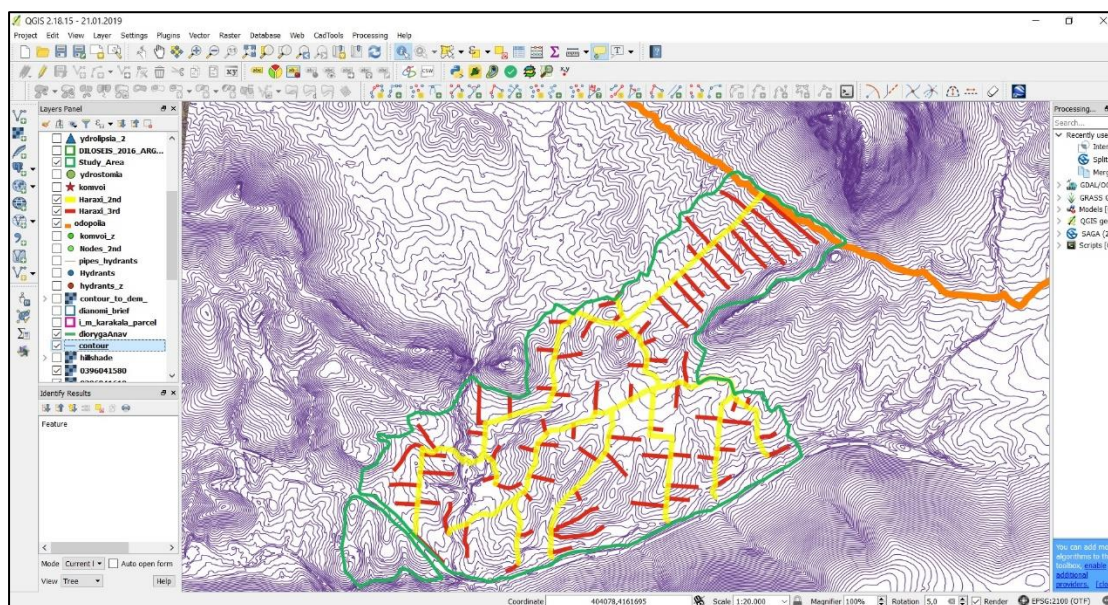
Η προσθήκη της στήλης – πεδίου *Length* για το συγκεκριμένο Θ.Ε. κρίνεται σημαντική, διότι παραθέτει τα επιμέρους μήκη των κλάδων, τα οποία και θα καταχωρηθούν στο υδραυλικό λογισμικό προσομοίωσης. Η ενέργεια αυτή πραγματοποιήθηκε στον Πίνακα Στοιχείων με την ομώνυμη γεωμετρική συνάρτηση, η οποία κατέστη ιδιαίτερα χρήσιμα στη συνέχεια για τα νέα μήκη που θα προκύψουν από τις τομές (Intersections) των Θ.Ε.

Επόμενο στάδιο για το σύστημα των αγωγών αποτελεί η σχεδίαση των επιμέρους κλάδων των κύριων διαδρομών που κινούνται παράλληλα με την υπάρχουσα αγροτική οδοποιία. Οι κλάδοι αυτοί σε μεγάλο ποσοστό διεκπεραιώνουν τη μεταφορά νερού στις αρδευτικές μονάδες. Η συλλογιστική πορεία της σχεδίασης είναι η εξυπηρέτηση δύο ή και περισσότερων μονάδων, το οποίο στην πράξη αποδεικνύεται όχι πάντα εφικτό. Ο καταλυτικός παράγοντας για τη χάραξη των επιμέρους κλάδων προς τις ιδιοκτησίες ήταν αφενός το γήινο ανάγλυφο και αφετέρου τα υλοποιημένα όρια.

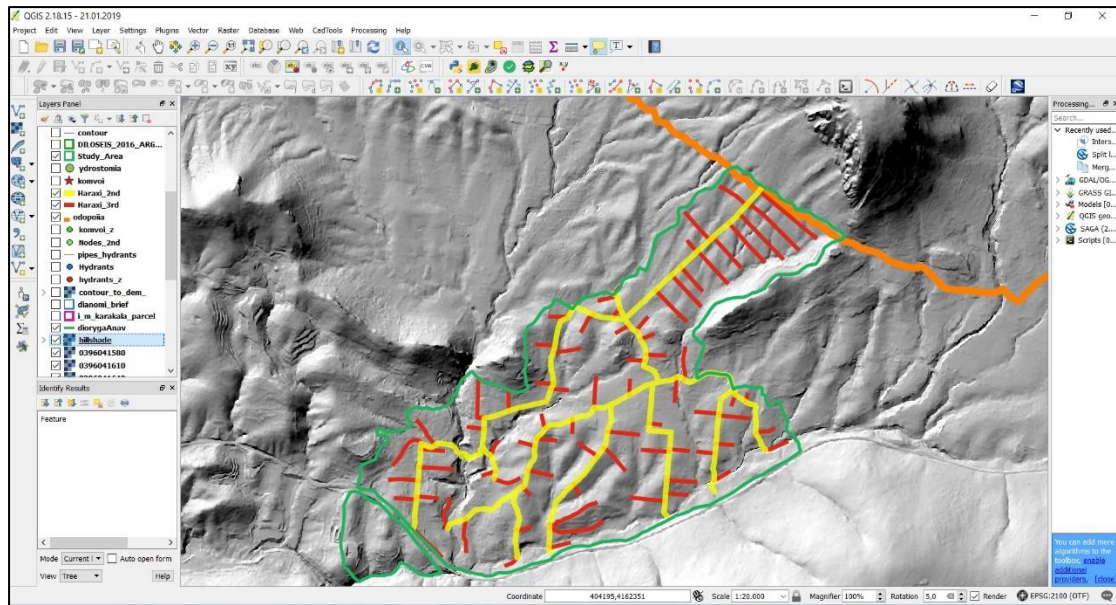
Για το σχεδιασμό των ανωτέρω αγωγών απαιτήθηκε ένα μεγάλος αριθμός χαράξεων και συγκρίσεων σε σχέση με τις αρδευτικές μονάδες, αλλά ειδικότερα με βάση το ιδιοκτησιακό καθεστώς που επικρατεί εντός αυτών. Σε ισχυρό ποσοστό της μελέτης ο ρόλος της Φωτοερμηνείας υπήρξε νευραλγικής σημασίας, ιδίως όπου τα ιδιοκτησιακά δεδομένα είναι ελλιπή ή δεν υφίστανται, αλλά και σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αντιμετωπιστούν φυσικά όρια εντός γεωτεμαχίων ή ενοτήτων άρδευσης, όπως ρέματα, υψομετρικές διαφορές κ.α. Η φωτοερμηνεία της κάλυψης γης και η διαφορά μεταξύ

καλλιεργειών που γειτνιάζουν, συντέλεσε στο διαχωρισμό των ιδιοκτησιών και στη χωρική επεξήγηση των προς εξυπηρέτηση γεωτεμαχίων. Για την εκπόνηση των επιμέρους κλάδων δημιουργήθηκε το vector line layer *Haraxi_3rd*, όπου τα ακραία τμήματά τους καταλήγουν σε ένα τουλάχιστον υδροστόμιο. Οι ισούψεις καμπύλες (διανυσματικό Θ.Ε. *contour*) και το παράγωγο αυτών DEM (Ψ.Μ.Ε.) με εφαρμογή σκίασης αναγλύφου raster αρχείο *hillshade*, συνιστούν δύο από τα πλέον σπουδαία κριτήρια επαλήθευσης των επιλογών σχεδίασης των αγωγών, για κάθε ένα κλάδο ξεχωριστά. Οι συνεχείς χαράξεις και αφαιρέσεις τμημάτων σε συνδυασμό με την ερμηνεία των ορθοφωτογραφιών της ΕΚΧΑ και της βασισμένης στις γήινες παρατηρήσεις πλατφόρμα Google Earth, είχαν ως αποτέλεσμα το σχεδιασμό των επιμέρους αγωγών του έργου, όπως αυτό οπτικοποιείται στις Εικόνες 4.19 και 4.20.

Σε αντίθεση με τους κύριους αγωγούς που θα εκτελούν μεγάλες διαδρομές παράλληλα με το οδικό δίκτυο, οι επιμέρους αγωγοί σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποφευχθούν οι κατά το δυνατόν περισσότερες απαλλοτριώσεις, να εξυπηρετούνται κατά βέλτιστο τρόπο οι όμοροι καλλιεργητές και να προδιαγραφούν τα ελάχιστα μέτρα αγωγών για την αποπεράτωση του συλλογικού δικτύου. Σε περίπτωση που διασχίζουν κάθετα το υφιστάμενο οδικό δίκτυο θα πρέπει να εκτελεστούν τα ανάλογα τεχνικά έργα έως και την αποκατάστασή του. Οι εφαρμογές αυτές υλοποιήθηκαν στο ελάχιστο δυνατό, ως απόρροια πολλών δοκιμών χάραξης.

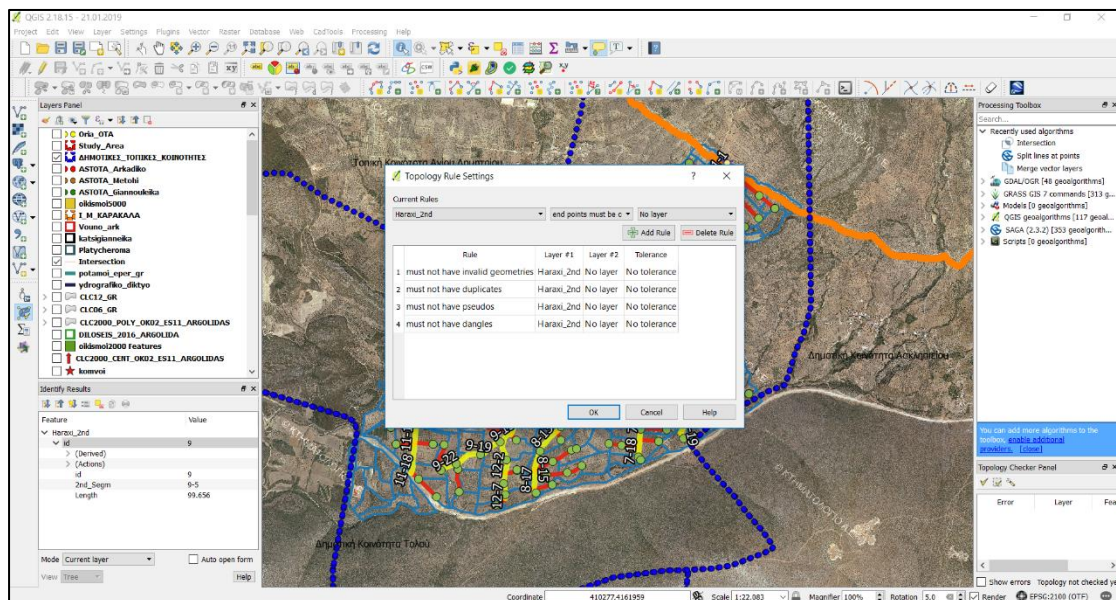


Εικόνα 4.19: Το vector line layer *Haraxi_3rd* με τους επιμέρους αγωγούς μεταφοράς του νερού ως προς την περιοχή μελέτης και το vector layer *contour* των ισούψών καμπυλών της ευρύτερης περιοχής. Κλίμακα 1:20000.



Εικόνα 4.20: Το vector line layer *Haraxi_3rd* με τους επιμέρους αγωγούς μεταφοράς του νερού ως προς την περιοχή μελέτης, το vector layer *Haraxi_2nd* και υπόβαθρο το Ψ.Μ.Ε. (DEM) *hillshade* της ευρύτερης περιοχής. Κλίμακα 1:20000.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την τοπολογία των γραμμικών Θ.Ε. που κατασκευάστηκαν με τη δόμηση των ανάλογων τοπολογικών κανόνων, όπως φαίνεται από το παράδειγμα της Εικόνας 4.21 για το layer *Haraxi_2nd*. Εν κατακλείδι, σχεδιάστηκε ακτινωτό δίκτυο αγωγών προσαρμοσμένο πλήρως στο χώρο εφαρμογής.

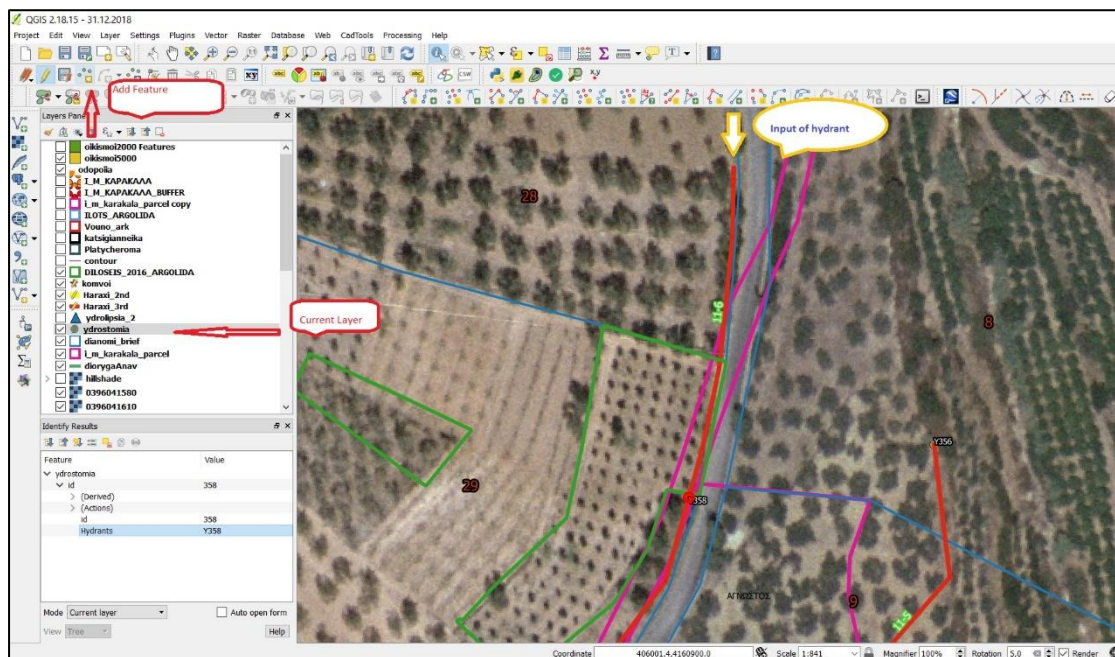


Εικόνα 4.21: Έλεγχος τοπολογίας για το γραμμικό Θ.Ε. *Haraxi_2nd* μέσω του πρόσθετου Topology Checker και τη δόμηση τοπολογικών κανόνων.

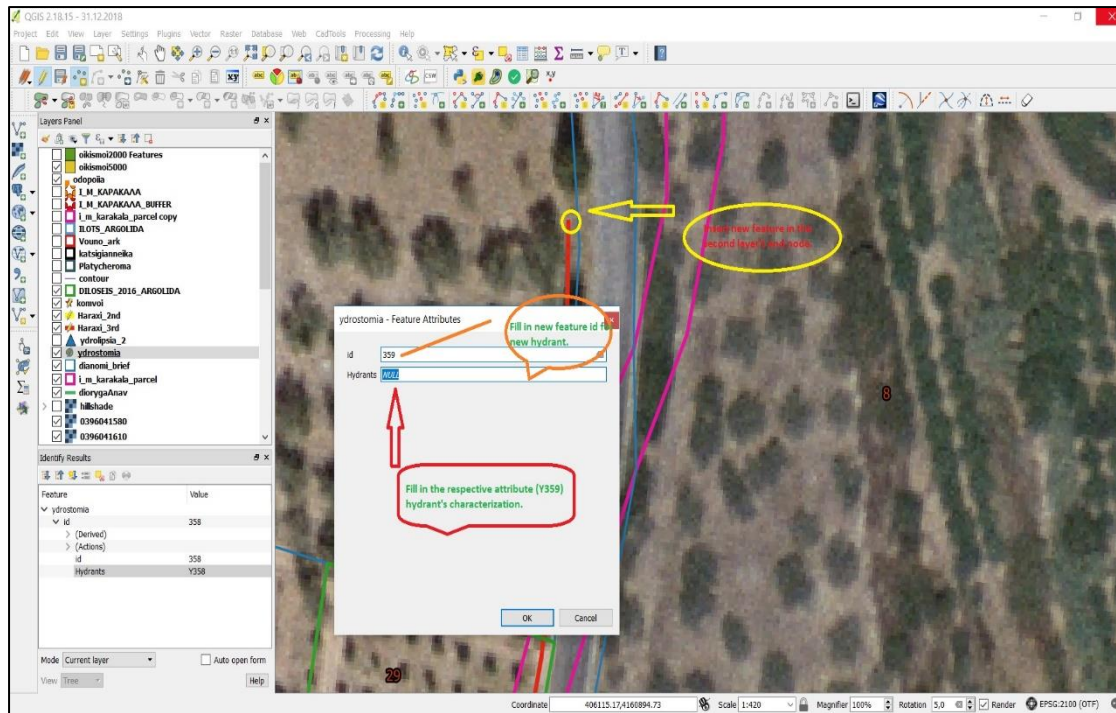
Τα υδροστόμια

Τα υδροστόμια του αρδευτικού συστήματος αντιμετωπίστηκαν σε πλήρη αλληλεξάρτηση με τη φάση της σχεδίασης του Θ.Ε. των επιμέρους αγωγών. Η δόμηση του Θ.Ε. συνδέεται άρρηκτα με τη γεωμορφολογία του χώρου εφαρμογής αλλά σε μεγαλύτερο βαθμό με την υπάρχουσα κατάσταση των ιδιοκτησιών του. Ο στόχος που τέθηκε ήταν στα όρια αγροτεμαχίων ή όμορων ιδιοκτησιών να τοποθετηθούν υδροληψίες ενός ή δύο υδροστομίων και να περιοριστεί κατά το ελάχιστο η εξυπηρέτηση μη όμορων αγροτεμαχίων.

Η θέση των υδροληψιών αποτελεί μία λύση συμβιβασμού μεταξύ της επιθυμίας των χρηστών και του μελετητή του δικτύου. Για τους μεν πρώτους επειδή επιθυμούν να έχουν το δικό τους υδροστόμιο στην άκρη της ιδιοκτησίας τους, σε αντίθεση με την ελάττωση του αριθμού των υδροληψιών που επιδιώκει ο δεύτερος, με σκοπό τη μείωση του κόστους του αρδευτικού έργου, (Τσακίρης και Δέρκας, 2006). Συνεπώς, η ελάττωση των σημείων διανομής έχει ως απόρροια την αναγκαιότητα τροφοδοσίας και γεωτεμαχίων που βρίσκονται σε ορισμένη απόσταση από την υδροληψία. Στη δεδομένη εφαρμογή πραγματοποιήθηκε μεγάλος αριθμός χαράξεων για τους επιμέρους κλάδους και τις υδροληψίες του δικτύου, ώστε αρχικά να ικανοποιηθεί η επιθυμία των αγροτών για εξατομικευμένο υδροστόμιο, με σκοπό την κατασκευή ενός συλλογικού δικτύου φιλικότερου στους χρήστες. Ακολούθως δημιουργήθηκε το διανυσματικό Θ.Ε. σημείων *ydrostomia* το οποίο αντιπροσωπεύει τα εγκατεστημένα στον αγρό υδροστόμια, στο οποίο με την εντολή Add Feature εισάγονται στους αγωγούς του συστήματος, (Εικόνα 4.22). Επί τούτοις, προστίθεται πεδίο στον Πίνακα Στοιχείων με ονομασία *Hydrants*, ώστε να λαμβάνουν την επιθυμητή ονομασία και όχι αυτή του δείκτη καταχώρισης *id*, η οποία θα χρησιμοποιηθεί και στην υδραυλική προσομοίωση σε επόμενο κεφάλαιο, (Εικόνα 4.23).



Εικόνα 4.22: Προσθήκη στοιχείου στο σημειακό Θ.Ε. *ydrostomia* για την εισαγωγή των υδροληψιών του έργου.

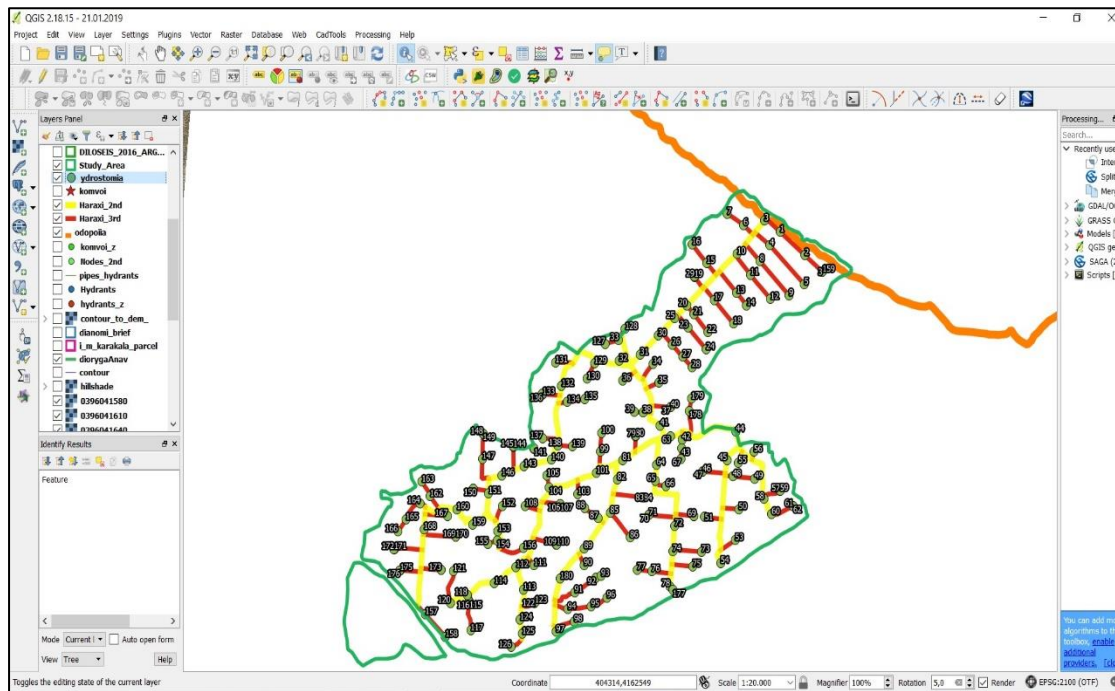


Εικόνα 4.23: Προσθήκη τιμής στο πεδίο ονομασίας υδροστομίων του Attribute Table στο σημειακό Θ.Ε. *ydrostomia* για την εισαγωγή των υδροληψιών του έργου.

Η πρώτη δοκιμή κατέδειξε ένα μεγάλο αριθμό υδροληψιών, το οποίο θα τελεσφορήσει σε ιδιαίτερα μεγάλο κόστος. Το γεγονός αυτό δεν είναι εφικτό να ικανοποιηθεί από τους χρήστες, οι οποίοι θα πρέπει να επωμιστούν το αναλογούν κόστος μεταφοράς, κρίνοντας από τα δημογραφικά δεδομένα και από την οικονομική δυνατότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Στην επόμενη χάραξη αποφασίστηκε να τοποθετηθούν 2 υδροληψίες ανά αρδευτική μονάδα, ώστε να εξυπηρετεί χωρικά και χρονικά περισσότερους γεωργούς στο πρόγραμμα της ελεύθερης ζήτησης. Η προσπάθεια αυτή αποδείχθηκε ομοίως υψηλού κόστους, ενώ το έντονο ανάγλυφο του χώρου απαιτεί σε αρκετές περιπτώσεις περισσότερες υδροληψίες από τις προβλεπόμενες, (Παράρτημα Α' Εικόνα 7). Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν στη διαγραφή υδροληψιών και στη χάραξη εκ νέου, χωρίς ωστόσο να υπάρξουν σημαντικές απώλειες στο σύστημα και να μην επιβαρυνθούν ιδιαίτερα οι αγρότες με μεγάλων διαστάσεων αγωγούς μεταφοράς του νερού από το υδροστόμιο στον αγρό με δικό τους εξοπλισμό, (Παράρτημα Α' Εικόνα 8).

Διαπιστώνεται ότι η πλέον συμφέρουσα και για τις δύο πλευρές λύση είναι η εγκατάσταση της υδροληψίας/υδροστομίου ανά αρδευτική μονάδα (30 στρέμματα), σύμφωνα με τα γαλλικά πρότυπα της SCP, με τη χρήση υδροστομίων με ανώτερη ακτίνα δράσης έως 200m για παροχή υδροστομίου 6L/s (21.6m³/h). Η μέθοδος άρδευσης που θα εφαρμοστεί είναι η στάγδην άρδευση, η οποία συνηθίζεται στις δενδροκαλλιέργειες και συνιστά λύση εξοικονόμησης ύδατος. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι ελαττώθηκαν σε συνδυασμό με τα υδροστόμια και τα μήκη των αγωγών, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις διαγράφηκαν τμήματα αυτών και διαφοροποιήθηκε το σχήμα τους. Υπογραμμίζεται ότι σε ορισμένα σημεία του χώρου εφαρμογής χρησιμοποιούνται δύο υδροληψίες για μία αρδευτική μονάδα, με σκοπό τον περιορισμό των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ υδροστομίων και υδροδοτούμενων

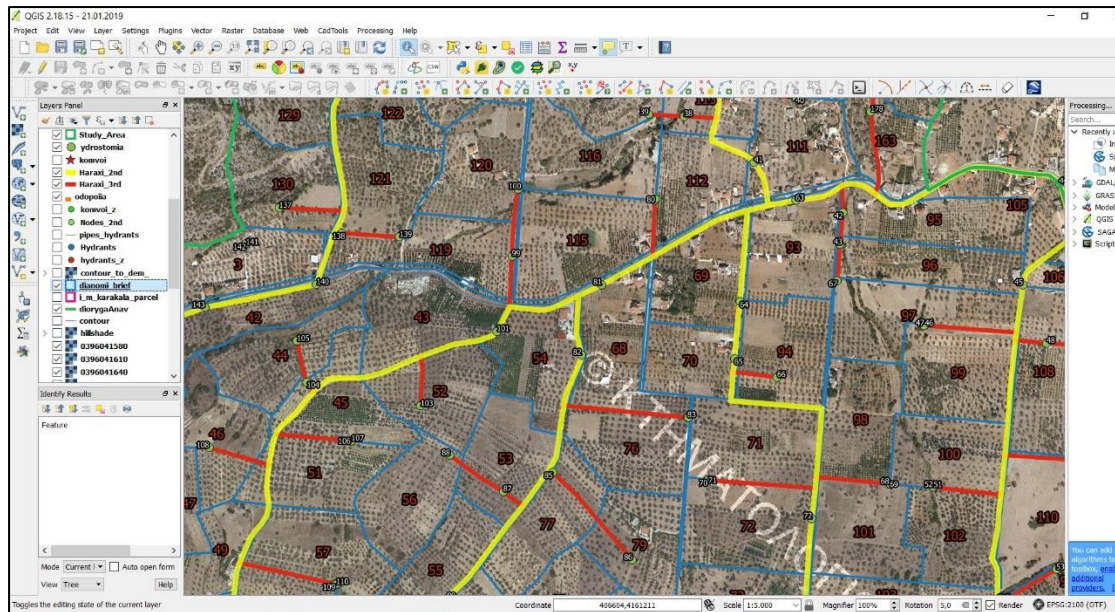
γεωργικών εκμεταλλεύσεων και τη σχεδίαση ενός πιο εύχρηστου δικτύου ελεύθερης ζήτησης για την ανάπτυξη των αρδεύσεων. Η κατανομή των υδροστομιών και η αρίθμησης της επί του ακτινωτού δικτύου παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.24. Τα στοιχεία αυτά αποτυπώνονται με ακρίβεια με σκοπό τη βέλτιστη υδραυλική ανάλυση στη συνέχεια.



Εικόνα 4.24: Το σημειακό Θ.Ε. *ydrostomia* των υδροληψιών και το σύστημα αγωγών του έργου σε σχέση με την περιοχή της μελέτης σε κλίμακα 1:20000.

Το τελικό δίκτυο

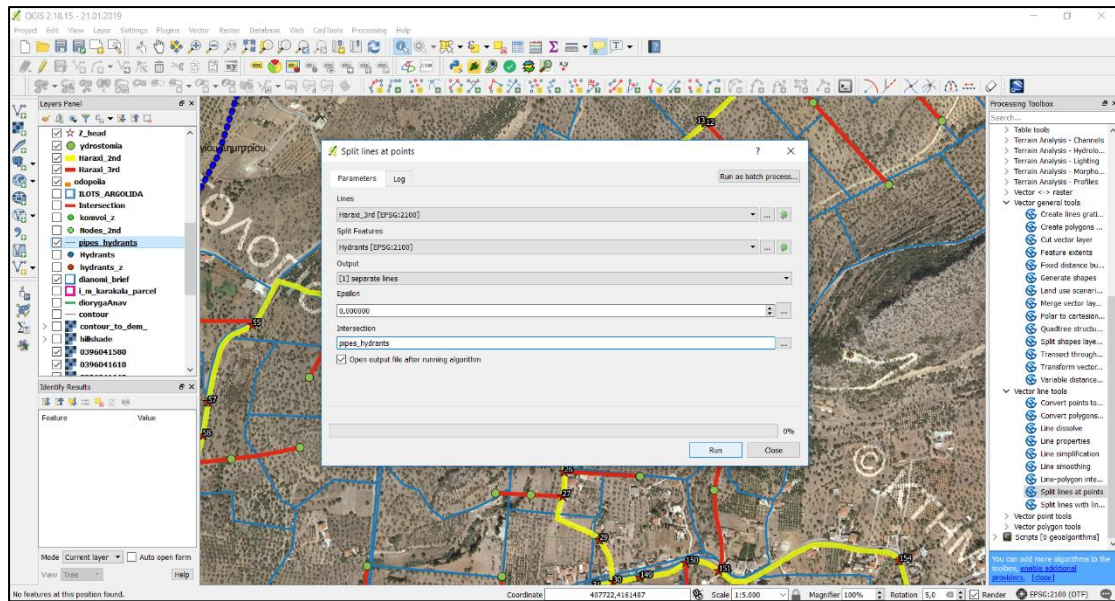
Συγκεφαλαιώνοντας, η χάραξη του συστήματος υλοποιήθηκε κατά κύριο λόγο στα όρια των κτημάτων και σε τμήματα της μελέτης όπου δεν επαρκούν τα ιδιοκτησιακά δεδομένα και πραγματοποιήθηκε με βάση τη φωτοερμηνεία. Βασικός στόχος υπήρξε να πραγματοποιηθούν οι κατά το δυνατόν λιγότερες επεμβάσεις εντός αγρών ή αστικών τμημάτων. Το ζήτημα της εξυπηρέτησης των χρηστών αντιμετωπίστηκε λεπτομερώς με τη χρήση του GIS λογισμικού και την αυξομείωση της κλίμακας για την καλύτερη παρατήρηση του ψηφιακού υποβάθρου της γήινης επιφάνειας. Η διαδικασία αυτή αντικαθιστά την παραδοσιακή μέθοδο του χάρτη εργασίας, όπου τα δεδομένα επεξεργάζονταν υπό κλίμακα 1:2000 και 1:5000. Η τεχνική της γεωοπτικοποίησης στην παρούσα διατριβή ικανοποιεί συμπερασματικά τη φάση της μελέτης – σχεδιασμού του υδραυλικού έργου, όπως έχει ήδη ειπωθεί, με τη χωρική του υλοποίηση, (Εικόνα 4.25). Η φάση αυτή είναι κρίσιμη ως προς τη χάραξη και την οριοθέτηση του αρδευτικού συστήματος, ώστε να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα στη λειτουργία και τη διαχείρισή του. Το GIS περιβάλλον καθότι δυναμικό, ευνοεί τις όποιες αλλαγές και τροποποιήσεις αποφασιστούν ή ανακύψουν από το υδραυλικό μοντέλο προσομοίωσης κατά την ανάλυση του νέου δικτύου.



Εικόνα 4.25: Το τελικό δίκτυο με τις υδροληψίες, το σύστημα των αγωγών και τις αρδευτικές μονάδες σε σχέση με την περιοχή της μελέτης υπό κλίμακα εργασίας 1:5000.

Επιπροσθέτως, με τη διαμόρφωση του τελικού δικτύου διενεργήθηκαν οι αναγκαίες χωρικές διαδικασίες για την υποστήριξη της υδραυλικής μελέτης. Εκτός του εμβαδού της εκάστοτε αρδευτικής μονάδας, το οποίο λαμβάνεται από το πεδίο Area που δημιουργήθηκε στο σχετικό Θ.Ε., στα απαραίτητα δεδομένα της καταχώρησης στο πρόγραμμα COPAM συγκαταλέγονται τα μήκη των αγωγών και το υψόμετρο κάθε κόμβου. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι κάθε αγωγός του συστήματος απαρτίζεται από δύο κόμβους αποκλειστικά, επομένως για λόγους εύρυθμης και ταχύτερης επεξεργασίας κάθε τμήμα αγωγού θα συντίθεται από μία μόνο γραμμή (line). Συν τοις άλλοις, ο τεμαχισμός των αγωγών σε κόμβους υλοποιείται και όταν υφίσταται υδροληψία, οπότε αντιμετωπίζεται υδραυλικά ως νέο τμήμα.

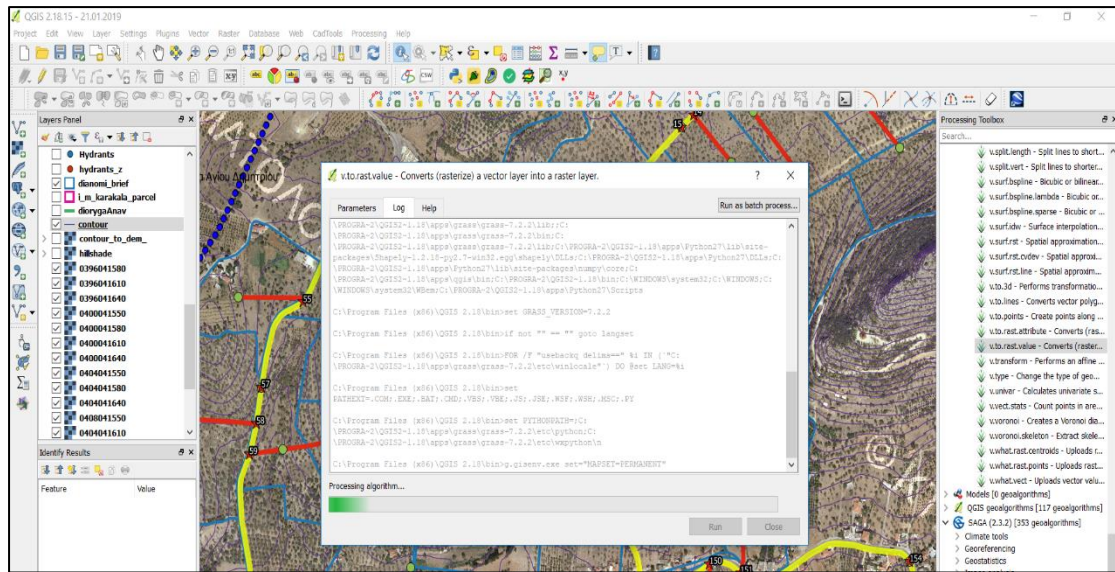
Ο διαχωρισμός μεταξύ των δύο Θ.Ε. των αγωγών Haraxi_2nd και Haraxi_3rd κρίθηκε αναγκαίος για τη βελτιστοποίηση της χάραξης σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό, το οποίο θα ληφθεί με την εντολή Identify στο επιλεγμένο layer. Για το σκοπό αυτό είχε προηγηθεί η δημιουργία του Θ.Ε. *komnoi*, με το οποίο εισάγεται κόμβος στα σημεία τομής των δύο επιπέδων των αγωγών. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η λεπτομερής προσέγγιση κάθε σημείου, ώστε να μην παραλείπεται κάποιο από ενδεχόμενο γεωμετρικό σφάλμα ή κενό. Στη συνέχεια, με την ελεύθερη, υβριδική FOSS GIS πλατφόρμα SAGA που ενσωματώνεται στο QGIS, η οποία ενδείκνυται ως πάροχος αλγορίθμων γεω – επεξεργασίας, χρησιμοποιείται από το Toolbox η εντολή Vector Line Tools και η επιλογή Split lines at points. Στα πεδία εισαγωγής ως γραμμές επιλέγεται το Θ.Ε. Haraxi_3rd και ως στοιχεία διάσπασης το Θ.Ε. *ydróstomia*, ενώ στις εξαγόμενες γραμμές (output) δίνεται ονομασία (εδώ *pipes_hydrants*), οι οποίες αποθηκεύονται σε προσωρινό layer (Εικόνα 4.26). Έτσι, από τις διασπασμένες γραμμές που αντιστοιχούν σε τμήματα των επιμέρους κλάδων του δικτύου μεταξύ των προσαρτημένων σε αυτά υδροληψιών, καθίσταται πλέον γνωστό το μήκος τους με ακρίβεια. Εφόσον τα μήκη των κύριων κλάδων είναι ήδη γνωστά, ολοκληρώνεται η εικόνα για το σύστημα των αγωγών του έργου συνολικά.



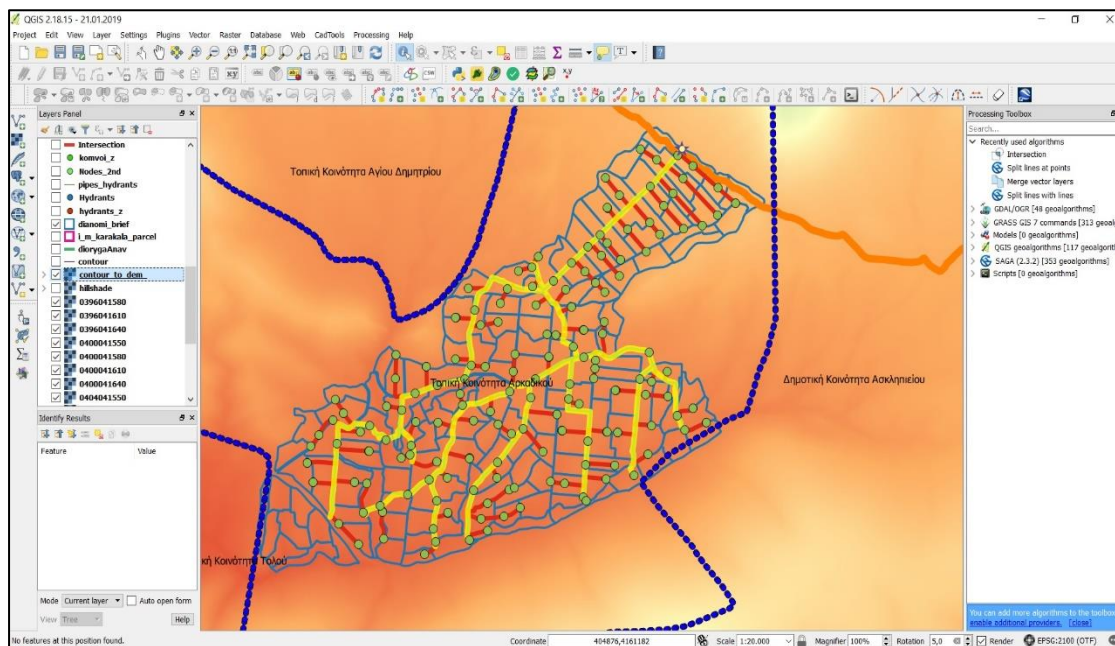
Εικόνα 4.26: Η δημιουργία νέου Θ.Ε. γραμμών για τις αποστάσεις των επιμέρους αγωγών ως προς τα υδροστόμια με το SAGA GIS.

Το δεύτερο ζητούμενο, τα υψόμετρα κάθε κόμβου, απαιτεί μία πιο σύνθετη διαδικασία διότι δεν υφίσταται πληροφορία υψομέτρου για κάθε σημείο στον ψηφιακό χάρτη. Οι ισουΐεις καμπύλες της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Επιδαύρου με ισοδιάσταση 4 μέτρων και κλίμακας 1:5000, αποτυπώνονται στο διανυσματικό Θ.Ε. contour και αποτελούν την πηγή της υψομετρικής πληροφορίας. Για την εύρεση ωστόσο των ενδιάμεσων υψομέτρων κάθε κόμβου της μελέτης, απαιτείται η αναγνώριση της τιμής μέσα από υψομετρικό πίνακα, γεγονός το οποίο καταδεικνύει τη δημιουργία ενός DEM αρχείου, (Καλύβας και συνεργάτες, 2013). Το shapefile contour είναι γεωμετρικής μορφής Linestring, οπότε δεν είναι εφικτή η χρήση των αλγορίθμων της βιβλιοθήκης GDAL Raster, η οποία εφαρμόζει χωρική παρεμβολή (Spatial Interpolation) για σημειακά δεδομένα (point data). Οι εναλλακτικές που δίνονται από το υπάρχον λογισμικό είναι αφενός η εντολή Interpolation μέσα από το tab του Raster αφού έχει προηγηθεί η φόρτωση του ομώνυμου plugin, και αφετέρου η δυνατότητα μέσα από το GRASS GIS, το οποίο λειτουργεί της ως πρόσθετο μέσα στο QGIS.

Η πρώτη δοκιμή αφορά το plugin Interpolation και τη μέθοδο του αλγορίθμου IDW (Inverse Distance Weighted), η οποία δεν απέδωσε τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, διότι το Θ.Ε. contour δεν είναι σημειακό επίπεδο αλλά γραμμικό. Ομοίως, αρνητικά ήταν και τα αποτελέσματα με τη μέθοδο TIN (Triangulated Irregular Network) αλγορίθμου στο Interpolation plugin (Παράτημα Α' Εικόνα 9), για την ίδια επίσης αιτία. Με τη χρήση του GRASS GIS 7 από το Processing Toolbox και συγκεκριμένα την εντολή v.to.rast.value μετατρέπεται αρχικά το vector layer σε raster (rasterize), όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.27. Το παραγόμενο raster layer με την εκτέλεση του γεω – αλγορίθμου r.surf.idw (Surface Interpolation Utility for Raster Layers) είχε ως αποτέλεσμα το raster αρχείο contour_to_dem, (Εικόνα 4.28).

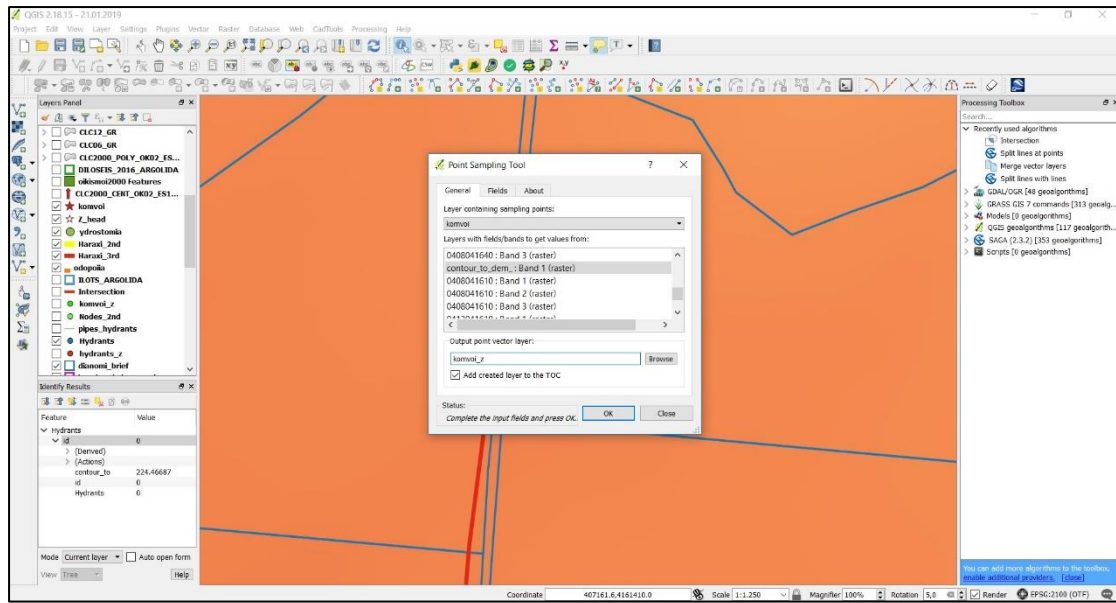


Εικόνα 4.27: Η μετατροπή του vector Θ.Ε. contour σε raster μορφή με αλγόριθμο από το Toolbox του GRASS GIS.



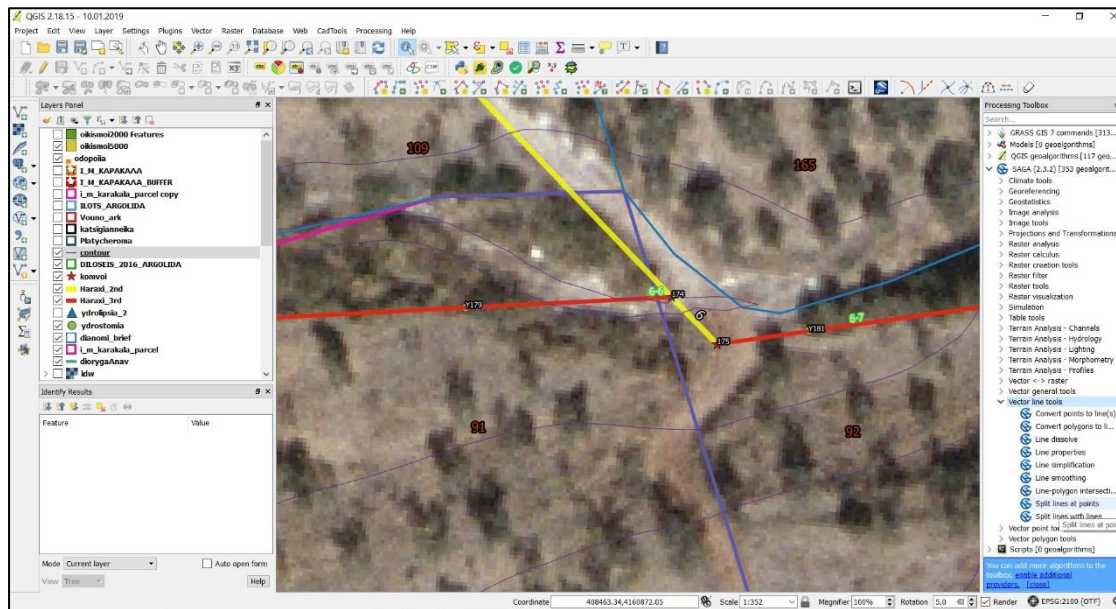
Εικόνα 4.28: Το παραγόμενο raster αρχείο contour_to_dem ως προς το αρδευτικό δίκτυο της μελέτης σε κλίμακα 1:20000.

Τα vector point layers στα οποία πρέπει να εκχωρηθεί το πεδίο Elevation με την αντίστοιχη στήλη τιμών υψομέτρων είναι το Θ.Ε. κομνοί και το Θ.Ε Hydrants. Έχοντας προσθέσει το plugin Point Sampling Tool, επιδιώκεται η συλλογή της πληροφορίας από τα κελιά του ψηφιδωτού DEM αρχείου που κατασκευάστηκε να καταναμηθεί στα αντίστοιχα σημεία του δείγματος (vector point data). Διαμορφώνοντας τις επιλογές στο παράθυρο της εντολής, όπως αυτό παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.29, εξάγονται τα σημειακά επίπεδα *κομνοί_z* και *Hydrants_z*, τα οποία με την κατάλληλη επεξεργασία για βελτιωμένη οπτικοποίηση (Παράρτημα Α' Εικόνα 10), παραθέτουν τις τιμές των ζητούμενων κόμβων για την υδραυλική ανάλυση του συλλογικού αρδευτικού έργου.



Εικόνα 4.28: Το αναδυόμενο παράθυρο από τη εντολή Point Sampling Tool για τη δημιουργία νέου vector point Θ.Ε. κομνοί_z με την προσθήκη τιμών από τα κελιά του contour_to_dem αρχείου.

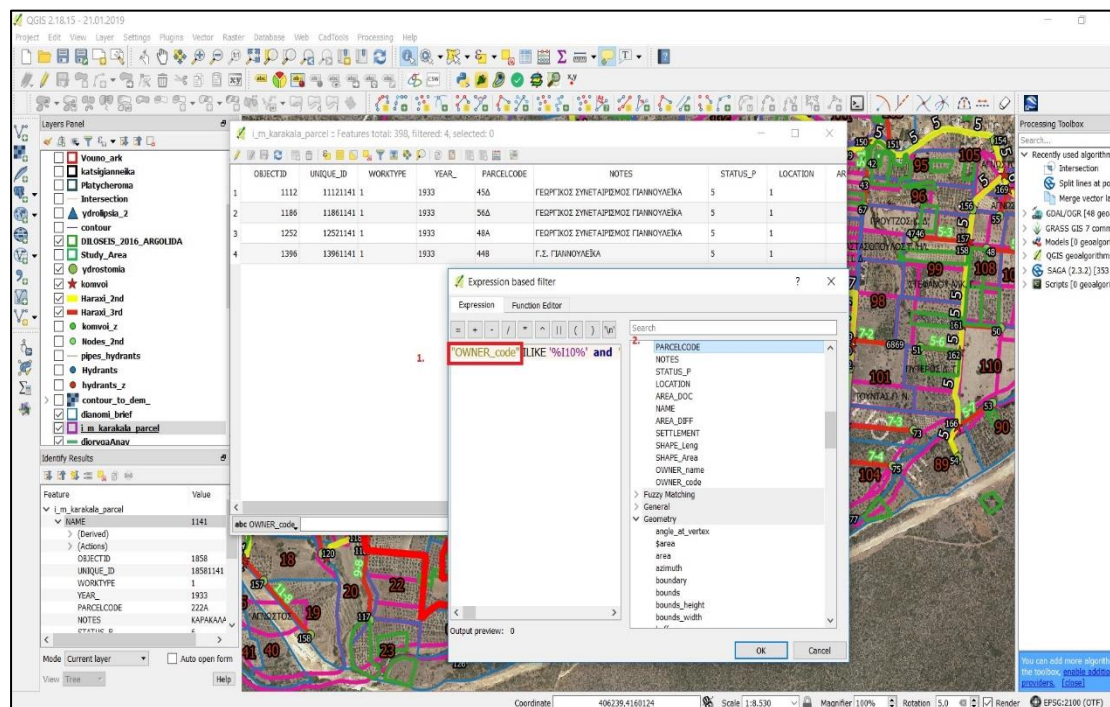
Συμπερασματικά, οι χρειώδεις πληροφορίες για την καταχώρηση και την ανάλυσή τους στο λογισμικό COPAM θα αποκτηθούν μέσα από την περιγραφική και χωρική επεξεργασία των δεδομένων του δικτύου. Η γεω – οπτικοποίηση αυτών μέσα από το GIS περιβάλλον δίνει τη δυνατότητα ανάκτησης των πληροφοριών αλλά και τροποποίησης αυτών ανά πάσα στιγμή, (Εικόνα 4.29).



Εικόνα 4.29: Στιγμιότυπο από την οπτικοποίηση τμήματος του τελικού δικτύου ως προς το ψηφιακό του υπόβαθρο ορθοφωτογραφιών.

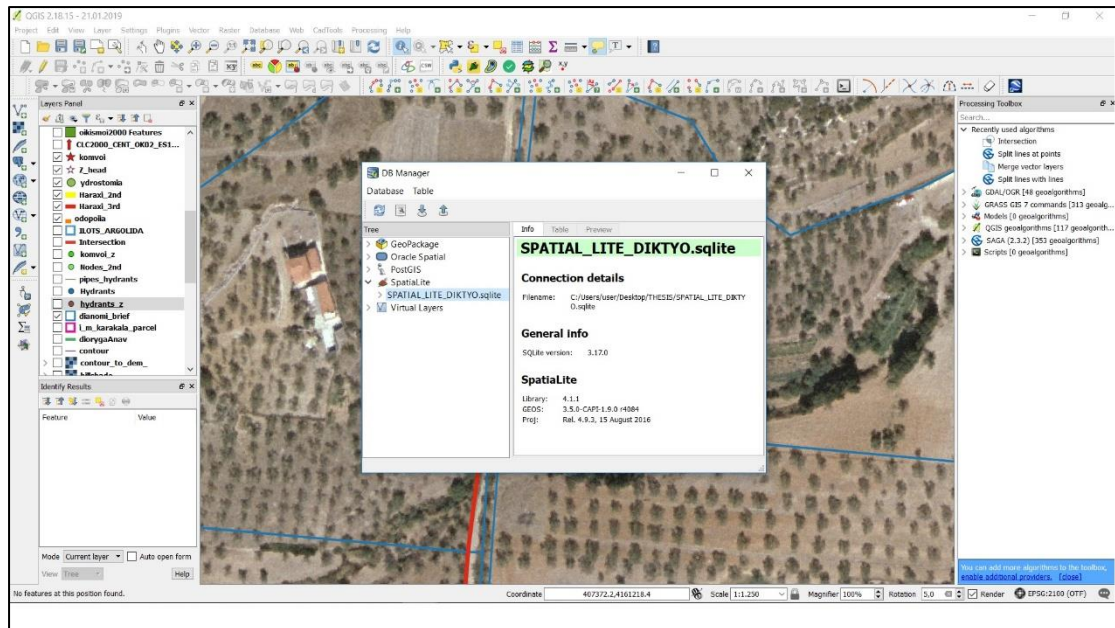
Από τους Attribute Tables των shapefiles μπορούν να ανακτηθούν πληροφορίες με την εκτέλεση απλών ή και σύνθετων χωρικών ερωτημάτων με τη χρήση φίλτρων και εκφράσεων, όπως φαίνεται από το παράδειγμα της Εικόνας 4.30. Οι δυνατότητες

αυτές παρέχουν στο μελετητή, τους διαχειριστές και τους συντηρητές του έργου τη δυνατότητα της χωρικής επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης των δεδομένων, αλλά και την επικαιροποίηση και αναβάθμιση αυτών.

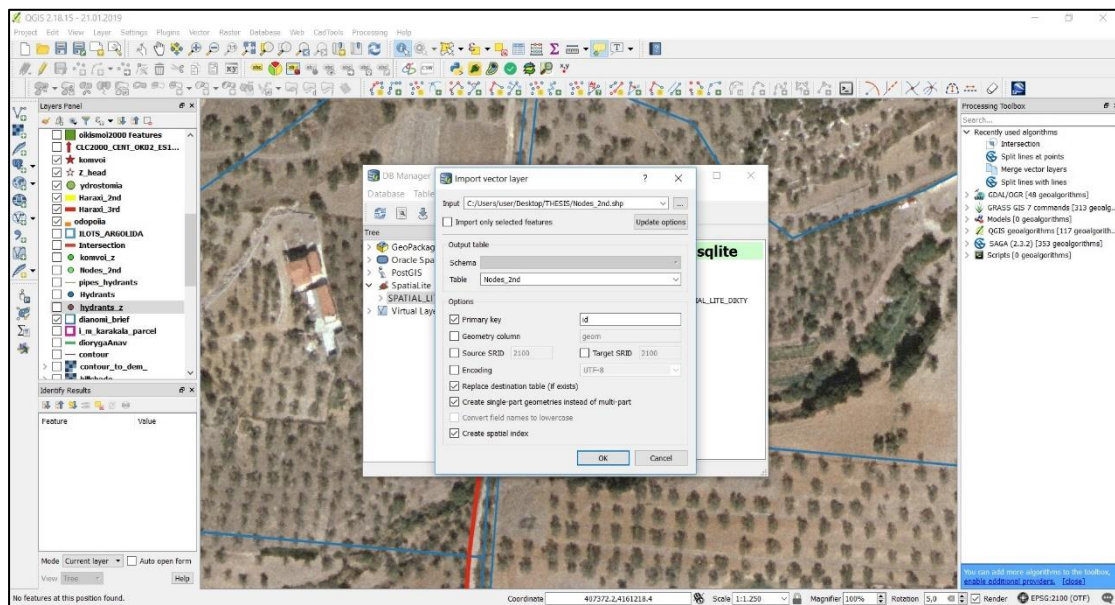


Εικόνα 4.30: Δημιουργία χωρικού φίλτρου αναζήτησης στη ΒΔ του Attribute Table με τη δημιουργία έκφρασης από συνδυασμούς πεδίων.

Ως διευκόλυνση για την αποθήκευση, την ανάκτηση και τη διαχείριση της χωρικής πληροφορίας των διανυσματικών αρχείων, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής γεωβάσης. Ειδικότερα, η γεωβάση Spatial Lite Database παρέχει τη δυνατότητα της εύχρηστης ΒΓΔ, η οποία δύναται να αποθηκεύει όλα τα αρχεία vector σε ένα αρχείο. Η λειτουργία της δεν αφορά ταυτόχρονη χρήση, επεξεργασία και αποθήκευση σε κάποιο Server από πολλαπλούς χρήστες, το οποίο συμβαίνει στην περίπτωση της PostGIS. Στην παρούσα διατριβή δημιουργήθηκε γεωβάση με ονομασία *SPATIAL_LITE_DIKTYO.sqlite* για τη μελέτη του Αρκαδικού (Εικόνα 4.31), με την εντολή DB Manager, από το πεδίο εντολών Database και την επιλογή Spatialite. Η ενέργεια αυτή είχε ως στόχο την εισαγωγή των shapefiles του αρδευτικού έργου στο σύνολό της διαδοχικά, ώστε να συγκεντρωθούν σε μία ΒΔ, η οποία θα πλεονεκτεί από την οπτική ενός φορητού αρχείου, (Εικόνα 4.32). Τα αρχεία αυτά θα έχουν τελικά συγκεκριμένο τόπο αποθήκευσης, θα είναι πιο ευέλικτα και διαχειρίσιμα, ακόμη και σε επόμενα σχετικά έργα, ενώ θα οπτικοποιείται το σύνολο των πληροφοριών κάθε Θ.Ε. ξεχωριστά με αναλυτικό τρόπο, (Παράρτημα Α' Εικόνα 11).



Εικόνα 4.31: Δημιουργία χωρικής ΒΔ της μορφής Spatial Lite Database για το έργο στο Αρκαδικό με ονομασία SPATIAL_LITE_DIKTYO.



Εικόνα 4.32: Εισαγωγή του διανυσματικού Θ.Ε. κομνηνι στη χωρική ΒΔ του αρδευτικού έργου στο Αρκαδικό SPATIAL_LITE_DIKTYO με την εντολή Import vector layer.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ανάλυση Λειτουργίας του Υπό Πίεση Αρδευτικού Δικτύου Ελεύθερης Ζήτησης

5.1 Το ελεύθερο λογισμικό COPAM (Combined Optimization and Performance Analysis Model) (Lamaddalena, 1997)

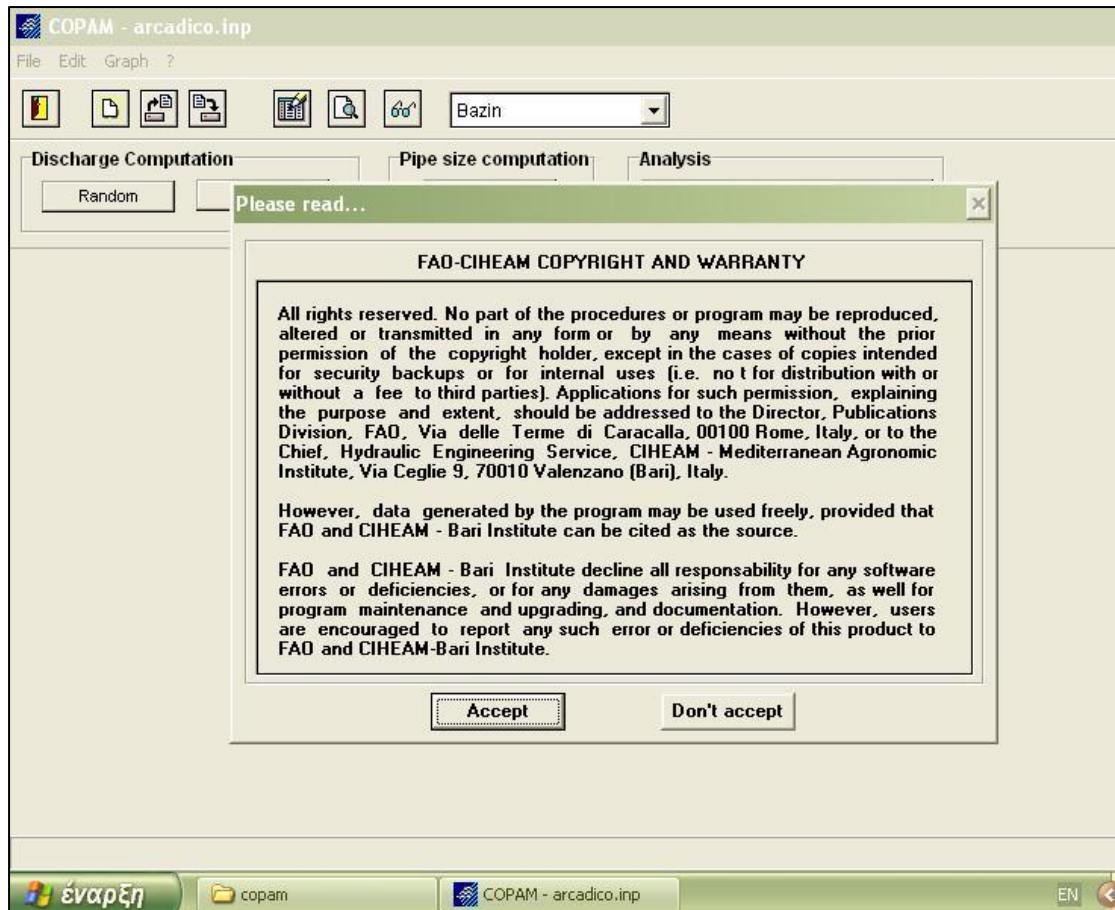
Για την επίτευξη του υπολογισμού αρδευτικών δικτύων υπό πίεση μεγάλης κλίμακας, αναπτύχθηκε από τον Lamaddalena (1997), το ελεύθερο λογισμικό (free software) COPAM (Combined Optimization and Performance Analysis Model). Στη συνέχεια δημοσιεύτηκε με πλήρη οδηγό τον Food and Agriculture Organization (FAO) σε συνεργασία με το Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes – Mediterranean Agronomic Institute of Bari (CIHEAM – IAMB) από τους Lamaddalena και Sagardoy (2000). Το εν λόγω λογισμικό διατίθεται δωρεάν από τον FAO και συγκεκριμένα, από τη βάση δεδομένων Land and Water On-line Documents Database της διαδικτυακής σελίδας του οργανισμού.

Τα λογισμικά υπολογισμού αρδευτικών δικτύων απαιτούν λεπτομερείς πληροφορίες για τα δεδομένα του δικτύου των αγωγών μεταφοράς νερού από την πηγή του νερού μέχρι της υδροληψίες. Με το λογισμικό COPAM μπορεί να πραγματοποιηθεί (Lamaddalena and Sagardoy, 2000):

1. υπολογισμός των παροχών σχεδιασμού των αγωγών με τη μέθοδο Clément (1^{ος} και 2^{ος} νόμος) και την Τυχαία (Random) μέθοδο (τυχαίο άνοιγμα των υδροστομίων με γεννήτρια τυχαίων αριθμών αριθμών),
2. βελτιστοποίηση του αρδευτικού δικτύου (Ασυνεχής Μέθοδος Labye), και
3. ανάλυση της απόδοσής του, με της μεθόδους:
 - a. Χαρακτηριστικών καμπυλών (Configuration)
 - b. Υδροστομίων (Hydrants – 1)

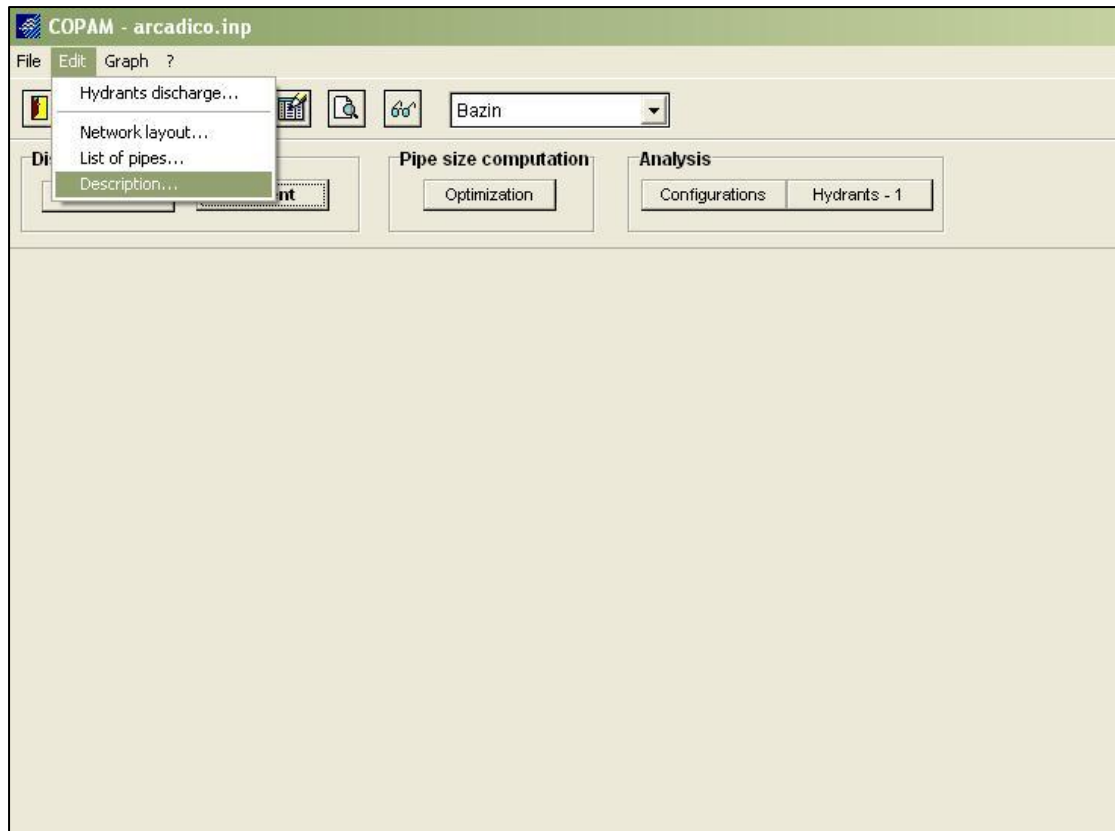
Η χρήση του πραγματοποιείται σε Λειτουργικό Σύστημα (Operating System) Microsoft Windows OS και 32 – bit processor (επεξεργαστής). Το τελευταίο χαρακτηριστικό αποτελεί και σημαντικό περιορισμό επί του παρόντος, δεδομένου ότι οι επεξεργαστές που χρησιμοποιούνται πλέον στα υπολογιστικά συστήματα είναι «επόμενης γενιάς».

Η εγκατάστασή του είναι σχετικά απλή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (H/Y) και απαιτεί τις βασικές γνώσεις του Windows OS. Ο φάκελος «copam.exe» αποθηκεύεται στο σκληρό δίσκο και η έναρξη του λογισμικού γίνεται με το άνοιγμα του αρχείου «copam.exe», (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: COPAM Software. Έναρξη του λογισμικού σε περιβάλλον Windows.

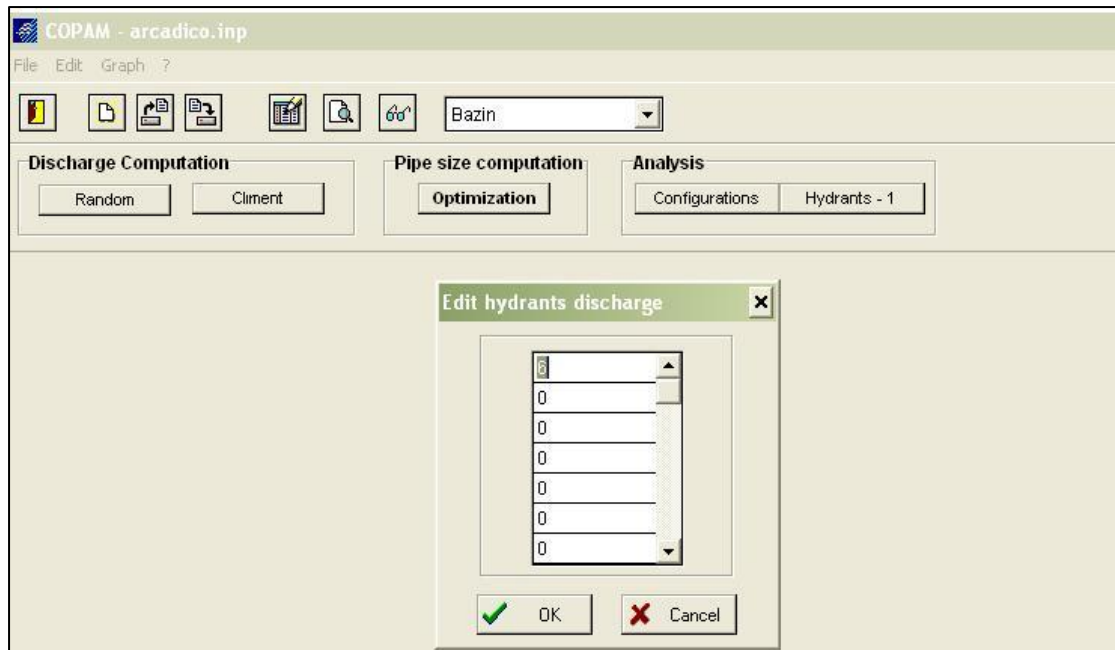
Στο παράθυρο **Edit** (Εικόνα 5.2) παρουσιάζονται τα πεδία στα οποία καταχωρούνται τα δεδομένα του αρχείου εισόδου. Σε περίπτωση υφιστάμενου αρχείου επεξεργάζονται ή τροποποιούνται.



Εικόνα 5.2: COPAM Software. Επιλογές που αναδύονται από το παράθυρο Edit.

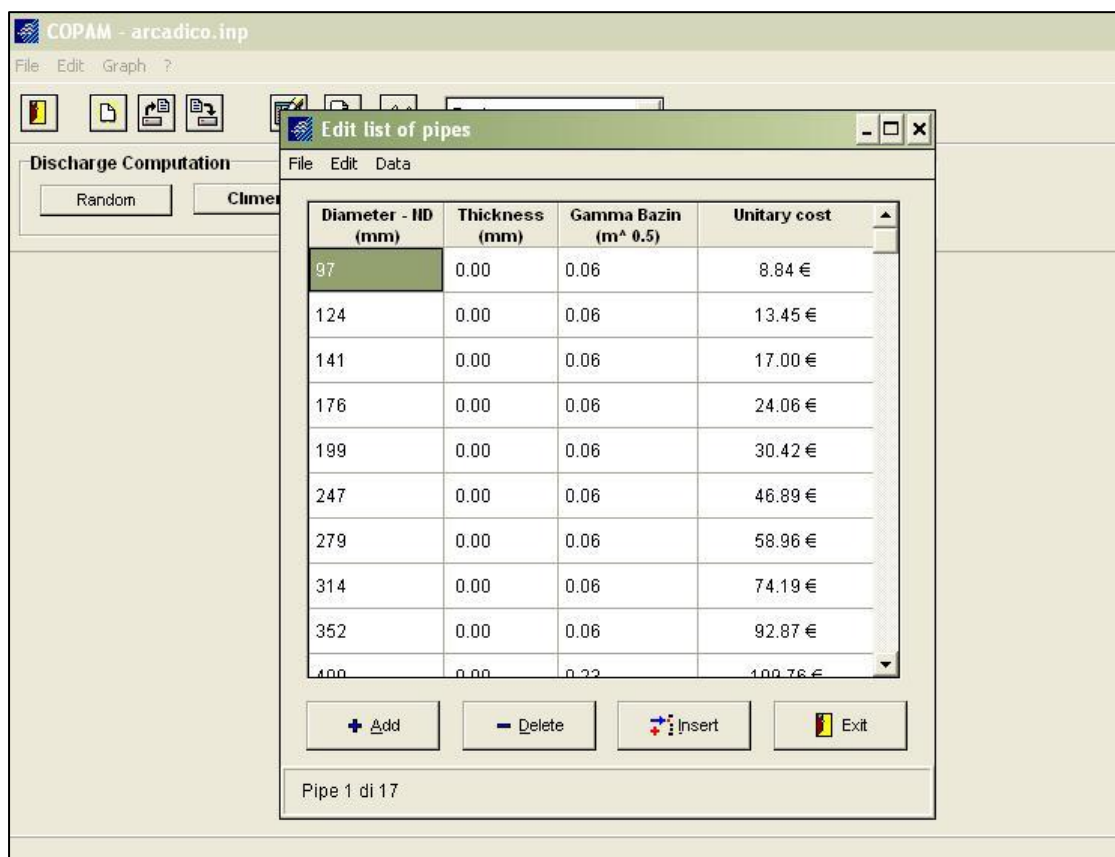
Για αυτές τις λειτουργίες του προγράμματος το αρχείο εισόδου (**input file**), που περιέχει τα δεδομένα του αρδευτικού δικτύου, είναι το ίδιο. Δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας νέου αρχείου εισόδου ή ανοίγματος υπάρχοντος αρχείου.

Η πρώτη επιλογή **Hydrants Discharge** αφορά στην καταχώριση των ονομαστικών παροχών των διαθέσιμων υδροστομίων του δικτύου, οι οποίες μπορεί να είναι περισσότερες από μια (Εικόνα 5.3). Αυτές πρέπει να καταχωρηθούν σε μονάδες L/s και με αύξουσα σειρά μεγέθους.



Εικόνα 5.3: Παράθυρο καταχώρησης παροχών υδροστομιών.

Η επιλογή **List of pipes** αφορά στην καταχώριση των στοιχείων των διαμέτρων εμπόριου, που διατίθενται (Εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.4: Παράθυρο καταχώρησης στοιχείων των αγωγών του εξεταζόμενου δικτύου.

Τα στοιχεία που απαιτούνται είναι:

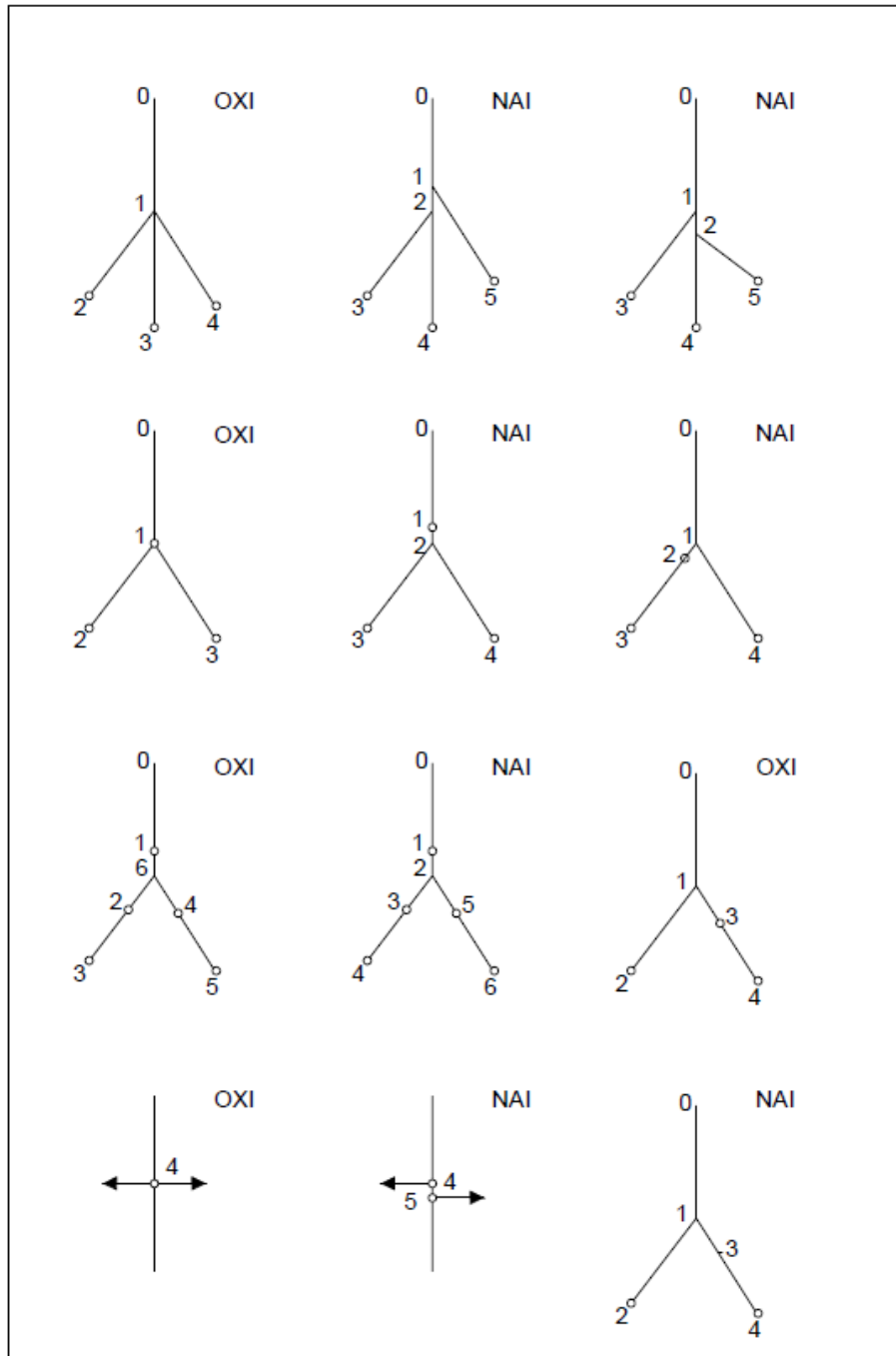
- i. η ονομαστική (εξωτερική) διάμετρος (Nominal Diameter) του σωλήνα (mm),
- ii. το πάχος των τοιχωμάτων (mm),
- iii. ο συντελεστής τραχύτητας γ του Bazin ($m^{1/2}$) και
- iv. το μοναδιαίο κόστος του σωλήνα (νόμισμα/m μήκους).

Σχετικά με την είσοδο των δεδομένων ισχύει:

- ✓ Το είδος του νομίσματος της χώρας που θα κατασκευαστεί το δίκτυο, αναγνωρίζεται αυτόματα από τις τοπικές ρυθμίσεις του υπολογιστή.
- ✓ Η καταχώριση γίνεται κατά σειρά μοναδιαίου κόστους, με αφετηρία το μικρότερο. Το υλικό του σωλήνα και η μέθοδος κατασκευής του αντιπροσωπεύεται από το συντελεστή γ του Bazin.
- ✓ Η μορφή δεδομένων που επιτρέπει το COPAM για την αρίθμηση των στοιχείων του αρδευτικού δικτύου είναι η ορθολογική κατιούσα αρίθμηση.

Άλλοι περιορισμοί του προγράμματος είναι:

- *Όλοι οι ακραίοι κόμβοι πρέπει να έχουν υδροληψίες.*
- *Κάθε αγωγός πρέπει να έχει κατάντη ένα ή δυο το πολύ αγωγούς. Αν στην πραγματικότητα διακλαδίζεται σε τρεις αγωγούς, τότε ο τρίτος πρέπει να εμφανιστεί ότι απέχει από τον κόμβο των άλλων δυο κατά ένα *ιδεατό τμήμα* αγωγού ελάχιστου μήκους, (ακολουθείται γενικά $L=1m$), και ο τρίτος κόμβος λαμβάνει συνεχόμενο αριθμό. Το μικρό αυτό πρόσθετο μήκος μπορεί να αφαιρείται από το μήκος του επόμενου τμήματος αγωγού, ώστε το συνολικό μήκος των αγωγών να ισούται με το πραγματικό. Η εν λόγω πρακτική δε δημιουργεί κανένα πρόβλημα στην ανάλυση. Ωστόσο, έχει ως άμεσο επακόλουθο η αρίθμηση του δικτύου συνολικά να αποπερατώνεται με βάση τους κόμβους και τα υδροστόμια, σε αντίθεση με τη συνηθισμένη πρακτική που είναι η αρίθμηση σύμφωνα με τους κόμβους και τις υδροληψίες.*
- *Στον κόμβο συνάντησης τριών αγωγών δεν πρέπει να υπάρχει υδροστόμιο. Αν υπάρχει, προστίθεται ένα *ιδεατό τμήμα* αγωγού ελάχιστου μήκους ($L=1m$) με το υδροστόμιο στο άκρο του που λαμβάνει συνεχόμενο αριθμό.*
- *Αν υπάρχουν υδροληψίες με δυο ή περισσότερα υδροστόμια, πρέπει να εμφανιστούν της ότι απέχουν μεταξύ της κατά *ιδεατό τμήμα* αγωγού ελάχιστου μήκους ($L=1m$).*



Σχήμα 5.1: Παραδείγματα αρίθμησης κόμβων, (Lamaddalena και Sagardoy, 2000).

Η επιλογή **Network Layout** αφορά στην καταχώριση των στοιχείων που περιγράφουν τη μορφή και το μέγεθος του αρδευτικού δικτύου, την έκταση που αρδεύεται και τη μορφή του εδάφους της περιοχής (Εικόνα 5.5).

Section Number	Initial node	Final node	Area (ha)	Hydrant disch. (l/s)	Section length (m)	Land elevation (m a.s.l.)	Diameter (mm)
1	0	1	0.00	0.0	37.10	356.50	400
2	1	2	2.79	6.00	17.40	353.90	400
3	2	3	0.00	0.0	102.00	341.20	400
4	3	4	0.00	0.0	20.30	339.10	400
5	4	5	0.00	0.0	81.00	328.90	400
6	5	6	3.45	6.00	87.00	317.10	400
7	6	7	0.00	0.0	15.70	314.90	400
8	7	8	0.00	0.0	154.90	306.20	400
9	8	9	0.00	0.0	32.00	304.40	400

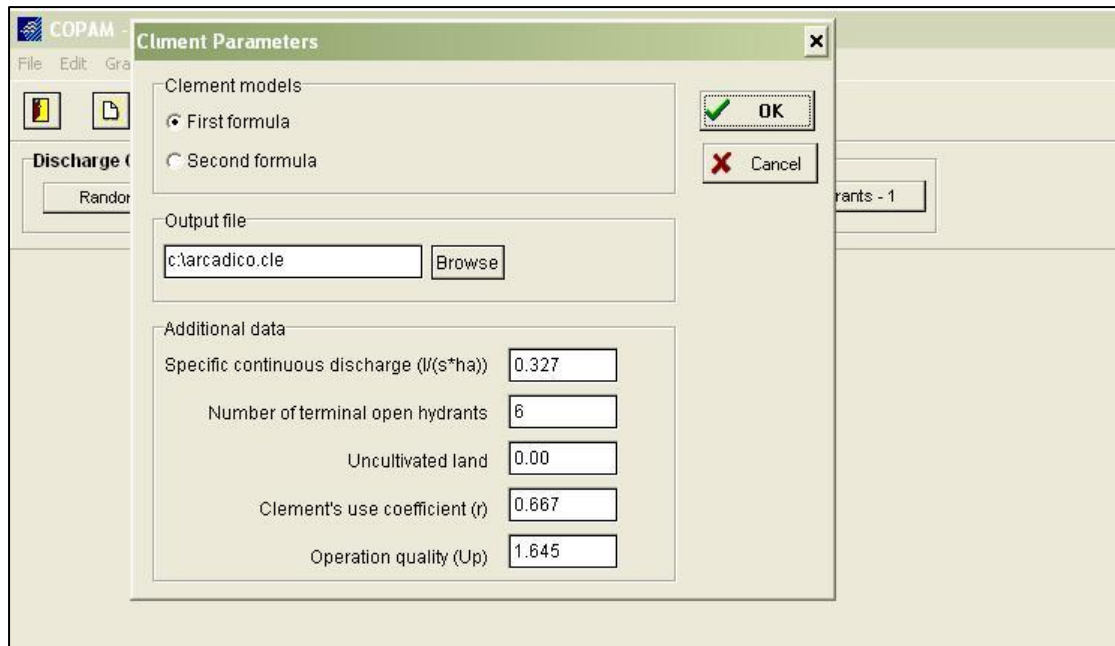
Εικόνα 5.5: Εισαγωγή δεδομένων – στοιχείων του υπό μελέτη δικτύου.

Για τον υπολογισμό των παροχών με το λογισμικό COPAM, από την αρχική οθόνη επιλέγεται στη λειτουργία **Discharge Computation** η επιλογή **Clément**. Από το παράθυρο **Clément Parameters** που εμφανίζεται επιλέγεται ο 1^{ος} ή ο 2^{ος} τύπος του Clément.

5.1.1. Ο 1^{ος} τύπος του Clément

Όταν επιλέγεται ο υπολογισμός παροχών του δικτύου με τον 1^ο τύπο του Clément, πρέπει να καταχωρηθούν τα ακόλουθα δεδομένα στα αντίστοιχα πεδία (Εικόνα 5.6):

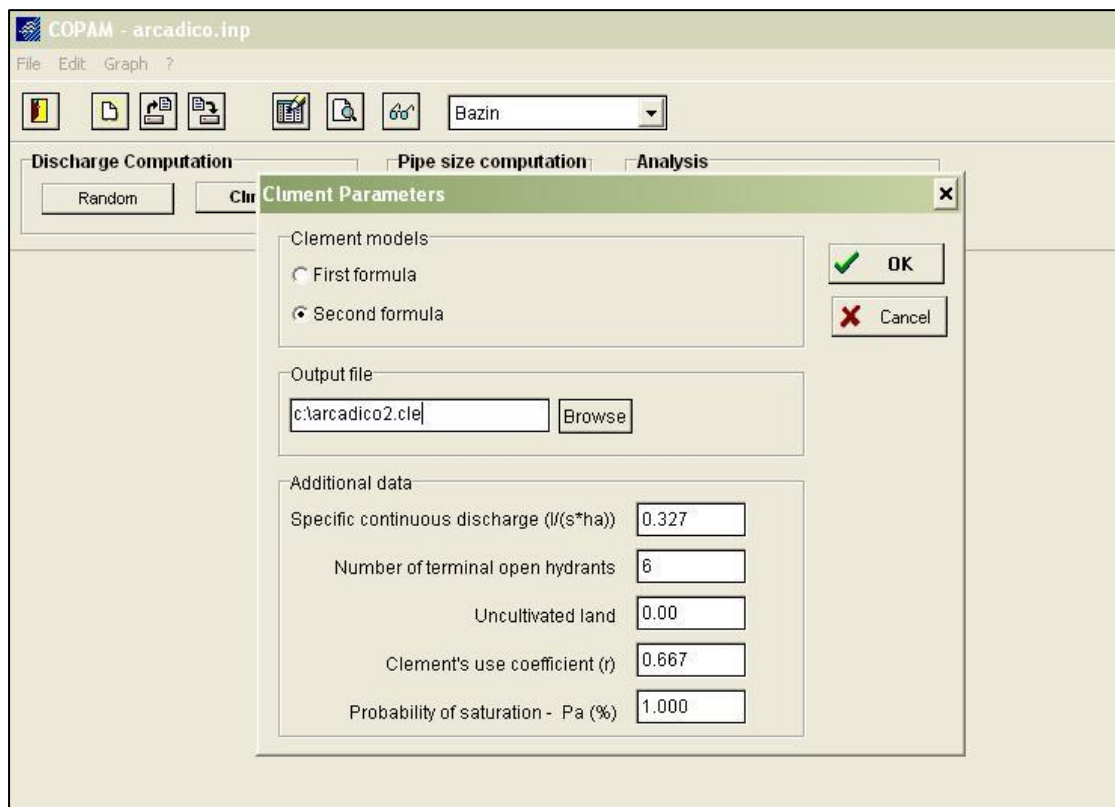
- ✚ Η διαδρομή και το όνομα του αρχείου αποτελεσμάτων (Output file) που θα προκύψει (με προέκταση .cle).
- ✚ Η θεωρητική (συνεχής) ειδική παροχή άρδευσης q_0 (L/s/ha) (για 24ωρη λειτουργία του δικτύου).
- ✚ Ο μέγιστος αριθμός ανοικτών τερματικών υδροστομίων (στο πέρας των κλάδων του δικτύου).
- ✚ Ποσοστό ακαλλιέργητης έκτασης (%).
- ✚ Η απόδοση χρονικής χρησιμοποίησης του δικτύου r σε απόλυτο αριθμό (hr/24 hr).
- ✚ Ο συντελεστής ποιότητας λειτουργίας $U(F(x))$, που προκύπτει βάσει της ποιότητας λειτουργίας του Clément.



Εικόνα 5.6: Εισαγωγή τιμών των παραμέτρων του 1^{ου} τύπου του Clément.

5.1.2. Ο 2^{ος} τύπος του Clément

Όταν επιλέγεται ο υπολογισμός παροχών του δικτύου με το 2^ο τύπο του Clément, πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα στα αντίστοιχα πεδία (Εικόνα 5.7).



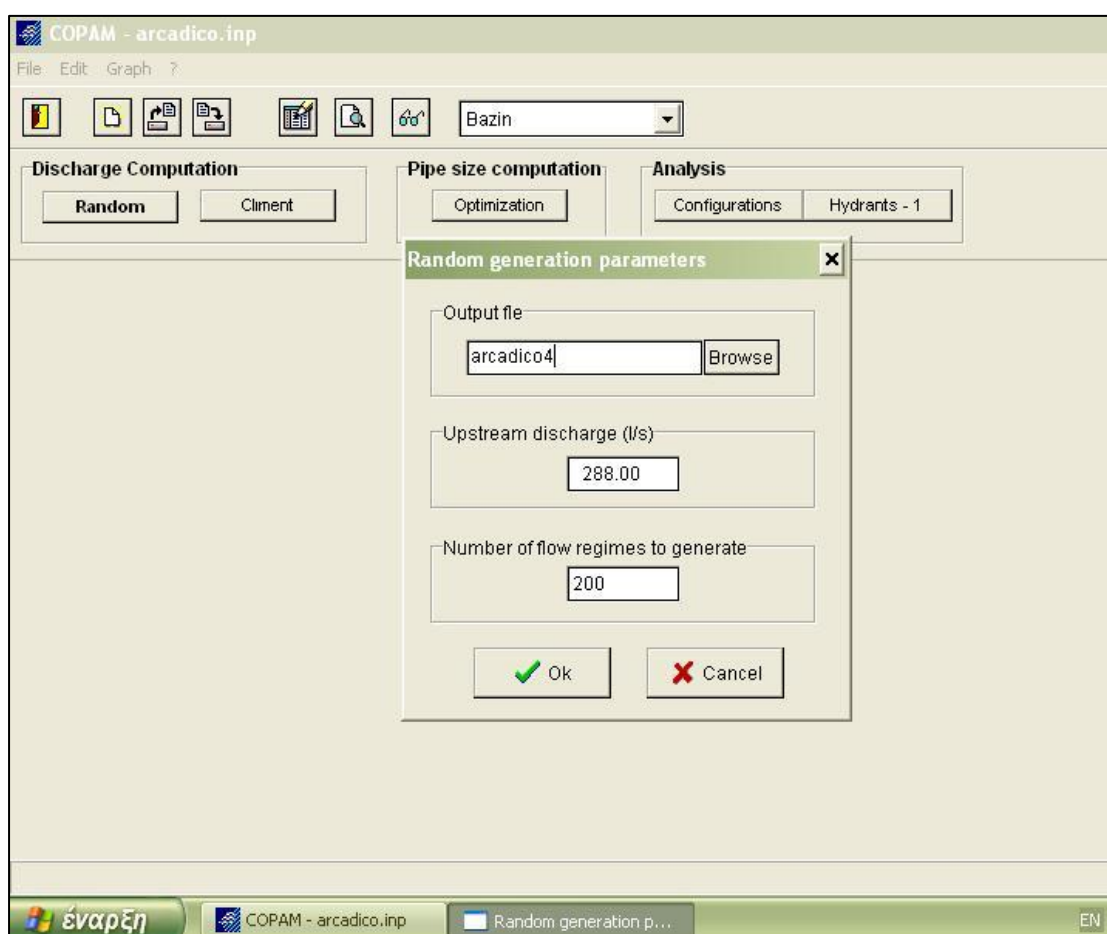
Εικόνα 5.7: Πεδίο καταχώρησης τιμών του 2^{ου} τύπου του Clément.

Το μόνο στοιχείο που διαφέρει από τον 1^ο τύπο του Clément είναι ότι, αντί του συντελεστή ποιότητας λειτουργίας $U(F(x))$, πρέπει να καταχωρηθεί η συσσώρευση ζήτησης ή πιθανότητα κορεσμού $P(a)$ (%), η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με 1%.

Στη δεδομένη μελέτη ωστόσο δε θα εφαρμοσθεί για τον υπολογισμό της παροχής σχεδιασμού ($Q_{clém}$). Προτείνεται η εφαρμογή του 1^{ου} τύπου, ο οποίος σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και τις πρακτικές των τελευταίων ετών είναι και ο επικρατέστερος.

5.1.3 Υπολογισμός των παροχών με τη μέθοδο Διαφόρων Παροχών του λογισμικού COPAM

Για τον υπολογισμό των παροχών με τη μέθοδο των Διαφόρων Παροχών (ή Πρότυπο Τυχαίων Κατανομών Ανοικτών Υδροστομιών) του λογισμικού COPAM, από την αρχική οθόνη επιλέγεται στο πλαίσιο **Discharge Computation** το πεδίο **Random**. Το λογισμικό COPAM για τη γένεση τυχαίων κατανομών ανοικτών υδροστομιών (RGM: Random Generation Model) έχει ενσωματωμένο το πρόγραμμα Random σε γλώσσα προγραμματισμού Turbo Pascal v.6.0. Με την επιλογή Random το παράθυρο που αναδύεται της παρακάτω (Εικόνα 5.8).



Εικόνα 5.8: Random Generation Model – Εισαγωγή παραμέτρων.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για εισαγωγή:

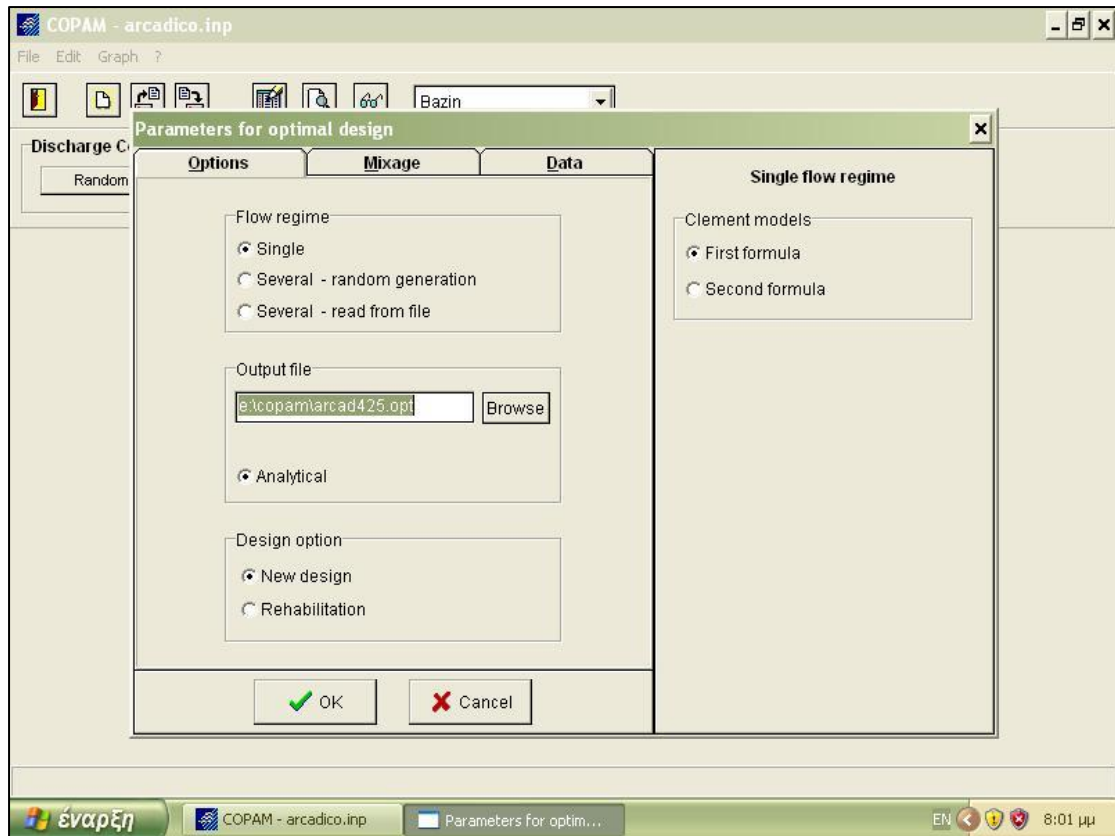
- ❖ Η διαδρομή και το όνομα του αρχείου αποτελεσμάτων (Output file) που θα προκύψει (με προέκταση .ran).
- ❖ Η παροχή σχεδιασμού στην κεφαλή του δικτύου (L/s). Αυτή δεν είναι γνωστή a priori. Για τη δυνατότητα παραγωγής διαφορετικών κατανομών ανοικτών υδροστομιών, αυτή η παροχή πρέπει να έχει υπολογιστεί προηγουμένως με τη μέθοδο του Clément.
- ❖ Ο αριθμός των τυχαίων κατανομών ανοικτών υδροστομιών που θα παραχθούν από το πρόγραμμα, για να ανταποκρίνονται στην παροχή κεφαλής. Υπογραμμίζεται ότι το πρόγραμμα δέχεται *αριθμούς πολλαπλασίους του 10*.

Το πρόγραμμα υπολογίζει της τυχαίες κατανομές ανοικτών υδροστομιών που ορίστηκαν και τις παροχές σε κάθε αγωγό για καθεμιά από αυτές. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των βέλτιστων διαμέτρων των αγωγών του δικτύου.

Στη διατριβή αυτή θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά το 1^ο μοντέλο του Clément για την ανάλυση του δικτύου.

5.1.4 Η χρήση του COPAM για τη βελτιστοποίηση με τη Μέθοδο της Μίας Παροχής

Για τον υπολογισμό των βέλτιστων διαμέτρων με την προαναφερόμενη μέθοδο του λογισμικού, στην οθόνη που εμφανίζεται μετά την επιλογή **Optimization**, στο παράθυρο **Options** επιλέγεται **Single** (Εικόνα 5.9), όπου εφαρμόζεται το *ELIDM Model* (Extended Labye's Iterative Discontinuous Method).



Εικόνα 5.9: Παράμετροι βέλτιστου σχεδιασμού – Πεδίο καταχώρησης Options της Μεθόδου Της Παροχής.

Δίνεται η επιλογή της καταγραφής στο αρχείο αποτελεσμάτων (με προέκταση *.opt*) της τελικής λύσης μόνο, ή της αναλυτικής λύσης για κάθε τυχαία κατανομή υδροστομιών που παράγεται. Σημειώνεται ότι οι τυχαίες κατανομές των ανοικτών υδροστομιών καταγράφονται σε αρχείο με προέκταση *.reg*.

Για την υλοποίηση των παραπάνω, εισάγονται στα αντίστοιχα πεδία, α) η μέγιστη παροχή στην κεφαλή του δικτύου (Maximum upstream discharge, L/s) και, β) ο αριθμός των τυχαίων κατανομών ανοικτών υδροστομιών που θα παραχθούν (*Number of flow regimes to be generated*), ο οποίος πρέπει να είναι *πολλαπλάσιος του 10*.

Στην επιλογή **Data**, οι συμπληρωματικές πληροφορίες για τον υπολογισμό των παροχών είναι απενεργοποιημένες, εφόσον δεν εφαρμόζονται οι τύποι του Clément. Επιπλέον πρέπει να καταχωριστεί το διαθέσιμο πιεζομετρικό φορτίο (m a.s.l.) στην κεφαλή του δικτύου και η ελάχιστη απαιτούμενη πίεση στα υδροστόμια με τις γνωστές επιλογές Constant ή Variable, αντίστοιχα με τη διαδικασία βελτιστοποίησης της μεθόδου Clément.

Μετά την ολοκλήρωση της καταχώρισης των παραμέτρων της βελτιστοποίησης, το πρόγραμμα υπολογίζει τις βέλτιστες διαμέτρους και το κόστος των αγωγών του δικτύου.

COPAM - arcadico.inp
File Edit Graph ?
Bazin

Discharge Corr
Random

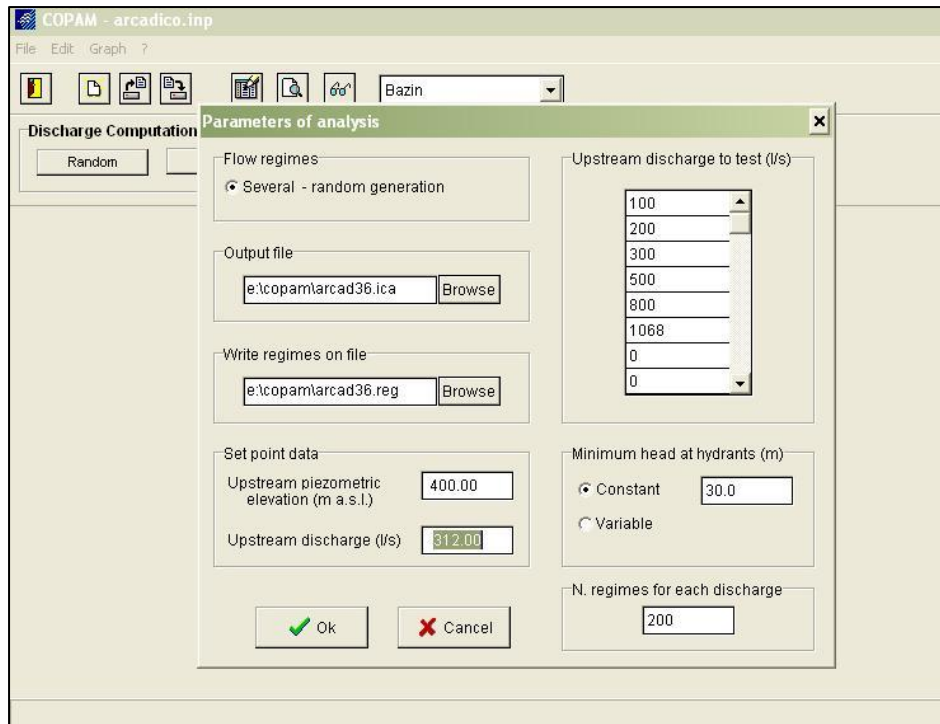
c:\arcadico.opt
1 : 1

SN	IN	FN	Area	N.Hydr	Qcl	Diam	LandEl	Lenght	H	Y	Piez.E
1	0	1	471.8	178	288.0	400	356.50	37.1	42.73	0.77	399.23
2	1	2	471.8	178	288.0	400	353.90	17.4	44.97	0.36	398.87
3	2	3	469.0	177	288.0	400	341.20	102.0	55.56	2.11	396.76
4	3	4	463.6	175	282.0	400	339.10	20.3	57.26	0.40	396.36
5	4	5	457.2	173	282.0	400	328.90	81.0	65.85	1.61	394.75
6	5	6	452.1	171	276.0	400	317.10	87.0	75.99	1.65	393.09
7	6	7	448.6	170	276.0	400	314.90	15.7	77.89	0.30	392.79
8	7	8	443.0	168	270.0	400	306.20	154.9	83.77	2.82	389.97
9	8	9	436.5	166	270.0	400	304.40	32.0	84.99	0.58	389.39
10	9	10	432.1	164	264.0	400	296.10	118.8	91.22	2.07	387.32
11	10	11	425.8	162	264.0	400	296.00	10.9	91.13	0.19	387.13
12	11	12	421.8	160	258.0	400	288.90	157.8	95.61	2.62	384.51
13	12	13	418.1	158	258.0	400	288.80	2.6	95.67	0.04	384.47
14	13	14	415.2	157	258.0	400	283.80	88.4	99.20	1.47	383.00

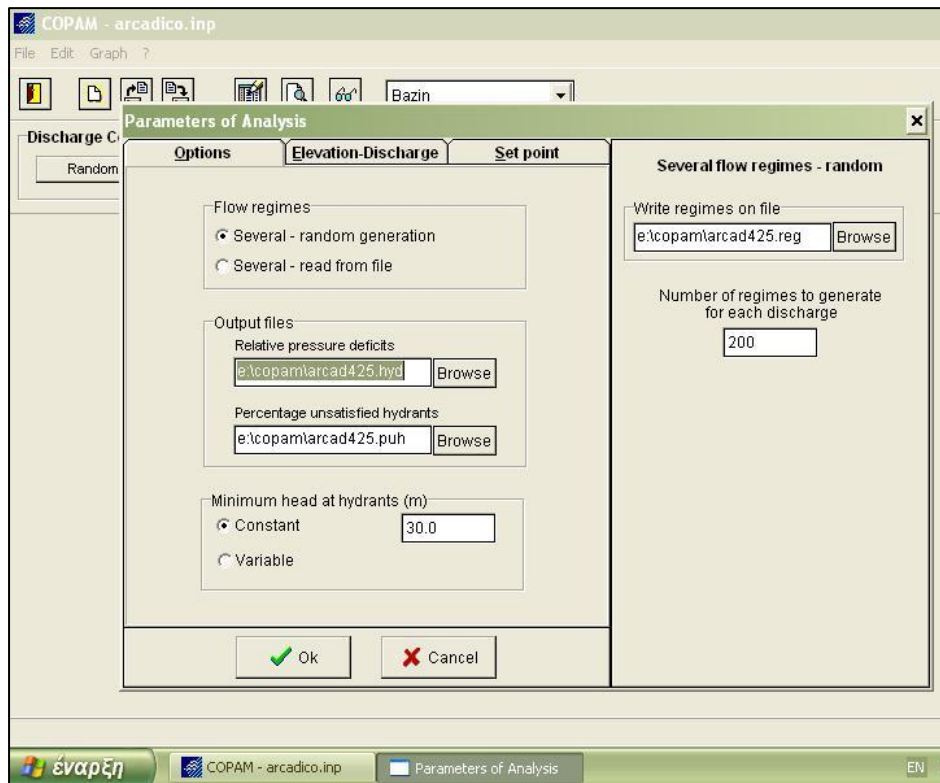
Εικόνα 5.10: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης διαμέτρων αγωγών και παροχών δικτύου με τη Μέθοδο της της παροχής (απλό καθεστώς).

Η ανάλυση λειτουργίας του δικτύου με τη χρήση του προγράμματος COPAM, πραγματοποιείται είτε σε επίπεδο δικτύου με το Μοντέλο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών, είτε σε επίπεδο υδροστομίου με τη χρήση του Μοντέλου AKLA, (Εικόνες 5.11, 5.12). Αμφότερες απαιτούν την εισαγωγή των κάτωθι παραμέτρων:

- ❖ Το πιεζομετρικό φορτίο στην κεφαλή του δικτύου $Z_{κεφ}$ (m).
- ❖ Η παροχή του Clément στην κεφαλή του δικτύου $Q_{Clément}$ (L/s).
- ❖ Το απαιτούμενο φορτίο στα υδροστόμια (m).
- ❖ Οι παροχές κεφαλής που θα εξεταστούν συμπεριλαμβανομένης της αθροιστικής παροχής όλων των υδροστομίων (L/s).
- ❖ Ο αριθμός των τυχαίων κατανομών ανοικτών υδροστομίων που θα παραχθούν από το λογισμικό για κάθε τιμή της παροχής στην κεφαλή (N). Ο αριθμός της πρέπει να είναι πολλαπλάσιος του 10.



Εικόνα 5.11: Παράμετροι ανάλυσης δικτύου με τη Μέθοδο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών.



Εικόνα 5.12: Παράμετροι ανάλυσης με τη Μέθοδο ΑΚΛΑ.

Παραδοχές του Λογισμικού COPAM

A. Γραμμικές απώλειες φορτίου – Τοπικές απώλειες

Το COPAM για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών φορτίου στους υπό πίεση αγωγούς λόγω των τριβών χρησιμοποιεί την εξίσωση τροποποιημένη εξίσωση των Darcy – Weisbach:

$$h_f = 0.000857 \left(1 + 2\gamma D^{-0.5}\right)^2 Q^2 D^{-0.5} L \quad (5.1)$$

Όπου,

γ : ο συντελεστή τραχύτητας του Bazin ($m^{1/2}$)

D: η εσωτερική (καθαρή) διάμετρος του αγωγού (mm)

Q: η παροχή του αγωγού (m^3/s)

L: το μήκος του αγωγού (m)

Οι τοπικές απώλειες αγνοούνται από το πρόγραμμα στους υπολογισμούς, καθώς θεωρούνται ως αμελητέες σε σχέση με τις γραμμικές απώλειες.

Γενικότερα, η μέθοδος Labye, την οποία χρησιμοποιεί το λογισμικό COPAM, δεν μπορεί να λάβει υπόψη τις τοπικές απώλειες με άλλο τρόπο, εκτός από την αύξηση του συντελεστή τραχύτητας του σωλήνα κατά ένα ποσοστό, ώστε οι γραμμικές απώλειες να αυξάνονται κατά 10 έως 15 %, σύμφωνα με την Εγκύκλιο Δ. 22200/30-7-1977 του άλλοτε Υπουργείου Δημοσίων Έργων.

Επίσης, το κόστος ειδικών τεμαχίων μπορεί να ληφθεί υπόψη μόνο ενσωματωμένο στο κόστος του κύριου αγωγού π.χ. με αύξηση του μοναδιαίου κόστους (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

B. Τραχύτητα των σωλήνων

Το λογισμικό COPAM όσο αφορά την τραχύτητα των σωλήνων, λαμβάνει υπόψη του το συντελεστή τραχύτητας “ γ ” Bazin ($m^{1/2}$), ο οποίος εξαρτάται από το υλικό του σωλήνα και τη μέθοδο κατασκευής του (Πίνακας 5.1) (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

TYPE OF PIPE	Equivalent homogenous roughness ϵ (mm)	γ ($m^{0.5}$)
1- Technically smooth tubes (glass, brass, drawn copper, resin)	0 \div 0.02	--
2- Steel pipes		
A) Time degradable coverings		
- New pipes, varnished by centrifugation	0.05	--
- Bitumened by immersion	0.1 \div 0.015	\leq 0.06
- In current duty with light rust	0.2 \div 0.4	0.10
- With asphalt or tar applied by hands	0.5 \div 0.6	0.16
- With diffused tubercolisation	1 \div 3	0.23
B) Non degradable coverings		
- Cement applied by centrifugation	0.05 \div 0.15	\leq 0.06
3- Welded sheet-pipes		
- In good conditions	0.2 \div 0.3	0.10
- In current duty with crusting	0.4 \div 1.0	0.16
4- Nailed sheet-pipes		
- 1 line of longitudinal nails	0.3 \div 0.4	0.10
- 2 lines of longitudinal nails	0.6 \div 0.7	0.16
- Idem with crusting	Ull 3.0	0.30
- 4-6 lines of longitudinal nails	2.0	0.23
- 6 lines of longitudinal nails + 4 transversal	3.0	0.30
- Idem with crusting	Ull 5.0	0.36
5- Cast iron pipes		
- With centrifuged-cemented covering	0.1	\leq 0.06
- New, covered internally with bitumen	0.15	0.06
- New, not covered	0.2 \div 0.4	0.10
- With light crusting	0.4 \div 1.0	0.16
- In current duty, partially rusted	1.0 \div 2.0	0.23
- strongly encrusted	3.0 \div 5.0	0.36
6- Cement-pipes		
- Asbestos cement	0.1	\leq 0.06
- New reinforced concrete, plaster perfectly smooth	0.1 \div 0.15	0.06
- Reinforced concrete with smooth plaster, in work for many years	2.0	0.23
- Tunnels with cement plaster, depending on the degree of finish	2.0 \div 5.0	0.23 \div 0.36

Πίνακας 5.1: Συντελεστές τραχύτητας “ γ ” Bazin για διάφορα υλικά σωληνώσεων (Lamaddalena and Sagardoy, 2000).

Γ. Επιτρεπόμενες ταχύτητες

Το λογισμικό COPAM χρησιμοποιεί για όλες τις διαμέτρους εμπορίου το ίδιο εύρος επιτρεπόμενων ταχυτήτων νερού της αγωγούς, και συγκεκριμένα $V_{min} = 0.2$ m/s και $V_{max} = 2.5$ m/s.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα που χρησιμοποιεί το COPAM είναι μεγαλύτερη, στις περισσότερες περιπτώσεις, από τις μέγιστες ταχύτητες της Εγκυκλίου Δ.22.200/30 – 07 – 1977 του άλλοτε Υ.Δ.Ε. (Παράρτημα – Νομοθεσία). Αυτό έχει ως συνέπεια να γίνονται αποδεκτές στη χρήση μικρότερες διάμετροι εμπορίου, με συνέπεια τη μείωση του κόστους του αρδευτικού δικτύου.

5.2 Μελέτη Εφαρμογής

Το εξεταζόμενο δίκτυο σχεδιάστηκε στην περιοχή της ΤΚ Αρκαδικού σε περιβάλλον GIS και στην ενότητα αυτή θα προσομοιωθεί και θα αναλυθεί με τα μαθηματικά μοντέλα και επεκτάσεις που περιλαμβάνει το υδραυλικό λογισμικό COPAM. Η

ανάlysή του θα εκτελεστεί σε επίπεδο δικτύου καθώς και σε επίπεδο υδροστομίου και συγκροτεί το σενάριο βάσης της μελέτης που θα ακολουθήσει.

5.2.1 Δεδομένα και παράμετροι σχεδιασμού

Για το νέο εξεταζόμενο δίκτυο θα ισχύουν τα παρακάτω δεδομένα:

- ✚ Το σύστημα διανομής αρδευτικού νερού θα είναι η Ελεύθερη Ζήτηση.
- ✚ Ο συντελεστής χρονικής λειτουργίας ανά 24ωρο του δικτύου της θα είναι ίσος με 16/24 ή 0.667.
- ✚ Η μέση ειδική συνεχή παροχή (q_0) επιλέγεται ίση με 0,327 L/s/ha.
- ✚ Απαιτούμενο φορτίο πίεσης στο υδροστόμιο 30m.
- ✚ Πιεζομετρικό φορτίο στην κεφαλή του δικτύου ($Z_{κεφ}$) ίσο με 400 m.
- ✚ Ο αριθμός εγκατεστημένων υδροστομίων R είναι ίσος με 178 σύμφωνα με την τελική χάραξη.
- ✚ Η ονομαστική παροχή των υδροστομίων d ίση με 6 L/s.
- ✚ Τυπικό μέγεθος αρδευτικής μονάδας που εξυπηρετείται από ένα υδροστόμιο είναι τα 30 στρέμματα (3ha), στην πράξη ωστόσο είναι κυμαινόμενο.
- ✚ Ποιότητα λειτουργίας του δικτύου ίση με $P_q=95\%$, συνεπώς $U(P_q)=1.645$

Τα παραπάνω στοιχεία πλειοψηφικά αντλούνται και συνάδουν με τις προδιαγραφές που έχει δώσει η μελέτη του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου (ΥΠ.Α.Α.Τ., 2014) για τις υπό άρδευση περιοχές. Το πιεζομετρικό φορτίο στην κεφαλή λαμβάνει την τιμή της ανώτατης στάθμης της Δ1 δεξαμενής από όπου και θα τροφοδοτείται.

Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι η τιμή της ειδικής συνεχούς παροχής επιλέχθηκε **0,327 L/s/ha** αντί 0,290 L/s/ha που προτείνει η οικονομοτεχνική όπως και η γεωργοτεχνική μελέτη, η οποία αποτελεί τη μέγιστη ειδική παροχή για το μήνα Ιούλιο για τις περιοχές Αρκαδικό, Μετόχι και Ασκληπιείο. Η νέα προτεινόμενη τιμή του μήνα αιχμής του μέσου έτους απορρέει από την εκτίμηση της μελλοντικής γεωργικής κατάστασης και τις υπάρχουσες τάσεις του πληθυσμού για επένδυση στον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Εκτιμάται ότι από τις μέχρι σήμερα συγκεντρώσεις και ενημερώσεις του πληθυσμού, το ενδιαφέρον των κατοίκων και των αγροτών της κοινότητας θα αυξηθεί σημαντικά με την έλευση του αρδευτικού συστήματος, όπως συνέβη με την άφιξη του κεντρικού αγωγού στο Δήμο. Κατά τη φάση του σχεδιασμού, η εκτίμηση των αναγκών νερού για άρδευση σε επίπεδο περιμέτρου συνιστά μία παράμετρο πρωταρχικής σημασίας, η οποία μελετά την εξέλιξη της κατανομής των καλλιεργειών ανά πέντε (5) έτη για τα πρώτα 15 χρόνια και σε επίπεδο καλλιεργειών με βάση τους ετήσιους καταναλισκόμενους όγκους νερού ανά καλλιέργεια, (Δέρκας, 2001).

Ο συντελεστής τραχύτητας των αγωγών του Bazin (γ) λαμβάνει τιμή ίση με 0.06 για τους αγωγούς PVC που θα εγκατασταθούν, ενώ για τους χαλύβδινους αγωγούς 0.23, (Lamadadena and Sagardoy, 2000).

Στη συνέχεια παρατίθεται σε μορφή πίνακα η λίστα με τις διαμέτρους των αγωγών που προτείνεται να εφαρμοστούν στο έργο, το είδος του υλικού κατασκευής και το

αναλογούν κόστος ανά μέτρο σωλήνα, για κλάση 12,5 bars, (Πίνακας 5.2). Η λίστα αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στην ελληνική αγορά κατόπιν έρευνας που διενεργήθηκε.

Διάμετρος (εσωτ. mm)	Υλικό	Κόστος (€/m)
97	PVC	8,84
124	PVC	13,45
141	PVC	17,00
176	PVC	24,06
199	PVC	30,42
247	PVC	46,89
279	PVC	58,96
314	PVC	74,19
352	PVC	92,87
400	Χάλυβας	109,76
450	Χάλυβας	120,75
500	Χάλυβας	130,90
600	Χάλυβας	150,24
700	Χάλυβας	183,57
800	Χάλυβας	220,85
900	Χάλυβας	281,36
1000	Χάλυβας	314,26

Πίνακας 5.2: Στοιχεία διαμέτρων, υλικών και κόστους των αγωγών για το υπό μελέτη δίκτυο.

Τα στοιχεία αυτά θα καταχωρηθούν στο λογισμικό COPAM στη συνέχεια για τη διαστασιολόγηση του νέου αυτού δικτύου.

5.2.2 Δημιουργία αρχείου εισόδου

Το πρώτο βήμα επεξεργασίας στο λογισμικό αποτελεί η δημιουργία του αρχείου εισόδου (input file), από το οποίο θα παραχθεί το δίκτυο. Τα στοιχεία που απαιτούνται είναι η καταχώρηση των ανάντη και κατόντη κόμβων του νέου δικτύου, η έκταση που αρδεύεται ή όχι, αντίστοιχα αν υπάρχει υδροστόμιο, το μήκος του αγωγού και τέλος, το υψόμετρο του κατόντη κόμβου.

Τα στοιχεία αυτά θα οδηγήσουν στη διαστασιολόγηση του δικτύου και στον καθορισμό των παροχών σε κάθε σημείο, καθώς και της παροχής σχεδιασμού ($Q_{\text{σχεδ}}=Q_{\text{clém}}$).

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί η σημασία της προσεκτικής και ορθής αρίθμησης σύμφωνα με τους κανόνες του COPAM. Η σωστή προετοιμασία του αρχείου εισόδου με άλλα λόγια συνιστά καταλυτικό παράγοντα για το εξαγόμενο αποτέλεσμα του νέου δικτύου, όσο αφορά τη διάταξή του, τη λειτουργία και την εξάλειψη πιθανών σφαλμάτων.

Το αρχείο που δημιουργήθηκε (Πίνακας 5.3) είναι προϊόν του δικτύου που σχεδιάστηκε και χωροθετήθηκε σε GIS.

A/A Κόμβου	Ανάτη Κόμβος	Κατάτη Κόμβος	Έκταση (ha)	Κωδικός Παροχής Υδροστομίου	Μήκος (m)	Υψόμετρο (m) κατάτη κόμβου
1	0	1	0	0	37,1	356,5
2	1	2	2,79	1	17,4	353,9
3	2	3	0	0	102,0	341,2
4	3	4	0	0	20,3	339,1
5	4	5	0	0	81,0	328,9
6	5	6	3,45	1	87,0	317,1
7	6	7	0	0	15,7	314,9
8	7	8	0	0	154,9	306,2
9	8	9	0	0	32,0	304,4
10	9	10	0	0	118,8	296,1
11	10	11	0	0	10,9	296,0
12	11	12	0	0	157,8	288,9
13	12	13	2,91	1	2,6	288,8
14	13	14	0	0	88,4	283,8
15	14	15	3,11	1	30,9	281,9
16	15	16	0	0	130,7	276,0
17	16	17	2,74	1	32,0	274,4
18	17	18	1,79	1	177,5	263,9
19	18	19	0	0	93,7	262,6
20	19	20	0	0	4,6	263,0
21	20	21	0	0	57,1	260,0
22	21	22	0	0	77,4	257,9
23	22	23	0	0	65,2	257,1
24	23	24	0	0	119,1	255,7
25	24	25	0	0	45,0	253,9
26	25	26	1,48	1	128,8	249,2
27	26	27	0	0	82,7	245,8
28	27	28	0	0	38,7	245,0
29	28	29	0	0	190,3	237,0
30	29	30	1,6	1	104,7	232,3
31	30	31	0	0	46,0	230,5
32	31	32	0	0	129,9	228,0
33	32	33	3,33	1	49,0	228,2
34	33	34	0	0	146,0	229,9
35	34	35	0	0	207,6	228,0
36	35	36	0	0	103,4	228,5
37	36	37	0	0	56,8	231,2
38	37	38	0	0	158,0	224,0
39	38	39	0	0	162,2	217,5
40	39	40	0	0	75,8	211,5
41	40	41	2,71	1	33,2	209,5
42	41	42	3,4	1	191,0	193,7

43	42	43	0	0	202,0	185,6
44	43	44	1,78	1	23,7	185,0
45	44	45	0	0	133,6	175,8
46	45	46	3,05	1	18,6	176,5
47	46	47	1,78	1	214,3	185,5
48	31	48	2,92	1	107,6	234,1
49	48	49	0	0	97,4	236,0
50	49	50	0	0	124,8	232,0
51	50	51	0	0	76,0	232,0
52	51	52	2,76	1	210,0	224,0
53	52	53	0	0	115,0	220,0
54	53	54	2,84	1	148,0	193,1
55	54	55	0	0	141,2	196,3
56	55	56	0	0	32,5	191,8
57	56	57	0	0	133,2	180,1
58	57	58	3,14	1	43,5	187,9
59	20	59	0	0	229,8	256,9
60	59	60	0	0	252,0	242,7
61	60	61	3,33	1	175,5	240,4
62	61	62	0	0	20,9	235,0
63	62	63	0	0	92,9	232,1
64	63	64	0	0	232,8	221,5
65	64	65	0	0	43,1	219,1
66	65	66	1,59	1	98,6	212,2
67	66	67	1,59	1	205,2	213,1
68	67	68	0	0	79,2	213,9
69	68	69	1,47	1	91,4	213,0
70	69	70	0	0	95,5	214,2
71	70	71	0	0	77,9	209,0
72	71	72	1,47	1	14,7	208,0
73	72	73	0	0	121,3	198,9
74	73	74	1,6	1	146,3	184,0
75	74	75	2,96	1	192,6	208,4
76	75	76	0	0	130,7	216,0
77	76	77	0	0	113,5	211,1
78	77	78	0	0	43,2	207,7
79	78	79	3,36	1	94,7	200,0
80	79	80	0	0	36,1	196,3
81	80	81	0	0	98,4	200,1
82	81	82	0	0	64,3	204,0
83	82	83	0	0	75,3	204,0
84	83	84	0	0	217,9	196,0
85	84	85	0	0	10,7	192,0
86	28	86	2,85	1	164,4	239,3
87	86	87	2,01	1	102,8	233,4
88	87	88	0	0	23,7	232,1

89	88	89	0	0	340,5	228,0
90	89	90	0	0	20,5	228,0
91	90	91	3,6	1	112,6	228,0
92	91	92	0	0	152,0	228,0
93	92	93	3,33	1	10,6	227,7
94	93	94	0	0	84,3	215,7
95	94	95	0	0	59,2	209,2
96	95	96	1,92	1	79,8	201,4
97	96	97	2,78	1	34,0	196,0
98	27	98	2,93	1	50,1	245,1
99	98	99	0	0	89,8	240,9
100	99	100	0	0	65,3	242,8
101	100	101	1,88	1	360,5	245,0
102	101	102	0	0	96,4	248,9
103	102	103	2,49	1	136,9	243,9
104	103	104	0	0	86,4	240,4
105	104	105	0	0	14,0	240,0
106	105	106	0	0	207,4	231,4
107	106	107	0	0	71,6	228,0
108	107	108	0	0	201,9	205,4
109	108	109	3,1	1	94,5	213,7
110	102	110	0	0	41,1	250,3
111	110	111	0	0	88,0	248,1
112	111	112	0	0	307,4	230,6
113	112	113	3,27	1	21,6	228,2
114	113	114	3,32	1	114,9	212,0
115	114	115	0	0	8,4	213,6
116	115	116	1,55	1	162,0	218,2
117	116	117	1,55	1	1,0	218,2
118	40	118	3	1	173,1	210,7
119	118	119	0	0	106,3	201,9
120	119	120	0	0	4,6	201,2
121	120	121	3,2	1	86,4	192,3
122	121	122	2,45	1	91,5	176,9
123	122	123	0	0	29,2	176,0
124	123	124	1,91	1	223,0	181,1
125	73	125	0	0	80,6	190,6
126	125	126	2,68	1	72,1	194,1
127	126	127	0	0	61,2	195,8
128	127	128	0	0	51,9	198,6
129	128	129	2,95	1	190,9	218,8
130	19	130	0	0	76,9	266,9
131	130	131	0	0	116,2	259,9
132	131	132	0	0	11,3	259,1
133	132	133	1,79	1	188,6	261,7
134	1	134	3,44	1	132,9	349,8

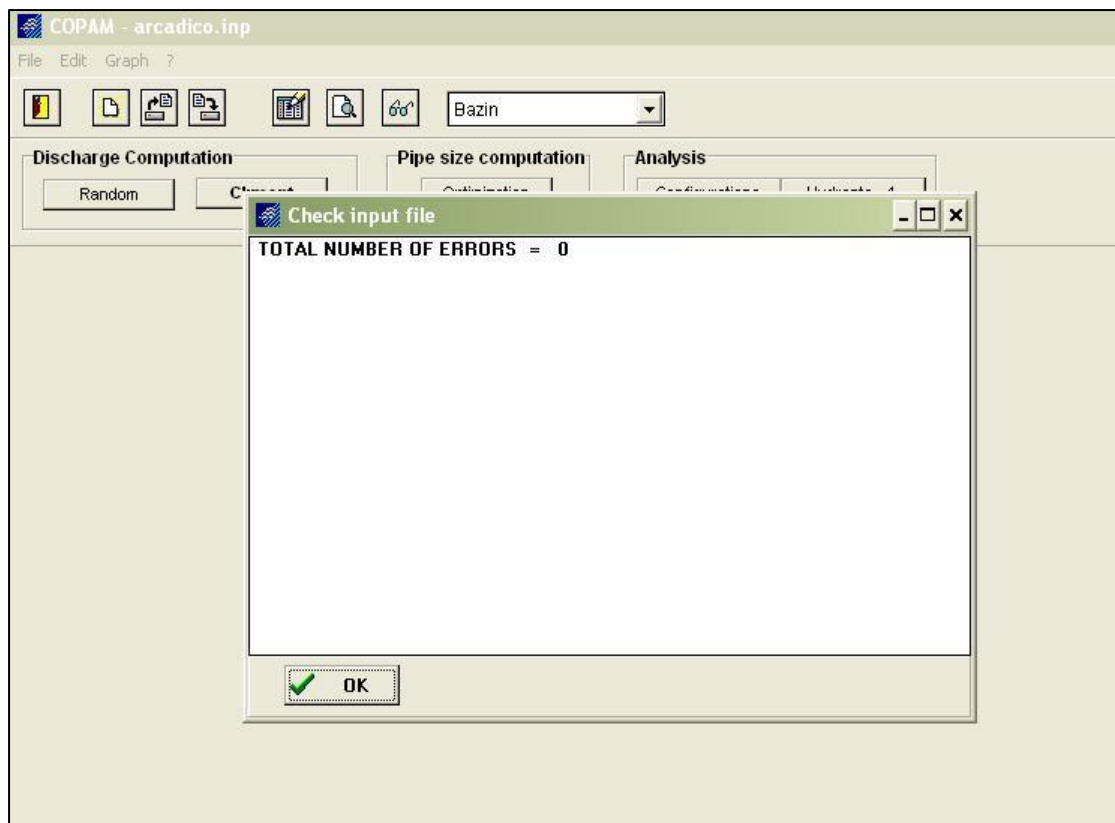
135	134	135	2,92	1	234,0	349,1
136	135	136	3,92	1	165,5	341,2
137	136	137	3,05	1	1,0	341,2
138	3	138	3,2	1	136,7	336,1
139	138	139	2,23	1	352,7	325,0
140	4	140	3,02	1	91,6	339,1
141	140	141	3,36	1	138,1	338,4
142	5	142	2,88	1	152,9	323,0
143	142	143	2,23	1	302,7	312,1
144	7	144	2,79	1	165,8	311,2
145	144	145	2,9	1	213,6	304,0
146	8	146	2,72	1	184,2	302,7
147	146	147	3,72	1	108,7	299,6
148	9	148	2,19	1	102,8	307,0
149	148	149	2,19	1	158,1	310,5
150	10	150	3,09	1	108,7	295,0
151	150	151	3,25	1	128,5	286,4
152	11	152	1,99	1	96,7	301,3
153	152	153	1,99	1	1,0	301,3
154	12	154	1,84	1	73,4	186,2
155	154	155	1,84	1	151,7	278,9
156	14	156	3,09	1	108,4	281,5
157	156	157	3,27	1	193,2	272,3
158	16	158	3,47	1	110,1	273,3
159	158	159	2,77	1	109,4	276,0
160	159	160	2,94	1	92,6	268,8
161	21	161	3,26	1	105,6	275,6
162	22	162	2,96	1	121,7	263,4
163	23	163	2,19	1	98,6	272,2
164	24	164	2,19	1	149,0	261,0
165	164	165	2,96	1	1,0	261,0
166	26	166	3,07	1	58,2	247,2
167	166	167	3,19	1	64,3	247,1
168	29	168	3,84	1	102,3	239,5
169	168	169	3,23	1	1,0	239,5
170	32	170	2,33	1	91,7	228,3
171	170	171	3,03	1	121,4	224,5
172	34	172	2,87	1	127,0	232,0
173	35	173	1,39	1	20,9	228,0
174	173	174	2,87	1	76,2	213,9
175	36	175	1,39	1	135,2	219,9
176	175	176	2,84	1	1,0	219,9
177	37	177	2,96	1	160,0	222,3
178	38	178	2,98	1	184,0	203,5
179	178	179	2,97	1	1,0	203,5
180	39	180	3,26	1	190,0	213,1

181	43	181	2,73	1	48,5	184,0
182	181	182	2,9	1	1,0	184,0
183	182	183	2,94	1	189,0	176,0
184	49	184	1,6	1	223,0	226,5
185	184	185	2,78	1	1,0	226,5
186	50	186	2,91	1	9,0	232,0
187	186	187	2,83	1	212,6	228,0
188	51	188	2,74	1	44,0	227,2
189	188	189	2,83	1	115,9	224,4
190	53	190	2,88	1	90,0	205,7
191	55	191	1,62	1	171,5	211,9
192	191	192	1,62	1	182,2	216,0
193	192	193	3,13	1	42,0	220,0
194	56	194	3,03	1	80,9	190,8
195	194	195	2,53	1	168,5	194,0
196	195	196	3,42	1	128,0	193,9
197	57	197	3,78	1	144,2	185,9
198	59	198	1,73	1	41,5	256,0
199	198	199	3,03	1	111,1	260,0
200	60	200	3,11	1	129,8	253,6
201	62	201	3,05	1	103,2	243,2
202	201	202	2,97	1	1,0	243,2
203	63	203	3,33	1	66,0	228,0
204	203	204	3,02	1	128,3	246,5
205	64	205	3,06	1	116,6	228,7
206	65	206	1,9	1	13,4	219,0
207	206	207	1,9	1	103,9	216,0
208	68	208	2,95	1	99,0	234,5
209	208	209	3,08	1	1,0	234,5
210	70	210	1,57	1	185,5	219,5
211	210	211	1,57	1	160,0	231,7
212	211	212	2,09	1	1,0	231,7
213	71	213	2,5	1	112,6	208,0
214	213	214	2,6	1	1,0	208,0
215	76	215	2,4	1	108,1	220,0
216	215	216	2,96	1	119,2	227,6
217	77	217	2,54	1	55,4	211,3
218	217	218	3,3	1	153,0	210,1
219	218	219	2,65	1	96,5	210,0
220	78	220	2,7	1	257,7	214,0
221	80	221	2,06	1	234,8	210,9
222	221	222	2,94	1	1,0	210,9
223	81	223	3,14	1	204,3	205,1
224	223	224	1,69	1	1,0	205,1
225	82	225	3,03	1	140,0	199,3
226	225	226	3,25	1	1,0	199,3

227	83	227	2,39	1	222,0	208,0
228	227	228	1,69	1	1,0	208,0
229	84	229	2,76	1	142,5	188,2
230	229	230	3,1	1	25,4	180,0
231	88	231	3	1	80,0	234,1
232	89	232	2,86	1	149,3	222,0
233	232	233	3,03	1	1,0	222,0
234	90	234	3,46	1	236,6	223,0
235	234	235	3,6	1	1,0	223,0
236	92	236	2,73	1	207,9	207,0
237	94	237	3	1	153,5	204,0
238	95	238	3,25	1	141,7	212,9
239	238	239	3	1	105,3	202,8
240	99	240	3	1	49,0	237,4
241	240	241	2,49	1	57,2	236,0
242	241	242	1,66	1	65,3	236,6
243	100	243	2,23	1	150,0	250,8
244	243	244	2,59	1	80,0	253,7
245	104	245	1,66	1	165,6	230,9
246	245	246	3,3	1	1,0	230,9
247	105	247	2,96	1	56,6	242,0
248	247	248	3,25	1	157,7	236,3
249	106	249	2,09	1	182,3	224,0
250	107	250	2,61	1	122,4	208,0
251	250	251	2,62	1	1,0	208,0
252	108	252	3,05	1	124,3	208,0
253	110	253	2,77	1	74,0	246,6
254	111	254	2,2	1	90,0	250,4
255	112	255	3,17	1	193,4	230,0
256	255	256	3	1	1,0	230,0
257	120	257	2,46	1	101,6	200,7
258	257	258	2,6	1	1,0	200,7
259	125	259	1,75	1	142,5	192,0
260	127	260	1,75	1	25,4	196,0
261	260	261	1,6	1	68,6	196,6
262	130	262	1,73	1	66,8	264,2
263	131	263	1,66	1	26,7	259,6
264	263	264	1,66	1	101,3	256,0

Πίνακας 5.3: Αρχείο εισόδου *arcadico.inp* στο COPAM για το υπό μελέτη δίκτυο.

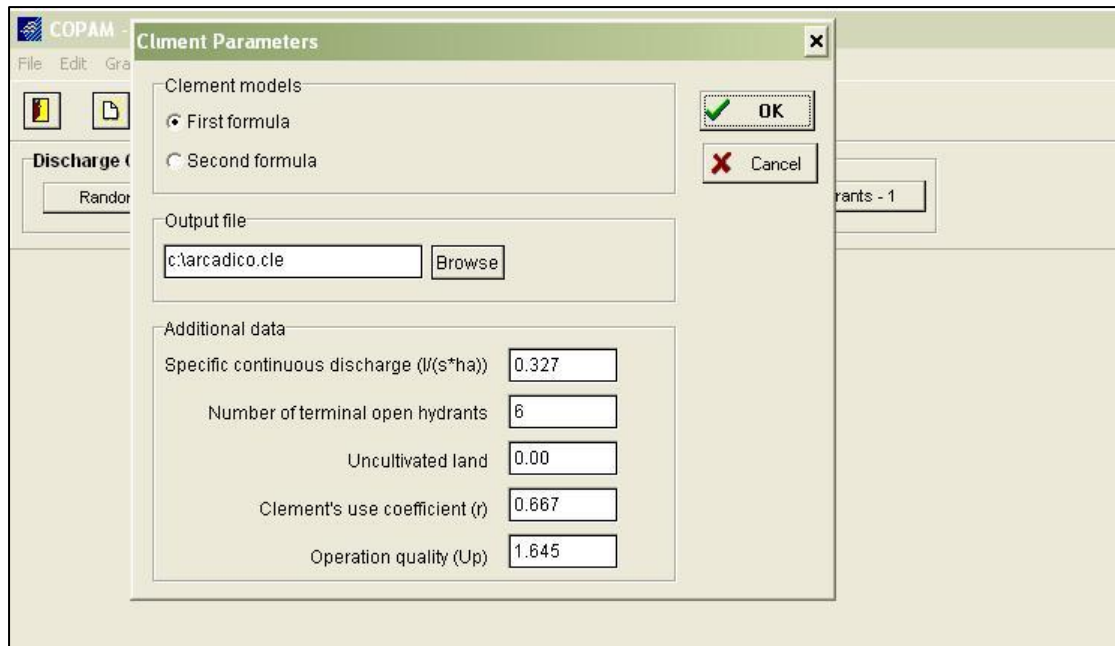
Αφού καταχωρήθηκαν τα δεδομένα εισόδου, ακολούθησε ο έλεγχος του αρχείου εισόδου, ώστε να διορθωθούν οι όποιες παραλείψεις και σφάλματα. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με το εικονίδιο Check input file (Εικόνα 5.13), μέχρις ότου τα λάθη μηδενιστούν.



Εικόνα 5.13: Έλεγχος δεδομένων εισόδου στο COPAM.

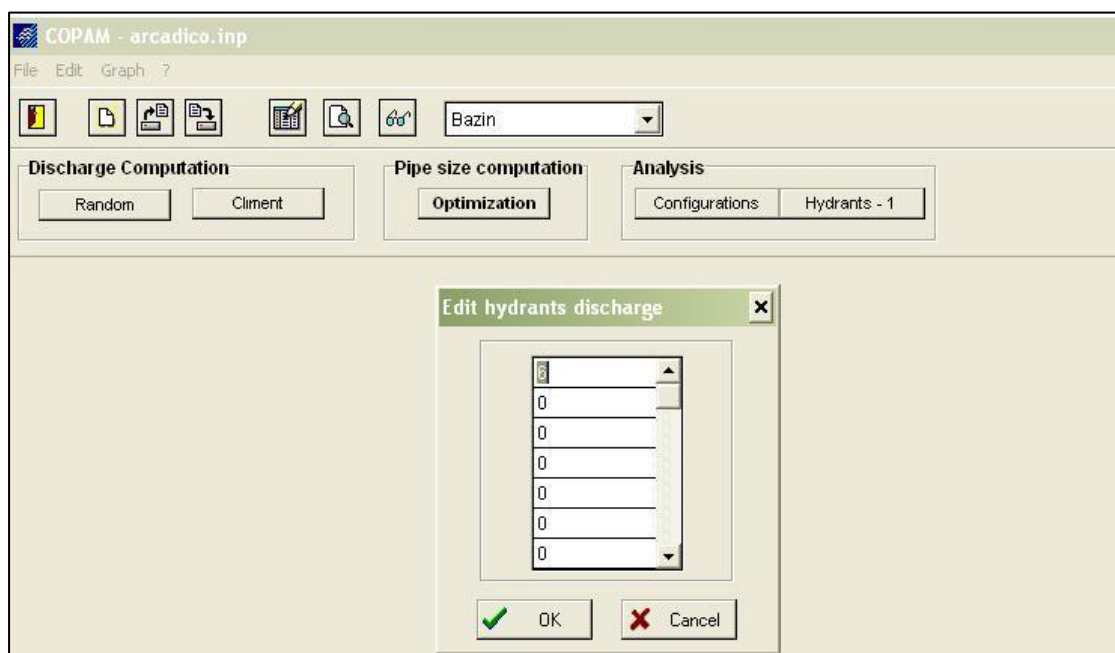
5.2.3 Υπολογισμός παροχών και διαστασιολόγηση νέου δικτύου

Το δίκτυο του Αρκαδικού σχεδιάστηκε για σύστημα διανομής ελεύθερης ζήτησης και ο υπολογισμός των παροχών προκύπτει από το πρώτο μοντέλο του Clément. Ακόμη, γίνεται η παραδοχή ότι η παροχή υπολογίζεται αθροιστικά για τα 6 ακραία υδροστόμια κάθε κλάδου, (Εικόνα 5.14).



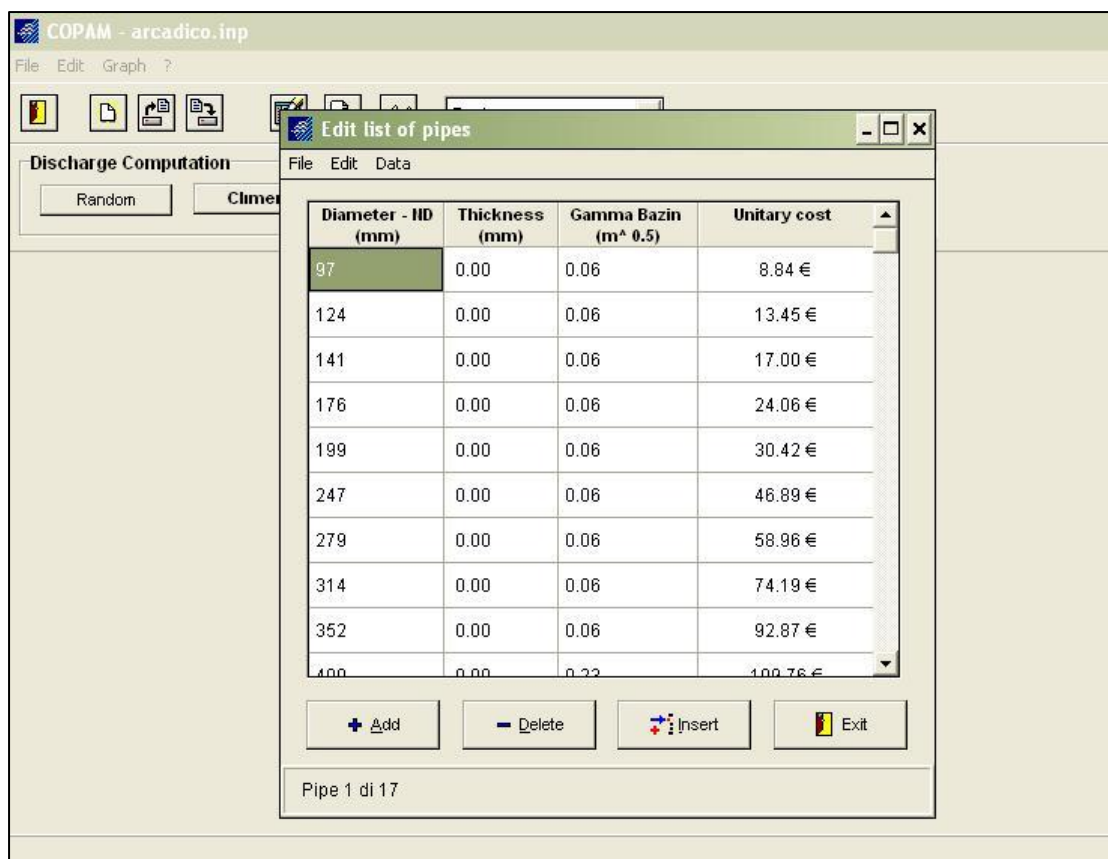
Εικόνα 5.14: Εισαγωγή στοιχείων λειτουργίας με το πρώτο μοντέλο του Clément.

Σειρά έχει ο καθορισμός της τιμής της ονομαστικής παροχής των υδροστομιών του δικτύου, η οποία θα είναι ενιαία στο σύνολό της και ίση με 6 L/s, (Εικόνα 5.15).



Εικόνα 5.15: Εισαγωγή τιμής ονομαστικής παροχής υδροστομιών.

Τέλος, καταχωρούνται οι τιμές των διαμέτρων του Πίνακα 5.2 με τα αντίστοιχα κόστη, καθώς και τις τιμές του συντελεστή γ Bazin, (Εικόνα 5.16).



Εικόνα 5.16: Εισαγωγή στοιχείων των αγωγών του υπό μελέτη δικτύου.

Με την ολοκλήρωση της καταχώρησης των δεδομένων εισόδου, το λογισμικό έχει λάβει τα αναγκαία στοιχεία ώστε να προσαρμόσει και τελικά να αποδώσει την πλέον ικανοποιητική λύση για τις παροχές και τις διαστάσεις των αγωγών του νέου δικτύου. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με εφαρμογή των βημάτων της παραγράφου 5.1.4 για τη βελτιστοποίηση του δικτύου με τη Μέθοδο Της Παροχής. Με το πέρας των βημάτων και το άνοιγμα του αρχείου *arcadico.opt* (optimization) προκύπτει το output file του COPAM με αναλυτικά αποτελέσματα, όπως αυτά παρατίθενται στους ακόλουθους πίνακες (Πίνακες 5.4 και 5.5).

SN	IN	FN	Area	N.Hydr	Qcl	Diam	LandEI	Lenght
1	0	1	471,8	178	288	400	356,5	37,1
2	1	2	471,8	178	288	400	353,9	17,4
3	2	3	469	177	288	400	341,2	102
4	3	4	463,6	175	282	400	339,1	20,3
5	4	5	457,2	173	282	400	328,9	81
6	5	6	452,1	171	276	400	317,1	87
7	6	7	448,6	170	276	400	314,9	15,7
8	7	8	443	168	270	400	306,2	154,9
9	8	9	436,5	166	270	400	304,4	32
10	9	10	432,1	164	264	400	296,1	118,8
11	10	11	425,8	162	264	400	296	10,9
12	11	12	421,8	160	258	400	288,9	157,8

13	12	13	418,1	158	258	400	288,8	2,6
14	13	14	415,2	157	258	400	283,8	88,4
15	14	15	408,9	155	252	400	281,9	30,9
16	15	16	405,8	154	252	400	276	130,7
17	16	17	396,6	151	246	400	274,4	32
18	17	18	393,8	150	246	400	263,9	177,5
19	18	19	392,1	149	246	400	262,6	93,7
20	19	20	371,9	141	234	400	263	4,6
21	20	21	257,7	95	168	314	260	57,1
22	21	22	254,5	94	168	314	257,9	77,4
23	22	23	251,5	93	168	314	257,1	65,2
24	23	24	249,3	92	162	314	255,7	119,1
25	24	25	244,2	90	162	314	253,9	45
26	25	26	237,9	88	156	314	249,2	128,8
27	26	27	236,4	87	156	314	245,8	82,7
28	27	28	171,6	62	120	279	245	38,7
29	28	29	127,2	47	96	247	237	190,3
30	29	30	120,1	45	90	247	232,3	104,7
31	30	31	118,5	44	90	247	230,5	46
32	31	32	69,1	26	54	176	228	129,9
33	32	33	63,8	24	54	176	228,2	49
34	33	34	60,4	23	48	176	229,9	146
35	34	35	57,6	22	48	176	228	207,6
36	35	36	53,3	20	48	176	228,5	103,4
37	36	37	49,1	18	42	176	231,2	56,8
38	37	38	46,1	17	42	176	224	158
39	38	39	40,2	15	36	141	217,5	162,2
40	39	40	36,9	14	36	141	211,5	75,8
41	40	41	21,3	8	36	141	209,5	33,2
42	41	42	18,6	7	36	141	193,7	191
43	42	43	15,2	6	36	141	185,6	202
44	43	44	6,6	3	18	97	185	23,7
45	44	45	4,8	2	12	97	175,8	133,6
46	45	46	4,8	2	12	97	176,5	18,6
47	46	47	1,8	1	6	97	185,5	214,3
48	31	48	49,4	18	42	176	185,5	107,6
49	48	49	46,4	17	42	176	236	97,4
50	49	50	42,1	15	36	141	232	124,8
51	50	51	36,3	13	36	141	232	76
52	51	52	30,8	11	36	141	224	210
53	52	53	28	10	36	141	220	115
54	53	54	25,1	9	36	141	193,1	148
55	54	55	22,3	8	36	141	196,3	141,2
56	55	56	15,9	5	30	124	191,8	32,5
57	56	57	6,9	2	12	97	180,1	133,2
58	57	58	3,1	1	6	97	187,9	43,5

59	20	59	114,2	46	84	247	256,9	229,8
60	59	60	109,4	44	84	247	242,7	252
61	60	61	106,3	43	78	247	240,4	175,5
62	61	62	103	42	78	247	235	20,9
63	62	63	96,9	40	78	247	232,1	92,9
64	63	64	90,6	38	72	199	221,5	232,8
65	64	65	87,5	37	66	199	219,1	43,1
66	65	66	83,7	35	66	199	212,2	98,6
67	66	67	82,1	34	66	199	213,1	205,2
68	67	68	80,5	33	66	199	213,9	79,2
69	68	69	74,5	31	60	176	213	91,4
70	69	70	73,1	30	60	176	214,2	95,5
71	70	71	67,8	27	54	176	209	77,9
72	71	72	62,7	25	54	176	208	14,7
73	72	73	61,3	24	54	176	198,9	121,3
74	73	74	50,5	19	42	176	184	146,3
75	74	75	48,9	18	42	176	208,4	192,6
76	75	76	46	17	42	176	216	130,7
77	76	77	40,6	15	36	141	211,1	113,5
78	77	78	32,1	12	36	141	207,7	43,2
79	78	79	29,4	11	36	141	200	94,7
80	79	80	26	10	36	141	196,3	36,1
81	80	81	21	8	36	141	200,1	98,4
82	81	82	16,2	6	36	141	204	64,3
83	82	83	9,9	4	24	124	204	75,3
84	83	84	5,9	2	12	97	196	217,9
85	84	85	0	0	0	97	192	10,7
86	28	86	44,4	15	42	176	239,3	164,4
87	86	87	41,6	14	36	141	233,4	102,8
88	87	88	39,6	13	36	141	232,1	23,7
89	88	89	36,6	12	36	141	228	340,5
90	89	90	30,7	10	36	141	228	20,5
91	90	91	23,6	8	36	141	228	112,6
92	91	92	20	7	36	141	228	152
93	92	93	17,3	6	36	141	227,7	10,6
94	93	94	13,9	5	30	124	215,7	84,3
95	94	95	10,9	4	24	124	209,2	59,2
96	95	96	4,7	2	12	97	201,4	79,8
97	96	97	2,8	1	6	97	196	34
98	27	98	64,8	25	54	176	245,1	50,1
99	98	99	61,9	24	54	176	240,9	89,8
100	99	100	54,8	21	48	176	242,8	65,3
101	100	101	49,8	19	42	176	245	360,5
102	101	102	48	18	42	176	248,9	96,4
103	102	103	27,1	10	36	141	243,9	136,9
104	103	104	24,6	9	36	141	240,4	86,4

105	104	105	19,7	7	36	141	240	14
106	105	106	13,5	5	30	124	231,4	207,4
107	106	107	11,4	4	24	124	228	71,6
108	107	108	6,1	2	12	97	205,4	201,9
109	108	109	3,1	1	6	97	213,7	94,5
110	102	110	20,8	8	36	141	250,3	41,1
111	110	111	18,1	7	36	141	248,1	88
112	111	112	15,9	6	36	141	230,6	307,4
113	112	113	9,7	4	24	124	228,2	21,6
114	113	114	6,4	3	18	97	212	114,9
115	114	115	3,1	2	12	97	213,6	8,4
116	115	116	3,1	2	12	97	218,2	162
117	116	117	1,5	1	6	97	218,2	1
118	40	118	15,6	6	36	141	210,7	173,1
119	118	119	12,6	5	30	124	201,9	106,3
120	119	120	12,6	5	30	124	201,2	4,6
121	120	121	7,6	3	18	97	192,3	86,4
122	121	122	4,4	2	12	97	176,9	91,5
123	122	123	1,9	1	6	97	176	29,2
124	123	124	1,9	1	6	97	181,1	223
125	73	125	10,7	5	30	124	190,6	80,6
126	125	126	9	4	24	124	194,1	72,1
127	126	127	6,3	3	18	97	195,8	61,2
128	127	128	3	1	6	97	198,6	51,9
129	128	129	3	1	6	97	218,8	190,9
130	19	130	20,2	8	36	176	266,9	76,9
131	130	131	18,4	7	36	141	259,9	116,2
132	131	132	15,1	5	30	141	259,1	11,3
133	132	133	15,1	5	30	141	261,7	188,6
134	133	134	13,3	4	24	141	349,8	132,9
135	134	135	9,9	3	18	124	349,1	234
136	135	136	7	2	12	97	341,2	165,5
137	136	137	3	1	6	97	341,2	1
138	3	138	5,4	2	12	97	336,1	136,7
139	138	139	2,2	1	6	97	325	352,7
140	4	140	6,4	2	12	97	339,1	91,6
141	140	141	3,4	1	6	97	338,4	138,1
142	5	142	5,1	2	12	97	323	152,9
143	142	143	2,2	1	6	97	312,1	302,7
144	7	144	5,7	2	12	97	311,2	165,8
145	144	145	2,9	1	6	97	304	213,6
146	8	146	6,4	2	12	97	302,7	184,2
147	146	147	3,7	1	6	97	299,6	108,7
148	9	148	4,4	2	12	97	307	102,8
149	148	149	2,2	1	6	97	310,5	158,1
150	10	150	6,3	2	12	97	295	108,7

151	150	151	3,3	1	6	97	286,4	128,5
152	11	152	4	2	12	97	301,3	96,7
153	152	153	2	1	6	97	301,3	1
154	12	154	3,7	2	12	97	186,2	73,4
155	154	155	1,8	1	6	97	278,9	151,7
156	14	156	6,4	2	12	97	281,5	108,4
157	156	157	3,3	1	6	97	272,3	193,2
158	16	158	9,2	3	18	97	273,3	110,1
159	158	159	5,7	2	12	97	276	109,4
160	159	160	2,9	1	6	97	268,8	92,6
161	21	161	3,3	1	6	97	275,6	105,6
162	22	162	3	1	6	97	263,4	121,7
163	23	163	2,2	1	6	97	272,2	98,6
164	24	164	5,2	2	12	97	261	149
165	164	165	3	1	6	97	261	1
166	25	166	6,3	2	12	97	247,2	58,2
167	166	167	3,2	1	6	97	247,1	64,3
168	29	168	7,1	2	12	97	239,5	102,3
169	168	169	3,2	1	6	97	239,5	1
170	32	170	5,4	2	12	97	228,3	91,7
171	170	171	3	1	6	97	224,5	121,4
172	34	172	2,9	1	6	97	232	127
173	35	173	4,3	2	12	97	228	20,9
174	173	174	2,9	1	6	97	213,9	76,2
175	36	175	4,2	2	12	97	219,9	135,2
176	175	176	2,8	1	6	97	219,9	1
177	37	177	3	1	6	97	222,3	160
178	38	178	5,9	2	12	97	203,5	184
179	178	179	3	1	6	97	203,5	1
180	39	180	3,3	1	6	97	213,1	190
181	43	181	8,6	3	18	97	184	48,5
182	181	182	5,8	2	12	97	184	1
183	182	183	2,9	1	6	97	176	189
184	49	184	4,4	2	12	97	226,5	223
185	184	185	2,8	1	6	97	226,5	1
186	50	186	5,7	2	12	97	232	9
187	186	187	2,8	1	6	97	228	212,6
188	51	188	5,6	2	12	97	227,2	44
189	188	189	2,8	1	6	97	224,4	115,9
190	53	190	2,9	1	6	97	205,7	90
191	55	191	6,4	3	18	97	211,9	171,5
192	191	192	4,8	2	12	97	216	182,2
193	192	193	3,1	1	6	97	220	42
194	56	194	9	3	18	97	190,8	80,9
195	194	195	5,9	2	12	97	194	168,5
196	195	196	3,4	1	6	97	193,9	128

197	57	197	3,8	1	6	97	185,9	144,2
198	59	198	4,8	2	12	97	256	41,5
199	198	199	3	1	6	97	260	111,1
200	60	200	3,1	1	6	97	253,6	129,8
201	62	201	6	2	12	97	243,2	103,2
202	201	202	3	1	6	97	243,2	1
203	63	203	6,3	2	12	97	228	66
204	203	204	3	1	6	97	246,5	128,3
205	64	205	3,1	1	6	97	228,7	116,6
206	65	206	3,8	2	12	97	219	13,4
207	206	207	1,9	1	6	97	216	103,9
208	68	208	6	2	12	97	234,5	99
209	208	209	3,1	1	6	97	234,5	1
210	70	210	5,2	3	18	97	219,5	185,5
211	210	211	3,7	2	12	97	231,7	160
212	211	212	2,1	1	6	97	231,7	1
213	71	213	5,1	2	12	97	208	112,6
214	213	214	2,6	1	6	97	208	1
215	76	215	5,4	2	12	97	220	108,1
216	215	216	3	1	6	97	227,6	119,2
217	77	217	8,5	3	18	97	211,3	55,4
218	217	218	5,9	2	12	97	210,1	153
219	218	219	2,7	1	6	97	210	96,5
220	78	220	2,7	1	6	97	214	257,7
221	80	221	5	2	12	97	210,9	234,8
222	221	222	2,9	1	6	97	210,9	1
223	81	223	4,8	2	12	97	205,1	204,3
224	223	224	1,7	1	6	97	205,1	1
225	82	225	6,3	2	12	97	199,3	140
226	225	226	3,3	1	6	97	199,3	1
227	83	227	4,1	2	12	97	208	222
228	227	228	1,7	1	6	97	208	1
229	84	229	5,9	2	12	97	188,2	142,6
230	229	230	3,1	1	6	97	188	25,4
231	88	231	3	1	6	97	234,1	80
232	89	232	5,9	2	12	97	222	149,3
233	232	233	3	1	6	97	222	1
234	90	234	7,1	2	12	97	223	236,6
235	234	235	3,6	1	6	97	223	1
236	92	236	2,7	1	6	97	207	207,9
237	94	237	3	1	6	97	204	153,5
238	95	238	6,3	2	12	97	212,9	141,7
239	238	239	3	1	6	97	202,8	105,3
240	99	240	7,2	3	18	97	237,4	49
241	240	241	4,2	2	12	97	236	57,2
242	241	242	1,7	1	6	97	236,6	65,3

243	100	243	4,9	2	12	97	250,8	150
244	243	244	2,6	1	6	97	253,7	80
245	104	245	5	2	12	97	230,9	165,6
246	245	246	3,3	1	6	97	230,9	1
247	105	247	6,2	2	12	97	242	56,6
248	247	248	3,3	1	6	97	236,3	157,7
249	106	249	2,1	1	6	97	224	182,3
250	107	250	5,2	2	12	97	208	122,4
251	250	251	2,6	1	6	97	208	1
252	108	252	3	1	6	97	208	124,3
253	110	253	2,8	1	6	97	246,6	74
254	111	254	2,2	1	6	97	250,4	90
255	112	255	6,2	2	12	97	230	193,4
256	255	256	3	1	6	97	230	1
257	120	257	5,1	2	12	97	200,7	101,6
258	257	258	2,6	1	6	97	200,7	1
259	125	259	1,8	1	6	97	192	142,5
260	127	260	3,3	2	12	97	196	25,4
261	260	261	1,6	1	6	97	196,6	68,6
262	130	262	1,7	1	6	97	264,2	66,8
263	131	263	3,3	2	12	97	259,6	26,7
264	263	264	1,7	1	6	97	256	101,3

Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM.

Diameters	Length	Cost
97	15654.5	138386
124	815.5	10968
141	3539.0	60163
176	3319.4	79865
199	852.0	25918
247	1112.1	52146
279	38.7	2282
314	575.3	42682
400	560.4	61510
450	834.9	100814
Total Cost = 574733.20 €		

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM με το συνολικό κόστος των αγωγών.

Τα δεδομένα που εξάγει ο Πίνακας 5.5 αποτελούν μία σαφή και σημαντική ένδειξη για την κοστολόγηση του έργου για το μελετητή, καθώς και για τους φορείς ανάθεσης και υλοποίησης σε επόμενα στάδια. Σημειωτέο δε ότι δεν περιλαμβάνει το τελικό κόστος του αρδευτικού έργου, παρά μόνο το σύστημα αγωγών.

Ανάλυση ευαισθησίας ως προς την ειδική συνεχή παροχή

Η ειδική συνεχής παροχή αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για το δίκτυο και για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση ευαισθησίας για τέσσερα επιμέρους σενάρια μεταβολής των αρδευτικών αναγκών στην περιοχή του έργου. Εκτελέστηκαν τρία σενάρια αύξησης κατά 10%, 20% και 30% επί της αρχικής της τιμής, ενώ το τέταρτο ισοδυναμεί με μείωση κατά 11,3%, τιμή που έχει προταθεί από τη μελέτη του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου. Η παράμετρος αυτή θα αναλυθεί ποσοτικά και σε επόμενο κεφάλαιο ως προς την απόδοση της λειτουργίας του συστήματος.

Κατά το πρώτο στάδιο της αξιολόγησης, παρατίθεται η ανάλογη αύξηση της ειδικής συνεχούς παροχής σε συνάρτηση με την παροχή στην κεφαλή του δικτύου και το κόστος του συστήματος των αγωγών στον Πίνακα 5.6. Έχοντας θέσει το $Z_{κεφ}$ ως σταθερά, ο μελετητής ή και ο διαχειριστής του έργου είναι σε θέση να εκτιμήσει τις όποιες αλλαγές θα επιφέρει μία επερχόμενη επέκταση και βελτίωση των καλλιεργειών της αρδευτικής περιμέτρου.

	Q (L/s/ha)	Q _{clém} (L/s)	Cost_of_Pipes (€)
11.3% Decrease	0.290	258	547732.60
Baseline Scenario	0.327	288	574733.20
10% Raise	0.360	312	586931.20
20% Raise	0.392	336	599619.30
30% Raise	0.425	360	625624.50

Πίνακας 5.6: Οι μεταβολές της ειδικής συνεχούς παροχής q για $Z_{κεφ}=400m$, συναρτήσεως της $Q_{clém}$ και του κόστους των αγωγών.

Στην πρώτη περίπτωση ανάλυσης, ως σημείο ρύθμισης ορίζεται το (400, 312). Προφανής είναι η απόκλιση, σε σχέση με το σχεδιασμό του δικτύου για τη μηδενική λύση, του κόστους των σωληνώσεων του έργου του 1^{ου} σεναρίου, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από τη βελτιστοποίηση. Το προσαυξημένο κόστος αυτό ανέρχεται σε **586931.20€**, (Πίνακας 2 Παράρτημα Β').

Το 2^ο συναπτό σενάριο αύξησης στην ειδική παροχή έχει νέο σημείο ρύθμισης (set point) το (400, 336). Παράλληλα, το κόστος του συστήματος των αγωγών διαμορφώνεται εκ νέου σε **599619.30€**, μία τιμή μεγαλύτερη από τις δύο προηγούμενες, (Πίνακας 4 Παράρτημα Β').

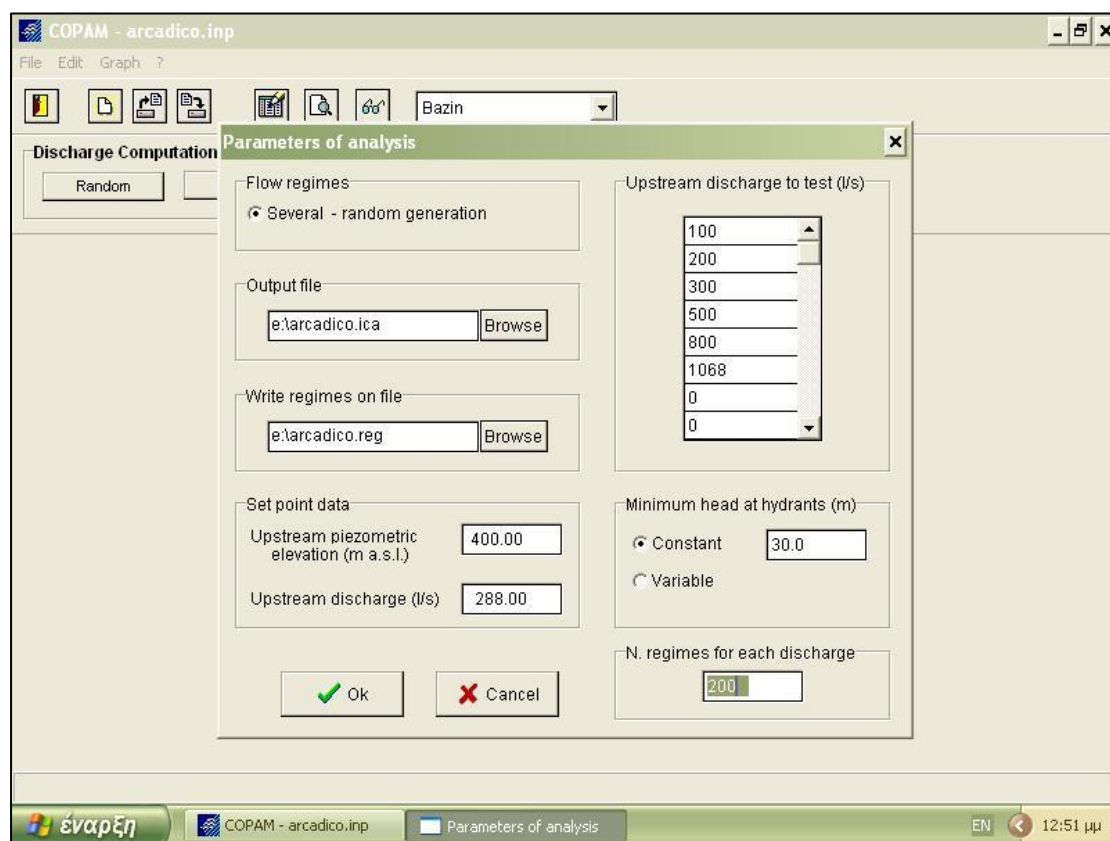
Η 3^η υπόθεση αύξησης της παραμέτρου διαμορφώνει το set point στο ζεύγος τιμών (400, 336). Το κόστος των αγωγών του δικτύου αφετέρου διαμορφώνεται στα **625624.50€**, προσαυξημένο σε σχέση με τα πρότερα σενάρια λόγω των πρόσθετων απαιτήσεων, (Πίνακας 6 Παράρτημα Β').

Όσο αφορά το κόστος του συστήματος αγωγών που ανακύπτει για το σενάριο ελάττωσης της q_0 , η τιμή του διαμορφώνεται στα **547732.60€**, βάσει των αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης του Μοντέλου ELIDM (Πίνακας 8 Παράρτημα Β'). Το κόστος των σωληνώσεων, όπως αποδεικνύεται, είναι σημαντικά μειωμένο σε σχέση με το σενάριο βάσης, καθώς και με τα εναλλακτικά σενάρια που το διαδέχτηκαν.

5.2.4 Ανάλυση λειτουργίας σε επίπεδο δικτύου

Για την ανάλυση της λειτουργίας του δικτύου που σχεδιάστηκε κι έπειτα προσομοιώθηκε μέσω υδραυλικών υπολογισμών από το COPAM, θα εξεταστεί αρχικά το δίκτυο ως σύστημα αγωγών. Πιο αναλυτικά, θα υλοποιηθούν μία σειρά από προσομοιώσεις για διάφορες τιμές της παροχής στην κεφαλή του δικτύου, ώστε τελικά να αποδοθούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες αυτού. Ο αριθμός προσομοιώσεων επιλέχθηκε ίσος με $N=200$ για κάθε τιμή, έτσι ώστε να αναλυθεί και να προσομοιωθεί επαρκώς η υδραυλική λειτουργία του δικτύου. Συμπληρώνεται ότι ο αριθμός N των προσομοιώσεων πρέπει να είναι πολλαπλάσιος του 10, σύμφωνα με τους περιορισμούς που θέτουν τα μοντέλα του λογισμικού.

Επιλέγοντας την ανάλυση με το Μοντέλο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών (Characteristic Curves Model) στο εικονίδιο *Configurations*, εμφανίζεται το πτυσσόμενο παράθυρο στο οποίο δίνονται οι τιμές των παραμέτρων για την εκτέλεση στατιστικής ανάλυσης και την εξαγωγή των χαρακτηριστικών καμπυλών, (Εικόνα 5.17).



Εικόνα 5.17: Εισαγωγή παραμέτρων ανάλυσης του δικτύου με το Μοντέλο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών.

Στις παραμέτρους εισαγωγής συμπεριλαμβάνονται το σημείο ρύθμισης (set point) του δικτύου, το οποίο επιμερίζεται στην παροχή σχεδιασμού (παροχή στην κεφαλή) ίση με 288 L/s και στο πιεζομετρικό φορτίο στην κεφαλή με τιμή 400m. Επιπρόσθετα, καταχωρείται η ελάχιστη πίεση υδροληψίας ίση με 30m, το πλήθος των προσομοιώσεων $N=200$ και οι διάφορες τιμές παροχής στην κεφαλή, όπου για κάθε

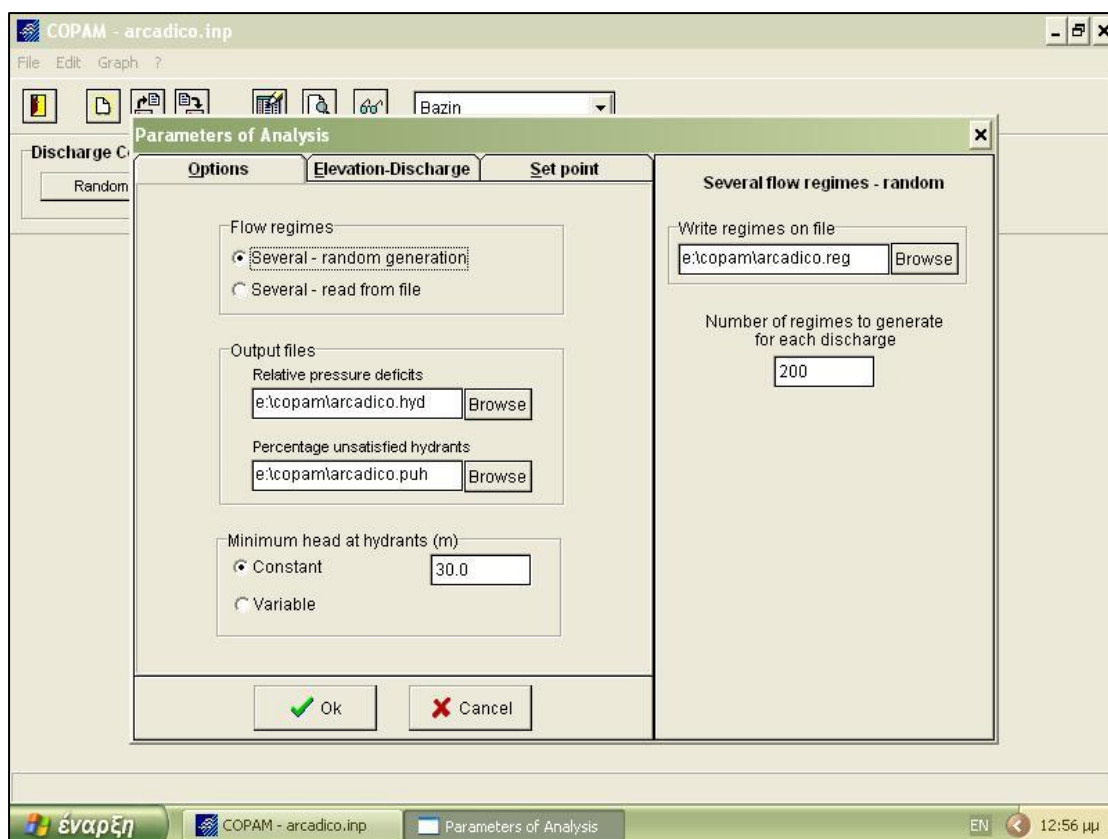
μία από αυτές θα υπολογιστεί η κατανομή των αναγκαίων φορτίων για να λειτουργούν ικανοποιητικά οι συνδυασμοί ανοικτών υδροστομίων έχοντας παροχή στην κεφαλή ίση με κάθε μία από αυτές.

Η εν λόγω μέθοδος αποδίδει μία εικόνα της γενικής λειτουργικής κατάστασης του δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη ότι στηρίζεται σε ένα πολύ αυστηρό κριτήριο (ένας συνδυασμός θεωρείται ανεπιτυχής ακόμη και όταν ένα μόνο υδροστόμιο έχει φορτίο μικρότερο από το ελάχιστο απαιτούμενο).

Να σημειωθεί ότι δόθηκαν τιμές μικρότερες και μεγαλύτερες από την παροχή σχεδιασμού που αρχικά υπολογίστηκε κατά τη βελτιστοποίηση του έργου, έχοντας πάντα ως καταληκτική παροχή την αθροιστική παροχή του συνόλου των υδροστομίων, $Q_{CUMUL} = R \cdot d = 178 \cdot 6 \text{ L/s} = 1068 \text{ L/s}$.

5.2.5 Ανάλυση λειτουργίας σε επίπεδο υδροστομίου

Η ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου συνιστά μία πιο λεπτομερή καταγραφή και παρουσίαση του μελετώμενου δικτύου εφόσον παρέχει πληροφορίες για την τοπική υδραυλική συμπεριφορά του. Η μέθοδος αυτή στο λογισμικό COPAM υλοποιείται μέσω του Μοντέλου AKLA με επιλογή στο εικονίδιο Hydrants – 1. Στο παράθυρο που αναδύεται γίνεται η εισαγωγή των παραμέτρων των παραμέτρων του μοντέλου της φαίνεται στην Εικόνα 5.18 που ακολουθεί.



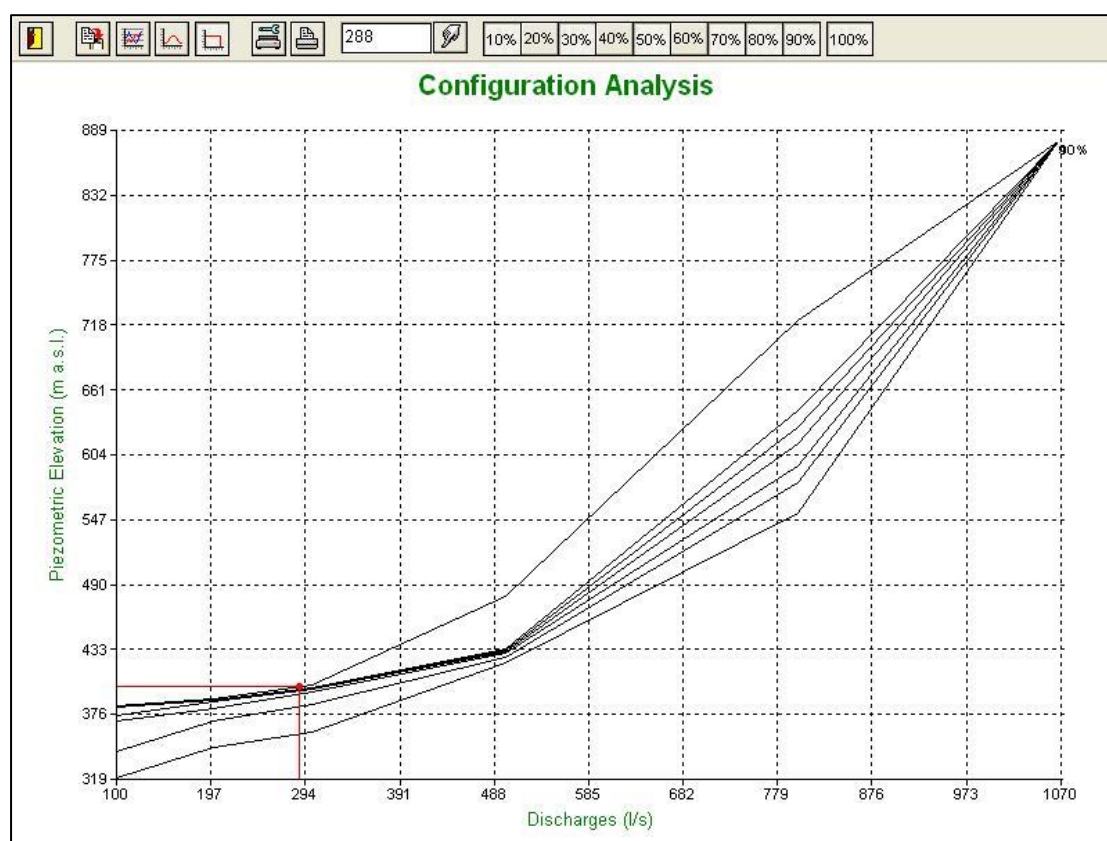
Εικόνα 5.18: Εισαγωγή παραμέτρων ανάλυσης του δικτύου με το Μοντέλο AKLA (AKLA Model).

Οι βασικές παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν είναι τα «καθεστώτα ροής», το ελάχιστο πιεζομετρικό φορτίο, ο αριθμός προσομοιώσεων και το σημείο ρύθμισης (set point), το οποίο ενημερώνεται αυτόματα. Ως «καθεστώσ ροής» επιλέχθηκε η παραγωγή τυχαίων αριθμών που ακολουθούν κανονική κατανομή (several – random generation).

Με τις προσομοιώσεις που θα εκτελεστούν υπολογίζεται η σχετική περίσσεια – έλλειμμα φορτίου καθώς και ο δείκτης αξιοπιστίας σε κάθε υδροστόμιο. Η διαδικασία αυτή θα προσφέρει μία πιο ολοκληρωμένη ανάλυση της λειτουργίας του δικτύου, ώστε να ερμηνευθούν και να διορθωθούν τα όποια ελλιπή στοιχεία κατά το στάδιο της μελέτης.

5.2.6 Αποτελέσματα ανάλυσης λειτουργίας του νέου δικτύου

Αρχικά θα εξεταστούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε επίπεδο δικτύου. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες που προέκυψαν από το ομώνυμο μοντέλο δίνονται στη συνέχεια στο Σχήμα 5.1.



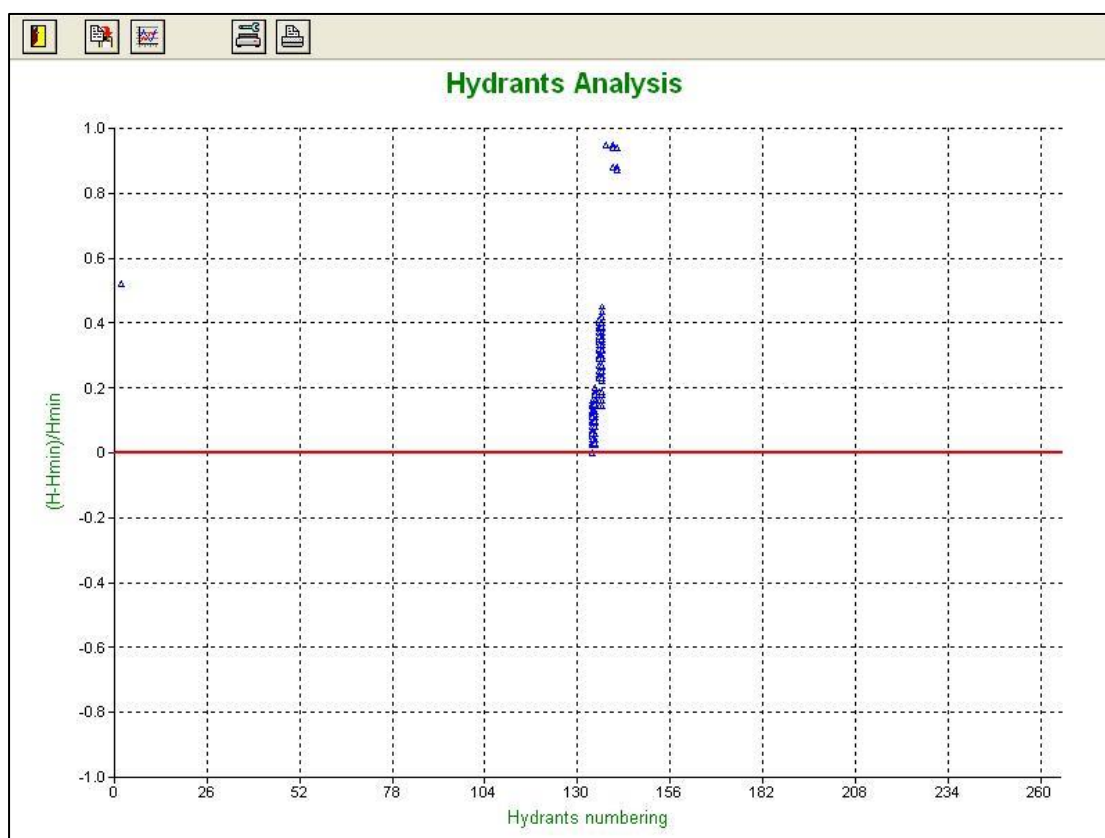
Σχήμα 5.1: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C₁₀, C₃₀, C₅₀, C₇₀, C₈₀, C₉₀ και C₁₀₀ με βάση το σημείο ρύθμισης.

Από το άνωθεν Σχήμα παρατηρείται ότι το σημείο ρύθμισης (400, 288) εντοπίζεται ανάμεσα στις χαρακτηριστικές καμπύλες του 90% και κυρίως πλησίον του 100%. Συμπληρώνεται ότι, *ένα δίκτυο θεωρείται ότι λειτουργεί ικανοποιητικά αν το σημείο ρύθμισης πέσει επάνω σε μία χαρακτηριστική καμπύλη περίπου από 50% και πάνω,*

(Δέρκας, 2001, Στεφοπούλου και Δέρκας, 2009). Παρατηρείται επιπλέον ότι οι χαρακτηριστικές με δείκτες C_{50} , C_{70} και C_{80} είναι πολύ κοντά στη C_{90} και ουσιαστικά πολύ κοντά στο σημείο ρύθμισης.

Συμπεραίνεται ότι το δίκτυο μπορεί να ικανοποιήσει τη ζήτηση που δημιουργεί το 100% των διαμορφώσεων χωρίς κανένα πρόβλημα.

Προς ενίσχυση της συνολικής μελέτης της λειτουργίας του δικτύου προστίθεται και η ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου, με τα διαγράμματα σχετικού ελλείμματος – περίσσειας φορτίου (Σχήμα 5.2) και δείκτη αξιοπιστίας (Σχήμα 5.3) που ακολουθούν.

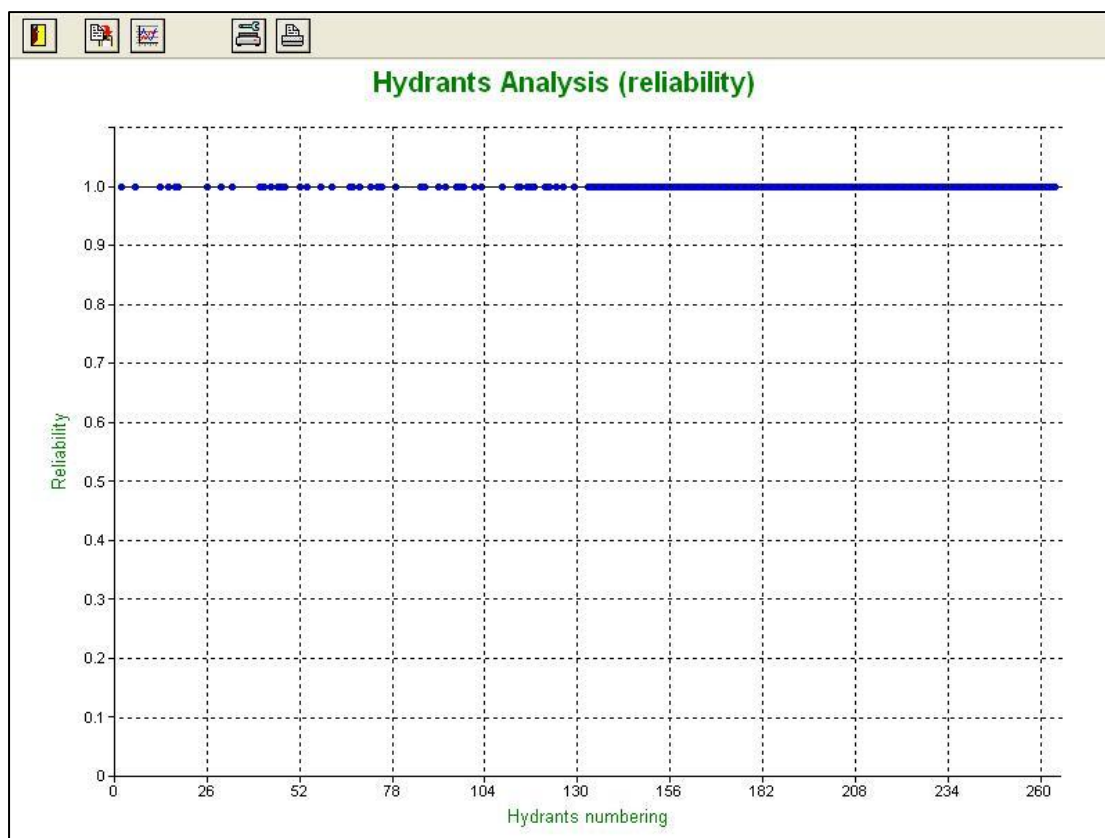


Σχήμα 5.2: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=288L/s$.

Από τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι όλα τα υδροστόμια έχουν περίσσεια φορτίου, εξαιρείται μόνο ένα όπου $\Delta H=0$ στο υδροστόμιο 133. Στον οριζόντιο άξονα δίνεται η αρίθμηση των κόμβων ενώ στον κάθετο η τιμή του ΔH . Επίσης, *τιμές $\Delta H < -0.5$ δείχνουν τα υδροστόμια όπου το διαθέσιμο φορτίο πίεσης είναι μικρότερο από το 50% του απαιτούμενου και χρήζουν άμεσα διορθωτικών επεμβάσεων* (Calejo et al., 2008, Στεφοπούλου και Δέρκας, 2009). Εκτός ελαχίστων υδροστομίων, η πλειοψηφία υπερβαίνει την τιμή της μονάδας, πράγμα το οποίο αποδεικνύει την περίσσεια φορτίου. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές του ΔH είναι θετικές.

Στο Σχήμα 5.4 παρουσιάζεται η αξιοπιστία των υδροστομίων που εκτιμήθηκε με το Μοντέλο AKLA. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ότι η αξιοπιστία του συνόλου των υδροστομίων ισούται με τη μονάδα ($a=1$). Στον οριζόντιο άξονα δίνεται η αρίθμηση

των κόμβων, ενώ στον κατακόρυφο δίνεται η τιμή του δείκτη αξιοπιστίας Hashimoto (Εξίσωση 2.14, Κεφάλαιο 2.5). Συνεπώς, δεν αντιμετωπίζεται κάποιο πρόβλημα και το δίκτυο λειτουργεί αδιάλειπτα.



Σχήμα 5.3: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{\text{κεφ}}=400\text{m}$, $Q_{\text{Clém}}=288\text{L/s}$.

5.3 Συγκριτική ποσοτική ανάλυση της ειδικής συνεχούς παροχής του νέου δικτύου

Η διαδικασία του σχεδιασμού εκλαμβάνεται ως επιτυχής όταν προδιαγράφει μία ορθολογική λειτουργία του υπό πίεση αρδευτικού δικτύου. Το επίπεδο επίτευξης της ορθής και προσδοκώμενης λειτουργίας του δικτύου διαπιστώνεται μέσω της ανάλυσης αυτού κατά στάδια, όπως πραγματοποιήθηκε ανωτέρω. Η ανάλυση λειτουργίας υλοποιείται με το 1^ο μοντέλο του Clément μέσω της διερεύνησης των παραμέτρων που εισάγονται και της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων που παράγει.

Στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διερεύνησης του δικτύου που σχεδιάστηκε, κρίνεται σκόπιμη η λεπτομερής εξέταση των παραμέτρων του μοντέλου, οι οποίες επιδρούν άμεσα στη λειτουργία του. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την αποπεράτωση αυτής της διαδικασίας συνιστά μία συγκριτική ποσοτική ανάλυση του μοντέλου της υδραυλικής προσομοίωσης, με την οποία μελετώνται οι μεταβολές της τιμής των παραμέτρων, η διαφοροποίηση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη λειτουργία του δικτύου και τελικά η διατύπωση των συμπερασμάτων.

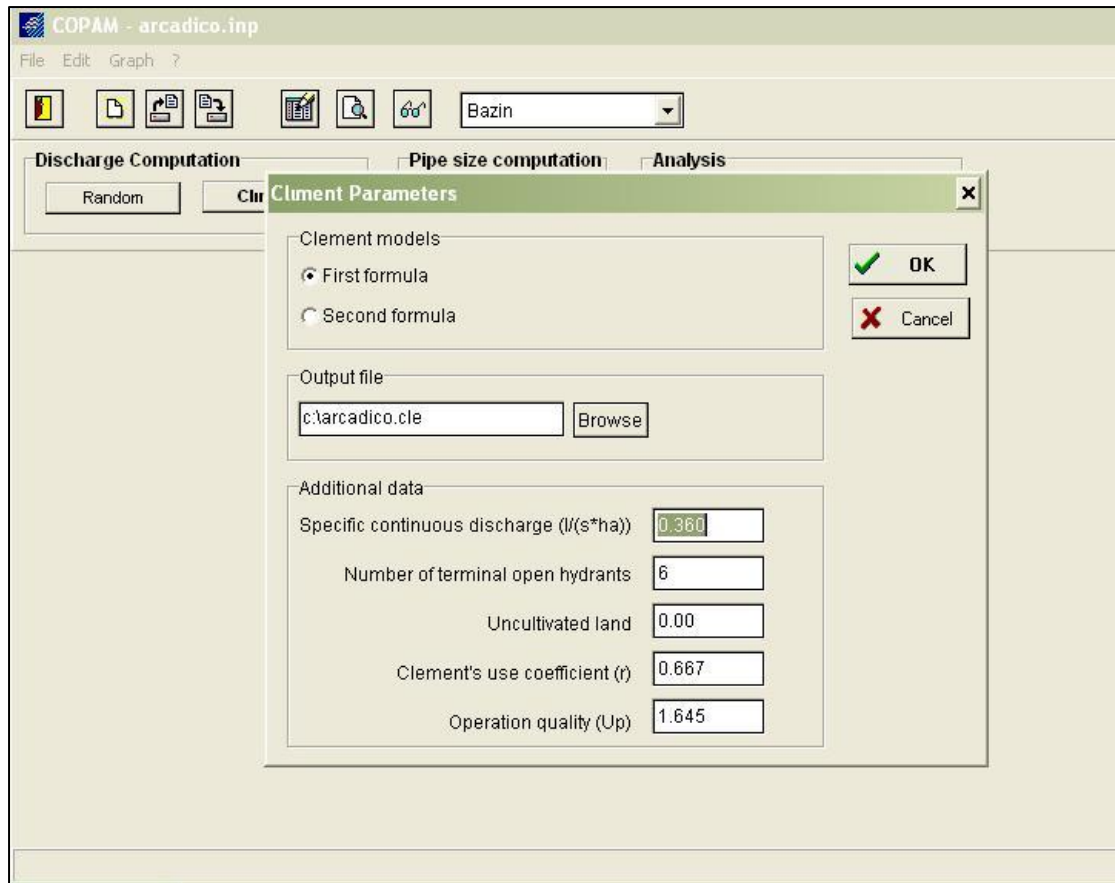
Η εκλογή της παραμέτρου της ειδικής συνεχούς παροχής (q_0) προκύπτει λόγω της μείζονος σημασίας της για την άμεση λειτουργία του δικτύου. Η παράμετρος αυτή καθορίζεται βάσει αρδευτικών αναγκών στην περιοχή εφαρμογής και υπολογίζεται κατά τη διεξαγωγή της γεωργοτεχνικής και της οικονομοτεχνικής μελέτης. Οι μελέτες αυτές υλοποιούνται κατά το στάδιο του σχεδιασμού της αρδευτικού έργου.

Η ουσιώδης αιτία για την επιλογή εξέτασης της ειδικής συνεχούς παροχής έγκειται στο γεγονός ότι οι καλλιέργειες σε μία περιοχή μεταβάλλονται ανά τις χρονικές περιόδους, άλλοτε σε πολύ μικρό βαθμό και σε άλλες περιπτώσεις σημαντικά. Η παράμετρος αυτή ταυτίζεται με τις όποιες σχετικές αλλαγές συμβούν στις καλλιέργειες της περιοχής. Εντούτοις, σε μία ημιορεινή έκταση με ελάχιστους υδατικούς πόρους, υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας και θερμοκρασιών, σε συνδυασμό με παρατεταμένα προβλήματα λειψυδρίας, κρίνεται μάλλον πιθανή η μελλοντική αύξηση τιμής της q_0 , σε σχέση με μία ενδεχόμενη ελάττωση της.

Στις υποενότητες που ακολουθούν εξετάζονται οι μεταβολές της ειδικής συνεχούς παροχής στη συμπεριφορά του υδραυλικού μοντέλου προσομοίωσης του δικτύου που σε προηγούμενο κεφάλαιο σχεδιάστηκε. Εν κατακλείδι, θα αναλυθούν οι αλλαγές αυτές, θα συγκριθούν τα κόστη κατασκευής για κάθε περίπτωση και θα αποτυπωθούν τα συμπεράσματα των παρατηρήσεων από τα εναλλακτικά σενάρια που διερευνήθηκαν.

5.3.1 Σενάριο 1^ο – Αύξηση της ειδικής συνεχούς παροχής κατά 10%

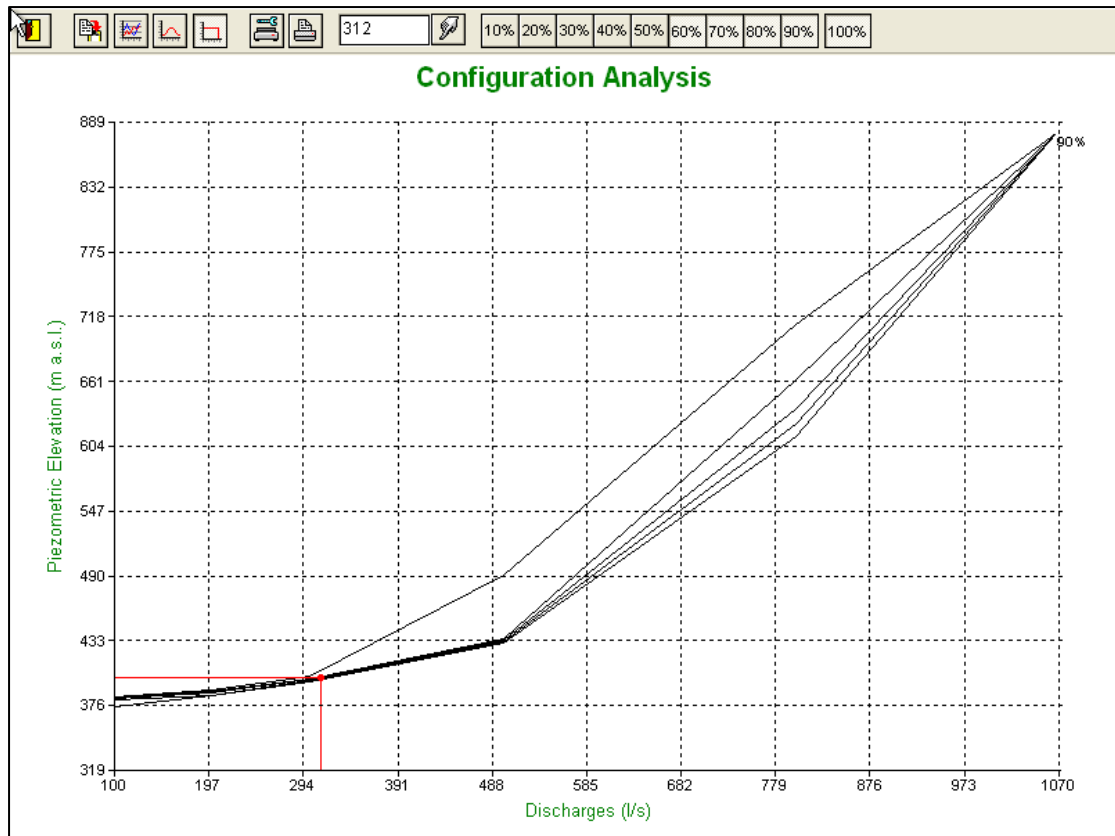
Η διαδικασία που ακολουθείται είναι αυτή που εκπονήθηκε στην παράγραφο 5.2.3 για τον υπολογισμό των παροχών κι έπειτα η διαστασιολόγηση του νέου δικτύου, με τη χρήση του 1^{ου} μοντέλου του Clément. Η διαφοροποίηση έγκειται στην εισαγωγή της νέας τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής $q_1=1.1q_0$, λόγω της αύξησης κατά 10% της αρχικής τιμής (μηδενική λύση). Ως εκ τούτου, η νέα τιμή διαμορφώνεται σε $q_1=0.360$ L/s/ha και καταχωρείται στο COPAM, (Εικόνα 5.19).



Εικόνα 5.19: Εισαγωγή της τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_i στο 1^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).

Από το λογισμικό προκύπτει ο υπολογισμός της μέγιστης παροχής λειτουργίας με τιμή $Q_{Clém}=318L/s$, σαφώς μεγαλύτερη από την $Q_{Clém}=288L/s$ που υπολογίστηκε με την προτεινόμενη τιμή της q_0 .

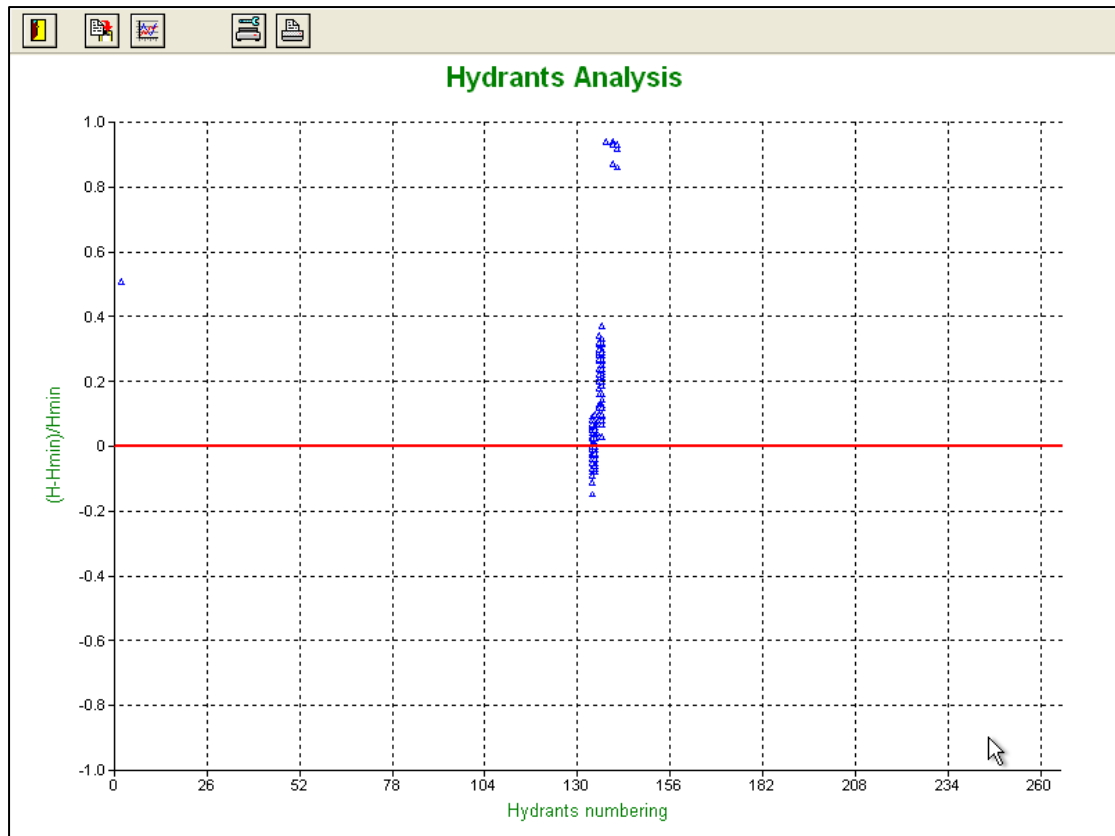
Εντούτοις, επειδή πρόκειται για μελλοντική αύξηση της ειδικής συνεχούς παροχής q_0 η ανάλυση λειτουργίας πραγματοποιείται με την αρχική διαστασιολόγηση και ομοίως θα εκπονηθεί και στα σενάρια που έπονται. Η ανάλυση σε επίπεδο δικτύου με τη μέθοδο των χαρακτηριστικών καμπυλών, αποδίδει το σημείο ρύθμισης (400, 312) πάνω από την καμπύλη 90%, με τιμή 92% κατά προσέγγιση (Σχήμα 5.4). Η κατάσταση αυτή αποδεικνύει ότι το δίκτυο δύναται να ικανοποιήσει τη ζήτηση που δημιουργεί σχεδόν κατά 92% των διαμορφώσεων, χωρίς να υφίσταται δηλαδή κάποιο πρόβλημα.



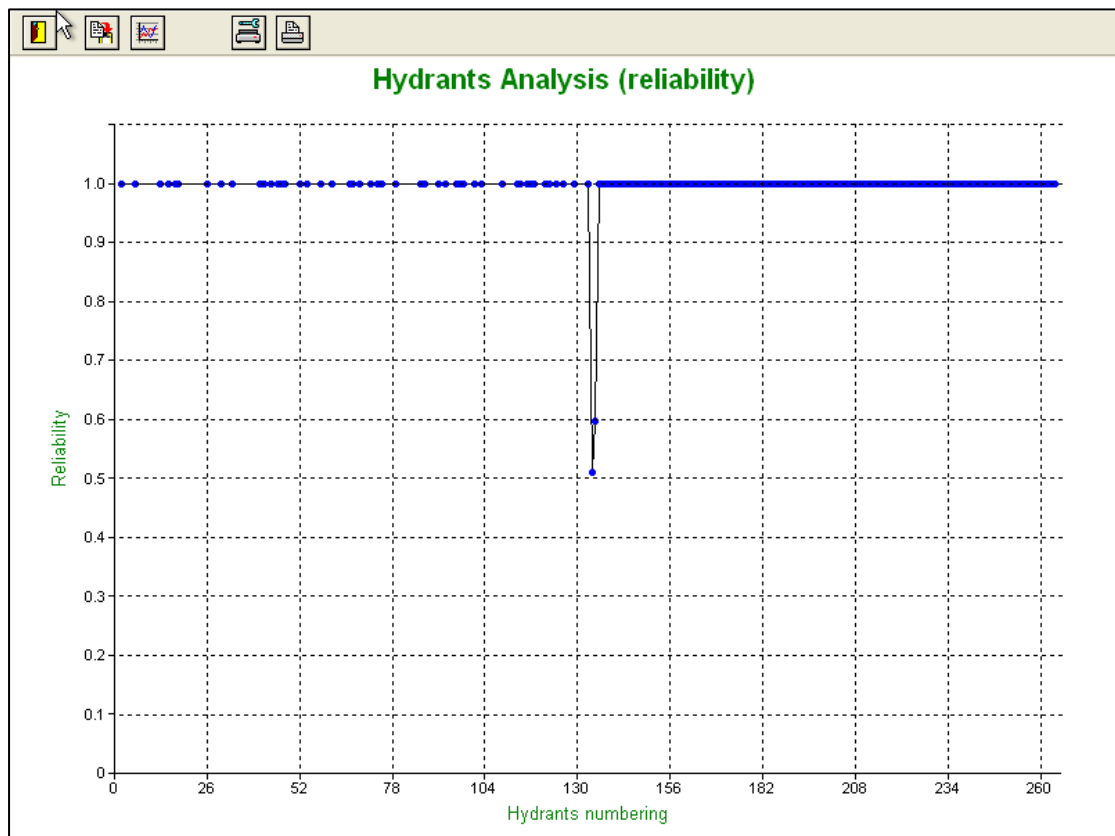
Σχήμα 5.4: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C₆₀, C₇₀, C₈₀, C₉₀ και C₁₀₀ με βάση το σημείο ρύθμισης (400, 312).

Στο Σχήμα 5.5 παρουσιάζεται το σχετικό έλλειμα – περίσσεια φορτίου για κάθε υδροστόμιο όπως προκύπτει από την ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου με τη χρήση του Μοντέλου AKLA. Από το σχήμα φαίνεται ότι πλειοψηφικά τα υδροστόμια παρουσιάζουν περίσσεια φορτίου και μάλιστα υπερβαίνουν τη μονάδα, πλην ορισμένων περιπτώσεων. Αφορά ομοίως τις περιπτώσεις με το μηδενικό σενάριο, αλλά στη δεδομένη το υδροστόμιο με $\Delta H=0$ λαμβάνει αρνητικό πρόσημο, με τιμή -0.18 κατά προσέγγιση, ενώ το υδροστόμιο 134 λαμβάνει οριακά θετική τιμή $+0.02$.

Στο Σχήμα 5.6 δίνεται η αξιοπιστία των υδροστομίων της, χρησιμοποιώντας το Μοντέλο AKLA. Η αξιοπιστία της ισούται με τη μονάδα για το σύνολο του έργου, γεγονός που συνεισφέρει ως απόδειξη για την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Διαφέρουν του συνόλου οι δύο υδροληψίες (133, 134) που αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι οποίες λαμβάνουν τιμή 0.51 και 0.60 αντίστοιχα. Ως εκ τούτου, δε δυσχεραίνουν τη λειτουργία του συλλογικού δικτύου.



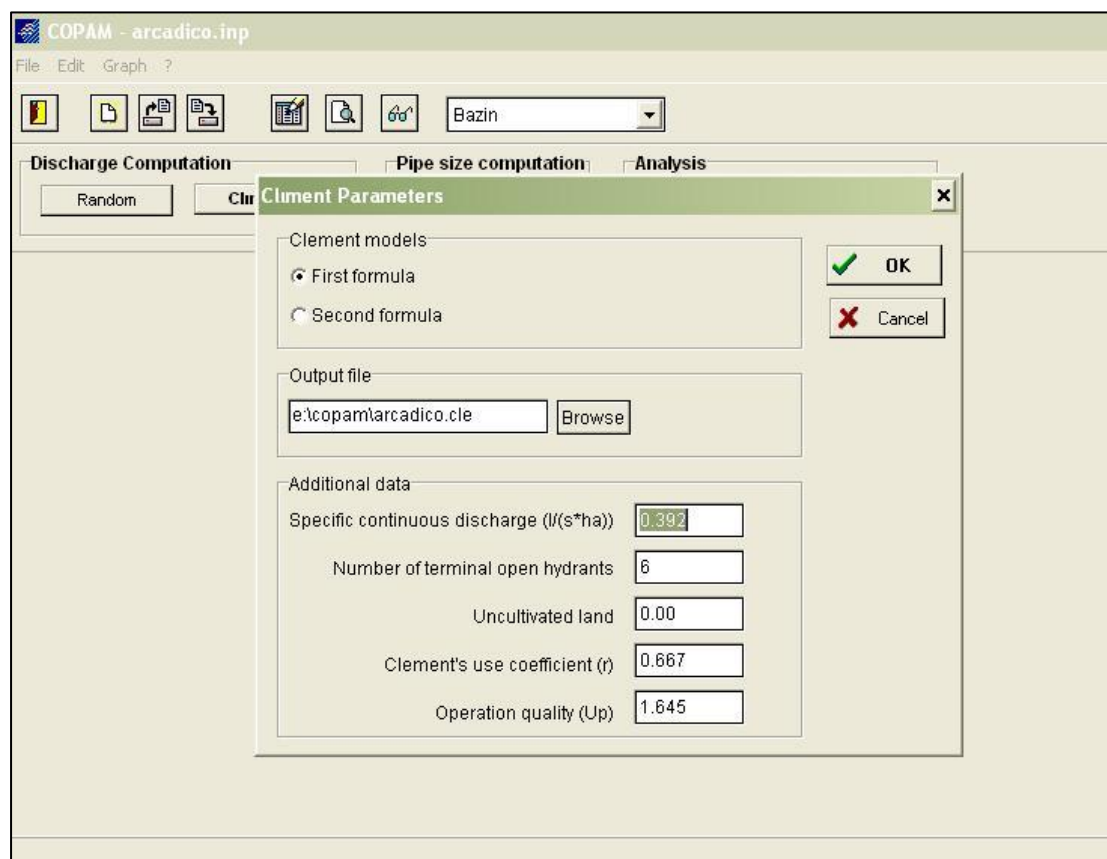
Σχήμα 5.5: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=312L/s$.



Σχήμα 5.6: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=312L/s$.

5.3.2 Σενάριο 2^ο – Αύξηση της ειδικής συνεχούς παροχής κατά 20%

Για τη σύνθεση του δεύτερου κατά σειρά σεναρίου θα εκπονηθεί ομοίως η προσέγγιση της παραγράφου που προηγήθηκε, αυξάνοντας την τιμή της ειδικής συνεχούς παροχής κατά 20% αυτή τη φορά. Η νέα τιμή διαμορφώνεται σε $q_2=1.2q_0$, οπότε $q_2=0.392 L/s/ha$, η οποία και θα ανταποκρίνεται καλλίτερα σε ενδεχόμενη περαιτέρω αύξηση των αρδευτικών αναγκών. Η τιμή αυτή εισάγεται στο λογισμικό COPAM, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι του 1^{ου} μοντέλου διατηρούνται, (Εικόνα 5.20). Τελικά υπολογίστηκε η τιμή της παροχής Clément στην κεφαλή $Q_{Clém}=336L/s$, (Πίνακας 3 Παράρτημα Β').



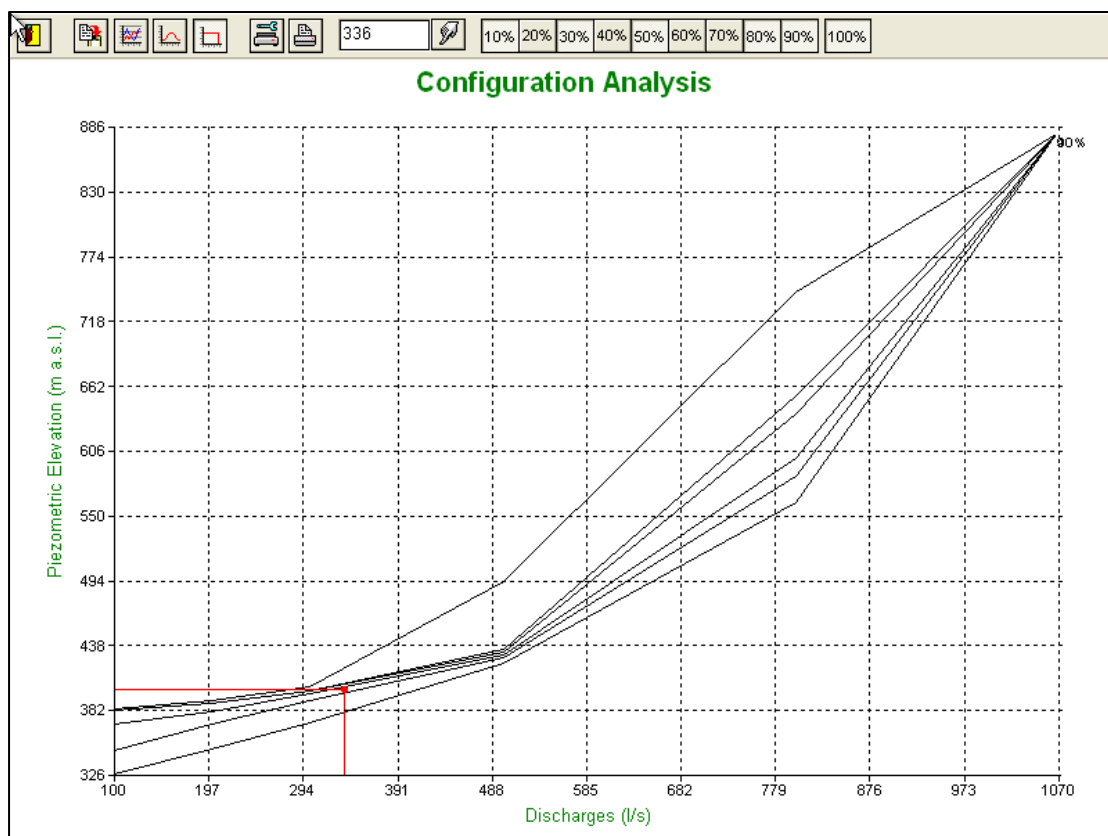
Εικόνα 5.20: Εισαγωγή της τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_2 στο 1^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).

Η εξέταση της μεταβολής στη λειτουργία του δικτύου πραγματοποιήθηκε με διαδικασία ανάλυσης λειτουργίας, με τη θεμελιώδη διαφορά ότι αντικαταστάθηκε η τιμή της q_0 με αυτή της q_2 . Ακολουθώς εξετάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες του δικτύου της, η οποία διενεργήθηκε μέσω της ανάλυσης σε επίπεδο δικτύου από το Μοντέλο Χαρακτηριστικών Καμπυλών, με βάση τη διαστασιολόγηση του σεναρίου βάσης (Σχήμα 5.7). Γίνεται αντιληπτό ότι το σημείο ρύθμισης σχεδόν ταυτίζεται με τη χαρακτηριστική καμπύλη 50%, επομένως το δίκτυο λειτουργεί σχετικά ικανοποιητικά

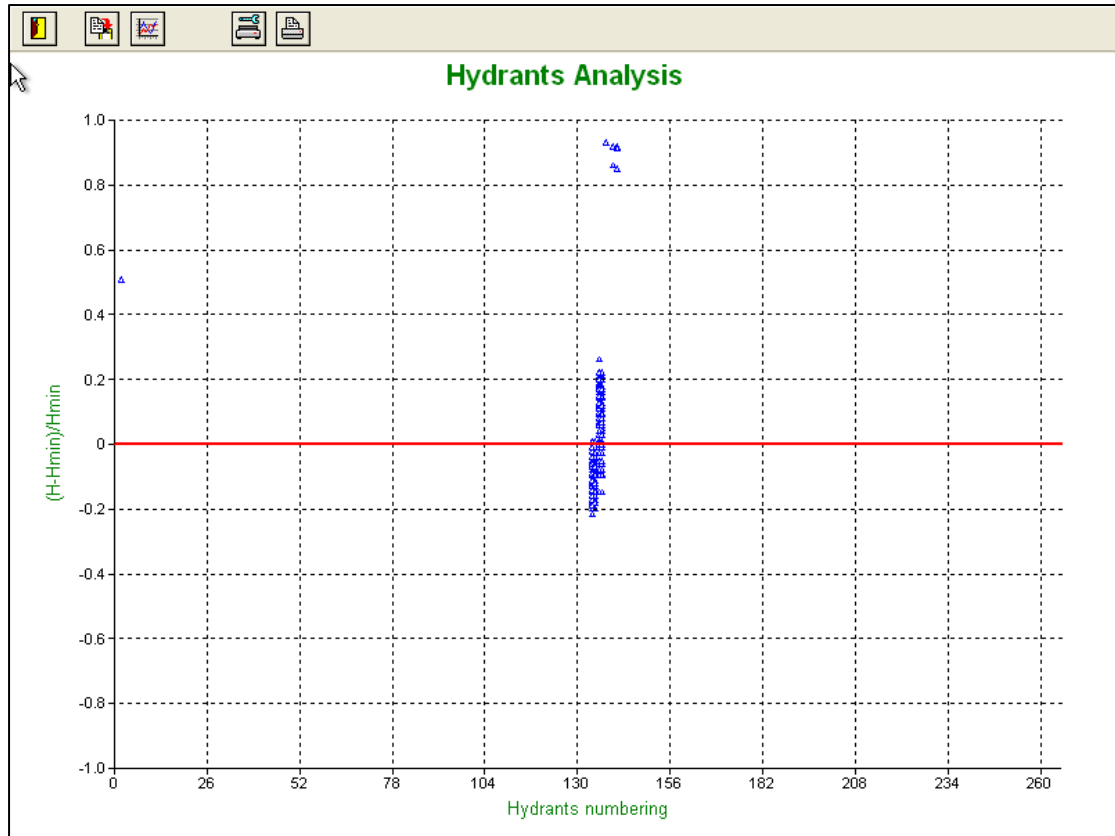
εκ πρώτης όψεως. Επομένως, η αύξηση της q_0 έχει αρνητική επίδραση στην απόδοση του δικτύου με την ισχύουσα διαστασιολόγηση των αγωγών. Το πόρισμα αυτό θα ελεγχθεί εκτενέστερα μέσω του γραφήματος περισσειας – ελλείματος φορτίου στα υδροστόμια και με το δείκτη αξιοπιστίας του Hashimoto.

Στη συνέχεια, από την ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου, εξετάζεται το σχετικό έλλειμα – περίσσεια φορτίου ΔH για κάθε υδροστόμιο, όπως αυτό προκύπτει από τη χρήση του Μοντέλου ΑΚΛΑ. Πράγματι, όπως προβάλλεται στο Σχήμα 5.8, η πλειοψηφία των υδροστομίων έχει περίσσεια φορτίου με την τιμή αυτών να ξεπερνά τη μονάδα. Δύο σμήνη σημείων ανά υδροστόμιο (133, 134) λαμβάνουν αρνητική τιμή -0.22 και -0.16 αντίστοιχα, ενώ ελάχιστα με θετικό πρόσημο περίσσειας βρίσκονται κάτω από το όριο της μονάδας. Συνάγεται το συμπέρασμα από τα παραπάνω, ότι το δίκτυο μπορεί να λειτουργήσει επαρκώς, παρά την ύπαρξη δύο υδροστομίων με αρνητική τιμή ελλείματος – περίσσειας, εφόσον οι τελευταίες είναι μεγαλύτερες του -0.5 .

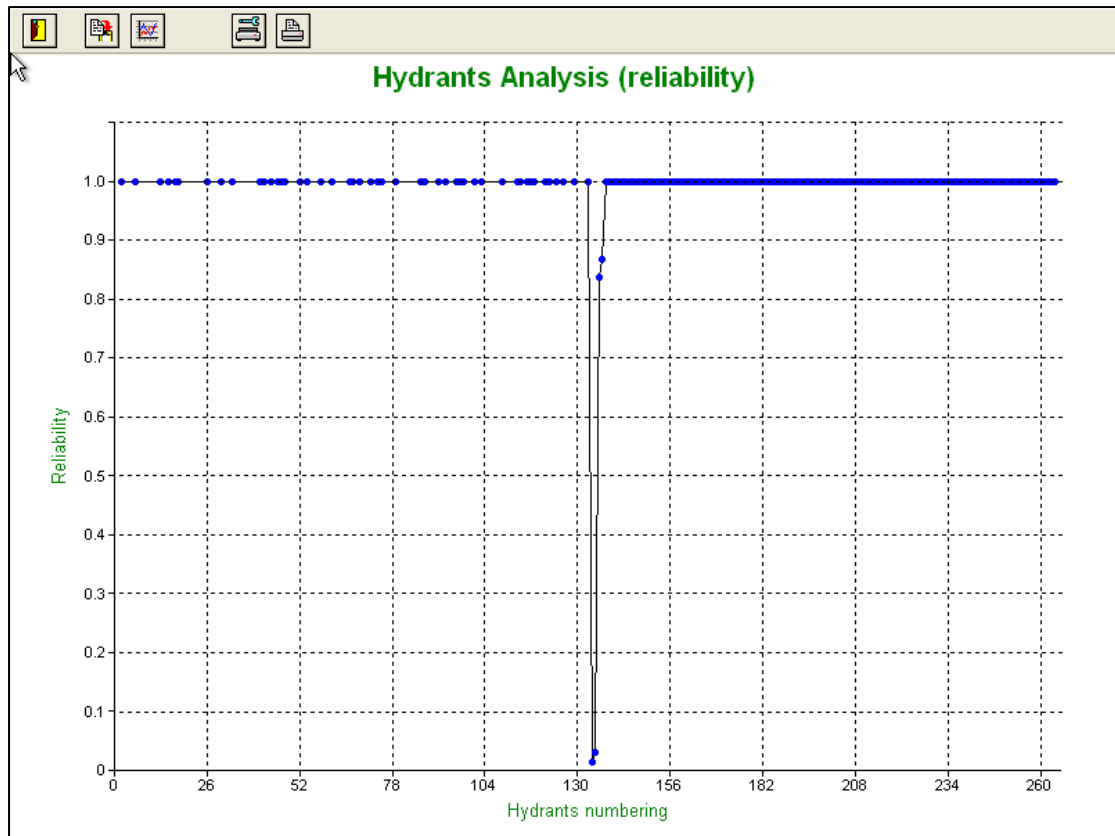
Στο Σχήμα 5.9 παρουσιάζεται η αξιοπιστία των υδροστομίων χρησιμοποιώντας το Μοντέλο ΑΚΛΑ. Η αξιοπιστία της κατά κύριο λόγο ισούται με τη μονάδα, εξαιρουμένων των δύο περιπτώσεων των υδροληψιών 133 και 134. Είναι εμφανές από το διάγραμμα ότι η μεταβολή σε αυτό τον κλάδο του δικτύου απαιτείται ενίσχυση, αφού οι τιμές 0.02 και 0.04 είναι ιδιαίτερα χαμηλές σε σύγκριση με το υπόλοιπο δίκτυο. Ακόμη, τα επόμενα δύο υδροστόμια λαμβάνουν τιμή 0.84 και 0.87 , ενώ κατά το αρχικό σενάριο λειτουργίας η τιμή αμφοτέρων ήταν ίση με τη μονάδα. Τα δύο αυτά παράγωγα διαγράμματα του ΑΚΛΑ Μοντέλου καθιστούν πιο ευδιάκριτη την αρνητική επίδραση της δυνητικής αύξησης της ειδικής παροχής στη λειτουργία των υδροστομίων στη ζώνη 130 – 156.



Σχήμα 5.7: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C₁₀, C₃₀, C₅₀, C₈₀, C₉₀ και C₁₀₀ με βάση το σημείο ρύθμισης (400, 336).



Σχήμα 5.8: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=336L/s$.

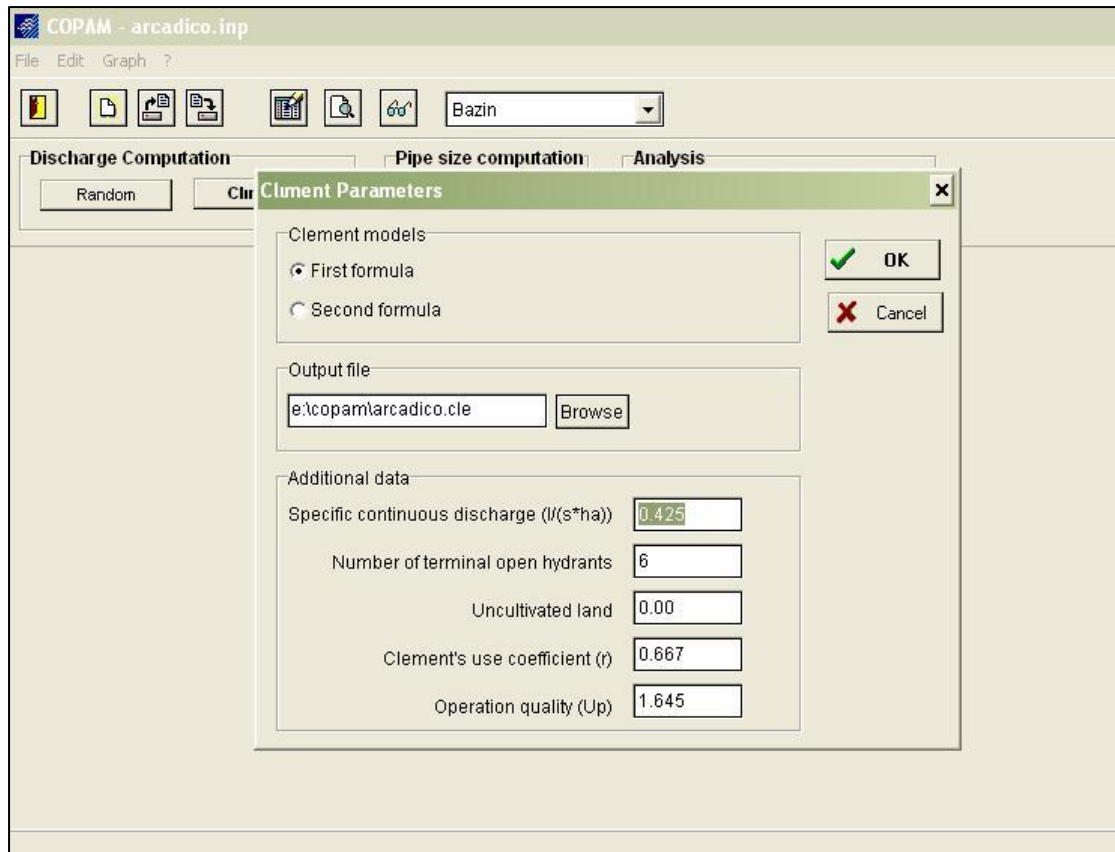


Σχήμα 5.9: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=336L/s$.

5.3.3 Σενάριο 3^ο – Αύξηση τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής 30%

Στην παράγραφο αυτή εξετάζεται η επίδραση στην απόδοση του δικτύου της επιπρόσθετης αύξησης των αρδευτικών αναγκών για τις καλλιέργειες της περιοχής εφαρμογής. Μία αυξητική τάση σε ποσοστό 30% θα επιφέρει και την ανάλογη αύξηση στην ειδική συνεχή παροχή του έργου, ώστε να καλύψει τις ανάγκες των καλλιεργειών. Για την εκτέλεση του υπό συζήτηση υποθετικού σεναρίου, η τιμή της ειδικής παροχής αιχμής υπολογίζεται από τη σχέση $q_3=1.3q_0$, επομένως θα ισχύει $q_3=0.425L/s/ha$. Η παραπάνω τιμή καταχωρείται στο αντίστοιχο πεδίο στο COPAM (Εικόνα 5.21) για τον υπολογισμό της παροχής στην κεφαλή του δικτύου με τη χρήση του 1^{ου} Μοντέλου του Clément.

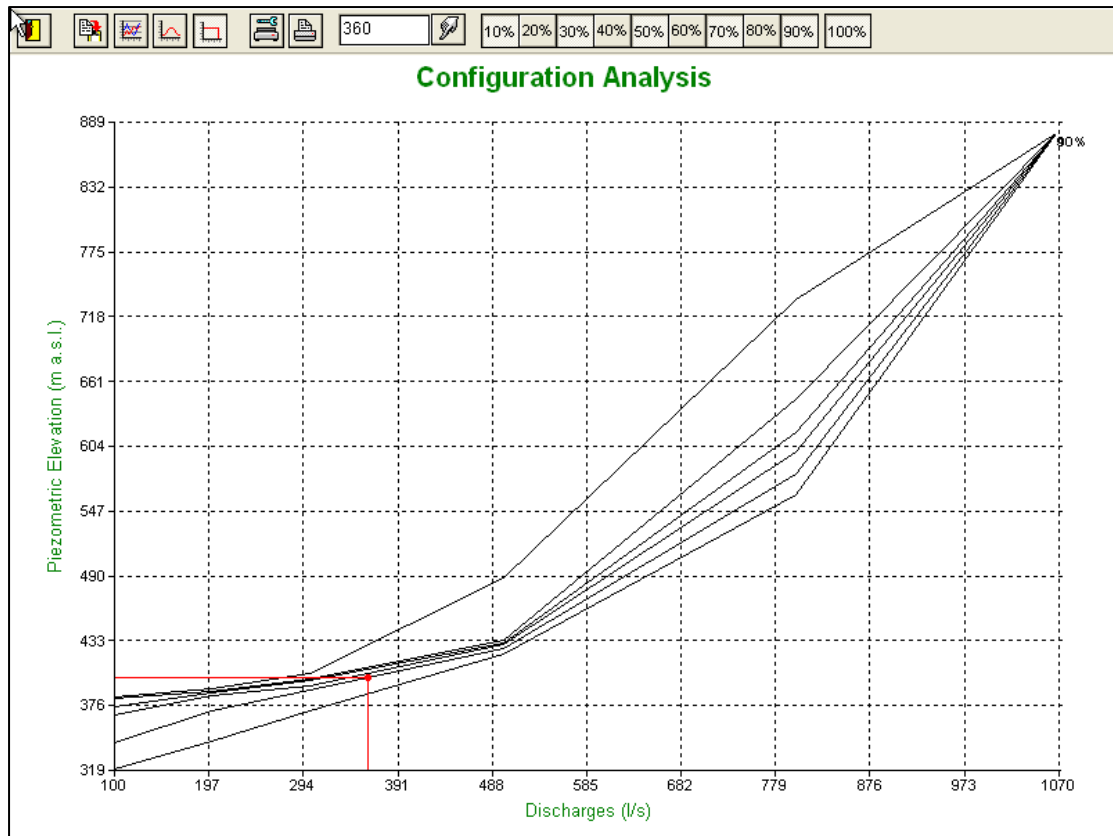
Από την προαναφερόμενη ενέργεια, η τιμή της παροχής στην κεφαλή υπολογίστηκε ίση με $Q_{Clém}=360L/s$ βάσει του Πίνακα 5 του Παραρτήματος Β', στον οποίο εμπεριέχονται και οι τιμές των παροχών αναλυτικά για κάθε τμήμα αγωγού στο δίκτυο. Ορίζεται εκ νέου το σημείο ρύθμισης (400,360) του δικτύου.



Εικόνα 5.21: Εισαγωγή της τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_3 στο 1^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).

Η λειτουργική απόδοση του δικτύου σε μία πιθανή έξαρση της ζήτησης, της τάξης του 30%, με τη συνακόλουθη αύξηση της ειδικής παροχής 24ωρης λειτουργίας του συστήματος, αποδείχθηκε ως επαρκής και σχετικά ικανοποιητική. Δεν παύει να αποτελεί παρόλα αυτά μία σημαντική αύξηση αναφορικά με τη μηδενική λύση.

Από το Μοντέλο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών του δικτύου επαληθεύεται η μη επαρκής κατάσταση λειτουργίας του, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.10. Το σημείο ρύθμισης πλαισιώνεται από τις χαρακτηριστικές καμπύλες C_{30} και C_{50} , το οποίο μεταφράζεται σε ποιότητα λειτουργίας της κλίμακας του 45% κατά προσέγγιση. Από την ανάλυση σε επίπεδο δικτύου, συμπεραίνεται ότι σχεδόν σε όλους τους συνδυασμούς ανοικτών υδροστομίων που παράγονται από το λογισμικό, είτε υφίστανται αρκετά υδροστόμια τα οποία αστοχούν, είτε ορισμένα σε συγκεκριμένες θέσεις αστοχούν σε μεγάλο βαθμό. Η πρώτη γενική εικόνα του δικτύου, ως προς την πρωταρχική διαστασιολόγηση και για την ειδική συνεχή παροχή q_3 , επιβεβαιώνεται ως επισφαλής, επομένως απαιτείται μία πιο διεξοδική ανάλυση της απόδοσης του έργου.

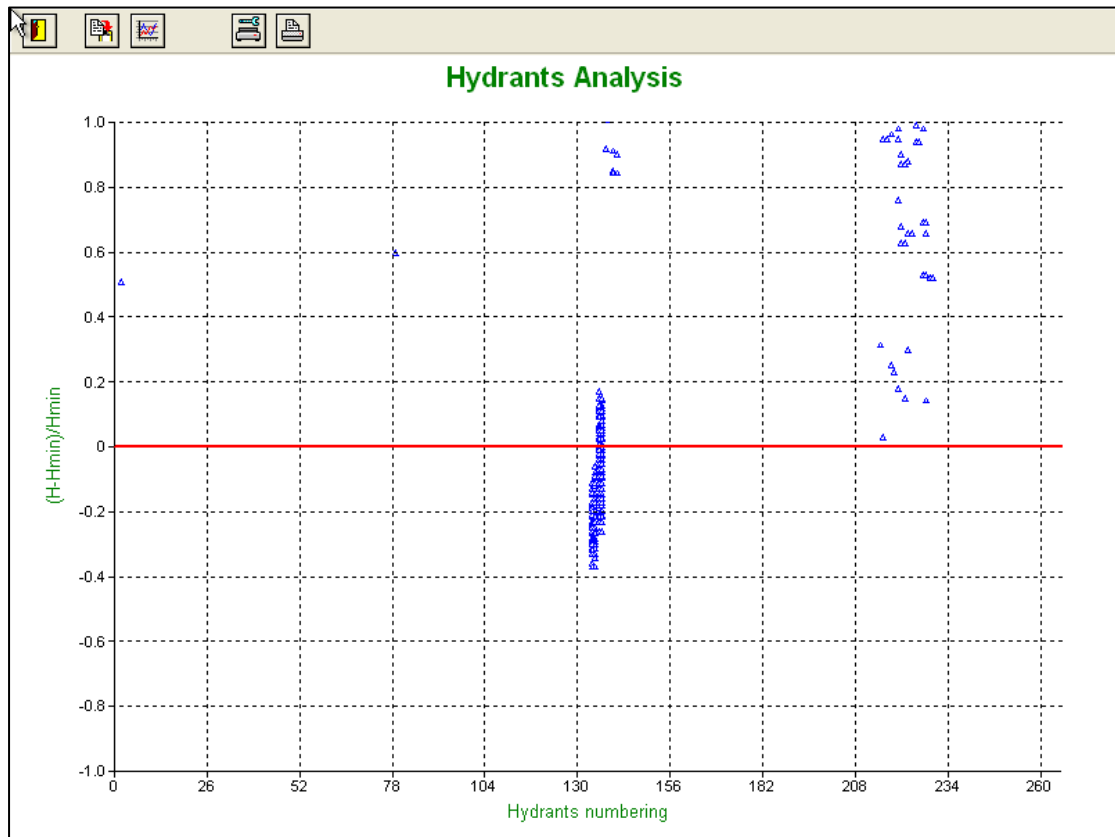


Σχήμα 5.10: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C₁₀, C₃₀, C₅₀, C₇₀, C₉₀ και C₁₀₀ με βάση το σημείο ρύθμισης.

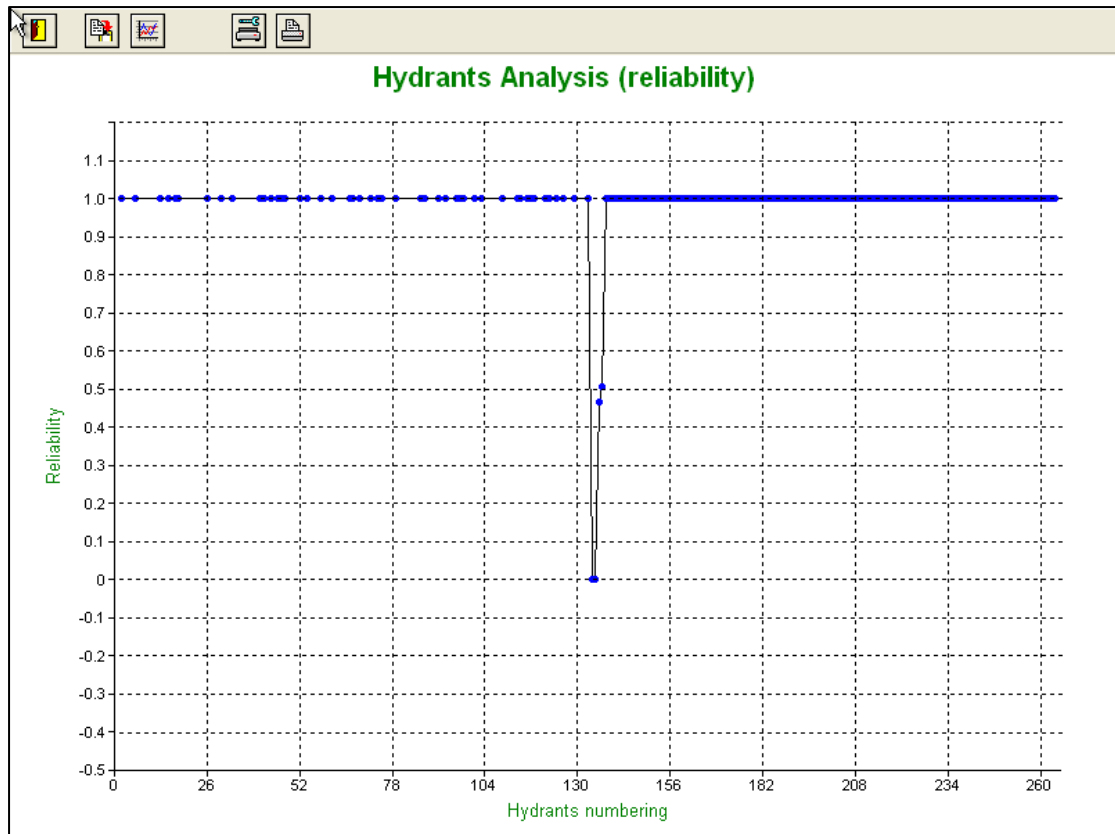
Η ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου για το τρέχον σενάριο απέδωσε εξίσου μέτριας ικανοποίησης αποτελέσματα. Ειδικότερα, το σχετικό έλλειμα – περίσσειας φορτίου ΔΗ για κάθε υδροστόμιο δε λαμβάνει τιμές χαμηλότερες από το 0 με εξαίρεση τα υδροστόμια 133 και 134, τα οποία γραφικά υπολογίζονται σε ένα εύρος τιμών – 0,38 έως – 0,24 (Σχήμα 5.11). Εντούτοις, τα υδροστόμια με τιμή μεγαλύτερη του μηδενός και μικρότερη της μονάδας, έχουν αυξηθεί σημαντικά και επεκτείνονται πλέον και στη ζώνη 206 – 234, όπου σχηματίζονται αραιά σμήνη σημείων για διάφορους συνδυασμούς ανοικτών υδροστομίων, ενώ οι τιμές τους κυμαίνονται από 0,02 έως και 0,99. Συν τοις άλλοις, εκτός του 1^{ου} υδροστομίου το οποίο σε όλα τα εναλλακτικά, αλλά και στο μηδενικό σενάριο, παίρνει την τιμή 0,53 προσεγγιστικά, πλέον εμφανίζεται και αυτό στη θέση 79 με τιμή 0,60. Παρατηρείται δε από το διάγραμμα ότι σε μεγάλο βαθμό πρόκειται για τα ίδια ακριβώς «ελαττωματικά» υδροστόμια με αυτά των ανωτέρω σεναρίων που επεξεργάστηκε το ΑΚΛΑ Μοντέλο. Παρά το γεγονός αυτό, η πλειονότητα των υδροστομίων βρίσκεται σε περίσσεια φορτίου και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό.

Επόμενο κατά σειρά βήμα της ανάλυσης αποτελεί ο δείκτης αξιοπιστίας υδροστομίων μέσω του Μοντέλου ΑΚΛΑ. Σε αυτή τη φάση, υπάρχουν δύο υδροστόμια (133, 134) τα οποία έχουν μηδενική τιμή, (Σχήμα 5.15). Αφορά τα προαναφερθέντα του αμέσως προηγούμενου βήματος, όπου έλαβαν τιμές πλησίον του μηδενός και συγκριτικά με τα υπόλοιπα εμφανίζουν το μεγαλύτερο έλλειμα. Προσέτι, τα υδροστόμια που έπονται παρουσιάζουν τιμή μικρότερη της μονάδας. Πιο αναλυτικά, το τρίτο κατά σειρά υδροστόμιο ισούται με 0,46 (135) και το αμέσως επόμενο με 0,52 (136) αντίστοιχα. Ωστόσο, ακόμη και σε αυτή την περίπτωση, λαμβάνουν θετικό πρόσημο αμφοτέρω. Εν συνεχεία, ο δείκτης σταθεροποιείται και επανέρχεται στην τιμή της μονάδας, η οποία χαρακτηρίζει και την τιμή των υδροστομίων για το σύνολο της μελέτης, πλην φυσικά

των τεσσάρων πρότερων εξαιρουμένων τα οποία εντάσσονται στον άξονα τιμών 130 – 156 του διαγράμματος. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται σε μεγαλύτερη τάξη μεγέθους στα προγενέστερα σενάρια για τη δεδομένη ζώνη και αφορά τον πρώτο επιμέρους κλάδο του δικτύου στο βόρειο ανατολικό του τμήμα.



Σχήμα 5.11: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=360L/s$.

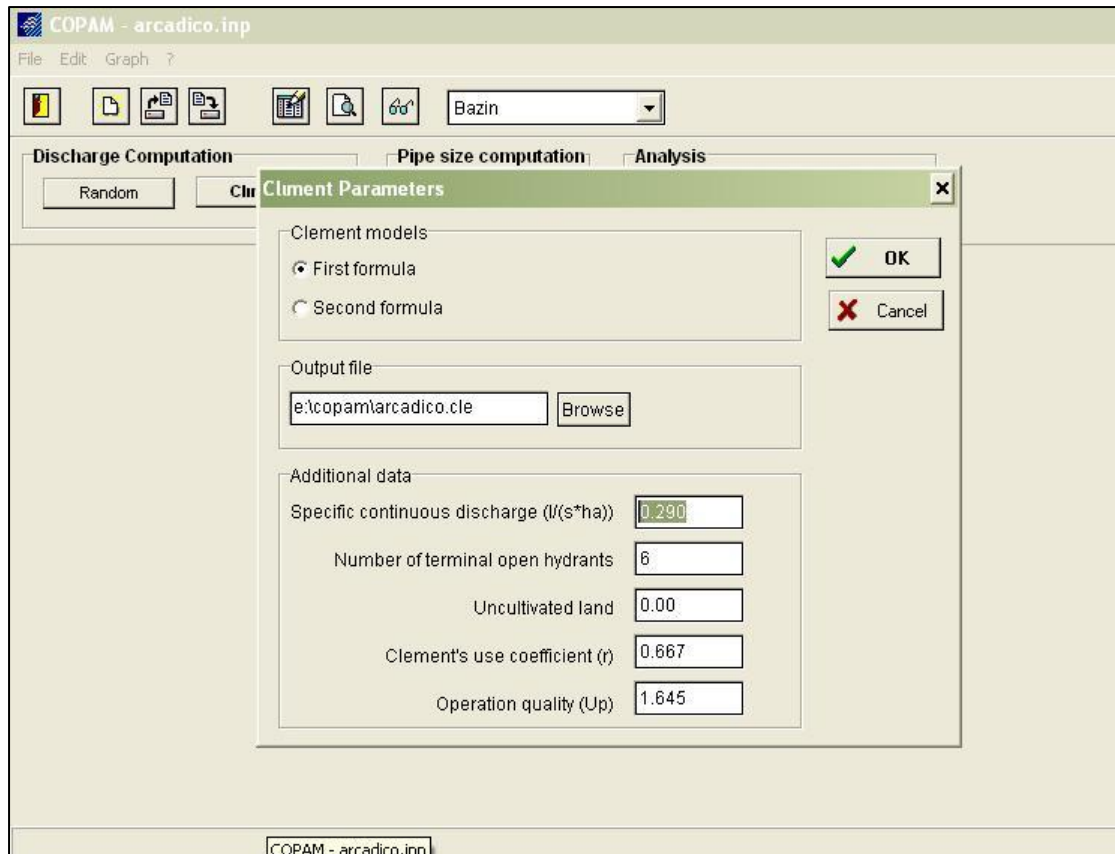


Σχήμα 5.12: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=360L/s$.

5.3.4 Σενάριο 4^ο – Εξέταση ειδικής συνεχούς παροχής της ΜΟΣ Αναβάλου

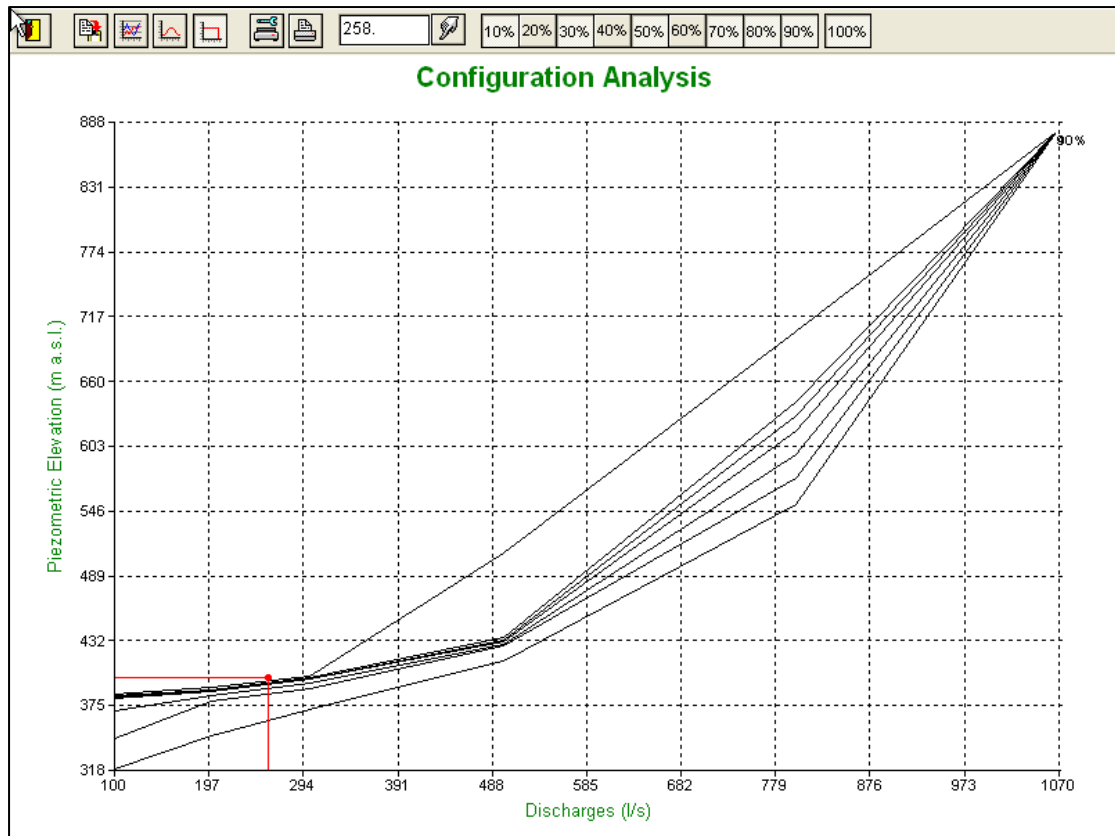
Στο τέταρτο και τελευταίο εναλλακτικό σενάριο εφαρμογής θα εξεταστεί η τιμή της ειδικής συνεχούς παροχής, την οποία προτείνει η Μελέτη του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου μέσα από την Τ.Ε. και ΜΟΣ που εκπονήθηκε και τελικά υπέβαλλε στο ΥΠΑΑΤ (2014). Ειδικότερα, από το γεωργοτεχνική, οικονομοτεχνική και υδραυλική μελέτη η τιμή αυτή για τις περιοχές Αγίου Δημητρίου, Αρκαδικού και Ασκληπιείου υπολογίστηκε ίση με $q_{max}=0,29L/s/ha$ για το μήνα Ιούλιο, ο οποίος απαιτεί και τις περισσότερες ποσότητες νερού για τις υπάρχουσες καλλιέργειες από την άποψη των αρδευτικών αναγκών.

Η απόρροια της δοκιμής της συνεπάγεται ελάττωση της τιμής του σεναρίου βάσης που έχει προταθεί, της τάξης του 11,3% στην τιμή της 24ωρης ειδικής συνεχούς παροχής. Εισάγοντας την $q_4=0.29L/s/ha$ στο COPAM και διατηρώντας σταθερές τις υπόλοιπες παραμέτρους, εφαρμόζεται το 1^ο Μοντέλο του Clément (Εικόνα 5.22). Η νέα παροχή λειτουργίας στην κεφαλή του έργου υπολογίζεται ίση με $Q_{Clém}=258L/s$, (Πίνακας 7 Παράρτημα Β'). Για το δεδομένο σενάριο το set point διαμορφώνεται κατά συνέπεια στο ζεύγος τιμών (400, 258).



Εικόνα 5.22: Εισαγωγή της τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής q_4 στο 1^ο μοντέλο του Clément (COPAM software).

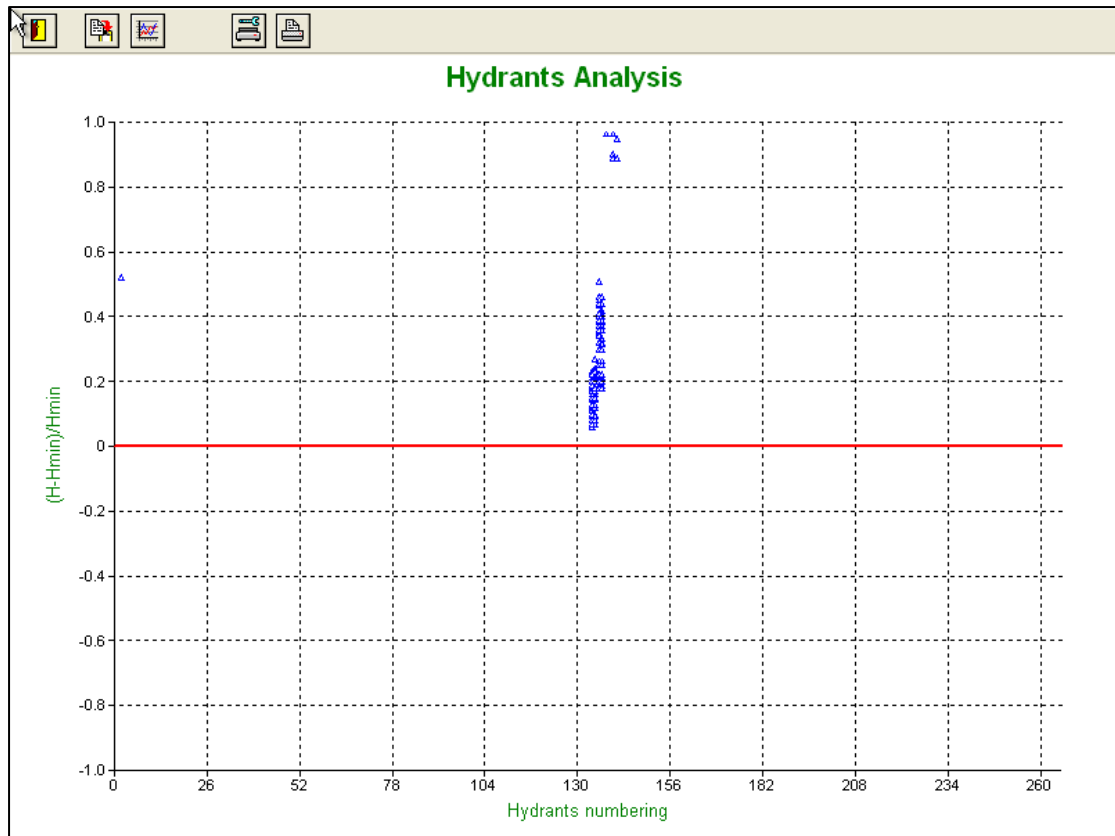
Η επεξεργασία του 4^{ου} εναλλακτικού σεναρίου συνεχίζεται με την εξέταση της ανάλυσης λειτουργίας του νέου δικτύου. Αναλύοντας σε επίπεδο δικτύου με τη μέθοδο των Χαρακτηριστικών Καμπυλών, η τελευταία δίνει αρχικά μία πλήρως ικανοποιητική λειτουργία του δικτύου (Σχήμα 5.13). Το σημείο ρύθμισης (400, 258) εμπίπτει εντός της χαρακτηριστικής καμπύλης C_{100} , υπερβαίνοντας την τιμή του 100%. Συνεπώς, η λειτουργία του δικτύου εκλαμβάνεται ως άριστη, είτε στην περίπτωση εφαρμογής της ειδικής παροχής q_4 στο μελλοντικό έργο, είτε σε περίπτωση ενδεχόμενης ελάττωσης του αρδευτικού νερού λόγω ανεπάρκειας υδατικών πόρων.



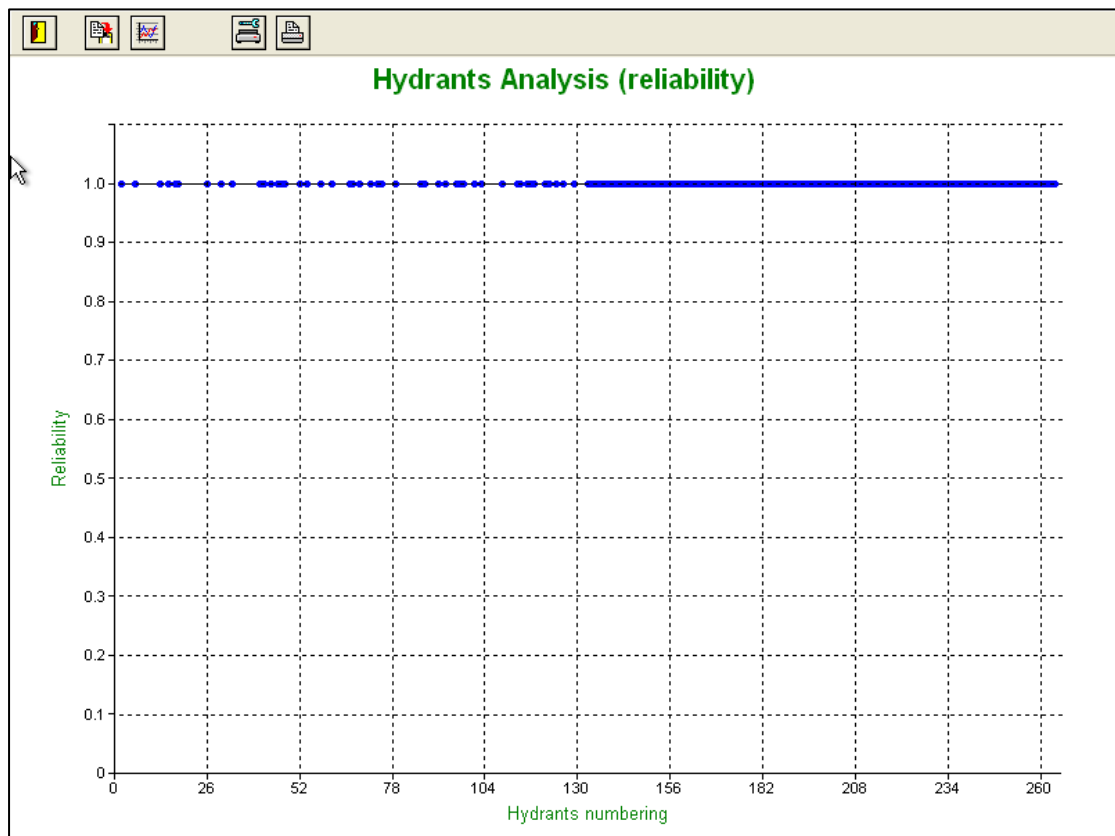
Σχήμα 5.13: Χαρακτηριστικές Καμπύλες του νέου δικτύου C₁₀, C₃₀, C₅₀, C₇₀, C₈₀, C₉₀ και C₁₀₀ με βάση το σημείο ρύθμισης (400, 258).

Η απόδοση του επικείμενου αρδευτικού έργου ακολούθως αναλύεται σε επίπεδο υδροστομίου για τις προαναφερόμενες συνθήκες λειτουργίας εκτελώντας το AKLA Model. Τα αποτελέσματα που παρήχθησαν χαρακτηρίζονται απολύτως αποδεκτά. Συγκεκριμένα, η ανάλυση σε επίπεδο σχετικού ελλείματος – περισσείας των υδροστομίων τεκμηριώνει μέσω του γραφήματος τη μη ύπαρξη ελλείματος, με το σύνολο αυτών να έχει θετικές τιμές. Από το Σχήμα 5.14 είναι ορατά τα ελάχιστα υδροστόμια που παρουσιάζουν τιμή μικρότερη της μονάδας, με μικρότερη τιμή αυτή του 0,05 κατά προσέγγιση για την υδροληψία στη θέση 133. Αποσαφηνίζεται δε ότι πρόκειται για την ίδια περιοχή «ελαττωματικών» υδροστομίων, η οποία ταυτίζεται με το μηδενικό σενάριο καθώς και με τα εναλλακτικά σενάρια, ωστόσο η πλειοψηφία αυτών λαμβάνει τιμές αρκετά μεγαλύτερες της μονάδας, όπως αποδεικνύει η πρόσθετη επεξεργασία στο COPAM, (Σχήμα 1 Παράρτημα Β'). Πράγματι, η λειτουργία του δικτύου θα είναι επαρκής και αδιάλειπτη.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης απόδοσης του δικτύου ενισχύονται και από το διάγραμμα του δείκτη αξιοπιστίας του Hashimoto για τη δοκιμαζόμενη παροχή q_4 . Στο Σχήμα 5.15 επιβεβαιώνεται ότι όλα ισοδυναμούν με την τιμή της μονάδας, γεγονός το οποίο επισημαίνει την ομαλή και ενδεδειγμένη λειτουργία του δικτύου. Το πόρισμα αυτό συνδράμει στην απρόσκοπτη και πρότυπη λειτουργία του μελλοντικού αρδευτικού έργου.



Σχήμα 5.14: Σχετικό έλλειμμα – περίσσεια φορτίου για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=258L/s$.



Σχήμα 5.15: Αξιοπιστία των υδροστομιών για το νέο δίκτυο με συνθήκες λειτουργίας $Z_{κεφ}=400m$, $Q_{Clém}=258L/s$.

5.3.5 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων

Ανακεφαλαιώνοντας, στις υποενότητες που προηγήθηκαν πραγματοποιήθηκε ποσοτική ανάλυση λειτουργίας του αρδευτικού δικτύου, το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια της διατριβής για την περιοχή του Αρκαδικού. Την παράμετρο επεξεργασίας αποτελεί η ειδική συνεχής παροχή με τις διαδοχικές αυξήσεις της προτεινόμενης τιμής του σεναρίου βάσης (Baseline Scenario) κατά 10%, 20% και 30% αντίστοιχα. Η τέταρτη κατά σειρά υπόθεση που πραγματοποιήθηκε αφορά τη μείωση της μηδενικής λύσης κατά 11,3%, η οποία αποτελεί και την τιμή που προτάθηκε από τους μελετητές του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου για τη συγκεκριμένη υποπεριοχή του έργου.

Η διερεύνηση της συμπεριφοράς του δικτύου ως προς τις μεταβολές στην τιμή της ειδικής συνεχούς παροχής έχει ως στόχο να μελετήσει την ανταπόκριση του συνόλου των παραμέτρων του επικείμενου έργου. Εφόσον πρόκειται για νέα μελέτη, κρίνεται σκόπιμο να υπολογιστεί η εκάστοτε παροχή λειτουργίας Clément για δεδομένο υψόμετρο της κεφαλής του δικτύου, όπως αυτό έχει οριστεί από τη Δεξαμενή Δ1 του κεντρικού αγωγού. Στη συνέχεια, για την τεκμηρίωση αν και κατά πόσο επαρκεί η λειτουργία του δικτύου για τις αρδευτικές ανάγκες του πεδίου εφαρμογής, έγινε ποσοτικοποίηση της λειτουργίας σε επίπεδο δικτύου και σε επίπεδο υδροστομίου, μέσω των παραγόμενων γραφημάτων του COPAM. Μία ακόμη παράμετρος που πρέπει να συνεκτιμηθεί στο σχεδιασμό του δικτύου αποτελεί και το κόστος των κλάδων του, μία παράμετρος καταλυτική για την κοστολόγηση και μετέπειτα για την κατασκευή του έργου.

Συγκεφαλαιώνοντας, η ποσοτική ανάλυση των μεταβολών της ειδικής συνεχούς παροχής και η δόμηση των ισοδύναμων εναλλακτικών σεναρίων, είχαν ως αποτέλεσμα την επιβεβαίωση της επαρκούς απόδοσης της λειτουργίας του δικτύου. Οι επιδόσεις του μελλοντικού έργου αποδείχθηκαν αδρομερώς ικανοποιητικές αφενός στις περιπτώσεις αύξησης των αρδευτικών αναγκών και αφετέρου σε ενδεχόμενη μείωση και εφαρμογή της λύσης από τη μελέτη του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου.

Το Characteristic Curves Model για την ανάλυση της απόδοσης σε επίπεδο δικτύου κατέδειξε συνοπτικά θετικά αποτελέσματα. Το σημείο ρύθμισης εντάσσεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων ανάμεσα στις χαρακτηριστικές καμπύλες C_{90} και C_{100} , το οποίο μεταφράζεται σε άριστη και αμείωτη λειτουργία του δικτύου. Πιο αναλυτικά, στο baseline scenario, στο σενάριο αύξησης κατά 10% και στο σενάριο μείωσης 11,3%, το set point τοποθετείται σχεδόν στην καμπύλη του 100% των διαμορφώσεων. Εντούτοις, ως καλή χαρακτηρίζεται η κατάσταση στη 2^η εναλλακτική λύση όπου η ποιότητα λειτουργίας ανήκει στην τάξη του 50%, ενώ μία σχετικά μικρή μείωση παρατηρείται στην 3^η εναλλακτική λύση, όπου η λειτουργία παραμένει σχετικά επαρκής και προσεγγιστικά της τάξης του 40 με 45%, σύμφωνα με τα γραφήματα του λογισμικού. Συμπεραίνεται ότι κατά το πρώτο στάδιο αξιολόγησης των αποτελεσμάτων του COPAM, η λειτουργία του δικτύου που σχεδιάστηκε καθίσταται αδιάκοπη για αυτές

τις εναλλακτικές λύσεις, διότι δεν υφίστανται αρκετά υδροστόμια τα οποία αστοχούν σε όλους σχεδόν τους παραγόμενους συνδυασμούς ανοιχτών υδροστομιών.

Η ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου με την εφαρμογή του AKLA Model συνεπικουρεί στην ως άνω διαπίστωση. Στο σενάριο μείωσης κατά 11,3% όλα τα υδροστόμια βρίσκονται σε περίσσεια φορτίου και έχουν αποκλειστικά θετικές τιμές με βάσει τα διαγράμματα που προβλήθηκαν ανωτέρω. Το μηδενικό σενάριο και το 1^ο εναλλακτικό σενάριο (αύξηση 10%) εμφανίζουν εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα, με την ουσιαστική διαφοροποίηση από το προαναφερθέν ότι ένα υδροστόμιο λαμβάνει στο πρώτο μηδενική τιμή σχετικού ελλείματος – περίσσειας φορτίου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση παίρνει την τιμή -0.18 προσεγγιστικά. Πρόκειται για το ίδιο υδροστόμιο και στις δύο εναλλακτικές λύσεις, το οποίο ωστόσο δε δημιουργεί πρόβλημα στη συνεχή λειτουργία του δικτύου, ούτε και σε τοπικό επίπεδο ιδίως αν τοποθετηθεί ενισχυτική αντλία (booster) στο εν λόγω σημείο για την αντιμετώπιση της μειωμένης πίεσης – παροχής λόγω υψομετρικής διαφοράς. Το υπό συζήτηση υδροστόμιο (133) λαμβάνει επίσης αρνητική τιμή στο 2^ο και στο 3^ο εναλλακτικό σενάριο εφαρμογής, σημειώνοντας καθοριστική επίπτωση στο δίκτυο. Πέραν αυτού, στα σενάρια αυτά προστίθεται και η υδροληψία 134 με ελλειμματική τιμή. Πιο αναλυτικά, για αύξηση 20% οι τιμές μεταβάλλονται για τις 133,134 υδροληψίες σε σχετικό έλλειμμα πίεσης – φορτίου -0.22 και -0.16 αντίστοιχα, ενώ για αύξηση 30% το έλλειμμα διαμορφώνεται σε -0.38 και -0,24. Οι σημαντικά χαμηλές τιμές σε σχέση με τα προγενέστερα σενάρια αύξησης καθώς και ελάττωσης των αναγκών άρδευσης, αιτιολογούν τη διαφορά στην απόδοση της λειτουργίας του έργου. Οι παραγόμενοι συνδυασμοί ανοικτών υδροστομιών στη ζώνη 206 – 234 στο 3^ο σενάριο αποδίδουν θετικές τιμές, χωρίς να επιτάσσουν ενίσχυση και άμεση επέμβαση.

Επιπλέον, τα υδροστόμια με τιμή θετική και μικρότερη της μονάδας είναι ακριβώς τα ίδια σε όλες τις υπό εξέταση περιπτώσεις, γεγονός το οποίο οφείλεται της διαφορές των υψομέτρων λόγω ανάγλυφου και οριοθετούνται στη ζώνη αρίθμησης 130 – 156. Η αιτία αυτή έχει ως απόρροια και για τα υδροστόμια 133 και 134 να κατοχυρώνουν μηδενική τιμή ελλείματος – περίσσειας ή να προσδιορίζονται κατά περίπτωση ελλειμματικά. Εντούτοις, δε θα χαρακτηριστεί ως κρίσιμη ζώνη για τη μηδενική λύση, για την προτεινόμενη λύση της ΜΟΣ Αναβάλου και για 10% άνοδο της q_0 , διότι το δίκτυο λειτουργεί ομαλά και αέναα. Για το 2^ο και το 3^ο εναλλακτικό σενάριο, η ζώνη αυτή καθίσταται προβληματική, παρά τη συνεχή λειτουργία του συστήματος. Υπογραμμίζεται ότι το υδροστόμιο 2 της ζώνης 0 – 26 λαμβάνει σταθερά τιμή ίση με 0,53 κατά προσέγγιση στην εκάστοτε μελετώμενη περίπτωση.

Κεφαλαιώδους σημασίας υπήρξε η εξέταση του δείκτη αξιοπιστίας του Hashimoto, με τη χρήση του οποίου ελέγχεται ο βαθμός επιτυχίας των ενδεχόμενων αυξομειώσεων για κάθε υδροστόμιο μεμονωμένα. Το αρχικά προτεινόμενο σενάριο, αλλά και το σενάριο μείωσης κατά 11,3% της αρχικής τιμής της ειδικής συνεχούς παροχής αποδίδουν τιμή ίση με τη μονάδα για όλο το πλήθος των υδροστομιών. Στα σενάρια αύξησης της ειδικής παροχής, η πλειονότητα των υδροστομιών ισούται με τη μονάδα, σε αντιπαραβολή με τα υδροστόμια 133 και 134 που λαμβάνουν οριακά θετικές τιμές 0,02 και 0,04 αντίστοιχα στο 2^ο σενάριο, ενώ στο 3^ο οι τιμές αυτές μηδενίζονται αμφότερες. Το αποτέλεσμα αυτό σηματοδοτεί την ανάγκη ανάταξης του συστήματος στην περιοχή αυτή. Για το 1^ο σενάριο, οι τιμές διαμορφώνονται για τις παραπάνω

υδροληψίες 0,51 και 0,60 κατά σειρά. Οι τιμές αυτές παραμένουν ιδιαίτερα υψηλές και επικυρώνουν την επιτυχή απόδοση του έργου, ενώ συσχετίζεται με την ελάχιστη αρνητική τιμή του διαγράμματος ελλείματος – περίσσειας φορτίου που αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι υδροληψίες 135 και 136 αποκλίνουν της μονάδας, διατηρώντας ωστόσο θετικό πρόσημο κατά τη 2^η και την 3^η εναλλακτική λύση.

Κλείνοντας, η πρωταρχική σημασία της παραμέτρου της ειδικής παροχής αιχμής σε ένα συλλογικό αρδευτικό υπό πίεση δίκτυο καταδεικνύει την καλή ή όχι λειτουργία του μέσω της ανάλυσης, ενώ αντιπαραβάλλει και εντοπίζει τα πιθανά προβλήματα. Οι υποθέσεις και τα ισάριθμα σενάρια που δημιουργήθηκαν, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το δίκτυο που σχεδιάστηκε για την Τ.Κ. Αρκαδικού δύναται να λειτουργήσει λίαν ικανοποιητικά σε δυνητική άνοδο της ζήτησης σε νερό άρδευσης, ακόμη και σε μία μεγάλη αύξηση της παροχής, της τάξης του 30%. Τα προβλήματα που διαλαμβάνονται κατά το 2^ο και 3^ο σενάριο εφαρμογής ενδείκνυται να αντιμετωπιστούν με ενίσχυση του δικτύου στις «ελαττωματικές» ζώνες, ως την πλέον ασφαλή και αποτελεσματική μέθοδο για την αντιμετώπιση υψομετρικών ανωμαλιών. Ωστόσο, μία ολοκληρωμένη διερεύνηση και των δευτερευουσών παραμέτρων του δικτύου στον ίδιο χρόνο, με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης κατά το στάδιο του σχεδιασμού και κυρίως της λειτουργίας του υδραυλικού έργου, θα οδηγήσει σε ασφαλέστερα συμπεράσματα για τους μελετητές, τους διαχειριστές και τελικά τους χρήστες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμπεράσματα – Προεκτάσεις

6.1 Συμπεράσματα και Αποτίμηση των Αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται γενικά συμπεράσματα εφαρμογής της μελέτης από το σύνολο των στοιχείων που συλλέχθηκαν και διερευνήθηκαν στα πλαίσια της δεδομένης διατριβής. Στόχος της εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η ανάλυση υπό πίεση αρδευτικού δικτύου ελεύθερης ζήτησης στο Αρκαδικό Επιδαύρου. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της συμπεριφοράς του δικτύου για ενδεχόμενες μεταβολές της ειδικής συνεχούς παροχής q_0 . Τα συμπεράσματα συνοψίζονται σε δύο ενότητες:

A. Ως προς το Χωρικό Σχεδιασμό και τη Γεωοπτικοποίηση των Δεδομένων

1. Η συγκέντρωση και η διαχείριση των πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων υπήρξε καθοριστικός παράγοντας για την εξαγωγή και την ποιότητα της χαρτογραφικής πληροφορίας. Η αξιοποίηση των δεδομένων υλοποιήθηκε με τη χρήση των GIS και των ΒΔ.
2. Η χρήση GIS σε σχέση με τη χρήση CAD κρίθηκε πιο επαρκής για τη χωρική και περιγραφική επεξεργασία των δεδομένων και τελικά για το χωρικό σχεδιασμό του δικτύου. Ο λόγος είναι ότι το GIS δε συνιστά απλώς ένα σχεδιαστικό εργαλείο, αλλά επιτρέπει την εισαγωγή, την επεξεργασία και τη συσχέτιση πληροφοριών γεωγραφικών αντικειμένων σε επιλεγμένο

σύστημα αναφοράς, τα οποία και προβάλλονται στον ψηφιακό χάρτη. Επίσης, παρέχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλου αριθμού δεδομένων σε πίνακες και βάσεις, καθώς και πλεονεκτήματα χωρικής ανάλυσης αυτών.

3. Το λογισμικό QGIS παρέχει ένα πλήρες σχεδιαστικό πακέτο ενσωματωμένο υπό μορφή πρόσθετων, το οποίο είναι φιλικό προς το χρήστη και αξιόλογο ως προς τους παραγόμενους θεματικούς χάρτες. Οι εν λόγω χάρτες μπορούν να δημιουργηθούν σε μικρό χρόνο από τις δυνατότητες του λογισμικού, να εκτυπωθούν και να χρησιμοποιηθούν άμεσα στο πεδίο.
4. Τα ελλιπή κτηματογραφικά δεδομένα και η χρήση παλαιότερων χαρτογραφικών υποβάθρων για την οριοθέτηση των καλλιεργειών και των ιδιοκτησιών συντελούν σε μία πιο αδρομερή εκτίμηση για την κατανομή του νερού άρδευσης και την εξυπηρέτηση των χρηστών. Συνεπώς, δε δύναται να υλοποιηθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός για το έργο.
5. Τα δεδομένα χρήσης και κάλυψης γης παραθέτουν ότι στην ΤΚ Αρκαδικού κυριαρχεί η καλλιέργεια της ελιάς σύμφωνα με τους παραχθέντες χάρτες. Το γεγονός αυτό ευνοεί τη μελέτη του δικτύου για την επιλογή του είδους άρδευσης, το οποίο θα είναι η *μικροάρδευση με σταγόνες*.
6. Τα δεδομένα της Διανομής I.M. Καρακαλά σε συνδυασμό με της Δηλώσεις ΟΣΔΕ συγκροτούν ένα σχετικά επαρκές υπό – κτηματολογικό υπόβαθρο για τη δόμηση των αρδευτικών μονάδων του συλλογικού δικτύου.
7. Η φωτοερμηνευτική απόδοση υπήρξε πρωταρχικός παράγοντας για την ανάλυση και υλοποίηση του χωρικού σχεδιασμού και την αξιοποίηση της πολυεπίπεδης θεματικής πληροφορίας.
8. Ο έλεγχος γεωμετρικών σφαλμάτων και τοπολογίας μέσα από το QGIS επικυρώνει την ορθή σχεδίαση των διανυσματικών Θ.Ε., με τη χρήση των σχετικών plugins.
9. Η αποθήκευση και η διαχείριση των διανυσματικών Θ.Ε. σε μία γεωβάση προσδίδει ευελιξία με τη μορφή της φορητού αρχείου το οποίο μπορεί να διατεθεί σε περαιτέρω χρήστες.
10. Η γεωοπτικοποίηση των χωρικών πληροφοριών καθιστά το GIS ένα εργαλείο διαχείρισης του συλλογικού δικτύου ελεύθερης ζήτησης, αλλά και ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, με τη δυναμική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.
11. Ο οριστικός σχεδιασμός του δικτύου εκπονήθηκε σε συνδυασμό με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού γεωοπτικοποίησης Google Earth Pro, το οποίο παρέχει μία σειρά από ορθοφωτογραφίες διαφόρων χρονικών διαστημάτων και κατάλληλο γεωγραφικό υπόβαθρο με αυξομειώσεις κλίμακας για βελτιωμένη παρατήρηση. Το αντίστοιχο υπόβαθρο της ΕΚΧΑ χρησιμοποιήθηκε σε ήσσονα βαθμό, ως ενίσχυση στην τελική λήψη απόφασης κατά τη φωτοερμηνεία.

B. Ως προς τον Υδραυλικό Σχεδιασμό και Ανάλυση του Αρδευτικού Δικτύου

1. Το στάδιο του σχεδιασμού απαιτεί αρχικά συστηματική μελέτη της ευρύτερης περιοχής, από γεωργική και οικονομοτεχνική άποψη, με σκοπό την καλλίτερη δυνατή εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων. Σημαντική είναι και η αρωγή της περιήγησης στην ευρύτερη περίμετρο, ώστε ο μελετητής να κατανοεί της ανάγκες και τη γεωμορφολογία της περιοχής.
2. Η εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό υδραυλικής προσομοίωσης είναι καταλυτικός παράγοντας για την αποφυγή λαθών και σφαλμάτων, τα οποία θα επηρεάσουν το σχήμα, το μέγεθος, τη διαστασιολόγηση των κλάδων, την παροχή σχεδιασμού και τελικά το κόστος των κλάδων.

3. Η εφαρμογή του 1^{ου} Μοντέλου του Clément πραγματοποιήθηκε με 6 ακραία υδροστόμια ανοικτά στο πέρας κάθε κλάδου και λειτούργησε ικανοποιητικά σε όλα τα εναλλακτικά σενάρια.
4. Η ανάλυση της υδραυλικής επάρκειας των συλλογικών αρδευτικών δικτύων υπό πίεση ελεύθερης ζήτησης, επιτυγχάνει την αξιολόγηση της λειτουργικής της κατάστασης με το Characteristic Curves Model, και συγκεκριμένα με τη χρήση των χαρακτηριστικών καμπυλών με δείκτες. Επιπλέον, από την ανάλυση σε επίπεδο υδροστομίου μέσω του AKLA Model, εκτός από την κατάσταση λειτουργίας, εξακριβώνεται αν και σε ποιες ειδικές περιοχές τα υδροστόμια εμφανίζουν προβλήματα, αλλά και σε ποιο βαθμό.
5. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες με δείκτες συνιστούν ένα σημαντικό εργαλείο αφενός για τον έλεγχο της υδραυλικής συμπεριφοράς του αρδευτικού δικτύου και αφετέρου για το σχεδιασμό των σχετικών εγκαταστάσεων δεξαμενών και υδροδότησης. Στην παρούσα περιοχή μελέτης η δεξαμενή Δ1 του κεντρικού αγωγού έχει σχεδιαστεί και κατασκευάζεται σε υψηλό σημείο σε σχέση με την προτεινόμενη έκταση της άρδευση, βάσει υδραυλικών αποτελεσμάτων.
6. Το μοντέλο AKLA δίνει τη δυνατότητα καθορισμού μέτρων και συγκεκριμένων λύσεων ενίσχυσης και ανάταξης του δικτύου ως προς το σχετικό έλλειμα πίεσης, τόσο σε συλλογικό επίπεδο όσο και σε προσωπικό επίπεδο χρήσης υδροστομίου. Στο δίκτυο του Αρκαδικού, τα αποτελέσματα υπήρξαν άκρως ικανοποιητικά και κυριαρχεί η περίσσεια φορτίου.
7. Κατά το στάδιο του σχεδιασμού η ανάλυση λειτουργίας παρέχει τη δυνατότητα προσέγγισης των περιπτώσεων βελτίωσης του δικτύου και της ποσοτικοποίησης του μεγέθους των αναγκαίων βελτιώσεων, με σκοπό την εκ νέου σχεδίαση.
8. Η συγκριτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με διαδοχικές αυξομειώσεις των τιμών της ειδικής συνεχούς παροχής καθίσταται ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις επερχόμενης διαφοροποίησης της ζήτησης, σε σχέση με την προβλεπόμενη τιμή της μελέτης. Γενικότερα, οι μεταβολές στην κατανομή των καλλιεργειών θα επιφέρουν μεταβολές στις αρδευτικές ανάγκες, το οποίο ισοδυναμεί με διαφορετική τιμή της ειδικής συνεχούς παροχής, όπως και διαφορετικά συστήματα πίεσης και παροχής.
9. Το δίκτυο που σχεδιάστηκε για το Αρκαδικό παρουσιάζει υψηλό βαθμό ικανοποίησης ως προς τη λειτουργική του κατάσταση, τόσο στο σενάριο βάσης – προτεινόμενη λύση, όσο και σε μελλοντική αύξηση στην παράμετρο της ειδικής συνεχούς παροχής, της τάξης του 10%. Εξίσου ικανοποιητικά είναι και στην περίπτωση μείωσης της τιμής της προαναφερθείσας παραμέτρου κατά 11,3%, τιμή που προδιαγράφει για την υπό μελέτη κοινότητα αλλά και για τις γεινιάζουσες η ΜΟΣ Αναβάλου (2014) στα πλαίσια της μελέτης του κεντρικού αγωγού του Αναβάλου στο Δήμο Επιδαύρου. Επομένως, το δίκτυο λειτουργεί απρόσκοπτα, χωρίς πρόβλημα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που σχεδιάστηκε και για τις υπό εξέταση διαμορφώσεις.
10. Οι υποθέσεις αύξησης της ειδικής συνεχούς παροχής κατά 20% και κατά 30% παρουσιάζουν σημαντική απόκλιση ως προς το επίπεδο της ποιότητας λειτουργίας του συστήματος, σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια που αξιολογήθηκαν, με την τελευταία να κυμαίνεται 50% και 45% αντίστοιχα. Στις περιπτώσεις αυτές χαρακτηρίζεται αφενός ως καλή και αφετέρου ως επαρκής η κατάσταση λειτουργίας.
11. Αντίστοιχα, μεταβολές στην ειδική συνεχή παροχή q_0 έχουν ως συνέπεια τη σημαντική μεταβολή της παροχής $Q_{Clém}$.
12. Η ποσοτική ανάλυση ως προς την παράμετρο q_0 του δικτύου, αποδεικνύει ότι τα αποτελέσματα του τελευταίου επηρεάζονται, έστω και κατά ένα μικρό

- ποσοστό, από τη μεταβολή της. Ειδικότερα, διαδοχική αύξηση των αρδευτικών αναγκών, οι οποίες εκφράζονται μέσω της q_0 , έχει ως απόρροια την οριακή ελάττωση της απόδοσης ορισμένων υδροστομιών.
13. Το ελεύθερο λογισμικό COPAM αποτελεί ένα εύχρηστο πρόγραμμα για την εκτέλεση της υδραυλικής προσομοίωσης αρδευτικών δικτύων, φιλικό προς το χρήστη και απαιτεί στοιχειώδεις γνώσεις Η/Υ.
 14. Το COPAM ωστόσο υπολογίζει τις απώλειες φορτίου αποκλειστικά με βάση το συντελεστή τραχύτητας γ του Bazin, γεγονός το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την ελληνική νομοθεσία, όπου οι γραμμικές απώλειες φορτίου υπολογίζονται από τον τύπο των Darcy – Weisbach σε συνάρτηση με το συντελεστή τριβών f , (Εγκύκλιος Δ.22.200/ 30 – 07 – 1977 του πρώην Υ.Δ.Ε.).
 15. Στο προαναφερθέν software το εύρος των επιτρεπόμενων ταχυτήτων ροής του νερού στους αγωγούς, θεωρείται σταθερό για τις διαμέτρους του εμπορίου ($V_{min} = 0.2$ m/s και $V_{max} = 2.5$ m/s). Η δεδομένη παραδοχή προσδίδει ταχύτητα και ευελιξία στους υπολογισμούς των παραμέτρων στο χρήστη, δημιουργεί προβληματισμό παρόλα αυτά για τα αποτελέσματα που θα επιφέρει η Ασυνεχής Μέθοδος του Labye για τη διαστασιολόγηση του νέου δικτύου. Αιτία είναι η διαφοροποίηση των επιτρεπόμενων ταχυτήτων ροής στους αγωγούς, ανάλογα με κάθε διάμετρο του εμπορίου, σύμφωνα με την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία.
 16. Επαγωγικά από το άνωθεν συμπέρασμα και την παραδοχή για τις ταχύτητες ροής στους κλάδους, διαπιστώνεται ότι το COPAM υπολογίζει με μειωμένο, σε σχέση με άλλα προγράμματα, κόστος το σύστημα των αγωγών που διαστασιολογεί. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα του software αυτού είναι μεγαλύτερη πλειοψηφικά από αυτές που προδιαγράφει η Ελληνική Νομοθεσία, οπότε και διαστασιολογεί αγωγούς με μικρότερη διάμετρο.

6.2 Μελλοντικές Προεκτάσεις

Τα έργα έγγειων βελτιώσεων και γενικότερα τα έργα υποδομής αποτελούν ένα μοχλό τοπικής ανάπτυξης ιδίως της αγροτικής περιοχής. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της συλλογικού δικτύου άρδευσης ελεύθερης ζήτησης σε μία περιοχή χωρίς δυνατότητα άρδευσης, θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της γεωργικής απόδοσης των καλλιεργειών και κατ' επέκταση και του γεωργικού εισοδήματος. Επιπλέον, η δυνατότητα άρδευσης θα δώσει τη δυνατότητα αναζωογόνησης και επέκτασης των καλλιεργειών και ωθεί την αξιοποίηση γεωργικών εδαφών που βρίσκονται σε αγρανάπαυση.

Ένα συλλογικό υπό πίεση δίκτυο συνιστά έναν τρόπο ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής ενδιαφέροντος και εφαρμογής καλών πρακτικών άρδευσης και χρήσης του νερού. Στο Δήμο Επιδαύρου είναι εφικτό να συντελεστεί εμπλουτισμός και αποκατάσταση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της ευρύτερης περιοχής μετά τη σφράγιση όλων των υφιστάμενων γεωτρήσεων. Οι αρμόδιοι κρατικοί φορείς και οι διαχειριστές του δικτύου θα πρέπει να ενημερώνουν τους γεωργούς για την ορθή πολιτική χρήσης του νερού και να ωθήσουν το συμμετοχικό σχεδιασμό για τη διατύπωση νέων στόχων και πολιτικών, καθώς και στη λήψη αποφάσεων, όπου οι χρήστες θα εκφράζουν την γνώμη τους και θα λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στα πλαίσια του διαλόγου των εμπλεκόμενων μερών. Ο διάλογος θα εντάσσεται σε μία πλατφόρμα με σκοπό τη διαχείριση της συμμετοχικής άρδευσης.

Θεμελιώδους σημασίας είναι η δόμηση του Κτηματολογίου και η οριοθέτηση των ιδιοκτησιών, το οποίο θα καθορίσει με τη σειρά του και τα όρια μεταξύ οικισμών,

κοινοτήτων, Δημοσίου και ιδιωτών. Με τη διαδικασία αυτή θα αποτυπωθούν συν τοις άλλοις και οι ειδικές εκτάσεις, όπως δρόμοι, ρέματα, κ.α., η οποία θα συντελέσει και στον υπολογισμό των «καθαρών», εξοπλισμένων προς άρδευση εκτάσεων. Συμπληρώνεται ότι σε συνδυασμό με τη δημιουργία Κτηματολογίου έπεται και η δημιουργία αναδασμού για το Αρκαδικό, ο οποίος θα διαμορφώσει πιο εύχρηστες και αποδοτικές αγροτικές εκμεταλλεύσεις. Ένα επιτυχές παράδειγμα εντός του Δήμου είναι ο εκούσιος αναδασμός της Δήμαινας στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Επιπλέον, με την ενέργεια αυτή επιτυγχάνεται μία βελτιωμένη χάραξη του αγροτικού οδικού δικτύου, η οποία διευκολύνει τους χρήστες με τα οχήματα και τα αγροτικά μηχανήματα. Εν κατακλείδι, ο αναδασμός συναποτελεί ένα μέσο συγκράτησης του γεωργικού πληθυσμού στην ύπαιθρο, ενισχύοντας την κοινωνική και οικονομική συνοχή, σε συνδυασμό με πρόσθετα έργα υποδομής, όπως η αγροτική οδοποιία.

Από την πλευρά των κρατικών υποδομών κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για ψηφιοποίηση των δεδομένων των υπηρεσιών, τόσο για της περιγραφικές όσο και για τις χωρικές πληροφορίες. Η δημιουργία ψηφιακών ΒΔ είναι άκρως απαραίτητη για την αποθήκευση του υλικού, αλλά και εφαλτήριο αναζήτησης παλαιότερου και συλλογής του υπάρχοντος. Επόμενο βήμα της οργάνωσης των δεδομένων σε βάσεις είναι η ανάπτυξη εργαλείων και ΣΔΒΔ τα οποία θα εμπεριέχουν κατανεμημένες πληροφορίες και θεματικές ενότητες σχετικά με την πολεοδομία, την ιδιοκτησία, τα οδοστρώματα, τους υδατικούς και φυσικούς πόρους και γενικότερα του συνόλου των έργων υποδομής, από τη φάση της συλλογής στοιχείων, έως την κατασκευή και τη συντήρηση αυτών. Στον ελληνικό χώρο υπάρχει ακόμη μεγάλη έλλειψη χαρτογραφικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, πρόβλημα το οποίο πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα για την ορθή εξέλιξη των υποδομών. Το πρόβλημα αυτό προτείνεται να αντιμετωπιστεί και με την εισαγωγή ελεύθερων λογισμικών – ανοικτού κώδικα (FOSS), όσο αφορά τα GIS, τις ΒΔ και τα σχεδιαστικά πακέτα. Με την κατεύθυνση αυτή δημιουργήθηκε και η γεωβάση μορφής Spatialite στο QGIS όσο αφορά το αρδευτικό έργο που σχεδιάστηκε στην παρούσα εργασία, ώστε να μεταφέρεται και να διατίθεται δωρεάν, με σκοπό την ανάλυση και τη διαχείρισή του. Η ΒΔ αυτή μπορεί να υλοποιηθεί και μέσα από την PostGIS επέκταση του RDBMS PostgreSQL, η οποία θα επεξεργάζεται και θα αποθηκεύεται από ένα δίκτυο χρηστών, από τους διαχειριστές του συλλογικού αρδευτικού έργου και κρατικούς φορείς, χωρίς επιβάρυνση συνδρομής εμπορικού λογισμικού και περεταίρω λειτουργικών εξόδων.

Κλείνοντας, υπογραμμίζεται ότι πρέπει να πραγματοποιείται η συλλογή δεδομένων πίεσης και παροχής στην κεφαλή και ανάντη των κλάδων από το συλλογικό δίκτυο με τρόπο συστηματικό. Πρέπει να συλλέγονται ακόμη στοιχεία των καλλιεργειών, των υδροστομιών που λειτούργησαν και οι καταναλώσεις για κάθε καλλιεργητική περίοδο. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να ανανεώνονται τακτικά, να διενεργούνται οι κατάλληλοι και διεξοδικοί στατιστικοί έλεγχοι και τελικά να αναλύονται. Με την αρωγή των GIS, της Τηλεπισκόπησης/RS και της Μηχανικής της Μάθησης (Machine Learning Engineering) η ως άνω εξέλιξη των καλλιεργειών είναι εφικτό να παρακολουθείται σε συνδυασμό με τα στοιχεία ενημέρωσης από της αρμόδιους φορείς που συμμετέχουν, καθιστώντας αυτά ένα ουσιώδες εργαλείο εξοικονόμησης χρόνου και πόρων στη συντήρηση των αρδευτικών δικτύων. Στην προσπάθεια αυτή θα συνδράμει και η ανάπτυξη ενός νέου, βελτιωμένου και ταχύτερου αλγοριθμικά και υπολογιστικά υδραυλικού λογισμικού για το σχεδιασμό και την ανάλυση των αρδευτικών δικτύων υπό πίεση, το οποίο θα αποδίδει ακριβείς τιμές για κάθε παράμετρο στις γραφικές παραστάσεις αποτελεσμάτων.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alperovits, E., Shamir, U., (1977). *Design of optimal water distribution systems*. Water Resources Research, 13, 885 – 900.

Bethery, J., Meunier, M., Puech, C., (1981). *Analyse des défaillances et étude renforcement des 165ndices d'irrigation par aspersion*. Proc. Xle Cong CIID, 36, 297 – 324.

Bethery, J., (1990). *Réseaux collectifs 165ndices165 sous pression. Calcul et fonctionnement*. Etudes hydraulique Agricole, No. 6, Antony, France.

Bourazanis, G., Roussos, P., A., Argyrokastritis, I., Kosmas, C., Kerkides, P., (2016). *Evaluation of the use of treated municipal waste water on the yield, oil quality, free fatty acids' profile and nutrient levels in olive trees cvKoroneiki, in Greece*. Journal of Agricultural Water Management, vol. 163, p.p. 1 – 8.

Burrough, P., A. (1986). *Fuzzy Mathematical Methods for Soil Survey and Land Evaluation*. Journal of Soil Science, vol.40, p.p.477 – 492.

CEMAGREF., (1983). *Calcul des 165ndices ramifiés sous pression*. No. 506, Antony, France.

Clément, R., (1955). *Note sur le calcul des debits dans les canalisations d'irrigation*. Journées d' etude d' irrigation, Arles, A.F.E.I.D., 21pp.

Clément, R., (1966). *Calcul des debits dans les 165ndices d'irrigation fonctionnant à la demande*. Huile Blanche, No. 5, 553 – 575.

Clément, R., Galand, A., (1979). *Irrigation par aspersion et reseaux collectives de distribution sous pression*. Editions Eyrolles, 182pp.

Dercas N., (1989). *Contribution au calcul des 165ndices sous pression à l demande libre et restreinte, Proposition d'un modèle de simulation*. Ph.D. Dissertation, Université des Sciences et Technique du Languedoc (Université de Montpellier II), France, 201 pp.

Dercas, N., Karantounias, G., (1997). *Problèmes de calcul des 165ndices d'irrigation sous pression*". ICID Journal, vol. 46, No 1, pp. 119 – 136.

Estrada, C., González, C., Aliod, R., Panõ, J., (2009). *Improved Pressurized Pipe Network Hydraulic Solver for Applications for Irrigation Systems*. J. Irrig. Drain. Eng., 135 (4), 421 – 430.

Galand, A., Jean, M., (1979). *Les 165ndices165165s de conception d'un 165ndices d'irrigation par aspersion*. ICIP Bulletin, Vol.29 (2), pp. 34-39.

Hashimoto, T., (1980). *Robustness, Reliability, Resilience and Vulnerability Criteria for Planning Water Resources Systems*. Ph. D. Dissertation. Cornell University, New York, USA.

Hashimoto, T., Sredomger, J. R., Loucks, D. P., (1982). *Reliability, resilience and vulnerability criteria for water resources system performance evaluation*. *Water Resources Res.*, 18(1): 14 – 20.

Kale, R. V., Singh, R. P., Mahar, P.S., (2008). *Optimal design of pressurized irrigation subunit*. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134, 137 – 146.

Karantounias, G. Dercas, N., (1999). *Problèmes de fonctionnement et de gestion des reseaux d'irrigation en Grèce – Etude de deux cas typiques*. *ICID Journal*, vol. 48, No 2, pp. 11 – 32.

Karmeli, D., Gadish, Y., Meyers, S., (1968). *Design of optimal water distribution networks*. *Journal of Pipeline Division ASCE*, 94 (PL1), 1 – 10.

Khadra, R., Lamaddalena, n., (2010). *Development of a Decision Support System for Irrigation Systems Analysis*. *Water Resources Management*. 24, 3279 – 3297.

Lamaddalena, N., (1997). *Integrated simulation modeling for design and performance analysis of on – demand pressurized irrigation systems*. PhD Dissertation. Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal.

Lamaddalena, N., Sagardoy, J. A., (2000). *Performance analysis of on – demand pressurized irrigation systems*. *Irrigation and Drainage Paper no. 59*, FAO, Rome, Italy.

Lamaddalena, N., Perreira, L. S., (2007a). *Assessing the impact of flow regulators with a pressure – driven performance analysis model*. *Agric. Water Manag.*, 90(1), 28 – 35.

Lamaddalena, N., Perreira, L. S., (2007a). *Pressure – driven modelling for the performance analysis of irrigation systems operating on demand*. *Agric. Water Manag.*, 90(1), 36 – 44.

Labye, Y., 1961. *Méthodes Permettant de déterminer les caractéristiques optimales d'un 166ndice de distribution d'eau Méthode discontinue*. *Bulletin Technique du genie rural*.

Labye, Y. 1966. *Etude des 166ndices 166 de calcul ayant pour but de rendre minimal le coût d'un 166ndice de distributin d'eau sous pression*. *L Houille Blanche*, No5.

Labye Y. and Montgolfier J.M.,1971. *Modèle de simulation du comportement d'un 166ndice sous pression devant fonctionner à la demand*. In: *Rapports du 8e journées européennes de la CIID*. Association française pour l'étude de la irrigation et du drainage, 35, 1 – 16.

Labye, Y., Lahaye J.P., and Meunier, M., 1975. *Utilisation des caractéristiques 166ndices*. *Proc. Congres de la ICID*, Moscou, p30.

Liang, T., (1971). *Design conduit system by dynamic programming*. Journal of the Hydraulics Division ASCE, 97, 36 – 44.

Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. (1991). “*Geographical Information Systems: Principles and Applications*”. London: Longman Scientific and Technical, Harlow.

Rossemann, L.A., (2000). *EPANET User Manual*. US Environmental Protection Agency, Drinking Water Research Division, Risk Reduction Engineering Laboratory. Cincinnati, USA.

Silberschatz, A., Korth, H.F., Sudarshan, S., (2002). *Database System Concepts*. McGraw-Hill Companies Inc., New York.

Spiliotis, M., Tsakiris, G., (2007). *Minimum cost irrigation network design using interactive fuzzy integer programming*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 133 (3): 242 – 248.

Stefopoulou, A., Dercas, N., (2011a). *Investigation of Hydraulic Performance of Irrigation Networks Kalyvion – Socha, (Prefecture of Laconia, Greece)*. Proc. 7th Greek Conf. of the Hellenic Society of Agric. Eng., Greece.

Stefopoulou, A., Dercas, N., (2011b). *Performance Analysis of Large Pressurized Irrigation Networks: Effect of Head Losses Evaluation*. Proc. VI EWRA Int. Symp. “Water Engineering and Management in a Changing Environment”, Italy.

Stefopoulou, A., Dercas, N., (2017). *NIREUS: A new software for the analysis of on - demand pressurized collective irrigation networks*. Journal of Computers and Electronics in Agriculture, vol. 140, p.p. 58 – 69.

Yang, K. P., Liang, T., Wu, I.P., (1975). *Design of conduit systems with diverging branches*. Journal of the Hydraulics Division ASCE, 101, 167 – 188.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δέρκας, Ν. (1991). *Διερεύνηση προσαρμογής του μοντέλου Clément στην πραγματική λειτουργία της δικτύου υπό πίεση ελεύθερης ζήτησης*. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. Τεχνικά Χρονικά, Τόμος ΙΙ, Τεύχος 3.

Δέρκας, Ν. (1999). *Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού σε δίκτυα ελεύθερης ζήτησης*. Σημειώσεις Μαθημάτων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δέρκας, Ν. (2000). *Προβλήματα λειτουργίας και διαχείρισης αρδευτικών δικτύων στην Ελλάδα. Μελέτη δύο αντιπροσωπευτικών περιπτώσεων*. Σημειώσεις Μαθημάτων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δέρκας, Ν. (2001). *Μαθηματικά ομοιώματα για την ανάταξη και τον εκσυγχρονισμό των συλλογικών αρδευτικών δικτύων υπό πίεση*. Σημειώσεις Μαθημάτων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δέρκας, Ν. (2006). *Εγγειοβελτιωτικά Έργα – Συλλογικά αρδευτικά δίκτυα*. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Διδασκαλίας, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ζεντέλης, Π. (2011). *Περί Κτημάτων Λόγος και Κτηματολόγιο*. Κεφάλαιο 6° «Αγροτικός Χώρος». Τόμος Α'. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Κάβουρας, Μ. (2007). *Αρχές Γεωπληροφορικής και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κονταξάκη, Σ., Τομαή, Ε., (2015). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας. Αρχές και Τεχνολογίες*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. (<https://www.kallipos.gr/el/>)

Καλύβας, Δ. (2012). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Χωρική Ανάλυση και Χωρική Παρεμβολή*. 2^ο Επιστημονικό Σεμινάριο «Νέες τεχνολογίες για την άρδευση, λίπανση και φυτοπροστασία στη γεωργία». Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Καλύβας, Δ., Δήμου, Π., Βούλγαρης, Γ. (2013). *Χωρική Παρεμβολή Εδαφικών Ιδιοτήτων με Χρήση Γεωστατιστικής και Ιδιοτήτων του Τοπογραφικού Αναγλύφου*. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Χωρικής Ανάλυσης. Hellenic Society of Swedish Scholars και Σύνδεσμος Ελλήνων Πολεοδόμων και Χωροτακτών. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κατσιμπα, Ζ. (2009). *Βελτιστοποίηση του κόστους των αγωγών αρδευτικών δικτύων υπό πίεση με εφαρμογή της ασυνεχούς μεθόδου του Labye και τη χρήση του προγράμματος COPAM. Εφαρμογή στο αρδευτικό δίκτυο Καβασιλών Ημαθίας*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Π.Μ.Σ. «Γεωπληροφορική», Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Κόλλια, Β. (2006). *Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα*. Σημειώσεις Διδασκαλίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κομνηνού, Ε., (2012). *Ανάπτυξη προσχεδίου δράσης για την αιφόρο ενέργεια για το Δήμο Επιδαύρου*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μανιάτης, Ι., (1996). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης Κτηματολογίου*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Μελέτη Οικονομικής Σκοπιμότητας Αναβάλου (Αργολίδας), 2014. *Μελέτη μεταφοράς και διανομής νερού άρδευσης από δίκτυα Αναβάλου της Δήμους Ασκληπιείου και Επιδαύρου Ν. Αργολίδας*. Αρ. Έργου 2009 ΣΕ0818008. ΥΠ.Α.Α.Τ., Δ.Τ.Μ. & Κ., Αθήνα.

Μιγκίρος, Γ., (2012). *Ορθολογική Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων στη Γεωργία με Χρήση Νέων Τεχνολογιών*. Τομέας Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ντάσκακας, Α., (1989). *Τα εγγειοβελτιωτικά έργα στην Ελλάδα*. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. Τεχνικά Χρονικά, Μηνιαία Έκδοση ΤΕΕ, Τεύχος 5 – 6. Σελ. 33 – 44.

Ρίζος, Σ., (2013). *Χαρτογράφηση της τρωτότητας του υπογείου υδατικού συστήματος του Αργολικού Πεδίου με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Π.Μ.Σ. «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου», Χαρακόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Σταμούλη, Π. (2014). *Ανάλυση συλλογικού αρδευτικού δικτύου υπό πίεση με ελεύθερη ζήτηση. Εφαρμογή στο αρδευτικό δίκτυο Παραβόλας ν. Αιτωλοακαρνανίας*. Διπλωματική Εργασία. Δ.Π.Μ.Σ. «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Στεφοπούλου, Α., Δέρκας, Ν., (2009). *Μαθηματικά ομοιώματα για την υδραυλική ανάλυση των αρδευτικών δικτύων υπό πίεση*. Κοινό Συνέδριο της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ) και της Ελληνικής Επιτροπής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (ΕΕΔΥΠ) «Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων σε συνθήκες κλιματικών αλλαγών». Τόμος ΙΙ. Σελ. 781 – 788.

Στεφοπούλου, Α., (2013). *Ανάπτυξη ομοιώματος προσομοίωσης για την ανάλυση της λειτουργίας αρδευτικών δικτύων υπό πίεση ελεύθερης ζήτησης*. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Στρατηγέα, Α., (2009). *Συμμετοχικός Σχεδιασμός και Βιώσιμη Τοπική Ανάπτυξη: Μία Μεθοδολογική Προσέγγιση*. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης. Βόλος, Σελ. 43 – 51.

Τεχνική Έκθεση Αναβάλου (Αργολίδας), 2014. *Οριστική Μελέτη Υδραυλικών Έργων. Μελέτη μεταφοράς και διανομής νερού άρδευσης από δίκτυα Αναβάλου της Δήμους Ασκληπιείου και Επιδαύρου Ν. Αργολίδας*. Αρ. Έργου 2009 ΣΕ0818008. ΥΠ.Α.Α.Τ., Δ.Τ.Μ. & Κ., Αθήνα.

Τ.Ε.Ε. Πελοποννήσου, (2001). *Ολοκληρωμένη διαχείριση απορριμμάτων του Ν. Αργολίδας – Τεχνολογίες – Νέες Ισχύουσες Προδιαγραφές – Παρακολούθηση Περιβαλλοντικών Όρων*. Περιφερειακό Τμήμα Πελοποννήσου, Ναύπλιο.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Κ.Ε.Ν.Α.Κ., (2017). *Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Γενική Γραμματεία Ενέργειας και Ορυκτών Πρώτων Υλών. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2017. Α' Έκδοση, Αθήνα.

Τσακίρης, Γ., Δέρκας, Ν., (2006). *Συλλογικά αρδευτικά δίκτυα. Υδραυλικά Έργα, Σχεδιασμός και Διαχείριση*. Τόμος II: Εγγειοβελτιωτικά Έργα. Γ. Τσακίρης (Υπεύθυνος Έκδοσης). Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Χαλκιάς, Χ. (2006). *Όροι και Έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.

Χαλκιάς, Χ. (2015). *Γεωγραφική Ανάλυση με την Αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής. Εφαρμοσμένα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. (<https://www.kallipos.gr/el/>)

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. <http://geodata.gov.gr/dataset/corine-2000/resource/7ab7931b-fb33-48a0-ae56-75c6473be24d>
2. <http://www.ktimatologio.gr/forestmaps/Pages/xrasis-gis.aspx>
3. <http://www.statistics.gr/el/digital-cartographical-data?inheritRedirect=true>
4. <http://www.statistics.gr/el/home>
5. <https://uls.eionet.europa.eu/CLC2000/classes>
6. <http://www.opengee.org/>
7. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/lcc-2012-2018?tab=download>
8. https://www.w3schools.com/charsets/ref_html_utf8.asp
9. <https://postgis.net/>
10. <https://gisgeography.com/>
11. <http://www.fao.org/3/r4082e/r4082e06.htm>
12. <https://www.postgresql.org/>
13. <http://www.data.gov.gr/>
14. <http://www.epidavros.gr/>
15. http://help.arcgis.com/en/geodatabase/10.0/sdk/arcscde/concepts/geometry/db_schema/dbschema.htm
16. <https://www.omicsonline.org/open-access/a-software-process-framework-for-guiding-the-construction-specification-of-geospatial-databases-2165-7866-1000219-96911.html>
17. <https://www.w3resource.com/sql-exercises/>
18. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
19. <https://2012books.lardbucket.org/pdfs/geographic-information-system-basics.pdf>
20. <http://www.saga-gis.org/en/index.html>
21. <https://grass.osgeo.org/>
22. http://www.minagric.gr/greek/data/RW_Laws.pdf
23. <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/library/digitalLibrary>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Περιοχή Μελέτης Περίπτωσης

Μήνες	Μέσο ύψος βροχής σε χλστ	Μέγιστο ύψος βροχής 24ωρου	Ημέρες βροχής	Ημέρες χιονιού
Ιανουάριος	71.11	83.40	10.48	0.24
Φεβρουάριος	50.95	44.00	10.38	0.29
Μάρτιος	54.92	70.50	10.05	0.29
Απρίλιος	36.13	32.20	9.00	0.00
Μάιος	20.30	52.50	6.91	0.00
Ιούνιος	10.13	33.00	3.09	0.00
Ιούλιος	10.17	58.40	2.50	0.00
Αύγουστος	16.29	45.70	3.32	0.00
Σεπτέμβριος	16.43	24.10	4.90	0.00
Οκτώβριος	47.95	67.00	7.14	0.00
Νοέμβριος	87.60	217.40	10.36	0.00
Δεκέμβριος	73.67	53.00	13.09	0.09
Ετήσια	495.65	217.40	91.23	0.91

Πίνακας 1: Μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης και μέγιστο ύψος βροχόπτωσης 24ώρου για τον Μ.Σ. Πυργέλας τη χρονική περίοδο 1958 – 2010, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Μήνες	Μέση ηλιοφάνεια (ώρες)	Μέση νέφωση (άγδα)	Αριθμός ημερών με νέφωση			Σχετική υγρασία %
			(0-1.5):8	(1.6-6.4):8	(6.5-8.0):8	
Ιανουάριος	133.86	4.47	5.95	15.45	8.95	75.49
Φεβρουάριος	140.21	4.62	4.29	16.38	7.24	73.68
Μάρτιος	171.06	4.56	5.00	17.00	8.43	72.27
Απρίλιος	212.59	4.46	3.89	19.56	5.94	68.56
Μάιος	263.36	3.86	5.00	20.91	4.86	60.75
Ιούνιος	318.18	2.42	11.36	17.86	0.64	53.89
Ιούλιος	334.46	1.78	16.36	14.27	0.27	52.79
Αύγουστος	313.04	1.70	17.50	13.41	0.09	56.87
Σεπτέμβριος	250.23	2.39	12.09	16.32	1.36	65.64
Οκτώβριος	197.94	3.66	7.62	18.24	4.67	72.18
Νοέμβριος	132.03	4.61	3.70	17.43	8.52	76.90
Δεκέμβριος	113.85	4.84	3.50	17.36	9.95	76.95
Ετήσια	215.07	3.61	96.26	204.19	60.92	67.16

Πίνακας 2: Μέση ηλιοφάνεια και ποσοστό σχετικής υγρασίας για τον Μ.Σ. Πυργέλας τη χρονική περίοδο 1958 – 2010, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Μήνες	Διεύθυνση	Μέσος αριθμός ημερών με ταχύτητα ανέμου		Μέση ένταση ανέμου σε κόμβους
		>=6B	>=8B	
Ιανουάριος	B	3.30	0.45	3.6
Φεβρουάριος	B	4.05	0.65	4.2
Μάρτιος	B	4.75	0.90	4.5
Απρίλιος	N	4.06	0.41	4.4
Μάιος	N	4.86	0.43	5.0
Ιούνιος	N	5.71	0.48	5.1
Ιούλιος	B	7.05	0.29	5.3
Αύγουστος	B	6.48	0.43	5.0
Σεπτέμβριος	N	2.37	0.11	3.8
Οκτώβριος	B	3.35	0.30	3.6
Νοέμβριος	B	2.19	0.24	3.0
Δεκέμβριος	B	3.35	0.25	3.4
Ετήσια	B	51.52	4.94	4.23

Πίνακας 3: Διεύθυνση και μέση ένταση ανέμου για τον Μ.Σ. Πυργέλας τη χρονική περίοδο 1958 – 2010, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Ομάδες ηλικιών	Σύνολο	Άρρενες	Θήλεις
0-4	356	190	166
5-9	376	188	188
10-14	399	212	187
15-19	394	198	196
20-24	431	230	201
25-29	448	233	215
30-34	503	251	252
35-39	479	243	236
40-44	474	255	220
45-49	409	218	191
50-54	417	209	208
55-59	355	177	178
60-64	495	233	261
65-69	481	222	259
70-74	482	237	245
75-79	299	160	139
80-84	176	77	99
85+	155	59	95
Σύνολο Δ.Κ.Τ.Κ. περιοχής μελέτης	7,128	3,593	3,535

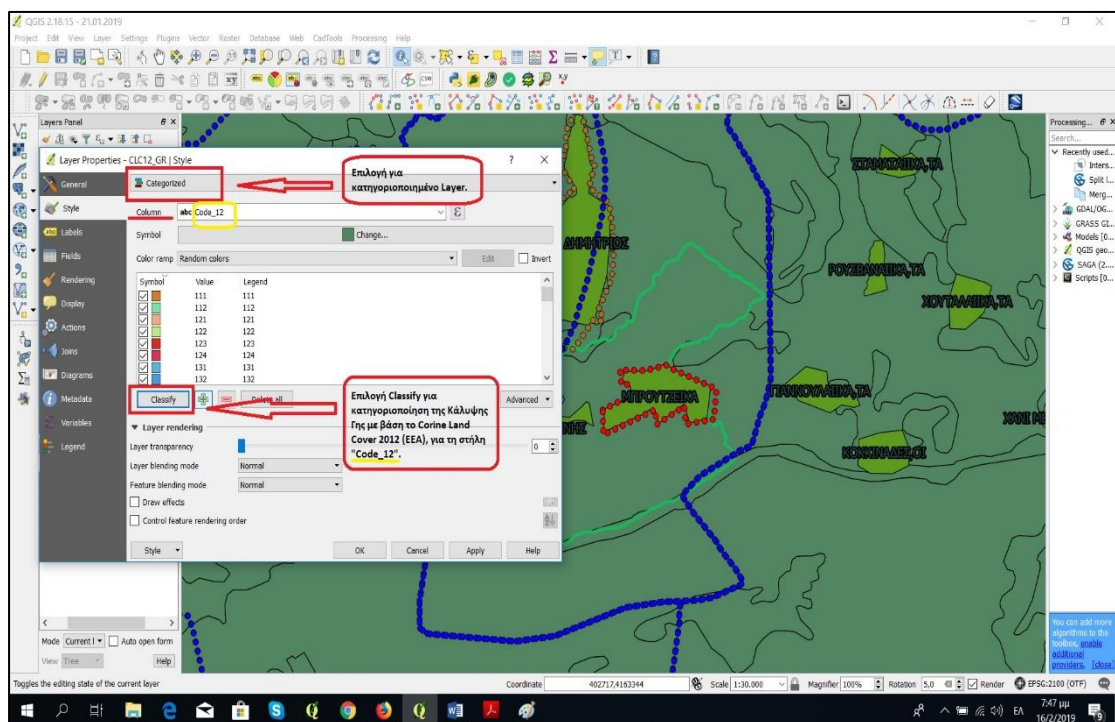
Πίνακας 4: Ο πληθυσμός στο σύνολο των ΔΚ και ΤΚ του Δήμου Επιδαύρου κατά ομάδες ηλικιών και κατά φύλο (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Ομάδες ηλικιών	Άρρενες	Θήλεις	Σύνολο
15-19 ετών	119	122	241
20-65ετών	1.236	1.178	2.414
>65ετών	455	505	960
Σύνολο	1.810	1.805	3.615

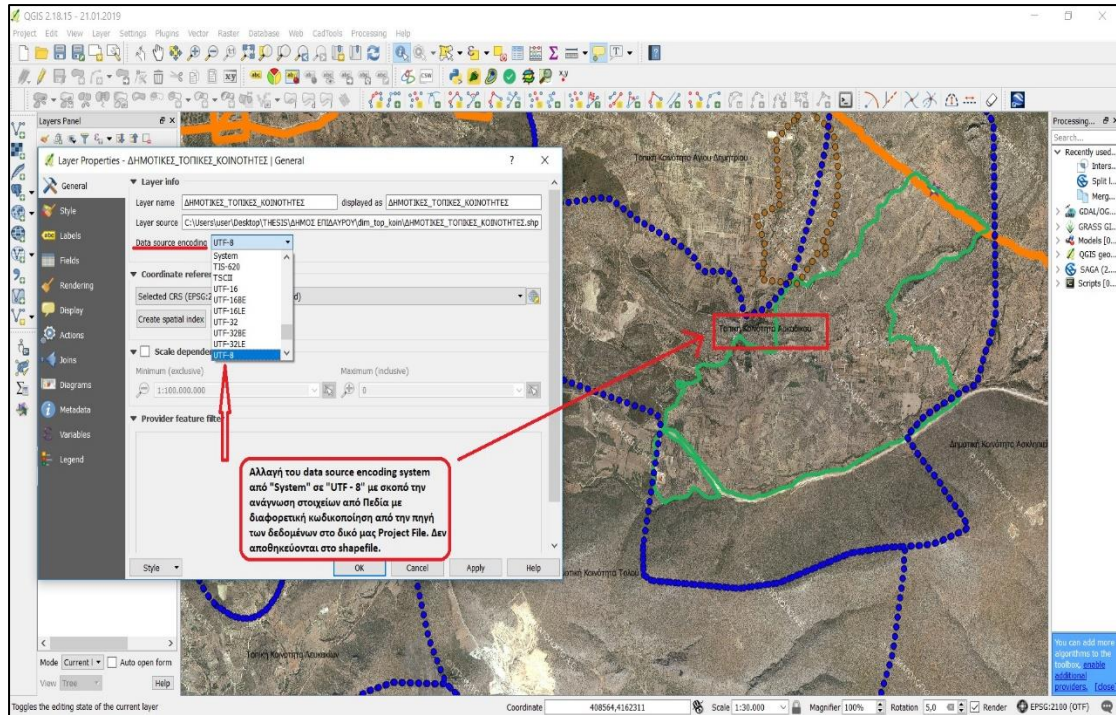
Πίνακας 5: Ηλικιακή κατανομή του αγροτικού πληθυσμού του Δήμου Επιδαύρου κατά φύλο και συνολικά, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).

Περιφερειακή Ενότητα (Π.Ε) / Δημοτικές Ενότητες (Δ.Ε) / Δημοτικές, Τοπικές Κοινότητες (Δ.Κ,Τ.Κ)	Εκμ/σεις με χρησιμοποιούμενη γεωργική γη	Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση	Μέση έκταση ανα εκμετάλλευση	Αριθμός αγροτεμαχίων	Μέση έκταση αγροτεμαχίου
Δ.Ε. ΑΣΚΛΗΠΕΙΟΥ- ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ	2,103	159,451	74,86	15,317	10.41
Τ.Κ Αγίου Δημητρίου	230	10,590	46.04	1,546	6.85
Τ.Κ Αδαμίου	104	44,568	428.53	1,079	41.30
Τ.Κ Αρκαδικού	80	3,740	46.75	421	8.88
Δ.Κ Ασκληπείου	689	36,237	52.59	5,264	6.88
Τ.Κ Αρχαίας Επιδαύρου	379	7,340	19.37	1,999	3.67
Τ.Κ Δημναίνης	310	16,364	52.79	2,554	6.41
Τ.Κ Νέας Επιδαύρου	159	6,430	40.44	958	6.71
Τ.Κ Τραχειάς	152	34,183	224.89	1,496	22.85
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	1,847	80,700	43.69	12,742	6.33
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ	15,706	701,938	44.69	89,154	7.87

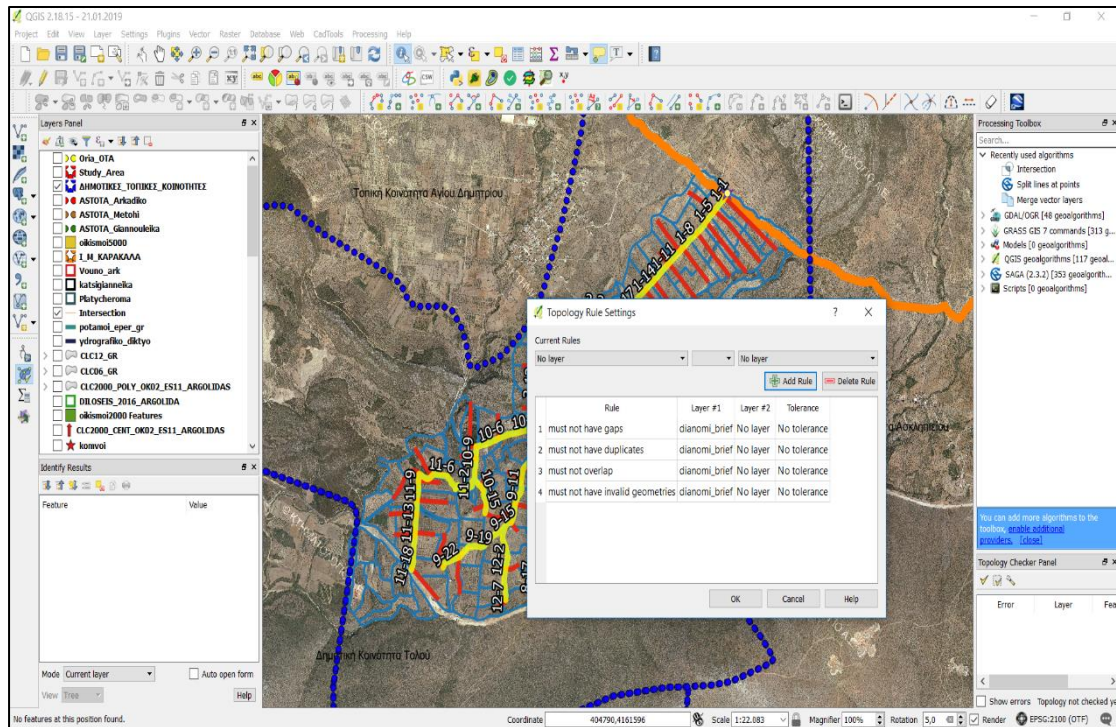
Πίνακας 6: Ο τεμαχισμός των αγροτικών εκμεταλλεύσεων του Δήμου Επιδαύρου σε στρέμματα, (ΜΟΣ Αναβάλου, 2014).



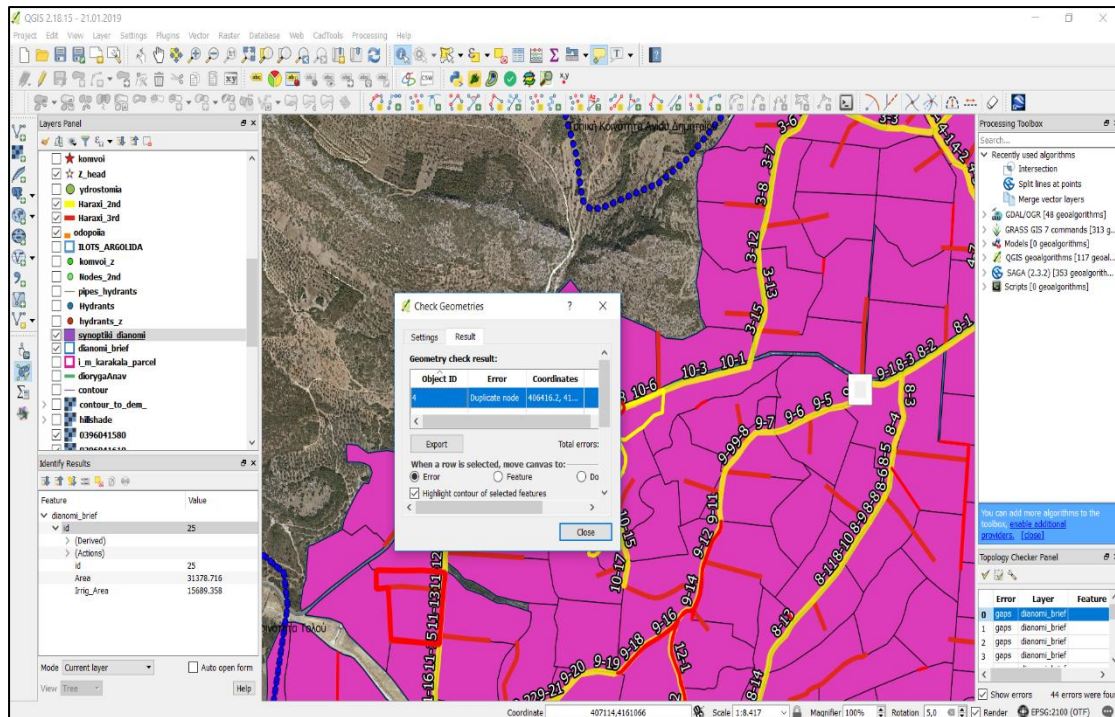
Εικόνα 1: Ρύθμιση των Layer Properties για ενεργοποίηση της λειτουργίας Categorized Θ.Ε. με βάση της κατηγορίες από τη ΒΔ και την κατηγοριοποίηση με χρωματικό κώδικα της εκάστοτε κατηγορίας για την κάλυψη της γης CLC 2012.



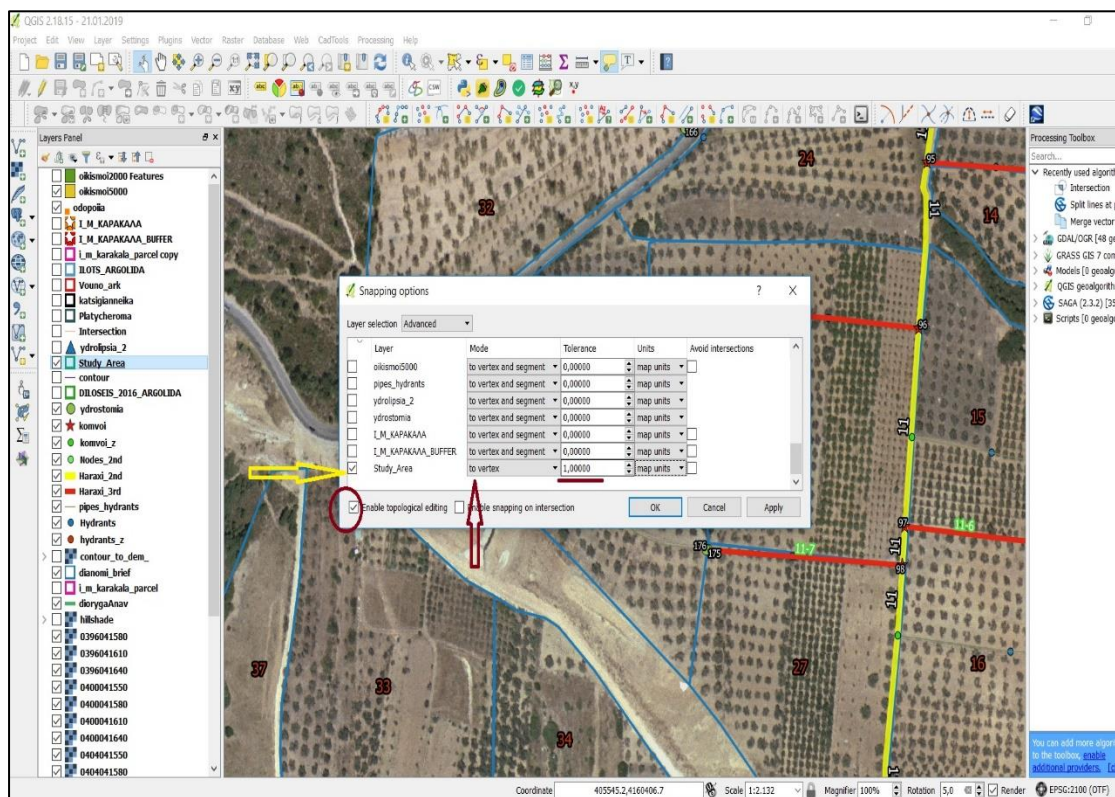
Εικόνα 2: Ρύθμιση του συστήματος κωδικοποίησης της πηγής δεδομένων σε UTF – 8 για την ανάγνωση στοιχείων στο τρέχον Project file. Εφαρμογή στο διανυσματικό Layer ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ_ΤΟΠΙΚΕΣ_ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ.



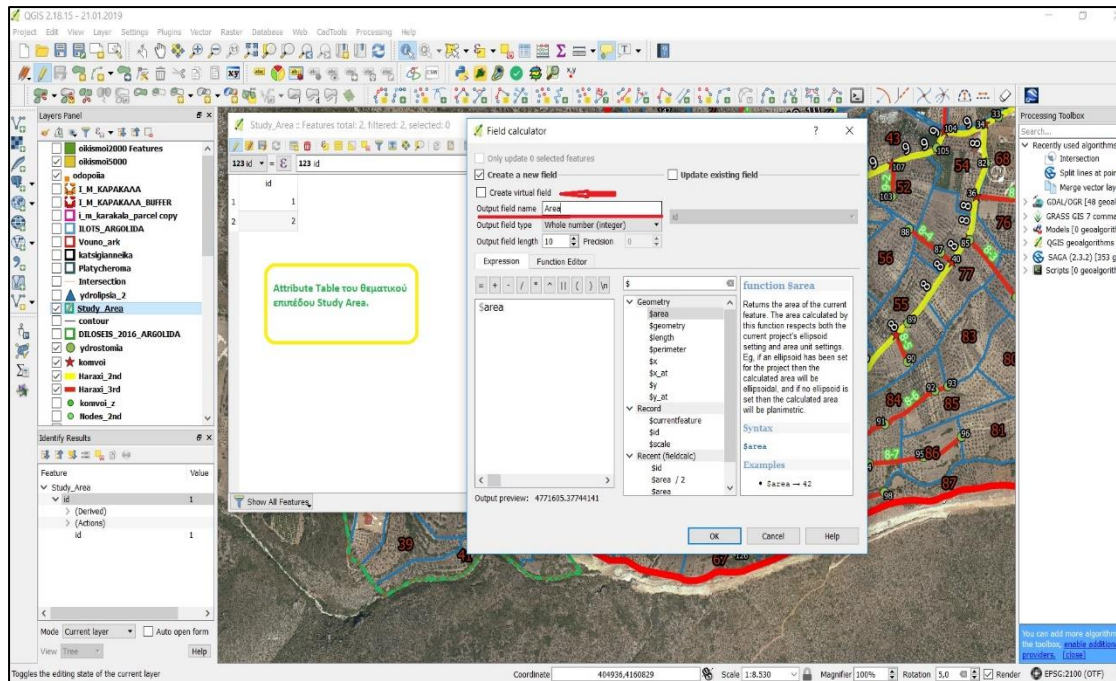
Εικόνα 3: Το plugin Topology Checker για τη σύσταση τοπολογικών κανόνων και τον έλεγχο της τοπολογίας του Θ.Ε. πολυγώνων dianomi_brief.



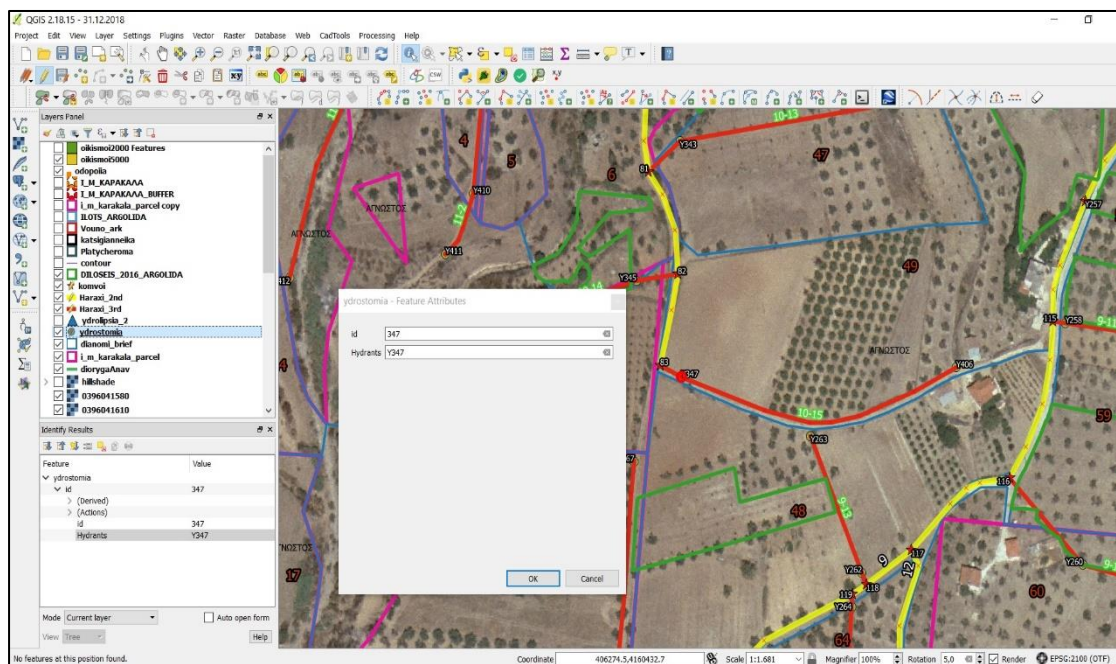
Εικόνα 4: Έλεγχος της γεωμετρίας του Θ.Ε. πολυγώνων *dianomi_brief* με την εντολή *Check Geometries* και τη σύσταση νέου Θ.Ε. *synoptiki_dianomi* με αποτελέσματα του ελέγχου.



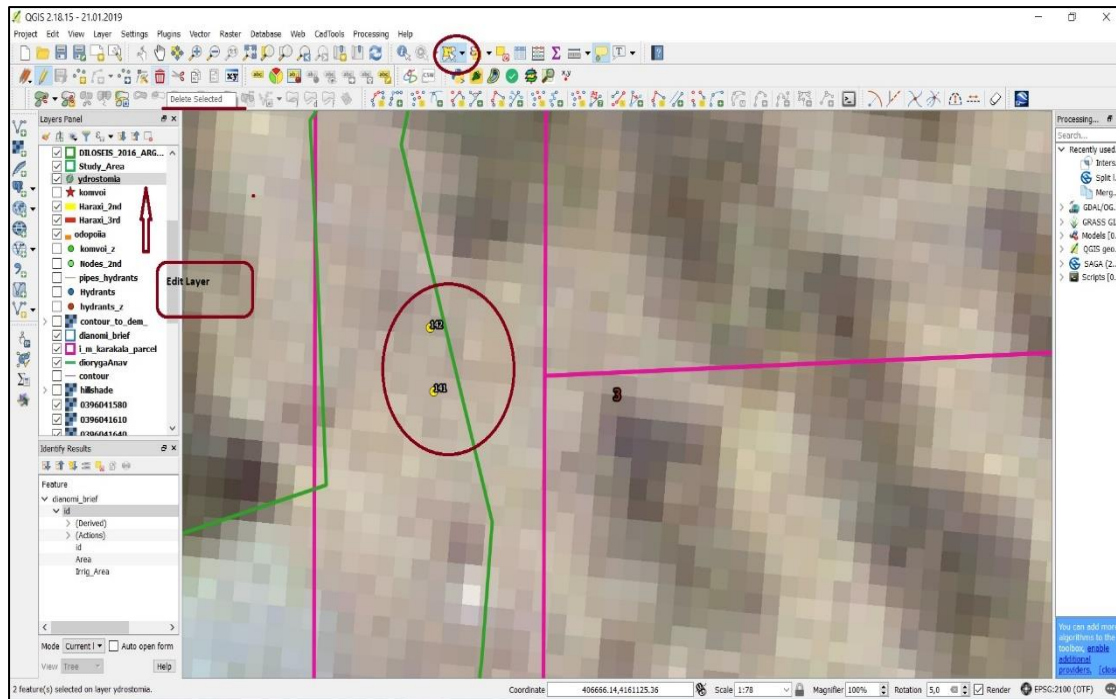
Εικόνα 5: Ρύθμιση των Snapping Options και ενεργοποίηση της λειτουργίας *Enable Topological Editing* για την τοπογραφικά ορθή και οπτικά πιο προσιτή ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης περίπτωσης *Study_Area*.



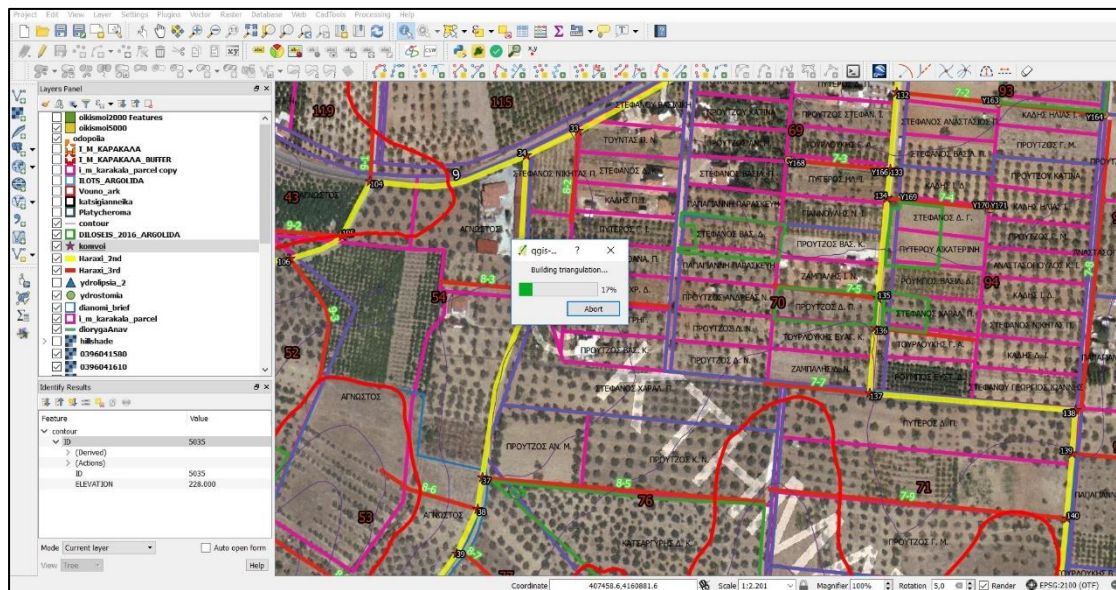
Εικόνα 6: Στο Θ.Ε. της περιοχής μελέτης περίπτωσης Study_Area προστίθεται νέο πεδίο στον Attribute Table, με την εισαγωγή έκφρασης της γεωμετρικής συνάρτησης *area*, το οποίο αποδίδει την τιμή για κάθε πολύγωνο.



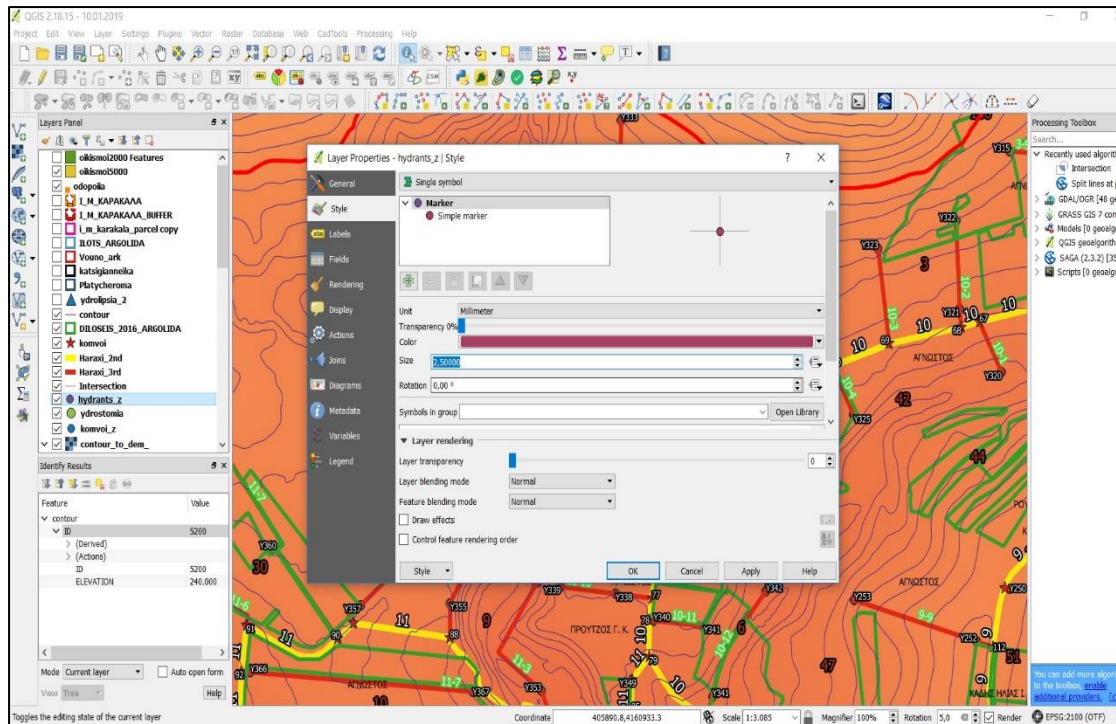
Εικόνα 7: Δοκιμαστική χάραξη με περισσότερες από την τελική πρόταση υδροληψίες. Στο Θ.Ε. ydrostomia καταχωρούνται στον Attribute Table ο αριθμός για κάθε υδροστόμιο και η ονομασία του στο πεδίο Hydrants.



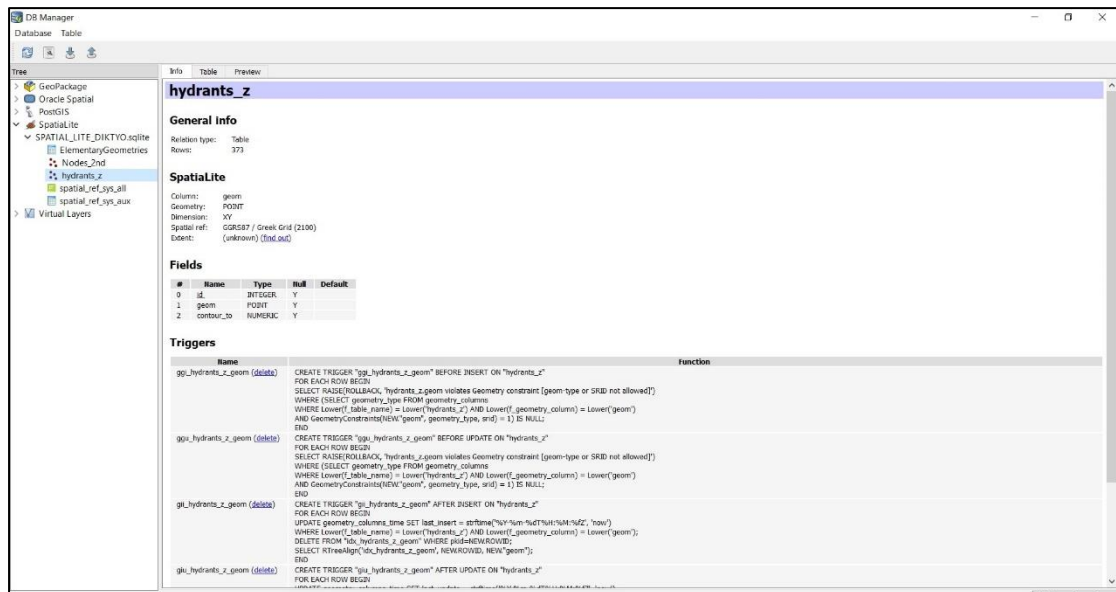
Εικόνα 8: Ταυτόχρονη διαγραφή δύο υδροληψιών από δοκιμαστική χάραξη στο διανυσματικό Θ.Ε. υδροστομία με την επιλογή free hand editing.



Εικόνα 9: Δοκιμή για τη δημιουργία DEM από το διανυσματικό Θ.Ε. contour με την εντολή Raster → Interpolation → Interpolation.



Εικόνα 10: Διαμόρφωση του νέου σημειακού Θ.Ε. Hydrants_z με πεδίο Elevation ως προς τα οπτικά χαρακτηριστικά του στον ψηφιακό χάρτη.



Εικόνα 11: Οι χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες του σημειακού Θ.Ε. hydrants_z στη ΒΧΔ SPATIAL_LITE_DIKTYO για το αρδευτικό σύστημα στο Αρκαδικό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

Υδραυλικοί Υπολογισμοί

SN	IN	FN	Area	N.Hydr	Qcl	Diam	LandEI	Lenght
1	0	1	471.8	178	312.0	450	356.50	37.1
2	1	2	471.8	178	312.0	450	353.90	17.4
3	2	3	469.0	177	312.0	450	341.20	102.0
4	3	4	463.6	175	306.0	450	339.10	20.3
5	4	5	457.2	173	306.0	450	328.90	81.0
6	5	6	452.1	171	300.0	450	317.10	87.0
7	6	7	448.6	170	300.0	450	314.90	15.7
8	7	8	443.0	168	294.0	450	306.20	154.9
9	8	9	436.5	166	294.0	450	304.40	32.0
10	9	10	432.1	164	288.0	450	296.10	118.8
11	10	11	425.8	162	288.0	450	296.00	10.9
12	11	12	421.8	160	282.0	450	288.90	157.8
13	12	13	418.1	158	282.0	450	288.80	2.6
14	13	14	415.2	157	282.0	450	283.80	88.4
15	14	15	408.9	155	276.0	450	281.90	30.9
16	15	16	405.8	154	270.0	450	276.00	130.7
17	16	17	396.6	151	270.0	450	274.40	32.0
18	17	18	393.8	150	264.0	450	263.90	177.5
19	18	19	392.1	149	264.0	400	262.60	93.7
20	19	20	371.9	141	252.0	400	263.00	4.6
21	20	21	257.7	95	186.0	314	260.00	57.1
22	21	22	254.5	94	180.0	314	257.90	77.4
23	22	23	251.5	93	180.0	314	257.10	65.2
24	23	24	249.3	92	180.0	314	255.70	119.1
25	24	25	244.2	90	174.0	314	253.90	45.0
26	25	26	237.9	88	168.0	314	249.20	128.8
27	26	27	236.4	87	168.0	314	245.80	82.7
28	27	28	171.6	62	126.0	279	245.00	38.7
29	28	29	127.2	47	102.0	247	237.00	190.3
30	29	30	120.1	45	96.0	247	232.30	104.7
31	30	31	118.5	44	96.0	247	230.50	46.0
32	31	32	69.1	26	60.0	176	228.00	129.9
33	32	33	63.8	24	60.0	176	228.20	49.0
34	33	34	60.4	23	54.0	176	229.90	146.0
35	34	35	57.6	22	54.0	176	228.00	207.6
36	35	36	53.3	20	48.0	176	228.50	103.4
37	36	37	49.1	18	48.0	176	231.20	56.8
38	37	38	46.1	17	42.0	176	224.00	158.0
39	38	39	40.2	15	42.0	176	217.50	162.2

40	39	40	36.9	14	36.0	141	211.50	75.8
41	40	41	21.3	8	36.0	141	209.50	33.2
42	41	42	18.6	7	36.0	141	193.70	191.0
43	42	43	15.2	6	36.0	141	185.60	202.0
44	43	44	6.6	3	18.0	97	185.00	23.7
45	44	45	4.8	2	12.0	97	175.80	133.6
46	45	46	4.8	2	12.0	97	176.50	18.6
47	46	47	1.8	1	6.0	97	185.50	214.3
48	31	48	49.4	18	48.0	176	185.50	107.6
49	48	49	46.4	17	42.0	176	236.00	97.4
50	49	50	42.1	15	42.0	176	232.00	124.8
51	50	51	36.3	13	36.0	141	232.00	76.0
52	51	52	30.8	11	36.0	141	224.00	210.0
53	52	53	28.0	10	36.0	141	220.00	115.0
54	53	54	25.1	9	36.0	141	193.10	148.0
55	54	55	22.3	8	36.0	141	196.30	141.2
56	55	56	15.9	5	30.0	124	191.80	32.5
57	56	57	6.9	2	12.0	97	180.10	133.2
58	57	58	3.1	1	6.0	97	187.90	43.5
59	20	59	114.2	46	90.0	247	256.90	229.8
60	59	60	109.4	44	90.0	247	242.70	252.0
61	60	61	106.3	43	84.0	247	240.40	175.5
62	61	62	103.0	42	84.0	247	235.00	20.9
63	62	63	96.9	40	78.0	247	232.10	92.9
64	63	64	90.6	38	78.0	247	221.50	232.8
65	64	65	87.5	37	72.0	199	219.10	43.1
66	65	66	83.7	35	72.0	199	212.20	98.6
67	66	67	82.1	34	72.0	199	213.10	205.2
68	67	68	80.5	33	72.0	199	213.90	79.2
69	68	69	74.5	31	66.0	199	213.00	91.4
70	69	70	73.1	30	66.0	199	214.20	95.5
71	70	71	67.8	27	60.0	176	209.00	77.9
72	71	72	62.7	25	54.0	176	208.00	14.7
73	72	73	61.3	24	54.0	176	198.90	121.3
74	73	74	50.5	19	48.0	176	184.00	146.3
75	74	75	48.9	18	48.0	176	208.40	192.6
76	75	76	46.0	17	42.0	176	216.00	130.7
77	76	77	40.6	15	42.0	176	211.10	113.5
78	77	78	32.1	12	36.0	141	207.70	43.2
79	78	79	29.4	11	36.0	141	200.00	94.7
80	79	80	26.0	10	36.0	141	196.30	36.1
81	80	81	21.0	8	36.0	141	200.10	98.4
82	81	82	16.2	6	36.0	141	204.00	64.3
83	82	83	9.9	4	24.0	124	204.00	75.3
84	83	84	5.9	2	12.0	97	196.00	217.9
85	84	85	0.0	0	0.0	97	192.00	10.7

86	28	86	44.4	15	42.0	176	239.30	164.4
87	86	87	41.6	14	42.0	176	233.40	102.8
88	87	88	39.6	13	42.0	176	232.10	23.7
89	88	89	36.6	12	36.0	141	228.00	340.5
90	89	90	30.7	10	36.0	141	228.00	20.5
91	90	91	23.6	8	36.0	141	228.00	112.6
92	91	92	20.0	7	36.0	141	228.00	152.0
93	92	93	17.3	6	36.0	141	227.70	10.6
94	93	94	13.9	5	30.0	124	215.70	84.3
95	94	95	10.9	4	24.0	124	209.20	59.2
96	95	96	4.7	2	12.0	97	201.40	79.8
97	96	97	2.8	1	6.0	97	196.00	34.0
98	27	98	64.8	25	60.0	176	245.10	50.1
99	98	99	61.9	24	54.0	176	240.90	89.8
100	99	100	54.8	21	48.0	176	242.80	65.3
101	100	101	49.8	19	48.0	176	245.00	360.5
102	101	102	48.0	18	48.0	176	248.90	96.4
103	102	103	27.1	10	36.0	141	243.90	136.9
104	103	104	24.6	9	36.0	141	240.40	86.4
105	104	105	19.7	7	36.0	141	240.00	14.0
106	105	106	13.5	5	30.0	124	231.40	207.4
107	106	107	11.4	4	24.0	124	228.00	71.6
108	107	108	6.1	2	12.0	97	205.40	201.9
109	108	109	3.1	1	6.0	97	213.70	94.5
110	102	110	20.8	8	36.0	141	250.30	41.1
111	110	111	18.1	7	36.0	141	248.10	88.0
112	111	112	15.9	6	36.0	141	230.60	307.4
113	112	113	9.7	4	24.0	124	228.20	21.6
114	113	114	6.4	3	18.0	97	212.00	114.9
115	114	115	3.1	2	12.0	97	213.60	8.4
116	115	116	3.1	2	12.0	97	218.20	162.0
117	116	117	1.5	1	6.0	97	218.20	1.0
118	40	118	15.6	6	36.0	141	210.70	173.1
119	118	119	12.6	5	30.0	124	201.90	106.3
120	119	120	12.6	5	30.0	124	201.20	4.6
121	120	121	7.6	3	18.0	97	192.30	86.4
122	121	122	4.4	2	12.0	97	176.90	91.5
123	122	123	1.9	1	6.0	97	176.00	29.2
124	123	124	1.9	1	6.0	97	181.10	223.0
125	73	125	10.7	5	30.0	124	190.60	80.6
126	125	126	9.0	4	24.0	124	194.10	72.1
127	126	127	6.3	3	18.0	97	195.80	61.2
128	127	128	3.0	1	6.0	97	198.60	51.9
129	128	129	3.0	1	6.0	97	218.80	190.9
130	19	130	20.2	8	36.0	199	266.90	76.9
131	130	131	18.4	7	36.0	199	259.90	116.2

132	131	132	15.1	5	30.0	176	259.10	11.3
133	132	133	15.1	5	30.0	176	261.70	188.6
134	133	134	13.3	4	24.0	176	349.80	132.9
135	134	135	9.9	3	18.0	176	349.10	234.0
136	135	136	7.0	2	12.0	97	341.20	165.5
137	136	137	3.0	1	6.0	97	341.20	1.0
138	3	138	5.4	2	12.0	97	336.10	136.7
139	138	139	2.2	1	6.0	97	325.00	352.7
140	4	140	6.4	2	12.0	97	339.10	91.6
141	140	141	3.4	1	6.0	97	338.40	138.1
142	5	142	5.1	2	12.0	97	323.00	152.9
143	142	143	2.2	1	6.0	97	312.10	302.7
144	7	144	5.7	2	12.0	97	311.20	165.8
145	144	145	2.9	1	6.0	97	304.00	213.6
146	8	146	6.4	2	12.0	97	302.70	184.2
147	146	147	3.7	1	6.0	97	299.60	108.7
148	9	148	4.4	2	12.0	97	307.00	102.8
149	148	149	2.2	1	6.0	97	310.50	158.1
150	10	150	6.3	2	12.0	97	295.00	108.7
151	150	151	3.3	1	6.0	97	286.40	128.5
152	11	152	4.0	2	12.0	97	301.30	96.7
153	152	153	2.0	1	6.0	97	301.30	1.0
154	12	154	3.7	2	12.0	97	186.20	73.4
155	154	155	1.8	1	6.0	97	278.90	151.7
156	14	156	6.4	2	12.0	97	281.50	108.4
157	156	157	3.3	1	6.0	97	272.30	193.2
158	16	158	9.2	3	18.0	97	273.30	110.1
159	158	159	5.7	2	12.0	97	276.00	109.4
160	159	160	2.9	1	6.0	97	268.80	92.6
161	21	161	3.3	1	6.0	97	275.60	105.6
162	22	162	3.0	1	6.0	97	263.40	121.7
163	23	163	2.2	1	6.0	97	272.20	98.6
164	24	164	5.2	2	12.0	97	261.00	149.0
165	164	165	3.0	1	6.0	97	261.00	1.0
166	25	166	6.3	2	12.0	97	247.20	58.2
167	166	167	3.2	1	6.0	97	247.10	64.3
168	29	168	7.1	2	12.0	97	239.50	102.3
169	168	169	3.2	1	6.0	97	239.50	1.0
170	32	170	5.4	2	12.0	97	228.30	91.7
171	170	171	3.0	1	6.0	97	224.50	121.4
172	34	172	2.9	1	6.0	97	232.00	127.0
173	35	173	4.3	2	12.0	97	228.00	20.9
174	173	174	2.9	1	6.0	97	213.90	76.2
175	36	175	4.2	2	12.0	97	219.90	135.2
176	175	176	2.8	1	6.0	97	219.90	1.0
177	37	177	3.0	1	6.0	97	222.30	160.0

178	38	178	5.9	2	12.0	97	203.50	184.0
179	178	179	3.0	1	6.0	97	203.50	1.0
180	39	180	3.3	1	6.0	97	213.10	190.0
181	43	181	8.6	3	18.0	97	184.00	48.5
182	181	182	5.8	2	12.0	97	184.00	1.0
183	182	183	2.9	1	6.0	97	176.00	189.0
184	49	184	4.4	2	12.0	97	226.50	223.0
185	184	185	2.8	1	6.0	97	226.50	1.0
186	50	186	5.7	2	12.0	97	232.00	9.0
187	186	187	2.8	1	6.0	97	228.00	212.6
188	51	188	5.6	2	12.0	97	227.20	44.0
189	188	189	2.8	1	6.0	97	224.40	115.9
190	53	190	2.9	1	6.0	97	205.70	90.0
191	55	191	6.4	3	18.0	97	211.90	171.5
192	191	192	4.8	2	12.0	97	216.00	182.2
193	192	193	3.1	1	6.0	97	220.00	42.0
194	56	194	9.0	3	18.0	97	190.80	80.9
195	194	195	5.9	2	12.0	97	194.00	168.5
196	195	196	3.4	1	6.0	97	193.90	128.0
197	57	197	3.8	1	6.0	97	185.90	144.2
198	59	198	4.8	2	12.0	97	256.00	41.5
199	198	199	3.0	1	6.0	97	260.00	111.1
200	60	200	3.1	1	6.0	97	253.60	129.8
201	62	201	6.0	2	12.0	97	243.20	103.2
202	201	202	3.0	1	6.0	97	243.20	1.0
203	63	203	6.3	2	12.0	97	228.00	66.0
204	203	204	3.0	1	6.0	97	246.50	128.3
205	64	205	3.1	1	6.0	97	228.70	116.6
206	65	206	3.8	2	12.0	97	219.00	13.4
207	206	207	1.9	1	6.0	97	216.00	103.9
208	68	208	6.0	2	12.0	97	234.50	99.0
209	208	209	3.1	1	6.0	97	234.50	1.0
210	70	210	5.2	3	18.0	97	219.50	185.5
211	210	211	3.7	2	12.0	97	231.70	160.0
212	211	212	2.1	1	6.0	97	231.70	1.0
213	71	213	5.1	2	12.0	97	208.00	112.6
214	213	214	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
215	76	215	5.4	2	12.0	97	220.00	108.1
216	215	216	3.0	1	6.0	97	227.60	119.2
217	77	217	8.5	3	18.0	97	211.30	55.4
218	217	218	5.9	2	12.0	97	210.10	153.0
219	218	219	2.7	1	6.0	97	210.00	96.5
220	78	220	2.7	1	6.0	97	214.00	257.7
221	80	221	5.0	2	12.0	97	210.90	234.8
222	221	222	2.9	1	6.0	97	210.90	1.0
223	81	223	4.8	2	12.0	97	205.10	204.3

224	223	224	1.7	1	6.0	97	205.10	1.0
225	82	225	6.3	2	12.0	97	199.30	140.0
226	225	226	3.3	1	6.0	97	199.30	1.0
227	83	227	4.1	2	12.0	97	208.00	222.0
228	227	228	1.7	1	6.0	97	208.00	1.0
229	84	229	5.9	2	12.0	97	188.20	142.6
230	229	230	3.1	1	6.0	97	188.00	25.4
231	88	231	3.0	1	6.0	97	234.10	80.0
232	89	232	5.9	2	12.0	97	222.00	149.3
233	232	233	3.0	1	6.0	97	222.00	1.0
234	90	234	7.1	2	12.0	97	223.00	236.6
235	234	235	3.6	1	6.0	97	223.00	1.0
236	92	236	2.7	1	6.0	97	207.00	207.9
237	94	237	3.0	1	6.0	97	204.00	153.5
238	95	238	6.3	2	12.0	97	212.90	141.7
239	238	239	3.0	1	6.0	97	202.80	105.3
240	99	240	7.2	3	18.0	97	237.40	49.0
241	240	241	4.2	2	12.0	97	236.00	57.2
242	241	242	1.7	1	6.0	97	236.60	65.3
243	100	243	4.9	2	12.0	97	250.80	150.0
244	243	244	2.6	1	6.0	97	253.70	80.0
245	104	245	5.0	2	12.0	97	230.90	165.6
246	245	246	3.3	1	6.0	97	230.90	1.0
247	105	247	6.2	2	12.0	97	242.00	56.6
248	247	248	3.3	1	6.0	97	236.30	157.7
249	106	249	2.1	1	6.0	97	224.00	182.3
250	107	250	5.2	2	12.0	97	208.00	122.4
251	250	251	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
252	108	252	3.0	1	6.0	97	208.00	124.3
253	110	253	2.8	1	6.0	97	246.60	74.0
254	111	254	2.2	1	6.0	97	250.40	90.0
255	112	255	6.2	2	12.0	97	230.00	193.4
256	255	256	3.0	1	6.0	97	230.00	1.0
257	120	257	5.1	2	12.0	97	200.70	101.6
258	257	258	2.6	1	6.0	97	200.70	1.0
259	125	259	1.8	1	6.0	97	192.00	142.5
260	127	260	3.3	2	12.0	97	196.00	25.4
261	260	261	1.6	1	6.0	97	196.60	68.6
262	130	262	1.7	1	6.0	97	264.20	66.8
263	131	263	3.3	2	12.0	97	259.60	26.7
264	263	264	1.7	1	6.0	97	256.00	101.3

Πίνακας 1: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM για αύξηση 10% της q_0 .

Diameter	Length	Cost
97	15654.5	138386
124	815.5	10968
141	3022.7	51386
176	3648.8	87791
199	806.1	24522
247	1344.9	63062
279	38.7	2282
314	575.3	42682
400	239.2	26255
450	1156.1	139599
500	15654.5	138386
TOTAL COST : 586931.20€		

Πίνακας 2: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM με το συνολικό κόστος των αγωγών για αύξηση 10% της ρο.

SN	IN	FN	Area	N.Hydr	Qcl	Diam	LandEl	Lenght
1	0	1	471.8	178	336.0	500	356.50	37.1
2	1	2	471.8	178	336.0	500	353.90	17.4
3	2	3	469.0	177	336.0	500	341.20	102.0
4	3	4	463.6	175	330.0	450	339.10	20.3
5	4	5	457.2	173	330.0	450	328.90	81.0
6	5	6	452.1	171	324.0	450	317.10	87.0
7	6	7	448.6	170	324.0	450	314.90	15.7
8	7	8	443.0	168	318.0	450	306.20	154.9
9	8	9	436.5	166	312.0	450	304.40	32.0
10	9	10	432.1	164	312.0	450	296.10	118.8
11	10	11	425.8	162	306.0	450	296.00	10.9
12	11	12	421.8	160	306.0	450	288.90	157.8
13	12	13	418.1	158	306.0	450	288.80	2.6

14	13	14	415.2	157	300.0	450	283.80	88.4
15	14	15	408.9	155	294.0	450	281.90	30.9
16	15	16	405.8	154	294.0	450	276.00	130.7
17	16	17	396.6	151	288.0	450	274.40	32.0
18	17	18	393.8	150	288.0	450	263.90	177.5
19	18	19	392.1	149	288.0	450	262.60	93.7
20	19	20	371.9	141	270.0	400	263.00	4.6
21	20	21	257.7	95	198.0	400	260.00	57.1
22	21	22	254.5	94	192.0	314	257.90	77.4
23	22	23	251.5	93	192.0	314	257.10	65.2
24	23	24	249.3	92	192.0	314	255.70	119.1
25	24	25	244.2	90	186.0	314	253.90	45.0
26	25	26	237.9	88	180.0	314	249.20	128.8
27	26	27	236.4	87	180.0	314	245.80	82.7
28	27	28	171.6	62	138.0	279	245.00	38.7
29	28	29	127.2	47	108.0	247	237.00	190.3
30	29	30	120.1	45	102.0	247	232.30	104.7
31	30	31	118.5	44	102.0	247	230.50	46.0
32	31	32	69.1	26	66.0	199	228.00	129.9
33	32	33	63.8	24	60.0	176	228.20	49.0
34	33	34	60.4	23	60.0	176	229.90	146.0
35	34	35	57.6	22	54.0	176	228.00	207.6
36	35	36	53.3	20	54.0	176	228.50	103.4
37	36	37	49.1	18	48.0	176	231.20	56.8
38	37	38	46.1	17	48.0	176	224.00	158.0
39	38	39	40.2	15	42.0	176	217.50	162.2
40	39	40	36.9	14	42.0	176	211.50	75.8
41	40	41	21.3	8	36.0	141	209.50	33.2
42	41	42	18.6	7	36.0	141	193.70	191.0
43	42	43	15.2	6	36.0	141	185.60	202.0
44	43	44	6.6	3	18.0	97	185.00	23.7
45	44	45	4.8	2	12.0	97	175.80	133.6
46	45	46	4.8	2	12.0	97	176.50	18.6
47	46	47	1.8	1	6.0	97	185.50	214.3
48	31	48	49.4	18	48.0	176	185.50	107.6
49	48	49	46.4	17	48.0	176	236.00	97.4
50	49	50	42.1	15	42.0	176	232.00	124.8
51	50	51	36.3	13	42.0	176	232.00	76.0
52	51	52	30.8	11	36.0	141	224.00	210.0
53	52	53	28.0	10	36.0	141	220.00	115.0
54	53	54	25.1	9	36.0	141	193.10	148.0
55	54	55	22.3	8	36.0	141	196.30	141.2
56	55	56	15.9	5	30.0	124	191.80	32.5
57	56	57	6.9	2	12.0	97	180.10	133.2
58	57	58	3.1	1	6.0	97	187.90	43.5
59	20	59	114.2	46	96.0	247	256.90	229.8

60	59	60	109.4	44	96.0	247	242.70	252.0
61	60	61	106.3	43	90.0	247	240.40	175.5
62	61	62	103.0	42	90.0	247	235.00	20.9
63	62	63	96.9	40	84.0	247	232.10	92.9
64	63	64	90.6	38	78.0	247	221.50	232.8
65	64	65	87.5	37	78.0	247	219.10	43.1
66	65	66	83.7	35	78.0	247	212.20	98.6
67	66	67	82.1	34	72.0	199	213.10	205.2
68	67	68	80.5	33	72.0	199	213.90	79.2
69	68	69	74.5	31	72.0	199	213.00	91.4
70	69	70	73.1	30	66.0	199	214.20	95.5
71	70	71	67.8	27	66.0	199	209.00	77.9
72	71	72	62.7	25	60.0	176	208.00	14.7
73	72	73	61.3	24	60.0	176	198.90	121.3
74	73	74	50.5	19	48.0	176	184.00	146.3
75	74	75	48.9	18	48.0	176	208.40	192.6
76	75	76	46.0	17	48.0	176	216.00	130.7
77	76	77	40.6	15	42.0	176	211.10	113.5
78	77	78	32.1	12	36.0	141	207.70	43.2
79	78	79	29.4	11	36.0	141	200.00	94.7
80	79	80	26.0	10	36.0	141	196.30	36.1
81	80	81	21.0	8	36.0	141	200.10	98.4
82	81	82	16.2	6	36.0	141	204.00	64.3
83	82	83	9.9	4	24.0	124	204.00	75.3
84	83	84	5.9	2	12.0	97	196.00	217.9
85	84	85	0.0	0	0.0	97	192.00	10.7
86	28	86	44.4	15	48.0	176	239.30	164.4
87	86	87	41.6	14	42.0	176	233.40	102.8
88	87	88	39.6	13	42.0	176	232.10	23.7
89	88	89	36.6	12	42.0	176	228.00	340.5
90	89	90	30.7	10	36.0	141	228.00	20.5
91	90	91	23.6	8	36.0	141	228.00	112.6
92	91	92	20.0	7	36.0	141	228.00	152.0
93	92	93	17.3	6	36.0	141	227.70	10.6
94	93	94	13.9	5	30.0	124	215.70	84.3
95	94	95	10.9	4	24.0	124	209.20	59.2
96	95	96	4.7	2	12.0	97	201.40	79.8
97	96	97	2.8	1	6.0	97	196.00	34.0
98	27	98	64.8	25	60.0	176	245.10	50.1
99	98	99	61.9	24	60.0	176	240.90	89.8
100	99	100	54.8	21	54.0	176	242.80	65.3
101	100	101	49.8	19	48.0	176	245.00	360.5
102	101	102	48.0	18	48.0	176	248.90	96.4
103	102	103	27.1	10	36.0	141	243.90	136.9
104	103	104	24.6	9	36.0	141	240.40	86.4
105	104	105	19.7	7	36.0	141	240.00	14.0

106	105	106	13.5	5	30.0	124	231.40	207.4
107	106	107	11.4	4	24.0	124	228.00	71.6
108	107	108	6.1	2	12.0	97	205.40	201.9
109	108	109	3.1	1	6.0	97	213.70	94.5
110	102	110	20.8	8	36.0	141	250.30	41.1
111	110	111	18.1	7	36.0	141	248.10	88.0
112	111	112	15.9	6	36.0	141	230.60	307.4
113	112	113	9.7	4	24.0	124	228.20	21.6
114	113	114	6.4	3	18.0	97	212.00	114.9
115	114	115	3.1	2	12.0	97	213.60	8.4
116	115	116	3.1	2	12.0	97	218.20	162.0
117	116	117	1.5	1	6.0	97	218.20	1.0
118	40	118	15.6	6	36.0	141	210.70	173.1
119	118	119	12.6	5	30.0	124	201.90	106.3
120	119	120	12.6	5	30.0	124	201.20	4.6
121	120	121	7.6	3	18.0	97	192.30	86.4
122	121	122	4.4	2	12.0	97	176.90	91.5
123	122	123	1.9	1	6.0	97	176.00	29.2
124	123	124	1.9	1	6.0	97	181.10	223.0
125	73	125	10.7	5	30.0	124	190.60	80.6
126	125	126	9.0	4	24.0	124	194.10	72.1
127	126	127	6.3	3	18.0	97	195.80	61.2
128	127	128	3.0	1	6.0	97	198.60	51.9
129	128	129	3.0	1	6.0	97	218.80	190.9
130	19	130	20.2	8	36.0	199	266.90	76.9
131	130	131	18.4	7	36.0	199	259.90	116.2
132	131	132	15.1	5	30.0	176	259.10	11.3
133	132	133	15.1	5	30.0	176	261.70	188.6
134	133	134	13.3	4	24.0	176	349.80	132.9
135	134	135	9.9	3	18.0	176	349.10	234.0
136	135	136	7.0	2	12.0	97	341.20	165.5
137	136	137	3.0	1	6.0	97	341.20	1.0
138	3	138	5.4	2	12.0	97	336.10	136.7
139	138	139	2.2	1	6.0	97	325.00	352.7
140	4	140	6.4	2	12.0	97	339.10	91.6
141	140	141	3.4	1	6.0	97	338.40	138.1
142	5	142	5.1	2	12.0	97	323.00	152.9
143	142	143	2.2	1	6.0	97	312.10	302.7
144	7	144	5.7	2	12.0	97	311.20	165.8
145	144	145	2.9	1	6.0	97	304.00	213.6
146	8	146	6.4	2	12.0	97	302.70	184.2
147	146	147	3.7	1	6.0	97	299.60	108.7
148	9	148	4.4	2	12.0	97	307.00	102.8
149	148	149	2.2	1	6.0	97	310.50	158.1
150	10	150	6.3	2	12.0	97	295.00	108.7
151	150	151	3.3	1	6.0	97	286.40	128.5

152	11	152	4.0	2	12.0	97	301.30	96.7
153	152	153	2.0	1	6.0	97	301.30	1.0
154	12	154	3.7	2	12.0	97	186.20	73.4
155	154	155	1.8	1	6.0	97	278.90	151.7
156	14	156	6.4	2	12.0	97	281.50	108.4
157	156	157	3.3	1	6.0	97	272.30	193.2
158	16	158	9.2	3	18.0	97	273.30	110.1
159	158	159	5.7	2	12.0	97	276.00	109.4
160	159	160	2.9	1	6.0	97	268.80	92.6
161	21	161	3.3	1	6.0	97	275.60	105.6
162	22	162	3.0	1	6.0	97	263.40	121.7
163	23	163	2.2	1	6.0	97	272.20	98.6
164	24	164	5.2	2	12.0	97	261.00	149.0
165	164	165	3.0	1	6.0	97	261.00	1.0
166	25	166	6.3	2	12.0	97	247.20	58.2
167	166	167	3.2	1	6.0	97	247.10	64.3
168	29	168	7.1	2	12.0	97	239.50	102.3
169	168	169	3.2	1	6.0	97	239.50	1.0
170	32	170	5.4	2	12.0	97	228.30	91.7
171	170	171	3.0	1	6.0	97	224.50	121.4
172	34	172	2.9	1	6.0	97	232.00	127.0
173	35	173	4.3	2	12.0	97	228.00	20.9
174	173	174	2.9	1	6.0	97	213.90	76.2
175	36	175	4.2	2	12.0	97	219.90	135.2
176	175	176	2.8	1	6.0	97	219.90	1.0
177	37	177	3.0	1	6.0	97	222.30	160.0
178	38	178	5.9	2	12.0	97	203.50	184.0
179	178	179	3.0	1	6.0	97	203.50	1.0
180	39	180	3.3	1	6.0	97	213.10	190.0
181	43	181	8.6	3	18.0	97	184.00	48.5
182	181	182	5.8	2	12.0	97	184.00	1.0
183	182	183	2.9	1	6.0	97	176.00	189.0
184	49	184	4.4	2	12.0	97	226.50	223.0
185	184	185	2.8	1	6.0	97	226.50	1.0
186	50	186	5.7	2	12.0	97	232.00	9.0
187	186	187	2.8	1	6.0	97	228.00	212.6
188	51	188	5.6	2	12.0	97	227.20	44.0
189	188	189	2.8	1	6.0	97	224.40	115.9
190	53	190	2.9	1	6.0	97	205.70	90.0
191	55	191	6.4	3	18.0	97	211.90	171.5
192	191	192	4.8	2	12.0	97	216.00	182.2
193	192	193	3.1	1	6.0	97	220.00	42.0
194	56	194	9.0	3	18.0	97	190.80	80.9
195	194	195	5.9	2	12.0	97	194.00	168.5
196	195	196	3.4	1	6.0	97	193.90	128.0
197	57	197	3.8	1	6.0	97	185.90	144.2

198	59	198	4.8	2	12.0	97	256.00	41.5
199	198	199	3.0	1	6.0	97	260.00	111.1
200	60	200	3.1	1	6.0	97	253.60	129.8
201	62	201	6.0	2	12.0	97	243.20	103.2
202	201	202	3.0	1	6.0	97	243.20	1.0
203	63	203	6.3	2	12.0	97	228.00	66.0
204	203	204	3.0	1	6.0	97	246.50	128.3
205	64	205	3.1	1	6.0	97	228.70	116.6
206	65	206	3.8	2	12.0	97	219.00	13.4
207	206	207	1.9	1	6.0	97	216.00	103.9
208	68	208	6.0	2	12.0	97	234.50	99.0
209	208	209	3.1	1	6.0	97	234.50	1.0
210	70	210	5.2	3	18.0	97	219.50	185.5
211	210	211	3.7	2	12.0	97	231.70	160.0
212	211	212	2.1	1	6.0	97	231.70	1.0
213	71	213	5.1	2	12.0	97	208.00	112.6
214	213	214	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
215	76	215	5.4	2	12.0	97	220.00	108.1
216	215	216	3.0	1	6.0	97	227.60	119.2
217	77	217	8.5	3	18.0	97	211.30	55.4
218	217	218	5.9	2	12.0	97	210.10	153.0
219	218	219	2.7	1	6.0	97	210.00	96.5
220	78	220	2.7	1	6.0	97	214.00	257.7
221	80	221	5.0	2	12.0	97	210.90	234.8
222	221	222	2.9	1	6.0	97	210.90	1.0
223	81	223	4.8	2	12.0	97	205.10	204.3
224	223	224	1.7	1	6.0	97	205.10	1.0
225	82	225	6.3	2	12.0	97	199.30	140.0
226	225	226	3.3	1	6.0	97	199.30	1.0
227	83	227	4.1	2	12.0	97	208.00	222.0
228	227	228	1.7	1	6.0	97	208.00	1.0
229	84	229	5.9	2	12.0	97	188.20	142.6
230	229	230	3.1	1	6.0	97	188.00	25.4
231	88	231	3.0	1	6.0	97	234.10	80.0
232	89	232	5.9	2	12.0	97	222.00	149.3
233	232	233	3.0	1	6.0	97	222.00	1.0
234	90	234	7.1	2	12.0	97	223.00	236.6
235	234	235	3.6	1	6.0	97	223.00	1.0
236	92	236	2.7	1	6.0	97	207.00	207.9
237	94	237	3.0	1	6.0	97	204.00	153.5
238	95	238	6.3	2	12.0	97	212.90	141.7
239	238	239	3.0	1	6.0	97	202.80	105.3
240	99	240	7.2	3	18.0	97	237.40	49.0
241	240	241	4.2	2	12.0	97	236.00	57.2
242	241	242	1.7	1	6.0	97	236.60	65.3
243	100	243	4.9	2	12.0	97	250.80	150.0

244	243	244	2.6	1	6.0	97	253.70	80.0
245	104	245	5.0	2	12.0	97	230.90	165.6
246	245	246	3.3	1	6.0	97	230.90	1.0
247	105	247	6.2	2	12.0	97	242.00	56.6
248	247	248	3.3	1	6.0	97	236.30	157.7
249	106	249	2.1	1	6.0	97	224.00	182.3
250	107	250	5.2	2	12.0	97	208.00	122.4
251	250	251	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
252	108	252	3.0	1	6.0	97	208.00	124.3
253	110	253	2.8	1	6.0	97	246.60	74.0
254	111	254	2.2	1	6.0	97	250.40	90.0
255	112	255	6.2	2	12.0	97	230.00	193.4
256	255	256	3.0	1	6.0	97	230.00	1.0
257	120	257	5.1	2	12.0	97	200.70	101.6
258	257	258	2.6	1	6.0	97	200.70	1.0
259	125	259	1.8	1	6.0	97	192.00	142.5
260	127	260	3.3	2	12.0	97	196.00	25.4
261	260	261	1.6	1	6.0	97	196.60	68.6
262	130	262	1.7	1	6.0	97	264.20	66.8
263	131	263	3.3	2	12.0	97	259.60	26.7
264	263	264	1.7	1	6.0	97	256.00	101.3

Πίνακας 3: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM για αύξηση 20% της q_0 .

Diameter	Length	Cost
97	15654.5	138386
124	815.5	10968
141	2530.4	43017
176	3933.3	94636
199	872.2	26532
247	1486.6	69707
279	38.7	2282
314	518.2	38445
400	61.7	6772
450	1297.3	156653
500	93.4	12222
TOTAL COST : 599619.30€		

Πίνακας 4: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM με το συνολικό κόστος των αγωγών για αύξηση 20% της q_0 .

SN	IN	FN	Area	N.Hydr	Qcl	Diam	LandEl	Lenght
----	----	----	------	--------	-----	------	--------	--------

1	0	1	471.8	178	360.0	500	356.50	37.1
2	1	2	471.8	178	360.0	500	353.90	17.4
3	2	3	469.0	177	360.0	500	341.20	102.0
4	3	4	463.6	175	354.0	500	339.10	20.3
5	4	5	457.2	173	354.0	500	328.90	81.0
6	5	6	452.1	171	348.0	500	317.10	87.0
7	6	7	448.6	170	348.0	500	314.90	15.7
8	7	8	443.0	168	342.0	500	306.20	154.9
9	8	9	436.5	166	336.0	450	304.40	32.0
10	9	10	432.1	164	336.0	450	296.10	118.8
11	10	11	425.8	162	330.0	450	296.00	10.9
12	11	12	421.8	160	330.0	450	288.90	157.8
13	12	13	418.1	158	324.0	450	288.80	2.6
14	13	14	415.2	157	324.0	450	283.80	88.4
15	14	15	408.9	155	318.0	450	281.90	30.9
16	15	16	405.8	154	318.0	450	276.00	130.7
17	16	17	396.6	151	312.0	450	274.40	32.0
18	17	18	393.8	150	306.0	450	263.90	177.5
19	18	19	392.1	149	306.0	450	262.60	93.7
20	19	20	371.9	141	288.0	400	263.00	4.6
21	20	21	257.7	95	210.0	400	260.00	57.1
22	21	22	254.5	94	210.0	400	257.90	77.4
23	22	23	251.5	93	204.0	400	257.10	65.2
24	23	24	249.3	92	204.0	400	255.70	119.1
25	24	25	244.2	90	198.0	400	253.90	45.0
26	25	26	237.9	88	198.0	400	249.20	128.8
27	26	27	236.4	87	192.0	314	245.80	82.7
28	27	28	171.6	62	144.0	279	245.00	38.7
29	28	29	127.2	47	114.0	247	237.00	190.3
30	29	30	120.1	45	108.0	247	232.30	104.7
31	30	31	118.5	44	108.0	247	230.50	46.0
32	31	32	69.1	26	66.0	199	228.00	129.9
33	32	33	63.8	24	66.0	199	228.20	49.0
34	33	34	60.4	23	60.0	176	229.90	146.0
35	34	35	57.6	22	60.0	176	228.00	207.6
36	35	36	53.3	20	54.0	176	228.50	103.4
37	36	37	49.1	18	54.0	176	231.20	56.8
38	37	38	46.1	17	48.0	176	224.00	158.0
39	38	39	40.2	15	48.0	176	217.50	162.2
40	39	40	36.9	14	42.0	176	211.50	75.8
41	40	41	21.3	8	36.0	141	209.50	33.2
42	41	42	18.6	7	36.0	141	193.70	191.0
43	42	43	15.2	6	36.0	141	185.60	202.0
44	43	44	6.6	3	18.0	97	185.00	23.7
45	44	45	4.8	2	12.0	97	175.80	133.6
46	45	46	4.8	2	12.0	97	176.50	18.6

47	46	47	1.8	1	6.0	97	185.50	214.3
48	31	48	49.4	18	54.0	176	185.50	107.6
49	48	49	46.4	17	48.0	176	236.00	97.4
50	49	50	42.1	15	48.0	176	232.00	124.8
51	50	51	36.3	13	42.0	176	232.00	76.0
52	51	52	30.8	11	36.0	141	224.00	210.0
53	52	53	28.0	10	36.0	141	220.00	115.0
54	53	54	25.1	9	36.0	141	193.10	148.0
55	54	55	22.3	8	36.0	141	196.30	141.2
56	55	56	15.9	5	30.0	124	191.80	32.5
57	56	57	6.9	2	12.0	97	180.10	133.2
58	57	58	3.1	1	6.0	97	187.90	43.5
59	20	59	114.2	46	102.0	247	256.90	229.8
60	59	60	109.4	44	102.0	247	242.70	252.0
61	60	61	106.3	43	96.0	247	240.40	175.5
62	61	62	103.0	42	96.0	247	235.00	20.9
63	62	63	96.9	40	90.0	247	232.10	92.9
64	63	64	90.6	38	90.0	247	221.50	232.8
65	64	65	87.5	37	84.0	247	219.10	43.1
66	65	66	83.7	35	84.0	247	212.20	98.6
67	66	67	82.1	34	78.0	247	213.10	205.2
68	67	68	80.5	33	78.0	247	213.90	79.2
69	68	69	74.5	31	72.0	199	213.00	91.4
70	69	70	73.1	30	72.0	199	214.20	95.5
71	70	71	67.8	27	66.0	199	209.00	77.9
72	71	72	62.7	25	66.0	199	208.00	14.7
73	72	73	61.3	24	66.0	199	198.90	121.3
74	73	74	50.5	19	54.0	176	184.00	146.3
75	74	75	48.9	18	54.0	176	208.40	192.6
76	75	76	46.0	17	48.0	176	216.00	130.7
77	76	77	40.6	15	48.0	176	211.10	113.5
78	77	78	32.1	12	36.0	141	207.70	43.2
79	78	79	29.4	11	36.0	141	200.00	94.7
80	79	80	26.0	10	36.0	141	196.30	36.1
81	80	81	21.0	8	36.0	141	200.10	98.4
82	81	82	16.2	6	36.0	141	204.00	64.3
83	82	83	9.9	4	24.0	124	204.00	75.3
84	83	84	5.9	2	12.0	97	196.00	217.9
85	84	85	0.0	0	0.0	97	192.00	10.7
86	28	86	44.4	15	48.0	176	239.30	164.4
87	86	87	41.6	14	48.0	176	233.40	102.8
88	87	88	39.6	13	42.0	176	232.10	23.7
89	88	89	36.6	12	42.0	176	228.00	340.5
90	89	90	30.7	10	36.0	141	228.00	20.5
91	90	91	23.6	8	36.0	141	228.00	112.6
92	91	92	20.0	7	36.0	141	228.00	152.0

93	92	93	17.3	6	36.0	141	227.70	10.6
94	93	94	13.9	5	30.0	124	215.70	84.3
95	94	95	10.9	4	24.0	124	209.20	59.2
96	95	96	4.7	2	12.0	97	201.40	79.8
97	96	97	2.8	1	6.0	97	196.00	34.0
98	27	98	64.8	25	66.0	199	245.10	50.1
99	98	99	61.9	24	66.0	199	240.90	89.8
100	99	100	54.8	21	60.0	176	242.80	65.3
101	100	101	49.8	19	54.0	176	245.00	360.5
102	101	102	48.0	18	54.0	176	248.90	96.4
103	102	103	27.1	10	36.0	141	243.90	136.9
104	103	104	24.6	9	36.0	141	240.40	86.4
105	104	105	19.7	7	36.0	141	240.00	14.0
106	105	106	13.5	5	30.0	124	231.40	207.4
107	106	107	11.4	4	24.0	124	228.00	71.6
108	107	108	6.1	2	12.0	97	205.40	201.9
109	108	109	3.1	1	6.0	97	213.70	94.5
110	102	110	20.8	8	36.0	141	250.30	41.1
111	110	111	18.1	7	36.0	141	248.10	88.0
112	111	112	15.9	6	36.0	141	230.60	307.4
113	112	113	9.7	4	24.0	124	228.20	21.6
114	113	114	6.4	3	18.0	97	212.00	114.9
115	114	115	3.1	2	12.0	97	213.60	8.4
116	115	116	3.1	2	12.0	97	218.20	162.0
117	116	117	1.5	1	6.0	97	218.20	1.0
118	40	118	15.6	6	36.0	141	210.70	173.1
119	118	119	12.6	5	30.0	124	201.90	106.3
120	119	120	12.6	5	30.0	124	201.20	4.6
121	120	121	7.6	3	18.0	97	192.30	86.4
122	121	122	4.4	2	12.0	97	176.90	91.5
123	122	123	1.9	1	6.0	97	176.00	29.2
124	123	124	1.9	1	6.0	97	181.10	223.0
125	73	125	10.7	5	30.0	124	190.60	80.6
126	125	126	9.0	4	24.0	124	194.10	72.1
127	126	127	6.3	3	18.0	97	195.80	61.2
128	127	128	3.0	1	6.0	97	198.60	51.9
129	128	129	3.0	1	6.0	97	218.80	190.9
130	19	130	20.2	8	36.0	199	266.90	76.9
131	130	131	18.4	7	36.0	199	259.90	116.2
132	131	132	15.1	5	30.0	176	259.10	11.3
133	132	133	15.1	5	30.0	176	261.70	188.6
134	133	134	13.3	4	24.0	176	349.80	132.9
135	134	135	9.9	3	18.0	176	349.10	234.0
136	135	136	7.0	2	12.0	97	341.20	165.5
137	136	137	3.0	1	6.0	97	341.20	1.0
138	3	138	5.4	2	12.0	97	336.10	136.7

139	138	139	2.2	1	6.0	97	325.00	352.7
140	4	140	6.4	2	12.0	97	339.10	91.6
141	140	141	3.4	1	6.0	97	338.40	138.1
142	5	142	5.1	2	12.0	97	323.00	152.9
143	142	143	2.2	1	6.0	97	312.10	302.7
144	7	144	5.7	2	12.0	97	311.20	165.8
145	144	145	2.9	1	6.0	97	304.00	213.6
146	8	146	6.4	2	12.0	97	302.70	184.2
147	146	147	3.7	1	6.0	97	299.60	108.7
148	9	148	4.4	2	12.0	97	307.00	102.8
149	148	149	2.2	1	6.0	97	310.50	158.1
150	10	150	6.3	2	12.0	97	295.00	108.7
151	150	151	3.3	1	6.0	97	286.40	128.5
152	11	152	4.0	2	12.0	97	301.30	96.7
153	152	153	2.0	1	6.0	97	301.30	1.0
154	12	154	3.7	2	12.0	97	186.20	73.4
155	154	155	1.8	1	6.0	97	278.90	151.7
156	14	156	6.4	2	12.0	97	281.50	108.4
157	156	157	3.3	1	6.0	97	272.30	193.2
158	16	158	9.2	3	18.0	97	273.30	110.1
159	158	159	5.7	2	12.0	97	276.00	109.4
160	159	160	2.9	1	6.0	97	268.80	92.6
161	21	161	3.3	1	6.0	97	275.60	105.6
162	22	162	3.0	1	6.0	97	263.40	121.7
163	23	163	2.2	1	6.0	97	272.20	98.6
164	24	164	5.2	2	12.0	97	261.00	149.0
165	164	165	3.0	1	6.0	97	261.00	1.0
166	25	166	6.3	2	12.0	97	247.20	58.2
167	166	167	3.2	1	6.0	97	247.10	64.3
168	29	168	7.1	2	12.0	97	239.50	102.3
169	168	169	3.2	1	6.0	97	239.50	1.0
170	32	170	5.4	2	12.0	97	228.30	91.7
171	170	171	3.0	1	6.0	97	224.50	121.4
172	34	172	2.9	1	6.0	97	232.00	127.0
173	35	173	4.3	2	12.0	97	228.00	20.9
174	173	174	2.9	1	6.0	97	213.90	76.2
175	36	175	4.2	2	12.0	97	219.90	135.2
176	175	176	2.8	1	6.0	97	219.90	1.0
177	37	177	3.0	1	6.0	97	222.30	160.0
178	38	178	5.9	2	12.0	97	203.50	184.0
179	178	179	3.0	1	6.0	97	203.50	1.0
180	39	180	3.3	1	6.0	97	213.10	190.0
181	43	181	8.6	3	18.0	97	184.00	48.5
182	181	182	5.8	2	12.0	97	184.00	1.0
183	182	183	2.9	1	6.0	97	176.00	189.0
184	49	184	4.4	2	12.0	97	226.50	223.0

185	184	185	2.8	1	6.0	97	226.50	1.0
186	50	186	5.7	2	12.0	97	232.00	9.0
187	186	187	2.8	1	6.0	97	228.00	212.6
188	51	188	5.6	2	12.0	97	227.20	44.0
189	188	189	2.8	1	6.0	97	224.40	115.9
190	53	190	2.9	1	6.0	97	205.70	90.0
191	55	191	6.4	3	18.0	97	211.90	171.5
192	191	192	4.8	2	12.0	97	216.00	182.2
193	192	193	3.1	1	6.0	97	220.00	42.0
194	56	194	9.0	3	18.0	97	190.80	80.9
195	194	195	5.9	2	12.0	97	194.00	168.5
196	195	196	3.4	1	6.0	97	193.90	128.0
197	57	197	3.8	1	6.0	97	185.90	144.2
198	59	198	4.8	2	12.0	97	256.00	41.5
199	198	199	3.0	1	6.0	97	260.00	111.1
200	60	200	3.1	1	6.0	97	253.60	129.8
201	62	201	6.0	2	12.0	97	243.20	103.2
202	201	202	3.0	1	6.0	97	243.20	1.0
203	63	203	6.3	2	12.0	97	228.00	66.0
204	203	204	3.0	1	6.0	97	246.50	128.3
205	64	205	3.1	1	6.0	97	228.70	116.6
206	65	206	3.8	2	12.0	97	219.00	13.4
207	206	207	1.9	1	6.0	97	216.00	103.9
208	68	208	6.0	2	12.0	97	234.50	99.0
209	208	209	3.1	1	6.0	97	234.50	1.0
210	70	210	5.2	3	18.0	97	219.50	185.5
211	210	211	3.7	2	12.0	97	231.70	160.0
212	211	212	2.1	1	6.0	97	231.70	1.0
213	71	213	5.1	2	12.0	97	208.00	112.6
214	213	214	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
215	76	215	5.4	2	12.0	97	220.00	108.1
216	215	216	3.0	1	6.0	97	227.60	119.2
217	77	217	8.5	3	18.0	97	211.30	55.4
218	217	218	5.9	2	12.0	97	210.10	153.0
219	218	219	2.7	1	6.0	97	210.00	96.5
220	78	220	2.7	1	6.0	97	214.00	257.7
221	80	221	5.0	2	12.0	97	210.90	234.8
222	221	222	2.9	1	6.0	97	210.90	1.0
223	81	223	4.8	2	12.0	97	205.10	204.3
224	223	224	1.7	1	6.0	97	205.10	1.0
225	82	225	6.3	2	12.0	97	199.30	140.0
226	225	226	3.3	1	6.0	97	199.30	1.0
227	83	227	4.1	2	12.0	97	208.00	222.0
228	227	228	1.7	1	6.0	97	208.00	1.0
229	84	229	5.9	2	12.0	97	188.20	142.6
230	229	230	3.1	1	6.0	97	188.00	25.4

231	88	231	3.0	1	6.0	97	234.10	80.0
232	89	232	5.9	2	12.0	97	222.00	149.3
233	232	233	3.0	1	6.0	97	222.00	1.0
234	90	234	7.1	2	12.0	97	223.00	236.6
235	234	235	3.6	1	6.0	97	223.00	1.0
236	92	236	2.7	1	6.0	97	207.00	207.9
237	94	237	3.0	1	6.0	97	204.00	153.5
238	95	238	6.3	2	12.0	97	212.90	141.7
239	238	239	3.0	1	6.0	97	202.80	105.3
240	99	240	7.2	3	18.0	97	237.40	49.0
241	240	241	4.2	2	12.0	97	236.00	57.2
242	241	242	1.7	1	6.0	97	236.60	65.3
243	100	243	4.9	2	12.0	97	250.80	150.0
244	243	244	2.6	1	6.0	97	253.70	80.0
245	104	245	5.0	2	12.0	97	230.90	165.6
246	245	246	3.3	1	6.0	97	230.90	1.0
247	105	247	6.2	2	12.0	97	242.00	56.6
248	247	248	3.3	1	6.0	97	236.30	157.7
249	106	249	2.1	1	6.0	97	224.00	182.3
250	107	250	5.2	2	12.0	97	208.00	122.4
251	250	251	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
252	108	252	3.0	1	6.0	97	208.00	124.3
253	110	253	2.8	1	6.0	97	246.60	74.0
254	111	254	2.2	1	6.0	97	250.40	90.0
255	112	255	6.2	2	12.0	97	230.00	193.4
256	255	256	3.0	1	6.0	97	230.00	1.0
257	120	257	5.1	2	12.0	97	200.70	101.6
258	257	258	2.6	1	6.0	97	200.70	1.0
259	125	259	1.8	1	6.0	97	192.00	142.5
260	127	260	3.3	2	12.0	97	196.00	25.4
261	260	261	1.6	1	6.0	97	196.60	68.6
262	130	262	1.7	1	6.0	97	264.20	66.8
263	131	263	3.3	2	12.0	97	259.60	26.7
264	263	264	1.7	1	6.0	97	256.00	101.3

Πίνακας 5: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM για αύξηση 30% της q_0 .

Diameter	Length	Cost
97	15654.5	138386
124	815.5	10968
141	2530.4	43017

176	3608.4	86818
199	912.7	27764
247	1771.0	83042
279	38.7	2282
314	82.7	6136
400	497.2	54573
450	926.5	111874
500	464.2	60764
TOTAL COST : 625624.50€		

Πίνακας 6: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM με το συνολικό κόστος των αγωγών για αύξηση 30% της ρο.

SN	IN	FN	Area	N.Hydr	Qcl	Diam	LandEl	Lenght
1	0	1	471.8	178	258.0	450	356.50	37.1
2	1	2	471.8	178	258.0	450	353.90	17.4
3	2	3	469.0	177	258.0	450	341.20	102.0
4	3	4	463.6	175	258.0	450	339.10	20.3
5	4	5	457.2	173	252.0	450	328.90	81.0
6	5	6	452.1	171	246.0	450	317.10	87.0
7	6	7	448.6	170	246.0	450	314.90	15.7
8	7	8	443.0	168	246.0	450	306.20	154.9
9	8	9	436.5	166	240.0	400	304.40	32.0
10	9	10	432.1	164	240.0	400	296.10	118.8
11	10	11	425.8	162	234.0	400	296.00	10.9
12	11	12	421.8	160	234.0	400	288.90	157.8
13	12	13	418.1	158	234.0	400	288.80	2.6
14	13	14	415.2	157	234.0	400	283.80	88.4
15	14	15	408.9	155	228.0	400	281.90	30.9
16	15	16	405.8	154	228.0	400	276.00	130.7
17	16	17	396.6	151	222.0	400	274.40	32.0
18	17	18	393.8	150	222.0	400	263.90	177.5
19	18	19	392.1	149	222.0	400	262.60	93.7
20	19	20	371.9	141	210.0	400	263.00	4.6
21	20	21	257.7	95	150.0	279	260.00	57.1
22	21	22	254.5	94	150.0	279	257.90	77.4

23	22	23	251.5	93	150.0	279	257.10	65.2
24	23	24	249.3	92	150.0	279	255.70	119.1
25	24	25	244.2	90	144.0	279	253.90	45.0
26	25	26	237.9	88	144.0	279	249.20	128.8
27	26	27	236.4	87	144.0	279	245.80	82.7
28	27	28	171.6	62	108.0	247	245.00	38.7
29	28	29	127.2	47	84.0	247	237.00	190.3
30	29	30	120.1	45	78.0	247	232.30	104.7
31	30	31	118.5	44	78.0	247	230.50	46.0
32	31	32	69.1	26	54.0	176	228.00	129.9
33	32	33	63.8	24	48.0	176	228.20	49.0
34	33	34	60.4	23	48.0	176	229.90	146.0
35	34	35	57.6	22	48.0	176	228.00	207.6
36	35	36	53.3	20	42.0	176	228.50	103.4
37	36	37	49.1	18	42.0	176	231.20	56.8
38	37	38	46.1	17	36.0	141	224.00	158.0
39	38	39	40.2	15	36.0	141	217.50	162.2
40	39	40	36.9	14	36.0	141	211.50	75.8
41	40	41	21.3	8	36.0	141	209.50	33.2
42	41	42	18.6	7	36.0	141	193.70	191.0
43	42	43	15.2	6	36.0	141	185.60	202.0
44	43	44	6.6	3	18.0	97	185.00	23.7
45	44	45	4.8	2	12.0	97	175.80	133.6
46	45	46	4.8	2	12.0	97	176.50	18.6
47	46	47	1.8	1	6.0	97	185.50	214.3
48	31	48	49.4	18	42.0	176	185.50	107.6
49	48	49	46.4	17	36.0	141	236.00	97.4
50	49	50	42.1	15	36.0	141	232.00	124.8
51	50	51	36.3	13	36.0	141	232.00	76.0
52	51	52	30.8	11	36.0	141	224.00	210.0
53	52	53	28.0	10	36.0	141	220.00	115.0
54	53	54	25.1	9	36.0	141	193.10	148.0
55	54	55	22.3	8	36.0	141	196.30	141.2
56	55	56	15.9	5	30.0	124	191.80	32.5
57	56	57	6.9	2	12.0	97	180.10	133.2
58	57	58	3.1	1	6.0	97	187.90	43.5
59	20	59	114.2	46	78.0	247	256.90	229.8
60	59	60	109.4	44	78.0	247	242.70	252.0
61	60	61	106.3	43	72.0	199	240.40	175.5
62	61	62	103.0	42	72.0	199	235.00	20.9
63	62	63	96.9	40	66.0	199	232.10	92.9
64	63	64	90.6	38	66.0	199	221.50	232.8
65	64	65	87.5	37	60.0	176	219.10	43.1
66	65	66	83.7	35	60.0	176	212.20	98.6
67	66	67	82.1	34	60.0	176	213.10	205.2
68	67	68	80.5	33	60.0	176	213.90	79.2

69	68	69	74.5	31	54.0	176	213.00	91.4
70	69	70	73.1	30	54.0	176	214.20	95.5
71	70	71	67.8	27	54.0	176	209.00	77.9
72	71	72	62.7	25	48.0	176	208.00	14.7
73	72	73	61.3	24	48.0	176	198.90	121.3
74	73	74	50.5	19	42.0	176	184.00	146.3
75	74	75	48.9	18	42.0	176	208.40	192.6
76	75	76	46.0	17	36.0	141	216.00	130.7
77	76	77	40.6	15	36.0	141	211.10	113.5
78	77	78	32.1	12	36.0	141	207.70	43.2
79	78	79	29.4	11	36.0	141	200.00	94.7
80	79	80	26.0	10	36.0	141	196.30	36.1
81	80	81	21.0	8	36.0	141	200.10	98.4
82	81	82	16.2	6	36.0	141	204.00	64.3
83	82	83	9.9	4	24.0	124	204.00	75.3
84	83	84	5.9	2	12.0	97	196.00	217.9
85	84	85	0.0	0	0.0	97	192.00	10.7
86	28	86	44.4	15	36.0	141	239.30	164.4
87	86	87	41.6	14	36.0	141	233.40	102.8
88	87	88	39.6	13	36.0	141	232.10	23.7
89	88	89	36.6	12	36.0	141	228.00	340.5
90	89	90	30.7	10	36.0	141	228.00	20.5
91	90	91	23.6	8	36.0	141	228.00	112.6
92	91	92	20.0	7	36.0	141	228.00	152.0
93	92	93	17.3	6	36.0	141	227.70	10.6
94	93	94	13.9	5	30.0	124	215.70	84.3
95	94	95	10.9	4	24.0	124	209.20	59.2
96	95	96	4.7	2	12.0	97	201.40	79.8
97	96	97	2.8	1	6.0	97	196.00	34.0
98	27	98	64.8	25	48.0	176	245.10	50.1
99	98	99	61.9	24	48.0	176	240.90	89.8
100	99	100	54.8	21	42.0	176	242.80	65.3
101	100	101	49.8	19	42.0	176	245.00	360.5
102	101	102	48.0	18	42.0	176	248.90	96.4
103	102	103	27.1	10	36.0	141	243.90	136.9
104	103	104	24.6	9	36.0	141	240.40	86.4
105	104	105	19.7	7	36.0	141	240.00	14.0
106	105	106	13.5	5	30.0	124	231.40	207.4
107	106	107	11.4	4	24.0	124	228.00	71.6
108	107	108	6.1	2	12.0	97	205.40	201.9
109	108	109	3.1	1	6.0	97	213.70	94.5
110	102	110	20.8	8	36.0	141	250.30	41.1
111	110	111	18.1	7	36.0	141	248.10	88.0
112	111	112	15.9	6	36.0	141	230.60	307.4
113	112	113	9.7	4	24.0	124	228.20	21.6
114	113	114	6.4	3	18.0	97	212.00	114.9

115	114	115	3.1	2	12.0	97	213.60	8.4
116	115	116	3.1	2	12.0	97	218.20	162.0
117	116	117	1.5	1	6.0	97	218.20	1.0
118	40	118	15.6	6	36.0	141	210.70	173.1
119	118	119	12.6	5	30.0	124	201.90	106.3
120	119	120	12.6	5	30.0	124	201.20	4.6
121	120	121	7.6	3	18.0	97	192.30	86.4
122	121	122	4.4	2	12.0	97	176.90	91.5
123	122	123	1.9	1	6.0	97	176.00	29.2
124	123	124	1.9	1	6.0	97	181.10	223.0
125	73	125	10.7	5	30.0	124	190.60	80.6
126	125	126	9.0	4	24.0	124	194.10	72.1
127	126	127	6.3	3	18.0	97	195.80	61.2
128	127	128	3.0	1	6.0	97	198.60	51.9
129	128	129	3.0	1	6.0	97	218.80	190.9
130	19	130	20.2	8	36.0	199	266.90	76.9
131	130	131	18.4	7	36.0	199	259.90	116.2
132	131	132	15.1	5	30.0	176	259.10	11.3
133	132	133	15.1	5	30.0	176	261.70	188.6
134	133	134	13.3	4	24.0	176	349.80	132.9
135	134	135	9.9	3	18.0	176	349.10	234.0
136	135	136	7.0	2	12.0	97	341.20	165.5
137	136	137	3.0	1	6.0	97	341.20	1.0
138	3	138	5.4	2	12.0	97	336.10	136.7
139	138	139	2.2	1	6.0	97	325.00	352.7
140	4	140	6.4	2	12.0	97	339.10	91.6
141	140	141	3.4	1	6.0	97	338.40	138.1
142	5	142	5.1	2	12.0	97	323.00	152.9
143	142	143	2.2	1	6.0	97	312.10	302.7
144	7	144	5.7	2	12.0	97	311.20	165.8
145	144	145	2.9	1	6.0	97	304.00	213.6
146	8	146	6.4	2	12.0	97	302.70	184.2
147	146	147	3.7	1	6.0	97	299.60	108.7
148	9	148	4.4	2	12.0	97	307.00	102.8
149	148	149	2.2	1	6.0	97	310.50	158.1
150	10	150	6.3	2	12.0	97	295.00	108.7
151	150	151	3.3	1	6.0	97	286.40	128.5
152	11	152	4.0	2	12.0	97	301.30	96.7
153	152	153	2.0	1	6.0	97	301.30	1.0
154	12	154	3.7	2	12.0	97	186.20	73.4
155	154	155	1.8	1	6.0	97	278.90	151.7
156	14	156	6.4	2	12.0	97	281.50	108.4
157	156	157	3.3	1	6.0	97	272.30	193.2
158	16	158	9.2	3	18.0	97	273.30	110.1
159	158	159	5.7	2	12.0	97	276.00	109.4
160	159	160	2.9	1	6.0	97	268.80	92.6

161	21	161	3.3	1	6.0	97	275.60	105.6
162	22	162	3.0	1	6.0	97	263.40	121.7
163	23	163	2.2	1	6.0	97	272.20	98.6
164	24	164	5.2	2	12.0	97	261.00	149.0
165	164	165	3.0	1	6.0	97	261.00	1.0
166	25	166	6.3	2	12.0	97	247.20	58.2
167	166	167	3.2	1	6.0	97	247.10	64.3
168	29	168	7.1	2	12.0	97	239.50	102.3
169	168	169	3.2	1	6.0	97	239.50	1.0
170	32	170	5.4	2	12.0	97	228.30	91.7
171	170	171	3.0	1	6.0	97	224.50	121.4
172	34	172	2.9	1	6.0	97	232.00	127.0
173	35	173	4.3	2	12.0	97	228.00	20.9
174	173	174	2.9	1	6.0	97	213.90	76.2
175	36	175	4.2	2	12.0	97	219.90	135.2
176	175	176	2.8	1	6.0	97	219.90	1.0
177	37	177	3.0	1	6.0	97	222.30	160.0
178	38	178	5.9	2	12.0	97	203.50	184.0
179	178	179	3.0	1	6.0	97	203.50	1.0
180	39	180	3.3	1	6.0	97	213.10	190.0
181	43	181	8.6	3	18.0	97	184.00	48.5
182	181	182	5.8	2	12.0	97	184.00	1.0
183	182	183	2.9	1	6.0	97	176.00	189.0
184	49	184	4.4	2	12.0	97	226.50	223.0
185	184	185	2.8	1	6.0	97	226.50	1.0
186	50	186	5.7	2	12.0	97	232.00	9.0
187	186	187	2.8	1	6.0	97	228.00	212.6
188	51	188	5.6	2	12.0	97	227.20	44.0
189	188	189	2.8	1	6.0	97	224.40	115.9
190	53	190	2.9	1	6.0	97	205.70	90.0
191	55	191	6.4	3	18.0	97	211.90	171.5
192	191	192	4.8	2	12.0	97	216.00	182.2
193	192	193	3.1	1	6.0	97	220.00	42.0
194	56	194	9.0	3	18.0	97	190.80	80.9
195	194	195	5.9	2	12.0	97	194.00	168.5
196	195	196	3.4	1	6.0	97	193.90	128.0
197	57	197	3.8	1	6.0	97	185.90	144.2
198	59	198	4.8	2	12.0	97	256.00	41.5
199	198	199	3.0	1	6.0	97	260.00	111.1
200	60	200	3.1	1	6.0	97	253.60	129.8
201	62	201	6.0	2	12.0	97	243.20	103.2
202	201	202	3.0	1	6.0	97	243.20	1.0
203	63	203	6.3	2	12.0	97	228.00	66.0
204	203	204	3.0	1	6.0	97	246.50	128.3
205	64	205	3.1	1	6.0	97	228.70	116.6
206	65	206	3.8	2	12.0	97	219.00	13.4

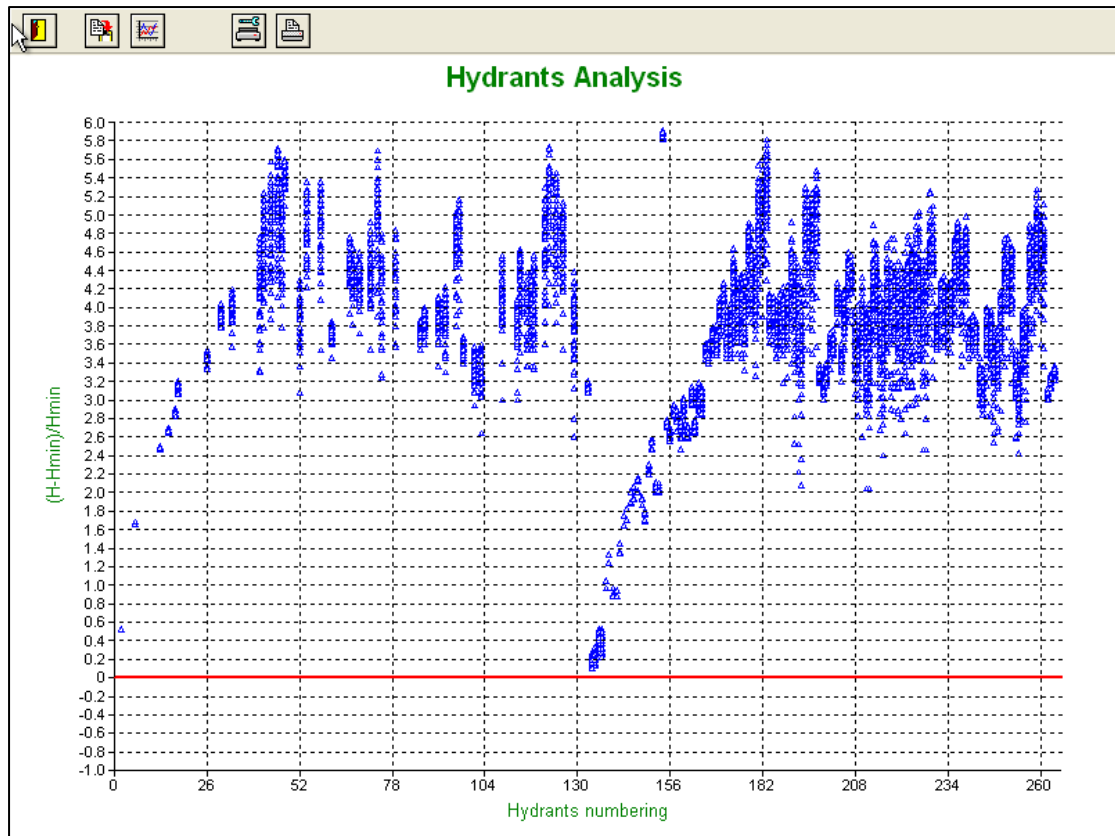
207	206	207	1.9	1	6.0	97	216.00	103.9
208	68	208	6.0	2	12.0	97	234.50	99.0
209	208	209	3.1	1	6.0	97	234.50	1.0
210	70	210	5.2	3	18.0	97	219.50	185.5
211	210	211	3.7	2	12.0	97	231.70	160.0
212	211	212	2.1	1	6.0	97	231.70	1.0
213	71	213	5.1	2	12.0	97	208.00	112.6
214	213	214	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
215	76	215	5.4	2	12.0	97	220.00	108.1
216	215	216	3.0	1	6.0	97	227.60	119.2
217	77	217	8.5	3	18.0	97	211.30	55.4
218	217	218	5.9	2	12.0	97	210.10	153.0
219	218	219	2.7	1	6.0	97	210.00	96.5
220	78	220	2.7	1	6.0	97	214.00	257.7
221	80	221	5.0	2	12.0	97	210.90	234.8
222	221	222	2.9	1	6.0	97	210.90	1.0
223	81	223	4.8	2	12.0	97	205.10	204.3
224	223	224	1.7	1	6.0	97	205.10	1.0
225	82	225	6.3	2	12.0	97	199.30	140.0
226	225	226	3.3	1	6.0	97	199.30	1.0
227	83	227	4.1	2	12.0	97	208.00	222.0
228	227	228	1.7	1	6.0	97	208.00	1.0
229	84	229	5.9	2	12.0	97	188.20	142.6
230	229	230	3.1	1	6.0	97	188.00	25.4
231	88	231	3.0	1	6.0	97	234.10	80.0
232	89	232	5.9	2	12.0	97	222.00	149.3
233	232	233	3.0	1	6.0	97	222.00	1.0
234	90	234	7.1	2	12.0	97	223.00	236.6
235	234	235	3.6	1	6.0	97	223.00	1.0
236	92	236	2.7	1	6.0	97	207.00	207.9
237	94	237	3.0	1	6.0	97	204.00	153.5
238	95	238	6.3	2	12.0	97	212.90	141.7
239	238	239	3.0	1	6.0	97	202.80	105.3
240	99	240	7.2	3	18.0	97	237.40	49.0
241	240	241	4.2	2	12.0	97	236.00	57.2
242	241	242	1.7	1	6.0	97	236.60	65.3
243	100	243	4.9	2	12.0	97	250.80	150.0
244	243	244	2.6	1	6.0	97	253.70	80.0
245	104	245	5.0	2	12.0	97	230.90	165.6
246	245	246	3.3	1	6.0	97	230.90	1.0
247	105	247	6.2	2	12.0	97	242.00	56.6
248	247	248	3.3	1	6.0	97	236.30	157.7
249	106	249	2.1	1	6.0	97	224.00	182.3
250	107	250	5.2	2	12.0	97	208.00	122.4
251	250	251	2.6	1	6.0	97	208.00	1.0
252	108	252	3.0	1	6.0	97	208.00	124.3

253	110	253	2.8	1	6.0	97	246.60	74.0
254	111	254	2.2	1	6.0	97	250.40	90.0
255	112	255	6.2	2	12.0	97	230.00	193.4
256	255	256	3.0	1	6.0	97	230.00	1.0
257	120	257	5.1	2	12.0	97	200.70	101.6
258	257	258	2.6	1	6.0	97	200.70	1.0
259	125	259	1.8	1	6.0	97	192.00	142.5
260	127	260	3.3	2	12.0	97	196.00	25.4
261	260	261	1.6	1	6.0	97	196.60	68.6
262	130	262	1.7	1	6.0	97	264.20	66.8
263	131	263	3.3	2	12.0	97	259.60	26.7
264	263	264	1.7	1	6.0	97	256.00	101.3

Πίνακας 7: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM για ελάττωση 11,3% της q₀.

Diameter	Length	Cost
97	15654.5	138386
124	815.5	10968
141	4259.2	72407
176	3025.3	72788
199	715.2	21756
247	861.5	40396
279	575.3	33920
314	1034.7	113565
400	360.6	43547
450	15654.5	138386
500	815.5	10968
TOTAL COST : 547732.60€		

Πίνακας 8: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης του νέου δικτύου στο COPAM με το συνολικό κόστος των αγωγών για ελάττωση 11,3% της q₀.



Σχήμα 1: Πλήρης απεικόνιση του σχετικού ελλείματος – περίσσειας φορτίου των υδροστομίων για μείωση κατά 11,3% της q_0 (πρόταση Τ.Ε. Αναβάλου).

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

1. Νομοθετικό Διάταγμα 3881/1958

«Περί Έργων Εγγείων Βελτιώσεων»

2. Εγκύκλιος Δ.22200/30 – 7 – 1977/ ΥΠΕΧΩΔΕ

Απόσπασμα για τις επιτρεπόμενες ταχύτητες

4. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

Οι μέγιστες κατά εσωτερική διάμετρο επιτρεπόμενες ταχύτητες λαμβάνονται οι ίδιες για όλα τα υλικά των σωλήνων.

Οι συνήθεις τιμές τους είναι οι εξής

- μέχρι και 125 mm. ταχύτητα 1,55 m/sec
- από 125 μέχρι και 175 mm.ταχύτητα 1,85 m/sec
- από 175 μέχρι και 350 mm.ταχύτητα 2,00 m/sec
- από 350 μέχρι και 450 mm.ταχύτητα 2,10 m/sec
- από 450 μέχρι και 600 mm.ταχύτητα 2,20 m/sec
- από 600 μέχρι και 800 mm.ταχύτητα 2,30 m/sec
- από 800 μέχρι και 1000 mm.ταχύτητα 2,40 m/sec
- άνω των 1000 mm.ταχύτητα 2,50 m/sec

Οι επιτρεπόμενες ελάχιστες ταχύτητες λαμβάνονται κατά κανόνα για όλες τις διαμέτρους ίσες με 0,50 m/sec. Για διαμέτρους μεγαλύτερες των 600 mm μπορεί να γίνουν δεκτές ελάχιστες ταχύτητες ίσες με 0,70 m/sec

3. Νόμος 2332/1995

«Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων και άλλες Διατάξεις»

4. Νόμος 3199/2003

«Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000»