

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ BENCHMARKING ΚΑΙ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ (GIS/EPANET)

Παραδοτέο 3.5 (έκδοση 1.1)

09/05/2019

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας Περιεχομένων	2
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Πιλοτική Περιοχή ΣΥΛ (DMAs 131, 133, 136)	3
1.2 Πιλοτική περιοχή ΤΑΥ	5
2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	6
2.1 Ροή Ενεργειών	8
3 Μοντέλο Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών	10
4 Υδραυλικό Μοντέλο	16
4.1 Μοντέλο για ΣΥΛΕ	16
4.2 Μοντέλο για ΤΑΥ	22
5 LeakDB: Βάση δεδομένων για τη Διαγνώση διαρροών στα δίκτυα διανομής νερού	23
6 Σύνοψη και Μελλοντική Εργασία	27
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	28

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Παραδοτέο 3.5 αφορά τη συλλογή δεδομένων λειτουργίας των δικτύων υδροδότησης των εταιρών οργανισμών, τη δημιουργία κατάλληλων βάσεων δεδομένων για χρήση στην ανάπτυξη των υποσυστημάτων, καθώς και ψηφιοποίηση δικτύων, με χρήση εργαλείων GIS και του εξειδικευμένου λογισμικού μοντελοποίησης EPANET. Σύμφωνα με το πλάνο πιλοτικών δοκιμών, θα απαιτηθεί να ψηφιοποιηθεί και να μοντελοποιηθεί μέρος του επιλεγμένου δικτύου του ΣΥΛΕ και του ΤΑΥ. Για τα άλλα πιλοτικά, θα δοκιμαστούν model-free μεθοδολογίες.

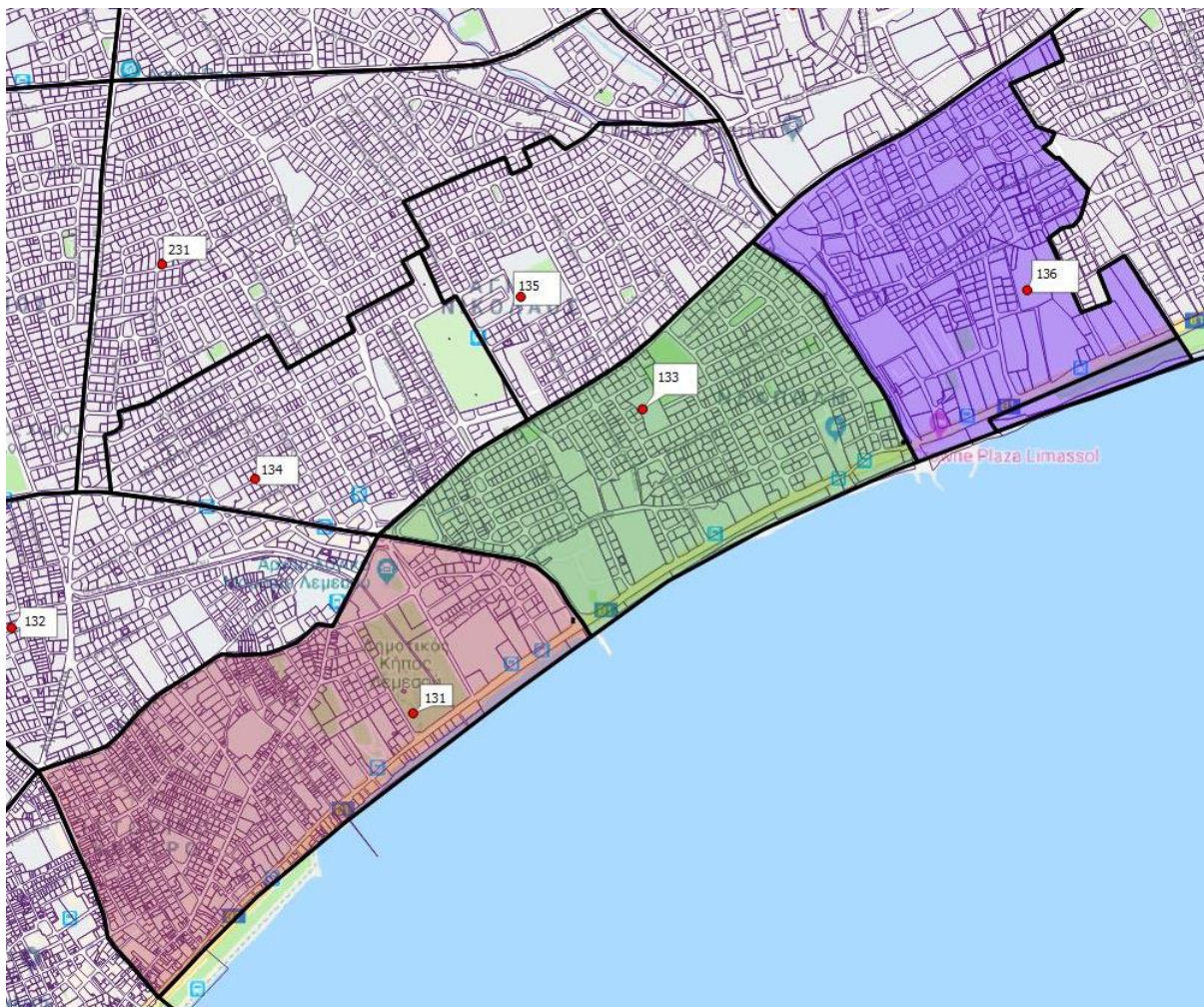
Για την πιλοτική περιοχή του ΣΥΛΕ εκπονήθηκε μεταφορά του CAD μοντέλου σε GIS μορφή, έχει δομηθεί η κατάλληλη βάση δεδομένων και θα αναπτυχθούν τα υδραυλικά μοντέλα με τη χρήση του εργαλείων GIS και EPANET. Για το υπό μελέτη τμήμα του κεντρικού αγωγού του ΤΑΥ έχει υλοποιηθεί επικαιροποίηση των υφιστάμενων υδραυλικών μοντέλων, έχει αναπτυχθεί το GIS μοντέλο και έχει δομηθεί η κατάλληλη βάση δεδομένων.

Για την πιλοτική περιοχή του ΣΥΛΑ, στα πλαίσια εγκατάστασης / ανάπτυξης της τεχνολογίας LoRaWAN θα δομηθεί / αναπτυχθεί και η κατάλληλη βάση δεδομένων για διαχείριση των έξυπνων υδρομετρητών. Τέλος για τη ΔΕΥΑΜ θα εγκατασταθεί / αναπτυχθεί δίκτυο τηλεμετρίας στην πιλοτική περιοχή το οποίο θα υποστηρίζει και θα ενημερώνει την βάση δεδομένων που θα αναπτυχθεί.

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζεται η ροή ενεργειών που ακολουθείται και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία / ανάπτυξη / αναβάθμιση / των GIS και υδραυλικών μοντέλων, χρησιμοποιώντας τα CAD αρχεία ενός δικτύου.

1.1 ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΛΕ

Το τμήμα που έχει επιλεγεί από το ΣΥΛΕ για εφαρμογή του πιλοτικού δικτύου αποτελείται από τα DMAs 131, 133 και 136 (Εικόνα 1). Έχουν επιλεγεί τα συγκεκριμένα DMAs καθώς γειτονεύουν μεταξύ τους και παρουσιάζουν ίδια χαρακτηριστικά. Και οι τρεις περιοχές έχουν μεγάλο ποσοστό ατιμολόγητου νερού και μεγάλο αριθμό βλαβών. Επίσης, αποτελούνται τόσο από ηλικιωμένες σωληνώσεις όσο και από καινούργιες, και παρουσιάζουν αδυναμία στη μείωση της πίεσης καθώς εξυπηρετούν ψηλά κτήρια / αναπτύξεις με μεγάλη κατανάλωση.

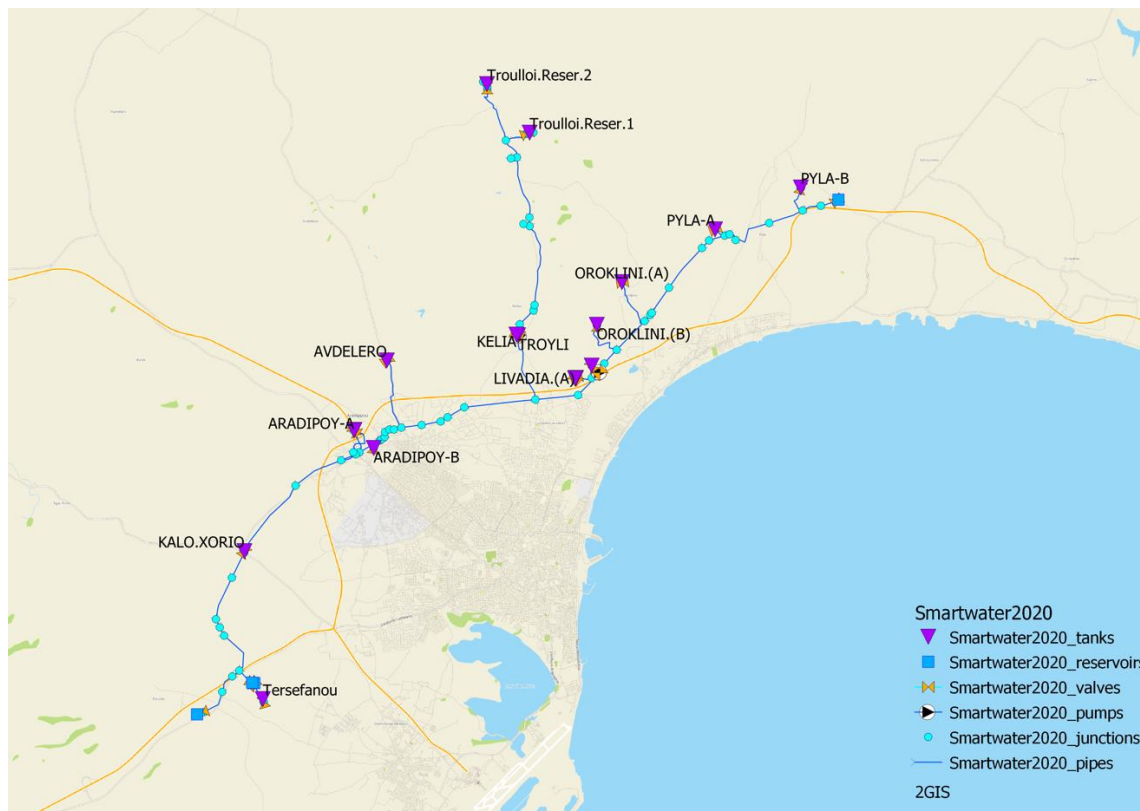


Εικόνα 1(Β): Τα μοντέλα Μουτταγιάκας (α) και Φοινικαριών (β) όπως απεικονίζονται στο CAD αρχείο του δικτύου ΣΥΛ

Το κάθε DMA έχει ένα σημείο σύνδεσης με τον κεντρικό αγωγό τροφοδοσίας της Ζώνης 1 και η τροφοδοσία γίνεται από την κεντρική δεξαμενή της Ζώνης. Το DMA131 έχει εμβαδόν 0.86 Km^2 ενώ το συνολικό μήκος των σωληνώσεων του δικτύου είναι 17 Km και το υλικό τους AC (asbestos cement). Εξυπηρετεί 3,521 καταναλωτές και έχει μέση ημερήσια κατανάλωση $1,367 \text{ m}^3$, με ελάχιστη νυχτερινή ροή $38.17 \text{ m}^3/\text{h}$. Το ποσοστό ατιμολόγητου νερού είναι 42.6% του συνολικού όγκου που διοχετεύεται στο δίκτυο. Η έκταση του DMA133 είναι 0.76 Km^2 ενώ το συνολικό μήκος των αγωγών (κυρίως AC) του είναι 14.8 Km . Εξυπηρετεί 5,216 καταναλωτές και έχει μέση ημερήσια κατανάλωση $1,588 \text{ m}^3$, με ελάχιστη νυχτερινή ροή $39.6 \text{ m}^3/\text{h}$. 31.9% του συνολικού όγκου που διοχετεύεται στο δίκτυο κατηγοριοποιείται ως ατιμολόγητο. Το DMA136 είναι το μικρότερο από τα τρία. Έχει εμβαδόν 0.7 Km^2 και το συνολικό μήκος του δικτύου διανομής, που αποτελείται κυρίως από AC και UPVC σωλήνες, είναι 13.1 Km . Εξυπηρετεί 790 καταναλωτές με μέση ημερήσια κατανάλωση 740 m^3 και ελάχιστη νυχτερινή ροή $11.16 \text{ m}^3/\text{h}$. Το ποσοστό ατιμολόγητου νερού ως προς το συνολικό όγκο που διοχετεύεται στο δίκτυο, είναι 22.3% .

1.2 ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΑΥ

Το τμήμα που έχει επιλεγεί από το ΤΑΥ για εφαρμογή του πιλοτικού δικτύου αποτελείται από ένα κύριο αγωγό: Κεντρικός παροχетеυτικός αγωγός, κατασκευασμένος το 1969, Asbestos Cement (AC) Class B & C dia. 650 – 500 mm (Εικόνα 1 (B)). Το μήκος του αγωγού είναι στα 240Km, είναι ακτινωτός με αντλιοστάσια και υδατοδεξαμενές. Έχει επιλεγεί γιατί εξυπηρετεί αστικές, περιαστικές και τουριστικές περιοχές και αποτελούνται τόσο από ηλικιωμένες σωληνώσεις, και παρουσιάζουν αδυναμία στη αυξομείωση της πίεσης αναλόγως της ζήτησης της κατανάλωσης.



Εικόνα 2(B): Κεντρικός παροχетеυτικός αγωγός, κατασκευασμένος το 1969

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Σήμερα, οι περισσότεροι διαχειριστές δικτύων υδροδότησης διατηρούν ηλεκτρονικά αρχεία για το δίκτυο τους σε Σχεδιαστικό Λογισμικό (Computer-aided design, CAD), το οποίο επιτρέπει την αποθήκευση και προβολή πληροφοριών. Τα αρχεία αυτά συνήθως ενημερώνονται σε καθημερινή βάση, ωστόσο τα διαθέσιμα εργαλεία για διαχείριση χαρτών σε μορφή CAD δεν καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες ενός διαχειριστή δικτύων υδροδότησης. Για παράδειγμα δεν διαθέτουν αυτοματοποιήσεις για τη δημιουργία υδραυλικών μοντέλων του δικτύου ή δεν περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το σύνολο της υποδομής.

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος θα εκπονηθεί μεταφορά του CAD μοντέλου, για το πιλοτικό δίκτυο του ΣΥΛΕ, GIS μορφή. Με την ολοκλήρωση της μεταφοράς θα δημιουργηθεί ένα σημαντικό εργαλείο για τους διαχειριστές της υποδομής του δικτύου. Η χρήση του GIS για διαχείριση του δικτύου διανομής νερού έχει, μεταξύ άλλων, τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- 1 Αποθήκευση κάθε είδους σημαντικής / χρήσιμης πληροφορίας σε βάση δεδομένων, χρησιμοποιώντας μορφή ανοιχτού προτύπου.
- 2 Δημιουργία λογαριασμών διαφορετικού τύπου χρηστών, αναθέτοντας τα ανάλογα δικαιώματα πρόσβασης, οι οποίοι θα μπορούν να χρησιμοποιούν / τροποποιούν / προσθέτουν / εξάγουν / προβάλλουν τις όποιες διαθέσιμες πληροφορίες.
- 3 Αυξημένη αξιοπιστία διάχυσης δεδομένων / πληροφοριών.
- 5 Υπάρχει διαθέσιμη μεγάλη γκάμα εργαλείων, η οποία μπορεί να διασυνδεθεί ανώδυνα με το GIS μοντέλο, και τα οποία χρησιμεύουν στην εισαγωγή των διαθέσιμων πληροφοριών (π.χ. αναφορές επισκευών, δεδομένα αισθητήρων κ.λπ.).
- 4 Εύχρηστα και πρακτικά εργαλεία (π.χ. υπολογισμός υψομέτρου των κόμβων με τη χρήση χαρτών απεικόνισης των ισοϋψών γραμμών).
- 6 Αυτοματοποίηση της διαδικασίας εξαγωγής των υδραυλικών μοντέλων του δικτύου υδροδότησης.

Για να μπορεί να θεωρείται ένα δίκτυο οργανωμένο, θα πρέπει να αναπτύξει ρεαλιστικά μοντέλα τα οποία να επιτρέπουν την παρακολούθηση και διαχείριση των υποδομών του καθώς και της συμπεριφοράς του. Άρα, πέρα από την ανάπτυξη των GIS μοντέλων, χρειάζεται να δημιουργηθούν υδραυλικά μοντέλα τα οποία προσομοιώνουν ρεαλιστικά τις συνθήκες και παραμέτρους λειτουργίας του συστήματος.

Τα υδραυλικά μοντέλα αποτελούν απαραίτητα εργαλεία για την εκτέλεση σεναρίων τα οποία στοχεύουν:

1. Τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων πίεσης και ροής του νερού στο δίκτυο.

2. Την αξιολόγηση της συνδεσμολογίας και συνδεσιμότητας του δικτύου.

Υδραυλικό μοντέλο το οποίο έχει σχεδιαστεί με όλες τις ιδιότητες και παραμέτρους ενός συγκεκριμένου πραγματικού δικτύου, είναι σε θέση να προσομοιώνει με μεγάλη ακρίβεια και σε πραγματικό χρόνο τον τρόπο συμπεριφοράς του. Ένα τέτοιο μοντέλο θα είναι σε θέση να προσφέρει, για συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, αξιόπιστες πληροφορίες που αφορούν την πίεση, ροή και ποιοτική κατάσταση του νερού σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου. Για παράδειγμα, ο διαχειριστής της υποδομής ενός αστικού δικτύου υδροδότησης, με τη χρήση των υδραυλικών μοντέλων, είναι σε θέση να αξιολογήσει την αλλαγή συμπεριφοράς του δικτύου όταν αλλάζουν οι ρυθμίσεις μίας ή περισσότερων βαλβίδων ή όταν προστίθεται στο δίκτυο ένας μεγάλος και ιδιόμορφος καταναλωτής.

Τα μοντέλα που θα δημιουργηθούν στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου θα αναπτυχθούν με τη χρήση λογισμικών ανοικτού κώδικα. Η συγκεκριμένη απόφαση στηρίζεται σε δύο βασικούς λόγους, τον οικονομικό παράγοντα και την ευελιξία σε τεχνικά θέματα που αφορούν τα λογισμικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν. Τα λογισμικά ανοικτού κώδικα δωρεάν σε αντίθεση με τα λογισμικά κλειστού κώδικα των οποίων οι ετήσιες άδειες λειτουργίας στοιχίζουν αρκετά λεφτά. Ειδικά στην περίπτωση υποδομών δικτύων υδατοπρομήθειας, το κόστος λειτουργίας των αντίστοιχων λογισμικών είναι πολύ δαπανηρό για τους οργανισμούς, τόσο για την άδεια λειτουργίας όσο και για την τεχνική υποστήριξη / αναβάθμιση τους. Τα πλεονεκτήματα σε τεχνικά θέματα που προσφέρει η χρήση λογισμικών ανοικτού κώδικα, τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις είναι πιο σημαντικά και από τον οικονομικό παράγοντα, περιλαμβάνουν:

1. Σχεδιασμός προσαρμοσμένος στις ανάγκες του ανάδοχου φορέα.
2. Συνεχείς αναβαθμίσεις και βελτιώσεις των λογισμικών.
3. Ανώδυνες και χαμηλού κόστους αναβαθμίσεις.
4. Εξαγωγή / Εισαγωγή δεδομένων διαφόρων μορφών.
5. Δυνατότητα ενοποίησης με μεγάλη γκάμα εργαλείων.
6. Υπάρχει η δυνατότητα εύκολης μετάβασης / εφαρμογής των εργαλείων σε άλλα λογισμικά.
7. Η διαχείριση / επεξεργασία / αποθήκευση των δεδομένων παραμένουν υπό τον έλεγχο και κυριότητα του οργανισμού.

Έχει αποφασιστεί ότι για την ανάπτυξη των GIS μοντέλων θα χρησιμοποιηθεί το QGIS το οποίο αποτελεί την πιο διαδεδομένη λύση GIS λογισμικού ανοικτού κώδικα. Ο σχεδιασμός και δημιουργία των υδραυλικών μοντέλων θα υλοποιηθεί με τη χρήση του EPANET, λογισμικό το οποίο κατά τα τελευταία χρόνια έχει ραγδαία ανάπτυξη και του οποίου τα υδραυλικά μοντέλα, θεωρούνται για τη βιομηχανία νερού ως πρότυπο. Για να είναι δυνατή η δημιουργία των Υδραυλικών Μοντέλων, είναι απαραίτητο να εισαχθούν πρώτα τα δεδομένα που σχετίζονται με την υποδομή του δικτύου, στο GIS μοντέλο. Αυτό θα επιτρέψει την ακριβή γεωγραφική απεικόνιση των πληροφοριών και τη χρήση μιας γραφικής διεπαφής χρήστη. Συγχρόνως επιτρέπεται η διασύνδεση των δεδομένων GIS χρησιμοποιώντας γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.

Για την εκπόνηση της μεταφοράς του CAD μοντέλου σε GIS μορφή χρειάζεται ένα αρχικό στάδιο επεξεργασίας / βαθμονόμησης, ώστε να εξασφαλιστεί ότι κατά τη μετατροπή δε θα προκύψει κάποιο πρόβλημα με το GIS δίκτυο και κατ' επέκταση με το υδραυλικό μοντέλο. Παράδειγμα της αρχικής προεργασίας είναι η επιβεβαίωση ότι οι σωληνώσεις του δικτύου εφάπτονται / ενώνονται με το σωστό τρόπο, ώστε να υπάρχει ορθολογιστική συνέχεια στις σωληνώσεις που αποτελούν το δίκτυο. Επίσης θα πρέπει να εκλεχθούν όλα τα σημεία του δικτύου όπου υπάρχει διαφορά στα καταγεγραμμένα δεδομένα, όπως στις περιπτώσεις όπου η διάμετρος βαλβίδων διαφέρει από τη διάμετρο των αγωγών όπου είναι εγκατεστημένες.

2.1 ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία η οποία ακολουθείται για τη μετατροπή του CAD αρχείου σε GIS δίκτυο και υδραυλικά μοντέλα. Περιληπτικά η μεθοδολογία μετατροπής, η οποία απεικονίζεται γραφικά στην εικόνα 2, περιλαμβάνει:

1. Έλεγχο του CAD αρχείου.

Το πρώτο βήμα είναι ο έλεγχος του CAD μοντέλου. Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η ορθότητα και ακρίβεια του μοντέλου. Θα πρέπει να ελεγχθεί η συνδεσμολογία των μελών και εξαρτημάτων του δικτύου καθώς και η κατηγοριοποίηση τους ως προς τη διάμετρο και υλικό τους.

2. Εισαγωγή του CAD αρχείου στο QGIS.

Το δεύτερο βήμα είναι η μεταφορά του δικτύου στο QGIS. Ακολουθεί η επεξεργασία του μοντέλου ώστε να δημιουργηθεί η επιθυμητή μορφή πληροφοριών για το υπό μελέτη δίκτυο. Θα πρέπει να δημιουργηθούν διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών, τα οποία διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος εξαρτήματος / μέλους (π.χ. σωλήνες, αντλίες, ντεπόζιτα κτλ.). Για παράδειγμα η σωλήνες θα πρέπει να είναι ανατεθειμένες στο επίπεδο "Σωλήνες", και το κάθε στοιχείο σωλήνας να έχει καταγεγραμμένες στη βάση δεδομένων όλες τις σημαντικές πληροφορίες που το χαρακτηρίζουν (π.χ. γεωγραφικές συντεταγμένες, υλικό, διάμετρο κτλ.). Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή στο μοντέλο του τοπογραφικού χάρτη και η επιβεβαίωση ότι το δίκτυο οριοθετείτε ορθά ως προς τις συντεταγμένες.

3. Δημιουργία και εφαρμογή των κόμβων δικτύου.

Οι κόμβοι του δικτύου απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό. Το επεξεργασμένο μοντέλο, μέχρι σε αυτό το στάδιο, δεν τους περιλαμβάνει τους κόμβους (τα σημεία ενώσεων των εξαρτημάτων / μελών της υποδομής) του δικτύου αφού το CAD αρχείο δεν τους περιέχει. Για το υδραυλικό μοντέλο οι κόμβοι αποτελούν ζωτικής σημασίας κομμάτι, για αυτό θα πρέπει να ενσωματωθούν στο μοντέλο. Η αρχή και το τέλος κάθε στοιχείου / μέλους του υδραυλικού μοντέλου πρέπει να οροθετούνται από κόμβο. Επίσης, οι κόμβοι είναι τα σημεία του υδραυλικού μοντέλου στα οποία εισάγεται το μέγεθος και προφίλ / μοτίβο κατανάλωσης που υπάρχουν σε αυτό.

Για αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί ένα εργαλείο, από το KIOS CoE, το οποίο χρησιμεύει στο να εισάγει αυτόματα τους κόμβους του δικτύου. Το εργαλείο εισάγει τα shapefiles του QGIS μοντέλου

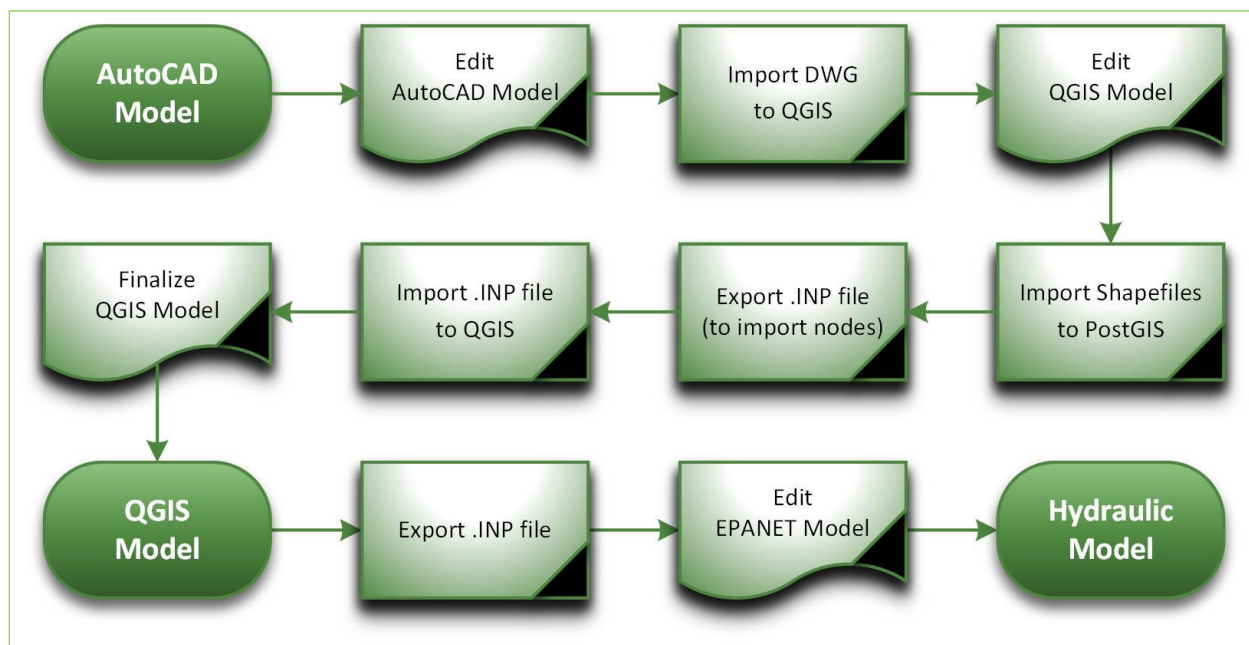
σε μία κατάλληλα διαμορφωμένη βάση δεδομένων PostGIS / PostgreSQL και στη συνέχεια το εξαγει σε μορφή .INP αρχείου, μορφή η οποία χρησιμοποιείται από το λογισμικό EPANET. Κατά τη εκτέλεση της διαδικασίας αυτής ολοκληρώνεται η αυτόματη εφαρμογή κόμβων στο δίκτυο.

4. Έλεγχος και οριστικοποίηση του GIS μοντέλου.

Εφόσον έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή των κόμβων στο δίκτυο, το μόνο που απομένει είναι η οριστικοποίηση των δεδομένων του μοντέλου στο QGIS. Έτσι το επόμενο βήμα είναι να εισαχθεί και πάλι το μοντέλο (το .INP αρχείο που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο στάδιο της μεθοδολογίας) στο QGIS και να ελεγχθεί η ορθότητα των πληροφοριών για τους κόμβους καθώς επίσης να συμπληρωθεί οποιαδήποτε εναπομένουσα πληροφορία (π.χ. μέγεθος και προφίλ / μοτίβο κατανάλωσης για κάθε κόμβο).

5. Εισαγωγή GIS μοντέλου στο EPANET και δημιουργία υδραυλικών μοντέλων.

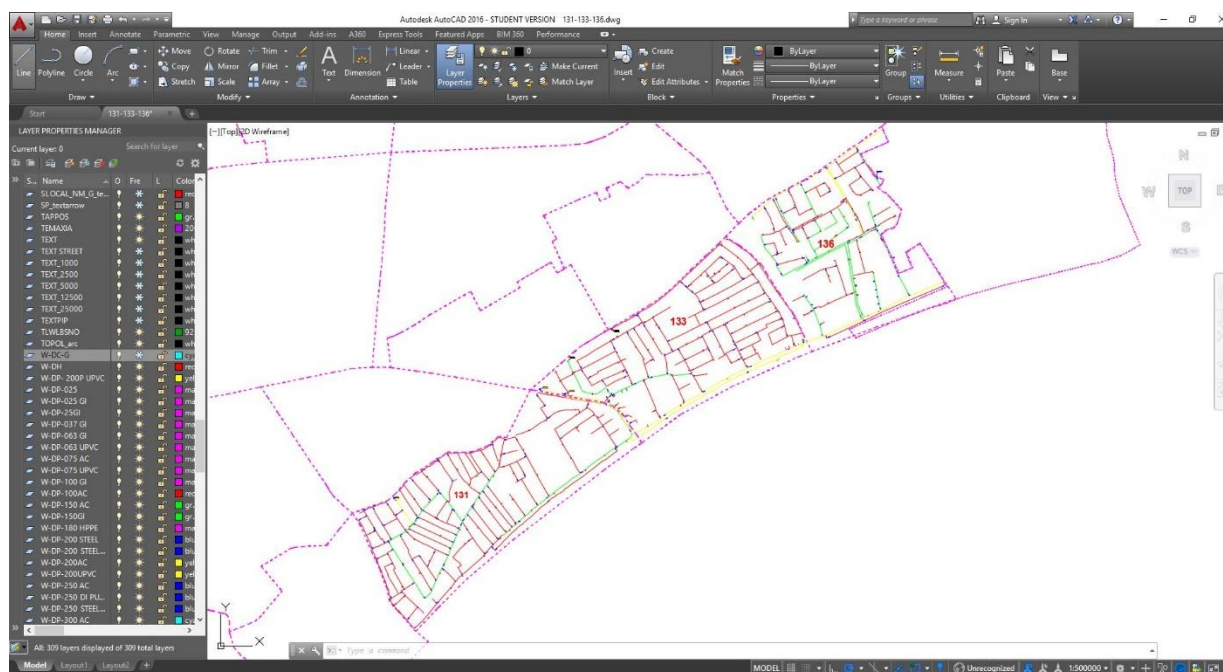
Το τελευταίο βήμα, αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία ελέγχου και οριστικοποίησης του QGIS μοντέλου, είναι η εξαγωγή του σε μορφή .INP αρχείου ώστε να εισαχθεί στο λογισμικό EPANET. Με την εισαγωγή του δικτύου στο EPANET, το υδραυλικό μοντέλο είναι έτοιμο για την απαραίτητη επεξεργασία ώστε να είναι συμπληρωμένο για τις προσομοιώσεις που θα εκτελεστούν.



Εικόνα 2: Διάγραμμα ροής ενεργειών για τη δημιουργία του GIS δικτύου και των υδραυλικών μοντέλων

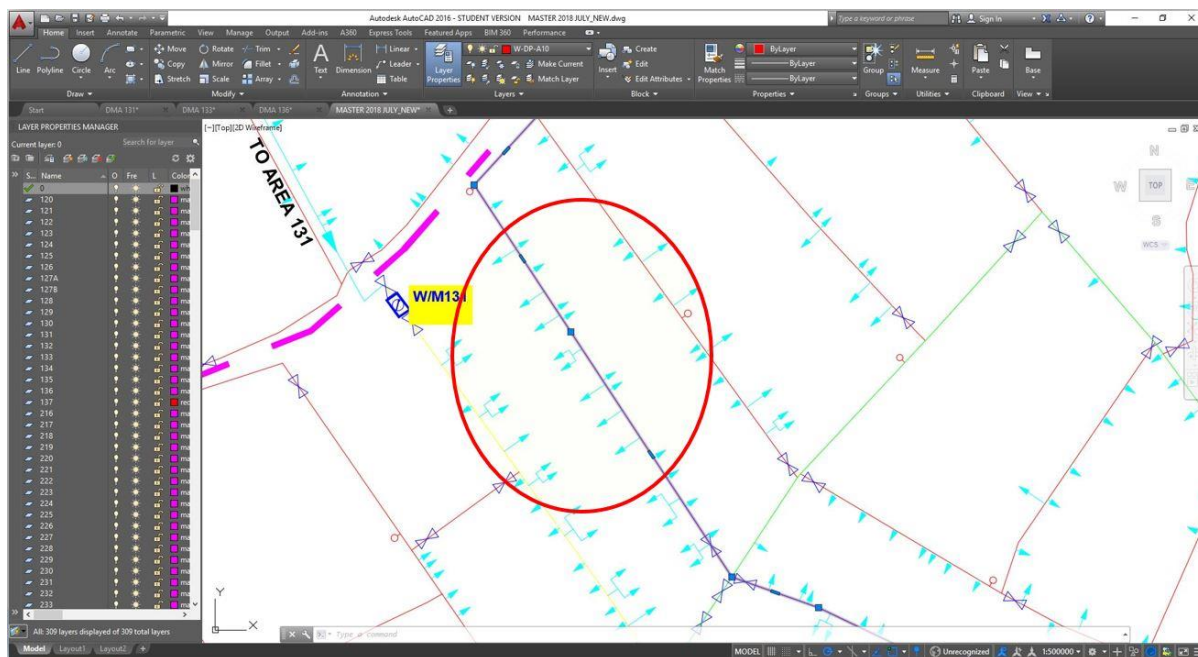
3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η Εικόνα 3 παρουσιάζει το CAD μοντέλο του δικτύου υδροδότησης στην πιλοτική περιοχή του ΣΥΛΕ. Όσον αφορά θέματα ορθής ενημέρωσης και επικαιροποίησης, το αρχείο βρισκόταν σε πολύ καλό επίπεδο. Υπήρχε παρουσίαση πληροφοριών για το δίκτυο, όπως η διάμετρος του αγωγού ή το υλικό του (μέσω των layers του αρχείου, το παράθυρο στο αριστερό τμήμα της εικόνας), δεν παρέχκε όμως όλα τα απαραίτητα δεδομένα για κάθε μέλος του συστήματος. Για παράδειγμα δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για την τραχύτητα του αγωγού ή για τις προδιαγραφές των αντλιών του δικτύου.

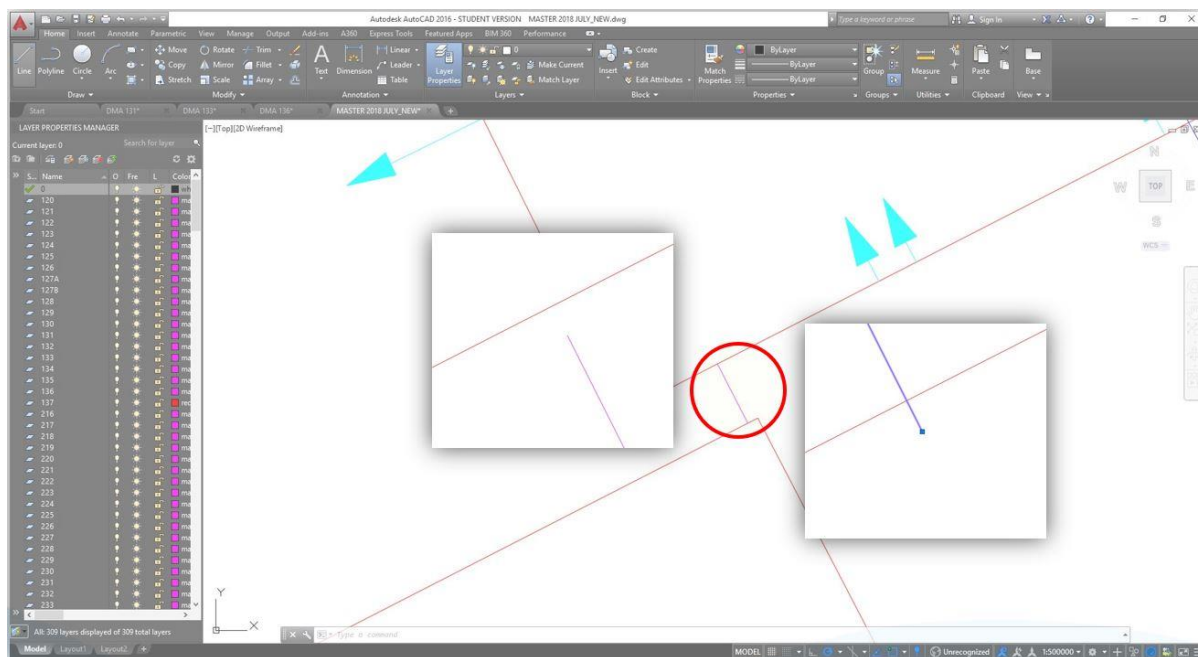


Εικόνα 4: Απεικόνιση του CAD μοντέλου των υπό μελέτη περιοχών του ΣΥΛΕ

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε κατά τη εξέχου του CAD μοντέλου ήταν ο έλεγχος τη συνδεσμολογίας των μελών και εξαρτημάτων του δικτύου, όπως τα παραδείγματα που παρουσιάζονται στην Εικόνα 4. Η Εικόνα 4α απεικονίζει τμήμα αγωγού (εντός του κόκκινου κύκλου) στον οποίο η συνδεσμολογία των παροχών (γαλάζιο χρώμα) δεν έχει υλοποιηθεί ορθά. Θα έπρεπε στο σημείο ένωσης του αγωγού (μωβ χρώμα) με την κάθε μία από τις παροχές να υπάρχει κόμβος (ο οποίος απεικονίζεται με μπλε τετράγωνο σχήμα. Στην εικόνα 4β παρουσιάζεται ένα κλασικό πρόβλημα τέτοιου είδους αρχείων / μοντέλων. Ο μικρός αγωγός που περιλαμβάνεται εντός του κόκκινου κύκλου φαίνεται να είναι συνδεδεμένος με τους δύο μεγαλύτερους αγωγούς. Εστιάζοντας όμως στις ενώσεις, παρατηρούμε ότι η πάνω άκρια δεν ακουμπάει στον αγωγό, ενώ η κάτω άκρια τον τέμνει. Αυτό θα δημιουργήσει πρόβλημα κατά τη δημιουργία του GIS μοντέλου καθώς η λεπτομέρεια δεν θα είναι ακριβής. Η σωστή λεπτομέρεια θα έπρεπε να απεικονίζει την άκρια να εφάπτεται στον αγωγό, και στο σημείο που εφάπτεται να υπάρχει κόμβος (να σπάζει / διαχωρίζεται ο μεγάλος αγωγός).



(α)

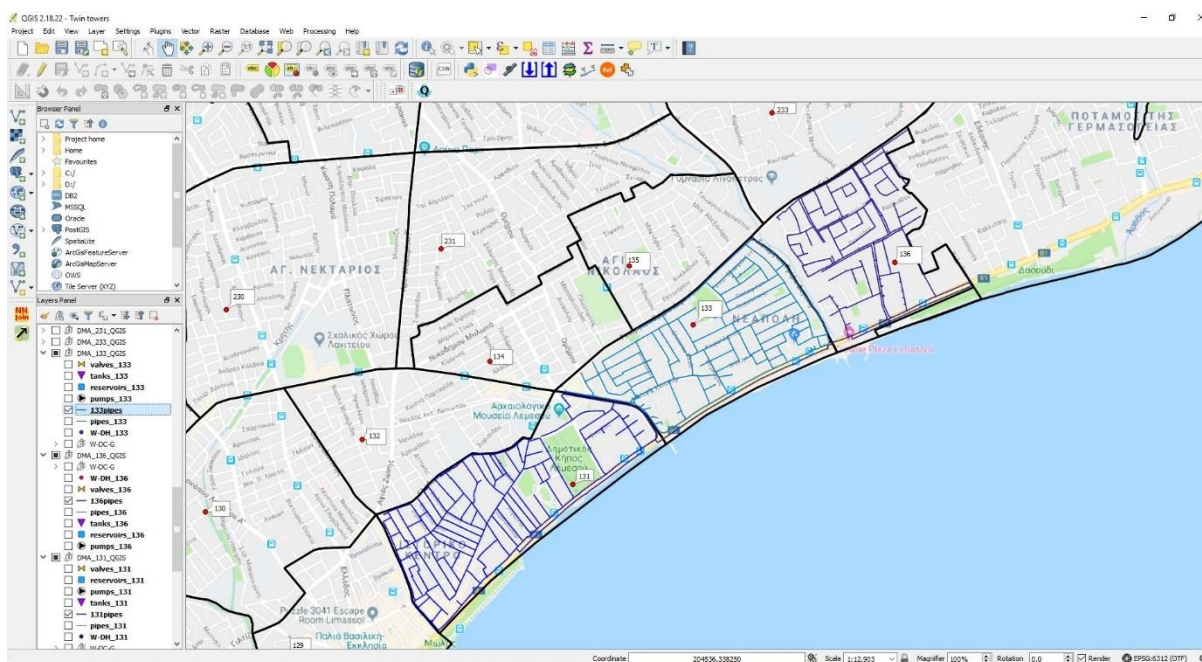


(β)

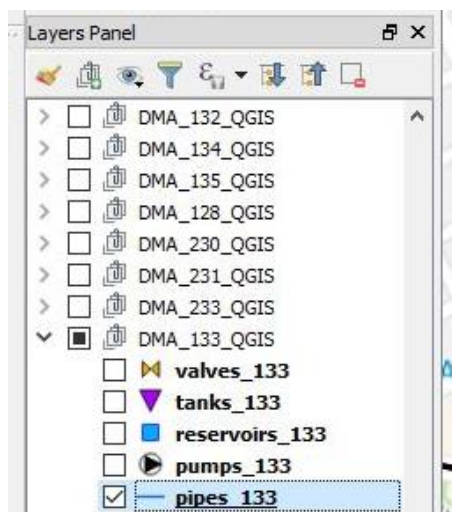
Εικόνα 4: Συνήθεις προβλήματα στη συνδεσμολογία του δικτύου, κατά τον έλεγχο του CAD μοντέλου

Η Εικόνα 5 παρουσιάζει το μοντέλο των υπό μελέτη περιοχών, όπως δημιουργήθηκε εισάγοντας το CAD μοντέλο στο QGIS. Η ενημέρωση και αναβάθμιση των μοντέλων έχει ολοκληρωθεί ώστε να είναι έτοιμα να εισαχθούν στο EPANET για τη εκτέλεση των υδραυλικών προσομοιώσεων. Το μοντέλο των τριών DMAs περιλαμβάνει διαφορετικά στρώματα για τα διαφορετικά μέρη / εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται (π.χ. βαλβίδες, σωλήνες, ντεπόζιτα κτλ.), κάτι που βοηθάει στην ορθολογιστική διακριτοποίηση της υποδομής

τους. Η Εικόνα 6 παρουσιάζει τα διαφορετικά στρώματα πληροφοριών που έχουν δημιουργηθεί για τα διαφορετικά μέρη / εξαρτήματα, και τα οποία είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται σε ένα ολοκληρωμένο GIS μοντέλο.



Εικόνα 5: Τα υπό μελέτη δίκτυα του ΣΥΛΕ στο λογισμικό QGIS



Εικόνα 6: Στρωματοποίηση των διαφορετικών μερών / εξαρτημάτων της υποδομής του δικτύου DMA 133

Στην Εικόνα 5 είναι ευδιάκριτο ότι έχει τοποθετηθεί στο μοντέλο του δικτύου το υπόβαθρο του τοπολογικού χάρτη της περιοχής. Ένα από τα πλεονεκτήματα των GIS λογισμικών είναι η δυνατότητα που δίνουν στο χρήστη να προσθέτει πολύ εύκολα στο μοντέλο υπόβαθρα (χάρτες), τα οποία θα βοηθούν στην καλύτερη απεικόνιση / προβολή των μοντέλων ή ακόμη θα εξυπηρετούν στη διεξαγωγή αναλύσεων και υπολογισμών

(π.χ. χρήση υψομετρικών χαρτών για υπολογισμό του υψομέτρου που έχουν τα στοιχεία ενδιαφέροντος σε ένα μοντέλο). Ακόμα ένα πλεονέκτημα του GIS μοντέλου είναι η ευκολία με την οποία ο διαχειριστής μπορεί να εξάγει / προβάλει δεδομένα. Για παράδειγμα, η Εικόνα 7 παρουσιάζει πίνακα των αγωγών στο DMA133, ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα σημαντικά στοιχεία της κάθε σωλήνας στο δίκτυο (πχ. Ταυτότητα, υλικό, διάμετρο, τραχύτητα κτλ.).

DMA_133_pipes :: Features total: 708, filtered: 708, selected: 0

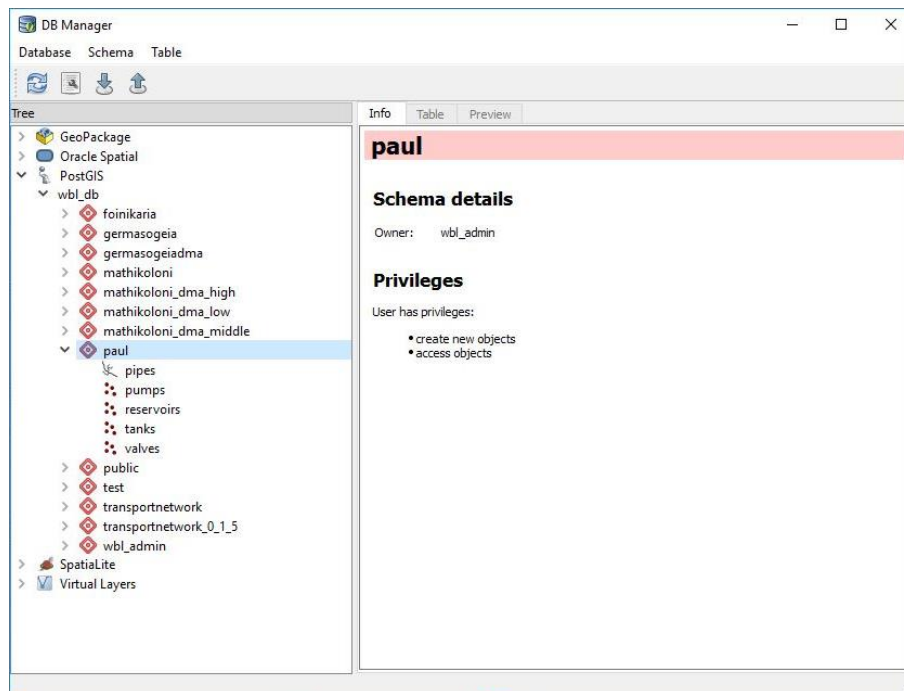
	ID	NodeFrom	NodeTo	Diameter	Type	MinorLoss	Status	Length	Roughness
1	1	506	491	99.400000	W-DP-P110	0.000000	OPEN	18.909270	0.050000
2	10	298	302	99.400000	W-DP-P110	0.000000	OPEN	12.225052	0.050000
3	100	510	507	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	7.389478	0.100000
4	101	313	317	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	5.230106	0.100000
5	102	330	336	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	6.764739	0.100000
6	103	470	499	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	36.936656	0.100000
7	104	488	500	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	13.751855	0.100000
8	105	378	380	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	2.907350	0.100000
9	106	488	498	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	18.651324	0.100000
10	107	442	459	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	22.683509	0.100000
11	108	419	411	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	26.431689	0.100000
12	109	279	281	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	9.138394	0.100000
13	11	498	505	99.400000	W-DP-P110	0.000000	OPEN	18.918697	0.050000
14	110	488	482	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	19.577997	0.100000
15	111	313	311	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	6.204825	0.100000
16	112	330	327	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	5.062537	0.100000
17	113	305	330	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	54.372364	0.100000
18	114	366	369	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	8.838470	0.100000
19	115	306	310	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	28.858982	0.100000
20	116	288	305	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	37.538445	0.100000
21	117	314	340	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	32.416929	0.100000
22	118	305	314	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	65.730487	0.100000
23	119	368	371	100.000000	W-DP-A10	0.000000	OPEN	6.676696	0.100000

Show All Features

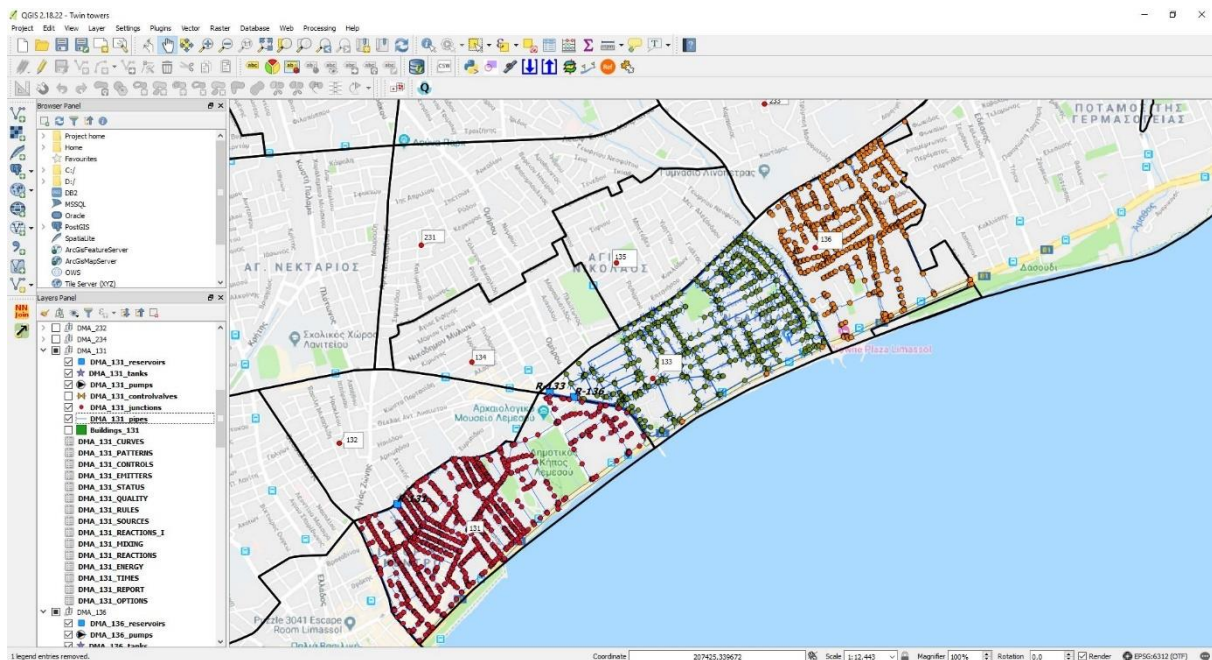
Εικόνα 7: Στρωματοποίηση των διαφορετικών μερών / εξαρτημάτων της υποδομής του δικτύου DMA 133

Όπως γίνεται αντιληπτό (Εικόνα 5) το δημιουργημένο μοντέλο δεν περιέχει τους κόμβους του δικτύου, για αυτό το λόγο στην Εικόνα 6 δεν περιέχεται ξεχωριστή στρωματοποίηση για αυτούς. Ο λόγος της μη συμπερίληψης των κόμβων στο μοντέλο σχετίζεται με τη διαδικασία εισαγωγής του CAD μοντέλου στο GIS. Για το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί από το KIOS CoE ένα εργαλείο (Εικόνα 8) με το όνομα "PostGISStoEPANET", το οποίο επιλύει το πρόβλημα της μη εισαγωγής των κόμβων του μοντέλου. Πέρα από την εισαγωγή των κόμβων, το συγκεκριμένο εργαλείο εξυπηρετεί στη δημιουργία / δόμηση της βάσης δεδομένων όπου αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες / δεδομένα του δικτύου.

Η Εικόνα 9 παρουσιάζει το μοντέλο του πιλοτικού δικτύου μετά τη χρήση του "PostGISStoEPANET". Σε αυτή τη φάση έχουν δημιουργηθεί όλες οι απαραίτητες στρωματοποιήσεις (Εικόνα 10) για επίτευξη μίας πλήρους ενημέρωση του QGIS μοντέλου.



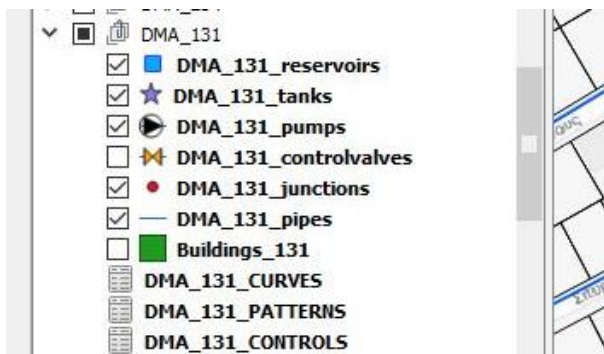
Εικόνα 8: Το QGIS εργαλείο "POSTGIS - to - EPANET" (KIOS CoE)



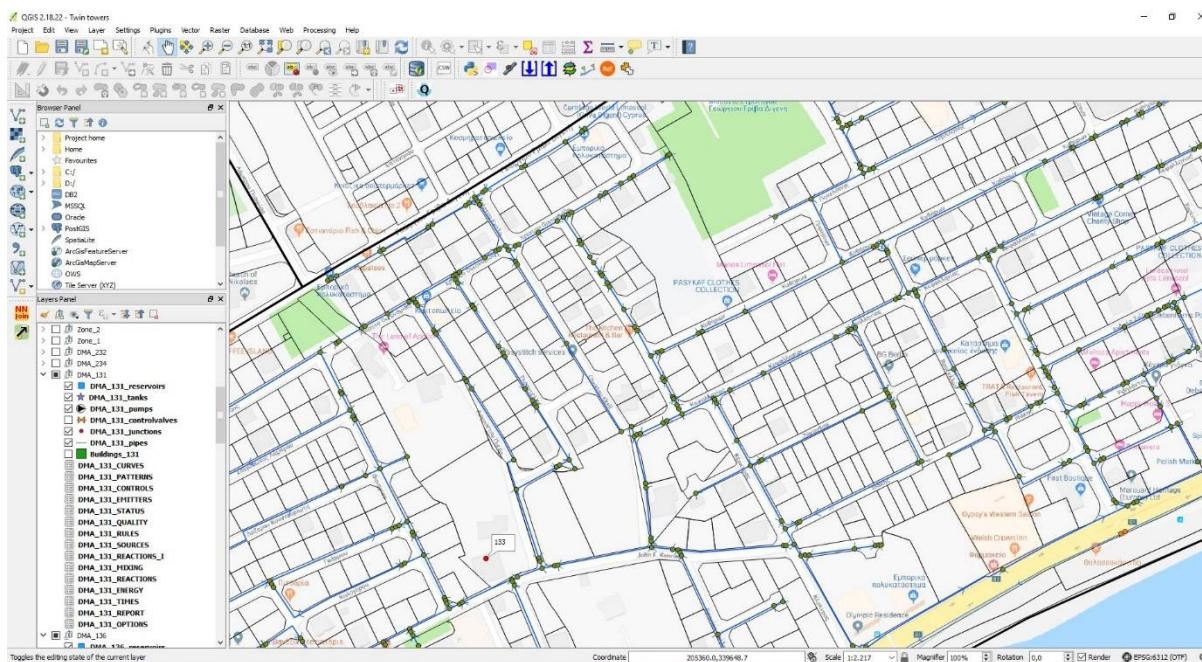
Εικόνα 9: Το ολοκληρωμένο QGIS μοντέλο των υπό μελέτη δικτύων του ΣΥΛΕ

Η Εικόνα 11 παρουσιάζει το επίπεδο λεπτομέρειας που μπορεί να προσφέρει ένα GIS λογισμικό. Μέσω του GIS, ο διαχειριστής του μοντέλου έχει τη δυνατότητα να εστιάσει σε όλο το εύρος του δικτύου, για να παρουσιάσει / ελέγξει / μελετήσει δεδομένα οποιουδήποτε τμήματος, ακόμα και σε επίπεδο καταναλωτή. Η χρησιμότητα της δημιουργίας ενός GIS μοντέλου και της ανάπτυξης βάσης δεδομένων για το δίκτυο είναι

τεράστια. Ένα τέτοιο μοντέλο αποτελεί πολύτιμο εργαλείο παροχής άμεσων πληροφοριών / αναλύσεων για το διαχειριστή του δικτύου. Για παράδειγμα, μπορεί να έχει άμεσα στη διάθεση του στοιχεία που σχετίζονται με το μήκος των σωλήνων με βάση το υλικό και τη διάμετρο τους (Πίνακας Π1 / Παράρτημα).



Εικόνα 10: Ολοκληρωμένη στρωματοποίηση των διαφορετικών μερών / εξαρτημάτων της υποδομής του δικτύου DMA 131



Εικόνα 11: Λεπτομέρεια σε επίπεδο δρόμου στο δίκτυο του DMA133

4 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

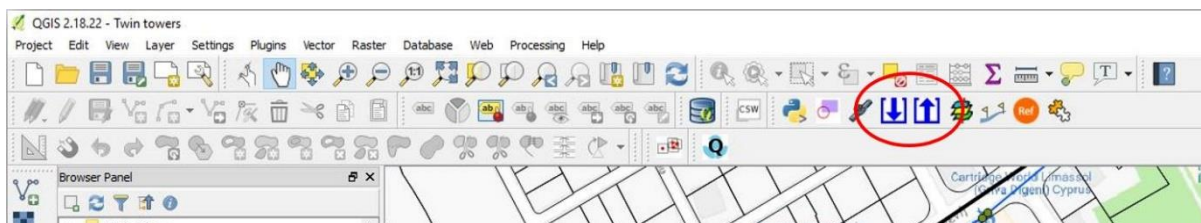
4.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΣΥΛΕ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων και η ολοκλήρωση του QGIS μοντέλου για τα υπό μελέτη DMAs του ΣΥΛΕ. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί τη διαδικασία δημιουργίας και η ανάπτυξης των υδραυλικών μοντέλων για τις συγκεκριμένες περιοχές.

Αφού αποπερατωθεί το πλήρες QGIS μοντέλο, μπορεί να υλοποιηθεί ανώδυνα η μεταφορά του στο λογισμικό EPANET χρησιμοποιώντας το QGIS add-on "ImportEpanetInpFiles". Το συγκεκριμένο εργαλείο έχει αναπτυχθεί από το KIOS CoE για να απλοποιήσει τη δημιουργία των υδραυλικών μοντέλων. Έχοντας ένα πλήρη ενημερωμένο QGIS μοντέλο και επιλέγοντας το "Export" του add-on δημιουργείται αυτόματα το .INP file του μοντέλου, το οποίο μπορεί να εισαχθεί στο EPANET για τις υδραυλικές προσομοιώσεις / αναλύσεις του δικτύου. Το μοντέλο θα έχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν ένα υδραυλικό μοντέλο, με απαραίτητη προϋπόθεση οι πληροφορίες αυτές να ήταν ορθά αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων του QGIS που έχει δημιουργηθεί.

Σημείωση: Το QGIS add-on "ImportEpanetInpFiles" έχει τη δυνατότητα να διεξάγει την αντίστροφη δράση, δηλαδή να εισάγει / επικαιροποιεί δεδομένα στη βάση δεδομένων από το υδραυλικό μοντέλο. Αυτή η δυνατότητα του εργαλείου είναι πολύ χρήσιμη καθώς ο χρήστης ενημερώνει αυτόματα τη βάση δεδομένων και το QGIS μοντέλο για τις όποιες αλλαγές πραγματοποιήσει στα χαρακτηριστικά / ιδιότητες του δικτύου κατά τη διάρκεια των υδραυλικών αναλύσεων / προσομοιώσεων. Επιπλέον, το συγκεκριμένο add-on είναι πολύ χρήσιμο και στις περιπτώσεις όπου είναι διαθέσιμο το EPANET μοντέλο αλλά όχι το αντίστοιχο QGIS. Η μόνη ενέργεια που χρειάζεται εκ μέρους του διαχειριστή είναι η δόμηση της βάσης δεδομένων του δικτύου στο QGIS. Αφού ολοκληρωθεί η βάση δεδομένων και επιλέγοντας το "Import" του add-on δημιουργείται αυτόματα το QGIS μοντέλο, το οποίο θα περιέχει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες του υδραυλικού μοντέλου. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση μοντελοποίησης της πιλοτικής περιοχής του ΤΑΥ.

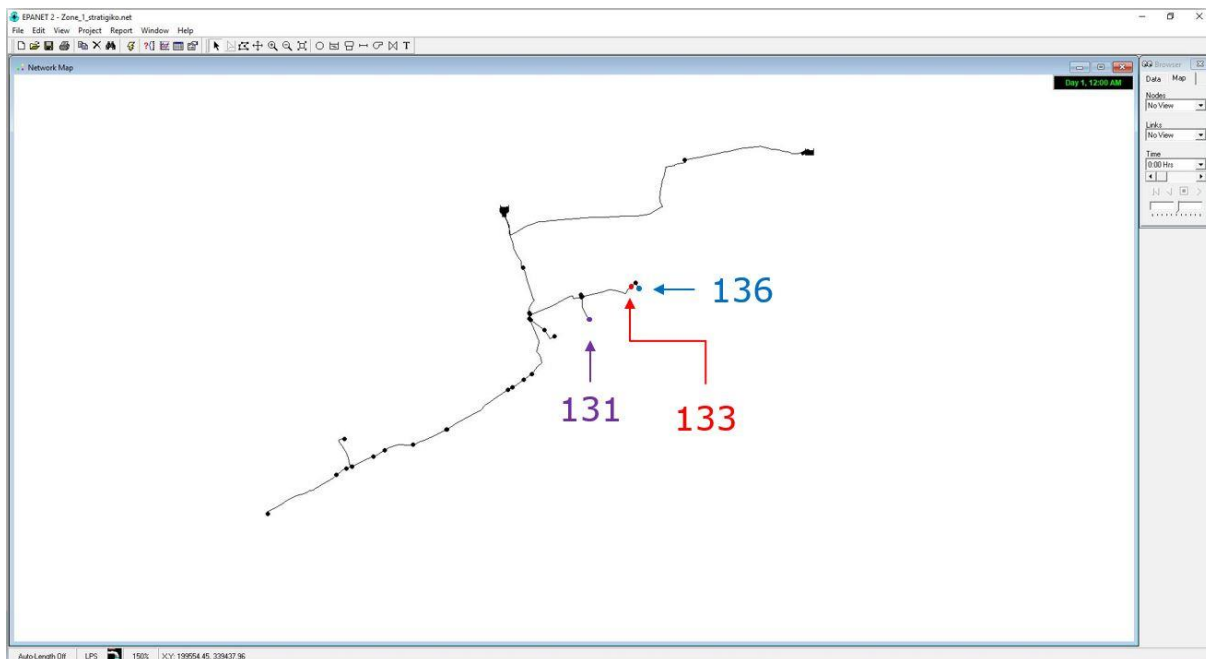
Η Εικόνα 12 (κόκκινος κύκλος) παρουσιάζει τα εικονίδια του QGIS add-on "ImportEpanetInpFiles"



Εικόνα 12: "ImportEpanetInpFiles" add-on

Όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω τα DMAs τροφοδοτούνται από τον κεντρικό αγωγό της Ζώνης 1. Άρα, για να είναι ρεαλιστική η προσομοίωση των παραμέτρων στην αρχή του κάθε υπό δικτύου θα πρέπει να υπάρξει ανάλυση των συνθηκών που επικρατούν στα συγκεκριμένα σημεία. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να προηγηθεί η εκτέλεση υδραυλικής ανάλυσης για τον κεντρικό αγωγό, η οποία θα καταδείξει τις παραμέτρους του συστήματος στα σημεία ένωσης του με τα διάφορα DMAs της Ζώνης 1. Επίσης, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η ορθολογιστική μεθοδολογία δημιουργίας του υδραυλικού συστήματος ενός δικτύου, προϋποθέτει ξεχωριστή μελέτη για κάθε ένα από τα απομονωμένο τμήματα του. Δηλαδή θα πρέπει να αναπτυχθεί ξεχωριστό υδραυλικό μοντέλο για τα διαφορετικά DMAs.

Οι εικόνες (Εικόνα 13 – Εικόνα 16) που ακολουθούν παρουσιάζουν το "στρατηγικό" δίκτυο μεταφοράς νερού στις Ζώνη 1 και τα μοντέλα των υπό μελέτη δικτύων, όπως αυτά έχουν εισαχθεί στο EPANET χρησιμοποιώντας το εργαλείο QGIS add-on "ImportEpanetInpFiles".

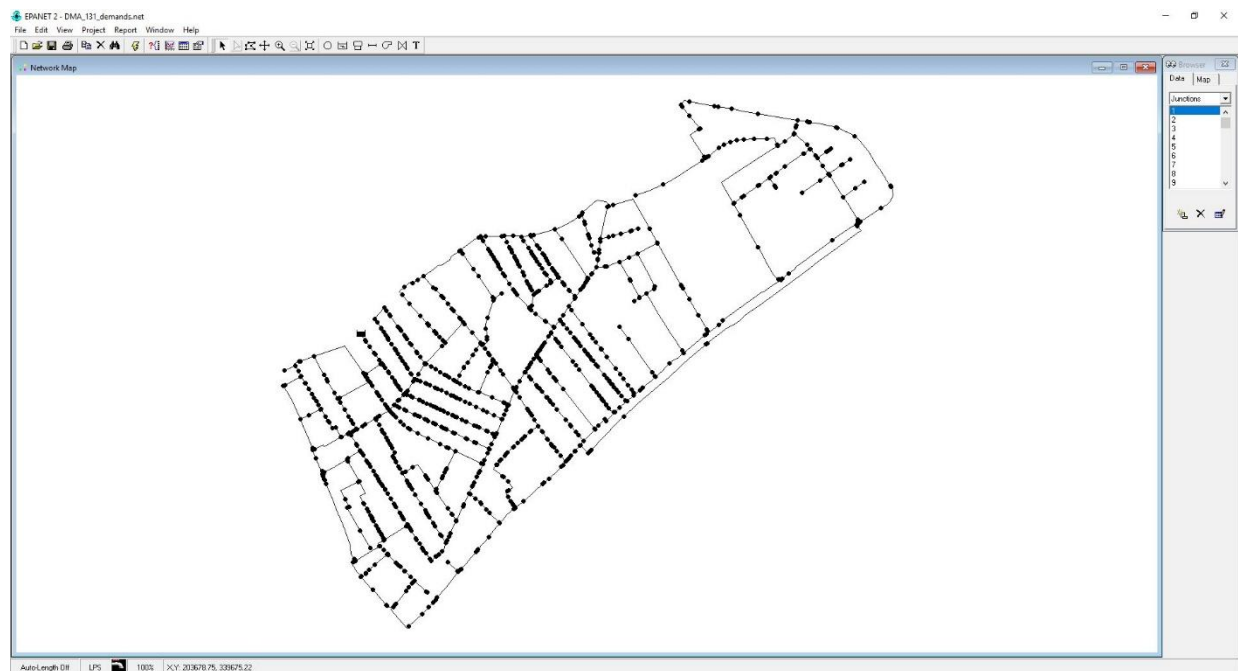


Εικόνα 13: Υδραυλικό μοντέλο EPANET του "στρατηγικού" δικτύου μεταφοράς νερού για τη Ζώνη 1

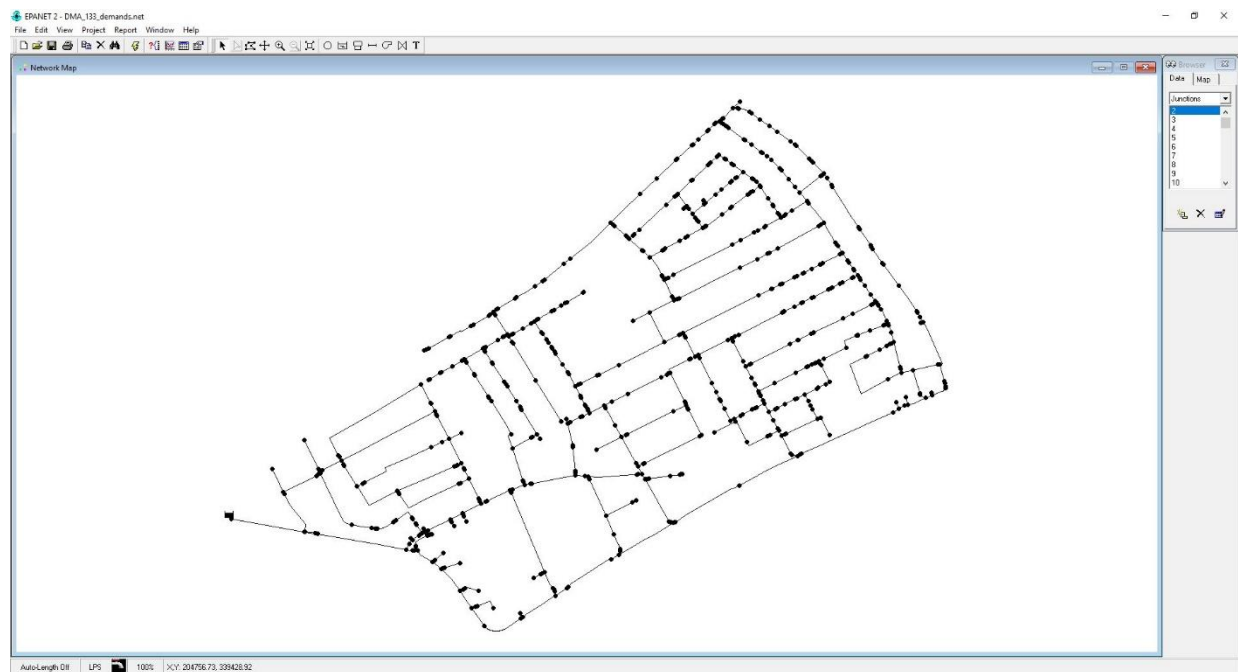
Κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης των τριών DMAs εντοπίστηκαν σφάλματα στο αρχικό αρχείο CAD, το οποίο είχε παραχωρηθεί από τον διαχειριστή του δικτύου. Σε συνεργασία με το ΣΥΛ, όλα τα λάθη και παραλείψεις που υπήρχαν διορθώθηκαν κατά τη διαδικασία δημιουργίας των αρχείων QGIS και EPANET.

Το τελευταίο βήμα της δραστηριότητας που καλύπτεται από το συγκεκριμένο παραδοτέο ήταν η οριστικοποίηση / ολοκλήρωση των υδραυλικών μοντέλων καθώς και οι προκαταρκτικές αναλύσεις τους. Μέσω της αρχικής ανάλυσης των υδραυλικών μοντέλων εντοπίστηκαν θέματα με τις ρυθμίσεις λειτουργίας των δικτύων, οι οποίες διορθώθηκαν και αυτές σε συνεργασία με το ΣΥΛ. Ο απώτερος στόχος ήταν τα

ανεπτυγμένα υδραυλικά μοντέλα να είναι σε θέση να προσομοιώνουν με μεγάλη ακρίβεια τον τρόπο λειτουργίας των αντίστοιχων φυσικών δικτύων.

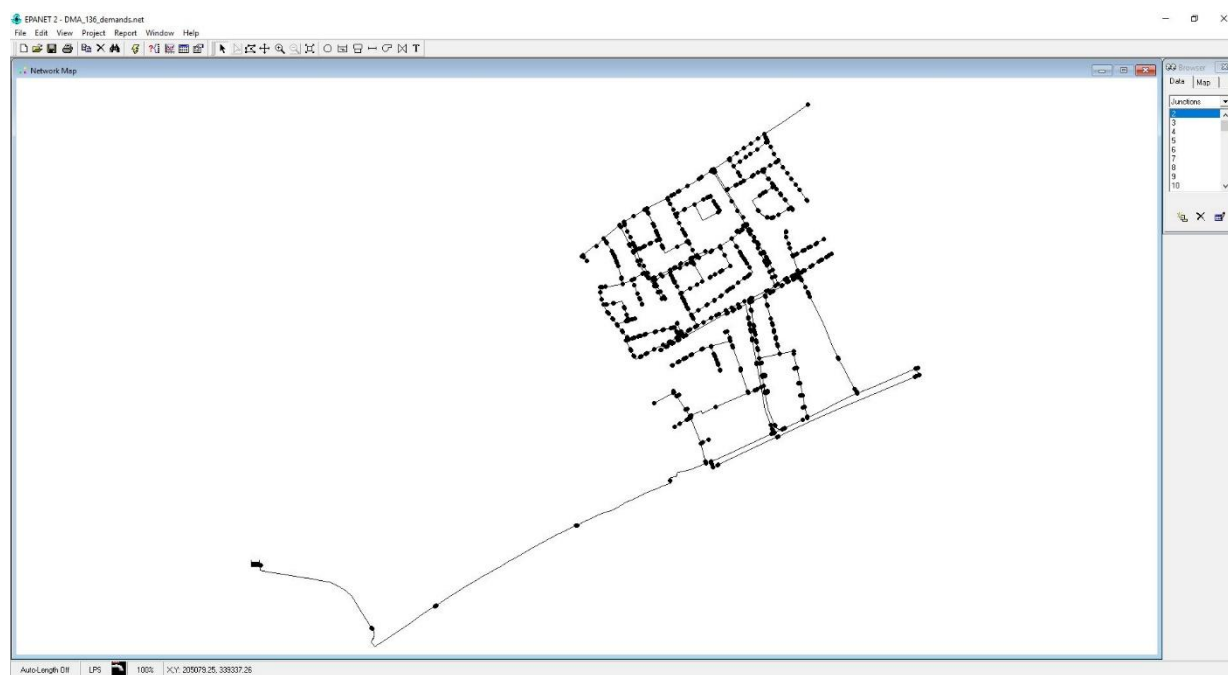


Εικόνα 14: Υδραυλικό μοντέλο EPANET για το DMA 131

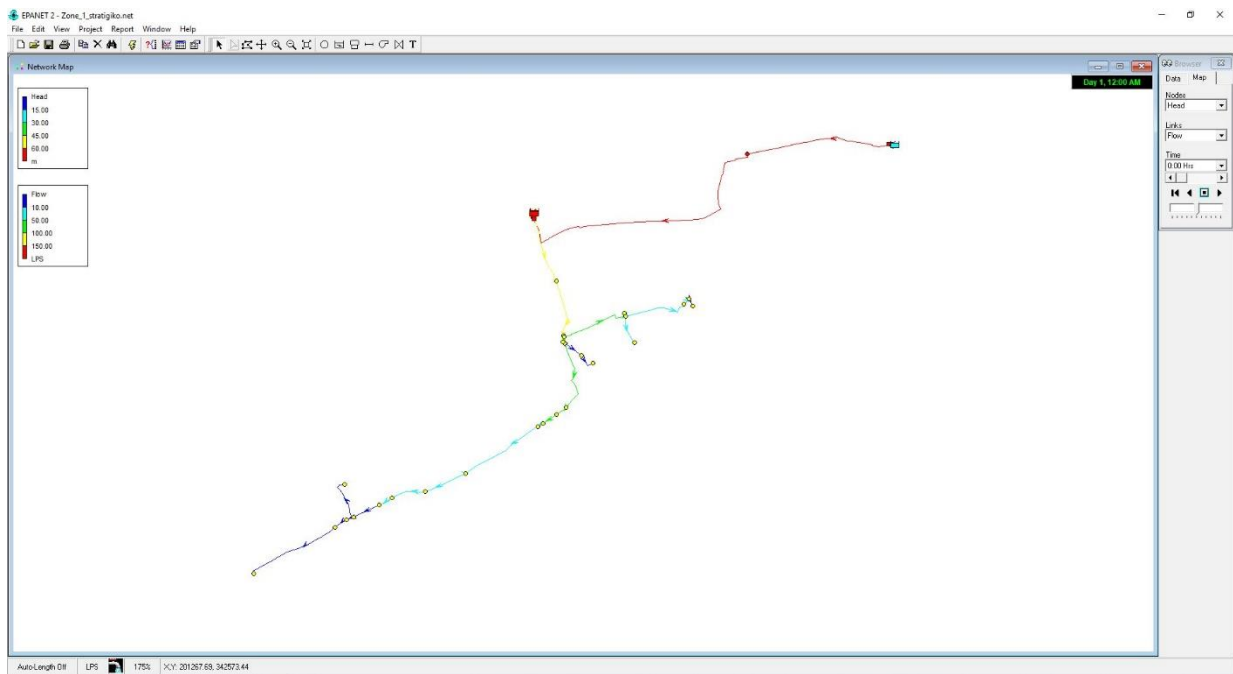


Εικόνα 15: Υδραυλικό μοντέλο EPANET για το DMA 133

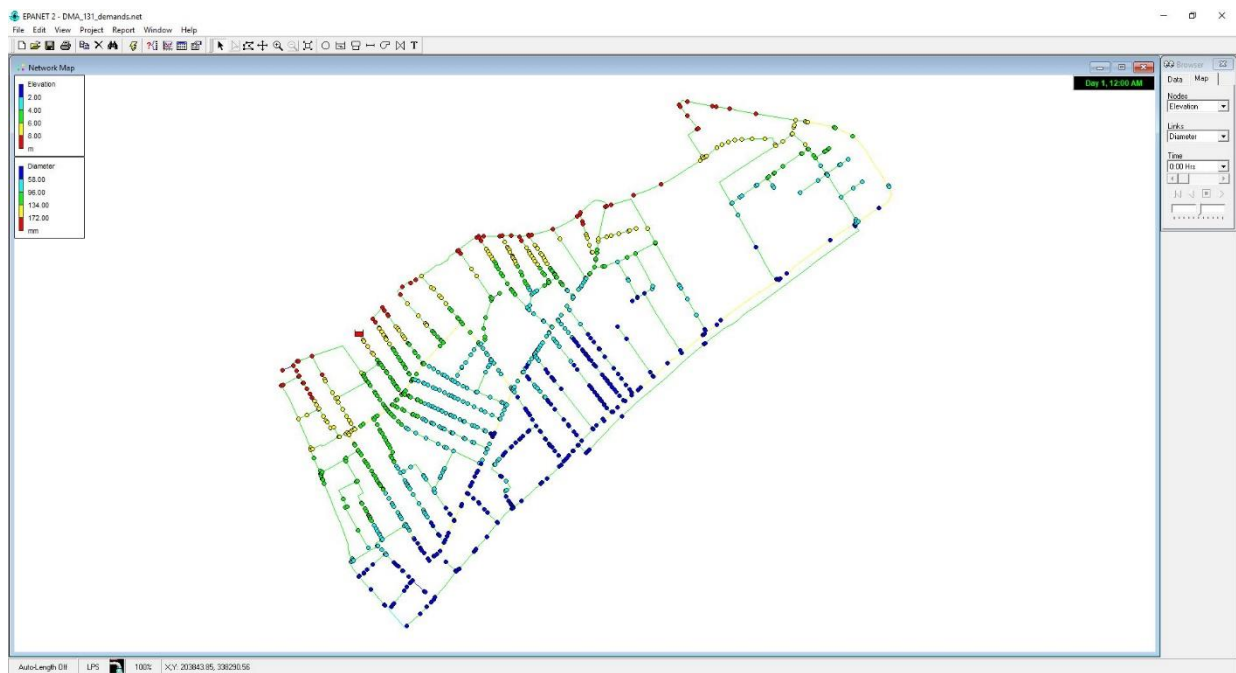
Τα αναπτυγμένα υδραυλικά μοντέλα για τα υπό μελέτη DMAs (Εικόνα 17 - Εικόνα 20) είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν από τους διαχειριστές του δικτύου για την προσομοίωση διάφορων σεναρίων, ώστε να εντοπιστούν τα ακριβή σημεία στο δίκτυο όπου θα τοποθετηθούν αισθητήρες (στα πλαίσια της συγκεκριμένης ερευνητικής πρότασης) για παρακολούθηση της λειτουργίας του. Επιπλέον, τα συγκεκριμένα μοντέλα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενίσχυση της διαχείρισης του υπό μελέτη δικτύου.



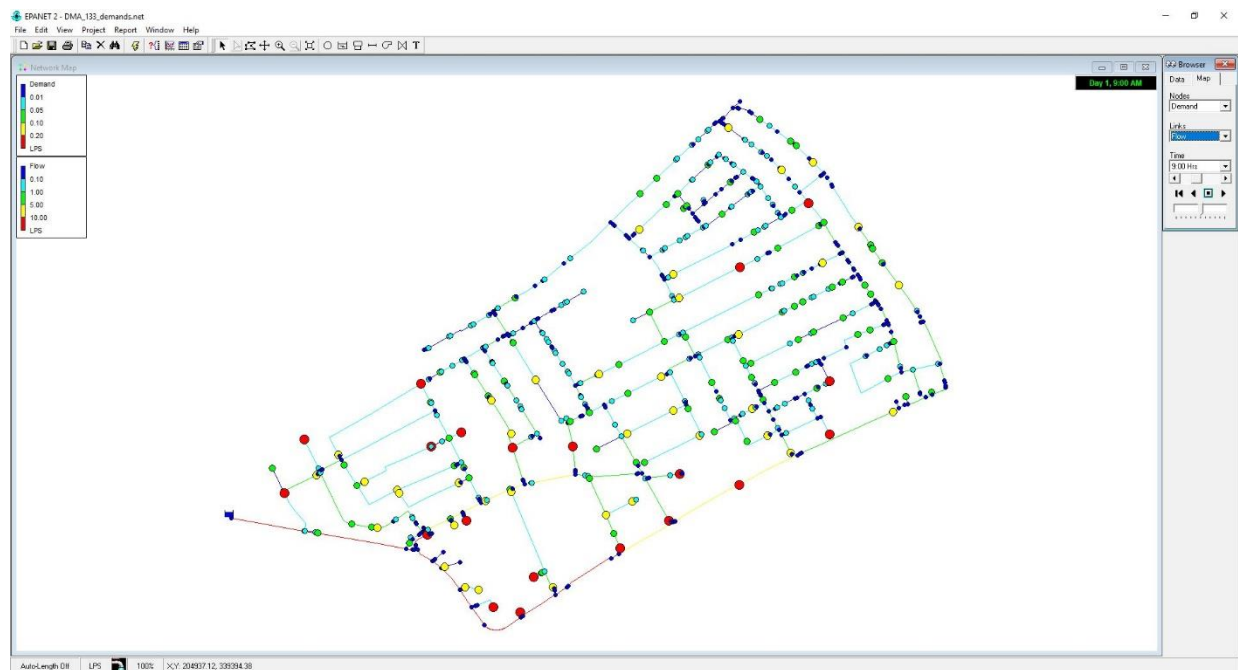
Εικόνα 16: Υδραυλικό μοντέλο EPANET για το DMA 136



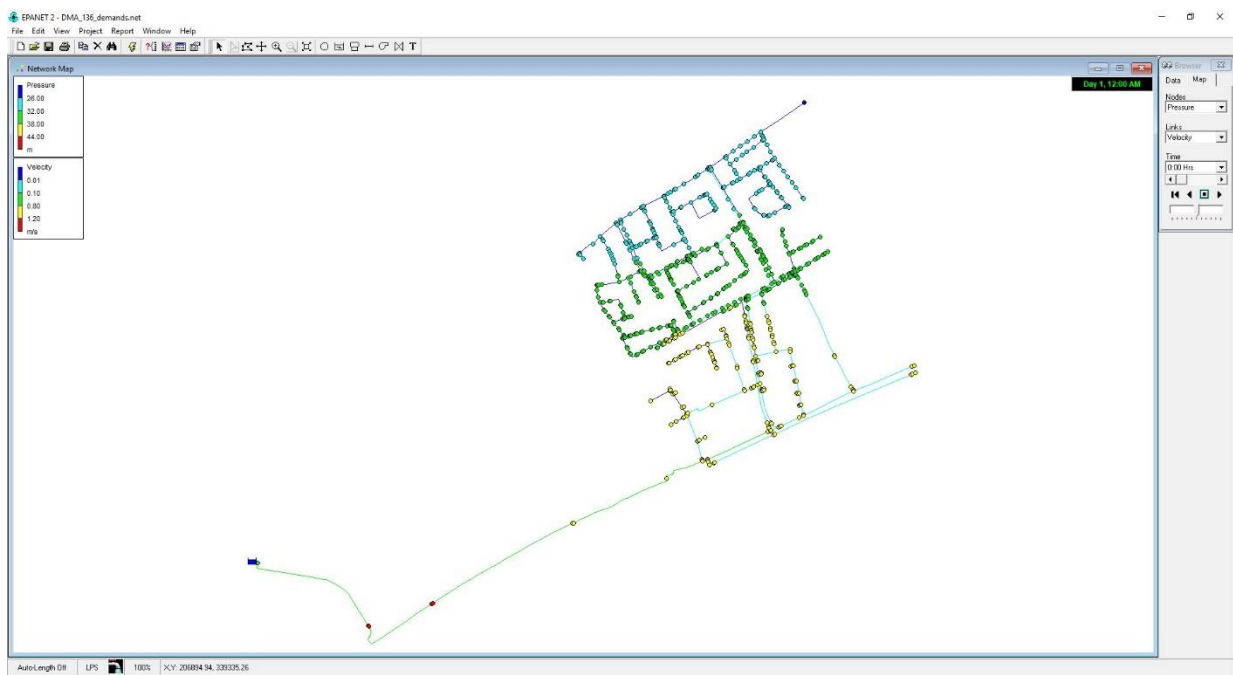
Εικόνα 17: Προβολή Ροής – Πίεσης υδραυλικού μοντέλου για το "στρατηγικό" δίκτυο μεταφοράς νερού της Ζώνης 1



Εικόνα 18: Προβολή Υψομέτρου – Διαμέτρου υδραυλικού μοντέλου για το DMA 131



Εικόνα 19: Προβολή Ζήτησης – Ροής υδραυλικού μοντέλου για το DMA 133

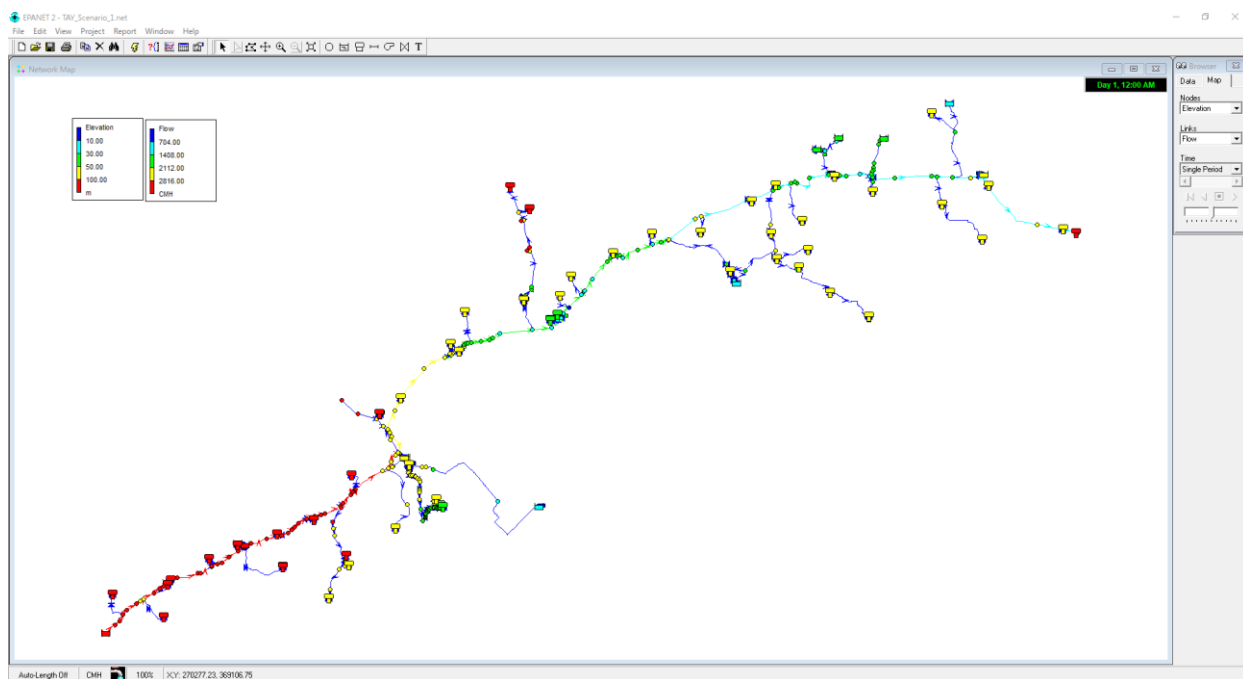


Εικόνα 20: Προβολή Πίεσης – Ταχύτητας υδραυλικού μοντέλου για το DMA 136

4.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΑΥ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί τη διαδικασία δημιουργίας και η ανάπτυξης των υδραυλικών μοντέλων για την συγκεκριμένη περιοχή του ΤΑΥ. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η ίδια με το 4.1. Επομένως, αφού αποπερατωθεί το πλήρες QGIS μοντέλο, μπορεί να υλοποιηθεί ανώδυνα η μεταφορά του στο λογισμικό EPANET χρησιμοποιώντας το QGIS add-on "ImportEpanetInpFiles". Το συγκεκριμένο εργαλείο έχει αναπτυχθεί από το KIOS CoE για να απλοποιήσει τη δημιουργία των υδραυλικών μοντέλων. Έχοντας ένα πλήρη ενημερωμένο QGIS μοντέλο και επιλέγοντας το "Export" του add-on δημιουργείται αυτόματα το .INP file του μοντέλου, το οποίο μπορεί να εισαχθεί στο EPANET για τις υδραυλικές προσομοιώσεις / αναλύσεις του δικτύου. Το μοντέλο θα έχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν ένα υδραυλικό μοντέλο, με απαραίτητη προϋπόθεση οι πληροφορίες αυτές να ήταν ορθά αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων του QGIS που έχει δημιουργηθεί.

Αρχικά, έγιναν κάποιες τροποποιήσεις στο δίκτυο μέσω του QGIS και EPANET ώστε να είναι σωστή η συνδεσμολογία, η τοπολογία (node elevations) όπως επίσης και επαναδιαστασιολόγηση των σωληνώσεων. Μέσω των ενδείξεων των μετρητών υπολογίστηκε η κατανάλωση/προμήθεια νερού σε κάθε δεξαμενή (κυβικά ανά ώρα - m³/h). Με τη χρήση βαλβίδων πριν την είσοδο της κάθε δεξαμενής προσομοιώθηκε η αντίστοιχη προμήθεια νερού. Η διαδικασία αυτή έγινε για τη περιοχή του Smartwater2020 αλλά και για ολόκληρο το δίκτυο και εφαρμόστηκαν διάφορα σενάρια υδροδότησης.



Εικόνα 21: Προβολή Ροής – Πίεσης υδραυλικού μοντέλου για το "στρατηγικό" δίκτυο μεταφοράς νερού.

5 LEAKDB: ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΕΡΟΥ

Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες των υδραυλικών αισθητήρων και στα συστήματα ηλεκτρονικής συλλογής δεδομένων επιτρέπουν στις εταιρείες παροχής νερού να αναπτύξουν μεγαλύτερο αριθμό συσκευών ανίχνευσης πίεσης και ροής μέσα στα συστήματά τους. Ως αποτέλεσμα, συλλέγεται ένας μεγάλος όγκος δεδομένων συνεχούς ροής, χρονοσειρές, που αντιπροσωπεύει την υδραυλική κατάσταση. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για εκθέσεις προόδου από τους φορείς εκμετάλλευσης των υδάτων. Εκτός από την αναφορά, αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση συμβάντων, όπως σπασίματα σωλήνων και διαρροές. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με επιτόπου έλεγχο στις διάφορες περιοχές που μπορεί να παρατηρήθηκαν περίεργες αυξομειώσεις κατανάλωσης του νερού. Στη βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί τα προηγούμενα χρόνια προηγμένοι αλγόριθμοι ανίχνευσης σφαλμάτων και βλαβών, οι οποίοι είναι δυνητικά πιο διακριτικοί μεταξύ πραγματικών γεγονότων και λανθασμένων συναγερμών, τυπικά συγκρίνοντας τις μετρήσεις των αισθητήρων με κάποιο μοντέλο. Στην πράξη, αυτοί οι αλγόριθμοι πρέπει να εκπαιδεύονται και να αξιολογούνται σε μεγάλους όγκους δεδομένων. Ωστόσο, οι ερευνητές που αναπτύσσουν αλγόριθμους ανίχνευσης διαρροών και διάγνωσης, ενδέχεται να έχουν περιορισμένη πρόσβαση σε πραγματικά σύνολα δεδομένων που προέρχονται από βιομηχανικούς εταίρους, καθώς αυτά μπορεί να θεωρηθούν ως εμπιστευτικά. Ως αποτέλεσμα, είναι δύσκολο για τους ερευνητές να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν τις μεθοδολογίες τους για τη διάγνωση σφαλμάτων σε ρεαλιστικά συστήματα διανομής νερού.

Επί του παρόντος, δεν υπάρχει ευρέως προσβάσιμη βάση δεδομένων πραγματικών ή ρεαλιστικών σεναρίων διαρροής, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως κοινό σημείο αναφοράς για τη σύγκριση διαφορετικών αλγορίθμων, καθώς και για την υποστήριξη της έρευνας. Μια τέτοια βάση δεδομένων θα πρέπει να περιέχει πολλαπλά σενάρια και δίκτυα υπό διαφορετικές συνθήκες, για την παροχή αντικειμενικής αξιολόγησης των αλγορίθμων διάγνωσης σφαλμάτων. Η έρευνα Vrachimis et al. (2018) προτείνει μια βάση δεδομένων με την ονομασία Leakage Diagnosis Benchmark (LeakDB), που αποτελείται από ένα σύνολο ρεαλιστικών σεναρίων για διαρροές. Συγκεκριμένα, αυτή η βάση δεδομένων αποτελείται από μεγάλο αριθμό τεχνητά δημιουργούμενων αλλά ρεαλιστικών σεναρίων διαρροής σε διαφορετικά δίκτυα διανομής νερού υπό διαφορετικές συνθήκες. Στη έρευνα Vrachimis et al. (2018) αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος βαθμολόγησης στο MATLAB για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαφορετικών αλγορίθμων χρησιμοποιώντας διάφορες μετρήσεις. Η χρήση της βάσης δεδομένων LeakDB, αναδεικνύεται με τη βαθμολόγηση τεσσάρων αλγορίθμων ανίχνευσης. Η βάση δεδομένων αυτή θα βρίσκεται σε χώρο ανοικτής πρόσβασης και θα ενημερώνεται διαρκώς με νέα σενάρια προσομοίωσης. Τέλος σε ανοικτή πρόσβαση θα είναι και ο κώδικας που αφορά τη βάση δεδομένων καθώς και όλοι οι αλγόριθμοι ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται στο LeakDB.

Η βάση δεδομένων LeakDB, δημιουργήθηκε με τη χρήση του εργαλείου Water Network Tool for Resilience (WNTR), το οποίο είναι ένα πακέτο ανοικτής πρόσβασης Python που σχεδιάστηκε για να βοηθά τους φορείς εκμετάλλευσης υδάτων να διερευνήσουν την ανθεκτικότητα των συστημάτων διανομής νερού σε κινδύνους (Klise et al. 2014).

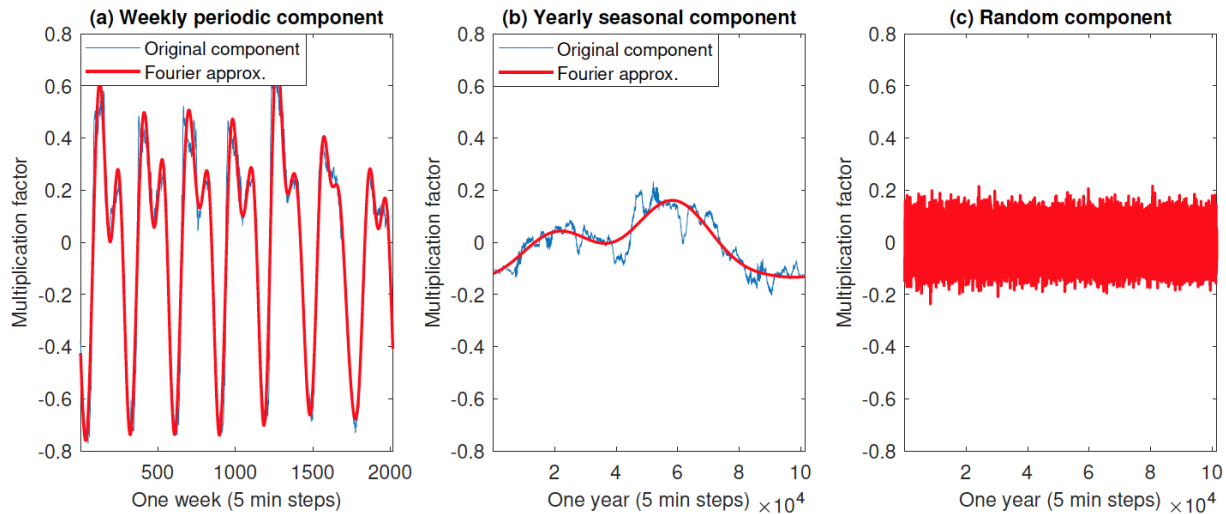
Τα δίκτυα στη βάση δεδομένων LeakDB, επιλέχθηκαν προσεκτικά ώστε να έχουν πολλαπλά ποικίλα χαρακτηριστικά όσον αφορά το μέγεθος, την τοπολογία και τους τύπους στοιχείων που περιέχουν. Η μεταβολή του μεγέθους του δικτύου, δηλ. ο αριθμός των κόμβων και των συνδέσμων, καταδεικνύει τις δυνατότητες του αλγορίθμου. Τα δίκτυα με διαφορετικό αριθμό δεξαμενών αποκαλύπτουν την ικανότητα των αλγορίθμων ανίχνευσης να αντιμετωπίζουν τα δυναμικά συστήματα. Επίσης, λαμβάνεται υπόψη η τοπολογία, δηλαδή πως επηρεάζεται η διάγνωση διαρροών με τους βρόχους που υπάρχουν σε ένα δίκτυο. Αυτό ορίζεται, με τον υπολογισμό του circuit rank του δικτύου, το οποίο στη συνέχεια κανονικοποιείται από το circuit rank του ίδιου δικτύου εάν ήταν πλήρως συνδεδεμένο. Η μέτρηση που προκύπτει ορίζεται ως Loop ratio, το οποίο έχει μηδενική τιμή όταν δεν υπάρχουν βρόχοι στο δίκτυο, ενώ είναι ίσος με έναν στην περίπτωση ενός πλήρους συνδεδεμένου βρόχου. Ένας πίνακας με τα χαρακτηριστικά των δικτύων αναφοράς παρέχεται μέσα στο LeakDB.

Τα μοντέλα των δικτύων που χρησιμοποιούνται στο LeakDB παρέχονται με τη μορφή EPANET file. Στα διάφορα σενάρια του LeakDB, υπάρχει ποικιλία στα μοντέλα αυτά, όσον αφορά τις παραμέτρους του μοντέλου, εισάγοντας έτσι model uncertainty. Αυτές οι παράμετροι είναι το μήκος, η διάμετρος και η τραχύτητα του σωλήνα, οι καμπύλες των αντλιών και οι ρυθμίσεις και οι διαστάσεις των δεξαμενών, οι οποίες κυμαίνονταν μεταξύ $\pm\mu\%$ της αρχικής τους τιμής. Σε αυτό το έργο, το εύρος αυτό καθορίστηκε να είναι $\mu=25\%$. Οι αβεβαιότητες θεωρούνται οριοθετημένες και τα όρια αυτά παρέχονται στο LeakDB με τη μορφή ποσοστού σε σχέση με το επιλεγόμενο μοντέλο. Η τοπολογική αβεβαιότητα εισάγεται με τη μορφή άγνωστων ρυθμίσεων βαλβίδων, δηλαδή σε κάθε σενάριο η αρχική κατάσταση των σωλήνων η (κλειστή ή ανοικτή) ποικίλλει τυχαία σε σχέση με το επιλεγόμενο μοντέλο. Το τροποποιημένο μοντέλο του δικτύου για κάθε σενάριο παρέχεται επίσης στο LeakDB.

Οι συνθήκες φόρτωσης του δικτύου μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση των αλγορίθμων, έτσι εξετάζονται διαφορετικά σενάρια κατανάλωσης στους κόμβους του δικτύου. Οι καταναλώσεις δημιουργούνται τεχνητά βάσει πραγματικών ιστορικών δεδομένων από φορείς εκμετάλλευσης υδάτων, οι οποίες βασίζονται σε τρία ήδη συλλογής σημάτων: (α) εβδομαδιαίας περιοδικής μεταβολής, (β) ετήσιας εποχιακής μεταβολής και (γ) τυχαίας μεταβολής (Eliades & Polycarpou 2012). Η εβδομαδιαία περιοδική μεταβολή περιγράφει την διακύμανση των σημάτων κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια μίας εβδομάδας και εξαρτάται από διάφορα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των καταναλωτών. Η ετήσια εποχιακή μεταβολή περιγράφει τη μεταβολή της κατανάλωσης νερού ως αποτέλεσμα της εποχικότητας εντός ενός έτους. Η τυχαία μεταβολή λαμβάνει υπόψη της υψηλής συχνότητας μεταβολές, οι οποίες μπορεί να

οφείλονται σε απρόβλεπτες απαιτήσεις των καταναλωτών, μεταβατικές αλλαγές, επισκευές και άλλες δραστηριότητες δικτύου. Όλα τα στοιχεία κανονικοποιούνται γύρω από μηδενικό μέσο όρο στην περιοχή $[-1, 1]$. Οι μακροπρόθεσμες τάσεις δεν εξετάζονται στη δημιουργία ζήτησης, καθώς κάθε σενάριο εκτείνεται σε ένα έτος.

Η δημιουργία μοναδικών σημάτων κατανάλωσης βασίζονται σε δεδομένα πραγματικού χρόνου και σε multiplicative formulation [8]. Οι δύο βασικές περιοδικές μεταβολές προσεγγίζονται με τη χρήση της σειράς Fourier (FS), όπως φαίνεται στην Εικόνα 22. Για την εβδομαδιαία περιοδική μεταβολή (α), χρησιμοποιείται μια προσέγγιση της 20ης τάξης FS με περίοδο μιας εβδομάδας. Για την ετήσια εποχιακή μεταβολή (β), χρησιμοποιείται προσέγγιση 3ης τάξης FS με περίοδο ενός έτους. Για να δημιουργηθούν μοναδικά μοτίβα ζήτησης που μοιάζουν επίσης με τα αρχικά πραγματικά μοντέλα, οι υπολογισμένοι συντελεστές FS τυγχάνουν τυχαίας εκτίμησης σε μια περιοχή $\pm 5\%$ της αρχικής τους τιμής, όπου σε αυτή τη $\delta = 10\%$. Η προκύπτουσα εβδομαδιαία περιοδική και ετήσια εποχιακή μεταβολή για κάθε κόμβο υποδεικνύονται από C_w και C_y αντιστοίχως. Το μοναδικό τυχαίο συστατικό C_r δημιουργείται δημιουργώντας μεταβλητές με κανονική κατανομή γύρω από έναν μηδενικό μέσο και τυπική απόκλιση ίση με $\varepsilon = 0.33$. Συμπληρωματικά, η μέση κατανάλωση β υπολογίζεται τυχαία γύρω από μια κατάλληλη τιμή μέσης κατανάλωσης συγκεκριμένη για κάθε δίκτυο. Τέλος, το μοναδικό μοτίβο ζήτησης d για κάθε κόμβο παράγεται από πολλαπλάσια όλων των στοιχείων ως εξής: $d = \beta(C_w + 1)(C_y + 1)(C_r + 1)$. Οι προσομοιωμένες απαιτήσεις σε κάθε σενάριο μπορεί να διαφέρουν στο μοτίβο κατανάλωσης, λόγω της χρήσης pressure-driven solver. Όλα τα σενάρια εξασφαλίζουν ότι το δίκτυο λειτουργεί κανονικά, λαμβάνοντας υπόψη τις ελάχιστες απαιτήσεις πίεσης.



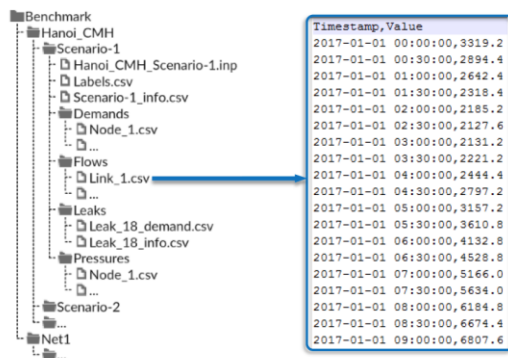
Εικόνα 22: Δεδομένα κατανάλωσης για την κατασκευή τεχνικών χρονοσειρών.

Οι διαρροές θεωρούνται ο μόνος τύπος σφάλματος που μπορεί να συμβεί στα σενάρια του LeakDB. Αυτά προσομοιώνονται σε κόμβους δικτύου και σε κάθε σενάριο επιλέγεται τυχαία η θέση, ο χρόνος έναρξης, η

ώρα λήξης και ο αριθμός των διαρροών. Το μέγεθος διαρροής ποικίλλει λόγω της ανάθεσης τυχαίας διαμέτρου οπής διαρροής ϕ , η οποία σε αυτή την εργασία μεταβλήθηκε έτσι ώστε $\phi \in [2cm - 20cm]$, καθώς και λόγω της πίεσης στη θέση διαρροής. Κάθε διαρροή αποδίδεται επίσης σε ένα χρονικό προφίλ, χαρακτηρίζοντάς τις ως απότομες διαρροές ή αρχικές διαρροές. Οι αρχικές διαρροές αυξάνονται σταδιακά και είναι πιο δύσκολο να ανιχνευθούν από πολλούς αλγορίθμους που χρησιμοποιούν προηγούμενη συμπεριφορά σε απλές ανωμαλίες στα δεδομένα, καθώς θεωρούν ότι μια νέα συμπεριφορά μπορεί να είναι ανώμαλη στην αρχή, αλλά παύει να είναι ανωμαλία εάν επιμένει. δηλ. δημιουργείται ένα νέο κανονικό μοτίβο. Όλες οι πληροφορίες σχετικά με τις διαρροές που εμφανίζονται σε κάθε σενάριο περιλαμβάνονται στο LeakDB.

Το LeakDB διαιρεί τα προσομοιωμένα σενάρια κάθε δικτύου σε διαφορετικούς καταλόγους, έτσι ώστε να μπορούν να εκτελεστούν αξιολογήσεις αλγορίθμου του συγκεκριμένου δικτύου. Κάθε Network Directory περιέχει n_{sc} αριθμό σεναρίων (π.χ. 500 σενάρια), με διαφορετικό αριθμό διαρροών (ή χωρίς συμβάντα). Σε κάθε Scenario Directory, το τροποποιημένο δίκτυο που χρησιμοποιείται, παρέχεται στη μορφή EPANET «INP». Επιπλέον, για κάθε σενάριο που ζητά ο κόμβος, οι πιέσεις των κόμβων, οι ροές συνδέσμων και η ροή διαρροών και οι πληροφορίες παρέχονται σε αρχεία δεδομένων «CSV». Κάθε αρχείο δεδομένων έχει την ίδια δομή, η οποία περιέχει τη στήλη "Στήλη χρόνου" (YYYY-MM-DD hh: mm: ss) και μια στήλη «Value» (πραγματικοί αριθμοί). Η δομή του LeakDB και του αρχείου δεδομένων απεικονίζονται στην εικόνα 23.

Το LeakDB συνοδεύεται από Lable files που υποδεικνύουν σφάλματα σε δυαδικό συμβολισμό. Ένα Lable file σε κάθε Network Directory, περιέχει μεμονωμένα σενάρια που υποδεικνύουν αν περιέχουν κάποιο σφάλμα. Σε κάθε Scenario Directory, ένα Lable file φέρει ετικέτες για κάθε μεμονωμένο βήμα του σεναρίου στο οποίο υπάρχει σφάλμα. Στον φάκελο που περιέχει πληροφορίες διαρροής για κάθε σενάριο, παρέχεται η ώρα έναρξης και λήξης κάθε μεμονωμένης βλάβης, η διάμετρος διαρροής και ο τύπος διαρροής.



Εικόνα 23: Δομή του LeakDB και ένα υπόδειγμα δεδομένων

6 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Το Παραδοτέο 3.5 αφορούσε τη συλλογή δεδομένων λειτουργίας των δικτύων υδροδότησης των εταίρων οργανισμών, τη δημιουργία κατάλληλων βάσεων δεδομένων για χρήση στην ανάπτυξη των υποσυστημάτων, καθώς και ψηφιοποίηση δικτύων, με χρήση εργαλείων GIS και του εξειδικευμένου λογισμικού μοντελοποίησης EPANET. Παρουσιάστηκε η ροή ενεργειών που ακολουθείται και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία / ανάπτυξη / αναβάθμιση / των GIS και υδραυλικών μοντέλων, χρησιμοποιώντας τα CAD αρχεία ενός δικτύου. Η δομή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι εύκολο να αναπαραχθεί χρησιμοποιώντας εργαλεία ανοικτής πηγής και να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε δίκτυο υδροδότησης.

Η συγκεκριμένη διαδικασία εφαρμόστηκε στην πιλοτική περιοχή του ΣΥΛΕ και ΤΑΥ, για την οποία διενεργήθηκε μεταφορά του CAD μοντέλου σε GIS μορφή, δόμηση κατάλληλης βάσης δεδομένων και ανάπτυξη υδραυλικών μοντέλων. Η επιλογή των συγκεκριμένων DMAs για το ΣΥΛΕ(131, 133 και 136) βασίστηκε στη γειτονία τους, το μεγάλο ποσοστό ατιμολόγητου νερού και αριθμό βλαβών που έχουν, τη μεγάλη ηλικία των αγωγών τους και την αδυναμία μείωση της πίεσης σε αυτά καθώς εξυπηρετούν ψηλά κτήρια / αναπτύξεις με μεγάλη κατανάλωση. Η επιλογή της περιοχής του ΤΑΥ βασίζεται στο μεγάλο ποσοστό ατιμολόγητου νερού και αριθμό βλαβών που έχουν, τη μεγάλη ηλικία των αγωγών τους και την αδυναμία αυξομείωσης της πίεσης.

Όπως προβλέπει η συγκεκριμένη ερευνητική πρόταση, το επόμενο βήμα είναι η χρησιμοποίηση των αναπτυγμένων υδραυλικών μοντέλων για την εκτέλεση διάφορων υδραυλικών σεναρίων, ώστε να εντοπιστούν τα ακριβή σημεία στο δίκτυο όπου θα τοποθετηθούν αισθητήρες για βελτίωση και αναβάθμιση της παρακολούθησης του. Γενικά, τα υδραυλικά μοντέλα αποτελούν ουσιαστικό μέρος μιας ευρείας ποικιλίας συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για δίκτυα διανομής πόσιμου νερού. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να ενσωματωθούν σε μια γενική πλατφόρμα η οποία είναι σε θέση να ενσωματώνει δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο, και τις απαραίτητες πληροφορίες για την παραγωγή ρεαλιστικών εκτιμήσεων των ροών και πιέσεων του νερού μέσα στο δίκτυο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1: Μήκη και Διάμετροι σωληνώσεων δικτύων Μουτταγιάκας και Φοινικαριών

Type (W-DP)		250DI	225P	200AC	200P	160P	150AC	125P	110P	100AC	075PE	063PE	050AC	025AC	
Diameter (mm)		250	225	200	200	160	150	125	110	100	75	63	50	25	
Inner Diameter (mm)		250	203.4	200	180.8	144.6	150	113	99.4	100	67.8	55.4	50	25	
Area		Length (m)												Total Length per Area (m)	
DMA131	Length (m)			158.76	22.40	1256.25	1687.32		3147.27	11424.08	93.50	61.97	23.61	28.24	17,903
	Subset (%)			0.89	0.13	7.02	9.42		17.58	63.81	0.52	0.35	0.13	0.16	
DMA133	Length (m)		945.76	865.16			867.45		947.20	11271.54		49.10			14,946
	Subset (%)		6.33	5.79			5.80		6.34	75.41		0.33			
DMA136	Length (m)	15.67	1976.83	1914.61		2290.42	2284.98	28.58	3257.44	2438.32					14,207
	Subset (%)	0.11	13.91	13.48		16.12	16.08	0.20	22.93	17.16					