



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευφυές πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης δεδομένων
δικτύων ύδρευσης

Intelligent management system of water network data

Ευγενία Πέτρου

Εξεταστική Επιτροπή

Καθηγητής Γ.Σταυρακάκης, σχολή ΗΜΜΥ(επιβλέπων)

Καθηγητής Ε.Κουτρούλης, σχολή ΗΜΜΥ

Καθηγητής Σ.Παπαευθυμίου, σχολή ΜΠΔ

Χανιά, Οκτώβριος 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η απειλή της έλλειψης νερού λόγω της κλιματικής αλλαγής και της υπερεκμετάλλευσής του εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι πιο υπαρκτή από ποτέ. Το φλέγον ζήτημα της λειψυδρίας φαίνεται ότι θα απασχολήσει έντονα ολόκληρο τον πλανήτη αλλά και την Ευρώπη, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το νερό αποτελεί αναγκαίο αγαθό για τους ανθρώπους, τα οικοσυστήματα και τη ζωή γενικότερα, επομένως η συνετή χρήση του και η μείωση της σπατάλης του πρέπει να είναι μία από τις κύριες προτεραιότητες όλων των κρατών. Ένας σημαντικός παράγοντας για την αλόγιστη κατανάλωση νερού είναι τα πεπαλαιωμένα δίκτυα ύδρευσης των πόλεων, τα οποία προκαλούν τόσο εμφανείς όσο και αφανείς διαρροές στο δίκτυο διανομής δημιουργώντας δυσλειτουργίες. Επομένως, σε συνδυασμό με την ραγδαία πρόοδο της τεχνολογίας κρίνεται απαραίτητος ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων ύδρευσης των δήμων της Ελλάδας και η χρήση καινοτόμου συστήματος διαχείρισης υδάτων με εντοπισμό διαρροών. Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στην υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου ευφυούς πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης δεδομένων υδάτινων πόρων, που επεξεργάζεται δεδομένα δικτύου ύδρευσης, τα οποία καταγράφονται από εγκατεστημένο τηλεμετρικό δίκτυο ψηφιακών υδρομέτρων και αισθητήρων σε διάφορες τοπολογικές περιοχές. Το λογισμικό αποτελεί μία web-based online εφαρμογή, η οποία συλλέγει δεδομένα, προσομοιώνει υδραυλικά κάθε επιμέρους δίκτυο, με τη χρήση του προγράμματος EPANET και απεικονίζει σε αναλυτικό διαδικτυακό γραφικό περιβάλλον το ψηφιακό δίδυμο(Digital Twin) του πραγματικού δικτύου. Στην ψηφιακή αυτή πλατφόρμα θα παρέχονται σημαντικές πληροφορίες για βασικές παραμέτρους του δικτύου, όπως πιέσεις, ροές αγωγών, καταναλώσεις και εκτιμώμενες διαρροές. Έτσι δίνεται η δυνατότητα άμεσης αλληλεπίδρασης του χρήστη της εφαρμογής με το σύστημα, ώστε να μπορούν να εντοπιστούν πιθανά ευπαθή τμήματα του δικτύου και να αποφευχθούν μελλοντικές βλάβες-αστοχίες. Κατ' επέκταση μειώνονται οι απώλειες νερού και επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση υδατικών πόρων.

ABSTRACT

In recent years, the threat of water shortage due to climate change and overexploitation driven by human activity has become more pronounced than ever. The pressing issue of water shortage appears to be a global concern, particularly during the summer months. Water is an essential resource for people, ecosystems, and life in general, so its prudent use and reduction of waste should be a top priority for all nations. One significant factor contributing to the wasteful consumption of water is the aging water supply networks in cities, which cause both visible and hidden leaks in the distribution network, leading to malfunctions. Therefore, in combination with rapid technological advancements, it is imperative to modernize the water supply systems of Greek municipalities and utilize innovative water management systems with leak detection capabilities. This thesis focuses on the implementation of an integrated smart data management system for water resources. It processes network data recorded by an installed telemetry network of digital water meters and sensors in various topological areas. The software is a web-based online application that collects data, simulates the hydraulics of each individual network using the EPANET program, and displays the digital twin of the actual network in a detailed web-based graphical environment. This digital platform will provide important information on key network parameters such as pressure, flow rates, consumption, and estimated leaks. This allows for direct interaction between the application's user and the system, enabling the identification of potential vulnerable sections of the network and the prevention of future faults and failures. Consequently, water losses are reduced, and water resources are conserved.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τους καθηγητές μου, που με εμπιστεύτηκαν και μου έδωσαν την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, αναπτύσσοντας από το μηδέν την συγκεκριμένη διαδικτυακή εφαρμογή. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με την έμπρακτη βοήθεια τους καθ' όλη τη διάρκεια στην εκπόνηση και επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας μου αλλά και την οικογένεια και τους φίλους μου για την συνεχή στήριξη κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	10
1.1 Ιδέα.....	10
1.2 Σκοπός	10
Κεφάλαιο 2 – EPANET	12
2.1 EPANET	12
2.2 EPANET Programmer's Toolkit	12
2.3 Αναπαράσταση δικτύου	12
2.4 Λειτουργία του EPANET API.....	15
2.5 Ανάλυση του αρχείου εισόδου	16
2.5.1 Αρχείο εισόδου της εφαρμογής SmartLIK.....	18
2.6 Epanet-js	21
2.6.1 Κλάσεις Workspace & Project	21
Κεφάλαιο 3 – Τεχνολογίες.....	23
3.1 Server Side	23
3.1.1 Node.js.....	23
3.1.2 Express.js	24
3.2 Client Side	25
3.2.1 JavaScript	25
3.2.2 Here Maps API	26
3.2.3 ApexCharts.....	26
3.3 Βάση Δεδομένων – Maria DB	27
3.4 Αρχιτεκτονική Εφαρμογής.....	28
Κεφάλαιο 4 – Υλοποίηση.....	30
4.1 Χαρακτηριστικά του δικτύου	30
4.1.1 Διπλότυπα Υδρόμετρα.....	30
4.1.2 ΕΓΣΑ 87	31
4.2 Υλοποίηση Σχεδιασμού Βάσεων Δεδομένων	32
4.3 Υλοποίηση Λειτουργικότητας.....	43
4.3.1 Προσομοίωση & Υπολογισμός Αποτελεσμάτων	43
4.3.2 Use Cases	46

Κεφάλαιο 5 - Εγχειρίδιο εφαρμογής – User Interfaces.....	48
5.1 Σελίδα Σύνδεσης – Log in	48
5.2 Αρχική Σελίδα - Χάρτης	49
5.3 Σελίδα Μετρήσεις.....	56
5.4 Σελίδα Υδρόμετρο	57
5.5 Σελίδα Ισοζύγιο.....	58
5.7 Σελίδα Καταγραφές	59
5.6 Σελίδα Ρυθμίσεις	60
5.7 Σελίδα Dashboard.....	64
5.8 Σελίδα Δεξαμενή	65
Κεφάλαιο 6 – Συμπέρασμα & Μελλοντική επέκταση.....	66
6.1 Οφέλη	66
6.2 Επεκτάσεις.....	67
Κεφάλαιο 7 - Βιβλιογραφία.....	68

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1: Λειτουργία του EPANET	15
Εικόνα 2: PATTERNS	18
Εικόνα 3: TAGS	18
Εικόνα 4: RULES	19
Εικόνα 5: TIMES	19
Εικόνα 6: EPANET Desktop.....	20
Εικόνα 7: Asynchronous & Non-Blocking Programming.....	23
Εικόνα 8: Express.js.....	24
Εικόνα 9: MVC Pattern	29
Εικόνα 10: Μορφή json αρχείου διπλοτύπων	30
Εικόνα 11: UML Diagram - Database Design	32
Εικόνα 12: Flow Diagram - Compute Results	44
Εικόνα 13: Epanet Simulation	45
Εικόνα 14: Use Case Diagram	46
Εικόνα 15: Σελίδα Σύνδεσης - Log in.....	48
Εικόνα 16: Αρχική Σελίδα - Χάρτης	49
Εικόνα 17: Info Windows - Υδρόμετρο & Μη υδρόμετρο	50
Εικόνα 18: Info Window - Δεξαμενή & Reservoir.....	50
Εικόνα 19: Info Window Αγωγού	51
Εικόνα 20: Επιλογή χρονικής στιγμής από calendar	52
Εικόνα 21: Επιλεγμένα Κλιμακωτά Χρώματα.....	52
Εικόνα 22: Επιλεγμένες Ζώνες.....	53
Εικόνα 23: Προσομοίωση χρονικού διαστήματος	53
Εικόνα 24: Πολλαπλή Προβολή	54
Εικόνα 25: Σελίδα Μετρήσεις	56
Εικόνα 26: Pagination Πίνακα	56
Εικόνα 27: Σελίδα Υδρόμετρο	57
Εικόνα 28: Σελίδα Ισοζύγιο	58
Εικόνα 29: Σελίδα Καταγραφές.....	59
Εικόνα 30: Σελίδα Ρυθμίσεις	60

Εικόνα 31: Ορισμός του HYDRAULIC TIMESTEP στα 120sec	61
Εικόνα 32: Φόρμα για την προσθήκη Junction	61
Εικόνα 33: Φόρμα για την προσθήκη δεξαμενής	62
Εικόνα 34: Φόρμα για την προσθήκη βάνας.....	63
Εικόνα 35: Σελίδα Dashboard	64
Εικόνα 36: Σελίδα Δεξαμενή	65

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1 Ιδέα

Η παρουσία μακροχρόνιων, εκτεταμένων και συχνά μη ανιχνεύσιμων διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης καθιστά τη διαχείριση των υδατικών πόρων από τις Επιχειρήσεις Ύδρευσης μη αποδοτική, αυξάνοντας σημαντικά το ποσοστό του Μη Ανταποδοτικού Νερού (Non-Revenue Water, NRW) ή πιο απλά του Μη Τιμολογούμενου Νερού. Σε ότι αφορά στην Περιφέρεια Κρήτης, το πρόβλημα διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης είναι εξαιρετικά επίκαιρο, καθώς λόγω της παλαιότητας των δικτύων και της έλλειψης του απαραίτητου τεχνολογικού εξοπλισμού, οι απώλειες πόρων (νερού, ενέργειας, εξοπλισμού και εργατωρών) είναι στις περισσότερες περιπτώσεις εξαιρετικά αυξημένες. Η κατάσταση αυτή συνδέεται συχνά με φαινόμενα λειψυδρίας, που πλέον εμφανίζονται με αυξανόμενη ένταση και συχνότητα, με υπεράντληση του υδροφόρου ορίζοντα, καθώς και με διανομή «κακής ποιότητας» νερού ύδρευσης. Όλα αυτά εντείνουν την ανάγκη εύρεσης λύσης αντιμετώπισης του προβλήματος.

Παράλληλα, εδώ και αρκετά χρόνια η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η καθολική χρήση του διαδικτύου είναι πλέον γεγονός. Ο Ιστός(Web) έχει εξελιχθεί σημαντικά και όλο και περισσότερες διαδικτυακές εφαρμογές κάνουν την εμφάνιση τους παρέχοντας εξατομικευμένη εμπειρία στον χρήστη. Αρκετοί οργανισμοί, μικρές αλλά και μεγάλες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τον τελευταίο καιρό διαδικτυακές εφαρμογές, οι οποίες συνδράμουν στις καθημερινές τους δραστηριότητες, στην ομαλή τους λειτουργία και βελτιώνουν τις συνθήκες εργασίας των εργαζομένων.

Με γνώμονα τα παραπάνω γεννήθηκε η ιδέα δημιουργίας της web-based online εφαρμογής SmartLIK, σε συνεργασία του Πολυτεχνείου Κρήτης με τη ΔΕΥΑ Ηρακλείου. Το πρόγραμμα έχει υλοποιηθεί σε τμήμα του δικτύου ύδρευσης της ΔΕΥΑΗ και πιο συγκεκριμένα στην Παλιά Πόλη, που καλύπτει επιφάνεια 1.4km² (και περιλαμβάνει 4.700 υδρόμετρα και 11.000 κατοίκους, με ετήσια κατανάλωση 600.000 m³). Συνεπώς πρόκειται για μία εξαιρετικά πυκνοκατοικημένη περιοχή με μεγάλες καταναλώσεις ύδατος.

1.2 Σκοπός

Σκοπός, λοιπόν της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία ενός πλήρως αυτοματοποιημένου καινοτόμου λογισμικού, που αποσκοπεί στην ευφυή διαχείριση υδατικών πόρων συστημάτων ύδρευσης πόλεων. Αναλυτικότερα, με την αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών συλλογής και διαχείρισης δεδομένων με βάση το Διαδίκτυο των Πραγμάτων(IoT, Internet of Things) η εφαρμογή δέχεται δεδομένα από υδρόμετρα, μετρητές, αισθητήρες και ύστερα υπολογίζει-απεικονίζει στο web το ψηφιακό δίδυμο του υδατικού δικτύου πάνω στον χάρτη της πόλης. Ο χρήστης σε ένα φιλικό διαδικτυακό περιβάλλον μπορεί να ενημερωθεί πλήρως για βασικές παραμέτρους του δικτύου, όπως εισροές/εκροές, πιέσεις, ταχύτητες, ροές αλλά και να παρατηρήσει την μεταβολή τους στο χρόνο. Απώτερος στόχος είναι ο εντοπισμός

διαρροών στο εκάστοτε δίκτυο, ο προσδιορισμός ισοζυγίων (ύδατος, ενέργειας, ανθρώπινων-τεχνικών πόρων), των ενεργειακών καταναλώσεων και του ισοδύναμου συστήματος "πράσινων ενεργειακών τεχνολογιών", που απαιτούνται για την πλήρη κάλυψή τους μέσω ενεργειακού συμψηφισμού.

Το ολοκληρωμένο αυτό σύστημα προβλέπεται να έχει μεγάλη επιχειρηματική απήχηση, καθώς είναι ένα αναγκαίο κομμάτι για τον εκσυγχρονισμό και την ψηφιοποίηση όλων των υφιστάμενων συστημάτων, μειώνοντας το κόστος συντήρησης, εξοικονομώντας υδάτινους πόρους, αυξάνοντας την αξιοπιστία του συστήματος, αλλά και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από τους παρόχους. Η εν λόγω εφαρμογή φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα έργο, που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρακτική και σε άλλους παρόχους ύδατος στην Κρήτη καθώς και σε ολόκληρη την Ελλάδα.

Το λογισμικό της διπλωματικής εργασίας στήθηκε σε server του Πολυτεχνείου Κρήτης και τρέχει μέσα από αυτόν. Η διαδικτυακή εφαρμογή βρίσκεται στο [url http://smartlik.tuc.gr/](http://smartlik.tuc.gr/)

Κεφάλαιο 2 – EPANET

2.1 EPANET

Για να εξεταστεί το δίκτυο διανομής νερού, πρέπει να σχεδιαστεί αναλυτικά το δίκτυο της πόλης, να γίνει η υδραυλική του προσομοίωση και να υπολογιστούν οι παράμετροι εξόδου, όπως η πίεση, ταχύτητα, ροή. Στο συγκεκριμένο έργο και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ευρέως γνωστό πρόγραμμα EPANET. Πρόκειται για μια εφαρμογή λογισμικού, που χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για την ανάλυση της υδραυλικής και ποιοτικής συμπεριφοράς του νερού στα συστήματα διανομής. Αναπτύχθηκε ως εργαλείο για την κατανόηση της κίνησης και της τύχης των συστατικών του πόσιμου νερού μέσα στα συστήματα διανομής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλούς διαφορετικούς τύπους εφαρμογών στην ανάλυση τέτοιων συστημάτων. Σήμερα, οι μηχανικοί χρησιμοποιούν το EPANET για να σχεδιάσουν και να διαστασιολογήσουν νέες υποδομές ύδατος, να βελτιώσουν την υπάρχουσα πεπαλαιωμένη υποδομή, να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία δεξαμενών και αντλιών, να μειώσουν τη χρήση ενέργειας, να διερευνήσουν προβλήματα ποιότητας του νερού και να προετοιμαστούν για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

2.2 EPANET Programmer's Toolkit

Το Programmer's Toolkit είναι μια επέκταση του πακέτου προσομοίωσης EPANET. Πιο συγκεκριμένα, είναι μια βιβλιοθήκη δυναμικής σύνδεσης (Dynamic Link Library – DDL), που παρέχει μια σειρά από συναρτήσεις, που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να προσαρμόσουν τον υπολογιστικό μηχανισμό του EPANET για τις δικές τους συγκεκριμένες ανάγκες. Ένα δίκτυο μπορεί να αποτελείται από σωλήνες, κόμβους (διασταυρώσεις σωλήνων), αντλίες, βαλβίδες και δεξαμενές αποθήκευσης ή reservoirs. Το EPANET παρακολουθεί τη ροή του νερού σε κάθε σωλήνα, την πίεση σε κάθε κόμβο και το ύψος του νερού σε κάθε δεξαμενή κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης πολλαπλών χρονικών περιόδων.

2.3 Αναπαράσταση δικτύου

Το EPANET μοντελοποιεί ένα υπαρκτό σύστημα διανομής νερού ως μια συλλογή από συνδέσμους (links), που συνδέονται σε κόμβους (nodes). Οι σύνδεσμοι αναπαριστούν σωλήνες (pipes), αντλίες (pumps) και βαλβίδες ελέγχου (control valves), ενώ οι κόμβοι αναπαριστούν διασταυρώσεις (junctions), δεξαμενές (tanks) και reservoirs.

Junctions

Τα junctions είναι σημεία του δικτύου, όπου οι σύνδεσμοι ενώνονται μεταξύ τους και το νερό εισέρχεται ή εξέρχεται από το δίκτυο. Τα βασικά δεδομένα εισόδου, που απαιτούνται για διασταυρώσεις, είναι:

- Υψόμετρο πάνω από κάποια αναφορά(*elevation* - συνήθως μέση στάθμη της θάλασσας)
- Παροχή νερού(*demand*)

Τα αποτελέσματα εξόδου, που υπολογίζονται για τα junctions σε όλες τις χρονικές περιόδους μιας προσομοίωσης, είναι:

- Υδραυλική κεφαλή(*hydraulic head* - εσωτερική ενέργεια ανά μονάδα βάρους υγρού)
- Πίεση(*pressure*)
- Ποιότητα νερού(*water quality*)

Reservoirs

Τα reservoirs είναι κόμβοι, που αντιπροσωπεύουν μια άπειρη εξωτερική πηγή στο δίκτυο. Χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση πηγών, όπως λίμνες, ποτάμια, υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες και για τη σύνδεση με άλλα συστήματα. Τα reservoirs μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως σημεία πηγής ποιότητας νερού. Οι κύριες ιδιότητες εισόδου για ένα reservoir είναι η υδραυλική του κεφαλή (*head* - ίση με το υψόμετρο της επιφάνειας του νερού, εάν δεν βρίσκεται υπό πίεση) και η αρχική του ποιότητα για την ανάλυση της ποιότητας του νερού. Επειδή ένα reservoir είναι ένα οριακό σημείο σε ένα δίκτυο, η κεφαλή και η ποιότητα του νερού δεν μπορούν να επηρεαστούν από ό,τι συμβαίνει μέσα στο δίκτυο. Επομένως, δεν έχει υπολογισμένες ιδιότητες εξόδου.

Tanks

Οι δεξαμενές είναι κόμβοι με χωρητικότητα αποθήκευσης, όπου ο όγκος του αποθηκευμένου νερού μπορεί να ποικίλλει με το χρόνο κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης. Οι κύριες ιδιότητες εισόδου για τις δεξαμενές είναι:

- Κάτω υψόμετρο (*elevation* - όπου η στάθμη του νερού είναι μηδέν)
- Διάμετρος(*diameter*)
- Αρχική(*init level*), ελάχιστη(*min level*) και μέγιστη(*max level*) στάθμη νερού

Οι κύριες έξοδοι, που υπολογίζονται με την πάροδο του χρόνου, είναι:

- Υδραυλική κεφαλή (*head* - ύψωση επιφάνειας νερού)
- Ποιότητα νερού

Pipes

Οι σωλήνες είναι σύνδεσμοι, που μεταφέρουν νερό από το ένα σημείο του δικτύου στο άλλο. Το EPANET υποθέτει ότι όλοι οι σωλήνες είναι πάντα γεμάτοι. Η κατεύθυνση ροής είναι από το άκρο στην υψηλότερη υδραυλική κεφαλή (εσωτερική ενέργεια ανά βάρος νερού) έως εκείνο στην κατώτερη κεφαλή. Οι κύριες παράμετροι υδραυλικής εισόδου για σωλήνες είναι:

- Κόμβοι έναρξης και λήξης(*node1 – node2*)
- Διάμετρος(*diameter*)
- Μήκος(*length*)
- Συντελεστής τραχύτητας (*roughness*)
- Κατάσταση (*status* - ανοιχτό, κλειστό ή περιέχει βαλβίδα αντεπιστροφής)

Οι υπολογισμένες έξοδοι για σωλήνες περιλαμβάνουν:

- Ροή(*flow*)
- Ταχύτητα(*velocity*)
- Απώλεια κεφαλής(*headloss*)

Valves

Οι βαλβίδες είναι στοιχεία, που περιορίζουν την πίεση ή τη ροή σε ένα συγκεκριμένο σημείο του δικτύου. Οι βασικές παράμετροι εισόδου περιλαμβάνουν:

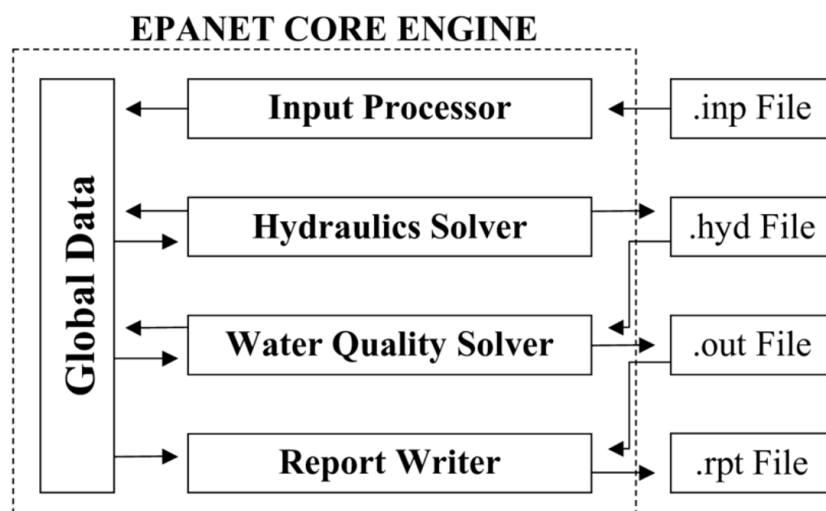
- Αρχικό και τελικό σημείο
- Διάμετρος
- Ρύθμιση
- Κατάσταση

Τα υπολογισμένα αποτελέσματα για μια βαλβίδα είναι η ροή και η απώλεια πίεσης. Το EPANET περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς τύπους βαλβίδων όπως:

- Βαλβίδα Περιορισμού Πίεσης (PRV)
- Βαλβίδα Διατήρησης Πίεσης (PSV)
- Βαλβίδα Ανατροπής Πίεσης (PBV)
- Βαλβίδα Ροής (FCV)
- Βαλβίδα Ρύθμισης Ροής (TCV)
- Γενική Πολλαπλών Χρήσεων Βαλβίδα (GPV)

2.4 Λειτουργία του EPANET API

Το EPANET Toolkit παρέχει έτοιμες συναρτήσεις, γραμμένες σε ANSI standard C, για την επεξεργασία και τον υπολογισμό δεδομένων του δικτύου. Τα βήματα επεξεργασίας και το διάγραμμα ροής για την ανάλυση ενός δικτύου σωληνώσεων παρουσιάζονται παρακάτω:



Εικόνα 1: Λειτουργία του EPANET

Πιο αναλυτικά, τα βήματα λειτουργίας που απεικονίζονται στο διάγραμμα είναι τα εξής:

1. Ο επεξεργαστής εισόδου(input processor module) λαμβάνει μια περιγραφή του δικτύου από ένα εξωτερικό αρχείο εισόδου(.inp). Τα περιεχόμενα του αρχείου αναλύονται, ερμηνεύονται και αποθηκεύονται σε μία κοινόχρηστη περιοχή μνήμης.
2. Η μονάδα επίλυσης υδραυλικών συστημάτων(hydraulics solver module) εκτελεί υδραυλική προσομοίωση εκτεταμένης περιόδου. Τα αποτελέσματα, που λαμβάνονται σε κάθε χρονικό βήμα, μπορούν να εγγραφούν σε ένα εξωτερικό, μη μορφοποιημένο (δυναμικό) αρχείο υδραυλικών (.hyd). Ορισμένα από αυτά τα χρονικά βήματα ενδέχεται να αντιπροσωπεύουν ενδιάμεσα σημεία στο χρόνο, όπου οι συνθήκες του συστήματος αλλάζουν, επειδή είτε οι δεξαμενές γεμίζουν ή αδειάζουν είτε οι αντλίες ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται λόγω ελέγχων στάθμης ή χρονομετρημένης λειτουργίας.
3. Εάν ζητηθεί προσομοίωση ποιότητας νερού, η μονάδα ποιότητας νερού(water quality module) αξιοποιεί τα δεδομένα ροής από το αρχείο υδραυλικών(.hyd) και υπολογίζει τη μεταφορά και την αντίδραση ουσίας σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης σε κάθε υδραυλικό χρονικό βήμα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας μπορεί να γράψει τα υδραυλικά αποτελέσματα, που υπολογίστηκαν προηγουμένως, καθώς και τα

αποτελέσματα ποιότητας νερού για κάθε διάστημα αναφοράς σε ένα μη μορφοποιημένο (δυναμικό) αρχείο εξόδου (.out).

4. Εάν ζητηθεί, η μονάδα σύνταξης αναφοράς(report writer module) διαβάζει τα υπολογισμένα αποτελέσματα της προσομοίωσης από το δυναμικό αρχείο εξόδου (.out) για κάθε περίοδο αναφοράς και καταγράφει τις επιλεγμένες τιμές σε ένα μορφοποιημένο αρχείο αναφοράς (.rpt). Τυχόν μηνύματα σφάλματος ή προειδοποιήσεις, που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης γράφονται επίσης σε αυτό το αρχείο.

2.5 Ανάλυση του αρχείου εισόδου

Ένα αρχείο εισόδου του EPANET περιλαμβάνει πληροφορίες, που απαιτούνται για τον καθορισμό και την προσομοίωση ενός συστήματος διανομής νερού. Αυτό το αρχείο καθορίζει τα χαρακτηριστικά των δικτύων, των αγωγών, των αντλιών, των δεξαμενών και άλλων στοιχείων του συστήματος νερού. Τα αρχεία εισόδου του EPANET συνήθως έχουν τη μορφή κειμένου, κατάληξη .inp και είναι χωρισμένα σε ενότητες όπως:

[JUNCTIONS]: Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τους κόμβους (junctions) του δικτύου, όπως τα ονόματα, τα υψόμετρα, και τις παροχές.

[RESERVOIRS]: Εδώ ορίζονται οι δεξαμενές (reservoirs), που παρέχουν την πηγή νερού στο δίκτυο.

[TANKS]: Καθορίζονται οι δεξαμενές (tanks), που μπορεί να αποθηκεύουν νερό και να το απελευθερώνουν.

[PIPES]: Περιέχει πληροφορίες για τους αγωγούς (pipes), που συνδέουν τους κόμβους, όπως το μήκος, την διάμετρο και άλλες παραμέτρους.

[PUMPS]: Εδώ καθορίζονται οι αντλίες (pumps), που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού στο δίκτυο.

[VALVES]: Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις βαλβίδες (valves), που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ροής του νερού.

[TAGS]: Πρόκειται για σχόλια-ετικέτες, που προστίθενται από τους χρήστες για την διευκόλυνση και καλύτερη κατανόηση και επεξεργασία του αρχείου.

[PATTERNS]: Στο συγκεκριμένο κομμάτι του αρχείου εισόδου του EPANET αναλύονται τα πρότυπα ροής νερού σε διάφορα σημεία του συστήματος διανομής. Αυτά τα πρότυπα ορίζουν τους πολλαπλασιαστές ή αλλιώς multipliers, που χρησιμοποιούνται για να αλλάζουν την ροή του νερού κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης. Έτσι το

demand, δηλαδή το νερό, που παρέχεται σε ένα junction, μπορεί να διαφέρει σε κάθε χρονική περίοδο της συνολικής προσομοίωσης, με βάση τις τιμές των multipliers.

[RULES]: Είναι κανόνες, που τροποποιούν συγκεκριμένους αγωγούς με βάση τον συνδυασμό συνθήκων, που επικρατεί την εκάστοτε χρονική στιγμή.

[TIMES]: Δίνονται οι τιμές για διάφορες παραμέτρους χρονικού βήματος, που χρησιμοποιούνται σε μια προσομοίωση. Συγκεκριμένα:

- DURATION -> είναι η διάρκεια της προσομοίωσης.
- HYDRAULIC TIMESTEP -> καθορίζει πόσο συχνά υπολογίζεται μια νέα υδραυλική κατάσταση του δικτύου. Πρέπει να είναι μικρότερο από το PATTERN ή το REPORT time step, αλλιώς μειώνεται αυτόματα.
- QUALITY TIMESTEP -> είναι το χρονικό βήμα, που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των αλλαγών στην ποιότητα του νερού σε όλο το δίκτυο.
- PATTERN TIMESTEP -> είναι το διάστημα μεταξύ των χρονικών περιόδων σε όλα τα time patterns.
- PATTERN START -> είναι η χρονική μετατόπιση στην οποία θα ξεκινήσουν όλα τα patterns.
- REPORT TIMESTEP -> ορίζει το χρονικό διάστημα μεταξύ των αναφορών των αποτελεσμάτων εξόδου.
- REPORT START -> είναι η στιγμή του χρόνου κατά την οποία αρχίζουν να αναφέρονται τα αποτελέσματα εξόδου.

[COORDINATES]: Εδώ αναφέρονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) των κόμβων στο σύστημα διανομής νερού και βοηθούν στην αναπαράσταση του συστήματος σε γεωγραφικό χάρτη.

[OPTIONS]: Τέλος, καθορίζονται οι ρυθμίσεις για το εκάστοτε δίκτυο, όπως οι μονάδες μέτρησης για τον ρυθμό ροής, η formula για τον υπολογισμό της απώλειας κεφαλής της ροής μέσω ενός σωλήνα, η ακρίβεια των υδραυλικών λύσεων κ.α.

2.5.1 Αρχείο εισόδου της εφαρμογής SmartLIK

Το input αρχείο, που χρησιμοποιήθηκε ως είσοδο στην παρούσα διπλωματική για την προσομοίωση της παλιάς πόλης του Ηρακλείου, περιλαμβάνει συνολικά 7.202 nodes και 7.420 pipes. Τα junctions διακρίνονται στα υδρόμετρα και στα μη υδρόμετρα. Τα υδρόμετρα είναι οι κόμβοι του δικτύου στους οποίους έχουν τοποθετηθεί υδρόμετρα και στέλνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετρήσεις, που αφορούν το νερό που καταναλώθηκε μέχρι εκείνη την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τα μη υδρόμετρα είναι απλοί κόμβοι-διασταυρώσεις, που δημιουργήθηκαν για την σωστή συνδεσμολογία και λειτουργία του δικτύου. Αυτό, που διαχωρίζει τους δύο τύπους των junctions στο input αρχείο, είναι το pattern τους, καθώς τα υδρόμετρα έχουν pattern 2 ενώ τα υπόλοιπα έχουν pattern 1.

Όσον αφορά τα patterns του δικτύου, υπάρχει το pattern με ID 1 για τα απλά junctions με πολλαπλασιαστή 0 σε όλα τα χρονικά βήματα. Αυτό σημαίνει ότι καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης οι συγκεκριμένοι κόμβοι θα έχουν demand 0, δηλαδή ο ρυθμός ροής του νερού θα είναι μηδενικός. Εν αντιθέσει, το pattern με ID 2, που χαρακτηρίζει τα υπαρκτά υδρόμετρα, έχει πολλαπλασιαστές μεγαλύτερους από το 0, καθώς είναι ρολόγια, που μετρούν την ποσότητα του νερού που πέρασε από αυτά. Συγκεκριμένα, για λόγους καλύτερης κατανόησης και παρακολούθησης του δικτύου στο παρόν έργο χρησιμοποιήθηκαν multipliers 1, δηλαδή ομοιόμορφη κατανάλωση σε κάθε χρονικό βήμα της προσομοίωσης.

```
[PATTERNS]
;ID          Multipliers
;Plain junctions, no demand
1            0            0            0
;Pattern για υδρόμετρα
2            1            1            1
```

Εικόνα 2: PATTERNS

Ακόμη, αξιοποιήθηκε και η λειτουργία των tags για τον διαχωρισμό των junctions στις 4 ζώνες, που χωρίζουν τον δίκτυο της παλιάς πόλης. Έτσι εύκολα μπορούν να αναπαρασταθούν στον χάρτη τα υποδίκτυα αλλά και να υπολογιστούν τα ισοζύγια αυτών.

```
[TAGS]
NODE 1401      4
NODE 2         4
NODE 3         2
NODE 4         1
NODE 5         2
```

Εικόνα 3: TAGS

Οι ισχύοντες κανόνες(rules) για την προσομοίωση της πόλης επικεντρώνονται στη χρήση του αγωγού, που ενώνει την δεξαμενή η οποία τροφοδοτεί το δίκτυο με το reservoir που γεμίζει την δεξαμενή. Πιο αναλυτικά, όταν η δεξαμενή έχει στάθμη πάνω από τα 30m, δηλαδή την μέγιστη που μπορεί να υποστηρίξει, τότε ο αγωγός αυτόματα κλείνει και σταματάει να της παρέχει νερό. Όμως, όταν η δεξαμενή αδειάσει και έχει στάθμη κάτω από τα 3m, τότε ο αγωγός ανοίγει και το reservoir γεμίζει ξανά την δεξαμενή.

```
[RULES]
RULE 1
IF TANK 1403 LEVEL ABOVE 30
THEN PIPE 121 STATUS IS CLOSED
Priority 1.000000

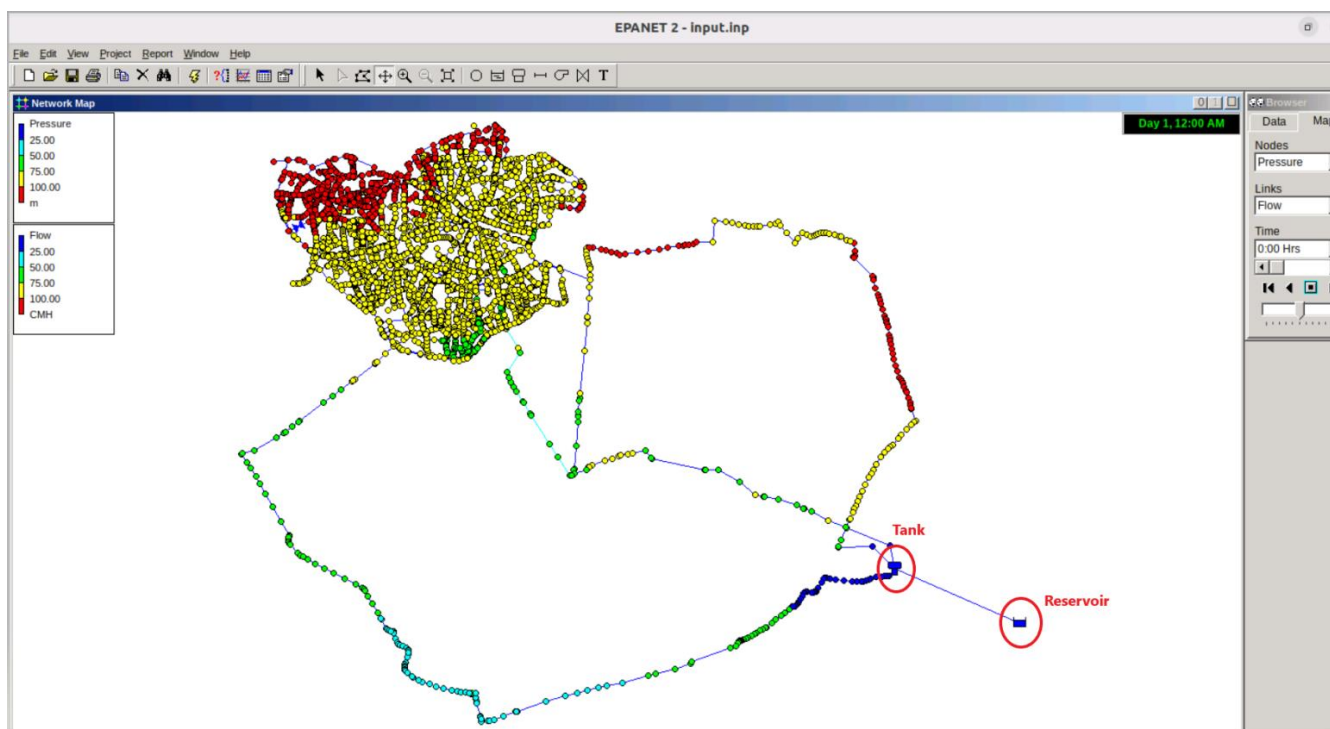
RULE 2
IF TANK 1403 LEVEL BELOW 3
THEN PIPE 121 STATUS IS OPEN
Priority 1.000000
```

Εικόνα 4: RULES

Επιπλέον, στην ενότητα times ορίστηκε συνολική διάρκεια 30 λεπτά, καθώς το EPANET έχει προγραμματιστεί να τρέχει κάθε μισή ώρα με υδραυλικό χρονικό βήμα το 1 λεπτό και χρονικό βήμα ποιότητας τα 5 λεπτά. Όσο μικρότερο είναι το χρονικό βήμα τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, που προκύπτουν, καθώς ο υπολογισμός γίνεται περισσότερες φορές κατά τη διάρκεια του μισάωρου. Τέλος, τα βήματα των patterns και της αναφοράς ορίστηκαν 10 λεπτά με αφετηρία την αρχή της προσομοίωσης.

```
[TIMES]
Duration                0:30
Hydraulic Timestep      0:01
Quality Timestep        0:05
Pattern Timestep        0:10
Pattern Start           0:00
Report Timestep         0:10
Report Start            0:00
Start ClockTime         12 am
Statistic               NONE
```

Εικόνα 5: TIMES



Εικόνα 6: EPANET Desktop

Στην εικόνα 6 φαίνεται το .inp αρχείο που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή και περιγράφει το σύστημα υδροδότησης της παλιάς πόλης του Ηρακλείου, έτσι όπως εμφανίζεται στο desktop του προγράμματος EPANET. Απεικονίζονται αναλυτικά όλοι οι κόμβοι του δικτύου και διακρίνονται οι αγωγοί που εξασφαλίζουν την μεταφορά του νερού στους κόμβους. Επίπλέον στην εικόνα φαίνεται το reservoir (φράγμα) που ενώνεται με τον κεντρικό αγωγό, ο οποίος καταλήγει στη βασική δεξαμενή παροχής νερού. Έτσι στη δεξαμενή αποθηκεύεται μεγάλη ποσότητα νερού και με τη λειτουργία της επιτυγχάνεται η ύδρευση του προς μελέτη δικτύου.

Τα χρώματα των στοιχείων έχουν προκύψει με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από το EPANET. Παρατηρείται ότι οι κόμβοι που βρίσκονται πιο μακριά από την δεξαμενή έχουν μεγαλύτερη πίεση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πίεση των κόμβων εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες. Αρχικά, ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την πίεση σε ένα σύστημα διανομής νερού είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των κόμβων και του σημείου αναφοράς (συνήθως το επίπεδο του εδάφους ή ένα συγκεκριμένο δεδομένο). Οι κόμβοι σε υψηλότερα υψόμετρα θα έχουν υψηλότερη πίεση επειδή το νερό έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια που μετατρέπεται σε πίεση καθώς ρέει κατηφορικά. Επιπροσθέτως, η τοποθέτηση της δεξαμενής μπορεί να επηρεάσει την πίεση. Χρειάζεται να τοποθετηθεί σε αρκετά υψηλό υψόμετρο ώστε να μπορεί να ασκήσει πίεση στους κόμβους προς τα κάτω, ακόμη και αν είναι μακριά. Επίπλέον, η διάταξη των σωληνώσεων του δικτύου παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς μεταφέρουν τον νερό από τη δεξαμενή στους κόμβους. Ιδιαίτερα εάν οι σωλήνες έχουν μία σταδιακή κλίση, μπορούν να διατηρήσουν ή ακόμη και να αυξήσουν την πίεση.

2.6 Epanet-js

Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία, που συνέβαλαν στην πραγματοποίηση του συγκεκριμένου έργου είναι το Epanet-js. Πρόκειται για ένα εργαλείο, που αξιοποιεί το προαναφερθέν λογισμικό EPANET για τη δημιουργία προσομοιώσεων και αναλύσεων δικτύων ύδρευσης. Το Epanet-js επιτρέπει στους προγραμματιστές να ενσωματώσουν τη λειτουργικότητα του EPANET στις εφαρμογές τους χρησιμοποιώντας τη δύναμη της JavaScript. Μέσω της εργαλειοθήκης του παρέχει 122 λειτουργίες(functions) και δίνει την δυνατότητα για υδραυλικές και ποιοτικές αναλύσεις αλλά και την ανάκτηση δεδομένων, που προκύπτουν για περαιτέρω επεξεργασία ή προβολή. Επομένως, είναι μια JavaScript βιβλιοθήκη, που προορίζεται για την δημιουργία custom εφαρμογών διεπαφής(front-end) ή διακομιστή(server-side). Το epanet-js διαθέτει άδεια MIT γεγονός, που επιτρέπει τη χρήση της βιβλιοθήκης σε εμπορικές εφαρμογές. Για αυτούς τους λόγους κρίθηκε ως το κατάλληλο εργαλείο για την κατασκευή της εφαρμογής SmartLIK.

2.6.1 Κλάσεις Workspace & Project

Το epanet-js παρέχει στον προγραμματιστή δύο βασικές κλάσεις, την Workspace & Project.

Ένα Workspace αναπαριστά ένα εικονικό σύστημα αρχείων, όπου δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης και ανάγνωσης αρχείων, που εισάγονται στο toolkit, όπως αρχεία εισόδου .inp ή που παράγονται από αυτό, όπως αρχεία εξόδου .rpt ή αρχεία .out. Έτσι δημιουργώντας ένα object της κλάσης Workspace μπορεί να γίνει χρήση των έτοιμων συναρτήσεων *writeFile()* και *readFile()*, διευκολύνοντας την διαχείριση και επεξεργασία των αρχείων του EPANET.

Ένα Project είναι ένα instance της κλάσης Project, που χρησιμοποιείται για την αλληλεπίδραση με ένα δικτυακό έργο ύδρευσης, το οποίο περιγράφεται από ένα συγκεκριμένο αρχείο εισόδου του προγράμματος EPANET. Παρέχει μια σειρά από μεθόδους αναγκαίες για την ανάλυση δεδομένων και γενικότερα για την ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με το δίκτυο. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες από τις βασικές λειτουργίες, που προσφέρει η κλάση Project και κάποιες ενδεικτικές μέθοδοι, που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

1. Φόρτωση και Αποθήκευση Αρχείων Εισόδου

- `open(inputFile: String, reportFile: String, outputFile: String): void`
- `saveInpFile(filename: String): void`

2. Επεξεργασία και Διαμόρφωση του αρχείου εισόδου

- `setNodeValue(index: number, property: NodeProperty, value: number): void`

Ορίζει μια τιμή ιδιότητας για έναν συγκεκριμένο κόμβο(node) με βάση το id του, όπως το elevation, το demand, το head κ.α.

- `setLinkValue(index: number, property: LinkProperty, value: number): void;`

Αντίστοιχα για αγωγούς

3. Εκτέλεση Υδραυλικών Αναλύσεων

- `openH(): void`

Ανοίγει τον hydraulic solver ενός project

- `initH(initFlag: InitHydOption): void`

Αρχικοποιεί ένα δίκτυο πριν από την εκτέλεση μιας υδραυλικής ανάλυσης.

- `runH(): Number`

Υπολογίζει την υδραυλική λύση για την τρέχουσα χρονική στιγμή.

- `nextH(): Number`

Καθορίζει το χρονικό διάστημα, έως ότου συμβεί το επόμενο υδραυλικό συμβάν σε μια προσομοίωση εκτεταμένης περιόδου.

- `saveH(): void`

Μεταφέρει τα υδραυτικά αποτελέσματα του project από το προσωρινό αρχείο υδραυλικών συστημάτων στο δυαδικό αρχείο εξόδου του, όπου τα αποτελέσματα αναφέρονται μόνο σε ενιαία διαστήματα αναφοράς.

- `saveHydFile(filename: String): void`

Αποθηκεύει το προσωρινό αρχείο υδραυλικών συστημάτων ενός project στο δίσκο.

- `closeH(): void`

Κλείνει τον hydraulic solver ελευθερώνοντας όλη την εκχωρημένη μνήμη του.

4. Εξαγωγή Αποτελεσμάτων

- `getNodeValue(index: number, property: NodeProperty): number;`

Επιστρέφει την τιμή μιας ιδιότητας για ένα έναν συγκεκριμένο κόμβο(node) με βάση το id του, όπως την πίεση, τον όγκο της δεξαμενής, την ποιότητα κ.α.

- `getLinkValue(index: number, property: LinkProperty): number`

Αντίστοιχα για αγωγούς

Κεφάλαιο 3 – Τεχνολογίες

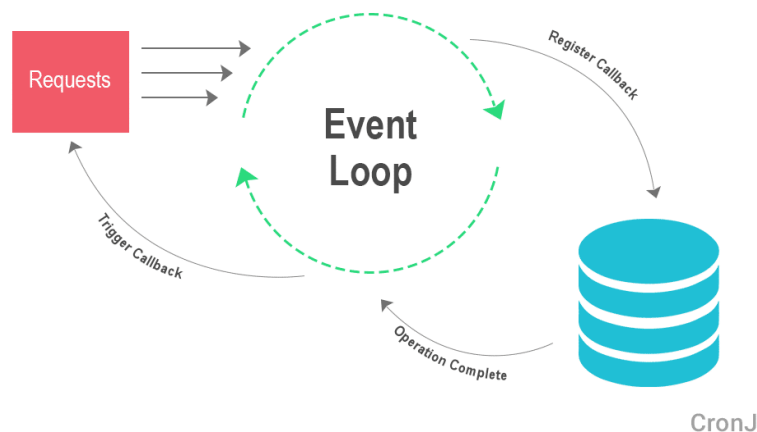
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σημαντικότερες τεχνολογίες, που επιλέχθηκαν για την πραγματοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής SmartLIK. Η επιλογή των εργαλείων ανάπτυξης έγινε με κριτήριο το σύνολο των απαιτήσεων και των προδιαγραφών, που πρέπει να πληροί η εφαρμογή. Οι βασικοί στόχοι του πρότζεκτ είναι η υδραυλική προσομοίωση του δικτύου μέσω του προγράμματος EPANET, η αποθήκευση των αποτελεσμάτων, καθώς και η απεικόνιση των δεδομένων σε ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Για την καλύτερη κατανόηση το κεφάλαιο έχει χωριστεί στην υποενότητα 3.1 Server Side, την υποενότητα 3.2 Client Side και την 3.3 Βάση Δεδομένων.

3.1 Server Side

3.1.1 Node.js

Το Node.js είναι μια ισχυρή τεχνολογία ανάπτυξης, που βασίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού JavaScript και χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία διακομιστών (servers). Είναι εξαιρετικά δημοφιλές στην κοινότητα των προγραμματιστών, συμβάλλει στη δημιουργία διαδικτυακών εφαρμογών (web applications) και αποτελεί μια επιλογή προτίμησης για την ανάπτυξη τόσο μικρών πρότζεκτ όσο και μεγάλων εφαρμογών. Τα κύρια χαρακτηριστικά και οφέλη της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι τα εξής:

1. **Asynchronous and Non-Blocking Programming:** Η Non-Blocking αρχιτεκτονική επιτρέπει την περαιτέρω εκτέλεση μιας λειτουργίας ενώ μία ή περισσότερες λειτουργίες βρίσκονται σε εξέλιξη. Με απλά λόγια, αυτό σημαίνει ότι πολλές συσχετιζόμενες λειτουργίες μπορούν να εκτελούνται ταυτόχρονα χωρίς να περιμένουν να ολοκληρωθούν άλλες εργασίες. Αυτό καθιστά τις εφαρμογές Node.js γρήγορες, αποτελεσματικές και ιδανικές για την αντιμετώπιση μεγάλων αριθμών αιτημάτων στον server.



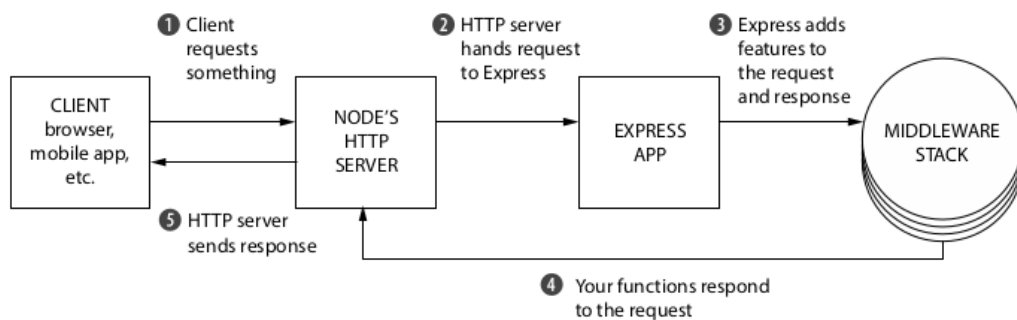
Εικόνα 7: Asynchronous & Non-Blocking Programming

2. **Κοινή Γλώσσα στο Front και Back End (Full Stack JavaScript):** Η χρήση JavaScript τόσο στην πλευρά του client (front-end) όσο και στην πλευρά του server (back-end) επιτρέπει στους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν την ίδια γλώσσα και να μοιράζονται κώδικα ανάμεσα στις δύο πλευρές βελτιώνοντας την συντήρηση και την επαναχρησιμοποίηση του κώδικα.
3. **Πληθώρα πακέτων και βιβλιοθηκών:** Το Node.js έχει μια ενεργή και ανοιχτή κοινότητα προγραμματιστών, που συνεχώς δημιουργεί και συντηρεί πακέτα και βιβλιοθήκες (packages and libraries), οι οποίες επεκτείνουν τις δυνατότητες της τεχνολογίας. Έτσι σε συνδυασμό με το NPM(Node Package Manager), το οποίο είναι μια δυνατή εργαλειοθήκη για την διαχείριση των πακέτων και τον εξαρτήσεων, μπορεί να δημιουργηθεί εύκολα από την αρχή μια εφαρμογή με αφετηρία γνώσεις JavaScript.
4. **Ιδανικό για Real-Time Applications:** Το Node.js είναι κατάλληλο για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπου η γρήγορη ανταπόκριση είναι ζωτικής σημασίας.

3.1.2 Express.js

Το Express.js είναι ένα από τα πιο δημοφιλή frameworks για τη δημιουργία server-side εφαρμογών με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript. Βασισμένο στο Node.js, το Express.js παρέχει πλήθος λειτουργιών και εργαλείων για τη δημιουργία γρήγορων, αξιόπιστων και εύκολα συντηρήσιμων εφαρμογών. Με λίγα λόγια, τα βασικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα του Express.js είναι:

1. **Εύκολη Δρομολόγηση (Routing):** Παρέχει ένα ισχυρό σύστημα δρομολόγησης, που επιτρέπει τον καθορισμό των διαδρομών (routes) της εφαρμογής σας με έναν ευανάγνωστο και οργανωμένο τρόπο.
2. **Middleware:** Το Express.js χρησιμοποιεί ένα σύστημα middleware, που επιτρέπει την επεξεργασία των αιτημάτων HTTP, πριν φτάσουν στον τελικό προορισμό τους. Αυτό παρέχει μεγάλη ευελιξία και δυνατότητες προσθήκης λειτουργικότητας, όπως αυθεντικοποίηση, καταγραφή και άλλα.



Εικόνα 8: Express.js

3.2 Client Side

3.2.1 JavaScript

Η JavaScript είναι μια υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού, που αποτελεί μια από τις βασικές τεχνολογίες του Παγκόσμιου Ιστού μαζί με την HTML και την CSS. Διαθέτει διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API) για εργασία με κείμενο, ημερομηνίες, κανονικές εκφράσεις(regular expressions), τυπικές δομές δεδομένων και το Document Object Model (DOM). Είναι η γλώσσα προγραμματισμού, που εκτελείται στον περιηγητή του χρήστη (browser) και επιτρέπει την προσθήκη διάφορων λειτουργιών, εφέ και ανταποκρίσεων στις ιστοσελίδες. Κυρίως, συμβάλλει στη δημιουργία διαδραστικών και δυναμικών ιστοσελίδων, δηλαδή δίνει τη δυνατότητα να παράγεται διαφορετικό περιεχόμενο για διαφορετικούς επισκέπτες-χρήστες από το ίδιο αρχείο πηγαίου κώδικα. Έτσι δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις όσον αφορά το UI των σελίδων, αλλά στο περιεχόμενο που προβάλλουν για τον κάθε χρήστη.

Τα πλεονεκτήματα της JavaScript:

1. **Διαδραστικότητα:** Η JavaScript επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν διαδραστικές ιστοσελίδες, όπου οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα στοιχεία της σελίδας χωρίς την ανάγκη ανανέωσης της. Εφόσον δεν απαιτεί εξωτερικούς πόρους, η JavaScript δεν επιβραδύνεται από κλήσεις σε διακομιστή υποστήριξης.
2. **Ταχύτητα:** Τείνει να είναι μία από τις πιο γρήγορες γλώσσες προγραμματισμού, επειδή είναι client side script και συχνά εκτελείται κατευθείαν στο πρόγραμμα περιήγησης του πελάτη.
3. **Συμβατότητα:** Η JavaScript είναι ενσωματωμένη στους περισσότερους σύγχρονους περιηγητές καθιστώντας την ευρέως συμβατή και διαθέσιμη για όλους τους χρήστες.
4. **Κοινότητα:** Υπάρχει μια τεράστια κοινότητα προγραμματιστών JavaScript, που συνεισφέρει σε έργα ανοιχτού κώδικα, βιβλιοθήκες και frameworks, παρέχοντας πολύτιμους πόρους και υποστήριξη.
5. **Δημοτικότητα:** Η JavaScript είναι παντού στον ιστό και δεν περιορίζεται μόνο στον περιηγητή. Χρησιμοποιείται και στην ανάπτυξη server-side εφαρμογών με τη βοήθεια τεχνολογιών, όπως το Node.js.

Συνοψίζοντας, η JavaScript είναι μια ισχυρή, ευέλικτη και ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού, που κατέχει κεντρικό ρόλο στον κόσμο του web και της τεχνολογίας.

3.2.2 Here Maps API

Το Here Maps API για JavaScript είναι ένα σύνολο διεπαφών προγραμματισμού, που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργούν web εφαρμογές με διαδραστικούς χάρτες ποικίλων χαρακτηριστικών. Μέσω του API παρέχεται μία πλούσια συλλογή βιβλιοθηκών κλάσεων και μεθόδων για την αναπαράσταση πληροφορίας σε γεωγραφικό χάρτη. Έτσι οι εφαρμογές και οι ιστοσελίδες που χρησιμοποιούν το HERE Maps API μπορούν να προσφέρουν πλούσια εμπειρία χρήστη και να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες της χαρτογράφησης και της πλοήγησης για πολλούς σκοπούς. Ορισμένες από τις δυνατότητες, που προσφέρουν οι χάρτες Here και χρησιμοποιήθηκαν για την αναπαράσταση των δικτύων της εν λόγω εφαρμογής, είναι:

- Απεικόνιση marker με συγκεκριμένες συντεταγμένες πάνω στον χάρτη για την αναπαράσταση των κόμβων
- Χρήση custom svg εικονιδίου για τους markers για πιο κατανοητό και όμορφο αποτέλεσμα. Με βάση το εικονίδιο μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με τη ροή, την πίεση κ.α.
- Απεικόνιση γραμμών με συγκεκριμένες συντεταγμένες για την αρχή και το τέλος με σκοπό την αναπαράσταση των σωλήνων του δικτύου.
- Άνοιγμα αναδυόμενου παραθύρου(infobubble), όταν πατηθεί το συγκεκριμένο marker (on tap event). Το παράθυρο περιλαμβάνει δυναμικό html κώδικα με πληροφορίες για το εκάστοτε marker. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στα χαρακτηριστικά όλων των κόμβων και των αγωγών.
- Τέλος, zoom in και zoom out στον χάρτη

3.2.3 ApexCharts

Το ApexCharts είναι μια open-source JavaScript βιβλιοθήκη γραφημάτων, που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν διαδραστικά και οπτικά όμορφα γραφήματα και διαγράμματα για εφαρμογές Ιστού. Έχει σχεδιαστεί για να είναι ευέλικτο, εξαιρετικά προσαρμόσιμο και εύκολο στη χρήση καθιστώντας το μια δημοφιλή επιλογή για την προσθήκη οπτικοποίησης δεδομένων σε ιστότοπους και εφαρμογές web. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν για την αναπαράσταση δεδομένων καταναλώσεων και στάθμεων δεξαμενών.

3.3 Βάση Δεδομένων – Maria DB

Η βάση δεδομένων αποτελεί τον χώρο, όπου αποθηκεύονται, διαχειρίζονται και ανακτώνται τα δεδομένα, που απαιτούνται για τη λειτουργία κάθε web εφαρμογής. Συγκεκριμένα, είναι ένα από τα πιο κρίσιμα στοιχεία της εφαρμογής SmartLIK, καθώς κάθε 30 λεπτά απαιτείται να αποθηκεύεται στη βάση ένας μεγάλος όγκος δεδομένων, αλλά και να ανακτάται, όποτε το ζητήσει ο χρήστης. Για την εφαρμογή, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων MariaDB, ένα δημοφιλές σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, που χρησιμοποιείται ευρέως σε web εφαρμογές.

Ο διακομιστής **MariaDB** αναπτύσσεται ως λογισμικό ανοιχτού κώδικα, που προέκυψε από την **MySQL** και ως σχεσιακή βάση δεδομένων παρέχει SQL διεπαφή για πρόσβαση στα δεδομένα. Παράλληλα, αποτελεί μια αξιόπιστη επιλογή για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων. Διακρίνεται για την αποδοτικότητα της, αφού είναι σχεδιασμένη για να προσφέρει υψηλή απόδοση και επεξεργασία των δεδομένων με γρήγορο τρόπο. Παρέχει πολλά χαρακτηριστικά ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης SSL για την κρυπτογράφηση της επικοινωνίας με τη βάση δεδομένων και τη διαχείριση των δικαιωμάτων πρόσβασης. Επιπλέον, προσφέρει ευελιξία υποστηρίζοντας πολλές γλώσσες προγραμματισμού και διάφορες εφαρμογές, που επιτρέπουν την ανάπτυξη πλούσιων λειτουργιών στις web εφαρμογές.

Παράλληλα, υποστηρίζει την τεχνική **Ευρετηρίασης – Indexing** μία μέθοδος, που κρίθηκε απαραίτητη για την λειτουργία της εφαρμογής, λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, που καλείται να διαχειριστεί. Τα ευρετήρια – indexes χρησιμοποιούνται σε μία βάση δεδομένων για την γρήγορη εύρεση εγγραφών με συγκεκριμένες τιμές στηλών. Χωρίς την χρήση ευρετηρίου η βάση, όταν της ζητηθεί μία συγκεκριμένη εγγραφή, χρειάζεται να αρχίσει να διαβάσει από την πρώτη εγγραφή και στη συνέχεια να διαβάσει ολόκληρο τον πίνακα μέχρι να βρει την επιθυμητή σειρά. Όσο μεγαλύτερος είναι ο πίνακας τόσο περισσότερο κοστίζει αυτή η διαδικασία, γιατί ο χώρος αναζήτησης διαρκώς μεγαλώνει. Εάν όμως ο πίνακας έχει ένα ευρετήριο για την στήλη που αφορά το query, τότε η MySQL μπορεί να βρει γρήγορα τη θέση, που βρίσκεται στο αρχείο δεδομένων χωρίς να χρειάζεται να κοιτάξει όλα τα δεδομένα στη βάση. Αυτός ο τρόπος είναι προφανώς πολύ πιο γρήγορος και πιο αποτελεσματικός από τη διαδοχική ανάγνωση κάθε σειράς των πινάκων.

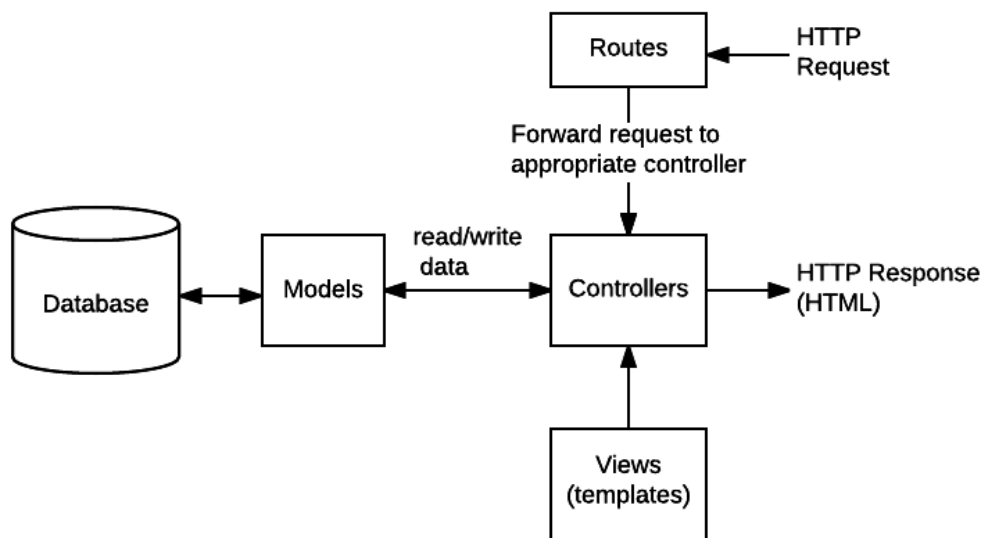
3.4 Αρχιτεκτονική Εφαρμογής

Για την δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Node.js, επιλέχθηκε το software design pattern **MVC**. Το MVC σημαίνει Model, View, Controller και πρόκειται για ένα αρχιτεκτονικό μοτίβο, που χωρίζει μια εφαρμογή σε τρία κύρια λογικά μέρη. Κάθε ένα από αυτά τα μέρη είναι κατασκευασμένο, για να χειρίζεται συγκεκριμένες πτυχές ανάπτυξης μιας εφαρμογής βοηθώντας τους προγραμματιστές να οργανώσουν τον κώδικα τους.

- **Model:** Το Μοντέλο είναι η διεπαφή της βάσης δεδομένων, που επιτρέπει την αλληλεπίδραση με το API της βάσης και είναι υπεύθυνο για την λογική της εφαρμογής, που σχετίζεται με τα δεδομένα. Διαχειρίζεται την αποθήκευση, την ανάκτηση και την επεξεργασία των δεδομένων, επομένως όταν καλείται από τον ελεγκτή, στέλνει σε αυτόν τα απαραίτητα data ανάλογα με το αίτημα του πελάτη.
- **View:** Η Προβολή αναπαριστά την διεπαφή χρήστη της εφαρμογής. Λαμβάνει input και παρουσιάζει στον χρήστη στο front-end τα δεδομένα, που συλλέχθηκαν από το Μοντέλο. Όμως αυτά τα δεδομένα δεν στάλθηκαν κατευθείαν από το Μοντέλο, αλλά πέρασαν μέσα από τον Controller.
- **Controller:** Ο ελεγκτής λειτουργεί ως μεσολαβητής μεταξύ του Μοντέλου και της Προβολής και είναι το σημείο, όπου υπάρχει η πραγματική λογική λειτουργίας της εφαρμογής. Λαμβάνει δεδομένα από τον χρήστη μέσω της προβολής, αλληλεπιδρά με το μοντέλο για ανάκτηση ή χειρισμό δεδομένων και ενημερώνει την προβολή αναλόγως.

Σημαντικό ρόλο για την υποστήριξη του MVC προτύπου στην εν λόγω εφαρμογή κατείχε η χρήση του framework Express.js. Το ευέλικτο Express.js framework παρέχει ένα σύνολο από εργαλεία για τον ορισμό routes και την διαχείριση των HTTP requests,

Routes: Οι routes στο Express.js χρησιμοποιούνται για να ορίσουν πως θα απαντήσει η εφαρμογή στα αιτήματα του χρήστη. Οι routes αποφασίζουν τι ενέργειες θα εκτελεστούν και ποιοι controllers θα ενεργοποιηθούν, όταν ο client κάνει ένα request για ένα συγκεκριμένο url. Οι routes μπορούν να οριστούν για πολλά urls και για διάφορα είδη HTTP αιτημάτων.



Εικόνα 9: MVC Pattern

Κεφάλαιο 4 – Υλοποίηση

4.1 Χαρακτηριστικά του δικτύου

4.1.1 Διπλότυπα Υδρόμετρα

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των δικτύων υδροδότησης της παλιάς πόλης του Ηρακλείου αλλά και πολλών άλλων πόλεων είναι τα «διπλότυπα» υδρόμετρα. Διπλότυπα υδρόμετρα θεωρούνται τα υδρόμετρα, που έχουν ίδιες συντεταγμένες, δηλαδή βρίσκονται στο ίδιο σημείο πάνω στο χάρτη. Για παράδειγμα διπλότυπα είναι τα υδρόμετρα μίας πολυκατοικίας. Ένα κομμάτι της εν λόγω διπλωματικής λοιπόν είναι ο χειρισμός των συγκεκριμένων μετρητών και των μετρήσεων που στέλνουν.

Για την οργάνωση και την διαχείριση των διπλότυπων χρησιμοποιήθηκε ένα excel αρχείο, που παρείχε η ΔΕΥΑΗ με πληροφορίες για όλα τα εγκατεστημένα υδρόμετρα της πόλης, όπως id, διευθύνσεις και συντεταγμένες. Αρχικά, με τη βοήθεια της JavaScript ταξινομήθηκαν τα υδρόμετρα με βάση τη γεωγραφική τους θέση, ώστε να βρεθούν όλες οι ομάδες των διπλότυπων υδρομέτρων. Τα αποτελέσματα, που προέκυψαν έπαιξαν ρόλο στη διαμόρφωση του input αρχείου, που περιγράφει το δίκτυο, καθώς όπως είναι λογικό δεν είναι λειτουργικό να υπάρχουν πολλοί κόμβοι με ίδιες συντεταγμένες σε αυτό. Συνεπώς στο δίκτυο χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα υδρόμετρο από τα σετ των διπλοτύπων, το οποίο αντιπροσωπεύει όλα τα υπόλοιπα, έχοντας ως demand το άθροισμα όλων των διπλότυπων του. Με γνώμονα τα παραπάνω δημιουργήθηκε ένα βοηθητικό json αρχείο, το οποίο αναφέρει για κάθε σετ το id του μοναδικού τελικού(final) υδρομέτρου, αυτού δηλαδή, που υπάρχει στο δίκτυο και τα id όλων των υπόλοιπων. Το json αρχείο έχει μεγάλη σημασία για το λογισμικό, αφού χρησιμοποιείται σε κάθε προσομοίωση.

```
{
  "1": "1340.0130",
  "final": "1340.0140"
},
{
  "1": "1350.0640",
  "2": "1350.0650",
  "3": "1350.0660",
  "4": "1350.0670",
  "5": "1350.0680",
  "final": "1350.0010"
},
```

Εικόνα 10: Μορφή json αρχείου διπλοτύπων

Τέλος, γράφτηκε μία γενική συνάρτηση με ελέγχους για την εύρεση λαθών και προβλημάτων στα αρχεία των υδρομέτρων, εντοπίζοντας για παράδειγμα αν

κάποιο υδρόμετρο λείπει ή αν βρίσκεται σε λάθος θέση στο json αρχείο. Έτσι εύκολα μπορούν να επαληθευτούν τα αρχεία και να εξακριβωθεί αν ακολουθούν τον πρότυπο τρόπο υλοποίησης της εφαρμογής.

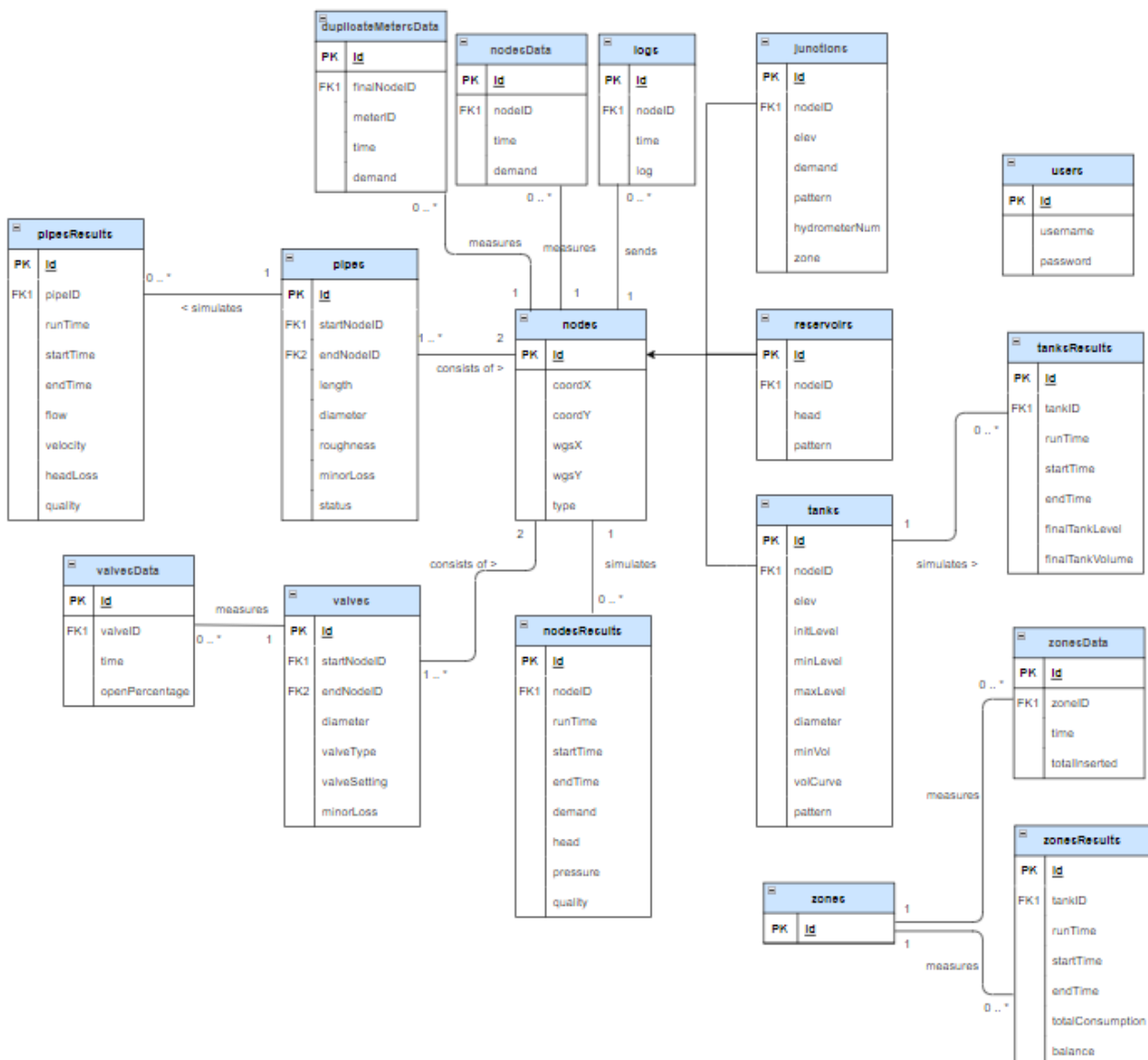
4.1.2 ΕΓΣΑ 87

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο αρχείο εισόδου, το οποίο εισάγει ο χρήστης στο σύστημα, οι συντεταγμένες είναι εκφρασμένες στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα 1987(ΕΓΣΑ87)), που είναι το επίσημο γεωδαιτικό σύστημα, που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα για την αναφορά των γεωγραφικών συντεταγμένων των σημείων στο έδαφος. Ωστόσο, για τη σωστή λειτουργία του λογισμικού της εφαρμογής και την απεικόνιση των σημείων πάνω στο χάρτη χρειάζεται οι συντεταγμένες να είναι εκφρασμένες στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς(WGS84) . Για αυτό το λόγο μετά την μεταφόρτωση του αρχείου εκτελείται η απαιτούμενη μετατροπή για τις συντεταγμένες κάθε κόμβου.

Η μετατροπή επιτυγχάνεται με την εκτέλεση ενός έτοιμου προγράμματος γραμμένο σε C, το οποίο δέχεται ως είσοδο τις συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87 και τις εξάγει σε WGS84. Έπειτα αποθηκεύονται στον πίνακα nodes της βάσης και χρησιμοποιούνται, όποτε χρειαστούν.

4.2 Υλοποίηση Σχεδιασμού Βάσεων Δεδομένων

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται η βασική ιδέα και η δομή του μοντέλου, που έχει αναπτυχθεί για την υποστήριξη της βάσης δεδομένων αλλά και ολόκληρου του συστήματος της εφαρμογής. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα UML Diagram, το οποίο οπτικοποιεί τη δομή του συστήματος μοντελοποιώντας τους πίνακες της βάσης, τα attributes, τις λειτουργίες τους και τις σχέσεις μεταξύ των πινάκων.



Εικόνα 11: UML Database Diagram - Database Design

Βασικές έννοιες για την κατανόηση του UML διαγράμματος

Τα κλειδιά είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων, όπως είναι η MariaDB, για τη διατήρηση των σχέσεων μεταξύ των πινάκων και για τον μοναδικό προσδιορισμό των δεδομένων ενός πίνακα. Για αυτό σε όλους τους πίνακες της βάσης υπάρχει ένα PRIMARY KEY και FOREIGN KEYS, όπου χρειάζεται, ώστε να εξυπηρετούνται οι ανάγκες του λογισμικού.

Πρωτεύον Κλειδί - PRIMARY KEY: Ένα πρωτεύον κλειδί χρησιμοποιείται για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα σε μία συγκεκριμένη στήλη είναι μοναδικά. Μία στήλη PRIMARY KEY δεν μπορεί να έχει τιμές NULL.

Ξένο Κλειδί – FOREIGN KEY: Ένα ξένο κλειδί είναι μια στήλη ή μια ομάδα στηλών σε έναν πίνακα σχεσιακής βάσης δεδομένων, που παρέχει μια σύνδεση μεταξύ δεδομένων σε δύο πίνακες. Είναι μια στήλη (ή στήλες), που παραπέμπει σε μια στήλη (τις περισσότερες φορές το πρωτεύον κλειδί) ενός άλλου πίνακα.

Συσχετισμός(Association) ή Σχέση(Relation): Ο συσχετισμός είναι ο τρόπος με τον οποίο δύο πίνακες είναι λειτουργικά συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Χρειάζεται να συμπεριληφθεί πληροφορία σχετικά με τον ελάχιστο και τον μέγιστο αριθμό των μεμονωμένων εγγραφών του ενός πίνακα, που μπορούν να συνδεθούν με μία μεμονωμένη εγγραφή του άλλου πίνακα. Αυτό ονομάζεται πολλαπλότητα (multiplicity) του συσχετισμού και περιγράφεται και στις δύο κατευθύνσεις της σύνδεσης.

Παρακάτω αναλύονται κάποιοι χαρακτηριστικοί συσχετισμοί των πινάκων της βάσης που χρησιμοποιείται:

1. **Σχέση μεταξύ nodes και nodesResults:** Ένας κόμβος μπορεί να έχει μηδέν ή περισσότερες εγγραφές στον πίνακα nodesResults, όπου αποθηκεύονται οι τιμές, που υπολογίζει το EPANET. Συγκεκριμένα όσο η εφαρμογή λειτουργεί κανονικά έχει τόσες εγγραφές στον πίνακα όσες και οι φορές που έχει πραγματοποιηθεί προσομοίωση με το EPANET. Ωστόσο μία εγγραφή στον πίνακα nodesResults μπορεί να αντιστοιχεί σε έναν μόνο κόμβο. Για αυτό χρησιμοποιήθηκε FOREIGN KEY για να δηλώσει την εξάρτηση ενός nodeResult από ένα node. Στο UML διάγραμμα για την περιγραφή του συσχετισμού υπάρχει στη μεριά του πίνακα nodes το «1», που σημαίνει ακριβώς ένας κόμβος και από τη μεριά του πίνακα nodesResults το «0 .. *» που σημαίνει μηδέν ή περισσότερα nodesResults. Όμοια σχέση ισχύει για όλους τους πίνακες αποτελεσμάτων και όλους τους πίνακες δεδομένων.
2. **Σχέση μεταξύ nodes και pipes:** Ένας κόμβος μπορεί να περιέχεται, δηλαδή να αποτελεί τον αρχικό ή τον τελικό κόμβο πολλών αγωγών, όμως πρέπει να ανήκει αναγκαστικά τουλάχιστον σε έναν αγωγό, ώστε να είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο. Από την άλλη έναν αγωγός μπορεί να συσχετίζεται με 2 ακριβώς

κόμβους, τον αρχικό και τον τελικό. Για αυτό από την μεριά του πίνακα nodes υπάρχει το «2» και από τη μεριά του πίνακα ripes υπάρχει το «1 .. *», που σημαίνει ένας ή περισσότεροι. Όμοια σχέση ισχύει και για τον πίνακα των βανών.

3. **Σχέση nodes και logs:** Ένας κόμβος μπορεί να στείλει πολλές καταγραφές στο λογισμικό, όμως υπάρχει περίπτωση να λειτουργεί κανονικά και να μην στείλει κανένα μήνυμα. Για αυτό έχει χρησιμοποιηθεί το σύμβολο «0 ..*» για τα logs και το «1» για τους κόμβους καθώς ένα log πρέπει να συσχετίζεται με έναν ακριβώς κόμβο.

Πίνακες που γεμίζουν με τα δεδομένα που δίνει το input αρχείο πριν αρχίσει η προσομοίωση

nodes

Ο πίνακας nodes αναπαριστά όλους τους κόμβους του δικτύου, που περιγράφονται στο αρχείο εισόδου. Οι κόμβοι ανάλογα με τον ρόλο τους στο δίκτυο χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα junctions, τα tanks και τα reservoirs. Τα attributes που συνθέτουν ένα node είναι τα παρακάτω:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
coordX	Γεωγραφικό Μήκος σε ΕΓΣΑ87
coordY	Γεωγραφικό Πλάτος σε ΕΓΣΑ87
wgsX	Γεωγραφικό Μήκος σε WGS84
wgsY	Γεωγραφικό Πλάτος σε WGS84
type	Τύπος κόμβου(junction/ tank/ reservoir)

junctions

Τα junctions είναι “υποκατηγορία” των nodes για αυτό η κλάση junctions συσχετίζεται με την κλάση nodes μέσω του ξένου κλειδιού nodeID. Τα attributes που συνθέτουν ένα junction είναι τα παρακάτω:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
nodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου
elev	Υψόμετρο έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
demand	Παροχή έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
pattern	Πρότυπο που υποδεικνύει αν το junction είναι υδρόμετρο ή απλή διασταύρωση (1 -> διασταύρωση, 2 -> υδρόμετρο)
hydrometerNum	Αριθμός του υδρομέτρου (0 σε περίπτωση διασταύρωσης)
zone	Ζώνη στην οποία βρίσκεται το junction με βάση το TAG στο .inp αρχείο (null σε περίπτωση που δεν ανήκει σε κάποια ζώνη)

tanks

Τα tanks είναι “υποκατηγορία” των nodes για αυτό ο πίνακας tanks συσχετίζεται με τον πίνακα nodes μέσω του ξένου κλειδιού nodeID. Τα attributes που συνθέτουν ένα tank είναι τα παρακάτω:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
nodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου
elev	Υψόμετρο έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
initLevel	Αρχική στάθμη της δεξαμενής, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
minLevel	Ελάχιστη στάθμη της δεξαμενής, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
maxLevel	Μέγιστη στάθμη της δεξαμενής, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
diameter	Διάμετρος δεξαμενής, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
minVol	Ελάχιστος όγκος δεξαμενής, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο

volCurve	Volume Curve ID
pattern	Πρότυπο

reservoirs

Τα reservoirs είναι “υποκατηγορία” των nodes για αυτό ο πίνακας reservoirs συσχετίζεται με τον πίνακα nodes μέσω του ξένου κλειδιού nodeID. Τα attributes που συνθέτουν ένα reservoir είναι τα παρακάτω:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
nodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου
head	Υδραυλική κεφαλή έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
pattern	Πρότυπο

pipes

Τα pipes έχουν αρχικό και τελικό κόμβο, επομένως ο πίνακας pipes συσχετίζεται με τον πίνακα nodes μέσω των ξένων κλειδιών startNodeID και endNodeID. Τα attributes, που συνθέτουν ένα pipe, είναι τα παρακάτω:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	Μοναδικό όνομα του αγωγού, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
startNodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του αρχικού κόμβου
endNodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του τελικού κόμβου
length	Μήκος αγωγού, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
diameter	Διάμετρος αγωγού, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
roughness	Τραχύτητα αγωγού, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
minorLoss	Minor Loss δεξαμενής, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
status	Κατάσταση αγωγού (OPEN/CLOSED)

valves

Τα valves έχουν αρχικό και τελικό κόμβο, επομένως ο πίνακας valves συσχετίζεται με τον πίνακα nodes μέσω των ξένων κλειδιών startNodeID και endNodeID. Τα attributes που συνθέτουν ένα valve είναι τα παρακάτω:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	Μοναδικό όνομα του αγωγού, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
startNodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του αρχικού κόμβου
endNodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του τελικού κόμβου
diameter	Διάμετρος βαλβίδας, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
valveType	Τύπος βαλβίδας, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
valveSetting	Ρύθμιση βαλβίδας, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο
minorLoss	Minor Loss βαλβίδας, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο

zones

Ο πίνακας zones αποθηκεύει τα ονόματα των ζωνών, που χωρίζουν το δίκτυο. Επομένως, η κλάση zones έχει μόνο ένα attribute, που είναι και το PRIMARY KEY.

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	Μοναδικό όνομα της ζώνης, έτσι όπως ορίστηκε στο .inp αρχείο

Οι τέσσερις επόμενοι πίνακες δημιουργήθηκαν για την αποθήκευση των μετρήσεων, που υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας της εφαρμογής θα λαμβάνονται από εξωτερικές πηγές, όπως τα υδρόμετρα, που είναι εγκατεστημένα στην παλιά πόλη του Ηρακλείου. Όμως, για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας και την ομαλή εξέλιξη της διπλωματικής κρίθηκε απαραίτητη η χρήση fake random data για να γεμίσουν οι πίνακες με δεδομένα.

nodesData

Ο πίνακας nodesData περιλαμβάνει τις μετρήσεις των υδρομέτρων. Για τις μετρήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί τυχαίες τιμές, οι οποίες όμως συνάδουν με την πραγματικότητα. Συγκεκριμένα, οι τιμές είναι προσαρμοσμένες ανάλογα με τις

ανάγκες ενώ νοικοκυριού, δηλαδή κατά τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες η κατανάλωση του νερού είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με τις βραδινές ώρες . Επίσης οι τιμές που δίνουν οι μετρητές κατά τη διάρκεια μίας ημέρας είναι τέτοιες, ώστε να δίνουν συνολικά κατά προσέγγιση 0.5 κυβικά μέτρα, μία φυσιολογική τιμή για τα τωρινά δεδομένα. Κάθε μέτρηση χαρακτηρίζεται από το id του node που αφορά. Τα attributes της κλάσης είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
nodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου
time	Ώρα που στάλθηκε η μέτρηση
demand	Μέτρηση που έστειλε το υδρόμετρο

duplicateMetersData

Ο πίνακας duplicateMetersData περιλαμβάνει τις μετρήσεις των διπλότυπων υδρομέτρων. Κάθε μέτρηση χαρακτηρίζεται από το id του τελικού κόμβου, στον οποίο θα προστεθεί η τιμή της μέτρησης. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
finalNodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του τελικού κόμβου
meterID	Όνομα του διπλότυπου από το excel με τα διπλότυπα που υπάρχουν στο δίκτυο
time	Ώρα που στάλθηκε η μέτρηση
demand	Μέτρηση που έστειλε το υδρόμετρο

valvesData

Ο πίνακας valvesData περιλαμβάνει τις μετρήσεις των αισθητήρων, που είναι τοποθετημένοι στις βάνες του δικτύου. Κάθε μέτρηση χαρακτηρίζεται από το id της βάνας. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT

valveID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα της βαλβίδας
time	Ώρα που στάλθηκε η μέτρηση
openPercentage	Μέτρηση που έστειλε ο αισθητήρας

zonesData

Ο πίνακας zonesData περιέχει τα εικονικά δεδομένα, που δημιουργήθηκαν για τον υπολογισμό του ισοζυγίου κάθε ζώνης. Ουσιαστικά παρέχει δεδομένα για την συνολική ποσότητα νερού, που έφυγε από την δεξαμενή και εισήλθε σε μία ζώνη. Κάθε μέτρηση χαρακτηρίζεται από το id της ζώνης. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
zoneID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα της ζώνης
time	Ώρα που στάλθηκε η μέτρηση
totalInserted	Συνολική ποσότητα νερού που εισήλθε στη ζώνη

Πίνακες που γεμίζουν με τα δεδομένα του EPANET, που προκύπτουν μετά από κάθε προσομοίωση

nodesResults

Ο πίνακας nodesResults περιέχει τις τιμές των βασικών παραμέτρων των κόμβων του δικτύου, έτσι όπως προέκυψαν από το πρόγραμμα EPANET. Κάθε προσομοίωση αφορά ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα καταναλώσεων. Στην προκειμένη περίπτωση αυτό το χρονικό διάστημα είναι ίσο με μισή ώρα. Έτσι κάθε nodesResult διακρίνεται από την αρχή και το τέλος του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων αλλά και από τον μοναδικό κόμβο. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
nodeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου
runTime	Χρονική στιγμή που έγινε η προσομοίωση
startTime	Αρχή του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων

endTime	Τέλος του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
demand	Συνολικά κυβικά μέτρα που καταναλώθηκαν στο μισάωρο (η μέτρηση έρχεται από το υδρόμετρο)
head	Υδραυλική κεφαλή κόμβου
pressure	Πίεση κόμβου
quality	Ποιότητα

pipesResults

Ο πίνακας pipesResults είναι παρόμοιος με τον nodesResults αλλά αφορά τους αγωγούς του δικτύου. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
pipeID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του αγωγού
runTime	Χρονική στιγμή που έγινε η προσομοίωση
startTime	Αρχή του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
endTime	Τέλος του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
flow	Ροή αγωγού
velocity	Ταχύτητα νερού στον αγωγό
headLoss	
quality	Ποιότητα

tanksResults

Ο πίνακας pipesResults είναι παρόμοιος με τον nodesResults, αλλά αφορά τους αγωγούς του δικτύου. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
tankID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα της δεξαμενής
runTime	Χρονική στιγμή που έγινε η προσομοίωση

startTime	Αρχή του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
endTime	Τέλος του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
finalTankLevel	Τελική στάθμη της δεξαμενής στο τέλος της προσομοίωσης
finalTankVolume	Συνολικός όγκος νερού στη δεξαμενή στο τέλος της προσομοίωσης

zonesResults

Στον πίνακα zonesResults καταγράφονται για κάθε ζώνη και για κάθε χρονικό διάστημα η συνολική κατανάλωση νερού, που μέτρησαν όλα τα υδρόμετρα και το ισοζύγιο σε σχέση με το νερό, που εισήλθε στην κάθε ζώνη. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
zoneID (FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα της ζώνης
runTime	Χρονική στιγμή που έγινε η προσομοίωση
startTime	Αρχή του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
endTime	Τέλος του χρονικού διαστήματος καταναλώσεων
totalConsumption	Συνολικά κυβικά μέτρα νερού που καταναλώθηκαν από όλους τους κόμβους που περιλαμβάνονται στην συγκεκριμένη ζώνη
balance	Η διαφορά της συνολικής ποσότητας νερού που εισήλθε στη ζώνη σε σχέση με την συνολική ποσότητα που μετρήθηκε

users

Σε αυτόν τον πίνακα καταγράφονται οι χρήστες, που έχουν πρόσβαση στην εφαρμογή, ώστε να γίνεται οι αυθεντικοποίηση των χρηστών κατά την είσοδο τους. Τα attributes του πίνακα είναι:

Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
username	Όνομα χρήστη
password	Κωδικός χρήστη

logs

Τέλος στον πίνακα logs αποθηκεύονται όλα τα μηνύματα, που στέλνουν τα υδρόμετρα. Κάθε log διακρίνεται από το id του κόμβου, που στέλνει το μήνυμα. Τα attributes του πίνακα είναι:

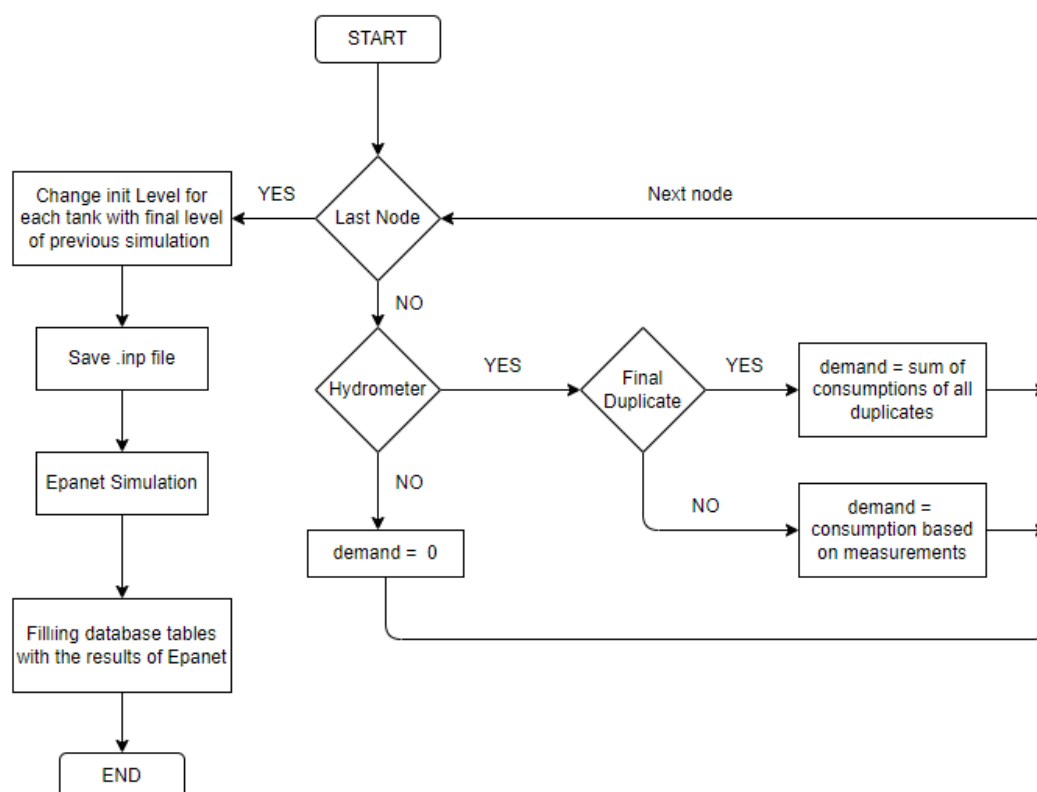
Attribute	Περιγραφή
id (PRIMARY KEY)	AUTO INCREMENT
nodeID(FOREIGN KEY)	Μοναδικό όνομα του κόμβου
time	Χρονική στιγμή αποστολής του μηνύματος
log	Περιεχόμενο μηνύματος

4.3 Υλοποίηση Λειτουργικότητας

Αρχικά για να γίνει η αναπαράσταση του δικτύου στο χάρτη και η παρουσίαση των παραμέτρων των κόμβων και των αγωγών χρειάζεται να γίνει η προσομοίωση. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η προσομοίωση γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος EPANET. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή η προσομοίωση γίνεται κάθε μισή ώρα και αφορά το χρονικό διάστημα 30 λεπτών, που μόλις πέρασε. Για αυτό έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε κάθε πρώτο και κάθε τριακοστό πρώτο λεπτό της ώρας να τρέχει το EPANET με τα κατάλληλα δεδομένα εισόδου. Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστεί ο τρόπος σκέψης και υλοποίησης όλης της διαδικασίας προσομοίωσης, αναλύοντας ένα ένα τα βήματα που ακολουθούνται από το σύστημα κάθε μισάωρο.

4.3.1 Προσομοίωση & Υπολογισμός Αποτελεσμάτων

Πριν και μετά από κάθε προσομοίωση χρειάζεται να γίνει μία συγκεκριμένη διαδικασία για την σωστή εκτέλεση της και την αποθήκευση των απαιτούμενων τιμών. Πρώτα από όλα, χρειάζεται να γίνουν κάποιες παραμετροποιήσεις στο .inp αρχείο της εκάστοτε προσομοίωσης, όπως η αλλαγή του πεδίου demand για κάθε junction ανάλογα με τις ιδιότητες του αλλά και η αλλαγή της στάθμης κάθε δεξαμενής. Πιο αναλυτικά, αν το junction είναι υδρόμετρο, τότε ελέγχεται αν αποτελεί τελικό(final) υδρόμετρο για κάποιο γκρουπ διπλότυπων. Αν το υδρόμετρο είναι τελικό τότε ως demand ορίζεται το άθροισμα των καταναλώσεων όλων των διπλότυπων για το συγκεκριμένο διάστημα, ενώ αν δεν είναι τελικό τότε ως demand ορίζεται μόνο η δική του κατανάλωση. Ακόμη, αν το junction δεν είναι υδρόμετρο, τότε όπως είναι λογικό το demand ορίζεται μηδενικό, αφού δεν στέλνει κάποια μέτρηση. Όσον αφορά την αρχική στάθμη κάθε δεξαμενής ορίζεται ίση με την τελική στάθμη της δεξαμενής, που προέκυψε στην ακριβώς προηγούμενη δεξαμενή. Αφού τελειώσουν οι έλεγχοι και οι αλλαγές το .inp αρχείο αποθηκεύεται και είναι έτοιμο για την προσομοίωση. Παράλληλα με τους ελέγχους των υδρόμετρων για την επεξεργασία του αρχείου εισόδου υπολογίζονται και οι συνολικές καταναλώσεις των υδρόμετρων για κάθε ζώνη του δικτύου καθώς και για ολόκληρο το δίκτυο. Στη συνέχεια αρχίζει το simulation με την κλήση του EPANET - η διαδικασία αυτή θα αναλυθεί σε λίγο. Τέλος, αφού υπολογιστούν τα αποτελέσματα, ακολουθεί η αποθήκευση τους στους κατάλληλους πίνακες της βάσης δεδομένων, για να μπορούν να οπτικοποιηθούν ανά πάσα στιγμή στην ψηφιακή πλατφόρμα της εφαρμογής. Στην συνέχεια φαίνεται το διάγραμμα ροής:



Εικόνα 12: Flow Diagram - Compute Results

Epanet Simulation

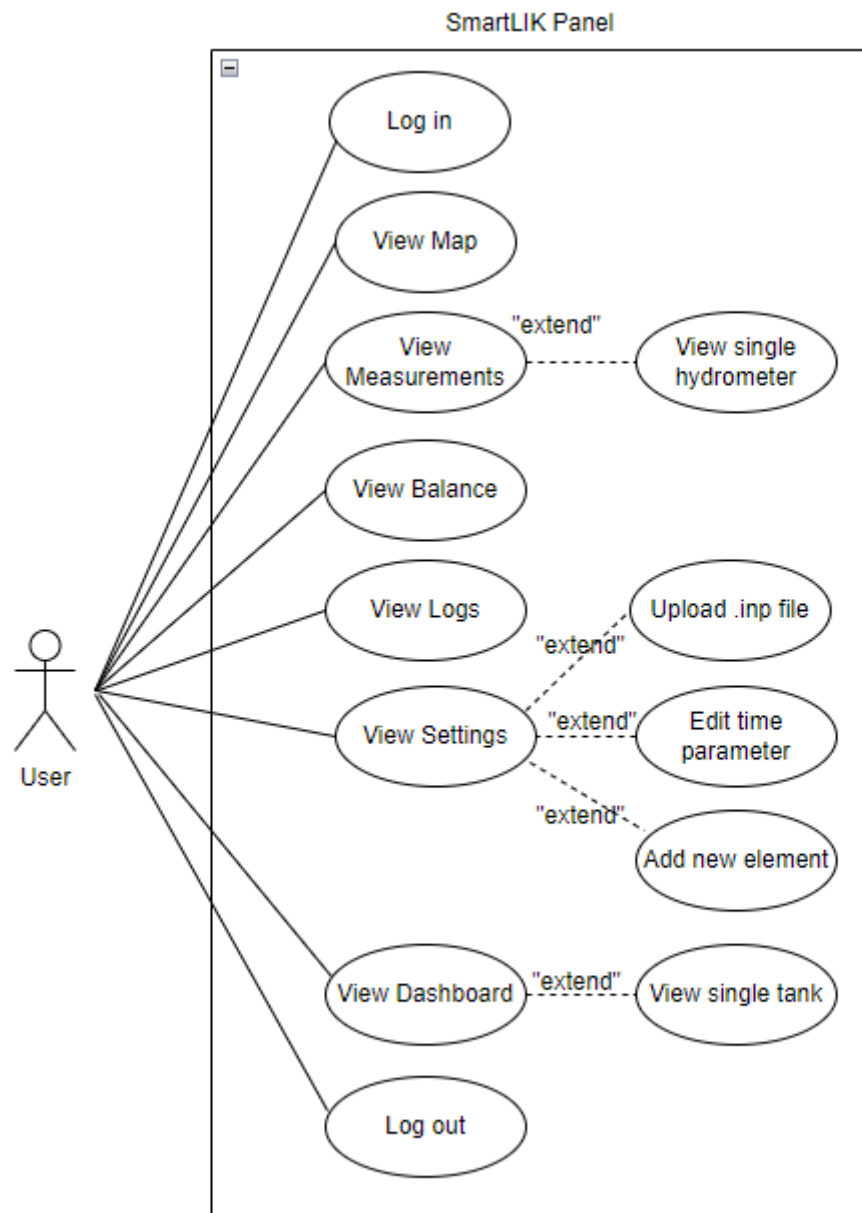
Για την εκτέλεση της προσομοίωσης γίνεται χρήση των συναρτήσεων, που προσφέρει η βιβλιοθήκη epanet-js. Η προσομοίωση αποτελείται από πολλά διαφορετικά υδραυλικά συμβάντα, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τις τιμές των χρονικών παραμέτρων στο αρχείο εισόδου. Με τη βοήθεια ενός do-while loop για κάθε υδραυλικό συμβάν εκτελείται η υδραυλική προσομοίωση για το συγκεκριμένο σημείο του χρόνου καλώντας την συνάρτηση runH() της κλάσης Project. Αφού πραγματοποιηθεί η προσομοίωση αξιοποιούνται συναρτήσεις όπως getNodeValue() και getLinkValue() για να εξαχθούν οι ζητούμενες τιμές. Το do-while ικανοποιείται όσο η συνάρτηση nextH() επιστρέφει τιμές διαφορετικές του μηδενός. Όταν επιστρέψει τιμή μηδέν σημαίνει ότι η προσομοίωση έχει τελειώσει και σταματάει το loop. Ουσιαστικά το while loop τρέχει $(\text{DURATION} / \text{TIMESTEP}) + 1$ φορές. Στην προκειμένη περίπτωση, που έχουμε συνολική διάρκεια 30min και βήμα 1min, έχουμε 31 υδραυλικά συμβάντα, άρα και 31 διαφορετικές τιμές. Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο μικρότερο είναι το timestep τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια έχουν οι τιμές. Στη βάση δεδομένων αποθηκεύονται οι τιμές της τελευταίας υδραυλικής προσομοίωσης, δηλαδή η «εικόνα» του δικτύου το τελευταίο λεπτό.

```
let tStep = Infinity; // Hydraulic timestep
do {
  const cTime = model.runH(); // cTime = current time
  tStep = model.nextH();
  // . . .
} while (tStep == Infinity);
```

Εικόνα 13: Epanet Simulation

4.3.2 Use Cases

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας θα παρουσιαστούν τα “use cases” (περιπτώσεις χρήσης) για την καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών και της λειτουργικότητας της εφαρμογής SmartLIK. Κάθε “use case” περιγράφει ένα συγκεκριμένο σενάριο χρήσης, που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ενέργεια, που ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει. Παρακάτω παρουσιάζεται το αναλυτικό Use Cases Diagram της πλατφόρμας, το οποίο βοηθά τον προγραμματιστή να καθορίσει και να οργανώσει τις απαιτήσεις του συστήματος.



Εικόνα 14: Use Case Diagram

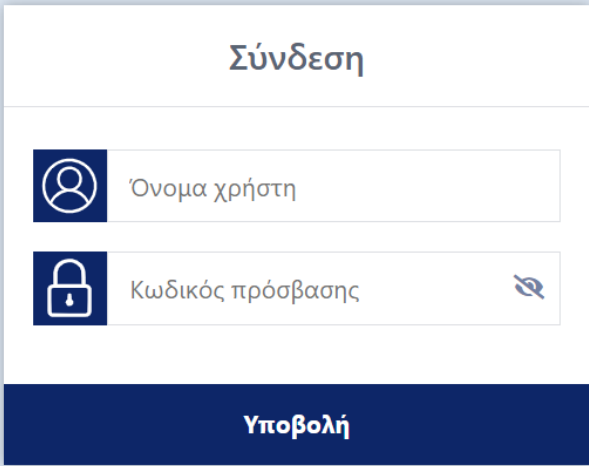
Σύντομη περιγραφή των περιπτώσεων χρήσης

1. **Log in:** Ο χρήστης χρειάζεται να εισάγει στην φόρμα σύνδεσης το username και το password του και, αφού το σύστημα επιβεβαιώσει την ορθότητα τους, τότε ανακατευθύνεται στην αρχική σελίδα(Χάρτης) ή στο εκάστοτε url.
2. **Log out:** Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αποσυνδέεται όποια στιγμή επιθυμεί και να συνδέεται εκ νέου.
3. **View Map:** Όταν ο χρήστης βρίσκεται στη σελίδα Χάρτης, μπορεί να δει την αναπαράσταση του δικτύου της πόλης μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και να ενημερωθεί για τις ροές, τις πιέσεις και άλλες σημαντικές παραμέτρους για κάθε κόμβο και αγωγό, που απαρτίζουν το δίκτυο. Ακόμη, μπορεί να προσαρμόσει τα χρώματα των αντικειμένων, που βρίσκονται πάνω στον χάρτη, με βάση την παράμετρο, που θέλει να μελετήσει. Υπάρχουν και άλλες λειτουργίες, που μπορεί να αξιοποιήσει για την καλύτερη παρακολούθηση και μελέτη της συμπεριφοράς του δικτύου.
4. **View Measurements:** Στην σελίδα Μετρήσεις ο χρήστης μπορεί να δει μία λίστα με τις μετρήσεις, που έχουν στείλει όλα τα υδρόμετρα του δικτύου την χρονική στιγμή, που δείχνει το calendar. Επίσης επιλέγοντας ένα από τα υδρόμετρα της λίστας κατευθύνεται σε μία άλλη σελίδα, που παρέχει εξειδικευμένες πληροφορίες για το υδρόμετρο αυτό.
5. **View Balance:** Ο χρήστης παρακολουθεί τις τιμές των ισοζυγίων και του Μη Τιμολογούμενου Νερού σε κάθε προσομοίωση.
6. **View Logs:** Ο χρήστης ενημερώνεται για την τρέχουσα κατάσταση των υδρόμετρων και ειδοποιείται, όταν κάποιο υδρόμετρο παρουσιάσει κάποια βλάβη και ενδεχομένως χρειάζεται ανθρώπινη παρέμβαση.
7. **View Settings:** Στις Ρυθμίσεις ο χρήστης μπορεί να μεταφορτώσει ένα αρχείο εισόδου. inr, ώστε να αρχίσει η προσομοίωση του δικτύου. Παράλληλα έχει την δυνατότητα να αλλάξει μία από τις χρονικές παραμέτρους του αρχείου εισόδου αλλά και να εισάγει ένα καινούργιο κόμβο σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου, χωρίς να χρειαστεί να μεταφορτώσει ξανά καινούργιο αρχείο. Ο χρήστης εισάγει τα πεδία, που απαιτούνται, για τις παραπάνω ενέργειες. Το σύστημα ελέγχει αν ευσταθούν και στην συνέχεια προχωρά στην εκτέλεσή τους.
8. **View Dashboard:** Στο dashboard παρουσιάζονται πληροφορίες για τις δεξαμενές και τις βάνες του δικτύου, ενώ αν ο χρήστης το επιθυμεί μπορεί να μεταβεί στις μεμονωμένες σελίδες των υπάρχοντων δεξαμενών.

Κεφάλαιο 5 - Εγχειρίδιο εφαρμογής – User Interfaces

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί αναλυτικά το user interface της εφαρμογής, ώστε να γίνει κατανοητό το εύρος των δυνατοτήτων, που προσφέρει η εφαρμογή στον χρήστη. Το User Interface(UI – Διεπαφή Χρήστη) είναι τα σημεία αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας του ανθρώπου με μία ιστοσελίδα ή εφαρμογή, όπως η συμπλήρωση μίας φόρμας ή ακόμη και το πάτημα ενός κουμπιού. Ο στόχος ενός αποτελεσματικού UI είναι να κάνει την εμπειρία του χρήστη εύκολη και διαισθητική απαιτώντας ελάχιστη προσπάθεια εκ μέρους του, για να λάβει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Παρακάτω λοιπόν περιγράφεται το εγχειρίδιο χρήσης της εφαρμογής SmartLIK, όπου παρουσιάζονται οι διαθέσιμες σελίδες και τα βήματα, που πρέπει να ακολουθήσει κανείς για την εκτέλεση οποιασδήποτε λειτουργικότητας, που παρέχεται.

5.1 Σελίδα Σύνδεσης – Log in



Εικόνα 15: Σελίδα Σύνδεσης - Log in

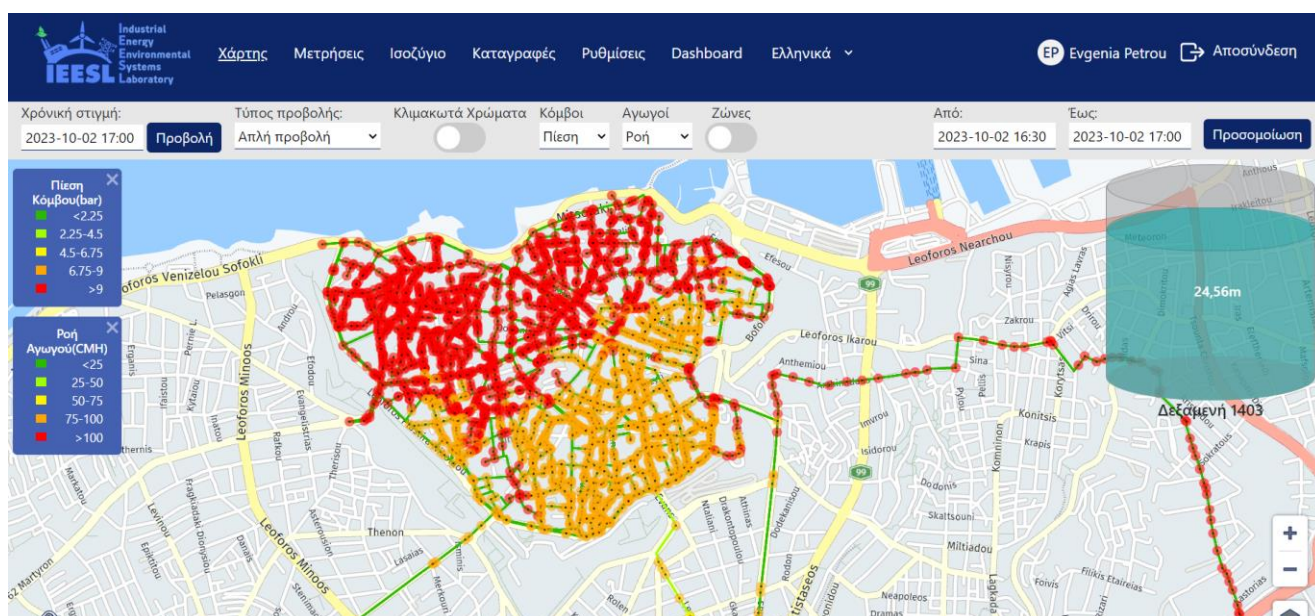
Αρχικά, ο χρήστης για να μπορεί να εισέλθει στην εφαρμογή, χρειάζεται να συνδεθεί με τα δικά του προσωπικά στοιχεία, για αυτό η σελίδα σύνδεσης είναι η σελίδα, που εμφανίζεται όταν ανοίξει για πρώτη φορά την εφαρμογή. Σε αυτήν υπάρχει μία φόρμα στην οποία πρέπει να εισάγει το όνομα χρήστη(username), τον κωδικό πρόσβασης(password) και να πατήσει «Υποβολή» για να γίνει η επαλήθευση ταυτότητας χρήστη(authentication). Το σύστημα πραγματοποιεί την επαλήθευση και

αν τα στοιχεία είναι σωστά τον οδηγεί στην Αρχική Σελίδα του χάρτη, αλλιώς εμφανίζει κατάλληλα μηνύματα λάθους, ώστε να διορθωθούν. Επίσης, πατώντας το εικονίδιο με το μάτι προβάλλεται ο κωδικός πρόσβασης, που έχει πληκτρολογηθεί.

5.2 Αρχική Σελίδα - Χάρτης

Menu

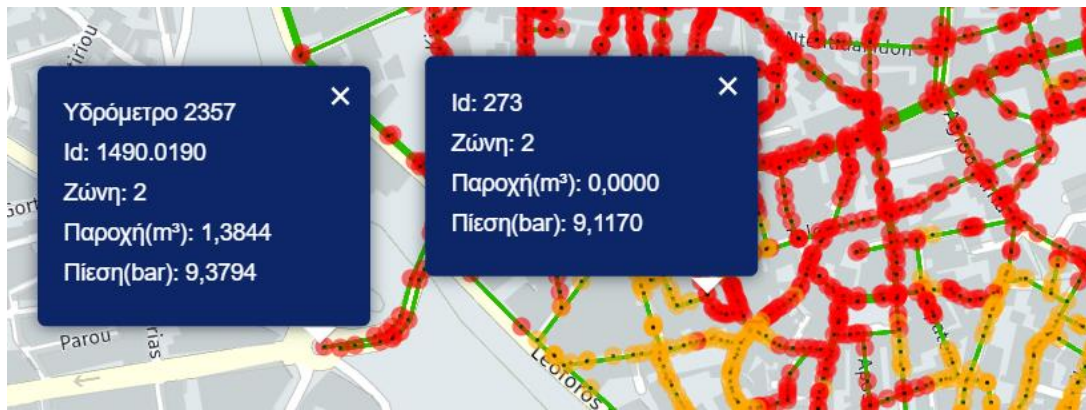
Σε όλες τις σελίδες υπάρχει στο πάνω μέρος μία μπάρα με το μενού στα αριστερά, στο οποίο υπάρχουν όλες οι διαθέσιμες σελίδες, τις οποίες μπορεί να επιλέξει ο χρήστης και να περιηγηθεί εύκολα μέσα στην εφαρμογή. Σε κάθε σελίδα είναι υπογραμμισμένη στο μενού η αντίστοιχη επιλογή ώστε να γνωρίζει ο χρήστης σε ποια σελίδα βρίσκεται κάθε φορά. Ακόμη ο χρήστης μπορεί να εναλλάξει την γλώσσα της εφαρμογής μεταξύ Ελληνικών και Αγγλικών. Τέλος στα δεξιά της μπάρας αναφέρεται το username του χρήστη που είναι logged in και υπάρχει η δυνατότητα αποσύνδεσης, η οποία οδηγεί στην σελίδα σύνδεσης.



Εικόνα 16: Αρχική Σελίδα - Χάρτης

Χάρτης

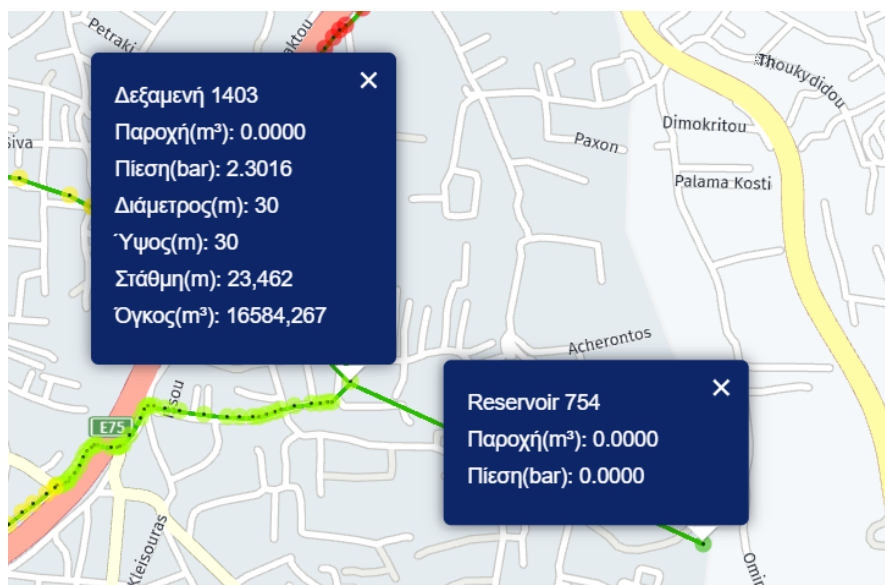
Όσον αφορά την αρχική σελίδα εδώ παρουσιάζεται το δίκτυο και οι περισσότερες πληροφορίες, που παρέχει το EPANET. Οι κόμβοι και οι αγωγοί του δικτύου απεικονίζονται στις ακριβείς τους θέσεις πάνω στον χάρτη. Ο χάρτης είναι πλήρως λειτουργικός καθώς ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει, να μεγεθύνει και να σμικρύνει το παράθυρο προβολής, ενώ αναγράφονται πάνω σε αυτόν ονόματα οδών και περιοχών. Όσο περισσότερο κάνει zoom ο χρήστης τόσο περισσότερες πληροφορίες παρουσιάζονται πάνω στον χάρτη.



Εικόνα 17: Info Windows - Υδρόμετρο & Μη υδρόμετρο

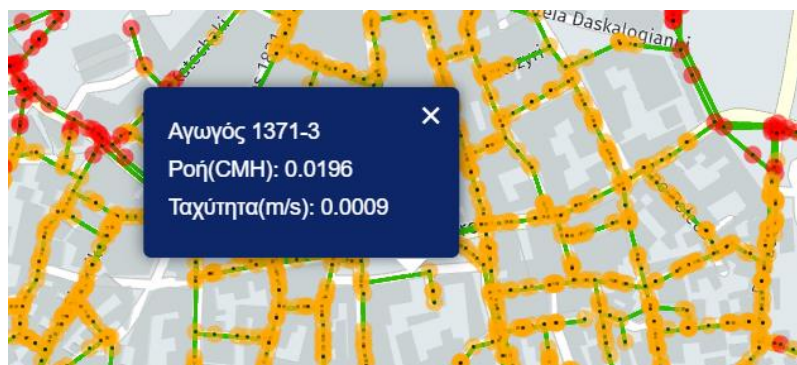
Ο χρήστης για να δει τα ακριβή χαρακτηριστικά κάποιου κόμβου ή αγωγού χρειάζεται απλά να «κλικάρει» πάνω σε αυτόν. Τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο(info window), στο οποίο αναφέρονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με το συγκεκριμένο στοιχείο και πατώντας το εικονίδιο X κλείνει. Σε κάθε παράθυρο κόμβου αναφέρονται:

- Ο αριθμός υδρόμετρου με link, που οδηγεί στην εξατομικευμένη σελίδα με πληροφορίες του συγκεκριμένου υδρόμετρου (Αν ο κόμβος δεν είναι υδρόμετρο, αλλά απλό junction, αυτή η πληροφορία παραλείπεται).
- Το id που υπάρχει στο input αρχείο.
- Η ζώνη, ανάλογα με το TAG (Αν δεν βρίσκεται σε κάποια ζώνη τότε το πεδίο είναι null).
- Η παροχή σε κυβικά μέτρα, δηλαδή η μέτρηση, που έστειλε το υδρόμετρο εκείνη την στιγμή (Μηδενική αν ο κόμβος δεν είναι υδρόμετρο).
- Η πίεση σε bar, που υπολόγισε το EPANET.



Εικόνα 18: Info Window - Δεξαμενή & Reservoir

Αν ο κόμβος είναι δεξαμενή τότε στο παράθυρο εμφανίζεται το id με link, που οδηγεί στην εξατομικευμένη σελίδα της δεξαμενής και οι υπόλοιπες παράμετροι που το αφορούν. Όμοια και για το reservoir.



Εικόνα 19: Info Window Αγωγού

Σε κάθε παράθυρο αγωγού αναφέρονται:

- Το id του αγωγού που υπάρχει στο input αρχείο.
- Η ροή σε κυβικά μέτρα ανά ώρα, έτσι όπως υπολογίστηκε από το EPANET
- Η ταχύτητα, έτσι όπως υπολογίστηκε από το EPANET.

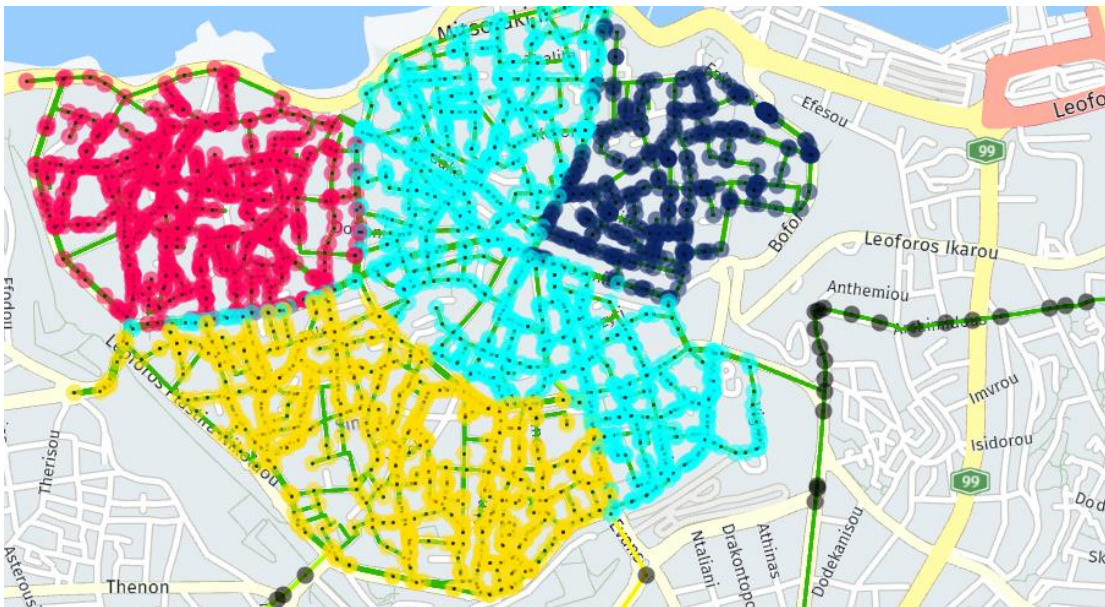
Πάνω από τον χάρτη και κάτω από την μπάρα με το menu υπάρχει μία ακόμη μπάρα, όπου υπάρχουν διάφορες επιλογές για τον χρήστη, που επηρεάζουν την εμφάνιση του χάρτη. Πρώτα από όλα δίνονται δύο τρόποι προβολής του χάρτη α) η Απλή και β) η Πολλαπλή προβολή.

Απλή προβολή

Η Απλή προβολή είναι η by default επιλογή, όταν ανοίξει κανείς την εφαρμογή και σε αυτήν ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τα εξής:

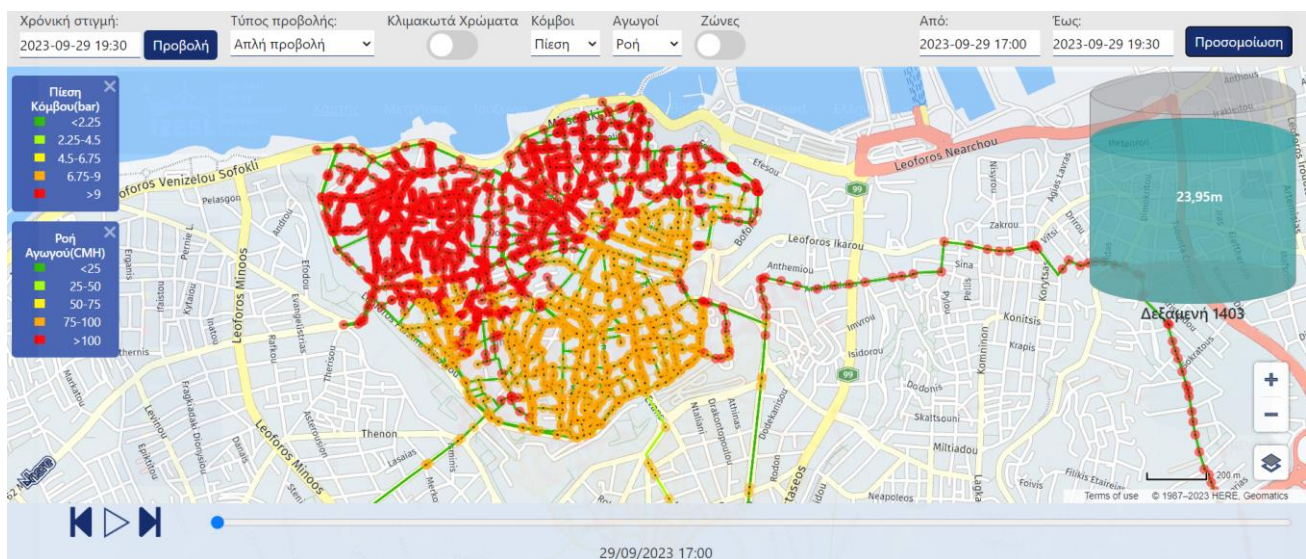
1. Χρονική στιγμή: για να αλλάξει την χρονική στιγμή χρειάζεται να επιλέξει από το calendar, που ανοίγεται την ημερομηνία και την ώρα για την οποία θέλει να δει τα αποτελέσματα. Στο calendar φαίνονται ενεργές μόνο οι ημέρες και οι αντίστοιχοι χρόνοι για τους οποίους έχει τρέξει το EPANET και έχουν υπολογιστεί ροές, πιέσεις κλπ. Έτσι, αφού ο χρήστης επιλέξει την επιθυμητή χρονική στιγμή και πατήσει το κουμπί Προβολή εμφανίζονται στον χάρτη οι τιμές, που είχαν αποθηκευτεί στη βάση δεδομένων για το εκάστοτε χρονικό διάστημα.

5. Ζώνες: Με την επιλογή ζώνες οι κόμβοι χρωματίζονται με βάση την ζώνη στην οποία ανήκουν. Έτσι ο χρήστης μπορεί να δει χρωματικά την περιοχή την οποία καλύπτει κάθε ζώνη. Στο πινακάκι στα αριστερά φαίνεται το χρώμα που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη.



Εικόνα 22: Επιλεγμένες Ζώνες

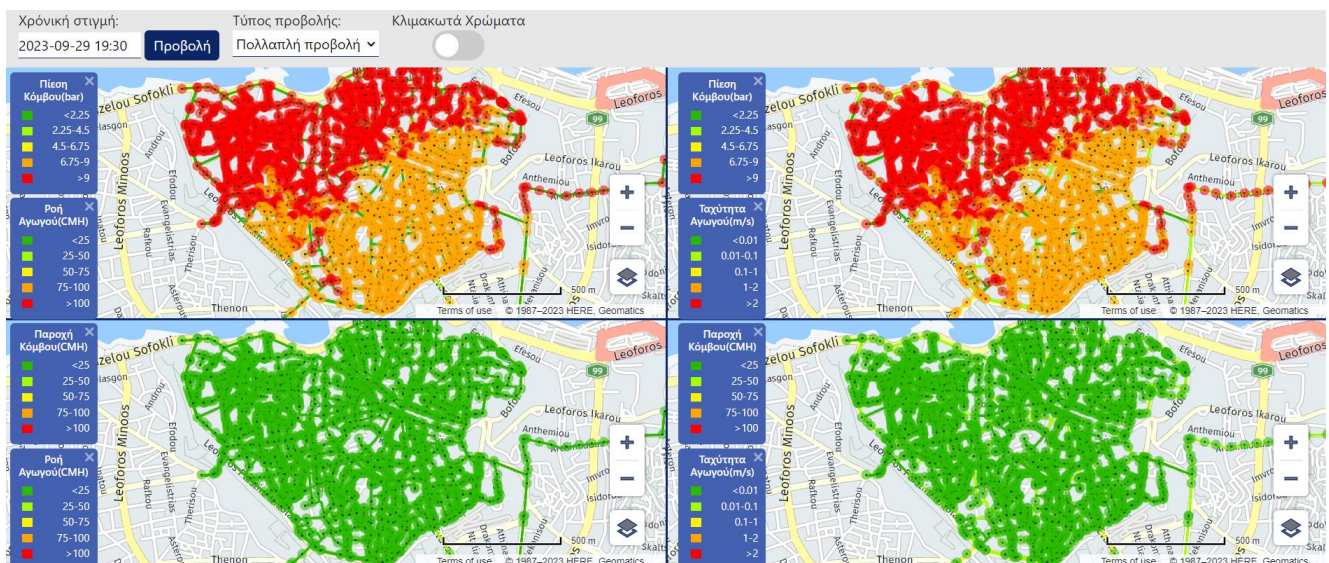
Ακόμη στα δεξιά του χάρτη προβάλλεται η δεξαμενή με την τιμή της στάθμης να μεταβάλλεται δυναμικά ανάλογα με την επιλεγμένη χρονική στιγμή στο πεδίο του χρόνου.



Εικόνα 23: Προσομοίωση χρονικού διαστήματος

Τέλος μία ακόμη λειτουργία, που προσφέρει η Απλή προβολή, είναι η Προσομοίωση. Πρόκειται για μία εικονική προσομοίωση στην οποία ο χρήστης μπορεί να δει με τη μορφή βίντεο την κατάσταση του δικτύου στη διάρκεια ενός διαστήματος. Χρειάζεται να επιλέξει την αρχή και το τέλος του χρονικού διαστήματος για το οποίο θέλει να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση από τις επιλογές «Από» και «Έως» στα δεξιά της μπάρας και να πατήσει το κουμπί «Προσομοίωση». Όπως είναι λογικό η χρονική στιγμή «Από» πρέπει να είναι νωρίτερα χρονικά από την χρονική στιγμή «Έως», αλλιώς εμφανίζεται μήνυμα λάθους. Όταν λοιπόν ενεργοποιηθεί η προσομοίωση, εμφανίζεται μία μπάρα στο κάτω μέρος του χάρτη με τα χαρακτηριστικά εικονίδια του βίντεο για Αναπαραγωγή, Παύση και Μετακίνηση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να σταματήσει την παρουσίαση σε οποιοδήποτε σημείο του χρονικού διαστήματος, που έχει επιλέξει, επιθυμεί και να παρατηρήσει τις τιμές των ροών, των πιέσεων και γενικά όλων των χαρακτηριστικών του δικτύου. Στην μπάρα φαίνεται η τρέχουσα χρονική στιγμή σε κάθε σημείο της προσομοίωσης.

Πολλαπλή προβολή




Εικόνα 24: Πολλαπλή Προβολή

Με την επιλογή πολλαπλής προβολής εμφανίζονται στην οθόνη τέσσερις χάρτες που αποτυπώνουν το δίκτυο με τους τέσσερις διαφορετικούς συνδυασμούς χρωμάτων για την Πίεση - Παροχή των κόμβων και την Ροή – Ταχύτητα των αγωγών. Από τα πινακάκια που αντιστοιχούν σε κάθε χάρτη γίνεται κατανοητό ποιοι

παράμετροι επηρεάζουν τα χρώματα. Έτσι ο χρήστης μπορεί να συγκρίνει, να παρατηρήσει και γενικά να έχει πλήρη εικόνα για την συμπεριφορά του δικτύου. Επιπλέον μπορεί να αλλάξει την επιλογή χρονική στιγμή για να δει συνολικά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που τον ενδιαφέρει και να επιλέξει την επιλογή κλιμακωτά χρώματα για καλύτερη κατανόηση. [Εικόνα 24]

5.3 Σελίδα Μετρήσεις



Industrial
Energy
Environmental
Systems
Laboratory

Χάρτης

Μετρήσεις

Ισοζύγιο

Καταγραφές

Ρυθμίσεις

Dashboard

Ελληνικά

EP

Evgenia Petrou

Αποσύνδεση

Χρόνική στιγμή:

2023-10-02 17:00

Υποβολή

Κωδικός υδρόμετρου	Μέτρηση(m³)
1	0.3482
2	0.3941
3	0.2337
4	0.3144
5	0.2703
6	0.3566
7	0.3079
8	0.3089
9	0.3096
10	0.3219
11	0.3633

Εικόνα 25: Σελίδα Μετρήσεις

Στην σελίδα Μετρήσεις παρουσιάζονται σε έναν πίνακα όλα τα υδρόμετρα του δικτύου με τις μετρήσεις, που στέλνουν την χρονική στιγμή, που είναι επιλεγμένη στο calendar. Στην πρώτη στήλη του πίνακα υπάρχει ο αριθμός του υδρόμετρου και στην δεύτερη στήλη η μέτρηση που έστειλε το υδρόμετρο εκφρασμένη σε κυβικά μέτρα. Ο αριθμός του υδρόμετρου είναι link που οδηγεί στην σελίδα του συγκεκριμένου υδρόμετρου.

191	0.4228
192	0.3597
193	0.4397
194	0.3637
195	0.4053
196	0.4289
197	0.4208
198	0.3374
199	0.4040
200	0.4079

<< Prev

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

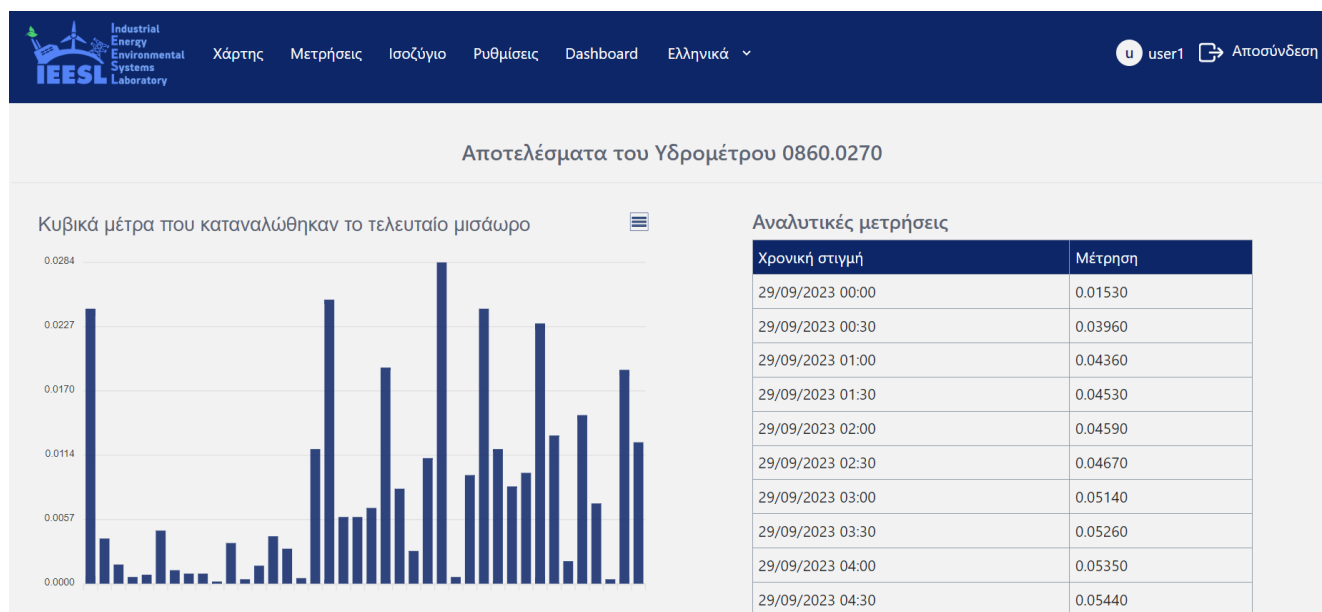
Next >>

IEESL | All right Reserved

Εικόνα 26: Pagination Πίνακα

Στον πίνακα έχει εφαρμοστεί σελιδοποίηση, καθώς ο συνολικός αριθμός των υδρόμετρων είναι πολύ μεγάλος. Έτσι διευκολύνεται η πλοήγηση των χρηστών.

5.4 Σελίδα Υδρόμετρο



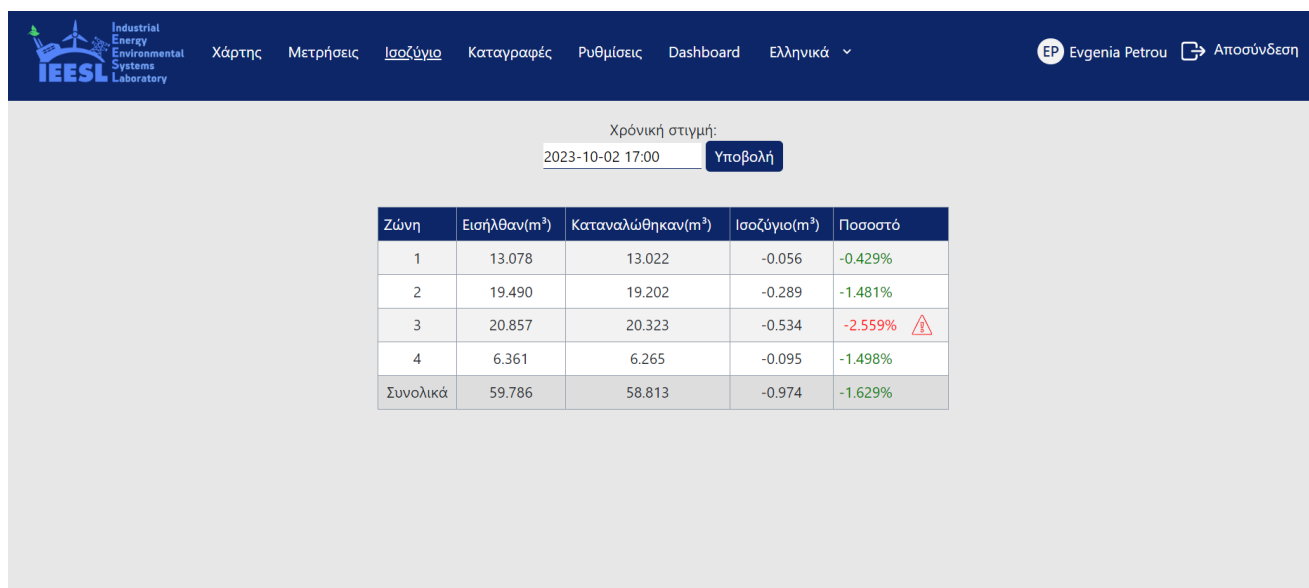
Εικόνα 27: Σελίδα Υδρόμετρο

Η σελίδα Υδρόμετρο αλλάζει δυναμικά περιεχόμενο ανάλογα με την παράμετρο(url parameter) στον σύνδεσμο της σελίδας. Για παράδειγμα ο σύνδεσμος της σελίδας στην εικόνα 27 είναι <http://smartlik.tuc.gr/hydrometer?id=0860.0270> και αφορά το υδρόμετρο με id '0860.0270'.

Στην οθόνη εμφανίζεται ένα διάγραμμα με τις καταναλώσεις του συγκεκριμένου υδρόμετρου για κάθε χρονικό διάστημα, που έχει τρέξει η προσομοίωση με το EPANET. Αν ο χρήστης τοποθετήσει τον κέρσορα του πάνω σε μία από τις στήλες του διαγράμματος, τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο με το διάστημα, που πραγματοποιήθηκε η κατανάλωση και το συνολικό ποσό της σε κυβικά μέτρα. Με αυτήν την απεικόνιση ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για την πορεία της κατανάλωσης ενός συγκεκριμένου καταναλωτή και να παρατηρήσει πότε υπερβαίνει τα φυσιολογικά όρια. Έτσι μπορούν να εντοπιστούν πιθανά προβλήματα.

Επιπροσθέτως, εκτός από το διάγραμμα εμφανίζεται ένας πίνακας με τις μετρήσεις του συγκεκριμένου υδρόμετρου για όλες τις χρονικές στιγμές, που λειτουργεί η εφαρμογή.

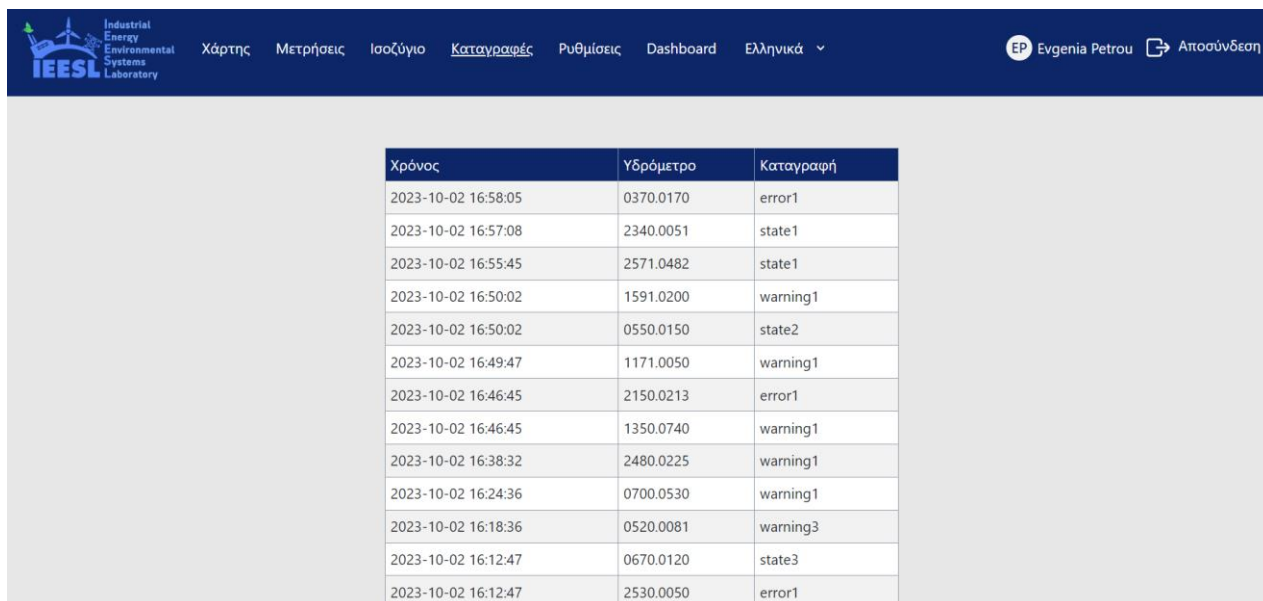
5.5 Σελίδα Ισοζύγιο



Εικόνα 28: Σελίδα Ισοζύγιο

Στην συγκεκριμένη σελίδα ο χρήστης της εφαρμογής ενημερώνεται για τα ισοζύγια των ζωνών και το Μη Τιμολογούμενο Νερό με τη βοήθεια ενός πίνακα [Εικόνα 28]. Πιο αναλυτικά, για κάθε ζώνη παρουσιάζεται η συνολική ποσότητα νερού, που εισήλθε σε αυτήν για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η μέτρηση αυτή έρχεται από εξωτερική πηγή και ενδεχομένως μπορεί να γίνει με τη χρήση βανών ή διάφορων ειδών αισθητήρων. Στην συνέχεια αναφέρεται η συνολική κατανάλωση, δηλαδή το άθροισμα των καταναλώσεων, που στέλνουν τα υδρόμετρα. Έτσι υπολογίζεται το ισοζύγιο για κάθε ζώνη και το ποσοστό ισοζυγίου, ώστε να εντοπιστούν μεγάλες διαφορές μεταξύ καταναλώσεων και εισαγόμενου νερού. Όταν το ποσοστό υπερβαίνει το 0.2% αναγράφεται με κόκκινο χρώμα και υποδηλώνει ότι η ποσότητα του Μη Ανταποδοτικού Νερού είναι πάνω από τις φυσιολογικές τιμές και η συγκεκριμένη ζώνη χρήζει παρακολούθησης για την εύρεση του προβλήματος που προκαλεί αυτή την μεγάλη διαφορά. Ακόμη στην τελευταία σειρά του πίνακα έχουν γίνει οι υπολογισμοί των αντίστοιχων τιμών για ολόκληρο το δίκτυο, προκειμένου να έχει ο χρήστης μία πλήρη εικόνα της κατάστασης για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

5.7 Σελίδα Καταγραφές

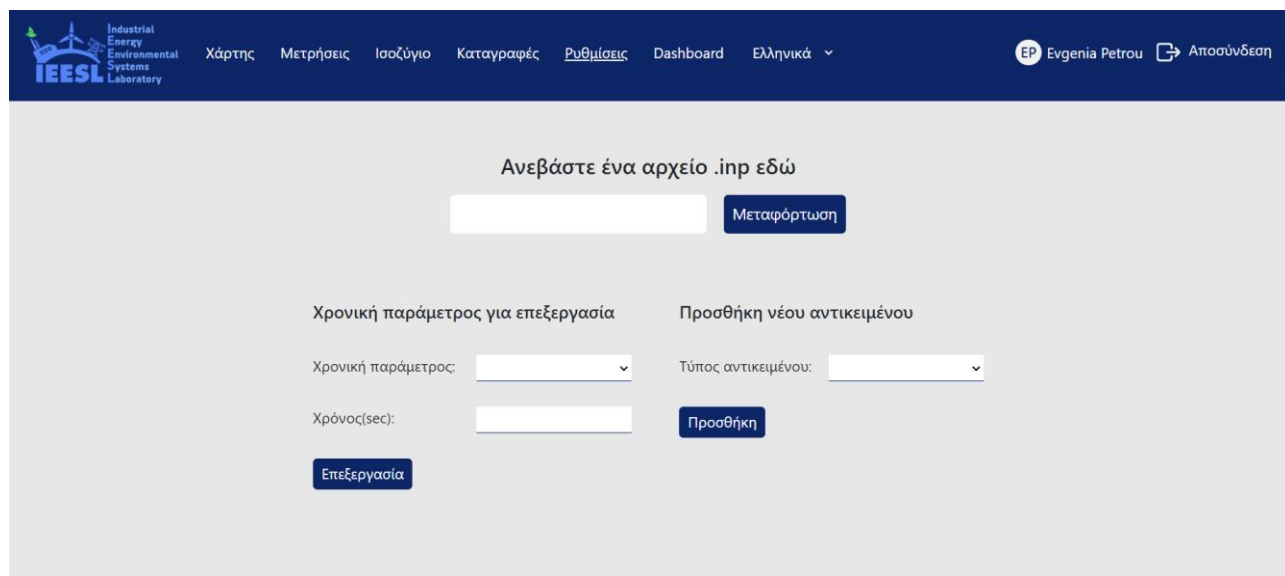


Χρόνος	Υδρόμετρο	Καταγραφή
2023-10-02 16:58:05	0370.0170	error1
2023-10-02 16:57:08	2340.0051	state1
2023-10-02 16:55:45	2571.0482	state1
2023-10-02 16:50:02	1591.0200	warning1
2023-10-02 16:50:02	0550.0150	state2
2023-10-02 16:49:47	1171.0050	warning1
2023-10-02 16:46:45	2150.0213	error1
2023-10-02 16:46:45	1350.0740	warning1
2023-10-02 16:38:32	2480.0225	warning1
2023-10-02 16:24:36	0700.0530	warning1
2023-10-02 16:18:36	0520.0081	warning3
2023-10-02 16:12:47	0670.0120	state3
2023-10-02 16:12:47	2530.0050	error1

Εικόνα 29: Σελίδα Καταγραφές

Σε αυτό το μέρος της εφαρμογής έχει υλοποιηθεί ένας τρόπος αναπαράστασης πιθανών μηνυμάτων που μπορεί να στέλνουν τα υδρόμετρα. Οποιαδήποτε στιγμή υδρόμετρα από διάφορα σημεία του δικτύου μπορεί να στέλνουν μηνύματα ενημέρωσης της κατάστασής τους, προειδοποιήσεις ή ακόμη και μηνύματα βλαβών. Τα μηνύματα αυτά όπως φαίνεται και από την εικόνα 30 παρουσιάζονται με τη μορφή πίνακα από τα πιο πρόσφατα στα πιο παλιά, ώστε για κάθε καταγραφή να φαίνεται ο χρόνος αποστολής και το ID του υδρόμετρου από το οποίο προήλθε. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης έχει τον πλήρη έλεγχο των υδρόμετρων και δύναται να δρομολογήσει επιδιορθώσεις και αποκαταστάσεις, όποτε αυτό χρειαστεί, για να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του δικτύου.

5.6 Σελίδα Ρυθμίσεις



Εικόνα 30: Σελίδα Ρυθμίσεις

Στην συγκεκριμένη σελίδα ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί μερικώς το .inp αρχείο του δικτύου. Κατ' αρχάς από εδώ μπορεί να μεταφορτώσει το .inp αρχείο για να αρχίσει να λειτουργεί η εφαρμογή και να γίνεται η προσομοίωση. Επίσης μπορεί είτε να αλλάξει μία χρονική παράμετρο είτε να προσθέσει ένα νέο αντικείμενο στο δίκτυο [Εικόνα 30].

Μεταφόρτωση αρχείου

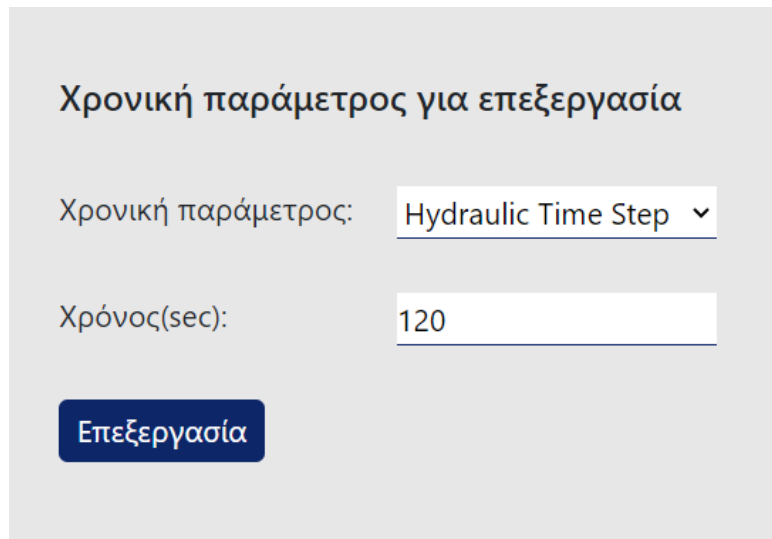
Όσον αφορά την μεταφόρτωση ο χρήστης πατώντας πάνω στο άσπρο πλαίσιο, έχει την δυνατότητα να επιλέξει ένα αρχείο από τον υπολογιστή του και πατώντας Μεταφόρτωση να το εισάγει στην εφαρμογή. Ωστόσο το λογισμικό πριν αποθηκεύσει το αρχείο εκτελεί κάποιους ελέγχους, καθώς το εισαγόμενο αρχείο πρέπει να πληροί κάποιες προϋποθέσεις. Αν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις ή δεν επιλεχθεί κάποιο αρχείο, εμφανίζονται κατάλληλα μηνύματα λάθους. Πιο αναλυτικά για το αρχείο εισόδου πρέπει να ισχύουν τα παρακάτω:

1. Να είναι ΜΟΝΟ ένα αρχείο
2. Να έχει αυστηρά κατάληξη .inp
3. Μέγιστο όριο τα 5MB

Χρονική παράμετρος για επεξεργασία

Μέσω της συγκεκριμένης επιλογής ο χρήστης μπορεί να αλλάξει, όποτε επιθυμεί, μία από τις δύο βασικές χρονικές παραμέτρους του .inp αρχείου, χωρίς να επέμβει χειροκίνητα σε αυτό. Πιο συγκεκριμένα μπορεί συμπληρώσει την φόρμα

επεξεργασίας, που φαίνεται παρακάτω [Εικόνα 31] και να επιλέξει από το dropdown menu είτε την διάρκεια (DURATION) είτε το χρονικό βήμα (HYDRAULIC TIME STEP) της προσομοίωσης. Η ακριβής τιμή της χρονικής παραμέτρου συμπληρώνεται στο από κάτω πεδίο σε seconds.



Χρονική παράμετρος για επεξεργασία

Χρονική παράμετρος: Hydraulic Time Step ▾

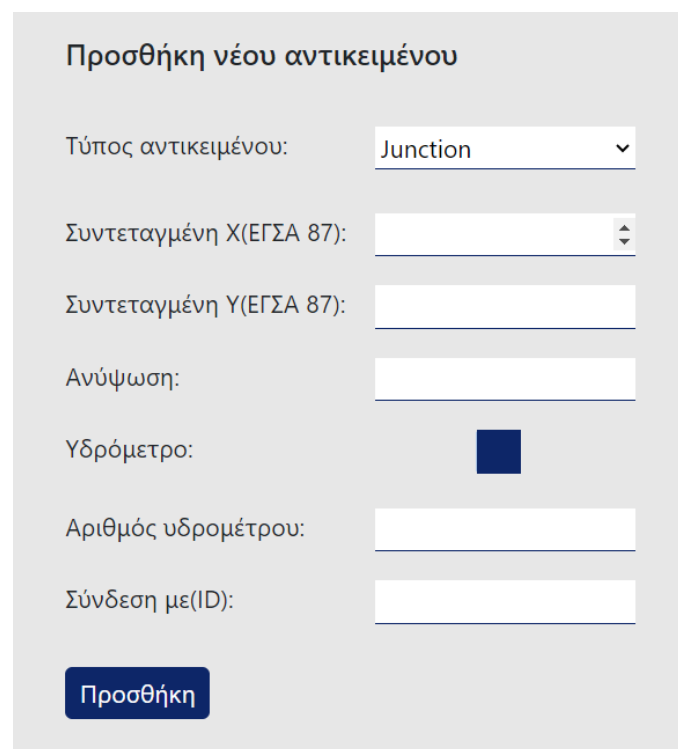
Χρόνος(sec):

Επεξεργασία

Εικόνα 31: Ορισμός του HYDRAULIC TIMESTEP στα 120sec

Προσθήκη νέου αντικειμένου

Παράλληλα, μία ακόμη λειτουργία της εφαρμογής, που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης είναι η προσθήκη είτε ενός Junction, είτε μίας δεξαμενής είτε μίας βάνας.




Προσθήκη νέου αντικειμένου

Τύπος αντικειμένου: Junction ▾

Συντεταγμένη Χ(ΕΓΣΑ 87):

Συντεταγμένη Υ(ΕΓΣΑ 87):

Ανύψωση:

Υδρόμετρο: 

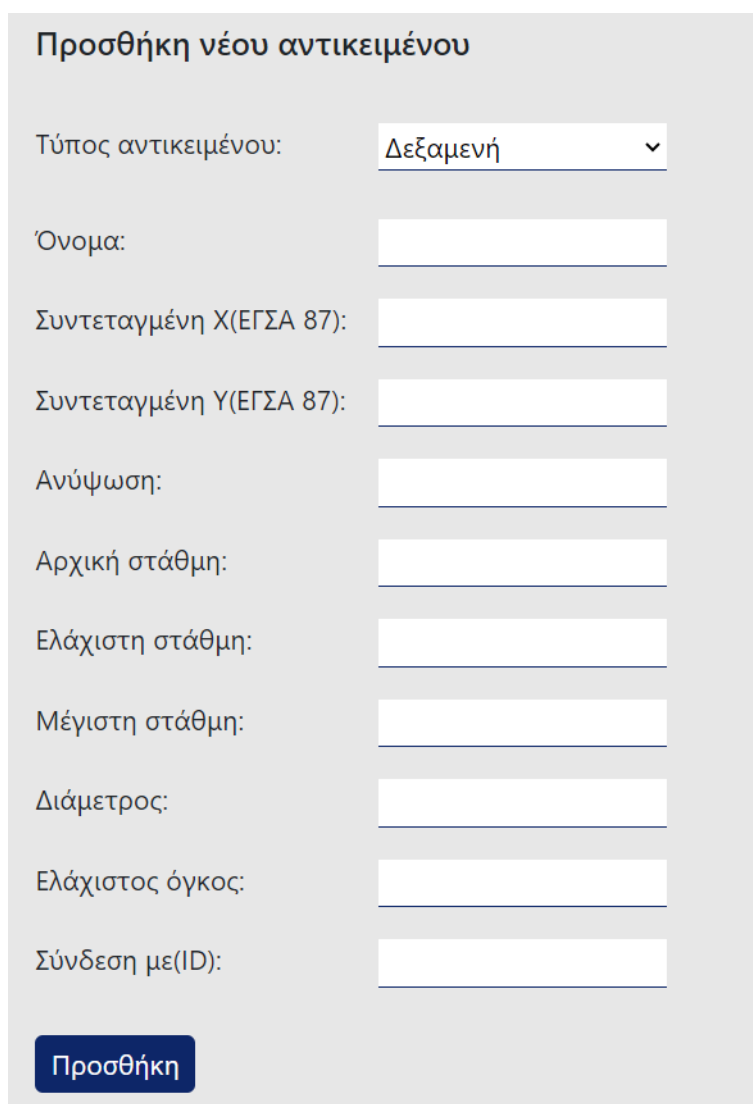
Αριθμός υδρομέτρου:

Σύνδεση με(ID):

Προσθήκη

Εικόνα 32: Φόρμα για την προσθήκη Junction

Για την προσθήκη ενός Junction ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τις ακριβείς συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87, την ανύψωση και το ID του Junction με το οποίο θα συνδεθεί ο νέος κόμβος [Εικόνα 32]. Το ID του Junction, που θα εισάγει ο χρήστης, θα πρέπει να είναι ένα υπαρκτό junction το οποίο θα υπάρχει ήδη στο .inp αρχείο, αλλιώς η προσθήκη δεν είναι εφικτή. Επίσης, επιλέγοντας το checkbox Υδρόμετρο ο χρήστης δηλώνει ότι το νέο στοιχείο έχει την ιδιότητα του υδρόμετρου και χρειάζεται να συμπληρώσει το νέο πεδίο, που εμφανίζεται με τον αριθμό του. Ο αριθμός είναι αναγκαίο να μην χρησιμοποιείται από άλλο υδρόμετρο. Ένας περιορισμός αυτής της λειτουργίας είναι ότι ένας κόμβος δεν μπορεί να συνδεθεί πάνω σε έναν ήδη υπάρχοντα αγωγό ανάμεσα σε δύο άλλους κόμβους, παρά μόνο ως τελικός.



Προσθήκη νέου αντικειμένου

Τύπος αντικειμένου: Δεξαμενή ▼

Όνομα:

Συντεταγμένη Χ(ΕΓΣΑ 87):

Συντεταγμένη Υ(ΕΓΣΑ 87):

Ανύψωση:

Αρχική στάθμη:

Ελάχιστη στάθμη:

Μέγιστη στάθμη:

Διάμετρος:

Ελάχιστος όγκος:

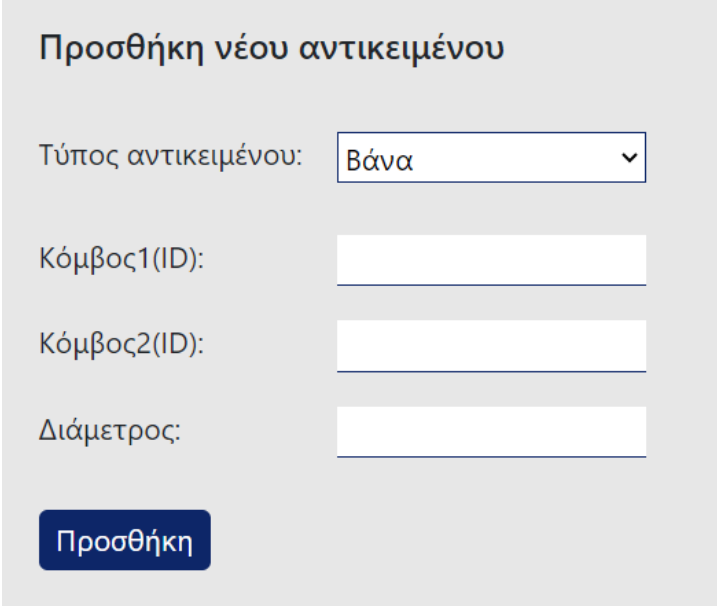
Σύνδεση με(ID):

Προσθήκη

Εικόνα 33: Φόρμα για την προσθήκη δεξαμενής

Για την φόρμα προσθήκης δεξαμενής απαιτείται να συμπληρωθούν τα χαρακτηριστικά της νέας δεξαμενής [Εικόνα 33]. Σχετικά με τους ελέγχους πρέπει το όνομα να μην χρησιμοποιείται από άλλη δεξαμενή και η αρχική, ελάχιστη και μέγιστη

στάθμη να είναι λογικές τιμές, δηλαδή για παράδειγμα η ελάχιστη στάθμη να μην είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη.



Προσθήκη νέου αντικειμένου

Τύπος αντικειμένου:

Κόμβος1(ID):

Κόμβος2(ID):

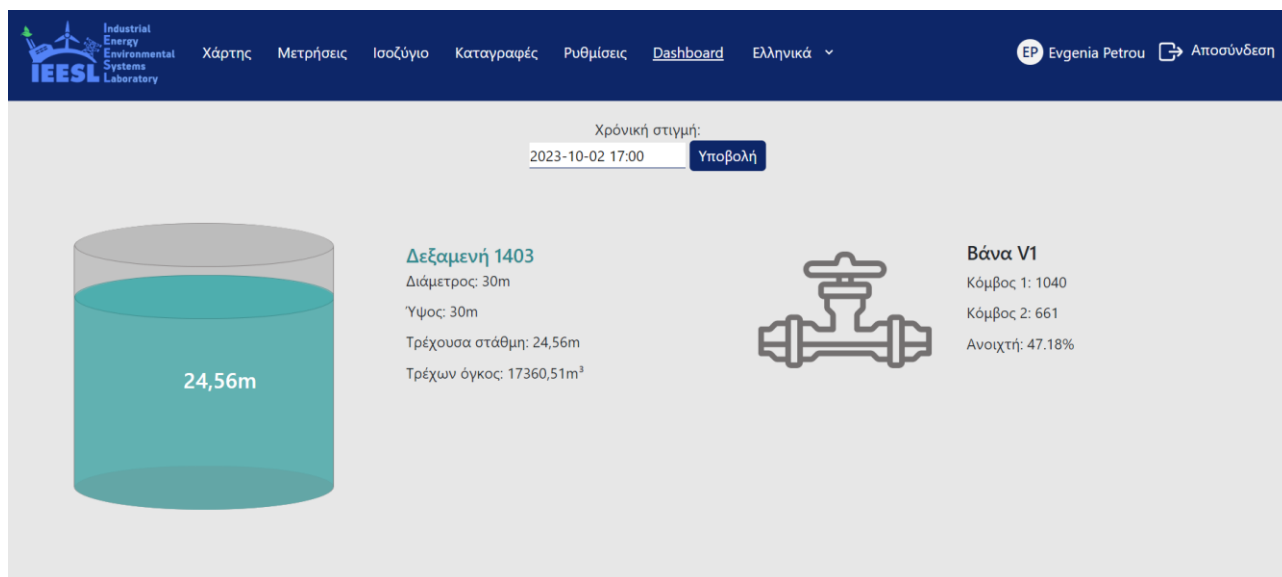
Διάμετρος:

Προσθήκη

Εικόνα 34: Φόρμα για την προσθήκη βάνας

Για την προσθήκη βάνας ο χρήστης χρειάζεται να συμπληρώσει τον αρχικό και τελικό κόμβο καθώς και την διάμετρο της βάνας [Εικόνα 34]. Επίσης για να προστεθεί βάνα στο δίκτυο θα πρέπει να υπάρχει ήδη αγωγός με τα συγκεκριμένα άκρα που θα εισάγει ο χρήστης.

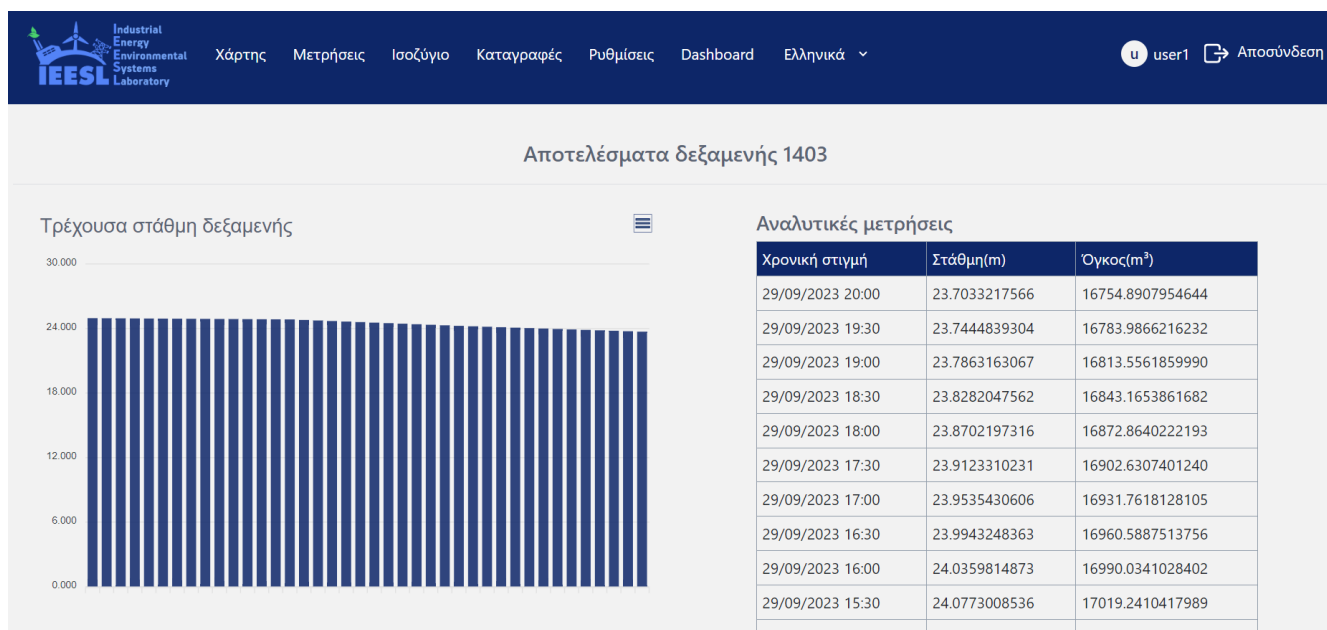
5.7 Σελίδα Dashboard



Εικόνα 35: Σελίδα Dashboard

Στο dashboard της εφαρμογής υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση όλων των δεξαμενών και των βανών του δικτύου για κάθε χρονική στιγμή. Για τις δεξαμενές εμφανίζονται οι τιμές των βασικών χαρακτηριστικών τους όπως το ύψος, η διάμετρος και οι τρέχουσες τιμές για στάθμη και όγκο. Επίσης αν ο χρήστης επιλέξει με το ποντίκι του το όνομα κάποιας δεξαμενής τότε ο χρήστης οδηγείται στην σελίδα της εκάστοτε δεξαμενής. Σχετικά με τις βάνες πληροφορείται για το πόσο τοις εκατό είναι ανοιχτή η κάθε βάνα που βρίσκεται στο δίκτυο την εκάστοτε χρονική στιγμή.

5.8 Σελίδα Δεξαμενή



Εικόνα 36: Σελίδα Δεξαμενή

Η σελίδα Δεξαμενή αλλάζει δυναμικά περιεχόμενο ανάλογα με την παράμετρο(url parameter) στον σύνδεσμο της σελίδας, όπως και η σελίδα Υδρόμετρο.

Στην οθόνη εμφανίζεται ένα διάγραμμα με τις στάθμες της συγκεκριμένης δεξαμενής για κάθε χρονικό διάστημα, που έχει τρέξει η προσομοίωση με το EPANET. Αν ο χρήστης τοποθετήσει τον κέρσορα του πάνω σε μία από τις στήλες του διαγράμματος, τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο με την στάθμη της δεξαμενής σε μέτρα και την τρέχουσα χρονική στιγμή. Όπως φαίνεται και από την εικόνα 36 η στάθμη της δεξαμενής όπως είναι αναμενόμενο σταδιακά μειώνεται. Επιπροσθέτως, εκτός από το διάγραμμα εμφανίζεται και ένας πίνακας με την στάθμη και τον συνολικό όγκο της δεξαμενής σε κυβικά μέτρα.

Κεφάλαιο 6 – Συμπέρασμα & Μελλοντική επέκταση

6.1 Οφέλη

Καταλήγοντας, η εφαρμογή SmartLIK, που μόλις περιεγράφηκε προσφέρει πληθώρα οφελών που αφορούν την αποδοτική διαχείριση υδατικών πόρων και τη βελτίωση δικτύων ύδρευσης. Παρακάτω αναλύονται τα κυριότερα οφέλη:

1. **Αποτελεσματικότερη Χρήση των Πόρων:** Η εφαρμογή επιτρέπει την πιο αποτελεσματική χρήση των υδατικών πόρων μέσω της μείωσης των διαρροών και της μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης (περιλαμβάνει κάθε είδους κλοπή και παράνομη χρήση νερού, παράνομες συνδέσεις και μετρητές που έχουν υποστεί βανδαλισμούς), βοηθώντας έτσι στην εξοικονόμηση νερού.
2. **Εντοπισμός Διαρροών:** Η εφαρμογή επιτρέπει τον εντοπισμό διαρροών στο δίκτυο ύδρευσης συμβάλλοντας στην άμεση αντίδραση για την αποτροπή περαιτέρω απωλειών. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική μείωση απωλειών νερού και βελτιώνεται η απόδοση του συστήματος.
3. **Εξοικονόμηση Ενέργειας:** Η μείωση των απωλειών νερού συνεπάγεται επίσης μείωση της ενέργειας, που απαιτείται για τη λειτουργία του δικτύου ύδρευσης, βοηθώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας.
4. **Προσδιορισμός Ισοζυγίων:** Η εφαρμογή παρέχει πληροφορίες για τα ισοζύγια νερού, ενέργειας και ανθρώπινων-τεχνικών πόρων βοηθώντας στον προσδιορισμό των αναγκών και την βελτιστοποίηση της διαχείρισής τους.
5. **Μείωση Βλαβών του Δικτύου:** Μέσω της συνεχούς επίβλεψης και του ελέγχου πιέσεων στις δεξαμενές, η εφαρμογή συμβάλλει στη μείωση των βλαβών του δικτύου.
6. **Βελτιωμένη Κάλυψη των Αναγκών Ζήτησης:** Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα για βελτιωμένη κάλυψη των αυξημένων αναγκών σε ύδρευση.
7. **Μείωση Λειτουργικών Εξόδων:** Η εφαρμογή συνεισφέρει στη μείωση των λειτουργικών εξόδων, συμπεριλαμβανομένης της εξοικονόμησης ενέργειας, ανθρωποωρών και υλικών.
8. **Αύξηση εσόδων:** Τα έσοδα της ΔΕΥΑΗ υπολογίζεται να αυξηθούν λόγω μείωσης του μη τιμολογούμενου νερού.
9. **Πιλοτικό Έργο και Βέλτιστη Πρακτική:** Η υλοποίηση αυτής της εφαρμογής μπορεί να αποτελέσει πρότυπο έργο, που θα μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγαλύτερη κλίμακα και να αποτελέσει βέλτιστη πρακτική για άλλους παρόχους ύδατος.

Συνεπώς, με το πέρας της παρούσας διπλωματικής δημιουργήθηκε μία πλήρως λειτουργική διαδικτυακή εφαρμογή, η οποία παρέχει ένα εύχρηστο περιβάλλον εργασίας στους χρήστες, επιτρέποντάς τους να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το εκάστοτε δίκτυο ύδρευσης. Διακρίνεται από χρηστικότητα, καθώς είναι ιδιαίτερα εύκολη στη χρήση, με καλό σχεδιασμό διεπαφής, που ευνοεί την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιεχόμενο και τις λειτουργίες της εφαρμογής.

Εν κατακλείδι, η εφαρμογή SmartLIK συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και την βελτίωση της υπηρεσίας ύδρευσης για τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις.

6.2 Επεκτάσεις

Μία διαδικτυακή εφαρμογή έχει σχεδόν πάντα περιθώρια βελτίωσης, καθώς οι τεχνολογίες, οι ανάγκες των χρηστών και οι απαιτήσεις εξελίσσονται συνεχώς. Έτσι, λοιπόν σε αυτήν την τελευταία ενότητα θα προταθούν κάποιες επεκτάσεις, οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν στην συνέχεια για να βελτιώσουν τις δυνατότητες της εφαρμογής.

- Μία σημαντική λειτουργία, που θα μπορούσε να προστεθεί είναι οι χρήστες να μπορούν να διαχειριστούν παραπάνω από ένα .inp αρχείο και κατ' επέκταση παραπάνω από ένα δίκτυο. Με άλλα λόγια, ο χρήστης μόλις μπαίνει στην εφαρμογή θα του δίνεται η δυνατότητα να επιλέξει ένα από τα αρχεία εισόδου, που ο ίδιος είχε εισάγει στο σύστημα στο παρελθόν. Με αυτό τον τρόπο το λογισμικό θα προσομοιώνει και θα κρατάει δεδομένα στη βάση ταυτόχρονα για πολλαπλά δίκτυα.
- Επιπλέον, μία χρήσιμη επέκταση θα ήταν ο χρήστης να μπορεί να εισάγει όχι μόνο τελικό κόμβο στο δίκτυο αλλά και ενδιάμεσο, δηλαδή πάνω σε έναν ήδη υπάρχοντα αγωγό.
- Ακόμη, εκτός από προσθήκη κόμβων θα μπορούσε να προστεθεί και η δυνατότητα αφαίρεσης κόμβων. Η διαδικασία αυτή απαιτεί προσοχή και έλεγχο περιορισμών, ώστε να δίνονται συγκεκριμένες ελευθερίες στον χρήστη, γιατί υπάρχει κίνδυνος το δίκτυο να επηρεαστεί και να μην είναι πλέον λειτουργικό για το EPANET.

Κεφάλαιο 7 - Βιβλιογραφία

EPANET Programmer's Toolkit: https://lopez-ibanez.eu/doc/toolkit_help.pdf

Model a water distribution network in JavaScript using the OWA-EPANET engine:

<https://github.com/modelcreate/epanet-js>

epanet-js Wiki: <https://github.com/modelcreate/epanet-js/wiki/Examples#step-through-the-hydraulic-simulation>

epanet-js API: <https://epanetjs.com/api/>

Node.js & Express.js - Full Course: <https://www.youtube.com/watch?v=Oe421EPjeBE>

Express.js: <http://expressjs.com/>

Node.js Documentation: <https://nodejs.org/api/>

mariadb-npm: <https://www.npmjs.com/package/mariadb>

MariaDB Documentation: <https://mariadb.org/documentation/>

Creating an MVC application using NODEjs and MariaDB:

<https://medium.com/codex/creating-an-mvc-application-using-nodejs-and-mariadb-9510c7b91716>

Schedule Cron Jobs in Node.js: <https://javascript.plainenglish.io/how-to-schedule-cron-jobs-in-node-js-54fbec910664>

egsa87: <https://github.com/mlourakis/egsa87>

HERE Maps API for JavaScript:

https://developer.here.com/documentation/maps/3.1.38.0/dev_guide/index.html

APEXCHARTS: <https://apexcharts.com/javascript-chart-demos/>

File upload: https://github.com/gitdagray/node_file_uploader/blob/main/app.js

Stack Overflow: <https://stackoverflow.com/>

GeeksforGeeks: <https://www.geeksforgeeks.org/>

Multilingual Web App: <https://phrase.com/blog/posts/nodejs-tutorial-on-creating-multilingual-web-app/>

Difference between Asynchronous and Non-blocking:

<https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-asynchronous-and-non-blocking/>

Advantages and Disadvantages of JavaScript:

<https://www.geeksforgeeks.org/advantages-and-disadvantages-of-javascript/>

