

INTEGRATED INFORMATION SYSTEM OF CONTROL AND MANAGEMENT OF WATER
RESOURCES IN URBAN APARTMENT BUILDING TYPE

By

DIMITRIS KATRINAKIS

Msc Degree in Informatics and Multimedia, Technological Educational Institute of
Crete, 2018

A THESIS

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree

MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF INFORMATICS ENGINEERING

SCHOOL OF APPLIED TECHNOLOGY

TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE

2018

Approved by:

Assistant Professor
Spyros Panagiotakis

Copyright © 2018

DIMITRIS KATRINAKIS

2018

All rights reserved. No part of this material may be reproduced, displayed, modified or distributed without prior written permission from the author or author's institute – except in the cases of noncommercial research and nonprofit education which has to be accompanied by the appropriate citation.

Περίληψη

Το πρόβλημα της λειψυδρίας αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα σε πολλές αστικές πόλεις του κόσμου. Η ύπαρξη ενός συστήματος διαχείρισης νερού ανά οικιστικό συγκρότημα θα μπορούσε να μειώσει την ζήτηση του. Στην παρούσα διπλωματική αναπτύχθηκε μία ολοκληρωμένη λύση διαχείριση νερού η οποία εγκαταστάθηκε σε ένα οικιστικό συγκρότημα στην περιοχή του Ηρακλείου. Το σύστημα συλλέγει τις απορροές των εξωτερικών επιφανειών (ταράτσα – σύστημα First Flush) καθώς και των εσωτερικών καταναλώσεων (γκρι – ντους, νιπτήρες, και μαύρων – τουαλέτες, νεροχύτες), και τις κατευθύνει στις ειδικές μονάδες επεξεργασίας. Μετά την επεξεργασία τους προωθούνται για κατανάλωση στα διαμερίσματα (καζανάκια) και για άρδευση στον κήπο του δώματος (ταρατσόκηπος). Για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος αυτού, υλοποιήθηκε ένα Πληροφοριακό Σύστημα (ΠΣ) το οποίο διαχειρίζεται πληθώρα αισθητήρων, εξόδων ελέγχου και δύο αυτόνομα συστήματα. Το πρώτο αυτόνομο σύστημα, ένας μετεωρολογικός σταθμός εγκατεστημένος στην ταράτσα του οικοδομικού συγκροτήματος, παρέχει πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, ενώ το δεύτερο αυτόνομο σύστημα, βρίσκεται στον ισόγειο χώρο του οικοδομήματος και επεξεργάζεται τις γκρι και μαύρες απορροές. Το ΠΣ συμπεριλαμβάνει επίσης μία εύχρηστη διεπαφή χρήστη-συστήματος (web εφαρμογή) που προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του συστήματος, ιστορικά καταναλώσεων και εξοικονόμησης νερού, καθώς και τμηματικό ή συνολικό έλεγχο του συστήματος.

Λέξεις κλειδιά: IoT, Real-time monitoring and control, SCADA

Abstract

Water availability is a major issue that concerns all large residential cities. The existence of a water management system per residential complex could reduce fresh water demand, especially if the system recycles the wastewater (rainfall or residential) and then distributes it to be reused by the same complex. A very important benefit, having this water management system, is the self-sufficiency that can be established when the public water supply is interrupted. Current work describes an IoT system that monitors, controls and manages a residential water infrastructure installed at a residential complex located at an urban area of Greece. This system harvests both rainfall and residential waste water, and after the necessary treatment, forwards it to be reused at toilet cisterns and for garden watering. For the full control of this system, a Central Information System (CIS) was implemented which manages a variety of sensors, output controls and two autonomous systems. The first autonomous system, a meteorological station installed at the roof of the building complex, provides information on the prevailing weather. The second autonomous system is located at the ground floor of the building and processes the gray and black run-offs. The CIS also includes an easy-to-use user interface (web application) that provides information about the system status, consumption history and water saving, as well as partial or total system control.

Keywords: IoT, Real-time monitoring and control, SCADA

Περιεχόμενα

Copyright © 2018.....	2
Περίληψη.....	3
Abstract	4
Περιεχόμενα.....	5
Περιεχόμενα Εικόνων.....	6
Περιεχόμενα Πινάκων.....	8
1. Εισαγωγή.....	9
2. Related Work.....	12
2.1. Γιατί IoT για την διαχείριση νερού	13
2.2. Οπτικοποίηση δεδομένων	16
2.3. Δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.....	17
2.4. Εφαρμογές Ιστού	19
2.5. SCADA συστήματα	20
3. Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	23
3.1. Σχεδιασμός συστήματος.....	23
3.2. Υλοποίηση συστήματος	25
3.2.1. Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου	26
3.2.2. Πληροφοριακό Σύστημα Ελέγχου.....	28
3.2.4. Βάση δεδομένων	36
3.2.5. Μετεωρολογικός σταθμός.....	40
3.2.6. Εγκατάσταση.....	42
4. Εφαρμογή Ιστού	45
4.1. Πιστοποίηση χρήστη.....	45
4.2. Απόθεμα δεξαμενών.....	49
4.3. Αναφορές κατανάλωσης.....	50
4.4. Μετεωρολογικός σταθμός.....	52
4.5. Διαχείριση συστήματος	54
5. Αναφορές και συμπεράσματα από τη χρήση του συστήματος.....	61
6. Βιβλιογραφία.....	65

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1 Συλλογή απορροών	11
Εικόνα 2.1 Βασική αρχιτεκτονική IoT συστήματος	14
Εικόνα 3.1 Αρχιτεκτονική πληροφοριακού συστήματος	24
Εικόνα 3.2 Hardware συνδέσεις.....	26
Εικόνα 3.3 Κεντρικός ελεγκτής (MCS) Raspberry Pi 2	27
Εικόνα 3.4 Κύκλωμα πλακέτας ροόμετρων	32
Εικόνα 3.5 MCP23017 IC	34
Εικόνα 3.6 SN74LS393	34
Εικόνα 3.7 Βάση δεδομένων – σχέσεις πινάκων	36
Εικόνα 3.8 Μετεωρολογικός σταθμός AerCUS Instruments WS3083.....	41
Εικόνα 3.9 Ηλεκτροβάνες και ροόμετρα για τα διαμερίσματα Δ1, Δ2.....	42
Εικόνα 3.10 Ηλεκτροβάνες και ροόμετρα για τα διαμερίσματα Δ3, Δ4.....	42
Εικόνα 3.11 Ηλεκτροβάνες και ροόμετρα του ταρατσόκηπου	43
Εικόνα 3.12 Μετεωρολογικός σταθμός	43
Εικόνα 3.13 Πίνακας ελέγχου πληροφοριακού συστήματος	44
Εικόνα 4.1 Διάγραμμα πιστοποίησης χρήστη	46
Εικόνα 4.2 Μήνυμα λάθους - Λάθος στοιχεία χρήστη	46
Εικόνα 4.3 Μήνυμα λάθους - Πρόβλημα σύνδεσης με την βάση δεδομένων	46
Εικόνα 4.4 Μενού Ενοίκου	47
Εικόνα 4.5 Μενού Διαχειριστή Πολυκατοικίας.....	47
Εικόνα 4.6 Μενού Διαχειριστή Πληροφοριακού Συστήματος.....	47
Εικόνα 4.7 Αποθέματα δεξαμενών	49
Εικόνα 4.8 Αναφορά κατανάλωσης - Επιλογή ημερομηνίας.....	50
Εικόνα 4.9 Αναφορά κατανάλωσης – Ημερήσια	51
Εικόνα 4.10 Αναφορά κατανάλωσης – Εβδομαδιαία	51
Εικόνα 4.11 Αναφορά κατανάλωσης - Μηνιαία	51
Εικόνα 4.12 Αναφορά κατανάλωσης - Ετήσια	51
Εικόνα 4.13 Μετεωρολογικός σταθμός	52
Εικόνα 4.14 Διαχείριση συστήματος - Μενού επιλογών	54
Εικόνα 4.15 Τύπος κατανάλωσης διαμερίσματος	55
Εικόνα 4.16 Τύπος κατανάλωσης διαμερίσματος – Επιλογές ελέγχου	55

Εικόνα 4.17 Τύπος κατανάλωσης διαμερίσματος – Απενεργοποιημένο όλο το σύστημα	55
Εικόνα 4.18 Πότισμα δώματος – Επιλογή προφίλ	56
Εικόνα 4.19 Πότισμα δώματος – Δημιουργία/Επεξεργασία προφίλ ποτίσματος	57
Εικόνα 4.20 Χρήστες συστήματος	58
Εικόνα 4.21 Χρήστες συστήματος - Μήνυμα επιτυχημένης καταχώρησης.....	58
Εικόνα 4.22 Χρήστες συστήματος - Μήνυμα αποτυχημένης καταχώρησης	58
Εικόνα 4.23 Έλεγχος συστήματος – Ενεργοποιημένο	59
Εικόνα 4.24 Έλεγχος συστήματος – Απενεργοποιημένο	60
Εικόνα 5.1 Γράφημα ημερήσιας κατανάλωσης ταρατσόκηπου	62
Εικόνα 5.2 Γράφημα εβδομαδιαίας κατανάλωσης ταρατσόκηπου	62
Εικόνα 5.3 Γράφημα μηνιαίας κατανάλωσης ταρατσόκηπου	62
Εικόνα 5.4 Γράφημα ετήσιας κατανάλωσης ταρατσόκηπου	62
Εικόνα 5.5 Γράφημα ημερήσιας κατανάλωσης διαμερίσματος	63
Εικόνα 5.6 Γράφημα εβδομαδιαίας κατανάλωσης διαμερίσματος	63
Εικόνα 5.7 Γράφημα μηνιαίας κατανάλωσης διαμερίσματος.....	63
Εικόνα 5.8 Γράφημα ετήσιας κατανάλωσης διαμερίσματος.....	63
Εικόνα 5.9 Γράφημα συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης συγκροτήματος	64
Εικόνα 5.10 Γράφημα συνολικής εβδομαδιαίας κατανάλωσης συγκροτήματος.....	64
Εικόνα 5.11 Γράφημα συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης συγκροτήματος	64
Εικόνα 5.12 Γράφημα συνολικής ετήσιας κατανάλωσης συγκροτήματος	64

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 3.1: Hardware addresses.....	35
Πίνακας 3.2: SiteDB - Users Profiles.....	37
Πίνακας 3.3: SiteDB - Usage Type	37
Πίνακας 3.4: SiteDB - Users.....	37
Πίνακας 3.5: SiteDB - Hourly values	38
Πίνακας 3.6: SiteDB - Water Stock	38
Πίνακας 3.7: SiteDB - Hourly values.....	38
Πίνακας 3.8: SiteDB - Daily values.....	39
Πίνακας 3.9: SiteDB - Watering profiles.....	39

1. Εισαγωγή

Το «Έξυπνο σπίτι» είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει κάποια οικία η οποία χρησιμοποιεί έναν ελεγκτή, για όλα τα επιμέρους αυτοματοποιημένα συστήματα της [1]. Συνήθως, τα ελεγχόμενα συστήματα είναι η θέρμανση, ο φωτισμός, συστήματα ασφαλείας κτλ, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους και ελέγχονται αυτόματα βάση κάποιου χρονοδιαγράμματος [2]. Οι λειτουργίες αυτές, μπορούν να ελεγχθούν και εξ αποστάσεως από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου με την χρήση ενός κινητού τηλεφώνου ή μέσω διαδικτύου [2]. Οι πιο δημοφιλείς ελεγκτές είναι εκείνοι που έχουν την δυνατότητα διασύνδεσης με κάποιον υπολογιστή, για την αρχικοποίηση και τον προγραμματισμό τους, αλλά στη συνέχεια λειτουργούν ως αυτόνομα συστήματα [1].

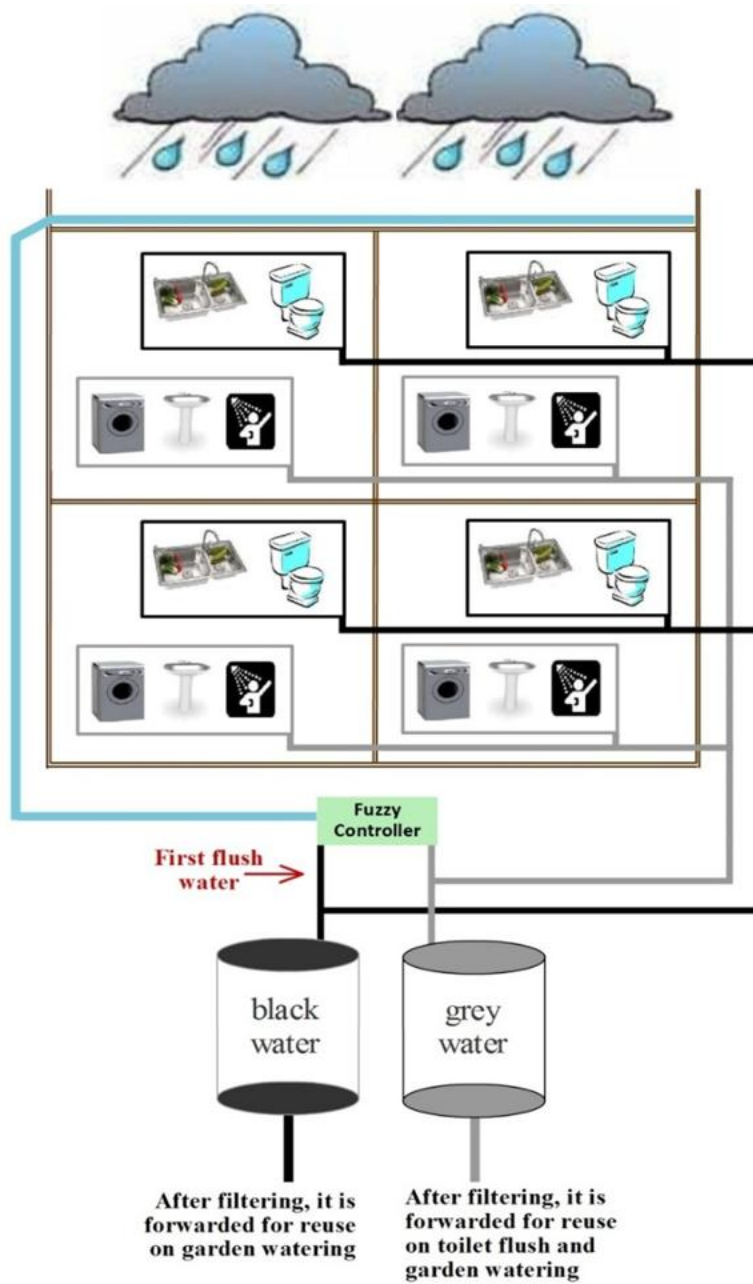
Τα έξυπνα σπίτια κάνουν την ζωή των ενοίκων τους ευκολότερη. Η απομακρυσμένη διασύνδεση προσφέρει μία επιπλέον σιγουριά, αφού το σύστημα μπορεί να ειδοποιήσει τον ένοικο για τυχόν επείγοντα περιστατικά, όπως για παράδειγμα ένα περιστατικό φωτιάς. Αν κάποιο αισθητήριο πυροπροστασίας ενεργοποιηθεί, το σύστημα μπορεί να ειδοποιήσει τον ένοικο για το συμβάν, ακόμα και αν δεν βρίσκεται εντός του σπιτιού, καθώς και να λάβει τα απαραίτητα μέτρα (προγραμματιζόμενες ενέργειες)· να καλέσει την πυροσβεστική, να ξεκλειδώσει τις πόρτες και να φωτίσει την κατεύθυνση προς την έξοδο [1].

Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία 'Ιντερνετ των πραγμάτων' (Internet of things – IoT) στα 'έξυπνα σπίτια' οι δυνατότητες τους πολλαπλασιάζονται. Η τεχνολογία IoT δημιουργεί μία σύνδεση ανάμεσα σε 'πράγματα' - ηλεκτρονικές συσκευές - και στο ίντερνετ, μέσω συσκευών ανίχνευσης και υλοποιεί ευφυή ταυτοποίηση και διαχείριση [3]. Οι συσκευές ανίχνευσης περιλαμβάνουν συσκευές αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID - Radio Frequency Identification Devices), αισθητήρες υπέρυθρων, αισθητήρες γεωγραφικού εντοπισμού (GPS) και συσκευές σαρωτή λέιζερ (laser scanner devices) [3].

Όλες οι διασυνδεδεμένες στο IoT συσκευές, μεταδίδουν πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση τους, την θέση τους, ή και άλλες παραμέτρους [4]. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να περιέχουν μεγάλο όγκο δεδομένων, προερχόμενο από ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών 'πραγμάτων' για την υποστήριξη, για παράδειγμα, πραγματικού χρόνου βελτιστοποίηση λειτουργιών, ανίχνευση παραβίασης συστημάτων ασφαλείας, πραγματικού χρόνου κοστολόγηση διαφημίσεων κτλ. Ο όγκος των δεδομένων αυτών, προερχόμενος από συσκευές χαμηλού επιπέδου, γνωστός και ως Big Data [5], απαιτεί επεξεργασία και ανάλυση, ώστε να μπορούν να ληφθούν αποφάσεις βάση αυτών.

Η παρούσα διπλωματική περιγράφει ένα IoT σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης νερού που υλοποιήθηκε σε ένα συγκρότημα τεσσάρων διαμερισμάτων. Εκπονήθηκε στα πλαίσια του έργου με τίτλο: «Holistic – Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Νερού Σε Αστικά Οικιστικά Συγκροτήματα», το οποίο εμπίπτει στην Πράξης Εθνικής Εμβέλειας «Πρόγραμμα Ανάπτυξης Βιομηχανικής Έρευνας και Τεχνολογίας (ΠΑΒΕΤ) 2013». Στο συγκεκριμένο έργο υλοποιήθηκε μία πιλοτική μονάδα συλλογής των απορροών του συγκροτήματος, επεξεργασίας τους, και εκ νέου προώθησης τους για κατανάλωση. Η Εικόνα 1.1 προβάλλει το σύστημα συλλογής των γκρι και μαύρων νερών από τα διαφορετικά τμήματα του οικοδομικού συγκροτήματος και την συγκέντρωσή τους προς επεξεργασία στις κατάλληλες δεξαμενές. Μετά την επεξεργασία τους προωθούνται για κατανάλωση στα διαμερίσματα (καζανάκια) και για άρδευση στον κήπο του δώματος (ταρατσόκηπος). Για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος αυτού, υλοποιήθηκε ένα Πληροφοριακό Σύστημα (ΠΣ) (Εικόνα 3.1) το οποίο διαχειρίζεται πληθώρα αισθητήρων και μονάδων ελέγχου, και αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής. Το ΠΣ συμπεριλαμβάνει επίσης μία εύχρηστη διεπαφή χρήστη-συστήματος (web εφαρμογή) που προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του συστήματος, ιστορικά καταναλώσεων και εξοικονόμησης νερού, καθώς και τμηματικό ή συνολικό έλεγχο του συστήματος.

Η παρούσα διπλωματική εργασία ακολουθεί την παρακάτω διάρθρωση. Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μία αναφορά στην πρόσφατη βιβλιογραφία που υπάρχει για τα IoT συστήματα στην διαχείριση νερού, την συλλογή και οπτικοποίηση δεδομένων, καθώς και στα συστήματα SCADA για την απομακρυσμένη διαχείριση συστημάτων. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του backend συστήματος, αναλύοντας σε κάθε του υποενότητα τα τμήματα που το αποτελούν. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η διεπαφή χρήστη-συστήματος για την προβολή και τον απομακρυσμένο έλεγχο της εγκατάστασης, ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και οι προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν κατά την ανάπτυξη του παρόντος πληροφοριακού συστήματος.



Εικόνα 1.1 Συλλογή απορροών

2. Related Work

Το νερό είναι μία σημαντική πηγή ζωής. Στις μέρες μας, η διαθεσιμότητα του φρέσκου γλυκού νερού είναι ένα ζήτημα που επηρεάζει σημαντικά τους ανθρώπους. Η έλλειψη του συνδέεται άμεσα με αρκετούς παράγοντες όπως η αστικοποίηση, η μετατροπή της χρήσης της γης, η ρύπανση και η αλλαγή του κλίματος. Η ζήτηση νερού ειδικότερα στις αστικές περιοχές έχει ένα κοινό χαρακτηριστικό παγκοσμίως· συνεχίζει να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Αυτό δημιουργεί ένα πρόβλημα λειψυδρίας, η αντιμετώπιση της οποίας είναι πραγματική πρόκληση.

Βάση του [6] ένα οικιστικό σύστημα συλλογής και επεξεργασίας νερού έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά, το επεξεργασμένο νερό καταναλώνεται κοντά στον τόπο επεξεργασίας του, μειώνοντας την πιθανότητα μόλυνσης του, κατά την διάρκεια μεταφοράς, και φυσικά μειώνει σημαντικά τυχόν δημόσια λειτουργικά έξοδα που θα υπήρχαν σε άλλη περίπτωση. Μία σημαντική ελάττωση στην λειψυδρία θα μπορούσε να επιτευχθεί, εγκαθιστώντας περισσότερα συστήματα συγκομιδής και επεξεργασίας βρόχινου νερού. Επιπρόσθετα, τα συστήματα αυτά είναι αρκετά ευέλικτα δίνοντας την δυνατότητα εγκατάστασης τους τόσο σε νέα, όσο και σε παλαιότερα κτίρια. Τα κτίρια μπορούν να είναι σχεδόν αυτόνομα όταν η κεντρική δημόσια παροχή διακοπεί. Έτσι, τα συστήματα συγκομιδής όμβριων υδάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστήματα πρόληψης, για τον έλεγχο της διαθεσιμότητας νερού.

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μελέτες για τα οφέλη που προσφέρουν τα συστήματα συγκομιδής, ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης βρόχινων ή οικιακών ροών. Στο [7] οι Abdulla και Al-Shareef αξιολογούν την συλλογή και επεξεργασία βρόχινων νερών σε κατοικημένους τομείς της Ιορδανίας, για εξοικονόμηση πόσιμου νερού, και παρέχουν προτάσεις σχετικά με την βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας της συγκομιδής των βροχοπτώσεων. Συμπέραναν ότι η μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να συλλεχθεί ημερησίως από τις σκεπές της Ιορδανίας είναι 15.5 Mm^3 ανά έτος, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δευτερεύοντες σκοπούς, όχι ως πόσιμο. Η συγκομιδή βρόχινων νερών μπορεί να είναι μία επιπλέον πηγή για την αύξηση των αποθεμάτων, καθώς και μία ευκαιρία κινητοποίησης του κοινού στην συλλογή και διαχείριση του νερού.

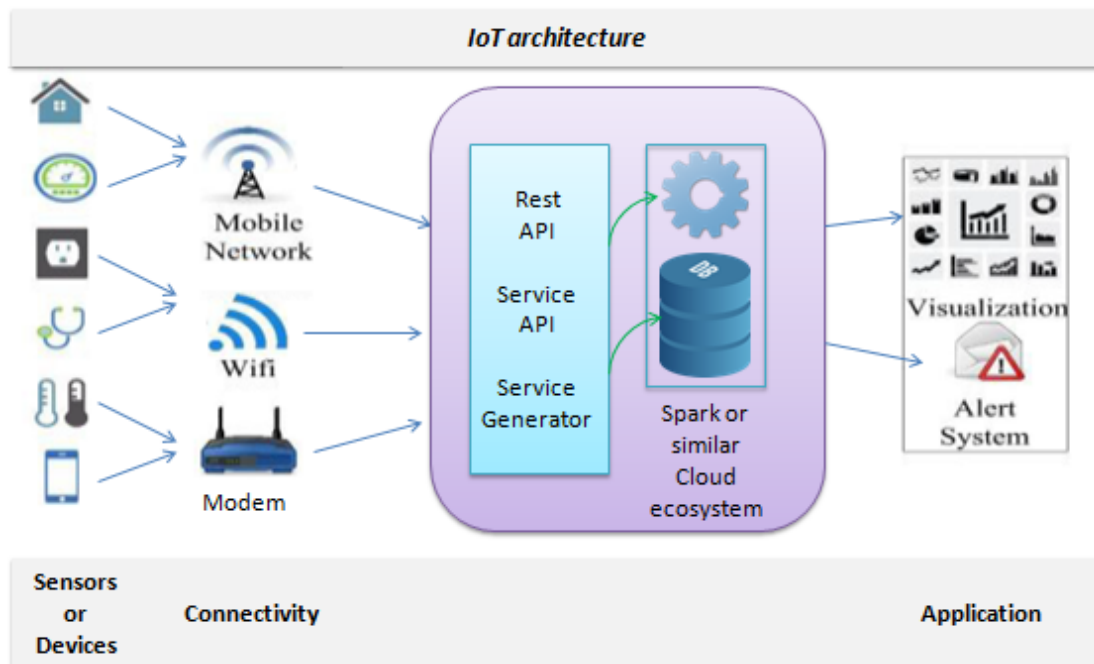
2.1. Γιατί IoT για την διαχείριση νερού

Πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν συστήματα ICT (Information and Communications Technology) για να μπορούν να ελέγχουν απομακρυσμένα, τις διάφορες διεργασίες/λειτουργίες που συμβαίνουν στις κατά τόπους εγκαταστάσεις τους. Αυτά τα συστήματα, γνωστά ως SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), επιτρέπουν την συλλογή δεδομένων από αισθητήρες και εξοπλισμό ελέγχου εγκατεστημένο σε απομακρυσμένες τοποθεσίες [8]. Πιο συγκεκριμένα, αυτά τα συστήματα διαχειρίζονται την μεταφορά των δεδομένων μεταξύ ενός κεντρικού υπολογιστή, έναν αριθμό από τερματικές μονάδες (Remote Terminal Units - RTUs) ή/και προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (Programmable Logic Controllers - PLCs) και τις κονσόλες ελέγχου των διαχειριστών (operator terminals). Ένα SCADA σύστημα συλλέγει πληροφορίες, τις προωθεί σε ένα κεντρικό σύστημα, ενημερώνει τον κεντρικό σταθμό ότι κάποιο περιστατικό έχει συμβεί (εκτελώντας την απαραίτητη ανάλυση και έλεγχο) και εμφανίζει τις πληροφορίες με μία λογική και κατανοητή μορφή στην οθόνη διαχείρισης. Τα SCADA συστήματα μπορεί να ποικίλουν ανάμεσα σε απλά, όπως για παράδειγμα ένα σύστημα που παρακολουθεί τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες ενός κτιρίου, ή σε πιο σύνθετα, όπως ένα σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου όλων των δραστηριοτήτων και ενεργειών ενός πυρηνικού εργοστασίου [9].

Τα πιο αναπτυγμένα συστήματα διαχείρισης νερού έχουν εξειδικευμένο σχεδιασμό, και αυτό επειδή εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως οι διαθέσιμοι πόροι, το κλίμα της περιοχής, τις ικανότητες/γνώσεις των διαχειριστών τους κτλ. Αυτό σημαίνει πως οι λύσεις εξοικονόμησης νερού που προέρχονται από έναν οργανισμό μπορεί να μην έχουν εφαρμογή σε κάποιον άλλο [10]. Ένα πρόβλημα που προκύπτει στην χρησιμοποίηση ICT για την διαχείριση συστημάτων νερού, είναι η έλλειψη προτύπων, γεγονός που αποτρέπει την αποτελεσματική διαλειτουργικότητα μεταξύ των τμημάτων ενός συστήματος [11]. Επιπλέον, αυτό αυξάνει το κόστος της ανάπτυξης νέων προϊόντων και την συντήρησή τους. Τα περισσότερα ICT συστήματα διαχείρισης νερού που υπάρχουν σήμερα είναι κλειστού κώδικα, ιδιωτικά, στα οποία οι σχεδιαστές τους πρέπει να υποστηρίζουν τεχνικά όλα τα επίπεδα παραγωγής τους [11]. Αυτή η δυσκολία ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος αποθαρρύνει, τόσο τους σχεδιαστές όσο και τους αγοραστές, στην δημιουργία νέων προϊόντων, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους ανάπτυξης και συντήρησής του.

Ένα IoT αποτελείται από έναν αριθμό αισθητηρίων και εκκινήτων, που μετρούν τις αλλαγές του περιβάλλοντος και ελέγχουν συγκεκριμένες διεργασίες. Αυτές οι μετρήσεις

(data) και εντολές (commands) στέλνονται μέσω του δικτύου από και προς το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Αυτό το σύστημα παρέχει επίσης μία εφαρμογή στην οποία παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες και οι τυχόν ειδοποιήσεις που χρειάζεται ο διαχειριστής. Αυτού του είδους η οπτικοποίηση των πληροφοριών παρέχει στον διαχειριστή καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος, καθώς και τον πλήρη έλεγχο κάθε μονάδας του. Μία τυπική αρχιτεκτονική ενός IoT συστήματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1 Βασική αρχιτεκτονική IoT συστήματος

Η τεχνολογία IoT είναι ευρύτερα γνωστή, κυρίως γιατί εκμεταλλεύεται τις ήδη εγκατεστημένες συσκευές, και επιπλέον γιατί μπορεί να χρησιμοποιήσει μία πληθώρα χαμηλού κόστους και χαμηλής κατανάλωσης διασυνδεδεμένων συσκευών. Μία υλοποίηση IoT σε ένα σύστημα διαχείρισης νερού μπορεί να προσφέρει αρκετά οφέλη. Σύμφωνα με την [12] η χρήση του προτύπου IoT στα συστήματα διαχείρισης νερού μπορεί να ωφελήσει στα εξής:

- ✓ **Αποδοτικότητα:** μπορούν να παρέχουν λειτουργικό έλεγχο σε πραγματικό χρόνο ώστε να βελτιώσουν την λήψη αποφάσεων και να μειώσουν τα λειτουργικά έξοδα. Μπορούν να ανακτούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τους εγκατεστημένους αισθητήρες και εκκινητές, για την αυτόματη παρακολούθηση και βελτίωση της

διαχείρισης του νερού, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας το κόστος, αφού ελαχιστοποιούνται οι ανθρώπινες παρεμβάσεις.

- ✓ **Εξοικονόμηση κόστους:** Τα IoT συστήματα μπορούν να βελτιώσουν την αξιοποίηση των εγκαταστάσεων (π.χ. τη χρήση μονάδων άρδευση νερού χωρίς χειροκίνητη λειτουργία), την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας και την παραγωγικότητα (π.χ., την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των συνθηκών άρδευσης).
- ✓ **Παραγωγικότητα:** είναι μια σημαντική παράμετρος, για την απόδοση και την κερδοφορία κάθε επιχείρησης. Τα IoT επιτρέπουν τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο, την βελτιστοποίηση κάθε διαδικασίας, την μείωση του απαιτούμενου χρόνου υλοποίησης της διεργασίας, την βελτιστοποίηση της διαχείρισης των πόρων, καθώς και την δυνατότητα εφαρμογής όλων των προαναφερθέντων μαζικά, μειώνοντας την διαφορά ανάμεσα σε απαιτούμενες και διαθέσιμες δεξιότητες, προωθώντας την εργασιακή αποδοτικότητα.

Τα IoT βασίζονται σε τρεις πυλώνες: το Internet, το αντικείμενο, και την γνώση. Ενώνουμε αυτούς τους τρεις πυλώνες με την δυνατότητα των αντικειμένων να αναγνωρίζονται (κάθε 'αντικείμενο' έχει την ταυτότητα του), να επικοινωνούν (κάθε 'αντικείμενο' επικοινωνεί) και να αλληλοεπιδρούν (κάθε 'αντικείμενο' αλληλοεπιδρά) είτε μεταξύ τους, είτε με τους τελικούς χρήστες, είτε με άλλες οντότητες του Internet [12].

Οι αρθρογράφοι του [13] προτείνουν μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε IoT για την παρακολούθηση και έλεγχο υδάτινων υπηρεσιών. Υπογραμμίζουν όλα τα καίρια σημεία που πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του ένα IoT σύστημα, όπως για παράδειγμα την σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση, την επεκτασιμότητα, τα θέματα διασύνδεσης και ασφάλειας, καθώς και την υποστήριξη δυναμικών περιβάλλοντων.

Σύμφωνα με το [14] τα συστήματα διαχείρισης υδάτων μπορούν να επωφεληθούν από τα πληροφοριακά συστήματα διαδικτύου όταν χρησιμοποιούνται στην λήψη αποφάσεων και σε λεπτομερώς σχεδιασμένες διεργασίες. Στο ίδιο άρθρο οι συγγραφείς προτείνουν ένα σύστημα αλληλεπίδρασης το οποίο συνδυάζει την γεωπληροφορική, την επιχειρησιακή πληροφορική, καθώς και την cloud υπηρεσία, για τη διαχείριση υδάτινων πόρων.

Στην διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, υπήρξε μεγάλη άνθιση στην έρευνα γύρω από τομείς όπως η διαχείριση υδάτων, η μηχανική και τα συστήματα ελέγχου, γεγονός που δικαιολογεί την ύπαρξη πληθώρας επιστημονικών άρθρων που περιγράφουν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση διαφόρων υποσυστημάτων για έξυπνα σπίτια και

συγκροτήματα στέγασης [15]. Στο άρθρο [16] περιγράφεται ένα καινοτόμο σύστημα που βελτιώνει την συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας και μειώνει την σπατάλη νερού σε συστήματα πυροπροστασίας με την χρήση υπολογιστικών τεχνικών προγραμματισμού. Στο [17] περιγράφεται μια συσκευή παρακολούθησης που εκμεταλλεύεται τα γνωσιακά δίκτυα χαμηλής ισχύος (RFIDs) για τη μέτρηση της πίεσης σε δίκτυα μεταλλικών σωλήνων νερού. Στο άρθρο [17] παρουσιάζεται ένα σύστημα ελέγχου για την παρακολούθηση στάθμης δεξαμενής και τον απομακρυσμένο έλεγχο βαλβίδων ροής, χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο αισθητήρων που επικοινωνεί χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ZIGBEE και GSM. Το σύστημα αυτό μπορεί επίσης να παρακολουθεί την ποιότητα του νερού, χρησιμοποιώντας μεταξύ άλλων μεθόδους όπως η ανίχνευση θολερότητας, ή/και μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου, PH, υγρασίας, θερμοκρασίας [15]. Στο [18] παρατίθεται μια ανασκόπηση έξυπνων μετρητών και ευφυών δικτύων ύδρευσης στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία. Ωστόσο, πιο πρόσφατα άρθρα παρουσιάζουν πιο ολοκληρωμένες λύσεις, συστήματα και πιλοτικές εφαρμογές.

Στο [19] παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο έξυπνο σύστημα πλέγματος που ελέγχει την κατανάλωση νερού χρησιμοποιώντας ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και ευρέως διαδεδομένων open source λογισμικού διαχείρισης. Το [19] παρουσιάζει ένα σύστημα ελέγχου και διαχείρισης, το οποίο βασίζεται στις αρχές του IoT. Στο άρθρο υπάρχει μία ανάλυση των συνηθειών και μοτίβων κατανάλωσης νερού, καθώς και της σχέσης ανάμεσα στα μοτίβα κατανάλωσης και την οικογενειακή κατάσταση, τον τύπο εργασίας ή τον τρόπο ζωής, χρησιμοποιώντας ένα μη-εποπτευόμενο (unsupervised) αλγόριθμο ομαδοποίησης. Ένα παράδειγμα παρόμοιων συστημάτων για πόλεις μπορεί κανείς να διαβάσει στο άρθρο [20]. Παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας και την δυνατότητα της να παρέχει αποδοτικές λύσεις, δεν είχε αναφερθεί με σαφήνεια αν οι κοινωνίες γνωρίζουν τα οφέλη της αστικής ανακύκλωσης [21]. Με την έλευση σχετικών τεχνολογιών, οι επιχειρήσεις που κατασκευάζουν έξυπνα σπίτια, φαίνεται να συμπεριλαμβάνουν τη διαχείριση νερού στις υπηρεσίες που παρέχουν στην αγορά.

2.2. Οπτικοποίηση δεδομένων

Η οπτικοποίηση των δεδομένων, δηλαδή η γραφική ή εικονική αναπαράσταση των δεδομένων, κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος, χάριν στα οφέλη που μπορεί να παρέχει στα συστήματα ελέγχου. Η οπτικοποίηση των δεδομένων προσφέρει στους χρήστες

τη δυνατότητα να κατανοούν και να επεξεργάζονται μεγαλύτερο όγκο δεδομένων σε λιγότερο χρόνο. Επιπλέον, ο εντοπισμός μοτίβων, ή ομάδων τιμών ή/και ακραίων τιμών, δεν είναι εμφανή όταν χρησιμοποιούνται μη-γραφικές αναπαραστάσεις [22].

Πολλές μελέτες σε τομείς της μηχανικής, υποστηρίζουν ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την συχνότερη και σε πραγματικό χρόνο παροχή πληροφοριών ενέργειας στους υπεύθυνους για την λήψη των αποφάσεων [23]. Πάραυτα, δεν έχουν παρατηρηθεί μεγάλες προσπάθειες για την αποδοτική επικοινωνία αυτών των δεδομένων. Σε ένα πιο ευρύ και σύνθετο indexing set, η οπτικοποίηση και διάρθρωση των επί μέρους γραφικών στοιχείων είναι υψίστης σημασίας ώστε να προσελκύσει την προσοχή του χειριστή [23].

Παρόλο που η απομακρυσμένη ανίχνευση δεδομένων και η επεξεργασία τους συμπληρώνουν τη μη αυτόματη καταγραφή δεδομένων και την ανάλυση πρακτικών, υπάρχουν λίγα εργαλεία οπτικοποίησης που συλλέγουν δεδομένα από δυναμικούς πόρους και τα μεταδίδουν σε πραγματικό χρόνο σε ένα ρεαλιστικό περιβάλλον [24]. Οι συγγραφείς στο [24] παρουσιάζουν ένα πλαίσιο παρακολούθησης και απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο, το οποίο περιλαμβάνει συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επεξεργασία δεδομένων, οπτικοποίηση, καθώς και μία εφαρμογή κατασκευής που προσομοιώνει ζωντανά και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Τέλος, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το οπτικό αποτέλεσμα της τρισδιάστατης απεικόνισης βελτίωσε την επίγνωση των χρηστών.

2.3. Δεδομένα σε πραγματικό χρόνο

Παρόλο που οι σε πραγματικό χρόνο ροές δεδομένων από αισθητήρες μπορούν να μετασχηματίσουν τόσο τον τρόπο λήψης αποφάσεων όσο και το περιβάλλον της επιστήμης, σπάνια χρησιμοποιούνται σε πραγματικού χρόνου σειρά εργασιών, αναλύσεων και μοντελοποιήσεων [25]. Παρά τα οφέλη που απορρέουν από την χρήση των ροών αυτών, η πολυπλοκότητα και ο λιγοςτός αριθμός σε πλατφόρμες παρόμοιων τομέων είναι τα βασικά εμπόδια στην υιοθέτηση των δεδομένων πραγματικού χρόνου [25]. Συνήθως, η αλληλεπίδραση με τα δεδομένα γίνεται μετά από απευθείας αναζήτηση του χρήστη στο σύστημα, καθώς δεν υπάρχουν ή είναι περιορισμένος ο αριθμός των μηχανισμών για αυτόματες ειδοποιήσεις για την στιγμή που συμβαίνει ένα γεγονός ή όταν υπάρχουν νέα δεδομένα [25]. Επιπρόσθετα, τέτοια προγράμματα σπάνια σχεδιάζονται ώστε να εμφανίζουν ειδοποιήσεις ή να έχουν πρόσβαση σε αισθητήρες ή εκκινητές της

εγκατάστασης, συνεπώς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα σε εφαρμογές λήψης αποφάσεων και κεντρικές εφαρμογές ελέγχου [25]. Πολλά από αυτά τα συστήματα είναι κατά βάση σχεδιασμένα για συγκεκριμένα πεδία εφαρμογών, περιορίζοντας την δυνατότητα χρήσης τους σε ευρύτερους τομείς.

Ένα ακόμα εμπόδιο που ο χρήστης πρέπει να αντιμετωπίσει σε αυτά τα συστήματα, είναι η ανάγκη εγκατάστασης και φιλοξενίας σε τοπικό επίπεδο αυτών των real-time συστημάτων [25]. Αυτό φέρνει στην επιφάνεια την πολυπλοκότητα για εγκατάσταση και συντήρηση του προγράμματος (frameware), σε συνδυασμό με την εγκατάσταση και συντήρηση των αισθητήρων και εκκινήτων (hardware) [25].

Οι πλατφόρμες δεδομένων υπαγορεύουν σημαντικές απαιτήσεις ως προς την μορφή της αρχιτεκτονικής του συστήματος, των γλωσσών προγραμματισμού, των λειτουργικών συστημάτων και των αισθητηρίων, αυτό καθιστά δύσκολη την ανάπτυξη τους, ακόμη και για εκείνους τους χρήστες που ήδη συντηρούν δίκτυα αισθητήρων με συνεχή ροή δεδομένων [25]. Προκειμένου να μειωθεί η επιπρόσθετη εργασία για την ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών, οι συγγραφείς στην [26] προτείνουν οι αισθητήρες να διαμορφωθούν έτσι ώστε να έχουν όλοι ένα κοινό τρόπο διασύνδεση (hardware interface), και συγκεκριμένα μια θύρα Ethernet.

Τα μοντέρνα συστήματα αισθητήρων παρέχουν την δυνατότητα σύνδεσης στο ίντερνετ μέσω βασικών πρωτοκόλλων ιστού, γεγονός που επιτρέπει την χρήση των web services ως ιδανικό μηχανισμό διασύνδεσης μεταξύ των αισθητήρων, των εκκινήτων και των συστημάτων λήψης αποφάσεων [25]. Ενσωματωμένοι web-servers με προηγμένα χαρακτηριστικά (όπως η ειδοποίηση διακομιστή για συμβάντα ή ταυτόχρονες συνδέσεις), μπορούν να υλοποιηθούν χωρίς την υποστήριξη λειτουργικού συστήματος και με μικρή απαίτηση μνήμης, χάριν στις αποτελεσματικές cross-layer TCP / HTTP βελτιστοποιήσεις, με αποτέλεσμα να μπορούν να εκτελούνται από μικροσκοπικά ενσωματωμένα συστήματα [27]. Ένας καλός τρόπος μεταφοράς μέρους της ‘δουλειάς’ των

Οι ενσωματωμένοι web-servers σε ένα IoT σύστημα συνήθως έχουν λιγότερους πόρους από ότι οι web-clients (π.χ. προγράμματα περιήγησης, κινητά τηλέφωνα, τάμπλετ). Τα ασύγχρονα JavaScript και XML (Ajax) έχουν αποδείξει ότι είναι ένας καλός τρόπος για να μεταφέρεται ένα μέρος του ‘φόρτου εργασίας’ από τον server στους clients [28].

2.4. Εφαρμογές Ιστού

Οι τεχνολογίες ιστού έχουν αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Συγκεκριμένα, η βελτίωση των JavaScript, CSS3 και HTML5 έχουν ενισχύσει τις δυνατότητες των προγραμμάτων περιήγησης. Αυτό έχει συμβάλει στην ανάπτυξη πιο ολοκληρωμένων λύσεων λογισμικού, βασισμένες στο web, με όλο και περισσότερες λειτουργίες. Με το responsive web design (RWD), μια τεχνολογία για την προβολή περιεχομένου για διαφορετικές οθόνες, οι προγραμματιστές μπορούν να υποστηρίξουν ένα ευρύτερο φάσμα διαφορετικών συσκευών με μικρή προσπάθεια [29].

Με την εξέλιξη του HTML5, CSS3 και του JavaScript, τα προγράμματα περιήγησης μπορούν να διαχειριστούν ένα μέρος του φόρτου εργασίας των servers. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν όλο και περισσότερες εφαρμογές ιστού που διαχειρίζονται μεγάλο μέρος της εφαρμογής, μέσα στο ίδιο το πρόγραμμα περιήγησης του χρήστη. Αυτή η προσέγγιση παρέχει στην εφαρμογή τον άμεσο έλεγχο της διασύνδεσης χωρίς να χρειάζεται να φορτώσει ολόκληρη τη σελίδα από το διακομιστή. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια ασύγχρονων εργαλείων επικοινωνίας όπως JavaScript και XML (AJAX), τα οποία επιτρέπουν στις εφαρμογές ιστού, από την πλευρά του πελάτη, να ζητούν ακατέργαστα δεδομένα από τον διακομιστή και να ενημερώνουν το περιεχόμενο της σελίδας από το πρόγραμμα περιήγησης. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται ο χρόνος απόκρισης, καθώς δεν χρειάζεται να ανανεωθεί η σελίδα (refresh) για να προβληθούν νέα δεδομένα [30]. Συγκριτικά με τις κλασικές εφαρμογές ενός υπολογιστή οι εφαρμογές ιστού έχουν πολλά πλεονεκτήματα [31].

- **Προσβασιμότητα** - Με μια σύνδεση ίντερνετ μια εφαρμογή ιστού είναι προσβάσιμη από οπουδήποτε, οποιαδήποτε στιγμή και από οποιαδήποτε συσκευή .
- **Επεκτασιμότητα** - Μια web εφαρμογή μπορεί εύκολα να επεκταθεί προσθέτοντας ή αφαιρώντας σελίδες περιεχομένου, χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση ή η ποιότητα οποιασδήποτε άλλης σελίδας.
- **Φορητότητα** - Μια web εφαρμογή μπορεί να τρέξει σε οποιοδήποτε web browser σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα, χωρίς την ανάγκη της εγκατάστασης της. Δεν περιορίζεται σε έναν υπολογιστή, αλλά μπορεί να τρέξει σε οποιαδήποτε συσκευή που έχει ένα πρόγραμμα περιήγησης, π.χ. ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα τάμπλετ.
- **Συντήρηση** - Μια διαδικτυακή εφαρμογή δεν χρειάζεται να εγκατασταθεί στον υπολογιστή του κάθε πελάτη, έτσι η συντήρηση της γίνεται πιο εύκολη. Οι

ενημερώσεις γίνονται μέσω του διακομιστή ο οποίος στέλνει την ενημερωμένη έκδοση άμεσα σε όλους τους πελάτες.

- **Ελεγχόμενη Πρόσβαση** - Με την χρήση στοιχείων εισόδου (username, password) μια web-based εφαρμογή μπορεί να διαμορφώσει ομάδες χρηστών ή ρόλους με διαφορετικά δικαιώματα. Αυτά τα δικαιώματα μπορούν να αλλάξουν εύκολα στο διακομιστή.
- **Αδειοδότηση** - Η πλειοψηφία των τεχνολογιών ιστού όπως HTML, CSS, javascript, ajax κλπ είναι ανοιχτού λογισμικού (open source) και δωρεάν στη χρήση, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των απαιτούμενων αδειών.

2.5. SCADA συστήματα

Ένα σύστημα επιτήρησης, ελέγχου και συλλογής δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition system) γνωστό και ως σύστημα SCADA, συλλέγει πληροφορίες, τις μεταφέρει σε ένα κεντρικό σύστημα, και διεξάγει όλες τις απαραίτητες αναλύσεις ή/και ελέγχους, και έπειτα παρουσιάζει τις πληροφορίες στην οθόνη ελέγχου του χρήστη [32]. Οι απαραίτητες ενέργειες ελέγχου, που καταχωρεί ο χρήστης, στη συνέχεια μεταφέρονται πίσω στην διαδικασία (process). Σύμφωνα με το [32] ένα σύστημα SCADA περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- **Αισθητήρες** τοποθετημένοι σε μία περιοχή ή μία εγκατάσταση να μετρούν τις συνθήκες, π.χ. στάθμη του νερού ή της ροής, την θερμοκρασία ή την υγρασία, κλπ
- **Εξοπλισμός λειτουργίας** όπως βαλβίδες, αντλίες, κ.λπ., τα οποία μπορούν να ελέγχονται από τους εκκινητές ενεργοποίησης ή τα ρελέ.
- **Τοπικοί επεξεργαστές** επικοινωνούν με τους αισθητήρες και τον εξοπλισμό λειτουργίας. Αυτοί περιλαμβάνουν τον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC), τον Αυτόματο Ελεγκτή Διεργασίας (PAC), την Ευφυή Ηλεκτρονική Συσκευή (IED) και την Απομακρυσμένη Τερματική Μονάδα (RTU). Ένας και μόνο τοπικός επεξεργαστής μπορεί να ελέγξει δεκάδες εισόδους αισθητήρων και εξόδους εξοπλισμού λειτουργίας.
- **Μικρής εμβέλειας επικοινωνία:** Συνήθως η επικοινωνία μεταξύ των τοπικών επεξεργαστών, των αισθητήρων και του εξοπλισμού λειτουργίας, γίνεται με τη χρήση σχετικά μικρής απόστασης καλωδίων ή ασύρματων συνδέσεων. Οι επικοινωνίες αυτές φέρουν αναλογικά και διακριτά σήματα με ηλεκτρικά

χαρακτηριστικά, όπως τάση και ρεύμα, ή άλλα βιομηχανικά πρωτόκολλα επικοινωνίας.

- **Κεντρικοί υπολογιστές** που χρησιμοποιούνται ως βασικό σημείο παρακολούθησης και ελέγχου. Από αυτούς τους υπολογιστές οι χειριστές μπορούν να εποπτεύουν την διαδικασία, να κάνουν ανασκόπηση των δεδομένων, να λαμβάνουν τις ειδοποιήσεις και να εκτελούν πράξεις ελέγχου (διεπαφή ανθρώπου μηχανής - HMI).
- **Μεγάλης εμβέλειας επικοινωνία:** Οι τοπικοί επεξεργαστές και οι κεντρικοί υπολογιστές είναι συνήθως συνδεδεμένοι μέσω μισθωμένων γραμμών τηλεφώνου, cellular packet data, δορυφόρους κλπ

2.5.1. Διεπαφή Ανθρώπου - Μηχανής

Η διεπαφή ανθρώπου μηχανής (HMI) είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για να μπορεί ο χρήστης να παρακολουθεί την λειτουργία μιας εγκατάστασης, καθώς και να επεμβαίνει ελέγχοντας τμήματα ή ακόμα και ολόκληρο το σύστημα από αυτή. Η διεπαφή HMI πρέπει να πληροί τρεις βασικές προδιαγραφές. Αρχικά πρέπει να είναι ανεξάρτητο πλατφόρμας και συσκευής, έτσι ώστε ο χρήστης να μην περιορίζεται σε συγκεκριμένο λειτουργικό ή μέγεθος οθόνης, αντίστοιχα. Επιπλέον, η διαλειτουργικότητα ανάμεσα στην βασική μονάδα ελέγχου του συστήματος και στην HMI πρέπει να είναι ικανή να υποστηρίξει τη μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, η γραφική απεικόνιση όλης της υποδομής της εγκατάστασης, να είναι ικανή να προβάλλει την ροή των πληροφοριών και τα ελεγχόμενα μέρη αυτής, με έναν κατανοητό και εύχρηστο τρόπο.

Τα περισσότερα SCADA συστήματα, οπτικοποίησης και ελέγχου διαδικασιών, χρησιμοποιούν το πρότυπο διασύνδεσης λογισμικού OPC¹ για την παροχή δεδομένων από την πηγή στην εφαρμογή πελάτη, με έναν τυποποιημένο τρόπο. Το OPC βασίζεται στην DCOM/COM, ένα εξαρτώμενο μοντέλο πλατφόρμας που δημιουργήθηκε από την Microsoft για LAN συνδέσεις. Για την μείωση του κόστους εγκατάστασης δικτύων αποκλειστικής χρήσης (dedicated networks), οι ερευνητές στράφηκαν στα Web-based SCADA συστήματα. Στο [33] οι H.A. Abbas και A.M. Mohamed, μελετώντας την βιβλιογραφία, πραγματοποίησαν μια ταξινόμηση όλων των διαφορετικών προσεγγίσεων πρόσβασης σε διακομιστή OPC DA μέσω του διαδικτύου, καθώς και το πόσο εφικτή είναι η υλοποίηση των

¹ OPC stands for OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control, also for Open Process Control [33].

προσεγγίσεων αυτών. Συμπέραναν ότι καμία από αυτές τις προσεγγίσεις δεν κατάφερε να επιτύχει μια συμπεριφορά πραγματικού χρόνου, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία όλων των συστημάτων SCADA.

Παρόλο που η ανάγκη για web-based HMI είναι εμφανής, ο συνδυασμός μεταξύ του βιομηχανικού εξοπλισμού και των τεχνολογιών ιστού δεν φαίνεται να είναι ο καλύτερος συνδυασμός. Επιπλέον, είναι προφανές ότι οι περιορισμοί των κλειστών πρωτοκόλλων έρχονται σε αντίθεση με τις δικές μας προδιαγραφές για ανοιχτό/ελεύθερο λογισμικό. Αντίθετα, η χρήση των μικροϋπολογιστών (single board computers) έχει τεκμηριωθεί σε μια σειρά από υλοποιημένα συστήματα επιτήρησης και ελέγχου σε διάφορους τομείς και πεδία, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών εφαρμογών [34], [35], των έξυπνων συστημάτων τεχνητής όρασης [36] ή των έξυπνων εφαρμογών για συσκευές [37] και έξυπνων πόλεων [38], με αξιολογικά αποτελέσματα.

Οι συγγραφείς του [34] παρουσιάζουν ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που χρησιμοποιεί τον μικροϋπολογιστή Raspberry Pi και το Arduino για εφαρμογές περιβαλλοντικής επιτήρησης. Σημειώνουν ότι μία τέτοια διασύνδεση είναι χρήσιμη σε πολλές εφαρμογές επιτήρησης και συλλογής δεδομένων, με βάση το χαμηλό κόστος, την επεκτασιμότητα, την προσαρμοστικότητα, την ευκολία εγκατάστασης, και την ευκολία συντήρησης του συστήματος. Επιπλέον, ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης όλων των στοιχείων του συστήματος κάτω από ένα ενιαίο πίνακα ελέγχου, ιδίως στοιχεία όπως οι διακομιστές ιστού (web server) και βάσης δεδομένων (database server), όπως και η μονάδα ελέγχου, τα οποία μπορούν εύκολα να ρυθμιστούν να λειτουργούν “ακέφαλα” (δηλ. χωρίς οθόνη, πληκτρολόγιο, ή ποντίκι).

3. Αρχιτεκτονική Συστήματος

3.1. Σχεδιασμός συστήματος

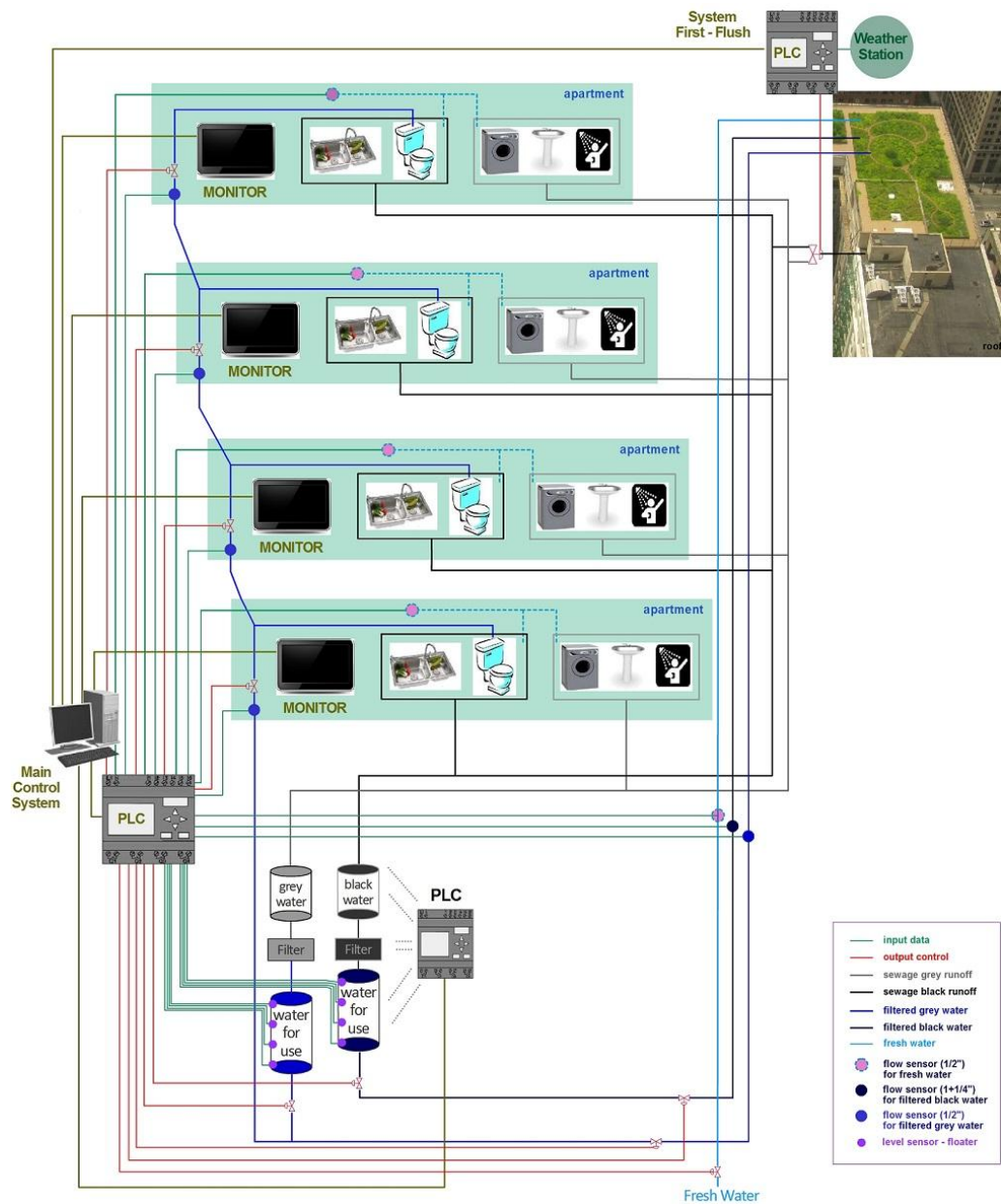
Η ανάπτυξη ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης Νερού, που ελέγχει τόσο τις απορροές (εσωτερικές και εξωτερικές), όσο και τις καταναλώσεις νερού (φρέσκου και επεξεργασμένου) ενός οικιστικού συγκροτήματος, απαιτεί την σχεδίαση και υλοποίηση ενός Πληροφοριακού Συστήματος ελέγχου και λειτουργίας (ΠΣ) που πρέπει να επιτρέπει την συντονισμένη και ασφαλή λειτουργία όλων των επιμέρους δομών. Το παρόν σύστημα συλλέγει τις απορροές εξωτερικών επιφανειών (ταράτσα – σύστημα First Flush) καθώς και των εσωτερικών καταναλώσεων (γκρι – ντους, νιπτήρες, και μαύρων – τουαλέτες, νεροχύτες), και τις κατευθύνει στις ειδικές μονάδες επεξεργασίας. Μετά την επεξεργασία τους προωθούνται για κατανάλωση στα διαμερίσματα (καζανάκια) και για άρδευση στον κήπο του δώματος (ταρατσόκηπος).

Για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος αυτού, υλοποιήθηκε ένα ΠΣ το οποίο διαχειρίζεται πληθώρα αισθητήρων, εξόδων ελέγχου και δύο αυτόνομα συστήματα. Το πρώτο αυτόνομο σύστημα αποτελεί ο μετεωρολογικός σταθμός Aercus Instruments WS3083 που είναι εγκατεστημένος στην ταράτσα του οικοδομικού συγκροτήματος και παρέχει πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, ενώ το δεύτερο αυτόνομο σύστημα, βρίσκεται στον ισόγειο χώρο του οικοδομήματος και είναι αυτό της επεξεργασίας των γκρι και μαύρων απορροών. Το ΠΣ συμπεριλαμβάνει επίσης μία εύχρηστη διεπαφή χρήστη-συστήματος (web εφαρμογή) που προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του συστήματος, ιστορικά καταναλώσεων και εξοικονόμησης νερού, καθώς και τμηματικό ή συνολικό έλεγχο του συστήματος.

Το ΠΣ καταγράφει την συνολική εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται από το σύστημα, τόσο στα επιμέρους τμήματα του, (κήπος, διαμέρισμα1, κτλ) , όσο και συνολικά σε όλο το οικιστικό συγκρότημα, διατηρώντας στατιστικά στοιχεία της κατανάλωσης φρέσκου και επεξεργασμένου νερού, υπολογίζοντας εύκολα την εξοικονόμηση νερού ύδρευσης αλλά και άρδευσης.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός του παρόντος συστήματος, σε κάθε διαμέρισμα έχει τοποθετηθεί ένα ροόμετρο για τη μέτρηση της κατανάλωσης φρέσκου νερού του διαμερίσματος και ένα ροόμετρο για τη μέτρηση της κατανάλωσης γκρι νερού στα καζανάκια του διαμερίσματος. Επίσης, μια ηλεκτροβάννα σε κάθε διαμέρισμα ελέγχει την τροφοδοσία στο καζανάκι με φρέσκο ή γκρι νερό, ανάλογα με τις επιθυμίες των

ενοίκων και τη διαθεσιμότητα του συστήματος σε γκρι νερό. Ομοίως, τρία παροχόμετρα και τρεις ηλεκτροβάνες ελέγχουν και προσμετρούν το πότισμα του ταρατσόκηπου με γκρι, μαύρο ή φρέσκο νερό. Τέλος, μια ηλεκτροβάνη ελέγχει την κατεύθυνση των απορροών της ταράτσας προς τη δεξαμενή των μαύρων ή των γκρι νερών, υπό την καθοδήγηση του συστήματος First Flush.

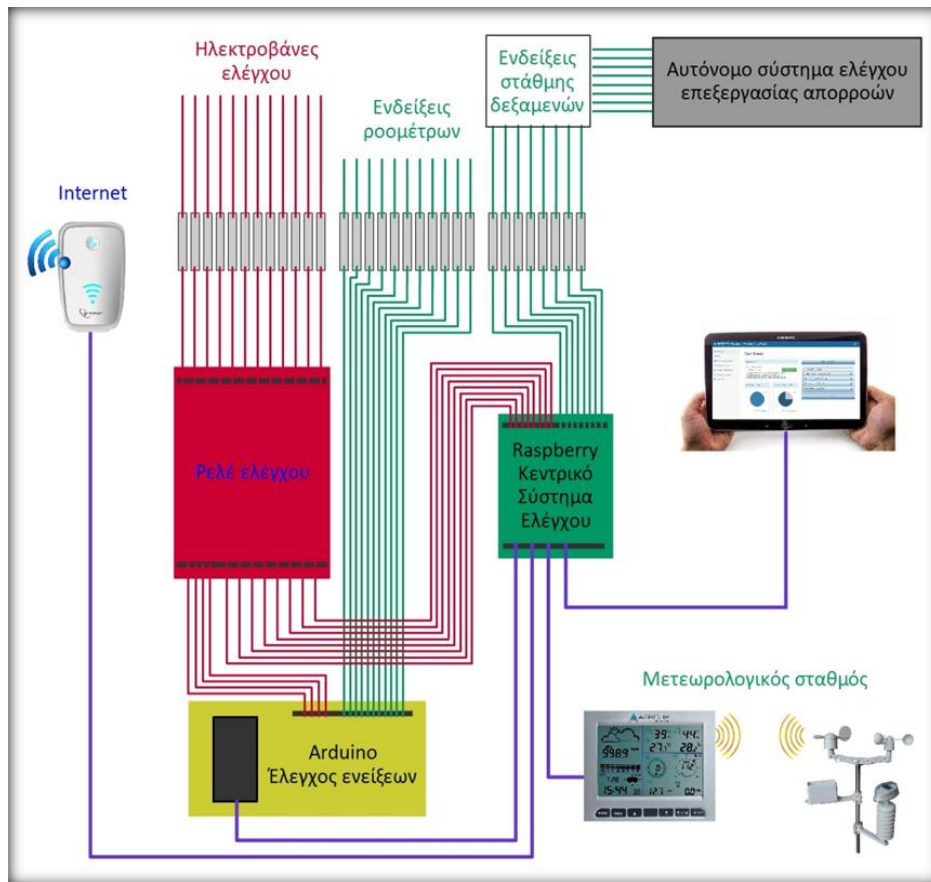


Εικόνα 3.1 Αρχιτεκτονική πληροφοριακού συστήματος

3.2. Υλοποίηση συστήματος

Η Εικόνα 3.2 απεικονίζει τη διασύνδεση και κατανομή των επιμέρους τμημάτων του ΠΣ του παρόντος συστήματος στο οικιστικό συγκρότημα. Για το ΠΣ επελέγησαν αποκλειστικά ανοικτές τεχνολογίες τόσο για το hardware όσο και για το software, προκειμένου το τελικό σύστημα να είναι προσιτό οικονομικά, εύκολα επεκτάσιμο, ελέγξιμο σε όλες τις παραμέτρους του, χωρίς να δημιουργεί δέσμευση με κάποιον κατασκευαστικό οίκο. Οι επόμενες ενότητες εξειδικεύουν τη λειτουργία των επιμέρους συστατικών του ΠΣ.

Το Π.Σ. περιλαμβάνει, (1) τον ελεγκτή Arduino (controller), στον οποίο κατευθύνονται και επεξεργάζονται οι ενδείξεις των ροομέτρων, καθώς και κάποιες από τις ηλεκτροβάνες ελέγχου του συστήματος, (2) τον μετεωρολογικό σταθμό, από τον οποίο συλλέγονται οι καιρικές συνθήκες του οικοδομικού συγκροτήματος, (3) μία διεπαφή με το αυτόνομο σύστημα επεξεργασίας των απορροών, για την ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με τις στάθμες των δεξαμενών, (4) μία διεπαφή ελέγχου για τους χρήστες (web εφαρμογή), στην οποία προσφέρεται η δυνατότητα ελέγχου και τέλος (5) το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου (Raspberry), στο οποίο συνδέονται τα επιμέρους τμήματα, για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος. Η αρχιτεκτονική του Π.Σ. απεικονίζεται στην Εικόνα 3.1, ενώ ο πίνακας ελέγχου που έχει εγκατασταθεί στο οικοδομικό συγκρότημα φαίνεται στην Εικόνα 3.13. Τα επί μέρους τμήματα του αναλύονται στις επόμενες ενότητες.



Εικόνα 3.2 Hardware συνδέσεις

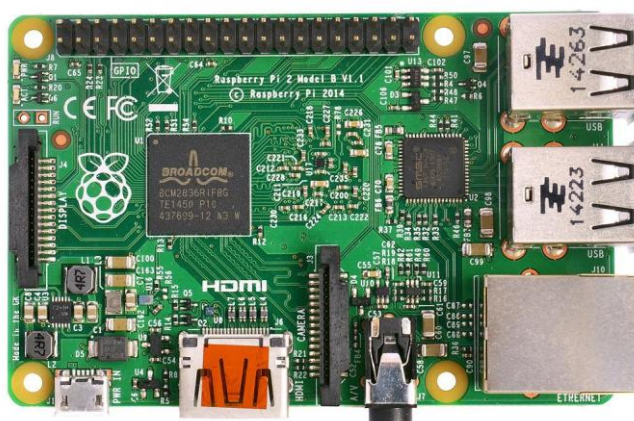
3.2.1. Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου

Το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου (MCS) αποτελεί την καρδιά του ΠΣ του Holistic. Διαθέτει όλα τα βασικά interfaces (Serial, Ethernet, I2C, κλπ) για την επικοινωνία του MCS με τα επιμέρους υποσυστήματα εισόδων – εξόδων του συστήματος, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί τη διεπαφή, μέσω της οποίας γίνεται η παραμετροποίηση και παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος από τους Χρήστες.

Το MCS διασυνδέεται με τα επιμέρους υποσυστήματα (expansion cards) μέσω των serial και I2C ports που διαθέτει. Η σχεδίαση του έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί σε οικιστικά συγκροτήματα, δίχως περιορισμό στον αριθμό των διαμερισμάτων και να εξυπηρετεί τις ανάγκες για ψηφιακές εισόδους (αισθητήρια, alarms κ.α.) και εξόδους (ηλεκτροβάνες, αντλίες κ.α) του συστήματος.

Raspberry Pi2

Το MCS είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής Raspberry Pi 2 σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας τύπου single-board computer κατασκευασμένος στη Μεγάλη Βρετανία από το Raspberry Pi Foundation το οποίο ενσωματώνει τη λειτουργία του ελεγκτή και αποτελεί τον πυρήνα του Πληροφοριακού Συστήματος.



Εικόνα 3.3 Κεντρικός ελεγκτής (MCS) Raspberry Pi 2

Specifications

Το Raspberry Pi2 περιέχει έναν ενισχυμένο τετραπύρρηνο επεξεργαστή Broadcom BCM2836 Arm7 Quad Core Processor με 1GB RAM. Τρέχει λειτουργικό Raspbian OS (debian distro) και διαθέτει όλα τα βασικά interfaces (serial, ethernet, i2c κλπ) για την επικοινωνία του MCS με τα επιμέρους υποσυστήματα του Συστήματος.

Επιπλέον Hardware

Το MCS διαθέτει πληθώρα επιλογών σε Hardware Interfaces (Serial, I2C, Digital I/O Pins, USB κ.α.) για τη διασύνδεση με τα περιφερειακά συστήματα (αισθητήρια, έξοδοι, alarms). Η σχεδίαση έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εφικτή μελλοντική επέκταση των εισόδων και εξόδων του συστήματος.

Expansion Module MCP23017

Στο Raspberry Pi2 έχει εγκατασταθεί ένα Module με MCP23017 (16 GPIO) το οποίο χρησιμοποιείται για να ελέγχει τις ηλεκτροβάνες του φρέσκου νερού των διαμερισμάτων μέσω πλακέτας relay, τις ηλεκτροβάνες ποτίσματος του ταρατσόκηπου με μαύρο – γκρι – φρέσκο νερό, τη λειτουργία της ηλεκτροβάνας ελέγχου του First Flush συστήματος και

ταυτόχρονα έχει παραμετροποιηθεί για 8 εισόδους για τα αισθητήρια στάθμης (4 ανά δεξαμενή μαύρων/γκρι νερών) των δύο δεξαμενών εναπόθεσης γκρι και μαύρου νερού του οικιστικού συγκροτήματος. Το συγκεκριμένο module χρησιμοποιεί τη I2C διεπαφή που υπάρχει στο Raspberry Pi2.

USB Interface

Το Raspberry Pi2 διαθέτει 4 διεπαφές USB οι οποίες δύνανται να αυξηθούν με χρήση USB HUB. Στη μέχρι τώρα υλοποίηση χρησιμοποιούμε τις δύο για την διασύνδεση του μετεωρολογικού σταθμού WS3083 και για τη διασύνδεση του Flowmeter and Toilet Tanks Controller με το Raspberry Pi2. Επειδή, το Raspberry Pi2 είναι σχετικά ευαίσθητο στο πόσο ρεύμα καταναλώνει μια USB θύρα χρησιμοποιούμε ένα τροφοδοτούμενο με εξωτερική τροφοδοσία USB HUB για τη διασύνδεση του μετεωρολογικού σταθμού, ώστε να αποφύγουμε τυχόν δυσλειτουργίες που μπορεί να οφείλονται σε θέματα κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος.

3.2.2. Πληροφοριακό Σύστημα Ελέγχου

Το Πληροφοριακό Σύστημα ελέγχου και λειτουργίας (ΠΣ) που επιτρέπει την συντονισμένη και ασφαλή λειτουργία όλων των επιμέρους δομών του, αποτελείται από τον Main Controller και από τον First Flush Controller. Για την ανάπτυξη των δύο λογισμικών έχει χρησιμοποιηθεί η γλώσσα προγραμματισμού Python. Η Python είναι αρκετά δυνατή και γρήγορη, τρέχει σε όλα τα λειτουργικά περιβάλλοντα και είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα.

Main Controller (MC)

Ο σχεδιασμός του λογισμικού MC έγινε για να ελέγχει και να συντονίζει όλα τα επιμέρους Software ή Hardware υποσυστήματα, ώστε να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του Π.Σ. Σε αυτό οδηγούνται όλες οι αλλαγές που πρέπει να γίνουν στις εξόδους (π.χ. ηλεκτροβάνες), οι ενδείξεις των αισθητήριων (π.χ. ροόμετρα, tank levels), οι αλλαγές στην παραμετροποίηση (π.χ. αλλαγή profile Διαμερίσματος) των επιμέρους υπομονάδων του συστήματος καθώς και η αλληλεπίδραση με τη Βάση Δεδομένων του Π.Σ. Για την επίτευξη των παραπάνω και την καλύτερη διαχείριση των πόρων του Raspberry έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας Hardware (Serial, I2C) ενώ για τη επικοινωνία μεταξύ των άλλων λογισμικών (webserver, first flush), που λειτουργούν στο Raspberry για ανταλλαγή δεδομένων, τεχνική IPC Socket (InterProcess Communication

Socket, IPCS). Το MC ξεκινάει τη λειτουργία του κατά την εκκίνηση του OS του Raspberry αυτόματα (π.χ. σε περίπτωση power failure).

Το MC εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

- Αρχικοποίηση (Setup). Κατά την εκκίνηση του προγράμματος πραγματοποιείται αρχικοποίηση του συστήματος. Ανακτά από τη Βάση Δεδομένων το configuration των διαμερισμάτων του οικιστικού συγκροτήματος και αναλαμβάνει την παραμετροποίηση των επιμέρους hardware βαθμίδων (sensors, actuators). Για παράδειγμα, στέλνει στην πλακέτα Flowmeter And Toilet Tank Controller (FTTC) μέσω Serial Interface τα profile που έχουν επιλέξει οι Χρήστες για κάθε διαμέρισμα, ώστε να γνωρίζει ο FTTC αν θα πρέπει να ενεργοποιήσει τις ηλεκτροβάνες των γκρι νερών.
- Κανονική λειτουργία . Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του συστήματος το πρόγραμμα ελέγχει συνεχώς την κατάσταση των εξόδων του συστήματος και τις μεταβάλλει ανάλογα. Δέχεται - ενημερώνεται για μεταβολές στην παραμετροποίηση του συστήματος, στην πόρτα (tcp port) 8051 χρησιμοποιώντας IPC Socket,. Μπορεί να ενημερωθεί, για παράδειγμα, από τον Web Server ότι ο χρήστης άλλαξε την παραμετροποίηση του profile για το Διαμέρισμα 1 από eco σε eco plus και αναλαμβάνει να μεταφέρει την πληροφορία στην αντίστοιχη βαθμίδα FTTC διαμέσου του Serial Interface ή ότι μετά από φαινόμενο βροχής πρέπει η ηλεκτροβάνα First Flush να αλλάξει από κατάσταση Black σε κατάσταση Grey, οπότε και την ενεργοποιεί. Το πρόγραμμα σε κάθε κύκλο διαβάζει από τις ψηφιακές εισόδους του τις στάθμες των δεξαμενών γκρι και μαύρων νερών. Αν διαπιστώσει ότι η δεξαμενή των γκρι είναι άδεια και κάποιο από τα διαμερίσματα έχει επιλέξει το profile eco-plus τότε για να εξασφαλίσει την αδιάλειπτη παροχή νερού στο διαμέρισμα, αλλάζει αυτόματα την παροχή σε φρέσκο νερό μέχρι να υπάρξει διαθέσιμο απόθεμα νερού στη δεξαμενή γκρι νερού.

Επίσης, χρησιμοποιώντας το serial interface ενημερώνεται συνεχώς για τις ενδείξεις των ροόμετρων του οικιστικού συγκροτήματος και αναλαμβάνει να ενημερώσει τη Βάση Δεδομένων (events table) με τις επιμέρους καταναλώσεις. Το Σύστημα Ελέγχου και λειτουργίας του Holistic δίνει τη δυνατότητα στον τελικό χρήστη παρακολούθησης και στατιστικής ανάλυσης της χρήσης νερού στο οικιστικό συγκρότημα. Για το λόγο αυτό η web εφαρμογή παράγει αναφορές – γραφήματα σε

συνάρτηση με το χρόνο που αφορούν την κατανάλωση νερού (φρέσκου – γκρι - μαύρου) ή την εξοικονόμηση σε κ.μ. νερού ανά διαμέρισμα ή συνολικά για το συγκρότημα. Το MC κάθε φορά που έχουμε κατανάλωση νερού σε ένα διαμέρισμα ενημερώνει τη ΒΔ και συγκεκριμένα τον Πίνακα events (πεδία: eventName, apartment ID, value, eventStart, eventEnd), ενώ κάθε μια ώρα δημιουργεί εγγραφή στον Πίνακα valuesHours με την συνολική ποσότητα που κατανάλωσε το διαμέρισμα σε φρέσκο, γκρι και μαύρο νερό. Αντίστοιχη διαδικασία γίνεται και κάθε μέρα στις 00:00:00 για να ενημερώσει τον Πίνακα της ΒΔ valuesDays. Για την όλη λειτουργία του προγράμματος, υπάρχει η δυνατότητα logging στην ΒΔ, αλλά και σε αρχεία Logs (application log, serial.log κ.α.) με δυνατότητα αλλαγής του επιπέδου logging, διευκολύνοντας την διαδικασία αποσφαλμάτωσης, σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας της εφαρμογής.

- Τερματισμός λειτουργίας. Κατά τον τερματισμό λειτουργίας η εφαρμογή ενημερώνει τα κατάλληλα logs και επαναφέρει τις καταστάσεις λειτουργίας των ηλεκτροβανών των διαμερισμάτων σε λειτουργία με φρέσκο νερό.

First Flush Controller

Η εφαρμογή First Flush Controller (FFC) σχεδιάστηκε αποκλειστικά για την λειτουργία του συστήματος First Flush του οικιστικού συγκροτήματος κατά τη διάρκεια φαινομένων βροχής για την μέγιστη συγκέντρωση βρόχινου νερού στις δεξαμενές γκρι και μαύρου νερού με στόχο την αποδοτικότερη χρήση του και άρα τη μέγιστη εξοικονόμηση της κατανάλωσης του οικιστικού συγκροτήματος [39]. Αλληλεπιδρά με την εφαρμογή Main Controller μέσω IPC Socket και έχει τη δυνατότητα ανάγνωσης – εγγραφής στη ΒΔ του συστήματος. Η εκκίνηση της εφαρμογής γίνεται από την εφαρμογή MC στην φάση αρχικοποίησης της.

Αλγόριθμος λειτουργίας FirstFlush:

Η εφαρμογή ανά τακτά χρονικά διαστήματα (1 min) διαβάζει από τη Βάση Δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού weewxDB το πεδίο rain και ελέγχει αν αυτό είναι μεγαλύτερο από μηδέν. Η εφαρμογή WeeWX αποθηκεύει στο πεδίο rain τις ενδείξεις του αισθητηρίου βροχής του σταθμού και αν αυτή υπερβαίνει το 1mm βροχής και η fuzzy function δεν έχει τρέξει πρόσφατα (οπότε πρόκειται για νέο επεισόδιο βροχής), διαβάζει την τελευταία ημερομηνία αλλαγής κατάστασης την ηλεκτροβάνας από κατάσταση Black σε

κατάσταση Grey από τη Βάση Δεδομένων hardwareDB και υπολογίζει πόσο χρόνος έχει περάσει από την τελευταία ενεργοποίηση του FF System (περίοδος ξηρασίας). Στη συνέχεια καλεί την java κλάση fuzzy function με δεδομένα εισόδου την ένδειξη βροχής σε mm και την περίοδο ξηρασίας σε ημέρες. Η fuzzy function επιστρέφει στην εφαρμογή FFC την χρονική περίοδο κατά την οποία θα πρέπει η απορροή της ταράτσας να οδηγείται στα μαύρα νερά (κατάσταση Black). Όταν ο χρόνος (delay) παρέλθει, δηλαδή η ταράτσα έχει καθαρίσει από ρύπους (π.χ. χώματα), η εφαρμογή εφόσον το φαινόμενο βροχής δεν έχει σταματήσει, χρησιμοποιώντας IPC Socket στην πόρτα 8051, ενημερώνει την εφαρμογή Main Controller ότι πρέπει να αλλάξει την ηλεκτροβάνα FF από κατάσταση Black σε Grey. Καθόλη τη διάρκεια του φαινομένου βροχής η εφαρμογή ελέγχει, κάνοντας ανά τακτά χρονικά διαστήματα ερωτήματα στη ΒΔ, τις στάθμες των δεξαμενών και αν διαπιστώσει ότι η δεξαμενή των γκρι νερών είναι γεμάτη, για να επιτύχει μέγιστη εξοικονόμηση, επαναφέρει στα μαύρα την απορροή, δίνοντας εντολή μέσω IPCS στο MC να αλλάξει την ηλεκτροβάνα FF σε κατάσταση Black. Στην περίπτωση που το φαινόμενο βροχής έχει λήξει (έχει σταματήσει για 30 λεπτά) η εφαρμογή ενημερώνει μέσω IPCS την εφαρμογή του MC για να επαναφέρει την ηλεκτροβάνα FF σε κατάσταση Black. Κατά τον τερματισμό της εφαρμογής First Flush Controller η κατάσταση της ηλεκτροβάνας FF επανέρχεται στην default κατάσταση, δηλαδή στην κατάσταση Black. Αξίζει να επισημάνουμε εδώ, ότι ως επεισόδιο βροχής ορίζουμε κάθε βροχόπτωση η ποσότητα της οποίας υπερβαίνει το 1mm, ενώ ως λήξη ενός τέτοιου επεισοδίου βροχής θεωρούμε την απουσία βροχής για διάστημα 30 λεπτών.

Για την όλη λειτουργία της εφαρμογής, υπάρχει η δυνατότητα logging στην ΒΔ, αλλά και σε αρχεία Logs (application log) με δυνατότητα αλλαγής του επιπέδου logging, διευκολύνοντας την διαδικασία αποσφαλμάτωσης, σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας της.

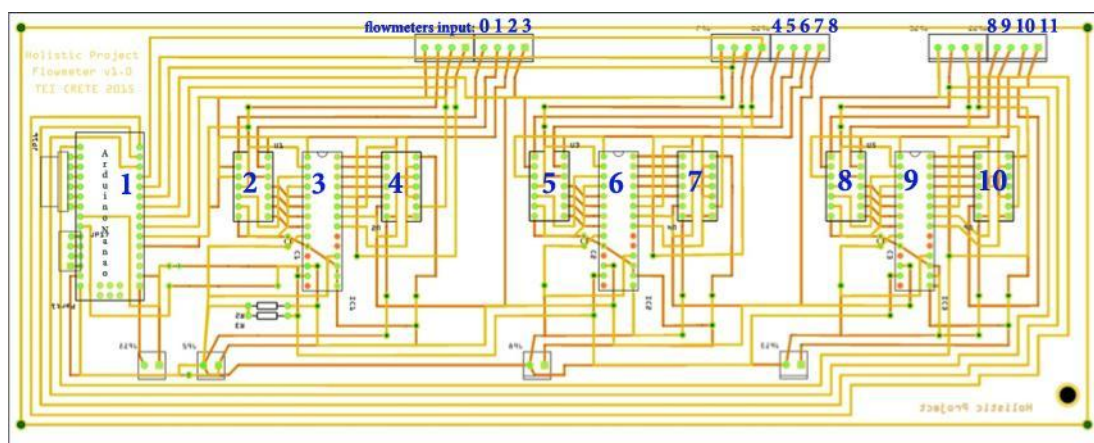
3.2.3. Ελεγκτής ροόμετρων και ελέγχου Η/Β

Ο ελεγκτής ροόμετρων και ελέγχου ηλεκτροβανών σε καζανάκια τουαλέτας χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της κατανάλωσης γκρι, μαύρου και φρέσκου νερού των διαμερισμάτων, του ποτίσματος του ταρατσόκηπου, καθώς και του ελέγχου των ηλεκτροβανών γκρι νερού για περαιτέρω εξοικονόμηση στα καζανάκια των διαμερισμάτων του συγκροτήματος. Ο ελεγκτής σχεδιάστηκε για να μεταφέρει σε πραγματικό χρόνο δεδομένα από τα ροόμετρα στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου.

Συνολικά στο συγκρότημα έχουν τοποθετηθεί και διασυνδεθεί με τις ψηφιακές εισόδους – εξόδους του ελεγκτή 11 ροόμετρα (τύπου Hall Effect) και με τις ψηφιακές εξόδους 4 ηλεκτροβάνες . Σε κάθε διαμέρισμα υπάρχουν 2 ροόμετρα, ένα για το φρέσκο και ένα για το γκρι νερό, ενώ για τον ταρατσόκηπο, ο οποίος αρδεύεται με φρέσκο, γκρι και μαύρο έχουν τοποθετηθεί 3 ροόμετρα. Κάθε ροόμετρο, όταν εσωτερικά του υπάρχει ροή, στέλνει ένα σήμα παλμών. Μέσω των τιμών της συχνότητας αυτού, καθίσταται δυνατή η μετατροπή των παλμών του σήματος σε λίτρα, και κατά συνέπεια η καταγραφή της κατανάλωσης στο συγκεκριμένο τμήμα του συγκροτήματος. Σε κάθε διαμέρισμα υπάρχει μια ηλεκτροβάνα (H/B) συνδεδεμένη στην παροχή του γκρι νερού. Ο ελεγκτής έχει τη δυνατότητα, δίδοντας εντολή στην κατάλληλη H/B και ανάλογα με το πρόγραμμα που έχει επιλέξει ο χρήστης του διαμερίσματος (eco, eco plus) να αποκόψει (eco plus) ή όχι (eco) την παροχή γκρι νερού στο καζανάκι για ένα χρονικό διάστημα (π.χ. 20 sec) έως ότου αυτό να αδειάσει εντελώς, επιτυγχάνοντας μέγιστη εξοικονόμηση, αφού κατά τη φάση του αδειάσματος δεν εισέρχεται νερό σε αυτό.

Αρχιτεκτονική Ελεγκτή

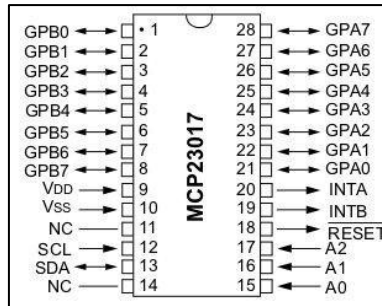
Για την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος σχεδιάστηκε πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος διπλής όψης (βλ. Εικόνα 4) με 12 εισόδους για ροόμετρα (1 spare) και 8 εξόδους για τις ηλεκτροβάνες γκρι νερών των διαμερισμάτων (4 spare). Τα βασικά μέρη είναι τα εξής:



- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Arduino Nano | 6. MCP23017 -I2C Address 0x21 |
| 2. 74HC393 (flowmeter 0,1 counter) | 7. 74HC393 (flowmeter 6,7 counter) |
| 3. MCP23017 - I2C Address 0x20 | 8. 74HC393 (flowmeter 8,9 counter) |
| 4. 74HC393 (flowmeter 2,3 counter) | 9. MCP23017 -I2C Address 0x22 |
| 5. 74HC393 (flowmeter 4,5 counter) | 10. 74HC393 (flowmeter 10,11 counter) |

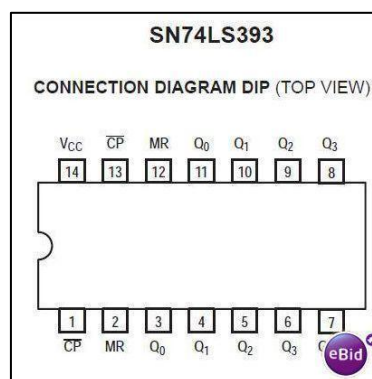
Εικόνα 3.4 Κύκλωμα πλακέτας ροόμετρων

- **Arduino Nano.** Επιλέχτηκε ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής της οικογένειας Arduino (atmega328) λόγω της απαίτησης μεγάλης ακρίβειας σε χρόνο του εγχειρήματος, του χαμηλού κόστους, αλλά και της μεγάλης open source κοινότητας που τον υποστηρίζει. Διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους 32KB Flash memory, 1 KB SRAM και 512 Bytes EEPROM. Αναλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων των μετρήσεων στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου (Raspberry) και ενημερώνεται για τυχόν αλλαγές στο profile των χρηστών μέσω της USB διεπαφής που διαθέτει. Επικοινωνεί με πρωτόκολλο I2C με τις βαθμίδες μέτρησης των ροόμετρων για να μεταφέρει τα δεδομένα των καταναλώσεων στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου, καθώς και με τη βαθμίδα ελέγχου των καταστάσεων των ηλεκτροβανών γκρι νερού. Όταν ένα ροόμετρο ενημερώσει τον μικροεπεξεργαστή για έναρξη φαινομένου κατανάλωσης γκρι νερού σε διαμέρισμα και το profile του συγκεκριμένου διαμερίσματος είναι eco plus τότε αποκόπτει την αντίστοιχη ηλεκτροβάννα για συγκεκριμένο χρόνο (delay), ώστε να αδειάσει πλήρως το καζανάκι, δίχως ταυτόχρονα να εισέρχεται νερό ποσοστό του οποίου χάνεται μέχρι να αδειάσει πλήρως και την επαναενεργοποιεί μετά το πέρας του χρόνου, για να γίνει η πλήρωση με γκρι νερό. Με αυτόν τον τρόπο δεν εισέρχεται νερό κατά τη φάση αδειάσματος στο καζανάκι επιτυγχάνοντας μέγιστη εξοικονόμηση.
- **MCP23017.** Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο επέκτασης 16 ψηφιακών εισόδων/εξόδων με διεπαφή I2C. Το MCP23017 χρησιμοποιείται για να επεκτείνει τον αριθμό I/O pins του Arduino. Διαθέτει 3-bit για διευθυνσιοδότηση στο I2C Bus δίνοντας τη δυνατότητα χρησιμοποίησης στο ίδιο I2C Bus πολλών ολοκληρωμένων του ίδιου τύπου, πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των I/O Pins. Διαθέτει καταχωρητές (registers) για την κατάσταση των ψηφιακών του εισόδων ή εξόδων και για την παραμετροποίησή του (configuration). Ο Arduino αναλαμβάνει να παραμετροποιήσει το συγκεκριμένο ολοκληρωμένο ώστε να έχει 16 εισόδους. Επίσης, διαβάζει σε κάθε κύκλο του προγράμματος τους 2 Registers της κατάστασης των εισόδων του (ένδειξη των ροόμετρων) και ενημερώνει το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου όταν υπάρχει κατανάλωση. Σε κάθε MCP23017 αντιστοιχούν – συνδέονται 4 ροόμετρα.



Εικόνα 3.5 MCP23017 IC

- 74LS393.** Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο 4-bit Ripple Counter υψηλής ταχύτητας. Κάθε 74LS393 περιλαμβάνει 2 μετρητές. Ουσιαστικά διαθέτει μια είσοδο (clock), μια είσοδο reset (MR – μηδενισμός μετρητή) και 4 εξόδους (counter από 0 έως 15). Όταν αλλάξει η κατάσταση της εισόδου (low rising edge), αυξάνει κατά ένα τον counter. Οι εξοδοί του είναι συνδεδεμένοι σε 4 pins ενός MCP23017, ενώ το clock συνδέεται με την έξοδο του ροόμετρου. Όταν υπάρχει ροή νερού το ροόμετρο παράγει παλμούς TTL οι οποίοι αναγκάζουν τον counter να αυξηθεί. Το 74LS393 χρησιμοποιείται ουσιαστικά ως Buffer στην περίπτωση που η ροή νερού είναι μεγάλη, άρα και η συχνότητα παλμών του ροόμετρου υψηλή, ώστε να προλαβαίνει ο μικροεπεξεργαστής να διαβάσει τους Registers των MCP23017. Σε κάθε κύκλο προγράμματος ο μικροεπεξεργαστής, όταν διαβάσει τα δεδομένα αλλάζει στιγμιαία την κατάσταση στο MR, ώστε να μηδενίσει (reset) το μετρητή μέχρι την επόμενη μέτρηση.



Εικόνα 3.6 SN74LS393

- MCP23008.** Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο επέκτασης 8 ψηφιακών εισόδων/εξόδων με διεπαφή I2C. Διαθέτει 3-bit για διευθυνσιοδότηση στο I2C Bus.

Η πλακέτα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο από το μικροεπεξεργαστή των 4 ηλεκτροβανών γκρι νερού των διαμερισμάτων του συγκροτήματος δια μέσου 4 Relays. Η ενεργοποίηση τους εξαρτάται από το επιλεγμένο profile του κάθε διαμερίσματος του οικιστικού συγκροτήματος. Όταν έχει επιλεγεί στο διαμέρισμα eco profile τότε η ηλεκτροβάννα γκρι νερού είναι μόνιμα ενεργοποιημένη, όταν έχει επιλεγεί eco plus η ηλεκτροβάννα ενεργοποιείται με χρονοκαθυστέρηση, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση είναι μόνιμα απενεργοποιημένη.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η αντιστοίχιση (mapping) των εισόδων (παροχόμετρων) και εξόδων (ηλεκτροβάνες) με τους Registers των ολοκληρωμένων IC MCP23017 και MCP23008 του τυπωμένου κυκλώματος FTTC του παρόντος Πληροφοριακού Συστήματος.

α/α	card	address	Περιγραφή
1	FTTC	0x20_12a	Flowmeter 0 – fresh apartment 1
2	FFTC	0x20_12b	Flowmeter 1 – grey apartment 1
3	FFTC	0x20_13a	Flowmeter 2 – fresh apartment 2
4	FFTC	0x20_13b	Flowmeter 3 – grey apartment 2
5	FFTC	0x21_12a	Flowmeter 4 – fresh apartment 3
6	FFTC	0x21_12b	Flowmeter 5 – grey apartment 3
7	FFTC	0x21_13a	Flowmeter 6 – fresh apartment 4
8	FFTC	0x21_14b	Flowmeter 7 – grey apartment 4
9	FFTC	0x22_12a	Flowmeter 8 – fresh roofgarden
10	FFTC	0x22_12b	Flowmeter 9 – grey roofgarden
11	FFTC	0x23_13a	Flowmeter 10 – black roofgarden
12	FFTC	0x23_13b	Flowmeter 11 – spare
13	FFTC	0x25_12a	Grey Valve 1 – grey apartment 1
14	FFTC	0x25_12b	Grey Valve 2 – grey apartment 2
15	FFTC	0x25_12c	Grey Valve 3 – grey apartment 3
16	FFTC	0x25_12d	Grey Valve 4 – grey apartment 4

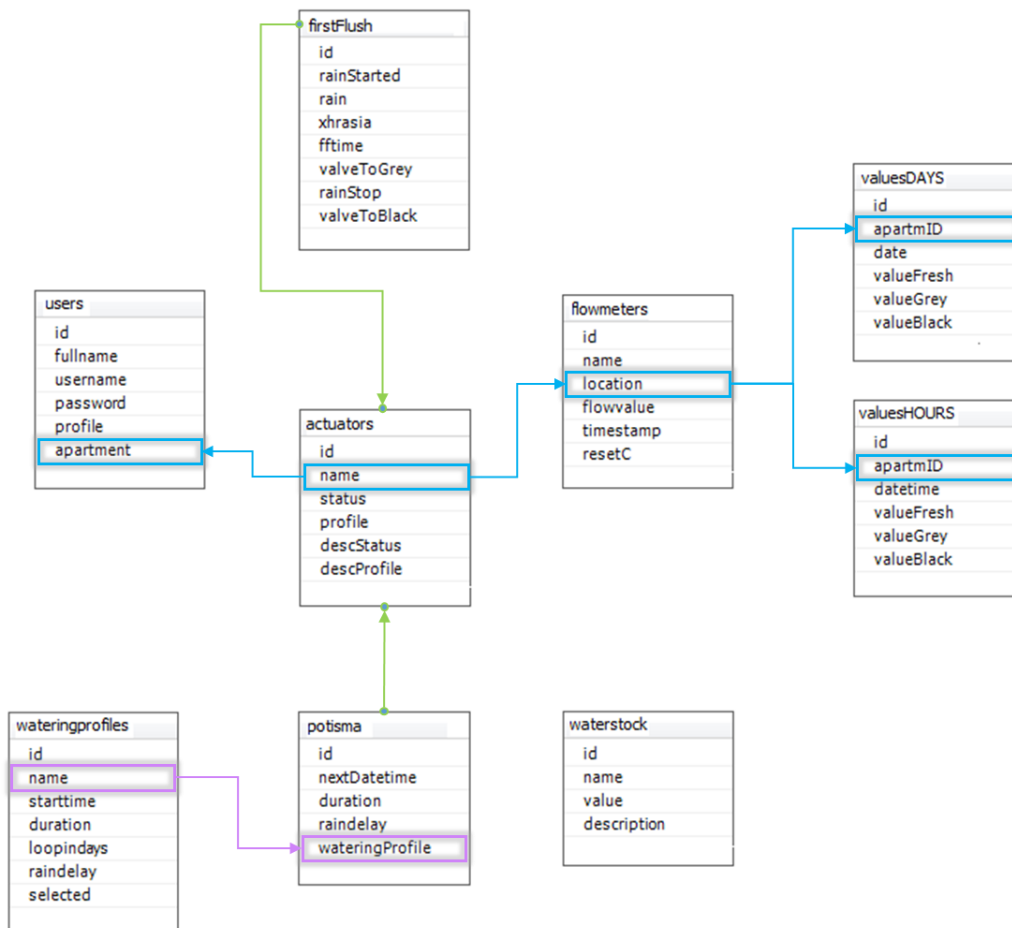
Πίνακας 3.1: Hardware addresses

Η τροφοδοσία του τυπωμένου κυκλώματος, όπως και των αισθητηρίων (ροόμετρων) γίνεται από ξεχωριστό τροφοδοτικό (switching power supply) με τάση 5 vdc.

Σημείωση: Η αρχική σχεδίαση διασύνδεσης των αισθητηρίων με την Κεντρική Μονάδα Ελέγχου περιελάμβανε την κατασκευή ξεχωριστών τυπωμένων κυκλωμάτων (καρτών επέκτασης) ανά ομάδα εισόδων (ροόμετρων) και εξόδων (relays), αλλά η επιβολή Capitals Control στη χώρα δυσχέρανε τις συναλλαγές και έκανε αδύνατη αυτή την υλοποίηση, οπότε και έγινε επανασχεδιασμός της σύμφωνα με την παραπάνω περιγραφή.

3.2.4. Βάση δεδομένων

Σε κάθε πληροφοριακό σύστημα όπως το παρόν, μία βάση δεδομένων για την αποθήκευση όλων των πληροφοριών είναι απαραίτητη. Η επιλεγμένη για το περιγραφόμενο έργο είναι η MySQL Server Community Edition η οποία είναι ανοιχτού κώδικα (open-source) σχεσιακή βάση δεδομένων (RDBMS). Για την διεπαφή χρήστη-συστήματος (εφαρμογή ιστού) δημιουργήθηκε μία ξεχωριστή βάση (SiteDB) όπου αποθηκεύονται όλες οι σχετικές πληροφορίες, οι οποίες εμφανίζονται στην εφαρμογή (δεδομένα κατανάλωσης, στάθμες δεξαμενών, επιλεγμένο προφίλ χρήσης για το κάθε διαμέρισμα κτλ). Η Εικόνα 3.7 απεικονίζει την βάση αυτή καθώς και τους πίνακες που την αποτελούν. Κάθε ένας από τους πίνακες αναλύεται λεπτομερώς στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 3.7 Βάση δεδομένων – σχέσεις πινάκων

Πίνακες

Στη βάση δεδομένων SiteDB, καταχωρούνται όλα τα δεδομένα που προβάλλονται στη web εφαρμογή (δεδομένα καταναλώσεων, στάθμες δεξαμενών, κατάσταση εκκινήτων, κλπ), καθώς και εκείνα που προέρχονται από αυτή (προσωπικά στοιχεία χρηστών, τύποι κατανάλωσης διαμερισμάτων κτλ). Οι πίνακες της εμφανίζονται παρακάτω.

UsersProfiles
ID
Name
Description

Πίνακας 3.2: SiteDB - Users Profiles

Στον πίνακα UsersProfiles είναι καταχωρημένα τα τρία προφίλ των χρηστών της εφαρμογής και οι περιγραφές τους. (1) **Tenant**: Ένοικος, (2) **Admin**: Διαχειριστής Πολυκατοικίας, και (3) **System Admin**: Διαχειριστής Πληροφοριακού συστήματος.

Στον πίνακα UsageTypes είναι καταχωρημένοι οι τρεις τύποι κατανάλωσης των διαμερισμάτων. (1) **Eco**: Τυπική κατανάλωση επεξεργασμένου γκρι νερού στο διαμέρισμα, (2) **Eco Plus**: Βελτιστοποιημένη κατανάλωση επεξεργασμένου νερού στο διαμέρισμα, και (3) **Απενεργοποιημένο**: Διακοπή παροχής επεξεργασμένου νερού.

UsageTypes
ID
Name
Description

Πίνακας 3.3: SiteDB - Usage Type

Users
ID
Fullname
Username
Password
Profile
Apartment

Πίνακας 3.4: SiteDB - Users

Στον πίνακα Users καταχωρούνται τα στοιχεία των χρηστών της εφαρμογής. Από τον πίνακα αυτό ανακτούνται οι πληροφορίες που προβάλλονται στην σελίδα «Προφίλ Χρήστη» και την «Χρήστες συστήματος» (fullname, username, apartment και profile). Αντίστοιχα οι αλλαγές που καταχωρούν οι χρήστες στις σελίδες αυτές, αποθηκεύονται σε αυτόν τον πίνακα.

Στον πίνακα Actuators είναι καταχωρημένοι όλοι οι (name), την κατάστασή του (status) εκκινήτες που ελέγχονται από την εφαρμογή και οι και το προφίλ του (profile) αν επιλεγμένες καταστάσεις τους. Πιο αναλυτικά, κάθε υπάρχει. Για παράδειγμα, η γραμμή του πίνακα περιέχει το όνομα του εκκινήτη ηλεκτροβάννα του διαμερίσματος 1

(name), μπορεί να είναι ενεργοποιημένη (status) και να έχει τύπο κατανάλωσης Eco Plus (profile), ενώ η ηλεκτροβάννα ποτίσματος με φρέσκο νερό, έχει μόνο status ενεργοποιημένη ή απενεργοποιημένη (αν το πότισμα είναι ενεργό ή όχι, από τον διαχειριστή).

ID
Name
Status
Profile
DescStatus
DescProfile

Πίνακας 3.5: SiteDB - Hourly values

Actuators

WaterStock
ID
Name
Value
Description

Πίνακας 3.6: SiteDB - Water Stock

Στον πίνακα WaterStock καταχωρούνται τα αποθέματα των δεξαμενών των προς επεξεργασία μαύρων και γκρι νερών. Οι τιμές αποθηκεύονται σε αυτόν τον πίνακα από το κεντρικό σύστημα ελέγχου (MCS) όταν οι ενδείξεις στάθμης των αισθητήρων αλλάζουν τιμή. Τα δεδομένα του πίνακα προβάλλονται σε γραφήματα μέσα από τις σελίδες «Dashboard» και «Απόθεμα δεξαμενών» της εφαρμογής.

Στον πίνακα ValuesHOURS καταχωρούνται οι τιμές ημερήσια διαγράμματα των καταναλώσεων (συνολική κατανάλωση ανά καταναλώσεων της εφαρμογής. ώρα) που μετράνε τα ροόμετρα για κάθε τμήμα του συγκροτήματος. Για παράδειγμα, για το διαμέρισμα

1 (name), στις 15/11/2015 08:00 (datetime) καταναλώθηκαν 22,33 λίτρα φρέσκου νερού (valuefresh) και 10,52 λίτρα γκρι (valuegrey), ενώ για το πότισμα, στις 15/11/2015 21:00 καταναλώθηκαν 60 λίτρα φρέσκο, 56 λίτρα γκρι και 58 λίτρα μαύρου νερού. Οι τιμές του πίνακα αυτού προβάλλονται στα

ValuesHOURS
ID
Name
DateTime
ValueFresh
ValueGrey
ValueBlack

Πίνακας 3.7: SiteDB - Hourly values

ValuesDays
ID
Name
Date
ValueFresh
ValueGrey
ValueBlack

Πίνακας 3.8: SiteDB - Daily values

Αντίστοιχα με τον πίνακα ValuesHOURS, έτσι και στον πίνακα ValuesDAYS καταχωρούνται οι τιμές των καταναλώσεων που μετράνε τα ροόμετρα του κάθε τμήματος του συγκροτήματος, μόνο που εδώ η κάθε καταχώρηση αντιπροσωπεύει την συνολική κατανάλωση ανά ημέρα (και όχι ανά ώρα). Για παράδειγμα, για το διαμέρισμα 1, στις 15/11/2015 (date) καταναλώθηκαν 673,47 λίτρα φρέσκου νερού (valuefresh) και 87,01 λίτρα γκρι (valuegrey), ενώ για το πότισμα της ίδιας ημέρας καταναλώθηκαν 60 λίτρα φρέσκου, 56 λίτρα γκρι και 58 λίτρα μαύρου νερού. Οι τιμές του πίνακα αυτού προβάλλονται στα εβδομαδιαία, μηνιαία και ετήσια διαγράμματα καταναλώσεων της εφαρμογής.

Στον πίνακα WateringProfiles καταχωρούνται τα προφίλ ποτίσματος για τον ταρατσόκηπο. Κάθε εγγραφή του πίνακα περιέχει το όνομα του προφίλ, την ώρα εκκίνησης του ποτίσματος, την διάρκεια (σε λεπτά) καθώς και μία boolean τιμή για το αν θα υπάρχει (ή όχι) έλεγχος βροχόπτωσης πριν την εκκίνηση του ποτίσματος.

WateringProfiles
ID
Name
StartTime
Duration
RainDelay

Πίνακας 3.9: SiteDB - Watering profiles

3.2.5. Μετεωρολογικός σταθμός

Ο μετεωρολογικός σταθμός Aercus Instruments WS3083, παρέχει πληθώρα αισθητήρων μέτρησης των καιρικών φαινομένων, και δυνατότητες κατάλληλες για την κάλυψη των αναγκών του παρόντος έργου. Αναλυτικότερα, παρέχει αισθητήρια θερμοκρασίας και υγρασίας, εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, αισθητήριο βροχόπτωσης, έντασης ανέμου και φωτός, βαρόμετρο και αισθητήριο ένδειξης UV ακτινοβολίας. Επιπλέον, παρέχει ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα στον σταθμό (αισθητήρια) και το LCD μόνιτορ συλλογής και προβολής των δεδομένων, που καθιστά εύκολη και οικονομική την εγκατάσταση του στο συγκρότημα. Τέλος, το μόνιτορ του σταθμού έχει εσωτερική μνήμη (EEPROM) στην οποία μπορούν να αποθηκευτούν μέχρι και 3264 πλήρεις σειρές καιρικών δεδομένων με ημερομηνία και ώρα, που προσφέρει ασφάλεια δεδομένων σε περίπτωση προβλήματος τροφοδοσίας (π.χ. αλλαγή μπαταριών). Όταν το μόνιτορ συνδεθεί (μέσω USB καλωδίου) με κάποιο PC, ή όπως στο παρόν σύστημα με κάποιο Raspberry, δίδεται η δυνατότητα, μέσω του software που χρησιμοποιεί, να γίνει ανάγνωση, αποθήκευση ή και επεξεργασία αυτών των δεδομένων, καθώς επίσης το software αυτό παράγει html αρχεία, όπου προβάλλονται τα δεδομένα σε πίνακες και γραφήματα. Αυτά τα αρχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες ή ενσωματωμένες (embedded) σελίδες σε κάποια web εφαρμογή για την εμφάνιση των μετρήσεων.

Προδιαγραφές:

- Εμβέλεια Εξωτερικής θερμοκρασίας: -40C to +65C, Εσωτερικής: 0C to +50C
- Εμβέλεια υγρασίας 10% to 99% (1% απόκλιση)
- Αποτύπωση βροχόπτωσης 0-9999mm, απόκλιση 0.3mm
- Ταχύτητα ανέμου 0-100 km/h
- Βαρομετρική πίεση 300hPa-1,100hPa, 0.1hPa απόκλιση
- Φωτεινότητα 0-400k Lux
- Δείκτης UV 1-12
- Ισχύς δέκτη 3xAA μπαταρίες, πομπού 2xAA μπαταρίες
- Συχνότητα μετάδοσης 433MHz
- Χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων έως 3 μήνες σε διαστήματα των 30 λεπτών
- Διαστάσεις κονσόλας 16.5 x 14.5 x 2.5cm
- Διαστάσεις οθόνης 12.5 x 8cm

Διασύνδεση με Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου

Ο μετεωρολογικός σταθμός AerCUS Instruments WS3083 διαθέτει USB διεπαφή η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη διασύνδεση με το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου (RASPBerry Pi2) με χρήση του κατάλληλου driver FineOffsetUsb. Το WS3083 διασυνδέεται με τα εξωτερικά αισθητήρια που βρίσκονται τοποθετημένα στο δώμα του οικιστικού συγκροτήματος με RF στη συχνότητα 433MHz. Η απομακρυσμένη επικοινωνία του ελεγκτή του μετεωρολογικού σταθμού με τα αισθητήρια του για την άντληση των ενδείξεων αυτών γίνεται κάθε 48 δευτερόλεπτα εκτός από αυτό της φωτεινότητας που ανανεώνεται κάθε 60 δευτερόλεπτα. Τα δεδομένα κάθε φορά αποθηκεύονται στην EEPROM του ελεγκτή του WS3083. Η εγγραφή στη μνήμη είναι κυκλική (RoundRobin), δηλαδή όταν αυτή γεμίσει ξαναγράφει από την αρχή. Το χρονικό διάστημα (interval) για την εγγραφή μετρήσεων στην EEPROM του σταθμού είναι παραμετροποιήσιμο μέσω υπολογιστή και για την χρήση από το Π.Σ. το έχουμε ορίσει στο 1 λεπτό (εργοστασιακή ρύθμιση: 30 λεπτά).



Εικόνα 3.8 Μετεωρολογικός σταθμός AerCUS Instruments WS3083

3.2.6. Εγκατάσταση

Όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1, η παρούσα διπλωματική περιγράφει ένα IoT σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης νερού, το οποίο υλοποιήθηκε σε ένα συγκρότημα τεσσάρων διαμερισμάτων, για την συλλογή των απορροών του συγκροτήματος, την επεξεργασία τους, και εκ νέου προώθηση τους για κατανάλωση. Η φυσική εγκατάσταση της πιλοτικής αυτής μονάδας, υλοποιήθηκε στο Ηράκλειο Κρήτης, και οι φωτογραφίες που ακολουθούν, αποτυπώνουν τα βασικά τμήματα ελέγχου της εγκατάστασης αυτής. Πιο συγκεκριμένα, απεικονίζουν τις ηλεκτροβάνες, τα ροόμετρα, τον μετεωρολογικό σταθμό καθώς και τον πίνακα ελέγχου του ΠΣ.



Εικόνα 3.9 Ηλεκτροβάνες και ροόμετρα για τα διαμερίσματα Δ1, Δ2



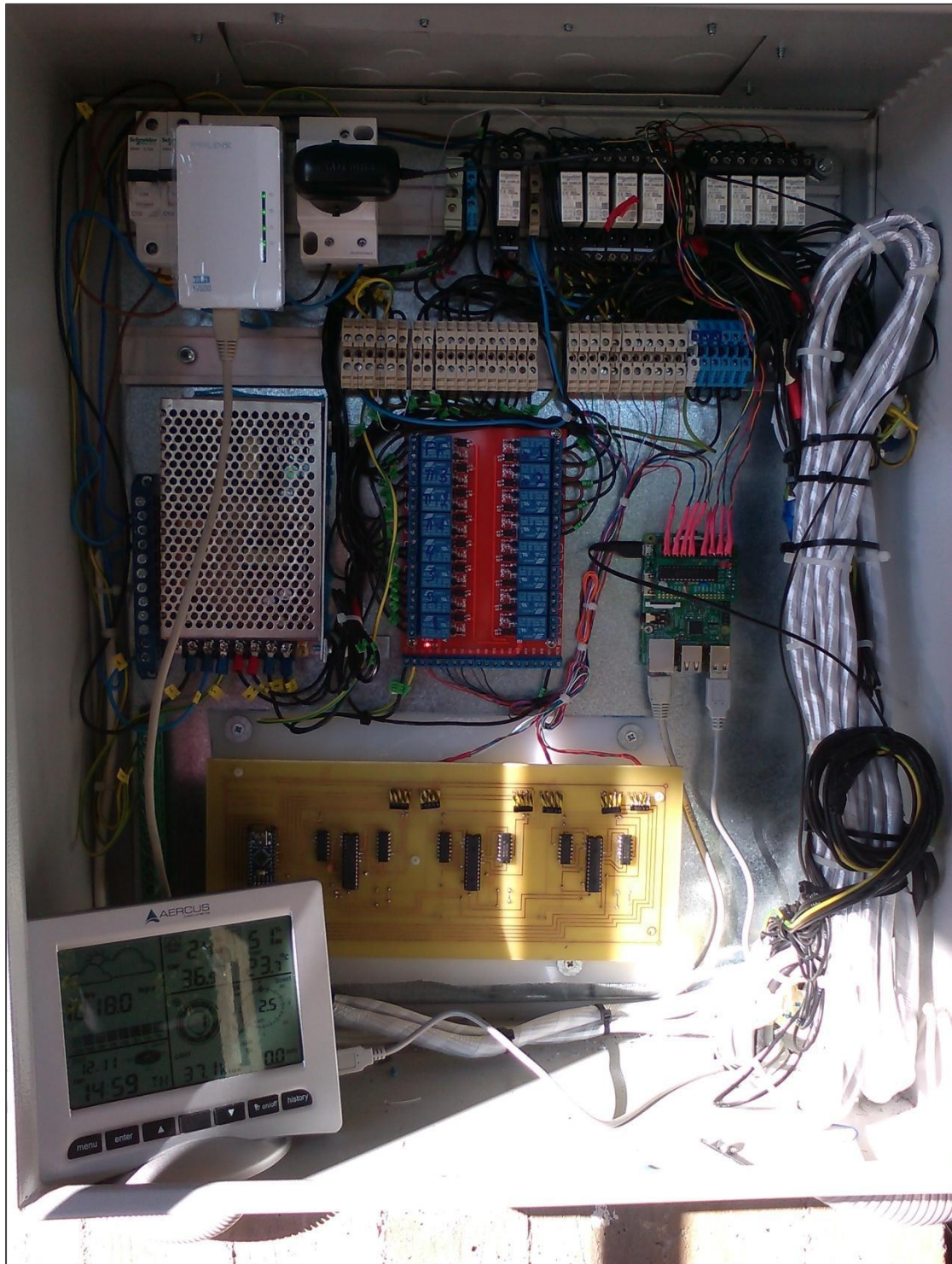
Εικόνα 3.10 Ηλεκτροβάνες και ροόμετρα για τα διαμερίσματα Δ3, Δ4



Εικόνα 3.11 Ηλεκτροβάνες και ροόμετρα του ταρατσόκηπου



Εικόνα 3.12 Μετεωρολογικός σταθμός



Εικόνα 3.13 Πίνακας ελέγχου πληροφοριακού συστήματος

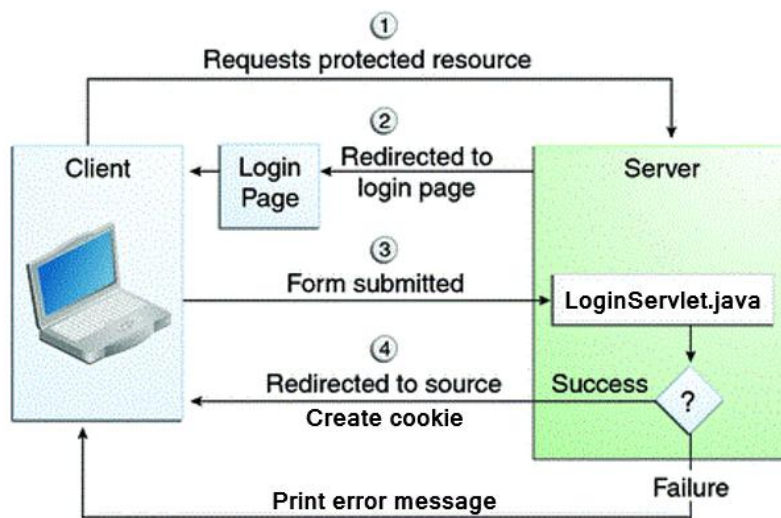
4. Εφαρμογή Ιστού

Για τον έλεγχο της εγκατάστασης, δημιουργήθηκε μία διεπαφή χρήστη-συστήματος, μέσα από την οποία ο χρήστης, ενημερώνεται για την τρέχουσα και παρελθούσα κατάσταση του συστήματος (ιστορικό), καθώς επίσης διαχειρίζεται κάθε τμήμα του. Η διεπαφή αυτή ανακτά πληροφορίες από την βάση δεδομένων και τις προβάλλει ως περιεχόμενο σε ειδικά διαμορφωμένες σελίδες της εφαρμογής. Αντίστοιχα, οι αλλαγές που πραγματοποιεί ο χρήστης στην εφαρμογή, μεταφέρονται και αποθηκεύονται στην βάση. Στην περίπτωση που οι αλλαγές αφορούν εκκινήτες (π.χ. αλλαγή κατάστασης κάποιας ηλεκτροβάνας), παράλληλα με την αποθήκευση, ενεργοποιούνται οι κατάλληλες συναρτήσεις για την πραγματοποίηση των ενεργειών στο φυσικό περιβάλλον της εγκατάστασης.

Η εφαρμογή σχεδιάστηκε με κατάλληλες τεχνολογίες ιστού, ώστε να παραχθεί ένα εύχρηστο και οικείο περιβάλλον πλοήγησης για τους χρήστες. Η δυνατότητα πρόσβασης σε αυτήν μπορεί να γίνει από διαφορετικά γεωγραφικά σημεία και συσκευές. Επιπλέον, για την καλύτερη δυνατή προβολή περιεχομένου, η εφαρμογή αναπτύχθηκε με ένα προσαρμοστικό πρότυπο σελίδας (responsive template), το οποίο «διαβάζει» το μέγεθος της οθόνης του χρήστη και προσαρμόζει το περιεχόμενο της.

4.1. Πιστοποίηση χρήστη

Σε κάθε χρήστη έχει ανατεθεί ένα username και password για να μπορεί να συνδεθεί με την εφαρμογή. Για την πιστοποίηση του χρήστη έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Form-Based Authentication (Εικόνα 4.1). Όταν ο χρήστης υποβάλει τα διαπιστευτήρια του μέσω της φόρμας εισόδου, ενεργοποιείται ένα servlet το οποίο ελέγχει την ταυτότητα του χρήστη, συγκρίνοντας τα καταχωρημένα δεδομένα με εκείνα που είναι αποθηκευμένα στην βάση. Αν υπάρχουν (success) ο χρήστης προωθείται στην αρχική σελίδα της εφαρμογής και ένα cookie αποθηκεύεται τοπικά στον φυλλομετρητή του (browser). Αυτό το cookie χρησιμοποιείται από όλες τις σελίδες για να πιστοποιεί τον χρήστη αλλά και να του παρέχει το κατάλληλο για τον ρόλο του περιεχόμενο. Αν τα στοιχεία που υπέβαλε ο χρήστης δεν είναι έγκυρα (failure) ή αν η σύνδεση με την βάση δεν είναι εφικτή, προβάλλονται κατάλληλα μηνύματα ενημέρωσης (Εικόνα 4.2, Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.1 Διάγραμμα πιστοποίησης χρήστη

Είσοδος στο Σύστημα

Είσοδος

Λάθος όνομα χρήστη ή συνθηματικό.

Εικόνα 4.2 Μήνυμα λάθους - Λάθος στοιχεία χρήστη

Είσοδος στο Σύστημα

Είσοδος

Δεν πραγματοποιήθηκε σύνδεση με την βάση.

Εικόνα 4.3 Μήνυμα λάθους - Πρόβλημα σύνδεσης με την βάση δεδομένων

Η εφαρμογή προσφέρει πληθώρα πληροφοριών και σημείων ελέγχου για το κάθε σημείο του συγκροτήματος. Το περιεχόμενο αυτό όμως δεν είναι διαθέσιμο για όλους τους χρήστες. Υπάρχουν πληροφορίες που προβάλλονται σε όλους, υπάρχουν όμως και τμήματα (σελίδες) της εφαρμογής που προβάλλονται μόνο σε κάποιους ρόλους χρηστών. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή είναι σχεδιασμένη να αναγνωρίζει τρία προφίλ/ρόλους χρήστη, τον ένοικο (tenant), τον διαχειριστή της πολυκατοικίας (Admin), και τον διαχειριστή του πληροφοριακού συστήματος (System Admin). Κατά την είσοδο του χρήστη, η εφαρμογή αναγνωρίζει τον ρόλο του και προβάλλει το κατάλληλο για αυτόν περιεχόμενο.

Tenant

Dashboard
Καιρός
Μετεωρολογικός σταθμός
Απόθεμα δεξαμενών
Αναφορές κατανάλωσης <
Διαμέρισμα 01
Ταρατσόκηπος
Συνολική
Διαχείριση συστήματος <
Προφίλ χρήστη
Τύπος κατανάλωσης
Πληροφορίες <
Έργο
Αρχιτεκτονική

Εικόνα 4.4 Μενού Ενοίκου

Admin

Dashboard
Καιρός
Μετεωρολογικός σταθμός
Απόθεμα δεξαμενών
Αναφορές κατανάλωσης <
Διαμέρισμα 01
Διαμέρισμα 02
Διαμέρισμα 03
Διαμέρισμα 04
Ταρατσόκηπος
Συνολική
Διαχείριση συστήματος <
Προφίλ χρήστη
Χρήστες συστήματος
Έλεγχος συστήματος
Πληροφορίες <
Έργο
Αρχιτεκτονική

Εικόνα 4.5 Μενού Διαχειριστή Πολυκατοικίας

SystemAdmin

Dashboard
Καιρός
Μετεωρολογικός σταθμός
Απόθεμα δεξαμενών
Αναφορές κατανάλωσης <
Διαμέρισμα 01
Διαμέρισμα 02
Διαμέρισμα 03
Διαμέρισμα 04
Ταρατσόκηπος
Συνολική
Διαχείριση συστήματος <
Προφίλ χρήστη
Πότισμα δώματος
Χρήστες συστήματος
Έλεγχος συστήματος
Πληροφορίες <
Έργο
Αρχιτεκτονική

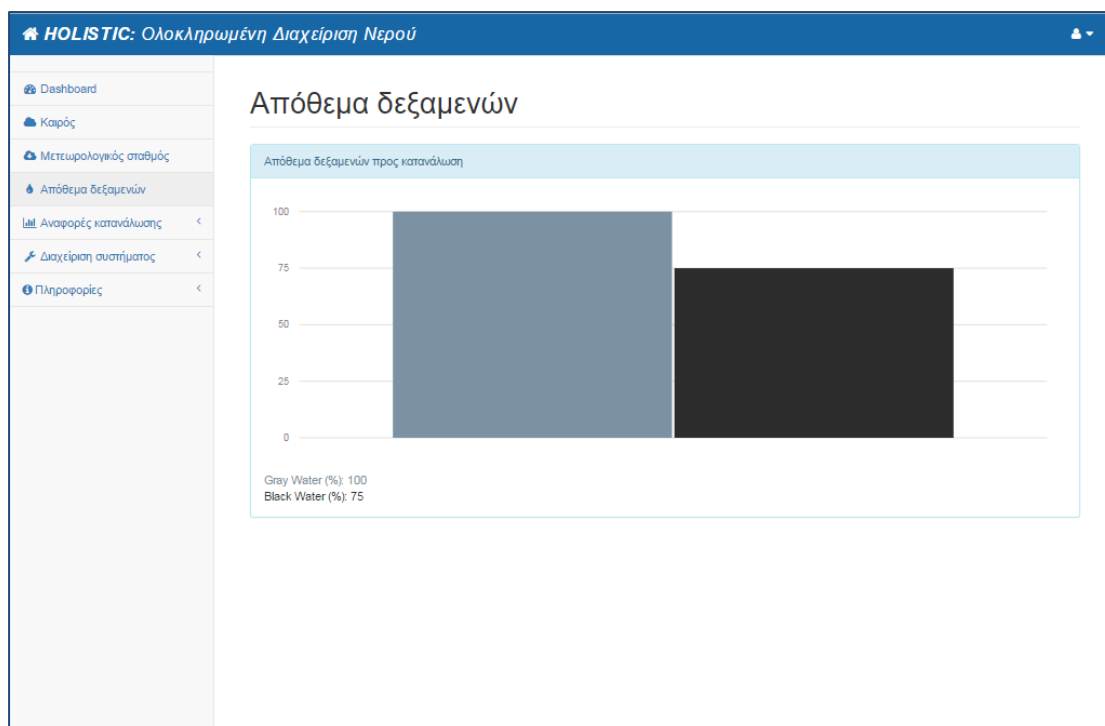
Εικόνα 4.6 Μενού Διαχειριστή Πληροφοριακού Συστήματος

Είναι προφανές ότι οι χρήστες-ένοικοι έχουν λιγότερα δικαιώματα ελέγχου από εκείνα των διαχειριστών. Πιο συγκεκριμένα, ο κάθε ένοικος μπορεί να διαχειρίζεται την παροχή επεξεργασμένου νερού μόνο στο δικό του διαμέρισμα και όχι των άλλων ενοίκων, καθώς και να επεξεργάζεται τα δικά του προσωπικά στοιχεία. Επιπλέον, έχει πρόσβαση στην ιστορική καταγραφή των καταναλώσεων μόνο του δικού του διαμερίσματος. Αντίθετα, οι διαχειριστές έχουν τον πλήρη έλεγχο του συστήματος, καθώς και δυνατότητα επεξεργασίας των στοιχείων των ενοίκων. Η διαφορά ανάμεσα στους δύο διαχειριστές είναι ότι ο System Admin μπορεί να προγραμματίζει το πότισμα του ταρατσόκηπου, όπως επίσης ότι τα στοιχεία του δεν μπορούν να αλλαχθούν από κάποιον άλλο χρήστη.

Στις εικόνες Εικόνα 4.4, Εικόνα 4.5 και Εικόνα 4.6 προβάλλονται τα μενού των διαφορετικών προφίλ χρηστών (tenant, admin, system admin) με τις διαφορετικές επιλογές που εμφανίζονται κατά την είσοδο τους στο σύστημα.

4.2. Απόθεμα δεξαμενών

Στην σελίδα αυτή (Εικόνα 4.7) η εφαρμογή εμφανίζει ένα γράφημα με την τρέχουσα στάθμη των δεξαμενών, ώστε ο χρήστης να πληροφορείται για τα αποθέματα που υπάρχουν προς κατανάλωση, τόσο στα γκρι όσο και στα μαύρα νερά. Είναι σημαντικό να γνωρίζει ο χρήστης την ποσότητα του επεξεργασμένου νερού που είναι διαθέσιμο προς κατανάλωση. Για παράδειγμα, μία χαμηλή ένδειξη στάθμης, στην δεξαμενή του επεξεργασμένου γκρι νερού, προδιαθέτει τον χρήστη να χρησιμοποιήσει τον τύπο κατανάλωσης Eco Plus, που επιτυγχάνει μέγιστη εξοικονόμηση νερού.

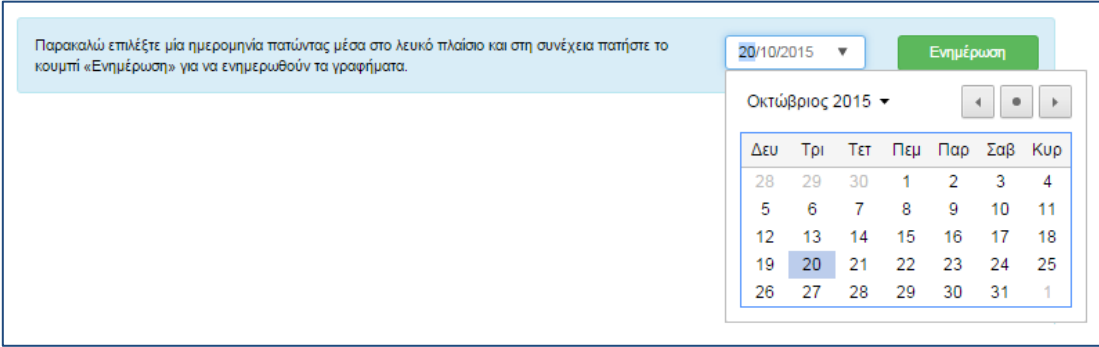


Εικόνα 4.7 Αποθέματα δεξαμενών

4.3. Αναφορές κατανάλωσης

Για την καλύτερη πληροφόρηση των χρηστών του συστήματος, δημιουργήθηκε μία σειρά από αναφορές, που προβάλλουν την κατανάλωση νερού (φρέσκου και επεξεργασμένου), για ολόκληρο το οικιστικό συγκρότημα και για κάθε τμήμα του χωριστά. Στο μενού επιλογών του ενοίκου προβάλλονται οι αναφορές των καταναλώσεων του διαμερίσματος του, του ταρατσόκηπου και φυσικά οι συνολικές καταναλώσεις του συγκροτήματος. Αντίθετα, στο μενού του διαχειριστή, προβάλλονται οι αναφορές των καταναλώσεων όλων των διαμερισμάτων, του ταρατσόκηπου και φυσικά οι συνολικές.

Σε κάθε μία από αυτές τις αναφορές εμφανίζονται τέσσερα γραφήματα (ημερήσιο - Εικόνα 4.9, εβδομαδιαίο - Εικόνα 4.10, μηνιαίο - Εικόνα 4.11, ετήσιο - Εικόνα 4.12) που προβάλλουν τις τιμές των αντίστοιχων καταναλώσεων. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα Γενικά, για τον πλήρη έλεγχο των καταναλώσεων του συστήματος, έχουν τοποθετηθεί ροόμετρα, που μετράνε τις ροές του φρέσκου, επεξεργασμένου γκρι και μαύρου νερού σε κάθε σημείο του συγκροτήματος. Οι τιμές αυτές αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων του συστήματος και από εκεί ανακτώνται για να παρουσιαστούν στα γραφήματα των καταναλώσεων. Κατά το άνοιγμα κάποιας από αυτές τις σελίδες αναφοράς, η ανάκτηση στη βάση γίνεται με την τρέχουσα ημερομηνία, παρέχεται όμως στον χρήστη η δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένης ημερομηνίας (Εικόνα 4.8).



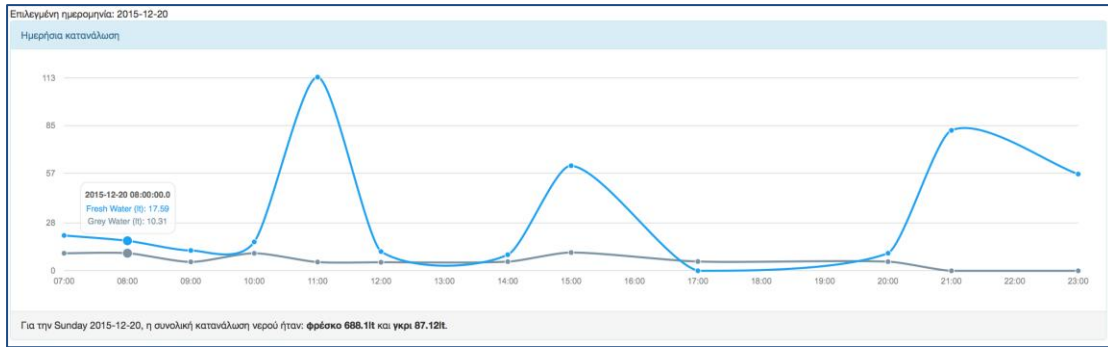
Παρακαλώ επιλέξτε μία ημερομηνία πατώντας μέσα στο λευκό πλαίσιο και στη συνέχεια πατήστε το κουμπί «Ενημέρωση» για να ενημερωθούν τα γραφήματα.

20/10/2015

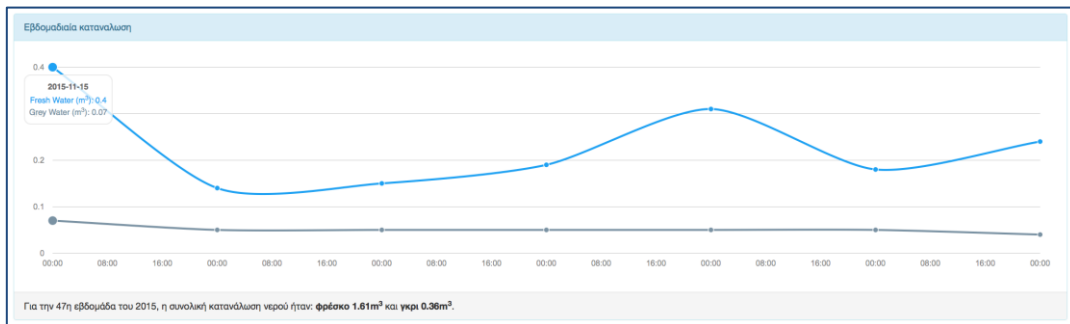
Οκτώβριος 2015

Δευ	Τρι	Τετ	Πεμ	Παρ	Σαβ	Κυρ
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1

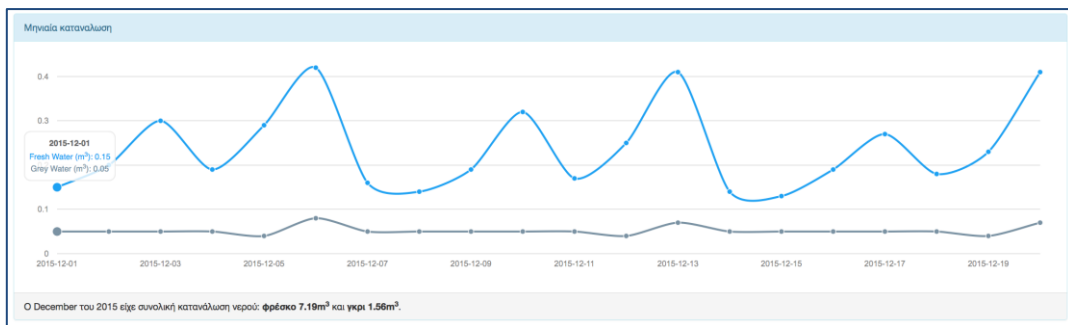
Εικόνα 4.8 Αναφορά κατανάλωσης - Επιλογή ημερομηνίας



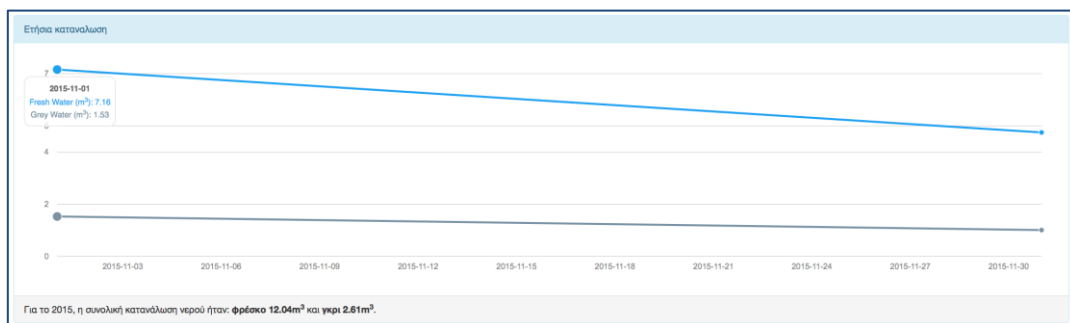
Εικόνα 4.9 Αναφορά κατανάλωσης – Ημερήσια



Εικόνα 4.10 Αναφορά κατανάλωσης – Εβδομαδιαία



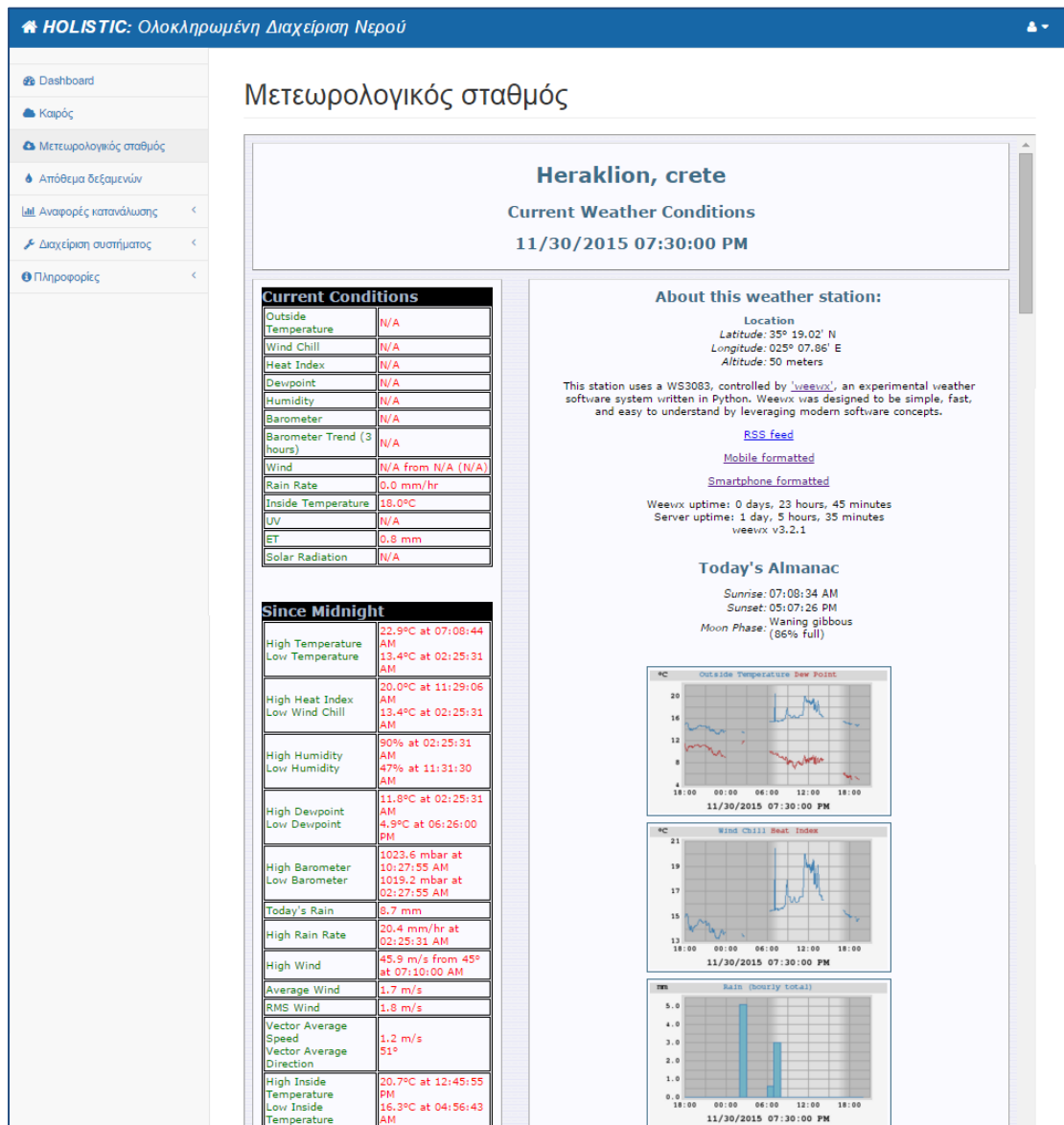
Εικόνα 4.11 Αναφορά κατανάλωσης - Μηνιαία



Εικόνα 4.12 Αναφορά κατανάλωσης - Ετήσια

4.4. Μετεωρολογικός σταθμός




Ο μετεωρολογικός σταθμός AerCUS Instruments WS3083 που έχει εγκατασταθεί στο οικοδόμημα, επικοινωνεί με την δική του βάση δεδομένων, καταγράφοντας εκεί όλες τις ενδείξεις των αισθητήρων του. Με βάση αυτών των στοιχείων παράγεται μία πληθώρα γραφημάτων, για την τρέχουσα ημέρα, εβδομάδα, μήνα και έτος. Επιπλέον, προβάλλονται πληροφορίες όπως η τοποθεσία (Longitude, latitude, Altitude), οι ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου, η φάση της σελήνης, και πολλές ακόμα πληροφορίες (Εικόνα 22).



Εικόνα 4.13 Μετεωρολογικός σταθμός

4.5. Διαχείριση συστήματος

Για τον πλήρη έλεγχο, τόσο του συστήματος, όσο και των χρηστών της εφαρμογής, δημιουργήθηκε μία σειρά από σελίδες ελέγχου. Όπως είναι προφανές, ανάλογα τα δικαιώματα του συνδεδεμένου χρήστη, προβάλλονται διαφορετικές σελίδες στο μενού επιλογών του (Εικόνα 30).

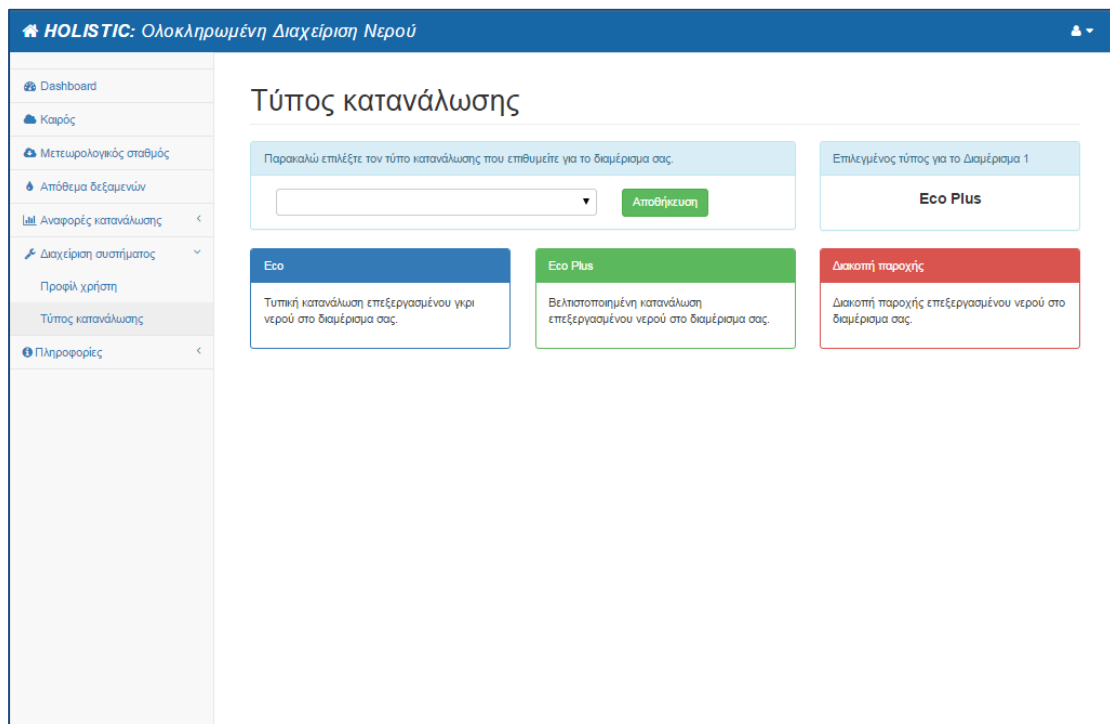
Μενού Ενοίκου	Μενού Διαχειριστή Πολυκατοικίας	Μενού Διαχειριστή Πληροφοριακού Συστήματος
 Διαχείριση συστήματος	 Διαχείριση συστήματος	 Διαχείριση συστήματος
Προφίλ χρήστη	Προφίλ χρήστη	Προφίλ χρήστη
Τύπος κατανάλωσης	Χρήστες συστήματος	Πότισμα δώματος
	Έλεγχος συστήματος	Χρήστες συστήματος
		Έλεγχος συστήματος

Εικόνα 4.14 Διαχείριση συστήματος - Μενού επιλογών

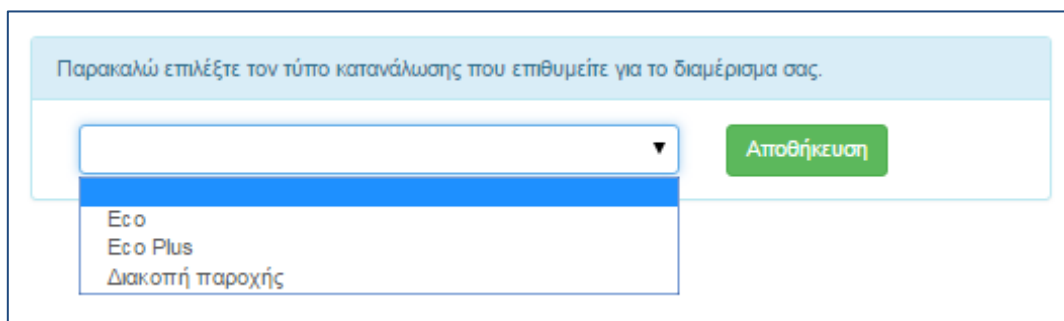
4.5.1. Τύπος κατανάλωσης

Αυτή η σελίδα (Εικόνα 4.15) εμφανίζεται στο μενού μόνο των ενοίκων. Από εδώ οι ένοικοι μπορούν να πληροφορηθούν για το τρέχον τύπο κατανάλωσης του διαμερίσματος τους, καθώς και να τον αλλάξουν (από το drop-down μενού - Εικόνα 4.16) ή να διακόψουν την παροχή επεξεργασμένου σε αυτό. Η διαφορά των δύο τύπων κατανάλωσης, για την παροχή επεξεργασμένου γκρι νερού, στο διαμέρισμα και συγκεκριμένα στο καζανάκι, είναι ότι ο τύπος «Eco Plus» δημιουργεί μία καθυστέρηση στο γέμισμα για μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού. Αναλυτικότερα, κατά την χρήση και όταν το καζανάκι ξεκινάει να αδειάζει, το ΠΣ κλείνει την ηλεκτροβάννα παροχής νερού προς το καζανάκι, για κάποιο χρονικό διάστημα t . Μετά την παρέλευση του χρόνου t ανοίγει ξανά η ηλεκτροβάννα και γεμίζει το καζανάκι. Η χρονική αυτή καθυστέρηση, αποτρέπει την ποσότητα του νερού που εισέρχεται στο καζανάκι, την ώρα που αυτό αδειάζει, να χαθεί.

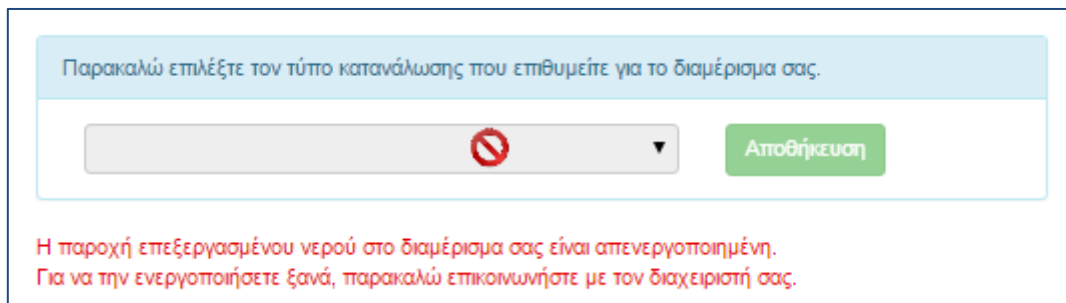
Σημείωση: Το drop-down μενού εμφανίζεται απενεργοποιημένο, χωρίς δυνατότητα επεξεργασίας, όταν κάποιος από τους διαχειριστές έχει διακόψει την παροχή και χρήση επεξεργασμένου νερού σε όλο το οικιστικό συγκρότημα (Εικόνα 4.17).



Εικόνα 4.15 Τύπος κατανάλωσης διαμερίσματος



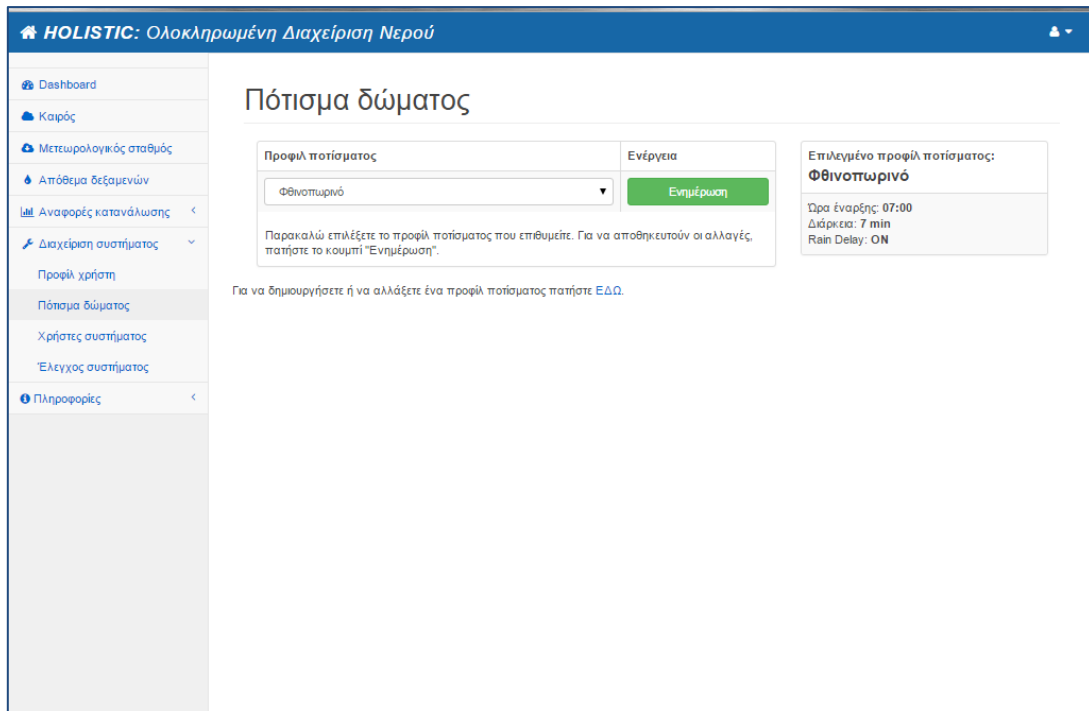
Εικόνα 4.16 Τύπος κατανάλωσης διαμερίσματος – Επιλογές ελέγχου



Εικόνα 4.17 Τύπος κατανάλωσης διαμερίσματος – Απενεργοποιημένο όλο το σύστημα

4.5.2. Πότισμα δώματος

Στο οικιστικό συγκρότημα έχει δημιουργηθεί ένας κήπος στο δώμα (ταράτσα), το πότισμα του οποίου γίνεται αυτόματα από το πληροφοριακό σύστημα. Η σελίδα (Εικόνα 4.18) παρέχει στον διαχειριστή, τη δυνατότητα επιλογής κάποιου από τα προφίλ ποτίσματος που έχουν καταχωρηθεί στο σύστημα, καθώς προβάλλει σε ένα πλαίσιο ενημέρωσης την τρέχουσα επιλογή ποτίσματος με τις σχετικές πληροφορίες.



Εικόνα 4.18 Πότισμα δώματος – Επιλογή προφίλ

Για καλύτερη διαχείριση των προφίλ (προγραμμάτων) ποτίσματος η εφαρμογή προσφέρει μία σελίδα (Εικόνα 4.19) ελέγχου και επεξεργασίας των καταχωρημένων προφίλ, καθώς και την δυνατότητα δημιουργίας νέων (συνολικά έξι προγραμμάτων ποτίσματος).

Το κάθε προφίλ ποτίσματος ορίζεται από κάποιον τίτλο/όνομα, την ώρα έναρξης, τη διάρκεια ποτίσματος σε συνθήκες ξηρασίας και την δυνατότητα βελτιστοποίησης της παροχής νερού στα φυτά, με την επιλογή «Rain Delay». Όταν ο χρήστης ενεργοποιεί την επιλογή αυτή, το σύστημα ελέγχει αν υπήρξε βροχόπτωση από το τελευταίο πότισμα, και αν υπήρξε, προσαρμόζει/μειώνει την διάρκεια του επόμενου ποτίσματος. Σε περιπτώσεις που η ποσότητα της βροχής ήταν μεγαλύτερη από αυτή που θεωρείται ιδανική για τα φυτά, το σύστημα μπορεί ακόμα και να παραλείψει ένα ημερήσιο πότισμα. Με αυτή την επιλογή

προστατεύονται τα φυτά από την υπερβολική τροφοδότηση νερού, που κατακρατείται στο έδαφος που τα περιβάλλει, και φυσικά μειώνει σημαντικά την κατανάλωση νερού άρδευσης, κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Οι ενδείξεις βροχόπτωσης, και σε αυτή την περίπτωση, λαμβάνονται από τις αποθηκευμένες μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού που έχει εγκατασταθεί στο οικοδομικό συγκρότημα.

HOLISTIC: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νερού

Προφίλ ποτίσματος

Χρησιμοποιήστε τον παρακάτω πίνακα για να ρυθμίσετε το πότισμα του ταρατσόκηπου. Για να αποθηκευτούν οι αλλαγές σας πατήστε το κουμπί "Ενημέρωση".

#	Προφίλ ποτίσματος	Ωρα έναρξης ποτίσματος	Διάρκεια ποτίσματος	Έλεγχος βροχόπτωσης	Ενέργεια
1	Φθινοπωρινό	07:00	7	<input checked="" type="checkbox"/> Rain Delay	Ενημέρωση
2	Χειμερινό	08:00	6	<input checked="" type="checkbox"/> Rain Delay	Ενημέρωση
3	Ανοιξιάτικο	07:00	7	<input checked="" type="checkbox"/> Rain Delay	Ενημέρωση
4	Καλοκαρινό	06:00	8	<input type="checkbox"/> Rain Delay	Ενημέρωση
5				<input type="checkbox"/> Rain Delay	Ενημέρωση
6				<input type="checkbox"/> Rain Delay	Ενημέρωση

Σημείωση: Για την βελτιστοποίηση του προγράμματος ποτίσματος, προτείνεται η επιλογή «Rain Delay». Ενεργοποιώντας αυτή την επιλογή το σύστημα θα ελέγχει αν υπήρξε βροχόπτωση από το τελευταίο πότισμα, και αν υπάρχει, θα προσαρμόζει/μειώνει την διάρκεια του επόμενου ποτίσματος. Αυτό προστατεύει τα φυτά, και φυσικά μειώνει σημαντικά την κατανάλωση νερού άρδευσης, κυρίως τους χειμερινούς μήνες.

Εικόνα 4.19 Πότισμα δώματος – Δημιουργία/Επεξεργασία προφίλ ποτίσματος

4.5.3. Χρήστες συστήματος

Η παρούσα σελίδα (Εικόνα 41) εμφανίζεται μόνο στα μενού των διαχειριστών. Σε αυτή τη σελίδα προβάλλεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας των χρηστών και κατοίκων του οικιστικού συγκροτήματος. Από εδώ, οι διαχειριστές, μπορούν να αλλάξουν τα στοιχεία όποιου χρήστη επιθυμούν². Με αυτόν τον τρόπο, όταν για παράδειγμα κάποιος ένοικος ξεχάσει τον κωδικό του, μπορεί να ζητήσει από τον διαχειριστή της πολυκατοικίας του, να καταχωρήσει ένα νέο, ή ακόμα, αν αλλάξει ο ενοικιαστής κάποιου διαμερίσματος, να μπορεί ο διαχειριστής να καταχωρήσει, στο αντίστοιχο διαμέρισμα τα στοιχεία του νέου ενοικιαστή.

² Πλην του διαχειριστή του πληροφοριακού συστήματος. Τα στοιχεία αυτού τα αλλάζει μόνον ο ίδιος, αφού συνδεθεί στην εφαρμογή, από την σελίδα «Προφίλ χρήστη».

Για να καταχωρηθούν οι αλλαγές σε κάποιον χρήστη πρέπει να συμπληρωθούν όλα τα πεδία της γραμμής του πίνακα που τον αφορά. Και εδώ κατά την καταχώρηση των αλλαγών εμφανίζονται βοηθητικά μηνύματα (Εικόνα 4.21, Εικόνα 4.22).

HOLISTIC: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νερού

Χρήστες συστήματος

Χρησιμοποιήστε τον παρακάτω πίνακα για να διαχειριστείτε τους χρήστες του συστήματος. Για να κάνετε αλλαγή στα στοιχεία κάποιου χρήστη, θα πρέπει να ενημερώσετε ΟΛΑ τα πεδία της γραμμής που τον αφορά (δηλ. ονοματεπώνυμο, όνομα χρήστη και συνθηματικό) και στη συνέχεια να πατήσετε το κουμπί «Ενημέρωση» για να αποθηκευτούν οι αλλαγές.

Δίωμα	Ονοματεπώνυμο	Όνομα χρήστη	Συνθηματικό	Προφίλ χρήστη	Ενέργεια
0	Panagiotakis Spiros	admin	*****	Διαχειριστής	Ενημέρωση
1	Pasparaki Georgia	ap1	*****	Ένοικος	Ενημέρωση
2	Katrinakis Dimitris	ap2	*****	Ένοικος	Ενημέρωση
3	Kokkinos Nikos	ap3	*****	Ένοικος	Ενημέρωση
4	Xenakis Giorgos	ap4	*****	Ένοικος	Ενημέρωση

Εικόνα 4.20 Χρήστες συστήματος

Διαχείριση χρηστών

Οι αλλαγές σας καταχωρήθηκαν με επιτυχία.

Εικόνα 4.21 Χρήστες συστήματος - Μήνυμα επιτυχημένης καταχώρησης

Διαχείριση χρηστών

Παρακαλώ συμπληρώστε όλα τα πεδία της γραμμής και μετά πατήστε «Ενημέρωση».

Εικόνα 4.22 Χρήστες συστήματος - Μήνυμα αποτυχημένης καταχώρησης

4.5.4. Έλεγχος συστήματος

Η σελίδα αυτή (Εικόνα 4.23) εμφανίζεται μόνο στα μενού των διαχειριστών. Από εδώ ο διαχειριστής μπορεί να ελέγξει όλα τα τμήματα του συγκροτήματος. Κατά την είσοδο του σε αυτή τη σελίδα μπορεί να ελέγξει το κάθε διαμέρισμα αν χρησιμοποιεί ή όχι το

επεξεργασμένο νερό, τι τύπο κατανάλωσης έχει επιλέξει ο ένοικος του και αν είναι ενεργοποιημένο το πότισμα του ταρατσόκηπου με επεξεργασμένο νερό. Ο διαχειριστής από την σελίδα αυτή μπορεί να παρέμβει και να αλλάξει τις επιλογές κάποιου ενοικιαστή, ή για παράδειγμα, να διακόψει την παροχή επεξεργασμένου νερού («Απενεργοποιημένο») σε κάποιο διαμέρισμα που την παρούσα στιγμή δεν κατοικείται.

Όπως στο Dashboard του διαχειριστή, έτσι και σε αυτή τη σελίδα, δίνεται η επιλογή για να απενεργοποιηθεί όλο το σύστημα. Σε αυτή την περίπτωση όλα τα επιμέρους τμήματα του συστήματος απενεργοποιούνται αυτόματα (Εικόνα 4.24). Στην επανεργοποίηση τους όλα τα τμήματα του συστήματος επαναφέρονται στην default κατάσταση τους, δηλαδή όλα τα διαμερίσματα είναι ενεργοποιημένα, με τύπο κατανάλωσης «Eco», όπως επίσης ενεργοποιείται και το πότισμα του ταρατσόκηπου.

HOLISTIC: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νερού

Έλεγχος συστήματος

Ενεργοποιήστε ή απενεργοποιήστε την παροχή επεξεργασμένου νερού στα επιμέρους τμήματα του οικιακού συγκροτήματος.

Τμήμα συγκροτήματος	Κατάσταση	Ενέργεια
Διαμέρισμα 01	Eco Plus	Ενημέρωση
Διαμέρισμα 02	Eco	Ενημέρωση
Διαμέρισμα 03	Απενεργοποιημένο	Ενημέρωση
Διαμέρισμα 04	Eco	Ενημέρωση
Ταρατσόκηπος	Ενεργοποιημένο	Ενημέρωση

Ενεργοποιήστε ή απενεργοποιήστε την παροχή επεξεργασμένου νερού σε ΟΛΟ το συγκρότημα.

Παροχή συγκροτήματος: Ενεργοποιημένο Ενημέρωση

Τύπος Κατανάλωσης

Eco

Τυπική κατανάλωση επεξεργασμένου γκρι νερού στο διαμέρισμα.

Eco Plus

Βελτιστοποιημένη κατανάλωση επεξεργασμένου νερού στο διαμέρισμα.

Απενεργοποιημένο

Διακοπή παροχής επεξεργασμένου νερού στο συγκεκριμένο τμήμα του συγκροτήματος.

Εικόνα 4.23 Έλεγχος συστήματος – Ενεργοποιημένο

HOLISTIC: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νερού

Έλεγχος συστήματος

Ενεργοποιήστε ή απενεργοποιήστε την παροχή επεξεργασμένου νερού στα επιμέρους τμήματα του οικιακού συγκροτήματος.

Τμήμα συγκροτήματος	Κατάσταση	Ενέργεια
Διαμέρισμα 01	Απενεργοποιημένο	Ενημέρωση
Διαμέρισμα 02	Απενεργοποιημένο	Ενημέρωση
Διαμέρισμα 03	Απενεργοποιημένο	Ενημέρωση
Διαμέρισμα 04	Απενεργοποιημένο	Ενημέρωση
Ταρατσόκηπος	Απενεργοποιημένο	Ενημέρωση

Ενεργοποιήστε ή απενεργοποιήστε την παροχή επεξεργασμένου νερού σε Ο/ΛΟ το συγκρότημα.

Παροχή συγκροτήματος:

Τύπος Κατανάλωσης

Eco Τυπική κατανάλωση επεξεργασμένου γκρι νερού στο διαμέρισμα.	Eco Plus Βελτιστοποιημένη κατανάλωση επεξεργασμένου νερού στο διαμέρισμα.	Απενεργοποιημένο Διακοπή παροχής επεξεργασμένου νερού στο συγκεκριμένο τμήμα του συγκροτήματος.
---	---	---

Εικόνα 4.24 Έλεγχος συστήματος – Απενεργοποιημένο

5. Αναφορές και συμπεράσματα από τη χρήση του συστήματος

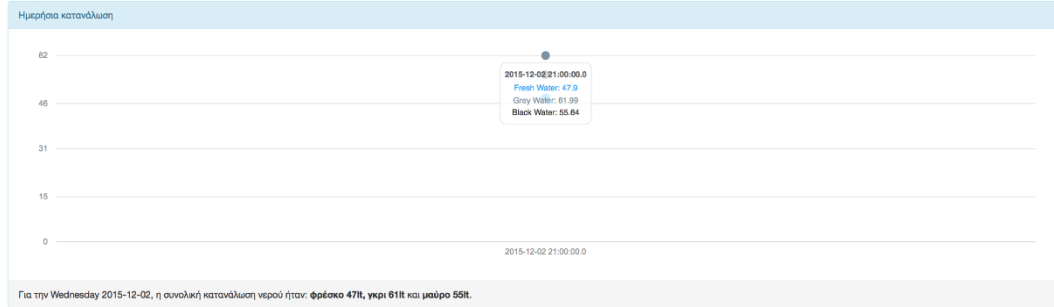
Η παρούσα διπλωματική περιγράφει την υλοποίηση ενός IoT συστήματος για την διαχείριση των συνολικών απορροών ενός οικιστικού συγκροτήματος. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί σύγχρονες τεχνολογίες μικροϋπολογιστών για την συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση των τιμών των αισθητηρίων της εγκατάστασης, καθώς και open source τεχνολογίες λογισμικού για τον έλεγχο της εγκατάστασης. Ο έλεγχος στα τμήματα της εγκατάστασης μπορεί να διαφέρει, και αυτό γιατί για κάθε τμήμα της εγκατάστασης υλοποιήθηκε με διαφορετική λογική ελέγχου, με στόχο την καλύτερη δυνατή επίδοση.

Μετά την επεξεργασία των απορροών, τα διαχωρισμένα γκρι και μαύρα νερά προωθούνται για χρήση σε επιλεγμένα σημεία της εγκατάστασης. Η κατανάλωση, τόσο των επεξεργασμένων όσο και του φρέσκου νερού σε όλη την εγκατάσταση, παρακολουθείται με την χρήση ροόμετρων και γίνεται καταγραφή των τιμών αυτών. Οι τιμές αυτές προβάλλονται στον χρήστη μέσω της web-application, ως αναλυτικά διαγράμματα κατανάλωσης, για κάθε τμήμα της εγκατάστασης. Μέσω των διαγραμμάτων αυτών μπορεί να μελετηθεί η απόδοση του συστήματος και η εξοικονόμηση νερού (Εικόνες 5.1 έως 5.12). Επιπλέον, από τα διαγράμματα αυτά μπορεί να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων και μοτίβων για την καθημερινότητα των ενοίκων. Τα μοτίβα κατανάλωσης θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, σε συνδυασμό με άλλες εφαρμογές που χρησιμοποιούν οι ένοικοι, για πιο προσωποποιημένη εμπειρία. Η διαδικτυακή εφαρμογή παρέχει επίσης αυτοματοποιημένο έλεγχο επί της εγκατάστασης, αφού είναι διασυνδεδεμένη με τις ηλεκτροβάνες ελέγχου.

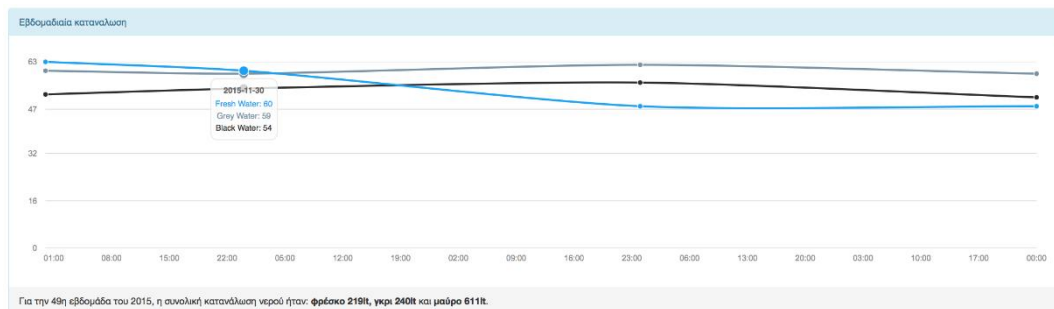
Η παρούσα δουλειά εκμεταλλεύεται τις open source τεχνολογίες και προσφέρει ένα open source framework ελέγχου και λειτουργίας, το οποίο είναι μία οικονομικά αποδοτική λύση και ταυτόχρονα μπορεί να επεκταθεί, προσθέτοντας επιπλέον υποσυστήματα, και δημιουργώντας ίσως ένα εντελώς αυτόνομο σύστημα. Το παρόν framework είναι κατάλληλα σχεδιασμένο ώστε να είναι εύκολα παραμετροποιήσιμο και να μπορεί να εγκατασταθεί σε διάφορα IoT συστήματα, καλύπτοντας την ανάγκη τόσο της τοπικής όσο και της απομακρυσμένης παρακολούθησης και ελέγχου μιας εγκατάστασης.

Καταναλώσεις ταρατσόκηπου

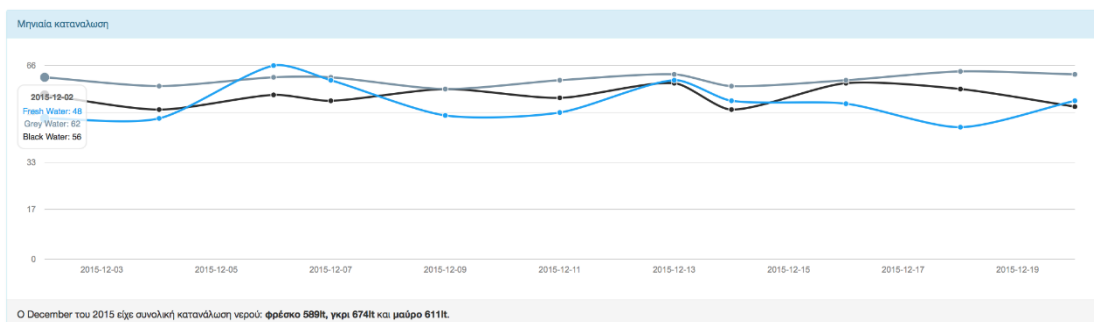
Επιλεγμένη ημερομηνία: 2015-12-02



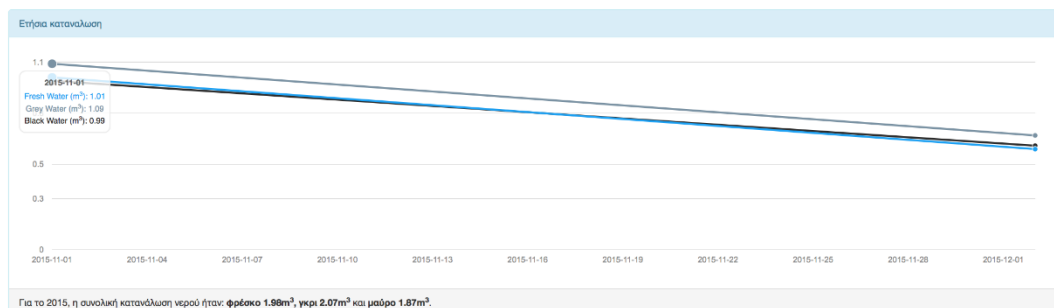
Εικόνα 5.1 Γράφημα ημερήσιας κατανάλωσης ταρατσόκηπου



Εικόνα 5.2 Γράφημα εβδομαδιαίας κατανάλωσης ταρατσόκηπου

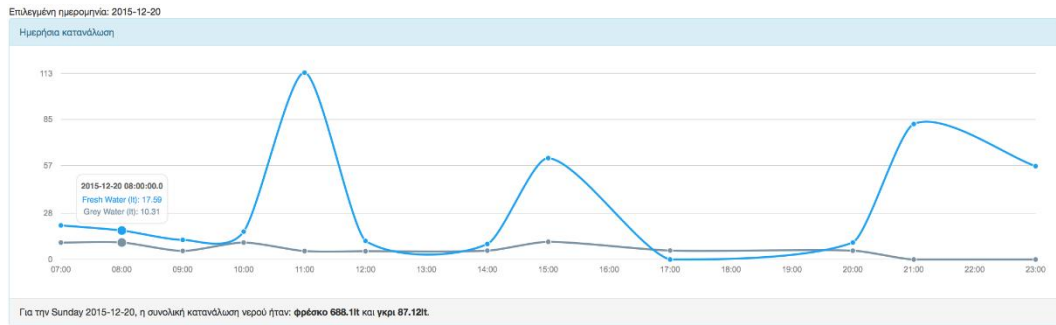


Εικόνα 5.3 Γράφημα μηνιαίας κατανάλωσης ταρατσόκηπου

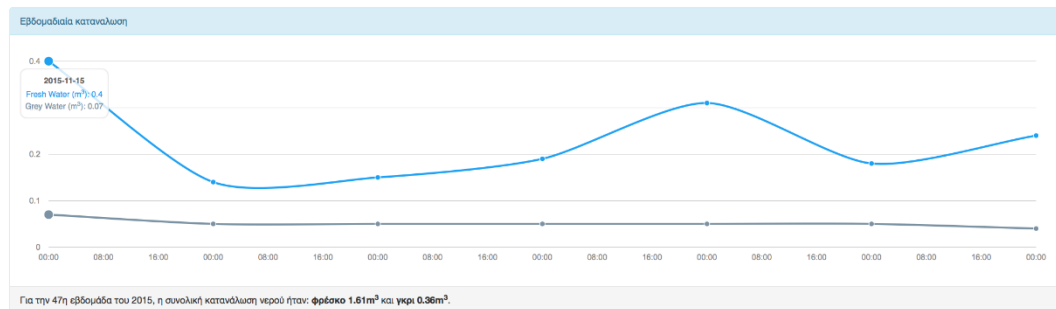


Εικόνα 5.4 Γράφημα ετήσιας κατανάλωσης ταρατσόκηπου

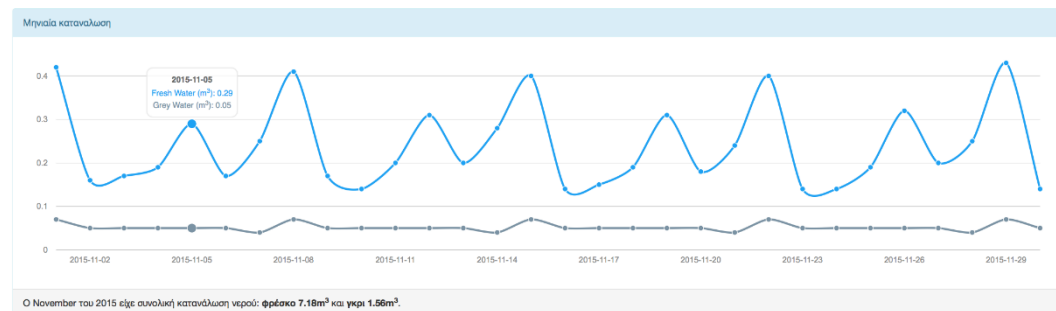
Καταναλώσεις διαμερίσματος Δ1



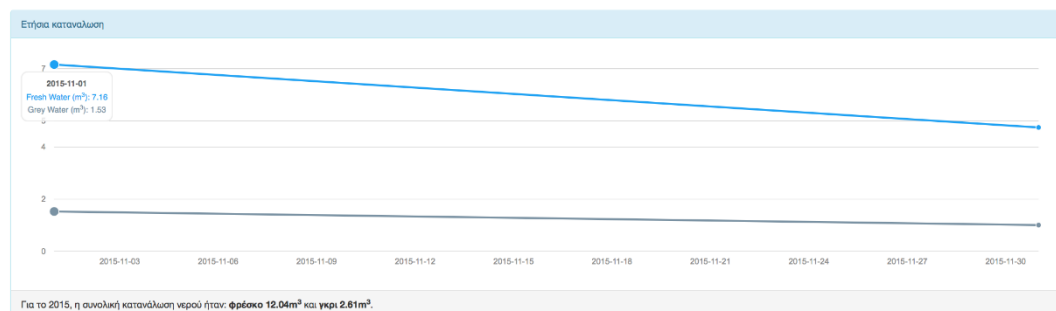
Εικόνα 5.5 Γράφημα ημερήσιας κατανάλωσης διαμερίσματος



Εικόνα 5.6 Γράφημα εβδομαδιαίας κατανάλωσης διαμερίσματος

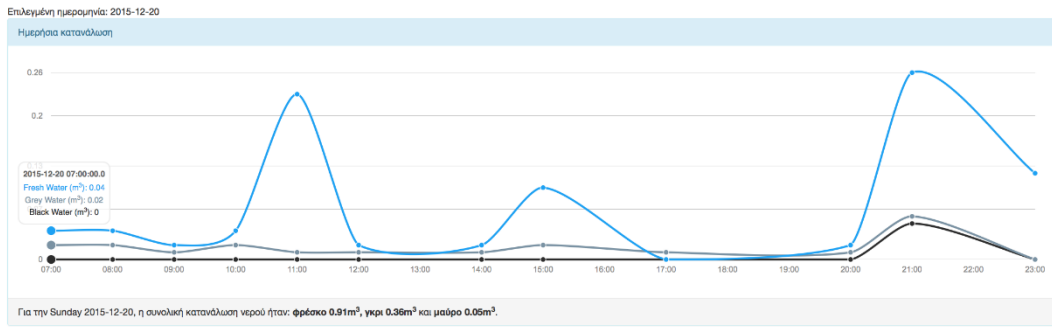


Εικόνα 5.7 Γράφημα μηνιαίας κατανάλωσης διαμερίσματος

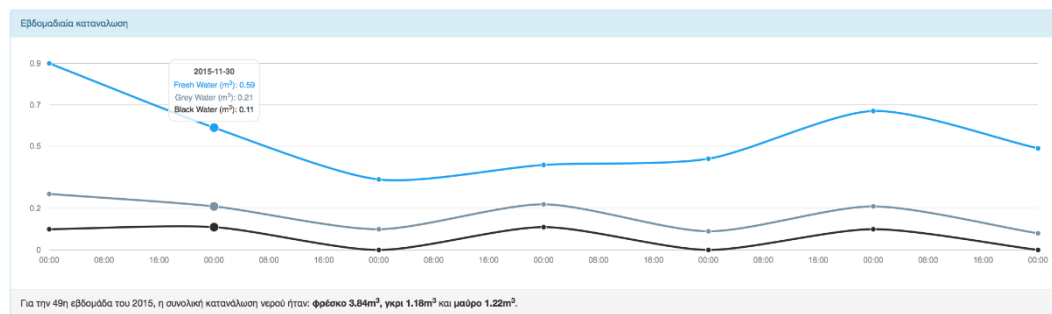


Εικόνα 5.8 Γράφημα ετήσιας κατανάλωσης διαμερίσματος

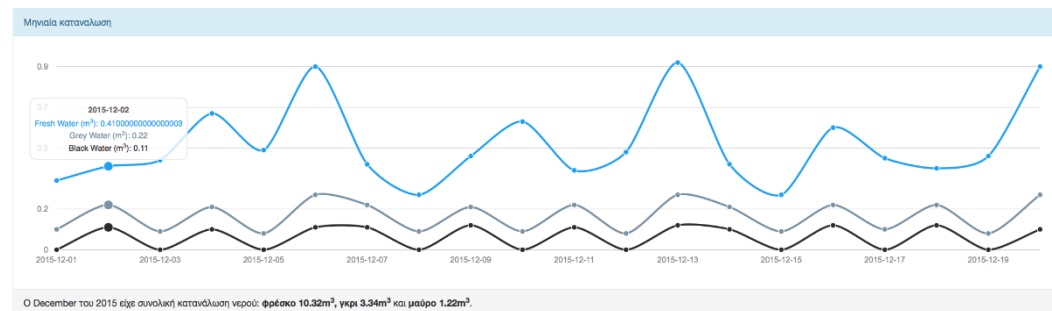
Συνολικές καταναλώσεις εγκατάστασης



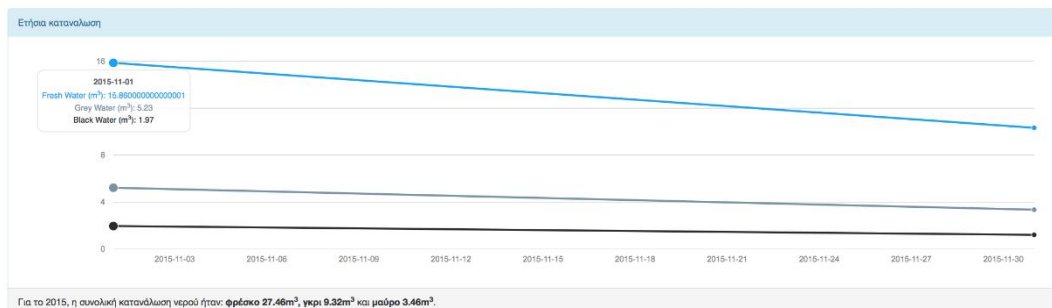
Εικόνα 5.9 Γράφημα συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης συγκροτήματος



Εικόνα 5.10 Γράφημα συνολικής εβδομαδιαίας κατανάλωσης συγκροτήματος



Εικόνα 5.11 Γράφημα συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης συγκροτήματος



Εικόνα 5.12 Γράφημα συνολικής ετήσιας κατανάλωσης συγκροτήματος

6. Βιβλιογραφία

- [1] R. J. Robles και T.-h. Kim, «Applications, Systems and Methods in Smart Home Technology: A Review,» *International Journal of Advanced Science and Technology*, τόμ. 15, pp. 37-47, 2010.
- [2] «WHAT IS A SMART HOME,» SmartHomeUSA , 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.smarthomeusa.com/smarthome/>. [Πρόσβαση 05 10 2017].
- [3] L. Baoan και Y. Jianjun, «Research and Application on the Smart Home Based on Component Technologies and Internet of Things,» *Procedia Engineering*, τόμ. 15, pp. 2087-2092, 2011.
- [4] S. Kejriwa και S. Mahajan, Smart buildings: How IoT technology aims to add value for real estate companies. The Internet of Things in the CRE industry, Deloitte University Press, 2016.
- [5] B. Schmarzo, «Difference between Big Data and Internet of Things,» 27 2 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://infocus.emc.com/william_schmarzo/difference-big-data-iot/. [Πρόσβαση 06 10 2017].
- [6] Z. Li, F. Boyle και A. Reynolds, «Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland,» *Desalination*, τόμ. 260, αρ. 1-3, pp. 1-8, 2010.
- [7] F. A. Abdulla και A. Al-Shareef, «Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan,» *Desalination*, τόμ. 243, pp. 195-207, 2009.
- [8] G. A. Cagalaban, J.-g. Song, S. Jung και S. s. Kim, «Software Vulnerability Design and Approaches for Securing SCADA Control Systems,» *International Journal of Smart Home*, τόμ. 3, αρ. 1, pp. 49-56, 2009.
- [9] M. Choras, A. Flizikowski, R. Kozik και W. Holubowicz, «Decision Aid Tool and Ontology-Based Reasoning for Critical Infrastructure Vulnerabilities and Threats Analysis,» σε *Critical Information Infrastructures Security: 4th International Workshop*, Bonn, Germany, 2009.
- [10] P. Vijai και B. Sivakumar P., «Design of IoT Systems and Analytics in the context of Smart City,» σε *2nd International Conference on Intelligent Computing, Communication & Convergence*, Bhubaneswar, Odisha, India, 2016.
- [11] T. Robles, R. Alcarria, D. Martín, A. Morales, M. Navarro, R. Calero, S. Iglesias και M. López, «An Internet of Things-based model for smart water management,» σε *28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, Victoria, Canada, 2014.
- [12] T. Robles, R. Alcarria, D. Martín, M. Navarro, R. Calero, S. Iglesias και M. López, «An IoT based reference architecture for smart water management processes,» *IoWUA*, τόμ. 6, αρ. 1, pp. 4-23, 2015.
- [13] C. Turcu, C. Turcu και V. Gaitan, «An Internet of Things Oriented Approach for Water Utility Monitoring and Control,» σε *Proceedings of the 6th WSEAS European Computing Conference*, Prague, Czech Republic, 2012.
- [14] S. Fang, L. Xu, H. Pei, Y. Liu, Z. Liu, Y. Zhu, J. Yan και H. Zhang, «An Integrated Approach to Snowmelt Flood Forecasting in Water Resource Management,» *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, τόμ. 10, αρ. 1, pp. 548-558, 2014.
- [15] M. Kalochristianakis, D. Katrinakis, G. Atsali, A. Malamos, T. Manios και S. Panagiotakis,

- «HOLISTIC: An IoT system for residential water recycling based on open source technologies,» σε *International Conference on Telecommunications and Multimedia*, Heraklion, Crete, Greece, 2016.
- [16] R. Y. M. Li, «Sustainable Water and Energy Solutions Provided by Computer Aided Facilities in Modern Smart Homes,» σε *6th International Conference on Multimedia, Computer Graphics and Broadcasting*, Haikou, Hainan China, 2015.
- [17] S. Maqbool και N. Chandra, «Real Time Wireless Monitoring and Control of Water Systems Using Zigbee 802.15.4,» σε *5th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks*, Mathura, India, 2013.
- [18] C. Beal και J. Flynn, «The 2014 Review of Smart Metering and Intelligent Water Networks in Australia & New Zealand,» Water services association of Australia, 2014.
- [19] M. J. Mudumbe και A. M. Abu-Mahfouz, «Smart water meter system for user-centric consumption measurement,» σε *13th International Conference on Industrial Informatics*, Cambridge, United Kingdom, 2015.
- [20] L. Gabrielli, M. Pizzichini, S. Spinsante, S. Squartini και R. Gavazzi, «Smart water grids for smart cities: A sustainable prototype demonstrator,» σε *2014 European Conference on Networks and Communications*, Bologna, Italy, 2014.
- [21] L. Krusac, «Individual Environmental Awareness and Urban Water Conservation in Kunming,China,» σε *International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*, Xi'an, Shaanxi Province, China, 2011.
- [22] J. J. Hilda, C. Srimathi και B. Bonthu, «A Review on the Development of Big Data Analytics and Effective Data Visualization Techniques in the Context of Massive and Multidimensional Data,» *Indian Journal of Science and Technology*, τόμ. 9, αρ. 27, pp. 1-13, 2016.
- [23] C. M. Thürlimann, D. J. Dürrenmatt και K. Villez, «Energy and process data processing and visualisation for optimising wastewater treatment plants,» *Water Practice and Technology*, τόμ. 10, αρ. 1, pp. 10-18, 2015.
- [24] T. Cheng και J. Teizer, «Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications,» *Automation in Construction*, τόμ. 34, pp. 3-15, 2013.
- [25] B. P. Wong και B. Kerkez, «Real-time environmental sensor data: An application to water quality using web services,» *Environmental Modelling & Software*, τόμ. 84, pp. 505-517, 2016.
- [26] L. Díaz, A. Bröring, D. McInerney, G. Libertá και T. Foerster, «Publishing sensor observations into Geospatial Information Infrastructures: A use case in fire danger assessment,» *Environmental Modelling & Software*, τόμ. 48, pp. 65-80, 2013.
- [27] S. Duquennoy, G. Grimaud και J.-J. Vandewalle, «The Web of Things: interconnecting devices with high usability and performance,» σε *6th IEEE International Conference on Embedded Software and Systems*, HangZhou, Zhejiang, China, 2009.
- [28] D. Guinard, V. Trifa, F. Mattern και E. Wilde, «From the Internet of Things to the Web of Things: Resource-oriented Architecture and Best Practices,» σε *Architecting the Internet of Things*, Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 97-129.
- [29] M. Stangl, J. Pielmeier, C. Berger, S. Braunreuther και G. Reinhart, «Development of a Web Based Monitoring System for a Distributed and Modern Production,» *Procedia CIRP*, τόμ. 52, pp. 222-227, 2016.
- [30] J. D. Walker και S. C. Chapra, «A client-side web application for interactive

- environmental simulation modeling,» *Environmental Modelling & Software*, τόμ. 55, pp. 49-60, 2014.
- [31] A. Syberfeldt, I. Karlsson, A. Ng, J. Svantesson και T. Almgren, «A web-based platform for the simulation–optimization of industrial problems,» *Computers & Industrial Engineering*, τόμ. 64, pp. 987-998, 2013.
- [32] R. J. Robles και T.-h. Kim, «Security Encryption Scheme for Communication of Web Based Control Systems,» σε *Signal Processing and Multimedia*, Germany, Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 317-325.
- [33] H. A. Abbas και A. M. Mohamed, «Review on the Design of Web Based SCADA Systems Based on OPC DA Protocol,» *International Journal of Computer Networks (IJCN)*, τόμ. 2, αρ. 6, pp. 266 - 277, 2011.
- [34] S. Ferdoush και X. Li, «Wireless Sensor Network System Design Using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications,» *Procedia Computer Science*, τόμ. 34, pp. 103-110, 2014.
- [35] J. Yang, C. Zhang, X. Li, Y. Huang, S. Fu και M. F. Acevedo, «Integration of wireless sensor networks in environmental monitoring cyber infrastructure,» *Wireless Networks*, τόμ. 16, αρ. 4, pp. 1091-1108, 2010.
- [36] B. Murovec, J. Perš, R. Mandeljc, V. S. Kenk και S. Kovačič, «Towards commoditized smart-camera design,» *Journal of Systems Architecture*, τόμ. 59, αρ. 10, pp. 847-858, 2013.
- [37] B. Fabian και T. Feldhaus, «Privacy-preserving data infrastructure for smart home appliances based on the Octopus DHT,» *Computers in Industry*, τόμ. 65, αρ. 8, pp. 1147-1160, 2014.
- [38] F. Leccese, M. Cagnetti και D. Trinca, «A smart city application: a fully controlled street lighting isle based on Raspberry-Pi card, a ZigBee sensor network and WiMAX,» *Sensors*, τόμ. 14, pp. 24408-24424, 2014.
- [39] G. Atsali, D. Katrinakis, S. Panagiotakis, D. Athanasaki, M. Kalochristianakis, T. Manios και A. Malamos, «First Flush Rainwater Harvesting Application with Fuzzy Logic Control,» σε *International Symposium on Ambient Intelligence and Embedded Systems*, Heraklion, Crete, Greece, 2016.