



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

UNIVERSITY OF PIRAEUS

ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Π.Μ.Σ «ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»

Έξυπνη Μέτρηση Κατανάλωσης Νερού με χρήση της Τεχνολογίας NB-IoT

Διπλωματική Εργασία

Της

Μαρκοπούλου Σοφίας

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Ελευθεριάνος

Αθήνα, Ιούνιος 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
UNIVERSITY OF PIRAEUS

ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Π.Μ.Σ «ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»

Έξυπνη Μέτρηση Κατανάλωσης Νερού με χρήση της Τεχνολογίας NB-IoT

Διπλωματική Εργασία

Της

Μαρκοπούλου Σοφίας

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
ΕΥΘΥΜΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αθήνα, Ιούνιος 2019

.....

ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Copyright © ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ ΣΟΦΙΑ, 2019 Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Executive Summary

Η έξυπνη μέτρηση της κατανάλωσης του νερού (smart water metering) αποτελεί μέρος της έξυπνης πόλης (smart city), που ολοένα και γνωρίζει μεγάλη ανταπόκριση σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο. Η απόφασή μου να επιλέξω την έξυπνη μέτρηση του νερού, προήλθε από τη θέλησή μου για περισσότερη εξοικείωση με τις έξυπνες πόλεις και συγκεκριμένα γιατί στη χώρα μου δεν είχε υπάρξει αντίστοιχη έρευνα στον τομέα αυτό.

Η ανάγκη για να δοθεί λύση στο τεράστιο πρόβλημα της οικολογικής καταστροφής, εξαιτίας του νερού που σπαταλείται και δεν κοστολογείται, είναι μεγάλη. Επιπλέον, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα κέρδη που χάνονται, τόσο από τα νοικοκυριά ή τις μεγάλες επιχειρήσεις (ξενοδοχεία, εργοστάσια, αγροτικές εκτάσεις κλπ), όσο και από την ίδια την κυβέρνηση με τις δημόσιες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας νερού, που δεν κοστολογούν με απόλυτη ακρίβεια το νερό που πωλούν, μην μπορώντας παράλληλα να εντοπίσουν άμεσα διαρροές στον κεντρικό δίκτυό τους. Το πρόβλημα αυτό σε Ελλάδα και εξωτερικό απαιτεί οριστική λύση, καθώς όπως υπολογίζεται, το 60% του ετήσιου νερού που διανέμεται δεν κοστολογείται, ενώ ακόμα εντύπωση προκαλούν οι τόνοι νερού που χάνονται από διαρροές καθημερινά.

Για τη μελέτη μου ήταν αναγκαία η εμβάθυνση στην εξέλιξη της τεχνολογίας, αυτή που στηρίζεται στην ανάγκη να ψηφιοποιηθούν τα δεδομένα και να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των πολιτών στις «έξυπνες πόλεις». Γίνεται αναφορά για τη μετάβαση από τον παραδοσιακό τρόπο μέτρησης, στο νέο, με νέα συστήματα μέτρησης που αποτελούνται από αισθητήρες νερού, τοποθετημένους κατά μήκος των δικτύων ύδρευσης και κατάλληλα εργαλεία (modems, πλατφόρμες, εφαρμογές) που μετατρέπουν τα καταναλισκόμενα λίτρα νερού σε αριθμούς. Με τη βοήθειά τους, όχι μόνο οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούν να επωφεληθούν, αλλά και οι ιδιώτες, καθώς μπορούν να συγκεντρώνουν γραφικά τις μετρήσεις τους και να ελέγχουν την ποσοστιαία ημερήσια τους κατανάλωση μέσω εφαρμογών στις έξυπνες συσκευές τους.

Λόγω των απαιτήσεων των εφαρμογών IoT (μεγάλη απόσταση, συχνά χαμηλό ποσοστό δεδομένων, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και αποδοτικότητα κόστους) οδηγηθήκαμε σε μια νέα τεχνολογία ασύρματων επικοινωνιών LPWAN (Low Power Wide Area Network). Sigfox, LoRa, NB-IoT, Enhanced Coverage – GSM-IoT (EC-GSM-IoT), LTE Machine Type Communication Category M1 (LTE MTC Cat M1) αποτελούν σήμερα τις κορυφαίες τεχνολογίες που παρ' όλα αυτά εμφανίζουν πολλές τεχνικές διαφορές μεταξύ τους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζω στη λύση του NB-IoT. Υπό την ομπρέλα του 3GPP επαναχρησιμοποιεί διάφορες αρχές και δομικές μονάδες του φυσικού στρώματος LTE, και ανώτερα στρώματα πρωτοκόλλου για την ταχεία τυποποίηση και ανάπτυξη προϊόντων. Διάλεξα το NB-IoT για τη μέτρηση κατανάλωσης νερού γιατί σχεδιάστηκε πρώτον για να προσφέρει εκτεταμένη κάλυψη σε σύγκριση με τα παραδοσιακά δίκτυα GSM (Global System for Mobile communications), αλλά και για να βελτιώσει την χωρητικότητα UL (Uplink) για χρήστες σε περιοχές κακής κάλυψης μέσω εκπομπών απλής εκπομπής τόνων. Επίσης, γιατί στα χαρακτηριστικά του NB-IoT περιλαμβάνονται ο μεγάλος αριθμός συσκευών ανά κυψέλη,

η βαθιά κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς μεγάλη διάρκεια μπαταρία, και τέλος δεν υπάρχουν υπηρεσίες φωνής ή sms, ή άλλη λειτουργία ειδοποίησης αφύπνισης.

Πάνω σε αυτό το ζήτημα, κάνω ένα πείραμα με στόχο να επιβεβαιωθούν τα όσα έχουν ειπωθεί θεωρητικά στην έρευνά μου, αλλά και για να υπάρξουν απτά αποτελέσματα της μέτρησης κατανάλωσης νερού με την τεχνολογία NB-IoT. Έτσι, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, στήθηκε ένα πιλοτικό έργο σε συνεργασία με τις εταιρίες Cosmote, Wings ICT Solutions και Olymrios. Η καθεμία υπήρξε αρωγός, με την Cosmote συντονίστρια και, -ως τηλεπικοινωνιακός πάροχος-, να συνδράμει προσφέροντας το τηλεπικοινωνιακό της δίκτυο, τις κάρτες NB-IoT Sim που τοποθετήθηκαν στα NB-IoT modems της Wings και τέλος, το χώρο στον οποίο διεκπεραιώθηκε το πιλοτικό έργο (κτίριο Cosmote στον Ιλισό). Η εταιρεία Wings ICT Solutions παρέχοντας τον εξοπλισμό NB-IoT modem, την πλατφόρμα (dashboard monitoring) και την εμπειρία αλγορίθμων μελέτης συμπεριφορών κατανάλωσης νερού που είναι ενσωματωμένοι στην πλατφόρμα και τέλος η εταιρία Olymrios συνείσφερε παρέχοντας τα υδρόμετρα της και την εμπειρία της στην αγορά του νερού.

Μέσα από διαγράμματα, εικόνες και πίνακες που παρατίθενται γίνεται απόλυτα σαφές ότι το πείραμα ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Συγκεκριμένα, τοποθετώντας δυο μετρητές και δυο modems στο υπάρχον ρολόι του νερού για το κτίριο του Ιλισού και συνδέοντας όλη την τεχνογνωσία και τον εξοπλισμό που μας δόθηκε από τους συνεργάτες, καταφέραμε να μετράμε τόσο την ημερήσια κατανάλωση νερού με την ακρίβεια που μας παρέχει η τεχνολογία NB-IoT, όσο και κάποιες «προγραμματισμένες» διαρροές νερού, με τη βοήθεια ενός μηχανισμού αυτόματου ποτίσματος. Το πείραμα αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μπορούμε ένα χρόνο μετά, να κάνουμε λόγο για μια έξυπνη μέτρηση κατανάλωσης νερού η οποία κάλλιστα θα μπορεί να διατεθεί εμπορικά.

Λέξεις Κλειδιά: NB-IoT, ICT, μέτρηση κατανάλωσης νερού, Cosmote, έξυπνη πόλη, έξυπνο σπίτι, κατανάλωση νερού.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Ελευθεριάνο Κωνσταντίνο, που μου εμπιστεύτηκε την ανάληψη της εργασίας αυτής και μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω επίσης στην κα. Προύντζου Αικατερίνη, στέλεχος της Cosmote, για τη συνεχή καθοδήγησή της και την άριστη επικοινωνία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και στους κυρίους Παναγιώτη Βλαχέα και Βασίλη Φωτεινό, στελέχη της Wings για τη βοήθεια τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Executive Summary.....	6
Ευχαριστίες.....	8
Πρόλογος.....	11
Δομή Διπλωματικής.....	11
Εισαγωγή.....	12
Κεφάλαιο 1: Η μέτρηση κατανάλωσης νερού στην Ελληνική και την παγκόσμια αγορά	14
1.1 Εισαγωγή.....	14
1.2 Η έξυπνη μέτρηση στην Ελληνική αγορά.....	16
1.3 Η έξυπνη μέτρηση στην Παγκόσμια αγορά	19
Κεφάλαιο 2 : Επισκόπηση της αγοράς έξυπνης μέτρησης στην ΕΕ και Ρύθμιση	34
2.1 Εισαγωγή.....	34
2.2 Ο ρόλος της Ρύθμισης	34
2.3 Οι αγορές νερού και η ρύθμιση	35
2.4 Μελέτη της επιχείρησης κοινής ωφέλειας Affinity Water – Ηνωμένο Βασίλειο	39
2.5 Η θέση της Αμερικής για τη ρύθμιση	41
Κεφάλαιο 3: Τεχνολογίες Δικτύου LPWA.....	43
3.1 Εισαγωγή.....	43
3.2 Τεχνολογίες LPWAN	49
3.2.1 Sigfox.....	49
3.2.2 LoRa.....	50
3.2.3 NB-IoT	52
3.3 Τεχνικές Διαφορές SIGFOX, LORA, NB-IOT	59
3.4 NB-IoT Δίκτυο.....	60
3.5 Μοντέλο Αναφοράς IoT.....	61
3.6 Το οικοσύστημα του IoT	62
3.6.1 Οι έξυπνοι μετρητές	63
3.6.2 Τα modems NB-IoT	66
3.6.3 Σταθμοί βάσης.....	68
3.7 Πλατφόρμα IoT.....	70
3.8 Έξυπνες Εφαρμογές.....	71
Κεφάλαιο 4: Έξυπνος μετρητής κατανάλωσης νερού	72
4.1 Έξυπνοι μετρητές.....	72
4.2 Δυνατότητες Έξυπνου Μετρητή Νερού.....	74

4.3 Λύση Μετρητών Sensus.....	74
4.3.1 Sensus iPERL	75
4.3.2 Συστήματα αυτοματισμών AMR/AMI.....	76
4.4 Λύση Μετρητών NB-IoT.....	79
Κεφάλαιο 5: Πιλοτικό Ιλισού	79
5.1 Εισαγωγή.....	79
5.2 Περιγραφή	80
5.3 Τρόπος λειτουργίας των μετρητών	81
5.4 Τα Modems	85
5.5 Η πλατφόρμα	85
Γνωριμία με την πλατφόρμα	86
5.6 Case Study - Ιανουάριος 2019.....	89
Πληροφορίες Ανάλυσης	96
Σενάριο διαρροής.....	98
Συμπεράσματα	101
Κεφάλαιο 6: Εφαρμογές Έξυπνης Μέτρησης Νερού	102
6.1 Εισαγωγή.....	102
6.2 Κόστος.....	102
6.3 Οφέλη	103
6.4 Κέρδη	105
6.5 Υποστήριξη εφαρμογής	105
Γλωσσάρι	113
Βιβλιογραφία.....	114

Πρόλογος

Η έξυπνη μέτρηση είναι αυτή τη στιγμή ένα από τα «καυτά» θέματα στον ενεργειακό τομέα παγκοσμίως. Μπορεί να προσφέρει μια ευρεία ποικιλία ωφελημάτων στα μεμονωμένα μέρη της αγοράς, αλλά και στην κοινωνία ως σύνολο. Ωστόσο, έρχεται με σημαντικό κόστος. Επομένως, η ανάπτυξη της έξυπνης μέτρησης θα πρέπει να υπόκειται σε προσεκτική οικονομική εκτίμηση χρησιμοποιώντας την ανάλυση κοινωνικού κόστους-οφέλους και, εάν είναι δυνατόν, να υποστηρίζεται από αποτελέσματα και αποδεικτικά στοιχεία από αντιπροσωπευτικά πιλοτικά σχέδια. Η επιλεγμένη λύση που θα αναπτυχθεί, πρέπει να είναι αυτή που παρέχει τα υψηλότερα καθαρά οφέλη, όσον αφορά τα κόστη, την τεχνολογία, τις λειτουργικές απαιτήσεις και το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης.

Δομή Διπλωματικής

Η διπλωματική αυτή εργασία χωρίζεται σε 5 επιμέρους κεφάλαια:

- Κεφάλαιο 1: Η μέτρηση κατανάλωσης νερού στην Ελληνική και την Παγκόσμια Αγορά
- Κεφάλαιο 2: Επισκόπηση της αγοράς έξυπνης μέτρησης στην ΕΕ και ρύθμιση
- Κεφάλαιο 3: Τεχνολογίες δικτύου LPWA
- Κεφάλαιο 4: Έξυπνος Μετρητής Κατανάλωσης Νερού
- Κεφάλαιο 5: Πιλοτικό Ιλισού
- Κεφάλαιο 6: Εφαρμογές Έξυπνης Μέτρησης Νερού

Εισαγωγή

Οι αυξανόμενες ανάγκες σε νερό του αστικού πληθυσμού, η εξάντληση και υποβάθμιση των υπαρχόντων υδατικών πόρων και οι δυσμενείς συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, καθιστούν πρωταρχικής σημασίας τη βιώσιμη και αποτελεσματική διαχείριση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού που παρέχονται για την κάλυψη των αναγκών της αστικής χρήσης. Η ακριβής γνώση της ποσότητας νερού που εισάγεται στο δίκτυο ύδρευσης και της ποσότητας που καταναλώνεται από τους χρήστες, καθώς και η κατανομή τους στις διάφορες χρήσεις (βιομηχανική, αστική, εμπορική), αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την επίτευξη της βέλτιστης διαχείρισης της αστικής κατανάλωσης. Η εξασφάλιση αξιόπιστων μετρήσεων με χρήση υδρομετρητών υψηλής μετρητικής ακρίβειας θεωρείται αναγκαία, και σε συνδυασμό με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών είναι ικανή να παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση. Όσο για τις απώλειες του δικτύου ύδρευσης και πιθανές αστοχίες του συστήματος, η πλειοψηφία των Εταιρειών Ύδρευσης σε παγκόσμιο επίπεδο τείνουν να υποβαθμίζουν τη σημασία της μέτρησης, αφού δεν θέτουν υψηλές προδιαγραφές για την απόδοση των μετρητικών οργάνων που επιλέγουν. Το γεγονός αυτό προκαλεί έκπληξη, αφού οι υδρομετρητές αποτελούν το μόνο μέσο για την εξασφάλιση της δίκαιης και αντικειμενικής τιμολόγησης της κατανάλωσης, αλλά και της βιωσιμότητας της ίδιας της εταιρείας. Η χρήση υδρομετρητών χαμηλής μετρητικής ακρίβειας οδηγεί σε μη καταγραφή άγνωστων ποσοτήτων νερού, παρά το γεγονός ότι καταναλώνονται από τους χρήστες, με συνέπεια τόσο τη δημιουργία πλασματικών αναγκών ζήτησης, όσο και την απώλεια σημαντικών εσόδων για την εκάστοτε εταιρεία.

Τα έξυπνα υδρόμετρα μπορούν σε πραγματικό χρόνο να συλλέξουν δεδομένα της παροχής και των καταναλωτών, οδηγώντας σε οικονομία στην κατανάλωση και ταχύτερη αντιμετώπιση διαρροών. Οι εγκαταστάσεις ύδρευσης θα συνδέονται με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, ή με το δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης όπου αυτό προσφέρεται εναλλακτικά, σαν πιθανές πηγές εκπομπής εκατομμυρίων μετρήσεων που προκύπτουν καθημερινά από τους έξυπνους μετρητές. Οι τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία των έξυπνων υδρομέτρων κάνουν λόγο για συσκευές που κάνουν αυτόματες μετρήσεις της κατανάλωσης νερού, αλλά επιπλέον προσφέρουν πλήθος δεδομένων σχετικά με το χρόνο κατανάλωσης, αλλά και την δυνατότητα εντοπισμού σπατάλης λόγω διαρροών ή άλλων τεχνικών προβλημάτων. Σύμφωνα με τον πρόεδρο της Επιτροπής των Προτύπων Μέτρησης της American Water Works Association, Thomas Kelly, η ιδέα να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις δικτύων υπάρχει για δεκαετίες, αλλά δεν υπήρχε δυνατότητα υλοποίησής της μέχρι πρόσφατα. Η σύνδεση υδρομέτρων με IoT τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, και είναι η πιο σημαντική εξέλιξη στις υπηρεσίες διανομής νερού. Οι πόλεις αυτήν τη στιγμή συνήθως δε διαθέτουν τηλεπικοινωνιακές υποδομές. Όλα αυτά θα υλοποιηθούν εφόσον το υπάρχον δίκτυο είναι σε θέση να στηρίξει τέτοια μεταφορά δεδομένων. Συνεπώς αντί οι φορείς ύδρευσης να έχουν, να λειτουργούν και να συντηρούν το δικό τους δίκτυο, πληρώνοντας αντίστοιχο κόστος, γιατί να μη χρησιμοποιηθούν οι εγκαταστάσεις των δικτύων κινητής τηλεφωνίας; Η τεχνολογία υπάρχει. Μπορεί να γίνει πιλοτική εφαρμογή σε μια γεωγραφική ζώνη και στην πορεία να επεκταθεί στο σύνολο του αστικού οικισμού. Στα πλεονεκτήματα της χρήσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας για την

αποστολή δεδομένων, εκτός από το ότι η υποδομή βρίσκεται εκτός των παρόχων ύδρευσης, φαίνεται ότι θα έχει και μεγάλο νόημα στις αστικές περιοχές καθώς το σύστημα είναι ήδη σε λειτουργία. Υπάρχει κάποιο κόστος αλλά αυτό είναι μικρότερο από την κατασκευή και συντήρηση ενός τέτοιου δικτύου από το μηδέν.

Επιπλέον, σύμφωνα με μετρήσεις η διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της τεχνολογίας προηγμένων αυτόματων μετρητών είναι η μεγαλύτερη σε σχέση με όποια άλλη υπάρχουσα τεχνολογία. Στα οφέλη συμπεριλαμβάνεται η οικονομία σε ανθρώπινους πόρους, ενώ παράλληλα μειώνεται και το κόστος καυσίμων που απαιτούνται για να γίνει επιτόπια λήψη μετρήσεων. Οι νέοι τύποι μετρητών δίνουν τη δυνατότητα εξερεύνησης άλλων δυνατοτήτων των έξυπνων πόλεων όπως η διαχείριση των λυμάτων και ο έλεγχος της στάθμης των ομβρίων. Με τα νέα υδρόμετρα υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης της ανάγκης για παροχή και της αναμενόμενης κατανάλωσης, εκτός από το ότι δίνεται η δυνατότητα ειδοποίησης της ύπαρξης διαρροής.

Κεφάλαιο 1: Η μέτρηση κατανάλωσης νερού στην Ελληνική και την παγκόσμια αγορά

1.1 Εισαγωγή

Η βιομηχανία ύδρευσης κατά μεγάλο ποσοστό παγκοσμίως, ανήκει στον παραδοσιακό τρόπο λειτουργίας, αλλά τείνει να υιοθετήσει έξυπνες λύσεις και να προσαρμοστεί ταχέως στη νέα αναγκαιότητα της έξυπνης μέτρησης.

Με τον όρο «έξυπνη μέτρηση» εννοούμε τη ψηφιοποίηση και την αυτοματοποίηση των μετρήσεων διαφόρων τύπων καταναλώσεως με το Smart metering να χρησιμοποιείται συχνά ως γενικός όρος για όλες τις εφαρμογές. Ο όρος Smart metering αναφέρεται στη χρήση των ευφυών μετρητών ενέργειας και οργάνων μέτρησης, προκειμένου να καταστήσουν ξεκάθαρη την κατανάλωση της ενέργειας, του νερού, του αερίου και ούτω καθ' εξής και να πραγματοποιήσουν την αυτόματη διαχείρισή της.

Η έξυπνη μέτρηση είναι πιο διαδεδομένη στην ηλεκτρική ενέργεια, αλλά μπορεί επίσης να προσφέρει προστιθέμενη αξία εάν εφαρμοστεί σε άλλες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, όπως το φυσικό αέριο ή και το νερό. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιτυχία, η έξυπνη μέτρηση πρέπει να συνοδεύεται από ενημερωτικές εκστρατείες που αποσκοπούν στην αύξηση της ευαισθητοποίησης, της αποδοχής και της εξοικονόμησης ενέργειας των καταναλωτών.

Δημιουργώντας έξυπνα δίκτυα νερού, δίνονται λύσεις στη βελτίωση της αποδοτικότητας και την αξιοπιστία του υποκείμενου φυσικού δικτύου ύδρευσης, τη βελτίωση της μέτρησης, τη συλλογή, την ανάλυση και τη δράση σε ένα ευρύ φάσμα εκδηλώσεων δικτύου. Η ιδέα του δικτύου «έξυπνου νερού» συμβάλει σημαντικά στις προσπάθειες για οικονομικά προσιτά, βιώσιμα και καθαρά ύδατα για όλους.

Τα δίκτυα έξυπνου νερού είναι πολυεπίπεδα, όπως κάθε οικοσύστημα Internet of Things (IoT) δεδομένων, ξεκινώντας από τους αισθητήρες, τον τηλεχειρισμό και τις επιχειρηματικές πηγές δεδομένων, μέσω της συλλογής δεδομένων και των επικοινωνιών, της διαχείρισης δεδομένων και της απεικόνισης, μέχρι τη σύντηξη δεδομένων και την ανάλυση. Το τελευταίο καλύπτει πολλές κατηγορίες, από την υποστήριξη αποφάσεων, την αυτοματοποίηση έως τις αναλυτικές λύσεις. Ακριβώς όπως τα πρωτόκολλα επικοινωνίας ή τα συστήματα υπολογιστών μπορούν να περιγραφούν ως στρώματα με διαφορετικές λειτουργίες, έτσι και το συγκεκριμένο μοντέλο «έξυπνου νερού», όπως περιγράφεται στην εικόνα 1. Κάθε ένα από τα στρώματα του μοντέλου μπορεί να γίνει πιο έξυπνο και το δίκτυο ως σύνολο μπορεί να γίνει πιο έξυπνο, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες λύσεις στα σχετικά επίπεδα.



Εικόνα 1: Έξυπνα επίπεδα νερού

Το φυσικό επίπεδο (physical layer) αποτελείται, όπως υποδηλώνει το όνομά του, από τα φυσικά στοιχεία που επιτρέπουν τη διανομή και την παράδοση νερού κατά μήκος του δικτύου. Οι σωληνώσεις, οι αντλίες, οι βαλβίδες, οι βαλβίδες μείωσης πίεσης, οι δεξαμενές και τα τελικά σημεία παράδοσης είναι όλα μέρος του φυσικού στρώματος. Αυτά είναι στοιχεία χωρίς δεδομένα, τα οποία συνήθως εκτελούν μηχανικές, υδραυλικές ή χημικές λειτουργίες. Ενώ το φυσικό στρώμα δεν έχει διασυνδέσεις δεδομένων, μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται στο επόμενο στρώμα – στην ανίχνευση και τον έλεγχο. Παρόλο που μπορεί να υπάρξει πολύτιμη καινοτομία και σχεδιασμός σε αυτό το στρώμα, οποιοδήποτε σύστημα που εστιάζεται αποκλειστικά στο φυσικό στρώμα δεν αποτελεί μέρος των τεχνολογιών δεδομένων του έξυπνου δικτύου νερού.

Το επίπεδο ανίχνευσης και ελέγχου (sensing and control) αποτελείται από εξοπλισμό και αισθητήρες που μετρούν τις παραμέτρους της παροχής και της διανομής νερού (όπως ροή, πίεση, παραμέτρους ποιότητας νερού, επίπεδα δεξαμενών, θερμοκρασία νερού, ακουστικές πληροφορίες κ.α.) και συσκευές τηλεχειρισμού που επιτρέπουν τον απομακρυσμένο έλεγχο (όπως αντλίες με τηλεχειρισμό, βαλβίδες και μειωτές πίεσης). Στην ουσία, το επίπεδο ανίχνευσης και ελέγχου είναι η μόνη διεπαφή μεταξύ των συστημάτων δεδομένων του χειριστή του δικτύου από τη μια πλευρά, και του φυσικού στρώματος στην άλλη πλευρά, επιτρέποντας τη σύνδεση των "έξυπνων στοιχείων" του έξυπνου δικτύου νερού με το πραγματικό φυσικό δίκτυο .

Το επίπεδο συλλογής και επικοινωνίας (collection and communication) είναι υπεύθυνο για τη συλλογή, τη μετάδοση και την αποθήκευση των διακριτών δεδομένων. Χρησιμοποιώντας αμφίδρομα κανάλια επικοινωνίας, οι εντολές στη συνέχεια επιστρέφονται στο δεύτερο στρώμα για να καθοδηγήσουν τους αισθητήρες σχετικά με τα δεδομένα που συλλέγουν ή τις ενέργειες που πρέπει να εκτελέσουν. Για παράδειγμα, ένα σταθερό καλωδιακό δίκτυο, ραδιόφωνο, κινητά, Wi-Fi και άλλες τεχνολογίες επικοινωνίας που σχετίζονται με τη μεταφορά δεδομένων αποτελούν μέρος αυτού του στρώματος. Αυτό είναι το πρώτο επίπεδο, καθώς μετακινεί μόνο τα δεδομένα μεταξύ του επιπέδου ανίχνευσης και ελέγχου και των υψηλότερων στρωμάτων.

Το επίπεδο διαχείρισης και εμφάνισης δεδομένων (data management and display) είναι εκεί όπου τα δεδομένα από διαφορετικές πηγές συγκεντρώνονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους χειριστές. Μπορούν να προ-επεξεργαστούν, να αποθηκευτούν, να μεταφερθούν και να προσπελαστούν από τα κεντρικά συστήματα. Παρομοίως, οι εντολές των χειριστών ή οι οδηγίες από συστήματα υψηλότερου επιπέδου ερμηνεύονται σε συγκεκριμένες ρυθμίσεις συσκευής (π.χ. αλλαγή σε μια ορισμένη διαμόρφωση δικτύου μπορεί να συνεπάγεται την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση διαφόρων αντλιών, αλλαγή καταστάσεων βαλβίδων κ.λπ.). Αυτό διασυνδέεται με την υποκείμενη υποδομή επικοινωνιών από τη μια πλευρά και με έναν ανθρώπινο φορέα εκμετάλλευσης ή με άλλα κεντρικά συστήματα δεδομένων από την άλλη πλευρά. Οι εφαρμογές (dashboard app) που παρέχονται με πολλά συστήματα SCADA (ή αναπτύσσονται εσωτερικά σε διάφορα βοηθητικά προγράμματα ύδρευσης) συχνά εμπίπτουν σε αυτό το επίπεδο, με κάποια επικύρωση δεδομένων και την εμφάνιση πολλαπλών ροών δεδομένων και σε γραφικό περιβάλλον κλπ.

Το τελευταίο επίπεδο (data fusion and analysis) συγκεντρώνει δεδομένα πρώτης εισόδου και παράγει επεξεργασμένες πληροφορίες, οι οποίες δεν ήταν προφανείς ή τετριμμένες από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Η προκύπτουσα πληροφορία μπορεί να εμφανίζεται σε έναν ανθρώπινο χειριστή, να μεταφέρεται για περαιτέρω ανάλυση εντός του επιπέδου, ή να ενεργοποιεί μια αυτόματη ενέργεια μέσω του επιπέδου χειρισμού δεδομένων.

1.2 Η έξυπνη μέτρηση στην Ελληνική αγορά

Τα προβλήματα της λειψυδρίας και της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτινων πόρων στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες, οφείλονται στη μη αποτελεσματική χρήση του νερού. Στη γεωργία, όπου παρουσιάζεται η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού, η επιφανειακή άρδευση και η άρδευση με τεχνητή βροχή, ευθύνονται για απώλειες που φτάνουν το 50-60%. Η βιομηχανία με ελάχιστες εξαιρέσεις, δε χρησιμοποιεί συστήματα και διεργασίες εξοικονόμησης και ανακύκλωσης νερού. Στις πόλεις, οι απώλειες των αρδευτικών δικτύων κυμαίνονται από 10% έως 30%.

Αν και η ύδρευση αποτελεί μικρό μόνο μέρος της συνολικής κατανάλωσης νερού, οι μεγαλύτερες ανάγκες ύδρευσης παρουσιάζονται στις πόλεις, όπου συχνά δεν υπάρχουν επαρκή αποθέματα κατάλληλου νερού σε κοντινή απόσταση. Στη χώρα μας, η αστική κατανάλωση κυμαίνεται περίπου στα 120 λίτρα το άτομο την ημέρα. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εκτιμά πως με κατάλληλα μέτρα εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης, η μέση κατανάλωση νερού κατ' άτομο, μπορεί να πέσει σε 80 λίτρα/άτομο/μέρα, που σημαίνει μείωση άνω του 35%.

1.2.1 Μελέτες περιπτώσεων έξυπνου νερού

Οι Δήμοι και οι ΔΕΥΑ δεν έχουν την πολυτέλεια της μειωμένης απόδοσης των δικτύων διανομής νερού, του αυξημένου κόστους συντήρησης και ενεργειακής κατανάλωσης και των μειωμένων εσόδων που αυτή συνεπάγεται.

Το πρόβλημα:

- Αυξημένο ποσοστό ατιμολόγητου νερού που φτάνει το 60% για την Ελλάδα
- Υψηλή κατανάλωση ενέργειας
- Υψηλό ποσοστό διαρροών
- Διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων
- Μη αποδοτική διαχείριση υποδομών
- Ανεπαρκής παρακολούθηση ποιότητας νερού
- Μη ορθολογική διαχείριση πόρων
- Ανακριβείς μετρήσεις
- Παράνομες συνδέσεις

Τρόποι αντιμετώπισης:

- Μείωση Της Πίεσης
- Αποδοτικότερη Λειτουργία Γεωτρήσεων – Αντλιοστασίων – Δεξαμενών
- Άμεσος Εντοπισμός Διαρροών
- Προσδιορισμός Υδατικού Ισοζυγίου
- Ακριβής Προσδιορισμός Οικιακής Κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο

Για το λόγο αυτό κρίνεται επιτακτική η ανάγκη αλλαγής στο σκηνικό της βιομηχανίας της ύδρευσης, με τη μεταφορά από τα παραδοσιακά συστήματα μέτρησης, στην «έξυπνη» μέτρηση κατανάλωσης νερού.

Στην Ελλάδα δεν παρατηρούνται αρκετές έξυπνες εφαρμογές στον τομέα αυτό. Με την πάροδο των χρόνων, παρουσιάζονται στο προσκήνιο εταιρίες, όπως η Μεσόγειος Α.Ε., που φέρνουν την έξυπνη μέτρηση νερού στη χώρα μας. Η περίπτωση της ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ αποτελεί ένα από τα ελάχιστα παραδείγματα εταιριών στον Ελλαδικό χώρο που μέρος του αντικειμένου τους είναι η μέτρηση κατανάλωσης νερού. Κύριο αντικείμενο της αποτελεί η ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης, προσφέροντας τεχνολογικές λύσεις, με παροχή υπηρεσιών όπως:

- Μοντελοποίηση του υδρευτικού δικτύου. Με εξειδικευμένα προγράμματα προσομοίωσης και απεικόνιση του μέσω συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών για την καλύτερη διαχείρισή του.
- Εγκατάσταση Αυτόματων οικιακών μετρητών (AMR-Automatic Meter Reading) (Εικόνα 2). Όστε να αποφεύγονται οι λανθασμένες μετρήσεις, να μειώνονται τα

λειτουργικά έξοδα και οι καταναλωτές να μπορούν σε πραγματικό χρόνο να ενημερώνονται για την κατανάλωση τους, ή για τυχόν διαρροές στις οικίες τους.



Εικόνα 2: Μετρητής AMR

- Εφαρμογή προγράμματος διαχείρισης της πίεσης. Ένα πλήρως αυτοματοποιημένο και ενεργειακά αυτόνομο σύστημα θα διαχειρίζεται την πίεση του δικτύου έτσι ώστε να μειωθούν οι διαρροές, οι θραύσεις και η κατανάλωση ενέργειας.
- Βελτίωση ενεργειακής κατανάλωσης Αντλιοστασίων – Γεωτρήσεων – Δεξαμενών, αυτοματοποίηση και τηλεχειρισμό των σταθμών που βρίσκονται σε γεωτρήσεις, αντλιοστάσια και δεξαμενές ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και το λειτουργικό κόστος ενώ θα αυξηθεί ο χρόνος ζωής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Διασφάλιση Ποιότητας Νερού. Σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του νερού σε πραγματικό χρόνο και πιστοποίηση της διαδικασίας και των μετρήσεων από εξειδικευμένο χημικό εργαστήριο.
- Πλατφόρμα Brain Water. Μέσω της οποίας παρέχονται όλα τα εργαλεία για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των πληροφοριών. Ενδεικτικά μέσω τις πλατφόρμας θα γίνεται:
 - Αυτόματη Καταμέτρηση/Billing Καταναλωτών
 - Αυτόματη Διαχείριση Πίεσης
 - Αυτόματη Εύρεση Διαρροών
 - Αυτόματη Προειδοποίηση για ενδεχόμενη θραύση σωλήνων
 - Προειδοποίησης πιθανής υποβάθμισης της ποιότητας του νερού
 - Πρόγραμμα Διαχείρισης Εργασιών Συντήρησης Και Αποθηκών

Μέσω εξειδικευμένου λογισμικού θα πραγματοποιείται αυτόματα:

- Προγραμματισμός Εργασιών Συντήρησης και Επιδιόρθωσης Δικτύου
- Διαχείριση Ανθρώπινου δυναμικού
- Διαχείριση Αποθηκών
- Διαχείριση Υποδομών

- Υπηρεσία εκπαίδευσης
Ολοκληρωμένα προγράμματα εκπαίδευσης (χειριστή, μηχανικού, τεχνικού) για την καλύτερη κατανόηση και την αποτελεσματικότερη λειτουργία του συστήματος Smart Water Network
- Υπηρεσίες υποστήριξης / λειτουργίας
Υπηρεσίες παραχώρησης της λειτουργίας του Smart Water Network με βάση την εξασφάλιση της απόδοσης (performance based contracts) παρακολουθώντας σε πραγματικό χρόνο δείκτες αποτελεσματικότητας (KPI's)

Πλεονεκτήματα:

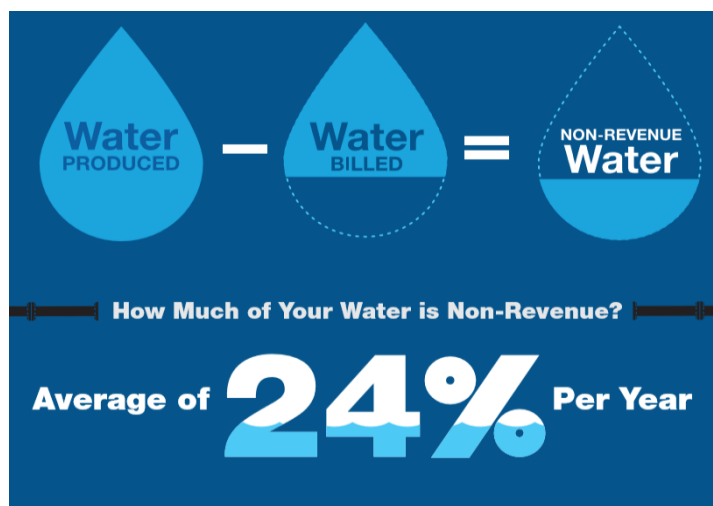
- Μείωση ατιμολόγητου νερού
- Αναβάθμιση των υπηρεσιών που προσφέρονται στον καταναλωτή
- Ακριβέστερη και πιο εύκολη έκδοση λογαριασμών
- Βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Μείωση της καταπόνησης του δικτύου ύδρευσης
- Μείωση λειτουργικών εξόδων
- Βελτίωση της ποιότητας νερού
- Ορθολογικότερη διαχείριση φυσικών πόρων
- Ευκολότερη διαχείριση δεδομένων και αρχείων καταναλωτών
- Αύξηση της διάρκειας ζωής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού
- Μείωση δαπανών για την εξεύρεση, διαχείριση και διάθεση νέων υδάτινων πόρων

1.2.2 Επιχειρηματικά μοντέλα

Στη πόλη της Πάτρας πραγματοποιείται από τη ΜΕΣΟΓΕΙΟ Α.Ε. το έργο έξυπνων δικτύων νερού με τίτλο: “ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ Δ.ΠΑΤΡΕΩΝ”. Το έργο αυτό περιλαμβάνει τον τηλε-έλεγχο και τηλεχειρισμό 46 τοπικών σταθμών Αντλιοστασίων-Γεωτρήσεων-Δεξαμενών καθώς και την κατασκευή 79 τοπικών σταθμών ρύθμισης της πίεσης οι οποίοι αυτόματα ρυθμίζουν την πίεση του δικτύου. Για τον έλεγχο και την εποπτεία όλων των επιμέρους σταθμών αναπτύχθηκε SCADA και GIS. Παράλληλα σε συνεργασία με την IBM εγκαταστάθηκε πλατφόρμα για την δυναμική ενοποίηση όλης της πληροφορίας σε μία ενιαία βάση.

1.3 Η έξυπνη μέτρηση στην Παγκόσμια αγορά

Σύμφωνα με μελέτες, το 24% του ετήσιου νερού στην Αμερική, δεν κοστολογείται, καθώς χάνεται.



Εικόνα 3: Αποτελέσματα έρευνας-1

Το χρηματικό ποσό των ποσοτήτων νερού που χάνονται ετησίως ανέρχεται σε 2,6 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι λόγοι που οδηγούν στην απώλεια νερού μπορεί να είναι είτε διαρροές στο δίκτυο νερού, είτε κλοπές νερού και δημιουργία ανωνύμων συνδέσεων, είτε ανακρίβεια στη μέτρηση νερού με τα παραδοσιακά συστήματα μέτρησης.



Εικόνα 4: Αποτελέσματα έρευνας-2

Θέλοντας να δοθεί λύση στο πρόβλημα αυτό, όλα τα σενάρια καταλήγουν στη δημιουργία έξυπνων δικτύων νερού, τα οποία αποτελούνται από έξυπνους μετρητές και αισθητήρες, το δίκτυο ύδρευσης και ένα σύστημα ανάλυσης των δεδομένων που προέρχονται από τους μετρητές.

Did You Know?

700 water main breaks occur each day in U.S.

Implementing a water loss management program can help you recover up to 75% of water loss

1/3 of utilities report a loss of more than 40% due to leaks

Ready to save money and water?

Smart Meters & Sensors	+	Utility Grade Network	+	Analytics	=	Smart Water Network
Capture data and detect critical events within your distribution system		Remotely gather system data quickly and reliably		Derive actionable insights from aggregated system data		Intelligence built into every point of your distribution network

"Before deploying Smart Water technology, it was difficult to determine how much water we were losing each year. Today, we know almost immediately when water is being lost and can quickly make repairs."

- Mark Sprague, Utilities Manager, City of Fountain Valley

Εικόνα 5: Δίκτυο έξυπνου νερού

1.3.1. Μελέτες περιπτώσεων έξυπνου νερού

Στη λογική αυτή στηρίζονται πολλές εταιρίες παγκοσμίως και για αυτό σπεύδουν να χρησιμοποιήσουν έξυπνους τρόπους μετρήσεων της κατανάλωσης νερού, για τη μείωση των διαρροών, τη μείωση του χαμένου νερού που δεν κοστολογείται, την αύξηση των κερδών κ.ά. Εταιρίες όπως η Huawei, η Siemens, η Sensus είναι κάποιες απ' αυτές που έχουν ήδη επενδύσει σε έξυπνα συστήματα νερού, η καθεμία στο δικό της τομέα.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Swan. Πρόκειται για την κεντρική πηγή των παγκοσμίων, έξυπνων μελετών των περιπτώσεων ύδατος και λυμάτων. Αποτελεί ένα μη κερδοσκοπικό κέντρο που στόχο έχει να φέρει σε επαφή τους σημαντικούς παράγοντες της βιομηχανίας για να επιταχύνει την ευαισθητοποίηση και την υιοθέτηση λύσεων με γνώμονα τα δεδομένα σε δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης παγκοσμίως. Επίσης, προωθεί τη χρήση τεχνολογιών που βασίζονται σε δεδομένα των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης σε όλο τον κόσμο.

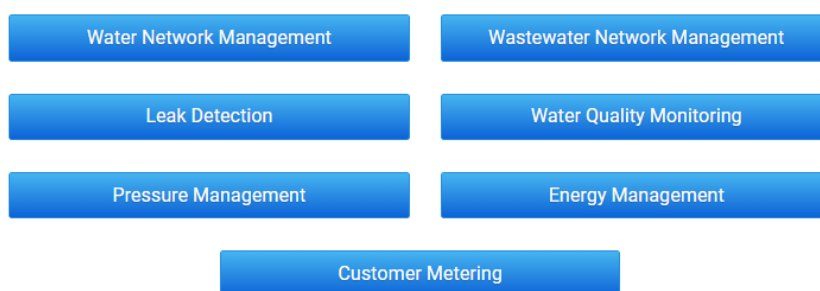
Επειδή οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας διερευνούν συνεχώς τρόπους για την καλύτερη αξιολόγηση των τρεχουσών πρακτικών τους και για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του δικτύου τους, η ομάδα εργασίας SWAN ανέπτυξε ένα εργαλείο, το οποίο επιτρέπει στις

επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να διερευνήσουν έξυπνες τεχνολογίες νερού ανάλογα με τις ειδικές προκλήσεις της περιοχής τους. Έτσι, έχουν τη δυνατότητα να πλοηγηθούν σε συγκεκριμένες λύσεις μέσω διαδραστικών αρχιτεκτονικών διαγραμμάτων, και στη συνέχεια να δουν σχετικές μελέτες περιπτώσεων και αναλύσεις ωφελειών. Επίσης η ομάδα εργασίας ανέπτυξε το SWAN SMART SCORE, μια έρευνα ερωτήσεων πολλαπλών επιλογών 13 ερωτήσεων που αξιολογεί το βαθμό στον οποίο εκμεταλλεύονται οι υπάρχουσες τεχνολογίες και κατά πόσο είναι χρήσιμες. Με την ολοκλήρωση και την προώθηση και των δύο εργαλείων, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας λαμβάνουν ποσοτική βαθμολογία και γενική κατηγοριοποίηση του επιπέδου προόδου τους.

1.3.2 Επιχειρηματικά μοντέλα

1.3.2.1. Swan

Η μελέτη της Swan έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς στον τομέα του έξυπνου νερού έχει συγκεντρώσει αρκετές περιπτώσεις που έχουν βρει εφαρμογή και είναι κατηγοριοποιημένες, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6: Κατηγορίες πρακτικών εφαρμογών νερού

Οι κατηγορίες είναι επτά στον αριθμό και κάθε μια από αυτές έχει κάποιες υποπεριπτώσεις που έχουν εφαρμοστεί ανά τον κόσμο και αξίζουν να αναλυθούν περαιτέρω, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τις πιο ενδιαφέρουσες κατηγορίες αποτελούν οι εξής :

- Διαχείριση Δικτύων Νερού
 - Εντοπισμός Διαρροών
 - Μέτρηση Κατανάλωσης σε πελάτες
 - Διαχείριση Λυμάτων
-
- **Περιπτώσεις Διαχείρισης Δικτύων Νερού**

Η περίπτωση της διαχείρισης νερού στην Alabama με το σύστημα μέτρησης AMI από τη Sensus και συγκεκριμένα από την τοπική επιχείρηση κοινής ωφέλειας «Loudoun Water».



Εικόνα 7: Τοπική Επιχείρηση κοινής ωφέλειας νερού στην Alabama

Η κομητεία Loudoun είναι μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες κομητείες, καθώς υπάρχει υψηλή ζήτηση νερού τόσο από τους βιομηχανικούς όσο και από τους οικιακούς πελάτες.

Η επιχείρηση κοινής ωφέλειας νερού *Loudoun Water* (Εικόνα 7) ασχολείται με το σχεδιασμό και την παροχή προηγμένων τεχνολογιών ύδρευσης και αποχέτευσης. Στοχεύει στην επεξεργασία των υδάτινων πόρων με βιώσιμο τρόπο, για την υπεράσπιση της υγείας, του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής.

Το πρόβλημα:

Για τη συλλογή δεδομένων κατανάλωσης νερού, ο αριθμός των υδρομέτρων που χρειαζόνταν, ήταν πάνω από 78.000 και οι τεχνικοί έπρεπε να μεταβαίνουν επιτόπου στο χώρο των πελατών, ώστε να διαβάζουν με μη αυτόματο τρόπο τον κάθε μετρητή. Επίσης πρόβλημα αποτελούσε και ο εντοπισμός των διαρροών πριν να χρειαστεί ο πελάτης να καλέσει για την επίλυση αυτού.

Ένα παράδειγμα που αναφέρει ένας τεχνικός της *Loudoun Water*, ήταν μια διαρροή κάτω από το σύστημα άρδευσης της τάξης των 100 γαλονιών/h. Στην περίπτωση αυτή η ομάδα του Loudoun Water αποφάσισε ότι το σύστημά τους χρειάζεται τεχνολογική αναβάθμιση. Γι' αυτό τη λύση έδωσε το σύστημα μέτρησης της Sensus, Advanced Metering Infrastructure (AMI) που έκριναν ότι ταιριάζει καλύτερα τις ανάγκες τους.

Η λύση:

Η λύση της Sensus AMI αποτελείται από οικιακούς μετρητές Sensus iPERL και OMNI, όλα συνδεδεμένα με το FlexNet δίκτυο επικοινωνίας της Sensus και επιτρέπει στο βοηθητικό πρόγραμμα να συλλαμβάνει τα δεδομένα μετρητών από απόσταση σε μια ευρεία περιοχή κάλυψης, ενώ παράλληλα μπορεί να παρακολουθεί τα δεδομένα χρήσης των πελατών σε

πραγματικό χρόνο και να αντιμετωπίζει προληπτικά τις διαρροές πριν γίνουν μεγαλύτερα προβλήματα.

Για να ειδοποιήσει τους πελάτες για διαρροές, ο Loudoun υλοποίησε μια διαδικασία τεσσάρων βημάτων:

1. Αυτόματη τηλεφωνική κλήση ή επιστολή
2. Ακολουθήστε την επιστολή, ειδοποιώντας τον πελάτη ότι η διαρροή εξακολουθεί να συμβαίνει και περιγράφει τους τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος
3. Επισκεφθείτε τη φυσική οντότητα, προσδιορίζοντας την πηγή της διαρροής
4. Προσωπική τηλεφωνική κλήση, απόπειρα τελικής επαφής – να πραγματοποιηθεί πριν αρχίσει ο επόμενος κύκλος χρέωσης.

Από τις 13.000 κλήσεις προς πελάτες το 2017, το Loudoun Water έστειλε 2.600 επιστολές και πραγματοποίησε 1.500 επισκέψεις ιδιοκτησίας. Με την εφαρμογή του μετρητικού συστήματος Sensus AMI, προειδοποίησε τους πελάτες γρήγορα και κατάφεραν να μετριάσουν περίπου το 80% των διαρροών με μια αρχική κλήση.

- **Περιπτώσεις Διαχείρισης Δικτύου Λυμάτων**

Έλεγχος ροής με micro detecting I & I (Inflow & Infiltration) μετά από βροχόπτωση στην Alabama - περιοχή Jefferson.

Ο εντοπισμός της εισροής και της διείσδυσης είναι μια χρονοβόρα και δαπανηρή προσπάθεια. Δεδομένου ότι το 80% της εισροής και της διείσδυσης αποτελεί το 20% του συστήματος συλλογής, το κλειδί της επιτυχίας είναι να ανιχνεύσει με ακρίβεια τις περιοχές που συνεισφέρουν το 80% το συντομότερο δυνατό. Η τεχνολογία iTracking χαμηλού κόστους είναι σε θέση να εντοπίσει περιοχές της εισροής και της διείσδυσης, μετά από ένα μοναδικό γεγονός βροχής χωρίς την απαίτηση για είσοδο περιορισμένου χώρου, συντήρηση αισθητήρα ή χρονοβόρα ανάκτηση δεδομένων.

Συνεργαζόμενοι με την ομάδα μηχανικών Hazen και Sawyer, η ικανότητα μικροαντιγραφής του iTracking I & I αποδείχθηκε πρόσφατα σε ένα πιλοτικό πρόγραμμα που ξεκίνησε από το County Jefferson, Ala., Τον Φεβρουάριο του 2018.

Το πρόβλημα:

Οι συμβατικοί μετρητές ροής, αν και είναι ικανοί να μετρήσουν τις ροές μεγάλων ποσοτήτων, όπου τα επίπεδα λυμάτων παραμένουν σε ύψη ικανοποιητικά για την κάλυψη των αισθητήρων αποδείχθηκαν ανίκανοι για να παράσχουν την απαραίτητη παρακολούθηση υψηλής ανάλυσης για το micro detecting I & I στους σωλήνες μικρότερης διαμέτρου (8"-12") που αποτελούν το 85% σχεδόν όλων των συστημάτων συλλογής. Αυτό το μειονέκτημα έδωσε την ευκαιρία να αναπτυχθεί μια λύση που δεν είναι εφικτή σήμερα με συμβατικές συσκευές μέτρησης ροής.

Η τοποθέτηση του micro detecting I & I ωστόσο, ήταν μια χρονοβόρα και δαπανηρή προσπάθεια.

Η λύση:

Η λύση που δόθηκε ήταν η τοποθέτηση 14 αισθητήρων iTracker μέσα στα 22 μίλια που περιλαμβάνουν την περιοχή Jefferson. Οι αισθητήρες iTracker με τη χρήση Wi-Fi και κινητής τηλεφωνίας, απλά και με ασφάλεια καταγράφουν τα επίπεδα λυμάτων στους σωλήνες κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων ημέρας και των υγρών καιρικών συμβάντων.

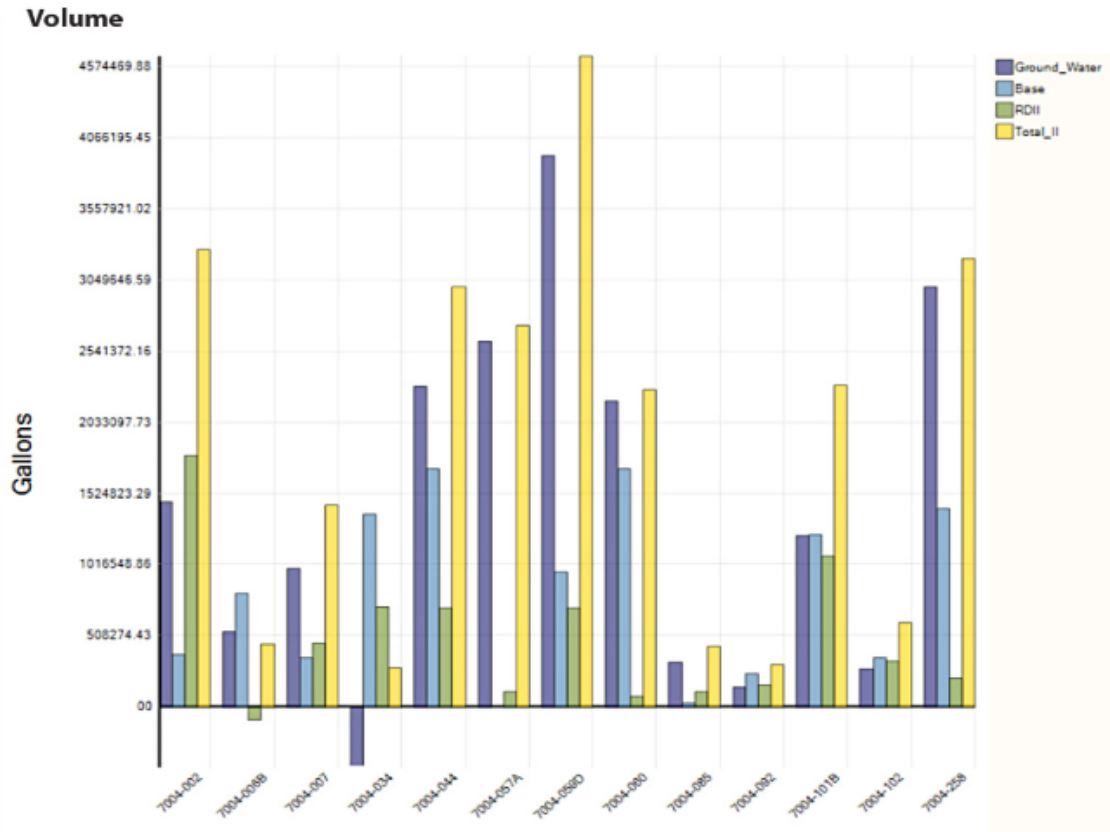
ΦΑΣΗ I: Στις 7 και 8 Φεβρουαρίου του 2018, δεκατέσσερις αισθητήρες iTracker που ζυγίζουν λιγότερο από 2 λίβρες, εγκαταστάθηκαν σε στρατηγικές θέσεις κατά μήκος της περιοχής Jefferson μήκους 22 γραμμικών μιλίων. Κατά μέσο όρο χρειάστηκαν 20-30 λεπτά για να εντοπισθεί κάθε φρεάτιο και 15 λεπτά για να εγκατασταθεί κάθε αισθητήρας. Η όλη διαδικασία εγκατάστασης ολοκληρώθηκε σε λιγότερο από 10 ώρες. Στην εικόνα 8, φαίνεται η τοποθέτηση ενός από τους 14 αισθητήρες σε φρεάτιο της περιοχής.



Εικόνα 8: Φάση I

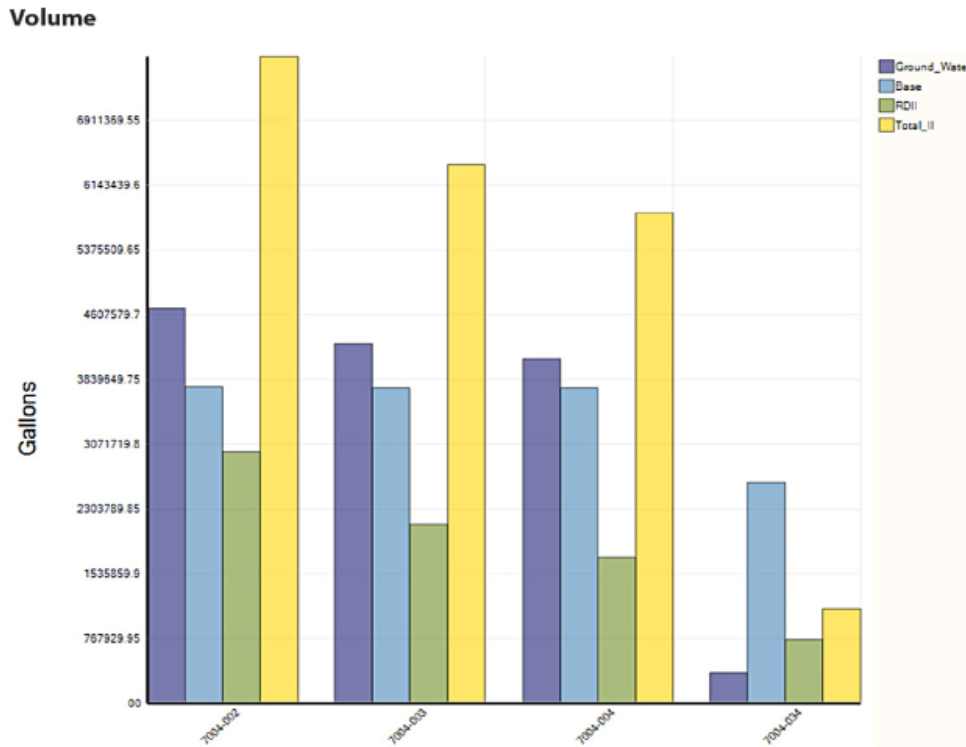
ΦΑΣΗ II: Στις 16 Μαρτίου, μετά από μερικές βροχοπτώσεις, τα δεδομένα συλλέχθηκαν απλά και με ασφάλεια από κάθε περιοχή που παρακολουθήθηκε μέσω της σύνδεσης Wi-Fi με smartphone. Δεδομένα από τις 14 τοποθεσίες εισήχθησαν στο iTracking-το αναλυτικό πρόγραμμα λογισμικού, προκειμένου να προσδιοριστούν εκείνες οι περιοχές που είναι υπεύθυνες για τη συμβολή των μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού. Με το πάτημα ενός κουμπιού, αναπτύχθηκε αυτόματα ένα γράφημα ράβδων (εικόνες 9 και 10)-, όπου περιγράφηκαν ο όγκος RDII (Rain & Derived Inflow & Infiltration), υπόγεια ύδατα, βάσεις και συνολικά ποσά της εισροής και της διείσδυσης, για κάθε περιοχή που παρακολουθήθηκε. Όταν προσδιορίστηκε άμεσα ποια ήταν η υπεύθυνη τοποθεσία για τους υψηλότερους όγκους βροχής και προκειμένου να αποδειχθεί η ικανότητα I & I Micro Detection της τεχνολογίας iTracking, προγραμματίστηκε η τοποθεσία που παρουσίαζε τον μεγαλύτερο

όγκο RDII να χωριστεί σε 11 μικρότερα τμήματα για την επόμενη φάση αξιολόγησης (Φάση III).



Εικόνα 9: Φάση II

ΦΑΣΗ III: οι αισθητήρες iTracker τοποθετήθηκαν στρατηγικά ώστε να εντοπιστεί ποια υπο-περιοχή ήταν υπεύθυνη και οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα για το ποιο φρεάτιο είχε το πρόβλημα. Αυτό που έκαναν ήταν να αποσταλούν οι κάμερες αμέσως, για να διαπιστωθεί γρήγορα ότι οι μεγάλες ποσότητες I & I οφείλονταν σε ελαττωματικά πλευρικά τμήματα που εισέρχονταν στη μικροανάλυση της τοποθεσίας εκείνης, μεταξύ 2 φρεατίων.



Εικόνα 10: Φάση III

Με μόλις 48 ώρες πραγματικού χρόνου αναλυτικής έρευνας και αναλύσεων, και με τη δυνατότητα απόκτησης συγκεκριμένων αποτελεσμάτων μετά από μεμονωμένες εκδηλώσεις καταιγίδας, κατάφεραν να αξιολογήσουν γρήγορα και οικονομικά τα 22 μίλια των σωληνώσεων του συστήματος συλλογής 14 τοποθεσιών σε διάστημα μόλις τρισήμισι μηνών.

- **Περιπτώσεις Εντοπισμού Διαρροών**

Ανίχνευση διαρροών στο Halifax από την OSISoft

Το πρόβλημα:

Για την ανίχνευση διαρροών, οι χειριστές χρειάζονταν μια σαφή εικόνα των βασικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενώ στόχος ήταν η εξοικονόμηση ετήσιου προϋπολογισμού, χρόνου και η ύπαρξη λιγότερου προσωπικού.

Η λύση:

Με τη λύση της επιχείρησης κοινής ωφέλειας Halifax Water που άρχισε να φέρνει ένα σύστημα (operational intelligence) online, συνδέθηκαν πολλές πηγές δεδομένων συστήματος, παρέχοντας στους χειριστές πρόσβαση σε μια ποικιλία δεδομένων. Επίσης, παράχθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και τέλος με το σύστημα αυτό κατάφεραν να επεκτείνουν τον αριθμό των περιφερειακών μετρημένων περιοχών, κάτι που βοηθά τους χειριστές να βρουν την ακριβή θέση του μετρητή, σε περιπτώσεις που , έχει χαθεί λόγω βρόχινου νερού ή λόγω διαρροών. Στην Εικόνα 11 απεικονίζεται στιγμιότυπο του συστήματος που χρησιμοποιεί η Halifax Water για τον εντοπισμό των διαρροών.



Εικόνα 11: Σύστημα της επιχείρησης κοινής ωφέλειας στο Halifax

Τα προνόμια από αυτή τη λύση είναι η εξοικονόμηση καθημερινά 40 εκατομμυρίων λίτρων νερού και κατ' επέκταση η εξοικονόμηση εκατοντάδων χιλιάδων δολαρίων σε ετήσια βάση. Ωστόσο πλεονεκτήματα είχαν τόσο οι οικιακοί, όσο και οι βιομηχανικοί πελάτες, όπως αυτά που ακολουθούν:

- Κέρδη απόδοσης
- Ποιότητα νερού: Το σύστημα PI ενσωματώνει δεδομένα ποιότητας νερού τόσο από το εργοστάσιο επεξεργασίας, όσο και από το σύστημα διανομής για να δημιουργήσει ευρεία ορατότητα στο σύστημα.
- Σχεδιασμός Συστήματος: Ένα λεπτομερές αρχείο επιτρέπει στους υπεύθυνους σχεδιασμού και στους μηχανικούς να χρησιμοποιούν πραγματικά και ακριβή δεδομένα για την υποβολή εκθέσεων, την τήρηση των κανονισμών και τον

προγραμματισμό. Οι υπεύθυνοι σχεδιασμού μπορούν να βασίζονται στις συστάσεις τους σε πραγματικές πληροφορίες - όχι υποθέσεις.

- Συμμόρφωση με τους κανονισμούς: Τα ακριβή δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τα ιστορικά δεδομένα επιτρέπουν τον καλύτερο επιχειρησιακό προγραμματισμό και σχεδιασμό ώστε να ανταποκρίνονται στις κανονιστικές απαιτήσεις συμμόρφωσης.

Όσον αφορά το σύστημα PI για τη διαχείριση δεδομένων και γεγονότων σε πραγματικό χρόνο, είναι εγκατεστημένο σε 140 χώρες που καλύπτουν την υδρόγειο, χρησιμοποιείται στις κατασκευές, την ενέργεια, τις επιχειρήσεις κοινής ωφελείας, τις βιοεπιστήμες, τα κέντρα δεδομένων, τις εγκαταστάσεις και βιομηχανίες μεταποίησης. Το σύστημα PI επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται περιουσιακά στοιχεία, να μετριάσουν τους κινδύνους, τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, τη βελτίωση των διαδικασιών, την προώθηση της καινοτομίας, τη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο και τον εντοπισμό ανταγωνιστικών επιχειρηματικών ευκαιριών στην αγορά.

- **Περιπτώσεις Μέτρησης Κατανάλωσης σε Πελάτες**

Ανακαλύπτοντας τα χαμένα κέρδη στην Καλιφόρνια από τη Fathom

Το πρόβλημα:



Εικόνα 12: Ποσοστά χαμένων κερδών νερού- Καλιφόρνια 2009

Το 2009, υπερδιπλασιάστηκαν οι μηνιαίες χρεώσεις για την Torrance βάσει των νέων ρυθμιστικών εντολών σχετικά με τη μεθοδολογία κατανομής του κόστους κοινής ωφέλειας.

Το 2010, αποφασίστηκε η αντικατάσταση και η ενημέρωση των συστημάτων πληροφόρησης των πελατών της για σύγχρονες υπηρεσίες κοινής ωφέλειας και διευρυμένες υπηρεσίες πελατών, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και αυξάνοντας τα έσοδα.

Η λύση:

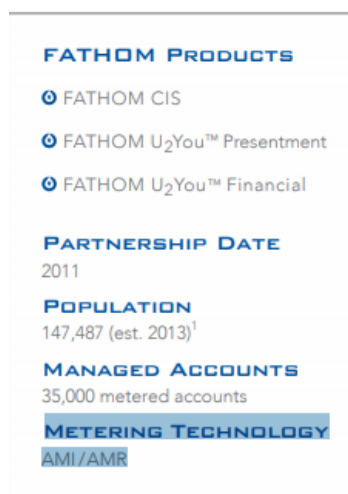
Για τη λύση του προβλήματος, επιλέχθηκε η εταιρία FATHOM, η οποία παρέχει υπηρεσίες χρέωσης υπηρεσιών κοινής ωφέλειας για τους λογαριασμούς νερού, αποχέτευσης και

απορριμμάτων της πόλης και επίσης επιτρέπει στους κατοίκους να διαχειρίζονται τους λογαριασμούς τους online και να έχουν 7 τρόπους να πληρώσουν τους λογαριασμούς τους .

Ανακαλύπτοντας έσοδα \$ 1.63M. Ολοκληρώθηκε ένας Έλεγχος Διασφάλισης Εσόδων για την πόλη της Torrance, αφού πήγε στην πηγή των δεδομένων για να συγκρίνει τα φυσικά περιουσιακά στοιχεία με τα λογικά περιουσιακά στοιχεία. Μέσω μη ευσταθών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των ελλειπόντων λογαριασμών ή / και υπηρεσιών, εσφαλμένων κωδικών λογαριασμών και ακόμη και λανθασμένων μετρήσεων, η πόλη της Torrance κατάφερε να ανακτήσει 1,63 εκατομμύρια δολάρια σε έσοδα που χάθηκαν απλά στα δεδομένα.

Μόλις ολοκληρώθηκε αυτός ο Έλεγχος Διασφάλισης Εσόδων, από το FATHOM σε 90 ημέρες χωρίς πρόσθετη υποστήριξη IT ή συντήρηση που παράγει άμεσα αποτελέσματα και μέσα σε 4 έτη, οι αυξήσεις εσόδων υπερέβησαν τις αυξήσεις των επιτοκίων κατά 5,73 εκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2013, ενώ η κατά κεφαλή κατανάλωση νερού μειώθηκε κατά 3,8% μέσω της αυξημένης δέσμευσης με τους πελάτες. Επιπλέον, το χρέος έχει μειωθεί σημαντικά.

Στην Εικόνα 13 βλέπουμε ότι πρόκειται για μια συνεργασία των δυο εταιριών που από το 2011 μέχρι το 2013, χρησιμοποιήθηκαν από τη Fathom, 3 από τα «εργαλεία» που έχει στη διάθεσή της για την υλοποίηση παρόμοιων έργων, μετρήθηκαν πάνω από 35000 λογαριασμοί σε πληθυσμό 147.487, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του 2013.



Εικόνα 13: Αποτελέσματα Fathom- 2013

Ολοκληρώνοντας με τη Swan, ακολουθεί πίνακας στον οποίο βρίσκονται συγκεντρωμένες οι 4 εφαρμοσμένες περιπτώσεις έξυπνου νερού που αναφέρθηκαν προηγουμένως:

Country	Who?	Challenges?	Solution	Results
Loudoun County, USA	SENSUS	Create more efficient water resource management	Deploy Sensus AMI	Empower customers to make smarter water usage decisions
Jefferson County, Alabama	Eastech Flow Controls	Micro Detecting I&I After a Single Rain Event	iTracking® low cost	Evaluate quickly and cost-efficiently 22 n
Halifax, Nova Scotia	osisoft LLC	Non-interoperable systems and fractured information sharing. Rising water costs made system leaks vastly more expensive. E5Operators and planners often relied on estimates, rather than real data, to do their jobs	PI System integrates data from multiple systems. Real-time monitoring and alerts help quickly identify water leaks. Visualization tools and web parts provide role-specific data views for engineers, operators and customers.	Water leakage was reduced by 40 million litres per day, saving C\$600,000 annually. Faster, more accurate, reporting to regulators. Planners can use real, historical, data to better predict future water needs.
Torrance, CA	GWFATHOM	Increased Revenue. Decreased Costs. Delighted Customers	Metering Technology AMI / AMR // FATHOM utility	revenue increases, water consumption has been reduced, bad debt has been significantly reduced

Εικόνα 14: Συγκεντρωτικός πίνακας όλων των περιπτώσεων που μελετήθηκαν

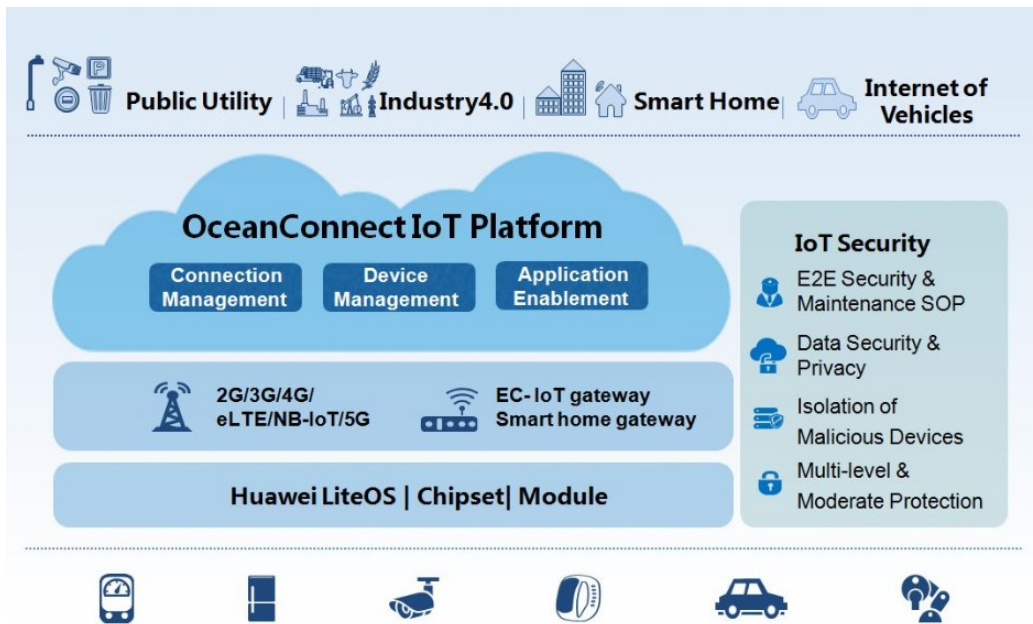
1.3.2.2 Huawei

Η Huawei προσφέρει ένα ευρύ φάσμα λύσεων IoT για βιομηχανίες και απλούς χρήστες, συμπεριλαμβανομένου ενός λειτουργικού συστήματος ανοιχτού κώδικα, το Huawei LiteOS, δίκτυα eLTE / NB-IoT / 5G, πύλες EC-IoT και έξυπνες οικιακές πύλες, πλατφόρμα διαχείρισης και υπηρεσίες ενοποίησης δικτύων IoT. Σύμφωνα με την εικόνα 15, εστιάζει στην οικοδόμηση ενός ισχυρού οικοσυστήματος IoT και στη συνεργασία με άλλους συνεργάτες της για να ενσωματώσει τις λύσεις IoT στις βιομηχανίες και να επιταχύνει την εμπορευματοποίηση της βιομηχανίας IoT.

Από την πλευρά της συσκευής, το Huawei LiteOS βοηθά στην επίτευξη της νοημοσύνης συσκευών IoT. Με το λειτουργικό σύστημα IoT ανοιχτού κώδικα και την έξυπνη πλατφόρμα ανάπτυξης υλικού, η Huawei LiteOS διαθέτει ισχυρή δυνατότητα διασύνδεσης. Απλοποιεί την ανάπτυξη και τη διασύνδεση συσκευών IoT, παρέχει εξαιρετική εμπειρία στο χρήστη και παρέχει καλύτερα προστατευμένα δεδομένα. Αυτό κάνει την Huawei LiteOS τέλεια εφαρμογή για έξυπνα σπίτια, φορητές συσκευές, το Διαδίκτυο των οχημάτων (IoV) και την κατασκευή.

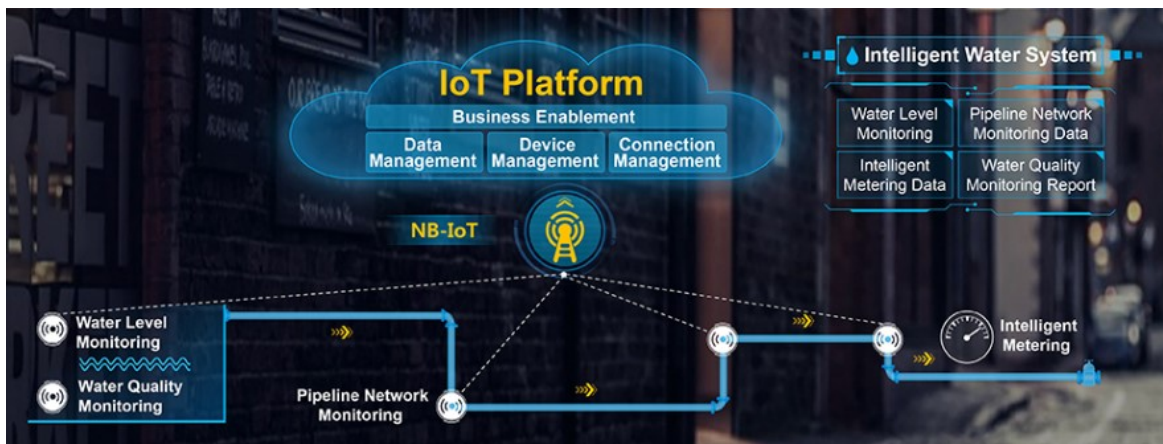
Η λύση IoT της Huawei υποστηρίζει τόσο σταθερούς όσο και ασύρματους τρόπους πρόσβασης, οι οποίοι βοηθούν στην ανάπτυξη δικτύου, καλύπτουν τις απαιτήσεις IoT και προσαρμόζονται σε διάφορα σενάρια εφαρμογών. Η δημιουργία τρόπων πολλαπλής πρόσβασης βοηθά στην εκπλήρωση διαφορετικών απαιτήσεων για διάφορα σενάρια.

Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες IoT, cloud computing και Big Data, η ανοιχτή πλατφόρμα διαχείρισης της σύνδεσης της Huawei παρέχει ασφαλή κεντρική πρόσβαση στο δίκτυο, υποστηρίζει μια ποικιλία συσκευών και διαχειρίζεται τη συλλογή και την ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων. Αυτές οι βελτιωμένες λειτουργίες επιτρέπουν στους πελάτες να δημιουργούν νέα αξία από τις συνδέσεις IoT. Στην Εικόνα 15 αποτυπώνεται συγκεντρωτικά η δραστηριότητα της εταιρίας.



Εικόνα 15: Δραστηριότητα της Huawei

- Η δραστηριότητα της Huawei στην Ασία - NB-IoT



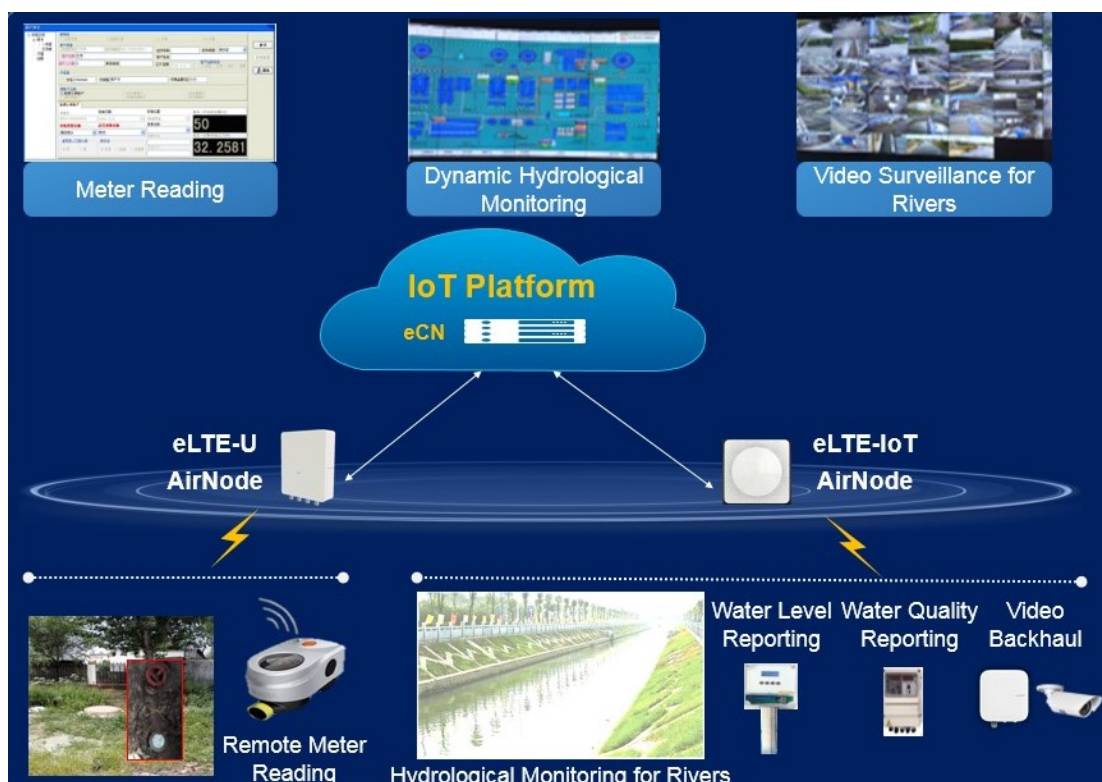
Εικόνα 16: Huawei- Λύση έξυπνου νερού NB-IoT

Στην Εικόνα 16 περιγράφεται η λύση που δίνεται για την ανάγνωση έξυπνων μετρητών νερού βασισμένο σε NB-IoT στην Ασία. Στο Shenzhen της Ασίας, με σύμπραξη 4 εταιριών που δραστηριοποιούνται στο χώρο του IoT (Shenzhen Water, China Telecom, Ningbo Water Meter, Huawei) στήθηκε το πρώτο εμπορικό πρόγραμμα ανάγνωσης ευφυών μετρητών βασισμένο σε NB-IoT. Από τον Οκτώβριο του 2017 αναπτύχθηκαν 50.000 υδρομετρητές και αναμένεται να αναπτυχθούν 500.000 μετρητές νερού μέχρι το τέλος του 2020.

Το έξυπνο νερό στο Yingtian: Μέχρι τον Οκτώβριο του 2017, η Huawei, μαζί με το Water Meter της Sanchuan, είχαν ήδη εκδώσει 20.000 έξυπνους μετρητές νερού NB-IoT και πέτυχαν ένα online ποσοστό 99,2%, ενώ κατάφεραν να αναπτύξουν 100.000 μετρητές νερού το 2018.

Το έξυπνο νερό στο Fuzhou: Η Huawei και η Prajna IoT Tech Co., Ltd. ανέπτυξαν 100.000 μετρητές νερού στο Fuzhou μέχρι το 2017 και 300.000 μέχρι το 2018.

- Η δραστηριότητα της Huawei στην Ασία -eLTE



Εικόνα 17: Huawei- Λύση έξυπνου νερού eLTE

Η Huawei δημιούργησε στην Ασιατική ήπειρο και μάλιστα στην περιοχή Gaoqing, ένα ιδιόκτητο δίκτυο ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (LTE) με ευρυζωνική σύνδεση LTE και ένα μητροπολιτικό ιδιωτικό δίκτυο IoT που ενσωματώνει υπηρεσίες IoT, φωνής, βίντεο και εντοπισμού θέσης. Το σύστημα όπως περιγράφεται στην Εικόνα 17, επιτρέπει σε πολλές εφαρμογές έξυπνων πόλεων να παρέχουν πιο ολοκληρωμένη αστική διαχείριση. Το IoT έχει εφαρμογές στη δημόσια ασφάλεια, τις μεταφορές, την αστική διαχείριση, τις υπηρεσίες ύδρευσης, την προστασία του περιβάλλοντος, την παρακολούθηση της ασφάλειας, την υγειονομική περίθαλψη, τη γεωργία και διάφορες άλλες δημοτικές υπηρεσίες.

Κεφάλαιο 2 : Επισκόπηση της αγοράς έξυπνης μέτρησης στην ΕΕ και Ρύθμιση

2.1 Εισαγωγή

Η ρύθμιση διαδραματίζει μείζονα ρόλο σε μια έξυπνη μέτρηση, αφού εξασφαλίζεται έτσι η συνολική αποτελεσματικότητα. Για το λόγο αυτό πρέπει να προσαρμοστεί προσεκτικά στα σχέδια ανάπτυξης έξυπνων μετρητών, για να δημιουργηθούν επαρκή κίνητρα για τα μέρη της αγοράς να επενδύσουν και να χρησιμοποιήσουν έξυπνη μέτρηση.

2.2 Ο ρόλος της Ρύθμισης

Το κανονιστικό πλαίσιο πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα, προκειμένου να ενθαρρυνθεί η έξυπνη μέτρηση. Ωστόσο, ο ρόλος της ρύθμισης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη στρατηγική ανάπτυξης των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας κάθε χώρας. Αυτό που παρατηρείται όμως, είναι πως η μέτρηση δεν απελευθερώνεται στα περισσότερα κράτη μέλη της ΕΕ (Ευρωπαϊκή Ένωση) και τις χώρες ERRRA (Energy Regulation Regional Association) και ως εκ τούτου ο ρυθμιστής θα πρέπει να έχει άμεσο έλεγχο.

Η διασφάλιση της διαθεσιμότητας, η αειφόρος διαχείριση των υδάτων και η εξυγίανση για όλους εξαρτάται από τη συλλογική δράση των αλληλεξαρτώμενων ενδιαφερομένων μερών, που διαδραματίζουν τον ρόλο τους αποτελεσματικά. Σε ρύθμιση δεν υπόκεινται μόνο οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, αλλά και κάθε κυβέρνηση που τις εποπτεύει. Για το λόγο αυτό, υπάρχουν οι ρυθμιστικές αρχές, για να μπορούν να έχουν θετικό και καταλυτικό αντίκτυπο στην παροχή υπηρεσιών ύδρευσης. Πρόκειται για οργανισμούς ή επιτροπές, όπως η Επιτροπή Εθνικής Υποδομής, που συντάσσονται για να υποβάλλουν συστάσεις προς τις κυβερνήσεις σχετικά με τις μακροπρόθεσμες ανάγκες υποδομής της εκάστοτε χώρας.

Η ατζέντα για την πολιτική για τα ύδατα και το ρυθμιστικό πλαίσιο περιλαμβάνει όλους τους τομείς εργασίας, όπως η οικονομία, η υγεία, το περιβάλλον και η ποιότητα των υπηρεσιών, συνδέοντας τις ρυθμιστικές αρχές και τους επαγγελματίες, ώστε να ενημερώσουν και να εφαρμόσουν ένα ευνοϊκό περιβάλλον που καθιστά δυνατό το όραμα για το νερό.

Χαρακτηριστικά, η Επιτροπή Εθνικής Υποδομής του Ηνωμένου Βασιλείου, τον Απρίλιο εξέδωσε μια έκθεση στην οποία συνέστησε η Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs) να υποχρεώσει σε όλες τις εταιρείες - συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται εκτός των υδρολογικών περιοχών - την υποχρεωτική μέτρηση μέχρι τη δεκαετία του 2030. Επίσης, συνέστησε σε όλες τις εταιρείες νερού να αναγκαστούν να εξετάσουν τη συστηματική ανάπτυξη των έξυπνων μετρητών. Επίσης, η έκθεση της επιτροπής εθνικής υποδομής παραπέμπει σε έρευνα που δείχνει ότι ακόμα και οι τυποποιημένοι μετρητές μειώνουν τη μέση κατανάλωση κατά 15%, που αυξάνεται σε 17% για έξυπνους μετρητές και πως οι δοκιμές έχουν αποδείξει ιδιαίτερα ισχυρά πλεονεκτήματα σε κάθε περίπτωση όπου ο

πελάτης ασχολείται ενεργά με τα δεδομένα του μετρητή . Αυτό συνέβη κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο γιατί το νερό σε αυτές τις χώρες έχει ιδιωτικοποιηθεί και πρέπει να υπόκειται σε έλεγχο.

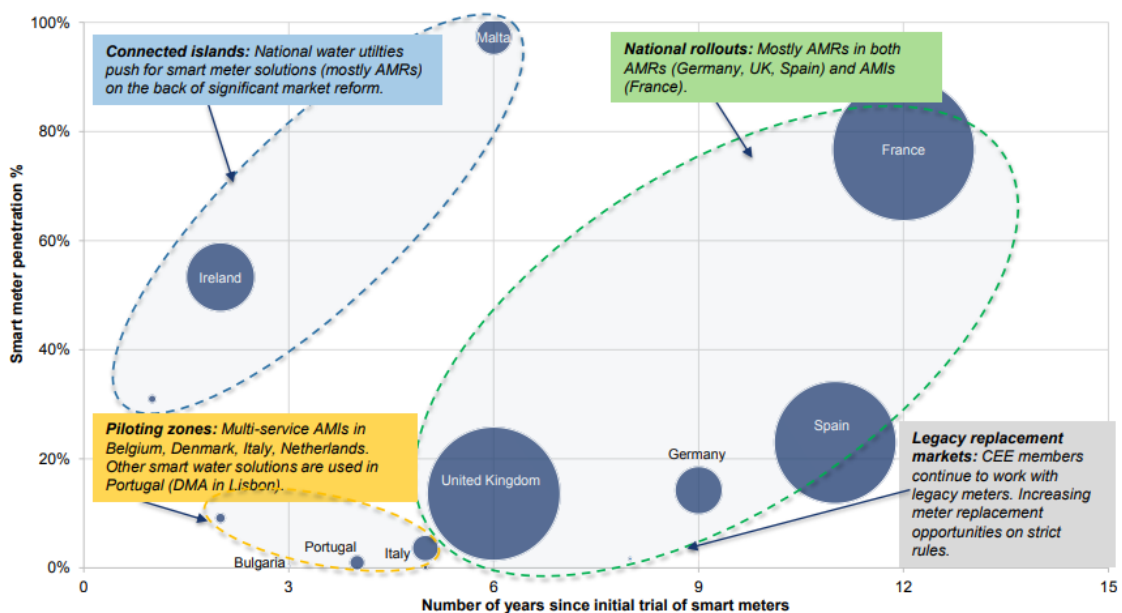
Άλλοι αντίστοιχοι οργανισμοί και επιτροπές είναι:

- Η Ofwat η οποία αποτελεί τον ρυθμιστή για το νερό στην Αγγλία και την Ουαλία.
- Η ERRA (Energy Regulation Regional Association) που είναι ένας εθελοντικός οργανισμός, αποτελούμενος από ανεξάρτητους φορείς ρύθμισης της ενέργειας κυρίως από την Ευρώπη, την Ασία, την Αφρική, τη Μέση Ανατολή, τη Νότια και τη Βόρεια Αμερική.
- Το Κέντρο για την Ρύθμιση στην Ευρώπη (CERRE) προωθεί μια ισχυρή και συνεπή ρύθμιση στις βιομηχανίες δικτύου της Ευρώπης. Τα μέλη του CERRE είναι ρυθμιστικές αρχές και φορείς εκμετάλλευσης σε αυτές τις βιομηχανίες καθώς και σε πανεπιστήμια. Οι δραστηριότητες του CERRE περιλαμβάνουν τη συμβολή στην ανάπτυξη προτύπων και συστάσεων πολιτικής σχετικά με τη ρύθμιση των υπηρεσιών τους παρόχους υπηρεσιών, την εξειδίκευση των κανόνων της αγοράς και τη βελτίωση της διαχείρισης της υποδομής σε μια μεταβαλλόμενη πολιτική, οικονομική, τεχνολογικό και κοινωνικό περιβάλλον. Το έργο του CERRE αποσκοπεί επίσης στη διευκρίνιση των αντίστοιχων ρόλων του τους φορείς της αγοράς, τις κυβερνήσεις και τις ρυθμιστικές αρχές, καθώς και στην ενίσχυση της εμπειρογνώμοσύνης των τελευταίων, δεδομένου ότι σε πολλά κράτη μέλη οι ρυθμιστικές αρχές αποτελούν μέρος ενός σχετικά πρόσφατου επαγγέλματος .
- Η IWA (International Water Association) φιλοξενεί το Διεθνές Φόρουμ Ρυθμιστικών Υδάτων που καλωσορίζει ρυθμιστικές αρχές και αξιωματούχους με ρυθμιστικές και εποπτικές αρμοδιότητες στις υπηρεσίες διαχείρισης υδάτων, αποχέτευσης και διαχείρισης λυμάτων, υποστηρίζοντας τον όλο και σημαντικότερο ρόλο τους στην επίτευξη παγκόσμιας βιώσιμης ανάπτυξης. Μέχρι στιγμής, το φόρουμ συγκλήθηκε με επιτυχία στη Λισαβόνα 2014 (Χάρτης της Λισαβόνας), Λονδίνο 2015, Μπρίσμπεϊν 2016 και Μπουένος Άιρες το 2017 - φτάνοντας σε 120 ρυθμιστικούς φορείς από περισσότερες από 90 χώρες σε όλες τις ηπείρους.

2.3 Οι αγορές νερού και η ρύθμιση

Ο διαχωρισμός στις στρατηγικές ανάπτυξης των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας για το νερό έγινε σε τρεις μεγάλες ομάδες:

- Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία, Ηνωμένο Βασίλειο
- Εσθονία, Ιρλανδία, Μάλτα
- Βέλγιο, Δανία, Ιταλία, Ολλανδία



Εικόνα 18: Γενική εικόνα της θέσης κάθε χώρας βάσει του αριθμού των χρόνων που έχουν στραφεί στην έξυπνη μέτρηση

Οι χώρες αυτές σύμφωνα με την εικόνα 18, βλέπουμε πως κατανέμονται σε ομάδες, βάσει της διεξόδου των έξυπνων μετρητών στη χώρα και το βαθμό της «ωρίμανσης» τους στην έξυπνη μέτρηση. Δηλαδή στο κατά πόσο επί τοις εκατό κάθε χώρα χρησιμοποιεί συστήματα έξυπνης μέτρησης και επί πόσα χρόνια. Σ' αυτές τις ομάδες, κάποιες χώρες χρησιμοποιούν έξυπνα συστήματα μέτρησης της κατανάλωσης του νερού, όπως η Γερμανία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο που χρησιμοποιούν τα συστήματα AMR, η Γαλλία που χρησιμοποιεί το σύστημα AMI, το Βέλγιο, η Δανία, η Ιταλία και η Ολλανδία που χρησιμοποιούν multi-service AMI συστήματα. Εκτενής αναφορά για το ποια είναι αυτά τα συστήματα και το τι διαφορές έχουν μεταξύ τους, γίνεται στο Κεφάλαιο 4. Υπάρχουν όμως κι άλλες χώρες που χρησιμοποιούν άλλες έξυπνες λύσεις μέτρησης κατανάλωσης νερού, όπως η Λισσαβόνα, ενώ χώρες όπως η Εσθονία, η Ιρλανδία και η Μάλτα χρησιμοποιούν κυρίως AMR στην προσπάθεια υποχρεωτικής αλλαγής από τους παραδοσιακούς μετρητές, στους έξυπνους.

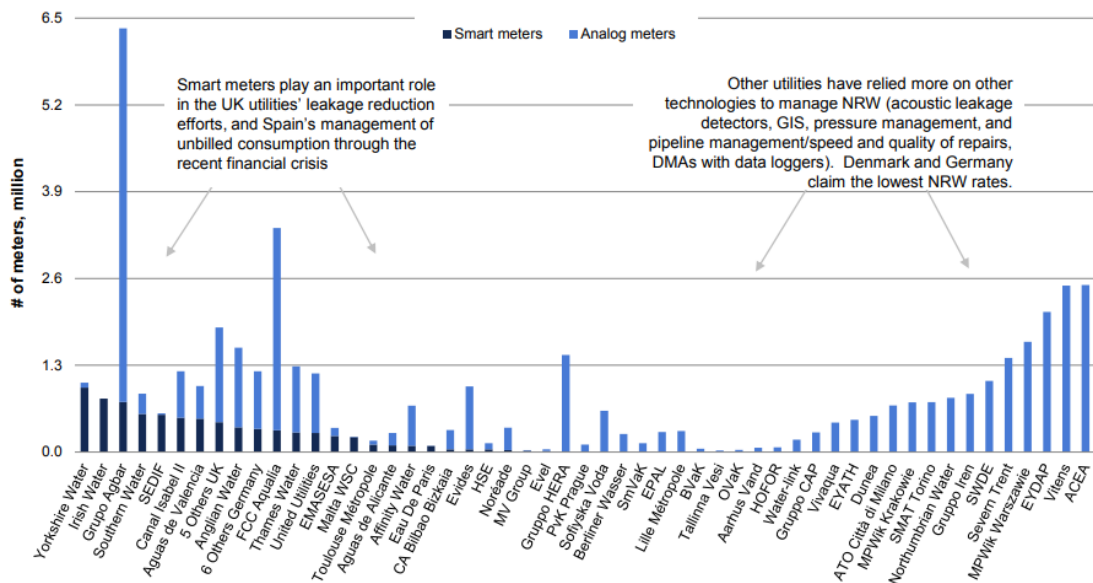
Οι κανονισμοί της ΕΕ για την έξυπνη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου ανοίγουν το δρόμο για να συμπεριληφθούν οι εθνικές πολιτικές λύσεις έξυπνου μετρητή νερού. Παραδείγματος χάρι, στο Λουξεμβούργο ο νόμος του Ιουνίου 2015 για την τροποποίηση του νόμου του Ιουλίου 2012 και του Αυγούστου 2007, καθιστά υποχρεωτική την αντικατάσταση όλων των παραδοσιακών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας και αερίου με έξυπνους μετρητές που θα επικοινωνούν με ένα εθνικό κεντρικό σύστημα. Το σύστημα θα είναι ανοιχτό για άλλα δεδομένα μέτρησης, συμπεριλαμβανομένου του νερού και της τηλεθέρμανσης. Υπήρχαν όμως και αλλαγές στη νομοθεσία για τη μέτρηση νερού όπως φαίνεται στην Εικόνα 19, όπου θα πρέπει να γίνονται πολιτικές αντικατάστασης μετρητών σε διάφορες χώρες: Κάθε 3-6 χρόνια στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και 10-15 χρόνια στη Δυτική Ευρώπη. Ωστόσο, νομοθεσία για την έξυπνη μέτρηση νερού ακόμα δεν υπάρχει.

Regulatory aspect	Country	Effective Year	Regulatory development details
Smart Metering for electricity & gas, with water to be included	EU	2009	On the back of EU Directive 2009/72/EC for electricity and 2009/73/EC for gas, the EU aims to replace at least 80% of electricity meters with smart by 2020. An initiative also carried out in 2009 to develop standardization of smart meters (M/441 and European OPEN meter project). Also considers gas, but water is not mandatory.
	United Kingdom	2010	GBP12 billion (US\$18.5 billion) Smart Metering Implementation Programme for gas and electricity. Smart grid, with smart metering functionality for the gas and electricity sector, will have the ability to enable new services, including water metering and home energy management.
	Italy	2013-2014	Under Resolution 393/2013/R/gas and Resolution 334/2014/r/gas, the regulator AEEGSI selected nine cities and smaller towns for the multi-service smart metering pilot projects partly funded by €0.1 per year gas consumer.
	Denmark	2014	The Danish Energy Agency stated that all electricity meters should be remotely read by 2020, resulting in several multi-utility companies piloting cross-sector smart grid development.
	Netherlands	2015	Energylink rolled out nationally, with interconnection of water meters in preparation.
	Luxembourg	2015	Law of June 2015 modifying law of July 2012 and August 2007 makes it mandatory to replace all legacy electricity and gas meters with smart meters that will be read by one national central system. The system will be open for other metering data including water and district heat.
Specific water meter	Spain	2006	Technical Building Code (Código Técnico de Edificación) made it mandatory across the country for new buildings and households each have their own water meters.
	Italy	2016	Delibera 218/2016/R/ldr defines the responsibilities of the water utilities for the installation of meters, maintenance and meter verification, as well as meter reading (including self-reading) and bill validation.
	Various countries	Multiple	Meter replacement policies in various countries: Every 3-6 years in Central & Eastern Europe and 10-15 years in Wester Europe
NRW reduction	United Kingdom	Multiple	The water regulator Ofwat requires annual leakage KPI (measured in ml/d) and sets leakage targets for AMP periods.
	France	2010	Cap NRW rate at 15% in urban areas.
	Bulgaria,Croatia	2014	National 2014-2023 Strategic Water Plans aim to reduce NRW rate to 49% in Bulgaria and to 15-20% in Croatia by 2023.

Εικόνα 19: Ανάπτυξη ρυθμιστικών πολιτικών

Οι τοπικές προσεγγίσεις που βασίζονται στην αγορά για τη μείωση των διαρροών και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας οδηγούν σε μια σειρά από ποσοστά διείσδυσης για έξυπνους μετρητές μεταξύ 63 επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας.

Στην Εικόνα 20 βλέπουμε γραφικά πως από το 2015 ο ρυθμός ανάπτυξης των έξυπνων μετρητών του νερού είχε ήδη αυξηθεί. Άλλωστε η έξυπνη μέτρηση έπαιξε σημαντικό ρόλο πρώτον στη μείωση των διαρροών για τις ιδιωτικές επιχειρήσεις του νερού του Ηνωμένου Βασιλείου και δεύτερον στην διαχείριση της μη τιμολογημένης κατανάλωσης της Ισπανίας την περίοδο της οικονομικής κρίσης.



Εικόνα 20: Εγκατάσταση μετρητών νερού από εταιρίες κοινής ωφέλειας, 2015

Όπως οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας ποικίλουν με βάση των αριθμό τους, έτσι ποικίλουν και οι προμηθευτές των έξυπνων μετρητών αποτελώντας έναν ακόμα παίκτη της αγοράς του νερού. Οι προμηθευτές έξυπνων μετρητών νερού συναγωνίζονται σε όλη την Ευρώπη, ωστόσο έχουν αναπτυχθεί τοπικά.

- Το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ισπανία και η Γαλλία φιλοξενούν τις πιο ανταγωνιστικές αγορές όσον αφορά τους μεγαλύτερους προμηθευτές με σημαντικό μερίδιο αγοράς
- Η τοπική επιρροή των προμηθευτών επικεντρώνεται στις τοπικές θυγατρικές και εξαγορές και στις εγκαταστάσεις παραγωγής.

Οι συγκεκριμένες προσεγγίσεις των προμηθευτών έχουν εξελιχθεί με βάση τις θέσεις των χωρών:

- Η Kamstrup κυριαρχεί περισσότερο στην σκανδιναβική έξυπνη αγορά νερού, διασφαλίζοντας τις πρόσφατους διαγωνισμούς στη Νορβηγία, την Εσθονία και τη Δανία.
- Η αγορά της Contazara στην Ισπανία από τον Όμιλο της Arad τον καθιστά δυνατό μέλος της αγοράς της Ιβηρικής, κερδίζοντας τρεις διαγωνισμούς το 2015.
- Οι εγκαταστάσεις παραγωγής της Itron στη Βόρεια Γερμανία και τη Βόρεια Ιταλία παρέχουν πρόσβαση στη Δυτική Ευρώπη.
- Οι δύο εγκαταστάσεις του Ηνωμένου Βασιλείου της Elster συμβάλλουν στη διασφάλιση πρόσφατων διαγωνισμών προμήθειας με κοινοπραξίες κοινής ωφέλειας.
- Η στρατηγική συνεργασία της Sensus και SmartReach παρέχει πρόσβαση στο Thames Water και ενδεχομένως στη Σκωτία.
- Πολιτική αβεβαιότητα σχετικά με τη χρέωση βάσει κατανάλωσης στην Ιρλανδία καθυστέρησε την Diehl Metering, η οποία πληρούσε μια σημαντική σειρά μετρητών.
- Μικρότεροι περιφερειακοί παίκτες όπως οι Apator και Bmeters βρίσκονται υπό αυξανόμενο ανταγωνισμό στις οριακές και ανερχόμενες αγορές της Ανατολικής και της Νοτιοανατολικής Ευρώπης.



Εικόνα 21: Γεωγραφικό αποτύπωμα των προμηθευτών των μετρητών

2.4 Μελέτη της επιχείρησης κοινής ωφέλειας Affinity Water – Ηνωμένο Βασίλειο

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η μελέτη των εταιρειών του Ηνωμένου Βασιλείου μιας και λόγω της ιδιωτικοποίησης του νερού, μετράει ήδη 27 επιχειρήσεις παροχής νερού, ενώ παράλληλα ελέγχεται από 10 ρυθμιστικές αρχές:

- Drinking Water Inspectorate
- Environment Agency
- Health & Safety Executive
- Natural Resources Wales
- Competition Markets Authority
- Other economic regulators
- Ofwat
- UK regulators network (UKRN)
- UK competition network (UKCN)
- Water Industry Commission for Scotland (WICS)

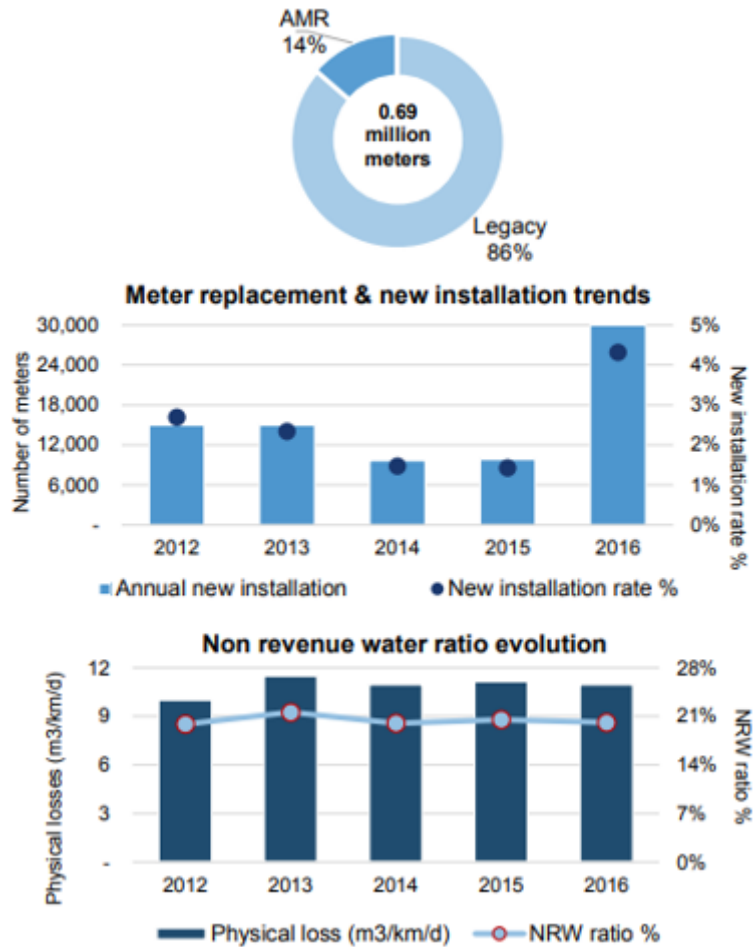
Την προσέγγιση στην αγορά του Ηνωμένου Βασιλείου θα κάνουμε επιλέγοντας τυχαία την υπηρεσία Affinity Water.

Η «Affinity Water Services» είναι μια ιδιωτική εταιρεία περιορισμένης ευθύνης που αποκτήθηκε το 2012 από την Veolia από ένα επενδυτικό ταμείο. Η Affinity Water είναι η 8η μεγαλύτερη ιδιωτική υπηρεσία ύδρευσης από τον πληθυσμό που εξυπηρετείται, στη Βρετανία. Υπό τον έλεγχο της εθνικής ρυθμιστικής αρχής Ofwat, σχεδιάζει επενδύσεις στα πενταετή επενδυτικά προγράμματα. Παραδείγματος χάρη, στην πρόσφατη ανασκόπηση της, η εταιρεία υποχρεούται να μειώσει τους λογαριασμούς κατά 5,5%.

Location:	Hertfordshire, UK
Water revenues:	US\$456 million
Population served:	3.6 million
Number of water connections:	1.4 million
Drinking volume introduced into network:	328.4 million m ³
Meter penetration:	50% (over 90% in southeast alone)
N°. of smart meters:	30,000 AMRs

Εικόνα 22: Γενική Εικόνα της Υπηρεσίας Affinity Waters

Έπειτα απ' αυτή την ανασκόπηση, η Affinity Water δεσμεύτηκε για εξοικονόμηση νερού, μέσω μέτρησης και ενός προγράμματος απόδοσης νερού, με την υποχρέωση το 60% της νέας επένδυσης, να διατεθεί στο πρόγραμμα μέτρησης. Στην Εικόνα 23 παρίσταται γραφικά η εξέλιξη της επιχείρησης Affinity Water που από το 2012 ξεκίνησε η δράση της και μέσα σε 4 χρόνια κατάφερε σχεδόν να τριπλασιάσει την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών νερού. Με την τοποθέτησή τους, η ετήσια κατανάλωση νερού που χάνεται και δε χρεώνεται έχει μειωθεί αισθητά, αφού τα ποσοστά των απωλειών νερού παραμένουν σταθερά χαμηλά της τάξης του 20%, λόγω της ύπαρξης των μετρητών.



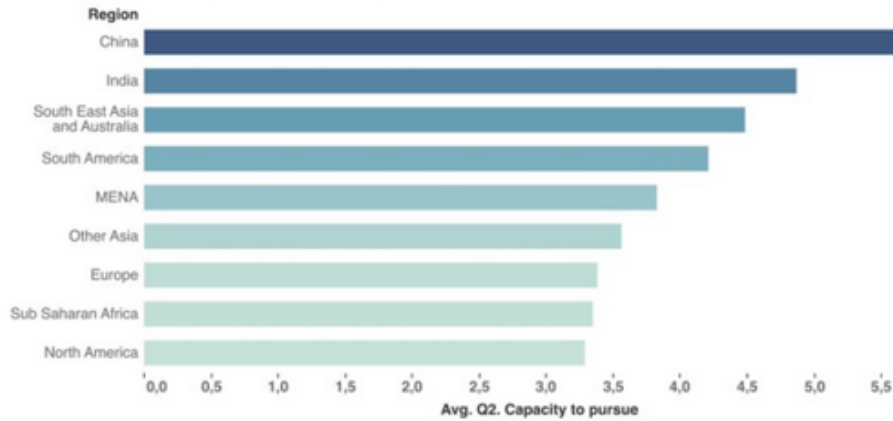
Εικόνα 23: Ανάλυση Μετρητών, Μάρτιος 2016

Καταλήγοντας, βλέπουμε πως στο Ηνωμένο Βασίλειο η ρύθμιση για το νερό υπάρχει και αφορά όλες τις ιδιωτικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Όπως ήδη ειπώθηκε, ρυθμιστές όπως η Ofwat αποτελούν τη ρυθμιστική αρχή στον τομέα του νερού για την Αγγλία και την Ουαλία και ασχολούνται πάνω στον τομέα της ρύθμισης με πεπειραμένες υπηρεσίες πελατών, με αποτελέσματα παρακολούθησης της οικονομικής αντοχής, την ποιότητα των πληροφοριών, την ετήσια έκθεση απόδοσης, την ιστορική απόδοση, με λογαριασμούς και συστήματα χρέωσης, πληροφορίες και διασφάλιση, διοίκηση συμβουλίου, συμμόρφωση με το δίκαιο ανταγωνισμού και τέλος με κωδικούς εμπορίου και προμηθειών.

2.5 Η θέση της Αμερικής για τη ρύθμιση

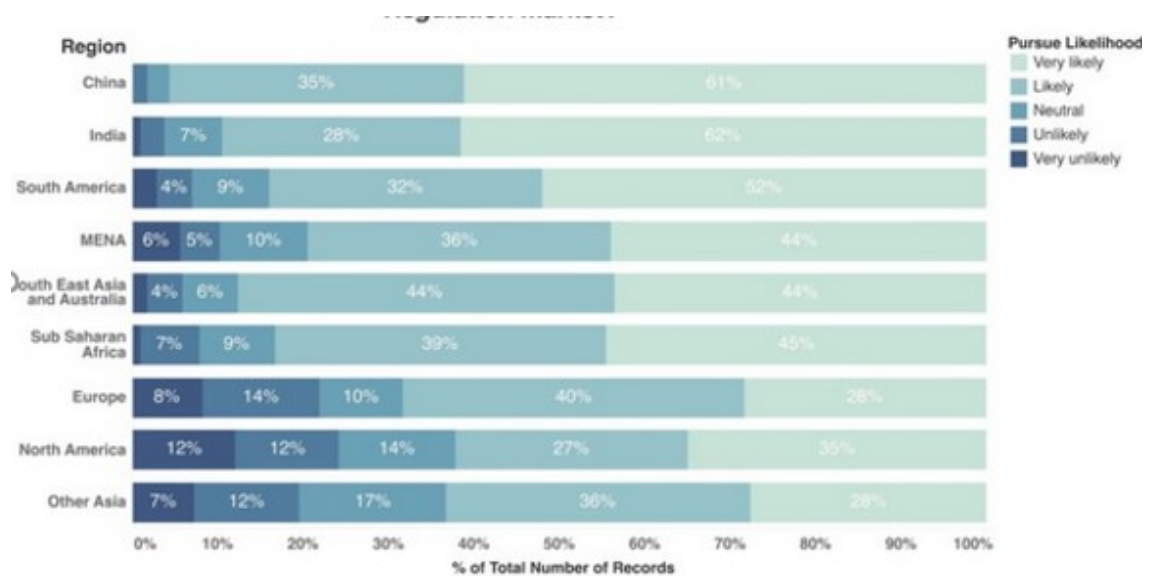
Στην Αμερική, αυτή η ευκαιρία αγοράς είναι πολύ θετική όσον αφορά τις επιπτώσεις στην κοινωνία. Αυτό δεν είναι απροσδόκητο, καθώς αυτή η περιοχή αγωνίζεται σήμερα με προβλήματα λειψυδρίας. Σε όλες τις περιοχές της Αμερικής, η ρύθμιση της έξυπνης μέτρησης του νερού αξιολογείται πολύ θετικά. Σύμφωνα με το γράφημα της εικόνας 24, όπου

προκύπτει πως Ευρώπη και Αμερική βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις του πίνακα με τη ρύθμιση του νερού να είναι σε ισχύ, πράγμα που σημαίνει πως άμεσα πρέπει να δοθεί λύση για αυτές τις περιοχές.



Εικόνα 24: Ικανότητα ανά χώρα για τη ρύθμιση της έξυπνης μέτρησης του νερού

Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι οι ερωτώμενοι σε μια έρευνα που έγινε, δεν βλέπουν τους ενδιαφερόμενους στην πολιτική ως τους πλέον υποστηρικτικούς. Οι φορείς της κοινωνίας των πολιτών αναμένεται να παράσχουν τη μεγαλύτερη υποστήριξη. Για όλες τις ομάδες, αυτή η ευκαιρία αγοράς αξιολογείται αισιόδοξα ως προς την ικανότητά της να επηρεάζει θετικά την κοινωνία. Συγκεκριμένα, στην ερώτηση που τέθηκε για το αν η εταιρία τους θα συνεχίσει να ασχολείται με την αγορά της ρύθμισης του έξυπνου νερού, αυτοί απάντησαν ως εξής σύμφωνα με την Εικόνα 25:



Εικόνα 25: Αποτελέσματα Ερωτηματολογίου

Κατά την αξιολόγηση, σχεδόν οι μισοί από τους ερωτηθέντες θεωρούν ότι η ρύθμιση θα ωριμάσει σε περισσότερο από 5 χρόνια. Αυτή η αγορά ερευνήθηκε παγκοσμίως το 2014 από περισσότερους από 5500 ηγέτες, τόσο από τον δημόσιο, όσο και από τον ιδιωτικό τομέα. Η έρευνα διεξήχθη σε συνεργασία με την ερευνητική εταιρεία YouGov. Τα αποτελέσματα της έρευνας δημοσιεύθηκαν αρχικά στην έκθεση παγκόσμιων ευκαιριών για το 2015. Όσον αφορά όμως τις ΗΠΑ, το μέγεθος της αγοράς σε δολάρια, μέχρι το 2021 υπολογίζεται ότι θα φτάσει τα 20 δις, με ρυθμό ανάπτυξης 18% από το 2016 έως το 2021.

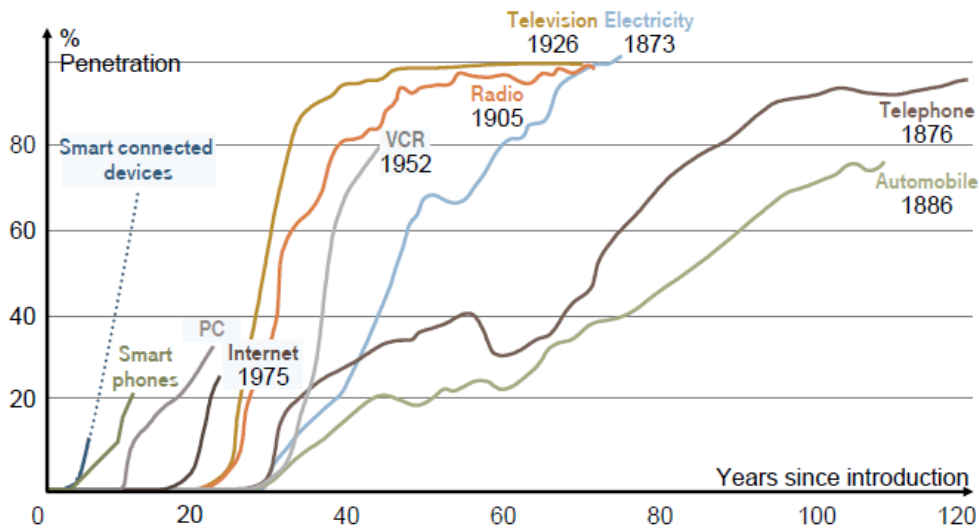
Κεφάλαιο 3: Τεχνολογίες Δικτύου LPWA

3.1 Εισαγωγή

Το Internet of Things (IoT), δηλαδή το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, είναι ένα σύνολο συσκευών, οχημάτων, οικιακών συσκευών και άλλων στα οποία είναι ενσωματωμένα ηλεκτρονικά, λογισμικό, αισθητήρες, σε συνδυασμό με δικτυακή συνδεσιμότητα η οποία επιτρέπει στα αντικείμενα να διασυνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα με εφαρμογές και πλατφόρμες. Κάθε αντικείμενο έχει μοναδική ταυτοποίηση και αλληλεπιδρά με την υφιστάμενη υποδομή του διαδικτύου. Το IoT επιτρέπει στα αντικείμενα να ελέγχονται εξ' αποστάσεως μέσω των υφιστάμενων δικτύων, κυρίως ασύρματων, δημιουργώντας δυνατότητες για μια πιο άμεση ολοκλήρωση του φυσικού κόσμου σε ψηφιακά συστήματα, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποδοτικότητας, της ακρίβειας και το οικονομικό όφελος, σε συνδυασμό με τη μείωση της ανθρώπινης επέμβασης.

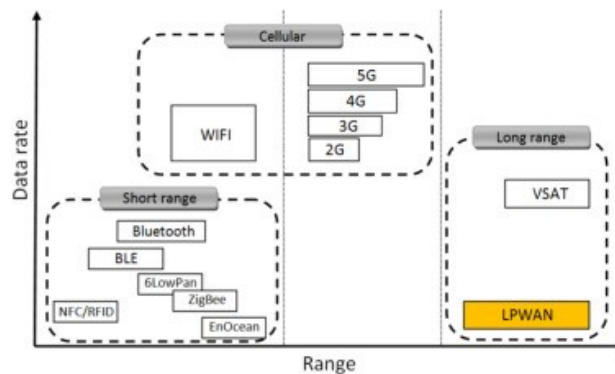
Ιστορικά, η σκέψη για ένα δίκτυο έξυπνων συσκευών ξεκίνησε το 1982, με μια τροποποιημένη μηχανή πώλησης αναψυκτικών στο Carnegie Mellon University, όντας η πρώτη συσκευή που διασυνδέθηκε στο διαδίκτυο. Μπορούσε να αναφέρει την ποσότητα των αναψυκτικών που διέθετε και τη θερμοκρασία τους.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 24, βρισκόμαστε ακόμα στην αρχή της χρήσης των έξυπνων συσκευών, σε σύγκριση με συσκευές όπως το τηλέφωνο που εφευρέθηκε και χρησιμοποιείται από το 1876 ή την τηλεόραση που χρονολογείται από το 1926.



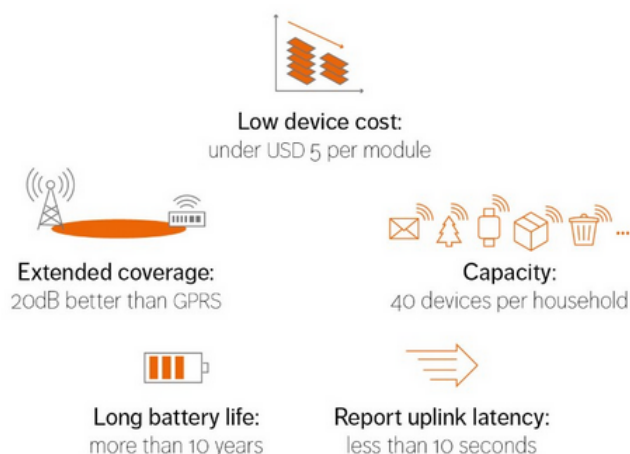
Εικόνα 26: Ανάπτυξη των έξυπνων συσκευών

Οι εφαρμογές του Διαδικτύου έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις, όπως μεγάλη απόσταση, συχνά χαμηλό ποσοστό δεδομένων, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και αποδοτικότητα κόστους. Μέχρι τώρα χρησιμοποιούνταν τεχνολογίες μικρής εμβέλειας (π.χ. ZigBee, Bluetooth) οι οποίες δεν είναι προσαρμοσμένες για σενάρια που απαιτούν μετάδοση μεγάλης εμβέλειας. Έτσι, λόγω των απαιτήσεων των εφαρμογών IoT οδηγηθήκαμε σε μια νέα τεχνολογία ασύρματων επικοινωνιών LPWAN (Low Power Wide Area Network). Οι φορείς εκμετάλλευσης κινητών δικτύων (Mobile Network Operators - MNOs) και όχι μόνο αυτές εφαρμόζουν αυτές τις τεχνολογίες, οι οποίες έχουν τυποποιηθεί από το 3GPP (3rd Generation Partnership Project) στην έκδοση 13, μέσω της τροποποίησης των κυψελοειδών τους δικτύων, προσφέροντας στην αγορά ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων. Το κύριο πλεονέκτημα των τυποποιημένων λύσεων LPWA 3GPP είναι ότι έχουν την υποστήριξη ενός τεράστιου οικοσυστήματος με περισσότερα από 400 μεμονωμένα μέλη. Το 3GPP ορίζει ότι οι τυποποιημένες τεχνολογίες παρέχουν ένα ελάχιστο επίπεδο απόδοσης, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή (vendor). Η τυποποίηση εξασφαλίζει επίσης τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των vendors και των MNOs.



Εικόνα 27: Εντοπισμός θέσης LPWAN

Το LPWAN παρέχει επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας έως 10-40 χλμ. σε αγροτικές ζώνες και 1-5 χλμ. σε αστικές περιοχές. Επιπλέον, είναι πολύ ενεργειακά αποδοτικό (δηλαδή 10+ χρόνια ζωής της μπαταρίας) και φθηνό. Εν ολίγοις, το LPWAN είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές IoT που χρειάζεται μόνο να μεταδίδουν μικρές ποσότητες δεδομένων σε μεγάλο εύρος. Συνεπώς, γίνεται ολοένα και πιο γνωστό λόγω των χαρακτηριστικών επικοινωνίας χαμηλής ισχύος, μεγάλης εμβέλειας και χαμηλού κόστους.



Εικόνα 28: Δυνατότητες IoT

Πολλές τεχνολογίες LPWAN είχαν προκύψει τόσο στο αδειοδοτημένο, όσο και στο μη αδειοδοτημένο εύρος ζώνης συχνοτήτων. Μεταξύ αυτών, **Sigfox**, **LoRa**, **NB-IoT**, Enhanced Coverage – GSM–IoT (**EC-GSM-IoT**), LTE Machine Type Communication Category M1 (**LTE MTC Cat M1**), και αποτελούν σήμερα τις κορυφαίες τεχνολογίες που παρόλα αυτά εμφανίζουν πολλές τεχνικές διαφορές.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης αδειοδοτημένου φάσματος είναι η αποτελεσματικότερη διαχείριση της μεταφοράς δεδομένων: καθώς το φάσμα δεν μοιράζεται με άλλους φορείς, υπάρχει μικρότερη παρεμβολή, καλύτερη αξιοπιστία και ποιότητα υπηρεσιών (QoS). Οι φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα για να προσφέρουν την υπηρεσία παγκοσμίως και να επιτυγχάνουν μεγαλύτερη κλίμακα.

Κατά την ανάπτυξη μιας υπηρεσίας IoT, είναι σημαντικό να εξετάσουμε ποια ζώνη συχνοτήτων ταιριάζει καλύτερα στην υπηρεσία, καθώς αυτό έχει σημαντικό αντίκτυπο στο μέγεθος της μονάδας συσκευής. Το μέγεθος της κεραίας είναι αντιστρόφως ανάλογο με τη χρησιμοποιούμενη συχνότητα: όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο μικρότερη είναι η κεραία και αντίστροφα. Εάν η συχνότητα μειωθεί, το μέγεθος της κεραίας αυξάνεται. Η χρήση ζωνών υψηλότερης συχνότητας θα επιτρέψει μικρότερες συσκευές, οι οποίες είναι σημαντικές για εφαρμογές IoT, όπου το μέγεθος είναι ένας σημαντικός παράγοντας, όπως τα wearables. Αντίθετα, οι χαμηλότερες συχνότητες παρέχουν καλύτερη κάλυψη και είναι πιο

κατάλληλες για εφαρμογές εκτεταμένης κάλυψης, όπου η κεραία και το μέγεθος της μονάδας δεν αποτελούν πρόβλημα. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει μια γενική εικόνα των απαιτήσεων:

TECHNOLOGY	SPECTRUM	REQUIRED BANDWIDTH	CONSIDERATIONS
Cat-1, Cat-0 and Cat-M1	Same as legacy LTE Between 450 MHz and 3.5 GHz	Standalone requires 1.4 MHz bandwidth	Licensed spectrum: already at the disposal of the operators if they support a LTE network. It allows dynamic multiplexing of the resources between LTE MTC and legacy LTE.
EC-GSM-IoT	Same as GSM. 850-900 MHz and 1800-1900 MHz bands	Same as GSM. 850-900 MHz and 1800-1900 MHz bands	Licensed spectrum: already at the disposal of the operators if they support a GSM network. When using 0.6 MHz, packet switched services (GPRS, EGPRS) are supported, since EC-GSM-IoT is intended for M2M/IoT traffic only. When supporting multiplexing with circuit switched voice services, the spectrum requirement is set by the circuit switched operation.
NB-IoT	Can be deployed in 2G/3G/4G spectrum (e.g. 450 MHz to 3.5GHz), Sub-2 GHz bands are preferred for NB-IoT applications requiring good coverage. Bands 1, 2, 3, 5, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 26, 28, 66 are prioritized in the Release 13 work item.	180 kHz for in-band and guard-band deployment, 200 kHz for standalone deployment	Licensed spectrum: already at the disposal of the operators if they support a 2G/3G/4G network.

Εικόνα 29: Μελέτη Φάσματος

Το 2015 έγινε η κατηγοριοποίηση των LPWAN εφαρμογών και προέκυψαν οι εξής 7 (Εικόνες 30, 31):

1. Αγροτικός τομέας και περιβάλλον
2. Καταναλωτής και υγεία
3. Βιομηχανία
4. Logistics
5. Έξυπνα κτίρια
6. Έξυπνες πόλεις
7. Εταιρίες κοινής ωφέλειας.

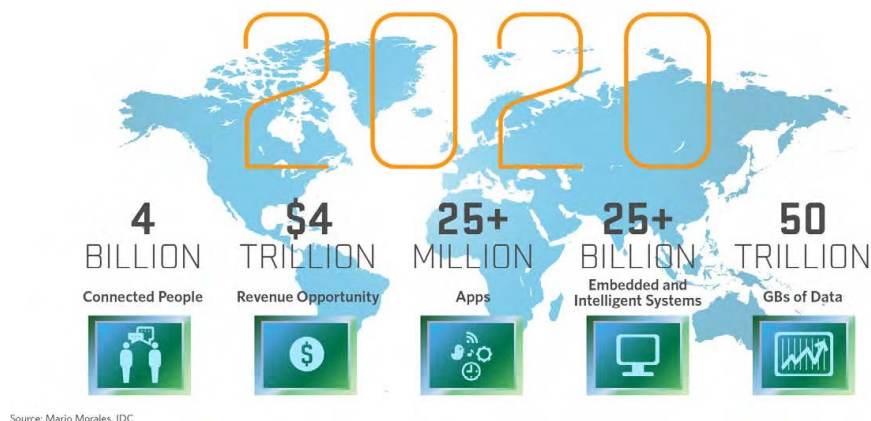


Εικόνα 30: Εφαρμογές LPWAN1



Εικόνα 31: Εφαρμογές LPWAN2

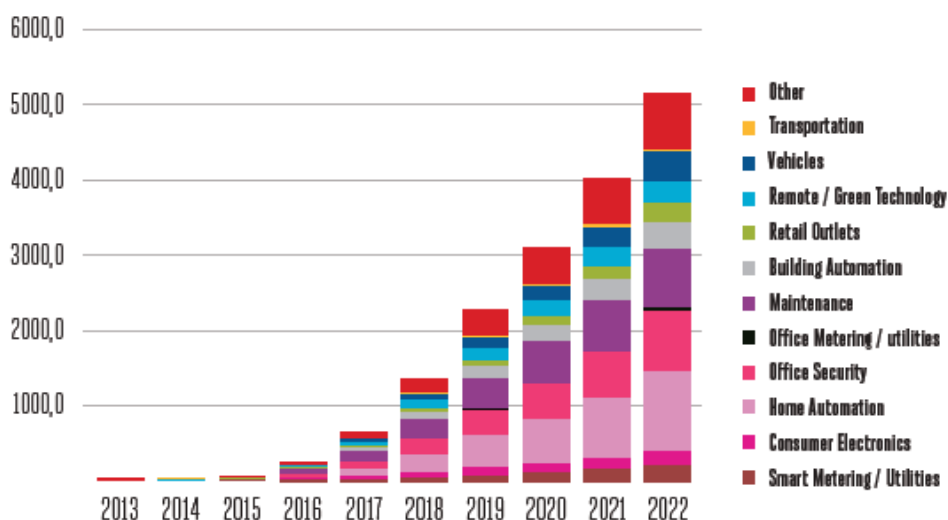
Στόχος του IoT είναι να προσφέρει οικονομικά αποδοτική συνδεσιμότητα με δισεκατομμύρια συσκευές IoT (40 συσκευές/νοικοκυριό είναι ο στόχος για το 2020 με τη χρήση των δικτύων πέμπτης γενιάς-5G), υποστηρίζοντας τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, τη χρήση συσκευών χαμηλού κόστους, την παροχή εξαιρετικής κάλυψης, το μεγάλο χρόνο ζωής της μπαταρίας, την ασφάλεια και τη μείωση των παρεμβολών λόγω χρήσης αδειοδοτημένου φάσματος.



Εικόνα 32: Στόχος IoT για το 2020

Οι αναλυτές αναμένουν ότι ο αριθμός των συνδέσεων LPWA θα αυξηθεί σταδιακά μέσα στα επόμενα χρόνια, καθώς οι τυποποιημένες τεχνολογίες LPWA εκμεταλλεύονται οικονομίες κλίμακας και αυτό αποδεικνύεται στην αγορά. Η Strategy Analytics, για παράδειγμα, προβλέπει ότι θα υπάρξουν περισσότερα από δύο δισεκατομμύρια μέχρι τα τέλη του 2019.

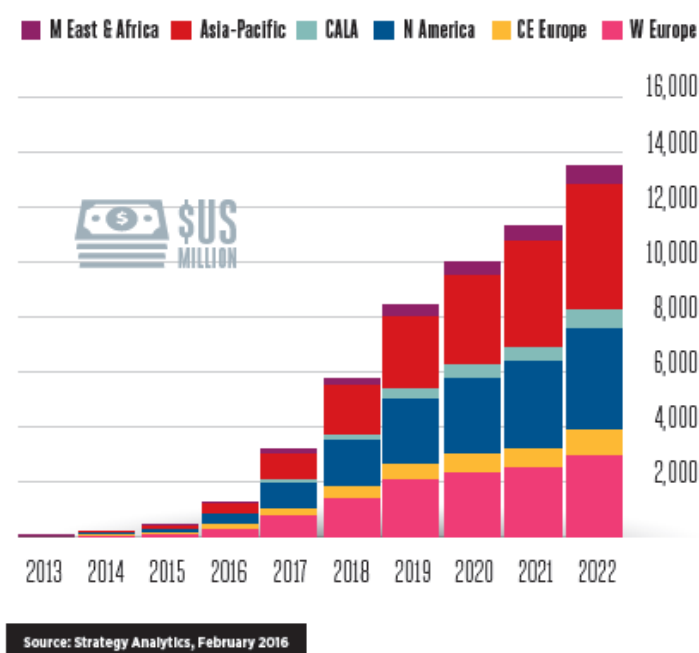
Προβλέπει ότι το ποσοστό αυτό θα αυξηθεί σε περισσότερα από πέντε δισεκατομμύρια μέχρι το τέλος του 2022. Αυτές οι προβλέψεις περιλαμβάνουν όλες τις τεχνολογίες LPWA που η Strategy Analytics αναμένει να είναι διαθέσιμες στην αγορά: οι λύσεις LPWA που βασίζονται σε πρότυπα 3GPP σε αδειοδοτημένο φάσμα, συμπεριλαμβανομένου του EC-GSM -IoT, LTE MTC Cat M1 και NB-IoT.



Source: Strategy Analytics

Εικόνα 33: Πρόβλεψη LPWA συνδέσεων σε παγκόσμια κλίμακα (χιλιάδες)

Η χρήση των δικτύων LPWA είναι πιθανό να αυξηθεί ευρέως τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναδυόμενες αγορές. Στις τελευταίες, θα μπορούσε να έχει ιδιαίτερα σημαντικό αντίκτυπο στη γεωργική παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των δικτύων ενέργειας και νερού. Η πρόσληψη ενδέχεται επίσης να είναι ισχυρή σε εκείνες τις χώρες που κατασκευάζουν νέες έξυπνες πόλεις ή μετασκευάζουν εφαρμογές διαδικτύου στις υπάρχουσες αστικές περιοχές. Μέχρι το 2022, σύμφωνα με τη Strategy Analytics, η Ασία θα είναι η μεγαλύτερη αγορά LPWA αξίας 4,6 δισ. δολαρίων, ακολουθούμενη από τη Βόρεια Αμερική και τη Δυτική Ευρώπη, ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο, η Strategy Analytics προβλέπει ότι τα έσοδα του LPWA θα φθάσουν τα 13,9 δισ. Δολάρια το 2022.



Εικόνα 34: Ετήσια Κέρδη LPWA σε παγκόσμια κλίμακα (χιλιάδες)

3.2 Τεχνολογίες LPWAN

Για την καλύτερη προσέγγιση των όσων αναφέραμε παραπάνω αρκεί να μελετήσουμε τρεις από τις τεχνολογίες LPWAN, δίνοντας έμφαση στο NB-IoT.

3.2.1 Sigfox

Η τεχνολογία Sigfox αναπτύχθηκε το 2010 (στην Τουλούζη, Γαλλία), η οποία είναι διαχειριστής του δικτύου LPWAN και προσφέρει μια λύση συνδεσιμότητας end-to-end. Η

Sigfox αναπτύσσει ιδιόκτητους σταθμούς βάσης και οι τερματικές συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτούς τους σταθμούς βάσης χρησιμοποιούν συχνότητες χαμηλού εύρους ζώνης της τάξης των 100 Hz. Με τη χρήση της εξαιρετικά στενής ζώνης, η τεχνολογία Sigfox χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το εύρος ζώνης συχνοτήτων και έχει πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου, οδηγώντας σε πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, υψηλή ευαισθησία του δέκτη και σχεδιασμό κεραιών χαμηλού κόστους σε βάρος της μέγιστης ταχύτητας μόλις 100 bps. Υποστήριξε αρχικά μόνο την επικοινωνία uplink, αλλά αργότερα εξελίχθηκε σε αμφίδρομη τεχνολογία με σημαντική ασυμμετρία σύνδεσης.

Η επικοινωνία κατερχόμενη ζεύξης (δεδομένα από τους σταθμούς βάσης στις τελικές συσκευές), μπορεί να λάβει χώρα μόνο μετά από μια επικοινωνία ανερχόμενη ζεύξης. Ο αριθμός των μηνυμάτων μέσω της ανερχόμενης ζεύξης περιορίζεται σε 140 μηνύματα την ημέρα. Το μέγιστο μήκος ωφέλιμου φορτίου για κάθε μήνυμα ανερχόμενης ζεύξης είναι 12 byte. Ωστόσο, ο αριθμός των μηνυμάτων στην κατερχόμενη ζεύξη περιορίζεται σε τέσσερα μηνύματα την ημέρα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υποστηρίζεται η αναγνώριση κάθε μηνύματος ανερχόμενης ζεύξης. Το μέγιστο μήκος ωφέλιμου φορτίου για κάθε μήνυμα κατερχόμενης ζεύξης είναι οκτώ byte. Χωρίς την επαρκή υποστήριξη των αναγνωρίσεων, η αξιοπιστία της επικοινωνίας ανερχόμενης ζεύξης διασφαλίζεται χρησιμοποιώντας ποικιλία χρόνου και συχνότητας, καθώς και παράλληλη μετάδοση. Κάθε μήνυμα τελικής συσκευής μεταδίδεται πολλές φορές (τρεις από προεπιλογή) σε διαφορετικά κανάλια συχνότητας. Για το σκοπό αυτό, στην Ευρώπη, για παράδειγμα, η ζώνη μεταξύ 868.180 MHz και 868.220 MHz χωρίζεται σε 400 ορθογώνια κανάλια 100 Hz (μεταξύ των οποίων 40 κανάλια διατηρούνται και δεν χρησιμοποιούνται). Καθώς οι σταθμοί βάσης μπορούν να λαμβάνουν ταυτόχρονα μηνύματα σε όλα τα κανάλια, η τελική συσκευή μπορεί να επιλέξει τυχαία ένα κανάλι συχνότητας για να μεταδώσει τα μηνύματά τους. Αυτό απλοποιεί τον σχεδιασμό τελικής συσκευής και μειώνει το κόστος του.

Τέλος να σημειωθεί ότι η Sigfox λειτουργεί και εμπορεύεται τη δική της λύση IoT σε 31 χώρες και εξακολουθεί να βρίσκεται σε εξέλιξη παγκοσμίως λόγω της συνεργασίας με διάφορους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων.

3.2.2 LoRa

Το LoRa αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 2009 (στη Γκρενόμπλ της Γαλλίας), και αγοράστηκε τρία χρόνια αργότερα από το Semtech (ΗΠΑ). Το 2015, η LoRa τυποποιήθηκε από τη LoRa-Alliance και αναπτύσσεται σε 42 χώρες και εξακολουθεί να αναπτύσσεται σε άλλες χώρες λόγω των επενδύσεων διάφορων φορέων εκμετάλλευσης κινητών επικοινωνιών (π.χ. Bouygues και Orange στη Γαλλία, KPN στην Ολλανδία και Fastnet στη Νότια Αφρική).

Πιο αναλυτικά:

Πρόκειται για μια τεχνολογία φυσικού στρώματος που ρυθμίζει τα σήματα στη ζώνη ISM (Industrial, Scientific and Medical radio bands) GHz (Gigahertz) χρησιμοποιώντας μια τεχνική διασποράς φάσματος. Όπως και το Sigfox, το LoRa χρησιμοποιεί μη εξουσιοδοτημένες ζώνες

ISM, δηλαδή 868 MHz στην Ευρώπη, 915 MHz στη Βόρεια Αμερική και 433 MHz στην Ασία. Η αμφίδρομη επικοινωνία παρέχεται από τη διαμόρφωση διάχυτου φάσματος που απλώνει ένα σήμα στενής ζώνης σε ένα ευρύτερο εύρος ζώνης καναλιού. Το προκύπτον σήμα έχει χαμηλά επίπεδα θορύβου, επιτρέποντας υψηλή ανθεκτικότητα στις παρεμβολές και είναι δύσκολο να εντοπιστεί.

Το LoRa χρησιμοποιεί έξι συντελεστές διάδοσης για να προσαρμόσει την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων και την εμβέλεια. Ο υψηλότερος παράγοντας εξάπλωσης επιτρέπει μεγαλύτερη απόσταση σε βάρος του χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και αντιστρόφως. Ο ρυθμός δεδομένων LoRa είναι μεταξύ 300 bps και 50 kbps ανάλογα με τον συντελεστή διάδοσης και το εύρος ζώνης καναλιού. Επιπλέον, τα μηνύματα που μεταδίδονται με τη χρήση διαφορετικών συντελεστών εξάπλωσης μπορούν να ληφθούν ταυτόχρονα από τους σταθμούς βάσης LoRa. Το μέγιστο μήκος ωφέλιμου φορτίου για κάθε μήνυμα είναι 243 byte. Υπάρχει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας με βάση το LoRa που ονομάζεται LoRaWAN και τυποποιήθηκε από την LoRa-Alliance (πρώτη έκδοση το 2015) όπως ειπώθηκε παραπάνω. Χρησιμοποιώντας το LoRaWAN, κάθε μήνυμα που μεταδίδεται από μια τελική συσκευή λαμβάνεται από όλους τους σταθμούς βάσης της περιοχής.



Εικόνα 35: Σχηματική περιγραφή λειτουργίας της τεχνολογίας LoRa Alliance

Το πλεονέκτημα αυτό κάνει το LoRaWAN να βελτιώνει την αναλογία επιτυχώς ληφθέντων μηνυμάτων. Ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτή η δυνατότητα απαιτούνται πολλοί σταθμοί βάσης, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το κόστος ανάπτυξης του δικτύου. Οι προκύπτουσες διπλές λήψεις φιλτράρονται στο σύστημα backend (διακομιστής δικτύου) που διαθέτει επίσης την απαιτούμενη ευφυΐα για τον έλεγχο της ασφάλειας, την αποστολή επιβεβαιώσεων στην τελική συσκευή και την αποστολή του μηνύματος στον αντίστοιχο

διακομιστή εφαρμογών. Περαιτέρω, πολλαπλές λήψεις του ίδιου μηνύματος από διαφορετικούς σταθμούς βάσης εκμεταλλεύεται το LoRaWAN για εντοπισμό τελικών συσκευών. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται η τεχνική εντοπισμού χρονικής απόκλισης της άφιξης (TDOA-Time Difference of Arrival) που υποστηρίζεται από πολύ ακριβή συγχρονισμό χρόνου μεταξύ πολλών σταθμών βάσης.



Εικόνα 36: Αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ τελικής συσκευής και σταθμού βάσης για κλάση LoRaWAN

- Συσκευές λήψης αμφίδρομης επικοινωνίας (κλάση A): οι συσκευές τερματισμού A επιτρέπουν αμφίδρομες επικοινωνίες όπου με τη μετάδοση ανερχόμενης ζεύξης κάθε τελικής συσκευής ακολουθούνται από δύο μικρά παράθυρα παραλαβής κατερχόμενης ζεύξης όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Η παρτίδα μεταδόσεων που προγραμματίζεται από την τελική συσκευή βασίζεται στις δικές της ανάγκες επικοινωνίας με μια μικρή παραλλαγή που βασίζεται σε τυχαία βάση χρόνου. Αυτή η λειτουργία κατηγορίας A είναι το σύστημα με τη χαμηλότερη ισχύ για εφαρμογές που απαιτούν μόνο σύντομη επικοινωνία προς τα κάτω, αφού η τελική συσκευή έχει στείλει ένα μήνυμα ανερχόμενης ζεύξης. Οι επικοινωνίες κατερχόμενης σύνδεσης σε οποιαδήποτε άλλη στιγμή θα πρέπει να περιμένουν μέχρι το επόμενο μήνυμα ανερχόμενης ζεύξης της τελικής συσκευής.
- Στις αμφίδρομες συσκευές λήψης με προγραμματισμένη λήψη παρτίδων (κλάση B): εκτός από τα τυχαία παράθυρα λήψης της κατηγορίας A, οι συσκευές κατηγορίας B ανοίγουν επιπλέον παράθυρα λήψης σε προγραμματισμένες ώρες. Για να ανοίξουν τα παράθυρα λήψης κατά την προγραμματισμένη ώρα, οι συσκευές λήψης λαμβάνουν ένα συγχρονισμένο φάρο από τον σταθμό βάσης. Αυτό επιτρέπει στον διακομιστή δικτύου να γνωρίζει πότε ακούει η ακραία συσκευή.
- Αμφίδρομες συσκευές λήψης με μέγιστες υποδοχές λήψης (κλάση C): οι συσκευές τελικής κατηγορίας C έχουν σχεδόν συνεχώς ανοικτά παράθυρα λήψης και κλείνουν μόνο όταν μεταδίδουν σε βάρος της υπερβολικής κατανάλωσης ενέργειας.

3.2.3 NB-IoT

Το Narrowband IoT (NB-IoT) είναι η τεχνολογία LPWAN ασύρματης πρόσβασης 3GPP και η προδιαγραφή του αποτελεί μέρος της έκδοσης 3GPP 13. Υπό την ομπρέλα του 3GPP επαναχρησιμοποιεί διάφορες αρχές και δομικές μονάδες του φυσικού στρώματος LTE και ανώτερα στρώματα πρωτοκόλλου για την ταχεία τυποποίηση και ανάπτυξη προϊόντων

(εικόνα 37). Το NB-IoT σχεδιάστηκε πρώτον για να προσφέρει εκτεταμένη κάλυψη σε σύγκριση με τα παραδοσιακά δίκτυα GSM (Global System for Mobile communications), αλλά και για να βελτιώσει την χωρητικότητα UL (uplink) για χρήστες σε περιοχές κακής κάλυψης μέσω εκπομπών απλής εκπομπής τόνων.

	"Regular LTE"	Mobile IoT (= LPWA on licensed spectrum)	
	LTE Cat 1	LTE-M (LTE Cat-M)	NB-IoT (LTE Cat-NB)
Geographical market	Same as LTE	Driven primarily by US market to replace 2G/3G	Driven primarily by European and Chinese market
Use cases	Larger data volume UCs like LTE	Fleet mgmt, regulated smart metering, wearables etc.	Smart parking, smart metering etc.
Data volume	Gigabytes	Megabytes	Kilobytes
Data transfer	DL: max 10 Mbps (mean rate 1 Mbps) UL: max 5 Mbps (mean rate 0.5 Mbps)	DL: max 1 Mbps (mean rate 375 kbps) UL: max 1 Mbps (mean rate 300 kbps)	DL: max 250 kbps (mean rate 21 kbps) ¹ UL: max 230 kbps (mean rate 63 kbps)
Latency (one way)	<50ms	<50ms without CE; <1 sec with CE	<10 sec
Mobility	Handover	Handover	Cell reselection
Indoor coverage	Similar coverage possibility as GSM (+0dB)	Very good indoor coverage possibility (+15dB)	maximum indoor coverage possibility (+20dB)
Voice/sms	Voice over LTE & SMS	Voice over LTE & SMS (tbd if DT will support)	SMS (but not supported by DT and many other MNOs)
Battery lifetime	Long (5-10 years)	Very long (5-10 years)	Up to =10 years
Module costs (target)	>10 \$	>5\$	<5\$

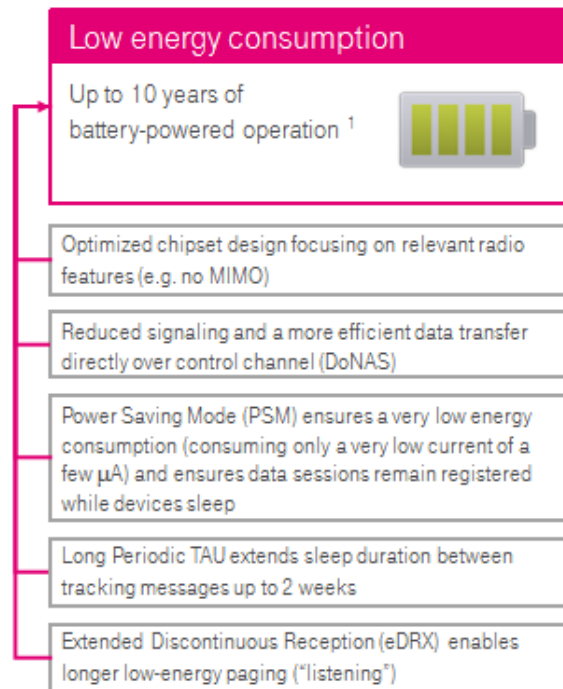
Εικόνα 37: Χαρακτηριστικά LTE Cat1, LTE Cat-M, LTE Cat-NB

3.2.3.1 Χαρακτηριστικά και οφέλη NB-IoT:

- ✓ Μεγάλος αριθμός συσκευών ανά κυψέλη
- ✓ Βαθιά κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους
- ✓ Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας/ μεγάλης διάρκειας μπαταρία
- ✓ Χωρίς υπηρεσίες φωνής ή sms
- ✓ Χωρίς άλλη λειτουργία ειδοποίησης αφύπνισης

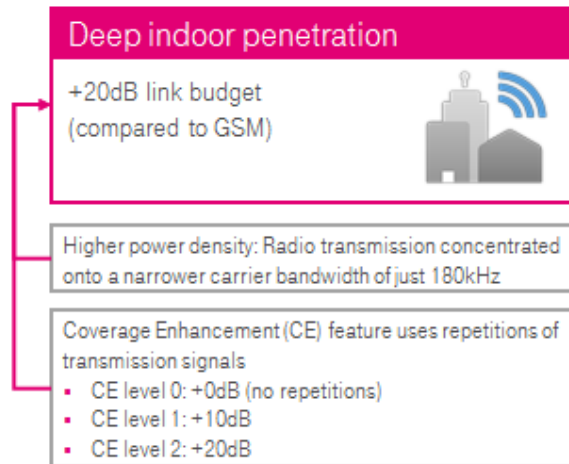
Η **χρήση μπαταριών μεγάλης διάρκειας** είναι ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη της τεχνολογίας NB-IoT. Για την ενεργοποίηση, τα chipset NB-IoT έχουν βελτιστοποιηθεί ώστε να εστιάζουν μόνο σε λειτουργίες που σχετίζονται με τις συσκευές που χρησιμοποιούνται. Οι βασικές λειτουργίες 3GPP, όπως η λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας (PSM-Power Saving Mode), θέτουν τις μονάδες σε λειτουργία αναστολής λειτουργίας με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (καταναλώνοντας μόνο ένα πολύ χαμηλό ρεύμα μερικών μA) ενώ στέλνουν περιστασιακά μηνύματα επικαιροποίησης περιοχής παρακολούθησης (TAU-Tracking Area Update) στο δίκτυο, για να αποφευχθεί η ανάγκη επανεγγραφής μετά την αφύπνιση. Η λειτουργία Long Periodic TAU επιτρέπει στις ενότητες να παρατείνουν τη διάρκεια μεταξύ αυτών των μηνυμάτων παρακολούθησης έως και μερικές εβδομάδες, αυξάνοντας έτσι τα διαστήματα ύπνου. Η διευρυμένη λειτουργία ασυνεχούς λήψης (eDRX-Extended Discontinuous Reception) προσφέρει μεγαλύτερη λειτουργία τηλεειδοποίησης χαμηλής κατανάλωσης για να επιτρέπει στις συσκευές να λαμβάνουν δεδομένα downlink από το

διακομιστή, ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα ανερχόμενης ζεύξης. Γενικά, οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να ζητήσει και να ελέγξει το PSM, το longperiodic TAU και το eDRX για να βελτιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη χρήση της.



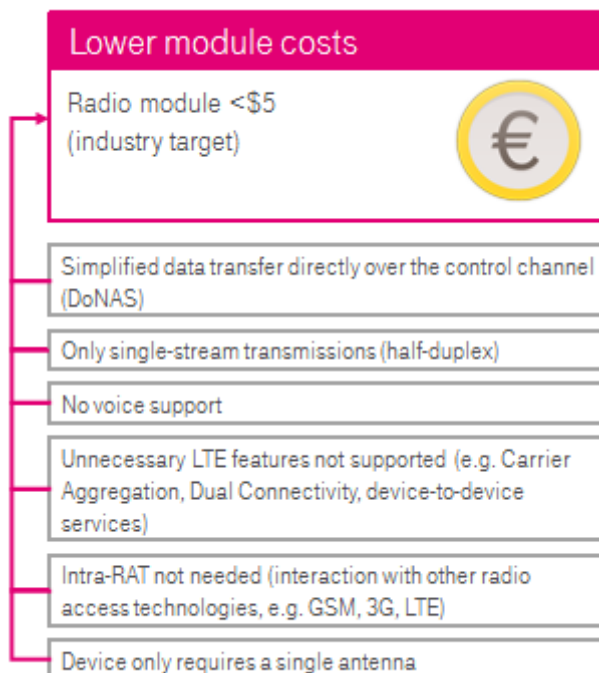
Εικόνα 38: Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας

Η **βαθιά εσωτερική κάλυψη** (π.χ. σε υπόγεια κτιρίων) είναι ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα του NB-IoT. Αυτό επιτυγχάνεται με μια υψηλότερη πυκνότητα ισχύος, καθώς οι μεταδόσεις συγκεντρώνονται σε ένα μικρότερο εύρος ζώνης φορέα μόλις 180 kHz. Η δυνατότητα βελτίωσης της κάλυψης (Coverage Enhancement-CE) προσφέρει επιπλέον τη δυνατότητα επανάληψης της μετάδοσης ενός μηνύματος, αν χρειαστεί, λόγω κακών συνθηκών κάλυψης, ωστόσο, σε βάρος ενός χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων. Οι τεχνολογίες που λειτουργούν με μη εξουσιοδοτημένο φάσμα, αντίθετα, περιορίζονται νομικά στον αριθμό επαναλήψεων (λόγω καθορισμένων κύκλων λειτουργίας), οι οποίες εμποδίζουν την αποτελεσματική εσωτερική κάλυψη.



Εικόνα 39: Βαθιά εσωτερική κάλυψη

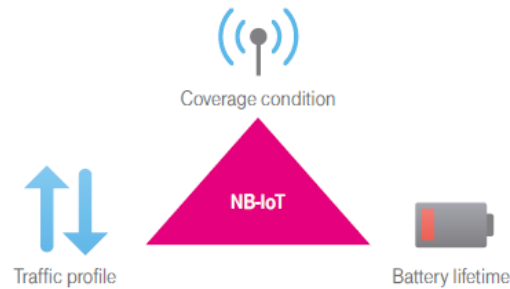
Το **κόστος** είναι μικρότερο από 5 δολάρια ανά module NB-IoT. Για να διασφαλιστεί αυτό, μια σειρά περιττών χαρακτηριστικών LTE έχει εξαλειφθεί από το υλικό του module. Αποφεύγοντας τη συσσωμάτωση του φορέα, τη φωνητική υποστήριξη, τις πολλαπλές μεταδόσεις τόσο για την κατερχόμενη ζεύξη (downlink), όσο και για την ανερχόμενη ζεύξη (uplink), την παράλληλη επεξεργασία κ.ά., τα modules μπορούν να παραχθούν πιο οικονομικά από τα LTE, 3G ή GSM modules.



Εικόνα 40: Χαμηλό κόστος του Module

3.2.3.2 Οι τρεις παράγοντες απόδοσης μιας συσκευής NB-IoT

Η τεχνική απόδοση μιας συσκευής NB-IoT επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: διάρκεια ζωής της μπαταρίας, προφίλ κίνησης δεδομένων και συνθήκες κάλυψης.



Εικόνα 41: Οι 3 πυλώνες τεχνικής απόδοσης

Για να προσδιορισθεί η αποτελεσματικότητα μιας εφαρμογής NarrowBand IoT, ισχύουν οι ακόλουθες ερωτήσεις:

- Κατάσταση κάλυψης: Πού βρίσκεται η συσκευή, π.χ. βαθιά μέσα σε ένα κτίριο; Η απάντηση υποδεικνύει εάν απαιτείται επίπεδο CE 0, 1 ή 2 για τη δημιουργία σύνδεσης.

NB-IoT has three **Coverage Enhancement (CE)-Levels**:

- CE-Level 0 → Equivalent to GSM Coverage (**RSRP**>-114 dBm)
- CE-Level 1 → Up to 10 dB gain vs. GSM (**RSRP** between -114 dBm and -124 dBm)
- CE-Level 2 → Up to 20 dB gain vs. GSM (**RSRP**<-124 dBm)



Εικόνα 42: Επίπεδα Βελτίωσης Κάλυψης

- Προφίλ επισκεψιμότητας: Πόσο συχνά πρέπει η συσκευή IoT να στείλει δεδομένα στο διακομιστή (κίνηση μέσω ανερχόμενης ζεύξης); Πόσο μεγάλη είναι η μέση φόρτιση της κυκλοφορίας; Τι γίνεται με την κυκλοφορία downlink (π.χ. εντολές για συσκευές IoT, ενημερώσεις υλικού λογισμικού);
- Διάρκεια ζωής μπαταρίας: Πόσο καιρό θα πρέπει να μπορεί η μπαταρία να τροφοδοτήσει τη συσκευή IoT; Ποιος τύπος μπαταρίας απαιτείται; Αυτοί οι παράγοντες είναι αλληλεξαρτώμενοι και ως εκ τούτου απαιτούν συμβιβασμό.

Ανάλογα με το ποιο από αυτά είναι το πιο σημαντικό για μια εφαρμογή, οι χρήστες πρέπει να αποδεχθούν την ύπαρξη και των υπόλοιπων δύο. Για παράδειγμα, μια συσκευή IoT που βρίσκεται βαθιά μέσα στο υπόγειο ενός κτιρίου (εάν απαιτείται το επίπεδο CE 2), και απαιτεί αποστολή πολλών μηνυμάτων ανά ώρα, συνήθως δεν θα φτάσει σε διάρκεια ζωής μπαταρίας 10 ετών.

3.2.3.3 Κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας NB-IoT

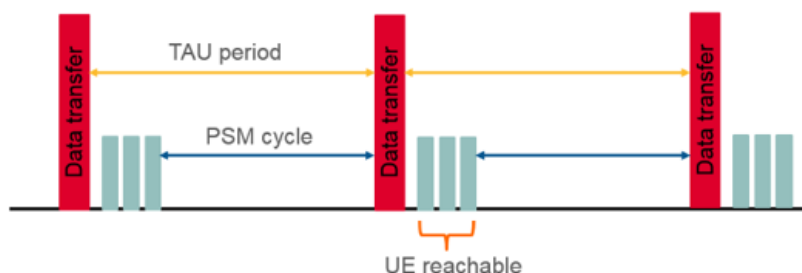
Λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας (Power Saving Mode-PSM)

Αυτή η δυνατότητα επικεντρώνεται στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μιας συσκευής ορίζεται για τις τεχνολογίες LTE και GSM, και επιτρέπει στις συσκευές να εισέλθουν σε νέα λειτουργία βαθιάς ύπνου. Το PSM προορίζεται για συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για σπάνια μετάδοση δεδομένων και που μπορούν να δεχθούν αντίστοιχη λανθάνουσα κατάσταση στην επικοινωνία τερματισμού κινητής τηλεφωνίας. Με αυτήν την προσέγγιση, η συσκευή αποφασίζει πόσο συχνά και για πόσο χρονικό διάστημα χρειάζεται να είναι ενεργός για τη μετάδοση και λήψη δεδομένων. Η λειτουργία PSM είναι παρόμοια με την κατάσταση απενεργοποίησης, αλλά η συσκευή παραμένει καταχωρημένη στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι όταν η συσκευή γίνεται πάλι ενεργή, δεν υπάρχει ανάγκη επανασύνδεσης ή αποκατάστασης συνδέσεων PDN. Ενώ η συσκευή είναι σε λειτουργία PSM, δεν είναι προσβάσιμη για υπηρεσίες τερματισμού κινητής τηλεφωνίας, αλλά το δίκτυο το γνωρίζει και αποφεύγει την τηλεειδοποίηση της συσκευής εν αγνοία της.

Ωστόσο, είναι διαθέσιμο για υπηρεσίες τερματισμού μέσω κινητού τηλεφώνου κατά το χρόνο που η συσκευή βρίσκεται σε λειτουργία και για μια περίοδο ενεργού χρόνου μετά την εγκατάσταση της συνδεδεμένης λειτουργίας.

Η συσκευή ζητάει το PSM απλά προσθέτοντας ένα χρονοδιακόπτη (T3324) με την επιθυμητή τιμή στην προσάρτηση, την ενημέρωση περιοχής παρακολούθησης (TAU) ή τη δρομολόγηση περιοχής. Ο T3324 θα είναι ο χρόνος που η συσκευή ακούει το κανάλι τηλεειδοποίησης μετά από τη μετάβαση από τη συνδεδεμένη σε κατάσταση αναμονής. Όταν λήξει ο χρονομετρητής, η συσκευή εισέρχεται στο PSM. Η συσκευή μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ένα δεύτερο χρονόμετρο, το οποίο είναι ένα εκτεταμένο T3412 προκειμένου να παραμείνει στο PSM για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το T3412 που εκπέμπεται από το δίκτυο. Το

δίκτυο δέχεται PSM παρέχοντας την πραγματική τιμή του T3324 (και T3412) που θα χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία αποδοχής / TAU / RAU. Η μέγιστη διάρκεια, συμπεριλαμβανομένου του T3412, είναι περίπου 413 ημέρες. Μια υπηρεσία μπορεί να ζητήσει τη χρήση SMS για να ενεργοποιήσει μια εφαρμογή στη συσκευή για να ξεκινήσει την επικοινωνία με τη Service Capability Server/Application Server (SCS/AS) (SCS / AS). Εάν δεν είναι διαθέσιμο η συσκευή, το αίτημα θα παραδοθεί όταν θα είναι διαθέσιμη.



Εικόνα 43: TAU (Tracking Area Updating) period - PSM cycle

Για παράδειγμα, για μια εφαρμογή παρακολούθησης της καταμέτρησης του νερού σε ένα κτίριο, το module σε μια συσκευή μπορεί να ρυθμιστεί από μια εφαρμογή για να ενεργοποιήσει το PSM, να διαπραγματευτεί ένα 24ωρο χρονικό διάστημα με το δίκτυο και να παρέχει μια καθημερινή ενημέρωση κατάστασης σε ένα κεντρικό σημείο παρακολούθησης. Αν η εφαρμογή παρακολούθησης της συσκευής εντοπίζει μια κατάσταση συναγερμού, ανεξάρτητα από οποιοδήποτε συμφωνημένο χρονικό διάστημα ύπνου, η εφαρμογή θα μπορούσε να ξυπνήσει αμέσως το module και να στείλει ζωτικές πληροφορίες στο κεντρικό σημείο παρακολούθησης χωρίς να χρειαστεί να εκτελέσει μια διαδικασία επανασύνδεσης. Ωστόσο, με παρόμοιο τρόπο με ένα module που έχει απενεργοποιηθεί, δεν είναι δυνατή η επικοινωνία με ένα δίκτυο από ένα module PSM ενώ κοιμάται. Η αδυναμία επικοινωνίας ενώ κοιμάται μπορεί να αποκλείει τη χρήση του PSM για ορισμένες εφαρμογές.

Ενώ η συσκευή κοιμάται, ο χειριστής μπορεί να επιλέξει να αποθηκεύσει τα εισερχόμενα πακέτα ή τα SMS (εάν υποστηρίζονται) για να προωθηθούν στη συσκευή μόλις ξυπνήσει. Αυτός ο οδηγός συνιστά το MNO να παραμερίσει το αποθηκευτικό χώρο τουλάχιστον για το τελευταίο πακέτο των 100 bytes, για να επιτρέψει στον πελάτη να στείλει απλά μηνύματα στη συσκευή, όπως μια ενημέρωση του ρολογιού. Όλοι οι περιορισμοί αποθήκευσης θα πρέπει να γνωστοποιούνται στον πελάτη για να καταλήξουν σε σαφή συμφωνία σχετικά με την πολιτική αποθήκευσης και προώθησης του φορέα εκμετάλλευσης για τη συσκευή που χρησιμοποιεί το PSM. Καθώς τα πακέτα και τα SMS αποθηκεύονται στο οικιακό δίκτυο, οποιοσδήποτε περιορισμός στη διατήρηση της κατερχόμενης πληροφορίας θα συνεχίσει να εφαρμόζεται σταθερά όταν η συσκευή βρίσκεται σε περιαγωγή. Όπως είναι σαφές από το παραπάνω σχήμα, η τιμή του PSM περιορίζεται από την ενημερωμένη επικαιροποίηση περιοχής παρακολούθησης (TAU). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας προσάρτησης, η συσκευή μπορεί επίσης να ζητήσει περιοδικό TAU, παρέχοντας επίσης μια τιμή T3412.




Συνοπτικά:

- Το PSM είναι μια λειτουργία για τη μείωση της ενέργειας που χρησιμοποιείται από το module.
- Το module αναφέρει πόσο συχνά και για πόσο διάστημα χρειάζεται να είναι ενεργό για τη μετάδοση και λήψη δεδομένων. Ωστόσο, οι τελικές τιμές καθορίζονται από το δίκτυο.
- Η λειτουργία PSM είναι παρόμοια με την κατάσταση απενεργοποίησης, αλλά το module παραμένει καταχωρημένο στο δίκτυο. Όταν το module ενεργοποιηθεί ξανά, δεν χρειάζεται να επανασυνδεθούν ή να επαναφερθούν οι συνδέσεις PDN (packet data network).
- Η λειτουργία PSM εισήχθη στο 3GPP Release 12 και είναι διαθέσιμη για όλες τις κατηγορίες συσκευών LTE.
- Το module ζητάει το PSM απλά προσθέτοντας ένα χρονοδιακόπτη με την επιθυμητή τιμή στην επικαιροποίηση, την επισύναψη TAU ή την περιοχή δρομολόγησης. Ο μέγιστος χρόνος που μπορεί μια συσκευή «να κοιμηθεί» είναι περίπου 413 ημέρες (που έχει οριστεί από την έκδοση 3GPP 13 για το T3412). Ο μέγιστος χρόνος που μπορεί να φτάσει μια συσκευή είναι 186 λεπτά (ένα ισοδύναμο της μέγιστης τιμής του ενεργού χρονοδιακόπτη T3324).

3.3 Τεχνικές Διαφορές SIGFOX, LORA, NB-IOT

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζονται και συγκρίνονται οι τεχνικές διαφορές των Sigfox, LoRa και NB-IoT που μελετήθηκαν παραπάνω. Οι τεχνολογίες αυτές συγκρίνονται όσον αφορά τους παράγοντες επιτυχίας του IoT όπως η ποιότητα της υπηρεσίας (QoS), η κάλυψη, η εμβέλεια, η καθυστέρηση, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, η δυνατότητα επεκτάσεως, το μήκος ωφέλιμου φορτίου, η ανάπτυξη και το κόστος όπως συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

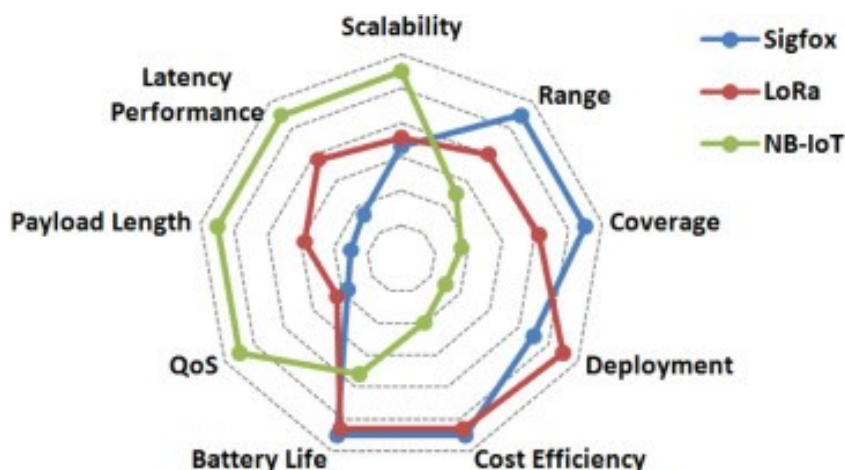
Πίνακας 1: Επισκόπηση των τεχνολογιών LPWAN: Sigfox, LoRa και NB-IoT.

	2G/3G/LTE	 NB-IoT	 sigfox	 LoRa
Licensed spectrum	✓	✓	✗	✗
Industry standard	✓	✓	✗	✗
Security level ¹	✓	✓	✓	✓
Downlink (e.g. for SW updates)	✓	✓	✓	✓
Peak data rate	Downlink	250 Kbit/s	600 bit/s	50 Kbit/s
	Uplink	50 Mbit/s	100 bit/s	50 Kbit/s
Indoor penetration	Standard 144 dB	+20 dB	+16 dB	+13 dB
Radio module (target) cost	high (15-45 €)	low (< 5 €)	low (3-5 €)	low (< 5 €)
Battery lifetime	Up to 2-3 years	Up to 10 years	Up to 10 years	Up to 10 years

Low-Power-Wide-Area (LPWA) Technologies

Από το διάγραμμα που ακολουθεί συμπεραίνουμε πως και οι τρεις τεχνολογίες παρουσιάζουν διαφορές. Οι διαφορές αυτές είναι που κάνουν και τις τρεις τεχνολογίες

μοναδικές, η καθεμία στο δικό της τομέα. Συναντάμε περιπτώσεις έξυπνων λύσεων στις οποίες είναι πιο αποδοτική η τεχνολογία LoRa σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τρεις βάσει των χαρακτηριστικών της, ενώ ανάγκες άλλων έξυπνων λύσεων καθιστούν παραδείγματος χάρη το Sigfox καταλληλότερο από τις υπόλοιπες τεχνολογίες.



Εικόνα 44: Διαφορές Sigfox, LoRa, NB-IoT

3.4 NB-IoT Δίκτυο

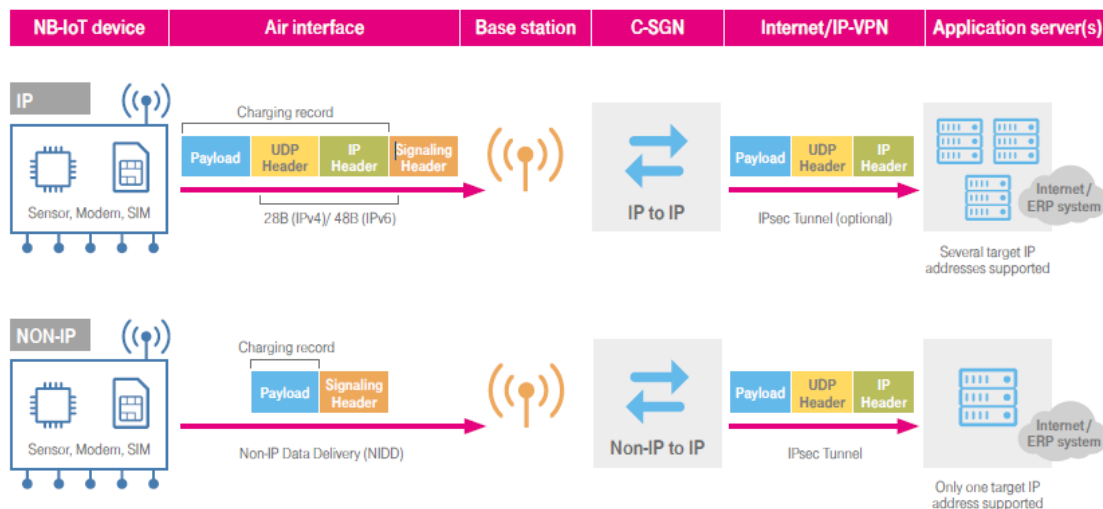
Το NB-IoT βασίζεται στο LTE, επομένως μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στην υπάρχουσα υποδομή LTE. Τις περισσότερες φορές, οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν να αναπτύξουν στο δίκτυό τους LTE μέσω απλών αναβαθμίσεων λογισμικού. Εκτός από αυτά, πρέπει να ρυθμιστούν ορισμένα στοιχεία που ορίζονται από το 3GPP για NB-IoT. Καθώς το NB-IoT μπορεί να αναπτυχθεί τόσο στο φάσμα GSM, όσο και στο LTE, δεν απαιτούνται πρόσθετες άδειες φάσματος. Υποστηρίζει διαφορετικούς τρόπους φασματικής λειτουργίας, καθιστώντας την ανάπτυξη ευέλικτη και προσαρμόσιμη στις διαφορετικές υλοποιήσεις περιφερειακών δικτύων.

Κάθε συσκευή που χρησιμοποιεί NB-IoT απαιτεί ειδικό module NB-IoT ή chipset, καθώς και κάρτα SIM για να επωφεληθεί από την ασφάλεια LTE. Ένα τυποποιημένο προφίλ SIM επιτρέπει επίσης τη διεθνή χρήση του NB-IoT στα δίκτυα των ξένων φορέων κινητής τηλεφωνίας. Ωστόσο, αρκετοί πάροχοι, όπως η Deutsche Telekom δεν το κάνουν σήμερα να υποστηρίξει το eSIM (eUICC) λόγω του υψηλού κόστους του, που δεν θα ταιριάζει με το επιχειρηματικό μοντέλο χαμηλού κόστους της NB-IoT.

Υπάρχουν δύο πιθανότητες για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των συσκευών Narrow-Band IoT και του αντίστοιχου application server:

1. IP: Ανάλογα με τις δυνατότητες του module και του χειριστή, υποστηρίζονται τα IPv4 και IPv6 πρωτόκολλα. Εδώ, το UDP είναι το κοινό πρωτόκολλο μεταφοράς. Στη διεπαφή αέρα, το TCP υποστηρίζεται καταρχήν από το NB-IoT (και καθορίζεται στο πρότυπο 3GPP), αλλά δεν συνιστάται λόγω του υψηλότερου όγκου δεδομένων που προκύπτει. Ομοίως, τα HTTP και HTTPS στη διεπαφή του αέρα δεν μπορούν λογικά να εφαρμοστούν, επειδή βασίζονται σε TCP και απαιτούν επιπλέον όγκο δεδομένων για τα γενικά έξοδα τους.

2. Non-IP: Αν είναι δυνατόν, η Non-IP μετάδοση δεδομένων συστήνεται για το NB-IoT, επειδή μειώνει τον όγκο των μεταδιδόμενων δεδομένων (αφού αποθηκεύονται τα γενικά έξοδα). Στη συνέχεια, τα δεδομένα της συσκευής προωθούνται από το δίκτυο στην εφαρμογή μέσω IP. Τα δεδομένα μπορούν να αποστέλλονται μόνο σε μια διεύθυνση IP (διακομιστή-server), αυξάνοντας περαιτέρω την ασφάλεια της συσκευής μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης.



Εικόνα 45: Μεταφορά δεδομένων σε ένα δίκτυο NB-IoT

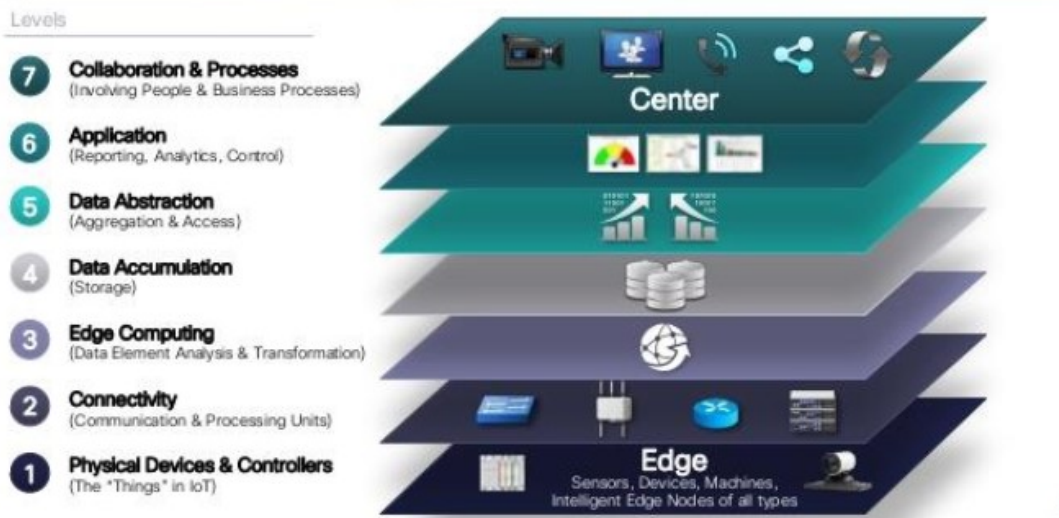
3.5 Μοντέλο Αναφοράς IoT

Προκειμένου να υλοποιηθεί η τεχνολογία IoT είναι βασικό να εφαρμοστεί το IoT Open Systems Interconnections (OSI) μοντέλο το οποίο αποτελείται από 4 επίπεδα. Γενικά το OSI

μοντέλο αποτελείται από 7 επίπεδα και υποδιαιρεί τις λειτουργίες ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου σε μια «κατακόρυφη» στοίβα από επίπεδα, για το καθένα από τα οποία μπορεί να οριστεί κάποιο πρωτόκολλο σε μία συγκεκριμένη υλοποίηση. Κάθε επίπεδο αξιοποιεί τις λειτουργίες του κατώτερου του στη στοίβα επιπέδου, ενώ στόχος του είναι να παρέχει λειτουργικότητα στο αμέσως ανώτερο επίπεδό του. Το μοντέλο Αναφοράς του IoT υλοποιείται στα 7 επίπεδα (όπως φαίνεται στην Εικόνα 44), εκ των οποίων τα πιο βασικά βασικά είναι τα εξής 4:

- 1.**Physical–DataLink:** WiFi, Bluetooth, χαμηλής ισχύος WAN, κυψελωτά, IEEE802.15.4.
- 2.**Δικτύου:** Internet Protocol version 4 (IPv4), Internet Protocol version 6 (IPv6).
- 3.**Μεταφοράς:** Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP).
- 4.**Εφαρμογής:** Message Queue Telemetry Transport(MQTT), Extensible Messaging and Presence Protocol(XMPP), Light Weight Machine-to-Machine protocol (LWM2M).

IoT World Forum Reference Model



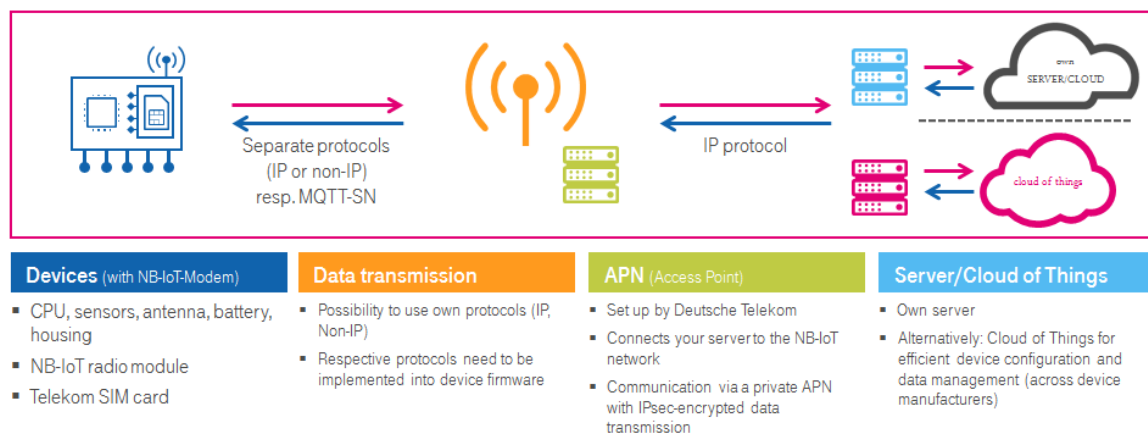
Εικόνα 46: Σχηματική αναπαράσταση μοντέλου αναφοράς του IoT

3.6 Το οικοσύστημα του IoT

Το οικοσύστημα του IoT αποτελείται από τα βασικά του στοιχεία:

- **Έξυπνοι μετρητές (modules):** μεταδίδουν τη χρήσιμη πληροφορία (μετρήσεις, δεδομένα, διαθεσιμότητα) μέσω του modem.
- **Modem:** για την ασύρματη μετάδοση της χρήσιμης πληροφορίας μέσα σε πακέτα IoT μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας IoT.
- **Πρωτόκολλο επικοινωνίας IoT** το οποίο δεν είναι πρωτοτυποποιημένο μέχρι στιγμής
- **Κεραία/Σταθμός βάσης (base stations) :** επικοινωνεί ασύρματα με το modem στις προβλεπόμενες συχνότητες του φάσματος για IoT.
- **Πλατφόρμα IoT/ Middleware :** λαμβάνει τα πακέτα IoT μέσω του πρωτοκόλλου IoT και στην οποία δρομολογούνται ενσύρματα τα πακέτα IoT από την κεραία.
- **Εφαρμογές (applications):** συνεργάζονται με το middleware για να εξάγουν τη χρήσιμη πληροφορία από τα πακέτα IoT.

Τα στοιχεία του οικοσυστήματος IoT συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους και το κάθε μέρος εξαρτάται από το άλλο για τη σωστή λειτουργία. Στην πραγματικότητα σωστή λειτουργία εννοούμε τη συνεχή επικοινωνία συσκευών με Cloud και περιγράφεται συνοπτικά στην Εικόνα 45:



Εικόνα 47: Γενική περιγραφή συνεχούς επικοινωνίας συσκευών με cloud

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά το κάθε μέρος του οικοσυστήματος IoT , η λειτουργία τους, η σχέση τους με το κάθε μέρος ξεχωριστά.

3.6.1 Οι έξυπνοι μετρητές

Ως έξυπνες χαρακτηρίζονται οι συσκευές οι οποίες συνδέονται στο διαδίκτυο, αλληλοεπιδρώντας με τον κάτοχό τους και μεταξύ τους, παρέχοντας και λαμβάνοντας συνεχώς δεδομένα και είναι της μορφής όπως αυτό της Εικόνας 48. Με τον τρόπο αυτό

επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη απόδοση, βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας, οι συσκευές διατηρούνται σε καλύτερη κατάσταση ενώ ελέγχονται και από απόσταση. Η κρυπτογράφηση των δεδομένων των εν λόγω συσκευών σε βάση δεδομένων blockchain παρέχει υψηλότερο επίπεδο προστασίας και μετάδοσης των πληροφοριών.

Οι έξυπνοι μετρητές προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 1. Είναι η επόμενη γενιά μετρητών φυσικού αερίου, νερού και ηλεκτρικής ενέργειας και προσφέρουν μια σειρά έξυπνων λειτουργιών. Για παράδειγμα, μπορούν να μας πουν πόση ενέργεια, νερό ή αέριο καταναλώνεται μέσω μιας οθόνης. Επικοινωνούν απευθείας με τον προμηθευτή ενέργειας, πράγμα που σημαίνει ότι ο καταναλωτής λαμβάνει ακριβείς λογαριασμούς και δεν θα χρειαστεί ο προμηθευτής ενέργειας να επισκεφθεί το σπίτι για να διαβάσει το μετρητή στο μέλλον.

Στην περίπτωση του νερού, για τη μέτρηση χρησιμοποιούνται τα υδρόμετρα (συσκευές που στόχο έχουν τόσο να μετρήσουν το μέγεθος που έχει αγοραστική αξία, δηλαδή την πληροφορία της κατανάλωσης του νερού) τα οποία καλούνται να μεταδώσουν την πληροφορία στο modem και είναι της μορφής αυτής:



Εικόνα 48: Υδρόμετρο Sensus

Πρόκειται για συσκευές που λειτουργούν με δύο πιθανούς τρόπους:

- είτε με το πρωτόκολλο m-bus, δηλαδή αποτυπώνονται απευθείας στον οθόνη του δειγματολήπτη οι τιμές των λίτρων που μετράει,
- είτε με pulses, δηλαδή μετράει στροφές (παλμούς) και τις μετατρέπει σε λίτρα με μαγνητική λειτουργία.

Από τους μεγαλύτερους προμηθευτές μετρητών στην παγκόσμια αγορά είναι η Sensus. Οι κατασκευαστές-προμηθευτές τέτοιων έξυπνων συσκευών στοχεύουν στην παραγωγή μετρητών που να ταιριάζουν οι τεχνικές προδιαγραφές τους με όλα τα υπάρχοντα συστήματα μέτρησης του νερού (ρολόγια). Η επιλογή του κατάλληλου υδρόμετρου IoT γίνεται με βάση το μέγεθος των σωλήνων αλλά και κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η ευαισθησία.

Τύπος μετρητή	Τρόπος λειτουργίας	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μετρητές ταλαντευόμενου πεδίου	Οι μετρητές ταλαντευόμενου πεδίου, μετρούν την συχνότητα με την οποία το νερό το οποίο εισέρχεται στον μετρητή προσάπτεται πρώτα στο ένα από τα δύο αποκλίνοντα πλαϊνά τοιχώματα και έπειτα στο άλλο. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στο φαινόμενο Coanda, δηλαδή της τάσης ενός ρευστού να προσάπτεται σε μια κοντινή επιφάνεια	Καταγράφεται μόνο η παροχή του νερού, οπότε ο υδρομετρητής δεν επηρεάζεται από την παρουσία αέρα στο σύστημα ύδρευσης. Ο υδρομετρητής επίσης δεν φέρει κινητά μέρη για την καταγραφή της παροχής	Οι υδρομετρητές αυτού του τύπου, εμφανίζουν σημαντική υστέρηση στις μετρήσεις χαμηλών παροχών λόγω της ανάγκης ύπαρξης ελάχιστης τιμής παροχής, ανάλογα με την διάμετρο του αγωγού, ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η αρχή λειτουργίας.
Ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές	Οι ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές βασίζονται στον νόμο της επαγωγής του Faraday. Μια ηλεκτρική τάση δημιουργείται, όταν το αγωγικό ρευστό διέρχεται μέσα από ένα μαγνητικό πεδίο. Όσο πιο γρήγορα διέρχεται το νερό, τόσο μεγαλύτερη τάση ρεύματος εμφανίζεται και καταμετράται. Η τάση είναι γραμμικά ανάλογη με την ταχύτητα. Όσο	Ο μετρητής δεν φέρει κανένα μηχανικό μετρητικό στοιχείο εντός του θαλάμου διερχόμενης παροχής, έτσι δεν υπάρχει μείωση στην ακρίβεια της μέτρησης με το πέρασμα του χρόνου. Η μετρητική απόδοση παραμένει σταθερά γραμμική για όλο το φάσμα των τιμών της παροχής	Στους τυπικούς ηλεκτρομαγνητικούς μετρητές, για να δημιουργηθεί ένα μαγνητικό πεδίο και να διατηρηθεί το σωστό ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον ώστε να λαμβάνονται ακριβείς ενδείξεις, απαιτείται ένα ελεγχόμενο μαγνητικό πεδίο, επομένως και σημαντική ποσότητα ενέργειας, η οποία μειώνει τον χρόνο ζωής της μπαταρίας

Εικόνα 49: Τύποι Μετρητών-Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Οι μετρητές για να μεταδώσουν την πληροφορία πρέπει να συνδέονται με τα modems. Υπάρχουν περιπτώσεις που θα δούμε modules να συνδέονται ασύρματα ή ενσύρματα με τα Modems, αλλά υπάρχουν και οι περιπτώσεις που τα modules βρίσκονται μέσα στα ίδια τα modems.

3.6.2 Τα modems NB-IoT

Τα modems για το NB-IoT δε διαφέρουν με τα modems που συναντάμε στην καθημερινότητά μας. Όπως συμβαίνει με τα κοινά μας modems, έτσι και με αυτά του IoT, μας ενδιαφέρουν στοιχεία, όπως το να μπορούν να συνδέονται ασύρματα και να έχουν καλή εμβέλεια του σήματος που θα εκπέμπεται. Το μέγεθος των Modems είναι προσαρμοσμένο με στόχο οι κατασκευαστικές εταιρίες να υλοποιήσουν την μικρότερη εκδοχή αυτών, τόσο για την εξοικονόμηση χώρου, όσο και για την αισθητική. Επίσης, μας ενδιαφέρει η συνδεσμολογία τους με άλλες συσκευές και η παραμετροποίησή τους να είναι εύκολη για τον τελικό χρήστη-καταναλωτή και τέλος και πιο βασικό να είναι συμβατά με όλους τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους πρόσβασης και με όλα τα πρωτόκολλα IoT.

Ένα modem NB-IoT για να λειτουργήσει συνήθως χρειάζεται μπαταρίες και όχι ρεύμα. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται για τα συστήματα IoT έχουν μέσο χρόνο ζωής τα 10 έτη, κάτι που καθιστά τη χρήση τους οικονομικά αποδοτική.

Τα modems συνδέονται με τους μετρητές όπως προαναφέρθηκε με δύο τρόπους. Έναν μετρητή που θα αποτελεί εσωτερικό κομμάτι του modem ή έναν που θα αποτελεί εξωτερικό και θα συνδέεται είτε ασύρματα, είτε ενσύρματα.


Οι πιο βασικοί παίκτες της αγοράς στην κατασκευή των modems είναι οι :

- QUECTEL
- UBLOX
- TELIT
- SIMCOM

Όλες τους έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την κατασκευή chip με τα οποία προσφέρουν χαμηλό κόστος, προσαρμοσμένο μέγεθος και υψηλές απαιτήσεις στην αγορά. Υποστηρίζοντας τις κυψελοειδείς τεχνολογίες, παρέχουν παγκόσμια γεωγραφική κάλυψη και περιλαμβάνουν modules 2G, 3G, 4G LTE, NB-IoT, ενώ προετοιμάζουν τα modules που θα παίζουν με τα δίκτυα νέας γενιάς 5G. Τα chip είναι της μορφής αυτής:

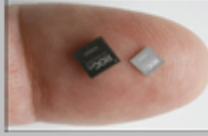
NB-IoT Radio Module

- RFFE (Radio Frequency Front End)
- UICC software support
- Oscillators, filters, amplifiers
- Antenna connection
- Module is steered via AT commands
- Vendors: e.g. U-Blox, Quectel, Telit, Sierra Wireless, etc.



NB-IoT Chipset/Modem

- NB-IoT protocol processing
- Baseband chipset
- Frequency modulation
- Vendors: Neul/HiSilicon, Qualcomm, Sequans, etc.



Εικόνα 50 : NB-IoT Module

Έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών IoT που απαιτούν μεσαίες έως πολύ χαμηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Με την ίδια λογική είναι κατασκευασμένα και τα modems IoT των άλλων προμηθευτών, σχεδιασμένα και κατασκευασμένα με τα πιο αυστηρά standards ώστε τα προϊόντα να μπορούν να είναι εύκολα προσαρμόσιμα σε όλες τις αγορές και τις τεχνολογίες.

Στις εικόνες 20 και 21 περιγράφονται τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των προμηθευτών των modules:

OEM Make	OEM Model Name	Radio Access Technology and Bands	Firmware version	Approval conditions
Quectel	BC95-B8	NB-IoT: B8 (900 MHz)	V100R100C10B657SP2	Limited certification (DE, NL) for pilot usage (GCF certification outstanding, technical issues to be addressed).
	BC95-B20	NB-IoT: B20 (800 MHz)	V100R100C10B657SP2	Limited certification (DE, NL) for pilot usage (GCF certification outstanding, technical issues to be addressed).
	BG96MA	NB-IoT: B1 (2100 MHz), B2 (1900 MHz), B3 (1800 MHz), B4 (1700 MHz), B8 (900 MHz), B20 (800 MHz) 2G: B2 (1900 MHz), B3 (1800 MHz), B5 (850 MHz), B8 (900 MHz).	BG96MAR02A04M1G	Limited certification (DE, NL, AT) for pilot usage (technical issues to be addressed).

Εικόνα 51: Quectel

OEM Make	OEM Model Name	Radio Access Technology and Bands	Firmware version	Approval conditions
SIMCOM	SIM7000E	NB- <u>IoT</u> : B3 (1800 MHz), B8 (900 MHz), B20 (800 MHz) 2G: B3 (1800 MHz), B8 (900 MHz)	1351 B02SIM7000	Limited certification (DE, NL, AT) for pilot usage (GCF certification outstanding, technical issues to be addressed).
		SARA-N200	NB- <u>IoT</u> : B8 (900 MHz)	
U-blox	SARA-N210	NB- <u>IoT</u> : B20 (800 MHz)	06.57 (A02.02)	Limited certification (DE, NL) for pilot usage (GCF certification outstanding, technical issues to be addressed).
	SARA-N211	NB- <u>IoT</u> : B8 (900 MHz), B20 (800 MHz)	06.57 A02.02	

Εικόνα 52 : Simcom, U-blox

Για την αποστολή των δεδομένων στους σταθμούς βάσης, τα Modems έχουν πάρει την πληροφορία τα έχουν βάλει μέσα σε IP πακέτα, την κωδικοποιούν με βάση το πρωτόκολλο του δεύτερου επιπέδου του OSI (modulation), μετά το στέλνουν στην κεραία και αυτή με τη σειρά της αναλαμβάνει να το στείλει με ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

3.6.3 Σταθμοί βάσης

Η ύπαρξη των σταθμών βάσεων είναι αναπόσπαστο κομμάτι του οικοσυστήματος IoT, αφού χωρίς τις κεραίες το modem δεν μπορεί να στείλει την πληροφορία στην πλατφόρμα IoT (middleware).

Σταθερές κεραίες που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση της κινητής τηλεφωνίας αναφέρονται ως σταθμοί βάσης κυψελωτών επικοινωνιών ή πύργοι μετάδοσης κινητής τηλεφωνίας. Οι σταθμοί βάσης αποτελούνται από τις κεραίες και τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Για να παρέχεται ικανοποιητική κάλυψη συγκεκριμένης περιοχής και πλήθους χρηστών, οι κεραίες πρέπει να τοποθετούνται σε μεγάλο ύψος και, επομένως, εγκαθίστανται συνήθως σε τάρτσες πολυκατοικιών ή στύλους. Το σύνηθες ύψος εγκατάστασης σταθμών βάσης κυμαίνεται μεταξύ 15 και 60m. Τα σήματα τροφοδοτούνται προς τις κεραίες μέσω καλωδίων και, στη συνέχεια, εκπέμπονται ως ραδιοκύματα στην περιοχή που περιβάλλει το σταθμό βάσης.

Μερικοί σταθμοί βάσης χρησιμοποιούν ομοιοκατευθυντικές κεραίες, οι οποίες μοιάζουν με στύλους ύψους 3-4.5 μέτρων. Αυτού του τύπου οι κεραίες απαντώνται συνήθως σε αγροτικές περιοχές. Στους σταθμούς βάσης σε αστικό και προαστιακό περιβάλλον, οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν συνήθως κεραίες που "φωτίζουν" ορισμένες περιοχές του χώρου (sector antennas). Αυτές οι κεραίες αποτελούνται από ορθογώνια πλαίσια, με διαστάσεις που κυμαίνονται στο εύρος 0.3-1.2m και διατάσσονται συνήθως σε τρεις ομάδες των τριών

κεραιών η καθεμία. Η μια κεραία κάθε ομάδας χρησιμοποιείται για τη μετάδοση σημάτων στα κινητά τηλέφωνα, και οι άλλες δύο κεραίες χρησιμοποιούνται για τη λήψη σημάτων από τα κινητά τηλέφωνα.

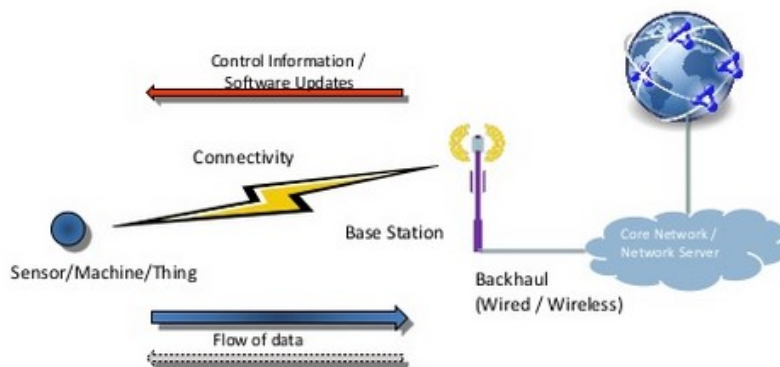


Εικόνα 53: Σταθμός Βάσης Κινητής Τηλεφωνίας

Εκτός από τα ανωτέρω είδη κεραιών που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία με τα κινητά τηλέφωνα, στους σταθμούς βάσης υπάρχουν και κεραίες σε σχήμα πιάτου/τυμπάνου (dish antenna), οι οποίες αποτελούν τερματικούς κόμβους για τη μικροκυματική σύνδεση και επικοινωνία με άλλους σταθμούς βάσης, εξυπηρετούν δηλαδή τη διασύνδεση του δικτύου. Μερικές φορές, οι σταθμοί βάσης διασυνδέονται μεταξύ τους με υπόγεια καλώδια αντί με μικροκυματικές ασύρματες ζεύξεις. Ανάλογα με τη θέση του σταθμού βάσης και το πλήθος των εξυπηρετούμενων χρηστών κινητών τηλεφώνων, οι σταθμοί βάσης μπορεί να απέχουν μεταξύ τους από μερικές εκατοντάδες μέτρα σε μεγάλες πόλεις έως αρκετά χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές.

Οι μεγαλύτερες κατασκευάστριες εταιρίες σταθμών βάσεων στον κόσμο είναι η Nokia, η Huawei, η Ericsson και η Samsung. Αυτές μεταξύ των άλλων φτιάχνουν ένα middleware για οποιοδήποτε base station, για οποιοδήποτε modem, και για οποιαδήποτε έξυπνη συσκευή και μάλιστα πρόκειται για τόσο μεγάλο middleware, πάνω στο οποίο μπορούν να συνδεθούν εκατομμύρια έξυπνες συσκευές. Οι πλατφόρμες της Ericsson και Nokia παραδείγματος χάρη, το παραπάνω που έχουν είναι ότι τις έχουν φτιάξει με τέτοιο τρόπο ώστε να επικοινωνούν με οποιοδήποτε modem, καθώς η βασική τους ενασχόληση είναι να επικοινωνούν τα base stations με τα Modems και αυτό είναι που δίνει αξία στις λύσεις τους.

High Level Architecture of M2M/IoT



Εικόνα 54: Επικοινωνία αισθητήρων με server δικτύου

3.7 Πλατφόρμα IoT

Ο σκοπός οποιασδήποτε συσκευής IoT είναι να συνδεθεί με άλλες συσκευές και εφαρμογές του IoT (βασισμένες στο σύννεφο ως επί το πλείστον) για να μεταδίδει πληροφορίες χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα μεταφοράς μέσω Internet. Το κενό μεταξύ των αισθητήρων συσκευής και των δικτύων δεδομένων καλύπτεται από μια πλατφόρμα IoT ή αλλιώς middleware. Μια τέτοια πλατφόρμα συνδέει το δίκτυο δεδομένων με τη διάταξη των αισθητήρων και παρέχει πληροφορίες που χρησιμοποιούν εφαρμογές backend για να αξιοποιήσουν την πληθώρα δεδομένων που παράγονται από εκατοντάδες αισθητήρες. Βρίσκεται δηλαδή «ανάμεσα» από τις έξυπνες συσκευές-modems-κεραίες και τα applications. Αυτό που στην πραγματικότητα κάνει είναι να ομογενοποιεί διαφορετικές εφαρμογές, δηλαδή μπορεί να υπάρχει μια εφαρμογή για τη διαχείριση των έξυπνων φωτιστικών που υπάρχουν στο δρόμο (smart lighting), μια εφαρμογή για τη διαχείριση της έξυπνης στάθμευσης (smart parking), μια άλλη για τη μέτρηση της κατανάλωσης της στάθμης του νερού κλπ και όλες αυτές να επικοινωνούν πρώτα μέσω της πλατφόρμας και μετά να καταλήγουμε στις έξυπνες εφαρμογές. Μια ακόμα δυνατότητα που έχει είναι να συνδέονται πάνω της συσκευές από διαφορετικούς κατασκευαστές/προμηθευτές. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε κάποιο middleware και δεν φεύγει η πληροφορία απευθείας από το Base Station προς το application έχει να κάνει με το πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Τα πακέτα IP που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν πληρούν τις προδιαγραφές των κλασικών πακέτων IP που υπάρχουν στο internet. Από την άλλη πλευρά, ένα software application ή ένα smart app είναι ένα κλασικό application που περιμένει να λάβει στο τρίτο layer πακέτα IP της μορφής που αυτό αναγνωρίζει, πχ. σαν αυτά που στέλνει κάποιος από ένα laptop.

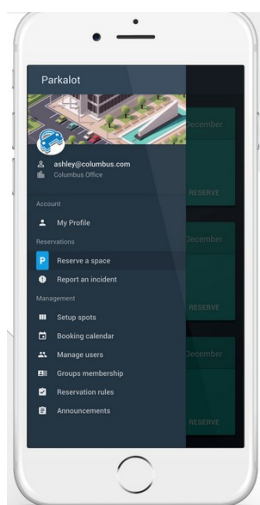
3.8 Έξυπνες Εφαρμογές

Με τη σημαντική αύξηση των έξυπνων κινητών συσκευών ή αλλιώς smartphones αλλά και των tablets, οι εφαρμογές έχουν γίνει κομμάτι της καθημερινής μας ζωής καθώς και ένα ισχυρό εργαλείο στον τομέα των επιχειρήσεων. Οι κινητές συσκευές είναι πλέον αρκετά ισχυρές και εύχρηστες, τείνοντας να αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά laptops και netbooks παρέχοντας αυξημένη φορητότητα, αυτονομία αλλά και κόστος απόκτησης.

Όπως περιγράψαμε παραπάνω, το smart app αυτό που κάνει είναι να παραλαμβάνει την πληροφορία. Πρόκειται για το interface προς το χρήστη και είναι πολύ σημαντικό γιατί αν δε λειτουργήσει σωστά, τότε όλη η δουλειά που γίνεται πίσω από το κομμάτι που έχει πρόσβαση ο χρήστης, πάει χαμένη. Οι τελικοί χρήστες οποιασδήποτε IoT εφαρμογής, έχουν ανάγκη να βιώνουν την ίδια εμπειρία ανεξάρτητα από το αν χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο, υπολογιστή ή tablet. Μπορεί οι χρήστες αυτοί να χειρίζονται διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, ή διαφορετικούς web browsers, ωστόσο όλοι αναμένουν την ίδια πληροφορία και την ίδια ποιότητα οπτικοποίησης.

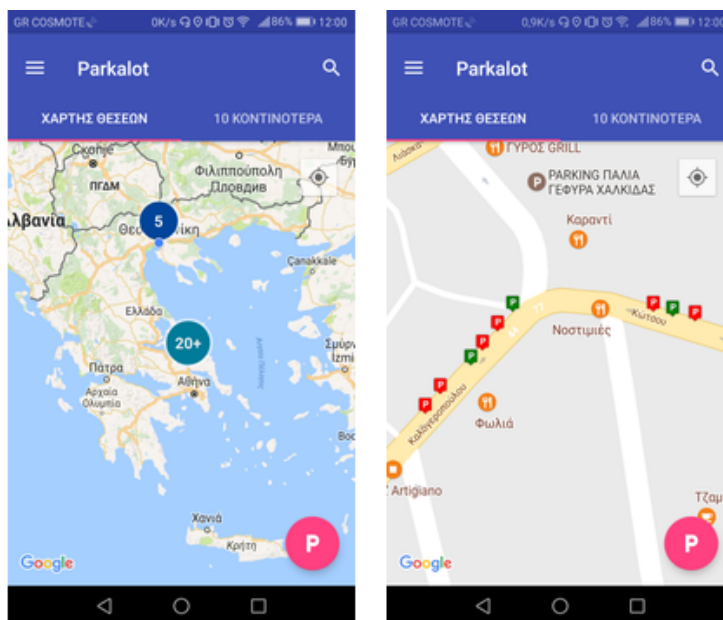
Χαρακτηριστικές περιπτώσεις έξυπνων εφαρμογών στον Ελλαδικό χώρο είναι αυτές του «έξυπνου φωτισμού» (Smart Lighting), της «έξυπνης στάθμευσης» (Smart Parking) και της «έξυπνης μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων» (Air Quality Monitoring) που λειτουργούν πιλοτικά στη Χαλκίδα, με ενιαία πλατφόρμα διαχείρισης.

Το έργο συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και της καθημερινότητας των κατοίκων της πόλης και υλοποιήθηκε από κοινού από τον Όμιλο ΟΤΕ, την Cisco, την ΚΑΥΚΑΣ και την ΟΤΣ. Σημειώνεται πως η λύση «έξυπνης» στάθμευσης, σε συνδυασμό με την εφαρμογή κινητών τηλεφώνων (mobile application), όπως φαίνεται και στην εικόνα 55, που αναπτύχθηκε από την ΟΤΣ και είναι διαθέσιμο για συσκευές Android και iOS, δίνει τη δυνατότητα στους οδηγούς να ενημερώνονται για τα σημεία όπου υπάρχουν ελεύθερες θέσεις στάθμευσης. Η εφαρμογή αναμένεται να συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του χρόνου εύρεσης θέσης στάθμευσης και κατ' επέκταση στην αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας και την εκπομπή ρύπων.



Εικόνα 55: Παράδειγμα εφαρμογής από κινητό

Ομοίως και σε άλλες πόλεις της Ελλάδας εφαρμογές όπως το έξυπνο παρκάρισμα έχει γίνει ήδη γνωστό και οι πολίτες έχουν ήδη εξοικειωθεί με τα smart apps στα κινητά τους τηλέφωνα. Η εικόνα που ακολουθεί είναι φωτογραφία από το περιβάλλον των χρηστών σε μια από αυτές τις «έξυπνες εφαρμογές» και συγκεκριμένα η Εικόνα 56 είναι στιγμιότυπο της εφαρμογής Parkalot.



Εικόνα 56: Εικόνα έξυπνης εφαρμογής

Κεφάλαιο 4: Έξυπνος μετρητής κατανάλωσης νερού

4.1 Έξυπνοι μετρητές

Οι έξυπνοι μετρητές (smart meters), είναι μιας νέας τεχνολογίας μετρητές οι οποίοι έρχονται να αντικαταστήσουν τους παλιούς τύπους μετρητές (επαγωγικούς) που έχουν τη δυνατότητα να μετρήσουν μόνο την κατανάλωση πχ νερού. Στην ουσία πρόκειται για ψηφιακούς ή ηλεκτρονικούς μετρητές με πάρα πολλές δυνατότητες. Έτσι, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας προέκυψε η ανάγκη μέτρησης της κατανάλωσης μέσω ευφυών συστημάτων μέτρησης, τους «έξυπνους μετρητές».

Οι ευφυείς μετρητές επιτρέπουν την παραγωγή, μετάδοση και ανάλυση δεδομένων σχετικά με την κατανάλωση, σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό απ' ότι τα «παραδοσιακά ρολόγια» ή «μη ευφυείς μετρητές». Κατά συνέπεια, παρέχουν επίσης τη δυνατότητα στους φορείς εκμετάλλευσης δικτύου (γνωστούς ως και διαχειριστές του δικτύου διανομής πχ. ΕΥΔΑΠ, ΔΕΥΑΧ), να συγκεντρώνουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας,

νερού ή αερίου και τα πρότυπα χρήσης. Σηματοδοτεί επίσης μια αλλαγή στη θεμελιώδη σχέση μεταξύ καταναλωτή- προμηθευτή.

Σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς μετρητές, η έξυπνη μέτρηση εισάγει ορισμένα νέα χαρακτηριστικά:

- Η αυτοματοποίηση ανάγνωσης μετρητών μειώνει το κόστος των αυξημένων μετρήσεων, στο βαθμό που η ανάγκη για εκτιμώμενη χρέωση γίνεται περιττή.
- Οι έξυπνοι μετρητές συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης υψηλής συχνότητας. Αυτή είναι μια προϋπόθεση για την εφαρμογή των τιμών που αντικατοπτρίζουν το κόστος της ενέργειας, ανάλογα με την περίπτωση κατά το χρόνο της κατανάλωσης.
- Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να σχεδιαστούν για να ενεργοποιήσουν την απομακρυσμένη ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της τροφοδοσίας, να ελέγξουν εξ αποστάσεως τις ηλεκτρικές συσκευές των καταναλωτών ή τις κατανεμημένες γεννήτριες.
- Παρέχουν κοντά σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες σχετικά με την ενέργεια - εκφρασμένες και σε ευρώ.
- Ο καταναλωτής θα είναι σε θέση να διαχειριστεί καλύτερα την κατανάλωση της ενέργειας του χώρου του, να εξοικονομήσει χρήματα.
- Θέτουν τέλος στην εκτιμώμενη χρέωση – θα γίνεται χρέωση μόνο για την ποσότητα που χρησιμοποιείται πραγματικά, βοηθώντας να βελτιωθεί ο προϋπολογισμός.
- Με την πάροδο του χρόνου οι έξυπνοι μετρητές θα κάνουν τον πάροχο υπηρεσιών ταχύτερο, καθιστώντας ευκολότερη την επίτευξη καλύτερων συμφωνιών.
- Τέλος, καθιστούν πιο εύκολη την ανίχνευση παραποιήσεων και κλοπών. Η προσδοκία γρήγορης ανίχνευσης και αντίδρασης στις προσπάθειες κλοπής μπορεί να αποθαρρύνει μια τέτοια συμπεριφορά και να μειώσει το κόστος προμήθειας.

Αυτά τα χαρακτηριστικά αναμένεται να αποφέρουν οφέλη στην ποιότητα και το κόστος των υπηρεσιών λιανικής, στην ανταπόκριση στις τιμές, στην εξοικονόμηση ενέργειας και νερού, στις επιδόσεις των υπηρεσιών διανομής και στο κόστος, στις λειτουργίες του συστήματος ηλεκτρισμού και στις διαδικασίες της βιομηχανίας. Τα οφέλη αναμένεται να διαφέρουν μεταξύ των τομέων της βιομηχανίας, με μεγαλύτερα οφέλη για την ηλεκτρική ενέργεια, στη συνέχεια για το φυσικό αέριο και, σε μικρότερο βαθμό, για το νερό. Προκειμένου να εκτιμηθεί κατά πόσον τα οφέλη έξυπνου μετρητή υπερβαίνουν το κόστος, τα κράτη μέλη διενήργησαν αναλύσεις κόστους-οφέλους, όπως προβλέπεται από τη νομοθεσία της ΕΕ. Μια έρευνα σχετικά με τις αναλύσεις αυτές που ολοκληρώθηκε σε αυτήν την έκθεση δείχνει ότι τα σχέδια ανάπτυξης έξυπνων μετρητών που εξετάζονται σε διαφορετικά κράτη μέλη διαφέρουν σημαντικά, όσον αφορά τους τομείς στους οποίους εφαρμόζεται η έξυπνη μέτρηση, η αρχιτεκτονική του συστήματος που έχει επιλεγεί και το πεδίο εφαρμογής του σχεδίου. Οι αναλύσεις αυτές καταλήγουν επίσης σε διαφορετικά συμπεράσματα, ενώ ορισμένα κράτη μέλη, όπως η Μεγάλη Βρετανία, η Γαλλία και η Ολλανδία, βρίσκουν θετική κοινωνική αξία, ενώ άλλες, μεταξύ των οποίων

η Γερμανία και το Βέλγιο, καταλήγουν στο αντίθετο συμπέρασμα τουλάχιστον για ορισμένα σενάρια και ομάδες καταναλωτών.

Τέλος, η αυτοματοποίηση ανάγνωσης μετρητών μειώνει το κόστος των αυξημένων μετρήσεων κάτι που αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων έξυπνης μέτρησης. Οι συχνές αναγνώσεις μετρητών διευκολύνουν την οικονομική διαχείριση του πελάτη. Παρέχουν στους προμηθευτές τη δυνατότητα να εντοπίζουν τους καταναλωτές που κινδυνεύουν να δημιουργήσουν μεγάλα χρέη και επίσης να λάβουν προληπτικά μέτρα, για παράδειγμα, προειδοποιώντας έναν καταναλωτή σχετικά με την ανώμαλη κατανάλωση και παρέχοντάς του συμβουλές ενεργειακής απόδοσης. Οι έξυπνοι μετρητές μειώνουν επίσης το κόστος ανάκτησης του οφειλόμενου χρέους, μειώνοντας το κόστος διακοπής της υπηρεσίας, την επιβολή ανώτατου ορίου στην απόσυρση εξουσίας ή τη μετάβαση από πίστωση σε υπηρεσία προπληρωμής. Οι έξυπνοι μετρητές μειώνουν το κόστος εφαρμογής αλλαγών που διαφορετικά θα απαιτούσαν πρόσβαση μηχανικού στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή.

4.2 Δυνατότητες Έξυπνου Μετρητή Νερού

Οι δυνατότητες που μας προσφέρουν οι έξυπνοι μετρητές νερού ή αλλιώς τα υδρόμετρα, είναι πάρα πολλές και δίνουν μεγάλη ευελιξία και πολλές δυνατότητες τόσο στους καταναλωτές, όσο και στις εταιρίες παροχής νερού. Οι βασικές δυνατότητες που προσφέρουν είναι οι εξής:

- Αυτόματες μετρήσεις της κατανάλωσης νερού
- Πλήθος δεδομένων σχετικά με τον χρόνο κατανάλωσης
- Δυνατότητα εντοπισμού σπατάλης λόγω διαρροών
- Οικονομία στην κατανάλωση και ταχύτερη επισκευή διαρροών.
- Δυνατότητα ειδοποίησης της ύπαρξης διαρροής (alarms, sms, emails)
- Οικονομία σε ανθρώπινους πόρους και μείωση στο κόστος καυσίμων που απαιτείται για να γίνει επιτόπια λήψη μετρήσεων.
- Real time εικόνα της κατανάλωσης
- Πιθανή δυνατότητα πληρωμής λογαριασμών από το σπίτι μέσω κάποιου application

4.3 Λύση Μετρητών Sensus

Η Sensus είναι μια εταιρία που δραστηριοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο, παρέχοντας έξυπνες τεχνολογίες και υπηρεσίες για παροχές νερού, φυσικού αερίου, ηλεκτρικού και φωτισμού. Ασχολείται με το να μειωθεί το νερό που χάνεται και να αυξηθούν τα έσοδα από τις επενδύσεις που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί στο σύστημα διανομής.

Σε αντίθεση με την τεχνολογία NB-IoT που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία, η Sensus έχει αναπτύξει ένα δίκτυο επικοινωνίας με το όνομα FlexNet (ραδιοσύστημα μεγάλης εμβέλειας για έξυπνες λύσεις), επικοινωνώντας σε αυτό αισθητήρες, λογισμικό, και υπηρεσίες, με στόχο να συλλέγει δεδομένα από πολλά σημεία για να ανιχνεύονται και να εντοπίζονται τα δεδομένα σε όλο το σύστημα ύδρευσης.

Οι μετρητές της Sensus παρέχουν υψηλό βαθμό ακρίβειας και όταν χρησιμοποιείται μαζί με τη λύση Advanced Metering Infrastructure (AMI), η ανάγνωση μετρητών και η τιμολόγηση μπορούν να αυτοματοποιηθούν, για να μειωθεί σημαντικά το λειτουργικό κόστος.

Χαρακτηριστικά των μετρητών Sensus:

- Λύσεις για κάθε τεχνολογική προσέγγιση που αναπτύσσεται
- Χειροκίνητες ή ασύρματες επιλογές μέτρησης ανάγνωσης
- Συστήματα συνδυασμού AMR / AMI ή τεχνολογίες πολλαπλών πωλητών
- Έλεγχος τιμολόγησης και δυνατότητες διόρθωσης

4.3.1 Sensus iPERL

Ένα παράδειγμα έξυπνου μετρητή είναι ο μετρητής iPERL της εταιρείας Sensus Metering Systems. Πρόκειται για έναν υδρομετρητή υψηλής επίδοσης, χωρίς κινητά μέρη και είναι της μορφής αυτής (Εικόνα 57).



Εικόνα 57: Sensus iPERL

Όσον αφορά την τεχνολογία του iPERL, η χρήση της τεχνολογίας του παραμένοντος μαγνητικού πεδίου που χρησιμοποιεί το iPERL, συνδυασμένη με την μαγνητική μετρητική τεχνολογία, απαιτεί πολύ λίγη ενέργεια από τους τυπικούς ηλεκτρομαγνητικούς μετρητές και είναι δυνατόν η μπαταρία αν έχει αναμενόμενη διάρκεια ζωής και 20 έτη, προσφέροντας

πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια, ακόμα και με διακεκομμένες ή πολύ χαμηλές παροχές. Η τεχνολογία του παραμένουτος μαγνητικού πεδίου , μεταφέρει έναν παλμό ρεύματος σε ένα πηνίο προκειμένου να μαγνητισθεί ένα μικρό τμήμα ενός μαγνητικού υλικού. Το μαγνητικό υλικό διατηρεί την ισχύ του μαγνητικού πεδίου, χωρίς να απαιτείται συνεχής κατανάλωση της μπαταρίας και διατηρεί χαμηλό τον ηλεκτρικό θόρυβο, επιτρέποντας έτσι την ακριβή μέτρηση ακόμα και των χαμηλότερων παροχών, αφού η μέτρηση είναι συνεχής και όχι δειγματοληπτική σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Συγκριτικά με τους πιο προηγμένους μηχανικούς μετρητές, μπορούν να καταγράψουν μέχρι και 20% χαμηλότερη κατανάλωση.

4.3.2 Συστήματα αυτοματισμών AMR/AMI

Οι έξυπνοι μετρητές, προσφέρουν την σημαντική δυνατότητα της άμεσης καταγραφής και αποστολής δεδομένων που αφορούν στοιχεία της κατανάλωσης του κάθε πελάτη της επιχείρησης νερού. Η επιχείρηση νερού οφείλει να συλλέγει τα απεσταλμένα από τους μετρητές δεδομένα με ένα αξιόπιστο, αποτελεσματικό και προ πάντων αυτοματοποιημένο τρόπο. Οι συσκευές ανάγνωσης μετρητών που χειρίζονται έναν όγκο δεδομένων κάθε μέρα και η εισαγωγή αυτών των δεδομένων με το χέρι μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα για ανθρώπινο λάθος. Η διασφάλιση ότι τα δεδομένα αυτά είναι ακριβή, έγκαιρα και αναλύονται είναι το κλειδί για την αύξηση των ταμειακών ροών, σε συνδυασμό με την ικανοποίηση του πελάτη.

Δύο είναι οι βασικές τεχνολογίες μέτρησης:

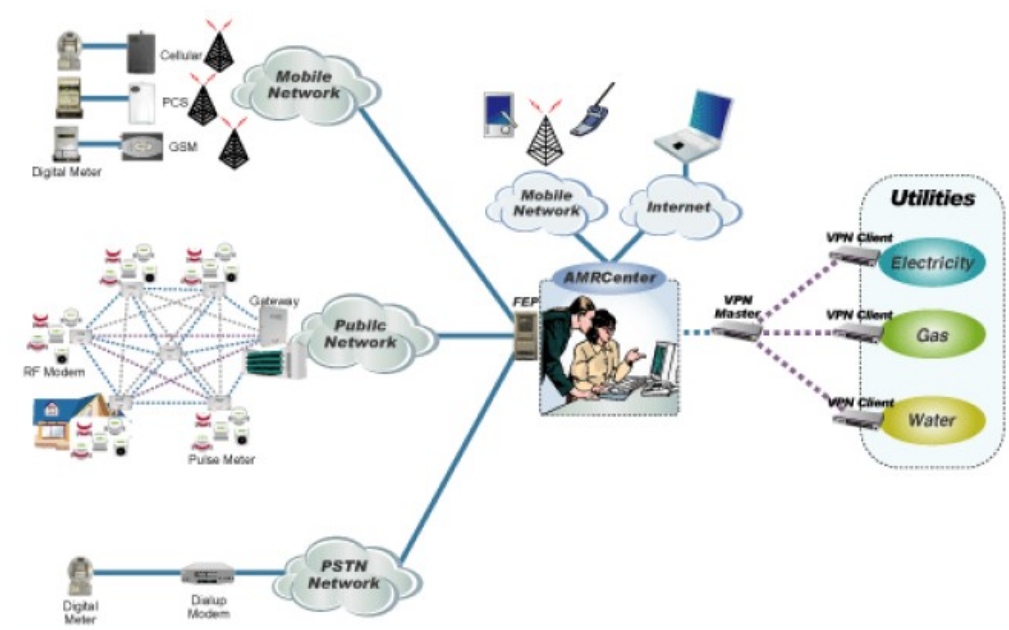
- Τα συστήματα μετρητών αυτόματης προσπέλασης (AMR- automated meter reading).
- Τα συστήματα προηγμένων μετρητικών υποδομών (AMI- advanced metering infrastructure).



Εικόνα 58: Τρόπος Λειτουργίας Συστημάτων Μέτρησης

4.3.2.1 Συστήματα AMR

Τα συστήματα μετρητών αυτόματης προσπέλασης (AMR- automated meter reading) συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης του δικτύου και κατάστασης των διακοπών από τους ηλεκτρονικούς μετρητές και τα αποστέλλουν σε βάσεις δεδομένων του διαχειριστή της εταιρίας νερού για την περαιτέρω ανάλυσή τους. Η επικοινωνία γίνεται μέσω τηλεπικοινωνιακών διαύλων, ενσύρματους ή ασύρματους. Τα δεδομένα συλλέγονται από τον διακομιστή του διαχειριστή, είτε ανά προκαθορισμένα τακτά χρονικά διαστήματα, είτε σε έκτακτα, μέσα από σχετική αίτηση του διακομιστή του διαχειριστή (Εικόνα 58). Δεν είναι «έξυπνα» συστήματα και γι' αυτό αποτελούν τον παραδοσιακό τρόπο μέτρησης.



Εικόνα 59: Το κέντρο του AMR

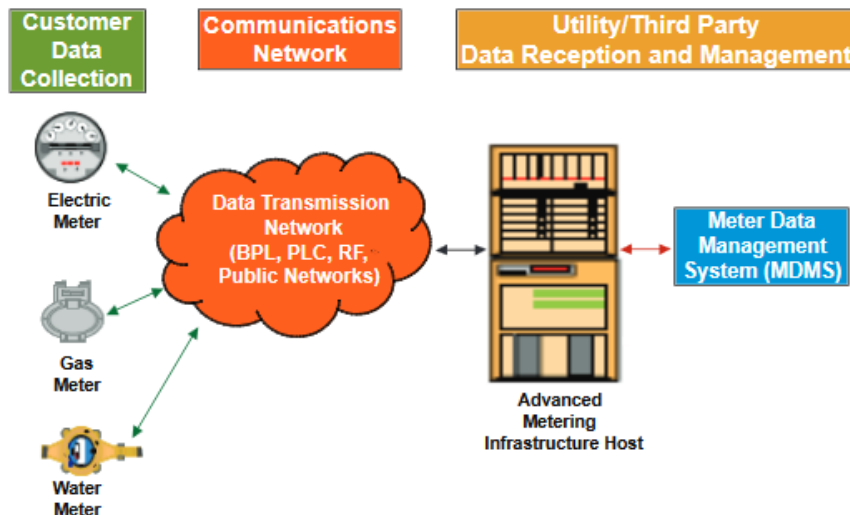
4.3.2.2 Συστήματα AMI

Τα συστήματα προηγμένων μετρητικών υποδομών (AMI- advanced metering infrastructure) αποτελούν δεύτερης γενιάς αυτοματισμών. Πρόκειται για μια πλατφόρμα μέτρησης δεδομένων, τηλεπικοινωνιών, λογισμικού επεξεργασίας δεδομένων και αυτοματισμών. Αποτελεί ένα σύνθετο και δυναμικό σύστημα που βασίζεται στην από κοινού λειτουργία υφισταμένων, βελτιωμένων ή μη, και νέων υποδομών σε υλικό και λογισμικό. Υποστηρίζει όλες τις φάσεις που περνά μια πληροφορία μέτρησης στον κύκλο ζωής: από την ανάκτηση, αποθήκευση και μετάδοσή της σε κέντρα διαχείρισης, ως την καταγραφή, την επεξεργασία και τη χρήση της για εκτέλεση βασικών λειτουργιών τιμολόγησης, εφαρμογών IT (Information Technology) και λειτουργιών απομακρυσμένου ελέγχου.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 60:

AMR + αμφίδρομη επικοινωνία + ικανότητα πραγματικού χρόνου = AMI

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα του AMI είναι η αμφίδρομη επικοινωνία, δηλαδή η δυνατότητα να στέλνονται εντολές στις συσκευές.



Εικόνα 60: Τρόπος Λειτουργίας AMI συστήματος

Τέλος, ένα σύστημα AMI, εκτός από την δυνατότητα αυτοματοποιημένης διαδικασίας μέτρησης και υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας, παρέχει ένα πλήθος ολοκληρωμένων υπηρεσιών. Υπάρχει, η δυνατότητα απεικόνισης της κατανάλωσης νερού σε πραγματικό χρόνο (real time) ή κοντά σε πραγματικό χρόνο (near real time) και συνεπώς δυνατότητα κοστολόγησης άμεσα, αφού οι μετρήσεις λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Έτσι ο διαχειριστής αλλά και ο πελάτης, μπορεί να ξέρει με ακρίβεια την κατανάλωση και την αντίστοιχη τιμολόγηση της στο χρονικό διάστημα που αυτή συμβαίνει.

Η λύση AMI εξυπηρετεί περισσότερο από:

- 12 εκατομμύρια τελικά σημεία νερού
- 7 εκατομμύρια τελικά σημεία αερίου
- 19 εκατομμύρια μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας
- 14 εκατομμύρια τελικά σημεία συνδυασμού-χρησιμότητας

4.4 Λύση Μετρητών NB-IoT

Για τη λύση των μετρητών NB-IoT, έγινε εκτενής αναφορά στο κεφάλαιο 3. Όπως ειπώθηκε, ο NB-IoT μετρητής νερού βασίζεται στην τεχνολογία επικοινωνίας NB-IoT, με τα πλεονεκτήματα όπως η πανταχού παρούσα κάλυψη ευρείας περιοχής, γρήγορη αναβάθμιση του υπάρχοντος δικτύου, χαμηλής ισχύος κατανάλωση εξασφαλίζοντας για 10 χρόνια διάρκεια ζωής μπαταρίας, υψηλή ζεύξης, χαμηλό κόστος τερματικού, υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια δικτύου υψηλού επιπέδου κλάσης φορέα (carrier-class), πλατφόρμα διαχείρισης.



Εικόνα 61: IoT Συνδεσιμότητα

Κεφάλαιο 5: Πιλοτικό Ιλισού

5.1 Εισαγωγή

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δημοτικά δίκτυα ύδρευσης είναι πολλά, το σοβαρότερο εκ των οποίων είναι ότι ένα σημαντικό ποσοστό (έως και 60%) του νερού που καταναλώνεται δεν χρεώνεται. Προβλήματα συναντώνται σε διαρροές και στην άνευ ελέγχου κατανάλωση του νερού που χρησιμοποιεί κάθε νοικοκυριό. Με το έργο της μέτρησης της κατανάλωσης του νερού με τη χρήση της τεχνολογίας NB-IoT, εγκαθίστανται αισθητήρες και μετρητές στο υπάρχον δίκτυο ύδρευσης για τη μέτρηση της ποιότητας του, την ανίχνευση διαρροών και παράνομων συνδέσεων και τέλος την μέτρηση της κατανάλωσης του νερού.

Στόχος του πιλοτικού έργου, που υλοποιούν από κοινού ο Όμιλος ΟΤΕ, η Wings ICT Solutions και η Olymrios, είναι να αποδειχθεί στην πράξη το όφελος που προκύπτει για τις εταιρίες κοινής ωφέλειας και τους καταναλωτές από την υιοθέτηση έξυπνων τεχνολογιών και συγκεκριμένα από την υλοποίηση της έξυπνης μέτρησης νερού με NB-IoT.

Συνεισφορά συνεργατών:

- Ο ρόλος της Cosmote

Η Cosmote είχε την αρχική ιδέα για την υλοποίηση του πιλοτικού, και ήταν ο συντονιστής του. Επίσης, συνέβαλε αρχικά με την παροχή ενός από τα κτίρια που έχει στην κατοχή της, ώστε να γίνει η εκπόνηση του πιλοτικού έργου, καθώς και με την παροχή του τηλεπικοινωνιακού της δικτύου, το οποίο ήταν απαραίτητο για τη μετάδοση των πληροφοριών με τεχνολογία NB-IoT. Τέλος, οι κάρτες NB-IoT Sim που τοποθετήθηκαν στα NB-IoT modems της Wings δόθηκαν από την Cosmote.

- Ο ρόλος της Wings

Η εταιρεία Wings ICT Solutions για την εκπόνηση του πιλοτικού έργου παρείχε τον εξοπλισμό NB-IoT modem, την πλατφόρμα (dashboard monitoring) και την εμπειρία αλγορίθμων μελέτης συμπεριφορών νερού που είναι ενσωματωμένοι στην πλατφόρμα.

- Ο ρόλος της Olympios

Η εταιρία Olympios ήταν αυτή που παρείχε τα υδρόμετρα της και επίσης συνείσφερε με την εμπειρία της στην αγορά του νερού.



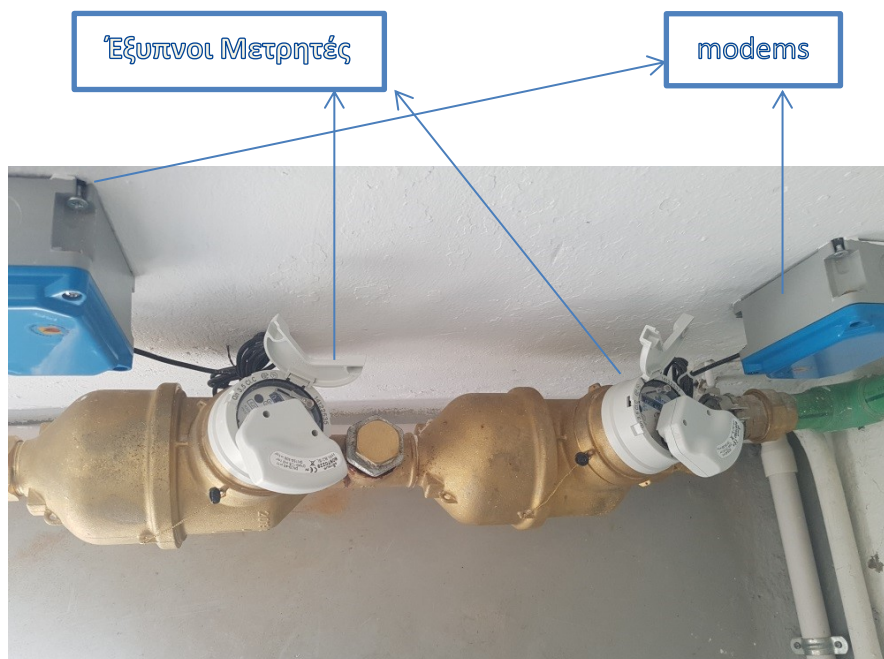
Εικόνα 62: Δύο οι έξυπνοι μετρητές νερού

5.2 Περιγραφή

Στο υπόγειο του κτιρίου και συγκεκριμένα στο τελευταίο σημείο ευθύνης του παρόχου ύδρευσης, εκεί όπου υπήρχε σωλήνας με τον αναλογικό μετρητή νερού του κτιρίου,

τοποθετήθηκαν 2 ψηφιακοί μετρητές και 2 modems τεχνολογίας NB-IoT, όπως φαίνεται στην Εικόνα 63.

Πρόκειται για δύο συσκευές που τοποθετήθηκαν στο ήδη υπάρχον δίκτυο της ελληνικής εταιρίας ύδρευσης, χωρίς να χρειάζεται για τη λειτουργία τους να προκύψει νέα μελέτη και κατασκευή νέου δικτύου, κάτι που δε θα ήταν συμφέρον για τις εταιρείες κοινής ωφέλειας.



Εικόνα 63: Άποψη μετρητών και NB-IoT modems

5.3 Τρόπος λειτουργίας των μετρητών

Η τοποθέτηση δυο μετρητών και δύο NB-IoT modems έχει να κάνει με τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το καθένα. Πρακτικά, το πείραμα αυτό έγινε για δύο λόγους:

Ο πρώτος λόγος αφορά την ενέργεια που καταναλώνεται με τη χρήση τους. Συγκεκριμένα, έχει ενδιαφέρον να αποδειχθεί ποιος τρόπος λειτουργίας είναι ενεργειακά πιο αποδοτικός, δηλαδή ποιού NB-IoT modem εκ των δύο η μπαταρία μπορεί να διαρκέσει περισσότερο. Δεύτερον, είναι σημαντικό να επιβεβαιωθεί στην πράξη ότι και οι δύο μετρητές στέλνουν για την ίδια χρονική στιγμή, ίδιες μετρήσεις στην πλατφόρμα και ότι δεν υπάρχουν αποκλίσεις.

Ο ένας μετρητής για να μετρήσει την κατανάλωση του νερού λειτουργεί με m-bus (μετρητής ταλαντευόμενου πεδίου). Στην πραγματικότητα αυτό που κάνει, είναι να μετράει τη συχνότητα με την οποία το νερό, το οποίο εισέρχεται στον μετρητή προσάπτεται πρώτα στον ένα από τα δύο αποκλίνοντα πλαϊνά τοιχώματα και έπειτα στο άλλο. Η αρχή λειτουργίας

βασίζεται στο φαινόμενο Coanda, δηλαδή της τάσης ενός ρευστού να προσάπτεται σε μια κοντινή επιφάνεια.

Αντίθετα, ο δεύτερος μετρητής λειτουργεί παλμικά (ηλεκτρομαγνητικός μετρητής), βασίζεται δηλαδή στο νόμο της επαγωγής του Faraday. Μια ηλεκτρική τάση δημιουργείται, όταν το αγωγίμο ρευστό διέρχεται μέσα από το μαγνητικό πεδίο. Όσο πιο γρήγορα διέρχεται το νερό, τόσο μεγαλύτερη τάση ρεύματος εμφανίζεται και καταμετράται. Η τάση είναι γραμμικά ανάλογη με την ταχύτητα.



Εικόνα 64: Μετρητής 1 και 2

Τα αποτελέσματα των πρώτων μηνών και για τους δύο μετρητές έδειξαν ότι δεν παρατηρείται καμία ενεργειακή διαφορά στις τιμές των μετρήσεων που καταγράφονται και από τους δύο μετρητές. Για το λόγο αυτό μετά το Σεπτέμβριο του 2018, οι μετρήσεις συνεχίστηκαν με τον παλμικό μετρητή 2, μιας και το μεγαλύτερο μέρος των έξυπνων μετρητών παγκοσμίως λειτουργούν με αυτού του είδους τους μετρητές.

Αποδείχθηκε επίσης, πως οι μετρητές, είτε λειτουργούσαν με m-bus, είτε χωρίς m-bus, έδιναν ίδια αποτελέσματα στις μετρήσεις. Στη σύγκριση που γίνεται παρακάτω για το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου του 2018, αποδεικνύεται αυτή η συμπεριφορά τους.

Έστω π.χ. η μέτρηση της 5^{ης} Ιουνίου 2018: ο μετρητής 1 έδωσε 3.016 λίτρα κατανάλωσης (πίνακας 2), ενώ ο μετρητής 2 έδωσε 3032 λίτρα κατανάλωσης (πίνακας 3). Αυτές οι μετρήσεις είναι παρόμοιες και θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις.

Ίδια εικόνα παρατηρείται στις τιμές του νερού που καταναλώθηκε, κατά τη διάρκεια όλων των μηνών που μετρούσαν παράλληλα οι δύο μετρητές (Μάιος 2018-Σεπτέμβριος 2018).

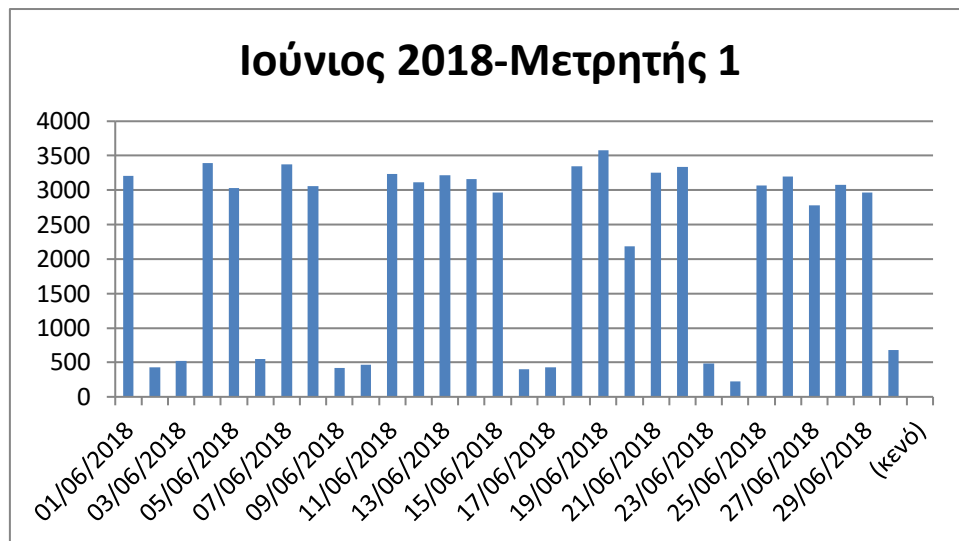
Πίνακας 2: Μετρητής 1, 15/6/2018

Ετικέτες γραμμής ▾	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(LT)
01/06/2018	3211
02/06/2018	433
03/06/2018	517
04/06/2018	3395
05/06/2018	3016
06/06/2018	558
07/06/2018	3375
08/06/2018	3059
09/06/2018	416
10/06/2018	221
11/06/2018	3242
12/06/2018	3117
13/06/2018	3212
14/06/2018	3155
15/06/2018	2964

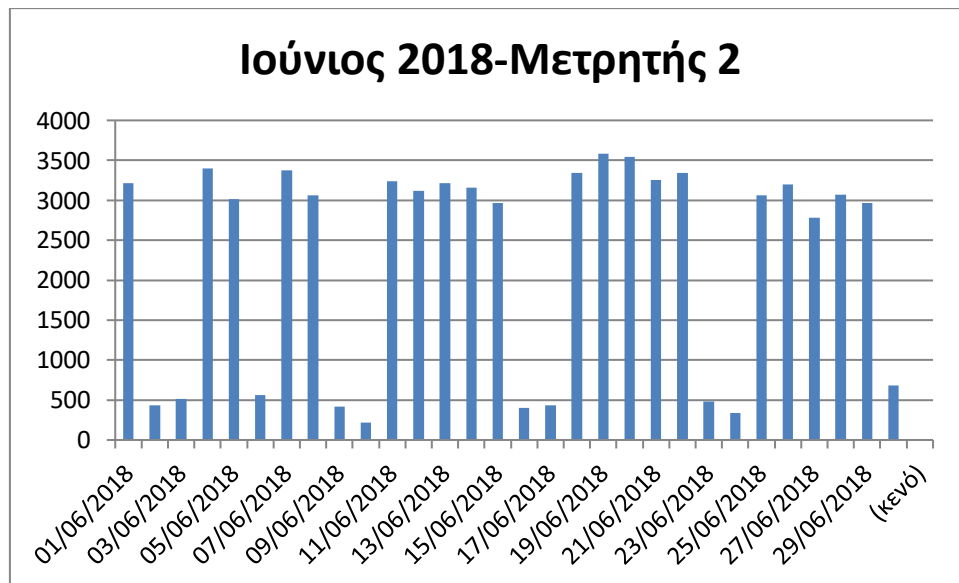
Πίνακας 3: Μετρητής 2, 15/6/2018

Ετικέτες γραμμής ▾	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(LT)
01/06/2018	3204
02/06/2018	431
03/06/2018	517
04/06/2018	3392
05/06/2018	3032
06/06/2018	552
07/06/2018	3375
08/06/2018	3059
09/06/2018	415
10/06/2018	467
11/06/2018	3235
12/06/2018	3117
13/06/2018	3212
14/06/2018	3165
15/06/2018	2966

Για τον Ιούνιο 2018, τα συγκεντρωτικά διαγράμματα που δημιουργήθηκαν, επιβεβαιώνουν όσα προηγήθηκαν και γραφικά:



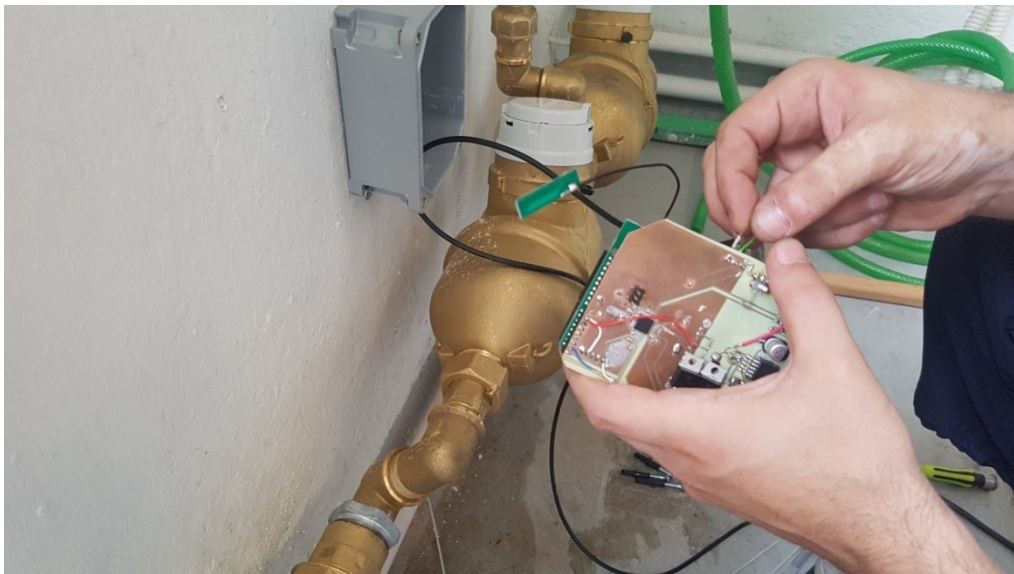
Εικόνα 65: Μετρητής 1 Ιούνιος 2018



Εικόνα 66: Μετρητής 2 Ιούνιος 2018

5.4 Τα Modems

Η επικοινωνία των μετρητών με τα NB-IoT Modems γίνεται με τη χρήση καλωδίου. Τα NB-IoT modems χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας που παίρνουν οι έξυπνοι μετρητές και να την αποστέλλουν προς τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ώστε μετέπειτα να απεικονιστεί στο αντίστοιχο software του κατασκευαστή.



Εικόνα 67: Πλακέτα Modem NB-IoT

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 67, πρόκειται για ένα NB-IoT modem (modulator-demodulator)- μια συσκευή που περιέχει μια κατάλληλα διαμορφωμένη πλακέτα με τα απαραίτητα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, ώστε να γίνεται με επιτυχία η διαμόρφωση και η αποδιαμόρφωση του σήματος, δηλαδή η επικοινωνία με τα υπόλοιπα μέρη του οικοσυστήματος.

Η διαφορά με τα modems που έχουμε στο σπίτι μας βρίσκεται στην τροφοδοσία του. Τα kits που χρησιμοποιούνται σε έξυπνες μετρήσεις λειτουργούν με μπαταρία και όχι με ρεύμα. Όπως συζητήσαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι μπαταρίες αυτές έχουν μέσο χρόνο ζωής στα 10 χρόνια κάτι που κάνει την έξυπνη αυτή λύση συμφέρουσα για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, αλλά και για τους καταναλωτές.

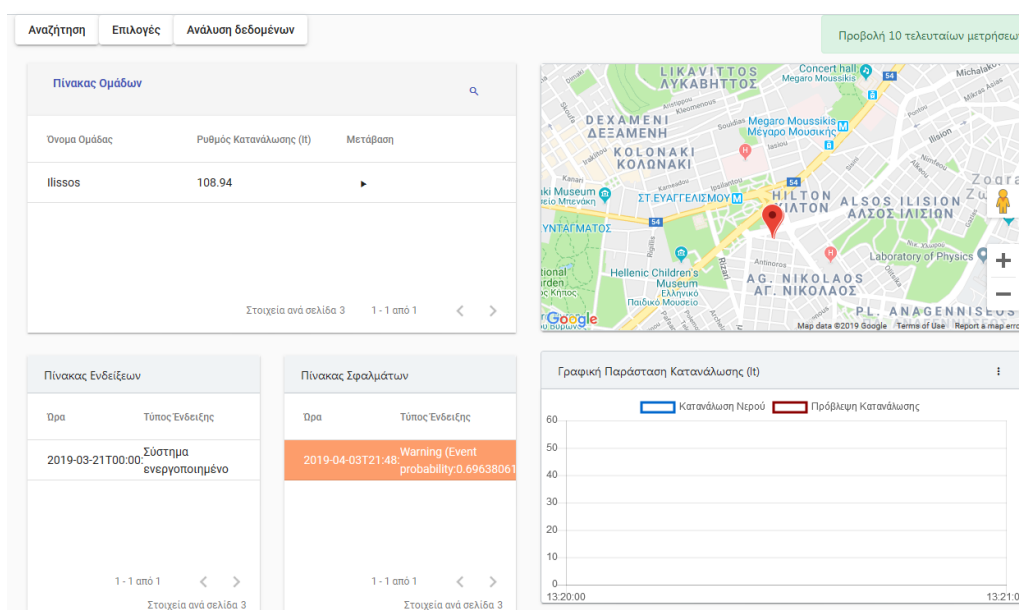
5.5 Η πλατφόρμα

Πλατφόρμα ή αλλιώς middleware. Πρόκειται για ένα «εργαλείο», από το οποίο μπορούμε να έχουμε καθολική εικόνα των πληροφοριών που δίνουν οι μετρητές. Κατασκευάστηκε από τη Wings Ict Solutions και είναι φτιαγμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να συνδεθεί σε αυτή

μεγάλος αριθμός μετρητών και να ελέγχονται παράλληλα από πολλούς χρήστες, από όποιο σημείο και αν βρίσκονται. Πληροφορίες όπως αυτές για το μήνα Ιούνιο 2018 που προηγήθηκαν σε συγκεντρωτικούς πίνακες και συγκεντρωτικά γραφήματα, είναι αποτέλεσμα αυτής της πλατφόρμας.

Γνωριμία με την πλατφόρμα

Με την είσοδο στην back-end εφαρμογή, έχει κανείς τη δυνατότητα να δει την εξής εικόνα:



Εικόνα 68: Αρχική εικόνα της πλατφόρμας

Στην αρχική οθόνη είναι συγκεντρωμένες χρήσιμες πληροφορίες, κατηγοριοποιημένες σε πέντε διαφορετικές καρτέλες. Με τη δυνατότητα που δίνεται στο χρήστη, μπορούν να επιλέγονται χειροκίνητα μια-μία οι ομάδες των μετρητών από τον πίνακα ομάδων που βρίσκεται στην πάνω αριστερά πλευρά της οθόνης, ώστε να περιορίζονται οι μετρητές που είναι κάθε φορά προς έλεγχο. Έτσι, ο χρήστης επιλέγοντας το βέλος που βρίσκεται δίπλα από το όνομα της ομάδας, αυτόματα μεταβαίνει στους δύο μετρητές της ομάδας Ilissos (Εικόνα 68).

Πίνακας Ομάδων		
Όνομα Ομάδας	Ρυθμός Κατανάλωσης (lt)	Μετάβαση
Ilissos	108.94	▶

Στοιχεία ανά σελίδα 3 1 - 1 από 1 < >

Εικόνα 69: Πίνακας Ομάδων

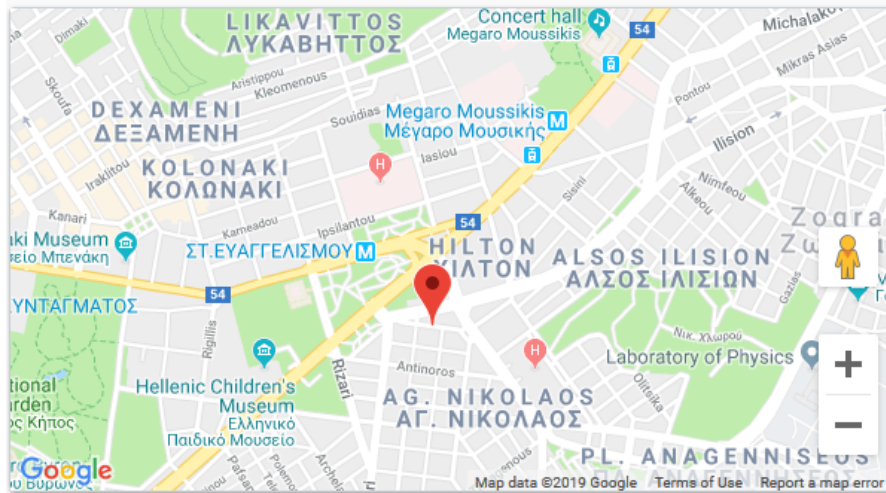
Στο ίδιο ακριβώς σημείο της οθόνης ανοίγει νέα καρτέλα με το όνομα «Πίνακες Υδρομετρητών», στην οποία φαίνονται οι δύο μετρητές που είναι διαθέσιμοι για την ομάδα Ilissos, ο Ilissos_meter_001 και ο Ilissos_meter_002 (εικόνα 70). Για να εισέλθει ο χρήστης στο μετρητή Ilissos_meter_001 ή Ilissos_meter_002 αρκεί να επιλέξει το σειριακό αριθμό του υδρομετρητή που θέλει.

Πίνακας Υδρομετρητών		
Σειριακός Αρ. Υδρομετρητή	Ρυθμός Κατανάλωσης (lt)	Διαχείριση
Ilissos_meter_001	110.35	⋮
Ilissos_meter_002	0	⋮

Στοιχεία ανά σελίδα 3 1 - 2 από 2 < >

Εικόνα 70: Πίνακας Υδρομετρητών

Επάνω και δεξιά της αρχικής οθόνης βρίσκεται ένας χάρτης, με τη βοήθεια του οποίου ο χρήστης επιτόπου μετά την επιλογή της ομάδας, αποκτά γεωγραφική γνώση για το σημείο που είναι οι μετρητές. Σύμφωνα με την εικόνα 71, τοποθετείται ο κέρσορας στο σημείο που εγκαταστάθηκαν οι μετρητές.



Εικόνα 71: Χάρτης μετρητών

Κάτω και αριστερά της εικόνας 68, υπάρχουν οι πίνακες ενδείξεων και σφαλμάτων στα οποία καταγράφονται πληροφορίες, όπως αν το σύστημα είναι ενεργοποιημένο ή αν έχουν προκύψει μη κανονικές τιμές, βάσει των προβλέψεων που κάνει ο αλγόριθμος για τις ημερήσιες μετρήσεις (εικόνα 72). Αν για παράδειγμα προκύψει κάποια διαρροή στο δίκτυο του νερού, ο πίνακας σφαλμάτων θα ενημερωθεί, ενημερώνοντας ότι υφίσταται κάποιο μη φυσιολογικό συμβάν.

Πίνακας Ενδείξεων		Πίνακας Σφαλμάτων	
Ωρα	Τύπος Ένδειξης	Ωρα	Τύπος Ένδειξης
2019-03-21T00:00:	Σύστημα ενεργοποιημένο	2019-04-03T21:48:	Warning (Event probability:0.69638061)
1 - 1 από 1 < >		1 - 1 από 1 < >	
Στοιχεία ανά σελίδα 3		Στοιχεία ανά σελίδα 3	

Εικόνα 72: Πίνακες Ενδείξεων και Σφαλμάτων

5.6 Case Study - Ιανουάριος 2019

Ο Ιανουάριος επιλέχθηκε τυχαία για να μελετηθεί στο διάστημα αυτό το πιλοτικό έργο της μέτρησης κατανάλωσης νερού: λειτουργία μετρητών, αποτελεσματικότητα αλγορίθμου, επικοινωνία με την πλατφόρμα της Wings-Ict-Solutions, γραφικές παραστάσεις, ενδείξεις διαρροών κτλ.

Όσον αφορά τη λειτουργία των μετρητών, οι μετρήσεις που αποθηκεύονται και κατ' επέκταση οι γραφικές παραστάσεις που δημιουργούνται, είναι αποτέλεσμα ενός ή και περισσότερων αλγορίθμων που «τρέχουν» πίσω από την εφαρμογή.

Οι αλγόριθμοι είναι φτιαγμένοι έτσι, ώστε να προβλέπεται η ημερήσια κατανάλωση νερού του εκάστοτε κτιρίου, με βάση την κατανάλωση προηγούμενων μετρήσεων. Αυτό δηλαδή που κάνουν είναι να συγκρίνουν προηγούμενες μετρήσεις και να μπορούν να προβλέπουν αν θα υπάρξει κάποιο χειρίστο σενάριο, πχ. διαρροής στην περίπτωση του νερού.

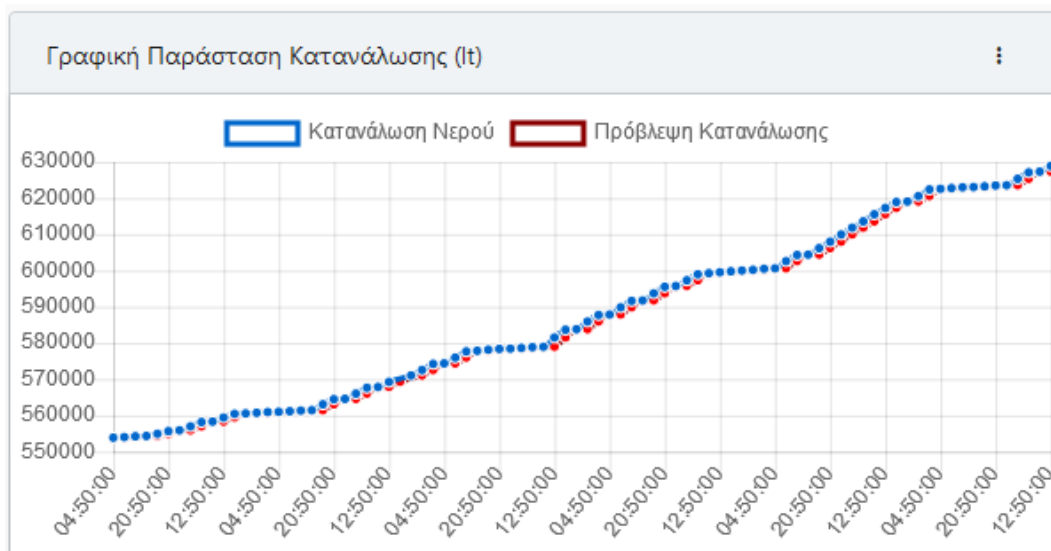
Για το λόγο αυτό, στο κάτω και δεξιά μέρος της αρχικής οθόνης υπάρχει μια γραφική παράσταση, από την οποία ο χρήστης μπορεί να αντλήσει δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση σε λίτρα, για όσο χρονικό διάστημα ορίσει ο ίδιος χειροκίνητα.

Για τον ορισμό του χρονικού διαστήματος, από το μενού, στην καρτέλα «επιλογές», γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων (ημέρας και ώρας):

Αναζήτηση		Επιλογές	Ανάλυση δεδομένων	
Εισαγωγή Δεδομένων				
Ιστορικά Δεδομένα		Πρόσφατα Δεδομένα		
Από				
Εισαγωγή Ημέρας *	1/1/2019	Εισαγωγή Ώρας *	00:00	
Εως				
Εισαγωγή Ημέρας *	31/1/2019	Εισαγωγή Ώρας *	00:00	
			Άκυρο	Ok

Εικόνα 73: Εισαγωγή δεδομένων ημέρας και ώρας

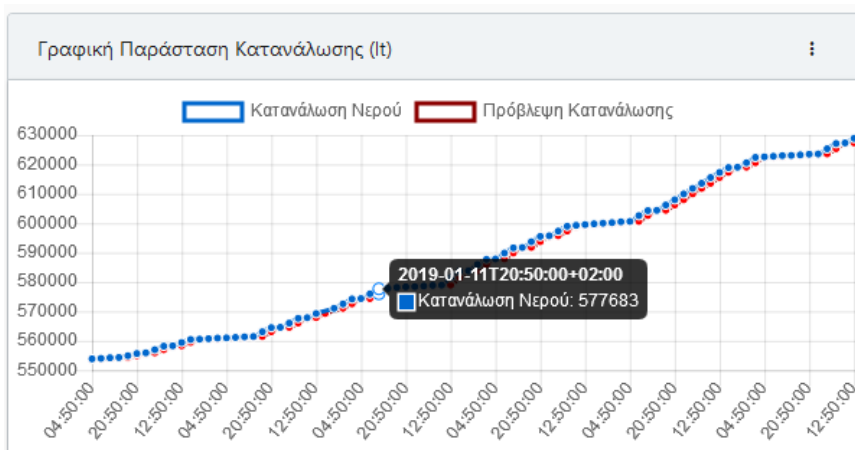
Με την επιβεβαίωση των δεδομένων προκύπτει το γράφημα της εικόνας 74. Στον κάθετο άξονα καταγράφονται σε λίτρα η ποσότητα νερού που καταναλώνεται ανά μέτρηση, ενώ στον οριζόντιο άξονα απεικονίζονται οι ώρες που πραγματοποιούνται οι μετρήσεις.



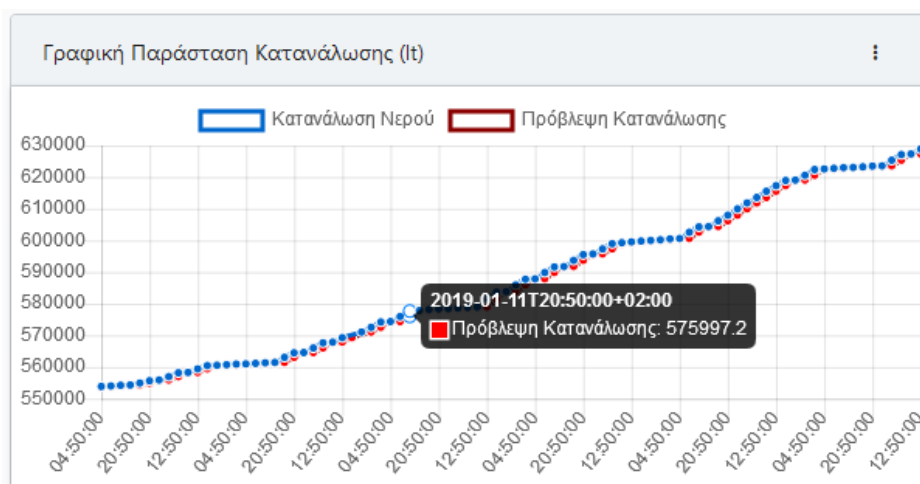
Εικόνα 74: Γραφική Παράσταση Κατανάλωσης

Επίσης, όπως επεξηγεί και το υπόμνημα, με μπλε σημείο απεικονίζεται η κατανάλωση νερού (realvalues), ενώ με κόκκινο καταγράφεται η πρόβλεψη της κατανάλωσης (predvalues), η οποία πάντα προηγείται γραφικά της κανονικής μέτρησης.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των εικόνων 75 και 76, καθώς επιλέχθηκε τυχαία η 11^η Ιανουαρίου 2019 και συγκεκριμένα η μέτρηση που έγινε στις 20:50. Σε αυτό το παράδειγμα, η κατανάλωση του νερού ανήλθε στα 57.7683 λίτρα (εικόνα 75), ενώ η πρόβλεψη έδειχνε ότι την 11^η Ιανουαρίου 2019, την ώρα 20:55, βάσει των προηγούμενων μετρήσεων, περιμένουμε να έχουν καταναλωθεί 57.5997,2 λίτρα (εικόνα 76). Με μια γρήγορη ματιά η διαφορά τους είναι πολύ μικρή, πράγμα που σημαίνει ότι η πρόβλεψη κατανάλωσης δε θα μπορούσε να λείπει, αφού αν εντοπιστεί κάποια διαρροή στο δίκτυο για διάστημα κάποιων ωρών αυτή με ευκολία θα μπορέσει να εντοπιστεί και να καταγραφεί.



Εικόνα 75: Κατανάλωση Νερού 11/1/2019, 20:50



Εικόνα 76: Κατανάλωση Νερού 11/1/2019, 20:50

Οι μετρήσεις στην περίπτωση της ομάδας του Ιλισού, έχουν ρυθμιστεί να γίνονται ανά 8 ώρες. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι 3 φορές την ημέρα καταγράφεται η ποσότητα των λίτρων του νερού που καταναλώνεται στο κτίριο. Από τις γραφικές παραστάσεις φαίνεται ότι οι μετρητές «ξυπνάνε» για να μετρήσουν στις 04:50, 20:50 και 12:50 κάθε μέρα. Οι τιμές που έστειλαν οι μετρητές για τον Ιανουάριο του 2019 απαριθμούνται αναλυτικά στον Πίνακα 4, ενώ στον Πίνακα 5 καταγράφονται οι προβλέψεις του αλγόριθμου για τις ίδιες μέρες και ώρες με αυτές του Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Τιμές μετρήσεων της κατανάλωσης

Values	Meter	Time	Consumption
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-01 02:50:00+00:00	553866.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-01 10:50:00+00:00	554028.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-01 18:50:00+00:00	554223.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-02 02:50:00+00:00	554333.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-02 10:50:00+00:00	554932.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-02 18:50:00+00:00	555674.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-03 02:50:00+00:00	555916.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-03 10:50:00+00:00	556975.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-03 18:50:00+00:00	558175.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-04 02:50:00+00:00	558295.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-04 10:50:00+00:00	559420.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-04 18:50:00+00:00	560451.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-05 02:50:00+00:00	560555.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-05 10:50:00+00:00	560728.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-05 18:50:00+00:00	560929.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-06 02:50:00+00:00	560994.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-06 10:50:00+00:00	561164.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-06 18:50:00+00:00	561349.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-07 02:50:00+00:00	561453.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-07 10:50:00+00:00	563071.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-07 18:50:00+00:00	564498.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-08 02:50:00+00:00	564579.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-08 10:50:00+00:00	566026.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-08 18:50:00+00:00	567640.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-09 02:50:00+00:00	567863.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-09 10:50:00+00:00	569267.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-10 02:50:00+00:00	571056.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-10 10:50:00+00:00	572561.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-10 18:50:00+00:00	574226.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-11 02:50:00+00:00	574376.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-11 10:50:00+00:00	575973.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-11 18:50:00+00:00	577683.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-12 02:50:00+00:00	577851.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-12 10:50:00+00:00	578153.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-12 18:50:00+00:00	578366.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-13 02:50:00+00:00	578450.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-13 10:50:00+00:00	578643.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-13 18:50:00+00:00	578855.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-14 02:50:00+00:00	578964.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-14 10:50:00+00:00	581526.00

realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-14 18:50:00+00:00	583678.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-15 02:50:00+00:00	583819.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-15 10:50:00+00:00	585950.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-15 18:50:00+00:00	587739.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-16 02:50:00+00:00	587857.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-16 10:50:00+00:00	589854.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-16 18:50:00+00:00	591639.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-17 02:50:00+00:00	591753.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-17 10:50:00+00:00	593726.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-17 18:50:00+00:00	595529.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-18 02:50:00+00:00	595747.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-18 10:50:00+00:00	597322.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-18 18:50:00+00:00	598994.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-19 02:50:00+00:00	599286.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-19 10:50:00+00:00	599555.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-19 18:50:00+00:00	599811.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-20 02:50:00+00:00	600021.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-20 10:50:00+00:00	600215.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-20 18:50:00+00:00	600502.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-21 02:50:00+00:00	600625.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-21 10:50:00+00:00	602614.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-21 18:50:00+00:00	604302.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-22 02:50:00+00:00	604399.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-22 10:50:00+00:00	606201.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-22 18:50:00+00:00	608000.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-23 02:50:00+00:00	609984.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-23 10:50:00+00:00	611866.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-23 18:50:00+00:00	613588.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-24 02:50:00+00:00	615546.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-24 10:50:00+00:00	617293.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-24 18:50:00+00:00	618959.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-25 02:50:00+00:00	619088.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-25 10:50:00+00:00	620600.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-25 18:50:00+00:00	622421.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-26 02:50:00+00:00	622589.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-26 10:50:00+00:00	622789.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-26 18:50:00+00:00	623024.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-27 02:50:00+00:00	623087.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-27 10:50:00+00:00	623266.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-27 18:50:00+00:00	623505.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-28 02:50:00+00:00	623586.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-28 10:50:00+00:00	625358.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-28 18:50:00+00:00	627135.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-29 02:50:00+00:00	627339.00
realvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-29 10:50:00+00:00	628902.00

Πίνακας 5: Τιμές πρόβλεψης της κατανάλωσης

Values	Meter	Time	Consumption
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-01 02:50:00+00:00	553722.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-01 10:50:00+00:00	553883.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-01 18:50:00+00:00	554032.40
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-02 02:50:00+00:00	554225.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-02 10:50:00+00:00	554346.90
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-02 18:50:00+00:00	554939.70
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-03 02:50:00+00:00	555676.00
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-03 10:50:00+00:00	555931.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-03 18:50:00+00:00	556993.30
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-04 02:50:00+00:00	558177.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-04 10:50:00+00:00	558315.30
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-04 18:50:00+00:00	559441.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-05 02:50:00+00:00	560454.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-05 10:50:00+00:00	560561.30
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-05 18:50:00+00:00	560730.90
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-06 02:50:00+00:00	560931.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-06 10:50:00+00:00	560998.50
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-06 18:50:00+00:00	561167.10
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-07 02:50:00+00:00	561351.50
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-07 10:50:00+00:00	561466.40
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-07 18:50:00+00:00	563092.30
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-08 02:50:00+00:00	564500.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-08 10:50:00+00:00	564600.90
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-08 18:50:00+00:00	566050.30
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-09 02:50:00+00:00	567642.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-09 10:50:00+00:00	567885.90
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-09 18:50:00+00:00	569290.50
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-10 10:50:00+00:00	571071.10
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-10 18:50:00+00:00	572580.80
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-11 02:50:00+00:00	574230.90
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-11 10:50:00+00:00	574398.90
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-11 18:50:00+00:00	575997.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-12 02:50:00+00:00	577686.30
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-12 10:50:00+00:00	577863.80
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-12 18:50:00+00:00	578159.00
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-13 02:50:00+00:00	578368.00
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-13 10:50:00+00:00	578454.00
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-13 18:50:00+00:00	578646.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-14 02:50:00+00:00	578857.60
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-14 10:50:00+00:00	578977.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-14 18:50:00+00:00	581546.50
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-15 02:50:00+00:00	583685.20
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-15 10:50:00+00:00	583836.00
predvalue	Ilissos_meter_001	2019-01-15 18:50:00+00:00	585972.60

predvalue	lissos_meter_001	2019-01-16 02:50:00+00:00	587741.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-16 10:50:00+00:00	587883.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-16 18:50:00+00:00	589884.60
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-17 02:50:00+00:00	591641.00
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-17 10:50:00+00:00	591781.70
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-17 18:50:00+00:00	593756.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-18 02:50:00+00:00	595531.00
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-18 10:50:00+00:00	595778.20
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-18 18:50:00+00:00	597348.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-19 02:50:00+00:00	598997.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-19 10:50:00+00:00	599298.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-19 18:50:00+00:00	599559.60
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-20 02:50:00+00:00	599813.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-20 10:50:00+00:00	600025.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-20 18:50:00+00:00	600218.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-21 02:50:00+00:00	600504.70
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-21 10:50:00+00:00	600638.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-21 18:50:00+00:00	602641.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-22 02:50:00+00:00	604304.60
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-22 10:50:00+00:00	604426.40
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-22 18:50:00+00:00	606230.40
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-23 02:50:00+00:00	608002.50
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-23 10:50:00+00:00	610002.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-23 18:50:00+00:00	611886.90
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-24 02:50:00+00:00	613597.80
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-24 10:50:00+00:00	615576.40
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-24 18:50:00+00:00	617320.40
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-25 02:50:00+00:00	618978.00
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-25 10:50:00+00:00	619115.60
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-25 18:50:00+00:00	620625.60
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-26 02:50:00+00:00	622425.10
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-26 10:50:00+00:00	622600.20
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-26 18:50:00+00:00	622793.70
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-27 02:50:00+00:00	623026.20
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-27 10:50:00+00:00	623091.60
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-27 18:50:00+00:00	623270.20
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-28 02:50:00+00:00	623507.90
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-28 10:50:00+00:00	623601.50
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-28 18:50:00+00:00	625385.00
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-29 02:50:00+00:00	627137.90
predvalue	lissos_meter_001	2019-01-29 10:50:00+00:00	627366.10

Πληροφορίες Ανάλυσης

Για την περαιτέρω ανάλυση των μετρήσεων της κατανάλωσης, υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να μπορεί να διακρίνει περισσότερες λεπτομέρειες. Από το κεντρικό μενού, ο χρήστης διαλέγει την «Ανάλυση δεδομένων» και μεταβαίνει στην καρτέλα της Εικόνας 77.

The screenshot displays the 'Analysis of Data' (Ανάλυση δεδομένων) step, which is the third step in a three-step process. The process steps are: 1. Introduction of Date and Meter (Εισαγωγή Ημερομηνίας και Μετρητή), 2. Algorithm Selection (Επιλογές Αλγορίθμου), and 3. Completion (Ολοκλήρωση). The 'Analysis of Data' step includes a dropdown menu for 'Meter *' (Μετρητής *). Below this, there are two sections for date and time selection: 'From' (Από) and 'To' (Έως). The 'From' section is set to 1/1/2019 00:00, and the 'To' section is set to 31/1/2019 00:00. At the bottom of the form, there are two buttons: 'Cancel' (Άκυρο) and 'Next' (Επόμενο).

Εικόνα 77: Ανάλυση δεδομένων –βήμα 1

Στο πρώτο βήμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 77, γίνεται η επιλογή του μετρητή (Ilissos_meter_001 ή Ilissos_meter_002) και επίσης ορίζεται η ημερομηνία και η ώρα του διαστήματος εκείνου, για το οποίο ο χρήστης ενδιαφέρεται.

Το επόμενο βήμα της Εικόνας 78, αφορά τις επιλογές του αλγορίθμου (τύπος αλγόριθμου, απόκλιση, επαναλήψεις). Κατά προτίμηση επιλέχθηκε ο αλγόριθμος SVR, ενώ από προεπιλογή συμπληρώνονται τα υπόλοιπα πεδία .

Για την ολοκλήρωση των βημάτων, στο τρίτο και τελευταίο βήμα επιλέγεται το κουμπί «αποστολή» (Εικόνα 79).

Εισαγωγή Ημερομηνίας και Μετρητή 2 Ολοκλήρωση

Αλγόριθμος *
SVR

Απόκλιση *
1

Επαναλήψεις *
1

focus
1

Άκυρο Προηγούμενο Επόμενο

Εικόνα 78: Ανάλυση δεδομένων –βήμα 2

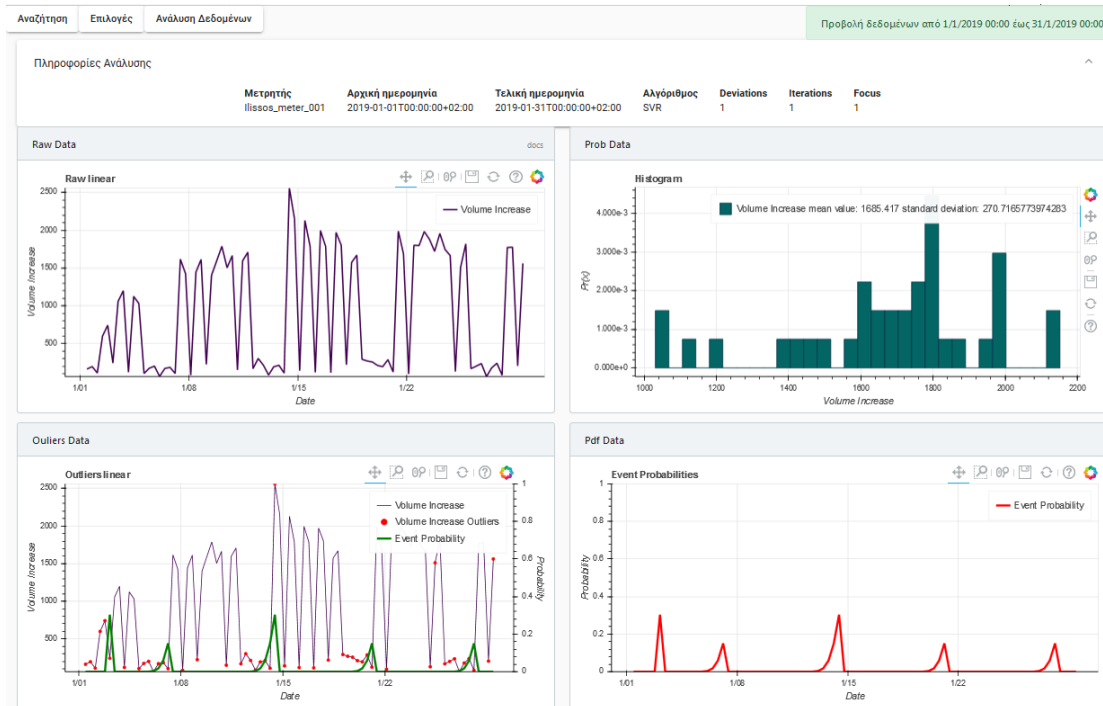
Εισαγωγή Ημερομηνίας και Μετρητή 2 3 Ολοκλήρωση

Αποστολή Δεδομένων για ανάλυση.

Άκυρο Πίσω Αποστολή

Εικόνα 79: Ανάλυση δεδομένων –βήμα 3

Ταυτόχρονα, συγκεντρώνεται σε μορφή γραφημάτων, όλη η πληροφορία που χρειάζεται ο χρήστης για την κατανάλωση νερού στο κτίριο του Ιλισού. Πιθανές διαρροές, τιμές μέτρησης κατανάλωσης, ενδείξεις μη κανονικών τιμών είναι οι κυριότερες πληροφορίες των τεσσάρων υποκατηγοριών ανάλυσης δεδομένων της Εικόνας 80.

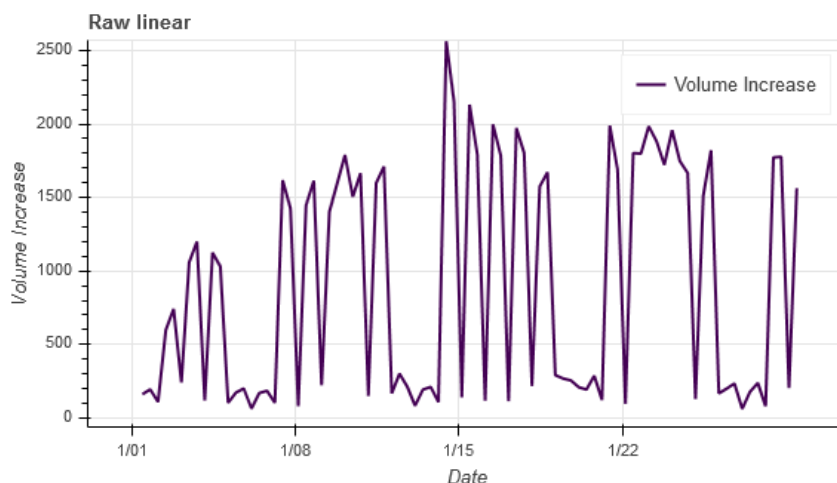


Εικόνα 80: Συνολική αποτύπωση των δεδομένων

Στην πραγματικότητα και τα τέσσερα γραφήματα μας δίνουν σχετικά την ίδια πληροφορία με τη διαφορά ότι σε κάθε διάγραμμα, ο αλγόριθμος αρχίζει να επεξεργάζεται τις μετρήσεις και να δίνει ανά σχήμα κάτι διαφορετικό που χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση.

Σενάριο διαρροής

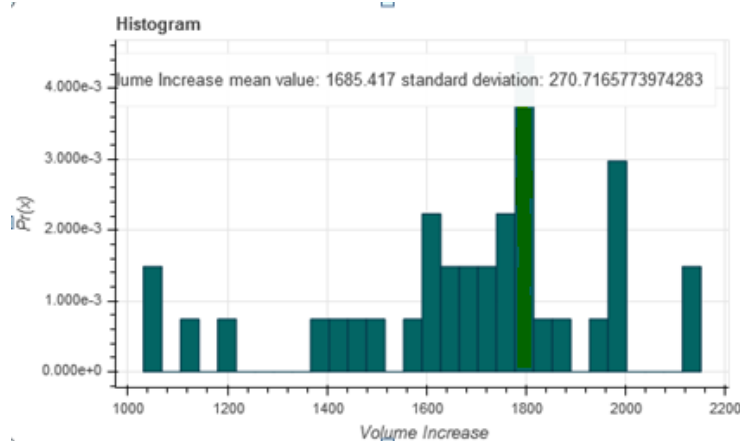
Το πάνω αριστερά σχήμα της εικόνας 80 είναι το βασικό διάγραμμα των καταναλισκόμενων μετρήσεων. Κάθε μέτρηση που πάθηκε για τον Ιανουάριο του 2019, απεικονίστηκε γραμμικά για περισσότερη ευκρίνεια στην Εικόνα 81. Στον άξονα x αναφέρονται η ημερομηνίες, ενώ στον άξονα y η κατανάλωση του νερού.



Εικόνα 81: Γραμμική απεικόνιση μέτρησης κατανάλωσης

Αν συγκριθούν ανά εβδομάδα τα αποτελέσματα των μετρήσεων, αυτό που παρατηρείται είναι μια κανονική κίνηση της κατανάλωσης του νερού, τόσο σε καθημερινή βάση, όσο και τα Σαββατοκύριακα. Τα Σαββατοκύριακα ξεχωρίζουν γραφικά από τα σημεία όπου οι κυματομορφές πλησιάζουν την τιμή μηδέν, καθώς στο κτίριο δεν καταναλώνεται νερό λόγω της απουσίας του υπαλληλικού προσωπικού.

Μια ιδιαιτερότητα παρουσιάζεται την εβδομάδα 21-25/1/2019 και αξίζει να μελετηθεί. Η διαφορά με τις τιμές των υπόλοιπων εβδομάδων παρατηρείται συγκεκριμένα τις ημέρες 22/1 και 23/1, όπου γραφικά επιβεβαιώνεται και με την Εικόνα 85.

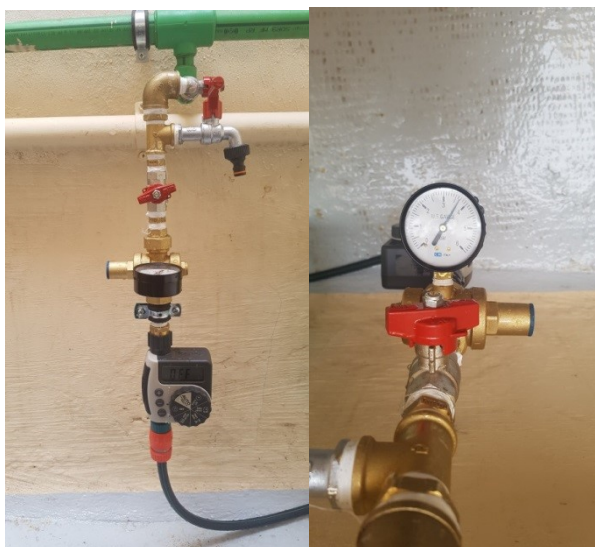


Εικόνα 82: Ιστόγραμμα ανάλυσης δεδομένων

Στην πραγματικότητα αυτό που συνέβη εκείνες τις μέρες, ήταν μια διαρροή που εντοπίστηκε, καθώς ο αλγόριθμος είδε σημαντική διαφορά από την αναμενόμενη συμπεριφορά βάσει του ιστορικού που είχε χτιστεί. Εκείνες τις μέρες και για λόγους ασφαλείας, στο πλαίσιο με τις ειδοποιήσεις, υπήρξε σχετικό προειδοποιητικό μήνυμα διαρροής.

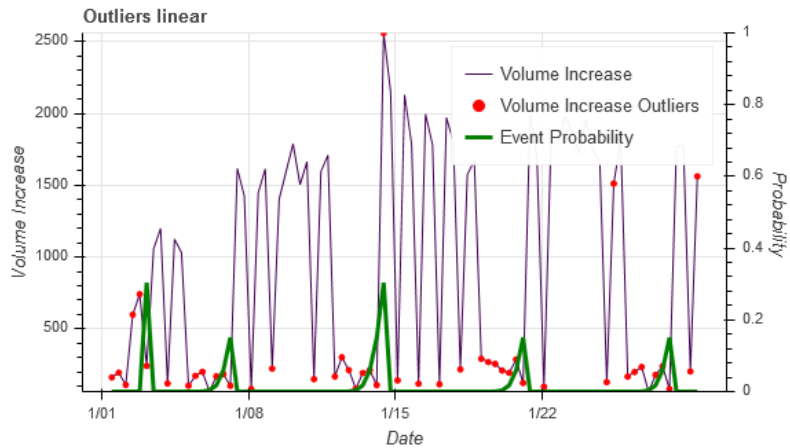
Δεν επρόκειτο όμως για κανονική διαρροή του δικτύου του νερού. Στα πλαίσια του πιλοτικού έργου προγραμματίστηκε για τα ξημερώματα της 22^{ης} Ιανουαρίου αυτό το σενάριο διαρροής για να ελεγχθεί η «εξυπνάδα» του αλγορίθμου και κατ' επέκταση η αποτελεσματικότητα του πιλοτικού έργου μέτρησης κατανάλωσης νερού.

Για την υλοποίηση του σεναρίου διαρροής, χρειάστηκε η εγκατάσταση ενός αυτόματου συστήματος ποτίσματος με τη χρήση ενός χρονοδιακόπτη στην εξωτερική βρύση του κτιρίου του Ιλισού, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 83.

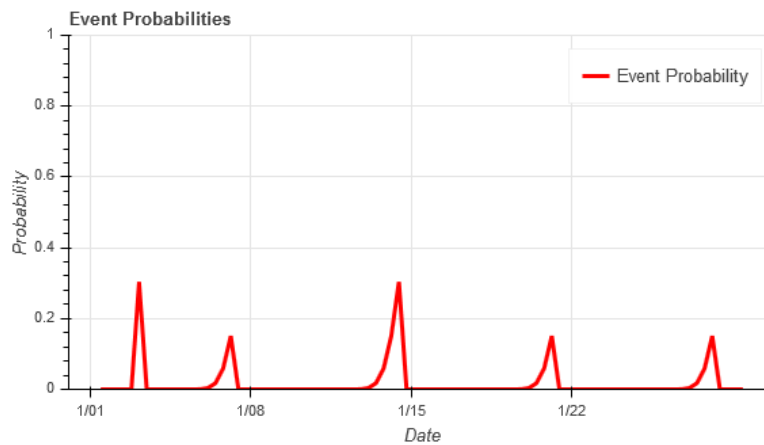


Εικόνα 83: Αυτόματος μηχανισμός ποτίσματος

Συνεχίζοντας την ανάλυση, ο αλγόριθμος συνεχίζει να επεξεργάζεται τις μετρήσεις, προχωρώντας ένα βήμα περαιτέρω στην επεξεργασία και δίνοντας ακόμα περισσότερες πληροφορίες. Στην Εικόνα 84, παραμένει η αρχική γραφική παράσταση που είδαμε και στην Εικόνα 80, με τη διαφορά ότι πλέον επισημαίνονται με κόκκινη στίξη τα σημεία που κρίνει ο αλγόριθμος ότι οι μετρήσεις που πάρθηκαν είναι μη κανονικές. Παράλληλα, με πράσινη ένδειξη σημειώνεται γραφικά η πιθανότητα να έχει συμβεί ένα μη φυσιολογικό γεγονός. Τέλος, στην Εικόνα 85, απεικονίζεται η πιθανότητα συμβάντος.



Εικόνα 84: Εντοπισμός μη κανονικών τιμών



Εικόνα 85: Πιθανότητα συμβάντος

Συμπεράσματα

Είμαστε σε θέση να επιβεβαιώσουμε ότι τα αποτελέσματα που δόθηκαν από την πλατφόρμα της Wings ICT Solutions, καθιστούν την εφαρμογή του πιλοτικού αυτού έργου για τη «μέτρηση της κατανάλωσης του νερού» επιτυχημένη. Δοθέντων των μετρήσεων και χάρη στη συγκεκριμένη έκβαση του εντοπισμού της διαρροής του νερού στο κτίριο της Cosmote, μπορούμε να κάνουμε λόγο και για ένα έργο εμπορικά διαθέσιμο στο μέλλον. Αν αυτή η ιδέα υλοποιηθεί, τόσο οι καταναλωτές, όσο και οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας θα αποκτήσουν μεγάλο οικονομικό όφελος.

Κεφάλαιο 6: Εφαρμογές Έξυπνης Μέτρησης Νερού

6.1 Εισαγωγή

Για την εγκατάσταση μετρητών στο υπάρχον δίκτυο έχει μεγάλο ενδιαφέρον να μελετήσουμε κατά πόσο μπορεί μια τέτοια εγκατάσταση να βοηθήσει τους ιδιώτες (σε σπίτια και πολυκατοικίες), τις εταιρίες κοινής ωφέλειας νερού (ΔΕΥΑ, ΕΥΔΑ), τις επιχειρήσεις (ξενοδοχεία, βιομηχανία κλπ), τα πανεπιστημιακά ιδρύματα, τους αγρότες, το ίδιο το κράτος.

Τα οφέλη είναι σίγουρα μεγάλα και από την πλευρά των καταναλωτών και από την πλευρά των εταιριών κοινής ωφέλειας νερού. Πιλοτικά προγράμματα μέτρησης κατανάλωσης νερού και φυσικού αερίου που έχουν ξεκινήσει στην Ελλάδα ή που «τρέχουν» ήδη στο εξωτερικό, είναι αυτά που αλλάζουν την εικόνα της παρούσας αγοράς και «πείθουν» με τα αποτελέσματά τους ότι η ύπαρξή τους μπορεί να αποβεί κερδοφόρα σε πολλούς τομείς. Η μετάβαση από τον παραδοσιακό τρόπο μέτρησης στο νέο, με τους έξυπνους μετρητές που ολοένα και κερδίζουν έδαφος παγκοσμίως, προμηνύει νέα δεδομένα για την αγορά, αυτά της ψηφιοποίησης.

Επί σειρά ετών, επικρατούσε η αντίληψη ότι οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας έχουν αντισταθεί στους έξυπνους μετρητές και ότι ιστορικά αυτό είναι προς το συμφέρον τους να αφήσουν τους πελάτες να χρησιμοποιήσουν όσο νερό θέλουν, σύμφωνα με την αναφορά του Mark Shamley (αντιπρόεδρος της εταιρίας T₂).

Αντίθετα, έρευνες έδειξαν ότι το 40% του νερού που αντλείται δεν διανέμεται στους τελικούς χρήστες (καταναλωτές) και γι' αυτό το λόγο εταιρίες κοινής ωφέλειας νερού στη χώρα μας, όπως η ΔΕΥΑ Ηρακλείου καταβάλουν σημαντικές προσπάθειες για τη μείωση του σχετικού ποσοστού. Δεδομένου ότι η πρωτογενής προμήθεια (π.χ. γεωτρήσεις, αφαλάτωση), η άντληση σε μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά, η επεξεργασία απαιτούν σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, η μη διάθεση του 40% του πρωτογενώς παραγόμενου νερού, σημαίνει και σημαντική ενεργειακή κατανάλωση για κάθε κυβικό μέτρο (m³) πόσιμου νερού που προσφέρεται στον πολίτη. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο αν αναλογιστεί κανείς ότι η ζήτηση του νερού αυξάνεται σημαντικά το καλοκαίρι, όταν και η ζήτηση ενέργειας είναι αυξημένη. Άρα, επιβεβαιώνεται η σχέση της κατανάλωσης του νερού με την κατανάλωση της ενέργειας και στον οικονομικό τομέα.

6.2 Κόστος

Ποιο είναι το κόστος που συνδέεται με τους ευφυείς μετρητές? Ανάλογα με τον κατασκευαστή και τις δυνατότητες που μπορούν να προσφέρουν, οι έξυπνοι μετρητές κοστίζουν δύο έως τρεις φορές περισσότερο από ότι οι παραδοσιακοί μετρητές.

6.3 Οφέλη

Αυτή τη στιγμή, εφαρμογές τέτοιου είδους κερδίζουν έδαφος παγκοσμίως. Στην Καλιφόρνια συγκεκριμένα, όπου υπάρχει η δέσμευση για μείωση της κατανάλωσης του νερού μέχρι 20% έως το 2020 χρησιμοποίησαν έξυπνους μετρητές νερού σε δίκτυα άρδευσης, τόσο για τους καταναλωτές, όσο και για τις εταιρίες ύδρευσης –άρδευσης με τα εξής οφέλη:

1. Δυνατότητα παροχής απομακρυσμένου ελέγχου και χειρισμών σε επίπεδο μετρητή. Έτσι θα μπορεί να διακόπτεται εύκολα πλέον η παροχή νερού ή να εντοπίζεται αν η έλλειψη νερού οφείλεται στην εταιρία ύδρευσης ή σε βλάβη του ίδιου του καταναλωτή.
2. Βοήθεια στον εντοπισμό διαρροών ή βλαβών στα υδραυλικά του δικτύου, καθώς ο έξυπνος μετρητής δείχνει την κατανάλωση νερού στην οθόνη του καταναλωτή σε πραγματικό χρόνο. Πχ σε μια κατοικία, αν είναι ωριαία η κατανάλωση του νερού δεν φτάσει ποτέ το μηδέν, τότε είναι πιθανόν να υπάρχει διαρροή ή υδραυλική βλάβη. Οι εταιρίες σύνδεσης συνήθως χρησιμοποιούν πιο πολύπλοκους αλγορίθμους για την ανίχνευση διαρροών σε εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
3. Προσδιορισμός του σημείου και της έκτασης της βλάβης σένα κεντρικό αγωγό νερού. Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να ενεργοποιήσουν το σύνδεσμο επικοινωνίας με την εταιρία ύδρευσης και να στείλουν κατάλληλα μηνύματα όταν ανιχνεύσουν μια σημαντική πτώση στην πίεση.
4. Ο ταχύτερος εντοπισμός βλαβών συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης νερού και κατά συνέπεια, στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, μειώνοντας το λειτουργικό κόστος των εταιριών ύδρευσης, επομένως και το κόστος για τους καταναλωτές.
5. Πιο έγκαιρος σχεδιασμός των απαραίτητων έργων επέκτασης δικτύων καθώς είναι περισσότερο εφικτή η πρόβλεψη των μελλοντικών αναγκών σε επίπεδο αιχμής ζήτησης κατανάλωσης νερού.
6. Έλεγχος της συμμόρφωσης με τους περιορισμούς για το νερό που θέτει ως στόχο κάθε χώρα ή κάθε εταιρία κοινής ωφέλειας (πχ μείωση κατανάλωσης μέχρι 15% για το τέλος του τρέχοντος έτους).
7. Απομακρυσμένη διακοπή ή περιορισμός της παροχής νερού σε περιοχές όπου αυτό απαιτείται. Έτσι, μειώνεται το κόστος που πρόκειται από την αποστολή «ομάδας τεχνικών» σε οικίες που έχουν ζητήσει διακοπή νερού ή δεν έχουν πληρώσει τον λογαριασμό νερού.
8. Ο έλεγχος της ένδειξης του έξυπνου μετρητή από τον ίδιο τον καταναλωτή, καμιά φορά μπορεί να αποτρέψει άσκοπη μετάβαση της ομάδας των τεχνικών της εταιρίας ύδρευσης, στην περίπτωση που η βλάβη δεν οφείλεται στην ίδια την εταιρία.
9. Απομακρυσμένος έλεγχος κλοπής νερού.
10. Με τη χρησιμοποίηση έξυπνων μετρητών, οι λογαριασμοί νερού πλέον βασίζονται στις πραγματικές ενδείξεις του μετρητή και όχι σε εκτιμήσεις της εταιρίας ύδρευσης. Έτσι, μειώνονται οι κλήσεις προς το κέντρο επικοινωνίας και βελτιώνεται η ικανοποίηση του πελάτη.

11. Περιβάλλον: Η χαμηλότερη κατανάλωση και οι μειωμένες διαρροές, επιτρέπουν μειωμένο λογαριασμό. Αυτό με τη σειρά του μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις διαδικασίες επεξεργασίας και διανομής νερού.
12. Καλύτερη αξιοποίηση του νερού: Η τεχνολογία της έξυπνης μέτρησης έχει να κάνει με την εξατομίκευση της κατανάλωσης του νερού στον χρήστη, κατά συνέπεια αυτό παρέχει τη δυνατότητα πιο ορθολογικής χρησιμοποίησης αυτής. Ο έξυπνος μετρητής, παρέχοντας πληροφορίες στον χρήστη, τον βοηθάει να κατανοήσει ευκολότερα τις συνέπειες της χρήσης νερού, τόσο στον οικονομικό, όσο και στον περιβαλλοντικό τομέα.
13. Παροχή αναφοράς στο προσωπικό της εταιρίας ύδρευσης για την αποτελεσματικότητα των διαφόρων προγραμμάτων εξοικονόμησης νερού και δυνατότητα πραγματοποίησης αλλαγών από την εταιρία.
14. Η οθόνη που είναι συνδεδεμένη με τον έξυπνο μετρητή, τοποθετημένη σε περίοπτη θέση, μπορεί να λειτουργήσει για να υπενθυμίζει την ανάγκη για εξοικονόμηση νερού. Επίσης μπορούν να βοηθήσουν τους γονείς να δημιουργήσουν παιχνίδια για τα παιδιά, γύρω από τις ενδείξεις της οθόνης, τα οποία αποσκοπούν στη δημιουργία συνείδησης για εξοικονόμηση νερού και ενέργειας.
15. Αποτελεσματικός έλεγχος ποιότητας νερού, ώστε μετρώντας να ελέγχεται η θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, η αγωγιμότητα κ.ά.
16. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι καταναλωτές που χρησιμοποιούν μετρητές νερού είναι πιο επιρρεπείς στο να μην καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού. Μάλιστα οι οθόνες έξυπνων μετρητών που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες του καταναλωτή όπως εκείνες που συγκρίνουν την παρούσα κατανάλωση νερού με το μέσο όρο της γειτονιάς ή με την κατανάλωση προηγούμενων μηνών, μπορούν να βοηθήσουν στην περαιτέρω εξοικονόμηση νερού.
17. Υψηλό ποσοστό δειγματοληψίας, με χαμηλή κατανάλωση μπαταρίας.
18. Καλύτερη αντιμετώπιση ευπαθών ομάδων: Δυστυχώς, ακόμα και στην εποχή μας, φαινόμενα φτώχειας είναι συνήθη. Παλαιότερα, η αντιμετώπιση αυτών των ομάδων, που δεν είχαν τη δυνατότητα να εκπληρώνουν άμεσα τις υποχρεώσεις τους, ήταν η διακοπή παροχής. Πλέον είναι πιο εύκολο στις εταιρίες να αποστέλλουν προειδοποιητικά σημειώματα και να αποφεύγουν την έσχατη λύση της διακοπής.
19. Ευκολότερη σύγκριση της αγοράς και αλλαγή παρόχου.
20. Με τη χρήση των έξυπνων μετρητών και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που μας δίνουν, μπορούμε να κάνουμε μια αξιολόγηση για το τι προσφορά μας συμφέρει. Κατ' επέκταση, μας δίνεται η δυνατότητα γρήγορης μετάβασης μεταξύ δύο παρόχων, καθώς η ανάγνωση των στοιχείων μπορεί να γίνει ανά πάσα στιγμή, άρα και η μεταβίβαση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ο μετρητής μπορεί να τοποθετηθεί τόσο σε κάθετη, όσο και σε οριζόντια θέση, ακόμα και στο υπάρχουν δίκτυο, χωρίς περιορισμούς στις σωληνώσεις και χωρίς να χάνεται η ακρίβεια μέτρησης.

Άρα λοιπόν, τα οφέλη είναι πολλαπλά αφού, ο ταχύτερος εντοπισμός βλαβών, συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης νερού και κατά συνέπεια, στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μειώνοντας το λειτουργικό κόστος των υπηρεσιών ύδρευσης-άδρευσης.

Το σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από μελέτες και προβλέψεις είναι ότι, η εξοικονόμηση του νερού ισοδυναμεί με εξοικονόμηση ενέργειας, με πολλαπλά οφέλη για την εταιρία και για το διαχειριστή, αλλά και για τον καταναλωτή.

Βλέπουμε λοιπόν, πως οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της σπατάλης (υπερκατανάλωση). Το θέμα είναι ότι το αρχικό κόστος για τη εγκατάστασή τους είναι αρκετά ψηλό για να δικαιολογήσει τα χρήματα που εξοικονομήθηκαν από την παραδοσιακή μέθοδο.

6.4 Κέρδη

Η εφαρμογή ενός παγκόσμιου προγράμματος έξυπνης μέτρησης νερού έχει δείξει ότι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση κατά περίπου 25%. Η μείωση στη χρήση νερού θα συμβάλει στη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Η ποσότητα της ενέργειας που καταναλώθηκε σε πόλη της Αμερικής το 2010, μετρημένη σε κιλοβατώρες (Kw-hr) είναι 1.014.217 Kw-hrs. Χρεώνοντας 0,07\$/ Kw-hr, το ετήσιο κόστος ενέργειας ανήλθε στα 71.000\$.

Κι αυτό προκύπτει ως εξής:

$$[1.014.217 \text{ Kw-hrs}] * [0,07\$/ \text{ Kw-hr}] = 71.000\$$$

Υποθέτοντας μείωση στο νερό 25%, είναι αναμενόμενο να περιμένουμε και 25% μείωση στο ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Η σχέση μεταξύ Kw-hr και kg των εκπομπών αερίου είναι 45,7 Kw-hr για 1 Kg του διοξειδίου του άνθρακα. Χρησιμοποιώντας αυτή τη σχέση, το 25% της μείωσης στη χρήση νερού θα αποτελέσει μείωση στις εκπομπές ρύπων κατά προσέγγιση ως 5550kg.

6.5 Υποστήριξη εφαρμογής

Όσον αφορά την Ελλάδα, η καταμέτρηση νερού και φυσικού αερίου γίνεται ακόμα με τους παραδοσιακούς μετρητές. Με την ύπαρξη έξυπνων μετρητών νερού και φυσικού αερίου, παράλληλα υποστηρίζεται και μια εφαρμογή. Η εφαρμογή αυτή θα είναι διαθέσιμη για όλους τους πελάτες των εταιριών του νερού ή και για μεμονωμένους πελάτες που ο πάροχος τους δεν χρησιμοποιεί έξυπνους μετρητές.

Παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής αποτελεί η εταιρία OTS που παρέχει εύρος άλλων λύσεων για επιχειρήσεις, αλλά και την πλήρη διαχείριση των λειτουργιών των δημοτικών επιχειρήσεων ύδρευσης και αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) ή των Υπηρεσιών ύδρευσης των δήμων (ΕΥΔΑ).



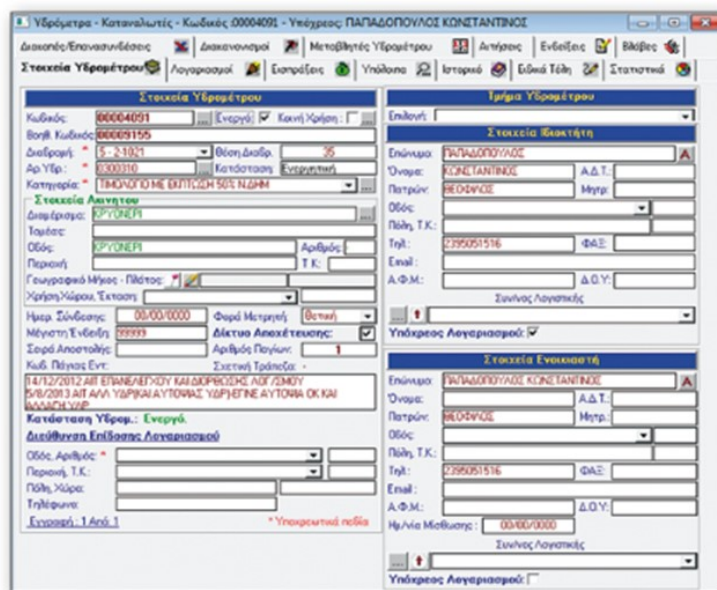
Εικόνα 86: Λογότυπο OTS

Συγκεκριμένα η OTS αναλαμβάνει την:

- Παροχή μιας ολοκληρωμένης καταγραφής και παρακολούθησης των παροχών, των υδρομέτρων καθώς και των καταναλωτών.
- Υποστήριξη ενός πλήρους συστήματος εισπράξεων και δημιουργίας χρηματικών καταλόγων, με άμεση διασύνδεση με το σύστημα λογιστικής και οικονομικής διαχείρισης.
- Διαχείριση ενδείξεων με ευρύ φάσμα δυνατοτήτων και λειτουργιών.
- Δυνατότητα παραμετροποίησης της τιμολογιακής πολιτικής, με ευέλικτους συνδυασμούς χρεώσεων.
- Υποστήριξη και αξιοποίηση πλήρως την τεχνολογία bar code σε συνδυασμό με την ταχυπληρωμή των ΕΛ.ΤΑ.
- Υποστήριξη φορητών συσκευών καταμέτρησης ενδείξεων υδρομέτρων και αναγνώστες γραμμωτού κώδικα (bar codes readers).
- Υποστήριξη της διαδικασίας πληρωμής εισπράξεων μέσω συστήματος ΔΙΑΣ.

Τα πλεονεκτήματα της ύπαρξης μιας τέτοιου είδους εφαρμογής είναι πολλά, καθώς με τα στοιχεία που συλλέγονται σε αυτές, απώτερος σκοπός είναι η μείωση της κατανάλωσης του νερού, που πρακτικά σημαίνει αύξηση των κερδών. Παρακάτω αναλύονται κάποιες από τις δυνατότητες και κάποιες πληροφορίες που μπορεί κανείς να πάρει από την εφαρμογή της εταιρίας OTS:

1. Υδρόμετρα –Καταναλωτές: Καταχώρηση ολοκληρωμένου αρχείου υδρομέτρων, με στοιχεία όπως κωδικός υδρομέτρου, στοιχεία διεύθυνσης κοκ, πλήρως ενημερωμένη καρτέλα με τα στοιχεία των καταναλωτών-ενοικιαστών, καθώς και δυνατότητα διασύνδεσης με το συναλλασσόμενο του συστήματος της λογιστικής και οικονομικής διαχείρισης, δυνατότητα προβολής διακοπών, επανασυνδέσεων, ενδείξεων, αιτήσεων, εισπράξεων διακανονισμών, ιστορικού αλλαγών υδρομέτρου ή καταναλωτών.



Εικόνα 87: Πληροφορίες Υδρομέτρου

Καταχώρηση Ενδείξιων

Ενοικιαστής: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ | Χρήσης Υδρομέτρου: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Παρεπόμενος Τύπος: Χωρίς Τέλη

Δ.Δ.: 00040155

Μηνιαίο Ενδειξιακό: 00000000

Περίοδος: ΕΝΑΝΤΙ 2012 ΕΛΑΜΒΡΟΥ 2012

Α/Α	Κωδικός	Διαγραφή	Ποσότητα Διαγραφής	Αριθμός Υδρομέτρου	Ενοικιαστής	Παρεπόμενος Ενοικιαστής	Νέο Ένδειξι	Ημερομηνία Καταχώρησης	Προηγ. Ένδειξι	Ημερομηνία Προηγ. Καταχώρησης	Επιπλέον Χρήσιμ. ατ	Χρήσιμ. ατ	Μηνιαίο κοπανάκι ατ
1	00005079	ΛΟΦ		97004	ΜΟΥΤΣΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	25.00	31/12/2012	00	01/07/2012	25.00	25.00	27.00
2	000032122	ΚΡΗ		004.2657	ΚΑΡΝΙΚΟΥΧΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΑΘΑΝΑΣΟΣ	00	31/12/2012	00	01/07/2012	00	00	00
3	00040155	ΗΕ		99264250	ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	76.00	31/12/2012	65.8601	01/07/2012	7.00	7.00	10.11

Εικόνα 88: Πληροφορίες Υδρομέτρου

- Ενδείξεις: Πλήρης προβολή του μητρώου των υδρομέτρων, με παρακολούθηση νέας και προηγούμενης ένδειξης, ημερομηνίες προηγούμενων και νέων μετρήσεων και άμεσων χρεώσεων κυβικών, δυνατότητα χρέωσης μέσω όρων κυβικών με βάση προηγούμενες καταναλώσεις.
- Λογαριασμοί – Εισπράξεις - Διακανονισμοί - Αιτήσεις –Εγγυήσεις: Δυνατότητα δημιουργίας λογαριασμών, μαζικά ή μεμονωμένα ανάλογα με τη διαδρομή, το δημοτικό διαμέρισμα κοκ., δημιουργία μερικής ή ολικής εισπραξης, δημιουργία διακανονισμών με βάση αριθμών δόσεων ή ποσού δόσεων, δημιουργία χρέωσης και επιστροφής εγγύησης.

Προβολή Λογαριασμών

Κωδ. Υβρ.: 00010200 Υ Έκδοση: 03/06/2010 Ηνία Εξόφλησης: 30/08/2010 0002910000064075

Βοηθ. Κωδ.: 2-0762

Τύπος: Κανονικός Ε Ένσταση:

Περίοδος: Μετασοφίτες 2009 (31-3-2009/30-4-2010)

Κατηγορία: Βαθμή

Παραστατικό:

Υπότροφος: ΚΑΠΑΝΗ ΠΑΥΛΑ Πατρώνυμο: ΔΑΜΠΗΣ

Διεύθυνση: Δημοτικών 114 ΓΕΡΑΔ Βεσσαλονίκη 57019 ΑΦΜ: ΑΔΤ

Ενδείξεις: Νέα Μέτρηση: 2,00 Παλιά Μέτρηση: 0,00 Καταπόληση: 2,00 Χρέωση: 2,00

Παρατηρήσεις:

Ταυτοποίηση: Η >0002910000064075< 22366< 0< 2<

Χρεώσεις - Τέλη Χρηματικοί Κατάλογοι Λογαριασμού

A/A	Χρέωση	Ποσό	Φ.Π.Α %	Αξία Φ.Π.Α	Συνολική Αξία	Ποσό Εκπτώσης	Πληρωτό Ποσό	Υπόλοιπο	Τελευταία Εισπραξη	Κωδ
1	Πάγιο Νερού	30,00	23	6,90	36,90	0,00	36,90	0,00		
2	Ποσό Αποτέλεσμα	150,00	23	34,50	184,50	0,00	184,50	184,50		
3	Ποσό Νερού	2,00	13	26	2,26	0,00	2,26	2,26		
		182,00		41,66	223,66	0,00	223,66	0,00		

Εικόνα 89: Πληροφορίες Λογαριασμών

Διακανονισμοί

Κωδικός Υπηρεσίας: 00000006 A/A: 2 Ημερομηνία: 13/11/2014

Βοηθητικός Κωδικός: 1-2915400

Υπότροφος: ΕΡΜΑΙΟΤΗΤΗ ΕΡΑΖΗΔΑ (ΕΙΡΟΣ) ΑΡΑΜΕΝΙΩΤΗ ΕΡΑΖΗΔΑ (ΕΙΡΟΣ)

Αποκλίση: Ποσό Διακανονισμού

Αριθμ. Ποσό: 223,05 Αριθμός δόσεων: 2

Εισπίσεις: 0,00 Υπολογισμός Τόκων:

Προκαταβολή: 0,00 Κατάστημα:

Υπόλοιπο Προς Διακανονισμό: 223,05 Ποσοστό Ημερήσιου Προσολίσματος: 1,00

Ημ/νία Αφής Πρώτης δόσης: 13/11/2014 Ένεργος: Ημ/νία: 00/00/0000

Αποκλίση Αντίστοιχος: 0,00

Ανάλυση Χρεώσεων Από Δόση Λογαριασμοί Διακανονισμού Προκαταβολή

Περίοδος	Ημ/νία Έκδοσης	Ημ/νία Εξόφλησης	Παραγραφή Τόκους	Ποσό Δόσης	Αριθμ. Χρέωσης	Αριθμ. Χρέωσης ΦΠΑ	Πληρωτόν	Υπόλοιπο	Εισπίσεις (Γράμματα)
ΣΤΑΥΡΟΣ 2007	15/06/2007	26/12/2007	Πάγιο Νερού	35,00	35,00	0,00	0,00	35,00	0,00
			Ποσό Νερού	70,53	85,05	0,00	0,00	85,05	0,00

Εικόνα 90: Πληροφορίες Λογαριασμών

4. Κατηγορίες χρεώσεις-βλάβες: Χρεώσεις με βάση τις κατηγορίες τελών που είναι πλήρως παραμετροποιήσιμες με αποδόσεις τελών ως: πάγιο ποσό, ποσοστό χρέωσης αποχέτευσης, χρεώσεις ανάλογα με τα τμ του ακινήτου κοκ ή οποιοσδήποτε συνδυασμός των χρεώσεων αυτών, αναλυτικό μητρώο παρακολούθησης βλαβών.

The screenshot shows a web-based form for water supply requests. The main title is 'Αιτήματα Υδροψυχής'. The form is divided into several sections:

- Γενικά Στοιχεία Αίτησης:** Includes fields for 'Τύπος Αίτησης' (New Water Meter), 'Τύπος Βλάβης' (New Connection of Drinking Water), and 'Περιγραφή'.
- Στοιχεία Αιτούντος:** Contains fields for 'Επωνυμία' (ANΩΣΦΑΧΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ), 'Διεύθυνση' (ΣΤΑΥΡΟΣ ΒΕΣΛΙΑΚΗΣ), 'Αρ. Πόλης' (ΔΗΜΟΣ ΠΕΤΡΙΝΑΣ), 'Τ.Κ.' (57014), 'Α.Φ.Μ.', 'Α.Δ.Τ.', 'Επάγγελμα' (Α.Δ.Υ.), 'Πατρώνυμο' (ΣΑΜΗΣ), 'Μητρώνυμο', and 'Βιοπάτρως'.
- Στοιχεία Λαογράφου:** Includes 'Διεύθυνση Λαογράφου' (ΣΤΑΥΡΟΣ ΒΕΣΛΙΑΚΗΣ), 'Αρ.' (57014), 'Πόλη' (ΔΗΜΟΣ ΠΕΤΡΙΝΑΣ), 'Τ.Κ.' (57014), 'Παρατηρήσεις', and 'Υπεύθυνος Διαχείρισης'.
- Στοιχεία Αιτήματος:** Includes 'Αριθμός Αιτήματος' and 'Έξοδος Αιτήματος'.
- Διαδικασία Επιδόσης Λαογράφου:** Includes 'Στάδιο Προσέλευσης' and a note: 'Είδη Νοσήσιου είναι αναθεωρημένα από την ετήσια Συνέλευση με τα Δελτία Ανακοίνωσης'.
- Ολοκλήρωση:** Includes checkboxes for 'Ολοκλήρωση' and 'Αναρρίθση', and date fields for 'Ημέρα Ολοκλήρωσης' (06/00/0000) and 'Ημέρα Αναρρίθσης' (09/00/0000).

Εικόνα 91: Αιτήματα ύδρευσης

Επιπλέον, στην Ελλάδα, μια άλλη εταιρία που ασχολείται με την παροχή και την υποστήριξη αντίστοιχων εφαρμογών είναι η Wings ICT Solutions. Εκτός των άλλων ασχολιών της (έξυπνες πόλεις, 5G, intelligence κ.ά.), δραστηριοποιείται στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας προτείνοντας λύσεις στο νερό, το αέριο και την ενέργεια.



Εικόνα 92: Λογότυπο Wings ICT Solutions

Όσον αφορά το νερό, με την ανάπτυξη της πλατφόρμας CATARACT (proactive management platform for smart Connected water) η wings είχε στόχο:

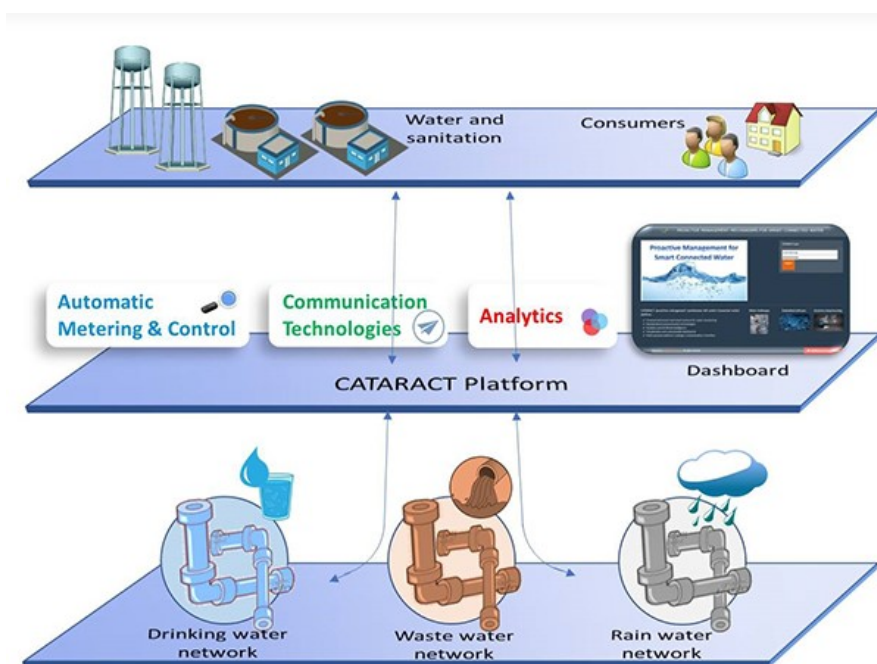
1. Να καλύπτει όλους τους κύριους ενδιαφερόμενους του οικοσυστήματος, δηλαδή τις εταιρείες παροχής νερού και αποχέτευσης, καθώς και τους πελάτες τους.
2. Να αντιμετωπίσει τη διανομή πόσιμου νερού, καθώς και των δικτύων βροχής, καταιγίδας και λυμάτων.
3. Να αντιμετωπίσει τις πιο σημαντικές περιπτώσεις χρήσης στους παραπάνω τομείς.

Όσον αφορά τις περιπτώσεις χρήσης, ο αρχικός στόχος είναι:

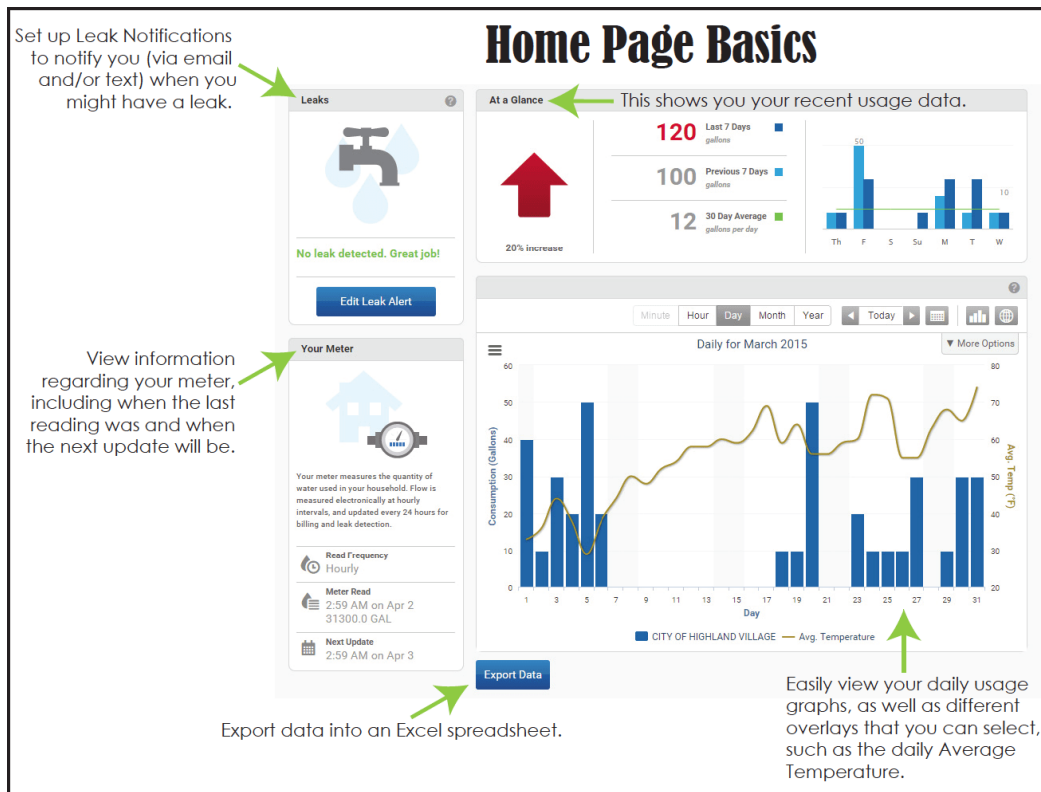
1. Να προβλέπει τις απαιτήσεις.
2. Να προβλέπει τα επίπεδα του νερού, με βάση διάφορους ετερογενείς παράγοντες.
3. Να εντοπίζει διαρροές.
4. Να προβλέπει καταστάσεις μόλυνσης.

Τεχνικά, η πλατφόρμα CATARACT της WINGS ICT Solutions βασίζεται σε:

1. Αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να είναι εμπορικοί ή πειραματικοί και που ο καθένας επικεντρώνεται σε μία ή περισσότερες παραμέτρους που παρακολουθούνται.
2. Προηγμένες λύσεις ασύρματης επικοινωνίας, βασισμένες σε πρωτόκολλα τελευταίας τεχνολογίας όπως NB-IoT ή GPRS ή LoRa.
3. Αλγόριθμους διαχείρισης δεδομένων, που εστιάζουν στη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων.
4. Αλγόριθμους ανάλυσης δεδομένων και πρόβλεψης.
5. Εύχρηστους και προσαρμόσιμους πίνακες ελέγχου



Εικόνα 93: Η επικοινωνία της Πλατφόρμας της Wings με το οικοσύστημα



Εικόνα 94: Παράδειγμα Εφαρμογής της εποπτείας ενός συστήματος μέτρησης κατανάλωσης νερού

Η OTS με την Wings Ict Solutions, αναμφίβολα θα μπορούσαν να συνεργαστούν, καθώς η πρώτη θα λαμβάνει τα αποτελέσματα από τη δεύτερη, προσφέροντας τη μεγάλη γκάμα πλεονεκτημάτων που αναφέραμε και σε προηγούμενη παράγραφο.

Με τη συνεργασία αυτή στοχεύουμε στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων κοινής ωφελείας νερού και του τρόπου με τον οποίο η ανάπτυξή τους αντικατοπτρίζεται στις κεφαλαιουχικές δαπάνες. Στην ανάλυση αυτών των αγορών, θεωρήσαμε την επενδυτική εστίαση των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας σε κάθε περιοχή, τη διαθεσιμότητα χρηματοδότησης και την ζήτηση για τη βελτίωση των διαδικασιών του δικτύου. Οι λύσεις, οι τεχνολογίες και / ή οι συσκευές που περιλαμβάνονται σε κάθε τομέα περιγράφονται παρακάτω:

- **Έξυπνη διαχείριση διαρροών**

Περιλαμβάνει όλα τα έξυπνα συστήματα για τη μείωση του όγκου του νερού που χάνεται από τα δίκτυα διανομής. Εξετάζουν τα συστήματα ανίχνευσης διαρροών που απαιτούν τοποθέτηση ακουστικών αισθητήρων και έξυπνα συστήματα διαχείρισης πίεσης. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει έξυπνες αντλίες και βαλβίδες που μπορούν να ανταποκρίνονται αυτόματα σε συμβάντα, ακουστικούς αισθητήρες για την ανίχνευση διαρροών, αισθητήρες ροής και πίεσης, εξοπλισμός για την επικοινωνία δεδομένων σε κεντρικό τοποθεσία,

λογισμικό για διαχείριση σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί και όλα τα σχετικά IT υποδομή.

- **Έξυπνη μέτρηση και εξυπηρέτηση πελατών**

Περιλαμβάνει όλα τα συστήματα που σχετίζονται με την έξυπνη ανάγνωση μετρητών, τον εξοπλισμό, τις υπηρεσίες πελατών και τη χρέωση. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις δαπάνες που απαιτούνται για την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών, εξοπλισμό επικοινωνίας δεδομένων σε κεντρική τοποθεσία και όλα σχετικά υποδομή πληροφορικής. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επίσης οι δαπάνες λογισμικού για την αποθήκευση λεπτομέρειες λογαριασμού πελατών, παρακολούθηση της κατανάλωσης των πελατών και αυτόματη δημιουργία λογαριασμών.

- **Έξυπνη βελτιστοποίηση δικτύου**

Περιλαμβάνει όλα τα συστήματα που αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, τη διαχείριση στοιχείων ενεργητικού, τη διαχείριση της διαδικασίας και τη διαχείριση έργων στη λειτουργία ενός δικτύου του νερού. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει την εγκατάσταση οποιασδήποτε τεχνολογίας που απαιτείται για τον έλεγχο και την παρακολούθηση (συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων αντλιών και βαλβίδων) για σκοπούς άλλους από τη διαχείριση της πίεσης (όπως η ενεργειακή απόδοση, ο προγραμματισμός της αντλίας, κ.λπ.). Επίσης, ο εξοπλισμός που απαιτείται για την επικοινωνία δεδομένα σε κεντρική τοποθεσία, λογισμικό για ανάλυση σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων που συλλέγονται και όλα τα σχετικά IT υποδομή. Στην πρόβλεψή μας, αυτή η κατηγορία δεν περιλαμβάνει εξοπλισμό που μπορεί να απαιτηθεί ως μέρος ενός προγράμματος διαχείρισης διαρροών ή έξυπνη εγκατάσταση μετρητή (αυτά περιλαμβάνονται στο δικό τους αντίστοιχα τμήματα παραπάνω). Προβλέπουμε ότι η επένδυση στην έξυπνη διαχείριση διαρροών θα αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς πάνω από μας περίοδο πρόβλεψης.

Τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής για κινητά περιλαμβάνουν:

- γραφικά που δείχνουν πρόσφατη χρήση με σύγκριση με τη μέση χρήση.
- τάσεις χρήσης.
- λεπτομερή χαρτογράφηση της ιστορικής χρήσης.
- μια λειτουργία συναγερμού διαρροής. και
- συστάσεις για τη διατήρηση του νερού, με τη δυνατότητα να δημιουργήσετε ένα προσαρμοσμένο προφίλ για να λάβετε εξατομικευμένες συμβουλές και πρόσβαση σε έναν υπολογιστή εξοικονόμησης χρημάτων.

Γλωσσάρι

3GPP	3 rd Generation Partnership Project
AMI	Advanced Metering Infrastructure
AMR	Automated Meter Reading
BoM	Bill of Materials
CE	Coverage Extension
dB	Decibel
DI	Downlink
DSO	Distribution System Operator
eDRX	Extended Discontinuous Reception
IoT	Internet of Things
LP-TAU	Long Periodic TAU
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LWM2M	Light Weight Machine-to-Machine Protocol
MNO	Mobile Network Operator
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
MSP	Metering Service Provider
NB-IoT	Narrow Band IoT
NW	Network
OSI	Open Systems Interconnections
PSM	Power Saving Mode
QoS	Quality of Service
REL	Release
TAU	Tracking Area Update
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UL	Uplink

Βιβλιογραφία

1. http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3963/MSC_IES_0008_DOGAS_IOANNIS_MSC_THESIS_final.pdf?sequence=1
2. <https://www.u-blox.com/en/solution/technology/narrowband-iot-nb-iot>
3. <https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-architecture>
4. <https://e.huawei.com/en/material/onLineView?MaterialID=5a8d167367c6400899e476a22dfb90c4>
5. <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Telecom-s-5G-revolution-triggers-shakeup-in-base-station-market>
6. https://www.ericsson.com/assets/local/publications/conference-papers/5g_radio_access_network_architecture.pdf
7. <http://pages.silabs.com/rs/634-SLU-379/images/introduction-to-wireless-mbus.pdf>
8. <https://www.swan-forum.com/wp-content/uploads/sites/218/2016/11/EuropeSmartWaterMeterSample.pdf>
9. https://www.cerre.eu/sites/cerre/files/140331_CERRE_SmartMetering_Final.pdf
10. <https://wwtonline.co.uk/features/smartering-up-is-uk-water-metering-ready-for-a-smart-revolution->
11. <http://eulawanalysis.blogspot.com/2018/03/data-protection-and-smart-meters-gdpr.html>
12. <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/impact-general-data-protection-regulation-gdpr-smart-meters-and-smart-pumps/>
13. <https://www.ofwat.gov.uk/regulated-companies/company-obligations/>
14. <http://www.iwa-network.org/projects/water-policy-and-regulation/>
15. <https://thesustainian.com/smart-water-regulation/>
16. <http://www.globalopportunitynetwork.org/opportunities/smart-water-regulation/>
17. <https://mesogeos.gr/smart-water>
18. <https://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/smart-metering/emeter/Documents/Burbank-caseStudy-LR.pdf>
19. <https://www.gwfathom.com/case-studies/>
20. <https://www.osisoft.com/>
21. <https://www.huawei.com/minisite/iot/en/smart-water.html>