

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή στα Πληροφοριακά και Επικοινωνιακά Συστήματα**



**Εφαρμογή της Τεχνολογίας Internet of Things για  
την Διαχείριση Υδάτινων Πόρων**

**Φώτιος Κατριβέσης**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Αναστάσιος Νταγιούκλας**

**Μάιος 2104**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

## **Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

### **Εφαρμογή της Τεχνολογίας Internet of Things για την Διαχείριση Υδάτινων Πόρων**

**Φώτιος Κατριβέσης**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Αναστάσιος Νταγιούκλας**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε  
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών  
στα Πληροφοριακά Συστήματα

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών  
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

**Μάιος 2014**

## Περίληψη

Τώρα, περισσότερο από ποτέ, είναι σημαντικό οι κρίσιμες υποδομές μας, όπως ενεργειακά δίκτυα, συστήματα επεξεργασίας νερού και δημόσιες μεταφορές, να παρακολουθούνται και να προστατεύονται. Η εφαρμογή προηγμένων τεχνικών στην εποπτεία και λειτουργία ενός δικτύου ύδρευσης θα επιφέρει αλλαγές στις πρακτικές διαχείρισης τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται επαρκή και ικανή τροφοδοσία στην κατανάλωση με ταυτόχρονη μείωση των διαρροών καθώς και απαλοιφή των θραύσεων στο δίκτυο.

Ο στόχος αυτής της διατριβής είναι να σχεδιάσει ένα σύστημα διαχείρισης υδάτινων πόρων σε ένα τμήμα (ζώνη) του δικτύου με την χρήση της τεχνολογίας Internet of Things. Αυτό θα γίνει με τη υλοποίηση ενός συστήματος απομακρυσμένου τοπικού σταθμού, που θα βασίζεται σε έναν μικροεπεξεργαστή (π.χ. Programmable Logic Controller, Arduino, κλπ) ο οποίος θα συλλέγει τις μετρήσεις από τα αναλογικά αισθητήρια μέτρησης πίεσης και παροχής θα ενεργοποιεί την διάταξη ελέγχου βάση της ρουτίνας κλειστού βρόγχου και θα μεταδίδει τα δεδομένα σε έναν κεντρικό υπολογιστή δια μέσου του Διαδικτύου. Στον κεντρικό υπολογιστή (π.χ. PC, Laptop, κλπ) θα σχεδιασθεί και αναπτυχθεί μια εφαρμογή που θα εμφανίζει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και θα μπορεί να ελέγχει, εποπτεύει και παραμετροποιεί το σύστημα του τοπικού σταθμού.

Σκοπός της διατριβής είναι να αναλύσει θεωρητικά και σχεδιάσει πρακτικά μια εφαρμογή για τον έλεγχο των λειτουργιών-διαδικασιών και τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από απομακρυσμένες εγκαταστάσεις, προκειμένου να εποπτεύεται ο εξοπλισμός και οι συνθήκες λειτουργίας στα επί μέρους τμήματα (Ζώνες) ενός δικτύου ύδρευσης, ώστε να ελέγχεται η πίεση και παροχή σε αυτά και να μειώνονται οι απώλειες υδάτινων αλλά και οικονομικών πόρων.

Όλα αυτά υλοποιούνται όσο αφορά το λειτουργικό μέρος με τη βοήθεια του PLC S7300, της μονάδας CP343-1 για την επικοινωνία από απόσταση μέσω Ethernet, το Simatic WinCC για την υλοποίηση του SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition), ενώ η μέτρηση και ο έλεγχος γίνεται, μέσω αναλογικών σημάτων, από μεταδότες πίεσης / παροχής και ηλεκτρικού ενεργοποιητή αντίστοιχα.

Με την εφαρμογή των σύγχρονων αυτών εφαρμογών και αυτοματισμών σε μια επιχείρηση ύδρευσης θα επιτευχθεί η εξοικονόμηση νερού και ενέργειας, ο πληρέστερος έλεγχος και η ορθολογική διαχείριση του δικτύου, η εξασφάλιση της ποιότητας του νερού, κλπ.

# Summary

Now more than ever it is important that our critical infrastructure, such as power grids, water treatment systems and public transport, monitored and protected. The application of advanced techniques in the supervision and operation of a water distribution system will result in changes in management practices are adequate to ensure sufficient and capable power consumption while reducing leakage and elimination of breakages in the network.

The objective of this thesis is to design a system for managing water resources in a section (zone) of the network using the technology Internet of Things. This will be the implementation of a remote local station, based on a microprocessor (eg Programmable Logic Controller, Arduino, etc), who will collect the measurements from the analog sensors measuring pressure and flow will activate the control device basis of routine closed loop and transmits the data to a central computer through the Internet. On the host computer (eg PC, LapTop, etc) will be designed and developed an application that will display the data in real time and it can control, monitor and configures the system's local station.

This thesis aims to analyze theoretically and practically design an application for controlling functions - processes and collecting data in real time from remote facilities, in order to oversee equipment and operating conditions in the individual sections (zones) of a water supply distribution system, so that to control the pressure and flow to them and to reduce water losses and financial resources.

All these are implemented, as regards the functional part with the help of PLC S7300, the unit CP343-1 Lean for communicating remotely via Ethernet and the Simatic WinCC for implementing the SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), while the measurement and control is done via analog signals from transmitters pressure / flow and an valve electrical actuator, respectively

With the implementation of these modern applications and automation in a water company will achieve, savings in water and energy, complete control and rational management of the water network minimizing pipe bursts, ensuring the quality of water, etc.

## Ευχαριστίες

Η μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί το επιστέγασμα της πολυετούς προσπάθειας απόκτησης ενός εξειδικευμένου τίτλου. Είναι λοιπόν κρίσιμο να μην ξεχνούμε τους ανθρώπους και τα μέσα που επιτελούν κάθε φορά την υλοποίηση μιας δημιουργικής έρευνας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αναστάσιο Νταγιούκλα για την αμέριστη συνεργασία και κυρίως για την κατανόηση την οποία επέδειξε για το γεγονός ότι οι καιροί που διανύουμε είναι δύσκολοι αρκετά ώστε να έχουμε την απόλυτη αφοσίωση μας στον στόχο που επιτελούμε. Τον κ. Αναστάσιο Λαμπρόπουλο για τη βοήθειά του σε ζητήματα προγραμματισμού των εφαρμογών της Siemens και την υποστήριξη στον τομέα του εξοπλισμού. Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Χριστάκη Παρασκευά για την πολύτιμη βοήθειά του σε θέματα υδάτινων πόρων. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη κατανόηση και συμπαράστασή κατά την συγγραφή της παρούσας διατριβής.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	.....	1
1.1	Πρόλογος	.....	2
1.2	Σκοπός	.....	2
1.3	Αναγκαιότητα	.....	3
<b>2</b>	<b>Internet of Things (IoT)</b>	.....	6
2.1	Ορισμός	.....	7
2.2	Από το Internet of Computers στο Internet of Things	.....	8
2.3	Χαρακτηριστικά	.....	10
2.4	IP for Things	.....	13
2.5	Web for Things	.....	14
<b>3</b>	<b>Ubiquitous Computing</b>	.....	16
3.1	Ορισμός	.....	17
3.2	Δικτυακά Συστήματα Ελέγχου	.....	19
3.3	Από το Machine-to-Machine στο Industrial Internet of Things	.....	20
3.2	Το IoT στην υπηρεσία των Δήμων και των Δημοτών	.....	25
3.2.1	Υδρευση	.....	26
3.2.2	Συλλογή και Διάθεση Λυμάτων	.....	26
3.2.3	Ηλεκτρική Ενέργεια και Φυσικό Αέριο	.....	27
3.2.4	Πολιτική Προστασία	.....	28
<b>4</b>	<b>Διαχείριση Υδατικών Πόρων στα Δίκτυα Ύδρευσης</b>	.....	29
4.1	Εισαγωγή	.....	31
4.2	Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων	.....	33
4.3	Διαχείριση Απωλειών στα Δίκτυα Ύδρευσης	.....	34
4.3.1	Μέθοδοι Μείωσης Απωλειών	.....	35
4.2.2	Ζώνες Ελέγχου	.....	36
4.4	Διαχείριση Πίεσης στα Δίκτυα Ύδρευσης	.....	38
4.4.1	Μεθοδολογία Διαχείρισης Πίεσης	.....	40
4.4.2	Πρακτικές Διαχείρισης Πίεσης	.....	43

<b>5</b>	<b>Σύστημα Διαχείρισης Πίεσης Κλειστού Βρόγχου</b>	46
5.1	Θεωρία Συστήματος Ελέγχου Πίεσης	47
5.1.1	Βασικά Στοιχεία Συστήματος Ελέγχου	47
5.1.2	Σύστημα Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου	49
5.2	Περιγραφή Συστήματος Ελέγχου Πίεσης	52
5.3	Δομή Συστήματος Ελέγχου Πίεσης	55
5.3.1	Γενικά	55
5.3.2	Αισθητήρια και Ενεργοποίητης	57
5.3.2.1	Μέτρηση Παροχής	57
5.3.2.2	Μέτρηση Πίεσης	59
5.3.2.3	Ηλεκτρικός Ενεργοποιητής Υδραυλικής Δικλείδας	59
5.3.3	Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής - PLC	61
5.3.3.1	Βασική Δομή PLC	64
5.3.3.2	Πλαίσιο Στήριξης	64
5.3.3.3	Τροφοδοτικό	65
5.3.3.4	Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας	66
5.3.3.5	Ψηφιακές Μονάδες Εισόδων	68
5.3.3.6	Ψηφιακές Μονάδες Εξόδων	68
5.3.3.7	Μονάδες Αναλογικών Εισόδων	69
5.3.3.8	Μονάδες Αναλογικών Εξόδων	69
5.3.4	Σύστημα Εποπτείας Ελέγχου και Μεταφοράς Δεδομένων	71
5.3.4.1	SCADA (supervisory control and data acquisition)	71
5.3.4.2	Δομή συστήματος SCADA	73
5.3.4.3	Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής	74
5.3.5	Επικοινωνία	75
5.3.5.1	Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής	76
5.3.5.2	SCADA	77
<b>6</b>	<b>Εφαρμογή Συστήματος Διαχείρισης Πίεσης Κλειστού Βρόγχου</b>	79
6.1	Εφαρμογή Λογισμικού PLC	79
6.1.1	Δομή Προγράμματος S7-300	80
6.1.1.1	Επεξεργασία Προγράμματος	80
6.1.1.2	Τύποι Διαθέσιμων Block's	81

6.1.1.3	Δομή των Block's	.....	84
6.1.1.4	Επεξεργασία Αναλογικών Σημάτων	.....	85
6.1.2	Εφαρμογή Προγράμματος S7-300	.....	88
6.2	Εφαρμογή Λογισμικού SCADA	.....	99
6.2.1	Δομή Προγράμματος Διεπαφής μέσω Win CC	.....	99
6.2.1.1	Διεπιφάνεια Χρηστών	.....	99
6.2.1.2	Σύστημα Μηνυμάτων - Συναγερμών	.....	100
6.2.1.3	Σύστημα Αρχαιοθέτησης Τιμών	.....	100
6.2.1.4	Σύστημα Αναφορών και Καταγράφων	.....	101
6.2.2	Εφαρμογή Προγράμματος Διεπαφής μέσω Win CC	.....	102
<b>7</b>	<b>Επίλογος</b>	.....	114
7.1	Εργαλεία για την υλοποίηση της εργασίας	.....	115
7.2	Αποτελέσματα - Συμπεράσματα	.....	118
	<b>Βιβλιογραφία</b>	.....	123

# Πίνακας Συντομογραφιών

CP	Communication Processors
CPU	Central Processing Unit
DB	Data Blocks
DMA	District Metered Area
FB	Function Block
FC	Functions
GUI	Graphical User Interface
HMI	Human Machine Interface
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
M2M	Machine-to-Machine
MPI	Message Passing Interface
NCS	Networked Control System
OB	Organization Blocks
PID	Proportional Integral Derivative controller
PLC	Programmable Logic Controller
PRV	Pressure Reducing Valve
RFID	Radio Frequency Identification
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TCP	Transmission Control Protocol
UbiComp	Ubiquitous Computing
UDP	User Datagram Protocol
URL	Uniform Resource Locator
WAN	Wide Area Network
WWW	World Wide Web

# **Κεφάλαιο 1**

## **Εισαγωγή**

## 1.1 Πρόλογος

Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται την ανάγκη ελέγχου της πίεσης σε ένα σύστημα δικτύου ύδρευσης. Η διαχείριση της πίεσης είναι μία από τις πιο σημαντικές παρεμβάσεις διαχείρισης στη διανομή του νερού που μπορεί να υλοποιηθεί από μια εταιρεία ύδρευσης στις προσπάθειές της για τη μείωση των διαρροών. Δεδομένου ότι η διαρροή οδηγείται ή/και παράγεται από την πίεση, οποιεσδήποτε προσπάθειες που έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσης του νερού, ακόμη και για μέρος της ημέρας, θα μειώσει τη διαρροή σε μεγάλο βαθμό. Η μείωση της πίεσης του νερού σε ένα σύστημα μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους και τεχνικές, όπου το καθένα από αυτά έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Προοδευτικά λοιπόν θα αναλυθούν οι παρούσες τεχνολογίες που διαχειρίζονται τα δίκτυα ύδρευσης και κατόπιν θα αναπτυχτεί μια εφαρμογή μέσω της οποίας θα καταστεί βέλτιστη η εξοικονόμηση και γενικότερα η διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Εκμεταλλευόμενοι τις τεχνολογικές δυνατότητες αφενός της διάχυτης χρήσης υπολογιστή (πανταχού παρούσης-ubiquitous computing) και αφετέρου των βιομηχανικού τύπου συσκευών και εφαρμογών θα αναπτύξουμε ένα νοήμων σύστημα διαχείρισης όπου ένας αισθητήρας πίεσης στο κρίσιμο σημείο χρησιμοποιείται για να παρέχει σε πραγματικό χρόνο δεδομένα στον ελεγκτή πίεσης στην είσοδο της ζώνης του δικτύου ύδρευσης.

## 1.2 Σκοπός της Διατριβής

Είναι μια μελέτη που αναλύει θεωρητικά και σχεδιάζει πρακτικά ένα ειδικό παράδειγμα διαχείρισης πίεσης κλειστού βρόγχου σε μια ζώνη δικτύου ύδρευσης για να :

- i. Ενημερώσει για την θεωρητική προσέγγιση και τις εφαρμογές του Internet of Things,
- ii. Αξιολογήσει τον αυτοματισμό του συστήματος διαχείρισης πίεσης κλειστού βρόγχου,
- iii. Επιδείξει το πώς μπορούν οι σύγχρονες αυτές τεχνικές να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα τηλεδιοίκησης επιχειρήσεων ύδρευσης.

Σε μια προσπάθεια λοιπόν, να κατανοήσουμε επακριβώς αλλά και να προσπαθήσουμε να δούμε την συμπεριφορά του αυτοματισμού αυτού, εφαρμόζουμε μια πειραματική διαδικασία σε εσωτερικό χώρο, όπου προσομοιώνουμε τον τρόπο με τον οποίο

γίνονται οι μετρήσεις των αναλογικών αισθητηρίων τις συνθήκες με τις οποίες γίνεται η επικοινωνία του συστήματος καθώς και τον τρόπο που γίνεται η εποπτεία και ο έλεγχος λειτουργίας του σε πραγματικό χρόνο από απόσταση. Σε αυτό το περιβάλλον λοιπόν, επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον μας στον τρόπο προγραμματισμού των αυτοματισμών του συστήματος κάνοντας μια προσπάθεια μοντελοποίησης του. Πιο αναλυτικά :

- Στο 1° Κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγή και αναφορά στον σκοπό της παρούσας διατριβής και στην αναγκαιότητα ρύθμισης της πίεσης στα συστήματα ύδρευσης.
- Στο 2° Κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι έννοιες και τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας του Internet of Things.
- Στο 3° Κεφάλαιο, αναλύονται οι έννοιες των δικτυακών συστημάτων ελέγχου καθώς διάφορες “κοινωφελείς” εφαρμογές του IoT.
- Στο 4° Κεφάλαιο, γίνεται μια εκτενής αναφορά στα βασικά σημεία διαχείρισης υδάτινων πόρων καθώς και στις μεθοδολογίες διαχείρισης πίεσης.
- Στο 5° Κεφάλαιο, παρατίθεται μια εκτενής αναφορά στην θεωρία και την δομή του συστήματος διαχείρισης πίεσης κλειστού βρόγχου, καθώς και στα χαρακτηριστικά των συσκευών που χρησιμοποιήσαμε στην εφαρμογή μας.
- Στο 6° Κεφάλαιο, παρατίθεται μια αναλυτική περιγραφή του λογισμικού και του προγραμματισμού των επιμέρους τμημάτων του συστήματος, τόσο της λειτουργίας ελέγχου (PLC-step7), όσο και της λειτουργίας εποπτείας (PC-WinCC).
- Τέλος, στο 7° Κεφάλαιο, γίνεται επισκόπηση και παρουσίαση των συμπερασμάτων.

## **1.3 Η Αναγκαιότητα Ρύθμισης της Πίεσης στην Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων**

Αν και το μέγεθος του ζητήματος είναι γνωστό από καιρό, πολύ λίγες χώρες και επιχειρήσεις ύδρευσης έχουν κινηθεί για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των απωλειών. Η Παγκόσμια Τράπεζα εκτιμά ότι κάθε χρόνο το εντυπωσιακό ποσό 32 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα επεξεργασμένου νερού χάνεται από τις αστικές παροχές (συνδέσεις) νερού σε όλο τον κόσμο. Στον αναπτυσσόμενο κόσμο, η μέση απώλεια (Non Revenue Water-μη ανταποδοτικό νερό) προσεγγίζει το 50% του νερού που πραγματικά παράγεται. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η Ομοσπονδία Νερού (Ofwat-Water Services Regulation Authority), έχει δώσει έμφαση στο ζήτημα της διαχείρισης των δικτύων

ύδρευσης και των απωλειών, η απώλεια μέσω της διαρροής, ενώ μειώνεται, παραμένει σε μέσο επίπεδο στο ένα τέταρτο του νερού της εισόδου στο σύστημα. Για αυτό το επίπεδο απωλειών, ο David King διευθυντής της Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου, δήλωσε, είναι «κοινωνικά και πολιτικά απαράδεκτο, μια παγκόσμια πρόκληση που απαιτεί μια επαναστατική ανακάλυψη» .

Η κύρια απαίτηση είναι να μειωθεί το υψηλό επίπεδο των διαρροών και οι θραύσεις των αγωγών που υπονομεύουν την εμπιστοσύνη του κοινού στις επιχειρήσεις ύδρευσης. Η αντικατάσταση των αγωγών τροφοδοσίας είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα και δεν έχει πάντα αποδειχθεί αποτελεσματική. Ο εντοπισμός και η επισκευή διαρροών είναι επίσης δαπανηρή και δεν ασχολείται με «background» διαρροές, δηλαδή τις χιλιάδες των μικρών διαρροών που προσθετικά γίνονται μεγάλες απώλειες.

Ο έλεγχος της πίεσης είναι μια άμεση και οικονομικώς αποδοτική λύση. Ωστόσο, οι ρυθμιστές πίεσης (PRV-Pressure Reducing Valve) που είναι διαθέσιμοι μέχρι σήμερα έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, χαμηλή αξιοπιστία, και μόνο βασική ρύθμιση της πίεσης. Η παρούσα διατριβή εξετάζει και αναπτύσσει εφαρμογές της νέας τεχνολογίας για να ρυθμίσει και διαχειριστή την πίεση και τη παροχή στα δίκτυα ύδρευσης βελτιστοποιώντας την εξοικονόμηση νερού και παρέχοντας δεδομένα απόδοσης σε πραγματικό χρόνο 365 ημέρες το χρόνο.

Παραδοσιακά, η υψηλή πίεση του νερού έχει θεωρηθεί ως καλή. Η έμφαση στη διαρροή αλλάζει αυτή τη θεώρηση, αφού με δεδομένη τη βελτίωση του ελέγχου της πίεσης οδηγούμαστε σε άμεση μείωση του ποσοστού διαρροής. Όπου η διαρροή είναι υψηλή, η διαχείριση της πίεσης είναι η πιο άμεση δράση που μπορούν να ληφθεί, και τα αποδεδειγμένα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη επιτρέπουν μεταγενέστερα να αναπτυχθούν πιο δαπανηρά προγράμματα ανίχνευσης διαρροών και διαχείρισης δικτύων και, στη συνέχεια, την επισκευή και την αντικατάσταση των αγωγών τροφοδοσίας. Μια μέση μείωση 25% (π.χ. από 4Atm έως 3Atm), οδηγεί σε αντίστοιχη μείωση 25% σε διαρροή. Ως παράδειγμα, μια βρετανική πόλη του ενός εκατομμυρίου ανθρώπων, με το μέσο όρο επίπεδα διαρροής, θα μειώσει την κατανάλωση νερού κατά 5,4εκατ. κυβικά μέτρα ετησίως, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση των £2,5 εκατ., ή αρκετό νερό για να καλύψει άλλα 100.000 άτομα. Περίπου το 90% των δικτύων ύδρευσης της παροχής νερού του Ηνωμένου Βασιλείου καλύπτεται περίπου 26.000 ζώνες ελέγχου (DMA-District Metered Area), που η κάθε μια αποτελείται από περίπου

1000 έως 2000 ακίνητα. Πολλές από αυτές είναι υπό διαχείριση πίεσης (PM-Pressure Management). Μία βαλβίδα μείωσης της πίεσης (PRV-Pressure Reducing Valve) είναι εγκατεστημένη στην είσοδο μιας ζώνης και προκαλεί μείωση της πίεσης στο κύριο αγωγό τροφοδοσίας (π.χ. από 10Atm σε 6Atm). Ο περιορισμός αυτής της μορφής διαχείρισης του δικτύου ύδρευσης είναι ότι η PRV πρέπει να ρυθμιστεί για να επιτρέψει τη λειτουργία στην υψηλότερη κατανάλωση του 24ωρου. Η πίεση δεν μπορεί να μειωθεί κατά τη διάρκεια των εκτός αιχμής περιόδων. Σε λιγότερες περιπτώσεις η διαχείριση του δικτύου γίνεται με τη χρήση των ηλεκτρονικών ελεγκτών που ρυθμίζουν την έξοδο από τις PRVs, αλλά δεν έχουν λύσει μια σειρά από προβλήματα, όπως η απότομη εναλλαγή μεταξύ των ρυθμίσεων ημέρας και νύχτας χωρίς προσαρμογή μεταξύ τους, καθώς επίσης δεν μπορούν να προσαρμόσουν τη βαθμονόμηση τους με την πάροδο ή κυκλικά με τον χρόνο και απαιτούν χειροκίνητες ρυθμίσεις.

Οι θραύσεις-“σπασίματα“ αγωγών κάνουν κακό για τις επιχειρήσεις ύδρευσης αν αναλογιστούμε (π.χ. στο Ηνωμένο Βασίλειο), νέες θραύσεις συμβαίνουν με ετήσιο ρυθμό 200 ανά 1000χλμ. κύριων αγωγών δικτύου. Εκτιμάται ότι το 30% των “σπασιμάτων“ δεν καταγγέλλονται ενώ το κόστος της κάθε επισκευής είναι μεταξύ 750-2.500€.

# **Κεφάλαιο 2**

## **Internet of Things**

**(IoT)**

## 2.1 Ορισμός

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT-Internet of Things) είναι ένα σενάριο στο οποίο στα αντικείμενα, ζώα ή ανθρώπους που παρέχονται μοναδικά αναγνωριστικά και η δυνατότητα για αυτόματη μεταφορά δεδομένων μέσω ενός δικτύου, χωρίς να απαιτείται η από άνθρωπο σε άνθρωπο ή ανθρώπου σε υπολογιστή αλληλεπίδραση. ΙοΤ έχει εξελιχθεί από τη σύγκλιση των ασύρματων τεχνολογιών, μικρο-ηλεκτρομηχανικών συστημάτων (Micro Electro Mechanical Systems) και το Διαδίκτυο.



Εικόνα 2.1

“Πράγμα”, στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, μπορεί να είναι ένα πρόσωπο με ένα εμφύτευμα που παρακολουθεί την καρδιά, ένα ζώο σε αγρόκτημα με έναν αναμεταδότη βιοτσίπ, ένα αυτοκίνητο που έχει ενσωματωμένους αισθητήρες για να ειδοποιεί τον οδηγό όταν η πίεση των ελαστικών είναι χαμηλή, ή οποιοδήποτε άλλο φυσικό ή τεχνητό αντικείμενο που μπορεί να του εκχωρηθεί μια διεύθυνση IP και να έχει τη δυνατότητα για τη μεταφορά δεδομένων μέσω δικτύου (Εικόνα 2.1). Μέχρι στιγμής, το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι πιο στενά συνδεδεμένο με την επικοινωνία μηχανή-σε-μηχανή (M2M-Machine-to-Machine) στον τομέα της μεταποίησης και της ενέργειας, στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, πετρελαίου και φυσικού αερίου. Τα προϊόντα που κατασκευάζονται με M2M δυνατότητες επικοινωνίας που συχνά αναφέρονται ως “έξυπνα”.

## 2.2 Από το Διαδίκτυο των Υπολογιστών στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Το IoT αποτελεί ένα όραμα, στο οποίο το Διαδίκτυο επεκτείνεται στον πραγματικό κόσμο και αγκαλιάζει καθημερινά αντικείμενα. Τα φυσικά στοιχεία δεν είναι πλέον αποσυνδεδεμένα από τον εικονικό κόσμο, αλλά μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως και μπορούν να λειτουργήσουν ως σημεία φυσικής πρόσβασης στις υπηρεσίες του Internet. Το Internet of Things καθιστά τη χρήση του υπολογιστή πραγματικά πανταχού παρούσα (ubiquitous computing - μια έννοια που υποβλήθηκε αρχικά από τον Mark Weiser στις αρχές του 1990). Η εξέλιξη αυτή διανοίγει τεράστιες δυνατότητες και αποτελεί αναμφισβήτητα μια τεράστια τεχνική και κοινωνική πρόκληση.

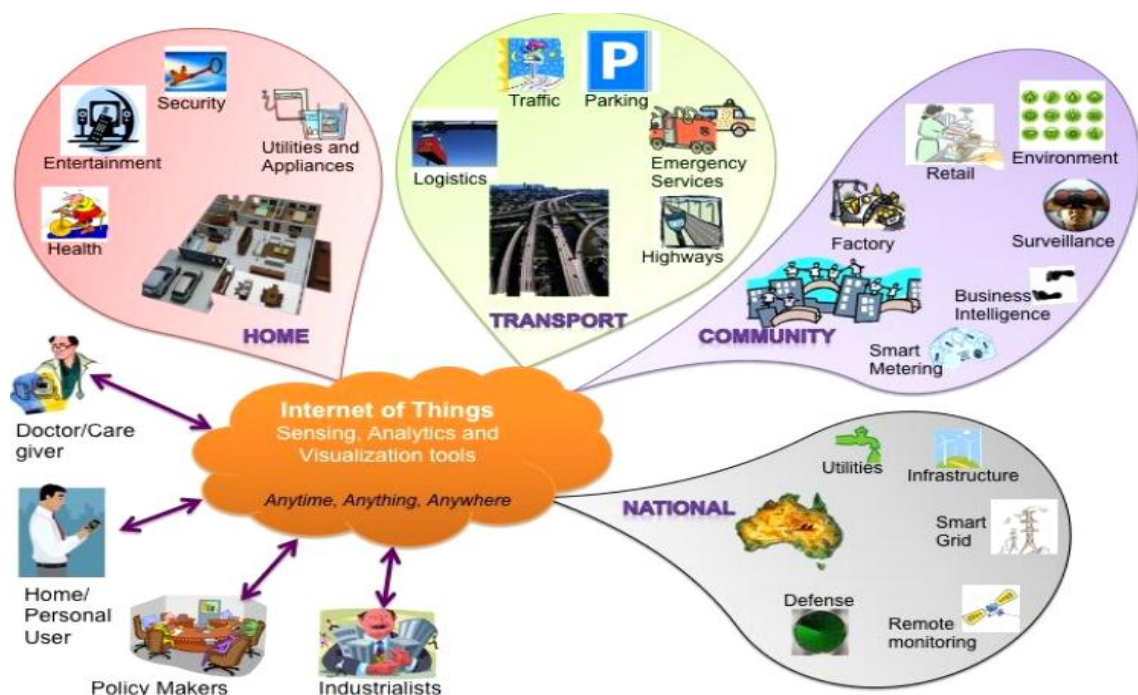
Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT) είναι κατά κάποιον τρόπο το μονοπάτι προς ένα "έξυπνο κόσμο" με την πανταχού παρούσα χρήση υπολογιστών και τη δικτύωση. Στόχος του είναι να κάνει διάφορες εργασίες ευκολότερες για τους χρήστες και να παρέχει άλλες εργασίες, όπως η εύκολη παρακολούθηση των διαφόρων φαινομένων που μας περιβάλλουν. Με την πανταχού παρούσα χρήση υπολογιστή, οι υπολογιστές θα ενσωματωθούν παντού και θα έχουν προγραμματιστεί να ενεργούν αυτόματα χωρίς χειροκίνητη ενεργοποίηση, θα είναι δηλαδή πανταχού παρών (ubiquitous).

Στο Ίντερνετ των πραγμάτων, αντικείμενα καθημερινής ζωής του περιβάλλοντος, που ονομάζονται επίσης "πράγματα", "αντικείμενα" ή "μηχανές" είναι συνδεδεμένα με την πληροφορική και επικοινωνιακή τεχνολογία για να ενταχθούν στο επικοινωνιακό πλαίσιο. Στο πλαίσιο αυτό, ασύρματες και ενσύρματες τεχνολογίες παρέχουν ήδη τις δυνατότητες επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης, που αποσκοπούν σε μια σειρά από υπηρεσίες και που βασίζονται σε αλληλεπίδραση πρόσωπο-με-πρόσωπο, πρόσωπο-με-μηχανή, μηχανή-με-πρόσωπο, μηχανή-με-μηχανή και ούτω καθεξής. Αυτά τα συνδεδεμένα μηχανήματα ή αντικείμενα/πράγματα θα είναι νέοι χρήστες στο Internet ή δικτυακοί χρήστες και θα παραγάγουν την κυκλοφορία των δεδομένων κατά το τρέχον ή επερχόμενο Internet.

Το όραμα του Internet of Things στηρίζεται στην πεποίθηση ότι η σταθερή πρόοδος στον τομέα της μικροηλεκτρονικής, των επικοινωνιών και της τεχνολογίας των πληροφοριών που έχουμε δει τα τελευταία χρόνια θα συνεχιστεί και στο άμεσο μέλλον. Στην πραγματικότητα σήμερα (λόγω της μείωσης του μεγέθους τους, της συνεχόμενης πτώσης των τιμών και της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας), επεξεργαστές,

μονάδες επικοινωνιών και άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα είναι όλο και περισσότερο ενσωματωμένα σε καθημερινά αντικείμενα.

“Εξυπνα” αντικείμενα διαδραματίζουν βασικό ρόλο στο Internet of Things, δεδομένου ότι η ενσωμάτωση της επικοινωνίας επιφέρει επανάσταση την χρησιμότητα αυτών των αντικειμένων. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες, που είναι σε θέση να αντιληφτούν το περιεχόμενό τους, και με ενσωματωμένες δυνατότητες δικτύωσης θα είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους, να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες Internet και να αλληλεπιδρούν με τους ανθρώπους.



Εικόνα 2.2: Internet of Things, σχηματική παρουσίαση με τελικούς χρήστες και τομείς εφαρμογής

Σε άλλους τομείς εφαρμογής, η δυνατότητα σύνδεσης στο Internet των καθημερινών αντικειμένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει την εξ αποστάσεως κατάσταση τους, έτσι ώστε τα συστήματα πληροφοριών να μπορούν να συλλέγουν ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά αντικείμενα και διεργασίες (Εικόνα 2.2). Αυτό επιτρέπει πολλές πτυχές του πραγματικού κόσμου να είναι "εποπτευόμενες" και το σημαντικότερο με αμελητέο κόστος. Αυτό όχι μόνο θα επιτρέψει την καλύτερη κατανόηση των διεργασιών, αλλά και πιο αποτελεσματικό έλεγχο και διαχείριση. Η σε πραγματικό χρόνο την ερμηνεία των δεδομένων από τον θα οδηγήσει πιθανότατα στην εισαγωγή των διαφόρων καινοτόμων υπηρεσιών προς τις επιχειρήσεις και μπορεί να παραδώσει σημαντικά οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.

Ο όρος «Internet of Things» διαδόθηκε από την εργασία του Auto-ID Center στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT), το οποίο το 1999 άρχισε να σχεδιάζει και να διαδίδει μια υποδομή RFID (Radio Frequency Identification). Το 2002, ο συνιδρυτής και πρώην επικεφαλής του, Kevin Ashton αναφέρθηκε στο περιοδικό Forbes, να λέει, «Χρειαζόμαστε ένα internet για τα πράγματα, ένα τυποποιημένο τρόπο για τους υπολογιστές να κατανοούν τον πραγματικό κόσμο». Το άρθρο είχε τίτλο «The Internet of Things», και ήταν η πρώτη τεκμηριωμένη χρήση του όρου σε μια κυριολεκτική έννοια του όρου. Ωστόσο, ήδη από το 1999 ουσιαστικά η ίδια έννοια χρησιμοποιείται από τον Neil Gershenfeld από το MIT Media Lab στο δημοφιλές βιβλίο του «Όταν τα πράγματα αρχίζουν να σκέφτονται», όταν έγραψε «εκ των υστέρων μοιάζει ότι η ταχεία ανάπτυξη του World Wide Web μπορεί να ήταν μόνο ο παλμός ενεργοποίησης της τωρινής πραγματικής έκρηξης, όπως τα πράγματα αρχίζουν να χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο».

Τα τελευταία χρόνια, ο όρος «Internet of Things» έχει εξαπλωθεί ταχύτατα. Το 2005, θα μπορούσε ήδη να βρεθεί σε τίτλους βιβλίων, και το 2008 το πρώτο επιστημονικό συνέδριο πραγματοποιήθηκε σε αυτόν τον τομέα της έρευνας. Στην Ευρώπη, αρχικά, χρησιμοποιείται ο όρος μόνο στο πλαίσιο της τεχνολογίας RFID, αλλά οι τίτλοι των συνεδρίων RFID «Από την RFID στο Internet των πραγμάτων» (2006) και «RFID: Προς το Internet of Things» (2007), που πραγματοποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπαινίσσονται ήδη σε μια ευρύτερη ερμηνεία. Τέλος, το 2009, ένα ειδικό σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είδε τελικά το Internet of Things ως γενική εξέλιξη του Διαδικτύου «από δίκτυο διασυνδεδεμένων υπολογιστών σε ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων αντικειμένων».

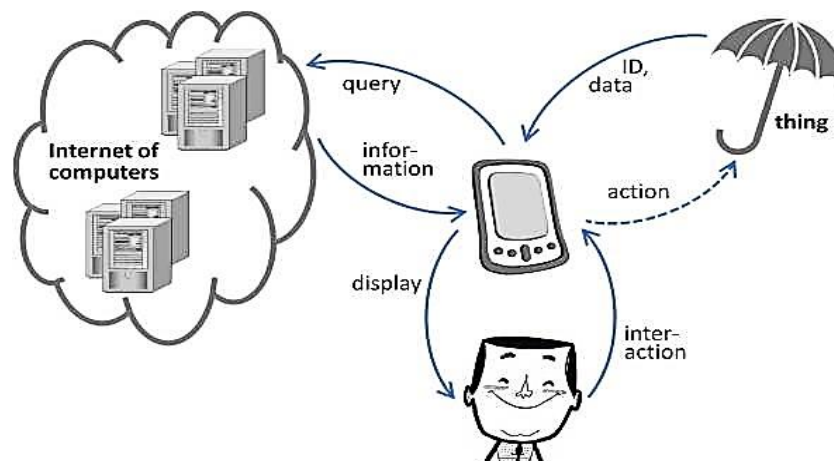
## 2.3 Χαρακτηριστικά

Από τεχνική άποψη, το Internet of Things δεν είναι το αποτέλεσμα μιας ενιαίας νέας τεχνολογίας. Πολλές συμπληρωματικές τεχνικές εξελίξεις παρέχουν δυνατότητες, που στο σύνολό τους βοηθούν να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ του εικονικού και φυσικού κόσμου. Οι δυνατότητες αυτές περιλαμβάνουν:

- ✓ *Επικοινωνία και συνεργασία (Communication and cooperation)* : Αντικείμενα έχουν τη δυνατότητα να δικτυωθούν με τους πόρους του Internet ή ακόμη και μεταξύ τους,

να κάνουν χρήση των δεδομένων και των υπηρεσιών και να ενημερώνουν για την κατάστασή τους. Οι ασύρματες τεχνολογίες όπως GSM και UMTS, Wi - Fi, Bluetooth, ZigBee, κλπ, έχουν πρωταρχική σημασία εδώ.

- ✓ *Διευθυνσιοδότηση (Addressability)* : Μέσα σε ένα Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τα αντικείμενα μπορούν να εντοπιστούν μέσω της ανακάλυψης ή των υπηρεσιών απόδοσης διεύθυνσης, και ως εκ τούτου, να ρυθμιστούν εξ αποστάσεως.
- ✓ *Ταυτοποίηση(Identification)* : Τα αντικείμενα είναι μοναδικά αναγνωρίσιμα. RFID , τεχνολογία NFC (Near Field Communication) και οπτική αναγνώσιμη γραμμωτών κωδικών είναι παραδείγματα των τεχνολογιών με τις οποίες έστω και παθητικά αντικείμενα, τα οποία δεν έχουν ενσωματωμένη ενεργειακή πηγή μπορούν να αναγνωριστούν. Η ταυτοποίηση επιτρέπει στα αντικείμενα να συνδέονται με πληροφορίες που σχετίζονται με το συγκεκριμένο αντικείμενο και τότε να ανακτηθούν από ένα διακομιστή, εφόσον ο μεσολαβητής είναι συνδεδεμένος με το δίκτυο (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3: Το smartphone ως διαμεσολαβητής μεταξύ των ανθρώπων, πραγμάτων και Διαδικτύου

- ✓ *Τηλεπισκόπηση (Sensing)* : Τα αντικείμενα συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον τους με αισθητήρες, για να το καταγράψουν, να το προωθούν (μεταδίδουν) ή να αντιδρούν άμεσα σε αυτό.
- ✓ *Ενεργοποίηση (Actuation)* : Τα αντικείμενα περιέχουν ενεργοποιητές για να χειριστούν το περιβάλλον τους (για παράδειγμα με τη μετατροπή των ηλεκτρικών σημάτων σε μηχανική κίνηση). Τέτοιοι ενεργοποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο εξ αποστάσεως διεργασιών του πραγματικού κόσμου μέσω του Διαδικτύου.
- ✓ *Ενσωματωμένη επεξεργασία πληροφοριών (Embedded information processing)* : Smart αντικείμενα διαθέτουν έναν επεξεργαστή ή μικροελεγκτή, καθώς και την

ικανότητα αποθήκευσης. Αυτοί οι πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, για να επεξεργάζονται και να ερμηνεύουν τις πληροφορίες του αισθητήρα, ή για να δώσουν στα προϊόντα "μνήμη" για το πώς έχουν χρησιμοποιηθεί.

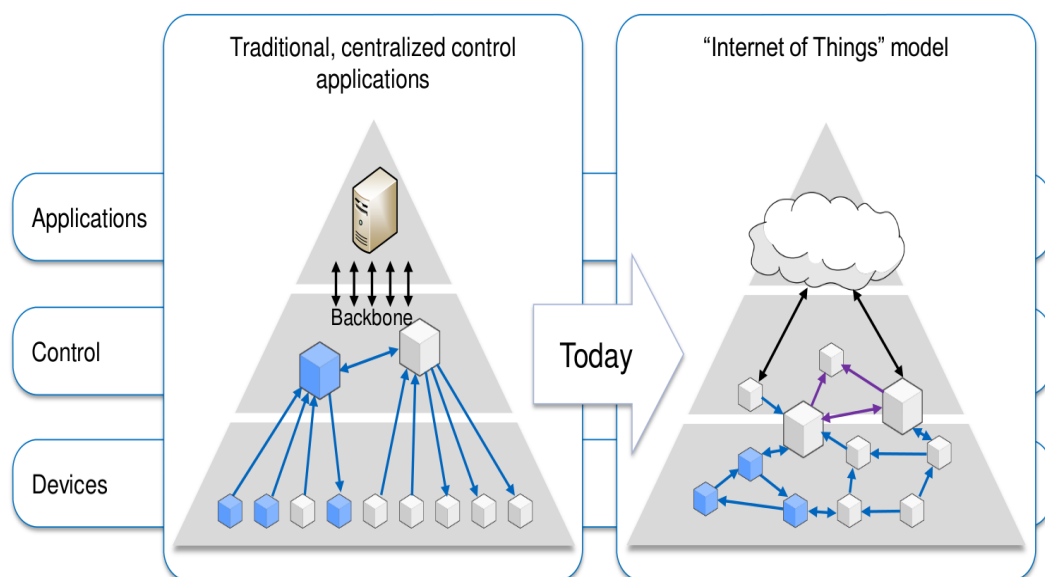
- ✓ *Εντοπισμός (Localization)* : Smart αντικείμενα έχουν επίγνωση της γεωγραφικής τους θέσης. GPS ή το δικτύου κινητής τηλεφωνίας είναι κατάλληλες τεχνολογίες για να επιτευχθεί αυτό.
- ✓ *Διεπαφές χρήστη (User interfaces)* : Smart αντικείμενα μπορούν να επικοινωνούν με τους ανθρώπους με τον κατάλληλο τρόπο (είτε άμεσα είτε έμμεσα, για παράδειγμα μέσω ενός smartphone ή ενός scada). Καινοτόμα παραδείγματα αλληλεπίδρασης έχουν αναπτυχθεί σχετικά με αυτό.

Πιο συγκεκριμένες εφαρμογές χρειάζονται μόνο ένα υποσύνολο αυτών των δυνατοτήτων, ιδιαίτερα μετά την εφαρμογή όλων αυτών είναι συχνά δαπανηρή και απαιτεί σημαντική τεχνική προσπάθεια. Εφαρμογές Logistics, για παράδειγμα, επί του παρόντος επικεντρώνεται σε εφαρμογές εντοπισμού (δηλαδή η θέση του τελευταίου σημείου αναγνώρισης) και ταυτοποίησης των αντικειμένων με τη χρήση κωδικών RFID ή barcode.

Αλλά στις μέρες μας τα ασύρματα στοιχεία επικοινωνίας γίνονται όλο και μικρότερα και φθηνότερα, το IPv6 χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο, η χωρητικότητα των τσιπ μνήμης flash αυξάνεται, οι ενεργειακές απαιτήσεις των επεξεργαστών συνεχίζουν να μειώνονται και τα κινητά τηλέφωνα έχουν ενσωματωμένο barcode αναγνώρισης και οθόνες αφής και μπορούν να αναλάβουν το ρόλο των μεσαζόντων ανάμεσα στους ανθρώπους, τα αντικείμενα καθημερινής χρήσης και στο Διαδίκτυο (Εικόνα 2.1). Όλα αυτά συμβάλλουν στην εξέλιξη του IoT. Από την εξ αποστάσεως αναγνώριση των αντικειμένων και ένα Internet "με" τα πράγματα, οδεύουμε προς ένα σύστημα όπου (περισσότερο ή λιγότερο) έξυπνα αντικείμενα στην πραγματικότητα επικοινωνούν με τους χρήστες (ακόμα και μεταξύ τους), με υπηρεσίες Internet. Αυτές οι νέες δυνατότητες που προσφέρουν τα αντικείμενα ανοίγουν συναρπαστικές προοπτικές και ενδιαφέρουσες δυνατότητες εφαρμογής αλλά επίσης συνοδεύονται από ουσιαστικές απαιτήσεις σχετικά με την υποκείμενη τεχνολογία και υποδομή. Στην πραγματικότητα, η υποδομή για το IoT, δεν πρέπει μόνο να είναι αποτελεσματική, επεκτάσιμη, αξιόπιστη και ασφαλής, αλλά πρέπει επίσης να συμμορφώνονται με τις γενικές κοινωνικές προσδοκίες και να είναι ευρέως εφαρμόσιμη.

## 2.4 IP for Things

Εάν, σε ένα μελλοντικό IoT, τα αντικείμενα καθημερινής χρήσης, πρέπει να λειτουργήσουν και να ελέγχονται μέσω του Διαδικτύου, τότε θα πρέπει να μην καταφεύγουν σε ειδικά πρωτόκολλα, όπως συμβαίνει σήμερα με το RFID (Radio Frequency Identification). Αντ' αυτού, τα πράγματα θα πρέπει να συμπεριφέρονται ακριβώς όπως οι κανονικοί κόμβοι Internet. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να έχουν μια διεύθυνση IP και τη χρήση του Internet Protocol (IP) για την επικοινωνία με άλλα έξυπνα αντικείμενα και τους κόμβους του δικτύου. Και λόγω του μεγάλου αριθμού των διευθύνσεων που απαιτούνται, θα πρέπει να χρησιμοποιούν τη νέα έκδοση IPv6 με διευθύνσεις 128bit (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4

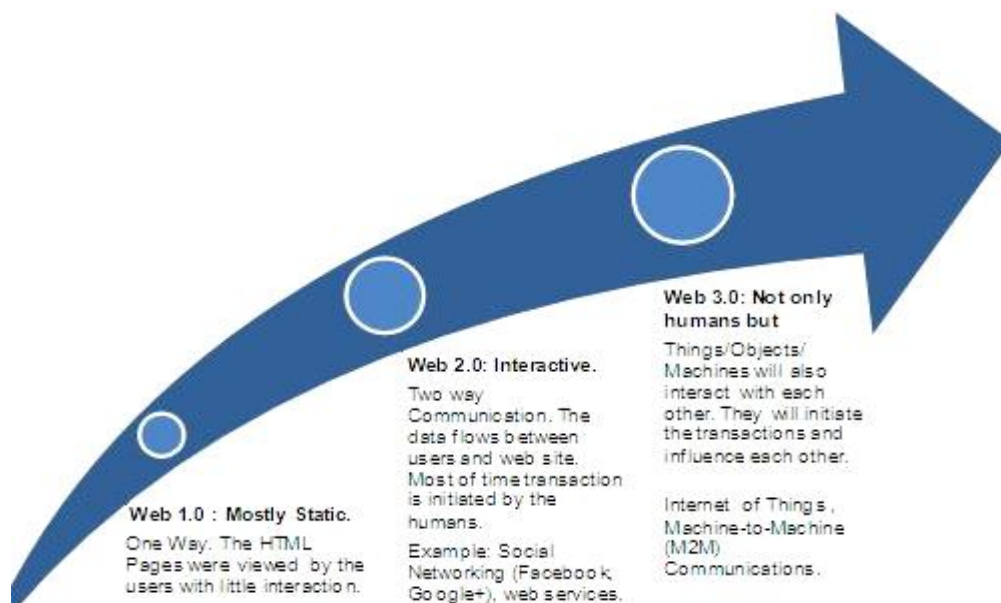
Τα οφέλη της IP διευθυνσιοδότησης των αντικειμένων είναι προφανή, έστω και αν τα αντικείμενα δεν πρόκειται να γίνουν σε παγκόσμιο επίπεδο προσιτά, αλλά αντ' αυτού χρησιμοποιούνται σε ένα ελεγχόμενο intranet περιβάλλον. Η χρήση της IP επιτρέπει στα έξυπνα αντικείμενα να χρησιμοποιούν τις υφιστάμενες Υπηρεσίες και Εφαρμογές διαδικτύου και, αντιστρόφως, αυτά τα έξυπνα αντικείμενα μπορούν να αναγνωριστούν από οπουδήποτε, δεδομένου ότι είναι “χρήστες” στο Internet. Το IPv6 επίσης παρέχει την ενδιαφέρουσα δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης παραμέτρων διεύθυνσης, επιτρέποντας στα έξυπνα αντικείμενα να εκχωρήσουν τις δικές τους διευθύνσεις. Τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, θα είναι εύκολο να χρησιμοποιούν σημαντικά πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής, όπως το HTTP.

Μέχρι πρόσφατα, ωστόσο, η προοπτική της πλήρους υποστήριξης IP για απλά πράγματα εμφανιζόταν απατηλή λόγω των πόρων που απαιτούνται (όπως η ικανότητα του επεξεργαστή και της ενέργειας) και έτσι το κόστος που συνεπάγεται.

Ωστόσο, υπάρχουν τώρα όχι μόνο μικροελεγκτές 16-bit, με επαρκή αποθήκευση που απαιτούν λιγότερο από 400pW/MIPS, αλλά και TCP/IPv6 στοίβες που μπορούν να λειτουργήσουν με 4kBRAM και μνήμη flash 24kB. Εξίσου σημαντικό τα πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας, όπως το IEEE 802.15.4 που καλύπτουν τα στρώματα κάτω από τοIP και καταναλώνουν σχετικά μικρή ισχύ (εφαρμογές ZigBee απαιτούν περίπου 20~60mW (για 1mW ισχύος μετάδοσης, μια σειρά από 10 έως 100 μέτρα και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 250kbit/s). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει μπαταρίες ΑΑνα παρέχουν ένα μέτριο επίπεδο υπολογιστικής ισχύος και της ασύρματης επικοινωνίας που είναι ωστόσο επαρκής για πολλούς σκοπούς για πολλούς μήνες.

## 2.5 Web for Things

Μια λογική εξέλιξη του IoT είναι να αξιοποιήσει το WWW (World Wide Web και πολλές τεχνολογίες του, ως υποδομή, για τα έξυπνα αντικείμενα. Αρκετά χρόνια πριν, ο Kindberg προέβαλε την ιδέα της σήμανσης φυσικών αντικείμενων με τις διευθύνσεις URL που θα μπορούσε, για παράδειγμα, να διαβάσει ιστοσελίδες που περιέχουν πληροφορίες και υπηρεσίες σχετικά με τα εν λόγω αντικείμενα χρησιμοποιώντας μια υπέρυθρη διεπαφή.



Εικόνα 2.5

Αντί για συμβατική τεχνολογία των υπηρεσιών Web, η πρόσφατη πρωτοβουλία για το «Web of Things» χρησιμοποιεί απλά ενσωματωμένους διακομιστές HTTP και την τεχνολογία Web 2.0 (Εικόνα 2.5). Σύγχρονοι Web servers με επαρκή χαρακτηριστικά (υποστήριξη πολλών ταυτόχρονων συνδέσεων, ικανότητα να μεταδίδουν δυναμικά παραγόμενο περιεχόμενο, και "server push" αναφορά συμβάντων) μπορεί να λειτουργήσουν με 8kB μνήμη και χωρίς την υποστήριξη του λειτουργικού συστήματος χάρη στην έξυπνη διαστρωμάτωση βελτιστοποίησης TCP / HTTP. Αυτές οι web server εφαρμογές, ως εκ τούτου, είναι κατάλληλες ακόμα και για μικρά ενσωματωμένα συστήματα, όπως οι έξυπνες κάρτες, όπου παρέχουν υψηλού επιπέδου API σε μια συσκευή χαμηλής ισχύος. Από τη στιγμή που ενσωματωμένοι Web servers σε ένα IoT, διαθέτουν λιγότερους πόρους από ό, τι οι Web clients όπως ένα πρόγραμμα περιήγησης σε προσωπικούς υπολογιστές ή τα κινητά τηλέφωνα, η τεχνολογία AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας καλός τρόπος για τη μεταφορά μέρους του φόρτου εργασίας από το διακομιστή στον πελάτη.

Στο IoT, τα έξυπνα αντικείμενα και οι υπηρεσίες τους διευθυνσιοδοτούνται συνήθως μέσω URLs και ελέγχεται μέσω ενός απλού interface χρησιμοποιώντας μερικά καλά καθορισμένες λειτουργίες HTTP όπως GET και PUT. Τα δεδομένα που διαβιβάζουν τα αντικείμενα στο Web συνήθως έχουν τη μορφή ενός δομημένου εγγράφου XML ή ένα αντικείμενο JSON που είναι αναγνώσιμα με τη χρήση JavaScript.

# **Κεφάλαιο 3**

## **Ubiquitous Computing (Διάχυτα Υπολογιστικά Συστήματα)**

## 3.1 Ορισμός

Τα διάχυτα υπολογιστικά συστήματα (ubicomp-Ubiquitous computing) είναι μια προηγμένη έννοια computing, όπου η χρήση υπολογιστή εμφανίζεται παντού και οπουδήποτε. Σε αντίθεση με desktop computing, πανταχού παρούσα χρήση υπολογιστή γίνεται χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε συσκευή, σε οποιαδήποτε θέση, και σε οποιαδήποτε μορφή. Ένας χρήστης αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή, ο οποίος μπορεί να υπάρχει σε πολλές διαφορετικές μορφές, συμπεριλαμβανομένων των φορητών υπολογιστών, των tablet και των PDA, σε καθημερινά αντικείμενα, όπως ένα ψυγείο ή ένα ζευγάρι γυαλιά. Οι βασικές τεχνολογίες για την υποστήριξη της πανταχού παρούσας χρήσης υπολογιστή περιλαμβάνουν το Διαδίκτυο, προηγμένους διαμεσολαβητές, το λειτουργικό σύστημα, το κινητό κώδικα, αισθητήρες, μικροεπεξεργαστές, νέες διασυνδέσεις I/O και των χρηστών, τα δίκτυα, τα κινητά πρωτόκολλα, κλπ.

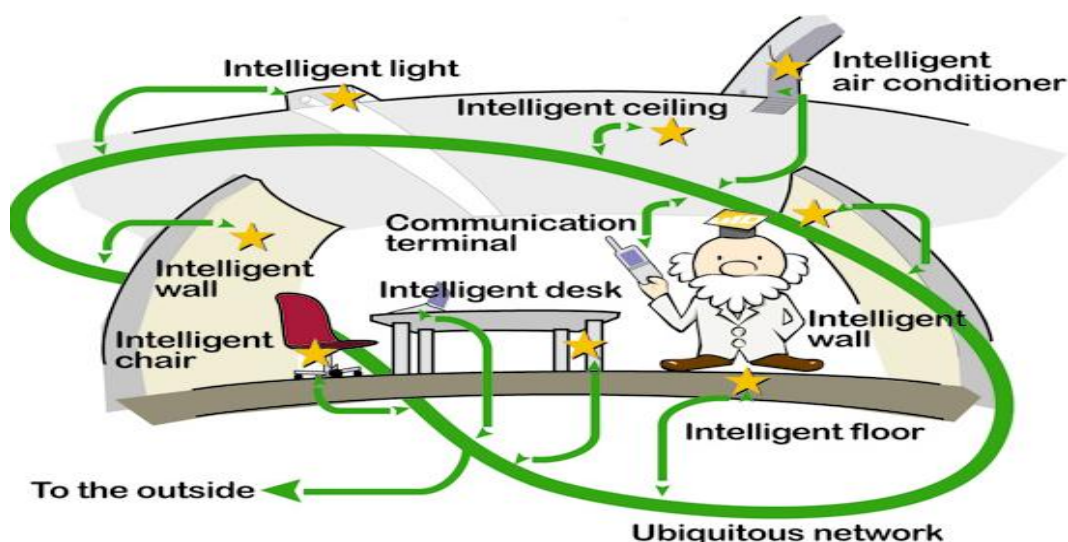
Αυτό το νέο πρότυπο περιγράφεται επίσης ως pervasive computing (η περιβάλλουσα νοημοσύνη), ή everywhere (πανταχού). Κάθε όρος τονίζει ελαφρώς διαφορετικές πτυχές. Όταν αφορούν κυρίως τα αντικείμενα που εμπλέκονται, είναι επίσης γνωστή ως φυσική υπολογιστών, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, και τα πράγματα που σκέφτονται. Αντί να προτείνει ένα ενιαίο ορισμό για την ubiquitous computing και για τους υπόλοιπους σχετικούς όρους, έχει προταθεί μια ταξινόμηση των ιδιοτήτων της, από την οποία μπορεί να περιγραφούν τα διαφορετικά είδη ή οι ιδιαιτερότητες των συστημάτων και εφαρμογών.

Τα ubiquitous computing αγγίζουν ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών θεμάτων, συμπεριλαμβανομένων των distributed computing, mobile computing, location computing, mobile networking, context-aware computing, sensor networks, human-computer interaction, and artificial intelligence.

Ο Mark Weiser επινόησε τον όρο «ubiquitous computing» γύρω στο 1988, κατά τη διάρκεια της θητείας του ως επικεφαλής Τεχνολογίας της Xerox Palo Alto Research Center (PARC). Μεμονωμένα και με τον Διευθυντή και Chief Scientist της PARC John

Seely Brown, ο Weiser έγραψε μερικά από τα πρώτα έγγραφα για το θέμα, που σε μεγάλο βαθμό να καθορίζουν και σκιαγραφούν τις σοβαρότερες πτυχές του.

Στον πυρήνα τους, όλα τα μοντέλα των διάχυτων υπολογιστικών συστημάτων μοιράζονται το ίδιο όραμα, μια μικρή, φθηνή, ανθεκτική δικτυωμένη υπολογιστική σύσκεψη, η οποία διανέμεται σε όλα τα επίπεδα σε όλη την καθημερινή ζωή (Εικόνα 3.1). Για παράδειγμα, ένα ψυγείο που "γνωρίζει" κατάλληλα τις ετικέτες του περιεχομένου του, είναι σε θέση να σχεδιάζει μια ποικιλία μενού από τα τρόφιμα που έχει και να προειδοποιούν τους χρήστες των μπαγιάτικα ή χαλασμένα τρόφιμα. Ο Mark Weiser πρότεινε για το σύστημα ubicomp τρεις βασικές μορφές συσκευών, τα tabs (wearable συσκευές μεγέθους εκατοστού), τα pads (φορητές συσκευές μεγέθους παλάμης) και τα boards (διακρατικές οθόνες μεγέθους μέτρου). Αυτές οι τρεις μορφές που προτείνονται από Weiser χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος, την επίπεδη μορφή και την ενσωμάτωση οθόνης.



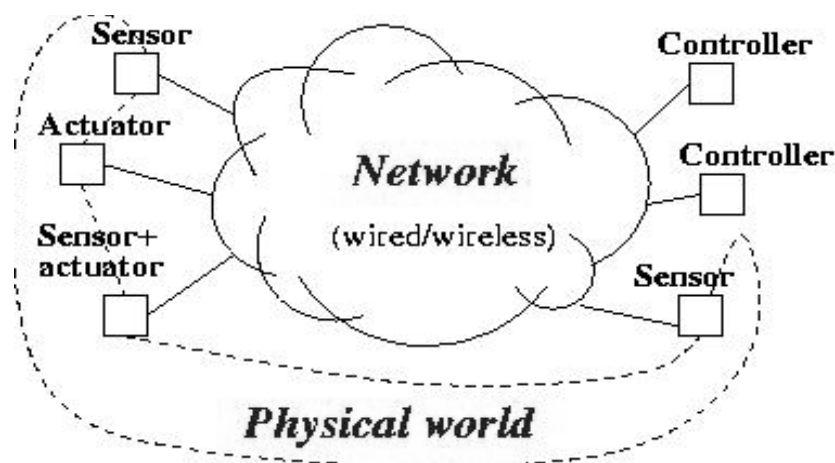
Εικόνα 3.1

Τα ubiquitous computing παρουσιάζει προκλήσεις σε όλη την επιστήμη των υπολογιστών, στον σχεδιασμό των συστημάτων και της μηχανικής, στη μοντελοποίηση των συστημάτων και σχεδιασμό διεπαφής χρήστη. Σύγχρονα μοντέλα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή, είτε πρόκειται για command-line, menu-driven, ή GUI-based, είναι ακατάλληλα και ανεπαρκή για την "πανταχού παρούσα" υπόθεση. Αυτό σημαίνει ότι το "φυσικό" παράδειγμα αλληλεπίδρασης που αρμόζει σε μια πλήρως ισχυρή πανταχού παρούσα χρήση υπολογιστών δεν έχει ακόμη προκύψει.

## 3.2 Διαδικτυακά Συστήματα Ελέγχου

Στόχος ενός δικτυακού συστήματος ελέγχου είναι να επιτρέψει στους ανθρώπους να αλληλεπιδρούν, να τροποποιήσουν, και να ελέγχουν ένα απομακρυσμένο φυσικό περιβάλλον εποπτεύοντας εγκαταστάσεις και μονάδες μέσω της σύνδεσης στο Internet. Η διάχυτη χρήση υπολογιστών μας δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούμε και να επηρεάζουμε τα τοπικά και απομακρυσμένα φυσικά περιβάλλοντα καθώς και βιομηχανικού τύπου εγκαταστάσεις.

Ένα δικτυακό σύστημα ελέγχου (Networked Control System), είναι ένα σύστημα ελέγχου, όπου οι βρόχοι ελέγχου κλείνουν μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας. Το χαρακτηριστικό στοιχείο των NCS είναι ότι τα σήματα ελέγχου και ανατροφοδότησης ανταλλάσσονται μεταξύ των συνιστωσών του συστήματος με τη μορφή πακέτων πληροφοριών μέσω ενός δικτύου (Εικόνα 3.2).



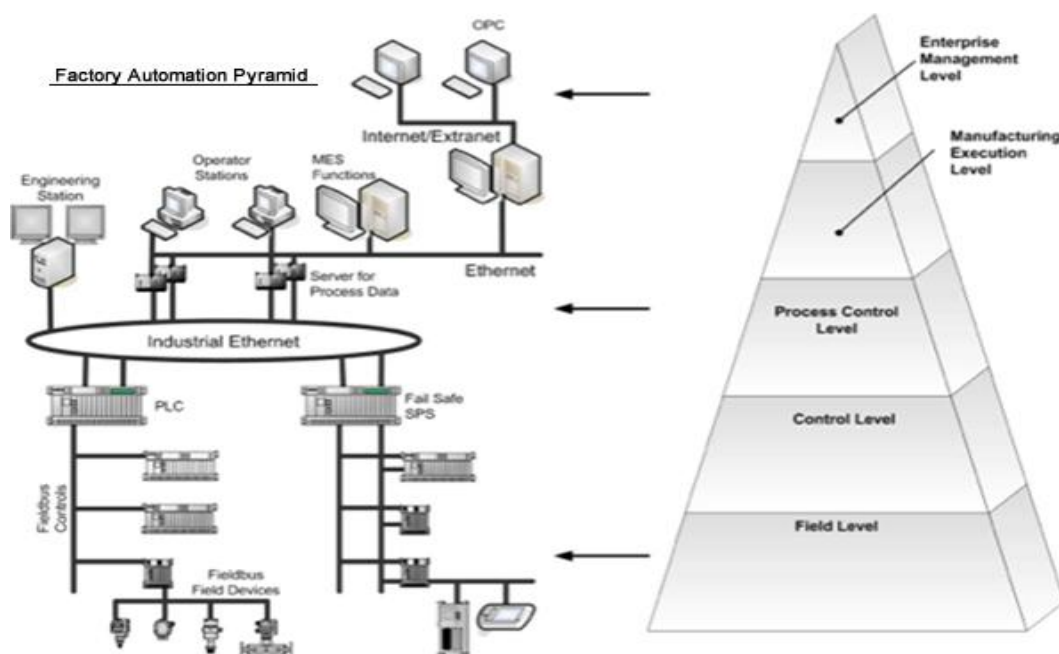
Εικόνα 3.2: Δικτυακό Σύστημα Ελέγχου

Η λειτουργικότητα ενός τυπικού NCS έχει επιτευχθεί με την χρήση τεσσάρων βασικών στοιχείων :

- Αισθητήρες (Sensors), για την απόκτηση πληροφοριών,
- Ελεγκτές (Controllers), για την λήψη αποφάσεων και εντολών,
- Ενεργοποιητές ( Actuators), για την εκτέλεση των εντολων ελέγχου και
- Δικτύων επικοινωνίας (Communication network), για να είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ενός NCS είναι ότι συνδέει τον κυβερνοχώρο με το φυσικό χώρο, επιτρέποντας την εκτέλεση των διαφόρων διεργασιών από μεγάλη

απόσταση. Επιπλέον, τα δικτυακά συστήματα ελέγχου εξαλείφουν την περιττή καλωδίωση μειώνοντας την πολυπλοκότητα και το συνολικό κόστος για το σχεδιασμό και την εφαρμογή των συστημάτων ελέγχου. Μπορούν επίσης εύκολα να τροποποιηθούν ή να αναβαθμιστούν με την προσθήκη αισθητήρων, ενεργοποιητών και ελεγκτών με σχετικά χαμηλό κόστος και χωρίς σημαντικές αλλαγές στη δομή τους. Επιπλέον, με την αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των ελεγκτών τους, τα NCS είναι σε θέση να διαδώσουν εύκολα παντού την πληροφόρηση για να πάρουν έξυπνες αποφάσεις πάνω σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές ή εγκαταστάσεις.



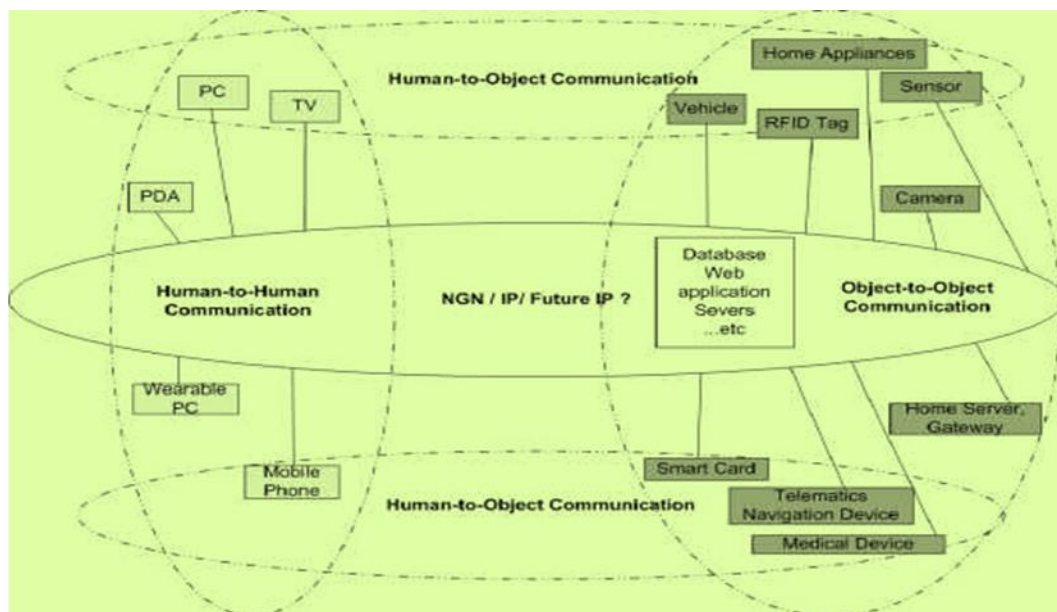
Εικόνα 3.3

Η διάχυτη χρήση υπολογιστών μας δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούμε και να επηρεάζουμε τα τοπικά και απομακρυσμένα φυσικά περιβάλλοντα καθώς και βιομηχανικού τύπου εγκαταστάσεις (Εικόνα 3.3).

### 3.3 Από το M2M στο Industrial IoT

Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες από τις υπηρεσίες του Internet έχουν σχεδιαστεί για να ικανοποιήσουν την άνθρωπο-προς-άνθρωπο αλληλεπίδραση, όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Η κίνηση που μεταφέρεται μέσω του Διαδικτύου σήμερα παράγεται από τους ανθρώπους, είτε φωνής είτε δεδομένων. Νέες υπηρεσίες έχουν ανεπτυχθεί γύρω από πρόσωπο-με-μηχανή και

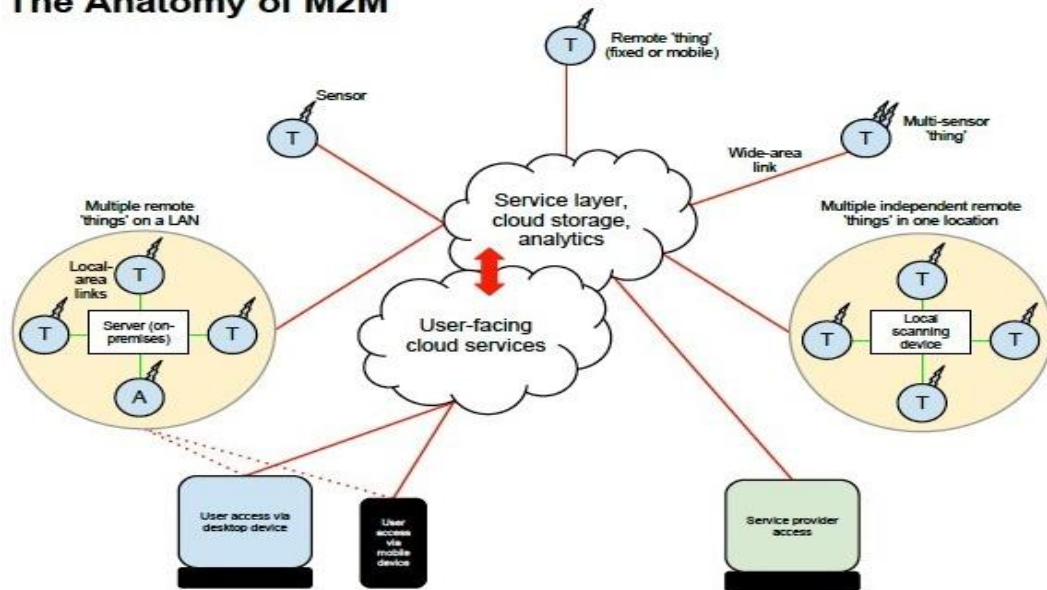
μηχανή-με-πρόσωπο αλληλεπιδράσεις, όπως video-on-demand ή τις υπηρεσίες διανομής. Τέλος, προκειμένου να παράσχουν υπηρεσίες και στην αυτοματοποίηση βιομηχανικών διαδικασιών, νέες υπηρεσίες θα αναπτυχθούν γύρω από το άνθρωπο-προς-μηχανή, μηχανή-προς-μηχανή ή πράγμα-προς-πράγμα και οποιεσδήποτε άλλες πιθανές αλληλεπιδράσεις στο λεγόμενο πανταχού έλεγχο μέσω δικτύωσης (ubiquitous network control), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4:

Ο όρος Μηχανή-προς-Μηχανή (M2M) αναφέρεται σε τεχνολογίες που επιτρέπουν σε συστήματα, ασύρματα και ενσύρματα, να επικοινωνούν με άλλες συσκευές του ίδιου τύπου. M2M είναι ένας ευρύς όρος, δεδομένου ότι δεν εντοπίζετε συγκεκριμένα σε ασύρματη ή ενσύρματη δικτύωση και τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (Εικόνα 3.5). M2M θεωρείται αναπόσπαστο τμήμα του IoT και φέρνει πολλά οφέλη για τη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις εν γένει, δεδομένου ότι έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως η βιομηχανική αυτοματοποίηση, logistics, Smart Grid, Έξυπνες Πόλεις, υγεία, άμυνα κλπ, κυρίως για την παρακολούθηση αλλά επίσης και για σκοπούς ελέγχου.

## The Anatomy of M2M



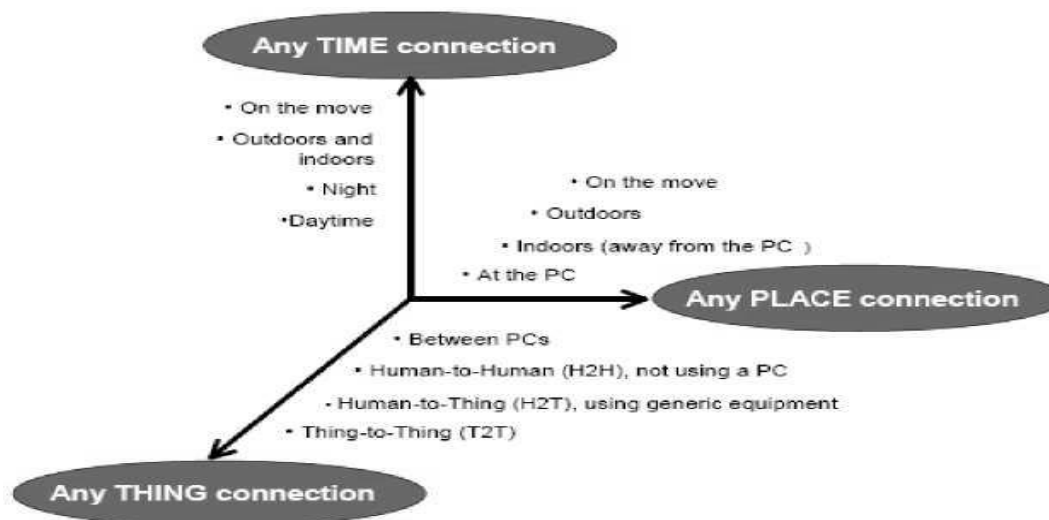
Εικόνα 3.5

Για να υποστηριχθεί η ταχεία ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και η παγκόσμια υιοθέτηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων, καθώς και τη συνεχή ανάπτυξη της τεχνολογίας M2M σε μεγάλης κλίμακας εφαρμογές στο μέλλον, απαιτείται παγκόσμια υιοθέτηση και ανάπτυξη του Internet Protocol version 6 (IPv6) επειδή όλοι οι αισθητήρες και τα μηχανήματα αναγνώρισης που απαιτούνται για να κάνουν το Internet of Things μια πραγματικότητα, θα πρέπει να χρησιμοποιούν το IPv6 το οποίο μπορεί να φιλοξενήσει τον εξαιρετικά μεγάλο χώρο διευθύνσεων που απαιτούνται. Κατά συνέπεια, σε μεγάλο βαθμό, η μελλοντική επιτυχία της M2M, ως αναπόσπαστο μέρος του IoT, τελικά θα καθορίζεται από την επιτυχημένη παγκόσμια υιοθέτηση του IPv6 στα επόμενα χρόνια

Η επέκταση των δικτύων IP σε όλο τον κόσμο έχει καταστήσει πολύ πιο εύκολο για την επικοινωνία M2M να λάβει χώρα και έχει μειώσει το ποσό της ενέργειας και του χρόνου που απαιτείται για τις πληροφορίες να κοινοποιούνται μεταξύ των μηχανών. Το M2M χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τον αυτοματισμό και τα όργανα μέτρησης, αλλά τώρα έχει χρησιμοποιηθεί επίσης για να αναφερθεί σε εφαρμογές τηλεματικής. M2M έχει υπάρξει σε διάφορες μορφές από την έλευση του αυτοματισμού δικτύωσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και προηγείται της κινητής τηλεφωνίας. Έχει χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως η τηλεμετρία, βιομηχανίες, αυτοματισμοί, SCADA, κλπ.

Η International Telecommunication Union (ITU) σε μια ολοκληρωμένη έκθεση της σχετικά με το IoT, εισήγαγε ένα νέο άξονα για την πανταχού παρούσα δικτύωση για να

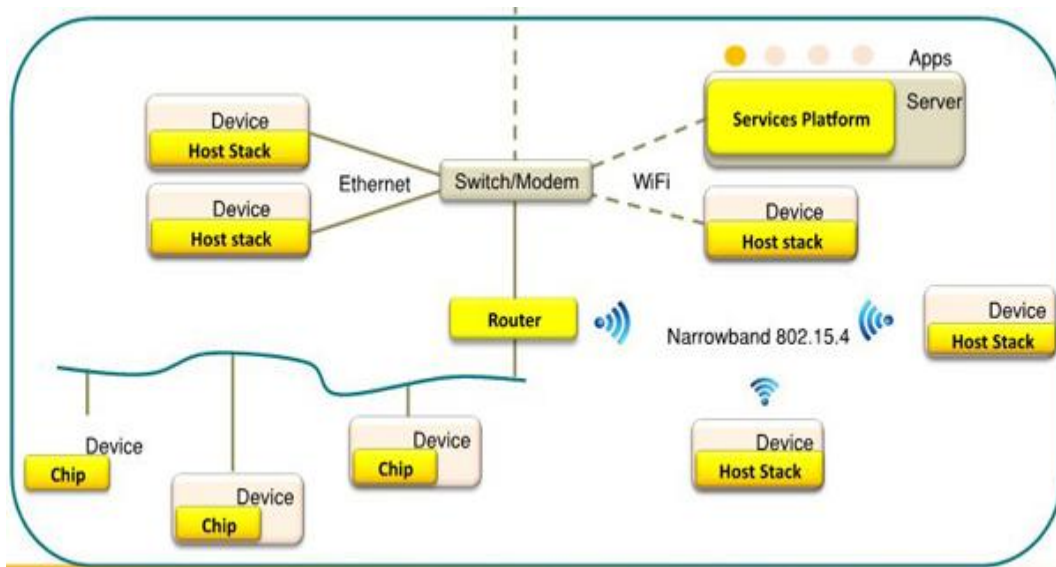
συμπληρώσει την υφιστάμενη "οπουδήποτε" και "ανά πάσα στιγμή" συνδεσιμότητα. Είναι ο άξονας σύνδεσης "οτιδήποτε", όπου η αλληλεπίδραση μηχανή-προς-μηχανή και



Σχήμα 3.6: Το όραμα της ITU, οποιοδήποτε μέρος, οποιαδήποτε στιγμή και οτιδήποτε πράγμα πράγμα-προς-πράγμα συμπληρώνει την υπάρχουσα αλληλεπίδραση πρόσωπο-με-πρόσωπο και πρόσωπο-με-μηχανή στο πλαίσιο της δυνατής συνδεσιμότητας (Σχήμα 3.6).

Οι εφαρμογές M2M χρησιμοποιούν επικοινωνίες client/server και στέλνουν μικρές ποσότητες δεδομένων. Για παράδειγμα, ένα αρχείο δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνει το αναγνωριστικό της συσκευής, οι συντεταγμένες, και μια χρονική σήμανση. Το πιο σημαντικό σε αυτές τις εφαρμογές είναι η αξιοπιστία των επικοινωνιών, επειδή δεν υπάρχει ο χειριστής ή ο χρήστης για να βοηθήσουν στην ανάκαμψη από σφάλμα. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η αξιοπιστία ότι τα στοιχεία δηλαδή είναι σωστά, δημιουργώντας μεγάλα προβλήματα όταν οι πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες ή είναι αναξιόπιστες.

Το Industrial IoT βασίζεται στη δικτύωση M2M και είναι πολύ πιο απαιτητικό από ότι άλλες παραδοσιακές εφαρμογές IoT. Το Industrial IoT (Εικόνες 3.2, 3.3), είναι μια κατηγορία με έμφαση στις επικοινωνίες Μηχανήματα-προς-Μηχανήματα, όπου η εφαρμογή χρησιμοποιεί αυτόνομα, peer-to-peer καταναμημένο έλεγχο. Χρησιμοποιώντας τον πληθυντικό «μηχανές» σε σχέση με το μοναδικό «μηχανή» είναι σημαντικό, διότι σε αυτές τις πολλά-προς-πολλά εφαρμογές, οι ομάδες κόμβων συνεργάζονται για να επιτευχθεί ένα ενιαίο έργο (Εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7: Το Industrial Internet of Things χαρακτηρίζεται από many-to-many συνδέσεις

Για τα συστήματα αυτά, οι απαιτήσεις των επικοινωνιών δεν είναι απλώς client/server. Αντ' αυτού, οι κόμβοι ενεργούν όμοιοι στο δίκτυο, λαμβάνουν αυτόνομα αποφάσεις και κάνουν αναφορά της κατάστασής τους στους άλλους κόμβους.

Οι μεταφορές δεδομένων είναι συχνές, αλλά συνήθως δεν μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων. Ένα μήνυμα μπορεί απλώς να μεταφέρει τη θερμοκρασία ή την πίεση ή την κατάσταση ενός διακόπτη. Συχνά, αυτά τα συστήματα επεξεργάζονται τα καθήκοντά τους σε τιμές μεγαλύτερες από ό, τι ένας άνθρωπος θα μπορούσε, έτσι πρέπει να λειτουργήσει αξιόπιστα και με ασφάλεια, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Οι διακοπές της επικοινωνίας επιφέρουν μεγάλο κόστος ή μπορεί να απειλήσουν ακόμα και την ανθρώπινη ασφάλεια.

Εκτός από την εκτέλεση των κύριων καθηκόντων τους, τα συστήματα αυτά συνδέονται επίσης με ένα επιχειρησιακό σύστημα για την σήμανση συναγερμών, την αρχειοθέτηση ιστορικών δεδομένων, κλπ.. Αυτή η σύνδεση μπορεί να λειτουργήσει μέσω μιας τοπικής σύνδεσης IP ή μπορούν να φιλοξενηθούν στο cloud. Κατά την επικοινωνία με το επιχειρησιακό σύστημα, το μοντέλο επικοινωνιών γίνεται μοντέλο M2M client/server που αναφέρθηκε παραπάνω.

Συστήματα που εκτελούν αυτές τις απαιτητικές βιομηχανικές εφαρμογές είναι διαθέσιμα εδώ και αρκετό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, εξαρτώνται από την καλωδιακή σύνδεση και purpose-built πρωτόκολλα επικοινωνίας για την ανταλλαγή δεδομένων και κατάστασης μεταξύ των κόμβων. Τώρα, όμως, οι πρόσφατες εξελίξεις στο Low Power Wireless, Power Line, και υψηλής ταχύτητας τεχνολογιών επικοινωνίας multi-drop

συνεστραμμένου ζεύγους, σε συνδυασμό με πιο συμπαγείς υλοποιήσεις του Internet Protocol, υπαγορεύουν τη αλλαγή σε μικρότερους και πιο φθηνούς κόμβους IP-based. Παρόμοια με την ευρύτερο IoT, το Industrial Internet of Things χρειάζεται φθηνούς κόμβους που λειτουργούν με εύκολο στην εγκατάσταση τρόπο, όπως ασύρματη σύνδεση και απλό συνεστραμμένο ζεύγος. Είναι σημαντικό για το IIoT να έχει ένα πλούσιο σύνολο υπηρεσιών σε ένα IP-based πρωτόκολλο που να επιτρέπει αυτό το IP πρωτοκόλλου να χρησιμοποιείται σε όλες τις εφαρμογές IIoT, έτσι ώστε οι προγραμματιστές εφαρμογών μπορεί να εξαρτώνται σε ένα κοινό σύνολο υπηρεσιών επικοινωνιών, κατά την υλοποίηση των εφαρμογών IIoT. Επειδή το διακύβευμα είναι υψηλό όταν η βιομηχανία εμπλέκεται, ο χώρος του Industrial Internet of Things έχει ένα πολύ συγκεκριμένο σύνολο των απαιτήσεων απόδοσης και αξιοπιστίας που πρέπει στις περισσότερες περιπτώσεις να ικανοποιηθεί (αλλά όχι όλες), όπως οι εξής : Ανθεκτικότητα σε σφάλματα και αποτυχίες, Ασφάλεια, Φυσικές απαιτήσεις σύνδεσης, Υπηρεσίες ελέγχου.

### **3.4 Το IoT στην Υπηρεσία των Δήμων και των Δημοτών**

Είναι κοινά αποδεκτό ότι οι δικτυακές εφαρμογές απαιτούν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που να συνδυάζει τη δικτύωση (π.χ. τη μοντελοποίηση και αξιοπιστία) με τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων με βάση τα δεδομένα του αισθητήρα (π.χ. έλεγχος ανάδρασης). Η μεθοδολογία υλοποίησης εφαρμογών έχει δυο άξονες. Πρώτον, στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο σε ένα σύστημα φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές. Δεύτερον, σχετίζεται άμεσα με το σύστημα επικοινωνίας, τη σταθερότητα και τις επιδόσεις του.

Οι πιθανές εφαρμογές των δικτυακών συστημάτων ελέγχου είναι πολλές και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα διεργασιών, όπως: διαστημικές και επίγειες εξερευνήσεις, πρόσβαση σε επικίνδυνα περιβάλλοντα, αυτοματισμού εργοστασίων, απομακρυσμένη διάγνωση και την αντιμετώπιση προβλημάτων, πειραματικές εγκαταστάσεις, οικιακοί αυτοματισμοί, αεροσκάφη, αυτοκίνητα, παρακολούθηση της παραγωγής εργοστάσιου, κ.α..

### 3.4.1 Ύδρευση

- Ένα σύστημα που βασίζεται στην τεχνολογία IoT μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις ύδρευσης να εντοπίσουν γρήγορα και αποτελεσματικά θραύσεις στο δίκτυο με το άκουσμα του θορύβου που γίνεται από διαρροή νερού στους σωλήνες. Αυτοί οι αισθητήρες λειτουργούν με μπαταρίες και τη θέση τους προσδιορίζονται μέσω GPS. Όταν ανιχνεύεται διαρροή ένας συναγερμός εκπέμπει ένα ραδιοσήμα. Οι πληροφορίες μεταδίδονται σε έναν υπολογιστή γραφείου. Τα δεδομένα μπορούν να προβληθούν σε ένα χάρτη, μια δορυφορική εικόνα ή το έδαφος, σε πραγματικό χρόνο.
- Τα υδρόμετρα θα επικοινωνούν απευθείας με τους επιχειρήση ύδρευσης βοηθώντας αυτές να προβλέπουν την κατανάλωση του κάθε νοικοκυριού με μεγαλύτερη ακρίβεια, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει τους καταναλωτές να διαχειρίζονται έξυπνα τους πόρους που χρησιμοποιούν.
- Σε πραγματικό χρόνο η συνεχή παρακολούθηση και η εξ αποστάσεως παρακολούθηση της ποιότητας του νερού είναι μια αναγκαιότητα για την προστασία του περιβάλλοντος και την υγεία των πολιτών. Η ποιότητα των υδάτων σε βασικά τμήματα του δικτύου παρακολουθείται μέσω απομακρυσμένης ασύρματης παρακολούθησης σημειακής πηγής και έτσι γίνεται έγκαιρη προειδοποίηση δίνεται για τα περιστατικά μόλυνσης.

### 3.4.2 Συλλογή και Διάθεση Λυμάτων

- Όταν βρέχει τα λύματα και τα όμβρια ύδατα μοιράζονται τις ίδιες σωλήνες, και τα συστήματα υπερχειλίζουν. Αισθητήρες εγκατεστημένοι στη θέση υπερχειλίσσης του συστήματος αποχέτευσης λειτουργούν για να προειδοποιήσουν τους πολίτες για την κατάσταση των αποχετευτικών συστημάτων. Η αποστράγγιση των δικτύων μπορεί να παρακολουθείται όλο το χρόνο, ενώ η συστηματική ανάλυση των όγκων υπερχειλίσσης μπορεί να διεξάγεται. Επιπλέον, μέσω της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, το σύστημα μπορεί να προσδιορίσει τα οικιακά και βιομηχανικά

λύματα που καταλήγουν στο δίκτυο και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και να αποφυγή δευτερογενή ρύπανση.

- Χρειάζεται πολύς χρόνος για τους δήμους να ανταποκριθούν στις θραύσεις των σωλήνων αποχέτευσης ή τις υπερχειλίσεις βόθρων και φρεατίων. Με τους λογαριασμούς των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας έρχεται ένας αριθμός τηλεφώνου όπου ο δημότης μπορεί να επικοινωνήσει για την υποβολή αιτήσεων. Ο αριθμός έχει έναν ειδικό κωδικό για τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Οι πληροφορίες μεταδίδονται σε έναν υπολογιστή γραφείου. Τα δεδομένα μπορούν να προβληθούν σε ένα χάρτη, μια δορυφορική εικόνα ή το έδαφος, σε πραγματικό χρόνο.

### **3.4.3 Ηλεκτρική Ενέργεια και Φυσικό Αέριο**

- Στο περιβάλλον του σπιτιού, το δίκτυο των συσκευών ονομάζεται το έξυπνο σπίτι όπου πολλά αντικείμενα μπορούν να παράγουν, να στείλουν και να επεξεργάζονται δεδομένα. Ο δρόμος προς μια κοινωνία χωρίς σπατάλη ενέργειας μπορεί να γίνει ευκολότερος χάρη στη διαθεσιμότητα και τη διαχείριση των μεγάλων πληροφοριών για την κατανάλωση ενέργειας στο σπίτι και το IoT έχει να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο.
- Έξυπνοι μετρητές διαφέρουν από τους συμβατικούς χάρη στην ικανότητά τους να μετρούν συνεχώς και να καταγράφουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου στα νοικοκυριά. Επιπλέον, αυτοί συνδέονται μέσω ενός συστήματος επικοινωνίας για τους σκοπούς της επιχείρησης των παρόχων. Από την άλλη πλευρά, συσκευές απεικόνισης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο παρέχουν δεδομένα κατανάλωσης για τους καταναλωτές. Τέλος, mobile επιλογές πληρωμής μπορεί στη συνέχεια να παρέχονται στον καταναλωτή για να κάνει τις πληρωμές του.
- Ο θερμοστάτης στο σπίτι μαθαίνει τις προτιμήσεις του ιδιοκτήτη για να δημιουργήσει το χρονοδιάγραμμα μιας προσαρμοσμένης θέρμανσης και ψύξης. “Μαθαίνει” το πρόγραμμα του ιδιοκτήτη σπιτιού σε όλη τη διάρκεια της εβδομάδας και ενεργεί ώστε να βελτιστοποιήσει το κλίμα του σπιτιού και να εξοικονόμηση ενέργεια. Ο θερμοστάτης μπορεί να ρυθμιστεί από απόσταση μέσω WiFi.

### 3.4.4 Διαχείριση - Αποκατάσταση Καταστροφών

- Η ενασχόληση για την αποφυγή των κινδύνων, την προετοιμασία για μια καταστροφή πριν συμβεί, την αντιμετώπιση των καταστροφών, καθώς και την υποστήριξη και την ανοικοδόμηση της κοινωνίας είναι το καθήκον των φορέων διαχείρισης καταστροφών και πολιτικής προστασίας. Κάθε δήμος πρέπει να έχει ένα σχέδιο διαχείρισης των καταστροφών. Πιθανές καταστροφές περιλαμβάνουν καταιγίδες, πλημμύρες, πυρκαγιές, ατυχήματα μεταφορών, σεισμοί, διαρροές επικίνδυνων υλικών. Το τμήμα ασχολείται συνήθως με την αστυνόμευση και ασφάλεια της κυκλοφορίας, την πυροσβεστική, τα ασθενοφόρα και υπηρεσίες υγείας.
- Μια IoT εφαρμογή αναζητά βέλτιστες διαδρομές για το ασθενοφόρο, λαμβάνοντας υπόψη την συνέπειες της κυκλοφορίας στο χρόνο που το ασθενοφόρο είναι στο δρόμο. Με τη βοήθεια των ετικετών RFID στο ασθενοφόρο και στους κόμβους στους δρόμους της πόλης συλλέγουν τις προϋποθέσεις κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο και αποστέλλουν τις πληροφορίες προς το κέντρο ελέγχου. Με βάση τις πληροφορίες από τους αισθητήρες, το κέντρο ελέγχου προβλέπει τη βέλτιστη διαδρομή για να παρέχει την ταχύτερη διαδρομή για το ασθενοφόρο.
- Οι αισθητήρες θερμότητας και καπνού που έχουν ανιχνεύσει μια φωτιά μπορούν να κοινοποιούν τις λεπτομέρειες σε ένα κέντρο ελέγχου. Ο διακομιστής στέλνει αυτόματα μηνύματα στα ενδιαφερόμενα μέρη και την ίδια στιγμή επικοινωνεί με την πυροσβεστική. Ο πυροσβεστικός σταθμός ειδοποιεί το προσωπικό για τη ανάληψη δράσης και το πυροσβεστικό όχημα κατευθύνεται στην περιοχή καθοδηγούμενο από το GPS.
- Ένα σύστημα παρακολούθησης των μεταφορών επιτρέπει τα οχήματα που εμπλέκονται σε ένα ατύχημα την αυτόματη ειδοποίηση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης για το περιστατικό, αντί να περιμένει να ανακαλυφθεί από περαστικούς ειδικά αν υπάρχουν τραυματισμένοι επιβάτες. Το σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο αυτοκίνητο καθιερώνει μία άμεση σχέση μεταξύ των ανθρώπων και των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, έτσι ώστε η κατάστασή τους μπορεί να εκτιμηθεί από μακριά και γρήγορα. Σε λιγότερο σοβαρά ζητήματα, η οδική βοήθεια μπορεί να ενημερώνεται αμέσως από μια ανάλυση με τις λεπτομέρειες του προβλήματος, έτσι ώστε να μπορούν να φτάσουν με τα σωστά εργαλεία.

# **Κεφάλαιο 4**

**Διαχείριση Υδατικών Πόρων**

**στα Δίκτυα Ύδρευσης**

## 4.1 Εισαγωγή

Το Μη Ανταποδοτικό Νερό (νερό που δεν αποφέρει έσοδα) αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι εταιρείες ύδρευσης, ειδικά σε περιοχές με προβλήματα λειψυδρίας. Το πρόβλημα του Μη Ανταποδοτικού Νερού (νερό που δεν αποφέρει έσοδα συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών νερού) είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο με σοβαρές οικονομικές (απώλεια εσόδων από τις εταιρείες ύδρευσης) και περιβαλλοντικές συνέπειες (νερό που λαμβάνεται από τους υδατικούς πόρους, αλλά τελικά δεν χρησιμοποιείται ορθά).

Μελέτη της Παγκόσμιας Τράπεζας του 2005 ανέφερε ότι πάνω από 48 δις κυβικά μέτρα νερού ετησίως χάνονται λόγω διαρροών σε δίκτυα ύδρευσης, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 25% του συνολικού νερού που παρέχεται στα δίκτυα. Αν η μισή από αυτή την ποσότητα εξοικονομούνταν, επιπλέον 200 εκατομμύρια άνθρωποι θα είχαν πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό χωρίς καμία πρόσθετη επένδυση. Σε παγκόσμιο επίπεδο η ετήσια απώλεια εσόδων των εταιρειών ύδρευσης από το Μη Ανταποδοτικό νερό εκτιμάται σε 15 δις ευρώ. Η απώλεια αυτή είναι ίση με το 25% των επενδύσεων σε υδραυλικά έργα

Την ίδια στιγμή, σε όλη την αλυσίδα παροχής νερού (απόληψη, επεξεργασία, διανομή, απόρριψη) εκλύονται αέρια θερμοκηπίου, καθιστώντας την διαδικασία παροχής νερού μία από τις περισσότερο ενεργοβόρες. Τα προβλήματα εντείνονται σε περιοχές με προβλήματα λειψυδρίας, οι οποίες αναμένεται να πληγούν περισσότερο και από την μεταβολή του κλίματος. Τέτοιες περιοχές είναι οι χώρες της Νότιας Ευρώπης και της Μεσογείου, όπου το μη ανταποδοτικό νερό ξεπερνά το 40% του εισερχόμενου νερού στα δίκτυα. Είναι λοιπόν επιτακτική η ανάγκη μείωσης του.

Τα βασικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα ύδρευσης είναι :

- Απώλειες νερού,
- Φυσική Ακεραιότητα,
- Παροχεταιυτική Ικανότητα, και
- Ποιότητας Νερού

Οι κυριότερες αιτίες των προβλημάτων αυτών είναι :

- Διάβρωση μεταλλικών αγωγών,

- Μείωση Παροχετευτικής Ικανότητας,
- Διαρροές & Θραύσεις,
- Υποβάθμιση της Ποιότητας Νερού, και άλλες.

Τα αναγκαία βήματα προς την κατεύθυνση της αντιμετώπισης των προβλημάτων που παρουσιάζονται στα δίκτυα ύδρευσης είναι :

- Αναγνώριση του Δικτύου με την χαρτογράφηση, χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία (π.χ. Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών - GIS),
- Κατανόηση του Δικτύου μέσω της παρακολούθησης λειτουργίας του, χρησιμοποιώντας συστήματα τηλεμετρίας/τηλεχειρισμού (SCADA) και η υδραυλική προσομοίωση της λειτουργίας του,
- Αναγνώριση των προβλημάτων διερευνώντας τα συμπτώματά τους, και
- Κατανόηση των προβλημάτων βρίσκοντας τις πιθανές αιτίες τους.

Μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία θα πρέπει να στοχεύει στην εξοικονόμηση νερού μέσω της μείωσης των διαφόρων ειδών απωλειών και της σπατάλης του από τον χρήστη. Το

<b>Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο</b>	<b>Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση,</b> μετρούμενο και μη- μετρούμενο προς εξουσιοδοτημένους καταναλωτές. Επίσης περιλαμβάνει διαρροές και υπερχειλίσεις μετά τον μετρητή του καταναλωτή.	<b>Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση</b>	<b>Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση</b>	<b>Νερό που αποδίδει έσοδα</b>
		<b>Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση,</b> πυρόσβεση, πλύσιμο αγωγών, καθάρισμα/γέμισμα δεξαμενών, καθάρισμα οδών, πότισμα κήπων/σιντριβάνια δήμου, προστασία παγετού	<b>Μη- Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση</b>	
	<b>Απώλειες Νερού</b> διαφορά μεταξύ εισερχόμενου νερού και νερού εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης	<b>Φανερές Απώλειες ,</b> μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση και όλοι οι τύποι ανακριβειών μετρήσεων μετρητών	<b>Μη- Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση ,</b> κλοπή και παράνομη χρήση	<b>Νερό που ΔΕΝ αποδίδει έσοδα μη ανταποδοτικό νερό, διαφορά εισερχόμενου νερού και τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης</b>
			<b>Λάθη Μετρητών Μετρήσεων</b>	
		<b>Πραγματικές Απώλειες , Διαρροές, Θραύσεις, Υπερχειλίσεις αγωγών,</b>		

Πίνακας 3.1

πρώτο κρίσιμο βήμα είναι η αξιόπιστη αξιολόγηση του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου, μέσω του υπολογισμού του Υδατικού του Ισοζυγίου κατά IWA (International Water Association) και κατάλληλων δεικτών αξιολόγησης (Πίνακας 3.1).

## 4.2 Διαχείριση Υδάτινων Πόρων

Στην Ελλάδα, η χωρο-χρονική κατανομή της προσφοράς (διαθεσιμότητας) και της ζήτησης νερού είναι αντίστροφες. Αυτά θέτουν το πρόβλημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το σύνολο των ενεργειών (μετρήσεις, μέτρα, έργα, κανονιστικές διατάξεις, συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική σχέση μεταξύ των Υδάτινων πόρων, της Κατανάλωσης και του Περιβάλλοντος. Τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη οι αιτίες της κρίσης του νερού είναι δεδομένες και έχουν κοινά χαρακτηριστικά που μεταξύ των άλλων, είναι οι εξής :

- το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή και τις δραστηριότητες του ανθρώπου,
- η συνολική ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμη σε κάθε χώρα, σε μακροχρόνια κλίμακα, είναι περίπου σταθερή,
- έχουν ήδη εξαντληθεί ή βρίσκονται στο στάδιο της αξιοποίησης, οι τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμοι υδατικοί πόροι,
- συνεχώς μειώνονται οι κατά κεφαλήν διαθέσιμοι υδατικοί πόροι εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού, ενώ παρατηρείται διαρκής αύξηση των απαιτήσεων ως αποτέλεσμα της μεταβολής των συνθηκών ζωής και της τεχνολογικής εξέλιξης,
- εντείνεται η ρύπανση των νερών, όσο αυξάνει ο πληθυσμός και οι δραστηριότητες του ανθρώπου,
- η οικονομική ανάπτυξη και η προστασία του περιβάλλοντος προϋποθέτουν την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που συνήθως αξιολογούνται σε ένα λειτουργικό σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων (πηγή: Γ. Σούλιος & άλλοι, 2011)

- ΠΟΣΟ ΝΕΡΟ ΕΧΟΥΜΕ; Προσφορά Νερού, Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα, Εξάτμιση
- ΠΟΥ ΤΟ ΕΧΟΥΜΕ; Επιφανειακά - Υπόγεια Νερά, Φυσικοί Αποδέκτες, Ταμιευτήρες
- ΠΩΣ ΘΑ ΤΟ ΠΑΡΟΥΜΕ; Υδροληψία - Υδρομάστευση, Πηγές, Γεωτρήσεις, Ταμιευτήρες
- ΠΩΣ ΘΑ ΤΟ ΔΙΑΘΕΣΟΥΜΕ; Διαχείριση Συστήματος

- ΠΟΥ ΘΑ ΤΟ ΔΙΑΘΕΣΟΥΜΕ; Ενιαίο Όργανο Διαχείρισης
- ΠΩΣ ΘΑ ΤΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΥΜΕ; Προστασία του Συστήματος και Ορθολογική Διαχείριση.

Συμπερασματικά λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι, η διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι ένα δυναμικό σύστημα δράσεων σε θεσμικό, τεχνολογικό, οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Ωστόσο, η Ορθολογική Διαχείριση των υδάτινων πόρων προϋποθέτει :

- Αλλαγή στις αντιλήψεις και στα τοπικιστικά δόγματα
- Ολοκλήρωση θεσμικού πλαισίου
- Στελέχωση και Οργάνωση
- Συνεχή παρακολούθηση, συστηματικές μετρήσεις, αποθήκευση και εύκολη πρόσβαση
- Επιστημονική υποστήριξη αποφάσεων
- Πολιτική και Στρατηγικές αναπροσαρμοζόμενες ανάλογα των συνθηκών και προοπτικών.

### **4.3 Διαχείριση Απωλειών στα Δίκτυα Ύδρευσης**

Η μείωση των απωλειών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πτυχές της ορθολογικής διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης και θα πρέπει οι επιχειρήσεις ύδρευσης να εφαρμόσουν μια μεθοδολογική πλατφόρμα παρακολούθησης της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης με έμφαση στις απώλειες. Η δυνατότητα ελέγχου των διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης εξασφαλίζει :

- Εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων νερού,
- Προστασία του πόσιμου νερού από μολύνσεις,
- Οικονομία ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη λειτουργία των αντλιοστασίων.

Σε ότι αφορά στα δίκτυα ύδρευσης, είναι γνωστό ότι οι απώλειες νερού σε διάφορα τμήματα, πεπαλαιωμένων ιδίως δικτύων, αντιστοιχούν πολλές φορές σε ένα σημαντικό ποσοστό της μεταφερόμενης παροχής. Στη χώρα μας όπου δεν εφαρμόζεται προληπτική σάρωση των δικτύων, πολλές υπηρεσίες ύδρευσης και αποχέτευσης θεωρούν ένα ικανοποιητικό ποσοστό απωλειών νερού από διαρροές της τάξης του 30 έως 40%. Η μη έγκαιρη αντιμετώπιση του προβλήματος, ιδιαίτερα σε περιοχές που

εμφανίζουν ανεπάρκεια υδατικών πόρων, όπως μεγάλο μέρος της ηπειρωτικής και το σύνολο σχεδόν της νησιωτικής Ελλάδας, οδηγεί σε μία σημαντική σπατάλη νερού με τραγικές συνέπειες.

#### **4.3.1 Μέθοδοι Μείωσης Απωλειών**

Βασικοί πυλώνες της μεθοδολογίας μείωσης των πραγματικών απωλειών είναι οι εξής :

- *Διαχείριση της Πίεσης Λειτουργίας του Δικτύου.* Η διαχείριση της πίεσης λειτουργίας στο δίκτυο θεωρείται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μείωσης των απωλειών νερού, αφού αποδεδειγμένα οδηγεί στη δραστική μείωση τόσο των διαρροών, όσο και των μελλοντικών θραύσεων. Οι συμβατικοί τρόποι ελέγχου και διαχείρισης της πίεσης λειτουργίας, που εφαρμόζονται ευρέως σήμερα, βασίζονται στην εγκατάσταση πιεζοθραυστικών βαλβίδων οι οποίες μειώνουν με ελεγχόμενο τρόπο την πίεση κατάντη αυτών με πολύ θετικά αποτελέσματα.
- *Ταχύτητα και ποιότητα επιδιορθώσεων των διαρροών.* Είναι σημαντικό να υπάρχει άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση των διαρροών είτε αυτές είναι εμφανείς ή αφανείς. Η ταχύτητα επιδιόρθωσης των διαρροών και θραύσεων, η χρήση άριστης ποιότητας υλικών επισκευής καθώς και η βελτίωση της ποιότητας εκτέλεσης των εργασιών επιδιόρθωσης αποτελούν αποτελεσματικούς τρόπους μείωσης των απωλειών νερού.
- *Ενεργός έλεγχος των διαρροών.* Ο ενεργός έλεγχος διαρροών αποτελεί τεχνική που εφαρμόζεται συστηματικά για τον εντοπισμό και επιδιόρθωση αφανών διαρροών, δηλαδή διαρροών που δεν βγαίνουν στην επιφάνεια. Η μεθοδολογία συνίσταται κυρίως στον εντοπισμό του ήχου που δημιουργείται από τη διαφυγή του νερού διαμέσου της οπής. Οι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια εντοπισμού, είναι :
  - Καταγραφικά ήχου (Εικόνα 4.1) για τον εντοπισμό της ευρύτερης περιοχής του δικτύου όπου υπάρχουν προβλήματα διαρροών
  - Ηλεκτρονικός συσχετιστής (Εικόνα 4.2) για τον εντοπισμό διαρροής που υπάρχει σε δεδομένο μήκος αγωγού.

- Γεώφωνο (Εικόνα 4.3) για τον ακριβή (σημειακό) εντοπισμό της διαρροής.



Εικόνα 4.1



Εικόνα 4.2



Εικόνα 4.3

Φυσικά, για την αποτελεσματική χρήση των ηλεκτρονικών αυτών συσκευών θα πρέπει ο φορέας ύδρευσης να διαθέτει άριστα εκπαιδευμένο προσωπικό το οποίο να χειρίζεται τον εν λόγω εξοπλισμό με σημαντικό βαθμό επιτυχίας στην ανεύρεση αφανών διαρροών.

- *Διαχείριση Υποδομών Δικτύου Ύδρευσης.* Σημαντικά στοιχεία για την αποτελεσματική διαχείριση υποδομών είναι η χρήση άριστης ποιότητας υλικών και εξαρτημάτων τα οποία να τυγχάνουν σωστής τοποθέτησης. Επιπρόσθετα, η συστηματική συντήρηση, καθώς και η ιεράρχηση των αγωγών για αντικατάσταση, συμβάλουν ουσιαστικά και σημαντικά στην μείωση των απωλειών.

### 4.3.2 Ζώνες Ελέγχου

Η ορθολογική διαχείριση ενός δικτύου ύδρευσης προϋποθέτει μεταξύ άλλων και την ενεργό παρακολούθηση του για τον έγκαιρο εντοπισμό θραύσεων στο δίκτυο οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων νερού. Ο χωρισμός του υδρευτικού δικτύου σε στεγανές ζώνες ( DMA-District Metered Area ) και υποζώνες πίεσης, αποδείχθηκε ότι παρέχει ένα απλό και αποτελεσματικό τρόπο άμεσου και ουσιαστικού ελέγχου των διαρροών.

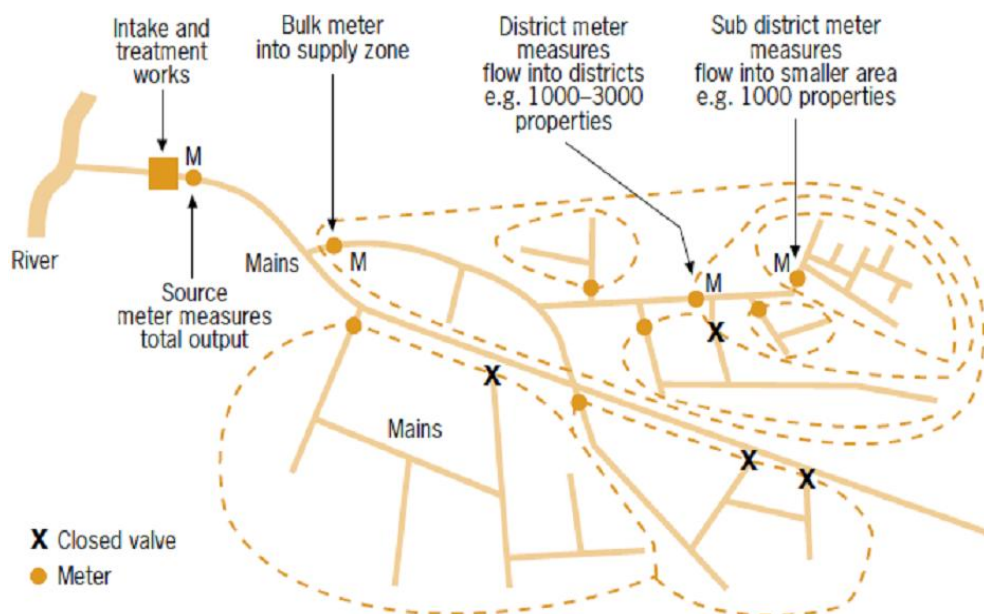
Η συνεχής καταγραφή και τηλεμέτρηση της παροχής στη ζώνη ή υποζώνη αποτελεί βασική προϋπόθεση για συστηματική και σε μόνιμη βάση παρακολούθηση του δικτύου.

Ο χωρισμός του δικτύου σε στεγανές ή απόλυτα ελεγχόμενες υποζώνες, σε συνδυασμό με τη διαχείριση της πίεσης, παρέχει τη δυνατότητα άμεσου και ουσιαστικού ελέγχου των διαρροών. Η επιλογή μεγέθους και έκτασης κάθε υποζώνης βασίζεται σε

συγκεκριμένα κριτήρια (που αποτελούν τις βασικές αρχές της μεθόδου) (Εικόνα 4.4).

Έτσι, κάθε υποζώνη :

- Δεν πρέπει να έχει μεγάλες υψομετρικές διακυμάνσεις (η διαφορά μεταξύ των ψηλότερων και χαμηλότερων σημείων του δικτύου να είναι μέχρι 50 μέτρα)
- Πρέπει να τροφοδοτείται κατά προτίμηση από μία μόνο παροχή και να έχει στεγανά όρια (σύνορα με άλλες υποζώνες).
- Να έχει κεντρικό μετρητή και πιεζοθραυστική βαλβίδα.
- Να έχει σύστημα συνεχούς καταγραφής παροχής / πίεσης και αποστολής δεδομένων σε κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή της επιχείρησης Ύδρευσης.
- Να έχει σχετικά μικρό αριθμό συνδέσεων καταναλωτών, μικρότερο από 2000 αν είναι δυνατό.



Εικόνα 4.4

Τα αποτελέσματα της πιο πάνω εφαρμογής είναι πάρα πολύ ενθαρρυντικά και υπάρχει επίτευξη των γενικών στόχων που συνίστανται στα εξής :

- Αποτελεσματικός έλεγχος του δικτύου
- Συνεχής παρακολούθηση ελάχιστης νυκτερινής παροχής για το προσδιορισμό του επιπέδου διαρροών στο δίκτυο ύδρευσης, καθώς και της εμφάνισης νέων διαρροών.
- Ρύθμιση και έλεγχος της πίεσης του δικτύου
- Μείωση του χρόνου εντοπισμού των διαρροών
- Μείωση νέων περιστατικών διαρροών
- Εξοικονόμηση νερού, ενέργειας και χρημάτων.

## 4.4 Διαχείριση Πίεσης στα Δίκτυα Ύδρευσης

Διαχείριση της πίεσης είναι μία από τις πιο σημαντικές παρεμβάσεις διαχείρισης στη διανομή του νερού που μπορεί να υλοποιηθεί από μια εταιρεία ύδρευσης στις προσπάθειές της για τη μείωση των διαρροών. Δεδομένου ότι η διαρροή οδηγείται ή/και παράγεται από την πίεση(Εικόνα 4.5), οποιεσδήποτε προσπάθειες που έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσης του νερού, ακόμη και για μέρος της ημέρας, θα μειώσει η διαρροή σε κάποιο βαθμό.

Παρά τα προφανή οφέλη που μπορούν να προκύψουν μέσω της κατάλληλης διαχείρισης της πίεσης, σχετικά λίγες εταιρείες ύδρευσης σε όλο τον κόσμο είναι στην πραγματικότητα την εφαρμογή οποιασδήποτε μορφής του ελέγχου της πίεσης. Η ορθολογική αντιμετώπιση του προβλήματος των διαρροών προϋποθέτει την εφαρμογή συστήματος συνεχούς καταγραφής της παροχής και πίεσης στις ζώνες ή υποζώνες του δικτύου έτσι ώστε να συλλέγονται τα απαραίτητα στοιχεία για αξιολόγηση και καθορισμό στρατηγικής για τον εντοπισμό των διαρροών.

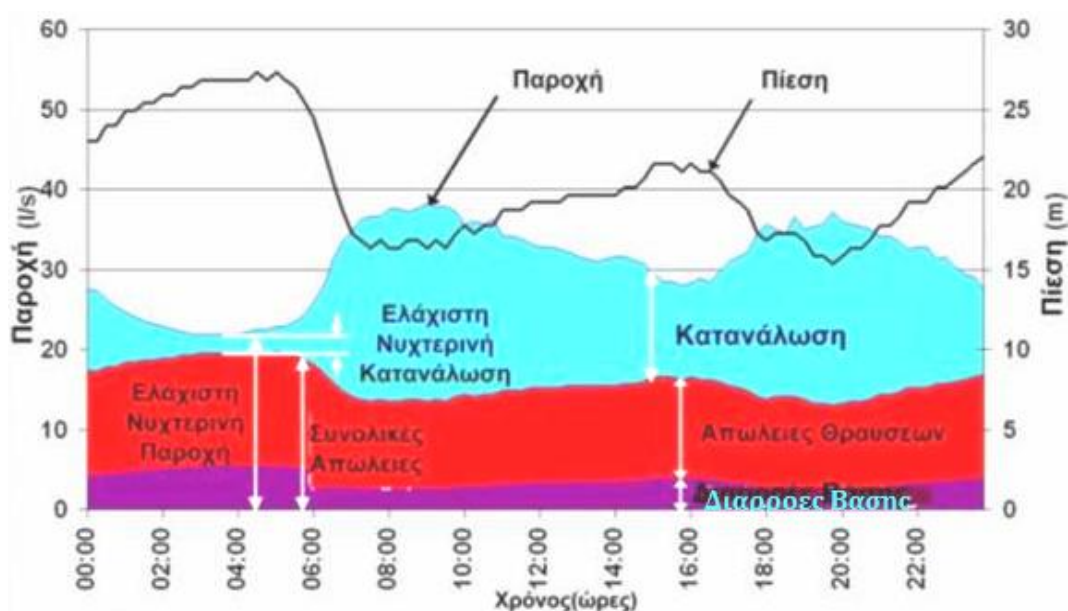


Εικόνα 4.5

Ουσιαστικής σημασίας είναι η αξιολόγηση της πίεσης λειτουργίας του δικτύου και η μείωσή της στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο χωρίς να δημιουργηθούν προβλήματα στους καταναλωτές, πράγμα που θα μειώσει κατά αναλογία την ποσότητα του νερού που χάνεται. Η σχέση της πίεσης λειτουργίας και της ποσότητας νερού που χάνεται, διέπεται από την πιο κάτω τύπο :

$$L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N_1} \quad \text{όπου } L_0 = \text{Αρχική Απώλεια Νερού, } L_1 = \text{Νέα Απώλεια Νερού που θα προκύψει μετά την μείωση της πίεσης, } P_0 = \text{Αρχική Πίεση Λειτουργίας, } P_1 = \text{Νέα Πίεση Λειτουργίας και } N_1 = \text{Δείκτης ο οποίος μεταβάλλεται (0,5~1,5), ανάλογα με το υλικό κατασκευής των αγωγών.}$$

Η συνεχής παρακολούθηση της διερχόμενης παροχής σε 24ωρη βάση είναι πλέον ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος αναγνώρισης νέων συμβάντων διαρροών σε ένα δίκτυο ύδρευσης, λόγω της άμεσης μεταβολής της συνήθους κατάστασης. Η συνεχής καταγραφή της παροχής σε μια στεγανή ζώνη ή υποζώνη παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης των στοιχείων και τον εντοπισμό ασυνήθιστα υψηλών τιμών ή μεταβολής νυχτερινής παροχής που θα πρέπει να ελεγχθούν. Καθοριστικό στοιχείο στην ανάλυση των δεδομένων, είναι η αξιολόγηση της Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής, η οποία λαμβάνεται ως η χαμηλότερη παροχή κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου και συνήθως για τον Ευρωπαϊκό χώρο σε οικιστικές περιοχές είναι μεταξύ 2:00 και 5:00 πμ. Η ανάλυση της Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής οδηγεί σε αξιόπιστο προσδιορισμό του επιπέδου των πραγματικών απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης. Οι κύριες συνιστώσες της Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής φαίνονται στο πιο κάτω Σχήμα 4.6 και είναι :



Σχήμα 4.6

- *Ελάχιστη Νυχτερινή Κατανάλωση.* Ως Ελάχιστη Νυχτερινή Κατανάλωση (ENK), ορίζεται η κατανάλωση του νερού που οφείλεται σε ανθρώπινη χρήση κατά την περίοδο της Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής και η οποία εκφράζεται σε  $m^3/hr$ . Είναι γεγονός ότι η χρήση νερού από τους καταναλωτές κατά την διάρκεια της νύχτας έχει άμεση σχέση με τις συνήθειες του πληθυσμού, τις καιρικές συνθήκες και τις ανθρώπινες δραστηριότητες
- *Διαρροές Βάσης.* Ορίζονται το σύνολο των πολύ μικρών διαρροών που ο εντοπισμός και η επιδιόρθωσή τους είναι οικονομικά ασύμφορος εκτός αν σταδιακά αυξηθεί η

απώλεια νερού σε σημείο που ο εντοπισμός να είναι δυνατός και η επιδιόρθωση του οικονομικά συμφέρουσα.

- *Απώλειες Θραύσεων.* Είναι οι απώλειες που θα πρέπει να εντοπιστούν και να επιδιορθωθούν, υπολογίζονται ως εξής : 
$$\text{Απώλειες Θραύσεων} = \text{Ελάχιστη Νυχτερινή Παροχή} - \text{Ελάχιστη Νυχτερινή Κατανάλωση} - \text{Διαρροές Βάσης.}$$
 Μετά την ανεύρεση και επιδιόρθωση των θραύσεων, οι απώλειες νερού θα μειωθούν και στη συνέχεια θα πρέπει να διατηρηθούν σε τέτοιο επίπεδο το οποίο θα καθοριστεί από τον Φορέα Ύδρευσης ως το πλέον οικονομικά συμφέρον για αυτόν.

#### **4.4.1 Μεθοδολογία Διαχείρισης Πίεσης**

Τα συστήματα παροχής νερού σε όλο τον κόσμο γενικά έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν νερό στους καταναλωτές σε κάποιο συμφωνημένο επίπεδο που ορίζεται συχνά ως ένα ελάχιστο επίπεδο πίεσης στο κρίσιμο σημείο που είναι το χαμηλότερο σημείο της πίεσης στο σύστημα. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις ροής (π.χ. πυρόσβεση), οι οποίες μπορούν να υπερισχύουν των συνήθων απαιτήσεων των καταναλωτών. Τα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να φιλοξενήσουν αυτές τις απαιτήσεις πίεσης και της ροής κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής της ζήτησης, η οποία κανονικά θα συνέβαινε σε κάποια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας και κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου μήνα του έτους. Με άλλα λόγια, τα συστήματα είναι σχεδιασμένα για να παρέχουν την κατάλληλη παροχή κατά τη διάρκεια ενός πολύ σύντομου χρονικού διαστήματος του έτους και για το υπόλοιπο του χρόνου τα συστήματα τείνουν να λειτουργούν σε πιέσεις σημαντικά υψηλότερες από ό,τι απαιτείται.

Ακόμη και μέσα στο ίδιο σύστημα, θα υπάρχουν περιοχές με υψηλή πίεση λόγω τοπογραφίας ή/και απόστασης από το σημείο τροφοδοσίας, με αποτέλεσμα πολλά μέρη μιας περιοχής τροφοδοσίας να λειτουργούν σε πιέσεις σημαντικά υψηλότερες από αυτές που απαιτείται ώστε να εξασφαλιστεί ότι υπάρχει επαρκής πίεση στο ένα κρίσιμο σημείο.

Διαχείριση των πιέσεων του νερού σε μια περιοχή τροφοδοσίας δεν είναι ένα απλό θέμα και υπάρχουν πάρα πολλά στοιχεία για να εξεταστούν. Ο κοινός παράγοντας σε κάθε σύστημα είναι το γεγονός ότι η διαρροή οδηγείται από πίεση και αν η πίεση αυξάνεται,

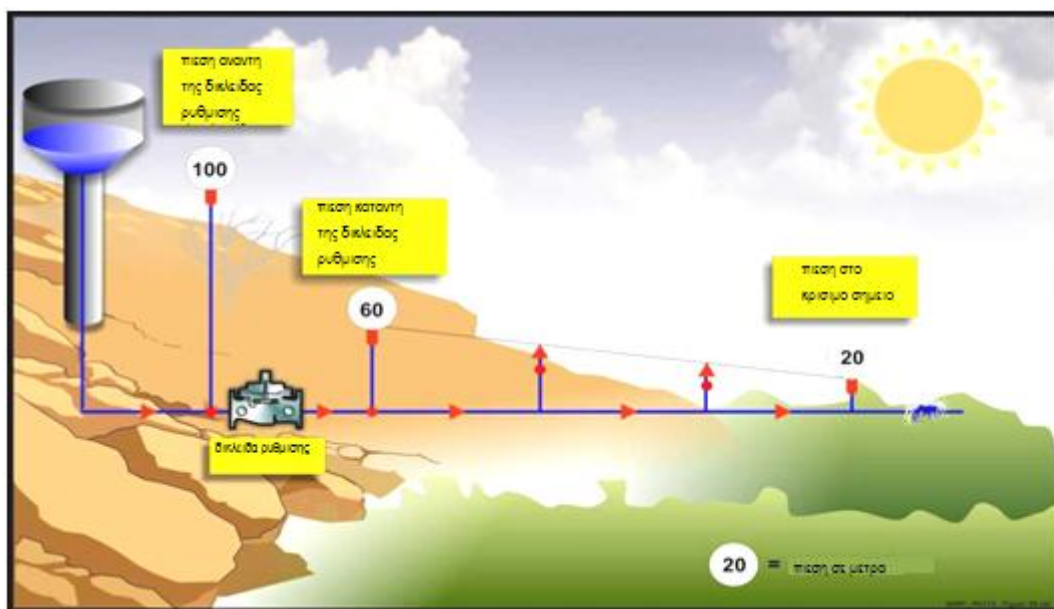
η διαρροή θα αυξηθεί επίσης. Αντιστρόφως, εάν μπορεί να μειωθεί η πίεση του νερού, ακόμη και για ένα μέρος της ημέρας, η διαρροή θα μειωθεί επίσης. Πολλές θεωρίες έχουν ως αίτημα να εξηγήσουν τις σχέσεις πίεσης διαρροής σε ένα δημοτικό σύστημα ύδρευσης και η πιο ευρέως αποδεκτή θεωρία είναι ότι “Fixed and Variable Area Discharges” (FAVAD), η οποία προτάθηκε για πρώτη φορά από τον John May από τη εταιρεία ύδρευσης του Ηνωμένου Βασιλείου το 1995. Αυτή η θεωρία εξηγείται πλήρως από May στην εργασία του (Μάιος, 1994) και περαιτέρω λεπτομέρειες παρέχονται στο Εγχειρίδιο Χρήσης PRESMAC (WRC, 2001).

Εν ολίγοις, η σχέση μεταξύ της πίεσης και της διαρροής θα συμμορφώνεται με μια σχέση τετραγωνικής ρίζας ( $N1=0,5$ ) σε περιπτώσεις που το μέγεθος της θραύσης/οπής/ρωγμής της διαρροής παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια της μεταβολής της πίεσης. Αυτή είναι η τυπική κατάσταση, όταν η διαρροή είναι μια μικρή οπή σε ένα σιδηρό ή χαλύβδινο σωλήνα (δηλαδή μια διαρροή σταθερή στην οπή) στην οποία περίπτωση διπλασιασμού πίεσης θα οδηγήσει σε αύξηση περίπου 41% σε διαρροή νερού. Στην περίπτωση των διαρροών από πλαστικούς σωλήνες ή από ρωγμές σε σωλήνες αμιαντοτσιμέντου, η επιφάνεια της θραύσης/οπής/ρωγμής για την διαρροή δεν παραμένει σταθερή όταν γίνονται μεταβολές της πίεσης και τέτοιες διαρροές θα ανοίγουν συχνά για να δημιουργήσουν μια μεγαλύτερη τρύπα μέσα από την οποία το νερό μπορεί να διαρρεύσει. Τέτοιες διαρροές αναφέρονται ως μεταβλητή περιοχή και αν η πίεση διπλασιάζεται, η διαρροή θα αυξηθεί περισσότερο από ό, τι από μια σταθερή περιοχή διαρροής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η διαρροή θα αυξηθεί όσο 8 φορές το αρχικό επίπεδο ( $N1=3$ ).

Στα περισσότερα συστήματα, τείνει να υπάρχει ένα μίγμα σταθερής περιοχής και η μεταβλητή περιοχή διαρροής όπου η διάσπαση θα εξαρτηθεί από την αναλογία των σωλήνων από χάλυβα/σίδηρο ή από σωλήνες από πλαστικό/αμίαντο. Πολλές εργασίες έχουν παρουσιαστεί σε αυτό το θέμα παρέχοντας μαθηματικά μοντέλα για να προβλέψουν την επίδραση των αλλαγών στην πίεση για τη διαρροή. Είναι συχνά διαπιστωμένο εμπειρικά ότι ορισμένοι άλλοι παράγοντες παίζουν πιο σημαντικό ρόλο στη σχέση πίεσης-διαρροής. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί σε πολλά μέρη της Νότιας Αφρικής ότι η ποιότητα της κατασκευής κατά την τοποθέτηση των αγωγών είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την διαρροή. Σε τέτοιες

περιπτώσεις, δεν υπάρχει επαρκής θεωρία για να εξηγήσει τις διαφορετικές αποκρίσεις σε αλλαγές στην πίεση.

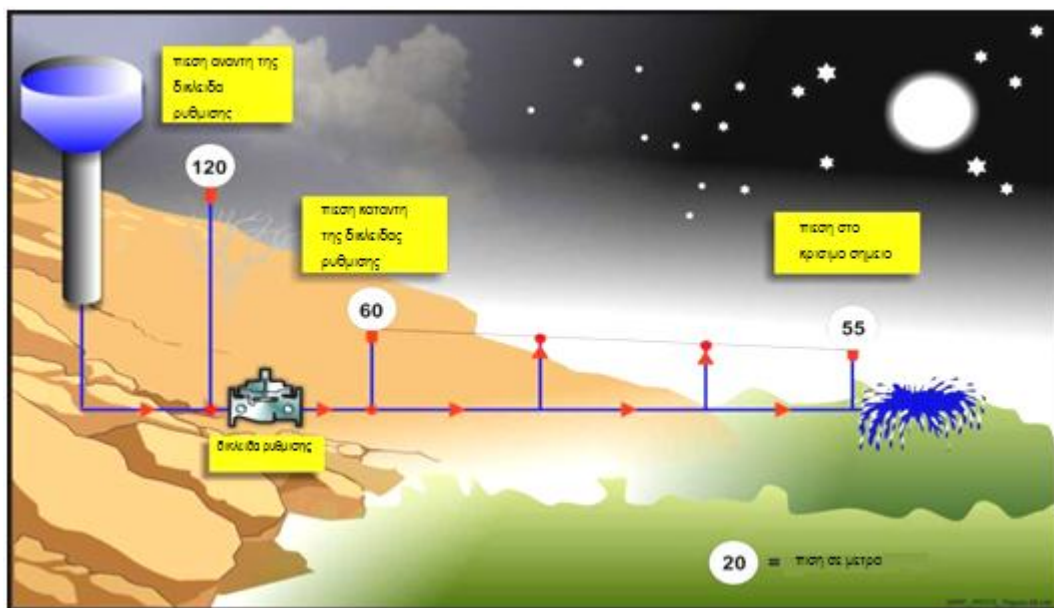
Προκειμένου να μειωθεί η διαρροή μέσω της διαχείρισης της πίεσης, είναι αναγκαίο να μειωθεί η πίεση του νερού χωρίς να διακυβεύεται το επίπεδο των παρεχόμενων



Εικόνα 4.7: Τυπικές πιέσεις κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης

υπηρεσιών και σε σχέση με τους καταναλωτές πυρόσβεσης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα περισσότερα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν ένα ορισμένο ελάχιστο επίπεδο εξυπηρέτησης στο σύστημα κατά την περίοδο αιχμής της ζήτησης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.7. Σε αυτό το παράδειγμα υποθέτουμε ότι η πίεση απαιτεί το ελάχιστο 20μ.

Κατά τις περιόδους εκτός αιχμής, οι οποίες τείνουν να είναι πολύ μεγαλύτερες από τη διάρκεια των περιόδων αιχμής, το σύστημα λειτουργεί σε πίεση του νερού η οποία είναι σημαντικά υψηλότερη από ό, τι είναι απαραίτητο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.8. Στην πραγματικότητα, υπάρχει μεγάλο χρονικό διάστημα, όταν υπάρχουν σημαντικά περιθώρια για τη μείωση της πίεσης και αυτή είναι η βάση πάνω στην οποία οι παρεμβάσεις διαχείρισης πίεσης είναι σχεδιασμένες.



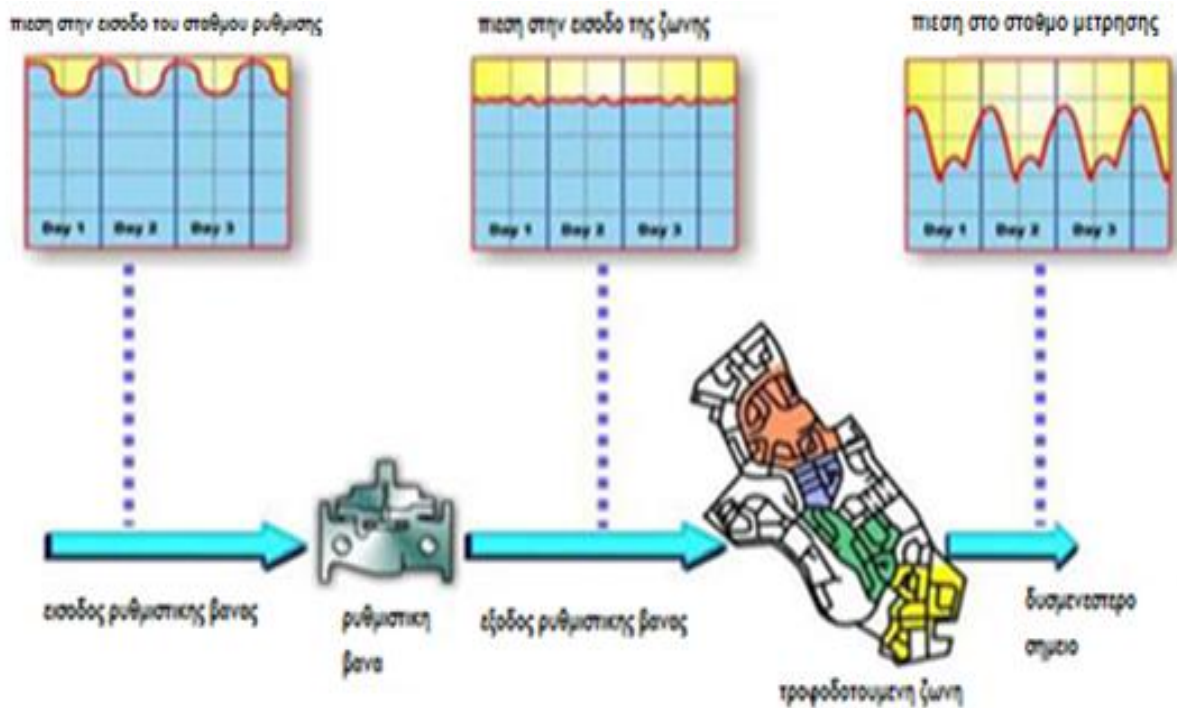
Εικόνα 4.8 : Τυπική πίεση κατά τη διάρκεια τις περιόδους εκτός αιχμής

#### 4.4.2 Πρακτικές Διαχείρισης Πίεσης

Η μείωση της πίεσης του νερού σε ένα σύστημα μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους και τεχνικές, όπου το καθένα από αυτά έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αυτές οι τεχνικές είναι :

- *Έλεγχος πίεσης με σταθερή έξοδο.* Ο έλεγχος της πίεσης σταθερής εξόδου περιλαμβάνει τη χρήση μιας συσκευής, συνήθως μια βαλβίδα μείωσης πίεσης (Pressure Reducing Valve) η οποία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μέγιστης πίεσης και εισέρχεται σε μια ζώνη, όπως μπορεί να φανεί στην Εικόνα 4.9. Πρόκειται ενδεχομένως για την πιο απλή μορφή της διαχείρισης της πίεσης, δεδομένου ότι περιλαμβάνει τη χρήση μιας PRV χωρίς επιπλέον εξοπλισμό.

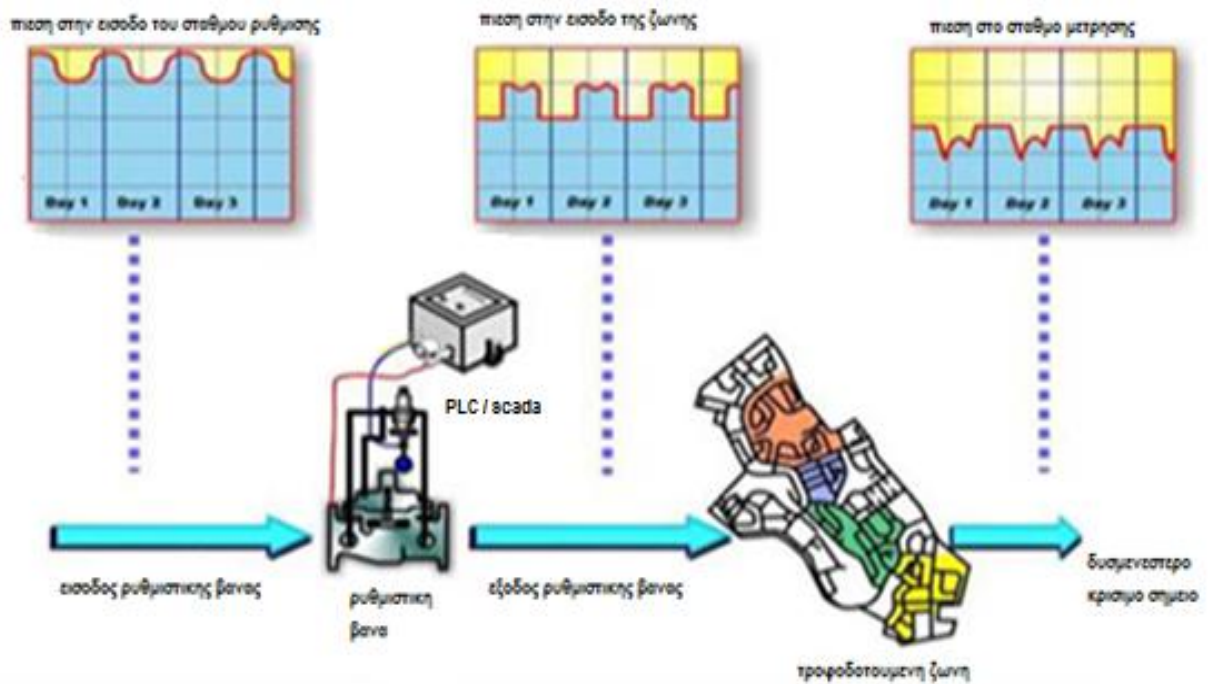
Τα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής ελέγχου πίεσης είναι : Ότι είναι σχετικά απλό στην εγκατάσταση, καθώς απαιτεί μόνο μια υδραυλική βάνα μείωσης πίεσης, ότι το κόστος είναι σχετικά χαμηλό δεδομένου ότι δεν συνεπάγεται ηλεκτρονικό εξοπλισμό και ότι η συντήρηση και λειτουργία είναι σχετικά απλή. Το μόνο μειονέκτημα είναι ότι το σύστημα δεν έχει την ευελιξία να προσαρμόσει τις πιέσεις του νερού σε διαφορετικές ώρες της ημέρας με αποτέλεσμα να μην μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εξοικονόμησης ελέγχου πίεσης.



Εικόνα 4.9 : Έλεγχος πίεσης με σταθερή έξοδο

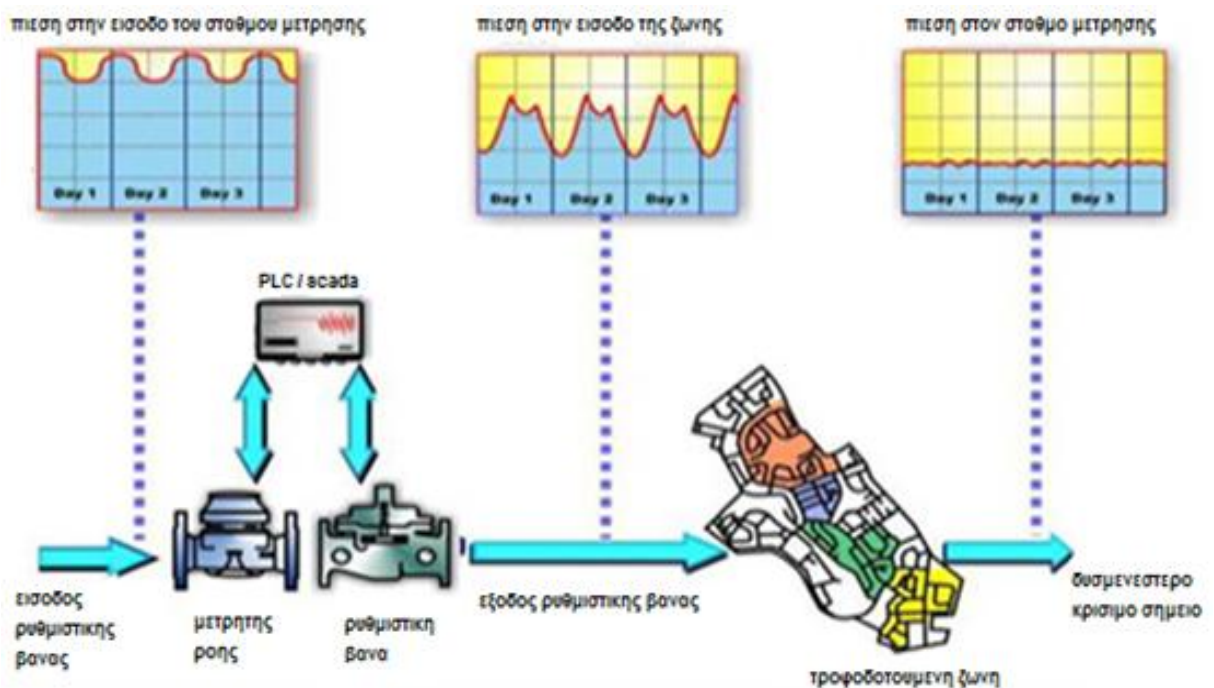
- *Έλεγχος πίεσης με χρονοπρόγραμμα.* Το σενάριο διαχείρισης της πίεσης με διαμορφωση χρόνου δείχνεται στην Εικόνα 4.10 και είναι ουσιαστικά το ίδιο όπως το σύστημα σταθερής εξόδου με μια πρόσθετη συσκευή η οποία μπορεί να προσφέρει μια επιπλέον μείωση στην πίεση κατά τις περιόδους εκτός αιχμής. Αυτή η μορφή ελέγχου πίεσης είναι χρήσιμη σε περιοχές όπου οι πιέσεις του νερού μεγαλώνουν κατά τη διάρκεια των περιόδων εκτός αιχμής - συνήθως κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν οι περισσότεροι από τους καταναλωτές είναι ανενεργοί.

Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της επιλογής είναι : Ότι ο ελεγκτής παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία, επιτρέποντας οι πιέσεις να μειωθούν σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας , με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εξοικονόμηση και ότι η εγκατάσταση δεν απαιτεί έναν μετρητή ροής. Το κύριο μειονέκτημα του χρονοπρογράμματος είναι ότι δεν αντιδρά στη ζήτηση για νερό και αυτό μπορεί να είναι πρόβλημα, αν ξεσπάσει πυρκαγιά που απαιτείται πλήρη πίεση για πυρόσβεση.



Εικόνα 4.10 : Έλεγχος πίεσης με χρονοπρόγραμμα

- Έλεγχος πίεσης με τη ροή (παροχή). Ο έλεγχος πίεσης με τη ροή παρέχει ακόμη μεγαλύτερο έλεγχο και ευελιξία από την επιλογή διαμόρφωσης του χρόνου. Παρέχει μεγαλύτερη εξοικονόμηση από τα δυο σενάρια που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η εφαρμογή αυτή είναι τόσο περίπλοκη και οι περισσότερες εταιρείες ύδρευσης το αποφεύγουν προτιμώντας το σενάριο χρονοπρογράμματος.



Εικόνα 4.11: Έλεγχος πίεσης βάσει κρίσιμου σημείου

**Κεφάλαιο 5**  
**Δομή Συστήματος**  
**Διαχείρισης Πίεσης**  
**Κλειστού Βρόγχου**

## 5.1 Θεωρία Συστήματος Έλεγχου Πίεσης

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται βασικά σημεία από την θεωρία για τα συστήματα ελέγχου και ειδικότερα κλειστού βρόγχου που έχουν χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του αυτοματισμού της εφαρμογής.

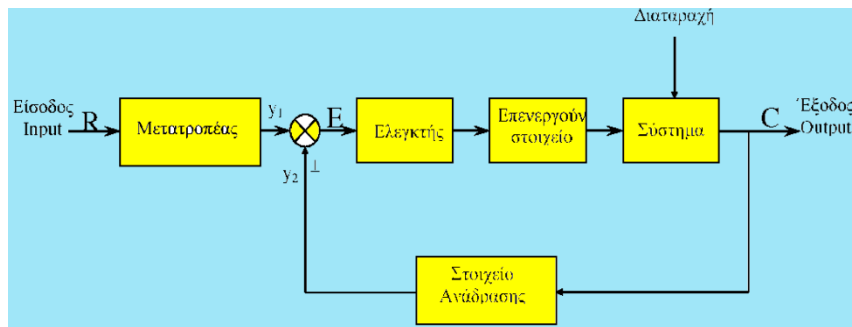
### 5.1.1 Βασικά Στοιχεία Συστήματος Ελέγχου

Σύστημα αυτόματου ελέγχου ονομάζεται ένα σύνολο (τεχνητό ή φυσικό) στοιχείων και εξαρτημάτων, κατάλληλα συνδεδεμένων μεταξύ τους, που μπορεί να ελέγχει διεργασία ή φυσικά μεταβλητά μεγέθη (Θέση, Ταχύτητα, Πίεση, Θερμοκρασία κ.λπ.). Ο έλεγχος διεργασίας εμπλέκει την ρύθμιση των μεταβλητών σε μια διαδικασία. Μια διαδικασία είναι οποιοσδήποτε συνδυασμός υλικών και εξοπλισμού που παράγει ένα επιθυμητό αποτέλεσμα μέσα από αλλαγές στην ενέργεια ή τις φυσικές και χημικές ιδιότητες. Τα περισσότερα συστήματα ελέγχου διαδικασίας διατηρούν σταθερές κάποιες συνθήκες επεξεργασίας και επομένως είναι συστήματα σταθεροποίησης

Τα τελευταία είκοσι περίπου χρόνια έχει γίνει μία εντυπωσιακή ανάπτυξη μεθόδων σχεδίασης συστημάτων αυτόματου ελέγχου με υπολογιστές, που έχει εφαρμοστεί και στα πλέον συνθετότερα και πολυπλοκότερα συστήματα που κατασκευάζει σήμερα ο άνθρωπος. Ο ενσωματωμένος υπολογιστής ελέγχου είναι το κεντρικό στοιχείο ενώ ψηφιακά και αναλογικά κυκλώματα, μαζί με επενεργητές και επιστημονικά όργανα περιβάλλουν άμεσα τον υπολογιστή ελέγχου και λειτουργούν προσαρμοστικά μεταξύ του υπολογιστή και του ελεγχόμενου φυσικού συστήματος. Τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν το κάθε σύγχρονο μηχανικό σύστημα, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την εφευρετικότητα και αποτελεσματικότητα του ενσωματωμένου σε αυτό λογισμικό. Τα παρεμβαλλόμενα στοιχεία υποστηρίζουν το λογισμικό αυτό παρέχοντας του τις τρέχουσες πληροφορίες από το ελεγχόμενο σύστημα.

Τα βασικά εξαρτήματα των Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου (Σχήμα 5.1), είναι :

- *Είσοδος (input)*: Μια διέγερση που εφαρμόζεται στο σύστημα από εξωτερική πηγή.
- *Μετατροπέας (transducer)*: Μετατρέπει μια μορφή ενέργειας σε μια άλλη π.χ. μηχανική σε ηλεκτρική.



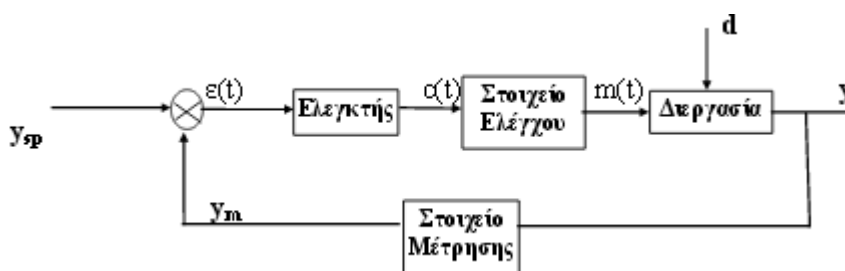
Σχήμα 5.1: Βασική δομή ενός συστήματος ελέγχου κλειστού βρόγχου

- *Αθροιστής* : Είναι συσκευή που αθροίζει αλγεβρικά τα εισερχόμενα σήματα για να παράγει ένα σήμα εξόδου. Συνήθως αναφέρεται και σαν συγκριτής η ανιχνευτής σφάλματος.
- *Ελεγκτής (controller)* : Σε όλα σχεδόν τα συστήματα ελέγχου η είσοδος του ελεγκτή είναι το σφάλμα που παράγεται από τον αθροιστή στα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου η την ίδια την είσοδο στα συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόγχου. Είναι μηχανισμός ελέγχου που παράγει μια έξοδο που οδηγεί την ελεγχόμενη διεργασία με σκοπό τον μηδενισμό του σφάλματος και γενικά την βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών του συστήματος.
- *Ελεγχόμενη διεργασία* : Κάθε φυσική ποσότητα όπως θερμοκρασία, πίεση, η στάθμη υγρού μπορεί να ελέγχει μέσω διεργασίας που περιλαμβάνει κάθε τι που επηρεάζει τις φυσικές μεταβλητές. Μ' άλλα λόγια, η ελεγχόμενη διεργασία περιλαμβάνει κάθε τι που απαιτείται για τον έλεγχο της φυσικής ποσότητας.
- *Έξοδος  $[c(t)]$*  : Η ελεγχόμενη μεταβλητή είναι μια φυσική ποσότητα όπως θερμοκρασία, πίεση κ.λπ. που πρέπει να ελέγχει το σύστημα. Συνήθως αναφέρεται σαν *Ελεγχόμενη μεταβλητή*. Το σύστημα διεγερόμενο από την είσοδο παράγει ένα σήμα εξόδου σαν απόκριση.
- *Επενεργούν στοιχείο (actuator)* : Το επενεργούν στοιχείο είναι η συσκευή που αποδίδει την απαιτούμενη ενέργεια (π.χ. κινητική) στην διεργασία (π.χ. η συσκευή που αναγκάζει την διεργασία να εξασφαλίσει την έξοδο).
- *Σύστημα (plant)* : Σύστημα τύπου follow-up: τα συστήματα των οποίων η έξοδος θα πρέπει να μεταβάλλεται σε συνάρτηση των μεταβολών του σήματος εισόδου (π.χ. σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας χώρου). Σύστημα τύπου regulator: τα συστήματα των οποίων η έξοδος θα πρέπει να παραμένει σταθερή ακόμα και όταν υπάρχουν μεταβολές του σήματος εισόδου (π.χ. σταθεροποιητής τάσεων dc).
- *Διαταραχή (disturbance)* : Διαταραχή είναι κάθε μη επιθυμητό σήμα που επηρεάζει την έξοδο.

- *Ανάδραση (feedback)* : Ένα σύστημα χρησιμοποιεί ανάδραση εάν η έξοδος ή μέρος της εξόδου επιστρέφει μέσω του κλάδου ανατροφοδότησης (ανάδρασης) στον αθροιστή, έτσι που να μπορεί να συγκριθεί με την είσοδο. Η χρήση της ανάδρασης συνήθως επιφέρει ευστάθεια και ακρίβεια στο σύστημα. Αν το σήμα εξόδου προστίθεται στην είσοδο έχουμε θετική ανάδραση και αν αφαιρείται αρνητική ανάδραση.

### 5.1.2 Σύστημα Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Ένα σύστημα κλειστού βρόγχου (Σχήμα 5.2) χρησιμοποιεί τη μέτρηση του σήματος και την ανατροφοδοτεί για να συγκριθεί με το σήμα αναφοράς (είσοδος - επιθυμητή έξοδος). Ο όρος κλειστός βρόγχος αναφέρεται στον βρόγχο που δημιουργείται από τη διαδρομή της ανάδρασης. Ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου (η σύστημα ελέγχου με ανάδραση) μετράει τη διαφορά ανάμεσα στην πραγματική τιμή της μεταβλητής ελέγχου και την τιμή της επιθυμητής τιμής (η το setpoint) και χρησιμοποιεί τη διαφορά για να οδηγήσει την πραγματική τιμή προς το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Σχήμα 5.2: Δομικό διάγραμμα συστήματος ελέγχου κλειστού βρόγχου.

Το κυρίως πλεονέκτημα του ελέγχου κλειστού βρόγχου είναι η δυνατότητα για πιο ακριβή έλεγχο μιας διαδικασίας. Υπάρχουν δυο μειονεκτήματα είναι πιο ακριβός απ' ότι ο έλεγχος ανοικτού βρόγχου και η λειτουργία ανάδρασης ενός συστήματος κλειστού βρόγχου είναι πιθανό να προκαλέσει αστάθεια στο σύστημα .

Τα βασικά στοιχεία των Συστημάτων Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου είναι :

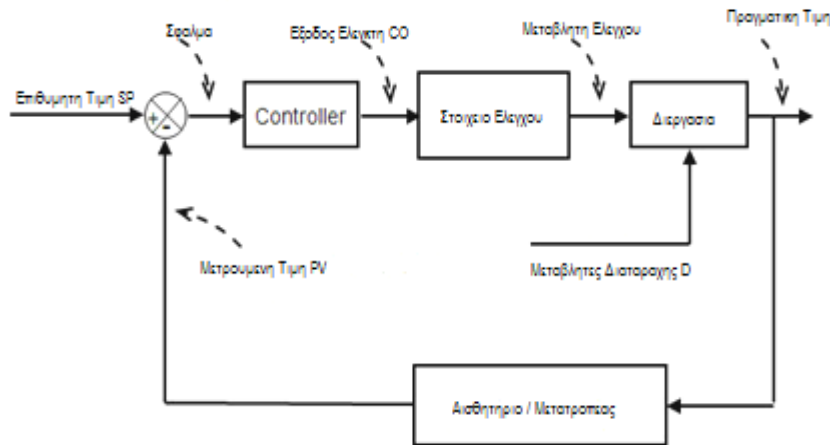
- *Διεργασία (process)* : Το μπλοκ διεργασίας στην παραπάνω εικόνα αντιπροσωπεύει οτιδήποτε εκτελείται μέσα και από τον εξοπλισμό από τον οποίο μια μεταβλητή ελέγχεται. Η διεργασία περιλαμβάνει όλα όσα επηρεάζουν την μεταβλητή ελέγχου.
- *Αισθητήριο (measurement transmitter)* : Ο αισθητήρας μετράει την τιμή της μεταβλητής ελέγχου και την μετατρέπει σε ένα εύχρηστο σήμα. Παρόλο που ο αισθητήρας θεωρείται ότι είναι μια συσκευή, συνήθως αποτελείται από ένα

αισθητήριο στοιχείο και ένα μετατροπέα σήματος. Ο μετατροπέας σήματος λαμβάνει την έξοδο του αισθητήριου στοιχείου και παράγει ένα σήμα ηλεκτρικού ρεύματος. Η επιτυχής λειτουργία, ενός ελεγκτή ανάδρασης Εξαρτάται, σε πολύ μεγάλο βαθμό από την καλή μέτρηση της ρυθμιζόμενης μεταβλητής Εξόδου και τη μεταφορά της μέτρησης στο ρυθμιστή Η πρώτη προϋπόθεση υπονοεί ότι απαιτείται μετρητική συσκευή μζγάλης ακρίβειας ενώ η δεύτερη καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη καλών και αποτελεσματικών γραμμών μεταφοράς σήματος

- *Ελεγκτής (controller)*: Ο ελεγκτής αποτελείται από τον ανιχνευτή σφάλματος και μια μονάδα που εκτελεί τις διάφορες μορφές ελέγχου. Ο ανιχνευτής σφάλματος υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ της μετρούμενης τιμής της μεταβλητής ελέγχου και της επιθυμητής τιμής. Η διαφορά τους καλείται σφάλμα και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση :  $\text{Σφάλμα} = \text{τιμή αναφοράς (setpoint)} - \text{μετρούμενη τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής } \{E=SP - C_m \}$ . Οι διάφορες μορφές ελέγχου μετατρέπουν το σφάλμα σε μια πράξη ελέγχου ή έξοδο του ελεγκτή η οποία θα τείνει να μειώσει το σφάλμα. Οι τρεις πιο γνωστές μορφές ελέγχου είναι ο αναλογικός (proportional P), ο ολοκληρωτικός (integral I), και ο παράγωγος (derivative D).
- Ο Αναλογικός Έλεγχος είναι η πιο απλή μορφή ελέγχου. Παράγει μια ενέργεια ελέγχου η οποία είναι αναλογική ως προς το σφάλμα. Αν το σφάλμα είναι μικρό, τότε η αναλογική μορφή ελέγχου παράγει μια μικρή πράξη ελέγχου. Αν το σφάλμα είναι μεγάλο, αντίστοιχα θα είναι το μέγεθος της πράξης ελέγχου.
  - Ο Ολοκληρωτικός Έλεγχος παράγει μια πράξη ελέγχου η οποία συνεχίζει να αυξάνει την διορθωτική της επίδραση για όσο χρονικό διάστημα το σφάλμα παραμένει. Αν το σφάλμα είναι μικρό, τότε η ολοκληρωτική μορφή αυξάνει τη διόρθωση αργά. Αν το σφάλμα είναι μεγάλο, η ολοκληρωτική πράξη αυξάνει τη διόρθωση γρήγορα. Για την ακρίβεια, ο ρυθμός με τον οποίο η διόρθωση αυξάνει είναι ανάλογος του σήματος του σφάλματος.
  - Τέλος, ο Διαφορικός Έλεγχος παράγει μια πράξη ελέγχου η οποία είναι ανάλογη του ρυθμού με τον οποίο το σφάλμα αλλάζει. Για παράδειγμα, αν το σφάλμα αυξάνεται απότομα, δεν θα περάσει πολύς χρόνος πριν να έχουμε να αντιμετωπίσουμε ένα πολύ μεγάλο σφάλμα. Αυτή η μορφή ελέγχου επιχειρεί να προλάβει αυτό το μελλοντικό σφάλμα παράγοντας μια διορθωτική ενέργεια αναλογική στο ποσό γρήγορα αλλάζει το σφάλμα. Ο παράγωγος έλεγχος είναι μια προσπάθεια να είμαστε προετοιμασμένοι για ένα μεγάλο σφάλμα και να το

αποτρέπουμε με μια διορθωτική κίνηση βασιζόμενη στο πόσο γρήγορα αλλάζει το σφάλμα. Οι μορφές αυτές χρησιμοποιούνται με τους εξής τρόπους : P, PI, PD, PID.

Ο έλεγχος μιας διαδικασίας εμπλέκει την ρύθμιση των μεταβλητών σε μια διαδικασία. Οι μεταβλητές αυτές σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου (Σχήμα 5.3), είναι :



Σχήμα 5.3:

- Η μεταβλητή ελέγχου (*controlled variable, C*) μιας διαδικασίας είναι η μεταβλητή εξόδου που είναι να ελεγχτεί. Σε ένα σύστημα ελέγχου, η μεταβλητή ελέγχου είναι συνήθως μια μεταβλητή εξόδου που είναι μια καλή μέτρηση της ποιότητας του προϊόντος. Οι πιο συνηθισμένες μεταβλητές ελέγχου είναι η θέση, ταχύτητα, θερμοκρασία, πίεση, στάθμη, ροή, κλπ.
- Η αναφορά (*setpoint, SP*) είναι η επιθυμητή τιμή της μεταβλητής ελέγχου.
- Η μετρούμενη μεταβλητή (*Cm*) είναι η μετρούμενη τιμή της μεταβλητής ελέγχου. Είναι η έξοδος των μετρούμενων μέσων και συνήθως διαφέρει κατά ένα πολύ μικρό πόσο από την πραγματική τιμή της μεταβλητής ελέγχου.
- Το σφάλμα (*E*) είναι η διαφορά ανάμεσα στην αναφορά και την μετρούμενη τιμή της μεταβλητής ελέγχου. Υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση :  $E=SP-C$ .
- Η έξοδος του ελεγκτή (*V*) είναι η πράξη ελέγχου που πρόκειται να οδηγήσει τη μετρούμενη τιμή της μεταβλητής ελέγχου προς την τιμή της αναφοράς. Η πράξη ελέγχου εξαρτάται από το σήμα του σφάλματος (*E*) και από τις μορφές ελέγχου που χρησιμοποιούνται στον ελεγκτή.
- Η ελεγχόμενη μεταβλητή (*manipulated variable M*) είναι η μεταβλητή που ρυθμίζεται από το τελικό στοιχείο ελέγχου ώστε να επιτευχτεί η επιθυμητή τιμή της μεταβλητής ελέγχου. Προφανώς η ελεγχόμενη μεταβλητή θα πρέπει να είναι ικανή να επιτύχει μια αλλαγή στην μεταβλητή ελέγχου. Η ελεγχόμενη μεταβλητή είναι μια από τις τιμές εισόδου μιας διαδικασίας. Αλλαγές στο φορτίο μιας διαδικασίας επιβάλλουν αλλαγές

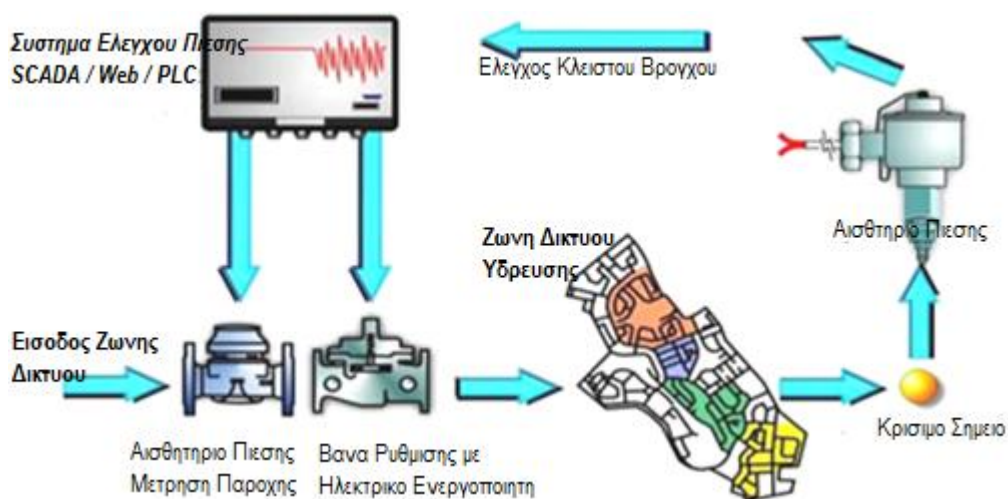
στην ελεγχόμενη μεταβλητή ώστε να διατηρηθεί η κατάσταση ισορροπίας του συστήματος. Γι' αυτό το λόγο η τιμή της μεταβλητής αυτής χρησιμοποιείται σαν μέτρο του φορτίου της διαδικασίας.

- Οι μεταβλητές διαταραχής (*disturbance variable D*) είναι οι μεταβλητές εισόδου μιας διαδικασίας οι οποίες επηρεάζουν τη μεταβλητή ελέγχου όμως δεν ρυθμίζονται από το σύστημα ελέγχου. Οι μεταβλητές διαταραχής είναι ικανές να μεταβάλλουν το φορτίο μιας διαδικασίας και είναι ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούμε συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου.

## 5.2 Περιγραφή Συστήματος Ελέγχου Πίεσης

Στα συστήματα κλειστού βρόγχου ένας αισθητήρας πίεσης στο κρίσιμο σημείο χρησιμοποιείται για να παρέχει ζωντανά δεδομένα στον ελεγκτή πίεσης στην είσοδο της ζώνης. Αυτή η μορφή ελέγχου της πίεσης, στα δίκτυα ύδρευσης (Εικόνα 5.4) παρέχει το απόλυτο επίπεδο ελέγχου και ως εκ τούτου επίσης τις μέγιστες εξοικονομήσεις που μπορεί να επιτευχθούν αφού :

- ✓ Παρέχεται στους καταναλωτές η επιθυμητή πίεση παροχής για την απρόσκοπτη εξυπηρέτησή τους.
- ✓ Διατηρούνται οι πιέσεις στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο, ώστε να μειώνονται οι διαρροές και οι θραύσεις.

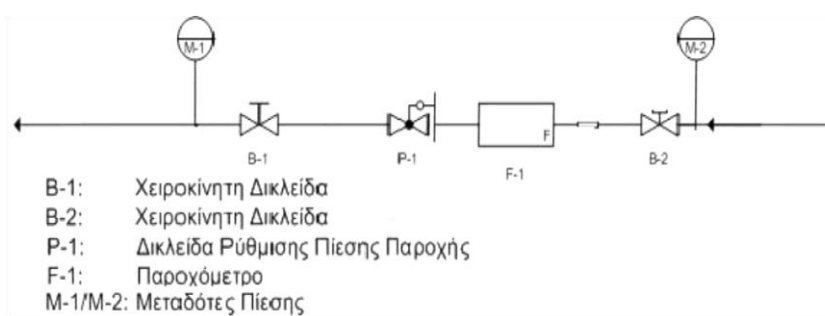


Εικόνα 5.4: Έλεγχος Πίεσης Κλειστού Βρόγχου

Για να εφαρμοσθεί το πρόγραμμα διαχείρισης πίεσης κλειστού βρόγχου, το δίκτυο ύδρευσης πρέπει να έχει χωρισθεί σε ανεξάρτητα τμήματα-ζώνες με βάση τα υδραυλικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά του δικτύου. Στον χωρισμό των ζωνών πρέπει να ληφθεί υπόψη το ανάγλυφο της περιοχής και η δυνατότητα απομόνωσης του

υφιστάμενου δικτύου. Σε κάθε ζώνη η μέγιστη υψομετρική διαφορά κυμαίνεται από 20 έως 40 μέτρα.

Στον κεντρικό αγωγό τροφοδοσίας της ζώνης θα δημιουργηθεί Σταθμός Ρύθμισης Πίεσης, με σκοπό να ρυθμίζει την πίεση του κατάντη δικτύου της ζώνης. Στο σημείο αυτό θα τοποθετηθούν μετρητές πίεσης και παροχής καθώς και υδραυλική δικλείδα ρύθμισης πίεσης (Σχήμα 5.4). Η υδραυλική δικλείδα θα ρυθμίζει την κατάντη πίεση ανάλογα με την ροή κάνοντας την αυτόματη αντιστάθμιση της απώλειας φορτίου του δικτύου διανομής της αντίστοιχης ζώνης, δηλαδή η τιμή της πίεσης θα ακολουθεί τις μεταβολές της παροχής (μικρότερες τιμές πίεσης στις μικρές καταναλώσεις και μεγαλύτερες στις μεγάλες), έτσι ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση στο κρίσιμο σημείο με απώτερο στόχο μείωση των διαρροών.

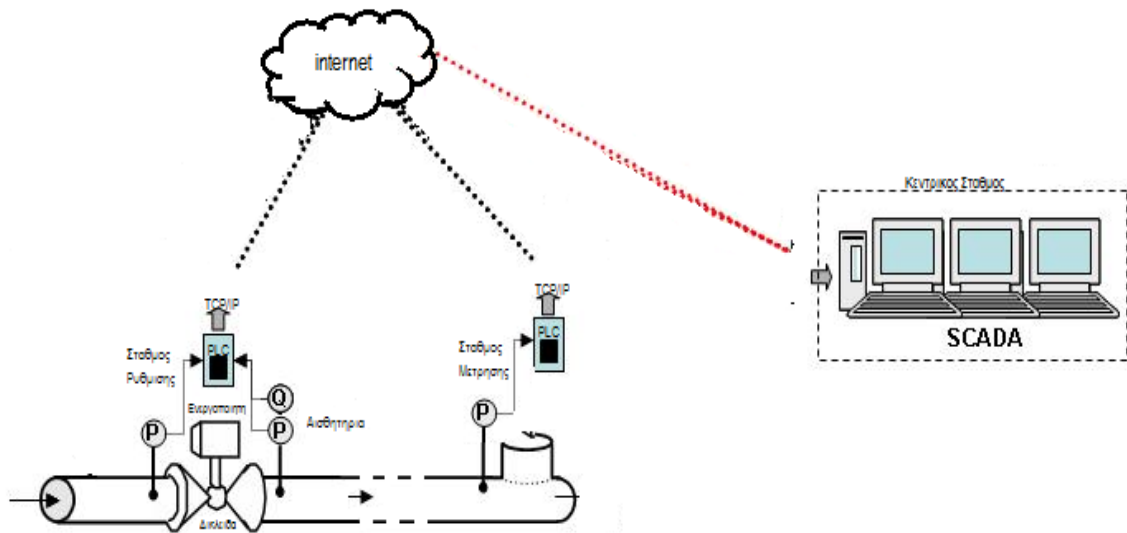


Σχήμα 5.4: Διάταξη Σταθμού Μέτρησης και Ρύθμισης Πίεσης

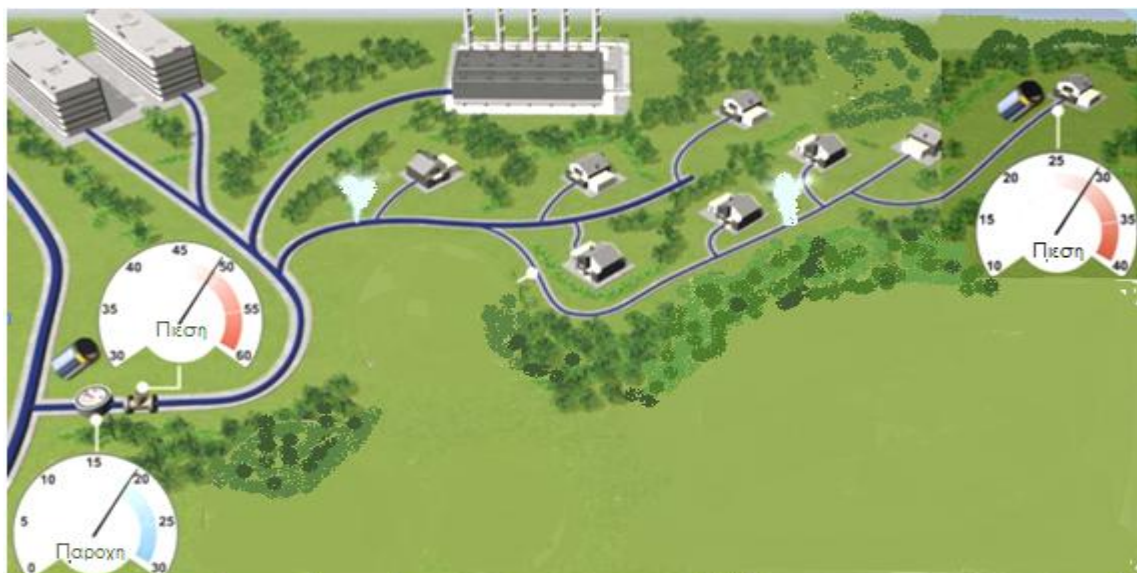
Σε επιλεγμένα σημεία του δικτύου ένας (ή περισσότεροι ανάλογα με την μορφή του δικτύου και το ανάγλυφο της περιοχής) θα δημιουργηθεί Σταθμός Μέτρησης Πίεσης. Ο σταθμός ελέγχου της ζώνης είναι τοποθετημένος στα λεγόμενα Κρίσιμα Σημεία της Ζώνης (Critical Points). Ως Κρίσιμα Σημεία της Ζώνης ορίζονται τα κατάντη του Σταθμού Ρύθμισης της Ζώνης σημεία του δικτύου, στα οποία δεν είναι επιθυμητή η πτώση πίεσης κάτω από ένα ελάχιστο όριο, οποιαδήποτε στιγμή του εικοσιτετραώρου. Ο σκοπός ύπαρξης των Σταθμών Ελέγχου της Ζώνης είναι καθοριστικός γιατί μέσω αυτών διαπιστώνεται η επιτυχής ή όχι ρύθμιση των πιέσεων εντός της Ζώνης, για την έγκαιρη διόρθωση των πιθανών αποκλίσεων και την πρόληψη πιθανών παραπόνων των καταναλωτών.

Το σύστημα Διαχείρισης Πίεσης Κλειστού Βρόγχου (Εικόνες 5.5) συνεχώς και ελέγχει την πίεση του νερού που πηγαίνει σε μια ζώνη, έτσι ώστε σε όλα τα επίπεδα ζήτησης, από το χαμηλότερο έως το υψηλότερο, η μέση πίεση στη ζώνη να διατηρείται με ακρίβεια στο ελάχιστο αναγκαίο για την εύρυθμη λειτουργία του δικτύου και την καλή

εξυπηρέτηση των καταναλωτών. Με την εφαρμογή μια σειράς αλγορίθμων που διαφοροποιεί την πίεση εξόδου του στον ενεργοποιητή την δικλείδας του Σταθμού Ρύθμισης Πίεσης, η πίεση στο κρίσιμο σημείο της ζώνης διατηρείται σε ένα πιο σταθερό επίπεδο, ανεξαρτήτως των μεταβολών της ζήτησης. Ένας ηλεκτρικός ενεργοποιητής (κινητήρας) εγκαθίσταται στην υδραυλική δικλείδα και οδηγείται από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ο οποίος επικοινωνεί μέσω διαδικτύου με τον Κεντρικό Σταθμό. Ένας αντίστοιχος προγραμματιζόμενος ελεγκτής διαβάζει έναν αισθητήρα που βρίσκεται σε κρίσιμο σημείο της ζώνης εγκατεστημένος στο Σταθμό Μέτρησης και επικοινωνεί και αυτός, μέσω διαδικτύου, με το Κεντρικό Σταθμό. Όταν τα δεδομένα έχουν ληφθεί από το SCADA του Κεντρικού Σταθμού, το λογισμικό του δημιουργεί ειδικούς αλγορίθμους για την διαχείριση της πίεσης και προχωρά στη μετάδοσή τους πίσω στον προγραμματιζόμενο ελεγκτή του Σταθμού Ρύθμισης, ο οποίος στη συνέχεια υπολογίζει συνεχώς τη βέλτιστη πίεση εξόδου, οδηγώντας τον ενεργοποιητή της ηλεκτροβάνας. Καθώς τα στοιχεία που αποθηκεύονται με την πάροδο του χρόνου, οι προσαρμογές του αλγόριθμου γίνονται όλο και πιο ευαίσθητες, εξοικονομώντας ακόμη περισσότερο νερό.

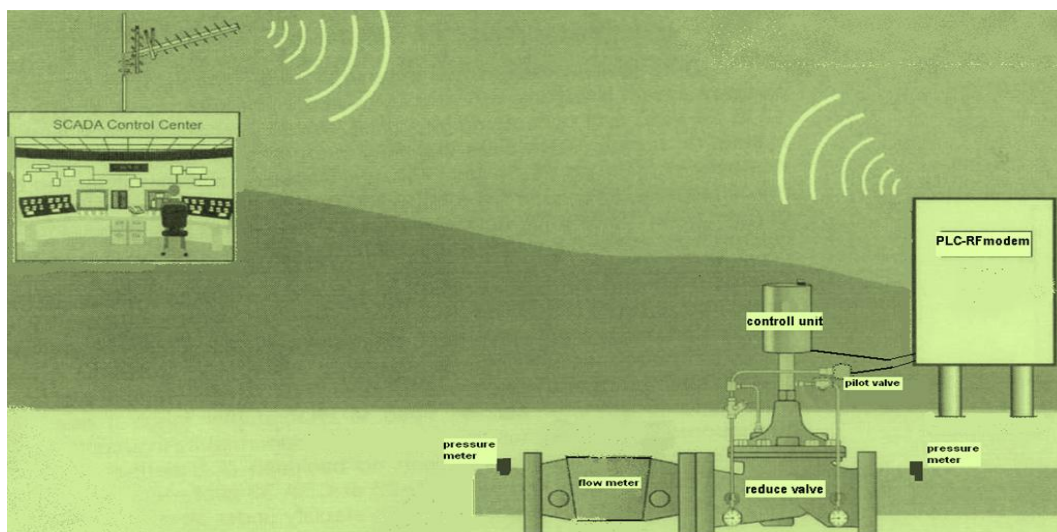


Εικόνες 5.5



## 5.3 Δομή Συστήματος Ελέγχου Πίεσης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των διαφόρων εξαρτημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του αυτοματισμού της εφαρμογής.



Σχήμα 5.6

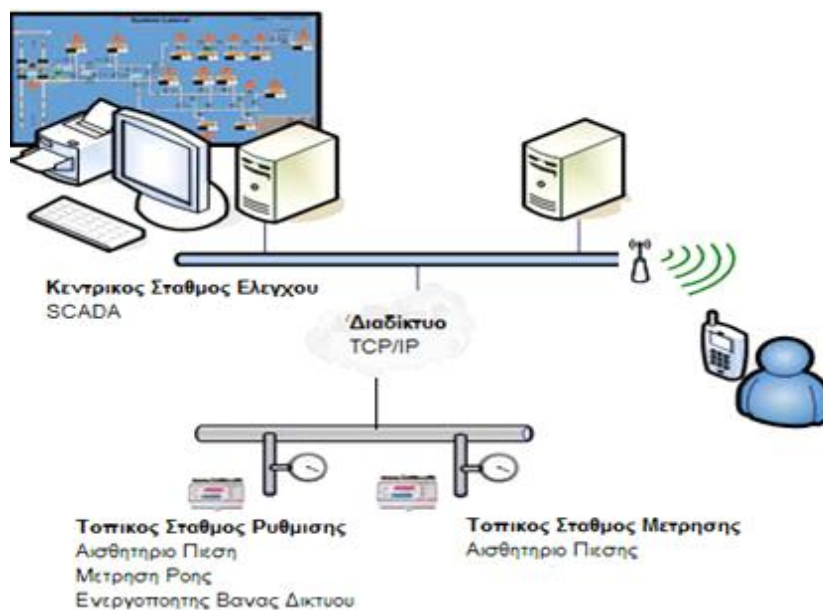
### 5.3.1 Γενικά

Ένα σύστημα τηλεδιοίκησης απαρτίζεται από τα πιο κάτω βασικά συνθετικά στοιχεία :

- ✓ Αισθητήρια (όργανα μετρήσεων) και Ενεργοποιητές (ηλεκτρ. κινητήρες).
- ✓ Μονάδα (Ελεγκτής) συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (π.χ. PLC).
- ✓ Κανάλι επικοινωνίας (ενσύρματο ή ασύρματο) για την μετάδοση των μετρούμενων τιμών από τις επιμέρους εγκαταστάσεις στον κεντρικό σταθμό (Server).
- ✓ Λογισμικό εποπτικού ελέγχου SCADA για την απεικόνιση και τον τηλεέλεγχος/τηλεχειρισμός της υπό επιτήρησης εγκατάστασης μέσω εύχρηστων SCADA διεπαφών.

Το σύστημα της εφαρμογής μας (όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 5.2 και απεικονίζεται στο Σχήμα 5.6) απαρτίζεται από τα παρακάτω συνθετικά στοιχεία :

- ✓ Τοπικός Σταθμός Μέτρησης (ΤΣΜ), για μέτρηση πίεσης σε αγωγό απομακρυσμένο ή δυσμενέστερο του δικτύου διανομής στη ζώνη ελέγχου.
- ✓ Τοπικός Σταθμός Ρύθμισης (ΤΣΡ), για μέτρηση και ρύθμιση πίεσης και παροχής στον κεντρικό αγωγό εισόδου της ζώνης του δικτύου ύδρευσης.



Εικόνα 5.7

Κάθε Τοπικός Σταθμός Μέτρησης και Ρύθμισης περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία (Εικόνα 5.7) :

- Αισθητήρια όργανα, για την μέτρηση ποσοτικών μεγεθών παροχής και πίεσης.
- Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC), ο οποίος μέσω κατάλληλων αναλογικών εισόδων και προγραμματισμού, συλλέγει τα δεδομένα των αισθητήριων οργάνων και τα αποστέλλει στον ΚΣ. Επίσης, είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση εξ αποστάσεως τηλεχειρισμών, όπως χειρισμό ηλεκτροβάνας.
- Επικοινωνιακή διάταξη. Ενσύρματη με απ' ευθείας σύνδεση στο διαδίκτυο της κάρτας επικοινωνίας μέσω στατικής IP (static IP). Μέσω της ζεύξης αυτής, επιτυγχάνεται η επικοινωνία του ΤΣ με τον ΚΣ, αλλά και των Τ.Σ.Ε μεταξύ τους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ασύρματη επικοινωνία η οποία όμως θα περιλαμβάνει πομποδέκτη (Ethernet Radio Modem), κατάλληλη κεραία και αντικεραυνική προστασία.
- ✓ Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου (ΚΣΕ), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη συλλογή και την απεικόνιση των δεδομένων των ΤΣ σε κατάλληλα διαμορφωμένο περιβάλλον SCADA. Περιλαμβάνει Η/Υ Server (PC, Laptop), στον οποίο είναι εγκατεστημένο το λογισμικό εποπτικού ελέγχου SCADA. Το λογισμικό SCADA είναι υπεύθυνο για την λεπτομερή απεικόνιση, σε πραγματικό χρόνο, των στοιχείων των τοπικών σταθμών, ενώ παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη για τον τηλεέλεγχο και τηλεχειρισμό του. Ο χειρίστης εποπτεύει και αλληλεπιδρά με την όλη εγκατάσταση και μπορεί να βρίσκεται είτε στις εγκαταστάσεις ενός κέντρου ελέγχου είτε απομακρυσμένα μέσω ασύρματης ζεύξης (GPRS/3G - mobile internet).

Όλα αυτά υλοποιούνται με τη βοήθεια δυο PLC S7-300 όσο αφορά το λειτουργικό μέρος των Τοπικών Σταθμών Ρύθμισης και Μέτρησης, δυο μονάδων CP 343-1 για την επικοινωνία των εγκαταστάσεων από απόσταση μέσω Ethernet και του Simatic WinCC-Flexible για την υλοποίηση του SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) στον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου.

## 5.3.2 Αισθητήρια και Ενεργοποιητής

### 5.3.2.1 Μέτρηση Παροχής

Ο μετρητής παροχής του Σταθμού Ρύθμισης και Μέτρησης θα είναι ηλεκτρομαγνητικού τύπου, τύπου γραμμής με φλάντζες ώστε να ταιριάζει με το μέγεθος του σωλήνα πάνω στον οποίο θα γίνει η εγκατάσταση και την κλίμακα της παροχής του αγωγού. Η αρχή λειτουργίας του μετρητή θα είναι ο Νόμος του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, βασισμένη στο παλμικό συνεχές μαγνητικό πεδίο και σε DC τεχνικές παλμών (d.c. pulse techniques) (Εικόνα 5.8). Επίσης οι μετρητές παροχής θα είναι σχεδιασμένοι για χαμηλή κατανάλωση (low-energy design) με αυτόματη μηδενική αντιστάθμιση (automatic zero compensation).



Εικόνα 5.8

*Αισθητήρας (Sensor)* : Η διαστασιολόγηση του μετρητή θα διασφαλίζει ότι η ταχύτητα ροής του νερού θα κυμαίνεται από 0,5 m./s έως 10,0 m/s. Το προδιαγεγραμμένο εύρος παροχής θα μετριέται με ακρίβεια, της τάξης του  $\pm 0.5\%$  της πραγματικής μέτρησης παροχής και όχι ως ποσοστό επί της πλήρους κλίμακας για ταχύτητες ροής από 0,5 m./s

έως 10,0 m/s. Το σώμα / αισθητήριο του παροχομέτρου θα εγκατασταθεί εντός φρεατίου κατάλληλων διαστάσεων ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή συνδεσμολογία και τα απαραίτητα ευθύγραμμα τμήματα για την επίτευξη στρωτής ροής και ακρίβειας μετρήσεων. Τα πηνία διέγερσης θα εφάπτονται εσωτερικά στην επιφάνεια επένδυσης του αισθητήρα χωρίς να παρεμβάλλετε μεταξύ αυτών άλλο υλικό. Η εσωτερική επένδυση του αισθητήρα θα είναι Hard Rubber, EPDM, NBR, PTFE ή παρόμοιου τύπου, εγκεκριμένου για εφαρμογή σε πόσιμο νερό. Το υλικό των ηλεκτροδίων θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, Hastelloy'C', τιτάνιο ή παρόμοιο, εγκεκριμένο για πόσιμο νερό και κατάλληλο για συγκεντρώσεις χλωρίου 2 mg/l.

*Μετατροπέας (Converter) :* Θα χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας παλμικού συνεχούς μαγνητικού πεδίου ο οποίος θα πρέπει να εντάσσεται εύκολα σε σύστημα τηλεμετρίας με την χρήση κατάλληλων συνδέσεων. Ο ηλεκτρονικός μετατροπέας θα είναι δυνατόν να τοποθετηθεί είτε πάνω στο σώμα του παροχομέτρου (compact installation) εντός του φρεατίου είτε σε απομακρυσμένη θέση. Ο μετατροπέας διαθέτει ένδειξη για την σήμανση της κατάστασης του αγωγού, όταν αυτός είναι άδειος (empty pipe detection) καθώς και επαφή ελεύθερης τάσης μέσω της οποίας μπορεί δίνεται μήνυμα προς τα συστήματα τηλεελέγχου. Επίσης θα διαθέτει ξεχωριστή ένδειξη για την αναγγελία σφαλμάτων όταν αυτά ανιχνεύονται από τα αυτοδιαγνωστικά του μετατροπέα. Ο μετατροπέας έχει δυνατότητα της μέτρησης της παροχής και προς τις δύο κατευθύνσεις και διαθέτει μία αναλογική έξοδο και ψηφιακή επαφή η οποία θα μπορεί να προγραμματισθεί για την μετάδοση της πληροφορίας “κατεύθυνση ροής” (forward-reverse) προς το PLC και το σύστημα SCADA. Επίσης έχει ενσωματωμένη φωτιζόμενη αλφαριθμητική οθόνη 2 γραμμών και πληκτρολόγιο. Η οθόνη θα παρέχει ενδείξεις: Εμφάνιση στιγμιαίας ροής (και κατά τις δύο διευθύνσεις), Εμφάνιση αθροιστικής ροής (και κατά τις δύο διευθύνσεις), Εμφάνιση της διαφοράς στην αθροιστική ροή για τις δύο διευθύνσεις, Πληροφορίες διάγνωσης, Συνθήκες κενού αγωγού. Ο μετατροπέας πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά του Πίνακα 5.9 .

Ακρίβεια (μετατροπέα / αισθητηρίου)	+/-0,5% επί της πραγματικής μέτρησης
Περίβλημα	IP67 με τοπική οθόνη και πληκτρολόγιο
Αριθμός αναλογικών εξόδων	1 αναλογική έξοδος 0/4 - 20 mA
Αριθμός ψηφιακών εξόδων	2 ψηφιακές ,1 έξοδος ρελέ
Αριθμός ψηφιακών εισόδων	1
Γαλβανική απομόνωση	Σε όλες τις εισόδους και εξόδους
Τροφοδοσία	12-30 VDC

Πινάκας 5.9

### 5.3.2.2 Μέτρηση Πίεσης

Η λειτουργία του αισθητηρίου (Εικόνα 5.10) βασίζεται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Η διάταξη μέτρησης θα αποτελείται από το αισθητήριο πίεσης, τον μετατροπέα πίεσης με έξοδο 4-20mA και ενσωματωμένο θωρακισμένο καλώδιο. Τα όργανα (μεταδότες - traduser) μέτρησης πίεσης πρέπει να έχουν τα χαρακτηριστικά του Πίνακα 5.11.



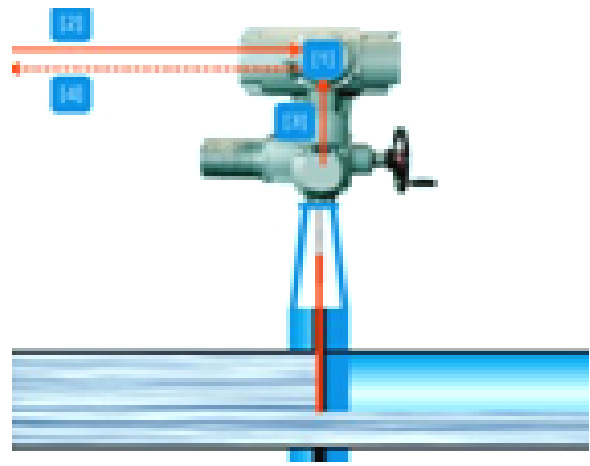
Εικόνα 5.10

Ρευστό:	Νερό γεώτρησης ή χλωριωμένο
Περιοχή λειτουργίας:	0-16 bar
Ακρίβεια οργάνου:	$\leq \pm 0,15\%$ για όλο το εύρος τιμών
Μέγιστη πίεση:	60bar
Τροφοδοσία:	12-30 VDC
Υλικό κατασκευής:	Ανοξείδωτος χάλυβας
Προστασία:	IP 68
Θερμοκρασία λειτουργίας:	-20 έως 50°C
Σήματα εξόδου:	Αναλογικά (4-20mA)
Προστασία από αντίστροφη πολικότητα	Ναι
Σύνδεση	Αρσενικό σπείρωμα G1/2 A

Πίνακας 5.11

### 5.3.2.3 Ηλεκτρικός Ενεργοποιητής Υδραυλικής Δικλείδας

Οι βάνες αυτές είναι στρεφόμενου δίσκου με ηλεκτρικό χειριστήριο/μειωτή (Εικόνα 5.12), κατάλληλες για δίκτυο διανομής πόσιμου νερού. Διαθέτουν σώμα ειδικού τύπου, για να τοποθετούνται μεταξύ φλαντζών λαιμού (Welding Neck Flanges) όμοιας κλάσης πίεσης, ενώ η σύσφιξη ανάμεσά τους επιτυγχάνεται με κοχλίες και με ντίζες.



Εικόνα 5.12

Το άνοιγμα και κλείσιμο των δικλίδων επιτυγχάνεται μέσω ενεργοποιητή (ηλεκτροκινήτου μηχανισμού), με τροφοδοσία 230VAC / 1ph / 50Hz, προστασίας IP 67, τα οποία θα είναι εφοδιασμένα με τον ακόλουθο εξοπλισμό και τα χαρακτηριστικά του Πίνακα 5.13 .

Συνθήκες λειτουργίας δικλίδας	Υλικά δικλίδας
Μέσον διέλευσης: Πόσιμο νερό	Σώμα: Ελατός χυτοσίδηρος.
Μεγίστη θερμοκρασία λειτουργίας: +70° C	Άξονας: Ανοξείδωτος χάλυβας
Μεγίστη πίεση λειτουργίας: 16 bar	Δίσκος: Ανοξείδωτος χάλυβας
Μεγίστη διαφορική πίεση: ΔΡ 16 bar	Έδρα: Αιθυλένιο - προπυλένιο
Πίεση δοκιμής σώματος: 1.5 x Μεγίστη πίεση λειτουργίας	(E.P.D.M.), πλήρως αντικαταστάσιμη
Πίεση δοκιμής έδρας: 1.1 x Μεγίστη πίεση λειτουργίας	
Ενεργοποιητής (ηλεκτροκίνητος μηχανισμός)	
2 διακόπτες ροπής (1/O – 1/C)	2 θερματικοί διακόπτες (1/O – 1/C)
αναλογική οδήγηση για ρύθμιση θέσης	αναλογική ανάδραση θέσης λειτουργία
χειροκίνητη λειτουργία μηχανικό δείκτη θέσης	ρυθμιζόμενα όρια περιστροφής θερμική προστασία του κινητήρα από υπερένταση

Πίνακας 5.13



Εικόνα 5. 14

Άλλος τύπος υδραυλικής βάνας που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε για την λειτουργία του αυτοματισμού και την ρύθμιση της πίεσης είναι η εγκατάσταση ή η μετατροπή ήδη εγκατεστημένου απλού μειωτή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.14. Αποτελείται από σώμα υδραυλικής βάνας τύπου PRV(Pressure Reducing Valve) που χρησιμοποιείται για την ρύθμιση σταθερής πίεσης και από έναν κινητήρα – σερβομηχανισμό οδηγούμενο μέσω αναλογικού σήματος 4-20mA από το PLC και το σύστημα τηλεδιόικησης.

### 5.3.3 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής - PLC

Τα PLC's (Programmable Logic Controllers) είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές της βιομηχανίας. Ο όρος προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής προκύπτει από τον αντίστοιχο αγγλικό και ορισμός του είναι ο ακόλουθος : «...είναι ένα ψηφιακό ηλεκτρονικό σύστημα, σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών, ώστε να επιτελούνται διάφορες λειτουργίες, όπως λογικές, χρονικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις και να ελέγχονται μέσω αναλογικών/ψηφιακών μονάδων, διάφορες μηχανές ή διαδικασίες».

Τα PLC's χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του '60, με σκοπό να αποτελέσουν μία πιο οικονομική, ευέλικτη και αξιόπιστη λύση, για τα πολύπλοκα συστήματα ελέγχου και προστασίας, που βασιζόνταν μέχρι τότε σε ηλεκτρομηχανικούς ηλεκτρονόμους (relays). Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι πως οι οποιοσδήποτε αλλαγές στον τρόπο ελέγχου, γίνονται αλλάζοντας μόνο το πρόγραμμα στη μνήμη του προγραμματιζόμενου ελεγκτή, χωρίς να χρειαστεί να αλλάξει η συνδεσμολογία του, όπως συμβαίνει στον έλεγχο με ηλεκτρονόμους, όπου οποιαδήποτε αλλαγή είναι πολύ δύσκολη και χρονοβόρα. Στις αρχές της δεκαετίας του '70, άρχισαν

να αναπτύσσονται συστήματα επικοινωνίας και δικτύωσης των PLC's μεταξύ τους. Το πρώτο σύστημα επικοινωνίας PLC ήταν το Modbus της Modicon, με το οποίο απομακρυσμένα PLC's μπορούσαν να επικοινωνούν με το ελεγχόμενο σύστημα. Ανάλογα πρωτόκολλα επικοινωνίας (proprietary), αναπτύχθηκαν και από άλλες εταιρίες, ήταν όμως ασύμβατα μεταξύ τους. Τη δεκαετία του '80, έγινε μια προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν κάποια κοινά πρότυπα (standards) για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας των δικτύων PLC, τα οποία θα εξασφάλιζαν τη μεταξύ τους συμβατότητα, έγινε επίσης προσπάθεια να μειωθεί το μέγεθος των PLC's και να αναπτυχθεί το λογισμικό που θα έκανε εφικτό τον προγραμματισμό τους από προσωπικό υπολογιστή και όχι από τερματικά σχεδιασμένα αποκλειστικά για τον προγραμματισμό των PLC's.

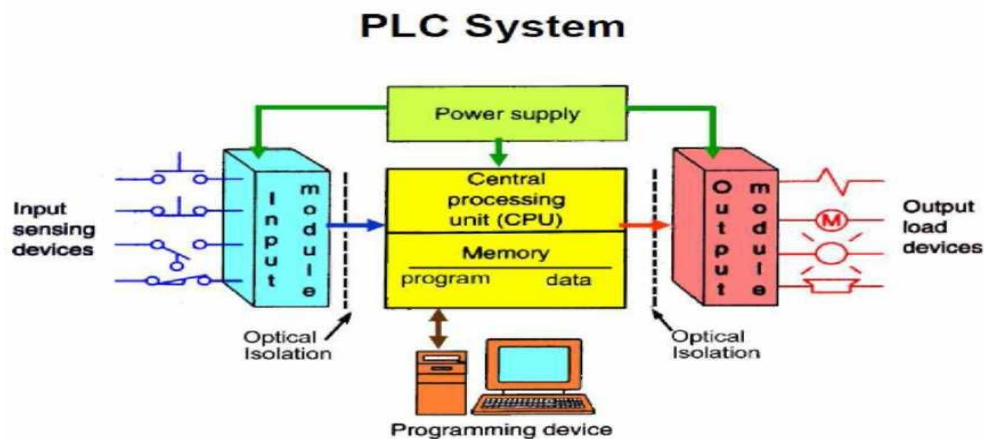
Από κατασκευαστικής απόψεως, ένα PLC αποτελείται από έναν μικροεπεξεργαστή (αποτελούμενο βασικά από μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας CPU-Central Processing Unit, από περιοχές μνήμης και από κατάλληλα κυκλώματα για τη λήψη και αποστολή σημάτων εισόδου και εξόδου), ο οποίος επιτρέπει την εισαγωγή και αποθήκευση εντολών από τον χρήστη, οι οποίες ελέγχουν διάφορες παραγωγικές διαδικασίες. Οι εντολές αυτές δίνονται σε ηλεκτρονόμους ή διακόπτες, που με τη σειρά τους διεγείρουν ή δέχονται τις αποκρίσεις των ελεγχόμενων ηλεκτρομηχανικών συσκευών. Ο αριθμός των ψηφιακών εξόδων και εισόδων ενός PLC, καθορίζεται με βάση τις ανάγκες του αυτοματισμού. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των PLC's, είναι η ευκολία με την οποία μπορούν να αλλάζουν τη συμπεριφορά τους. Αν για παράδειγμα, κάποιο PLC έχει ρυθμιστεί για να θέτει εντός και εκτός λειτουργίας κάποιον ηλεκτρονόμο με τη χρήση δύο κουμπιών, εύκολα μπορεί να κάνει το ίδιο και με ένα - αρκεί μια μικρή επέμβαση στο λογισμικό του. Αρχικά, σχεδιάστηκαν για να αντικαταστήσουν τα κλασικά "πεδία" (πίνακες) με ηλεκτρονόμους, για τον έλεγχο διαφόρων μηχανημάτων και συστημάτων. Αργότερα, λόγω των δυνατοτήτων προγραμματισμού τους και της μεγάλης ποικιλίας εξωτερικών συμπληρωματικών μονάδων (π.χ. εισόδων/εξόδων), η χρήση τους εξαπλώθηκε σε πολύ πιο σύνθετες εφαρμογές, όπως ο έλεγχος και η παρακολούθηση παραγωγικών διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο.

Ένα PLC αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη, Σχήμα 5.15 :

- ✓ Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας ( Central Processing Unit, CPU ).
- ✓ Την μονάδα εισόδου ( Input Module ).
- ✓ Την μονάδα εξόδου ( Output Module ).

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά ενός PLC είναι :

- Ο αριθμός των ψηφιακών εισόδων και εξόδων.
- Η τάση εισόδου ( συνήθως 24V DC ).
- Ο τύπος των εξόδων (Relay Transistor, Triac).
- Ο αριθμός των αναλογικών εισόδων και εξόδων.
- Η τάση τροφοδοσίας (συνήθως κυμαίνεται από 100 μέχρι 240V AC).



Σχήμα 5.15: Μπλόκ διάγραμμα ενός PLC


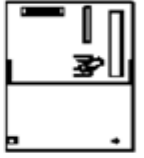
Η εφαρμογή που πραγματεύεται η διατριβή υλοποιείται με τους ελεγκτές PLC της σειράς *S7-300*, της Siemens που προορίζονται για μεσαίας κλίμακας βιομηχανικές εφαρμογές. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι:

- ✓ Μνήμη προγράμματος μέχρι 85K
- ✓ Μέχρι 1024 εισόδους και εξόδους
- ✓ Ενσωματωμένη πολυκομβική διασύνδεση (MPI) για δημιουργία μικρών δικτύων και για σύνδεση με την προγραμματίστρια μονάδα
- ✓ Μεγάλη ταχύτητα. Μία CPU μπορεί να εκτελέσει 1024 δυαδικές πράξεις σε 0.1-0.3sec
- ✓ MODULAR μορφή
- ✓ Δυνατότητα επέκτασης έως και 32 κάρτες.
- ✓ Ενσωματωμένες ειδικές λειτουργίες: counters, positioners, έλεγχος κλειστού βρόχου με τις CPU 3xx IFM
- ✓ Ενσωματωμένη διασύνδεση PROFIBUS-DP στη σειρά S7-300 2DP. Χρήση της CPU ως master ή slave
- ✓ Ενσωματωμένες λειτουργίες για HMI
- ✓ Εύκολη και γρήγορη διαμόρφωση και προγραμματισμός μέσω λογισμικού STEP7
- ✓ Εκτεταμένες διαγνωστικές λειτουργίες μέσω του STEP7. Μηνύματα σφαλμάτων που αποθηκεύονται στον διαγνωστικό buffer με αναγραφή ημερομηνίας και ώρας.

- ✓ Μεγάλη ποικιλία από CPU για καλύτερη επιλογή αναλόγως εφαρμογής.
- ✓ Μεγάλες δυνατότητες δικτύωσης (MPI, PROFIBUS, Industrial Ethernet)
- ✓ Μία μόνο κάρτα για όλους τους τύπους αναλογικών σημάτων
- ✓ 32-bit σετ εντολών για μαθηματικές συναρτήσεις
- ✓ Ελεύθερη διευθυνσιοδότηση των καρτών

### 5.3.3.1 Βασική Δομή των PLC

Κάθε PLC μπορεί να δομηθεί από επιμέρους μονάδες ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία θα χρησιμοποιηθεί. Τα σημαντικότερα στοιχεία μιας εφαρμογής με PLC της σειράς S7-300 δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 5.16.

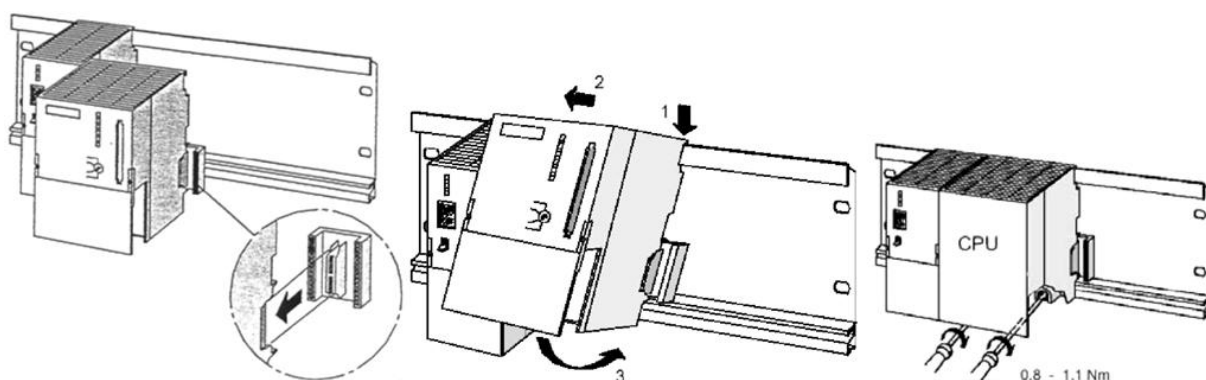
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ
<b>Πλαίσιο στήριξης (Rack)</b>	Ο ρόλος του είναι απλά να στηρίζει τις διάφορες κάρτες που θα συνθέσουν το σύστημα αυτοματισμού.	
<b>Τροφοδοτικό PS (Power Supply)</b>	Μετατρέπει την τάση του δικτύου τροφοδοσίας στην κατάλληλη τάση λειτουργίας του PLC	
<b>Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit)</b>	Εκτελεί λειτουργικό πρόγραμμα του PLC και το πρόγραμμα του χρήστη. Ελέγχει τις επικοινωνίες σε ένα MPI δίκτυο.	
<b>Κάρτες Εισόδων / Εξόδων Ψηφιακές - αναλογικές (Analog- Digital SM)</b>	Προσαρμόζουν τα ηλεκτρικά σήματα από το εξωτερικό περιβάλλον προς την CPU και αντιστρόφως.	

Πίνακας 5. 16

### 5.3.3.2 Πλαίσιο Στήριξης (Rack)

Ο ρόλος του είναι να στηρίζει απλά τις διάφορες κάρτες που θα συνδέσουν το σύστημα αυτοματισμού. Πάνω σε κάθε rack πρέπει να τηρήσουμε μια ορισμένη σειρά στην

σύνθεση του συστήματος μας. Στην πρώτη θέση του rack πρέπει να κουμπώσουμε την κάρτα του τροφοδοτικού, στην δεύτερη θέση πρέπει να τοποθετήσουμε την CPU, την τρίτη θέση είτε χρησιμοποιούμε είτε όχι κάρτα διασύνδεσης των rack (IM) πρέπει να την διαθέσουμε για αυτήν, από την τέταρτη θέση και πέρα πάνω στο rack συνδέω τα υπόλοιπα στοιχεία. Αυτά ισχύουν για το αρχικό rack (rack 0), Στα rack επέκτασης ξεκινάμε από την θέση 3 η οποία είναι αφιερωμένη για την κάρτα διασύνδεσης και πέρα. Κάθε rack εκτός από τα σταθερά που έχει (τροφοδοτικό, CPU, κάρτα διασύνδεσης) μπορεί να πάρει άλλες οκτώ κάρτες. Σ' ένα σύστημα με υλικό της σειράς S7 - 300 μπορούμε συνολικά να έχουμε έως τέσσερα πλαίσια στήριξης (rack).

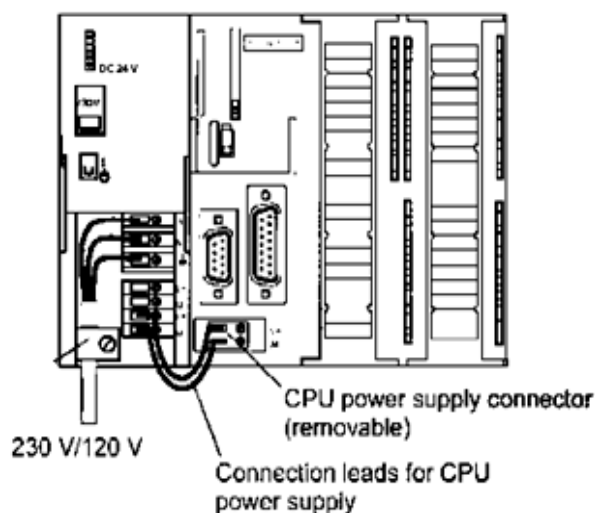


Στην σειρά S7 - 300 το rack χρησιμεύει μόνο για την στήριξη των υλικών που συνθέτουν το σύστημα. Η επικοινωνία μεταξύ καρτών και CPU γίνεται με έναν συνδετήρα σχήματος «Π» στο πίσω μέρος των καρτών. Μέσω αυτού υλοποιούνται δύο δίαυλοι εσωτερικής επικοινωνίας : Το *P-Bus (Peripheral Bus)* που έχει σαν κύριο στόχο να μεταφέρει πληροφορίες που αφορούν την «περιφέρεια» (επικοινωνία με κάρτες εισόδου ή εξόδου) με ταχύτητα 1,5 Mbps. Το *K-Bus (Communication Bus)* που αφορά την επικοινωνία με τις λεγόμενες «ειδικές» κάρτες (κάρτες απαρίθμησης, PID, FM, CP ...). Και στο K - Bus η πληροφορία μεταφέρεται σειριακή με ταχύτητα 187,5 Kbps.

### 5.3.3.3 Τροφοδοτικό PS (Power Supply)

Ο ρόλος του είναι να δημιουργήσει τις αναγκαίες τάσεις που χρειάζεται το PLC για την τροφοδοσία του. Το ονομαστικό ρεύμα εξόδου του τροφοδοτικού πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερο από το ρεύμα που απορροφούν όλες οι κάρτες που είναι τοποθετημένες στο rack

Για την εφαρμογή μας, χρησιμοποιούμε ένα τροφοδοτικό PS 307- 5A. Στην επόμενη Εικόνα 5.17 παρουσιάζεται ο τρόπος καλωδίωσης μεταξύ τροφοδοτικού και CPU.



Εικόνα 5.17

#### 5.3.3.4 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας - CPU

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας η οποία συνηθίζεται να συμβολίζεται με CPU (Central Processing Unit) είναι ταυτόχρονα ο εγκέφαλος και η κινητήριος δύναμη ενός PLC. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας πραγματοποιεί πολλαπλές βασικές λειτουργίες :

- Διάβασμα, ερμηνεία και εκτέλεση, με τη σωστή διαδοχή, των οδηγιών, που περιέχονται στην μνήμη.
- Έλεγχο του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που έχουμε καθορίσει στο σύστημα μας.
- Αποθήκευση των πληροφοριών
- Εκτέλεση αριθμητικών πράξεων

Κατά μια άποψη εάν συγκρίνουμε την CPU με την καλωδιωμένη λογική, τότε η CPU είναι το στοιχείο εκείνο το οποίο πραγματοποιεί τις καλωδιώσεις οι οποίες ζητούνται από τον κύκλο εργασίας της μηχανής ή της εγκατάστασης. Σε αντίθεση όμως από την καλωδιωμένη λογική της οποίας η λειτουργία είναι «παράλληλη», το PLC εκτελεί τις λειτουργίες του με «σειριακό» τρόπο, για τον λόγο αυτό στα PLC είναι χαρακτηριστική η ταχύτητα λειτουργίας των κυκλωμάτων.

Εσωτερικά μια CPU περιέχει :

- ✓ Τον μικροεπεξεργαστή. Αυτός εκτελεί τις εντολές των προγραμμάτων που έχει αποθηκευμένες η μνήμη, καθορίζει την σειρά εκτέλεσης των λειτουργιών του συστήματος και ελέγχει για τυχόν σφάλματα.
- ✓ Την μνήμη. Η μνήμη μιας CPU χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες :
  - Μνήμη φόρτωσης (Load Memory)

- Μνήμη εργασίας (Work memory)
- Μνήμη συστήματος (System memory)

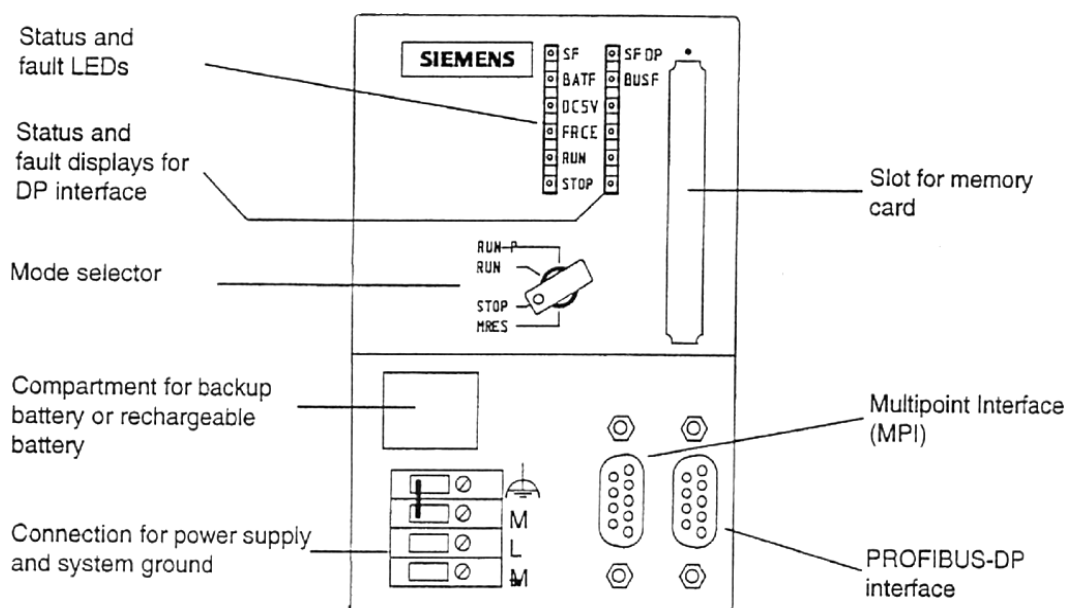
Οι περιοχές (ομάδες) που χωρίζεται η μνήμη συστήματος είναι :

- *Μνήμη απεικόνισης εισόδων (PII)*. Σ' αυτήν την περιοχή αποθηκεύονται οι τιμές των εισόδων που διαβάζει η CPU από τις κάρτες εισόδου στην αρχή κάθε κύκλου λειτουργίας.
- *Μνήμη απεικόνισης εξόδων (PIQ)*. Σ' αυτήν την περιοχή αποθηκεύεται η τιμή κάθε μια από τις χρησιμοποιούμενες εξόδους κατά την χρονική περίοδο του κύκλου λειτουργίας κατά την οποία εκτελείται το πρόγραμμα του χρήστη. Αυτή η περιοχή μνήμης στο τέλος του κύκλου στέλνεται για να ενημερώσει τις κάρτες εξόδου.
- *Βοηθητικά Μ (Memory)*. Σ' αυτήν την περιοχή της μνήμης αποθηκεύονται ενδιάμεσα αποτελέσματα τα οποία έχουν υπολογιστεί κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- *Χρονικά Τ (Timers)*. Είναι η περιοχή της μνήμης του συστήματος όπου αποθηκεύονται οι χρόνοι των χρονικών που χρησιμοποιούμε.
- *Απαριθμητές C (Counters)*. Είναι η περιοχή της μνήμης του συστήματος όπου αποθηκεύονται τα περιεχόμενα των απαριθμητών.
- *Τοπικά βοηθητικά L (Local Data)*. Είναι η περιοχή της μνήμης του συστήματος όπου αποθηκεύονται προσωρινά δεδομένα ενός μπλοκ που περιέχει κώδικα (π.χ. ενός OB, FB, FC). Τα τοπικά βοηθητικά έχουν ισχύ όσο τρέχει το συγκεκριμένο μπλοκ το οποίο το
- περιέχει.
- *Διαγνωστικά (Diagnostics)*. Καταχωρούνται διάφορες ενέργειες που έχουν γίνει στο σύστημα με ώρα και ημερομηνία όπως CPU σε RUN/STOP, βραχυκυκλωμένη κάρτα αναλογικών, κλπ..

Εξωτερικά μια CPU παρουσιάζει όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.18 :

- ✓ Ακροδέκτες τροφοδοσίας
- ✓ Θέση για μπαταρία (οι CPU που χρησιμοποιούν CF cards δεν έχουν).
- ✓ Διακόπτη με κλειδί RUN - P/RUN/STOP/MRES
- ✓ Ενδεικτικά LED για την κατάσταση της CPU
- ✓ Ενδεικτικά LED για την κατάσταση του PROFIBUS δικτύου
- ✓ Θέση για τοποθέτηση εξωτερικής μνήμης

- ✓ Θέση σύνδεσης συσκευής προγραμματισμού ή MPI δικτύου
- ✓ Θέση σύνδεσης PROFIBUS δικτύου.



Εικόνα 5.18

### 5.3.3.5 Ψηφιακές Μονάδες Εισόδων DI(Digital Input)

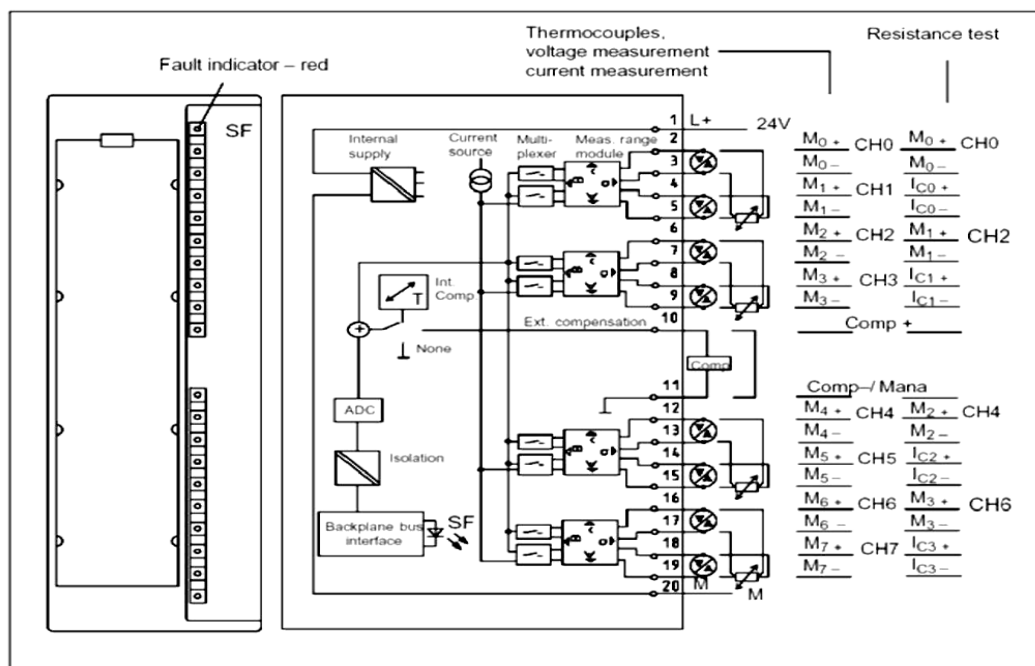
Η χρήση των μονάδων ψηφιακών εισόδων έχει τον σκοπό να μεταφέρει στην CPU τις καταστάσεις των διαφόρων αισθητηρίων ή διακοπών ελέγχου που χρησιμοποιούμε στην εγκατάσταση. Μια μονάδα εισόδων έχει 8, 16 ή 32 εισόδους ανάλογα με τον τύπο και τάση που χρησιμοποιεί. Οι περισσότερες συνηθισμένες τάσεις για τα σήματα εισόδου είναι 24VDC ή 230VAC.

### 5.3.3.6 Ψηφιακές Μονάδες Εξόδων DO(Digital Output)

Ο ρόλος τους είναι να μετατρέπουν τις αποφάσεις που παίρνει η CPU σε εντολές προς την εγκατάσταση. Οι αποφάσεις αυτές βρίσκονται καταχωρημένες στην μνήμη απεικόνισης των εξόδων στην CPU και μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα από τις κάρτες εξόδων. Οι κάρτες εξόδων λειτουργούν σαν διακόπτες, στους οποίους δίνουμε εμείς την τάση (εξωτερικά) και όταν κλείσει ο διακόπτης η τάση περνάει και πηγαίνει προς το υπόλοιπο κύκλωμα.

### 5.3.3.7 Μονάδες Αναλογικών Εισόδων AI(Analog Input)

Για να επεξεργαστούμε ηλεκτρικά σήματα, με συνεχή μεταβολή της τιμής τους, στο PLC χρειαζόμαστε κάρτες αναλογικών σημάτων. Οι κάρτες αναλογικών εισόδων έχουν τον ρόλο να διαβάζουν ένα ηλεκτρικό μέγεθος και να το μετατρέπουν σε ένα αριθμό (δυαδική αναπαράσταση) το οποίο πλέον μπορεί η CPU να αναγνωρίσει και να επεξεργαστεί. Οι κάρτες αναλογικών εισόδων δέχονται ηλεκτρικά σήματα τάσης ή έντασης. Οι τυποποιημένες τιμές έντασης τις οποίες μπορεί να διαβάσει μια αναλογική κάρτα εισόδων είναι 0 -20 mA ή 4 - 20 mA για δε τα σήματα τάσης έχουμε 0 - 10 V ή  $\pm 10$  V. Ένα άλλο μέγεθος που μας ενδιαφέρει στην επιλογή μιας κάρτας αναλογικών εισόδων είναι η διακριτική τους ικανότητα (ακρίβεια). Κάθε αναλογικό σήμα καταλαμβάνει χώρο 16 bit. Στην Εικόνα 5.19 παρουσιάζεται η μορφολογία και η αρχή λειτουργίας μιας αναλογικής κάρτας εισόδων. Ένα ακόμα μεγάλο πλεονέκτημα της σειράς S7 είναι ότι μια αναλογική κάρτα εισόδων μπορεί να γίνει τάσης ή έντασης και να μεταβάλουμε την περιοχή μέτρησης της επεμβαίνοντας τόσο εξωτερικά πάνω στην ίδια την κάρτα όσο και στο software.



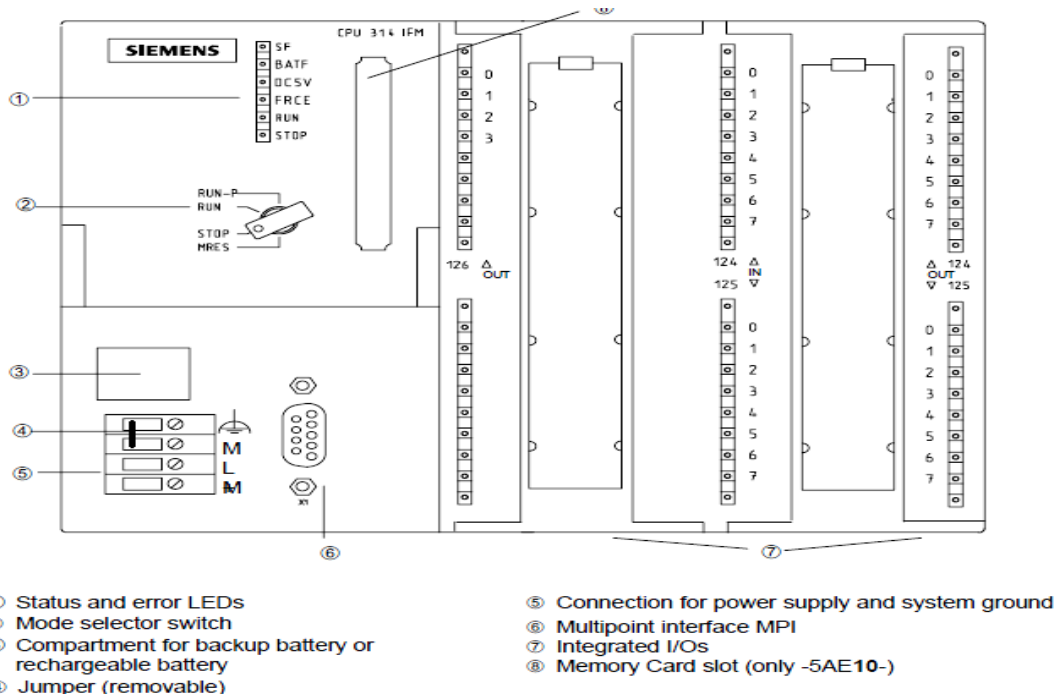
Εικόνα 5.19

### 5.3.3.8 Μονάδες Αναλογικών Εξόδων AO(Analog Output)

Οι κάρτες αναλογικών εξόδων έχουν τον ρόλο να μετατρέψουν το αριθμητικό μέγεθος με το οποίο «σκέπτεται» η CPU στην κατάλληλη τιμή έντασης ή τάσης ώστε να μπορεί να οδηγηθεί το ανάλογο εξάρτημα που ελέγχει το φυσικό μέγεθος της εγκατάστασης

μας. Όλα τα χαρακτηριστικά των καρτών είναι σε πλήρη αντιστοιχία με αυτή των αναλογικών εισόδων μια και εκτελούν απλώς την αντίστροφη διαδικασία όποτε δεν απαιτείται κάποια ιδιαίτερη συζήτηση.

Το σύστημα αυτοματισμού στο οποίο βασίζεται η εφαρμογή της διατριβής διαθέτει την CPU314C-IFM (Εικόνα 5.20 και Πίνακας 5.21) η οποία έχει ενσωματωμένες 16 ψηφιακές εισόδους, 16 ψηφιακές εξόδους, 4 αναλογικές εισόδους, 2 αναλογικές εξόδους και υποστηρίζει το πρωτόκολλα διασύνδεσης MPI και ProfiBus(master-slave).



Εικόνα 5.20

Πίνακας 5.21

Inputs/Outputs	Characteristics	
Analog inputs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voltage inputs <math>\pm 10</math> V</li> <li>Current inputs <math>\pm 20</math> mA</li> <li>Resolution 11 bits + sign bit</li> <li>Galvanically isolated</li> </ul>	All information required for <ul style="list-style-type: none"> <li>analog value display, as well as for</li> <li>connecting measuring transducers, loads and actuators to the analog I/Os</li> </ul> can be found in the <i>Module Specifications Reference Manual</i> .
Analog output	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voltage output <math>\pm 10</math> V</li> <li>Current output <math>\pm 20</math> mA</li> <li>Resolution 11 bits + sign bit</li> <li>Galvanically isolated</li> </ul>	
Digital inputs	<b>Special inputs (E 126.0 to E 126.3)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Input frequency up to 10 kHz</li> <li>Non-isolated</li> <li>Rated input voltage 24V DC</li> <li>Suitable for switch and 2-wire proximity switches (BEROs)</li> </ul>	<b>“Standard” Inputs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Galvanically isolated</li> </ul>
Digital outputs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Output current 0.5 A</li> <li>Rated load voltage 24V DC</li> <li>Galvanically isolated</li> <li>Suitable for solenoid valves and DC contactors</li> </ul>	

## 5.3.4 Σύστημα Εποπτείας Ελέγχου και Μεταφοράς Δεδομένων

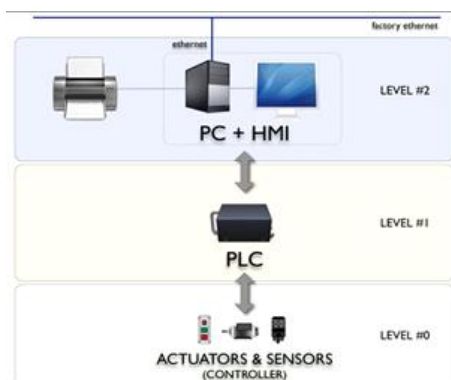
### 5.3.4.1 SCADA (supervisory control and data acquisition)

Το SCADA (supervisory control and data acquisition) είναι ένα σύστημα εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων που λειτουργεί με κωδικοποιημένα σήματα μέσω καναλιών επικοινωνίας, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ο έλεγχος του απομακρυσμένου εξοπλισμού (χρησιμοποιώντας συνήθως ένα κανάλι επικοινωνίας ανά απομακρυσμένο σταθμό). Το εποπτικό σύστημα μπορεί να συνδυαστεί με ένα σύστημα απόκτησης δεδομένων με την προσθήκη της χρήσης των κωδικοποιημένων σημάτων πάνω διαύλους επικοινωνίας για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση των διεργασιών του απομακρυσμένου εξοπλισμού για απεικόνιση, καταγραφή ή για τις λειτουργίες.

Ο όρος SCADA αναφέρεται συνήθως σε κεντρικά συστήματα τα οποία παρακολουθούν και να ελέγχουν ολόκληρες τοποθεσίες, ή ομάδες συστημάτων που απλώνονται σε μεγάλες περιοχές (οτιδήποτε, από μια βιομηχανική εγκατάσταση έως ένα έθνος) . Οι περισσότερες ενέργειες ελέγχου που εκτελείται αυτόματα από RTUs ή PLCs. Λειτουργίες ελέγχου υποδοχής είναι συνήθως περιορίζεται σε βασικές υπέρτερο ή εποπτικό επίπεδο παρέμβασης. Για παράδειγμα, ένα PLC μπορεί να ελέγχει τη ροή του νερού ψύξης μέσω μέρος μιας βιομηχανικής διαδικασίας, αλλά το σύστημα SCADA μπορεί να επιτρέψει φορείς εκμετάλλευσης να αλλάξει τα καθορισμένα σημεία για τη ροή, και θα επιτρέψει συνθήκες συναγερμού , όπως η απώλεια της ροής και υψηλή θερμοκρασία, με να εμφανίζεται και να καταγράφεται. Ο βρόχος ελέγχου ανάδρασης περνά μέσα από την RTU ή PLC , ενώ το σύστημα SCADA παρακολουθεί την συνολική απόδοση του βρόχου.

Συστήματα SCADA έχουν εξελιχθεί μέσα από τέσσερις γενιές ως εξής :

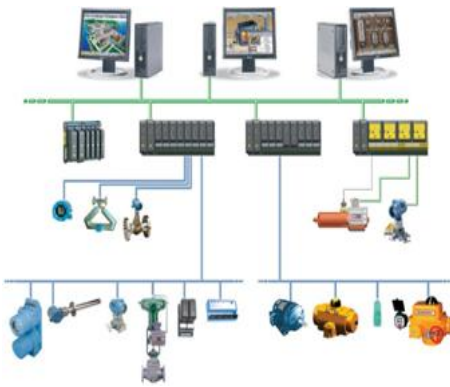
➤ *Πρώτη γενιά : "Μονολιθικά" (Monolithic).* Τα πρώτα συστήματα SCADA έγιναν με τη



χέρση μεγάλων μικροϋπολογιστών. Κοινές υπηρεσίες δικτύου δεν υπήρχαν κατά τον χρόνο που το SCADA αναπτύχθηκε. Έτσι, τα συστήματα αυτά ήταν ανεξάρτητα χωρίς σύνδεση με άλλα συστήματα και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται ήταν αυστηρά ιδιόκτητα. Μερικά συστήματα SCADA πρώτης γενιάς

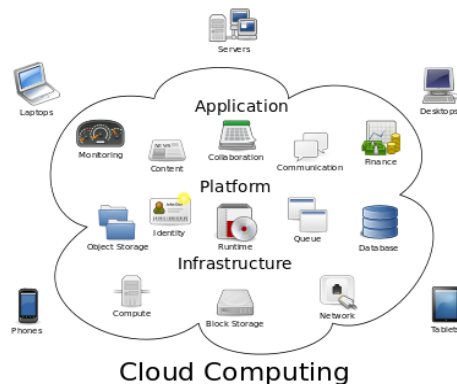
αναπτύχθηκαν ως " κλειδί στο χέρι" λύσεις που έτρεχαν σε μικροϋπολογιστές από την Digital Equipment Corporation.

- Δεύτερη γενιά : "Κατανεμημένα" (Distributed). Οι πληροφορίες του SCADA και οι εντολές επεξεργασίας διανεμήθηκαν σε πολλούς σταθμούς που συνδέονται μέσω



ενός τοπικού δικτύου. Πληροφορίες μοιράστηκαν σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Κάθε σταθμός ήταν υπεύθυνος για μια συγκεκριμένη εργασία καθιστώντας έτσι το μέγεθος και το κόστος του κάθε σταθμού μικρότερο από εκείνο που χρησιμοποιείται στην πρώτη γενεά. Τα πρωτόκολλα δικτύου δεν είχαν ακόμη τυποποιηθεί και δεδομένου ότι τα πρωτόκολλα ήταν ιδιόκτητα , πολύ λίγοι άνθρωποι πέρα από τους προγραμματιστές ήξεραν αρκετά για να καθορίσουν πόσο ασφαλής ήταν μια εγκατάσταση SCADA. Ασφάλεια της εγκατάστασης SCADA συνήθως παραβλέπεται.

- Τρίτη γενιά : "Δικτυωμένα" (Networked). Παρόμοια με μια κατανεμημένη



αρχιτεκτονική, κάθε σύμπλοκο SCADA μπορεί να μειωθεί σε απλούστερα εξαρτήματα και συνδέονται μέσω πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Στην περίπτωση ενός δικτυωμένου σχεδιασμού, το σύστημα μπορεί να εξαπλωθεί σε περισσότερα από ένα δίκτυο LAN και χωρίζεται γεωγραφικά. Αρκετά SCADA's κατανεμημένης αρχιτεκτονικής που λειτουργούν παράλληλα με μια ενιαία εποπτική αρχή, θα μπορούσαν να θεωρηθούν μια αρχιτεκτονική δικτύου. Αυτό επιτρέπει μια πιο οικονομική λύση σε πολύ μεγάλης κλίμακας συστήματα .

- Τέταρτη γενιά : "Διαδίκτυο των Πραγμάτων" ( Internet of Things) . Με την εμπορική διάθεση του cloud computing, τα συστήματα SCADA έχουν υιοθετήσει όλο και



περισσότερο την IoT τεχνολογία για να μειώσει σημαντικά το κόστος των υποδομών και να αυξήσει της ευκολία της συντήρησης και της ολοκλήρωσης. Ως αποτέλεσμα, τα συστήματα SCADA μπορούν να αναφέρουν πλέον κατάσταση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και να

χρησιμοποιήσετε την οριζόντια κλίμακα διαθέσιμο σε περιβάλλοντα cloud για την εφαρμογή πιο πολύπλοκων αλγορίθμων ελέγχου από ότι είναι πρακτικά εφικτό να εφαρμοσθεί στην παραδοσιακή τεχνική των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

#### 5.3.4.2 Δομή συστήματος SCADA

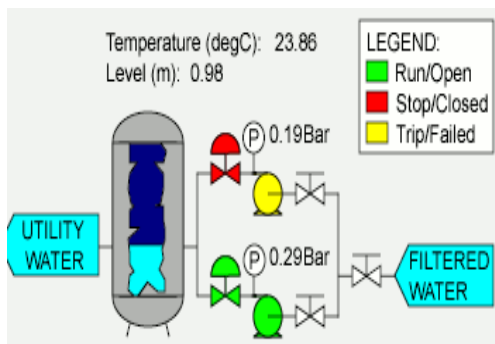
Ένα σύστημα SCADA συνήθως αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα :

- ✓ *Απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (Remote Terminal Unit's)*. Έχουν τηλεμετρία υλικού για αποστολή ψηφιακών δεδομένων στο σύστημα εποπτείας, καθώς και τη λήψη ψηφιακών εντολών από το εποπτικό σύστημα. Επίσης συχνά έχουν ενσωματωμένες δυνατότητες ελέγχου, προκειμένου να επιτευχθούν λογικές πράξεις.
- ✓ *Προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC)*. Έχουν ενσωματωμένες δυνατότητες ελέγχου αλλά δεν έχουν ενσωματωμένη τηλεμετρία, αν και αυτή η λειτουργικότητα συνήθως εγκαθίστανται επιπλέον. Το PLC χρησιμοποιούνται στη θέση του RTU ως συσκευή πεδίου, επειδή είναι πιο οικονομικό, μετατρέψιμο, ευέλικτο και προσαρμόσιμο.
- ✓ *Σύστημα Τηλεμετρίας*, που χρησιμοποιείται για να σύνδεση PLC's και RTU's με τα κέντρα ελέγχου. Παραδείγματα των ενσύρματων μέσων τηλεμετρίας που χρησιμοποιείται σε συστήματα SCADA περιλαμβάνουν μισθωμένες γραμμές ΟΤΕ και WAN κυκλώματα.
- ✓ *Διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (Human Machine Interface)*, είναι η συσκευή που παρουσιάζει επεξεργασμένα δεδομένα σε έναν χειριστή, και μέσα από αυτή, ο χειριστής να αλληλεπιδρά με τη διαδικασία. Το HMI είναι ο "πελάτης" που ζητάει στοιχεία από ένα διακομιστή συλλογής δεδομένων.
- ✓ Ένα υπολογιστή (εποπτικό σύστημα), όπου συγκεντρώνονται (ανακτώνται) τα δεδομένα σχετικά με τη διαδικασία και αποστέλλονται οι εντολές (έλεγχος) του συστήματος SCADA.
- ✓ Επικοινωνιακή υποδομή που συνδέει το εποπτικό σύστημα σε απομακρυσμένες τερματικές μονάδες .

Η απόκτηση των δεδομένων (Data acquisition) ξεκινά από τα PLC και περιλαμβάνει τις ενδείξεις των αισθητηρίων και εκθέσεις για την κατάσταση του εξοπλισμού. Τα δεδομένα στη συνέχεια συγκεντρώνονται διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε ένας χειριστής στο κέντρο ελέγχου χρησιμοποιώντας το HMI να μπορεί να πάρει αποφάσεις για να προσαρμόσει ή να παρακάμψει τα PLC. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να τροφοδοτούνται σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων.

Τα συστήματα SCADA τυπικά εφαρμόζουν μια κατανεμημένη βάση δεδομένων, που συνήθως αναφέρεται ως μια βάση δεδομένων ετικέτας, η οποία περιέχει στοιχεία δεδομένων που ονομάζονται ετικέτες (tags) ή σημεία. Ένα σημείο αντιπροσωπεύει μια μονό είσοδο ή έξοδο που παρακολουθείται ή ελέγχεται από το σύστημα. Σημεία μπορεί να είναι είτε "σκληρά" ή "μαλακά". Ένα σκληρό σημείο αντιπροσωπεύει μια πραγματική είσοδο ή έξοδο εντός του συστήματος, ενώ ένα μαλακό σημείο προκύπτει από πράξεις λογικής και μαθηματικών που εφαρμόζονται σε άλλα σημεία. Τα σημεία συνήθως αποθηκεύονται ως ζεύγη [timestamp : τιμή που καταγράφηκε ή υπολογίστηκε]. Μια σειρά από ζεύγη τιμών - χρονοσήμανσης δίνει την ιστορία του εν λόγω σημείου.

#### 5.3.4.3 Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής (HMI)



Μια διεπαφή ανθρώπου-μηχανής ή HMI είναι η συσκευή η οποία παρουσιάζει τα δεδομένα της διαδικασίας σε ένα χειριστή, και μέσω της οποίας ο χειριστής ελέγχει τη διαδικασία. Το HMI συνδέεται συνήθως με τις βάσεις δεδομένων του συστήματος SCADA και τα προγράμματα λογισμικού, την παροχή

επιστημών, διαγνωστικά δεδομένα, και τη διαχείριση πληροφοριών, όπως προγραμματισμένες διαδικασίες συντήρησης, υλικοτεχνικές πληροφορίες, λεπτομερείς τεχνικές προδιαγραφές για ένα συγκεκριμένο αισθητήρα ή μηχανή, καθώς και οδηγούς αντιμετώπισης προβλημάτων του συστήματος.

Το σύστημα HMI παρουσιάζει συνήθως τις πληροφορίες για τις λειτουργίες γραφικά, με τη μορφή μιμικού διαγράμματος. Αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής μπορεί να δει μία σχηματική αναπαράσταση της μονάδας που ελέγχεται. Για παράδειγμα, μια εικόνα μιας αντλίας που συνδέεται σε ένα σωλήνα μπορεί να δείξει το χειριστή ότι η αντλία λειτουργεί και πόσο ρευστό αντλείται μέσω του σωλήνα τη στιγμή. Ο χειριστής μπορεί

στη συνέχεια να ρυθμίσει την αντλία. Το λογισμικό HMI θα δείξει τη μείωση του ρυθμού ροής του ρευστού στο σωλήνα σε πραγματικό χρόνο. Μιμικά διαγράμματα μπορεί να αποτελούνται από γραφικά γραμμών και σχηματικά σύμβολα για να αναπαραστήσουν στοιχεία της διαδικασίας, ή μπορεί να αποτελούνται από ψηφιακές φωτογραφίες του τεχνολογικού εξοπλισμού εμπλουτισμένες με κινούμενα σύμβολα.

Το πακέτο HMI για το σύστημα SCADA περιλαμβάνει συνήθως ένα πρόγραμμα σχεδίασης που το προσωπικό συντήρησης του συστήματος χρησιμοποιεί για να απεικονίσει τον τρόπο που αυτά τα σημεία απεικονίζονται στο περιβάλλον. Οι παραστάσεις αυτές μπορεί να είναι τόσο απλό όσο ένα on-screen φανάρι, το οποίο αντιπροσωπεύει την κατάσταση ενός πραγματικού φαναριού στο δρόμο, ή τόσο σύνθετο όσο μια οθόνη multi-προβολέα που αντιπροσωπεύει τη θέση του συνόλου των ανελκυστήρων σε έναν ουρανοξύστη ή το σύνολο των τρένων σε μια σιδηροδρομική γραμμή.

Ένα σημαντικό μέρος των περισσότερων εφαρμογών SCADA είναι η διαχείριση συναγερμών. Το σύστημα ελέγχει εάν πληρούνται ορισμένες συνθήκες συναγερμού, για να καθορίσει πότε έχει συμβεί ένα συμβάν συναγερμού. Μόλις έχει ανιχνευθεί ένα συμβάν συναγερμού, λαμβάνονται μία ή περισσότερες ενέργειες (όπως η ενεργοποίηση ενός ή περισσότερων δεικτών συναγερμού, και ίσως η αποστολή e-mail ή μηνυμάτων κειμένου, έτσι ώστε ενημερωθούν οι υπεύθυνοι διαχείρισης ή απομακρυσμένα SCADA). Σε πολλές περιπτώσεις, ένας χειριστής SCADA πρέπει να αναγνωρίσει το γεγονός συναγερμού, και αυτό μπορεί να απενεργοποιήσει κάποιους δείκτες συναγερμού, ενώ οι λοιποί δείκτες παραμένουν ενεργοί μέχρι να εγκριθούν οι συνθήκες συναγερμού. Παραδείγματα δεικτών συναγερμού περιλαμβάνουν μια σειρήνα, ένα pop-up παράθυρο σε μια οθόνη, ή να αναβοσβήνει μια περιοχή σε μια οθόνη. Σε κάθε περίπτωση, ο ρόλος του δείκτη συναγερμού είναι να επιστήσει την προσοχή του χειριστή με το μέρος του συστήματος «σε συναγερμό», ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

### **5.3.5 Επικοινωνία**

#### **5.3.5.1 PLC**

Η μονάδα επικοινωνίας CP 343-1 Lean, είναι σχεδιασμένη για το χειρισμό των SIMATIC S7-300 ή SIMATIC C7 αυτόματων συστημάτων. Η CP έχει ενσωματωμένες 2 θύρες RJ45

επιτρέποντας σύνδεση χωρίς την ανάγκη ύπαρξης hub. Υποστηρίζει σύνδεση 10/100 Mbps full/half duplex με την δυνατότητα της επιλογής autosensing για την αυτόματη επιλογή της καταλληλότερης ταχύτητας ενώ διαθέτει δικό της επεξεργαστή για να ανακουφίζει τον κεντρικό επεξεργαστή από τις διαδικασίες επικοινωνίας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της CP που χρησιμοποιούμε σε αυτή την εργασία υπάρχουν στον Πίνακα 5.22.

<b>Τεχνικά χαρακτηριστικά της CP 343-1 Lean</b>	
Ταχύτητα μετάδοσης	10/100 Mbps autosensing
Άθροισμα συνδέσεων TCP/UDP που λειτουργούν ταυτόχρονα	2 x RJ45 με λειτουργία autocrossover/autonegotiation
Μέγιστος αριθμός δεδομένων για TCP	8 μέγιστο
Μέγιστος αριθμός δεδομένων για UDP	8 KB
Αριθμός συνδέσεων με S7 communication	2 KB
Αριθμός συνδέσεων με PG/ OP communication	4 μέγιστο
Αριθμός συνδέσεων με PG/ OP communication	4 μέγιστο
Συνολικός αριθμός συνδέσεων	12 μέγιστο
Διαστάσεις (ΠχΥχΒ ) σε mm	40x125x120
Βάρος	200 γραμμάρια περίπου

Πινάκας 5.22

Η CP 343-1 Lean υποστηρίζει τις παρακάτω υπηρεσίες επικοινωνιών :

- Επικοινωνία μέσω των πρωτοκόλλων TCP/IP και UDP (απλό και multicast).
- Επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου ISO-on-TCP.
- PG/OP επικοινωνία (επικοινωνία με συσκευές προγραμματισμού).
- S7 communication (server).
- S5 compatible communication.
- Profinet I/O device.

Η επικοινωνία PG/OP χρησιμοποιείται μόνο για να φορτώσουμε τα δεδομένα συστήματος και τα προγράμματα στα PLC, οπότε και δε θα ασχοληθούμε μαζί της.

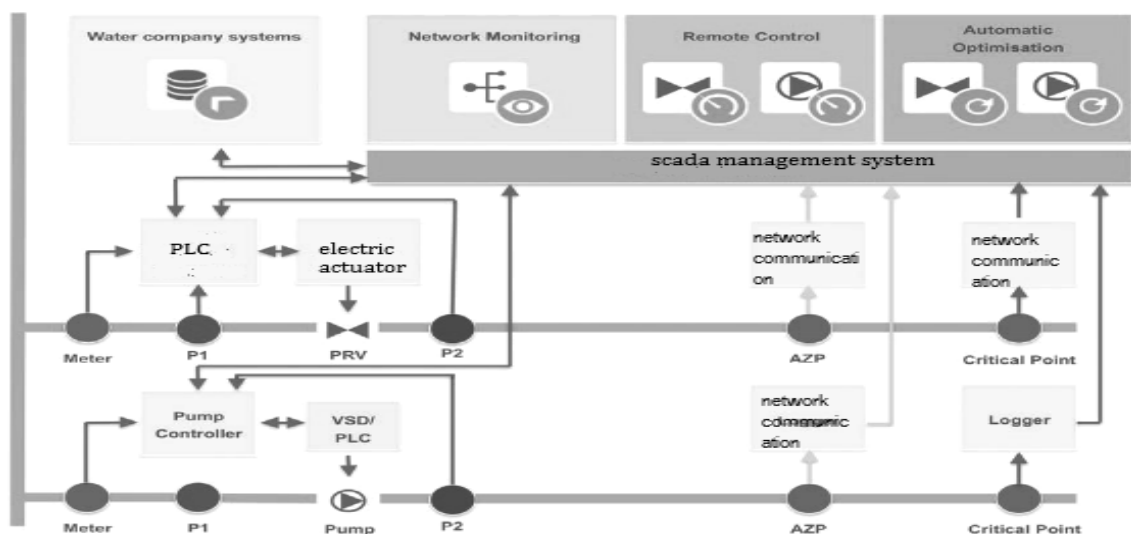
Η επικοινωνία S7 είναι ένας πολύ απλός και αποτελεσματικός τρόπος επικοινωνίας μεταξύ ενός σταθμού S7 - 300 με έναν άλλο S7-300 ή PC (μόνο ως client). Τέτοιου είδους επικοινωνία μεταξύ των δύο PLC που έχουμε δεν είναι διαθέσιμη (εξαιτίας της CP), αλλά ούτε και θα χρειαστεί αφού τα PLC δεν επικοινωνούν μεταξύ τους, παρά μόνο με το PC. Επικοινωνία PLC - PC με S7 communication είναι εφικτή. Έτσι, ο υπολογιστής μπορεί να διαβάσει και να γράψει σε οποιαδήποτε θέση μνήμης του PLC χωρίς να απαιτείται η χρήση διεπαφής για το χρήστη (user-interface), όπως είναι οι block συναρτήσεις επικοινωνίας. Αυτό απλουστεύει και τη όλη διαδικασία εγγραφής κώδικα. Στον OPC

client ορίζουμε μεταβλητές που αντιστοιχούν απευθείας στις θέσεις μνήμης του PLC που μας ενδιαφέρουν και έχουμε πρόσβαση σε αυτές πολύ εύκολα. Η επικοινωνία S7 στηρίζεται στο πρωτόκολλο TCP/IP.

Η επικοινωνία S5-compatible επιτυγχάνεται είτε με τη διεπαφή SEND / RECEIVE (SR) και τα πρωτόκολλα ISO Transport, ISO-on-TCP, TCP, UDP και e-mail, είτε με τις υπηρεσίες FETCH / WRITE και τα πρωτόκολλα ISO Transport, ISO-on-TCP και TCP. Τα πρωτόκολλα ISO Transport και e-mail δεν υποστηρίζονται από τη CP 343-1 Lean ενώ το UDP δε χρησιμοποιήθηκε διότι δεν εξασφαλίζει αξιόπιστη επικοινωνία αφού δε γίνεται επανεκπομπή κατεστραμμένων ή χαμένων πακέτων. Το UDP χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτείται η άμεση και γρήγορη επικοινωνία και δείχνουν ανοχή σε χαμένα ή κατεστραμμένα πακέτα. Στη βιομηχανία, συνήθως, αυτό δεν είναι αποδεκτό. Η επικοινωνία S5-compatible απαιτεί τη χρήση block συναρτήσεων επικοινωνίας για την ανταλλαγή δεδομένων και συγκεκριμένα των συναρτήσεων (FC) AG\_SEND και AG\_RECV.

#### 5.2.4.2 SCADA

Συστήματα SCADA έχουν χρησιμοποιηθεί παραδοσιακά συνδυασμούς ασύρματης και απευθείας ενσύρματες συνδέσεις, Η απομακρυσμένη διαχείριση ή παρακολούθηση της λειτουργίας ενός συστήματος SCADA συχνά αναφέρεται ως τηλεμετρία (Σχήμα 5.23). Μερικοί χρήστες θέλουν τα δεδομένα SCADA να κινούνται πάνω από προκαθορισμένα εταιρικά δίκτυα ή να μοιράζονται το δίκτυο με άλλες εφαρμογές.



Σχήμα 5.23

Τα πρωτόκολλα SCADA έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι πολύ συμπαγής. Τυπικά πρωτόκολλα SCADA περιλαμβάνουν Modbus RTU, RP-570, Profibus και Conitel. Αυτά τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι όλα SCADA-server, αλλά έχουν ευρέως υιοθετηθεί και χρησιμοποιηθεί. Τυποποιημένα πρωτόκολλα είναι IEC 60870-5-101 ή 104, IEC 61850 και DNP3. Αυτά τα πρωτόκολλα επικοινωνίας έχουν τυποποιηθεί και αναγνωρίζονται από όλους τους μεγάλους προμηθευτές SCADA. Πολλά από αυτά τα πρωτόκολλα που περιέχουν τις επεκτάσεις να λειτουργούν μέσω TCP/IP. Αν και η χρήση των συμβατικών προδιαγραφών δικτύωσης, όπως το TCP/IP, θολώνει τα όρια μεταξύ των παραδοσιακών και των βιομηχανικών δικτύων, το καθένα πλήρη ριζικά διαφορετικές απαιτήσεις.

Με την αύξηση των απαιτήσεων ασφάλειας (όπως η North American Electric Corporation (NERC) και η Προστασία Κρίσιμων Υποδομών (CIP) στις ΗΠΑ), υπάρχει μια αυξημένη χρήση της επικοινωνίας μέσω δορυφόρου. Αυτό έχει βασικά πλεονεκτήματα αφού η υποδομή μπορεί να είναι αυτοδύναμη (που δεν χρησιμοποιούν τα κυκλώματα από το δημόσιο τηλεφωνικό σύστημα), μπορεί να έχει ενσωματωμένη κρυπτογράφηση, και μπορούν να κατασκευαστούν με τη διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία που απαιτείται από το διαχειριστή του συστήματος SCADA.

**Κεφάλαιο 6**  
**Εφαρμογή Συστήματος**  
**Διαχείρισης Πίεσης**  
**Κλειστού Βρόγχου**

## 6.1 Εφαρμογή Λογισμικού PLC

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται βασικά σημεία και εργαλεία των λογισμικών της εφαρμογής καθώς και η ανάπτυξη του προγραμματισμού και της διεπαφής χρήστη που έχουν χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του αυτοματισμού της εφαρμογής.

### 6.1.1 Δομή Προγράμματος PLC S7-300

Κατά τη φάση του σχεδιασμού μιας εφαρμογής (project), μία από τις πρώτες ενέργειες είναι να αποφασιστεί ο τρόπος δόμησης του προγράμματος, δηλαδή, τι block θα περιέχει και πώς θα συνδέονται αυτά μεταξύ τους. Κάθε CPU περιλαμβάνει δύο προγράμματα ανεξάρτητα το ένα από το άλλο:

- *Λειτουργικό σύστημα.* Το λειτουργικό σύστημα είναι το σύνολο των ορισμών και εντολών που ελέγχουν τους πόρους του συστήματος. Είναι αυτό που ενημερώνει το ρολόι του πραγματικού χρόνου στη CPU, που ελέγχει την κατάσταση της CPU (RUN, STOP κλπ), ελέγχει την ενεργοποίηση των led στη CPU και ρυθμίζει τις επικοινωνίες μέσα από το MPI Interface. Στο λειτουργικό σύστημα δε γίνονται μεταβολές αλλά είναι δυνατή η ανάγνωση ή η χρήση ορισμένων αποτελεσμάτων αυτού.
- *Πρόγραμμα εφαρμογής.* Το πρόγραμμα εφαρμογής είναι το σύνολο των εντολών και ορισμών που χρειάζεται το PLC για τον έλεγχο της εγκατάστασης. Αυτό μπορεί να περιέχει block λογικής (εντολές) και block δεδομένων (όπου καταχωρούνται λίστες με αριθμούς). Επίσης υπάρχουν και έτοιμα block τα οποία περιέχουν λειτουργίες από πριν ορισμένες και καταχωρημένες στο λειτουργικό σύστημα του PLC. Στο πρόγραμμά του ο χρήστης καλεί αυτά τα block σε οποιοδήποτε σημείο τα χρειαστεί, δίνοντας τους κάποιες παραμέτρους και λαμβάνει τα αποτελέσματα, χωρίς να ενδιαφέρει το πώς παρήχθησαν. Ανάλογα με τον τρόπο που χτίζεται ένα πρόγραμμα υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη δόμησης. Η δομή ενός προγράμματος εφαρμογής δίνεται στο Σχήμα 6.1.



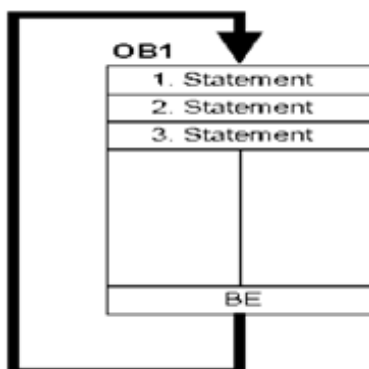
Σχήμα 6.1

- *Πρόγραμμα Χρήστη:* Είναι το πρόγραμμα που εμείς γράφουμε για τις λειτουργικές ανάγκες της εγκατάστασης και του αυτοματισμού. Αυτό μπορεί να περιέχει μπλοκ λογικής (εντολές) και μπλοκ δεδομένων (όπου καταχωρούνται λίστες με αριθμούς).
- *Μπλοκ Συστήματος:* Είναι λειτουργίες που είναι από πριν ορισμένες και καταχωρημένες στο λειτουργικό σύστημα του PLC. Στο πρόγραμμα του ο χρήστης καλεί αυτά τα μπλοκ σε οποιοδήποτε σημείο θέλει, τους δίνει κάποιες παραμέτρους και παίρνει μόνο τα αποτελέσματα, χωρίς να ενδιαφέρεται για το πώς έχουν αυτά παραχθεί.
- *Standard Μπλοκ:* Είναι μπλοκ που μας προσφέρουν έτοιμες λύσεις για τυποποιημένες εργασίες αυτοματισμού που πιθανόν να μας ενδιαφέρουν.

### 6.1.1.1 Επεξεργασία Προγράμματος

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο χτίζουμε ένα πρόγραμμα (πρόγραμμα χρήστη) έχουμε τρία διαφορετικά είδη δόμησης :

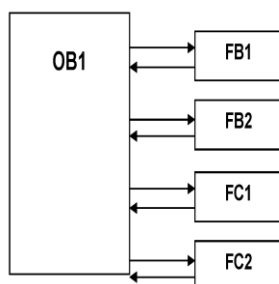
- *Γραμμικό Πρόγραμμα.* Όλο το πρόγραμμα του χρήστη βρίσκεται σ' ένα συνεχόμενο



μπλοκ (OB1 που καλείται αυτόματα σε κάθε κύκλο λειτουργίας). Η CPU επεξεργάζεται τις εντολές την μια μετά την άλλη μέχρι το τέλος του μπλοκ και ξαναρχίζει η ίδια διαδικασία πάλι από την αρχή. Έχει το πλεονέκτημα ότι εύκολα και γρήγορα αρχίζει κάποιος τη φάση του προγραμματισμού. Έχει το μειονέκτημα ότι σε μεγάλα προγράμματα είναι

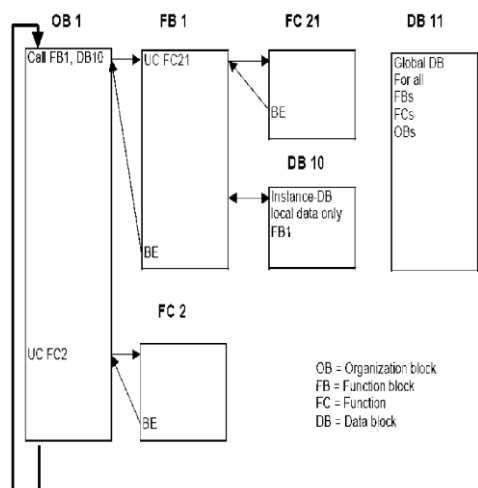
δύσκολο να εντοπίσουμε που γίνεται μια συγκεκριμένη εργασία. Χρησιμοποιείται για μικρές εφαρμογές.

- *Τμηματοποιημένο Πρόγραμμα.* Το πρόγραμμα χωρίζεται σε μπλοκ όπου κάθε ένα από



αυτά υλοποιεί μια συγκεκριμένη εργασία. Για τον τρόπο κλήσης, την σωστή λειτουργία τους καθώς και την σωστή σειρά εκτέλεσης τους φροντίζει ένα ειδικό μπλοκ το οποίο λέγεται μπλοκ οργάνωσης (OB1).

➤ **Δομημένο Πρόγραμμα.** Ένα δομημένο πρόγραμμα μπορεί να περιλαμβάνει



παραμετροποιημένα μπλοκ. Αυτά τα μπλοκ είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να μπορούν να είναι γενικής χρήσης. Όταν καλείται ένα τέτοιο μπλοκ του δίνουμε τιμές στις παραμέτρους για την διαδικασία που μας ενδιαφέρει (διευθύνσεις εισόδων, εξόδων, χρονικά). Ο δομημένος προγραμματισμός μας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως :

- Εξοικονόμηση μνήμης (δεν επαναλαμβάνουμε

το γράψιμο ίδιων προγραμμάτων)

- Οποιαδήποτε αλλαγή στη λογική του αυτοματισμού την περνάμε μια φορά στο πρόγραμμα και αυτόματα γίνεται η διόρθωση της λειτουργίας όπου χρειάζεται (εξοικονόμηση χρόνου και ελαχιστοποίηση της πιθανότητας σφάλματος από λανθασμένη πληκτρολόγηση).

### 6.1.1.2 Τύποι των Διαθέσιμων Μπλοκ

Για το χτίσιμο της εφαρμογής μας έχουμε στην διάθεση μας διαφορετικά είδη μπλοκ προγραμματισμού. Το τι θα χρησιμοποιήσουμε και πως θα τα διασύνδεουμε είναι τις περισσότερες φορές υποκειμενική υπόθεση και εξαρτάται από την εφαρμογή που έχουμε να προγραμματίσουμε. Οι διάφοροι τύποι των διαθέσιμων μπλοκ είναι :

➤ **Μπλοκ Οργάνωσης OB (Organization Blocks).** Έχουν τον ρόλο του διαμεσολαβητή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος και του προγράμματος του χρήστη. Κατά την εκδήλωση κάποιων ειδικών γεγονότων, όπως για παράδειγμα μιας χρονικής διακοπής, μιας διακοπής τροφοδοσίας, ..., το λειτουργικό σύστημα της CPU καλεί το αντίστοιχο μπλοκ οργάνωσης. Ένα από τα διάφορα μπλοκ οργάνωσης, σημαντικότερο απ' όλα είναι το OB1. Αυτό είναι ένα μπλοκ το οποίο η CPU καλεί αυτόματα και το εκτελεί συνεχώς κυκλικά. Μέσα σ' αυτό το μπλοκ βρίσκεται το κύριο πρόγραμμα του χρήστη. Άλλο σημαντικό μπλοκ είναι το OB100 που εκτελείται μία φορά όταν δίνουμε τάση στο σύστημα. Τα μπλοκ οργάνωσης έχουν τάξεις προτεραιότητας από 0 ως 29. Αν ένα μπλοκ έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από κάποιο άλλο, τότε μπορεί να το διακόψει και να εκτελεστεί το ίδιο. Π.χ. το OB1 που έχει προτεραιότητα 1 μπορεί να διακοπεί από όλα τα άλλα μπλοκ.

➤ *Συναρτήσεις FC (Functions).* Οι συναρτήσεις είναι μπλοκ τα οποία προγραμματίζονται από τον χρήστη. Τα FC είναι μπλοκ κώδικα «στερούμενο μνήμης». Οι προσωρινές μεταβλητές (temporary variables) των FC αποθηκεύονται στην περιοχή των τοπικών δεδομένων (local data stack). Μετά την επεξεργασία των FC αυτά τα δεδομένα χάνονται. Για την αποθήκευση των δεδομένων τα FC μπορούν να χρησιμοποιήσουν DB (shared data blocks). Ένα FC περιέχει ένα πρόγραμμα το οποίο εκτελείται όταν το FC καλείται από ένα άλλο μπλοκ που περιέχει κώδικα. Τα FC χρησιμοποιούνται για:

- Υπολογισμό κάποιας συνάρτησης και απόδοσης τιμής στο μπλοκ που το έχει καλέσει (π.χ. υπολογισμός μαθηματικών συναρτήσεων).
- Έλεγχο μιας τεχνολογικής συνάρτησης (π.χ. έλεγχος ανεξάρτητων τμημάτων εγκατάστασης).
- Συχνά επαναλαμβανόμενες λειτουργίες αυτοματισμού

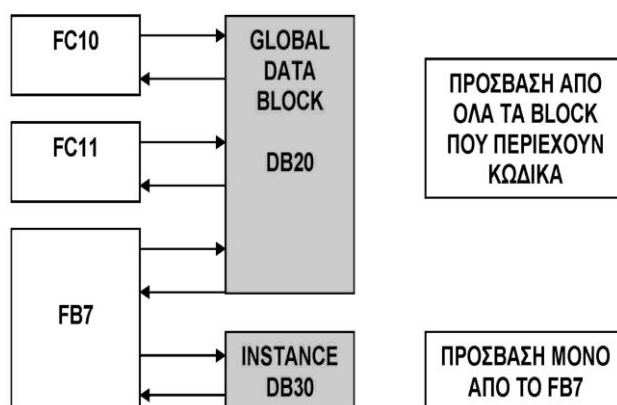
Τα FC παραμετροποιούνται και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περιπτώσεις στις οποίες έχουμε επαναλαμβανόμενη λογική στο πρόγραμμα μας με διαφορετικές παραμέτρους.

➤ *Μπλοκ Συναρτήσεων FB (Function Block).* Τα μπλοκ συναρτήσεων προγραμματίζονται και αυτά από τον χρήστη και περιέχουν κώδικα. Ένα μπλοκ συνάρτησης «έχει μνήμη», δηλαδή σε αυτό διατίθεται ένα μπλοκ δεδομένων (DB) σαν δικιά του μνήμη. Αυτό το DB λέγεται (instance data block) και είναι μόνιμα δεσμευμένα με το μπλοκ συνάρτησης και για την ακρίβεια με την κλήση (call) του μπλοκ συνάρτησης. Επίσης είναι δυνατόν σε κάθε κλήση μπλοκ συνάρτησης να εκχωρηθεί ένα διαφορετικό μπλοκ δεδομένων (με την ίδια δομή αλλά με διαφορετικές τιμές). Τα FB παραμετροποιούνται όπως και τα FC επομένως και αυτά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που έχουν επαναλαμβανόμενη λογική. Όταν δεν παραμετροποιούνται η λειτουργία τους δεν διαφέρει σε τίποτα από τα FC. Τόσο οι παράμετροι οι οποίες μεταβιβάζονται στα FB όσο και οι στατικές μεταβλητές (static variables) αποθηκεύονται στο instance data block. Οι προσωρινές μεταβλητές (temporary variables) αποθηκεύονται στην περιοχή των τοπικών δεδομένων. Στο τέλος της επεξεργασίας του FB όσα δεδομένα αποθηκεύτηκαν στο instance data block δεν χάνονται ενώ αυτά τα δεδομένα τα οποία αποθηκεύονται στην περιοχή των τοπικών δεδομένων (local data stack) χάνονται. Τα FB περιέχουν πρόγραμμα το οποίο εκτελείται κάθε φορά που τα FB καλείται από άλλο μπλοκ που περιέχει

κώδικα. Τα μπλοκ συναρτήσεων (FB) διευκολύνουν τον προγραμματισμό συχνά χρησιμοποιούμενων και σύνθετων συναρτήσεων.

➤ *Μπλοκ Δεδομένων DB (Data Blocks).* Τα μπλοκ δεδομένων δεν περιέχουν κώδικα, αλλά περιέχουν δεδομένα του προγράμματος μας. Προγραμματίζοντας τα μπλοκ δεδομένων καθορίζουμε σε ποια μορφή θα αποθηκευτούν τα δεδομένα (σε ποια μπλοκ, με ποια σειρά και με ποιο τύπο δεδομένων). Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι χρησιμοποίησης των μπλοκ δεδομένων :

- Μπλοκ γενικών δεδομένων (Global data block GD). Προγραμματίζονται για κοινή χρήση σε όλο το πρόγραμμα. Ένα μπλοκ γενικών δεδομένων είναι, κατά κάποιο τρόπο, ένα «ελεύθερο», μπλοκ μέσα στο πρόγραμμα του χρήστη και δεν εκχωρείται σε κάποιο μπλοκ «κώδικα».
- Πρότυπα μπλοκ δεδομένων (instance data block). Αντίθετα ένα «instance data block» (πρότυπο μπλοκ δεδομένων) εκχωρείται σ' ένα μπλοκ συνάρτησης (FB) και αποθηκεύει ένα μέρος των τοπικών δεδομένων αυτού του μπλοκ συνάρτησης. Το μέγεθος των DB είναι μεταβαλλόμενο, όσον αφορά το μέγιστο μέγεθος αυτού αυτό εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη CPU. Όταν ένα μπλοκ κώδικα (FC, FB, OB) καλείται, αυτό μπορεί ταυτόχρονα να καταλάβει χώρο μνήμης και στην περιοχή των τοπικών δεδομένων (L-Stack) και υπό μορφή ενός DB. Αντίθετα με τα τοπικά δεδομένα, τα δεδομένα οποία περιέχονται σε ένα DB δεν χάνονται όταν κλείσει το DB ή στο τέλος της επεξεργασίας του μπλοκ που περιέχει κώδικα.



Κάθε FB, FC, UB έχει πρόσβαση στο διάβασμα ή γράψιμο ενός DB. Ένα μπλοκ κώδικα έχει την δυνατότητα να ανοίγει ταυτόχρονα ένα global data block και ένα instance data block. Στο Σχήμα 6.2 δείχνουμε τους τρόπους πρόσβασης στα DB.

Σχήμα 6.2

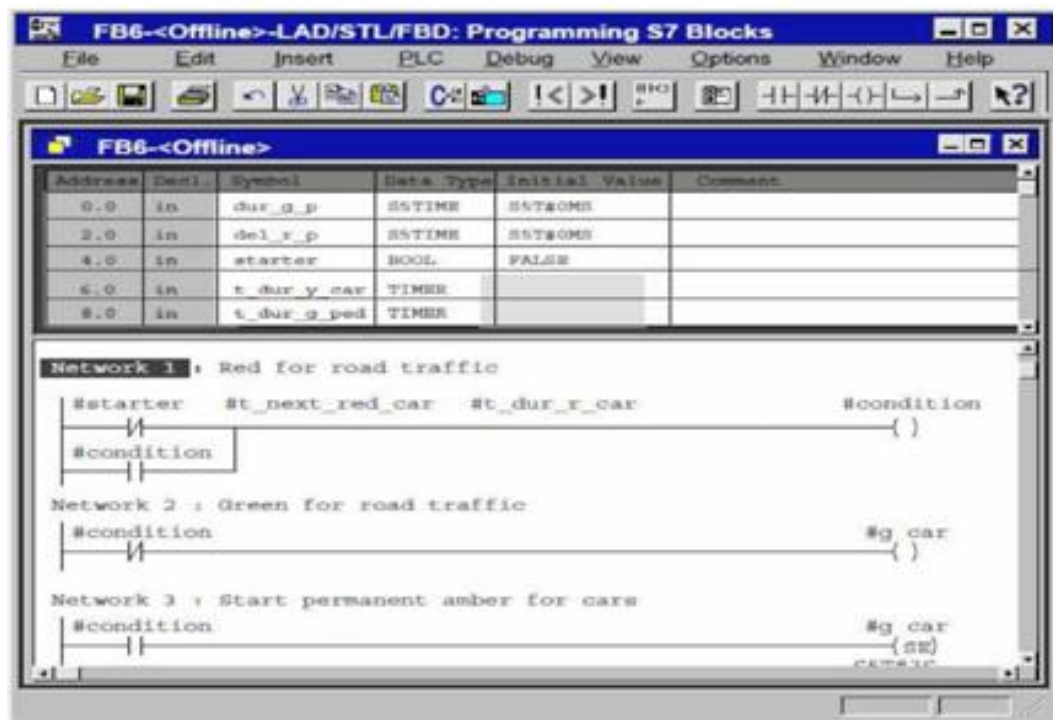
- *Block Συστήματος (SFC, SFB, SDB).* Αυτά τα block είναι στοιχεία του λειτουργικού συστήματος και περιέχουν προγράμματα [συναρτήσεις συστήματος (SFC) ή block συναρτήσεων συστήματος (SFB) ή δεδομένα (block δεδομένων συστήματος SDB)]. Τα blocks συστήματος μας δίνουν πρόσβαση σε ένα αριθμό σημαντικών συναρτήσεων συστήματος όπως η διαχείριση του εσωτερικού ρολογιού της CPU ή διάφορες συναρτήσεις επικοινωνίας. Μπορούμε να καλέσουμε block SFC και SFB αλλά δεν μπορούμε να τα τροποποιήσουμε ούτε να τα προγραμματίσουμε εμείς οι ίδιοι. Τα blocks αυτά δεν δεσμεύουν χώρο από την μνήμη χρήστη, οι κλήσεις όμως αυτών των blocks και τα πρότυπα blocks δεδομένων (instance data block) των SFB βρίσκονται στη μνήμη του χρήστη. Τα blocks SDB περιέχουν διάφορες χρήσιμες πληροφορίες, όπως η διαμόρφωση του συστήματος αυτοματισμού ή η παραμετροποίηση των βαθμίδων. Τα blocks αυτά δημιουργούνται από την ίδια την STEP 7. Ωστόσο εμείς μπορούμε να καθορίσουμε τα περιεχόμενα τους (για παράδειγμα όταν διαμορφώνουμε τους σταθμούς). Κατά κανόνα τα SDB βρίσκονται στη μνήμη φόρτωσης και δεν μπορούμε να τα προσπελάσουμε από το πρόγραμμα του χρήστη.
- *Standard (IEC) BLOCK.* Αυτά είναι έτοιμα block που μας προσφέρουν έτοιμες λύσεις για τυποποιημένες εφαρμογές αυτοματισμού. Τέτοιες εφαρμογές για παράδειγμα είναι η αντιγραφή μιας περιοχής μνήμης σε μια νέα περιοχή, συγκρίσεις χρόνων/ημερομηνιών, μέγιστο, ελάχιστο σε λίστα αριθμών κλπ. Βρίσκονται στο πακέτο της βιβλιοθήκης «Standard Library» το οποίο συνοδεύει το πακέτο S7.

### 6.1.1.3 Δομή των Μπλοκ

Σε γενικές γραμμές ένα μπλοκ που περιέχει κώδικα αποτελείται από τα εξής μέρη :

- Την κεφαλή του μπλοκ (block header). Αυτό περιλαμβάνει τις ιδιότητες του μπλοκ και το όνομα του.
- Την περιοχή των δηλώσεων (declarations) όπου δηλώνονται οι τοπικές μεταβλητές του μπλοκ (Local Variables - L)
- Τέλος την περιοχή η οποία περιλαμβάνει τον κώδικα του χρήστη και τα τυχόν σχόλια.

Στην Εικόνα 6.3 παρουσιάζεται η δομή ενός FC



Εικόνα 6.3 : Δομή ενός function block

Τα μπλοκ δεδομένων (DB) είναι και αυτά δομημένα με παρόμοιο τρόπο.

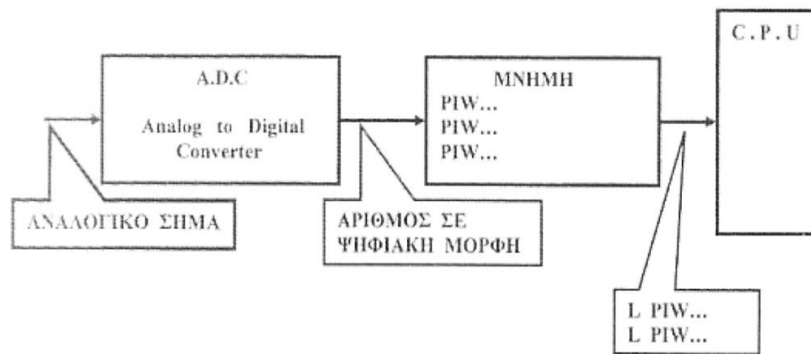
- Την κεφαλή του μπλοκ (block header) που περιλαμβάνει τις ιδιότητες του μπλοκ.
- Την περιοχή των δηλώσεων declarations όπου δηλώνονται οι τοπικές μεταβλητές του μπλοκ (οι διευθύνσεις των δεδομένων και ο τύπος τους).
- Το τμήμα με τις αρχικές τιμές, τις τιμές δηλαδή που θα έχουν κατά την πρώτη εκκίνηση του συστήματος.

#### 6.1.1.4 Επεξεργασία Αναλογικών Σημάτων

Σε μια παραγωγική διαδικασία υπάρχουν πολλές περιπτώσεις στις οποίες θα πρέπει να παρακολουθήσουμε την μεταβολή κάποιου φυσικού μεγέθους (π.χ ταχύτητα, πίεση, θερμοκρασία) όχι σαν καταστάσεις ON-OFF αλλά συνεχή μέτρηση τιμών. Για να πάρουμε ένα αναλογικό σήμα χρειαζόμαστε : 1.Αισθητήριο μέτρησης: είναι το όργανο εκείνο το οποίο μετατρέπει τις αλλαγές ενός φυσικού μεγέθους σε μια γραμμική μεταβολή κάποιας ιδιότητας του αισθητήρα ( π.χ. μεταβολή ηλεκτρικής επαγωγής ή...). 2.Μετατροπέα: Ο μετατροπέας συνδέεται με το αισθητήριο μέτρησης και είναι σε θέση να παρακολουθήσει τις μεταβολές του αισθητήρα και να τις μετατρέψει στο κατάλληλο πρότυπο ηλεκτρικό σήμα (0-10V , 4-20mA...).

Όταν θέλουμε να επεξεργαστούμε ένα αναλογικό σήμα η τιμή της τάσης, ρεύματος ή αντίστασης της εξόδου του μετατροπέα πρέπει να μετατραπεί σε ψηφιακή πληροφορία. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται A/D conversion και είναι απαραίτητη καθώς η CPU μπορεί να διαχειριστεί μόνο ψηφιακές πληροφορίες.

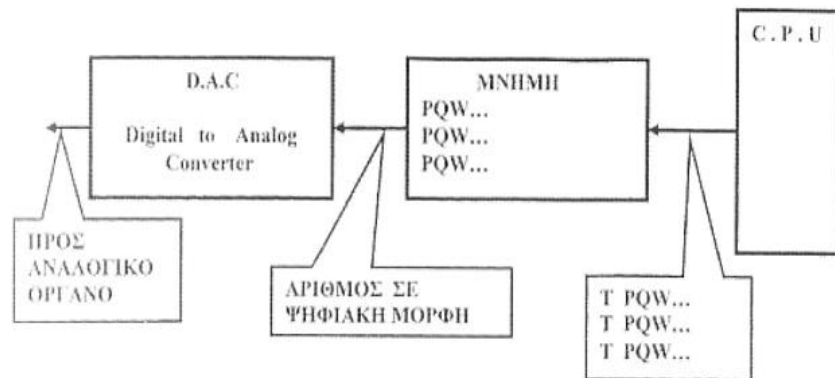
Οι αναλογικές κάρτες εισόδου λοιπόν αναλαμβάνουν τον ρόλο να μετατρέψουν τις



διάφορες τιμές των αναλογικών σημάτων σε αριθμούς με ψηφιακή μορφή και αυτούς τους αριθμούς τους αποθηκεύουν σε μια ξεχωριστή περιοχή

μνήμης για τα αναλογικά σήματα εισόδου. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται με τα γράμματα PIW (Peripheral Input Word). Από αυτήν την περιοχή η CPU είναι σε θέση να διαβάσει την τιμή μιας αναλογικής εισόδου με την εντολή "L" (Load).

Οι αναλογικές κάρτες εξόδου αντίθετα αναλαμβάνουν τον ρόλο να μετατρέψουν έναν αριθμό (ψηφιακή μορφή) σε ένα αναλογικό σήμα. Τον αριθμό σε ψηφιακή μορφή τον



διαβάζουν από μια ειδική περιοχή μνήμης η οποία χαρακτηρίζεται με τα γράμματα PQW (Peripheral Output Word). Η περιοχή αυτή ενημερώνει από την CPU

με την εντολή "T" (Transfer).

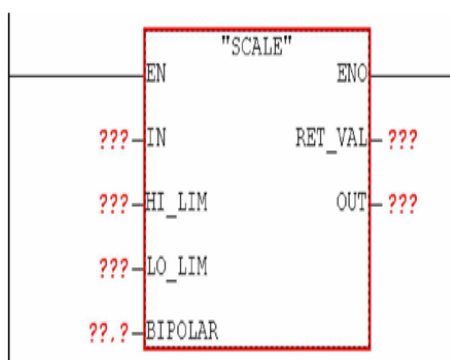
Ένα μέγεθος που μας ενδιαφέρει στις αναλογικές κάρτες είναι η διακριτική τους ικανότητα με άλλα λόγια το φάσμα των ψηφιακών αριθμών που χρησιμοποιεί για την μετατροπή του αναλογικού σήματος. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το φάσμα τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια έχουμε στην μετατροπή. Στην περίπτωση της CPU314C-IFM με τις ενσωματωμένες αναλογικές εισόδους - εξόδους έχουμε δυνατότητα να επεξεργαστούμε αναλογικά σήματα 0-10 V, +/-10 V, 0-20 mA, 4-20 mA.. Το φάσμα των ψηφιακών αριθμών που χρησιμοποιείται στην γραμμική περιοχή είναι από - 27648 έως +27648 και

ο χώρος που καταλαμβάνει κάθε αναλογική διεύθυνσή στην μνήμη είναι 16bit ή 1 Word. Ένα πλεονέκτημα των PLC της σειράς S7 είναι ότι μια αναλογική κάρτα εισόδου μπορεί να γίνει τάσης ή έντασης και να μεταβάλουμε την περιοχή μέτρησης της επεμβαίνοντας τόσο εξωτερικά πάνω στην ίδια κάρτα όσο και στο software του simatic manager.

Οι αναλογικές τιμές εισάγονται στο PLC ως πληροφορίες που καταλαμβάνουν μέγεθος 1word=16bit. Συνεπώς, η πρόσβαση σε αυτή τη word γίνεται με τις εντολές Load και Transfer (ή Move στη Ladder) : L PIWx: Φόρτωσε την αναλογική λέξη εισόδου x, T PQWx : Μετέφερε την αναλογική λέξη εισόδου x. Κάθε αναλογική τιμή ("κανάλι") αναθέεται σε μία περιφερειακή λέξη εισόδου ή εξόδου (PIW,PQW). Το format της είναι τύπου integer (INT). Δηλαδή μία αναλογική κάρτα διαβάζει την αναλογική τιμή ρεύματος ή τάσης (0-10V, 4-20mA) που προέρχεται από τον μετρητικό μετατροπέα και την ψηφιοποιεί δημιουργώντας ένα INT αριθμό από 0 ως 27648.

Αν αυτή την ψηφιακή τιμή πρέπει να την επεξεργαστούμε περαιτέρω με το PLC τότε πρέπει να την κανονικοποιήσουμε (normalize). Αυτό μπορεί να γίνει στην Step7 με δύο τρόπους, με χρήση μαθηματικών πράξεων ή με χρήση των έτοιμων συναρτήσεων FC105, FC106 (Εικόνα 6.4).

#### ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΤΟ FC 105



#### ΠΩΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΝΟΥΜΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

<b>EN</b>	Μόνο στην Ladder εάν θέλουμε το FC105 να εκτελείται υπό συνθήκη
<b>IN</b>	Γράφουμε την διεύθυνση της αναλογικής εισόδου που θέλουμε να κάνουμε scaling π.χ PIW300
<b>HI-LIM</b>	Γράφουμε το πάνω όριο του φυσικού μεγέθους στο οποίο θέλουμε να αντιστοιχίσουμε την αναλογική είσοδο σε real μορφή .
<b>LO-LIM</b>	Γράφουμε το κάτω όριο του φυσικού μεγέθους στο οποίο θέλουμε να αντιστοιχίσουμε την αναλογική είσοδο σε real μορφή .
<b>BIPOLAR</b>	Η είσοδος bipolar καθορίζει εάν θα πρέπει να μετατρέπονται ακόμη και αρνητικοί αριθμοί ή όχι. Όταν η επαφή που βάζουμε σαν συνθήκη έχει κατάσταση «0» η τιμή εισόδου είναι τύπου unipolar
<b>RET VAL</b>	Η έξοδος ret val έχει την τιμή «0» όταν η εκτέλεση του μπλοκ γίνεται χωρίς σφάλματα. Στην έξοδο αυτή δίνουμε την διεύθυνση μιας MWV όπου αποθηκεύεται η τιμή ret val.
<b>OUT</b>	Εδώ δίνουμε την διεύθυνση μιας double word όπου θα αποθηκεύεται η κλιμακωποιημένη τιμή της αναλογικής εισόδου . Ο χώρος μνήμης πρέπει να είναι double word διότι η νέα τιμή είναι σε real μορφή.

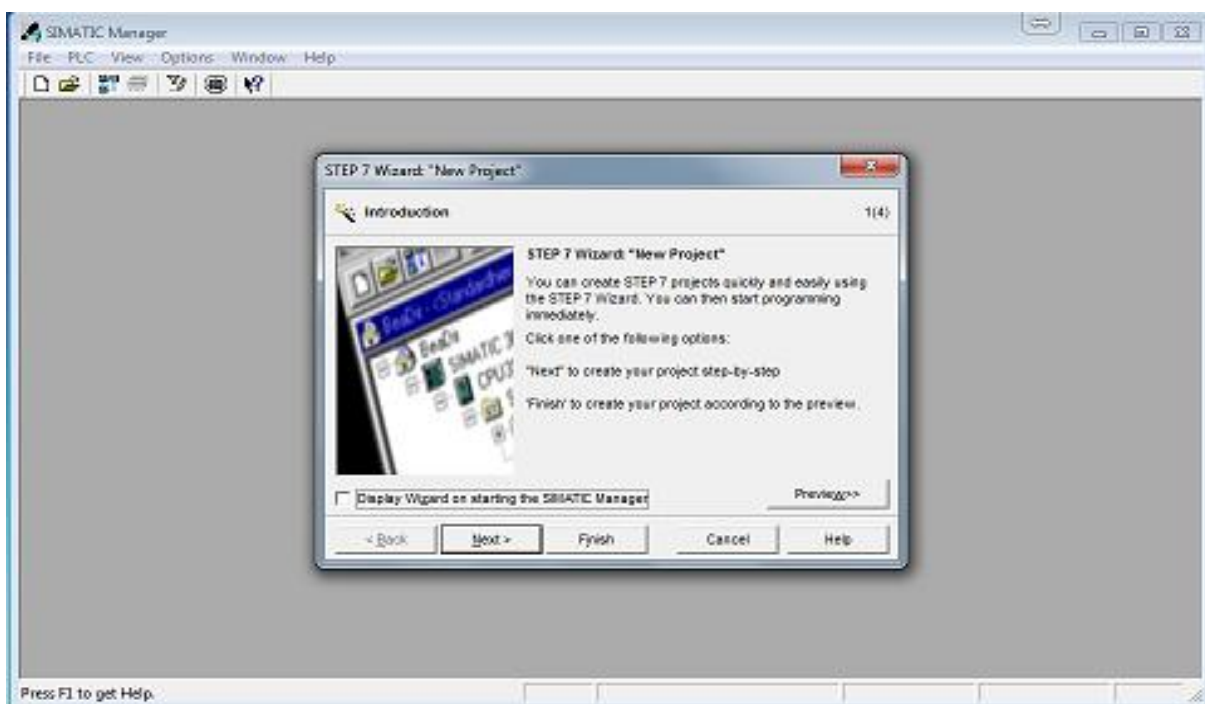
Εικόνα 6.4

## 6.1.2 Εφαρμογή Προγράμματος PLC S7-300

Το πρόγραμμα στην συγκεκριμένη εφαρμογή της διατριβής, είναι δομημένο ως εξής : Υπάρχει το βασικό block προγραμματισμού OB1, το οποίο εκτελείτε συνεχώς κυκλικά ελέγχοντας την διεργασία. Όταν δοθεί η εντολή να ξεκινήσει η διεργασία, καλούνται στιγμιαία τα FB0, FB100, FB10, FB26 και FB55, όπου γίνεται ανάγνωση πίεσης και της παροχής και υπολογίζεται η τιμή που πρέπει να κλείσει η βάννα παροχής νερού προς την ζώνη ελέγχου του δικτύου ύδρευσης. Το block FC100 είναι παραμετροποιημένο και χρησιμοποιείται για την ανάγνωση των πιέσεων και της παροχής αλλά και για την μετατροπή κλίμακας των 0-10V dc των transmitter σε engineering units (λίτρα, kgr, gr). Τέλος, τα DB που χρησιμοποιούμε, χρησιμεύουν αφενός ως αποθήκες των τιμών των μεταβλητών της διεργασίας μας και αφ ετέρου ως σημεία σύνδεσης με την εφαρμογή εποπτείας μέσω του WinCC flexible - Runtime.

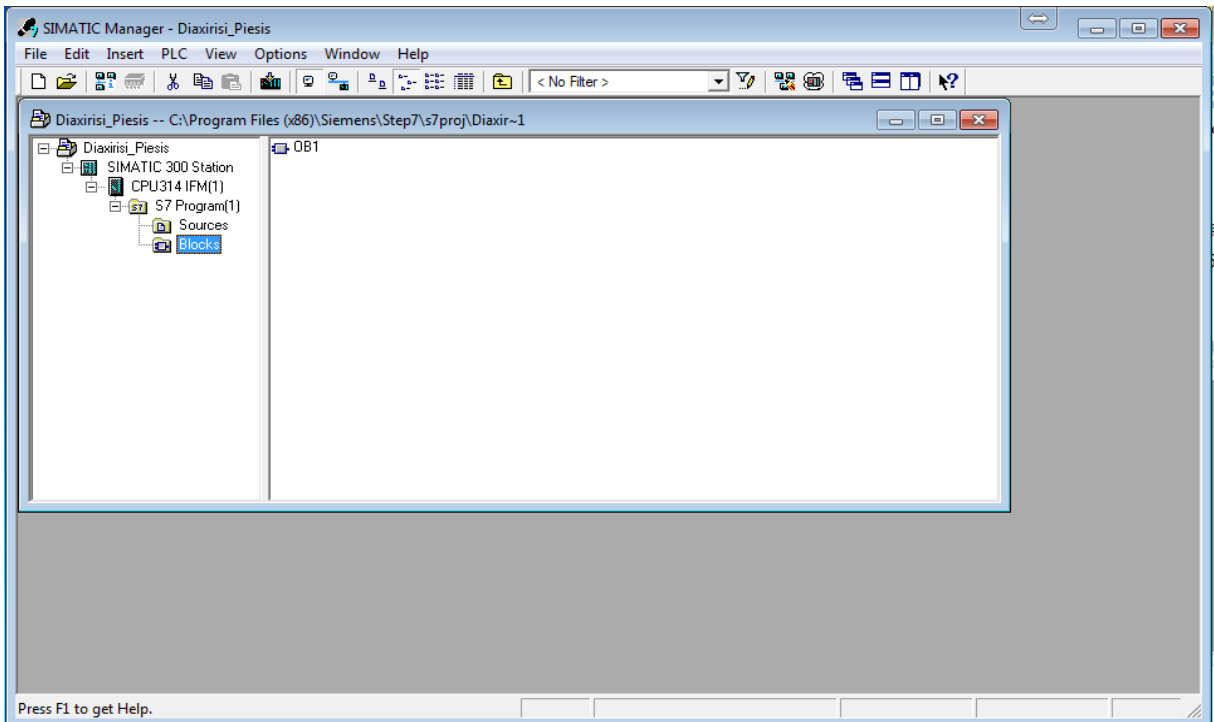
*Παρακάτω παρατίθενται εικόνες με πληροφορίες για τον τρόπο που αναπτύχθηκε η εφαρμογή μας (δομή, προγραμματισμό και την επεξήγηση λειτουργίας των block).*

Το βασικό εργαλείο της STEP7 είναι ο Simatic Manager. Η εκκίνηση αυτού γίνεται με διπλό κλικ στο αντίστοιχο εικονίδιο της επιφάνειας εργασίας του Η/Υ μας (Εικόνα 6.5).



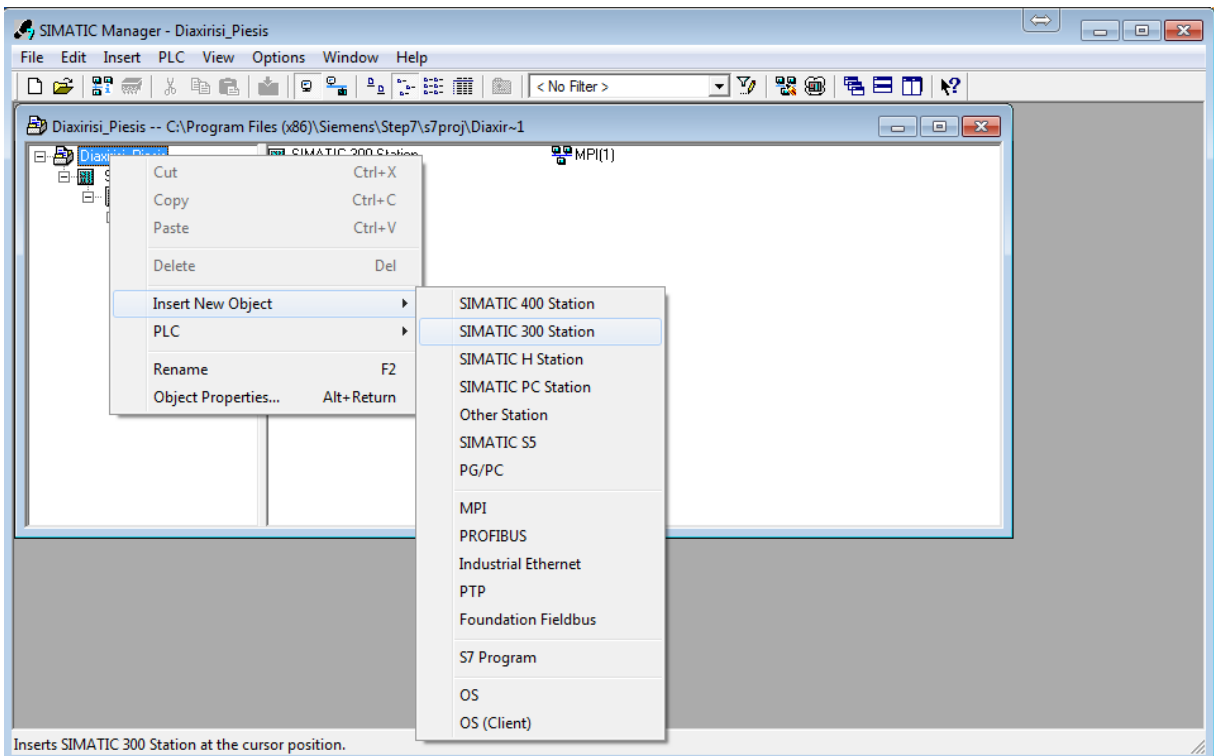
Εικόνα 6.5

Δημιουργούμε το Project “Διαχείριση Πίεσης”. Επιλεγούμε την CPU και ονοματολογία για το νέο πρόγραμμα καθώς και αρχικό μπλοκ οργάνωσης OB1 (Εικόνα 6.6)

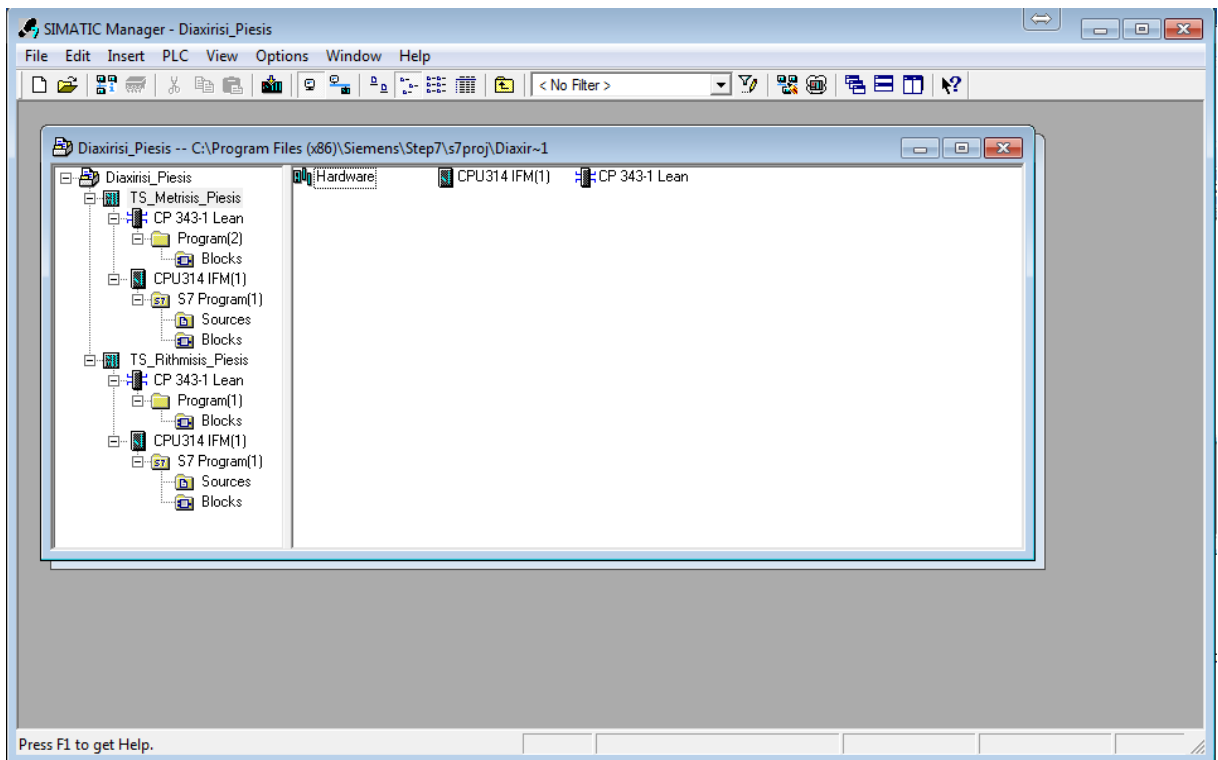


Εικόνα 6.6

Προσθέτουμε και τον δεύτερο σταθμό με την αντίστοιχη CPU (Εικόνα 6.7, 6.8)

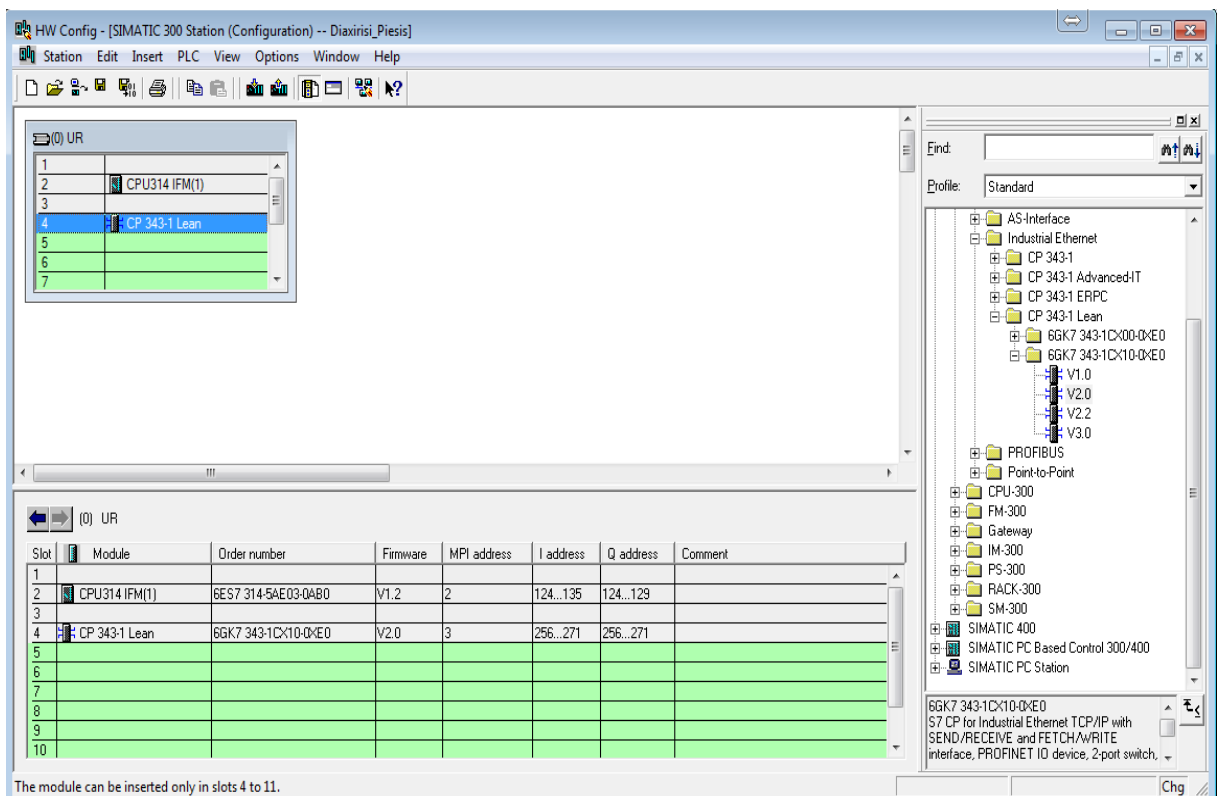


Εικόνα 6.7



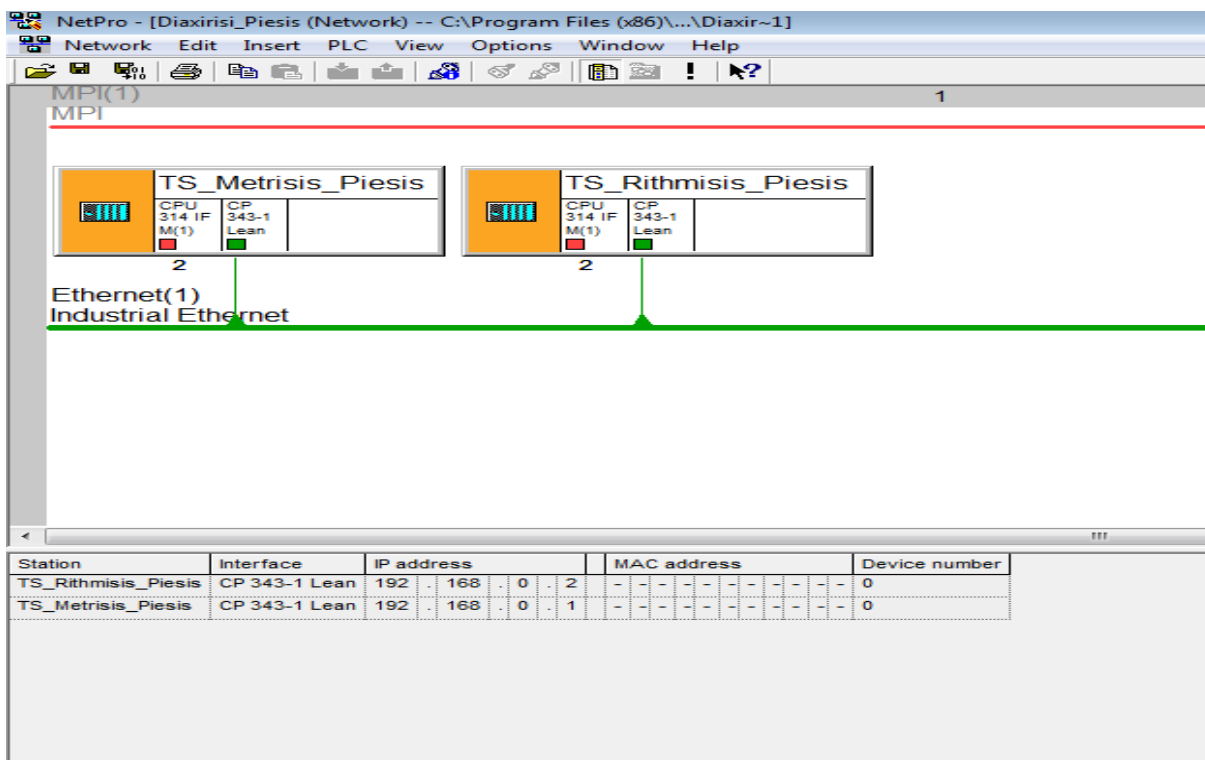
Εικόνα 6.8

Προχωρούμε με την διαμόρφωση των σταθμών και τον ορισμό των καρτών ώστε να ξέρει ο υπολογιστής την διαμόρφωση του hardware και να κάνει την σωστή περαιτέρω διευθυνσιοδότηση (Εικόνα 6.9).



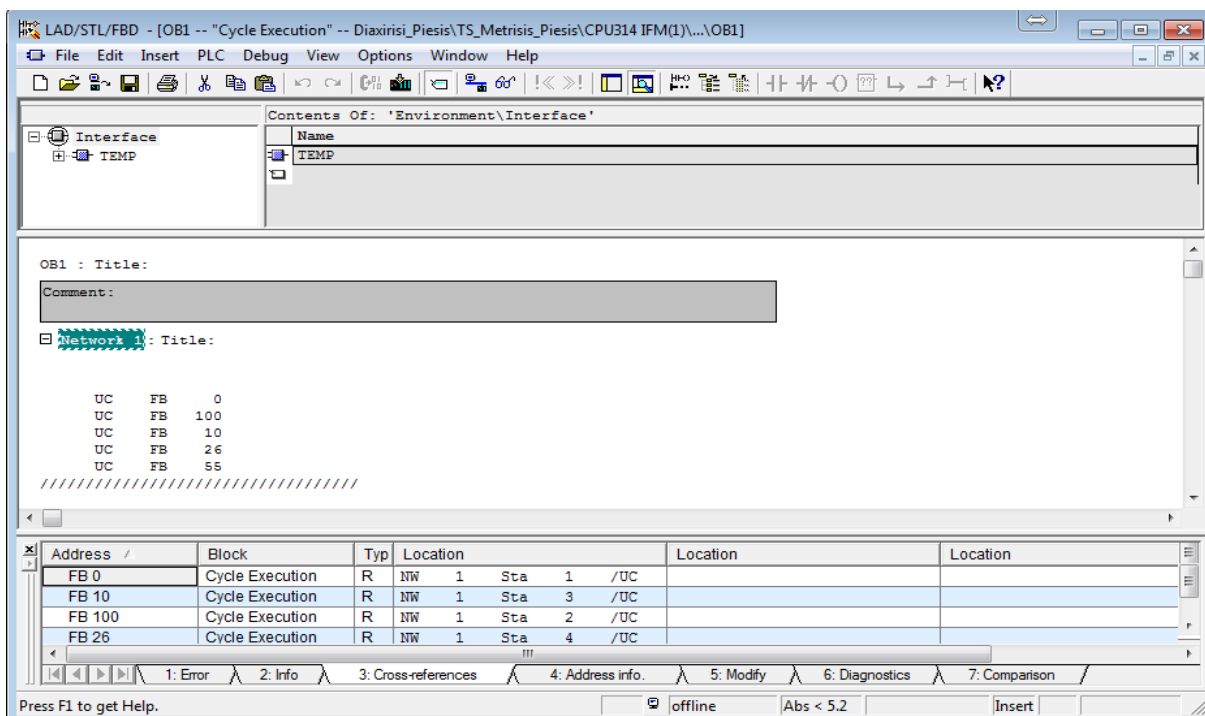
Εικόνα 6.9

Επιλεγούμε τον τύπο δικτύου και δηλώνουμε την σύνδεση και τις διευθύνσεις των τοπικών σταθμών (Εικόνα 6.10)



Εικόνα 6.10

Γραφούμε τον κώδικα του OB1 για την κυκλική εκτέλεση του προγράμματος μας (Εικόνα 6.11).



Εικόνα 6.11

Γραφούμε τον κώδικα του FBD για την δημιουργία χρονικών παλμογεννητριών που θα χρησιμοποιηθούν για τις λειτουργίες του προγράμματος (Εικόνα 6.12)

Contents Of: 'Environment\Interface'

Name
IN
OUT
IN_OUT
STAT
TRMP

Comment:

```

Network 1: Title:
//////////PULSE_1S
AN  "PULSE/SEC"           M0.0
L   S5T#1S
SD  T 127
A   T 127
=   "PULSE/SEC"           M0.0
=   M 3.1

//////////PULSE_100MS
AN  "PULSE/100ms"        M3.0
L   S5T#100MS
SD  T 1
A   T 1
=   "PULSE/100ms"        M3.0

//////////PULSE_3S
AN  "PULSE/3sec"         M3.3
L   S5T#3S
SD  T 3
A   T 3
=   "PULSE/3sec"         M3.3

//////////PULSE_1M
AN  "PULSE/min"          M3.6
L   S5T#1M
SD  T 6
A   T 6
=   "PULSE/min"          M3.6

//////////PULSE_3M
AN  "PULSE/3min"         M3.7
L   S5T#3M
SD  T 7
A   T 7
=   "PULSE/3min"         M3.7

AN  T 104
L   S5T#700MS
SD  T 103
A   T 103
L   S5T#700MS
  
```

Address /	Block	Typ	Location	Location	Location
M 3.1	FB0	W	NW 1 Sta 6	/=	
M 3.4	FB0	W	NW 1 Sta 34	/=	
PULSE/100ms	FB0	R	NW 1 Sta 7	/AN	
PULSE/3min	FB0	R	NW 1 Sta 22	/AN	

1: Error 2: Info 3: Cross-references 4: Address info. 5: Modify 6: Diagnostics 7: Comparison

Εικόνα 6.12

Γραφούμε τον κώδικα του FB10 όπου δημιουργούμε τις εξόδους (εντολές) βάση των χειρισμών που δίνονται από το scada (auto, manual, open, close, κλπ) (Εικόνα 6.13).

Contents Of: 'Environment\Interface'

Name
IN
OUT
IN OUT

```

AN    "TRANSMIT"                M0.3
L     SST#5M
SD    "FAULT ΕΠΙΚΟΙΝΟΝΙΑΣ"     T2

AN    "RESET APO PC"            M99.0
ON    "ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΧΝΙΩΝ"       I5.7
JC    M001

M001: NOP    0

/////HB_1
L     DB11.DBB    1
T     MB    160
L     0
T     DB11.DBB    1
/////
A     "AUTO"                M160.0
S     "AUTO_PC_HB"          M170.0
R     "MAN_PC_HB"           M170.2

A     "OFF"                  M160.1
R     "AUTO_PC_HB"          M170.0
R     "MAN_PC_HB"           M170.2

A     "MAN"                  M160.2
S     "MAN_PC_HB"           M170.2
R     "AUTO_PC_HB"          M170.0

A     "I_AYTO_HB"            I6.2
A     "MAN_PC_HB"            M170.2
A     "OPEN"                  M160.3
S     "OPEN_HB1"             M180.0
R     "CLOSE_HB1"            M180.1

A     "I_AYTO_HB"            I6.2
A     "MAN_PC_HB"            M170.2
A     "CLOSE"                 M160.4
S     "CLOSE_HB1"            M180.1
R     "OPEN_HB1"             M180.0

A     "I_AYTO_HB"            I6.2
A     "MAN_PC_HB"            M170.2
A     M    160.6
S     M    180.7
R     "OPEN_HB1"             M180.0
R     "CLOSE_HB1"            M180.1

A     "STOP"                 M160.5

```

Press F1 to get Help.

Εικόνα 6.13

Γραφούμε τον κώδικα του FB26. Σε αυτό το FB μεταφέρουμε τις τιμές από τις θέσεις μνήμης του προγράμματος στις θέσεις μνήμης που διαβάζει το scada (Εικόνα 6.14).

The screenshot shows the Siemens SIMATIC Manager software interface. The title bar indicates the project is 'LAD/STL/FBD - [FB26 -- Diaxirisi\_Piesis\TSE\_HB\CPU 315-2 DP]'. The menu bar includes File, Edit, Insert, PLC, Debug, View, Options, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and debugging. The project tree on the left shows the 'Interface' block expanded, with sub-blocks 'IN', 'OUT', and 'IN OUT'. The main workspace displays a ladder logic program with the following code:

```

OPN "DATA_TO_KSE"
//////GENERAL_1
L DB10 / DATA_TO_KSE
//////THESH_1
L "ANALOG".THESH_BANAS
T "DATA_TO_KSE".THESH_1
//////
L 0
T MW 190
A "AUTO_PC_HB"
= M 191.0
A "MAN_PC_HB"
= M 191.1
A "I_AYTO_HB"
= M 191.3
A "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ_ΑΝΟΙΓΜΑ"
O "MAN_OPEN"
= M 191.4
A "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"
O "MAN_CLOSE"
= M 191.5
A "I_ΑΝΟΙΧΤΗ_HB"
= M 191.6
A "I_ΚΛΕΙΣΤΗ_HB"
= M 191.7
AN "ΘΕΡΜΙΚΟ"
= M 190.1
A "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΑΝΟΙΓΜΑ"
= M 190.3
A "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"
= M 190.4
A "ΡΟΠΗ_ΕΤΟ_ΑΝΟΙΓΜΑ"
= M 190.5
A "ΡΟΠΗ_ΕΤΟ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"
= M 190.6
L MW 190
T "DATA_TO_KSE".STATUS_VALVE_1

//////BIT_2
L "ANALOG".METRSH_PIESHS_2
ITD
DTR
L 1.000000e+002
/R
T "DATA_TO_KSE".PIT_2

//////FIT_1
L "ANALOG".METRSH_PAROXHS_1
ITD
DTR
T 1.000000e+002
  
```

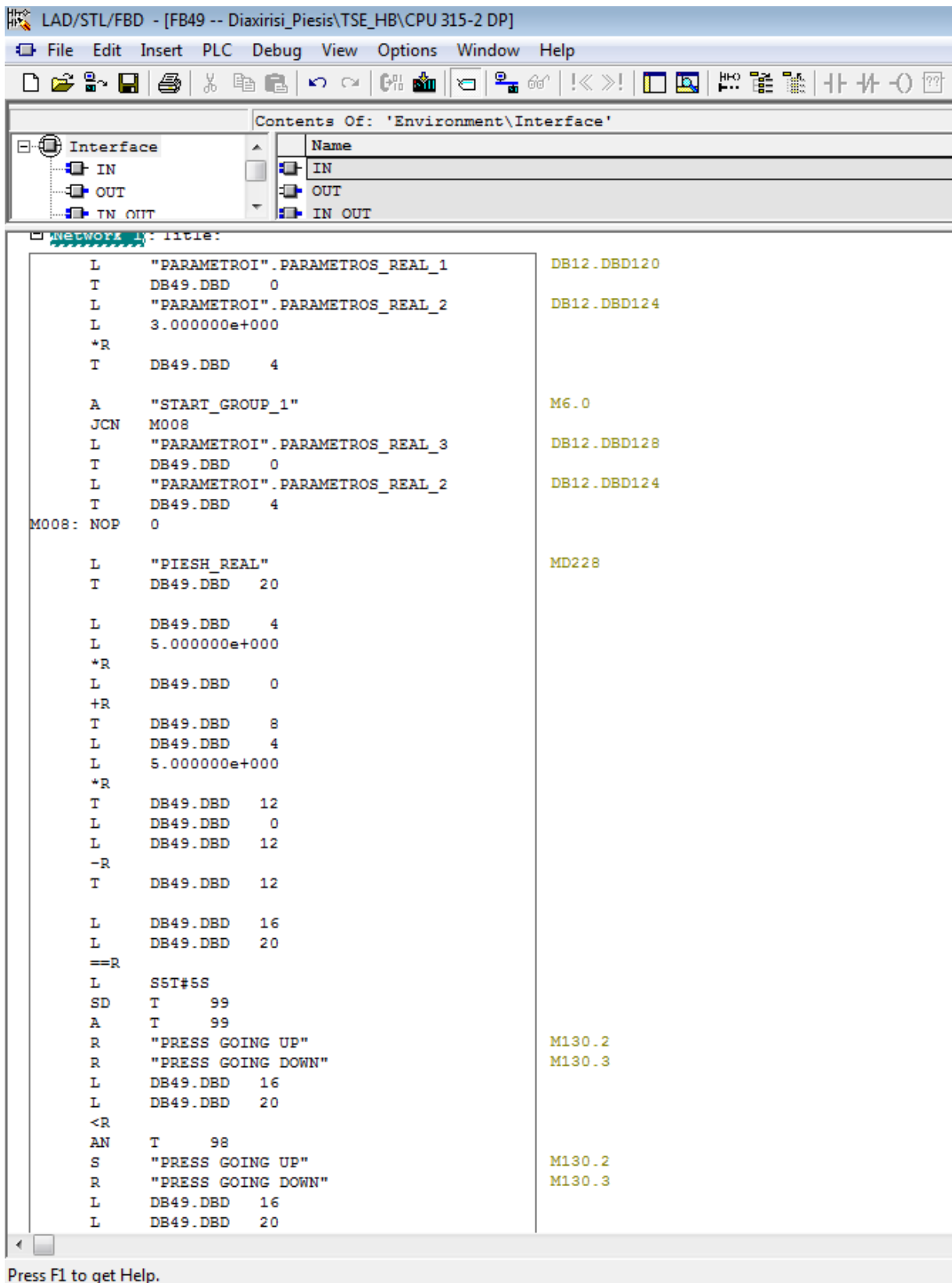
The right side of the window shows the hardware addresses for the variables:

- DB10
- DB100.DBW0 -- ΘΕΣΗ ΒΑΝΑΣ
- DB10.DBW8
- M170.0
- M170.2
- I6.2
- I6.6
- M142.1
- I6.7
- M142.2
- I7.3
- I7.2
- I7.4
- M143.2
- M143.3
- I7.1
- I7.0
- DB10.DBW10
- DB100.DBW6 -- ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ 2
- DB10.DBD16
- DB100.DBW8 -- ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ 1

At the bottom of the window, there is a status bar that says 'Press F1 to get Help.'

Εικόνα 6.14

Γραφούμε τον κώδικα του FB49. Αυτό το FB καλείται όχι από το OB1 αλλά μέσω του FB55 και κάνει αρχικοποίηση στις θέσεις μνήμης του προγράμματος κάθε φορά που αλλάζουμε σενάριο αυτοματισμού (τρόπου λειτουργίας) του σταθμού (Εικόνα 6.15).



Εικόνα 6.15

Γραφούμε τον κώδικα του FB55 όπου δημιουργούμε το σενάριο αυτοματισμού (τρόπο λειτουργίας) του σταθμού (Εικόνα 6.16).

Contents Of: 'Environment\Interface'

Name
IN
OUT
IN OUT

```

Network 1 : Title:
    A    "I_AYTO_HB"                I6.2
    A    "ENTOΛΗ_ΑΝΟΙΓΜΑ"           Q8.0
    AN   "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ_ΑΝΟΙΓΜΑ"      I6.6
    L    S5T#1S
    SD   T    81
    A    T    81
    S    "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΑΝΟΙΓΜΑ"        M143.2

    A    "I_AYTO_HB"                I6.2
    A    "ENTOΛΗ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"         Q8.1
    AN   "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"     I6.7
    L    S5T#1S
    SD   T    82
    A    T    82
    S    "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"       M143.3

    A    "RESET ΑΡΟ PC"              M99.0
    O    "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ_ΑΝΟΙΓΜΑ"      I6.6
    O    "ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΥΧΝΙΣΩΝ"        I5.7
    R    "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΑΝΟΙΓΜΑ"        M143.2

    A    "RESET ΑΡΟ PC"              M99.0
    O    "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"     I6.7
    O    "ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΥΧΝΙΣΩΝ"        I5.7
    R    "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"       M143.3

//O    "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΑΝΟΙΓΜΑ"
//O    "ΑΝΑΔΡΑΣΗ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"
    ON   "ΘΕΡΜΙΚΟ"                  I7.4
    O    "ΡΟΠΗ_ΣΤΟ_ΚΛΕΙΣΙΜΟ"       I7.0
    O    "ΡΟΠΗ_ΣΤΟ_ΑΝΟΙΓΜΑ"        I7.1
    ON   "ΕΠΙΤΗΡΗΤΗΣ"              I5.6
    =    "M_ΒΛΑΒΗ_ΒΑΝΑΣ"            M178.0

Network 2 : Title:
/////ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΟΠΙΚΑ
    A    "I_ΜΠΟΥΤΟΝ_ΑΝΟΙΓΜΑ"        I6.4
    S    "M_ΤΟΠΙΚΑ_ΑΝΟΙΓΜΑ"         M143.0
    O    T    32

    O(
    A    T    31
    FN   M    173.0
    )
    O    "I_ΑΝΟΙΧΤΗ_ΗΒ"              I7.3
    ON   "I_ΜΑΝ_ΗΒ"                  I6.3
    ON   "ΘΕΡΜΙΚΟ"                  I7.4
    O    "ΡΟΠΗ ΣΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ"         I7.1
  
```

Press F1 to get Help.

Εικόνα 6.16

Γραφούμε τον κώδικα του FB100. Με αυτό το μπλοκ προγράμματος διαβάζουμε τα αναλογικά μεγέθη της εφαρμογής και βάζουμε τα όρια του μετρούμενου μεγέθους (πχ. 4-20mA σε 1-16bar) (Εικόνα 6.17).

Contents Of: 'Environment\Interface'

Name
IN
OUT
IN_OUT
STAT

FB100 : Title:

Comment:

Network 1 : Title:

```

OPN "ANALOG" DB100
//////////THESH_1
CALL FC 100
  LOW_OUT :=-1.613900e+002
  HIGH_OUT :=3.424985e+003
  ANALOG_PIW :=PIW316
  OUTPUT_VALUE:=DBW100
//////////PIT_1
CALL FC 100
  LOW_OUT :=0.000000e+000
  HIGH_OUT :=1.600000e+003
  ANALOG_PIW :=PIW304
  OUTPUT_VALUE:=DBW104
//////////PIT_2
CALL FC 100
  LOW_OUT :=0.000000e+000
  HIGH_OUT :=1.600000e+003
  ANALOG_PIW :=PIW306
  OUTPUT_VALUE:=DBW106

//////////FIT_1
CALL FC 100
  LOW_OUT :=0.000000e+000
  HIGH_OUT :=1.800000e+003
  ANALOG_PIW :=PIW308
  OUTPUT_VALUE:=DBW108

```

Network 2 : Title:

```

AN M 3.0
JC M001
L P#100.0
T DBD 150
M002: L DBD 150

```

Address /	Block	Typ	Location	Location
ANALOG	FB100	R	NW 1 Sta 1 /OPN	
FC 100	FB100	R	NW 1 Sta 2 /CALL	NW 1 Sta 3 /CALL
PIW 304	FB100	R	NW 1 Sta 3 /CALL	
PIW 306	FB100	R	NW 1 Sta 4 /CALL	

1: Error 2: Info 3: Cross-references 4: Address info. 5: Modify 6: Diagnostics

Εικόνα 6.17

Ανοίγουμε και παραμετροποιούμε το DB10 για την αποστολή δεδομένων στον κεντρικό σταθμό (Εικόνα 6. 18)

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	KODIKOS	DWORD	DW#16#0	
+4.0	GENERAL_1	BYTE	B#16#0	
+5.0	GENERAL_2	BYTE	B#16#0	
+6.0	GENERAL_3	BYTE	B#16#0	
+7.0	GENERAL_4	BYTE	B#16#0	
+8.0	THESH_1	WORD	W#16#0	
+10.0	STATUS_VALVE_1	WORD	W#16#0	
+12.0	PIT_1	REAL	0.000000e+000	
+16.0	PIT_2	REAL	0.000000e+000	
+20.0	FIT_1	REAL	0.000000e+000	
+24.0	SUM_FIT_1	DWORD	DW#16#0	
+28.0	PARAMETROS_REAL_1	REAL	0.000000e+000	
+32.0	PARAMETROS_REAL_2	REAL	0.000000e+000	
+36.0	PARAMETROS_REAL_3	REAL	0.000000e+000	
+40.0	PARAMETROS_WORD_1	WORD	W#16#0	
+42.0	SPARE_2	WORD	W#16#0	
+44.0	SPARE_3	WORD	W#16#0	
+46.0	SPARE_4	WORD	W#16#0	
+48.0	TIME_PLC	WORD	W#16#0	
+50.0	STAT0	ARRAY[1..380]		
+4.0		DWORD		
=1570.0		END_STRUCT		

Εικόνα 6.18

Ανοίγουμε και παραμετροποιούμε το DB100 για την διαχείριση των τιμών των αναλογικών σημάτων (Εικόνα 6. 19)

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	THESH_BANAS	WORD	W#16#0	ΘΕΣΗ ΒΑΝΑΣ
+2.0	METRSH_STAUMHS_2	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ 2
+4.0	METRSH_PIESHS_1	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ 1
+6.0	METRSH_PIESHS_2	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ 2
+8.0	METRSH_PAROKHS_1	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ 1
+10.0	METRSH_PAROKHS_2	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ 2
+12.0	METRSH_PAROKHS_3	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ 3
+14.0	METRSH_PAROKHS_4	WORD	W#16#0	ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ 4
+16.0	DB_VAR	ARRAY[1..100]		
+2.0		WORD		
=216.0		END_STRUCT		

Εικόνα 6.19

## 6.2 Εφαρμογή Λογισμικού SCADA

### 6.2.1 Δομή Προγράμματος Διεπαφής μέσω Simatic-WinCC

Στην εφαρμογή της διατριβής η συσκευή που θα χρησιμοποιηθεί ως HMI είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής. Το λογισμικό WinCC flexible αποτελεί το λογισμικό απεικόνισης της διεργασίας που μας επιτρέπει να εκτελέσουμε το project που έχουμε διαμορφώσει σε πραγματικό χρόνο. Σε Runtime ο χειριστής μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει τη διεργασία. Αυτό εμπεριέχει τις παρακάτω εργασίες :

- Επικοινωνία με συστήματα αυτοματισμού
- Απεικόνιση εικόνων σε οθόνες
- Ενέργειες διαχείρισης της διεργασίας όπως π.χ ρύθμιση set point, άνοιγμα -κλείσιμο στοιχείων ελέγχου, κ.α.
- Δημιουργία αρχείου καταγραφής τιμών και μηνυμάτων

Το scada Simatic WinCC είναι κτισμένο γύρω από τη φιλοσοφία - αρχιτεκτονική client-server και ολοκληρώνεται με το γραφικό περιβάλλον διασύνδεσης Win GUI της Microsoft. Σε δικτυακά περιβάλλοντα ένας Simatic WinCC server κρατάει τα δεδομένα πραγματικού χρόνου στην εσωτερική του Βάση Δεδομένων Πραγματικού Χρόνου (RDBMS). Αυτά τα δεδομένα είναι δυνατόν να εμφανιστούν στην οθόνη των υπολογιστών από έναν ή περισσότερους clients ταυτόχρονα που συνδέονται με ίδιο υπολογιστή που φιλοξενεί τον server ή σε οποιοδήποτε άλλο υπολογιστή που συνδέεται με τον server με ένα δίκτυο NetBeUI ή TCP/IP (Web clients).

#### 6.2.1.1 Διεπιφάνεια Χρηστών

Χρησιμοποιώντας τα πρότυπα του WinCC, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας προσαρμοσμένων διεπαφών έχοντας πλήρες εύρος διαμόρφωσης αντικειμένων, όπως :

- Πλήκτρα και μπουτόν
- Γραφικά αντικείμενα
- Σωληνώσεις
- Παράθυρα εικόνων και εφαρμογών
- OLE-Objects, ActiveX-controls (π.χ. συναγερμοί, γραφήματα, πίνακες τιμών)
- Media Control (Animated GIFs, AVIs, support of .NET and XAML)

- Πεδία εισαγωγής – Εξαγωγής Αποτελεσμάτων, Λίστες κειμένων
- Μπάρες 2 και 3 διαστάσεων, απεικονίσεις καταστάσεων και ομάδων
- Κεντρικά μεταβλητά αντικείμενα

### 6.2.1.2 Σύστημα Μηνυμάτων - Συναγερμών

Το SIMATIC WinCC δεν απεικονίζει μόνο τα μηνύματα της εγκατάστασης, αλλά τα αποθηκεύει σε κυκλικά αρχεία προκειμένου αυτά να είναι διαθέσιμα εν συνεχεία με χρήση φίλτρων ή ταξινομημένης βάσης. Τα μηνύματα μπορεί να προέρχονται από μεμονωμένα bits, μπορεί να είναι αποτέλεσμα ενός πλαισίου μηνυμάτων συναγερμού απευθείας από το σύστημα αυτοματισμού, ή από αναλογικά μετρούμενα μεγέθη τα οποία έχουν ξεπεράσει κάποια όρια. Στο WinCC Alarm Control η απεικόνιση των μηνυμάτων μπορεί να προσαρμοστεί ξεχωριστά για το καθένα (Εικόνα 6.20). Εκτεταμένες δυνατότητες επιλογής όπως με τη χρήση προκαθορισμένων φίλτρων ορισμένων από τον χρήστη εξασφαλίζουν τη βέλτιστη απεικόνιση. Με το πάτημα ενός πλήκτρου τα μηνύματα τα οποία εμφανίζονται στην οθόνη μπορούν να εξαχθούν σε αρχείο ή εκτυπωτή με τη μορφή αναφορών. Στο WinCC, έχει προστεθεί η σύνθετη αναζήτηση μηνυμάτων με χρήση της «ισότητας» αλλά και με το αν περιέχεται κάποια λέξη ή φράση στη συνολική λίστα.

Number	Date	Time	WinCC Message text	Status	Info	Event
1	12/03/08	14:33:32.000	Αποκλιση υπερ πίεση	OK	OK	
2	12/03/08	14:33:32.967	Error 1 activated	OK	OK	Press
3	12/03/08	14:33:33.891	Alarm 2 activated	OK	OK	Remove
4	12/03/08	14:33:33.933	Warning 2 activated	OK	OK	Reset
5	12/03/08	14:34:31.776	cold	OK	OK	
6	12/03/08	14:34:31.778	normal	OK	OK	

Εικόνα 6.20: Απεικόνιση μηνυμάτων με χρήση του WinCC AlarmControl

### 6.2.1.3 Σύστημα Αρχαιοθέτησης Τιμών

Οι ιστορικές τιμές ή οι προοδευτικά συλλεγόμενες τιμές αποθηκεύονται σε αρχεία. Εκτός αυτών των τιμών, το WinCC αποθηκεύει και αρχειοθετεί όλα τα μηνύματα και τα στοιχεία της εφαρμογής. Η αρχειοθέτηση λαμβάνει χώρα σε κυκλικά αρχεία στην ενσωματωμένη, υψηλής απόδοσης βάση δεδομένων MS SQL Server σε ποσοστό έως και 10,000 μετρούμενων τιμών και 100 μηνυμάτων το δευτερόλεπτο. Οι απαιτήσεις σε μεγάλη χωρητικότητα είναι πολύ μικρές και οφείλονται σε ισχυρές συναρτήσεις

συμπίεσης. Το βασικό πακέτο του WinCC επιτρέπει έως και σε 512 στοιχεία (tag) να αρχειοθετηθούν, ενώ με τη χρήση των PowerPacks αυτά μπορούν να επεκταθούν ως και τα 120,000 στοιχεία (tags). Μια κεντρική μακροπρόθεσμη αρχειοθέτηση μπορεί να εφαρμοστεί μέσω ενός κεντρικού υπολογιστή αρχειοθέτησης με το προαιρετικό WinCC/Central Archive Server.

Στο TrendControl, οι τρέχουσες τιμές, οι ιστορικές τιμές της διαδικασίας και οι επιθυμητές τιμές μπορούν να απεικονιστούν στο ίδιο γράφημα (Εικόνα 6.21). Επίσης είναι δυνατή η απεικόνιση των μηνυμάτων. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να λάβει χώρα μια προσαρμοσμένη κλίμακα στον άξονα των χρόνων ή των τιμών. Οι άξονες χρόνου και τιμών ξεχωριστών καμπυλών μπορούν να μετακινηθούν με τη χρήση του ποντικιού, προκειμένου κατ'αυτό τον τρόπο να γίνονται συγκρίσεις διαφόρων μεγεθών.



Εικόνα 6.21

Με το πάτημα ενός πλήκτρου οι ενσωματωμένες λειτουργίες στατιστικών επιτρέπουν τον προσδιορισμό της ελάχιστης, μέγιστης, μέσης και σταθερής απόκλισης, καθώς επίσης και του ολοκληρώματος της καμπύλης η οποία απεικονίζεται. Επίσης με το πάτημα ενός πλήκτρου το σύνολο των τιμών οι οποίες έχουν επιλεγεί από την καμπύλη μπορούν να εξαχθούν σε αρχείο μορφής CSV ή να εκτυπωθούν υπό τη μορφή αναφοράς. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα να προγραμματιστούν επιπλέον πλήκτρα για συγκεκριμένες ενέργειες.

#### 6.2.1.4 Σύστημα Αναφορών και Καταγραφών

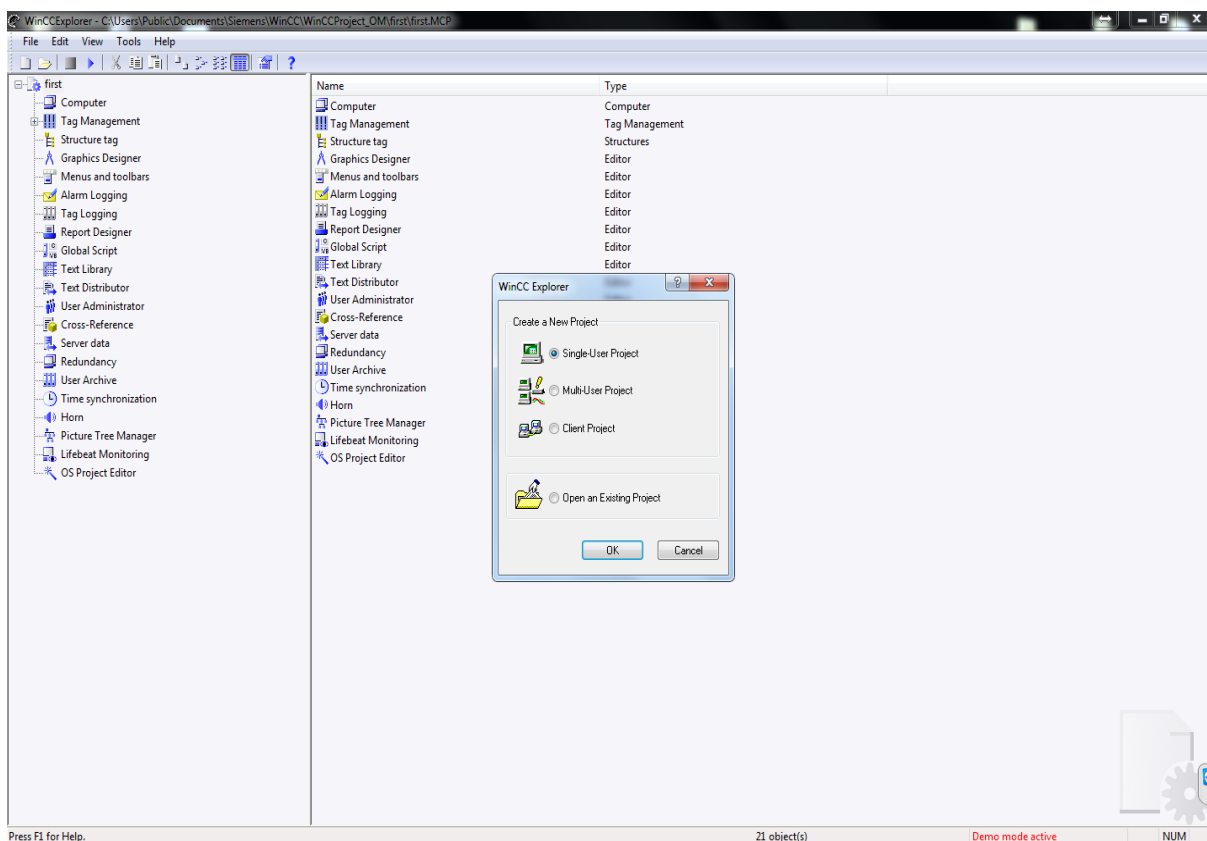
Το WinCC έχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτύπωση των δεδομένων από το WinCC ή από άλλες εφαρμογές. Εκτός από την εκτύπωση το σύνολο των αναφορών μπορούν να αποθηκευτούν σε αρχεία για

μελλοντική αναζήτηση και προβολή. Οι αναφορές μπορούν να περιέχουν στοιχεία από τη βάση δεδομένων καθώς και από εξωτερικές εφαρμογές αρχείων CSV σε μορφή πινάκων ή καμπύλης.

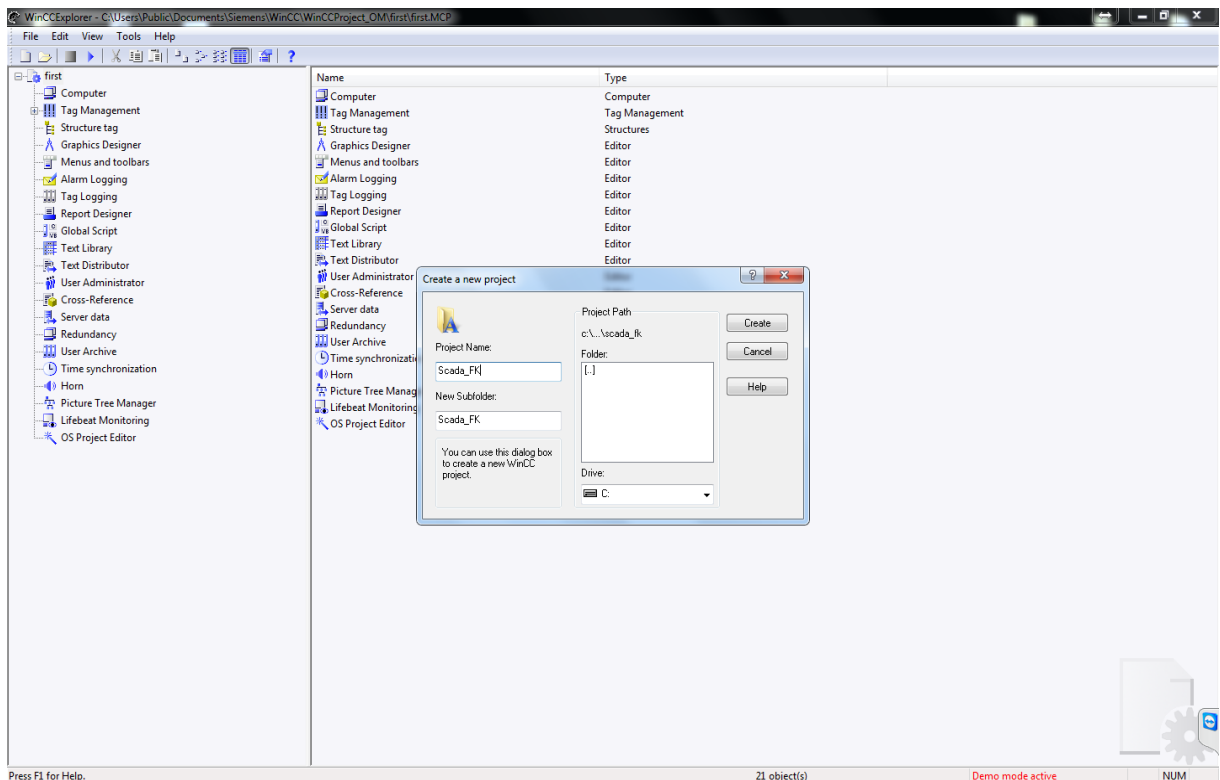
## 6.2.1 Εφαρμογή Προγράμματος Διεπαφής μέσω Simatic-WinCC

Παρακάτω παρατίθενται εικόνες με πληροφορίες για τον τρόπο που αναπτύχθηκε η εφαρμογή μας (δομή, προγραμματισμό και την επεξήγηση λειτουργίας των editors).

Ανοίγουμε WinCC Explorer, που είναι το σημείο εκκίνησης, που μας δίνει πρόσβαση σε όλους τους διαθέσιμους editors και δημιουργούμε το project "Scada\_FK" (Εικόνες 6.22 και 6.23).

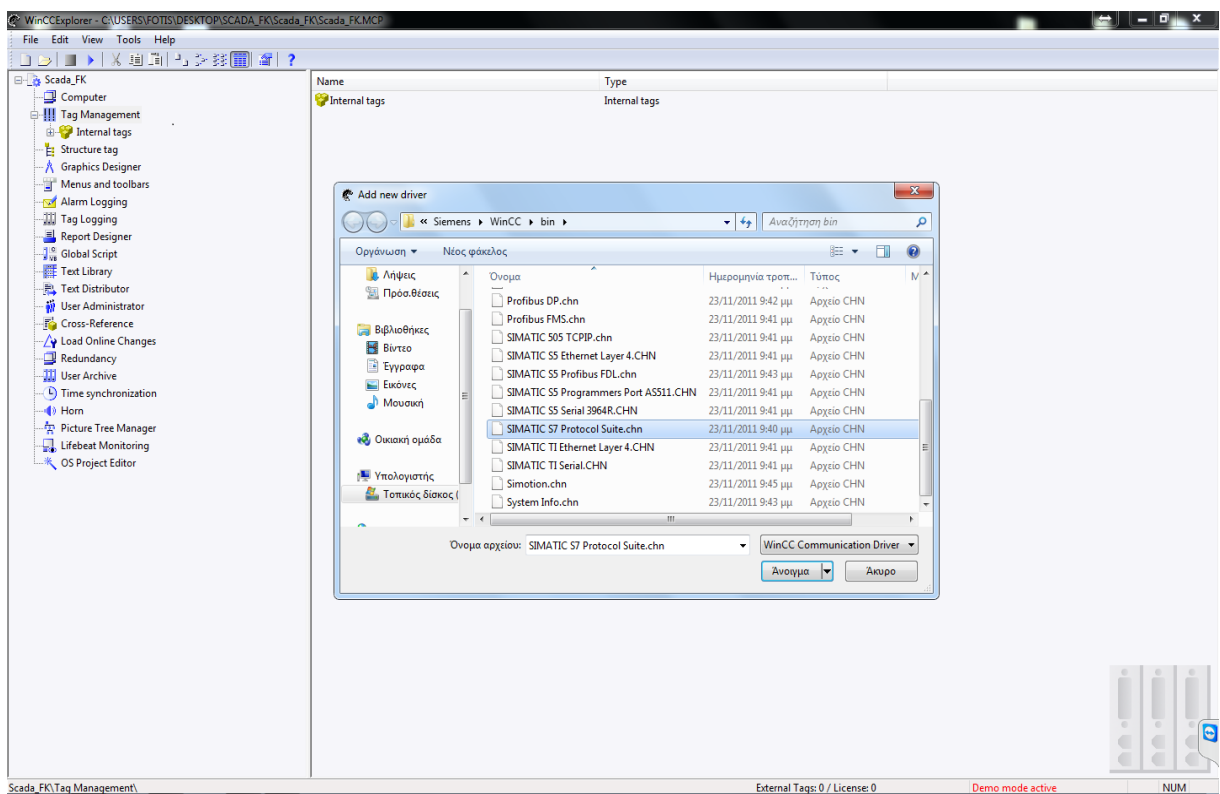


Εικόνα 6.22

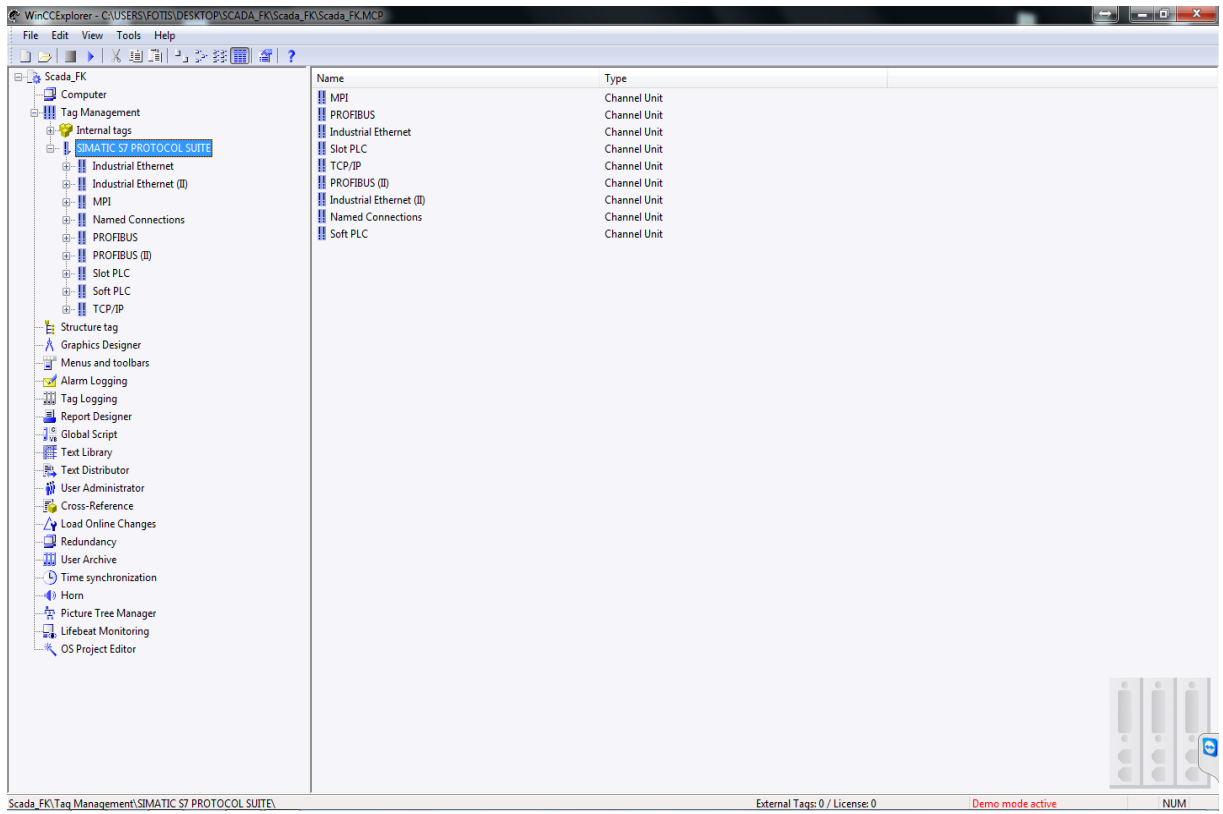


Εικόνα 6.23

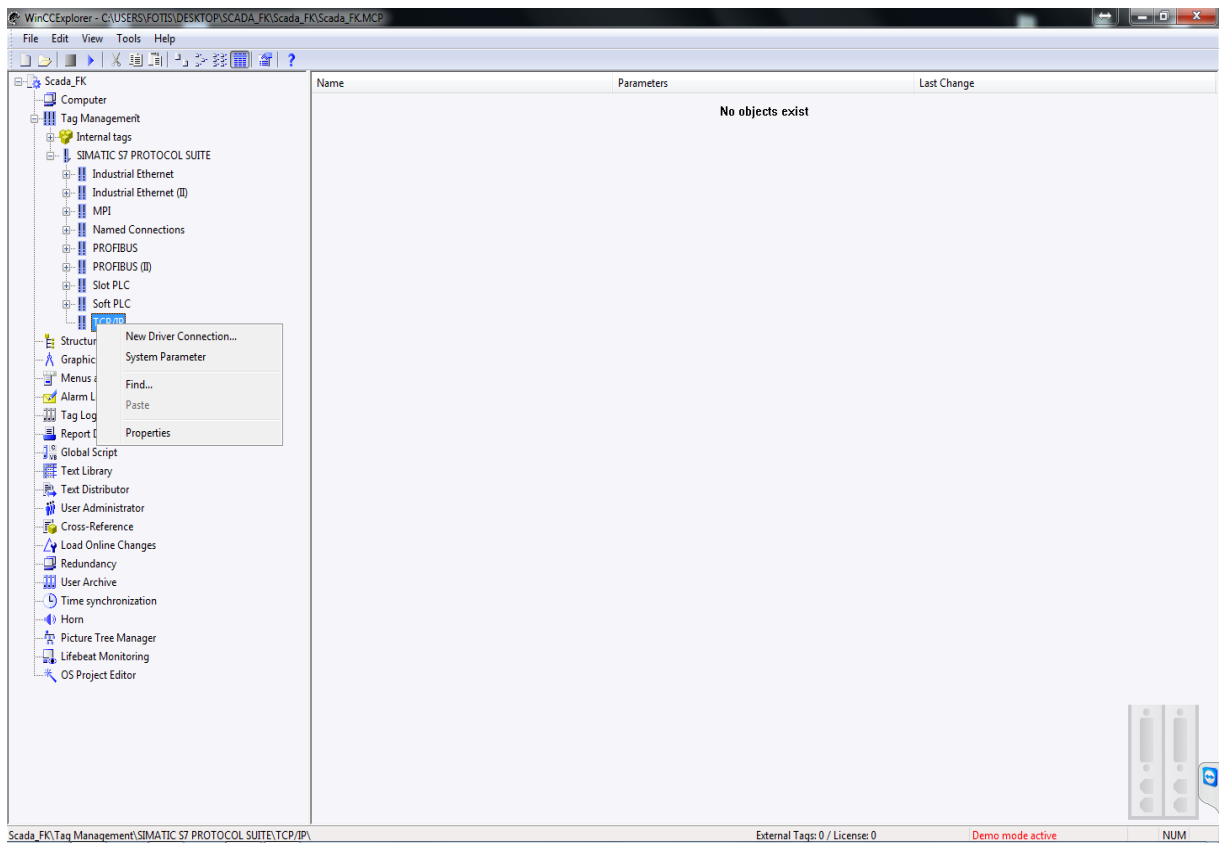
Στη συνέχεια επιλέγουμε τον Tag Management όπου ορίζουμε την επικοινωνία με το PLC και τα στοιχεία (tags) που θέλουμε να ελέγχουμε-απεικονίζουμε στο SCADA (Εικόνες 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28).



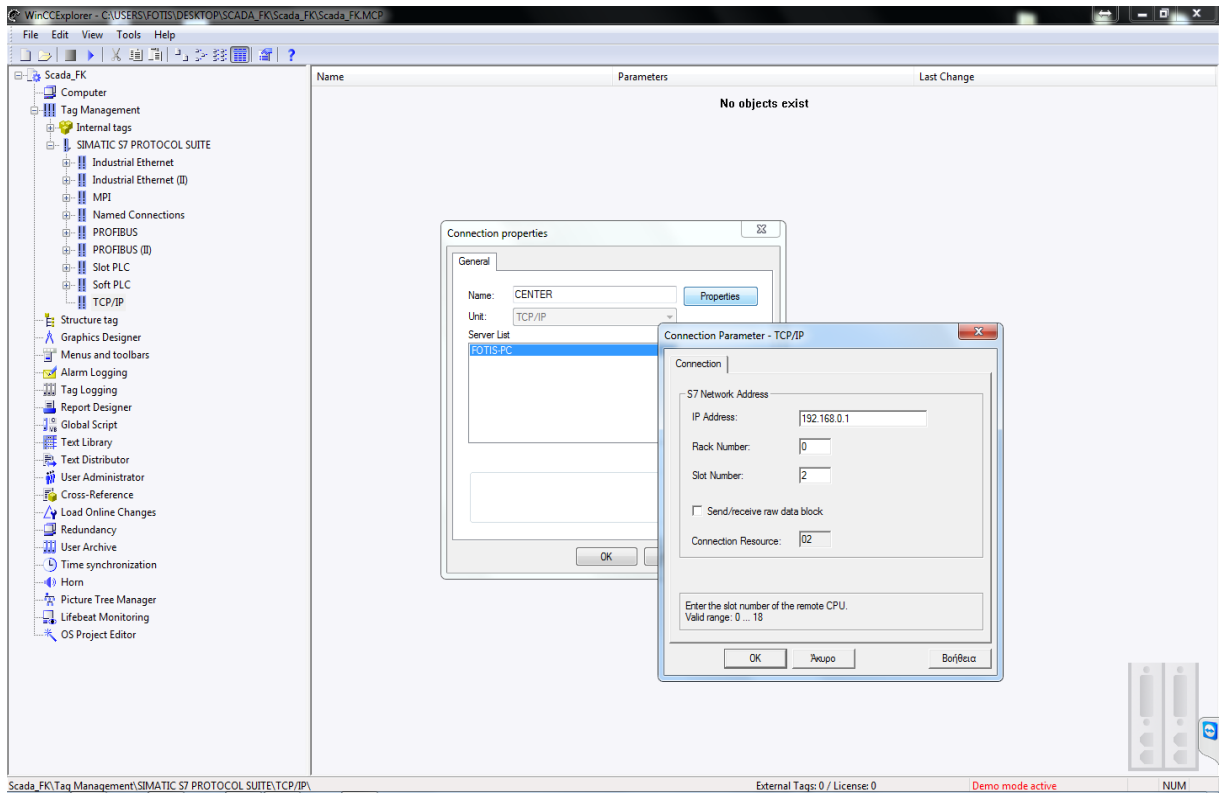
Εικόνα 6.24



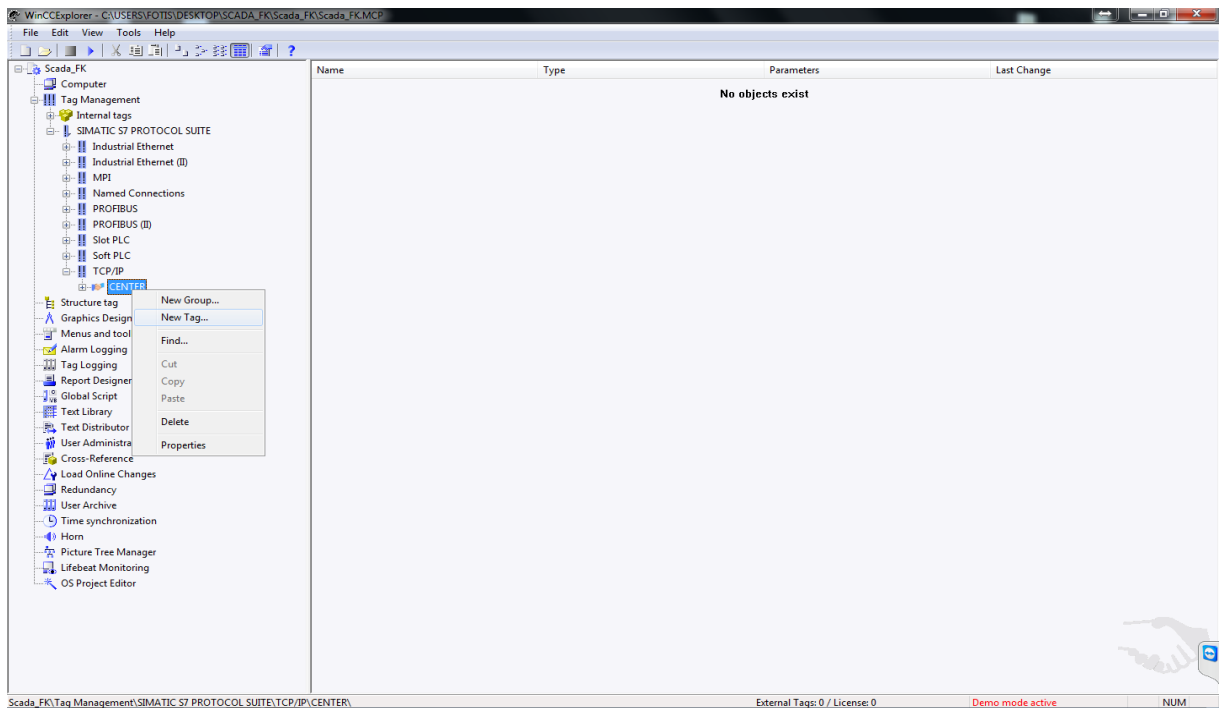
Εικόνα 6.25



Εικόνα 6.26

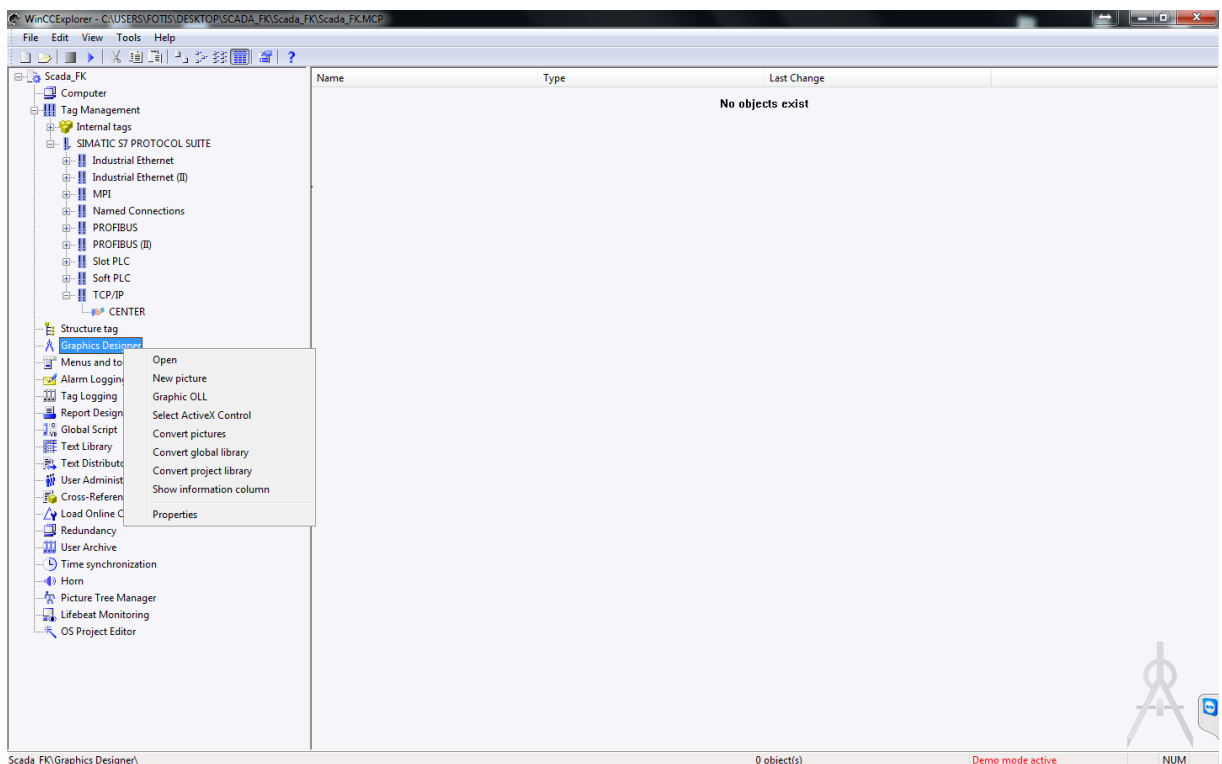


Εικόνα 6.27

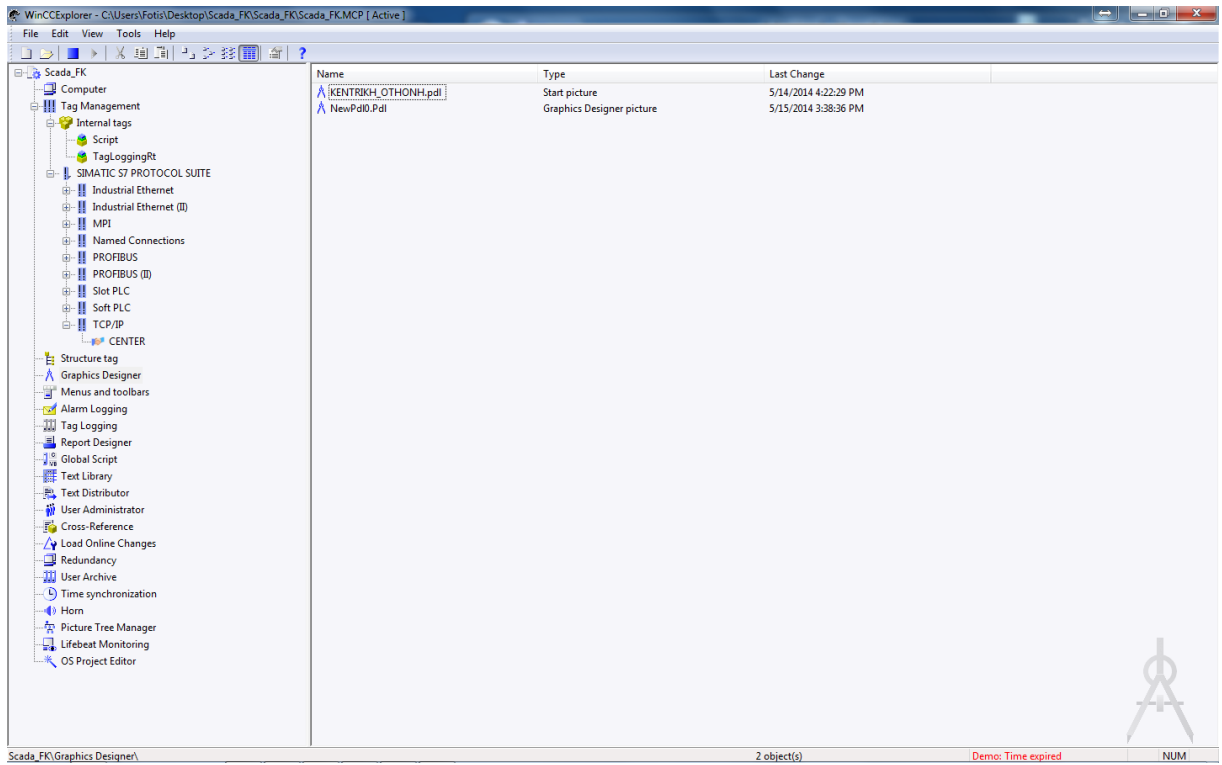


Εικόνα 6.28

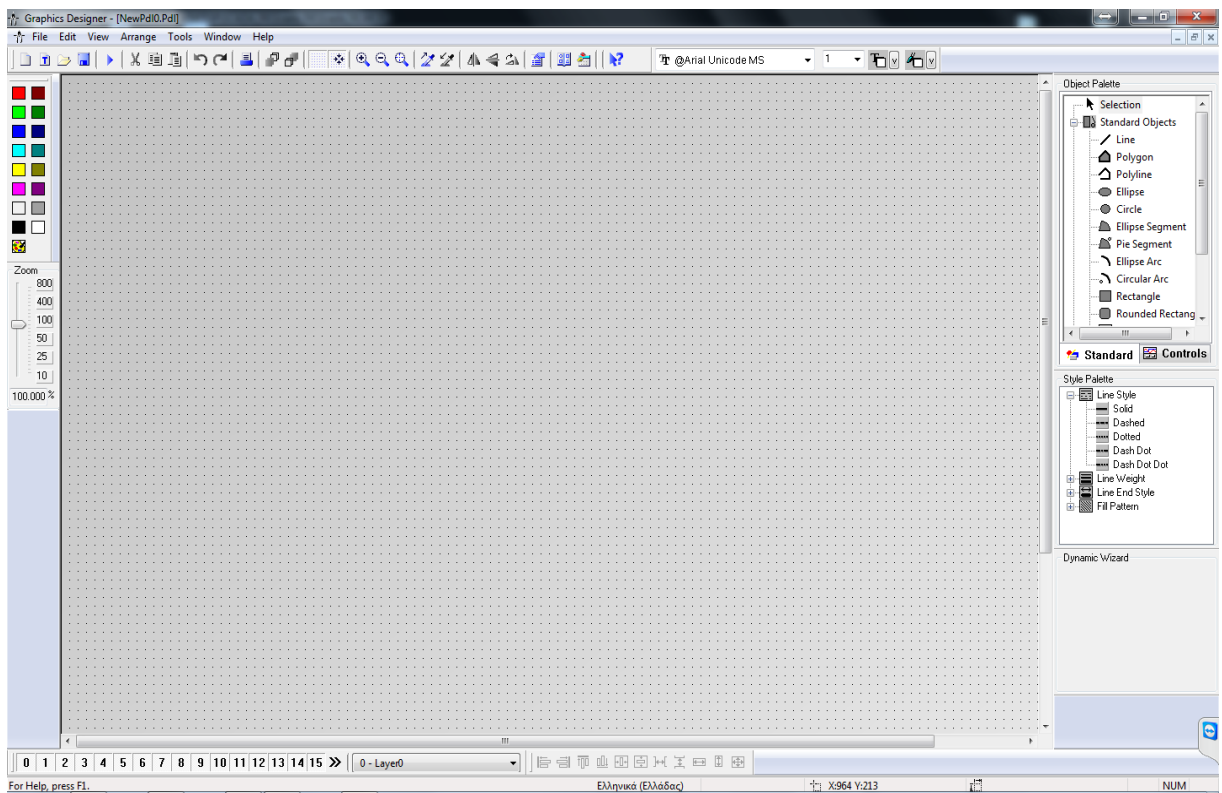
Έπειτα από τον editor του Graphic Designer δημιουργούμε την διεπαφή χρήστη για την Κεντρική Οθόνη απεικόνισης (Εικόνες 6.29, 6.30, 6.31). Είναι το σχεδιαστικό κομμάτι του WinCC. Χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα γραφικών, μπορούμε να δημιουργήσουμε σύνθετες οθόνες. Εδώ κάνουμε την παραμετροποίηση και σύνδεση ενός στοιχείου με εσωτερικά tag του PLC είναι ιδιαίτερα εύκολη. Κάθε νέο αντικείμενο μπορεί εύκολα να επεξεργαστεί περαιτέρω με τη χρήση βοηθητικών παραθύρων. Οι δυνατότητες του WinCC Graphics designer είναι : 1.Ειδικά μενού και γραμμές εργαλείων μπορούν να ενσωματωθούν στο σχεδιαστικό περιβάλλον, τα οποία μπορούν να μετακινούνται όπως γίνεται και στα Windows.). 2.Η σχεδίαση μίας εφαρμογής γίνεται με Δυναμικές εικόνες (Faceplates)



Εικόνα 6.29

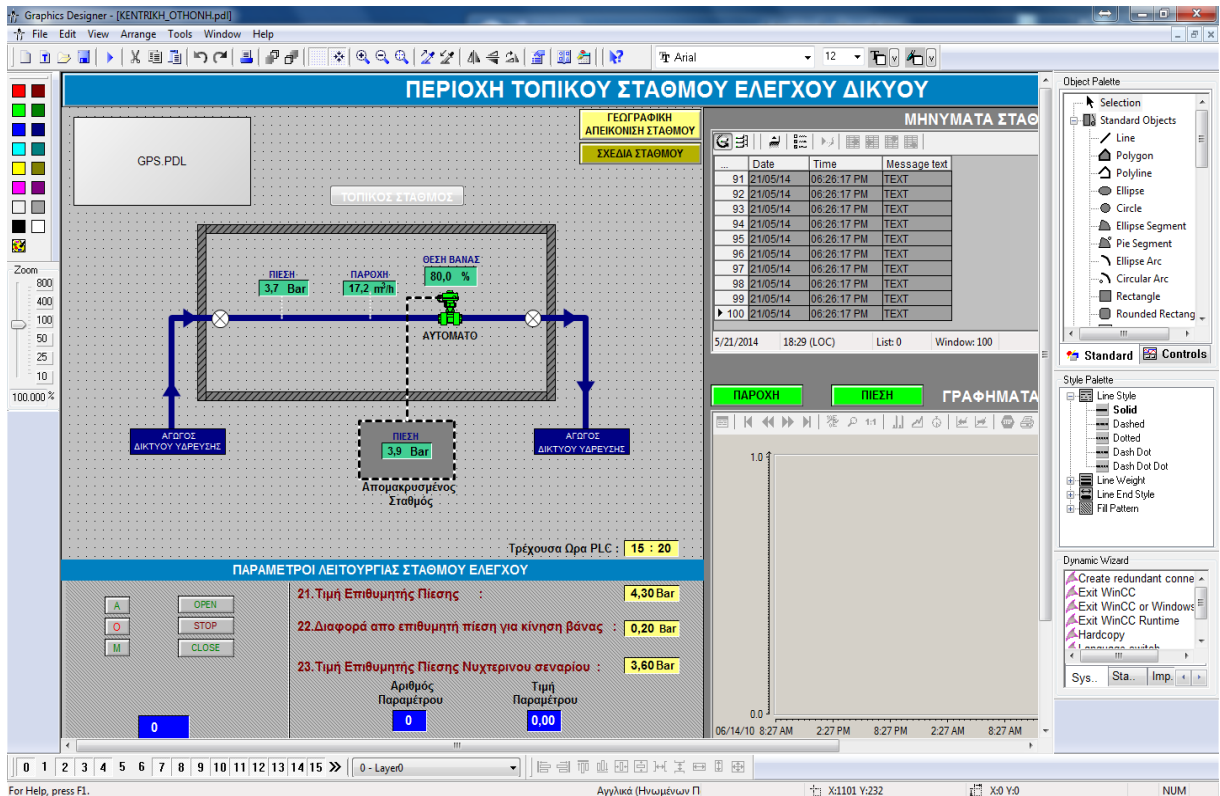


Εικόνα 6.30

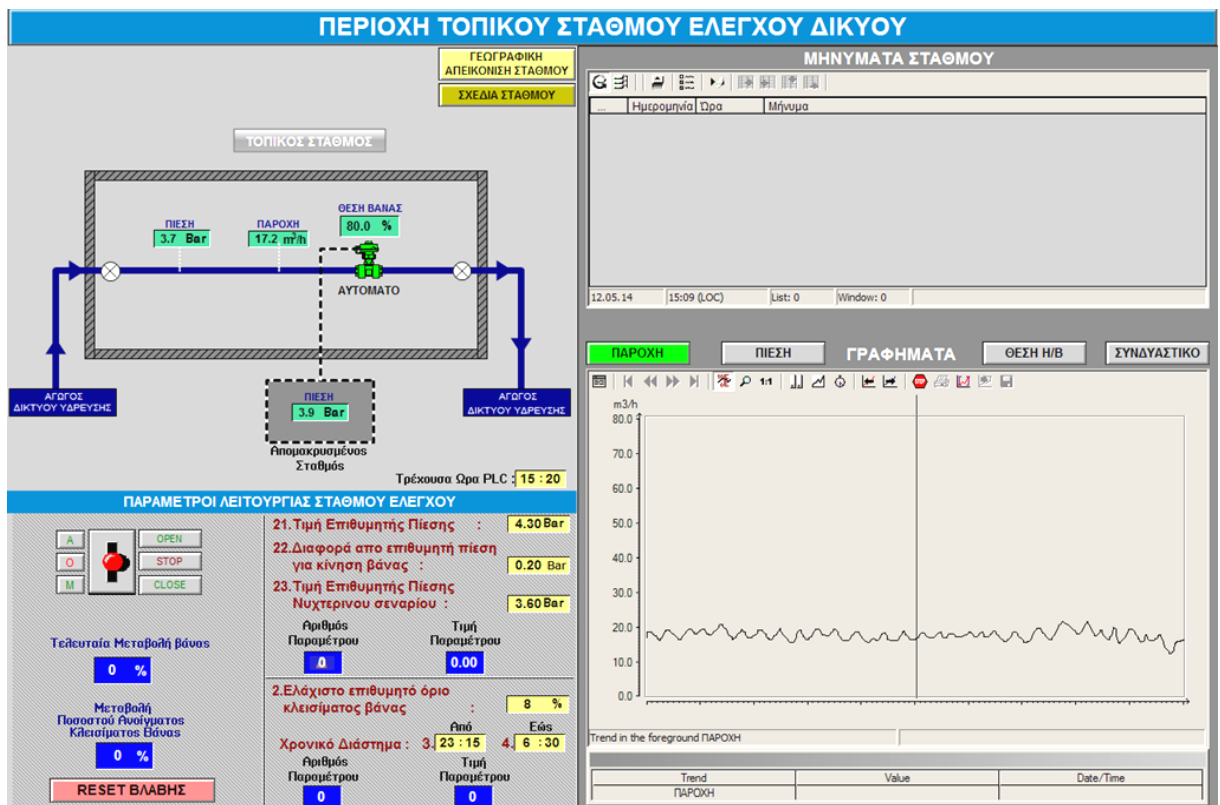


Εικόνα 6.31

Εδώ βλέπουμε την διεπαφή όπως διαμορφώθηκε και θα απεικονίζετε στην οθόνη του υπολογιστή του Κεντρικού Σταθμού (Εικόνες 6.32, 6.33).

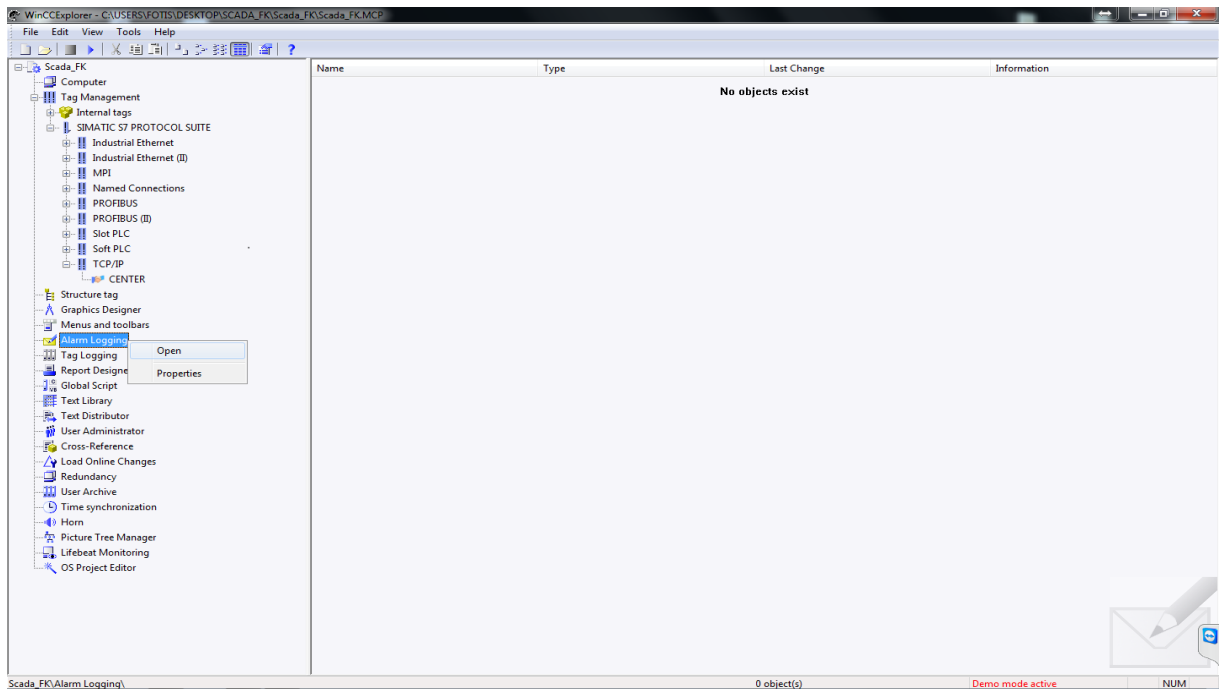


Εικόνα 6.32

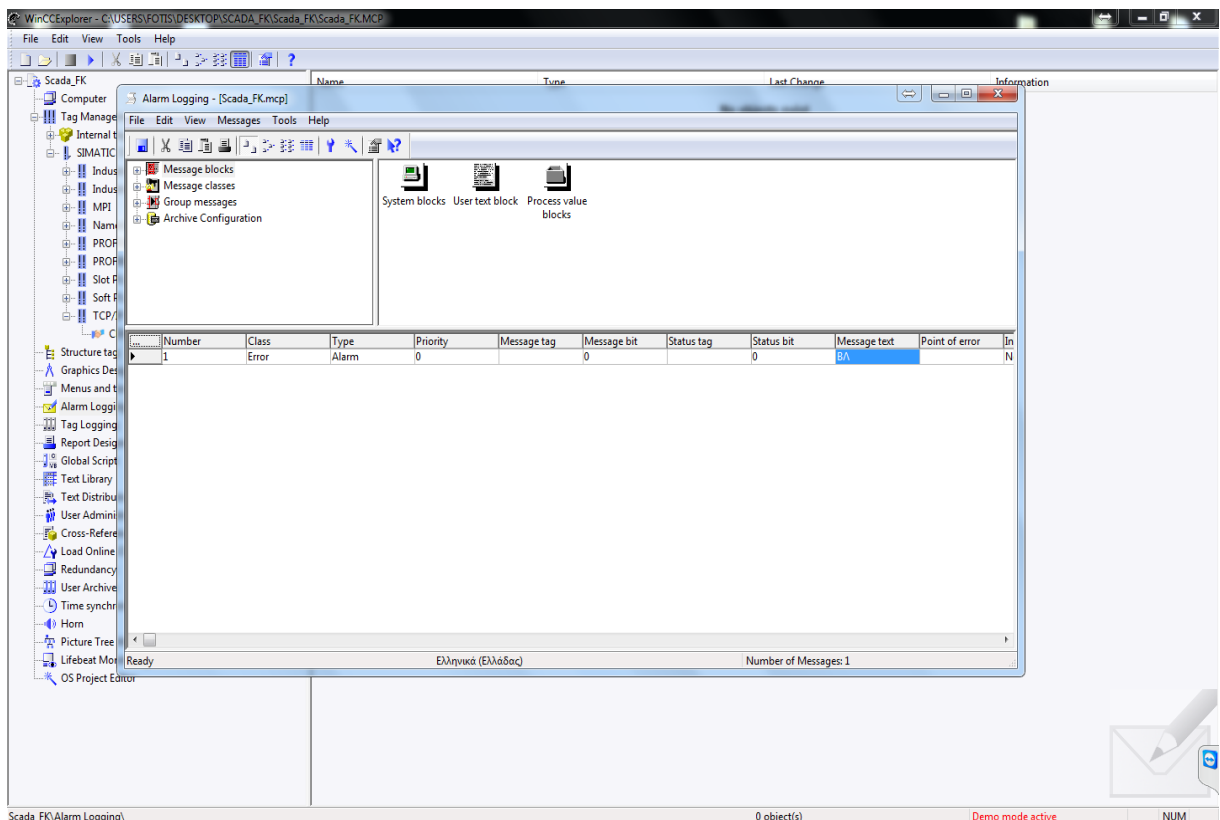


Εικόνα 6.33

Αφού δημιουργήσουμε την διεπαφή, πηγαίνουμε στην επιλογή Alarm Logging, που χρησιμεύει στη δημιουργία μηνυμάτων για την καταγραφή όλων γεγονότων που συμβαίνουν στην εγκατάσταση (Εικόνες 6.34, 6.35)

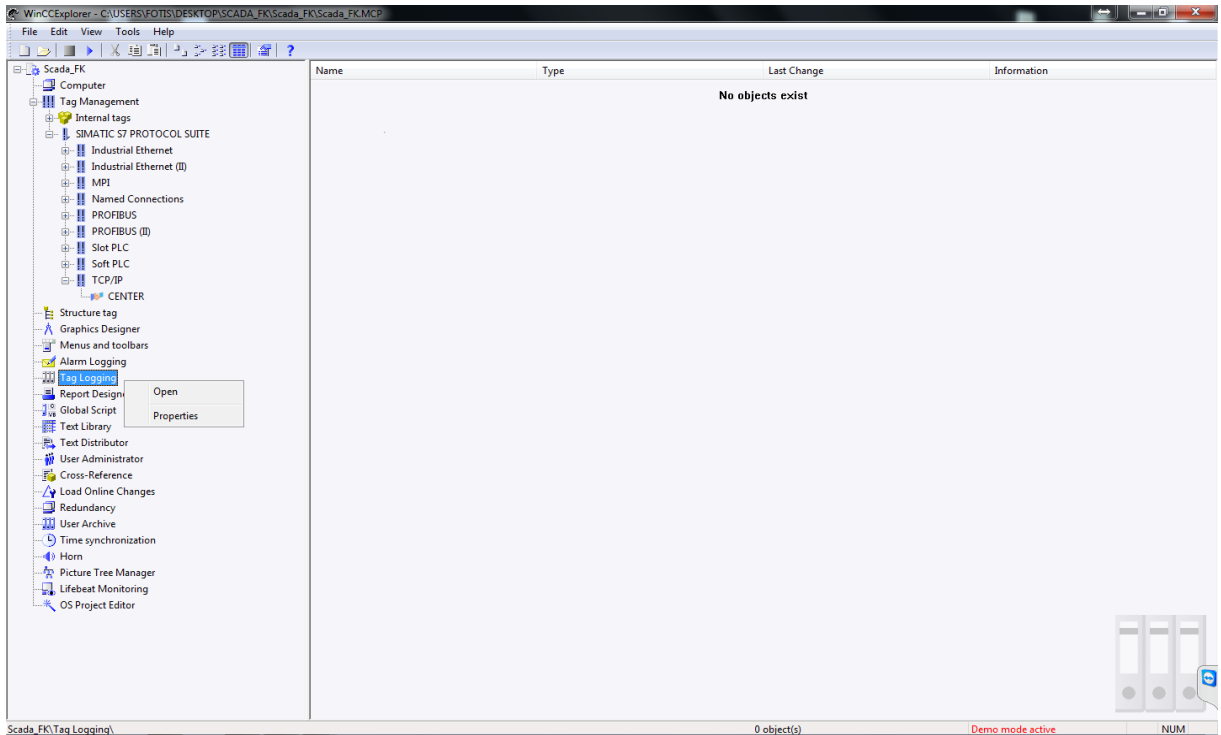


Εικόνα 6.34

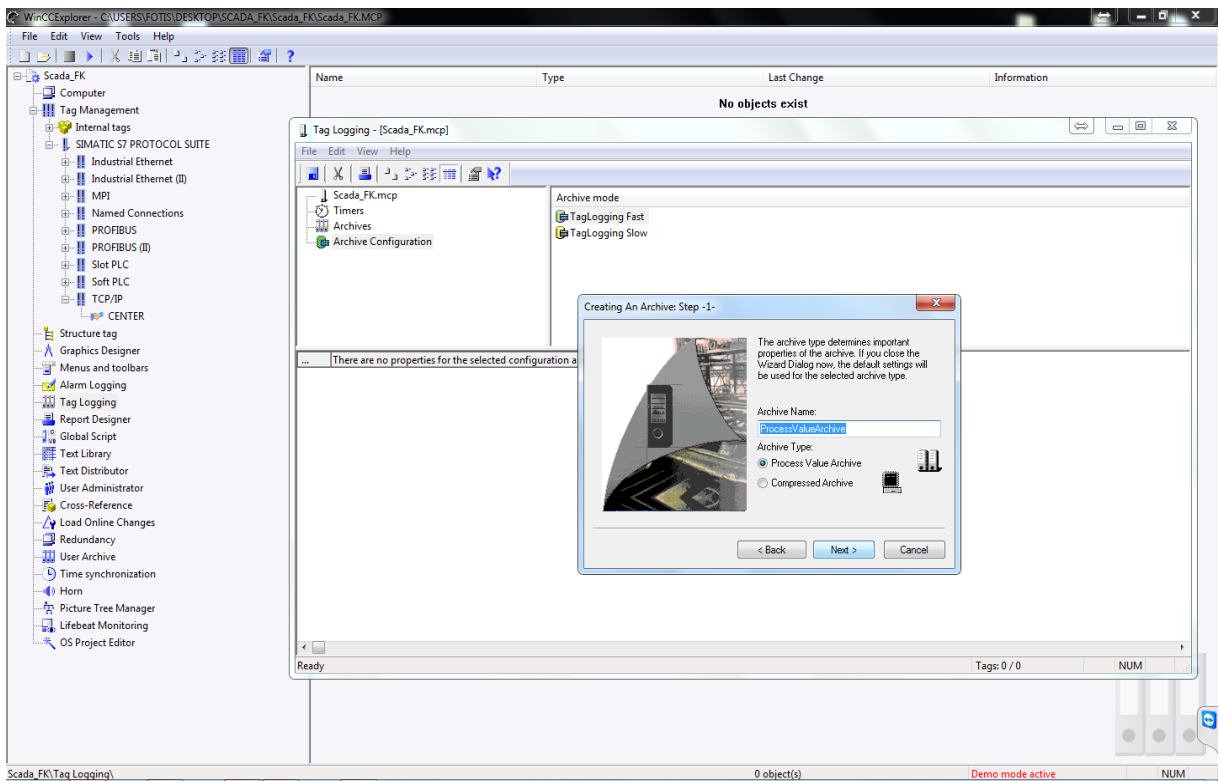


Εικόνα 6.35

Τέλος, πηγαίνουμε στην επιλογή στον Tag Logging editor, που χρησιμεύει για να γίνεται η ανάκτηση και η καταγραφή όλων των τιμών μέτρησης, π.χ. των αναλογικών οργάνων (Εικόνες 6.36, 6.37).



Εικόνα 6.36



Εικόνα 6.37

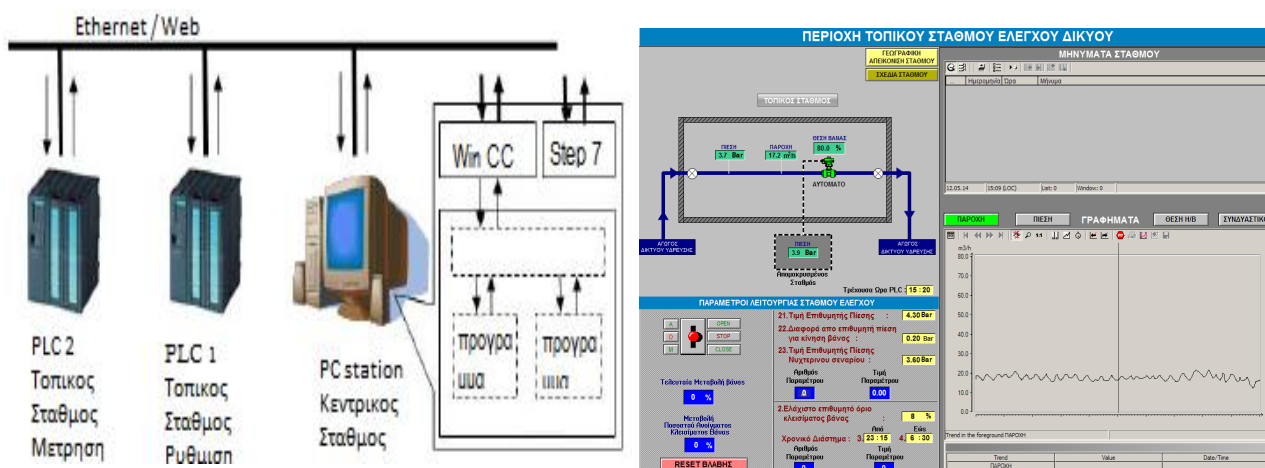
# **Κεφάλαιο 7**

**Επίλογος**

## 7.1 Εργαλεία για την υλοποίηση της εργασίας

Για την υλοποίηση της εργασίας όπως έχει προαναφερθεί στο κεφάλαιο 4 χρησιμοποιήθηκε το PLC S7-300 και συγκεκριμένα το μοντέλο 314-IFM, το τροφοδοτικό που είναι το PS-307 5A και τη κάρτα δικτύου CP 343-1 Lean (Εικόνα 7.1).

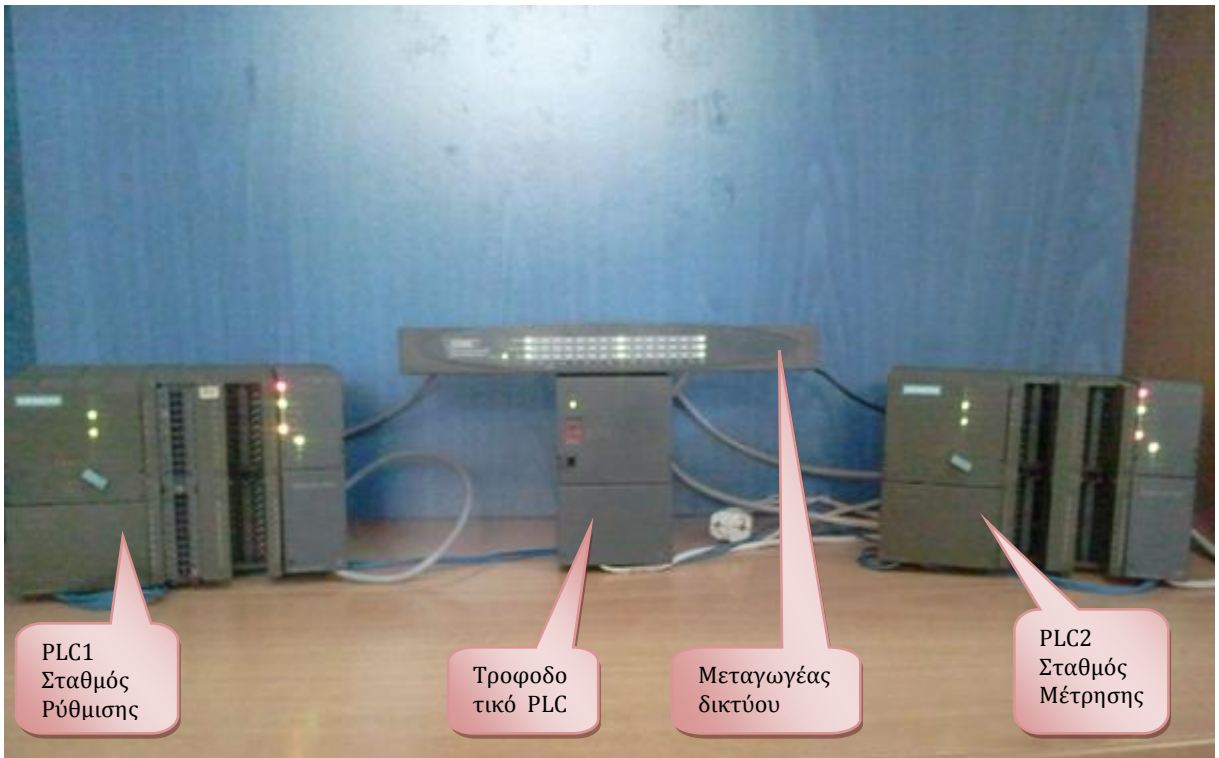
Ο προγραμματισμός τους γίνεται με το λογισμικό Simatic Step 7 v5.4, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο PC. Οι CPU των συγκεκριμένων PLC δε διαθέτουν ενσωματωμένες τις λειτουργίες σύνδεσης στο δίκτυο και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ειδικές κάρτες επικοινωνίας CP(communication processors), οι CP343-1 lean. Το PC συνδέεται στο δίκτυο μέσω της ενσωματωμένης στη μητρική πλακέτα θύρας Ethernet. Στο PC είναι επίσης εγκατεστημένα το WinCC flexible v7.0 και ο OPC Server της Siemens. Για την επικοινωνία χρησιμοποιήθηκε ένας απλός μεταγωγέας (switch).



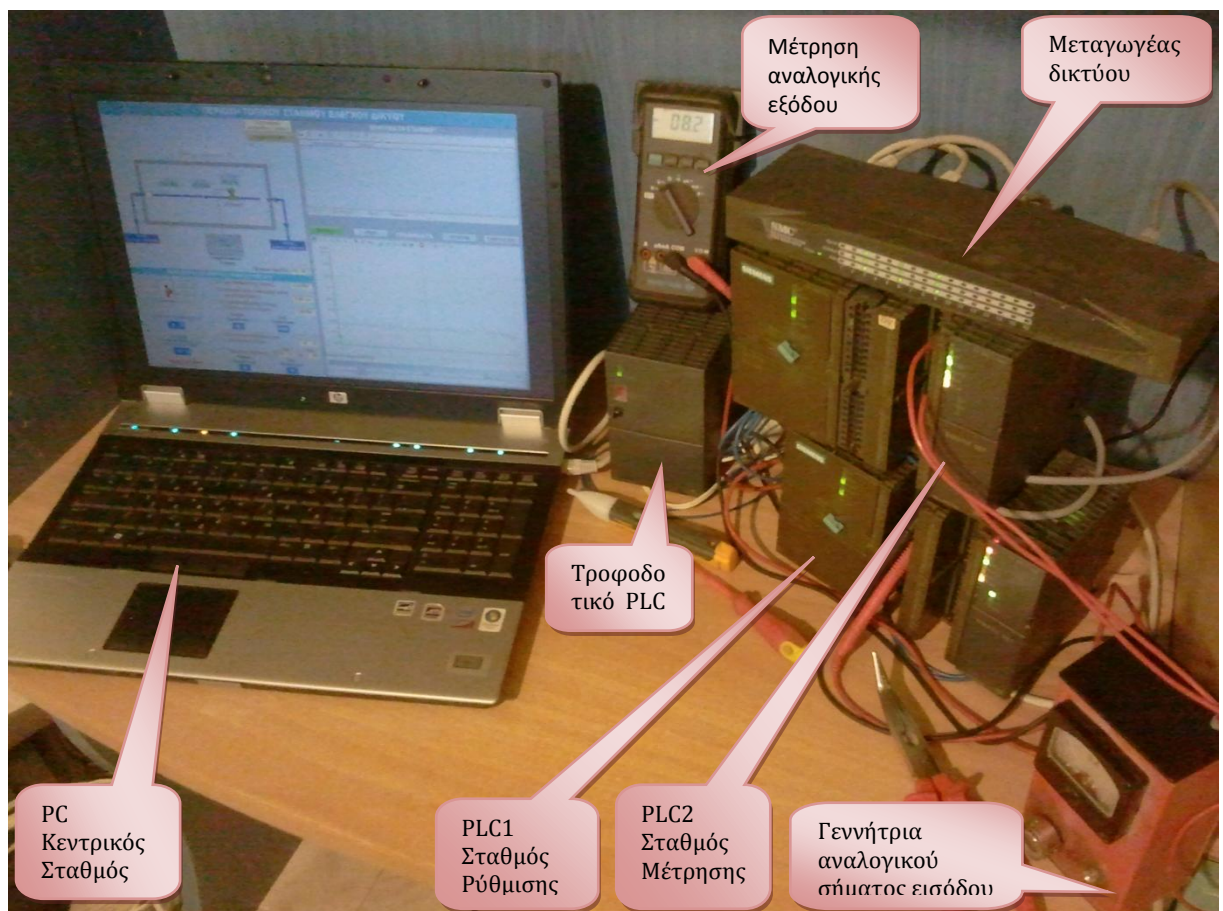
Εικόνα 7.1

Επομένως, πρώτα “στήθηκε” το δίκτυο και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις στα PLC και στο PC ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία. Έπειτα αναπτύχθηκε το πρόγραμμα αυτοματισμού στα PLC, η εποπτική οθόνη ελέγχου στο PC (Εικόνα 7.1), και υλοποιήθηκαν δοκιμαστικές λειτουργίες προσομοίωσης.

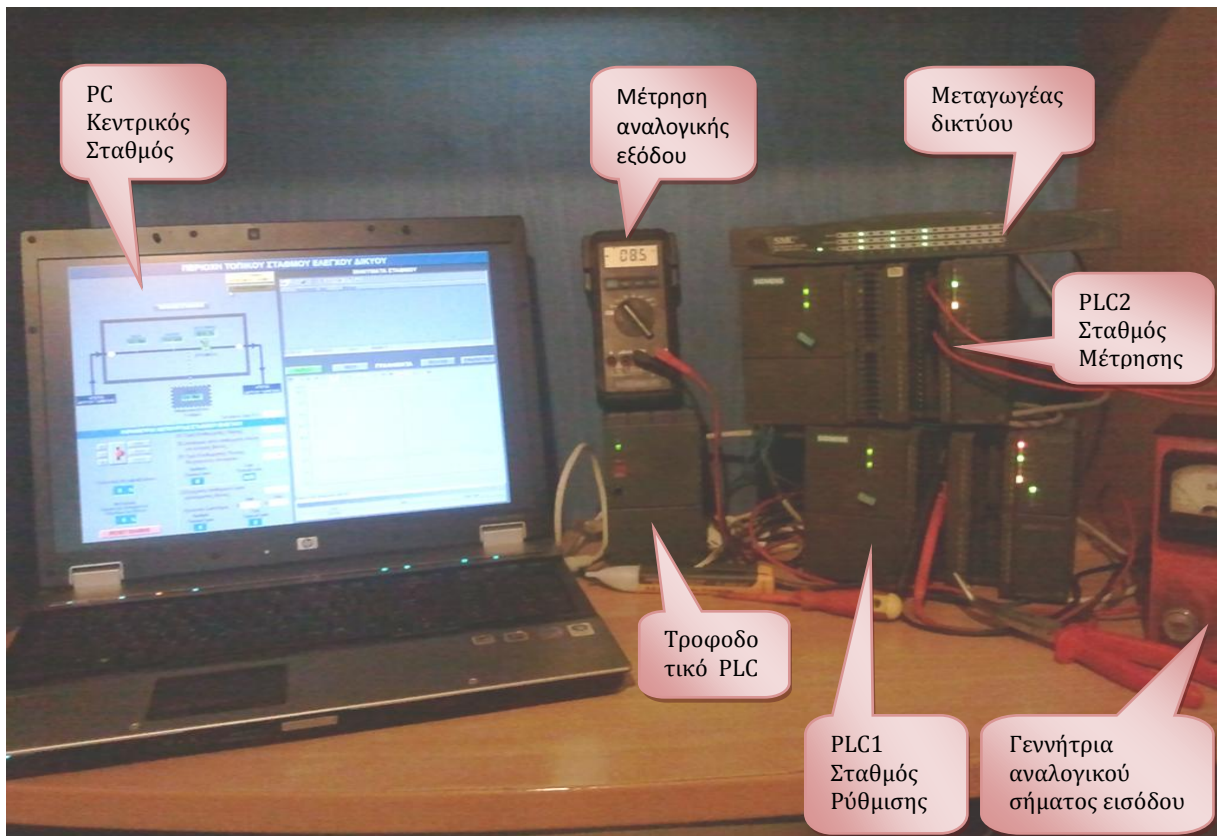
Όλα τα παραπάνω που συνιστούν το υλικό και λογισμικό της παρούσας διατριβής και φαίνονται στις πιο κάτω Εικόνες 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 στον πάγκο του εργαστηρίου.



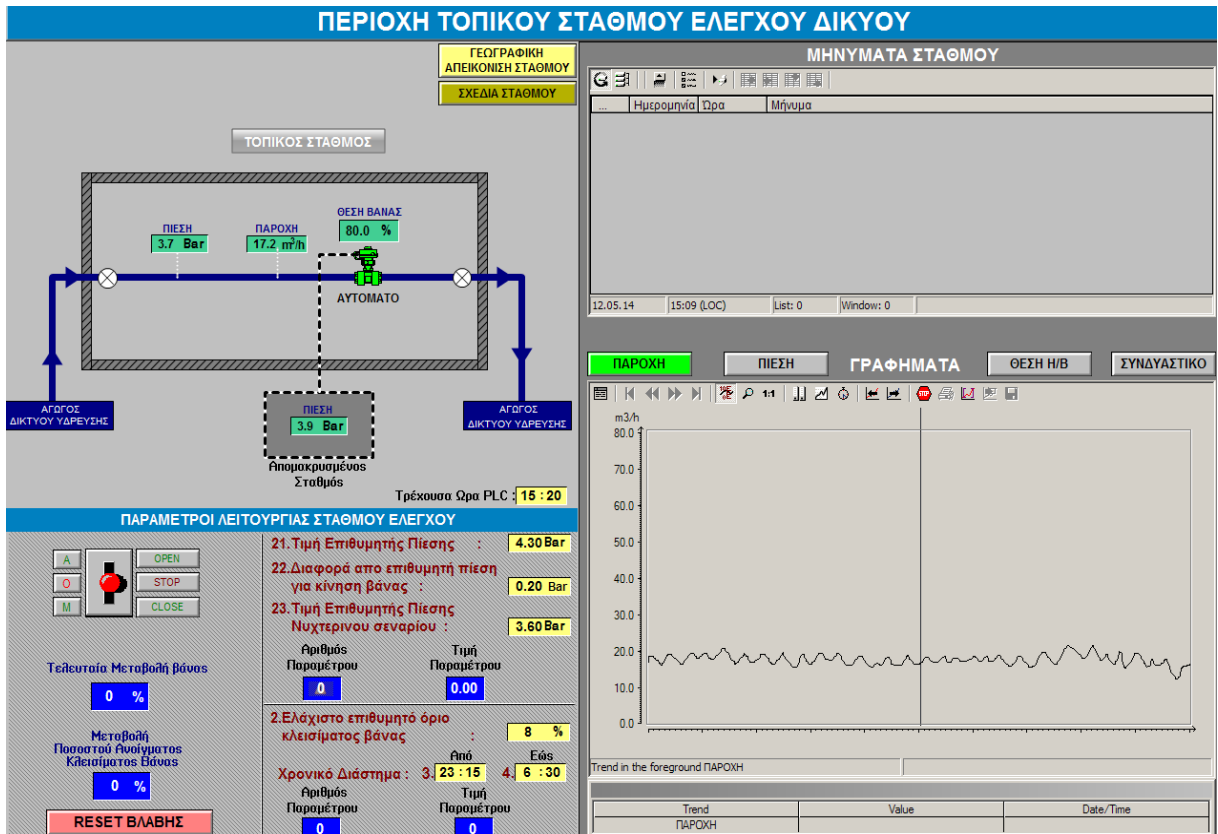
Εικόνα 7.2



Εικόνα 7.3



Εικόνα 7.4

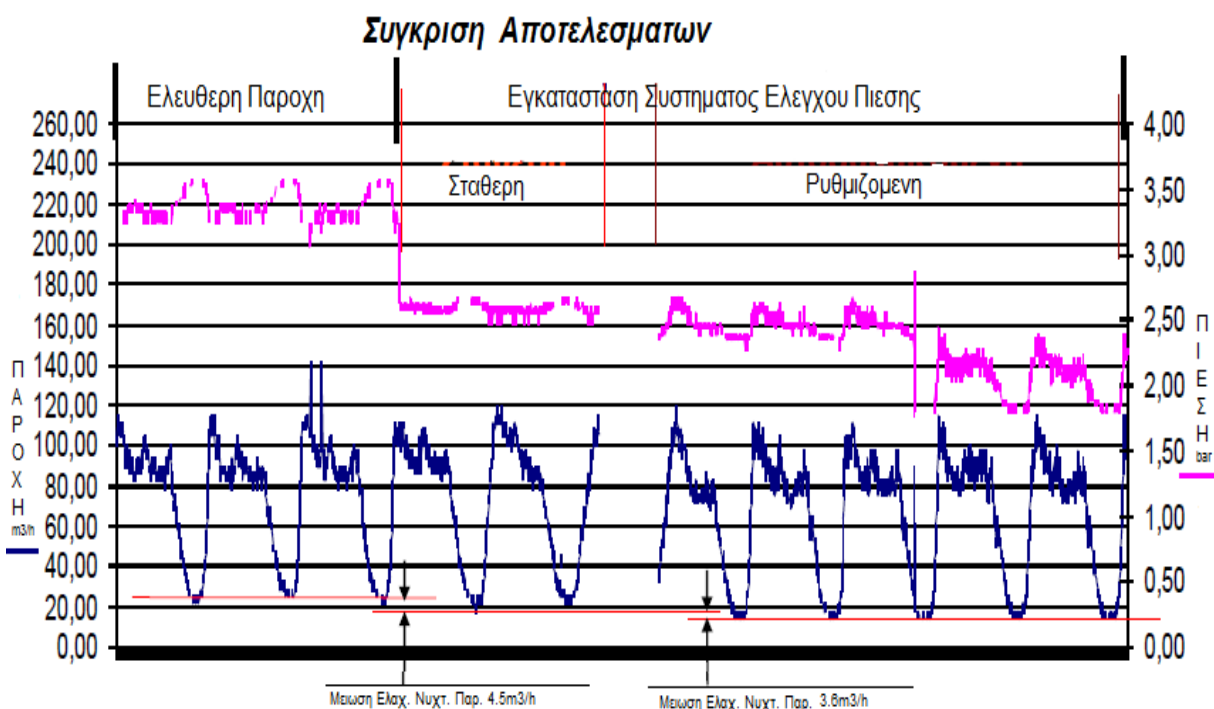


Εικόνα 7.5

## 7.2 Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

Για να ελέγξουμε και να δοκιμάσουμε τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας εξομοιώσαμε τις συνθήκες και τα όργανα ελέγχου και μέτρησης με αρκετή ακρίβεια που θα είχαμε σε ένα πραγματικό χώρο. Αυτό έγινε γιατί το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης με τα “πραγματικά” υλικά και συσκευές θα ήταν πολύ μεγάλο και επιπλέον θα χρειαζόταν και πάρα πολλές μηχανολογικές εργασίες. Οι αναλογικές είσοδοι, από τους μετρητές πίεσης και παροχής, προσομοιώθηκαν με την χρήση μιας γεννήτριας σήματος 4-20mA καθώς και ποτενσιόμετρων για την δόκιμη πιο σταθερών τιμών. Οι αναλογική έξοδος, προς την ηλεκτροκίνητη δικλείδα ρύθμισης την περνάμε μέσω ενός ψηφιακού πολύμετρου.

Η εφαρμογή του συστήματος στην πράξη μας έδωσε σημαντικά αποτελέσματα (Εικόνα 7.6). Στο πρώτο γράφημα βλέπουμε την σύγκριση αποτελεσμάτων για διάστημα ενός μήνα της πίεσης (κόκκινη γραμμή) και της παροχής (μπλε γραμμή), που έγιναν αρχικά στην πρώτη περιοχή χωρίς καμιά ρύθμιση στη ζώνη ελέγχου. Στη μεσαία περιοχή με εγκατάσταση ενός απλού μειωτή πίεσης με σταθερή έξοδο, ενώ στην τρίτη περιοχή βλέπουμε τις τιμές μετά από εγκατάσταση συστήματος ελέγχου με διαμόρφωση χρόνου. Στην δεύτερη περίπτωση εκτός από την εμφανή μείωση της πίεσης λειτουργίας διακρίνουμε μια μείωση της Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής κατά  $4,5\text{m}^3/\text{h}$  η οποία αυξήθηκε κατά επιπλέον  $3,6\text{m}^3/\text{h}$  στην τρίτη περίπτωση.



Εικόνα 7.6

Στο επόμενο διάγραμμα (Εικόνα 7.7), με τα ίδια χρώματα, βλέπουμε στην πρώτη περιοχή τις τιμές πίεσης-παροχής αφού έχουμε εφαρμόσει ρυθμιζόμενο με το χρόνο έλεγχο πίεσης, ενώ στην δεύτερη περιοχή διακρίνονται οι τιμές μετά την εφαρμογή του συστήματος διαχείρισης πίεσης κλειστού βρόγχου.



Εικόνα 7.7

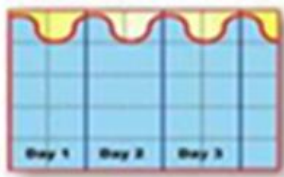
Φαίνεται λοιπόν καθαρά ότι έχουμε μια πολύ σημαντική μείωση στην πίεση λειτουργίας του δικτύου η οποία είναι σχεδόν σταθερή καθ' ολο το 24ωρο και ανεξάρτητη από τις όποιες διακυμάνσεις της ζήτησης (κατανάλωσης). Επίσης βλέπουμε ότι έχουμε μια επιπρόσθετη μείωση της τάξης των 5m<sup>3</sup>/h στην Ελάχιστη Νυκτερινή Παροχή πλέον αυτής που είχαμε στο προηγούμενο γράφημα.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος μας δείχνει το πόσο πολύτιμη βοήθεια θα δώσει η εφαρμογή στην μείωση των διαρροών και στην εξοικονόμηση πόρων (υδάτινων, οικονομικών και ανθρώπινων) σε μια επιχείρηση ύδρευσης.

## Συγκριση Αποτελεσματος

### Ελεγχος Πίεσης με Σταθερη Εξοδο

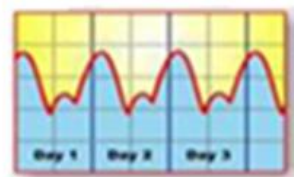
πίεση στην εισοδο του σταθμου ρυθμισης



πίεση στην εισοδο της ζωνης

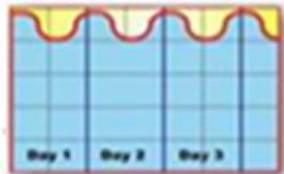


πίεση στο σταθμο μετρησης

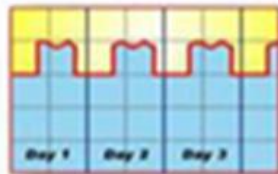


### Ελεγχος Πίεσης με Χρονοπρογραμμα

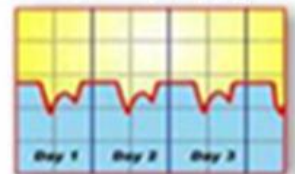
πίεση στην εισοδο του σταθμου ρυθμισης



πίεση στην εισοδο της ζωνης

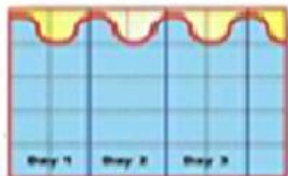


πίεση στο σταθμο μετρησης

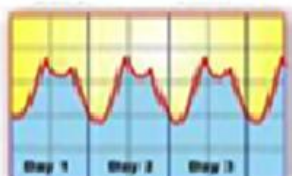


### Ελεγχος Πίεσης Κλειστου Βρογχου

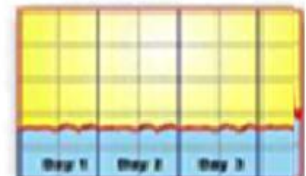
πίεση στην εισοδο του σταθμου ρυθμισης



πίεση στην εισοδο της ζωνης



πίεση στον σταθμο μετρησης



Εικόνα 7.8

Έτσι, στα παραπάνω γραφήματα (Εικόνα 7.8), βλέπουμε :

Στην πρώτη στήλη η πίεση στην είσοδο του σταθμού ρύθμισης

Στην δεύτερη στήλη η πίεση στην έξοδο του σταθμού ρύθμισης μετά την εφαρμογή συστήματος έλεγχου πίεσης

Ενώ στην τρίτη στήλη έχουμε την απεικόνιση των τιμών της πίεσης που καταγράφονται στο απομακρυσμένο/δυσμενές σημείο της ζώνης του δικτύου μετά την εφαρμογή των τριών συστημάτων ελέγχου.

Βλέπουμε λοιπόν ότι με η χρήση του συστήματος ελέγχου πίεσης κλειστού βρόγχου μας δίνει μια μειωμένη σταθερή τιμή πίεσης, όλο το 24ωρο, αποφεύγοντας τις διακυμάνσεις που τελικά προκαλούν τις θραύσεις των σωληνώσεων στο δίκτυο.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι η διαρροή νερού στο δίκτυο διανομής δεν μπορεί ποτέ να εξαλειφθεί εντελώς.

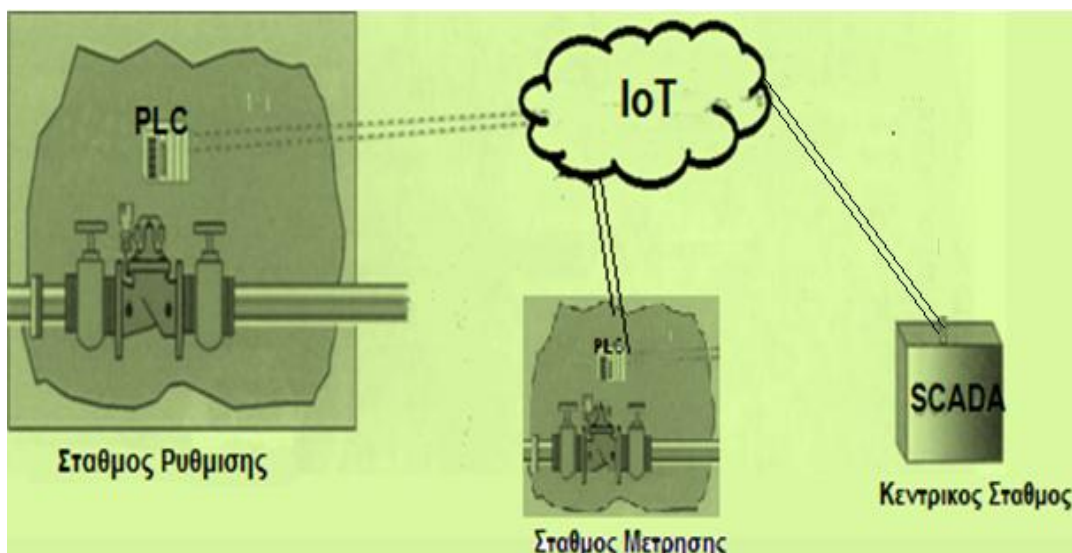
Ωστόσο, από την παρούσα διατριβή αποδεικνύουμε ότι ο συνδυασμός μιας αποτελεσματικής μεθόδου διαχείρισης των διαρροών με την τελευταία λέξη της

τεχνολογίας, μπορεί να θα έχει σημαντικές θετικές επιπτώσεις στην παροχή βοήθειας σε επιχειρήσεις ύδρευσης ώστε να μειώσουν σημαντικά τη διαρροή στα δίκτυά τους. Για τον σκοπό λοιπόν αυτό :

- ✓ Δημιουργήσαμε τους ελεγκτές συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων στους Τοπικούς Σταθμούς
  - ✓ Αναπτύξαμε το περιβάλλον διασύνδεσης μεταξύ Κεντρικού και απομακρυσμένων Τοπικών Σταθμών
  - ✓ Δημιουργήσαμε το κανάλι επικοινωνίας τους
  - ✓ Αναπτύξαμε τους απαραίτητους κώδικες στους ΜικροΗ/Υ των Τοπικών Σταθμών
  - ✓ Διαμορφώσαμε την διεπαφή χρήστη στον Η/Υ του Κεντρικού Σταθμού
- Και τέλος, κάναμε εξομοίωση – δοκιμές του συστήματος και σύγκρισή του με τις υπάρχουσες τεχνικές ελέγχου

Με την παρούσα εργασία, εκμεταλλευτήκαμε στην πράξη τις τεχνολογικές δυνατότητες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και των Διάχυτων Υπολογιστικών Συστημάτων (UbiCom).

Έτσι, αξιοποιώντας τις παραπάνω τεχνολογίες καθώς και τις δυνατότητες του μικροπολογιστικού συστήματος PLC S7-300 και με τη βοήθεια του λογισμικού εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων WinCC, εφαρμόσαμε στην πράξη το σύστημα διαχείρισης πίεσης κλειστού βρόγχου σε ένα τμήμα (ζώνη) δικτύου ύδρευσης, δημιουργώντας ένα δικτυακό σύστημα αυτομάτου ελέγχου (Εικόνα 7.9), ώστε να έχουμε την οπτικοποίηση της λειτουργίας αλλά και την συλλογή των δεδομένων της όλης διαδικασίας καθώς και να επεμβαίνουμε σε αυτήν από πολύ μακριά μέσω Internet.



Εικόνα 7.9

Με την λειτουργία αυτού του συστήματος επιδιώκουμε την επίτευξη των παρακάτω στόχων :

- ✓ Περιστολή των ετήσιων απωλειών πόσιμου ύδατος και της συνολικής κατανάλωσης, μέσω της αποτελεσματικής αντιμετώπισης των αφανών διαρροών
- ✓ Περιορισμό της επιβάρυνσης των υδατικών αποθεμάτων
- ✓ Υποστήριξη των τεχνικών υπηρεσιών για την ταχεία αντιμετώπιση των διαρροών
- ✓ Αναβάθμιση της στάθμης εξυπηρέτησης του καταναλωτή μέσω του περιορισμού της διαταραχής από αστοχίες
- ✓ Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των αντλιοστασίων και των γεωτρήσεων
- ✓ Η συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων για μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό και προγραμματισμό της λειτουργίας του δικτύου
- ✓ Η αυξημένη ασφάλεια στη λειτουργία των εγκαταστάσεων του δικτύου.

Το θέμα της διατριβής είναι εφικτό και συγκεκριμένο και αποτελεί δυναμικό συνδυασμό ακαδημαϊκής σημαντικότητας και πρακτικού ενδιαφέροντος. Είναι μια εφαρμογή υλικού και λογισμικού για τον έλεγχο λειτουργιών και διαδικασιών, καθώς και τη συλλογή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από απομακρυσμένες εγκαταστάσεις, προκειμένου να βελτιστοποιήσει την διαχείριση πίεσης και τις απώλειες υδάτινων πόρων σε ένα δίκτυο ύδρευσης. Αποδίδει μια μελέτη περίπτωσης που χρησιμοποιεί ένα ειδικό παράδειγμα δικτύου ύδρευσης, αφενός για να ενημερώσει στην θεωρητική προσέγγιση του Internet of Things και των διαδικτυακών συστημάτων εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων, και αφετέρου να προτείνει μια λύση εφικτή, ρεαλιστική και πρωτότυπη, στην ποικιλία των προβλημάτων που υπάρχουν στην διαχείριση της πίεσης στις επί μέρους ζώνες ενός δικτύου, παρουσιάζοντας την δομή και τον προγραμματισμό ενός συστήματος ελέγχου πίεσης κλειστού βρόγχου.

Είναι επιτακτική η ανάγκη για την εύρεση τεχνολογικών λύσεων για την μείωση των απωλειών υδάτινων πόρων. Η νοοτροπία για περιβαλλοντική συνείδηση σε συνδυασμό με επιλογή νέων τεχνολογιών θα καταστήσει δυνατή την εξέλιξη των Επιχειρήσεων και των Φορέων Ύδρευσης, καθώς και φέρει την χώρα μας στα επίπεδα εξοικονόμησης των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών.

# Βιβλιογραφία

## Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Θ. Γαλλιανός. «Έλεγχος διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης», Τεχνική Επιθεώρηση, 2000.
2. Βασίλης Κανακούδης. «Διαχείριση Δικτύων Ύδρευσης», Εισήγηση Συνεδρίου, Βόλος, 2013.
3. «MicroCorr6. Εντοπιστής αφανών διαρροών. Εγχειρίδιο οδηγιών και λειτουργίας», SigmaHellas Ltd, 2000.

## Ξένη Βιβλιογραφία

1. Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito. «The Internet of Things: A survey» COMPNW 4247 , May 2010
2. Harald Sundmaeker, Patrick Guillemin, Peter Friess, Sylvie Woelfflé.: «Vision and Challenges for Realising the Internet of Things». CERP-IoT, 2010
3. Frédéric Thiesse, Florian Michahel les.: «Building the Internet of Things Using RFID». 1089-7801/09, IEEE, 2009
4. Stefan Poslad. «Ubiquitous Computing». WILEY, 2009
5. Ashton, K. «That 'Internet of Things' Thing». RFID Journal, [www.rfidjournal.com/article/print/4986](http://www.rfidjournal.com/article/print/4986), (2009).
6. Floerkemeier, C., Langheinrich, M., Fleisch, E., Mattern, F., Sarma, S.E.: (eds.) «The Internet of Things». First International Conference, IOT 2008, Springer (2008)
7. Frank, C., Bolliger, P., Mattern, F., Kellerer, W.: «The Sensor Internet at Work». Pervasive and Mobile Computing (2008)
8. Guinard, D., Trifa, V., Wilde, E.: «Architecting a Mashable Open World Wide Web of Things». TR CS-663 ETH Zurich, [www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/WoT.pdf](http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/WoT.pdf) (2010)
9. International Telecommunication Union: «The Internet of Things». ITU (2005)
10. Platt and Summers N.R., 2000. «A step change in leak detection - permanent monitoring of the distribution network», Severn Trent Water, U.K.

11. McKenzie, R., Wegelin, W. and Rohner, K. , 2000 «Leakage Reduction Through Pressure Management in the Greater Johannesburg Area». American Water Works Association Annual conference, Denver, Colorado. June 11 to 15, 2000.
12. McKenzie, R., Mostert, H and Wegelin, W., 2003 « Leakage Reduction through Pressure Management in Khayelitsha, Western Cape: South Africa». Paper presented at the Australian Water Association Annual Conference, Perth, 7-10 April, 2003.
13. Meyer, N, Wright, D, Engelbrecht, M (2009). «Large scale pressure management implementation in the City of Cape Town». IWA Water Loss Conference (04/09).
14. Water Research Commission., 2001 «Development of a pragmatic approach to evaluate the potential savings from pressure management in potable water distributions in South Africa» : PRESMAC. Report TT152/01 published by the South African Water Research Commission, July 2001. ISBN No. 1 86845 722 2
15. H. Berger. «Automating with STEP 7 in STL and SCL: programmable controllers SIMATIC S7-300/400». John Wiley & Sons, 2007.
16. H. Berger. «Automating with SIMATIC: Controllers, Software, Programming, Data Communication Operator Control and Process Monitoring». Publicis, 2009.
17. SIEMENS SIMATIC, «Working with STEP 7 V5.1», Getting Started
18. SIEMENS SIMATIC, «Standard Software for S7-300 and S7-400 PID Control», C79000-G7076-C516-01, 05/1996
19. Programming, Manual, C79000-G7076-C504-02, 0 5/1996
20. SIEMENS SIMATIC NET, «S7-CPs for Industrial Ethernet Manual». Part B,
21. SIEMENS, «TCP/IP Unsolicited Ethernet Device Driver», Kepware Technologies, 5/2009

## Ιστοσελίδες

1. Dr. Florian Michahelles. «Aspects of the Internet of Things». Lecture 2012 (<http://www.im.ethz.ch/education/FS12/iot lec> )

2. European Commission: «Internet of Things - An action plan for Europe».COM(2009), ([http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2009/com2009\\_0278en01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2009/com2009_0278en01.pdf))
3. «Internet of Things Applications». ( <http://postscapes.com/internet-of-things-examples/> )
4. «Internet of Things at Work», Consortium. (<https://www.iot-at-work.eu/>)
5. «The "Internet of Things" for industrial applications». TUM & Siemens Corporate Technology. ([http://www.db.in.tum.de/teaching/ws1314/industrialIoT/IoT\\_Seminar\\_topics.pdf?lang=en](http://www.db.in.tum.de/teaching/ws1314/industrialIoT/IoT_Seminar_topics.pdf?lang=en)).