



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μ.Π.Σ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ & ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

**ΛΕΦΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

Επιβλέπων Καθηγητής: ΛΕΚΚΑΣ Θ.

ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2004

## **ΕΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ**

**“..... στους γονείς μου, που με στήριξαν  
όλα αυτά τα χρόνια....”**

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής, και κυρίως:

τον κ. Θεμιστοκλή Λέκκα, για την ανάθεση του θέματος, τον κ. Παναγιώτη Παρασκευά για την διόρθωση της εργασίας και τις συμβουλές του, τον κ. Γεώργιο Κόκκορη για τις εύστοχες παρατηρήσεις του, τον κ. Σωτήρη Βασίλαρο, χημικό μηχανικό της Μ.Ε.Υ.Α Μυτιλήνης καθώς και όλο το προσωπικό της μονάδας Μυτιλήνης για την άψογη συνεργασία και παροχή πολύτιμου υλικού. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βανδίκη Γιώργο, Ηλ/γο μηχανικό Δ.Ε.Υ.Α Κοζάνης, για την αποστολή υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην πτυχιακή. Επίσης την συνάδελφο Κωνσταντίνου Μαρία, για τα αντίγραφα μελέτης Μ.Ε.Υ.Α Κορίνθου-Λουτρακίου και τον συνάδελφο Δαμιανό Παντελή για την παραχώρηση του ερωτηματολογίου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΛΕΦΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

### ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Σκοπός της παρούσας διατριβής, είναι η παρουσίαση του αυτομάτου ελέγχου που εφαρμόζεται σε Μ.Ε.Υ.Α. καθώς και μελέτη αυτοματισμού για μία τέτοια μονάδα.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι αισθητήρες και τα όργανα που χρησιμοποιούνται, το πως λειτουργούν και συνδέονται. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση για τα PLC, τις δυνατότητές τους και τις τοπολογίες δικτύων. Το τρίτο κεφάλαιο, αφορά το SCADA. Αναλύεται το τι είναι, πώς χρησιμοποιείται και τι δυνατότητες έχει. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια μελέτη εφαρμογής αυτοματισμού, με βάση τη σχεδίαση μιας υποθετικής μονάδας για πληθυσμό 130.000 κατοίκων. Η πλήρης μελέτη με την διαστασιολόγηση και τους υγειονομολογικούς υπολογισμούς υπάρχει στο παράρτημα της διατριβής. Αναλύεται κάθε στάδιο της μονάδας καθώς και το τι εξοπλισμός πρέπει να τοποθετηθεί, όσον αφορά τον αυτοματισμό. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται μια πρόταση για ένα έξυπνο λογισμικό, που θα μπορεί να διαχειρίζεται καλύτερα μια μονάδα. Θα μπορεί να τρέχει σενάρια, να παράγει μια πλήρη βάση δεδομένων με στατιστικά στοιχεία, να κάνει προβλέψεις, καθώς και να διαθέτει έξυπνους οδηγούς για την αντιμετώπιση προβλημάτων. Εδώ, και στα χρονικά πλαίσια της διατριβής, δημιουργήθηκε ένα μικρό πρόγραμμα όσον αφορά τους οδηγούς επίλυσης προβλημάτων.

**Λέξεις Κλειδιά:** Μονάδες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων, ΜΕΥΑ, αυτοματισμοί, SCADA, αυτόματος έλεγχος.

## ABSTRACT

LEFAKIS ATHANASIOS

### AUTOMATION IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS

The present dissertation aims at presenting the automatic control used in wwtp and examining the automation for this kind of plants.

The first chapter, presents the sensors and instruments used. Main emphasis is given on the way they function and are connected. The second chapter presents briefly the PLCs, their capabilities along with their network topologies. The third chapter, comprises an analysis of what SCADA is, its usage and its capabilities. In the fourth chapter, a automation design is analysed which it is based on the design for a theoretical plant for 130,000 population. Moreover, it analyses each plant stage and the kind of equipment suitable for installation regarding automation. The final chapter, proposes a smart software, which will be able to manage a plant more efficiently. It will be able not only to run scenarios and produce a complete database with statistical figures but will also predict and suggest solutions based on smart wizards. A small program regarding the wizards, has been created within the time limits of this dissertation.

**Keywords:** WWTP, Waste water treatment plant, process control, automation, SCADA

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.</b>	<b>Αισθητήρια και όργανα μέτρησης.....</b>	<b>9</b>
1.1.	Εισαγωγή .....	9
1.2.	Σφάλμα.....	9
1.3.	Ευαισθησία .....	10
1.4.	Τροφοδοσία.....	10
1.5.	Σύνδεση.....	10
1.6.	Μέτρηση Στάθμης Υγρών .....	11
1.6.1.	Αισθητήρας πλήρωσης με φλοτέρ .....	11
1.6.2.	Πυκνωτικός αισθητήρας στάθμης.....	12
1.6.3.	Υπερηχητικός αισθητήρας στάθμης .....	13
1.7.	Μέτρηση Παροχής.....	15
1.7.1.	Μέτρηση Παροχής Ανοικτού Καναλιού-Δίαυλος Parshall .....	15
1.8.	Μέτρηση Παροχής Κλειστού Αγωγού.....	17
1.8.1.	Μαγνητικά Παροχόμετρα .....	18
1.8.2.	Υπερηχητικοί Μετρητές Παροχής.....	19
1.8.3.	Μετρητές Παροχής Doppler .....	20
1.9.	Μέτρηση pH .....	22
1.10.	Μέτρηση Διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.) .....	27
1.11.	Μέτρηση BOD-M3 .....	30
1.12.	Μέτρηση Αιωρούμενων Στερεών (SS).....	31
1.13.	Αισθητήρες Πίεσης .....	32
1.14.	Αυτοκαθαριζόμενα Όργανα.....	33
1.15.	Σύνθετα Όργανα .....	33
1.16.	Συντήρηση-Καλιμπράρισμα .....	34
<b>2.</b>	<b>PLCs.....</b>	<b>36</b>
2.1.	Εισαγωγή .....	36
2.2.	Το PLC.....	36
2.3.	Σύνδεση των αισθητήρων .....	39
2.4.	Επικοινωνίες .....	41
2.4.1	Σύνδεση HART.....	42
2.4.2	Ψηφιακή Σύνδεση.....	43
2.4.3	Σύνδεση LAN .....	45
2.5.	Ασύρματες Ζεύξεις .....	46
2.6.	Τα PLC σε δίκτυο .....	46
2.7.	Δίκτυο σε Μονάδες MEYA .....	47
<b>3.</b>	<b>SCADA.....</b>	<b>49</b>
3.1	Εισαγωγή .....	49
3.2	HMI .....	49
3.3	Μιμικό Διάγραμμα .....	50
3.4	Το SCADA .....	51
3.5	OPC Server .....	54
3.6	Δημιουργώντας Projects .....	55
<b>4.</b>	<b>Μελέτη Αυτοματισμού Μ.Ε.Υ.Α.....</b>	<b>60</b>
4.1	Εισαγωγή .....	60

4.2	Δεδομένα.....	60
4.3	Δίκτυο Λυμάτων .....	61
4.4	Μονάδα Επεξεργασίας υγρών Αποβλήτων .....	63
4.5	Προεπεξεργασία.....	63
4.6	Εξάμμωση .....	64
4.7	By-Pass .....	66
4.8	Μέτρηση Θρεπτικών.....	67
4.9	Μεριστής.....	67
4.10	Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης .....	67
4.11	Μεριστής.....	68
4.12	Μέτρηση Παροχής.....	68
4.13	Δεξαμενή Βιολογικής Επεξεργασίας .....	68
4.14	Αερισμός .....	69
4.15	Όργανα Ελέγχου .....	69
4.16	Μεριστής.....	70
4.17	Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας καθίζησης .....	70
4.18	Μεριστής.....	71
4.19	Μέτρηση Παροχής.....	71
4.20	Μέτρηση θρεπτικών.....	71
4.21	Χλωρίωση .....	72
4.22	Βιομηχανικό Νερό .....	72
4.23	Πύκνωση Ιλύος .....	74
4.24	Αναερόβια Χώνευση.....	74
4.25	Ταινιοφιλτρόπρεσσα .....	75
4.26	H/Z.....	75
4.27	Επιλογή PLCs .....	76
<b>5</b>	<b>Πρόταση Λογισμικού για πρόληψη και αντιμετώπιση Λειτουργικών Προβλημάτων ΜΕΥΑ.....</b>	<b>79</b>
5.1	Οργάνωση .....	80
5.2	Η Βάση Δεδομένων .....	81
5.3	Το πρόγραμμα .....	82
5.4	Προγραμματίζοντας.....	84
5.5	Επέκταση .....	86
	Συμπεράσματα .....	88
	Βιβλιογραφία .....	90
	Παραρτήματα.....	93



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

## Αισθητήρια και Όργανα Μέτρησης

### 1.1 Εισαγωγή

Για την σωστή λειτουργία της μονάδας, απαιτούνται συνεχείς μετρήσεις και επιτήρηση. Τα αισθητήρια είναι αυτά που θα μετατρέψουν φυσικά μεγέθη σε ηλεκτρικό σήμα, κατάλληλο για απεικόνιση από όργανο ή για επεξεργασία από PLC.

Η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται, στο μεγαλύτερο μέρος της, από την ικανότητα του αισθητήρα να ανταποκρίνεται στην μεταβολή του προς μέτρηση μεγέθους. Η απόκριση αυτή πρέπει να είναι σταθερή και ανάλογη με την μεταβολή του μεγέθους. Για τον λόγο αυτό, η ακρίβεια, αξιοπιστία και ευαισθησία ενός οργάνου, βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στα χαρακτηριστικά που έχει ο αισθητήρας του. Στις περισσότερες περιπτώσεις, κατασκευαστικά είναι αδύνατο ένας αισθητήρας να μπορεί να δώσει ακριβή μέτρηση για μεγάλο εύρος κλίμακας. Έτσι, ο κατασκευαστής δίνει μια περιοχή της κλίμακας (περιοχή μέτρησης), όπου εγγυάται για την ακρίβεια και αξιοπιστία. Όπου χρειάζεται μεγαλύτερο εύρος, γίνεται χρήση περισσοτέρων του ενός αισθητηρίων, ο συνδυασμός των οποίων δίνει μια μεγάλη κλίμακα.

Ο αισθητήρας από μόνος του δεν μπορεί να δώσει κάποια ικανή έξοδο. Συνδέεται σε κύκλωμα που αλλάζει κάποιο στοιχείο της συμπεριφοράς του, όπως είναι μια τάση, η ένταση ή η συχνότητα λειτουργίας του, αναλόγως της συμπεριφοράς και του στοιχείου που είναι κατασκευασμένο ο αισθητήρας. Για παράδειγμα, αισθητήρας για μέτρηση στάθμης, λειτουργεί και συμπεριφέρεται ως πυκνωτής, ενώ ένας μαγνητικός αισθητήρας για μέτρηση ροής θα δώσει στην έξοδο συχνότητα. Το κύκλωμα εκτελεί και το ρόλο ενός ενισχυτή, όπου τελικά η έξοδος είναι ανάλογη της μεταβολής του μετρούμενου μεγέθους.

Η έξοδος είναι της τάξης των mA ή mV, ενώ σε μερικές περιπτώσεις συναντάμε και τιμές λίγων Volt. Τυποποιημένες κλίμακες είναι:

- 4-20 mA (DC),
- 10-50 mA (DC),
- 0-1 V (DC)
- 0-5 V (DC),
- 0-10 V (DC).

Μερικοί κατασκευαστές μπορεί να μην ακολουθήσουν τις τυποποιημένες κλίμακες, αλλά να δώσουν, αν κρίνουν σκόπιμο, δικές τους. Ακόμα μπορεί να έχουν σαν έξοδο ένα πρωτόκολλο δικτύου που υποστηρίζεται μονάχα από την κατασκευάστρια εταιρία. Ο λόγος που το κάνουν, είναι για να αναγκάσουν τον τεχνικό να αγοράσει τη σειρά των προϊόντων τους που είναι συμβατά, αφού υλοποιήσεις από ανταγωνιστικές εταιρίες δεν θα μπορούν να συνδεθούν με τον συγκεκριμένο αισθητήρα.

### 1.2 Σφάλμα

Κάθε όργανο έχει ένα σφάλμα ως προς την μέτρηση που πραγματοποιεί. Ο κατασκευαστής δίνει μια έκταση τιμών, όπου οι μετρήσεις είναι αποδεκτές και αξιόπιστες. Το σφάλμα του οργάνου εξαρτάται από την τεχνολογία μέτρησης που χρησιμοποιεί και από τα όρια που δίνει ο κατασκευαστής. Το σφάλμα δίνεται από ένα % ποσοστό επί της κλίμακάς του. Για παράδειγμα, δίνει κατασκευαστής ότι το όργανο έχει σφάλμα  $\pm 0.3\%$  για όλη την κλίμακα. Αν μετρήσουμε π.χ θερμοκρασία  $18.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , τότε η ακρίβεια που έχουμε είναι:  $18.7 \cdot (0.3/100) = 0.0561$  άρα ελάχιστη/μέγιστη τιμή είναι: 18.6439 και 18.7561 . Σε διαφορετικές περιπτώσεις, ο κατασκευαστής δίνει έτοιμα τα μεγέθη του σφάλματος για κάθε κλίμακα. Για παράδειγμα, όργανο μέτρησης pH, δίνει ότι έχει σφάλμα  $\pm 0.2$  μονάδες για κλίμακα από 0-14 μονάδες.

### 1.3 Ευαισθησία

Ως ευαισθησία χαρακτηρίζεται η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή που χρειάζεται το όργανο ώστε να πραγματοποιήσει μια μέτρηση. Η ευαισθησία συναντάται πολλές φορές ως η ακρίβεια που έχει το όργανο, ή το βήμα της μέτρησης. Δίνεται σε μονάδες, π.χ για μέτρηση pH δίνει ο κατασκευαστής ευαισθησία 0.1 μονάδες. Όσο μεγαλύτερη ευαισθησία διαθέτει ένα όργανο, τόσο πιο ακριβείς μετρήσεις μπορούμε και πραγματοποιούμε. Βέβαια, για μετρήσεις που δεν έχει μεγάλη σημασία η ακρίβεια αλλά περισσότερο απαιτούμε μια ένδειξη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όργανα με μικρή ευαισθησία. Άλλωστε, όργανα με μεγάλη ευαισθησία, δίνουν συνεχώς μεταβαλλόμενο αποτέλεσμα, όταν το μετρούμενο φυσικό μέγεθος αυξομειώνεται γρήγορα, κάνοντας δύσκολη την χειροκίνητη καταγραφή. Έτσι, για μεγέθη που απαιτούμε μονάχα ένδειξη (π.χ τάση, ένταση σε έναν πίνακα), συναντάμε όργανα μετρήσεων που έχουν μικρή ευαισθησία.

### 1.4 Τροφοδοσία

Η συνηθισμένη τροφοδοσία για τους περισσότερους αισθητήρες, είναι τα 12 ή 24V dc. Ορισμένοι κατασκευαστές μπορεί να χρησιμοποιήσουν κάποια άλλη τιμή τάσης ή ακόμα να τροφοδοτούνται απ'ευθείας με τάση δικτύου. Για την ακρίβεια της μέτρησης, τα ηλεκτρονικά του αισθητήρα μπορούν και παράγουν μια τάση ακριβείας, που χρησιμοποιείται ως τάση αναφοράς. Με αυτό τον τρόπο, γίνεται ένα είδος καλιμπραρίσματος του αισθητήρα και ο κατασκευαστής είναι σίγουρος ότι θα μετρήσει σωστά και δεν θα επηρεάζεται η τιμή του από τις μεταβολές της τροφοδοσίας.

### 1.5 Σύνδεση

Ο αισθητήρας δεν μπορεί να δώσει από μόνος του κάποια έξοδο ικανή για ανάγνωση από άνθρωπο ή από σύστημα ελέγχου. Έτσι, κοντά στο σημείο μέτρησης, τοποθετείται το όργανο που καταγράφει και μεταδίδει την μέτρηση. Στην βιβλιογραφία, ως όργανο, αναφέρεται ο συνδυασμός του αισθητήρα και του μηχανήματος καταγραφής. Πολλές φορές, ο αισθητήρας αναφέρεται ως πομπός και το όργανο που πραγματοποιεί την μέτρηση, ως δέκτης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένας αισθητήρας από μόνος του δεν μπορεί να δώσει μέτρηση και απαιτείται το κατάλληλο όργανο. Η συσκευή αυτή τοποθετείται κοντά στο σημείο μέτρησης και

διαθέτει (συνήθως) μια οθόνη που δείχνει την στιγμιαία μέτρηση. Η συσκευή αυτή είναι που θα μεταδώσει το σήμα στο σύστημα ελέγχου.

Για την σύνδεση με το σύστημα ελέγχου, χρησιμοποιείται κυρίως η αναλογική έξοδος 4-20 mA, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αναλογική τάση 0-10V dc. Σπάνια συναντάμε αισθητήρες που διαθέτουν σύνδεση δικτύου. Επίσης σε μερικές περιπτώσεις συναντάμε compact αισθητήρες, που διαθέτουν τον αισθητήρα και το όργανο εξόδου στο ίδιο περίβλημα.

## 1.6 Μέτρηση Στάθμης Υγρών

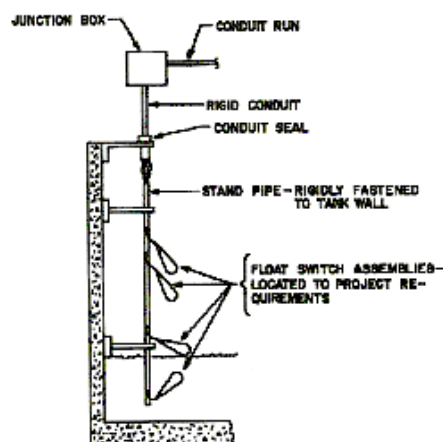
Για την μέτρηση στάθμης, χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές. Εδώ, θα αναφερθούμε στις πιο κύριες και ευρέως χρησιμοποιούμενες.

### 1.6.1 Αισθητήρας πλήρωσης με φλοτέρ

Ίσως ο πιο παλιός και πολυχρησιμοποιούμενος αισθητήρας. Αποτελείται από μια πλαστική φούσκα ή φελλό, βιδωμένο σε ένα μεταλλικό στέλεχος. Στην άλλη άκρη του στελέχους, υπάρχει ένας διακόπτης. Η άνωση, σηκώνει την φούσκα και το στέλεχος, όπου με τη σειρά του κλείνει την επαφή του διακόπτη.

Ο διακόπτης είναι βυθιζόμενος, προστασίας IP 68<sup>1</sup>, με αντοχή σε μεγάλη χρήση. Η έξοδος, οδηγείται απ'ευθείας στο PLC. Τοποθετούνται τόσα φλοτέρ όσα χρειάζονται για ένδειξη στάθμης. Η συγκράτηση τους, γίνεται με σφιγκτήρες πάνω σε ράβδο, ώστε να αλλάζει εύκολα το επιθυμητό βάθος για την στάθμη.

Πρόκειται για απλό σύστημα, μη ακριβείας, που μας δίνει μια απλή ένδειξη. Για να ενεργοποιηθεί, πρέπει η στάθμη να ξεπεράσει λίγο το ύψος της φούσκας, ώστε η δύναμη της άνωσης να νικήσει την αντίσταση του διακόπτη. Χρησιμοποιείται σε δεξαμενές νερού, αποβλήτων, χημικών και άλλων υγρών, αφού το περίβλημά του είναι ανθεκτικό και η όλη λειτουργία του είναι απλή. Δεν χρειάζεται σχεδόν καθόλου συντήρηση, αφού το στέλεχος και μέρος του διακόπτη περιβάλλονται από μόνωση (λάστιχο). Το συναντάμε σε δεξαμενές όπου υπάρχουν υποβρύχιες αντλίες, για κατώτατη στάθμη ώστε να σταματά η λειτουργία τους (δεν μπορούν να λειτουργήσουν εν κενώ). Ο διακόπτης αυτός βρίσκεται σε όλες τις αντλίες, για την αποφυγή εν κενώ λειτουργίας.



Σχήμα 1.6.1. Τοποθέτηση Φλοτέρ σε κλειστή δεξαμενή για ένδειξη στάθμης.

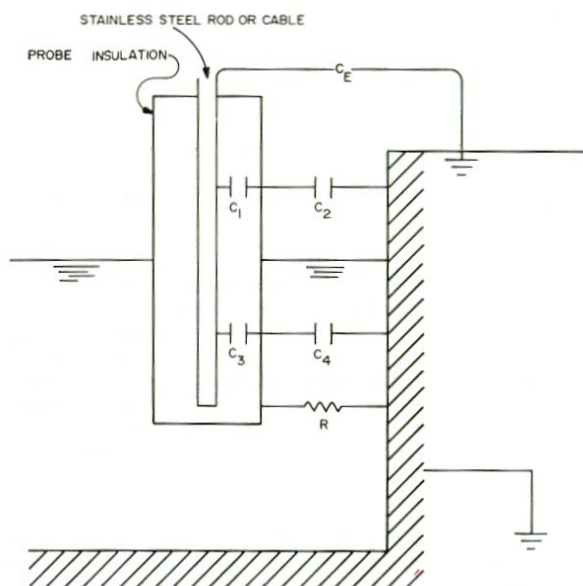
<sup>1</sup> Για πληροφορίες σχετικά με την διεθνή ένδειξη προστασίας IP, ανατρέξτε στο παράρτημα

### 1.6.2 Πυκνωτικός αισθητήρας στάθμης

Ο αισθητήρας αυτός αποτελείται από 2 ράβδους ή πλάκες, σε πολύ μικρή απόσταση η μία από την άλλη. Το υγρό που επιθυμούμε να μετρήσουμε, συμπεριφέρεται εδώ σαν διηλεκτρικό του πυκνωτή. Η τιμή του μεγαλώνει όσο ανεβαίνει η στάθμη του υγρού και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος από τους οπλισμούς του πυκνωτή.

Ως οπλισμοί, μπορεί να είναι κυλινδρική βέργα ή για μεγαλύτερα βάθη σύρμα. Για την προστασία του αγωγού από διαβρώσεις, θα πρέπει τα στοιχεία να είναι προστατευμένα με κάποια μόνωση. Σε μεταλλικές δεξαμενές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μονάχα ένας οπλισμός αφού η μεταλλική επιφάνεια μπορεί να αποτελέσει το δεύτερο στοιχείο, αρκεί να είναι σωστά γειωμένη. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αποφυγή προσκόλλησης διαφόρων στερεών επάνω στις πλάκες, αφού μπορεί να επιφέρουν μόνιμο σφάλμα στις μετρήσεις. Για τον λόγο αυτό, συνιστάτε η τοποθέτηση του αισθητήρα τουλάχιστον 20 cm από τα τοιχώματα, ώστε να μην σχηματιστούν στερεά. Με τον καιρό, μπορεί η προστατευτική επικάλυψη να αλλοιωθεί και να προκαλεί σφάλμα στην μέτρηση, δεδομένου ότι μπορεί να λειτουργεί μόνιμα σαν διηλεκτρικό. Θα πρέπει να εξεταστεί ο αισθητήρας, εκτός δεξαμενής και να καθαριστούν οι οπλισμοί του, όπου αυτό είναι εφικτό.

Ο αισθητήρας συνδέεται συνήθως σε κύκλωμα γέφυρας, σε συχνότητα λειτουργίας 0.5-1.5 MHz. Υπολογίζοντας την τιμή του πυκνωτή, και ξέροντας το εύρος τιμών χωρίς υγρό και με μέγιστη στάθμη, τότε με αναλογία υπολογίζεται η στάθμη. Σήμερα, αισθητήρες τέτοιας υλοποίησης περιλαμβάνουν έναν ελεγκτή, όπου μπορεί να μετατρέψει την ένδειξη σε αναλογική έξοδο 4-20 mA ή αντίστοιχη, διαθέτουν οθόνη για τοπική επιτήρηση ενώ μερικά μοντέλα μπορούν να περιλαμβάνουν ασύρματο modem (RTU) ή πρωτόκολλο δικτύωσης για απομακρυσμένη επιτήρηση (π.χ TCP/IP, PROFibus κ.α). Ο ελεγκτής μπορεί να κάνει ρύθμιση του μηδενός (zero adjustment) αν δεν υπάρχει υγρό στη δεξαμενή.



Σχήμα 1.6.2. Αντίστοιχο κύκλωμα ενός πυκνωτικού αισθητήρα.

Για μετρήσεις σε ανοικτού τύπου δεξαμενές όπου υπάρχει πιθανότητα χαμηλής ροής, χρησιμοποιούνται επίπεδοι οπλισμοί. Η ροή, θα δημιουργήσει σφάλματα και έτσι υπάρχει ηλεκτρονικό κύκλωμα που αντιλαμβάνεται την ροή και προκαλεί διόρθωση στη μέτρηση. Γενικά, ο ελεγκτής του αισθητήρα αυτού, λαμβάνει τιμές ανά χρονικά διαστήματα και βγάζει τον μέσο όρο.

Υλικά κατασκευής για τους οπλισμούς του πυκνωτή είναι ο 304 και 316 ανοξείδωτος χάλυβας και η χρήση Teflon, πολυβινύλιο ή PVC για την μόνωση. Για την τοποθέτηση, ο αισθητήρας μπορεί να τοποθετηθεί σε κλειστές ή ανοικτές δεξαμενές καθώς και σε ανοικτά ρυάκια, αρκεί να είναι κατάλληλος για τέτοια χρήση. Τοποθετείται σε απόσταση από τα τοιχώματα για να μην δίνουν σφάλματα οι παφλασμοί. Η τοποθέτηση θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να γίνεται αφαίρεση του αισθητηρίου για συντήρηση και καλιμπράρισμα. Τοποθετείται πάντα σε κατακόρυφη θέση, χωρίς να προκαλούνται δονήσεις και μετακινήσεις. Στην περίπτωση χρήσης σύρματος, χρησιμοποιείται ένα βαρύ μέταλλο για συγκράτηση ή πακτώνεται στο βυθό. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει οι οπλισμοί του πυκνωτή να κινούνται.

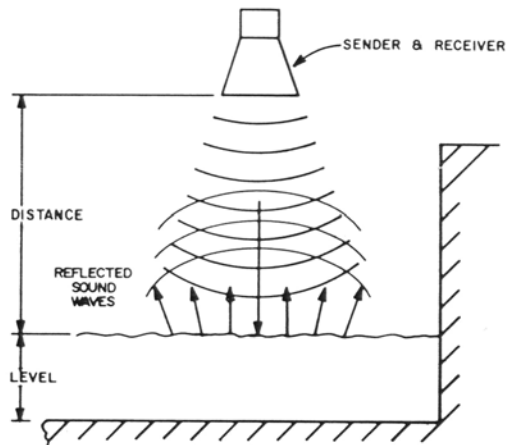
Για μέτρηση βάθους έως 6m χρησιμοποιείται αισθητήρας με οπλισμούς βέργας, ενώ για μεγαλύτερα (έως 50m) τύπου σύρματος. Για μεταλλικές δεξαμενές, θα πρέπει να είναι σωστά γειωμένες για να μην προκαλούν θόρυβο στην μέτρηση. Αρχικά, αφού τοποθετηθεί, γίνεται το καλιμπράρισμα σύμφωνα με τις υποδείξεις του κατασκευαστή. Ελέγχουμε καθημερινά το αποτέλεσμα που μας δίνει με φορητό όργανο, για να επιβεβαιώσουμε την σωστή λειτουργία του. Πραγματοποιούμε νέο καλιμπράρισμα κάθε 1-2 μήνες ή περισσότερο, με χρήση φορητού οργάνου. Συνιστάται κάθε 1 μήνα ο καθαρισμός του αισθητήρα.

### **1.6.3 Υπερηχητικός Αισθητήρας Στάθμης**

Οι υπερηχητικοί αισθητήρες στάθμης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπου δεν χρειάζεται επαφή με το υγρό. Χρησιμοποιούνται σε δεξαμενές (κλειστές και ανοικτές) καθώς και σε ανοικτά κανάλια.

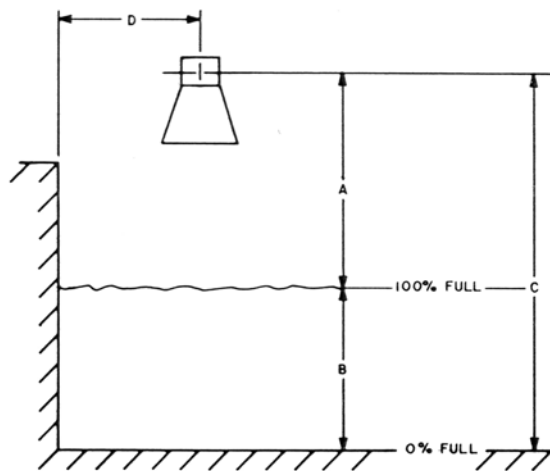
Οι αισθητήρες αυτοί, παράγουν υπερηχητικούς παλμούς, οι οποίοι ανακλώνται πίσω από την υγρή επιφάνεια. Η ηχώ που δημιουργείται από το ανακλώμενο παλμό, επιστρέφει και καταλήγει στον αισθητήρα. Γνωρίζοντας την συχνότητα του παλμού και τον χρόνο που μεσολάβησε από την εκπομπή μέχρι την λήψη, υπολογίζεται η απόσταση. Από την απόσταση, γνωρίζοντας το ύψος που τοποθετήθηκε ο αισθητήρας, υπολογίζεται η στάθμη του υγρού.

Μειονέκτημα αυτής της κατηγορίας αισθητήρων, είναι η επίπτωση της θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας που έχουν πάνω στην ταχύτητα μετάδοσης του υπερηχητικού παλμού. Πολλοί αισθητήρες αντισταθμίζουν τουλάχιστον τον θερμοκρασιακό παράγοντα, έχοντας αισθητήριο θερμοκρασίας. Τα λάθη που οφείλονται στην θερμοκρασία είναι περίπου 0.2% (Skrentner, 1988).



Σχήμα 1.6.3.1. Η λειτουργία ενός υπερηχητικού μετρητή στάθμης.

Οι συχνότητες λειτουργίας κυμαίνονται από 9-50 KHz. Η θήκη του αισθητήρα έχει διαφορετικό σχήμα, ανάλογα με την απόσταση που είναι ικανό να μετρά. Το σχήμα βοηθά στη συλλογή του ανακλώμενου παλμού και μόνο, απορρίπτοντας θόρυβο και τυχαίες ανακλάσεις από τα περιθώρια της δεξαμενής. Για παράδειγμα, ένας κατασκευαστής δίνει αισθητήρα με κώνο μεγάλης γωνίας για μετρήσεις μέχρι 3m, κώνο στενής δέσμης για μετρήσεις μέχρι 10m και παραβολικό δέκτη για μέχρι 25m. Οι κώνοι που επιλέγονται, δρουν ως μηχανικοί ενισχυτές. Η εξασθένηση του σήματος εξαρτάται από την απόσταση και την συχνότητα λειτουργίας. Κρατώντας την συχνότητα σταθερή, η εξασθένηση του σήματος είναι ανάλογη της απόστασης. Για παράδειγμα, σε γεμάτη δεξαμενή έχουμε ενίσχυση 100% σε απόσταση  $d$ , ενώ σε χαμηλή στάθμη, το σήμα εξασθενεί στο 25% όπου η απόσταση είναι  $2d$ .



- A = Distance from generator/receiver to 100% full level
  - B = Measured range, distance from 0 to 100% full
  - C = A + B
  - D = Distance from tank wall
- Manufacturer's set limits on dimensions of A, C, D and the ration A/C

Σχήμα 1.6.3.2. Εξασθένηση του σήματος από την απόσταση του υγρού ως προς τον αισθητήρα.

Οι αισθητήρες επηρεάζονται από οτιδήποτε απορροφά μέρος του υπερηχητικού παλμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αφρισμός στην επιφάνεια μπορεί να δώσει μεταβολές στην μέτρηση. Παρεμβολές από εξωτερικές πηγές, ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν καθώς στροβιλισμοί και αναταραχές στην επιφάνεια, είναι παράγοντες που δίνουν σφάλμα. Σύγχρονα αισθητήρια, διαθέτοντας

μικροεπεξεργαστή, είναι σε θέση να αλλάζουν την παλμοσειρά που εκπέμπουν, και με διαφορετικά μοτίβα να καταλάβουν αν στην επιφάνεια του υγρού υπάρχουν συνθήκες που δίνουν αυξομειώσεις στις μετρήσεις ή αν πράγματι αυξομειώνεται η στάθμη.

Για την εγκατάσταση, πρέπει να ακολουθηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή. Συνήθως, απαιτείται κάποια ελάχιστη απόσταση πάνω από την μέγιστη στάθμη για να λειτουργήσει σωστά το όργανο. Η απόσταση αυτή κυμαίνεται από 50-70 cm. Η πάκτωση του αισθητήρα πρέπει να είναι σταθερή και να μην επηρεάζεται από ανέμους. Τυχόν μετακινήσεις μπορεί να δημιουργήσουν σφάλματα. Επίσης, πρέπει να βρίσκεται μακριά από τοιχώματα ώστε να αποφευχθούν τυχόν ανακλάσεις της ηχού από αυτά. Θα πρέπει να είναι εύκολη η απομάκρυνσή του ώστε να εκτελείται καθαρισμός και συντήρηση. Η κλάση στεγανότητας είναι IP65 ή IP66. Συντήρηση απαιτείται κάθε 2-3 μήνες περίπου, όπου ελέγχεται με φορητό όργανο η ακρίβεια μέτρησης.

Η μέθοδος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αντίστροφα, δηλαδή να τοποθετηθεί στον πάτο του καναλιού ή της δεξαμενής και να διαπερνά το υγρό, ανακλώντας την επιφάνειά του. Σε τέτοια περίπτωση, η συχνότητα λειτουργίας είναι διαφορετική απ' ό τι στη μέθοδο που αναλύθηκε προωτέρα.

## **1.7 Μέτρηση Παροχής**

Σκοπός της μέτρησης παροχής είναι ο υπολογισμός του όγκου που διέρχεται από την Μ.Ε.Λ., με βάση την οποία ρυθμίζεται η λειτουργία σημαντικών μονάδων.

Με το σήμα της παροχής ρυθμίζεται συνήθως η λειτουργία της διάταξης συλλογής, απομάκρυνσης και στράγγισης της άμμου του αεριζόμενου εξαρτημάτων, των αντλιών ανακυκλοφορίας ιλύος και των μονάδων που χρησιμοποιούν χημικά (π.χ. συνδυασμένη βιολογική - χημική απομάκρυνση φωσφόρου, απολύμανση κ.α)

Η μέτρηση της παροχής γίνεται σε ανοικτούς ή κλειστούς αγωγούς. Ο πιο συνηθισμένος τύπος διάταξης μέτρησης της παροχής σε ανοικτούς αγωγούς είναι ο διάυλος με στένωση Parshall, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται ορθογωνικοί, τριγωνικοί ή πριονωτοί (V-notch) υπερχειλιστές. Στους κλειστούς αγωγούς η παροχή μετρείται με την εισαγωγή ειδικού σωλήνα στη ροή διάταξης που δημιουργεί πτώση πίεσης (π.χ. σωλήνας Pitot, σωλήνας Venturi), απο την οποία υπολογίζεται η παροχή με μαγνητικές, ηχητικές ή και άλλες μεθόδους, όπως περιγράφονται παρακάτω.

### **1.7.1 Μέτρηση Παροχής Ανοικτού Καναλιού - Διάυλος Parshall**

Η σχεδίαση του διαύλου Parshall, βασίζεται στη σχεδίαση ενός είδους καναλιού Venturi που πραγματοποιήθηκε από τον Dr. Ralph Parshall. Ουσιαστικά και για τα δύο είδη, πρόκειται για ένα ανοικτό κανάλι, που έχει μια στένωση. Η στένωση προκαλεί μια υψομετρική διαφορά που είναι ανάλογη της ροής που διαπερνά το κανάλι. Με σωστούς υπολογισμούς, γίνεται η σχεδίαση του καναλιού.

Η παροχή στο διάυλο Parshall ( $Q$  σε  $m^3/s$ ) υπολογίζεται από το βάθος ροής ανάντη της στένωσης ( $Y_u$ ) με την ακόλουθη εξίσωση:

$$Q = k \cdot Y_u^n$$

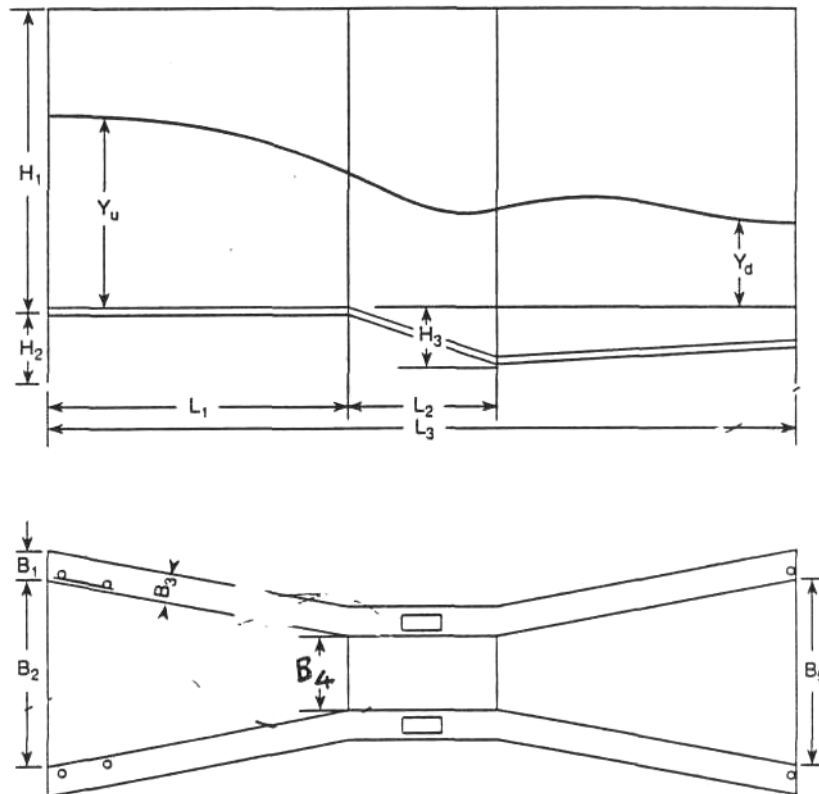
Οι συντελεστές  $k$  και  $n$  παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.7.1.1 ως συνάρτηση του πλάτους της στένωσης ( $w$ ) που αποτελεί το χαρακτηριστικό μέγεθος του διάυλου. Η ακρίβεια μέτρησης κυμαίνεται από  $\pm 3\%$  μέχρι  $\pm 5\%$ .

Στο Σχ. 1.7.1.1 και στον Πίνακα 1.7.1.2 παρουσιάζονται οι βασικές διαστάσεις του διάυλου Parshall. Για την ικανοποιητική λειτουργία του πρέπει ανάντη της στένωσης να υπάρχει ευθύγραμμο ελάχιστο μήκος ίσο με 20 φορές την διάσταση  $B_2$  του Πίνακα 1.7.1.2. Κατάντη της στένωσης πρέπει να υπάρχει ελεύθερη πτώση ή βάθος ροής,  $Y_d$  που δεν υπερβαίνει το 50-70 % του  $Y_u$  (βλ. Πίνακα 1.7.1.1). Σημειώνεται ότι το βάθος ροής κατάντη του διάυλου Parshall ( $Y_d$ ) καθορίζεται από το αμέσως κατάντη του διάυλου σημείο ελέγχου της ροής.

**Πίνακας 1.7.1: Συντελεστές εξίσωσης υπολογισμού  $k$  και  $n$  (από Danfoss)**

$w$ (mm)	min Q (L/s)	max Q (L/s)	min $Y_u$ (m)	max $Y_u$ (m)	$k$ (-)	$n$ (-)	$Y_u/Y_d$ (%)
25.4	0.09	5.4	0,015	0,21	0.0604	1.55	50
50.8	0.18	13.2	0,015	0,24	0.1207	1.55	50
76.2	0.77	32.1	0,030	0,33	0.1771	1.55	50
152.4	1.50	111.0	0,030	0,45	0.3812	1.58	60
228.6	2.50	251.0	0,030	0,61	0.5354	1.53	60
304.8	3.32	457.0	0,030	0,76	0.6906	1.522	70
457.2	4.80	695.0	0,030	0,76	1.056	1.538	70
609.6	12.10	937.0	0,046	0,76	1.424	1.550	70





Σχήμα 1.7.1.1: Τυπικές διαστάσεις δίαυλου Parshall (από Danfoss).

Πίνακας 1.7.1.2: Τυπικές διαστάσεις δίαυλου Parshall/(Danfoss).

w	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
50,8	410	58	43	22	36	60	214	60	50,8	135	406	114	774
76,2	610	75	57	25	50	60	259	60	76,2	178	457	152	914
152,4	610	155	114	76	79	60	397	60	152,4	394	610	305	1525
228,6	762	143	114	76	67	60	575	60	228,6	381	864	305	1626
304,8	914	270	292	76	194	60	845	60	304,8	610	1343	610	2867

Η μέτρηση του βάθους ροής  $Y_u$  γίνεται συνήθως με υπερήχους. Στην έξοδο του διαύλου και σε δοσμένη απόσταση, τοποθετείται αισθητήρας μέτρησης στάθμης. Η έξοδος του οδηγείται σε όργανο που βρίσκεται κοντά στο κανάλι. Εκεί γίνονται από μικροεπεξεργαστή οι υπολογισμοί για την μέτρηση παροχής, αναλόγως του υψομέτρου στο κανάλι. Με βάση τις διαστάσεις του καναλιού, προγραμματίζεται άπαξ το όργανο. Το όργανο δείχνει την στιγμιαία ένδειξη παροχής καθώς και αθροιστικές ενδείξεις, όπως π.χ. την ημερήσια παροχή.

Η έξοδος προς το σύστημα ελέγχου μπορεί να είναι είτε σε αναλογική μορφή 4-20 mA είτε σε ψηφιακή έξοδο για σύνδεση μόντεμ (RS-485) ενώ σπανιότερα και σε ακριβότερα μοντέλα, σε μορφή δικτύου (Fieldbus, Profibus).

### 1.8 Μέτρηση Παροχής Κλειστού Αγωγού

Για μετρήσεις παροχής εντός κλειστού αγωγού, χρησιμοποιούνται όργανα που δεν έρχονται σε επαφή με το υγρό. Τοποθετούνται σε σειρά με τον αγωγό, είτε με τη μορφή συνδετικού σωλήνα είτε εξωτερικά με σύσφιξη επί του αγωγού. Για τις περιπτώσεις που υπάρχει φυσική σύνδεση εν σειρά, θα πρέπει να υπάρχει σύνδεση

σωληνώσεων by-pass ώστε να μπορεί να αφαιρείται ο σωλήνας της μέτρησης για συντήρηση. Παρακάτω αναφέρονται οι βασικότεροι τύποι παροχόμετρων κλειστού τύπου.

### 1.8.1 Μαγνητικά Παροχόμετρα

Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στον νόμο του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Όταν ένας αγωγός κινείται ανάμεσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, κόβοντας τις μαγνητικές γραμμές, τότε αναπτύσσεται μια επαγωγική τάση. Η εξ επαγωγής τάση εκφράζεται:

$$E = k D B v \quad \text{όπου}$$

$E$  : η επαγωγική τάση

$k$  : σταθερά

$D$  : η απόσταση ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια

$B$  : η ένταση του μαγνητικού πεδίου (T ή Volt-s/m<sup>2</sup>)

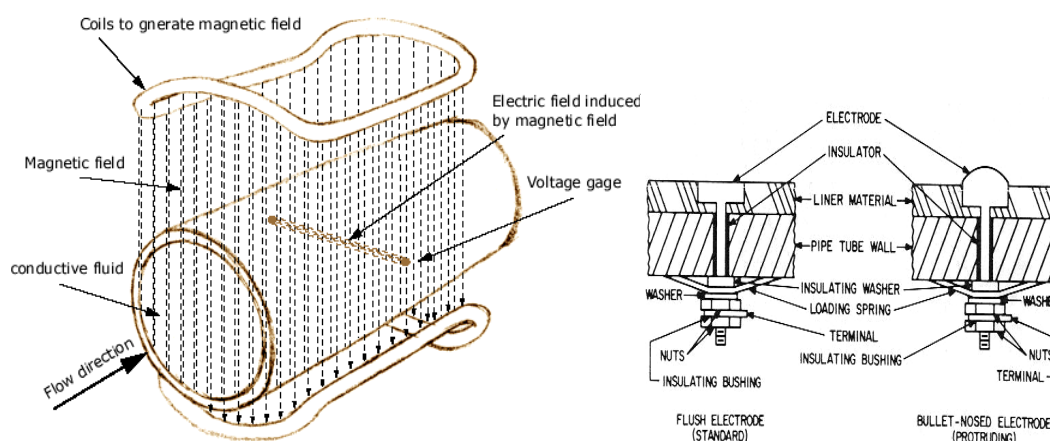
$v$  : η ταχύτητα του αγωγού (εδώ η ταχύτητα του ρευστού) (m/s)

Δεδομένου ότι η ογκομετρική ροή δίνεται από την σχέση  $Q = A v$  και  $A = \pi D^2/4$ , τότε η επαγωγική τάση μπορεί να γραφεί:

$$E = k \left( \frac{B^4}{\pi D} \right) Q$$

όλα τα στοιχεία εντός της παρένθεσης παραμένουν σταθερά, οπότε η παραγόμενη επαγωγική τάση είναι ανάλογη της ροής του ρευστού.

Για να μπορέσει να λειτουργήσει η επαγωγική μέθοδος, χρειάζεται το προς μέτρηση υγρό να είναι αγωγίμο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μια αγωγιμότητα  $\geq 3 \mu\text{S/cm}$  κρίνεται απαραίτητη. Τα όρια ευαισθησίας καθορίζονται από τον κάθε κατασκευαστή.



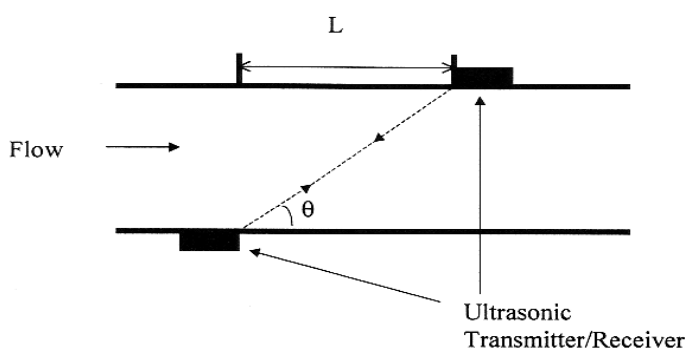
**Σχήμα 1.8.1.** Αριστερά: Η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου και η τάση που αναπτύσσεται στο υγρό, κόβοντας τις μαγνητικές γραμμές. Δεξιά: Τομή ηλεκτροδίων για τη μέτρηση της επαγωγικής τάσης.

Η συνδεσμολογία γίνεται εξωτερικά σε ευθύγραμμο μη-μαγνητικό σωλήνα. Τοποθετούνται 2 πηνία που δημιουργούν το πεδίο. Εσωτερικά, σε τοποθέτηση 180°, υπάρχουν τα 2 ηλεκτρόδια που μετράνε την επαγωγική τάση.

Υπάρχουν δύο τύποι μαγνητικών μετρητών: μέτρηση με ac και με dc τάση. Η διαφορά αφορά την ακρίβεια της μέτρησης και τον επηρεασμό που θα έχει το όργανο από εξωτερικό (ηλεκτρομαγνητικό) θόρυβο. Προτιμάτε η χρήση παλμών dc. Τα πηνία τροφοδοτούνται με τάση για μικρό χρονικό διάστημα. Γίνεται η μέτρηση που αντιπροσωπεύει το καθαρό σήμα + τον θόρυβο. Κατόπιν, παύει να υπάρχει τάση στα πηνία. Στα ηλεκτρόδια αναπτύσσεται μια τάση που οφείλεται σε θόρυβο. Η διαφορά των δύο μετρήσεων μας δίνει την καθαρή πραγματική τιμή. Η συχνότητα λειτουργίας των πηνίων μπορεί να μεταβάλλεται από το όργανο και κυμαίνεται από μερικά Hz έως 60 Hz αγγίζοντας έτσι την συχνότητα λειτουργίας των ac μετρητών.

### 1.8.2 Υπερηχητικοί Μετρητές Παροχής

Όπως είδαμε και στον υπερηχητικό μετρητή στάθμης υγρών, έτσι και εδώ η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια. Εκπέμπονται υπερηχητικοί παλμοί και μετρίεται ο χρόνος της επιστροφής τους ή αλλιώς η ηχώ τους.



Σχήμα 1.8.2. Αρχή λειτουργίας του υπερηχητικού μετρητή παροχής.

Ο χρόνος που χρειάστηκε για την μετάδοση ενός υπερηχητικού παλμού σε μια δοσμένη απόσταση σε φορά με την ροή και αντίθετα από αυτή, καταγράφεται δίνοντας τις τιμές  $t_1$  και  $t_2$  αντίστοιχα.

δεδομένου ότι χρόνος = απόσταση/ταχύτητα, δημιουργούνται οι ακόλουθες εξισώσεις:

$$t_1 = \frac{L}{\cos\theta(c + v \cos\theta)}$$

$$t_2 = \frac{L}{\cos\theta(c - v \cos\theta)}$$

όπου  $v$ : η ταχύτητα της ροής για την γωνία  $\theta$  του παλμού,

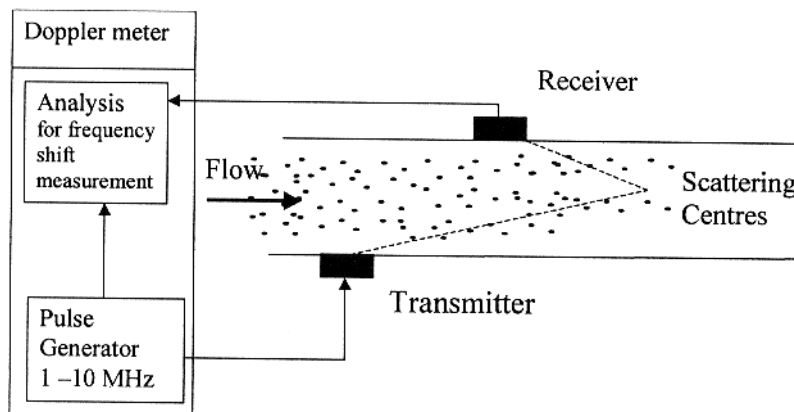
$L$ : η οριζόντια απόσταση των πομποδεκτών στα άκρα του σωλήνα

$c$ : η ταχύτητα του ήχου μέσα στο υγρό

$$\text{από τα παραπάνω προκύπτει ότι } v = \frac{L}{2 \cos^2 \theta} \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right)$$

### 1.8.3 Μετρητές Παροχής Doppler

Και σε αυτή την περίπτωση μέτρησης, χρησιμοποιείται μια μορφή υπερηχητικής μέτρησης, μονάχα που εδώ εκμεταλλεύεται το φαινόμενο Doppler. Αυτό συμβαίνει όταν εκπέμπεται μια συχνότητα και ο πομπός σε σχέση με τον δέκτη έχουν μια σχετική κίνηση, τότε στον δέκτη θα υπάρξει μια ολίσθηση στην συχνότητα. Αν έχουμε σταθερά τοποθετημένους τους πομποδέκτες, και γνωρίζουμε την συχνότητα εκπομπής, ο ήχος που ταξιδεύει στον αγωγό θα υποστεί μια διάχυση από τα σωματίδια που υπάρχουν στο υγρό. Η συχνότητα θα υποστεί μια αλλαγή που γίνεται αντιληπτή από τον δέκτη. Η ολίσθηση της συχνότητας είναι ανάλογη με την ταχύτητα που έχει το υγρό. Με κατάλληλη επεξεργασία του σήματος, αναγνωρίζεται το ποσοστό ολίσθησης άρα και η ταχύτητα που θα έχει το υγρό του αγωγού την δεδομένη στιγμή.



Σχήμα 1.8.3.1. Αρχή λειτουργίας μετρητή Doppler

Η συνάρτηση Doppler για πηγή φωτός ή ήχου σε σχέση με παρατηρητή με ταχύτητα  $V$  είναι:

$$V_{ref} = \frac{f}{1 - \frac{V}{c}}$$

λόγω της γωνίας  $\Theta$  που σχηματίζεται μεταξύ του εκπομπού και της κατεύθυνσης της ροής, η ταχύτητα  $V$  θα αντικατασταθεί από την προβολή  $V \cos \Theta$ . Τα ακουστικά σήματα που εκπέμπονται και λαμβάνονται, θα έχουν τις συχνότητες (από παρατηρητή):

$$f_u = \frac{f}{1 - \frac{V \cos \theta}{c}}$$

$$f_d = \frac{f}{1 + \frac{V \cos \theta}{c}}$$

Η διαφορά στην συχνότητα θα είναι:

$$\Delta f = fu - fd = \frac{2f \frac{V \cos \theta}{c}}{1 - \left(\frac{V \cos \theta}{c}\right)^2} \approx 2f \frac{V \cos \theta}{c}$$

λόγω ότι η ταχύτητα της ροής είναι πολύ μικρότερη από την ταχύτητα του ήχου. Η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί:

$$V = \frac{c \Delta f}{2f \cos \theta} \quad ^2$$

Για να λειτουργήσει ο μετρητής, πρέπει ο αγωγός να είναι γεμάτος, αφού ο όγκος δίνεται από την σχέση της επιφάνειας του αγωγού επί την ταχύτητα ροής ( $Q = A v$ ). Παρόλα αυτά, σήμερα με κατάλληλες τεχνικές μπορεί να γίνει ανίχνευση της στάθμης και να βρεθεί ο πραγματικός όγκος σε σωλήνα που δεν έχει πλήρωση. Πολλαπλοί αισθητήρες και ταχύτατοι μικροεπεξεργαστές μας δίνουν το αποτέλεσμα.

Για να πραγματοποιηθεί μέτρηση, χρειάζεται το προς μέτρηση υγρό να έχει σωματίδια ώστε να γίνει η ανάκλαση του ήχου. Τυπικές τιμές είναι τα 25 rpm και διάμετρο 30 μm για εκπομπή 1MHz αν και σήμερα χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες συχνότητες και μάλιστα μεταβαλλόμενες ώστε με ένα αισθητήρα να πραγματοποιείται μέτρηση σε ευρείας χρήσης υγρά.

Σε εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων, η μέτρηση είναι εύκολη λόγω ύπαρξης πολλών και μεγάλων σωματιδίων. Για καθαρό νερό, είναι δυνατόν να γίνει μέτρηση λόγω ύπαρξης κάποιων μικροσκοπικών σωματιδίων, ανιχνεύσιμα όμως από τον αισθητήρα. Δεν πραγματοποιείται μέτρηση σε καθαρά υγρά που δεν διαθέτουν σωματίδια, τουλάχιστον στην ελάχιστη τιμή που δίνει ο κατασκευαστής.

Η τοποθέτησή τους είναι απλή. Τοποθετούνται εσωτερικά σε μεγάλους σωλήνες ή ακόμα καλύτερα, εξωτερικά. Η στερέωσή τους γίνεται με σφιγκτήρες σε κατάλληλη θέση επί του αγωγού, όπως θα προτείνει ο κατασκευαστής. Γνωρίζοντας την διάμετρο του αγωγού και το πάχος του σωλήνα, γίνεται ένας εύκολος προγραμματισμός στον μικροελεγκτή του οργάνου για να υπολογίσει τις διαστάσεις, την παροχή και την συχνότητα λειτουργίας. Γίνεται αυτόματα ένα καλιμπράρισμα από το όργανο και είναι έτοιμο για μέτρηση. Πρέπει μονάχα, ο αγωγός να είναι συνθετικός και όχι μεταλλικός για να μπορεί να διαπεράσει ο ήχος το τοίχωμα.



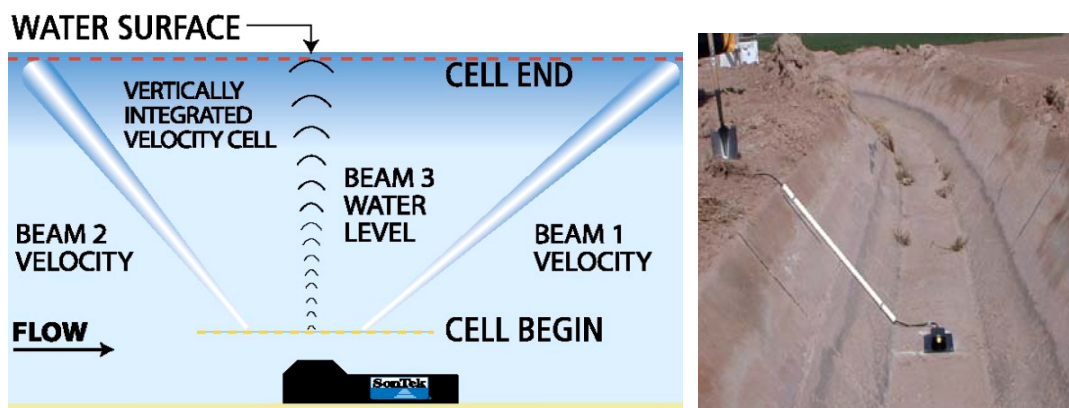
**Εικόνα 1.8.3.2. Τοποθέτηση αισθητήρων επί συνθετικού αγωγού για μέτρηση Doppler.**

Αν τοποθετηθούν εξωτερικά σε αγωγό, τότε δεν χρειάζονται σχεδόν καθόλου συντήρηση ή καθαρισμό. Σε περίπτωση που έχουμε μεταλλικό σωλήνα, γίνεται σύνδεση με μεταλλικό εξάρτημα που φέρει τους αισθητήρες εσωτερικά στο τοίχωμα.

<sup>2</sup> Πηγή: [http://www.efunda.com/designstandards/sensors/flowmeters/flowmeter\\_usd.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/sensors/flowmeters/flowmeter_usd.cfm)

Σε περίπτωση λάσπης, μπορεί να χρειαστεί καθαρισμός αν επικαθίσει μεγάλη ποσότητα λάσπης επάνω στον αισθητήρα. Αν και σήμερα υπάρχουν αισθητήρες που παράγουν πάνω από 15 MHz συχνότητα, μπορεί να γίνει χρήση τέτοιας μέτρησης σε σωλήνες που φέρουν βρώμικο και λασπώδες υγρό.

Πέρα από εγκατάσταση σε σωληνώσεις, μπορεί να γίνει χρήση μετρητών σε απλά κανάλια ανοικτού τύπου για μέτρηση παροχής. Η τοποθέτηση είναι απλή, απλά τοποθετείται ένας μετρητής στον πάτο του καναλιού όπου εκπέμπει τρεις δέσμες συχνοτήτων. Η δύο για την μέτρηση της ταχύτητας και η τρίτη για την μέτρηση ύψους. Ο συνδυασμός των παραπάνω μας δίνει την παροχή.



Σχήμα 1.8.3.3. Αριστερά: ο τρόπος λειτουργίας ενός μετρητή με 3 δέσμες. Δεξιά: Εγκατάσταση μετρητή Doppler στον πάτο ενός καναλιού ύδρευσης, πριν την είσοδο της μονάδας επεξεργασίας.

Μια τέτοια εγκατάσταση είναι βολική για παροχές μεγάλης μεταβλητότητας, είναι απλή και φθηνή στην κατασκευή αφού δεν απαιτείται κατασκευή καναλιού Parshall. Επίσης το όργανο είναι ικανό να μετρά από πολύ μικρό όγκο (βάθος καναλιού 0,3m) έως μεγάλο βάθος (>100m).

Μετρητές Doppler χρησιμοποιούνται για μέτρηση μεγάλων καναλιών και λιμνών, συνήθως φυσικών ταμιευτήρων νερού. Σε μεγάλα κανάλια τοποθετείται ένας μετρητής στον πάτο, ενώ για λίμνες ή μεγάλους ταμιευτήρες, τοποθετείται στην επιφάνεια, κοιτώντας οι αισθητήρες τον πάτο του ταμιευτήρα. Για να μένει στην επιφάνεια το όργανο, εγκαθίσταται σε μικρό σκαφάκι που επιπλέει πάντα στην επιφάνεια και στερεώνεται με συρματόσκοινο στην στεριά, ώστε να μην παρασύρεται με την ροή του ποταμού. (πηγή: SonTek)

Τέλος, οι μετρητές παροχής Doppler μπορούν να δείξουν και την κατεύθυνση του υγρού, αν δηλαδή είναι ορθή ή ανάστροφη η ροή του υγρού.

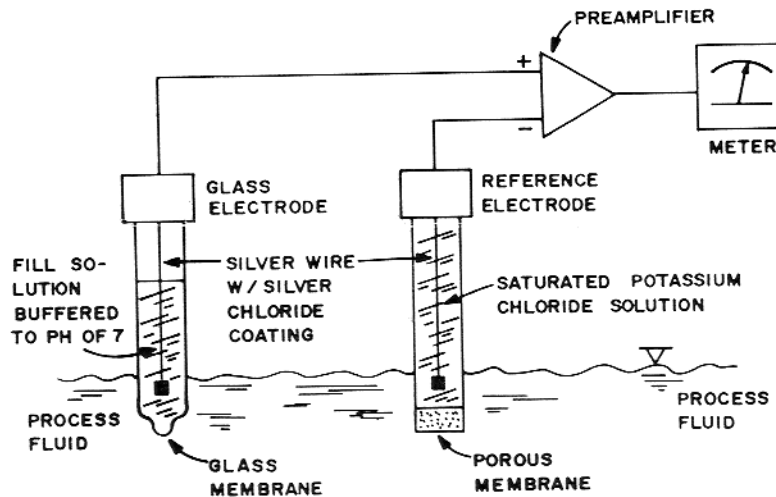
## 1.9 Μέτρηση pH

Η μέτρηση του pH είναι ίσως η πιο σημαντική και περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέτρηση που γίνεται σε ένα διάλυμα. Πολλές φάσεις καθαρισμού του νερού ή των υγρών αποβλήτων, εξαρτώνται από το pH.

Η αρχή λειτουργίας ενός πεχάμετρου, βασίζεται σε ένα ηλεκτρόδιο όπου μια ευαίσθητη στο pH γυάλινη μεμβράνη επιτρέπει την ανταλλαγή ιόντων. Στο ηλεκτρόδιο αυτό αναπτύσσεται ένα δυναμικό που εξαρτάται από το pH που υπάρχει

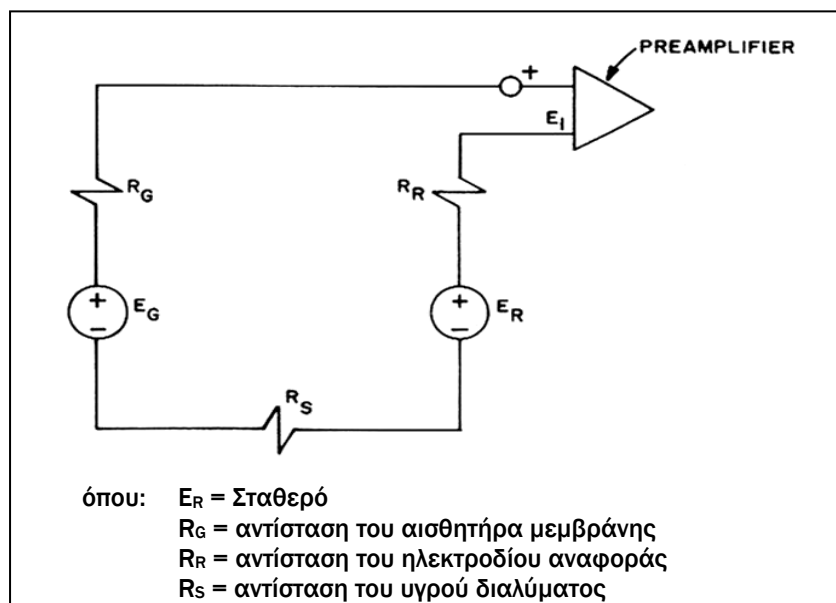
στο υγρό διάλυμα. Ένα δεύτερο ηλεκτρόδιο, το ηλεκτρόδιο αναφοράς, χρησιμοποιείται για να μετρηθεί ένα δυναμικό που αναπτύσσεται επάνω του και είναι σταθερό, ανεξάρτητα του pH. Η διαφορά των δύο δυναμικών, θα δώσει το pH του διαλύματος.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η συνδεσμολογία των δύο ηλεκτροδίων. Η έξοδος τους, συνδέεται σε προενισχυτή, που έχει πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου, για να ενισχυθούν. Η διαφορά τους ενισχύεται από έναν τελεστικό ενισχυτή και καταλήγει στο όργανο μέτρησης.



Σχήμα 1.9.1. Η μέτρηση pH με δύο ηλεκτρόδια

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα του οργάνου φαίνεται στο σχ. 1.9.2.



Σχήμα 1.9.2. Ισοδύναμο κύκλωμα μέτρηση pH.

Η τάση στην είσοδο του ενισχυτή θα είναι:

$$E_i + E_r - E_g = 0 \text{ και}$$

$$E_i = E_g - E_r$$

Όπου  $E_i$  = η είσοδος του προενισχυτή, [mV]

$E_g$  = το δυναμικό στο ηλεκτρόδιο μεμβράνης [mV]

$E_r$  = το δυναμικό στο ηλεκτρόδιο αναφοράς [mV]

Το γυάλινο ηλεκτρόδιο μεμβράνης, έχει την χαρακτηριστική:

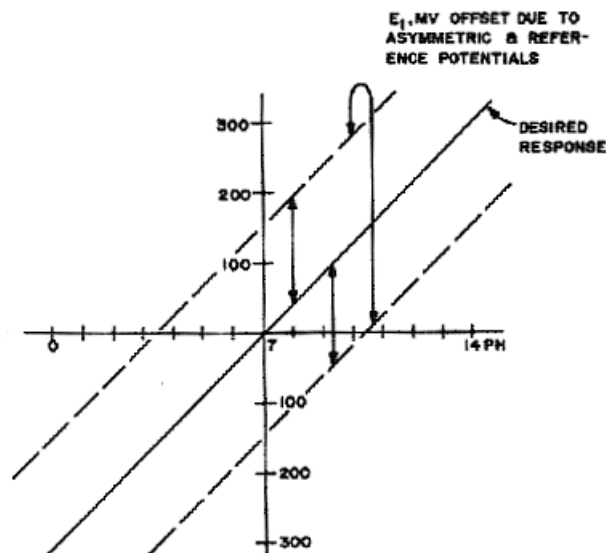
$$E_g = K_1 + K_2(\text{pH})$$

Η τάση στην είσοδο του προενισχυτή γίνεται:

$$E_i = K_1 + K_2(\text{pH}) - E_r$$

όπου  $K_1$  το ασύμμετρο δυναμικό [mV] και  $K_2$  το κέρδος του ηλεκτροδίου [mV/pH]

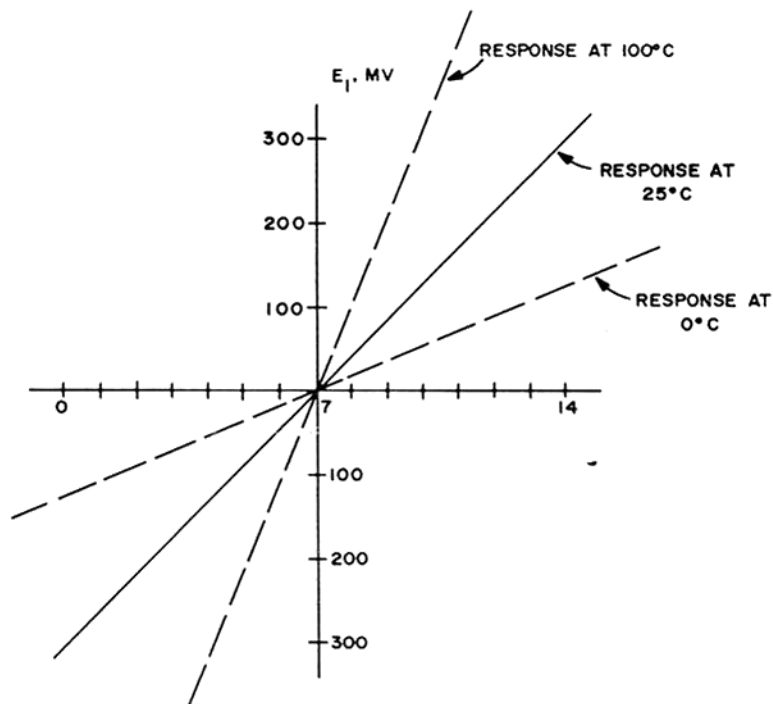
Το ηλεκτρόδιο αναφοράς, είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε το δυναμικό  $E$  να είναι σταθερό, ανεξαρτήτως του pH που υπάρχει στο διάλυμα. Το ασύμμετρο δυναμικό  $K_1$ , διαφέρει από αισθητήρα σε αισθητήρα. Επίσης εξαρτάται από την γήρανση του αισθητήρα (1). Για τον λόγο αυτό, κατά διαστήματα, τα όργανα μέτρησης pH πρέπει να καλιμπράρονται σε σχέση με γνωστού pH διαλύματα ή με φορητό πεχάμετρο που έχει ελεγχθεί η ακρίβειά του στο εργαστήριο. Στο σχήμα 1.9.3 φαίνεται η απόκλιση που μπορεί να παρουσιάσει το ασύμμετρο δυναμικό.



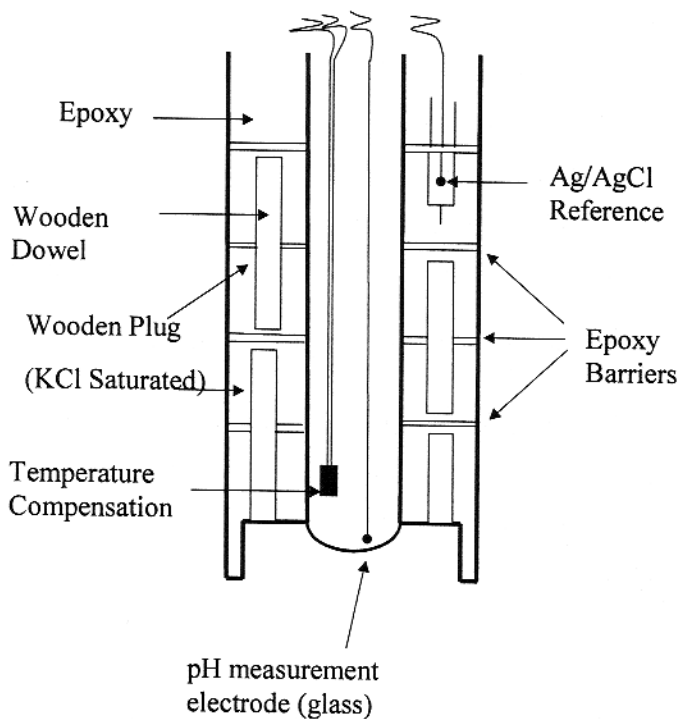
Σχήμα 1.9.3. Απόκλιση μέτρησης λόγω ασύμμετρου δυναμικού

Το κέρδος του ηλεκτροδίου  $K_2$ , επηρεάζεται από την θερμοκρασία. Για τον λόγο αυτό, πολλά αισθητήρια, έχουν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας ώστε να κάνουν διόρθωση του κέρδους. Στο σχήμα 1.9.4 φαίνεται το σφάλμα από την επίδραση της θερμοκρασίας.





Σχήμα 1.9.4. Σφάλμα μέτρησης λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας.



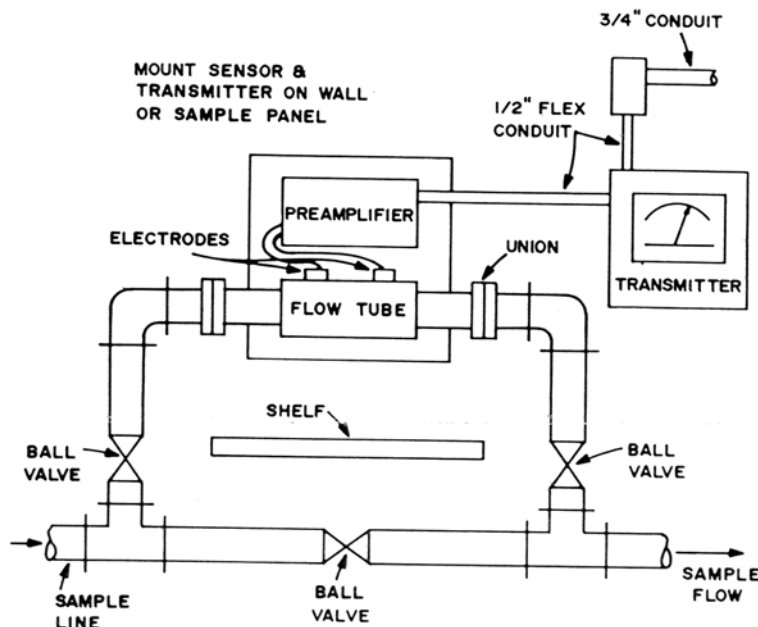
Σχήμα 1.9.5. Δομή μονού ηλεκτροδίου μέτρησης pH.

Κατασκευαστικά, συναντάμε ηλεκτρόδια αργύρου-χλωριούχου αργύρου (Ag-AgCl) μέσα σε ισχυρό διάλυμα gel χλωριούχου καλίου (KCL).

Η ακρίβεια και το σφάλμα, καθορίζονται από τον κατασκευαστή. Συνήθως, το σφάλμα κυμαίνεται μεταξύ  $\pm 0.02$  έως  $\pm 0.2$  pH. Η ακρίβεια (επανάληψη μέτρησης) μπορεί να κυμανθεί από  $\pm 0.02$  έως  $\pm 0.04$  pH. Σε εγκατάσταση μέτρησης σε

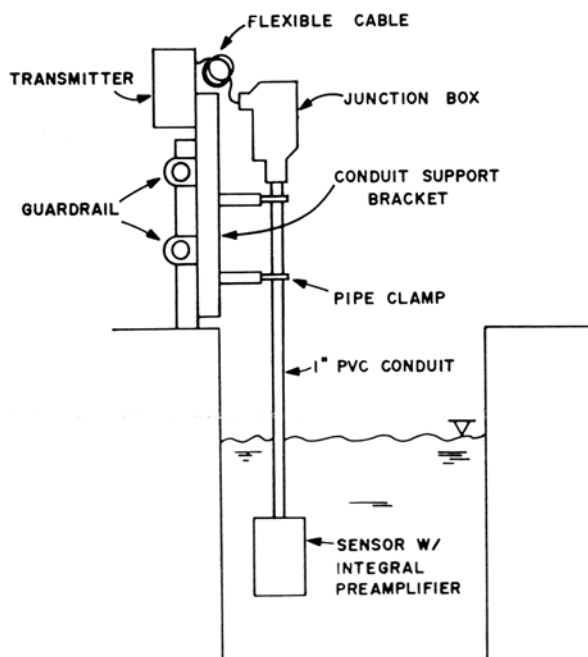
σωλήνα, η ταχύτητα ροής του υγρού μπορεί να επιφέρει διακυμάνσεις στην μέτρηση της τάξεως του 0.2-0.3 pH. Τα νούμερα είναι ενδεικτικά, καθώς κάθε κατασκευαστής δίνει τα στοιχεία για κάθε αισθητήρα.

Για την τοποθέτηση του πεχάμετρου στο σύστημα, υπάρχουν δύο τρόποι: εγκατάσταση σε σύστημα σωληνώσεων και εγκατάσταση με βύθιση του οργάνου. Στην πρώτη περίπτωση, το όργανο βρίσκεται μέσα σε σωλήνα και μετρά το pH του διαλύματος κατά την διάρκεια που αυτό ρέει μέσα στο σωλήνα. Καλό είναι να υπάρχει διάταξη bypass ώστε να μην διακόπτεται η ροή του υγρού, όταν χρειάζεται να γίνει επισκευή ή καλιμπράρισμα του οργάνου.



Σχήμα 1.9.6. Σύνδεση πεχάμετρου σε δίκτυο για συνεχόμενη μέτρηση δείγματος. Παρεμβάλλετε με σύνδεση by-pass για την εύκολη απομάκρυνση του χωρίς να απαιτείται η διακοπή της ροής.

Για την εγκατάσταση σε δεξαμενή ή ανοικτό κανάλι, ο αισθητήρας στερεώνεται σε στήριγμα και βυθίζεται μέσα στο υγρό. Το στήριγμα μπορεί να ρυθμίζεται ώστε να επιτύχουμε επιθυμητά βάθη αναλόγως την στάθμη του υγρού. Επίσης, η αφαίρεση του οργάνου και εδώ θα πρέπει να προβλεφθεί ώστε να γίνεται εύκολα ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του κατά τακτά χρονικά διαστήματα.



**Σχήμα 1.9.7. Τοποθέτηση και μηχανική στερέωση του πεχάμετρου σε δεξαμενή.**

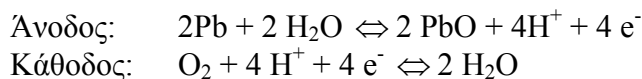
Ο αισθητήρας, δίνει στην έξοδο ένα ασθενές σήμα. Για τον λόγο αυτό, όπως είδαμε και στα σχήματα, στο ίδιο κέλυφος υπάρχει ενισχυτής ώστε να μεταφέρει σε μεγαλύτερη απόσταση το σήμα. Ο ενισχυτής, είναι πολύ κοντά στον αισθητήρα, για να μειώσει τις απώλειες. Η έξοδος είναι αναλογική, ενώ σε μερικές εκδόσεις συναντάμε ψηφιακή ή ακόμα και ασύρματη μετάδοση. Η τελευταία είναι ιδανική λύση για την επιτήρηση απομακρυσμένων περιοχών. Εκτός από την έξοδο προς το σύστημα αυτοματισμού, κοντά στον αισθητήρα τοποθετείται ψηφιακή ένδειξη του οργάνου για τοπική επιτήρηση. Το όργανο, τοποθετείται σε χώρο προσβάσιμο από το προσωπικό και μπορεί πέρα από την μέτρηση εκείνης της στιγμής, να απεικονίσει το μέσο όρο, μέγιστη και ελάχιστη τιμή και πιθανόν να υποστηρίξει έξοδο επαφών όταν η τιμή ξεπεράσει μια ελάχιστη/μέγιστη στάθμη.

### **1.10 Μέτρηση Διαλυμένου Οξυγόνου (D.O)**

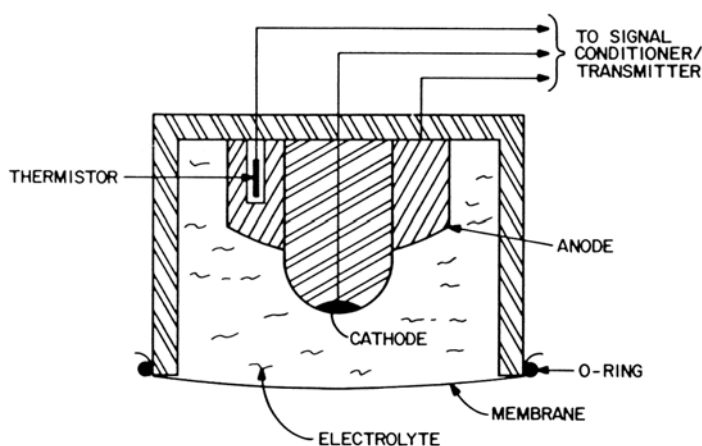
Σε δύο βασικά στάδια μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, είναι σημαντικό να μετράμε το ποσοστό διαλυμένου οξυγόνου για να διαπιστώσουμε την σωστή λειτουργία και απόδοση της μονάδας: στην αερόβια και αναερόβια επεξεργασία.

Για την αυτόματη λειτουργία του παρατεταμένου αερισμού, οι φυσητήρες λειτουργούν με βάση το ποσοστό διαλυμένου οξυγόνου που υπάρχει στην δεξαμενή. Μικρή τιμή θα προκαλέσει πρόβλημα στην μονάδα, ενώ μεγάλες τιμές θα μειώσουν την απόδοση και θα αυξήσουν το κόστος λειτουργίας, δεδομένου ότι η κατανάλωση των αεροσυμπιεστών είναι πολύ μεγάλη. Για την αναερόβια επεξεργασία, μπορεί να υπάρχει ένας αισθητήρας για ένδειξη, κατά πόσο δηλαδή υπάρχουν αναερόβιες συνθήκες.

Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα, βασίζεται σε δύο ηλεκτρόδια που βρίσκονται πίσω από μια μεμβράνη. Τα ηλεκτρόδια πολώνονται με μια τάση της τάξεως 0.5-1.0 V dc. Τα μόρια του οξυγόνου διαπερνούν την μεμβράνη και λαμβάνει χώρα μια ηλεκτροχημική αντίδραση μεταξύ ανόδου και καθόδου και παρουσία του ηλεκτρολύτη που περιβάλλει τα δυο ηλεκτρόδια. Η αντίδραση είναι:



αποτέλεσμα της αντίδρασης, είναι το μέταλλο της ανόδου να οξειδωθεί. Λόγω της οξείδωσης, κυκλοφορεί ένα ρεύμα από την κάθοδο στην άνοδο. Το ρεύμα είναι ανάλογο του ποσοστού του οξυγόνου. Το ρεύμα αυτό μετατρέπεται σε έξοδο κατάλληλη για βιομηχανικό σήμα, όπως 4-20 mA, RS485 κτλ. Μια τυπική έκταση μέτρησης ενός τέτοιου αισθητήρα, είναι από 0-20 mg/L ή 0-200% κορεσμός.



Σχήμα 1.10.1. Δομή αισθητήρας DO με μεμβράνη.

Η διαδικασία της οξείδωσης, επηρεάζεται άμεσα από την θερμοκρασία. Για τον λόγο αυτό, τοποθετείται στο περίβλημα του αισθητήρα ένας αισθητήρας θερμοκρασίας (thermistor) και γίνεται μια αναγωγή της μετρούμενης τιμής από το όργανο μέτρησης ανάλογα με την θερμοκρασία (βλ. μέτρηση pH). Έτσι βλέπουμε τα ίδια όργανα να μπορούν να μετρούν ταυτόχρονα και θερμοκρασία.

Τυπικές τιμές ακρίβειας είναι  $\pm 1$  με  $\pm 3\%$  σε πλήρη κλίμακα, σε τυπική θερμοκρασία. Για μεγάλες μεταβολές θερμοκρασίας, το σφάλμα αυξάνει παρ' όλη την αναγωγή που γίνεται. Για θερμοκρασία  $5^\circ\text{C}$  μπορεί το σφάλμα να φτάσει και  $\pm 1\%$ . Συνηθισμένες τιμές σφάλματος για Μ.Ε.Λ είναι της τάξεως του  $\pm 2 \sim \pm 4\%$ . Οι τιμές αυτές είναι τυπικές και πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν μονάχα αυτές που δίνει ο κατασκευαστής.

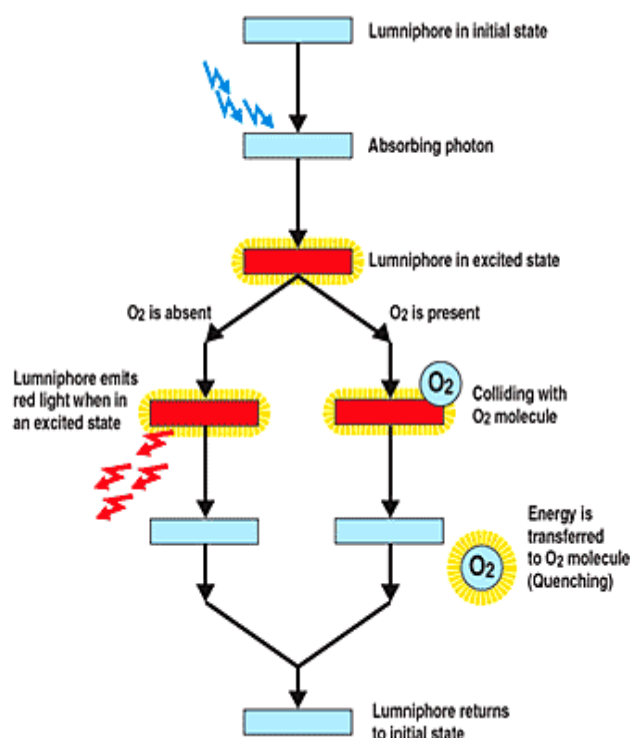
Η μεμβράνη μειώνει την διαδικασία της μέτρησης αν είναι βρώμικη. Καθίσταται βρώμικη από επικαθίσεις στερεών ή λάσπης μειώνοντας έτσι την ενεργό επιφάνειά της. Πολλά αισθητήρια διαθέτουν αυτόματο μηχανικό καθαριστή, που καθαρίζει με μια μικρή μαλακή βούρτσα την μεμβράνη ή εκτοξεύοντας νερό με μικρή πίεση ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Για να διατηρήσουμε την αξιοπιστία του οργάνου, πρέπει να επαληθεύεται η μέτρησή του με φορητό όργανο DO. Αν υπάρχει μια διαφορά μεγαλύτερη του

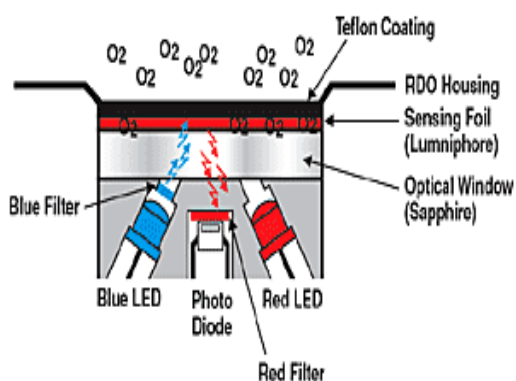
0.5mg/L, τότε γίνεται καθάρισμα και πιθανόν αντικατάσταση της μεμβράνης. Η επιθεώρηση της μεμβράνης πρέπει να γίνεται κάθε μήνα για τυχόν σπάσιμο της ή όποτε πραγματοποιείται αντικατάσταση του ηλεκτρολύτη. Μετά από κάθε συντήρηση, γίνεται καλιμπράρισμα με DO όργανο αναφοράς.

Πρόσφατα παρουσιάστηκε μια νέα μέθοδος μέτρησης χωρίς χρήση μεμβράνης ή ηλεκτρολύτη. Πραγματοποιεί την μέτρηση με οπτικό τρόπο ενώ, σύμφωνα με τους κατασκευαστές, η ακρίβεια και επαναληψιμότητα είναι πολύ καλή χωρίς σχεδόν να απαιτείται καλιμπράρισμα.

Αποτελείται από μία μεταλλική επιφάνεια που συμπεριφέρεται ως μεμβράνη, και είναι επικαλυμμένη με ένα φωτοευαίσθητο υλικό, καλούμενο luminophore<sup>®</sup>. Η μια πλευρά της μεμβράνης εκτίθεται στο προς μέτρηση υγρό, ενώ στην εσωτερική πραγματοποιείται η μέτρηση. Ένα led μπλε χρώματος (~475nm), φωτίζει την εσωτερική πλευρά και διεγείρει την φθορίζουσα επίστρωση. Σε κατάσταση διέγερσης και χωρίς παρουσία οξυγόνου, το υλικό επιστρέφει στην προηγούμενη κατάσταση του εκπέμποντας κόκκινο φως (~600 nm), αποβάλλοντας έτσι την ενέργεια που είχε απορροφήσει από την μπλε ακτινοβολία. Σε περίπτωση ύπαρξης οξυγόνου στο τοίχωμα της μεμβράνης, τα μόρια από το υγρό θα απορροφήσουν μέρος της ενέργειας αυτής, οπότε το φθορίζον υλικό θα επιστρέψει στην κανονική του κατάσταση εκπέμποντας λιγότερη ακτινοβολία στην ερυθρά περιοχή. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι ανάλογη του οξυγόνου που υπάρχει στο διάλυμα. Η κόκκινη ακτινοβολία, γίνεται αντιληπτή από μία φωτοδίοδο. Τοποθετείται κόκκινο φίλτρο μπροστά, ώστε η φωτοδίοδος να λειτουργεί μονάχα στο συγκεκριμένο μήκος κύματος.



Σχήμα 1.10.2. Αρχή λειτουργίας οπτικής μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου. (πηγή: *in-situ inc.*)



**Σχήμα 1.10.3. Το εσωτερικό ενός μετρητή. Δεξιά: φωτογραφία δύο στιβαρών αισθητήρων**

Για το καλιμπράρισμα, ο αισθητήρας διαθέτει ένα κόκκινο led που μέσω ενός φίλτρου, εκπέμπει κατάλληλη ακτινοβολία, όση θα επέστρεφε η φθορίζουσα επίστρωση αν δεν αντιδρούσε με το οξυγόνο. Έτσι, διαθέτει εσωτερικά μια πηγή αναφοράς και πραγματοποιείται αυτόματος μηδενισμός του οργάνου ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής μέτρησης, είναι πολλά. Ο αισθητήρας είναι μικρός, συμπαγής, με ιδιαίτερες αντοχές σε σκληρό περιβάλλον. Αντέχει σε διαλύματα μεγάλης αλατότητας, βάθη μέχρι 6000 μέτρων, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ μερικές εκδόσεις μπορούν να αντέξουν και σε διαβρωτικά διαλύματα. Όλα αυτά δίνουν ένα σαφές προβάδισμα σε σχέση με τους περιορισμούς που θέτουν οι κλασικοί μετρητές τύπου clark με μεμβράνη.

Οι κατασκευαστές δίνουν μια διάρκεια ζωής ορισμένων ετών, ενώ υποστηρίζουν ότι έχουν μεγάλη ανοχή σε κακομεταχείριση (κτυπήματα, γρατσουνιές) χωρίς να επηρεάζεται η ακρίβειά τους. Εν τούτοις θα πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος για την ακρίβειά τους, με φορητό όργανο ακριβείας τουλάχιστον κάθε έξι μήνες.

Σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί από εταιρίες σε διάφορες εγκαταστάσεις. Σε ΜΕΥΑ έχουν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, αν και είναι πολύ νωρίς για να κριθεί η μακροχρόνια αξιοπιστία τους, δεδομένου ότι αναφερόμαστε σε εγκαταστάσεις λιγότερο των δύο ετών. Σε σχέση όμως με τους αισθητήρες μεμβράνης, οι χειριστές προτιμούν τους νέους αισθητήρες για την απλότητά τους, την αξιοπιστία και κυρίως, την ελάχιστη συντήρηση που απαιτούν. (πηγή: [www.insiteig.com](http://www.insiteig.com)).

### **1.11 Μέτρηση BOD-M3**

Ένας βασικός δείκτης για το φορτίο της μονάδας, είναι η μέτρηση του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD). Για την μέτρησή του, απαιτείται εργαστηριακός εξοπλισμός, με μέτρηση του οξυγόνου σε κλειστή φιάλη. Έχει θεσπιστεί ο δείκτης BOD-5, δηλ. μέτρηση 5 ημερών. Μια τέτοια διαδικασία είναι πολύ αργή και φυσικά δεν μπορεί να τροφοδοτήσει ένα on-line σύστημα.

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε μια πατενταρισμένη μέθοδος που μπορεί να δώσει σωστές, επαναλαμβανόμενες και ακριβείς μετρήσεις σε λίγα λεπτά. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, μπορεί να δώσει τη μέτρηση μέσα σε 3-15 λεπτά (πηγή:

Isco-Stip), οπότε αυτός ήταν ο λόγος που ονομάστηκε BOD-M3. Τα αποτελέσματα όμως ανάγονται σε μετρήσεις που θα έδινε μία μέτρηση BOD-5.

Το όργανο μέτρησης συνδέεται σαν by-pass, έτσι ώστε να απορροφά συνέχεια ένα δείγμα από την ροή και στην συνέχεια να απορρίπτεται πίσω στη ροή. Αποτελείται από δύο περισταλτικές μικροαντλίες ακριβείας, έναν βιοαντιδραστήρα, δύο αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου και έναν μικροϋπολογιστή που υπολογίζει το ποσοστό BOD και ελέγχει τα επιμέρους μέρη. Η μία μικροαντλία, τροφοδοτεί συνεχώς το όργανο με δείγμα από το προς μέτρηση υγρό. Πριν καταλήξει στον βιοαντιδραστήρα, περνά από ένα αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο για να απομακρυνθούν τυχόν μεγάλα κομμάτια (0.5-20 mm) που θα καταστρέψουν τις περισταλτικές αντλίες. Το ακάθαυτο υγρό που θα μετρηθεί, διαλύεται με ένα διάλυμα (νερό), κορεσμένο σε οξυγόνο. Το διαλελυμένο υγρό, καταλήγει στον βιοαντιδραστήρα, που αποτελείται από εκατοντάδες μικρά δακτυλίδια, προσφέροντας έτσι μια μεγάλη επιφάνεια για να αναπτυχθούν οι μικροοργανισμοί. Τα δακτυλίδια έχουν σκοπό να προστατεύσουν τους μικροοργανισμούς από μηχανική τριβή που θα δημιουργήσει η τυρβώδης ροή. Στο εσωτερικό του βιοαντιδραστήρα, μετριέται συνεχώς το οξυγόνο ώστε να διατηρείται σταθερά στα 3mg/l. Για να επιτευχθεί αυτό, αυξομειώνεται η παροχή του ακάθαρτου υγρού (δείγμα) και του κορεσμένου υγρού (διαλύτης) μέσω ανάδρασης που ελέγχεται από τους αισθητήρες οξυγόνου και τον μικροϋπολογιστή. Ουσιαστικά οι αυξομειώσεις αυτές είναι επακόλουθο της αναπνοής των μικροοργανισμών μέσα στον βιοαντιδραστήρα. Το BOD υπολογίζεται από τους λόγους ανάμιξης των δύο αντλιών.



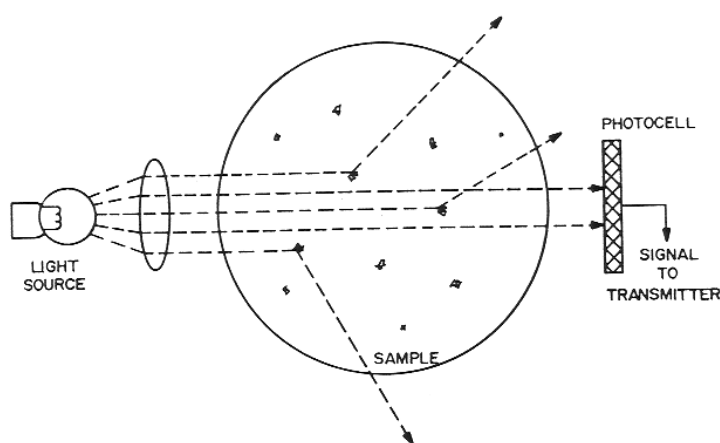
Εικόνα 1.11. Αριστερά, φωτογραφία οργάνου on-line μέτρησης BOD-M3 και δεξιά το διάγραμμα λειτουργίας του (πηγή: envitech.com)

Για το καλιμπράρισμα, το όργανο αυτό είναι ίσως από τα ελάχιστα που χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να σιγουρέψουμε την ακρίβειά του, χρειάζεται να γίνει μέτρηση με γνωστό διάλυμα, σε σχέση με εργαστηριακή μέτρηση BOD-5. Καταλαβαίνει κανείς ότι για τα αποτελέσματα από το εργαστήριο χρειάζονται 5 ημέρες. Τα αποτελέσματα πρέπει να έχουν πολύ μικρή απόκλιση, όση δίνει ο κατασκευαστής.

### 1.12 Μέτρηση Αιωρούμενων Στερεών (SS)

Η μέτρηση αιωρούμενων στερεών, είναι απαραίτητη για την ένδειξη απόδοσης της μονάδας. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ιλύος, την έξοδο της/των δεξαμενών καθίζησης και στα φίλτρα. Η ίδια μέθοδος εφαρμόζεται και στα θολόμετρα, για την μέτρηση της καθαρότητας του νερού.

Η αρχή λειτουργίας είναι αρκετά απλή: μία πηγή φωτός διαπερνά το προς μέτρηση υγρό και καταλήγει σε μία φωτοδίοδο ή φωτοαντίσταση. Τα αιωρούμενα σωματίδια που υπάρχουν στο υγρό, θα προκαλέσουν μια ανάκλαση στην φωτεινή δέσμη και έτσι θα μειώσουν την έντασή του. Όσα περισσότερα αιωρούμενα υπάρχουν, τόσο μικρότερο θα είναι το φως που θα προσπέσει στον αισθητήρα. Η τάση που αναπτύσσεται στην έξοδο του φωτοαισθητήρα είναι ανάλογη της έντασης του φωτός. Με το κύκλωμα ελέγχου, η έξοδος μπορεί να είναι αναλογική (0-20mA) ή ψηφιακή (RS485). Η κλίμακα αυτών των οργάνων είναι μεγάλη και φτάνει τα 300mg/L ή τα 200 ppm.



Σχήμα 1.12. Ο τρόπος λειτουργίας του αισθητήρα SS.

Για μεγαλύτερη αξιοπιστία, τα όργανα διαθέτουν και ένα δεύτερο φωτοαισθητήρα δίπλα στην φωτεινή πηγή. Γίνεται μέσω ενός γαλακτώδους φίλτρου μια μέτρηση για την ένταση της λυχνίας ώστε να καλιμπράρεται το όργανο μόνο του ή να δηλώνει αλλαγή για την λυχνία. Με το φίλτρο αυτό εξομοιώνεται μέτρηση με υγρό που δεν έχει καθόλου αιωρούμενα στερεά, δηλ. σαν να υπήρχε μεταξύ αισθητήρα-λυχνίας καθαρό νερό.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα αποτελεί η επικάλυψη στερεών ή λάσπης στον δέκτη, δίνοντας μόνιμο σφάλμα. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει μια φορά τον μήνα, να γίνεται έλεγχος με φορητό όργανο. Αυτό γίνεται γιατί το όργανο έχει μεγάλη αξιοπιστία, η βλάβη της λυχνίας δηλώνεται από το ίδιο το όργανο και χρειάζεται μονάχα καθαρισμό. Σε τέτοια περίπτωση γίνεται οπτικός έλεγχος κάθε μήνα και καθαρισμός. Είναι λοιπόν αναγκαίο η στερέωση του οργάνου να επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση του.

### 1.13 Αισθητήρες Πίεσης

Η μέτρηση της πίεσης γίνεται με χρήση ειδικών συνδετικών σωλήνων που φέρουν επάνω τον αισθητήρα ή οπή για την σύνδεσή του.



Η έξοδος είναι ένας μικρός σωλήνας που καταλήγει σε μια επιφάνεια όπου βρίσκεται ο αισθητήρας. Ως αισθητήρας χρησιμοποιείται πιεζοηλεκτρικό στοιχείο που έχει την ιδιότητα να παράγει τάση όταν ασκηθεί πίεση επάνω του. Εφαρμόζεται μια τάση η οποία είναι γνωστή και ακριβής. Η πίεση που ασκείται αλλάζει την τάση αυτή. Η διαφορά των δύο τάσεων, μας δίνει το μέγεθος της πίεσης.

Το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο μπορεί να δώσει επανάληψη μετρήσεων με ακρίβεια, κάνοντας το όργανο να έχει μια αξιοπιστία και σχεδόν καθόλου απαίτηση συντήρησης. Βλάβη παρουσιάζει μονάχα αν υποστεί πίεση μεγαλύτερη από την μέγιστη που μπορεί να δεχτεί, όπου μπορεί να εμφανίσει ρωγμή (cracking).

### **1.14 Αυτοκαθαριζόμενα Όργανα**

Τελευταία έχουν παρουσιαστεί στην αγορά μια νέα εξέλιξη και κατηγορία οργάνων, τα λεγόμενα αυτοκαθαριζόμενα όργανα. Όλο και πιο πολλοί κατασκευαστές παρουσιάζουν ότι τα όργανά τους είναι αξιόπιστα για εχθρικό και ιδιαίτερα βρώμικο περιβάλλον και έχουν ελάχιστη απαίτηση σε service.

Η αλήθεια είναι ότι οι αισθητήρες αυτοί, χρειάζονται πιο αραιό οπτικό έλεγχο για επικάλυψη ακαθάρτων. Διαθέτουν δίπλα στον αισθητήρα μία βούρτσα ή έναν εκτοξευτήρα νερού για τον καθαρισμό ανά τακτά χρονικά διαστήματα, με βάση χρονοπρογράμματος που έχουν. Κάποιοι άλλοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν μια τεχνική, όπου συνέχεια εκπέμπονται υπερηχητικοί παλμοί επάνω στο γυαλί ή την μεμβράνη και αποφεύγεται έτσι η συσσώρευση βρωμιάς. Μπορεί να μειώνουν την ανάγκη συντήρησης, αλλά δεν την ελαχιστοποιούν. Πάντα ένας οπτικός έλεγχος και ένα σχολαστικό καθαρίσμα δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα και εγγυάται ασφαλείς και έγκυρες μετρήσεις.

### **1.15 Σύνθετα Όργανα**

Σήμερα στην αγορά υπάρχουν όργανα που διαθέτουν πολλαπλά αισθητήρια στο ίδιο περίβλημα και μπορούν να πραγματοποιούν σύνθετες μετρήσεις την ίδια χρονική στιγμή. Αν και κοστίζουν περισσότερο από τα συνηθισμένα, εν τούτοις είναι ιδανικά για σημεία που δεν υπάρχει πολυτέλεια χώρου για τοποθέτηση πολλών αισθητηρίων ή κρίνεται απαραίτητη η λήψη διαφορετικών μετρήσεων από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας. Τα συναντάμε σε φορητά όργανα όπου διευκολύνει να γίνεται μέτρηση πολλών παραμέτρων από το ίδιο probe. Με μια κίνηση λαμβάνουμε πολλαπλές ενδείξεις από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας. Το κόστος ενός τέτοιου οργάνου είναι πιο μικρό σε σχέση με την απόκτηση των ίδιων μεμονωμένων οργάνων.

Ένα σύνθετο φορητό όργανο, είναι ικανό να μετρήσει θερμοκρασία, αλκαλικότητα, pH, νιτρικά, αιωρούμενα στερεά, DO, ταχύτητα ροής, χλώριο, αμμωνία κ.α. Διαθέτουν κεφαλή με πολλαπλούς αισθητήρες και η ακρίβειά τους κυμαίνεται στα ίδια όρια με τα μεμονωμένα όργανα. Ουσιαστικά πρόκειται για τα ίδια αισθητήρια, μονάχα που είναι συνδεδεμένα στο ίδιο σύστημα μετρήσεως. Με κατάλληλο εξωτερικό όργανο μετάδοσης, είναι εύκολο να συνδεθεί πολλαπλός αισθητήρας με σύνδεση βρόχου 4-20 mA ή σύνδεση RS232. Το μόνιμα αναρτημένο όργανο διαθέτει οθόνη στιγμιαίων ενδείξεων για τον χειριστή.

Πλεονέκτημα των φορητών οργάνων αποτελεί η δυνατότητα λειτουργίας ως καταγραφικό (Data Loggers) δίνοντας την ευκολία τοποθέτησης σε ένα σημείο και να καταγράφει για μεγάλο χρονικό διάστημα (εξαρτάται από την διαθέσιμη εσωτερική μνήμη). Συνδεδεμένο με Η/Υ λαμβάνουμε τις μετρήσεις με καταγραφή ώρας και ημ/νίας. Έτσι είναι δυνατή η εξακρίβωση της ακρίβειας ενός οργάνου μόνιμα συνδεδεμένου στη μονάδα, συγκρίνοντας της μετρήσεις του από το SCADA με αυτές που λάβαμε από το φορητό όργανο.



**Εικόνα 1.15.** *Αριστερά: probe με πολλαπλούς αισθητήρες. Κέντρο: Φορητό όργανο μέτρησης. Δέχεται μια μεγάλη γκάμα probes και έχει δυνατότητα καταγραφής. Δεξιά: μεμονωμένα probes ή συνδυασμός 2-4 μετρήσεων από την ίδια κεφαλή (πηγή: SONTEK)*

Επίσης, φορητά όργανα μπορούν να συνεργαστούν με μεγάλη γκάμα αισθητήρων, αν προέρχονται από τον ίδιο κατασκευαστικό οίκο. Στην επάνω εικόνα, βλέπουμε φορητό όργανο της SonTek που δέχεται τόσο πολυσύνθετο probe όσο και μεμονωμένα για μέτρηση 1-2 παραμέτρων.

### 1.16 Συντήρηση-Καλιμπράρισμα

Η ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων γίνεται μονάχα αν διαθέτουμε σωστά και ακριβή όργανα. Για να διατηρήσουμε την αξιοπιστία των οργάνων, χρειάζεται να γίνεται συντήρηση στους αισθητήρες, τα καλώδια και τα όργανα ανά τακτά χρονικά διαστήματα που προτείνεται από τον κατασκευαστή. Αρχικά γίνεται οπτικός έλεγχος και αντικατάσταση τμημάτων που φαίνονται φθαρμένα. Στη συνέχεια γίνεται ένας καθαρισμός του αισθητήρα, σύμφωνα πάντα με τις υποδείξεις του κατασκευαστή.

Ακολούθως, στα όργανα που χρειάζονται πλήρωση χημικού (ηλεκτρολύτης) ή γίνεται αντικατάσταση ηλεκτροδίου ή άλλου ζωτικού εξαρτήματος, πρέπει να γίνει νέα βαθμονόμηση του οργάνου (*καλιμπράρισμα*) ώστε να διατηρηθεί η αξιοπιστία του.

Το καλιμπράρισμα γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνει ο κατασκευαστής. Για μέτρηση αναφοράς, συνδέεται φορητό όργανο, εφάμιλλης ή καλύτερης ακρίβειας στο ίδιο σημείο (*όπου η πρόσβαση είναι εφικτή*) με το σημείο δειγματοληψίας του προς ρύθμιση οργάνου. Τα όργανα πρέπει να δείξουν την ίδια μέτρηση. Αν υπάρχει απόκλιση, γίνεται διόρθωση στο όργανο. Εξυπακούεται ότι το φορητό όργανο είναι πιστοποιημένο για την ακρίβειά του από κάποιο οργανισμό ή επίσημο φορέα. Μία φορά τον χρόνο, τα όργανα του εργαστηρίου (φορητά και πάγκου) πρέπει να καλιμπράρονται και να λαμβάνουν πιστοποίηση για την ακρίβειά τους. Έτσι,

μπορούν με την σειρά τους να πραγματοποιήσουν διόρθωση και ρύθμιση σε άλλα όργανα.

Όσα αισθητήρια ή όργανα δεν μπορούν να ρυθμιστούν στο πεδίο, απαιτείται η αφαίρεσή τους και η ρύθμισή τους στον εργαστηριακό χώρο της μονάδας. Σε ελάχιστες περιπτώσεις, η συντήρηση και το καλιμπράρισμα απαιτεί εξειδικευμένο εξωτερικό συνεργείο ή εργαστήριο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

### PLCs

#### 2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα μηχανήματα που χειρίζονται, ελέγχουν και συνδέονται με τα αισθητήρια και που αποτελούν την καρδιά ενός αυτοματισμού.

Λέγοντας αυτοματισμό, καλούμε την διαδικασία όπου γίνεται έλεγχος μίας ή περισσοτέρων διαδικασιών, με ανάδραση από μεμονωμένο ή από μια σειρά ερεθισμάτων. Τα ερεθίσματα είναι οι εισοδοί του συστήματος και οι διαδικασίες που ελέγχουμε είναι οι έξοδοι. Ο έλεγχος μπορεί να είναι λογικές πράξεις, χρονικές μεταβλητές, αλληλουχία καταστάσεων κ.α.

Μέχρι την δεκαετία του 1970, ο έλεγχος γινόταν με ηλεκτρομηχανικά μέρη. Ένα ρελέ<sup>3</sup> όταν τροφοδοτούταν με τάση, άνοιγε ή έκλεινε κάποιες επαφές που με την σειρά τους άνοιγαν ή έκλειναν άλλες επαφές ή τροφοδοτούσαν μια έξοδο. Για χρονική υστέρηση, υπήρχαν οι χρονοδιακόπτες (καλούνται χρονικά), που μετρούν ένα δεδομένο χρονικό διάστημα πριν αλλάξουν κατάσταση οι επαφές τους. Τέλος, για έλεγχο υπήρχαν μηχανικοί συγκριτές και καταμετρητές (counters), όπως για παράδειγμα να καταμετρούν πόσες ώρες λειτουργεί ένα μηχάνημα ή πόσες φορές ενεργοποιήθηκε μια αντλία. Είναι φανερό ο μικρός περιορισμός που προσέφεραν τα παραπάνω για να εκτελέσουμε γρήγορους και πολύπλοκους ελέγχους.

Η ανάγκη για πολύπλοκες εφαρμογές και μεγάλης έκτασης εγκαταστάσεις, φανέρωσε τους περιορισμούς και τα προβλήματα που έχουν τα ηλεκτρομηχανικά μέρη. Γρήγορα έγινε αντιληπτό ότι για γρήγορους και ακριβείς ελέγχους καθώς και εκτέλεση μαθηματικών πράξεων, έπρεπε να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρονικά. Ήδη είχαν παρουσιαστεί στην αγορά οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές που διέθεταν εισόδους, εξόδους και περιορισμένη μνήμη. Δεν χρειάζονταν μηχανικά μέρη, είχαν πιο γρήγορη απόκριση από ένα ρελέ, και το σημαντικότερο μπορούσαν να προγραμματιστούν σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται το καθολικό ξήλωμα μιας εγκατάστασης για αλλαγές, αλλά να αλλαχτεί ένα τμήμα του προγράμματος. Η ακριβέστερη λειτουργία, η μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου και ένα μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών δίνουν στα ηλεκτρονικά συστήματα αυτοματισμού με την πάροδο του χρόνου μία σαφώς ισχυρότερη θέση σε σχέση με τους προκατόχους τους που αποτελούνταν από ηλεκτρομηχανικά

#### 2.2 Το PLC

Τα PLC ή αλλιώς Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (*Programmable Logic Controllers*), είναι η εξέλιξη της παραπάνω τεχνολογίας. Αποτελούνται από έναν ταχύτατο μικροεπεξεργαστή, που διαχειρίζεται μια σειρά εισόδων και εξόδων.

---

<sup>3</sup> ηλεκτρομαγνήτης που στον μεταλλικό οπλισμό του υπάρχουν επαφές, ανοικτές (NO, Normally Opened) και κλειστές (NC, Normally closed). Όταν τροφοδοτείται, δηλ. οπλίζει, παρασέρνει και τις επαφές αλλάζοντας έτσι την κατάσταση τους: οι ανοικτές γίνονται κλειστές και το αντίστροφο.

Ως είσοδοι, μπορεί να είναι είτε Ψηφιακές Είσοδοι (*D.I : Digital Input*) είτε Αναλογικές είσοδοι (*A.I : Analogue Input*). Στις Ψηφιακές εισόδους, αντιλαμβάνεται μονάχα τιμές 0 ή 1. Για την διακριτή διαφορά των δύο καταστάσεων, ο κατασκευαστής δίνει τις τιμές τάσεων που αντιστοιχούν για την κατάσταση "0" και "1" (*εξαρτάται από το μοντέλο*). Η αναλογική είσοδος αντιλαμβάνεται σήματα που είναι αναλογικά, όπως μια τάση που κυμαίνεται από 0-10Vdc, 0-5Vdc, 0-20 mA. Τα σήματα αυτά τα ψηφιοποιεί σε δυαδική μορφή (*bytes*), ώστε ο μικροεπεξεργαστής να μπορέσει να κατανοήσει το μέγεθος. Η διαδικασία μετατροπής ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακή μορφή, καλείται δειγματοληψία. Ο μετατροπέας είναι ο ADC (*Analogue to Digital Converter*). Η ακρίβεια της μετατροπής, εξαρτάται από πόσα bit χρησιμοποιεί και από τη συχνότητα της δειγματοληψίας (*σε KHz*). Μια συνηθισμένη τιμή είναι τα 12 bit.

Για τις εξόδους, ισχύουν τα ίδια με τις εισόδους. Υπάρχουν τόσο αναλογικές, όσο και ψηφιακές.

Ουσιαστικά, ένα PLC θυμίζει την λειτουργία και την μορφή που έχει ένας υπολογιστής. Εμείς γράφουμε το πρόγραμμα και εκείνο αναλαμβάνει να το εκτελέσει σωστά, ελέγχοντας κάποιες άλλες συσκευές.

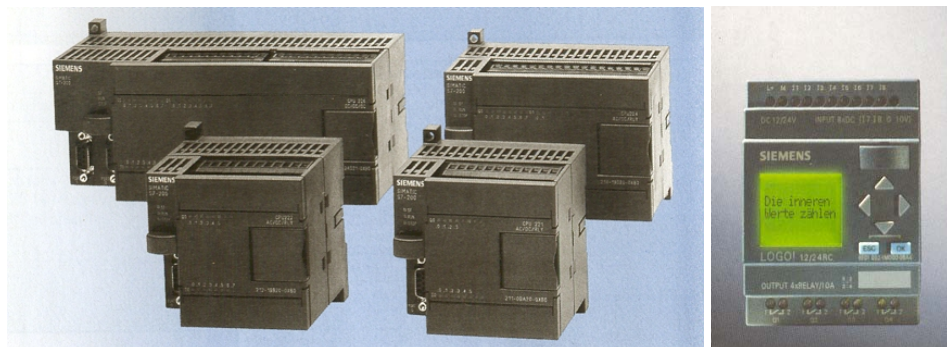
Οι ικανότητες ενός PLC είναι πάρα πολλές και περιορίζονται μονάχα από το μοντέλο και τον κατασκευαστή. Ο χρήστης έχει στην διάθεσή του μια πληθώρα λειτουργιών, όπως:

- Χρονικά (χρονικής περιόδου, ημερολογιακά, εξαρτώμενα από καταστάσεις κ.α)
- Συγκριτές (κατάστασης, λέξεως κ.α)
- Λογικές πράξεις (AND, OR, NOR, NAND, XOR, XNOR)
- Μετρητές (απλοί, υψηλής ταχύτητας)
- Γεννήτριες παλμών
- Μαθηματικές πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολ/μός, διαίρεση, τ.ρίζα)
- Σύνθετος έλεγχος ανάδρασης PID
- Πράξεις με πίνακες
- Καταχωρητές ολίσθησης (Shift Registers, rotation)
- Υποστήριξη υπορουτίνων και ανακύκλωση (loop)
- Βασικές στατιστικές πράξεις

Το πρόγραμμα καθώς και οι τιμές register όλων των μνημών/μεταβλητών, αποθηκεύονται σε μια δυναμική μνήμη, η τιμή της οποίας εξαρτάται από τις δυνατότητες του μοντέλου. Σε μικρά μοντέλα, η μνήμη κυμαίνεται από 4-16 KB. Αν και σήμερα κάτι τέτοιο ακούγεται τρομερά μικρό νούμερο, εν τούτοις το πρόγραμμα αποτελείται από μικρές λέξεις που δεν ξεπερνούν τους μερικούς χαρακτήρες ανά γραμμή. Να αναφέρουμε, ότι σε υπάρχουσα εγκατάσταση βιοτεχνίας, πρόγραμμα ολόκληρης μονάδας δεν ξεπερνούσε τα 3,5 KB. Σε μεγάλα μοντέλα, υπάρχει υποδοχή για κάρτα μνήμης (ειδικού τύπου) και επέκτασή της μέχρι μερικά MB. Η μνήμη μπορεί να κρατήσει τα δεδομένα για πολλά χρόνια.

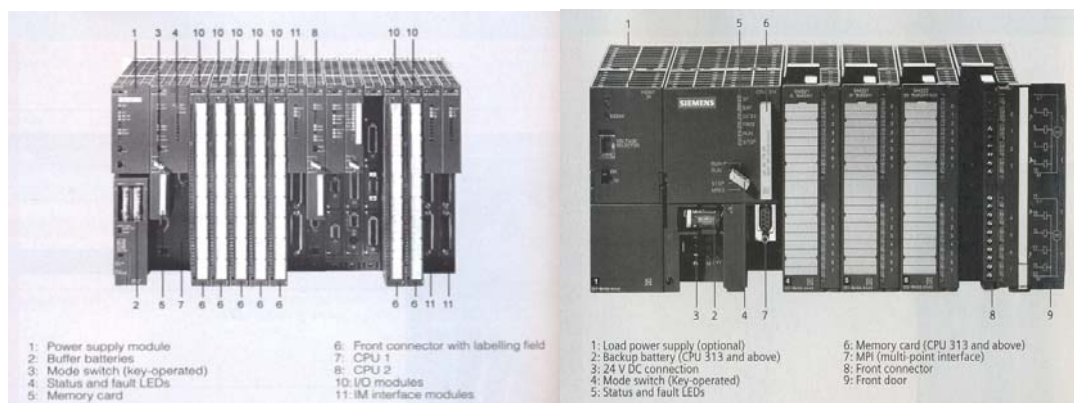
Τα μοντέλα για κάθε εταιρία, ξεκινούν με τα compact, όπου είναι μικρά, όλα σε ένα PLC. Λέμε όλα σε ένα, λόγω ότι περιέχουν εισόδους (*ψηφιακές, μπορεί 1-2*

αναλογικές), εξόδους (ψηφιακές), επικοινωνία με κάποιο υπολογιστή ή/και με τυποποιημένο βιομηχανικό δίκτυο (*Modbus, Profibus* κ.α), ενσωματωμένο τροφοδοτικό (έκδοση 220V) και δυνατότητα σύνδεσης με panel για επικοινωνία με χειριστή. Τα compact είναι πολύ δημοφιλή σε μικρές εγκαταστάσεις ή για μεμονωμένες λειτουργίες όπου ένα ακριβότερο μοντέλο είναι οικονομικά ασύμφορο.



**Εικόνα 2.2.1. Αριστερά: η οικογένεια S7-2xx. Δεξιά: το micro PLC LOGO! (Siemens)**

Τα πιο σύνθετα μοντέλα, περιλαμβάνουν περισσότερες δυνατότητες, με μεγαλύτερη μνήμη και ευκολίες αναβάθμισης (*expandability*) καθώς και δικτύωσης. Οι σειρές έρχονται σε μορφή modules, όπου κάθε κομμάτι είναι σε ξεχωριστή "φέτα". Έτσι, ξεχωριστό module είναι το τροφοδοτικό, η CPU, η κάρτα εισόδου, η κάρτα εξόδου, το μόντεμ, positioning module για ρομποτικούς βραχίονες κ.α ενώ δέχονται μεγάλες μνήμες για αποθήκευση.



**Εικόνα 2.2.2. Αριστερά το δυνατό S7-400, και δίπλα του το S7-300 (Siemens). Παρατηρήστε τα modules, σε μορφή κάρτας, και η σαφώς μεγαλύτερη δικτύωση που προσφέρει η σειρά 4.**

Τα modules είναι συμβατά μονάχα για την οικογένεια PLC που ανήκουν. Για παράδειγμα, η SIEMENS κυκλοφορεί την σειρά S7-2xx (ή αλλιώς σειρά 200), την S7-3xx και S7-4xx. Οι δύο τελευταίες, είναι οι επαγγελματικές της. Τα modules της σειρά 3 δεν είναι συμβατά με την σειρά 4, και κανένα από αυτά με τη σειρά 2.

Η δυνατότητα προσθήκης modules, προσφέρει στον σχεδιαστή την ευελιξία να σχεδιάσει απλά έως σύνθετα συστήματα, δίνοντας του μια πληθώρα επιλογών. Σε περίπτωση αναβάθμισης μιας εγκατάστασης, απλά τοποθετεί όσα modules χρειάζεται επιπλέον, κρατώντας το κόστος χαμηλά αφού η CPU είναι που κοστίζει ακριβότερα.

Σημαντική διαφορά στα μοντέλα της CPU είναι η τάση λειτουργίας της. Συναντάμε μοντέλα για 110 Vac, 220 Vac, 100-240Vac και με 24 Vdc. Η τελευταία τάση είναι η πιο δημοφιλής, αφού δεν είναι επικίνδυνη και κατασκευάζεται ένα μοντέλο για όλο

τον κόσμο. Για την τροφοδοσία, υπάρχει στον κεντρικό πίνακα Μ/Σ 220V/24V για την τροφοδοσία όλων των PLC και των ρελέ. Ένα πρόβλημα που έχουν τα PLC είναι ότι είναι επιρρεπή σε βυθίσεις τάσεως. Με τα 24V είναι εύκολο να συνδεθούν μεγάλοι πυκνωτές πριν από κάθε PLC καθώς και να συνδεθούν ειδικά UPS για τα 24V ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο του "κολλήματος" (*halt*).



**Εικόνα 2.2.3.** Τοποθέτηση PLC εντός μεγάλου ηλεκτρικού πίνακα. Αριστερά η CPU S7-300 και δίπλα διακρίνονται 10 Modules. Η πράσινη λυχνία δεικνύει ότι η αντίστοιχη είσοδος ή έξοδος είναι ενεργοποιημένη.

Στην εικόνα 2.2.3, φαίνεται εγκατεστημένο ένα PLC σειράς S7-300 της Siemens. Ο όγκος που καταλαμβάνει είναι πολύ μικρός. Αν θέλαμε να χρησιμοποιούσαμε ηλεκτρομηχανικά μέρη (αν αυτό ήταν εφικτό) ώστε να πραγματοποιούσαμε τις ίδιες λειτουργίες, τότε θα χρειαζόμασταν μία με δύο ντουλάπες για να στεγάσουμε τα εξαρτήματα. Αντιλαμβάνεστε πόσο πιο πρακτικά, ευέλικτα και οικονομικά είναι τα PLC σε σχέση με την παλαιά υλοποίηση καθαρά με ηλεκτρομηχανικά μέρη.

### 2.3 Σύνδεση των αισθητήρων

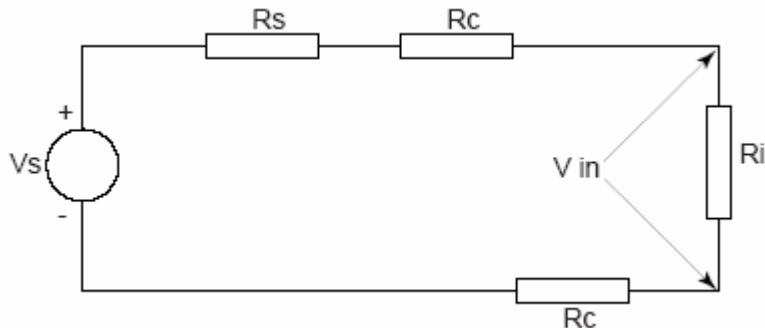
Τα περισσότερα αισθητήρια διαθέτουν αναλογική έξοδο πολύ χαμηλού ρεύματος ή τάσεως. Το σήμα αυτό πρέπει να σταλεί στις αναλογικές εισόδους των PLC (ή σε διαφορετική περίπτωση σε κάρτα δειγματοληψίας), που σε πολλές περιπτώσεις είναι σε μεγάλη απόσταση από τους αισθητήρες. Τι συμβαίνει όμως στο αναλογικό σήμα που μεταφέρεται;

Το μήκος καλωδίου και η απόσταση, είναι μερικοί από τους κρίσιμους παράγοντες για την ποιότητα του σήματος. Οι παρεμβολές που υπάρχουν σε μια βιομηχανική εγκατάσταση, τόσο EMI όσο και RFI, μπορούν να επιφέρουν σφάλμα στο μεταφερόμενο σήμα.

Για χρόνια, πολλές τεχνικές αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την μεταφορά του σήματος σε απόσταση. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε αναλογική τάση (0-10V) για να εκφράσει την κλίμακα ενός οργάνου. Γρήγορα έγινε αντιληπτό ότι αυτή η υλοποίηση ήταν πολύ επιρρεπής σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το σκληρό περιβάλλον που επικρατεί στην βιομηχανία μαζί με διακυμάνσεις τάσεως που αναπτύσσονται από κινητήρες, προκαλούν σφάλμα στη γραμμή μεταφοράς του σήματος. Η αντίσταση του καλωδίου θα αναπτύξει κάποια τάση που θα προστεθεί στην τελική τάση που βλέπει η είσοδος του PLC. Θα πρέπει να επιλέγεται καλώδιο,

που να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή ανά μήκος για να ελαχιστοποιούμε τέτοιου είδους σφάλμα. Για παράδειγμα:

Σε μια τυπική σύνδεση αισθητηρίου με κάρτα εισόδου, το κύκλωμα θα είναι:



Σχήμα 2.3.1. Ισοδύναμο κύκλωμα τάσεως

όπου  $R_c$  = η αντίσταση του καλωδίου (κάθε αγωγός)  
 $R_s$  = η εσωτερική αντίσταση του αισθητήρα/οργάνου μέτρησης  
 $R_i$  = η εσωτερική αντίσταση της κάρτας αναλογικής εισόδου του PLC  
 $V_s$  = η τάση της πηγής (που αναπτύσσεται πάνω στον αισθητήρα)  
 $V_{in}$  = το δυναμικό που αναπτύσσεται στην κάρτα αναλογικής εισόδου  
 $\%A_i$  = το % σφάλμα που δημιουργείται λόγω της τάσης πηγής και της αντίστασης των καλωδίων.

Προκύπτει: 
$$V_{in} = \frac{[R_i \times V_s]}{[R_s + (2 \times R_c) + R_i]}$$

Για παράδειγμα, για καλώδιο 2 αγωγών, Belden 8761, θωρακισμένο θα έχουμε:  
 $R_c = 16 \Omega/300 \text{ m}$   
 $R_s = 0$  (ιδανική πηγή)

Οπότε: 
$$\%A_i = \left(1 - \frac{V_{in}}{V_s}\right) \times 100$$

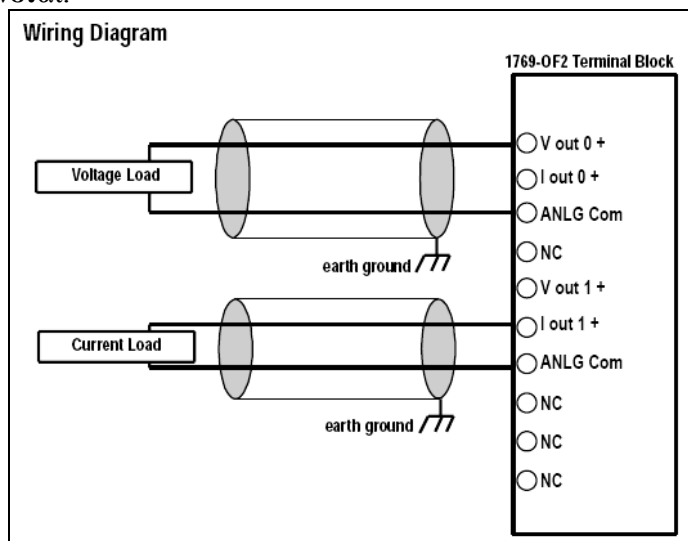
προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Length of Cable (m)	dc resistance of the cable, $R_c$ ( $\Omega$ )	Accuracy impact at the input module
50	2.625	0.00238%
100	5.25	0.00477%
200	10.50	0.00954%
300	15.75	0.0143%

Θα πρέπει λοιπόν να δοθεί μεγάλη σημασία στην σωστή επιλογή καλωδίου. Πρέπει να είναι θωρακισμένο και όσο το δυνατόν μακριά από πηγές RFI. Η γείωση καλό θα είναι να γίνει μόνο σε ένα σημείο, κοντά στην κάρτα εισόδου. Αν επιλεγθεί γείωση σε περισσότερα σημεία, καλό θα είναι να γίνει έλεγχος για τάσεις που αναπτύσσονται από την γείωση (βρόγχοι γείωσης). Σε περιβάλλον όπου υπάρχει θόρυβος υψηλής



συχνότητας, καλό είναι να συνδεθεί πυκνωτής (κεραμικός) μεταξύ της μίας εισόδου και της γείωσης, ώστε να γειώνονται οι υψίσυχνες συχνότητες και να μην περνούν στην κάρτα εισόδου. Το καλώδιο γδύνεται και κόβεται η θωράκισή του, αφήνοντας αγωγούς μήκους ικανού για την σύνδεση με τους ακροδέκτες της κάρτας (περίπου 5 cm). Αφαιρείται το μονωτικό, όσο χρειάζεται για να μπει στις κλέμες. Η θωράκιση συνδέεται στην γείωση της εισόδου ή σε μπάρα γείωσης. Η άλλη άκρη του καλωδίου, δεν γειώνεται.



Σχήμα 2.3.2. Η σύνδεση με module αναλογικής εξόδου και η πρόταση γείωσης. (πηγή: Allen-Brandley)

Η μέθοδος με τάση για έξοδο, χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια. Ακόμα και σήμερα, μερικά αισθητήρια έχουν τέτοια έξοδο ή διαθέτουν διπλή έξοδο, τάσεως και βρόγχου ρεύματος.

Τα προβλήματα που έχει η μέτρηση με τάση, απουσιάζουν στο σύστημα μέτρησης με βρόγχο ρεύματος. Εδώ, οι τιμές  $R_c$  και  $V_s$  δεν έχουν καμία σημασία. Στο κύκλωμα, κυκλοφορεί ένα μόνο ρεύμα που κυμαίνεται από 4-20mA (για μείωση του σφάλματος, τιμές κάτω από 4 mA θεωρείται τιμή μηδέν ή η αρχή της κλίμακας). Η τάση μπορεί να μεταβάλλεται, σε όρια που δίνει ο κατασκευαστής. Λόγω του μικρότερου σφάλματος που παρουσιάζουν, κατάφεραν να επικρατήσουν στην αγορά. Σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό αισθητηρίων έχει αναλογική έξοδο βρόγχου ρεύματος (analogue current loop). Η απόσταση του καλωδίου, μπορεί άνετα να ξεπεράσει τα 300 m, ενώ σε μερικές περιπτώσεις φτάνει τα 1000 m. Με αναμεταδότη μπορούμε να αυξήσουμε την απόσταση, με αντίκτυπο, πιθανώς, ένα πολύ μικρό σφάλμα.

Για λόγους συμβατότητας, οι κάρτες αναλογικής εισόδου μπορούν να χειριστούν τόσο τάσεις όσο και ρεύματα. Για τις τάσεις, έχουν μεγάλη αντίσταση ( $\geq 10 \text{ M}\Omega$ ) ώστε η τάση που αναπτύσσεται πάνω στη βαθμίδα εισόδου να είναι όσο το δυνατόν αμελητέα. Για τον βρόγχο ρεύματος, έχουμε μικρή αντίσταση ( $\leq 25 \Omega$ ). Αντίστοιχα, οι αισθητήρες βγαίνουν σε μοντέλα που έχουν έξοδο τάσεως ή βρόγχου ρεύματος, καλύπτοντας την νέα γενεά ή υποστηρίζοντας παλιές υλοποιήσεις. Μην ξεχνάμε, ότι πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις, έχουν ακόμα συστήματα με μέτρηση τάσεως.

## 2.4 Επικοινωνία

Όπως αναφέρθηκε, ένα μεγάλο πλεονέκτημα των PLC είναι η δυνατότητα απομακρυσμένης σύνδεσής τους υπό μορφή δικτύου. Για την διασύνδεση των PLC μεταξύ τους, αναπτύχθηκαν διάφορα πρωτόκολλα και αρχιτεκτονικές. Εδώ θα αναλυθούν οι βασικότερες.

Η εξέλιξη της σύνδεσης στον αυτοματισμό εν συντομία είναι:

- πνευματικά όργανα (3-15 psi) και ένδειξη με όργανα βελόνας,
- αναλογικά ηλεκτρονικά (4-20 mA ή 0-10 V) και ένδειξη με αναλογικά ή ψηφιακά όργανα σε απομακρυσμένη περιοχή,
- Ταυτόχρονη μετάδοση Αναλογικού/Ψηφιακού σήματος (πρωτόκολλο HART)
- Πλήρως ψηφιακό σήμα σε σύνδεση δικτύου (FieldBus, ModBus, ProfiBus)

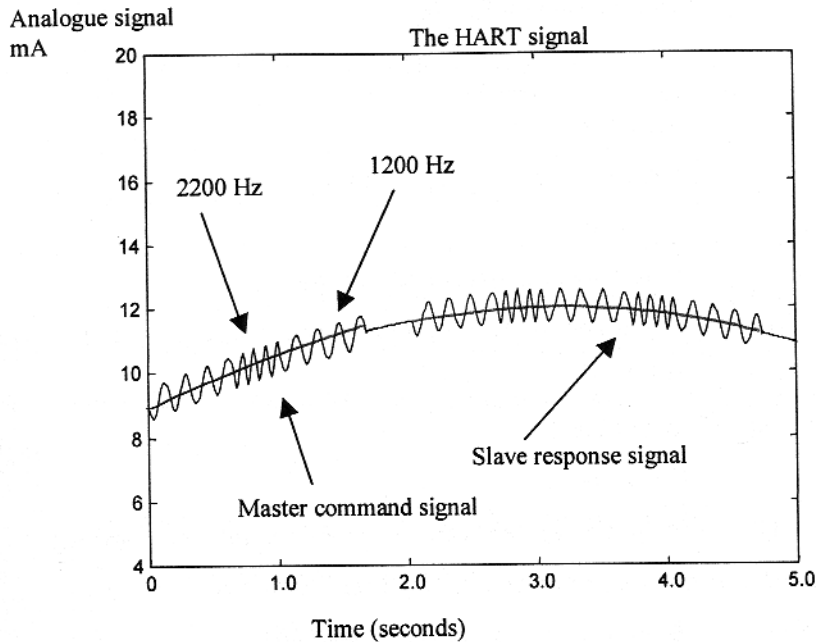
Τα πνευματικά δεν υφίστανται πλέον. Η αναλογική έξοδος αναλύθηκε πρωτίτερα. Μονόδρομος πλέον αποτελεί η ψηφιακή επικοινωνία, δεδομένου ότι πετυχαίνονται καλύτερες ταχύτητες, μεγαλύτερες αποστάσεις και σύνδεση πολλών σημείων με ένα μονάχα καλώδιο.

#### **2.4.1 Σύνδεση HART**

Πολλά αισθητήρια και συσκευές στην βιομηχανία χρησιμοποιούν ακόμα ως βασική διασύνδεση την αναλογική έξοδο 4-20 mA. Μελετήθηκε αν γινόταν να διατηρηθεί η σύνδεση αυτή χωρίς να επηρεαστεί η μέτρηση και να γίνει μετάδοση ψηφιακής πληροφορίας. Με άλλα λόγια να κρατήσουν την γραμμή επικοινωνίας ώστε να λειτουργούν τόσο αναλογικά όργανα όσο και ψηφιακά.

Αναπτύχθηκε το σύστημα HART (Highway Addressable Remote Transducer) που μεταφέρει παλμική ψηφιακή πληροφορία μέσω ακουστικής συχνότητας επάνω στο αναλογικό σήμα εντάσεως. Για τις συχνότητες και τον τρόπο μεταφοράς, χρησιμοποιήθηκε το στάνταρ 202 F.S.K (Frequency Shift Keying) από την American Bell. Χρησιμοποιούνται δύο συχνότητες για την ψηφιακή μετάδοση: στα 1200 Hz για το "1" και στα 2200 Hz για το λογικό "0".

Η λογική μετάδοσης είναι απλή και χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το τηλεφωνικό δίκτυο. Η μεταβαλλόμενη A.C συχνότητα κάθεται πάνω σε ένα D.C σήμα. Τα όργανα και αισθητήρια δεν επηρεάζονται από αυτή την συχνότητα, ενώ οι συσκευές που επικοινωνούν ψηφιακά αγνοούν την ύπαρξη του αναλογικού σήματος. Για προστασία, υπάρχει χαμηλοπερατό φίλτρο στην διασύνδεση των αναλογικών οργάνων που αποκόβουν την ψηφιακή μετάδοση, ενώ αντίστοιχα για την ψηφιακή σύνδεση τοποθετείται σε σειρά ένας πυκνωτής που αποκόβει το ρεύμα. Αυτά συνδέονται τοπικά, πριν την σύνδεση των οργάνων και μόνο.



**Σχήμα 2.4.1 Η μετάδοση σήματος HART. Φαίνεται η ταυτόχρονη μετάδοση του ψηφιακού (μεταβαλλόμενο) επάνω στο αναλογικό σήμα (καμπύλη γραμμή).**

Η ταχύτητα μετάδοσης ξεπερνά τα 1200 bps, αν και έχουν παρουσιαστεί και πιο μεγάλες ταχύτητες. Για την σύνδεση πολλών συσκευών μέσω μικρού δικτύου, κάθε συσκευή έχει μια μοναδική διεύθυνση. Τα δεδομένα στέλνονται σειριακά με διεύθυνση για τον παραλήπτη που αφορούν τα δεδομένα. Αυτά γίνονται αντιληπτά μόνο από την συσκευή που έχει την ίδια διεύθυνση και αγνοούνται από τις υπόλοιπες.

Η δομή μεταφοράς είναι:

STRT	ADDR	COM	BCNT	STATUS	DATA	CHK
------	------	-----	------	--------	------	-----

Όπου:

STRT: αρχή χαρακτήρα

ADDR: διεύθυνση (αποστολέα ή παραλήπτη)

COM: εντολή

BCNT: καταμέτρηση των Bytes

STATUS: εντολή, επικοινωνία ή κατάσταση συσκευής

DATA: δεδομένα (0-25 bytes)

CHK: έλεγχος (checksum)

## 2.4.2 Ψηφιακή Σύνδεση

Η ψηφιακή σύνδεση προτιμάται στα καινούργια συστήματα, ενώ είναι μονόδρομος τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

Αρχικά έγινε σύνδεση 2 ή περισσότερων συσκευών, κυρίως μονάχα PLC. Οι αισθητήρες συνδέονταν με αναλογική είσοδο, δεδομένου ότι δεν είχαν ακόμα μεγάλες απαιτήσεις. Υπήρχε η σειριακή επικοινωνία, με σύνδεση των PLCs. Σήμερα έχουν επικρατήσει δύο πρωτόκολλα: το RS232 και το RS485. Το πρώτο είναι γνωστό από τους οικιακούς υπολογιστές, ενώ το δεύτερο επικράτησε στην βιομηχανία. Συγκριτικά έχουμε:

	<b>RS232</b>	<b>RS485</b>
Μέγιστος Αρ. συσκευών	1	32
Μεγ. Αρ. δεκτών	1	32
Μέγιστο μήκος καλωδίου	15,2 m	1200 m
Μέγ. Μεταφορά Δεδομ.	20 kb/s	10 Mb/s

Η μετάδοση και εδώ γίνεται σειριακά, με παρόμοιο τρόπο μετάδοσης όπως στο προηγούμενο σύστημα. Για την σύνδεση των συσκευών με το καλώδιο, τοποθετούνται παράλληλα ώστε όλα τα δεδομένα να οδηγούνται ταυτόχρονα σε όλες τις συσκευές. Αντιδρά μια συσκευή όταν τα δεδομένα περιέχουν τον μοναδικό αριθμό διεύθυνσής της.

Για την σύνδεση, το RS232 απαιτεί τουλάχιστον 3 καλώδια, ενώ η πιο συνηθισμένη είναι η σύνδεση με 4 αγωγούς. Τα δεδομένα είναι επιρρεπή σε εξωτερικό ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο και πεδίο, με κίνδυνο την απώλεια των δεδομένων ή ακόμα χειρότερα την διαστρέβλωση της πληροφορίας, αφού αδυνατεί να καταλάβει το εξωτερικό πεδίο. Σε αντίθεση, το RS485 χρησιμοποιεί 2 τάσεις, η μία είναι συμπλήρωμα της άλλης. Το άθροισμά τους πρέπει να ισούται με μηδέν. Αν δεν συμβεί αυτό, τότε το σήμα θα έχει επηρεαστεί από εξωτερικό θόρυβο και ξαναζητά αποστολή του αποτυχημένου πακέτου. Για τον λόγο αυτό έχει επικρατήσει μέχρι σήμερα στο βιομηχανικό περιβάλλον.

Για την μετατροπή των δύο πρωτοκόλλων, υπάρχουν συσκευές στο εμπόριο. Στο Cd-rom που συνοδεύει την παρούσα πτυχιακή, υπάρχει μία αξιόπιστη και φθηνή κατασκευή με όλες τις οδηγίες.

### **Modem**

Η πρώτη απομακρυσμένη υλοποίηση δικτύου έγινε με την χρήση κατάλληλων modem και απλή τηλεφωνική γραμμή. Τα μόντεμ ήταν κατάλληλα για σύνδεση RS485 ενώ σήμερα τα βιομηχανικά μόντεμ έχουν και τις δύο συνδέσεις, RS485-232. Το μόντεμ παλαιότερα καλούσε έναν συγκεκριμένο αριθμό που ήταν αποθηκευμένο στην μνήμη του και δεχόταν μια ενεργοποίηση από το PLC. Σήμερα υπάρχουν ειδικά modules, κατάλληλα για κάθε PLC, και ο χειρισμός τους είναι δυναμικός. Η επικοινωνία τους είναι εύκολη, μέσω της γλώσσας προγραμματισμού του PLC και πλέον έχουμε δυνατότητες κλήσεις εφάμιλλες με αυτές που συναντάμε σε έναν H/Y.

### **FieldBus**

Ο όρος FieldBus είναι γενικός και στην πράξη πρέπει να δηλώνεται το πρωτόκολλο που ακολουθεί ο κατασκευαστής. Αποτέλεσε την εξέλιξη των παραπάνω ψηφιακών μεταδόσεων, με σκοπό την μεγαλύτερη χωρητικότητα δεδομένων και διασυνδεδεμένων συσκευών επικοινωνίας. Τα δεδομένα έπρεπε να μεταφέρονται με μεγάλη ακρίβεια και ασφάλεια, να μεγαλώσει η απόσταση μετάδοσης, να χρησιμοποιηθεί ένα φθινό αλλά αξιόπιστο καλώδιο, να συνδέεται αυτόματα η συσκευή στο δίκτυο λαμβάνοντας μια διεύθυνση, να υπάρχει ιεραρχία και προτεραιότητα στην αποστολή της πληροφορίας.

Πολλά πρότυπα αναπτύχθηκαν από διαφορετικούς κατασκευαστές ή Forums. Τα πιο σημαντικά είναι:

PROFIBUS (Process Field Bus Standard). Αναπτύχθηκε από έναν αριθμό γερμανικών οίκων με πιο σημαντική την παρουσία της Siemens. Υπάρχει σήμερα το στάνταρ ProfiBus-DP και το Profibus-PA (σύνδεση και αναλογικών οργάνων). Αποτελεί την πρωτοπορία στο βιομηχανικό χώρο και κατέχει την ηγετική θέση.

### **ModBus**

Άλλη μια εκδοχή δικτύου. Αναπτύχθηκε από αμερικανικές εταιρίες και οργανισμούς σε συνεργασία με ασιατικές βιομηχανίες. Επικρατεί σε Αμερική-Καναδά-Ιαπωνία.

### **CANbus**

Controller Area Network. Ψηφιακό δίκτυο που αναπτύχθηκε από την Bosch. Χρησιμοποιείται σήμερα στην επικοινωνία των οργάνων του αυτοκινήτου. Σπανίως το συναντάμε πλέον σε αισθητήρες για βιομηχανική χρήση

## **2.4.3 Σύνδεση LAN**

Η παρούσα κατάσταση με την ολοένα αυξανόμενη απαίτηση σε πληροφορίες, ώθησε τους κατασκευαστές να υιοθετήσουν το πρωτόκολλο επικοινωνίας των δικτύων των υπολογιστών.

Η λογική σε αυτή την κίνηση είναι η ευκολία: χρησιμοποιείς υπάρχων εξοπλισμό δικτύου (καλώδια, HUBs, servers, routers) και η διασύνδεση με H/Y είναι πολύ πιο απλή. Το όριο της επικοινωνίας δεν δεσμεύεται από περιορισμό μήκους καλωδίου, αφού χρησιμοποιείται το ευρέως πρωτόκολλο TCP/IP. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν δύο απομακρυσμένα PLC να επικοινωνούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου και αν βρίσκονται, σε όποια ήπειρο και αν είναι.

Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ασφαλούς κωδικοποιημένο τοπικό δίκτυο (secured Intranet) ή μέσω διαδικτύου (internet). Η τάση θέλει την χρήση ασύρματων δικτύων εντός ή εκτός βιομηχανικού χώρου, για την ζεύξη απομακρυσμένων σημείων χωρίς χρήση καλωδίου. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο 802.11g ή αλλιώς Wi-Fi. Έτσι μπορεί να γίνεται η τηλεεποπτεία μέσω φορητής συσκευής ασύρματης δικτύωσης, όπως ένα tablet PC ή ένα Handheld και να χειριζόμαστε ή να εκτελούμε διάγνωση σε όποιο σημείο επιθυμούμε χωρίς να εξαρτόμαστε από τα καλώδια. Επίσης με αυτό τον τρόπο χρειαζόμαστε λιγότερα HMI σημεία, αφού με ένα ασύρματο φορητό tablet PC ή PDA έχουμε πρόσβαση και έλεγχο σε σημείο της μονάδας που επιθυμούμε. Το κόστος αυτής της χρήσης είναι σαφώς λιγότερο από το να εγκαταστήσουμε πολλές, ακριβές και πολύπλοκες μονάδες HMI, αφού το λογισμικό που θα εγκαταστήσουμε στα tablet PC στοιχίζει πολύ λιγότερο.

Με πρόσβαση μέσω διαδικτύου μπορούμε να επιτηρούμε την λειτουργία της μονάδας από οποιοδήποτε μέρος του πλανήτη. Το ίδιο μπορεί να κάνει και η εταιρία που έχει αναλάβει την συντήρηση του αυτοματισμού. Μειώνεται το κόστος μεταφοράς προσωπικού στο πεδίο για την επίλυση απλών βλαβών ή αλλαγής στο πρόγραμμα που εκτελούν τα PLC λόγω κάποιας αλλαγής που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε. Παλαιότερα, για υποθέσεις ρουτίνας, ήταν αναγκαία η

επίσκεψη έμπειρου τεχνικού στο χώρο του αυτοματισμού. Σήμερα, πολλές εταιρίες, κυρίως γερμανικές που αναλαμβάνουν την τεχνική υποστήριξη, συνδέονται μέσω internet στην μονάδα και επιβλέπουν τα μηχανήματα, αλλάζουν το πρόγραμμα και πραγματοποιούν διάγνωση σε σύντομο χρονικό διάστημα, εξ'αποστάσεως.

## 2.5 Ασύρματες Ζεύξεις

Για απομακρυσμένες περιοχές όπου είναι δύσκολη η χρήση καλωδίων, γίνεται χρήση ασύρματης ζεύξης. Υπάρχουν δύο πρωτόκολλα:

PPI (*Point-to-Point Protocol*) και το MPI (*Multi-point Protocol*)

Το πρώτο επιτρέπει την σύνδεση μονάχα δύο συσκευών. Πραγματοποιείται μέσω τηλεφωνικής γραμμής με ασύρματο modem, GSM modem ή Radio-Link σε συχνότητες που κυμαίνονται από 433 MHz έως >10 GHz. Η απόσταση μεγαλώνει όσο μεγαλύτερη συχνότητα χρησιμοποιούμε με χρήση μικρότερης ισχύος αλλά απαιτείται η οπτική επαφή.

Για σύνδεση πολλαπλών συσκευών χρησιμοποιούνται δύο τρόποι:

- Ασύρματο modem με σειρά προτεραιότητας. Υπάρχουν πολλοί πομποί και ένας δέκτης. Κάθε πομπός έχει μια μοναδική λογική διεύθυνση. Πριν την εκπομπή, το modem ανιχνεύει αν το κανάλι χρησιμοποιείται. Αν όχι, εκπέμπει, αλλιώς περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί. Σε M.E.Y.A και δίκτυα νερού χρησιμοποιείται κατά κόρον αυτή η μέθοδος για την επιτήρηση και τον απομακρυσμένο έλεγχο των αντλιοστασίων-γεωτρήσεων.
- Ασύρματο δίκτυο υψηλής ταχύτητας (Wi-Fi). Βλ. στο *Lan* αυτού του κεφαλαίου.

## 2.6 Τα PLC σε δίκτυο

Η μνήμη των PLC είναι δυναμική. Αυτό επιτρέπει τον χωρισμό της σε blocks όπου καθορίζουμε εμείς ποιες πληροφορίες θα αποθηκεύονται. Με την σύνδεση ενός PLC σε δίκτυο, οι εισοδοί και εξοδοί του είναι προσβάσιμες από τα άλλα PLC. Κάθε είσοδος και έξοδος λαμβάνει μια μοναδική διεύθυνση, οπότε είναι αδύνατο να υπάρχουν 2 ίδιες διευθύνσεις στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει, ότι ένα PLC μπορεί να ελέγχει την έξοδο ενός άλλου απομακρυσμένου ή ανάλογα η κατάσταση μιας εισόδου PLC να γίνεται αντιληπτή από τα υπόλοιπα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο.

Πολλές φορές στο δίκτυο, προτιμάτε η σύνδεση Αφέντη-Σκλάβου (*Master-Slave*). Ένα δυνατό PLC χρησιμοποιείται ως master και ελέγχει μέσω του δικτύου όλα τα υπόλοιπα PLC που λειτουργούν ως slaves. Το πρόγραμμα είναι αποθηκευμένο και εκτελείται από το master PLC. Ουσιαστικά τα slaves PLC χρησιμοποιούνται απλά ως μέσο σύνδεσης των καρτών εισόδου-εξόδου με το κεντρικό PLC. Τέτοια εξαρτημένη λειτουργία, χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις, όπου μια μονάδα ελέγχεται από ένα PLC. Η έκταση όμως της μονάδας, δεν επιτρέπει την σύνδεση όλων των αισθητηρίων και εξόδων στο κεντρικό PLC. Τοποθετούνται έτσι πολλά PLC ώστε να καλύψουν όλη την έκταση της μονάδας. Αυτά γίνονται slave και τελικά όλη την

μονάδα την ελέγχει το Master PLC. Η βιομηχανική εγκατάσταση διαθέτει πολλές τέτοιες μονάδες. Αντί να γεμίσει με πάρα πολλά PLC συνδεδεμένα, τοποθετείται μια ιεραρχική σύνδεση με ένα δυνατό PLC να ελέγχει άλλα μικρότερα.

Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο PLC περιορίζεται από το πρωτόκολλο σύνδεσης τους. Σήμερα, το Profibus προσφέρει μέγιστη απόσταση 1200 μέτρων. Αν και ακούγεται υπερβολική, σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις γίνεται ένας περιοριστικός παράγοντας στην δικτύωση. Χρησιμοποιείται επαναλήπτης (repeater) πριν το όριο του δικτύου ώστε να δώσει άλλη τόση απόσταση. Για κάλυψη μεγάλων ενσύρματων αποστάσεων, προτιμάται η χρήση οπτικών ινών και μάλιστα γυάλινων, λόγω της μεγαλύτερης αξιοπιστίας και επηρεασμού από ισχυρά μαγνητικά πεδία που επικρατούν στο σκληρό βιομηχανικό περιβάλλον. Για την σύνδεση απομακρυσμένων κτιρίων που δεν συμφέρει η μεταξύ τους καλωδίωση, γίνεται χρήση ασύρματου δικτύου μεγάλης απόστασης. Σήμερα υπάρχουν εφαρμογές ασύρματου δικτύου Wi-Fi ή Profibus με ισχυρές κεραίες και πομποδέκτες που λειτουργούν σε υπέρυψηλή συχνότητα (>10 GHz) και δίνουν εμβέλεια μερικών χιλιομέτρων, σε οπτική επαφή.

## 2.7 Δίκτυο σε μονάδες MEYA

Σε μονάδες MEYA, λόγω της μικρής έκτασης που έχουν, προτιμάται η ενσύρματη δικτύωση Profibus. Η δικτύωση γίνεται με ειδικού τύπου καλώδιο για Profibus, με διπλή θωράκιση για αποφυγή επηρεασμού από ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο. Κυκλοφορεί μια μεγάλη σειρά από καλώδια, κατάλληλα για χρήση σε εσωτερικούς χώρους, σε διαβρωτικό περιβάλλον, σε εξωτερικό χώρο, για υπόγεια τοποθέτηση, εύκαμπτα για τοποθέτηση σε κινούμενα μηχανικά μέρη, μη εύφλεκτα ειδικού τύπου κ.α. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις ή όπου το κόστος κατάλληλης θωρακίσεως καλώδιο είναι υψηλό, προτιμάται η χρήση οπτικής ίνας. Για την σύνδεση πρέπει να υπάρχει module δικτύου Profibus κατάλληλης υποδοχής για οπτική ίνα.

Για την απομακρυσμένη εποπτεία και χειρισμό αντλιοστασίων χρησιμοποιείται η διασύνδεση με modems. Συναντάμε σχεδόν αποκλειστική χρήση μέσω τηλεφωνικού δικτύου σε παλαιές μονάδες ή όπου το μορφολογικό ανάγλυφο δυσχεραίνει την εγκατάσταση ασύρματης ζεύξης. Για κάλυψη μεγάλων αποστάσεων και χωρίς να απαιτείται η συνεχόμενη κλήση με το κέντρο ελέγχου, προτιμάται η εγκατάσταση ασύρματου modem. Προσφέρει μεγαλύτερη ευκολία αλλά είναι πιο επιρρεπές σε παρεμβολές από άλλες ραδιοσυχνότητες. Συνήθως, χρησιμοποιείται η Ευρωπαϊκή ζώνη των 433 MHz για τηλεχειρισμούς, ενώ πολλοί κατασκευαστές ραδιοζεύξεων χρησιμοποιούν την ραδιοερασιτεχνική ζώνη των 430-440 MHz (Ham Radio). Πρέπει πριν την εγκατάσταση, να γίνει μια εξέταση των ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιούνται, ώστε να αποφευχθεί η χρήση ζώνης που ήδη χρησιμοποιείται στην περιοχή από άλλη εφαρμογή. Σήμερα έχουν εμφανιστεί ραδιομόντεμ στην ζώνη των 1200 MHz, με καθαρή ψηφιακή διαμόρφωση και αυτόματη αλλαγή καναλιού σε ανίχνευση θορύβου, ώστε να μην επηρεάζονται από παρεμβολές.

Τα ασύρματα μόντεμ αν και προσφέρουν ελευθερία και ευκολία, στην πράξη, έχουν να αντιμετωπίσουν ένα μεγάλο κίνδυνο: τους κεραυνούς. Η εμπειρία έχει δείξει ότι σε εποχές έντονων βροχοπτώσεων, κάποιο ραδιομόντεμ θα βγει εκτός, επειδή κτυπήθηκε από κρουστική τάση που προκάλεσε ο κεραυνός. Το μόντεμ ανατινάζεται ή αν διαθέτει μια στοιχειώδη αντικεραυνική προστασία, καταστρέφεται ένα τμήμα του. Αυτό γίνεται λόγω της συμπεριφοράς της κεραίας του πομποδέκτη ως αλεξικέραυνου

σε περιοχές αραιοκατοικημένες και με χαμηλά κτίρια. Θα πρέπει να γίνεται πρόβλεψη και να τοποθετείται αντικεραυνική προστασία στην κεραία και στις γραμμές του δικτύου σύνδεσης, ώστε να προστατεύονται τα μηχανήματα της εγκατάστασης. Αν το φαινόμενο είναι έντονο, πρέπει να γίνει μελέτη τοποθέτησης απωθωτικού αντικεραυνικού, ώστε να περιορίζεται η πιθανότητα κρουστικής τάσης επί της κεραίας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

---

### SCADA

#### 3.1 Εισαγωγή

Από την αρχή της εμφάνισης τους, τα PLC κέρδιζαν όλο και περισσότερο έδαφος στον βιομηχανικό χώρο, λόγω της ευχρηστίας τους και των δυνατοτήτων τους έναντι του κλασσικού ηλεκτρομηχανικού αυτοματισμού.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '60, τα ηλεκτρονικά άρχισαν να εισβάλλουν στον βιομηχανικό χώρο και κυρίως στον αυτοματισμό. Αυτό οφειλόταν στην ταχύτερη απόκριση σε σχέση με το παραδοσιακό –πλέον- αυτοματισμό και στην δυνατότητα εύκολης και γρήγορης αναπροσαρμογής. Το επισφράγισμα των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών, δημιουργήθηκε από τα PLC, μικρές μονάδες με έναν μικροϋπολογιστή που διέθεταν έναν μικροεπεξεργαστή, μνήμη και βασικές εισόδους-εξόδους. Προσέφεραν την ίδια ευκολία με έναν υπολογιστή, μονάχα που ήταν για αποκλειστική βιομηχανική χρήση.

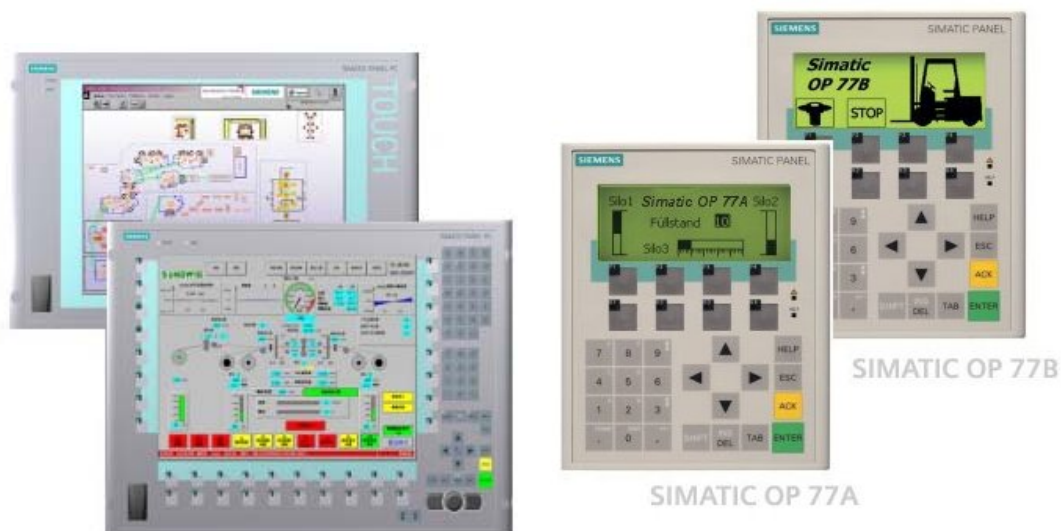
Η επιτήρηση της λειτουργίας τους, γινόταν με οπτικές ενδείξεις. Μέχρι τότε, οι ενδείξεις προς τον χειριστή γινόταν με απλά μέσα, όπως όργανα βελόνας (κινητού πηνίου), μηχανικούς μετρητές, μικρά λαμπάκια. Για τα δε καταγραφικά, υπήρχαν ειδικές μονάδες κυλιόμενου χαρτιού (κύλινδρος) με κινητή ακίδα που έγραφε συνέχεια επάνω του. Περιορισμός σε αυτά τα αναλογικά όργανα, αποτελούσε το σήμα που μεταφέρετε αφού απαιτούσε ειδικές διατάξεις για να εξασφαλιστεί η ποιότητα της απεικόνισης. Πολλές φορές οι μετρήσεις περνούσαν από έλεγχο για να διαπιστωθεί αν επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες. Με τα PLC, η τεχνολογία αυτή άλλαξε. Τα δεδομένα είναι πλέον ψηφιακά. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να ταξιδέψουν σε μεγαλύτερη απόσταση και χωρίς να ενοχλούνται από εξωτερικούς θορύβους. Πέρα από τις απλές φωτεινές ενδείξεις, τα όργανα έγιναν ψηφιακά με αριθμητική απεικόνιση. Τα καταγραφικά αντικαταστάθηκαν από εκτυπωτές ακίδας και σκληρούς δίσκους. Στη συνέχεια, τα λαμπάκια έδωσαν την θέση τους σε οθόνες, όπου μπορούσε να γίνει απεικόνιση κειμένου.

#### 3.2 HMI

Με τον όρο HMI εννοούμε το Human Machine Interface. Αποτελεί κάθε χειριστήριο, οθόνη, πάνελ που μέσω αυτού χειρίζεται ένα μηχάνημα ή σύμπλεγμα μηχανημάτων ο χειριστής. Επίσης από το ίδιο χειριστήριο, λαμβάνει τις ενδείξεις για την κατάσταση λειτουργίας και σφάλματα που μπορεί να παρουσιαστούν.

Στον απλό αυτοματισμό, τα χειριστήρια ήταν μεγάλα κουτιά (πίνακες) που διέθεταν μπουτόν, διακόπτες, περιστροφικούς διακόπτες, λυχνίες και όργανα κινητού πηνίου. Τα σημερινά, σε τίποτα δεν θυμίζουν κάτι τέτοιο. Είναι λεπτά πάνελ, που έχουν πληκτρολόγιο μεμβράνης, έγχρωμη οθόνη υγρών κρυστάλλων και απεικονίζουν πολλαπλές πληροφορίες προς τον χρήστη.

Η φιλοσοφία του HMI, είναι να προσφέρει στον χειριστή ένα λειτουργικό πάνελ, που να μπορεί να απεικονίσει εύκολα όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, να ενημερώνει για αστοχίες και σφάλματα, καθώς να μπορεί σε ειδικές περιπτώσεις να το χειριστεί άνθρωπος φορώντας προστατευτικό εξοπλισμό, όπως γάντια.



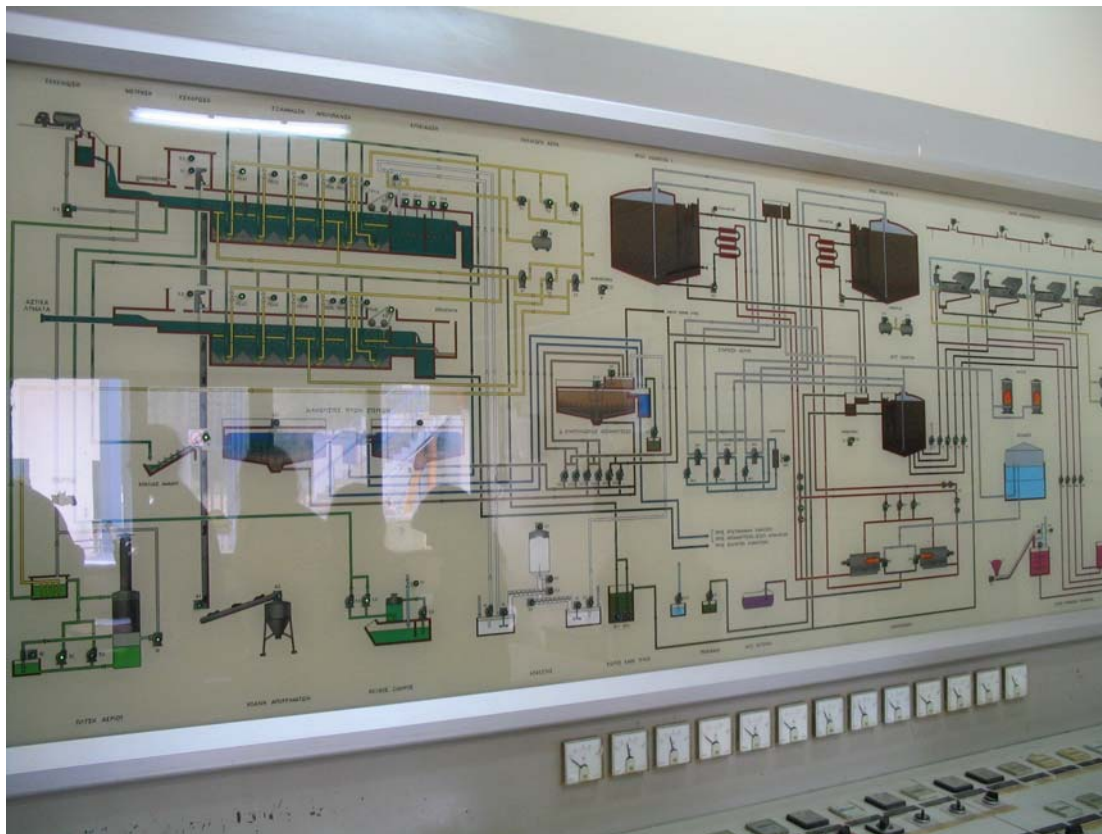
**Εικόνα 3.2. Μερικά μοντέλα HMI Panel από την Siemens.**

Η ανάγκη που δημιουργήθηκε το HMI, ήταν η εμφάνιση περισσότερων πληροφοριών και μηνυμάτων από το μηχάνημα προς τον χειριστή, καθώς και να βρίσκονται όλα τα χειριστήρια που αφορούν το μηχάνημα, στο ίδιο πάνελ. Σήμερα, τα περισσότερα μοντέλα διαθέτουν καθαρή γραφική απεικόνιση. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να εμφανίσουν πολύπλοκα γραφικά μαζί με κείμενο, όπως ένας υπολογιστής. Σε πιο ακριβά μοντέλα, βρίσκουμε έγχρωμες οθόνες αφής, δυνατότητας απεικόνισης πολύπλοκων σχημάτων. Τέτοια μοντέλα, περιλαμβάνουν και έναν πλήρες υπολογιστή ή διαθέτουν ενσωματωμένο PLC δίνοντας την ευκολία ενός compact συστήματος, όπου υπάρχει πρόβλημα χώρου. Συνήθως, τέτοιες μονάδες αποτελούν σημείο ελέγχου σε εγκατάσταση που βρίσκεται απομακρυσμένη από το κέντρο ελέγχου, παρέχοντας ότι και ο κεντρικός υπολογιστής. Μπορώντας να απεικονίσει το μιμικό διάγραμμα της εγκατάστασης, είναι πιο εύκολο να διαχειριστούμε τα μηχανήματα.

Συναντάμε HMI panels σε κομβικά σημεία μεγάλων εγκαταστάσεων για απεικόνιση και έλεγχο, δίπλα σε σύνθετα μηχανήματα που από μόνα τους αποτελούν μια μικρή μονάδα και το ελέγχουν μεμονωμένα, ενώ μικρά panel, τοποθετούνται για έλεγχο και απεικόνιση μηνυμάτων σε μηχανήματα. Για τις μονάδες Μ.Ε.Υ.Α, δεν κρίνεται απαραίτητο να τοποθετηθεί ένα μεγάλο panel για έλεγχο, δεδομένου της μικρής εκτάσεως και πολυπλοκότητας που καλύπτει. Βρίσκουμε μικρά panel σε διάφορα πολύπλοκα μηχανήματα που ανήκουν όμως στον κατασκευαστή τους, όπως π.χ. στις ταινιοφιλτρώρες. Για τις μεγάλες μονάδες, ίσως κρίνεται απαραίτητο η τοποθέτηση ενός μεσαίου panel στο κτίριο του βιομηχανικού νερού, λόγω της πολυπλοκότητας και ότι αποτελεί μια ξεχωριστή μονάδα.

### **3.3 Μιμικό Διάγραμμα**

Το μιμικό διάγραμμα, βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου, δηλαδή στο δωμάτιο που ελέγχονται εξ'αποστάσεως όλη η εγκατάσταση. Πρόκειται για ένα μεγάλο σχέδιο, συνήθως καταλαμβάνει έναν τοίχο, όπου απεικονίζεται γραφικά η μονάδα με τις διεργασίες της. Εκεί συναντάμε και τη ροή που έχουν οι διεργασίες της μονάδας, για παράδειγμα, από πού εισέρχεται το υγρό σε κάθε δεξαμενή.



Εικόνα 3.3. Μιμικό διάγραμμα στην ΜΕΑ Μεταμόρφωσης. Πρόκειται για παλαιά εγκατάσταση (αρχές '80) όπου οι χειρισμοί γίνονται με διακόπτες και η απεικόνιση με λυχνίες.

Για τα σημεία ελέγχου, υπάρχουν τοποθετημένες μικρές λυχνίες που δηλώνουν αν π.χ. ένας κινητήρας είναι εντός ή εκτός. Τέτοιου είδους μιμικά διαγράμματα δύσκολα μπορούν να περιέχουν πολλαπλές ενδείξεις από ψηφιακά όργανα, δεδομένου της απλότητάς τους και τον περιορισμό στον χώρο της απεικόνισης. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο. Σε δημόσιες υπηρεσίες (π.χ. ΔΕΗ), τα μιμικά διαγράμματα είναι πολύπλοκα, πολύ μεγάλα και διαθέτουν και διακόπτες για να επέμβουμε στο κύκλωμα. Στην εικόνα 3.3, οι χειρισμοί γίνονται στο κάτω μέρος της κονσόλας.

Σήμερα, σε καινούργιες εγκαταστάσεις, τα μιμικά διαγράμματα υπάρχουν μονάχα στις οθόνες του υπολογιστή. Για μεγαλύτερες απεικονίσεις, γίνεται προβολή σε τοίχο.

### 3.4 Το SCADA

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα βασικό πλεονέκτημα των PLC είναι η δυνατότητα δικτύωσή τους. Λόγω της ομοιομορφίας της δομής με αυτή ενός υπολογιστή, γρήγορα έγινε εφικτή η σύνδεση του PLC με έναν υπολογιστή. Οι δυνατότητες που προσέφερε αυτή η σύνδεση ήταν πολλές, με κύρια την εύκολη μεταφορά των προγραμμάτων από και προς το PLC, καθώς και η πιο γρήγορη εύρεση σφάλματος σε

ένα πρόγραμμα. Σήμερα, για τον προγραμματισμό και την μεταφορά του προγράμματος στο PLC, απαιτείται ένας υπολογιστής.

Αναπτύχθηκαν ειδικά προγράμματα που επέτρεπαν σε έναν υπολογιστή να τρέχει λογισμικό αυτοματισμού και να λειτουργεί ως master, ελέγχοντας PLC συνδεδεμένα στο δίκτυο ως slaves. Μπορούσε έτσι να εκτελέσει πολύπλοκους υπολογισμούς και αλγορίθμους που ένα κεντρικό PLC θα ήταν δύσκολο και σίγουρα πιο αργό. Σήμερα, υπάρχουν PC-PLC, ένας συνδυασμός ενός υπολογιστή με εισόδους-εξόδους ενός PLC. Μέσω του λογισμικού, είχαμε την ευκαιρία να μας απεικονίζει στην οθόνη του υπολογιστή τις ενδείξεις των εικονικών οργάνων καθώς και την κατάσταση των εισόδων και εξόδων του. Γρήγορα έγινε αντιληπτό, ότι έπρεπε να ξεπεραστεί η απεικόνιση με κείμενο και να χρησιμοποιηθεί η γραφική.

Με τις δυνατότητες του υπολογιστή να χειριστεί πολύπλοκα γραφικά και την ευκολία που προσέφερε η επιλογή με το ποντίκι, παρουσιάστηκαν προγράμματα που εμφάνιζαν το μιμικό διάγραμμα σε εικόνες (σελίδες), και έδιναν στον χρήστη την δυνατότητα να χειρίζεται από απόσταση τα μηχανήματα που ήταν συνδεδεμένα στα PLC. Δηλαδή, να έχει την εποπτεία και τον χειρισμό της εγκατάστασης.

Η ανάγκη δημιουργίας τέτοιων προγραμμάτων, οδήγησε στην υλοποίηση του SCADA, του Supervisory Control And Data Acquisition. Το όνομά του δηλώνει τι ακριβώς κάνει: εποπτεία, έλεγχο και συλλογή δεδομένων. Πρόκειται για ένα σύνθετο αυτόνομο λογισμικό, όπου επιτρέπεται η δημιουργία ενεργών μιμικών διαγραμμάτων, διαγραμμάτων ροής και σχέδια μηχανημάτων, όσο πολύπλοκα και μεγάλης εκτάσεως επιθυμούμε εμείς. Καλύπτουν μια τεράστια γκάμα εφαρμογών, από μια απλή βιοτεχνία έως πολύπλοκα εργοστάσια. Κοινός παρανομαστής, είναι η ευκολία δημιουργίας projects από το μηδέν, ώστε το πρόγραμμα να καλύπτει τις ανάγκες της εγκατάστασης. Από την οθόνη του υπολογιστή, είναι εύκολο να διαχειρίζεται ολόκληρο εργοστάσιο, μέσα από φιλικά προς τον χρήστη μενού, που οδηγούν σε σελίδες. Κάθε σελίδα αποτελεί τμήμα του μιμικού διαγράμματος. Έτσι, είναι εύκολο να χωρέσει ολόκληρο διάγραμμα μιας μονάδας που με συμβατικό τρόπο καταλάμβανε ένα τοίχο. Κατά την σχεδίαση των σελίδων, επιλέγεται ποια πληροφορία είναι χρήσιμη να εμφανίζεται δίπλα σε κάθε διάταξη, ώστε να υπάρχει μια συνεχή εποπτεία από τον χρήστη, όσον αφορά για την λειτουργία της μονάδας. Επίσης, τοποθετούνται τα εικονικά χειριστήρια ελέγχου που επιτρέπουν το χειρισμό των συσκευών/μηχανημάτων.

Οι δυνατότητες που διαθέτει το SCADA είναι πολλές και παραμετροποιήσιμες από τον χρήστη, ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες μιας εγκατάστασης, ανεξαρτήτως μεγέθους. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά είναι:

- Δημιουργία χειρισμού με γραφικό περιβάλλον, απλό στον χειρισμό
- Έλεγχος καταστάσεως (on-off) οποιασδήποτε συσκευής είναι συνδεδεμένης στο δίκτυό του καθώς και απεικόνιση πληροφοριών για αυτή
- Δυνατότητα συναγερμών με κριτήρια και τιμές που εμείς θέτουμε
- Ειδοποίηση για βλάβη με οπτικό, ηχητικό τρόπο, αποστολή e-mail, ειδοποίηση ακόμα και μέσω κινητού<sup>4</sup>
- Σενάρια που εμείς επιλέγουμε να τρέξουν, όταν συμβεί ένα γεγονός

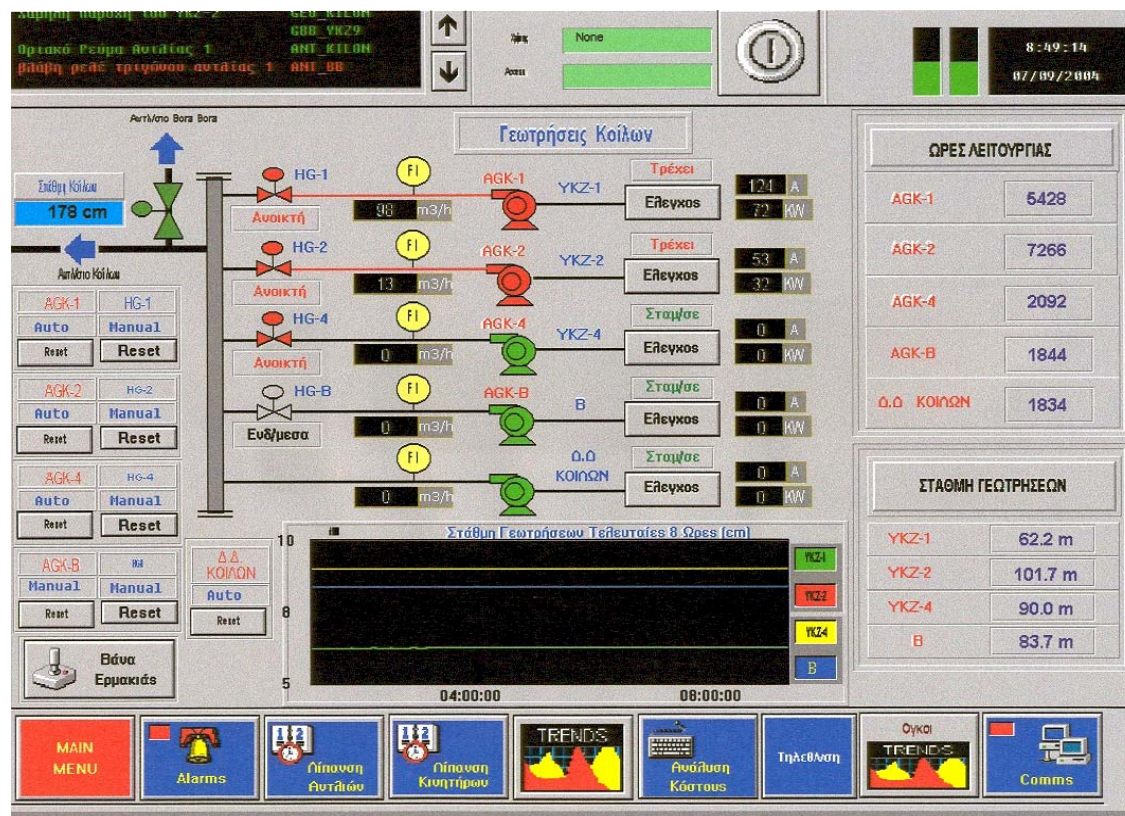
---

<sup>4</sup> Για εγκαταστάσεις που υποστηρίζουν λειτουργίες κινητού όπως κλήσεις και αποστολή/λήψη SMS

- Παρακολούθηση και καταγραφή μετρήσεων
- Παρακολούθηση ωρών λειτουργίας μηχανημάτων για προγραμματιζόμενη συντήρηση
- Εξαγωγή και απεικόνιση μετρήσεων, συναγερμών, βλαβών και χειρισμών
- Δυνατότητα τοπικής εφαρμογής κατά P,I,D ή συνδυασμό τους, κα το αποτέλεσμα να ελέγχει τα PLC. Πρακτικά απεριόριστος αριθμός εισόδων-εξόδων που μπορεί να ελέγξει.
- Μέσω ενός υπολογιστή, έχουμε πρόσβαση σε όλη την εγκατάσταση, ελέγχοντας όσα έχουμε περάσει στο σύστημα.
- Δημιουργία αυτόματου ελέγχου, χειροκίνητη ή με βάση χρονοπρογράμματος, για κάθε χειριστήριο.

Σε περίπτωση σφάλματος, υπάρχει η δυνατότητα alarm οπτικού ή ηχητικού. Οι συναγερμοί αντιδρούν όπως προγραμματίζεται από τον σχεδιαστή και προσφέρουν επιλογές αντίδρασης στον χειριστή. Όλοι οι συναγερμοί καταγράφονται σε αρχείο με ημερομηνία.

Υποστηρίζει δυνατότητα καταγραφής τιμών που ορίζουμε εμείς, και εμφανίζει διαγράμματα με χρονικό ορίζοντα. Οι τιμές που θα καταγράφονται πρέπει να ορίζονται κατά την φάση της σχεδίασης του προγράμματος.



Εικόνα 3.4. Σελίδα ελέγχου ενός SCADA. Φαίνεται το εικονικά κουμπιά ελέγχου καθώς και η εύκολη αναγνώριση της καταστάσεως των μηχανημάτων, βάση χρώματος. Παράλληλα με το μιμικό διάγραμμα, εμφανίζονται διάφορες μετρήσεις καθώς και το μενού στο κάτω μέρος (πηγή: ΔΕΥΑ Κοζάνης).

Υποστηρίζει εξαγωγή δεδομένων σε τρίτα προγράμματα, όπως excel και βάσης δεδομένων. Προσφέρει έτσι την δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας των δεδομένων καθώς και μια πιο εύκολη σύνταξη έκθεσης.

Ο τρόπος προγραμματισμού, θυμίζει την γλώσσα των PLC. Κάθε λειτουργία, όπως μνήμη, είσοδος, έξοδος, χρονικά, μετρητές κ.α. χαρακτηρίζεται από μία μοναδική ετικέτα, το Tag-name. Όσες περισσότερες λειτουργίες χρειάζονται ή περισσότερες συσκευές συνδέονται, τόσα περισσότερα tags απαιτούνται. Η άδεια του προγράμματος, ουσιαστικά το κόστος απόκτησης του, καθορίζεται από τον αριθμό των tags που χρησιμοποιούνται.

Υπάρχει μια πλήρη υποστήριξη από συσκευές HMI. Μάλιστα, πολλοί κατασκευαστές, προσφέρουν μια ειδική έκδοση ώστε να τρέχει σε tablet-pcs, PDAs, καθώς και σε ειδικά panels αφής. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να υπάρχουν σημεία ελέγχου και εποπτείας σε διαφορετικά σημεία ενός εργοστασίου.

Τα υποστηριζόμενα λειτουργικά είναι (σήμερα) σχεδόν αποκλειστικά για windows XP/NT/2000 ενώ περιορίζονται οι εφαρμογές σε windows 95/98/ME. Συναντάμε μερικές υλοποιήσεις για LINUX/UNIX ενώ ελάχιστες είναι πλέον για το παλιό DOS. Προτιμούνται τα Windows 2000/NT και Linux λόγω της σταθερότητας του πυρήνα που διαθέτουν σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Το πρόγραμμα SCADA, εγκαθίσταται σε έναν δυνατό υπολογιστή, ο οποίος συνδέεται σε τοπικό δίκτυο της μονάδας. Για την επικοινωνία με τα PLC απαιτείται στις περισσότερες περιπτώσεις, η εγκατάσταση ενός OPC server σε άλλο υπολογιστή.

### 3.5 OPC Server

Λόγω της ποικιλομορφίας PLC που υπάρχουν εδώ και χρόνια, με διαφορετικές αρχιτεκτονικές και τρόπο επικοινωνίας (instabus, RS485, CANbus, MODbus κτλ), κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση ενός “μεταφραστή” που να επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ του προγράμματος SCADA και των PLC. Η δημιουργία του OPC προέκυψε από ένα forum πολλών κατασκευαστών PLC και SCADA που είδαν την δυσκολία της επικοινωνίας με διαφορετικού κατασκευαστή PLC. Πολλές εγκαταστάσεις, σε μερική αναβάθμιση των μηχανημάτων, έπρεπε να τοποθετούν PLC και HMI του ίδιου οίκου για να μην αντιμετωπίσουν προβλήματα συμβατότητας. Δεν τους δινόταν η ευκαιρία να επιλέξουν κάποια καλύτερη υλοποίηση ενός τρίτου κατασκευαστή. Χρησιμοποιώντας τις εντολές OLE COM<sup>5</sup> και DCOM<sup>6</sup> της Microsoft, έφτιαξαν ένα νέο πρότυπο που αργότερα ονομάστηκε OPC και σήμερα υπάρχει ως Data Access Specification (πηγή: [www.opcfoundation.org](http://www.opcfoundation.org))

Μέσω του OPC server, μία μεγάλη εγκατάσταση που διαθέτει διαφορετικά PLC είναι σίγουρο ότι δεν θα αντιμετωπίσει κανένα πρόβλημα επικοινωνίας. Οι κατασκευαστές προγραμμάτων SCADA (που δεν περιέχει ενσωματωμένο OPC server), γράφουν ένα γενικό κώδικα για να επικοινωνεί με το OPC. Έτσι, αποφεύγουν να μπουκν σε χρονοβόρα διαδικασία ανάπτυξης μεμονωμένων βιβλιοθηκών, ειδικά για

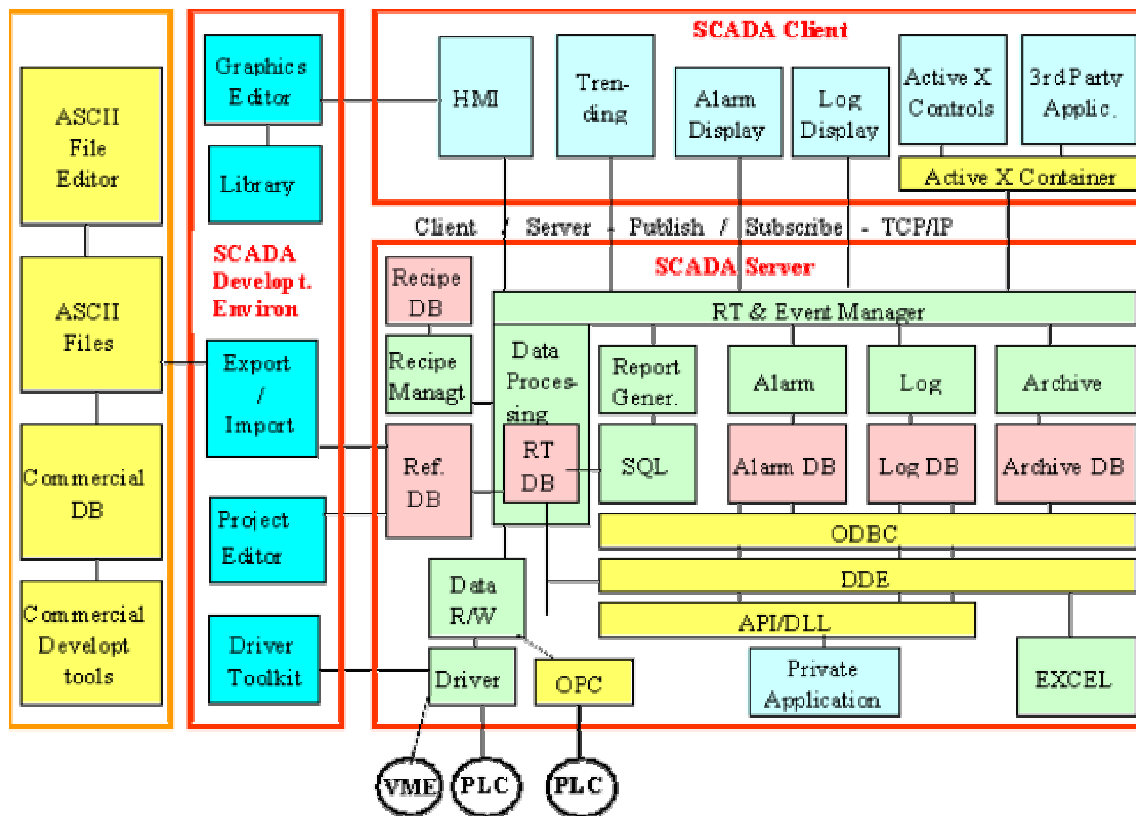
---

<sup>5</sup> component object model

<sup>6</sup> distributed component object model

κάθε PLC ή HMI. Στην αγορά κυκλοφορούν αποκλειστικά προγράμματα για server OPC, για μια πληθώρα συσκευών, καλύπτοντας κάθε ανάγκη.

Αν επιλεγεί, σε καινούργια εγκατάσταση, να τοποθετηθεί εξοπλισμός από μοναδική κατασκευάστρια εταιρία (π.χ. Siemens, Mitsubishi, Moeller κ.α.) τότε δεν προκύπτει πρόβλημα συμβατότητας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τοποθετείται μια κάρτα στον υπολογιστή που τρέχει το SCADA και “μιλά” απ’ευθείας με τις συσκευές, χωρίς να απαιτείται η παρουσία ενός server. Αυτή η λύση είναι η πιο διαδεδομένη, όπου έχουμε μικρής έκτασης μονάδες και το ίδιο το SCADA υποστηρίζει λειτουργίες ODBC, DDE ή εφάμιλλες ώστε να πραγματοποιείται εισαγωγή-εξαγωγή πληροφοριών με τρίτα προγράμματα (excel, databases κ.α.). Για τον λόγο αυτό, τα γνωστότερα προγράμματα διαθέτουν πλήρη σειρά από οδηγούς (*drivers*) ώστε να επικοινωνούν με όλες τις συσκευές, όλων των εταιριών. Αν δεν υπάρχει ανάλογος οδηγός, δεν θα υφίσταται επικοινωνία. Για αυτή την αξιοπιστία και τις ανανεώσεις των οδηγών (*drivers updates*), επιλέγονται πακέτα καταξιωμένων εταιριών.



Εικόνα 3.5. Το block διάγραμμα ενός συστήματος SCADA. Η έξοδος προς τα PLC και HMI γίνεται είτε από τους ενσωματωμένους drivers του προγράμματος είτε μέσω του OPC server.

Η τάση θέλει σήμερα τα μεγάλα και επώνυμα πακέτα να προσφέρουν το SCADA μαζί με ενσωματωμένο OPC server ώστε η εταιρία να εξασφαλίζει την απόλυτη συμβατότητα χωρίς περιθώριο κρασarıσματος.

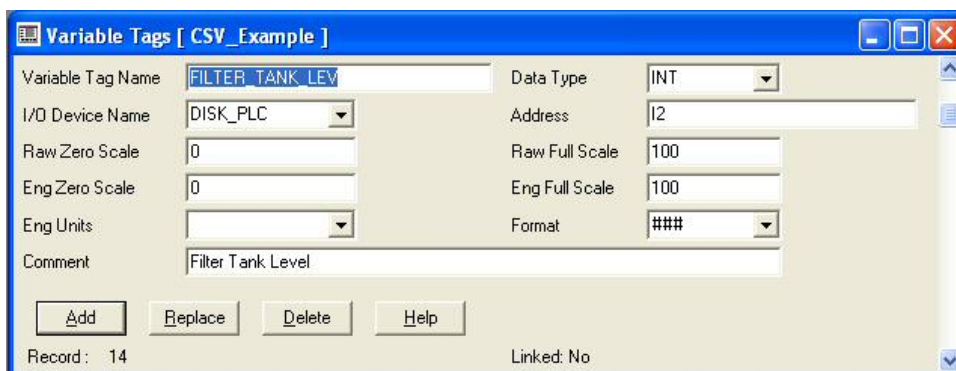
### 3.6 Δημιουργώντας Projects

Η δημιουργία ενός project είναι απλή για τα άτομα που γνωρίζουν καλά τον προγραμματισμό μέσω των προγραμμάτων SCADA. Υπάρχουν διάφορες εταιρίες

που προσφέρουν λογισμικό, άλλα είναι εύκολα στην εκμάθηση ενώ κάποια άλλα απαιτούν εξοικείωση με το πρόγραμμα.

Όλα έχουν την ίδια περίπου λογική κατά τη φάση σχεδίασης. Στην αρχή σχεδιάζεται μια σελίδα όπου θα εμφανίζεται το αντικείμενο που θα ελέγχεται. Μπορεί να είναι ένα απλό μηχάνημα με έλεγχο on-off μέχρι πολύπλοκη σύνθεση με πολλαπλές διατάξεις μηχανημάτων. Η δομή, η σχεδίαση και το τοπογραφικό της σελίδας, εξαρτώνται από την αντίληψη του σχεδιαστή. Η διαδικασία θυμίζει το φτιάξιμο μιας σελίδας διαδικτύου: σχεδιάζεται με γνώμονα τον χειρισμό της από άλλο άτομο. Καλό είναι, η εταιρία που αναλαμβάνει να δημιουργήσει το project για μια μονάδα, να διαθέτει εμπειρία από ανάλογα συστήματα ώστε να σχεδιάσει εύχρηστες και πλήρεις σελίδες.

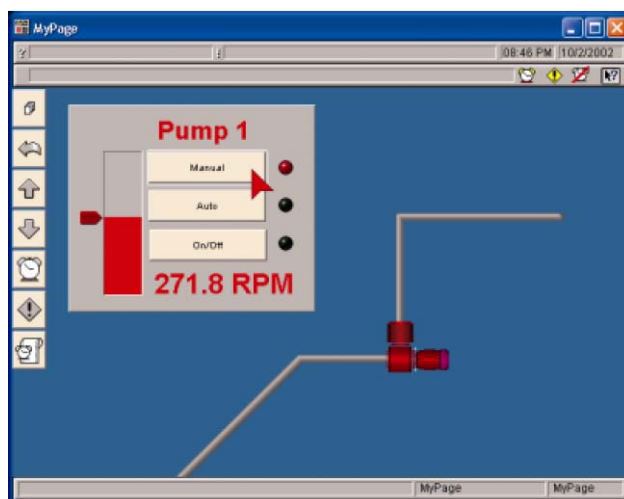
Πρώτο βήμα είναι η δημιουργία ενός tag, δίνοντας παραμέτρους για το τι ακριβώς είναι, πως συμπεριφέρεται και σε ποια συσκευή ανήκει.



Εικόνα 3.6.1. Εισαγωγή ενός Tag.

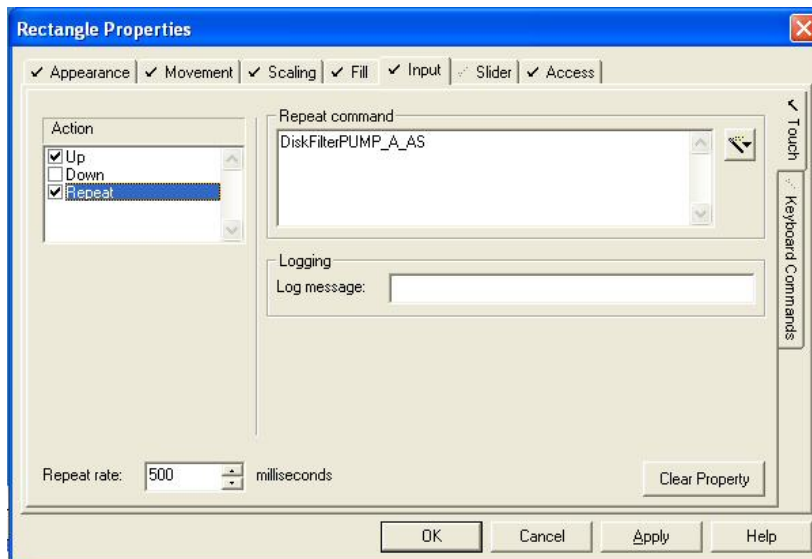
Ακολούθως, προχωράμε στη σχεδίαση των γραφικών, στη δημιουργία των κουμπιών, στα χρώματα, τις αλληλεπιδράσεις καθώς και στις επιλογές που θα δίνει στο χρήστη, με κουμπιά ή με κλικ του ποντικιού. Για κάθε ένα, δίνουμε τις δυνατότητες που θα έχει, τι γραφικά θα εμφανίζει ανάλογα με την επιλογή και ποιο tag θα καλεί ή ποιες εντολές θα εκτελούνται με την ενέργεια που θα δώσει ο χρήστης.

Ουσιαστικά, αυτό είναι το σημείο που προγραμματίζουμε την λειτουργία του SCADA.



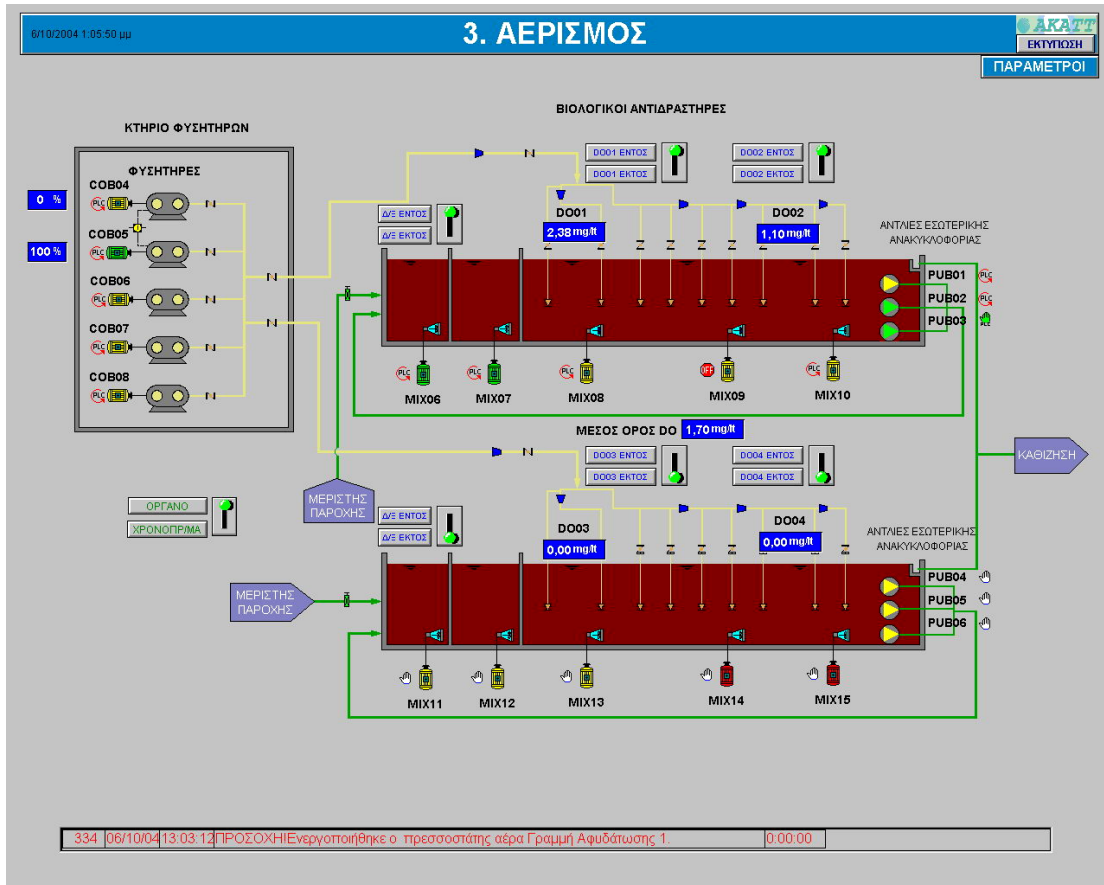


Εικόνα 3.6.2. Ο επεξεργαστής γραφικών. Εδώ έχει σχεδιαστεί μία αντλία, και δίνει 3 κουμπιά εντολών. Διαθέτει και αναλογικό γράφημα, ενεργό και συνδεδεμένο με την λειτουργία της αντλίας. Επιλέγοντας ένα αντικείμενο, δίνουμε της αλληλεπιδράσεις που θα έχει με άλλα tags ή batches του αρχείου μας.

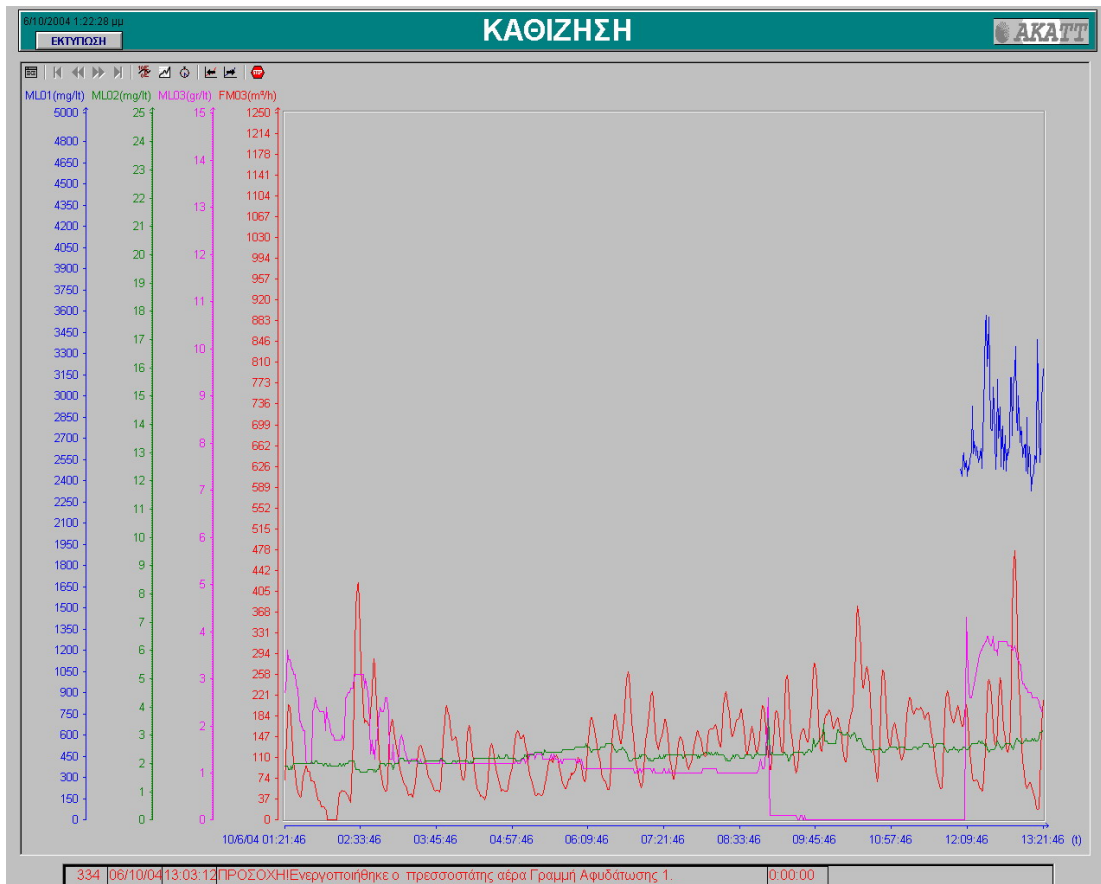


Εικόνα 3.6.3. Εισαγωγή των πεδίων που ελέγχουν ένα μπουτόν. Παρατηρήστε το πλήθος των δυνατοτήτων καθώς και τον συνδυασμό επιλογής του από πληκτρολόγιο ή από τον δείκτη του ποντικιού.

Περαιτέρω για τον προγραμματισμό, μπορείτε να διαβάσετε το εισαγωγικό αρχείο *1hr\_quickstart\_Tutorial.PDF* που θα βρείτε στον φάκελο *citect* στο cd που συνοδεύει την πτυχιακή. Μαζί θα βρείτε και το Demo του προγράμματος.



Εικόνα 3.6.4. Άποψη χειρισμού για τον αερισμό (Μ.Ε.Υ.Α Μυτιλήνης)



**Εικόνα 3.6.5. Δημιουργία διαγραμμάτων από μετρήσεις (από Μ.Ε.Υ.Α Μυτιλήνης)**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

---

### Μελέτη αυτοματισμού

#### 4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια προσέγγιση αυτοματισμού σε μια μελέτη για σχεδίαση μονάδας επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων. Βάση της μελέτης, αποτελεί η εργασία του Β' εξαμήνου του μεταπτυχιακού, που αφορούσε την διαστασιολόγηση και τους υγειονομικούς υπολογισμούς για Μ.Ε.Λ 130.000 κατοίκων (κατά την θερινή περίοδο). Η πλήρης μελέτη υπάρχει στο παράρτημα.

Τα όργανα και τα υλικά για τον αυτοματισμό, επιλέχθηκαν με γνώμονα την τεχνολογία τους, τις δυνατότητές τους και την πιθανή καλύτερη συμπεριφορά στο πεδίο. Δεν επιλέχθηκαν με βάση το κόστος τους, δεδομένου ότι δεν έγινε τεχνικο-οικονομική μελέτη. Κάτι τέτοιο ήταν αδύνατο, αφού αδυνατούσαμε να κοστολογήσουμε έστω τα όργανα και τα μηχανήματα, χωρίς να περιλάβουμε και τα εργατικά κόστη εγκατάστασης. Δεν μπορούσαμε να επικοινωνήσουμε με τόσες εταιρίες ως ιδιώτες και να ζητάμε τιμοκαταλόγους. Πολλές εταιρίες αρνούνται να απαντήσουν σε ιδιώτες. Ακόμα και αν γινόταν αυτό, πάλι θα αστοχούσαμε, δεδομένου ότι οι υπερεργολαβικές εταιρίες μπορούν και πετυχαίνουν καλύτερες τιμές σε σχέση με ένα ιδιώτη Σίγουρα στην αγορά υπάρχουν και άλλα όργανα, πιθανόν καλύτερα από αυτά που περιγράφονται, και περισσότερες εταιρίες, προσφέροντας καλύτερες τιμές. Εμείς εδώ δίνουμε μια δική μας πρόταση ύστερα από έρευνα που πραγματοποιήσαμε σε τεχνικά περιοδικά, internet και εταιρίες που χρησιμοποιήθηκαν από άλλες μελέτες.

Δεδομένου ότι η μελέτη περιέχει μια ολοκληρωμένη πολυβάθμια μονάδα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με υψηλό κόστος κατασκευής, επιλέχθηκαν συστήματα ελέγχου που πιθανόν είναι ακριβά. Σε μια πραγματική μονάδα ενός Δήμου, όπου δεν συναντάμε τέτοια σχεδίαση (*γίνεται χρήση παρατεταμένου αερισμού*) σαφώς τα υλικά είναι λιγότερα, προσφέροντας τα αναγκαία βασικά για να κρατηθεί ο προϋπολογισμός χαμηλός. Εδώ προτιμήθηκε να ακολουθηθεί μια μαξιμαλιστική σχεδίαση με περισσότερα σημεία ελέγχου και επιτήρησης στοχεύοντας στην καλύτερη λειτουργία της μονάδας.

#### 4.2 Δεδομένα

Η σχεδίαση προέκυψε από τα ακόλουθα μεγέθη:

Παράμετροι	Καλοκαίρι	Χειμώνας
<b>Μέγιστη Ημερήσια Παροχή (<math>m^3/day</math>)</b>	39500	27000
<b>(lt/sec)</b>	460	312
<b>Παροχή Αιχμής (l/sec)</b>	725	375
<b>Ελάχιστη Παροχή (l/sec)</b>	100	100
<b><math>BOD_{5(in)}</math> (mg/l)</b>	208	137
<b><math>SS_{(in)}</math> (mg/l)</b>	257	167
<b><math>VSS_{(in)}/SS_{(in)}</math></b>	0,70	0,70
<b><math>N_{(in)}</math> (mg/l)</b>	42,8	24
<b><math>P_{(in)}</math> (mg/l)</b>	8,2	4,6
<b>Θερμοκρασία Λυμάτων, <math>T_{(in)}</math> (<math>^{\circ}C</math>)</b>	18	12

Λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα εξόδου που προβλέπει η οδηγία της Ε.Ε:

Παράμετροι	Καλοκαίρι	Χειμώνας
<b><math>BOD_{5(out)}</math> (mg/l)</b>	11	5
<b><math>SS_{(out)}</math> (mg/l)</b>	<35	<35
<b><math>NH_3/N_{(out)}</math> (mg/l)</b>	$\leq 2$	$\leq 2$
<b><math>NO_3/N_{(out)}</math> (mg/l)</b>	$\leq 6$	$\leq 6$
<b><math>P_{(out)}</math> (mg/l)</b>	$\leq 1-2$	$\leq 1-2$

#### 4.3 Δίκτυο Λυμάτων

Τα λύματα θα καταλήξουν στην μονάδα μέσω του δικτύου της πόλης. Η ροή θα γίνεται με βαρύτητα, μέσω αγωγών μεγάλης διαμέτρου. Σε σημεία που το μορφολογικό ανάγλυφο δεν θα επιτρέπει την ροή, θα υπάρχουν αντλιοστάσια.

Τα αντλιοστάσια θα περιέχουν δεξαμενή συγκέντρωσης και αντλίες για την άντλησή τους. Οι αντλίες θα υπολογίζονται για την μέγιστη φόρτιση που μπορεί να δεχτεί το αντλιοστάσιο. Θα επιλεγούν με βάση την ικανότητα παροχής (lt/s ή  $m^3/sec$ ), και το μανομετρικό ύψος για τις ανάγκες της εγκατάστασης. Θα υπάρχουν σε ζεύγη, ώστε σε αστοχία/συντήρηση του ενός, να λειτουργεί το άλλο ζεύγος.

Επιλέγεται η σειρά τριφασικών αντλιών S της Grundfos ή η C3231 της Flygt με ικανότητα 200 lt/sec και  $h > 50m$ .

Για τον έλεγχο και την εποπτεία του αντλιοστασίου, θα υπάρχει τοπικός έλεγχος με εγκατεστημένο ένα PLC της SIEMENS, σειρά S7-200, CPU 224, 14 DI/ 10 DO με δυνατότητα επέκτασης μέσω modules. Θα υπάρχει το module EM241 modem για σύνδεση με τηλεφωνική γραμμή, στην περίπτωση που δεν είναι εφικτή η ασύρματη

δικτύωση με το κέντρο ελέγχου ή υπάρχουν λόγοι για κυριαρχία της τηλεφωνικής σύνδεσης.

Το PLC θα ελέγχει με πρόγραμμα τη λειτουργία των αντλιών καθώς και με χρονοπρόγραμμα τους εγκατεστημένους ανεμιστήρες για τον αερισμό του χώρου (αν υπάρχουν). Οι αντλίες θα λειτουργούν με βάση τη στάθμη στην δεξαμενή. Θα υπάρχουν 3 φλοτέρ, ένα για την κατώτερη στάθμη, ένα για την ανώτατη (λίγο πριν την υπερχειλίση) και 1 για να μπουν σε λειτουργία οι αντλίες.

Για κάθε αντλία θα χρειαστούν 2 είσοδοι DI προς το PLC καθώς και 1 έξοδος DO από αυτό. Η έξοδος τροφοδοτεί το ρελέ ισχύος της κάθε αντλίας. Η μία είσοδος, με ανάδραση επιβεβαιώνει ότι όντως λειτουργεί η αντλία και δεν έχει βλάβη το ρελέ. Στην άλλη, είναι συνδεδεμένη η επαφή από το θερμικό προστασίας<sup>7</sup> του κινητήρα. Αυτό ισχύει για κάθε κινητήρα/αντλία που θα περιγραφεί από δω και στο εξής.

Θα υπάρχει διακόπτης απομόνωσης του ρελέ για την γραμμή τροφοδοσίας, ώστε να μην λειτουργεί σε περίπτωση συντήρησης.

Θα συνδεθεί μέσω την θύρας RS485 που διαθέτει το PLC, ένα ράδιο-μόντεμ RM9600B της RDT (433MHz, UHF) με κατάλληλη εξωτερική κεραία ANT0009-2, κατευθυντικού τύπου YAGI 2 στοιχείων.

Για περισσότερες εισόδους εξόδους θα συνδεθεί στο PLC αντίστοιχα modules, σειράς EM2xx, ανάλογα με πόσες εισόδους/εξόδους χρειαζόμαστε επιπλέον.

Η εγκατάσταση θα ολοκληρωθεί με τροφοδοτικό 24Vdc/12Vdc τόσο για το PLC και τα ρελέ, όσο και 12V για το ραδιο-μόντεμ. Θα υπάρχει ένα Line-interactive UPS που θα τροφοδοτεί για 1 ώρα (η κατανάλωση είναι χαμηλή) τον αυτοματισμό ώστε να μπορέσει να εκπέμψει σήμα ότι έγινε διακοπή ρεύματος. Το ίδιο UPS θα εξομαλύνει την γραμμή τροφοδοσίας από αυξομειώσεις για αποφυγή μπλοκαρίσματος (halt) του PLC.

Τα ίδια υλικά θα υπάρχουν σε όσα κτίρια αντλιοστασίων διαθέτει το δίκτυο της πόλης ή του Δήμου.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις των επαφών για το αντλιοστάσιο είναι:

- 2 DI για κάθε αντλία (1 βοηθητικός από το ρελέ ισχύος, 1 από το θερμικό),
- 1 DO για το ρελέ ισχύος κάθε αντλίας,
- 1 DI για ανίχνευση τάσης<sup>8</sup>,
- 1 DI από τον ανιχνευτή φάσεως<sup>9</sup>,
- 3 DI από τα φλοτέρ,
- 1 ή 2 DO για τα ρελέ του αερισμού.
- 1 DI για μπουτόν κινδύνου (μανιτάρι)
- 1 DO για σειρήνα κινδύνου

<sup>7</sup> Διακόπτης που συνδέεται σε σειρά με την τροφοδοσία του κινητήρα. Αν παρουσιαστεί βλάβη ή ζοριστεί, θα περάσει μεγαλύτερο του κανονικού ρεύμα και θα ενεργοποιηθεί αλλάζοντας κατάσταση ή επαφές του. Προστατεύει με αυτό τον τρόπο τον κινητήρα από ανεπανόρθωτη βλάβη.

<sup>8</sup> Διακόπτης που σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, αλλάζει κατάσταση

<sup>9</sup> Διακόπτης που παρακολουθεί την ύπαρξη και των 3 φάσεων. Σε περίπτωση απώλειας της μίας ή περισσοτέρων, αλλάζει η κατάστασή του. Τριφασικός (3~) κινητήρας δεν επιτρέπεται να λειτουργεί με 2 φάσεις.

#### 4.4 Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Η μονάδα έχει στην εγκατάστασή της (παρουσίαση ανά κτίριο/εγκατάσταση):

- Μονάδα προεπεξεργασίας (Εσχάρωση, εξάμμωση, απομάκρυνση λιπών)
- Δεξαμενή πρωτοβάθμιας Καθίζησης
- Μεριστές παροχής
- Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας (δεξαμενές ανοξικής, αναερόβιας, αερισμού)
- Μονάδα Δευτεροβάθμιας Καθίζησης
- Μονάδα χλωρίωσης και τελικός αποδέκτης

Αναλύεται για κάθε μία εγκατάσταση ξεχωριστά οι απαιτήσεις σε αυτοματισμό.

#### 4.5 Προεπεξεργασία

Η προεπεξεργασία γίνεται σε κλειστό κτίριο για αποφυγή οσμών. Υπάρχει ο αγωγός υποδοχής λυμάτων όπου καταλήγει σε ανοικτό κανάλι. Με κανάλι τύπου Parshall γίνεται η ολική μέτρηση που δέχεται η μονάδα. Τοποθετείται υπερηχητικός αισθητήρας τύπου FDU80 της Endress+Hauser με όργανο μέτρησης FMU860 που διαθέτει αναλογική έξοδο. Τα κανάλι οδηγείται μέσω διαχωριστήρα προς τις δύο αυτόματες εσχάρες.

Εμπρός και πίσω από κάθε κανάλι που είναι τοποθετημένες οι εσχάρες, θα υπάρχουν χειροκίνητα θυροφράγματα για την απομόνωση του μηχανήματος. Ένα τρίτο κανάλι (εφεδρικό) με μηχανική εσχάρα θα ανοίγει όταν κλείνει κάποιο από τα άλλα δύο για συντήρηση. Σε κάθε θυρόφραγμα, θα υπάρχει ένας οριακός διακόπτης που θα δείχνει στο κέντρο ελέγχου αν έχει ανοίξει.

Μπροστά από το κανάλι της εσχάρωσης, θα υπάρχει υπερηχητικός αισθητήρας μέτρησης στάθμης υγρών. Θα τοποθετηθεί ο τύπος FMU130 της ENDRESS+HAUSER, με ενσωματωμένη αναλογική έξοδο 4-20mA. Η έξοδος συνδέεται στο PLC όπου θα στέλνει την στάθμη στο κέντρο ελέγχου. Η εσχάρωση έχει 1 κινητήρα για την κίνηση του καθαριστή. Θα υπάρχουν 2 οριακοί διακόπτες στην επάνω και κάτω θέση του καθαριστήρα (χτένι) ώστε να σταματά ο κινητήρας. Η έξοδος ελέγχου του κινητήρα, θα είναι 2, για αλλαγή φοράς περιστροφής.

Πίσω από κάθε εσχάρωση, υπάρχει ελικοειδής συμπιεστής, χωρίς άξονα, που ενεργοποιείται κάθε φορά που λειτουργεί ένας εκ των δύο αυτόματων εσχάρων. Μετά το σταμάτημα της κίνησης του χτενιού και επιστροφή του στην κατώτερη θέση, συνεχίζει να μετρά 1 λεπτό μέχρι να σταματήσει. Υπάρχει τοπικός διακόπτης για την χειροκίνητη λειτουργία του καθώς και διακόπτης για την απομόνωση του κινητήρα για συντήρηση. Το ίδιο ισχύει και για κάθε εσχάρωτή.

Σε φανερή και εύκολα προσβάσιμη θέση τοποθετείται μπουτόν κινδύνου (μανιτάρι) για κάθε εσχάρα.. Όταν πατηθεί, σταματά κάθε λειτουργία κίνησης στο δωμάτιο και ηχεί κόρνα, με αντίστοιχο alarm στο Κ.Ε (κέντρο ελέγχου).

Ο χώρος πρέπει να αερίζεται τακτικά για απομάκρυνση επικίνδυνων αερίων ώστε να προστατεύονται οι εργαζόμενοι, όπως απαιτείται από τους κανονισμούς. Θα

τοποθετηθεί ένας ανιχνευτής υδρόθειου, μοντέλο S4100T της General Monitors. Μόλις ξεπεράσει μια τιμή το H<sub>2</sub>S που θέτουμε από το Κ.Ε, θα λειτουργούν οι αεραγωγοί. Η λειτουργία τους θα γίνεται επίσης και με χρονοπρόγραμμα, ανεξαρτήτως του αισθητήρα H<sub>2</sub>S, τουλάχιστον 4 φορές την ημέρα. Χειροκίνητη λειτουργία (ενεργοποιείται το χρονοπρόγραμμα) μπορεί να γίνει τοπικά από το δωμάτιο. Για να επιβεβαιώσουμε την λειτουργία των αεραγωγών, υπάρχει μια DI συνδεδεμένη με το ρελέ που τροφοδοτεί τους ανεμιστήρες.

Η έξοδος των καναλιών οδηγούνται στον εξαμμωτή. Δύο θυροφράγματα επιλέγουν σε ποιο εξαμμωτή θα οδηγηθούν, αφού απαιτήθηκε από την σχεδίαση. Κάθε θυροφράγμα θα έχει οριακό διακόπτη για να θέτει το σύστημα ελέγχου σε λειτουργία τον αντίστοιχο εξαμμωτή. Ο χειριστής θα μπορεί να τον θέτει σε λειτουργία χειροκίνητα από το Κ.Ε (*manual override*).

Για την ανύψωση των λυμάτων προς τις δεξαμενές εξάμμισης υπάρχει μεταφορικός κοχλίας. Ο κινητήρας του θα έχει έλεγχο και προστασία όπως οι υπόλοιποι κινητήρες που περιγράφηκαν.

#### 4.6 Εξάμμιση

Κάθε εξαμμωτής έχει διαστάσεις 16X3.6X3 m (LxWxD) όπως προέκυψε από την σχεδίαση. Στην επιφάνειά του, υπάρχει κινούμενη γέφυρα με δύο ξέστρα: ένα στον βυθό που σπρώχνει την άμμο και ένα επιφανείας που μαζεύει τα λίπη και έλαια.

Ο κινητήρας κίνησης θα είναι τύπος Marelli B5, 1.5 KW, 1450 rpm, ενώ θα έχει μειωτήρα STM CR 50/85 για χαμηλή ταχύτητα (0,80 m/s) και μεγάλη ροπή στρέψης. Στα άκρα της δεξαμενής, και μέχρι εκεί που πρέπει να φτάσουν τα ξέστρα, θα τοποθετηθούν οριακοί διακόπτες.

Επίσης οριακοί διακόπτες θα βιδωθούν στην άνω και κάτω ακραία θέση των ξέστρων. Θα υπάρχει ένας μικρός κινητήρας Marelli B5, 1450 rpm, 0.26 KW που θα κινεί πάνω-κάτω τα ξέστρα με κοινό, και για τα δύο, συρματόσκοινο.

Η λειτουργία θα ελέγχεται με χρονοπρόγραμμα. Δεν μπορεί να αλλάξει η ταχύτητα κίνησης της γέφυρας λόγω fix τιμής του κινητήρα/μειωτήρα. Μπορεί όμως να αλλάξει ο χρόνος έναρξης-παύσης.

Τοπικά θα υπάρχει ο ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου της γέφυρας με όλα τα στοιχεία της, όπως θερμικά, ρελέ ισχύος κ.α.

Στο κανάλι που υπάρχει δίπλα, θα τοποθετηθεί υποβρύχια αντλία DXV/M 35-5 της Flygt, για την απομάκρυνση της άμμου. Η αντλία λειτουργεί με την ενεργοποίηση του οριακού διακόπτη της γέφυρας, όταν φτάνει στο τέλος του διαδρόμου. Παραμένει σε αναρρόφηση για 2 λεπτά ή αν σταματήσει λόγω χαμηλής στάθμης υγρού, με ενεργοποίηση φλοτέρ (*προστασία κενής λειτουργίας*). Υπολογίζεται ότι θα έχει αναρροφήσει όσο λειτουργεί 300 λίτρα περίπου.

Ομοίως θα τοποθετηθεί ίδια αντλία αλλά με διακόπτη επίπλευσης (κωδικός DXV/MSG 35-5) στο κανάλι που συγκεντρώνονται τα λίπη. Θα λειτουργεί κάθε φορά που ολοκληρώνει η γέφυρα δύο κινήσεις. Θα ενεργοποιείται για 2 λεπτά και



μπορεί να σταματά μόνη της με τον ενσωματωμένο διακόπτη που διαθέτει. Η έξοδος της γεμίζει κάδο για απόρριψη σε Χ.Υ.Τ.Α.

Για τον αερισμό της δεξαμενής, χρησιμοποιείται αεροσυμπιεστής του οίκου Shamal, μοντέλο A360/100, 360 l/s (1300 m<sup>3</sup>/h), 1,5 KW. Για την διάχυση του αέρα, θα χρησιμοποιηθούν 20 οριζόντιοι διαχυτήρες μεγάλης φυσαλίδας, μοντέλο CBS-12 του οίκου Wilfley-Weber, ανοξείδωτοι, διαστάσεως 61.3X5.1X8.9 cm. Αντέχουν παροχή μέχρι 40 m<sup>3</sup>/h (ο ένας).

Θα λειτουργεί ένας αεροσυμπιεστής ανά δεξαμενή, ενώ ένας ακόμα θα είναι εφεδρικός, μόνιμα συνδεδεμένος με το δίκτυο παροχής αέρα μέσω χειροκίνητης βάνας. Σε κάθε γραμμή παροχής αέρα, θα υπάρχει αισθητήρας πίεσης, ρυθμιζόμενος. Μόλις ξεπεράσει μια τιμή η πίεση, αλλάζει κατάσταση ο διακόπτης εξόδου που διαθέτει. Θα δείχνει στο SCADA αν λειτουργεί σωστά ο αερισμός.

Το δωμάτιο θα έχει επίσης τουλάχιστον 2 ανεμιστήρες κάθετου άξονα, για επαρκή αερισμό του χώρου. Ελέγχονται και από τα επίπεδα H<sub>2</sub>S και με χρονοπρόγραμμα, όπως περιγράψαμε προηγουμένως την ίδια λειτουργία.

Η αντλία άμμου τροφοδοτεί έναν ελικοειδή μεταφορέα, που διαχωρίζει την άμμο από το νερό. Η άμμος, καταλήγει σε κάδο για απόρριψη σε Χ.Υ.Τ.Α ενώ το νερό με υπερχειλίση καταλήγει στην αποχέτευση (στραγγίδια) του κτιρίου. Ο μεταφορέας μπαίνει σε λειτουργία μαζί με την αντλία άμμου, και παραμένει σε λειτουργία 4 λεπτά αφού σταματήσει.

Όλοι οι χρόνοι ρυθμίζονται στο Κ.Ε από τον χειριστή.

Φυσικά και εδώ θα υπάρχει διακόπτης κινδύνου (μανιτάρι) με σύνδεση σειρήνας και ένδειξη στο Κ.Ε.

Ανακεφαλαιώνοντας θα χρειαστούν οι ελάχιστες απαιτήσεις σε συνδέσεις από/προς το PLC:

- 14 DI για τους κινητήρες/αντλίες
- 10 DO για « « « « (οι κινητήρες θέλουν διπλή έξοδο για αριστρ. ή δεξιостρ. κίνηση)
- 6 DI για τους οριακούς
- 1 DI για το φλοτέρ
- 2 DO για τους αεροσυμπιεστές
- 4 DI για τους αεροσυμπιεστές
- 2 DO για τους αισθητήρες πίεσης
- 2 DI για τους αεραγωγούς
- 2 DO για « « « « «
- 1 AI για τον μετρητή H<sub>2</sub>S
- 3 AI για τους μετρητές στάθμης
- 5 DI για τα θυροφράγματα
- 8 DI για τα μπουτόν κινδύνου (μανιτάρι)
- 1 DO για σειρήνα/φάρο
- 2 DI για χειροκίνητη λειτουργία

Η έξοδος οδηγείται μέσω καναλιού στον μεριστή.

#### 4.7 By-Pass

Για την περίπτωση που υπάρχει μεγάλη εισροή λυμάτων στην μονάδα και ξεπερνά τα όρια ασφαλείας, θα πρέπει να γίνει bypass κατ'ευθείαν στην έξοδο.

Μεταξύ της εξόδου της εξάμμωσης και της εισόδου του μεριστή, τοποθετείται ένα κανάλι που χωρίζει με V: το ένα πηγαίνει στον μεριστή και το άλλο στον αγωγό bypass. Υπάρχουν δύο θυροφράγματα που ελέγχουν την έμφραξη. Στην περίπτωση που θελήσουμε ολοκληρωτική απόρριψη των λυμάτων στη θάλασσα (*συντήρηση-αστοχία μονάδας*), θα κλείνει το θυρόφραγμα προς τον μεριστή και θα ανοίγει αυτό του αγωγού. Σε περίπτωση που έχουμε μεγάλη είσοδο μικτού υγρού στην μονάδα, θα ανοίξει το θυρόφραγμα του αγωγού και θα απορρίπτει μέρος της εισόδου, κρατώντας σε ασφαλή επίπεδα την παροχή εισόδου.

Τα θυροφράγματα είναι ηλεκτροκίνητα, ελεγχόμενα από το Κ.Ε. Σε περίπτωση αστοχίας του κινητήρα, θα μπορούν να λειτουργήσουν χειροκίνητα. Θα υπάρχουν οριακοί διακόπτες για την εποπτεία της κατάστασής τους, ενώ ειδικά για το θυρόφραγμα του αγωγού απόρριψης, θα έχει κατάλληλο μειωτήρα για ρύθμιση του ανοίγματος. Με χειρισμό από το Κ.Ε, θα γίνεται έλεγχος του ανοίγματος ώστε να απορρίπτεται ο περιττός όγκος. Επίσης θα υπάρχει alarm όταν η παροχή εισόδου ξεπερνά ένα όριο ασφαλείας για συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο (*ελεγχόμενο*). Σε τέτοια περίπτωση και μετά από 3 alarm χωρίς ανταπόκριση, το σύστημα προχωρά σε αυτόματη απόρριψη. Θα ανοίξει για πολύ μικρό διάστημα την έξοδο, θα περιμένει ένα χρονικό διάστημα να σταθεροποιηθεί η ροή και σε περίπτωση που πάλι ξεπερνά το όριο, θα επαναλάβει την διαδικασία ανοίγοντας περισσότερο το θυρόφραγμα, μέχρι η παροχή προς τις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας φτάσουν σε κανονικά επίπεδα.

Για την αποτροπή πλήρους εμφράξεως, θα υπάρχει ηλεκτρική μανδάλωση ώστε το θυρόφραγμα προς τον μεριστή να μην κλείνει αν είναι ήδη κλειστό και το άλλο θυρόφραγμα.

Θα υπάρχουν μπουτόν κινδύνου (μανιτάρι) δίπλα σε κάθε θυρόφραγμα, για την προστασία των χειριστών. Σε κατάσταση κίνησης των θυροφραγμάτων, θα ενεργοποιείται σειρήνα και φάρος, 30 sec πριν και μέχρι να τελειώσει η κίνηση, για να ειδοποιούνται οι χειριστές που βρίσκονται κοντά.

Για το bypass θα χρειαστούν:

- 4 DO για τους κινητήρες (με αλλαγή περιστροφής)
- 6 DI για τους κινητήρες
- 4 DI για τα μπουτόν κινδύνου (δύο σε κάθε ένα)
- 1 DO για σειρήνα/φάρο
- 4 DI για οριακούς θυροφραγμάτων

#### **4.8 Μέτρηση Θρεπτικών**

Πριν από τον μεριστή, θα τοποθετηθούν αισθητήρια μέτρηση νιτρικών, φωσφόρου, αμμωνίας και BOD για μέτρηση της ποιότητας του εισερχόμενου λύματος. Σε περίπτωση υπερβολικών ορίων που έχουμε θέση στο σύστημα, θα γίνεται πρόταση από το SCADA στον χειριστή για απόρριψη κατ'ευθείαν στην έξοδο, ώστε να αποφευχθεί το σοκ στους μ/ο της βιολογικής επεξεργασίας.

Για τα νιτρικά επιλέγεται ο αισθητήρας StamoSens CNS70 της Endress+Hauser με μετρητή το StamoSens CNM750. Μετρά από 0-50 mg/l και έχει έξοδο αναλογική.

Για τον φώσφορο επιλέγεται ο αναλυτής StamoLys CA71PH της Endress+Hauser, με αναλογική έξοδο.

Για την μέτρηση αμμωνίας, επιλέγεται ο αναλυτής StamoLys CA71AM, της Endress+Hauser με αναλογική έξοδο.

Επίσης, θα τοποθετηθεί και on-line μετρητής BOD-M3, μοντέλο BIOX-1010 της Isco-Stip, με αναλογική έξοδο, και εσωτερική μνήμη καταγραφής.

Για το SCADA θα χρειαστούν 4 AI.

#### **4.9 Μεριστής**

Η μονάδα είναι σχεδιασμένη για λειτουργία με τις μισές δεξαμενές κατά την χειμερινή περίοδο. Για να απομονώσουμε τη μία ροή σε περίπτωση χειμώνα ή συντήρησης των δεξαμενών, παρεμβάλλεται μια δεξαμενή, 2 όγκων, με θυροφράγματα για κάθε έξοδο και ένα θυρόφραγμα για την κοινή τους ένωση. Τα θυροφράγματα θα είναι χειροκίνητα, με αισθητήρα οριακού διακόπτη σε κάθε ένα για ένδειξη ότι είναι ανοικτά.

Για κάθε θυρόφραγμα θα χρειαστούν:

- 3 DI για οριακούς

#### **4.10 Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης**

Οι ΔΠΚ είναι δύο για την λειτουργία όλου του χρόνου, κυκλικές, διαμέτρου 23m και βάθους 3.6m. Από τον μεριστή, χωρίζονται σε δύο παροχές και τροφοδοτείται κάθε δεξαμενή. Η δεξαμενή καθίζησης έχει δύο κινητήρες για την λειτουργία της: έναν για την κυκλική περιστροφή, και έναν μικρό, βοηθητικό, για τον καθαρισμό του καναλιού υπερχειλίσης. Η κίνηση των ξέστρων είναι σταθερή, αργή ενώ του καθαριστήρα γρήγορη και λειτουργεί με χρονοπρόγραμμα. Προς τη μεριά κίνησης του ξέστρου, θα υπάρχει διακόπτης κινδύνου (μανιτάρι) όπως επίσης στο άνω μέρος της γέφυρας, επάνω από το κέντρο της δεξαμενής. Σε περίπτωση χρήσης του θα ηχεί σειρήνα και βομβητής τοπικά.

Η έξοδος από κάθε δεξαμενή, οδηγείται στον δεύτερο μεριστή.

Για την Δ.Π.Κ. θα χρειαστούν:

- 2 DO για τους κινητήρες

- 4 DI για τους κινητήρες
- 4 DI για τα μπουτόν κινδύνου
- 1 DO για σειρήνα/λυχνία κινδύνου

#### 4.11 Μεριστής

Ομοίως ισχύουν τα ίδια με την περιγραφή του πρώτου μεριστή. Οι εξοδοί οδηγούνται στις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας.

#### 4.12 Μέτρηση Παροχής

Για κάθε κανάλι, τοποθετείται μετρητής παροχής με κανάλι τύπου Parshall. Σε κατάλληλη θέση θα συνδεθεί υπερηχητικός μετρητής μοντέλο FDU80 της ENDRESS+HAUSER. Μεταδότης προς το Κ.Ε. καθώς και ένδειξη στον χώρο του καναλιού, θα χρησιμοποιηθεί ο FMU862 της ίδιας εταιρίας, με δυνατότητα σύνδεσης και των δύο σημάτων από τους αισθητήρες. Διαθέτει αναλογικές εξόδους 4-20 mA.

Θα χρειαστεί:

- 2 AI για την μέτρηση παροχής

#### 4.13 Δεξαμενές Βιολογικής Επεξεργασίας

Σύμφωνα με την μελέτη, θα υπάρχουν από δύο ζεύγη Αναερόβιας, Ανοξικής και Αερόβιας δεξαμενής, με ανακυκλοφορία ανάμικτου υγρού από την αερόβια στην ανοξική.

Οι διαστάσεις τους [D x W x L] είναι:

Αναερόβια

$$1X \quad 4 \times 13 \times 24 \text{ [m]} \quad = \quad 1260 \text{ m}^3$$

Ανοξική

$$2X \quad 4 \times 13 \times 25 \text{ [m]} \quad = \quad 2600 \text{ m}^3$$

Αερόβια

$$3X \quad 4 \times 22 \times 25 \text{ [m]} \quad = \quad 6500 \text{ m}^3$$

Selector

$$1X \quad 4 \times 3.7 \times 13 \text{ [m]} \quad = \quad 191 \text{ m}^3$$

Υπολογίζουμε τους απαιτούμενους αριθμούς και τύπους αναμικτήρων, με βάση πρόγραμμα που παρέχεται από την ITT Flygt. Θα τοποθετηθούν οι εξής τύποι σε κάθε δεξαμενή:

Δεξαμενή	Αρ. αναμικτήρων /δεξαμενή	Τύπος αναμικτήρα	Απαιτούμενη Ωθηση/αναμικτήρα	Ισχύ αναμικτήρα	Διάμετρος έλικας
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ	2	4410	820 N	0.75 KW	2 m
ΑΝΟΞΙΚΗ	2	4410	800 N	0.7 KW	2 m
ΑΕΡΟΒΙΑ	2	4410	1050 N	0.85 KW	2.5 m

ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙ Α	-	2x PP4680	1500 l/s	-	-
-------------------	---	--------------	----------	---	---

Ο αναμικτήρας 4410, είναι χαμηλής ταχύτητας (<30 rpm), με μεγάλης διαμέτρου προπέλα τύπου "μπανάνας". Έγινε επιλογή δύο κινητήρων ανά δεξαμενή, με τον συγκεκριμένο τύπο λόγω καλύτερης σχέσης απόδοσης/κατ. ενέργειας. Η χρήση με έναν αναμικτήρα ήταν εφικτή, με παρόμοιο λειτουργικό κόστος κατανάλωσης, αλλά δεν θα κάλυπτε την ανάμιξη στην περίπτωση βλάβης. Με χρήση δύο ανά δεξαμενή, εξασφαλίζεται η ανάμιξη ακόμα και αν ο ένας είναι εκτός.

Για την ανακυκλοφορία, επιλέγονται δύο αντλίες (1 εφεδρική) οριζόντιας ροής με βαλβίδα αντεπιστροφής. Η ικανότητά τους είναι μεγάλη, φτάνοντας τα 1500 l/s.

#### 4.14 Αερισμός

Ο αερισμός των αερόβιων δεξαμενών, θα πραγματοποιείται από 6 αεριστήρες, όπου οι έξοδοι τους θα είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο. Οι τρεις εκ των αυτών, θα είναι μόνιμης παροχής (on-off) ενώ οι τρεις θα είναι μεταβλητής, με ρύθμιση στροφών του κινητήρα (inverter). Θα είναι πλήρως αυτοματοποιημένοι, με δικά τους όργανα ελέγχου και μετρήσεων. Θα υπάρχει ρυθμιστής στροφών (inverter) της SIEMENS, σειρά SIMOVERT, ισχύος 600 KW, με έξοδο απ' ευθείας σε PROFIBUS-DP.

Επιλέγεται ο τύπος RB-LP 140 της Robuschi, δυνατότητα παροχής 1900 l/s, πίεσης 10 bar, καταναλώσεως 140 KW με επίπεδο θορύβου τα 69 dB(A). Οι τρεις εκ των αυτών θα συνδεθούν στο Inverter.

Σε κάθε έξοδος θα υπάρχει χειροκίνητη βαλβίδα αποκοπής, ενώ το δίκτυο θα τροφοδοτεί την δεξαμενή με δύο σωληνώσεις. Σε κάθε μία, θα υπάρχει ένας αισθητήρας πίεσης με αναλογική έξοδο, για έγκαιρη ενημέρωση βλάβης στο σύστημα. Η παροχή υπολογίζεται αναλογικά αφού γνωρίζουμε την ικανότητα παροχής κάθε αεροσυμπιεστή. Για τον υπολογισμό των μεταβλητών μοντέλων, θα γίνεται αναλογία με τη σχέση πραγματικής εξόδου – αναλογικής εξόδου οργάνου, που θα δίνει ο κατασκευαστής.

Σε περίπτωση βλάβης, ο αεροσυμπιεστής θα δίνει σήμα βλάβης μέσω μιας επαφής.

Η έξοδος των σωληνώσεων, τροφοδοτεί ένα δίκτυο διανομής αέρα, εγκατεστημένο στο βυθό των δεξαμενών. Ο ένας σωλήνας παροχής αέρα, αναλαμβάνει την τροφοδοσία του μισού τμήματος της συνολικής επιφάνειας όλης της δεξαμενής αερισμού. Ο άλλος σωλήνας αντίστοιχα, την άλλη μισή.

Το δίκτυο αερισμού, αποτελείται από λαστιχένιους δίσκους με μικροσκοπικές σπές σε μεγάλο τμήμα της επιφάνειάς τους. Επιλέγονται ελαστικοί δίσκοι, διαμέτρου 33 cm, τύπος Dura-Disc της Dorr-Oliver.

#### 4.15 Όργανα Ελέγχου

Για τον έλεγχο της εγκατάστασης, θα τοποθετηθούν τα εξής όργανα:

- Αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου
- Πεχάμετρα

Θα τοποθετηθούν 6 αισθητήρες D.O, ένας για κάθε δεξαμενή ώστε να γίνεται μια καλή επιτήρηση του ποσοστού του οξυγόνου. Επιλέγονται οπτικοί αισθητήρες νέας γενιάς, αυτοκαθαριζόμενοι, με τυπική διάρκεια ζωής χωρίς συντήρηση 7-10 χρόνια. Δεν χρησιμοποιούν χημικά (reagents) ούτε έχουν μεμβράνη που καταστρέφεται, ενώ έχουν αυτόματη βαθμονόμηση (*auto-calibration*).

Θα τοποθετηθούν 3 μοντέλα ΠG2000-1, της Insite. Κάθε ένα είναι ένα πακέτο 2 οπτικών DO αισθητήρων με ένα όργανο μέτρησης και μετάδοσης. Οι έξοδοι που διαθέτει είναι δύο αναλογικές 4-20 mA, σειριακή RS232 και έξοδος δικτύου Modbus. Για να μειωθεί η ανάγκη συντήρησης, θα τοποθετηθούν στις 3 δεξαμενές (*αναερόβια* + 2 *ανοξικές*) πρόσθετο εξάρτημα καθαρισμού με εκτόξευση νερού, ΠGCA1. Για τις αερόβιες δεν θα χρειαστεί λόγω κυκλοφορίας αέρα.

Για την δεξαμενή αερισμού, θα βγαίνει ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων, ανάλογα για την ανοξική, ο μέσος όρος των δύο. Θα συλλέγονται όμως από το SCADA όλες οι μετρήσεις ξεχωριστά για καλύτερη επιτήρηση και δημιουργία σωστότερης βάσης δεδομένων-ιστορικού.

Θα γίνεται και επιτήρηση του pH, τόσο στην είσοδο της επεξεργασίας, όσο και στην τελευταία δεξαμενή αερισμού. Επιλέγεται αισθητήρας CPS41 της Endress+Hauser με τον μετρητή Liquisys-M CPM253 της ίδιας εταιρίας. Ο αισθητήρας είναι γυάλινος, κεραμικού διαφράγματος, αντοχής 8 bar και υγρός ηλεκτρολύτης αναφοράς. Ο μετρητής, έχει ταυτόχρονη διπλή απεικόνιση και στέλνει τις μετρήσεις μέσω εξόδου 4-20 mA.

Τέλος, σε κάθε διαδρόμο επάνω από τα τοιχώματα των δεξαμενών, θα συνδεθούν μπουτόν κινδύνου (μανιτάρι). Χρειάζονται δύο είσοδοι για κάθε μπουτόν, ώστε να εξαιρεθεί τυχόν αστοχία. Σε περίπτωση ενεργοποίησης, ακινητοποιούνται οι αναδευτήρες, παύει η λειτουργία των αεροσυμπιεστών και ενεργοποιούνται 2 σειρήνες με αντίστοιχους φάρους, σημάνοντας κίνδυνο στο Κ.Ε.

Ανακεφαλαιώνοντας, για κάθε βιολογική επεξεργασία θα χρειαστούν:

- 18 DO για κινητήρες/αντλίες
- 9 DI « « « « «
- 6 AI για τους μετρητές DO
- 2 AI για τους μετρητές pH
- 6 DO για αεροσυμπιεστές
- 12 DI « « « « « «
- 6 DI « « « « « « ένδειξη βλάβης
- 2 AI από τους αισθητήρες πίεσης
- 18 DI για τα μπουτόν κινδύνου
- 2 DO για τις 2 σειρήνες/φάρους

#### 4.16 Μεριστής

Ομοίως ισχύουν τα ίδια με την περιγραφή του πρώτου μεριστή. Οι έξοδοι οδηγούνται στη Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης.

#### 4.17 Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας καθίζησης

Η Δ.Δ.Κ είναι κυκλικής μορφής, διαμέτρου 35m και βάθους 3.5m. Η δεξαμενή έχει ίδια λογική λειτουργίας και χειρισμού με αυτή της Π.Δ.Κ.

Στην έξοδο της υπερχειλίσης, θα συνδεθεί στο κανάλι αισθητήρας μέτρησης αιωρούμενων στερεών. Επιλέγεται το μοντέλο Turbimax-W CUS41 της Endress+Hauser με μετρητή Liquisys-M CUM253.

Θα τοποθετηθεί αισθητήρας μέτρησης λάσπης με υπέρηχους. Επιλέγεται ο αισθητήρας CUS70 της Endress+Hauser, βυθιζόμενος επί του υγρού με όργανο μέτρησης το CUM750. Έξοδος αναλογική 4-20 mA.

Η υπερχειλίση οδηγείται προς τη δεξαμενή απολύμανσης, μέσω πρώτα ενός μεριστή.

Θα χρειαστούν:

- 2 AI για τους μετρητές
- 4 DI για τους κινητήρες
- 2 DO για τους κινητήρες
- 4 DI για τα μπουτόν κινδύνου

#### **4.18 Μεριστής**

Ομοίως ισχύουν τα ίδια με την περιγραφή του πρώτου μεριστή. Οι έξοδοι οδηγούνται στη δεξαμενή απολύμανσης.

#### **4.19 Μέτρηση Παροχής**

Για κάθε κανάλι, τοποθετείται μετρητής παροχής τύπου Parshall. Σε κατάλληλη θέση θα συνδεθεί υπερηχητικός μετρητής, μοντέλο FDU80 της ENDRESS+HAUSER. Μεταδότης προς το Κ.Ε. καθώς και ένδειξη στον χώρο του καναλιού, θα χρησιμοποιηθεί ο FMU862 της ίδιας εταιρίας, με δυνατότητα ταυτόχρονης σύνδεσης και των δύο σημάτων από τους αισθητήρες.

Θα χρειαστεί:

- 2 AI για την μέτρηση παροχής

#### **4.20 Μέτρηση Θρεπτικών**

Θα τοποθετηθούν αισθητήρια μέτρηση νιτρικών, φωσφόρου, αμμωνίας και BOD στο υγρό που φεύγει από την ΔΔΚ. Οι αισθητήρες θα τοποθετηθούν στο κοινό κανάλι μετά τις εξόδους των δεξαμενών, προς τον μεριστή πριν την χλωρίωση.

Για τα νιτρικά επιλέγεται ο αισθητήρας StamoSens CNS70 της Endress+Hauser με μετρητή το StamoSens CNM750. Μετρά από 0-50 mg/l και έχει έξοδο αναλογική.

Για τον φώσφορο επιλέγεται ο αναλυτής StamoLys CA71PH της Endress+Hauser, με αναλογική έξοδο.

Για την μέτρηση αμμωνίας, επιλέγεται ο αναλυτής StamoLys CA71AM, της Endress+Hauser με αναλογική έξοδο.

Για το BOD, επιλέγεται ο on-line μετρητής BOD-M3, μοντέλο BIOX-1010 της Isco-Stip, με αναλογική έξοδο, και εσωτερική μνήμη καταγραφής.

Όλοι οι αισθητήρες θα προφυλάσσονται από ήλιο και βροχή με κατάλληλα σκέπαστρα.

Για το SCADA, θα χρειαστούν 4 AI.

#### 4.21 Χλωρίωση

Για την χλωρίωση θα τοποθετηθεί μία δοσομετρική αντλία για κάθε κανάλι, ενώ θα υπάρχει μία αντλία εφεδρική. Όλες οι αντλίες θα είναι ίδιου τύπου, ψηφιακές, μεταβλητής ταχύτητας και ρυθμιζόμενου μήκους αναρρόφησης, όλα ελεγχόμενα από τον μικροεπεξεργαστή της. Δέχονται αναλογικό σήμα ελέγχου 4-20 mA ενώ διαθέτουν τοπικό χειρισμό και έλεγχο ποσότητας. Για την ποσότητα του χλωρίου υπολογίστηκε από την μελέτη στα 15 mg/l για το καλοκαίρι και στα 19 mg/l για τον χειμώνα. Υπολογίζεται η ποσότητα παροχής:

$$\frac{835m^3 / h \times 11.4g / m^3}{150g / l} = 63l / h$$

Επιλέγεται δοσομετρική αντλία μοντέλο DME 150-4 της Grundfos με δυνατότητα παροχής από 75 ml/h έως 150 l/h.

Για την μέτρηση υποχλωριώδους νατρίου χρησιμοποιείται προς το τέλος της δεξαμενής όργανο αυτόματης δειγματοληψίας. Επιλέχθηκε το μοντέλο 3401A της IONICS Instruments με δυνατότητα on-line μέτρησης και κλίμακα 0-10 mg/l ή 0-500 mg/l. Διαθέτει έξοδο 4-20 mA και ενσωματωμένο εκτυπωτή για αρχείο μετρήσεων στην περίπτωση απώλειας σύνδεσης με το Κ.Ε.

Επίσης τοποθετείται on-line μετρητής TOC. Επιλέγεται το μοντέλο 900 της IONICS Instruments, για την ακρίβεια σε νερά σχεδόν καθαρό ή πόσιμο.

Η έξοδος από τον μετρητή παροχής θα οδηγείται πέρα από το PLC και στην είσοδο της αντλίας για να πραγματοποιήσει την δοσομέτρηση. Η αντλία ελέγχεται από το Κ.Ε. Το σήμα από τον αναλυτή NaOCl στέλνεται μέσω του PLC στο Κ.Ε. Σε περίπτωση που μειωθεί η απαιτούμενη ποσότητα, το SCADA στέλνει σήμα στην δοσομετρική αντλία να αυξήσει την παροχή (μέσω αναλογικής εισόδου). Σε αντίθετη περίπτωση, επεμβαίνει ανάλογα για να μειώσει την ποσότητα.

Η έξοδος από την απολύμανση, στέλνεται σε κοινό κανάλι για απόρριψη από τον υποθαλάσσιο αγωγό.

Θα χρειαστούν:

- 1 AI από μετρητή NaOCl
- 1 AO για ρύθμιση της δοσομετρικής αντλίας
- 1 DI για την δοσομετρική αντλία (σφάλμα)
- 1 AI από μετρητή TOC

#### 4.22 Βιομηχανικό νερό

Για τις ανάγκες της λειτουργίας της μονάδας, θα υπάρχει μια μικρή μονάδα επεξεργασίας νερού (φιλτράρισμα-απολύμανση). Θα παράγει απαιτούμενη ποσότητα



νερού τόσο για τις καθημερινές ανάγκες των μηχανημάτων της μονάδας, όσο και νερό για βοηθητικές λειτουργίες και χρήσης των κτιρίων (νερό στα καζανάκια, πλύσιμο εξωτερικών χώρων).

Στο κοινό κανάλι προς την απολύμανση, τοποθετείται υποβρύχιος αγωγός σύνδεσης με 2 αντλίες ( η μία εφεδρική) Grundfos σειρά NBE, ικανότητας άντλησης μέχρι 190 m<sup>3</sup>/h. Το νερό περνά σε φίλτρο διύλισης και η έξοδός του οδηγείται σε μονάδα απολύμανσης με ακτινοβολία U.V. Επιλέγεται η μονάδα UV100 της Bio-UV, ικανότητας μέχρι 100 m<sup>3</sup>/h. Πριν την είσοδο του απολυμαντή, τοποθετείται μετρητής Doppler για τον έλεγχο της ροής και ηλεκτροβάννα ρυθμιζόμενου ανοίγματος με αναλογικό σήμα ελέγχου 4-20 mA. Η έξοδός του ρυθμίζει κατάλληλα την λειτουργία του U.V.

Το νερό καταλλήγει σε δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης. Υπάρχει αισθητήρας FMU131 της Endress+Hauser με ενσωματωμένη αναλογική έξοδο. Σε περίπτωση που η στάθμη της δεξαμενής φτάσει σε ένα ανώτατο όριο, γίνεται διακοπή της άντλησης και σταματά η λειτουργία του διυλιστηρίου. Η χωρητικότητα της δεξαμενής επιτηρείται από το Κ.Ε.

Υπάρχει συνδεδεμένη δεύτερη μονάδα U.V, σε περίπτωση που η πρώτη δεν λειτουργεί. Η αλλαγή γίνεται μέσω ηλεκτροβάνων, αυτόματα, μόλις παρατηρηθεί αστοχία της λυχνίας απολύμανσης.

Για τις ανάγκες νερού εκτός από τα μηχανήματα, υπάρχει μια δεύτερη μονάδα φιλτραρίσματος. Επιλέχθηκε αυτή η υλοποίηση για αποφυγή κυκλοφορίας ακάθαρτου νερού στον χώρο των εργαζομένων στη περίπτωση διαρροής. Επίσης για υγειονομικούς λόγους, στην περίπτωση επαφής με δέρμα. Τοποθετούνται δύο υποβρύχιες αντλίες (η μία εφεδρική) σε κατάλληλο χώρο, στην έξοδο του νερού, μετά την απολύμανση. Επιλέγεται η σειρά CRK της Grundfos, ικανότητας μέχρι 85 m<sup>3</sup>/h. Το νερό περνά από φίλτρο διύλισης και φίλτρο ενεργού άνθρακα. Κατόπιν, παρεμβάλλεται μετρητής παροχής Doppler και ηλεκτροβάννα ρυθμιζόμενου ανοίγματος με αναλογικό σήμα ελέγχου 4-20 mA. Η έξοδος οδηγείται σε απολυμαντή U.V, μοντέλο UV3010 της Bio-UV. Ο μετρητής παροχής ρυθμίζει την ηλεκτροβάννα ώστε να έχουμε μέγιστη ροή 30 m<sup>3</sup>/h. Το νερό της εξόδου, χλωριώνεται προτού αποθηκευτεί στη δεξαμενή. Χρησιμοποιείται η δοσομετρική αντλία DME 19-6 της Grundfos, μέγιστης παροχής από 2.5 ml/h έως 19 l/h. Ο έλεγχός της γίνεται μέσω του παροχόμετρου Doppler.

Στην δεξαμενή αποθήκευσης του νερού για χρήση προσωπικού, τοποθετείται υπερηχητικός αισθητήρας στάθμης, μοντέλο FMU131 της Endress+Hauser με ενσωματωμένη αναλογική έξοδο. Το επίπεδό της, παρακολουθείται από το Κ.Ε. Σε περίπτωση που πέσει κάτω από ένα σημείο, ξεκινά η τροφοδοσία της μονάδας με νέα άντληση. Επίσης, σταματά η άντληση, όχι μονάχα όταν γεμίζει η δεξαμενή, αλλά και όταν η παροχή είναι μεγαλύτερη και η ηλεκτροβάννα αναγκαστεί να κλείσει.

Για την δεύτερη μονάδα, δεν έχει γίνει φροντίδα εφεδρικού απολυμαντή U.V. Ο λόγος είναι ότι η διάρκεια των λυχνιών (8000 h = 333 μέρες), επαρκεί για λειτουργία 2-2,5 χρόνων, γιατί δεν γίνεται συχνή και μεγάλη χρήση όπως συμβαίνει στην πρώτη μονάδα. Θα υπάρχουν ανταλλακτικές λυχνίες και ο χρόνος συντήρησης δεν θα επιφέρει πρόβλημα στην παροχή (έχουμε μικρή κατανάλωση, μεγάλη δεξαμενή). Στην περίπτωση μόνιμης βλάβης, θα υπάρχει η δυνατότητα χειροκίνητης σύνδεσης στην έξοδο νερού δικτύου.

Η απόδοση των φίλτρων παρακολουθείται από μετρητή πίεσης, αναλογικής εξόδου. Μόλις η πίεση πέσει κάτω από ένα όριο ασφαλείας, διακόπτεται η παροχή και ξεκινά η διαδικασία έκπλυσης των φίλτρων με αντίστροφη ροή. Χρησιμοποιείται νερό δικτύου πόλης, αντλία τροφοδοσίας και αεροσυμπιεστής για τροφοδοσία αέρα. Για την απομάκρυνση του νερού, χρησιμοποιείται αντλία μέσω φίλτρου, ώστε να μην απομακρυνθεί η άμμος.

Αυτό γίνεται και για τα δύο φίλτρα άμμου, αλλά όχι για το φίλτρο ενεργού άνθρακα, που αντικαθίσταται. Ο καθαρισμός των φίλτρων δεν ελέγχεται από το Κ.Ε. γιατί είναι χειροκίνητη λειτουργία. Ενημερώνει για έκλυση των φίλτρων όταν αντληφθεί πτώση της πίεσης σε κατώτατο σημείο. Από το SCADA μηδενίζεται από τον χειριστή ο μετρητής παροχής και οι ώρες λειτουργίας των φίλτρων, κάθε φορά που πραγματοποιείται αλλαγή ή έγινε έκπλυση.

Η ικανότητα των παραπάνω, εξαρτάται από την χωρητικότητα που θα έχουν οι δεξαμενές και την κατανάλωση του νερού. Τα μηχανήματα είναι ενδεικτικά, λόγω ότι δεν έγινε υπολογισμός καταναλώσεως από την μελέτη. Για μεγαλύτερα μεγέθη, θα πρέπει να αλλάξουν.

Θα χρειαστούν:

- 2 DO για τις αντλίες
- 4 DI για τις αντλίες
- 3 AI από τους απολυμαντές U.V.
- 3 DO >> >> >> >>
- 3 DI >> >> >> >>
- 2 AI από τους μετρητές ροής Doppler
- 2 AI για τους μετρητές στάθμης
- 2 AI για τους μετρητές πίεσης
- 4 AO για τις ηλεκτροβάνες
- 4 AI από >> >> >>> >>
- 4 DI από >> >>> >>> σφάλμα
- 4 DI από >> >>> >>> θερμικά
- 1 DO από την δοσομετρική αντλία (σφάλμα)

#### 4.23 Πύκνωση Ιλύος

Για την πύκνωση ιλύος θα υπάρχουν δύο κυλινδρικές δεξαμενές. Για το ξέστρο θα τοποθετηθεί μικρός κινητήρας κίνησης 0.65 KW με μειωτήρα.

Η έξοδος κάθε δεξαμενής οδηγείται στον αναερόβιο χωνευτή μέσω αντλίας.

#### 4.24 Αναερόβια χώνευση

Η πυκνωμένη ιλύς θα εισέρχεται στον αναερόβιο χωνευτή. Θα είναι θερμαινόμενος, με παραγωγή θέρμανσης με καύση από το ίδιο παραγόμενο βιοαέριο. Για την παρακολούθηση της λειτουργίας του θα τοποθετηθεί ανιχνευτής μεθανίου, αισθητήρας DO, δύο πεχάμετρα σε διαφορετικό ύψος της δεξαμενής, και ένας αισθητήρας αλκαλικότητας. Επίσης, θα υπάρχει επιτήρηση της θερμοκρασίας του από τα ενσωματωμένα θερμομέτρα των αισθητήρων.

Θα τοποθετηθεί αντλία αντiekρηκτικού τύπου, όπου θα ανακυκλοφορεί βιοαέριο εντός της δεξαμενής ενώ μικρότερου τύπου αντλία για αέρια, αντiekρηκτικού τύπου, θα αντλεί βιοαέριο στη δεξαμενή αποθήκευσης. Η δεξαμενή είναι κοινή και για τους δύο χωνευτές και θα τροφοδοτεί καυστήρα όπου θα παράγεται ζεστό νερό για την θέρμανση των χωνευτών και ηλεκτρικό ρεύμα (εξαρτάται από την παροχή βιοαερίου).

Η έξοδος θα γίνεται με βαρύτητα μέσω ηλεκτροβάνας ελεγχόμενη από χρονοπρόγραμμα. Η λάσπη θα αναρροφάτε αργά, με αντλία Wangen KL-S. Η έξοδος καταλήγει στην ταινιοφιλτρόπρεσσα.

#### **4.25 Ταινιοφιλτρόπρεσσα**

Για τις ανάγκες μηχανικής πύκνωσης και αφυδάτωσης θα χρησιμοποιηθούν δύο ταινιοφιλτρόπρεσσες, αυτόματες, του οίκου Andritz. Για τα δεδομένα φόρτισης ανά μέτρο ταινίας, επιλέγεται ο VS-IF30. Για την παροχή νερού έκπλυσης, χρησιμοποιούνται 2 αντλία για κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσα (*Ι εφεδρική*), σειράς NB της Grundfos, με ικανότητα μέχρι 400 m<sup>3</sup>/h. Τα στραγγίσματα από την ταινιοφιλτρόπρεσσα καταλήγουν στην αποχέτευση του κτιρίου.

Για την εποπτεία της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας, θα υπάρχουν θερμικά για τους κινητήρες (πιθανόν από τον κατασκευαστή μία ένδειξη για όλους), καθώς και έξοδος της ταχύτητας της ταινίας. Η ταχύτητα είναι ρυθμιζόμενη, με αναλογικό σήμα 4-20 mA.

Η απόρριψη της αφυδατωμένης ιλύος, θα γίνεται με κοινό κοχλία και για τις δύο, σε κάδο για απόρριψη σε X.Y.T.A. Θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος Rotospir της Andritz, με κινητήρα 2.5 KW.

Για την λειτουργία της μονάδας με κλειστές θύρες, θα υπάρχει επάρκεια αερισμού του χώρου με χρήση 2 μεγάλων αεριστήρων. Η λειτουργία τους θα γίνεται με χρονοπρόγραμμα αλλά θα υπάρχει και χειροκίνητος έλεγχος.

Θα χρειαστούν:

- 2 AI από τις ταινιοφιλτρόπρεσσα
- 2 AO για τις >> >>> >>>
- 1 DO για τον κοχλία
- 2 DI >>> >>>
- 2 DO για αεριστήρες
- 2 DO για θερμικά
- 2 DO για λειτουργία on-off ταινιοφιλτρόπρεσσας
- 2 DI βλάβη ταινιοφιλτρόπρεσσας

#### **4.26 H/Z (Ηλεκτροπαράγωγο Ζεύγος)**

Για τις ανάγκες λειτουργίας της μονάδας σε περίπτωση απώλειας μίας φάσης ή ολικής διακοπής ρεύματος, θα λειτουργήσει H/Z ικανότητας να τροφοδοτήσει τους 4 από τους 6 αεροσυμπιεστές και τους 2 αεροσυμπιεστές της εξάμμωσης. Για τις υπόλοιπες βοηθητικές λειτουργίες της μονάδας (κτίρια διοίκησης, PLCs, όργανα μετρήσεως) θα υπάρχει ξεχωριστό H/Z. Ξεχωριστό θα είναι και για τις υπόλοιπες τροφοδοσίες (αντλίες, αναδευτήρες, ξέστρα).

Για την εκκίνηση θα απαιτείται χρόνος που ορίζεται από το Κ.Ε. Μόλις ξεπεραστεί, θα μπει αυτόματα σε λειτουργία. Σε επαναφορά του δικτύου, θα πρέπει να υπάρχει σταθερότητα τουλάχιστον για 5 λεπτά πριν αποσυνδεθεί.

Δεν έγινε υπολογισμός για τα Η/Ζ λόγω ότι δεν υπάρχει πλήρης υπολογισμός καταναλώσεως ισχύος από την μονάδα.

Τα Η/Ζ θα πρέπει να έχουν πλήρη προστασία υπερφορτώσεως, αδυναμίας εκκινήσεως, βλάβης, πτώσης πίεσης λαδιού, έλλειψη καυσίμου κ.α. Για κάθε βλάβη θα ενεργοποιείται και ανάλογη έξοδος προς το Κ.Ε. ή μονάχα μία για όλες μαζί.

Θα υπάρχει ψηφιακό όργανο μέτρησης τάσεως, εντάσεως και ισχύος για κάθε Η/Ζ.

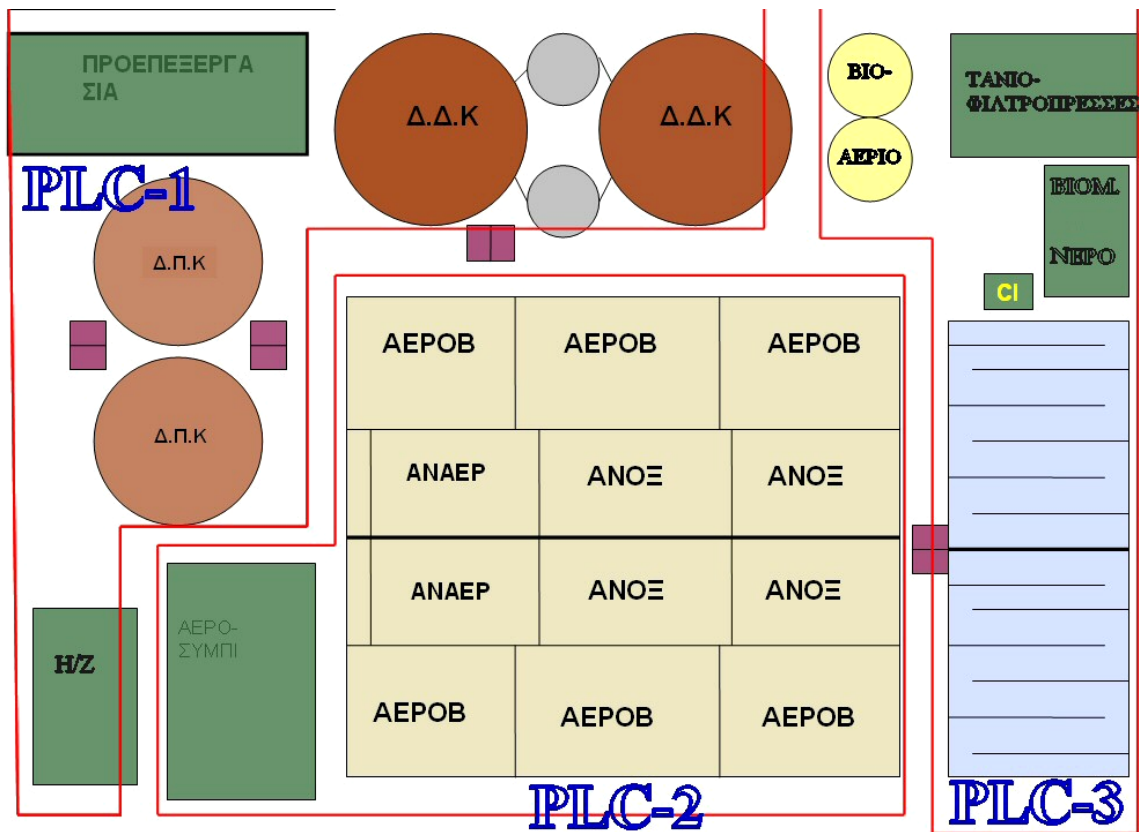
#### 4.27 Επιλογή PLCs

Πριν προχωρήσουμε στην επιλογή των απαιτούμενων PLC και των τύπο(-ων) τους, θα υπολογίσουμε το γενικό σύνολο επαφών που απαιτούνται, ανά εγκατάσταση.

**Πίνακας 4.27.1**

Εγκατάσταση	DI	DO	AI	AO	άλλο
Προεπεξεργασία	43	17	3	-	-
By-Pass	14	5	-	-	-
Θρεπτικά (X2)	-	-	8	-	-
Μεριστής (X4)	12	-	-	-	-
Δ.Π.Κ	8	5	-	-	-
Parshall (X2)	-	-	4	-	-
Βιολογική Επεξ.	45	26	10	-	-
Δ.Δ.Κ	8	2	2	-	-
Χλωρίωση	1	-	2	1	-
Βιομηχαν. Νερό	15	6	13	4	-
Πύκνωση	4	2	-	-	-
Ταινιοφίλτροπ.	4	7	2	2	-
Αναερόβια					
Μη υπολογισ.	40	25	10	10	5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>194</b>	<b>95</b>	<b>54</b>	<b>17</b>	<b>5</b>

Θα σχεδιαστεί η κάτοψη της εγκατάστασης με τις μονάδες.



Σχήμα 4.27. Μιμικό κατόψεως της μονάδας. Χωρίστηκε η μονάδα σε τρία τμήματα, ένα για κάθε PLC, με βάση τη συνάφεια των διεργασιών, των εισόδων-εξόδων και την απόσταση των καλωδίων από το PLC προς τους αισθητήρες. Η βιολογική διεργασία ελέγχεται μονάχα από ένα PLC.

Θα γίνει επιλογή των μονάδων ανά PLC. Επιλέγονται 3 PLC της SIEMENS σειρά S7-300, μοντέλο CPU 314C-2 DP, + 1 CPU 314 εφεδρική για τις βασικές εργασίες της μονάδας και μία CPU 313C-2 DP με module CP341 για σύνδεση μέσω RS485 με το radio modem για έλεγχο των αντλιοστασιών.

Κάθε PLC θα έρχεται με τροφοδοτικό PS307-24V/5A για την τροφοδοσία των μονάδων και των modules.

Θα επιλεγούν 3 modules DI, μοντέλο SM 321 με 32 DI και επιπλέον άλλα 2 SM321 με 16 DI.

Θα επιλεγεί 2 module DO, μοντέλο SM322 με 32 DO και 5 SM322 με 16 DO.

Για τις αναλογικές εισόδους θα γίνει επιλογή 8 AI modules, μοντέλο SM331 με 8 AI το καθένα.

Επίσης θα επιλεγούν και 2 SM 334 analog I/O (4 AI/2 AO).

Αναλυτικά, θα χρειαστούν για τη μονάδα:

**Πίνακας 4.27.2 Αισθητήρες**

<b>Μέτρηση</b>	<b>Ποσότητα</b>	<b>Τύπος-Μοντέλο-Εταιρία</b>
Υπερηχητικός στάθμης	6	Endress+Hauser FDU80
Όργανο Υπερηχητικών αισθητήρων	3	Endress+Hauser FMU860
Ολοκληρωμένος υπερηχητικός	2	Endress+Hauser FMU130
Ολοκληρωμένος υπερηχητικός	2	Endress+Hauser FMU131
Μέτρηση H <sub>2</sub> S	2	S4100T General Monitors
Νιτρικά	2	StamoSens CNS70 Endress+Hauser
Όργανο για αισθητήρα νιτρικών	2	StamoSens CNM750 Endress+Hauser
Φώσφορο	2	StamoLys CA71PH Endress+Hauser
Αμμωνία	2	StamoLys CA71AM Endress+Hauser
BOD-M3	2	BIOX-1010 Isco-Stip
D.O	4	IIG2000-1, INSITE
Εκτοξευτήρας νερού για τα D.O	8	IIGCA1, INSITE
pH	3	CPS41 Endress+Hauser
Όργανα για τα πεχάμετρα	2	Liquisys-M CPM253 Endress+Hauser
S.S	2	Turbimax-W CUS41 Endress+Hauser
Όργανο για τους αισθητήρες S.S	2	Liquisys-M CUM253 Endress+Hauser
Μέτρηση λάσπης	2	CUS70 Endress+Hauser
Όργανο μέτρησης λάσπης	2	CUM750 Endress+Hauser
Μέτρηση TOC	1	900 IONICS Instruments
Μέτρηση Υποχλωριώδους Νατρίου	2	3401A IONICS Instruments

**Πίνακας 4.27.3 PLC**

<b>Είδος</b>	<b>Ποσότητα</b>	<b>Μοντέλο</b>
Micro-PLC	x	SIEMENS S7-200, CPU224
modem	x	SIEMENS Module EM241
radiomodem	x +1	RDT, RM9600B
PLC	3	SIEMENS S7-300, CPU 314C-2 DP
PLC	1	SIEMENS S7-300, CPU 314
PLC	1	SIEMENS CPU 313C DP
RS485 module	1	SIEMENS CP341
Power Supply Unit	5	SIEMENS PS307-24V/5A
DI module	3	SIEMENS SM321 (32DI)
DI module	3	SIEMENS SM321 (16DI)
DO module	2	SIEMENS SM322 (32DO)
DO module	5	SIEMENS SM322 (16DO)
AI module	4	SIEMENS SM331 (8AI)
Analog I/O module	2	SIEMENS SM334 (4AI/2AO)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Πρόταση Λογισμικού για Πρόληψη και Αντιμετώπιση Λειτουργικών Προβλημάτων ΜΕΥΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια περιγραφή ενός προγράμματος που θα λειτουργεί βοηθητικά στην αξιολόγηση της μονάδας, στην αντιμετώπιση προβλημάτων και στην οργάνωση των μετρήσεων μέσω μιας δυναμικής βάσης δεδομένων που θα δημιουργεί. Δυστυχώς, περιοριζόμαστε μονάχα στην περιγραφή του και στις δυνατότητες που πρέπει να διαθέτει, δεδομένου ότι η υλοποίησή του είναι κάτι το δύσκολο, απαιτώντας μεγάλη τεχνογνωσία σε αρκετούς τομείς (*κυρίως προγραμματισμού*) και σίγουρα ξεφεύγει από τα πλαίσια αυτής της πτυχιακής και του δοσμένου χρονικού ορίου για την ολοκλήρωση της.

Η σχεδίαση που αναλύθηκε μέχρι τώρα, μπορεί να δημιουργήσει μια μονάδα με λιγότερα προβλήματα στην λειτουργία της. Λέμε λιγότερα, γιατί καμία μονάδα, όσο καλά και αν είναι σχεδιασμένη, δεν γίνεται να δουλέψει και να μην παρουσιάσει προβλήματα κατά την λειτουργία της. Με περισσότερα σημεία μετρήσεων που έχουν τοποθετηθεί, πιστεύουμε ότι γίνεται μια καλύτερη επιτήρηση που μπορεί να οδηγήσει στον καλύτερο έλεγχο της μονάδας, σε σχέση πάντα με μια απλή και παλαιά μονάδα. Το αν σχεδιάστηκε καλά ή όχι, θα φανεί κατά τον πρώτο πιλοτικό της χρόνο.

Αφού κατασκευαστεί η μονάδα, θα λειτουργήσει πιλοτικά για ένα χρόνο, ώστε να ρυθμιστούν όλοι οι χρόνοι λειτουργίας των μηχανημάτων, των μετρήσεων και οι χρόνοι απόκρισης για τον αυτόματο έλεγχο. Μπορεί όλα τα παραπάνω να τα προβλέψαμε στην μελέτη του αυτοματισμού, εν τούτοις σε πραγματικές συνθήκες ενδέχεται να επαναπροσδιοριστούν. Στο διάστημα αυτό, όλο το προσωπικό εξοικειώνεται με την λειτουργία και τους χειρισμούς.

Ο ένας χρόνος είναι ένα καλό χρονικό περιθώριο για να δείξει η μονάδα τις ικανότητές της. Κλείνει δύο σημαντικές περιόδους (*χειμώνας-καλοκαίρι*) με πλήρη λειτουργία το καλοκαίρι και σίγουρα θα έχει εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα, τόσο στην βιολογική επεξεργασία όσο και στον αναερόβιο χωνευτή. Τα τελευταία ευθύνονται για το μεγαλύτερο ποσοστό προβλημάτων μιας μονάδας. Το υπόλοιπο ποσοστό, αφορά βλάβες στο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, όπως αστοχία σε ρελέ ισχύος, σε ρήξη θερμικών από υπερφόρτωση κινητήρων, βλάβες σε αισθητήρια, προβλήματα στην μεταξύ τους επικοινωνία των PLC κ.α.

Τι συμβαίνει όμως μόλις γίνει αντιληπτό κάποιο πρόβλημα; Αν δεν είναι ηλεκτρομηχανικό, αλλά βιολογικής φύσεως, τότε πρέπει να δράσουμε άμεσα και σωστά. Αρχικά πρέπει να γνωρίσουμε τι είναι αυτό που αντιμετωπίζουμε. Ανατρέχουμε στην βιβλιογραφία για την ταυτοποίησή του. Το επόμενο βήμα είναι να καταλάβουμε την αιτία που το δημιούργησε. Πού πιθανόν έγινε το λάθος, ποιες ενέργειες έλαβαν χώρα και το δημιούργησαν, γιατί δεν έπεσε στην αντίληψή μας άμεσα. Τέλος, από την βιβλιογραφία ή από την αποκτηθείσα εμπειρία, θα πράξουμε σε κατάλληλες ενέργειες παρατηρώντας κατά πόσο εξαλείφεται το πρόβλημα. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ικανοποιητικό αποτέλεσμα, σημαίνει ότι ακολουθήσαμε εσφαλμένη διαδικασία και πρέπει να επαναλάβουμε από την αρχή την διερεύνηση.

Για να έχουμε μια πλήρη εικόνα του προβλήματος, χρειαζόμαστε όλες τις παραμέτρους από την λειτουργία της μονάδας. Χρειάζονται μετρήσεις σε παροχές, BOD, COD, TOC, F/M, DO, pH, αιωρούμενα στερεά, θερμοκρασίες και άλλα μεγέθη από το εργαστήριο, όπως μικροσκοπικές αναλύσεις. Θα πρέπει να είναι πλήρης, όλα να αφορούν την ίδια χρονική περίοδο και μάλιστα αν είναι εύκολο, την ίδια μέρα, ώστε να έχουμε μια πλήρη εικόνα της καταστάσεως. Η πιο συνηθισμένη αντίδραση είναι να εκτελέσουμε μετρήσεις αφού παρουσιαστεί η ανωμαλία. Όμως για μια πιο σαφή εικόνα, θα πρέπει να έχουμε στη διάθεσή μας τις ίδιες μετρήσεις των προηγούμενων ημερών. Δηλαδή πρέπει να διαθέτουμε ένα καλά ενημερωμένο αρχείο.

Αν εξαιρέσουμε τις αυτοματοποιημένες μετρήσεις, υπάρχουν οι εργαστηριακές ή χειρονακτικές που απαιτούν την λήψη δείγματος και την αξιολόγηση του σε εργαστήριο. Αντιλαμβάνεται κανείς, ότι αν απουσιάζουν οι μετρήσεις θα έχουμε μια ασαφή εικόνα σε ένα έντονο πρόβλημα και θα είναι πιο δύσκολη η αντιμετώπιση.

Σε παλαιές μονάδες, δεν υπάρχουν σύγχρονα όργανα μετρήσεων, που να μπορούν να πραγματοποιούν αυτόματα διάφορα στοιχεία πέρα των βασικών. Για παράδειγμα, είδαμε στην μελέτη ότι έχει γίνει πρόβλεψη τοποθέτησης 2 πεχάμετρων λόγω του σημαντικού ρόλου που έχει ο παράγοντας αυτός στην βιολογική επεξεργασία. Σε χαμηλού προϋπολογισμού σχεδίαση, πιθανόν η μέτρηση αυτή γίνεται χειροκίνητα με φορητό όργανο. Η μέτρηση καταγράφεται στο βιβλίο, με ημ/νία, ώρα και σημείο λήψης. Σε τέτοιου είδους μετρήσεις, είναι εύκολο να υπάρχει ο παράγοντας του ανθρώπινου λάθους. Όπως επίσης να μην πραγματοποιηθεί η μέτρηση την συγκεκριμένη μέρα, λόγω παράληψης του χειριστή. Άρα, μια πληροφορία, μπορεί εύκολα να χαθεί.

## 5.1 Οργάνωση

Ο σωστός προγραμματισμός, η σωστή διαχείριση, η μεθοδικότητα και η τήρηση των κανόνων λειτουργίας, είναι παράγοντες που βοηθούν την ορθή λειτουργία μιας μονάδας. Όσο πιο οργανωμένη είναι, τόσο πιο εύκολα μπορεί να γίνει ανάλυση και αντιμετώπιση προβλημάτων.

Η τήρηση των μετρήσεων ανά τακτά χρονικά διαστήματα καθώς και η ποιότητα και η ακρίβειά τους, είναι τα ζητούμενα στοιχεία που μας ενδιαφέρουν.

Αν γίνει διερεύνηση του προβλήματος, π.χ. διόγκωση ιλύος, θα μας ζητηθεί να συγκεντρώσουμε στοιχεία πολλών ημερών και ακόμα να τα συγκρίνουμε με ανάλογες περιπτώσεις του παρελθόντος. Καταλαβαίνει κανείς ότι αν δεν έχουμε αυτές τις πληροφορίες, ίσως δεν ολοκληρώσουμε πλήρως την έρευνα.

Άρα πρέπει να υπάρχει καταγραφή των μετρήσεων χωρίς να γίνεται παράληψη σε καμία μέτρηση.

Πρέπει επίσης να βρίσκονται εύκολα και γρήγορα οι περίοδοι και οι μετρήσεις ανάλογων περιπτώσεων και μόνο, απομονώνοντας όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις. Κατά πόσο αυτό είναι εύκολο και εφικτό, και μάλιστα κάτω από πίεση, βασίζεται και πάλι στην οργάνωση της μονάδας και από το προσωπικό της.



Οι μετρήσεις που σίγουρα διαθέτει μία τυπική μονάδα με SCADA<sup>10</sup>, είναι για παροχές, θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, αιωρούμενα στερεά, χρόνοι αερισμού, βλάβες. Όλες οι μετρήσεις έχουν την ακρίβεια του χρόνου, αφού καταγράφονται σε αρχείο με ώρα και ημερομηνία.

Οι χειρονακτικές μετρήσεις είναι αυτές που μπορεί να έχουν χρονική απόκλιση ή ελλείψεις, λόγω ανθρώπινου λάθους. Αφορούν όλες τις εργαστηριακές μετρήσεις καθώς και του πεδίου με φορητά όργανα.

## 5.2 Η Βάση Δεδομένων

Είδαμε ότι αναγκαστικά διαθέτουμε δύο συγκεντρώσεις στοιχείων, αυτά από το SCADA σε ηλεκτρονική μορφή και εκείνα που υποβάλλονται από το προσωπικό του εργαστηρίου σε βιβλίο ή σε αρχείο υπολογιστή.

Σε ζήτηση των στοιχείων έχουμε την ηλεκτρονική μορφή με κατηγοριοποίηση ανά ημερομηνία/μετρήσεων/ορίων κ.α και την γραπτή μορφή με απλή αναγραφή ή στην καλύτερη των περιπτώσεων κάνουμε χρήση μερικών παρατηρήσεων.

Θα ήταν λοιπόν βολικό, να υπάρχει μια κοινή βάση δεδομένων. Τα στοιχεία από το SCADA, θα στέλνονται μέσω SQL ή άλλης υποστηριζόμενης μορφής, στο πρόγραμμα που θα σχεδιαστεί.

Με κατάλληλο προγραμματισμό, η βάση δεδομένων που θα δημιουργηθεί θα είναι αρκετά ευέλικτη και παραμετροποιήσιμη. Θα μπορούμε να δημιουργούμε γραφικές παραστάσεις και σύγκριση γραφικών διαγραμμάτων, με βάση τα στοιχεία που εμείς θέλουμε, το χρονικό ορίζοντα που εμείς επιθυμούμε.

Αν και μπορεί κάποιος εύλογα να πει ότι ήδη τα προγράμματα SCADA εκτελούν εν μέρει τέτοιες εργασίες, εν τούτοις δεν είναι αρκετά ευέλικτα όσο θα είναι ένα πρόγραμμα σχεδιασμένο αποκλειστικά για αυτή ακριβώς τη δουλειά. Τα πακέτα SCADA έχουν γενικά εργαλεία που προσπαθούν να καλύψουν ένα ευρύ πεδίο βιομηχανικών εφαρμογών. Όχι απόλυτα όμως στην διερεύνηση ενός προβλήματος σε μονάδα Μ.Ε.Υ.Α.

Για να είναι σωστή η βάση δεδομένων, θα πρέπει και τα εργαστηριακά αποτελέσματα να εισάγονται σε αυτή. Έτσι, θα υπάρχει ένας υπολογιστής, συνδεδεμένος στο δίκτυο της εγκατάστασης, που ο υπεύθυνος του εργαστηρίου θα συμπληρώνει τα στοιχεία. Όχι απλά την μέτρηση, αλλά και σχόλια/παρατηρήσεις γύρω από αυτήν. Το ίδιο σύστημα θα υπενθυμίζει για τις λήψεις δειγμάτων, ώστε να μην γίνεται παράληψη.

Τα στοιχεία που λαμβάνονται από το SCADA είναι, πέρα από τις μετρήσεις των οργάνων, τα ηλεκτρομηχανικά προβλήματα και κυρίως οι διακοπές τροφοδοσίας τους. Θα μπορεί έτσι το πρόγραμμα να δημιουργεί στην βάση δεδομένων τις συχνότητες παρουσίασης βλάβης συγκεκριμένων μηχανημάτων αλλά και δυσλειτουργίες που παρουσιάζονται ή προβλέπεται να παρουσιαστούν εξαιτίας τους. Κάτι τέτοιο δεν είναι πρωτόγνωρο, αφού εν μέρει τα προγράμματα SCADA μπορούν να καταγράφουν τις βλάβες κάθε μηχανήματος.

---

<sup>10</sup> εκτός αν από την μελέτη έχουν προστεθεί και άλλα μεγέθη

Αν έχουμε βλάβη σε τμήμα της μονάδας ή αυξημένα όρια από τις μετρήσεις, το πρόγραμμα που διαχειρίζεται την βάση δεδομένων, μπορεί να ειδοποιεί για σύντομες δυσλειτουργίες με βάση ανάλογες συμπεριφορές που έχει στο αρχείο του ή στα μοντέλα που του έχουμε εισάγει. Μπορεί να βασιστεί στα στοιχεία της βάσης του και μόνο, αναζητώντας ανάλογες μετρήσεις και να μπορέσει:

- να εμφανίσει όλες τις μετρήσεις που ακολούθησαν τις επόμενες μέρες ή ώρες
- να δείξει το πρόβλημα που τελικά δημιουργήθηκε
- να εμφανίσει τις προτάσεις που έγιναν από το σύστημα και
- τελικά την λύση που ακολουθήθηκε και τον χρόνο που χρειάστηκε

Δηλαδή μπορεί το πρόγραμμα να κάνει ΕΛΕΓΧΟ της ορθής λειτουργίας της μονάδας, ΠΡΟΒΛΕΨΗ ανωμαλιών και προβλημάτων από τις μετρήσεις, ΑΝΑΦΟΡΑ για σίγουρο πρόβλημα με βάση την απόκλιση των μετρήσεων, διενέργεια για ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ του προβλήματος και τέλος κάνει ΠΡΟΤΑΣΗ για επίλυσή του.

Για την ταυτοποίηση, υπάρχουν δύο τρόποι προσέγγισης: από την βιβλιογραφία και από προσωπική εμπειρία. Για την περίπτωση της βιβλιογραφικής μεθόδου, πέρα από αναφορές, προτάσεις και φωτογραφίες για σύγκριση, υπάρχει και μια μέθοδος υπό μορφής οδηγού ερωτήσεων ή λογικού διαγράμματος. Ο υπεύθυνος, καλείται να απαντήσει σε ερωτήσεις όπου με τη μέθοδο της εις άτοπον απαγωγής θα καταλήξει γρήγορα σε ένα συμπέρασμα. Αντίστοιχη λογική έχει και ένα λογικό διάγραμμα. Οι ερωτήσεις είναι πολλές και είναι εύκολο να μπερδευτεί ο υπεύθυνος με συνεχόμενο μπρος-πίσω των σελίδων. Για την επίλυση καλό είναι να υπάρχει καθαρό ερωτηματολόγιο χωρίς σχόλια, ώστε να γράφει παρατηρήσεις κατά την διερεύνηση. Για την διαπίστωση του όγκου των ερωτήσεων, ανατρέξτε στο παράρτημα όπου υπάρχουν δύο οδηγοί. Ο ένας είναι σε μορφή ερωτήσεων.

Για την περίπτωση της προσωπικής εμπειρία, απαιτείται η συνεχόμενη παρουσία του έμπειρου ανθρώπου για να προτείνει την λύση. Η πράξη έχει δείξει ότι πολλές φορές με ελάχιστες μετρήσεις και οπτική παρατήρηση είναι δυνατό να οδηγηθεί το άτομο σε συμπέρασμα και να προβεί στην λύση. Φυσικά αν απουσιάζει ο υπεύθυνος, τότε κανείς άλλος δεν θα ξέρει πώς να πράξει σωστά.

Δεν αναφερόμαστε στις περιπτώσεις μιας μονάδας που πάσχει από συγκεκριμένα προβλήματα. Σε αυτή την περίπτωση όλο το προσωπικό μπορεί να γνωρίζει τα αίτια και τον τρόπο της αντιμετώπισης, αφού είναι σύνθητες φαινόμενο και καθίσταται πλέον υπόθεση ρουτίνας. Κάτι τέτοιο όμως δεν συμβαίνει σε μεγάλες μονάδες που η σύσταση των λυμάτων δεν είναι σταθερή και υπάρχει ο απρόβλεπτος παράγοντας.

Για να δειχθεί η υπεροχή του λογισμικού και η ευχρηστία του, η ταχύτητα και ακρίβειά του έναντι του γραπτού ερωτηματολογίου, δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα με απλότητα στη χρήση του.

### **5.3 Το πρόγραμμα**

Δημιουργήθηκε ένας οδηγός επίλυσης προβλημάτων για Windows. Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθεί η χρήση του καθώς και οι αλλαγές των ερωτήσεων, δεδομένου ότι σχεδιάστηκε με γνώμονα την ευκολία και την δυνατότητα προσαρμογής για διαφορετικές ανάγκες.

Επιλέχθηκε η προσέγγιση του N. Gray (1990) για προβλήματα μη διογκωμένης ύλης και το λογικό διάγραμμα του Σ. Τραγανίτη (1995) για τη διογκωμένη λάσπη. Πιστεύουμε ότι καλύπτουμε με αυτό τον τρόπο ένα μεγάλο μέρος μιας μονάδας, εκτός από την επίλυση προβλημάτων στον αναερόβιο χωνευτή λάσπης. Στο παράρτημα υπάρχει το κείμενο των δύο οδηγών.

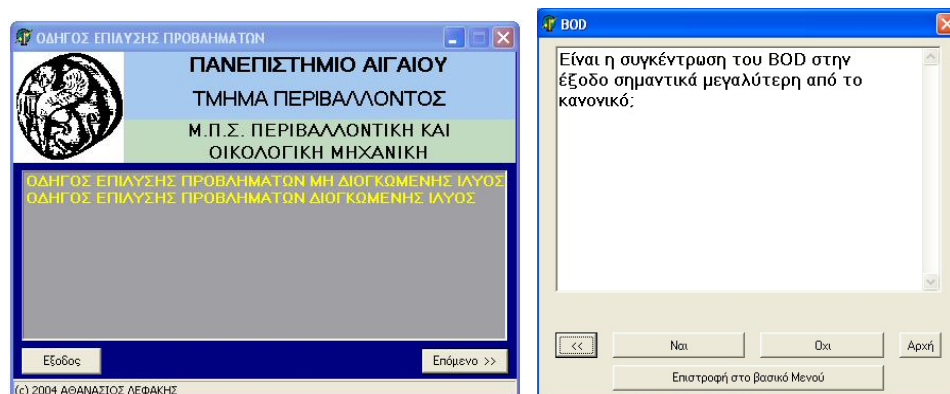
Προτιμήθηκε να μην δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα καθαρά για τις ανάγκες των δύο παραπάνω οδηγών, αλλά ένα πρόγραμμα, που ο χρήστης να μπορεί να δημιουργήσει τα δικά του ερωτηματολόγια-οδηγούς και μάλιστα χωρίς να γνωρίζει καθόλου προγραμματισμό.

Βασίζεται σε οδηγούς με ερωτήσεις τύπου ΝΑΙ-ΟΧΙ και με εις άτοπο απαγωγή καταλήγουμε σε ένα συμπέρασμα. Έχουμε την δυνατότητα να δημιουργήσουμε έως και 10 οδηγούς, χωρίς περιορισμό στον αριθμό των ερωτήσεών τους. Το μενού με τους τίτλους των οδηγών δημιουργείται αυτόματα από το όνομα του αρχείου.

Μέσα στο cd που συνοδεύει την πτυχιακή, υπάρχουν στον φάκελο \program\ τέσσερα αρχεία:

Wizard.exe, wizard0.txt, wizard1.txt και blank.txt

Για να τρέξει σωστά χρειάζεται απλά να βρίσκονται και τα 4 στον ίδιο φάκελο. Τρέχοντας το πρόγραμμα θα δούμε την αρχική εικόνα με το μενού, δίνοντάς μας την επιλογή να ξεκινήσουμε έναν από τους υπάρχοντες οδηγούς. Κατόπιν, απαντώντας στις ερωτήσεις θα καταλήξουμε σε κάποιο αποτέλεσμα ή πρόταση.



Εικόνα 5.3 Αριστερά: Η εισαγωγική οθόνη με το μενού. Εδώ υπάρχουν 2 προγράμματα. Δεξιά: Διαδικασία ερώτησης με τις επιλογές για απάντηση.

Ο προγραμματισμός και η παραμετροποίηση γίνεται πολύ εύκολα με script κειμένου μορφής .txt που γράφεται μέσω ενός απλού κειμενογράφου (notepad) . Σε κάθε αρχείο .txt, υπάρχει ο τίτλος του οδηγού και οι ερωτήσεις-απαντήσεις. Για κάθε ερώτηση πρέπει να συμπληρώσουμε 8 πεδία (7 ενεργά, 1 δεν χρησιμοποιείται αλλά χρειάζεται να υπάρχει). Τα αρχεία έχουν το όνομα wizardx.txt, όπου x ο αριθμός 0-9. Αν έχουμε περισσότερα του ενός αρχεία, δηλαδή περισσότερους από έναν οδηγό, τότε πρέπει στον φάκελο να υπάρχουν όλα με αύξοντα αριθμό. Π.χ. αν έχουμε 3 αρχεία, τότε θα έχουν τα ονόματα: wizard0.txt, wizard1.txt, wizard2.txt. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει το αρχικό wizard0.txt η λίστα του μενού θα είναι κενή. Αν λείπει ένας αύξων αριθμός, τότε το πρόγραμμα σταματά στον τελευταίο

συνεχόμενο αριθμό. Δηλαδή, αν έχουμε αρχεία wizard0.txt, wizard1.txt, wizard2.txt, wizard4.txt τότε θα αναγνωρίσει μονάχα τα 3 πρώτα και θα αγνοήσει το τελευταίο.

Για τον προγραμματισμό, δεν έχετε παρά να κάνετε edit σε κάποιο υπάρχον αρχείο ή να δημιουργήσετε το δικό σας.

#### 5.4 Προγραμματίζοντας

Θα δείξουμε πως προγραμματίζουμε έναν οδηγό. Ανοίγουμε το αρχείο blank.txt που υπάρχει μέσα στον φάκελο, αφήνοντας για ευκολία τις οδηγίες που περιέχει. Ξεκινάμε δίνοντας τον τίτλο του οδηγού δίπλα στο σύμβολο \$. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όποια γλώσσα θέλουμε για τα πεδία του κειμένου. Εμείς δίνουμε ως τίτλο Οδηγός Επίλυσης Προβλημάτων μη Διογκωμένης ιλύος.

Από κάτω, ξεκινούν με αύξοντα αριθμό οι ερωτήσεις. Για κάθε ερώτηση ισχύει:

1<sup>η</sup> σειρά: Αύξων αριθμός ερώτησης (ξεκινά από 1)

2<sup>η</sup> σειρά: Ο τίτλος του παράθυρου για την συγκεκριμένη ερώτηση. Στην παραπάνω εικόνα, ο τίτλος είναι BOD

3<sup>η</sup> σειρά: Το κείμενο της ερώτησης. Μπορεί να έχει όσο μήκος θέλουμε. ΔΕΝ πατάμε enter, πρέπει να βρίσκεται όλο το κείμενο στην ίδια σειρά.

4<sup>η</sup> σειρά: Ο αριθμός της επόμενης ερώτησης, αν δώσουμε ΝΑΙ (ή αλλιώς το αριστερό button)

5<sup>η</sup> σειρά: Ο αριθμός της επόμενης ερώτησης, αν δώσουμε ΟΧΙ (ή αλλιώς το αριστερό button)

6<sup>η</sup> σειρά: Το κείμενο που θα έχει το αριστερό κουμπί. Βάζουμε παύλα (-) αν δεν θέλουμε να εμφανιστεί το κουμπί.

7<sup>η</sup> σειρά: Το κείμενο που θα έχει το αριστερό κουμπί. Βάζουμε παύλα (-) αν δεν θέλουμε να εμφανιστεί κουμπί.

8<sup>η</sup> σειρά: Ο βαθμός βεβαιότητας που έχει η ερώτηση από 0-100 (εκατοστά)

Για παράδειγμα το κείμενο της εικόνας είναι:

```
3
BOD
Είναι η συγκέντρωση του BOD στην έξοδο σημαντικά μεγαλύτερη από το κανονικό;
11
4
Ναι
Οχι
100
```

είναι η 3<sup>η</sup> ερώτηση, τίτλος BOD, δυνατότητα απάντησης Ναι-Όχι, με ναι πηγαίνουμε στην 11<sup>η</sup> ερώτηση, με όχι στην 4<sup>η</sup>. Βαθμός βεβαιότητας 100%.

Στην περίπτωση που θέλουμε διαφορετικό κείμενο στα κουμπιά, θα γράψουμε όπως στην ερώτηση 12:

```
12
Επίπεδα MLVSS
Είναι τα MLVSS :
23
58
υψηλότερα από το αναμενόμενο | πηγαινε στην 23
Χαμηλότερα από το αναμενόμενο | πηγαινε στην 58
100
```

Για να μην εμφανίζεται κουμπί, βάζουμε παύλα (-) στις σειρές για το κείμενο των ερωτήσεων. Στη σειρά για επόμενη ερώτηση, πρέπει να γράψουμε κάτι. Για ευκολία, μπορούμε να βάζουμε τον ίδιο αριθμό της ερώτησης, αφού δεν θα εμφανίζεται το κουμπί. Δηλ.:

<pre> 1 ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΩΤΗΣΗ ..... 1 5 - ΣΥΝΕΧΕΙΑ 100 </pre>	<pre> πήγαινε αν πατήσει αριστερό κουμπι πήγαινε στη 5<sup>η</sup> ερώτηση δεν θα υπάρχει αριστερό κουμπι το δεξί κουμπί θα γράφει Συνέχεια </pre>
--	--

Μερικοί παράμετροι είναι υποχρεωτικοί για την ορθή λειτουργία του προγράμματος και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Έτσι:

Δεν πρέπει να υπάρχει κενή γραμμή εντός των πεδίων της ερώτησης. Θα εμφανίσει σφάλμα κατά την εκτέλεση. Περιμένει να βρει χαρακτήρα. Πολλές φορές, για τίτλο που δεν χρειάζεται, δώστε κάτι σαν – ή @ για να γεμίσετε το κενό.

Δεν γίνεται να ξεκινήσει γραμμή με σύμβολο \$ πέρα αυτής για τον τίτλο.

Δεν μπορεί το πεδίο της τελευταίας σειράς να είναι κενό. Πρέπει να υπάρχει ένας ΑΚΕΡΑΙΟΣ αριθμός.

Δεν μπορεί να παραληφθεί το όνομα του πρώτου αρχείου (wizard0.txt)

Πρέπει να υπάρχουν 2-3 κενές ή με σχόλια σειρές στο τέλος κάθε αρχείου.

ΜΕΓΙΣΤΟΣ αριθμός για ΤΙΤΛΟ είναι οι 48 χαρακτήρες, ενώ για ΚΟΥΜΠΙ ΕΡΩΤΗΣΗΣ οι 20.

Μπορείτε να βάλετε όσες κενές γραμμές θέλετε, ανάμεσα σε δύο ερωτήσεις, ενώ μπορείτε να βάλετε σύμβολο σχόλιου // μεταξύ των πεδίων μιας ερώτησης για ταξινόμηση ή οπουδήποτε αλλού στο κείμενο, αφού αγνοούνται από το πρόγραμμα. Π.χ.

```

// ερώτηση 15
15
αυτός είναι ο τίτλος
ερώτηση .... .. .. ..
18
// εδώ πάει στην ερώτηση που άλλαξα
36
// αλλάζει το κείμενο του αρ button για την 18
ΠΙΘΑΝΩΝ
// το ίδιο για την 36
ΚΑΘΟΛΟΥ
// βεβαιότητα δεν ισχύει
0

```

Σε περίπτωση λάθους, το πρόγραμμα θα σας ενημερώσει δείχνοντας τον αριθμό της γραμμής. Αν επιλέξετε από το notepad στο μενού view → status bar, θα βλέπετε τους αριθμούς των σειρών για το κείμενο για να βρείτε πιο εύκολα την γραμμή που έχει το λάθος.

Σε περίπτωση λάθους στο τίτλο του αρχείου (πεδίο \$) θα εμφανίσει στο μενού το όνομα ΑΝΩΝΥΜΟ-χ όπου χ ο αριθμός του αρχείου. Πάντα η μέτρηση αρχίζει από το 0.

## 5.5 Επέκταση

Το πρόγραμμα που αναλύθηκε είναι απλό στην φιλοσοφία του και δεν μπορεί να δώσει τις απαντήσεις με βάση την βεβαιότητα που ήδη έχει. Θα μπορέσει, αν γίνει πλήρες λογισμικό, να εισάγεται και η απόδοση που έχει η κάθε ερώτηση. Για παράδειγμα, προτείνει μία μέτρηση και ζητά αν το αποτέλεσμα είναι πάνω ή κάτω από το όριο που θέτει. Αν είναι κάτω, θα προχωρήσει σε επόμενη διερεύνηση, ενώ αν είναι πιο πάνω, θα ακολουθήσει άλλη λογική. Αυτό το καθορίζει η βιβλιογραφία. Αν τώρα δίνεται και η απόδοση που έχει, δηλαδή αν σωστά χρειάστηκε να μετρηθεί αυτό το μέγεθος, τότε η ερώτηση κερδίζει έναν πόντο σιγουριάς. Αν δεν προσέφερε αποτέλεσμα, τότε αφαιρείται ένας πόντος. Στο τέλος θα προκύψει μια μοναδική διαδρομή ερωτήσεων που θα οδηγήσει σε μία λύση και μόνο. Άρα το αποτέλεσμα αυτό θα έχει το σύνολο των βαθμών βεβαιότητας όλων των ερωτήσεων που απαντήθηκαν. Αν ξαναγίνει διερεύνηση και σε μία ερώτηση κλειδί που οδηγεί σε δύο τρόπους αντιμετώπισης, καταλήξουμε πάλι στο ίδιο αποτέλεσμα, τότε η απάντηση που δώσαμε στο κομβικό σημείο και μας οδήγησε στο αποτέλεσμα αυτό λαμβάνει με τον καιρό περισσότερους πόντους απ'ότι η άλλη απάντηση. Θα μπορέσει δηλαδή, να δίνει το ποσοστό βεβαιότητας ότι αντιμετωπίζουμε κάτι συγκεκριμένο, ενώ είναι δύσκολο έως απίθανο να συμβαίνει κάτι άλλο. Αν μάλιστα γίνει έξυπνος προγραμματισμός και εφαρμοστεί fuzzy logic ώστε να μπορέσει να μαθαίνει μόνο του να προσαρμόζετε στα προβλήματα της συγκεκριμένης μονάδας, τότε θα μπορέσει σιγά-σιγά να εξαλείψει κάποιες ερωτήσεις και να καταλήγει πιο γρήγορα και μεθοδικά στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ενώ η γραπτή μεθοδολογία που βρίσκεται στην βιβλιογραφία είναι γενική και ίσως υπερβολική για την δομή της μονάδας, ένα έξυπνο λογισμικό θα μπορέσει να προσαρμοστεί σε μικρό διάστημα χρήσης, προτείνοντας την κατάλληλη ενέργεια με μεγαλύτερη σιγουριά.

Με την σύνδεση με το SCADA μέσω του OPC server, θα μπορεί επίσης το πρόγραμμα να συγκεντρώνει τα στοιχεία επιτήρησης-σφαλμάτων και να εξάγει από αυτά στατιστικά δεδομένα. Θα μπορεί λόγω χάριν, να υπολογίζει το πραγματικό MTBF<sup>11</sup> ενός μηχανήματος που προκύπτει από την χρήση του και όχι από τον θεωρητικό χρόνο που δίνει ο κατασκευαστής. Έτσι, θα μπορεί να αναθεωρεί τους χρόνους και να δίνει νέους, που θα περιμένει να συμβεί βλάβη.

Οι μετρήσεις που αφορούν τις βιολογικές διεργασίες παρακολουθούνται στενά. Αν ξεφύγει κάποια, θα μπορέσει να τρέξει σενάριο και να υπολογίσει το τι θα συμβεί μέσα στις επόμενες ώρες/μέρες. Αν κριθεί απαραίτητο θα δοθεί να εξάγει το πρόγραμμα πρόταση για έγκαιρη δράση ώστε να περιορίσει τον βαθμό ανάπτυξης της ανωμαλίας, πριν να είναι πολύ αργά. Επιβεβαιώνοντας κατά πόσο ήταν σωστό μαθαίνει να προβλέπει τις δυσλειτουργίες. Φυσικά κάτι τέτοιο θα γίνει εφικτό μονάχα αν τα μοντέλα που διαθέτουμε μπορούν και εφαρμόζονται σε λειτουργία της μονάδας. Μέχρι τώρα, τα περισσότερα μοντέλα, αφορούν σε θεωρητικές σχεδιάσεις,

---

<sup>11</sup> MTBF: Mean Time Before Failure

και όχι στον υπολογισμό αντίδρασης πραγματικής μονάδας σε λειτουργία. Πιθανώς θα χρειαστεί να γίνει τροποποίηση στα μοντέλα ώστε να ανταποκρίνονται σωστά.

Θα πρέπει ακόμα να υπολογίζει τον βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης, με βάση σενάριο για τους στόχους που έχουν τεθεί. Με βαθιά ανάλυση και συγκέντρωση στοιχείων, αναλύει το επιθυμητό αποτέλεσμα με τα κόστη λειτουργίας που δίνει το SCADA. Λαμβάνοντας υπόψη και τη συχνότητα των βλαβών με το ανάλογο κόστος που έχουν, δίνει ένα προσεγγιστικό βαθμό απόδοσης ανά χρόνο ή εξάμηνο.

Η εξαγωγή συμπερασμάτων και γραφικών διαγραμμάτων, θα είναι εύκολη, δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα να εμφανίσει τα δεδομένα που ζητά, μαζί ή χωριστά, με ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα (χρόνο, μήνα, κ.α.). Το ίδιο θα κάνει και για τα στατιστικά συμπεράσματα, τόσο για τις ερωτήσεις όσο και για την λειτουργία και τον εξοπλισμό ολόκληρης της εγκατάστασης. Η αναζήτηση στην πλούσια βιβλιοθήκη που θα έχει δημιουργηθεί από όλα τα δεδομένα που συγκεντρώνει, θα είναι εύκολη και χρήσιμη στον χειριστή ή ερευνητή. Θα μπορεί να εμφανίζει αν ζητηθεί, όλες τις γραφικές για το αντικείμενο που αναζητά, με ταυτόχρονη προβολή γραφημάτων για το ανάλογο χρονικό διάστημα ανά έτος. Π.χ, να εμφανίσει τα ποσοστά νιτρικών μεγαλύτερα από μια τιμή, για το πρώτο τρίμηνο του έτους. Από κάτω, θα εμφανίζει τις αντίστοιχες γραφικές του ίδιου διαστήματος αλλά για προηγούμενα έτη. Άλλο παράδειγμα, να δώσει στοιχεία προβλήματος διόγκωσης, με στατιστικά στοιχεία για την είσοδο, την έξοδο και τον τρόπο που τελικά αντιμετωπίστηκε. Όλα αυτά δείχνοντας και τις περιόδους που εμφανίζεται ώστε να δηλώνει τους μήνες που πιθανόν να περιμένουμε έξαρση του φαινομένου.

Μια αναζήτηση στο internet, έδειξε ότι δεν πρέπει να υπάρχει κάποιο αντίστοιχο λογισμικό, που να πραγματοποιεί όλα τα παραπάνω. Πιστεύουμε ότι σίγουρα, όσον αφορά την βάση δεδομένων, πρέπει να υπάρχει σε μονάδα μόνο αν κάτι τέτοιο το απαιτούσε η σύμβαση. Σε τέτοια περίπτωση, η ανάδοχος εταιρία, σχεδιάζει ένα λογισμικό για τα μέτρα και τις ανάγκες της συγκεκριμένης μονάδας. Το πρόγραμμα δεν μπορεί να προσαρμοστεί αυτόματα σε κάποια άλλη μονάδα. Ούτε φυσικά μπορεί να εκτελέσει τις πιο πάνω λειτουργίες που αναφέραμε.

## Συμπεράσματα

---

Αναλύσαμε την σχεδίαση μίας Μ.Ε.Υ.Α από άποψη των αισθητήρων, του αυτοματισμού και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτείται. Ακολουθήσαμε μια μαξιμαλιστική σχεδίαση με υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, αλλά έγινε με γνώμονα την καλύτερη λειτουργία της μονάδας και την στενή παρακολούθηση των διεργασιών της.

Τα προβλήματα που πιθανόν θα αντιμετωπίσει η μονάδα, δεν αφορά την παρούσα εργασία. Άλλωστε, υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία για αυτό το ζήτημα και αρκετοί έχουν ασχοληθεί προσφέροντας ο καθένας την δική του προσέγγιση.

Εμείς κρίναμε σκόπιμο την κάλυψη ενός κενού που θεωρούμε σημαντικού για την ορθή λειτουργία της μονάδας βασισμένοι στα εργαλεία και τον αυτοματισμό που προσφέρει η αγορά. Ο έλεγχος της μονάδας γίνεται από το SCADA. Τα προγράμματα αυτά είναι γενικής φύσεως καλύπτοντας απλά τις βασικές ανάγκες μιας τεράστιας γκάμας εφαρμογών. Ξεκινούν από μια μικρή βιοτεχνία και καλύπτουν σύμπλεγμα εργοστασίων. Κανένα από αυτά δεν έχει σχεδιαστεί για τις ανάγκες λειτουργίας της Μ.Ε.Α. Ο σχεδιαστής του, προσπαθεί να προσαρμόσει την λειτουργία του στα δεδομένα που απαιτεί η λειτουργία της μονάδας.

Αν και υπάρχουν προσεγμένες υλοποιήσεις στην αγορά με μεγάλη αξιοπιστία, δίνουν βάρος στην λειτουργία του αυτοματισμού και όχι στην αντιμετώπιση των προβλημάτων. Τα συμπεράσματα που μπορεί να εξαχθούν είναι περιορισμένα χωρίς να προσφέρουν παραμετροποίηση και πληθώρα πεδίων. Οι γραφικές αποτελούν σύνολο περιόδου χωρίς να μπορούν να εφαρμοστούν αντιστοιχίες άλλων περιόδων και να εξαχθούν στατιστικά συμπεράσματα.

Εξαίρεση αποτελεί η σχεδίαση και κατασκευή ειδικού λογισμικού για συγκεκριμένη μονάδα, από την κατασκευάστρια εταιρία, εφόσον απαιτεί κάτι τέτοιο η σύμβαση του έργου.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα των μονάδων αφορά τις δυσλειτουργίες της βιολογικής επεξεργασίας, όπου κρίνεται άμεση η αντιμετώπισή του σε μικρό χρονικό διάστημα για να διατηρηθεί η απόδοση της μονάδας στα επιθυμητά επίπεδα. Η εμπειρία και η έγκαιρη διάγνωση παίζουν σημαντικό ρόλο.

Παρουσιάστηκε πρόταση για την δημιουργία λογισμικού με στόχο την διάγνωση δυσλειτουργιών και ανωμαλιών της μονάδας από την παρακολούθηση των οργάνων μέτρησης. Το ίδιο πρόγραμμα θα διενεργεί την ταυτοποίηση προβλημάτων που αφορούν τις βιοχημικές διεργασίες και θα προτείνει λύσεις. Θα είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο ώστε να εφαρμόζεται για πληθώρα σχεδίασης μονάδων. Θα εκτελεί σενάρια με βάση στοιχεία που δίνουμε ή από ανωμαλίες που παρουσιάζονται στη λειτουργία της μονάδας δίνοντάς μας εικόνα για το πρόβλημα που θα εμφανιστεί, ενώ θα προτείνει και τη δράση για την εξάλειψή του.

Τα στατιστικά δεδομένα που θα μπορεί να εξαγάγει θα είναι πολύτιμα για την αξιοποίηση της απόδοσης της σχεδίασης που ακολουθήθηκε για την συγκεκριμένη



μονάδα. Επίσης, θα είναι εύκολη η αναζήτηση και απεικόνιση παραμέτρων, όχι μόνο για ένα στοιχείο, αλλά για πολλαπλά και μάλιστα με σύγκριση ανάλογων χρονικών ορίων προηγούμενων ετών.

Για την σύνδεση απαιτείται ξεχωριστός Η/Υ που θα τρέχει το λογισμικό και θα είναι συνδεδεμένος μέσω δικτύου. Από εκεί θα μπορεί να επικοινωνεί με το SCADA μέσω ODBC<sup>12</sup>, DDE<sup>13</sup> OLE<sup>14</sup> ή SQL, λαμβάνοντας μετρήσεις και παρακολούθησης καίριων δεδομένων. Με το εργαστήριο, θα συνδέεται ο υπεύθυνος μέσω δικτύου και θα εισάγει τα δεδομένα από τις μετρήσεις (BOD, COD, TOC κ.α.), προσθέτοντας σημαντικές παρατηρήσεις που κρίνει ο ίδιος.

Φυσικά όλα αυτά θα είναι εφικτά μονάχα αν το λογισμικό ενημερώνει συνέχεια και σωστά τις βάσεις δεδομένων του, και ο χρήστης εισάγει ορθά τα δεδομένα. Η ακρίβειά του, η ευχρηστία του, η προσαρμοστικότητά του, η φιλικότητα στον χρήστη και η ευφυΐα του βασίζεται μονάχα στην ευφυΐα των προγραμματιστών και την ακρίβεια των χειριστών του. Οι δυνατότητες δεν σταματούν εδώ. Έγινε απλώς μια πρόταση, μια προσέγγιση σε ένα λογισμικό που πιστεύουμε ότι λείπει, ως ανεξάρτητο, από την αγορά και θα βοηθήσει στην ορθότερη και ασφαλέστερη λειτουργία μίας Μ.Ε.Υ.Α.

Αν γίνει σωστός προγραμματισμός, το λογισμικό ίσως δεν γίνει απλά ένα βοήθημα, αλλά αποτελέσει ένα πολύτιμο και δυνατό εργαλείο στους χειριστές των μονάδων..

---

<sup>12</sup> Open Database Connectivity

<sup>13</sup> Dynamic Data Exchange

<sup>14</sup> Object Linking and Embedding

## Βιβλιογραφία

---

- *R. Katebi, M. Johnson, J. Wilkie, Control and Instrumentation for Wastewater Treatment Plants, Advances in Industrial Control*, Springer-Verlag UK, 1999, ISBN: 1-85233-054-6
- *Robert G. Skrentner, Instrumentation handbook for water & wastewater treatment plants*, LEWIS Publishers, 1990, ISBN: 0-87371-126-2
- *Fair, Geyer, Okun, Water & wastewater Engineering*, vol. I, JOHN WILEY, ISBN: 0-471-25130-5
- *N. F. Gray, Activated sludge : theory and practice*, Oxford University Press, 1990, ISBN: 0-19-856341-8
- *Proceedings of the conference held in Johannesburg, Operational & control aspects in water reclamation*, Vol 10, June 1977, numbers 1/2, p.65-80
- *Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4<sup>th</sup> Ed*, McGraw-Hill, 2003, ISBN: 0-07-112250-8
- *S. Jenkins, W. Bischofsberger, W. Hegemann, Practical Experiences of Control and Automation in Wastewater treatment and Water Resources Management, Part 1*, IAWPR, 1982, 0-08-029086-8
- *S. Jenkins, W. Bischofsberger, W. Hegemann, Practical Experiences of Control and Automation in Wastewater treatment and Water Resources Management, Part 2*, IAWPR, 1982, 0-08-029086-8
- *Σ. Τραγανίτης, Ι. Σκουμπούρης, Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων*, Ε.Ε.Τ.Α.Α, 1995, ISBN: 960-7509-08-0
- *Οδηγός για την Οργάνωση της συντήρησης Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων*, Ε.Ε.Τ.Α.Α
- *Δ.Ε.Υ.Α Μυτιλήνης, Προμελέτη Έργων Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων Δ. Μυτιλήνης*, Τεχνική έκθεση – Υπολογισμοί, 1995.
- *Δ.Ε.Υ.Α. Κορίνθου, Μελέτη Μ.Ε.Λ. Κορίνθου-Λουτρακίου*,
- *Α. Στασινάκης, Σημειώσεις Μεταπτυχιακού μαθήματος "Σχεδιασμός Μονάδων"*, Π.Μ.Σ Θεοφράστειο, Παν. Αιγαίου
- *Θ. Λέκκας, Περιβαλλοντική Μηχανική ΙΙ. Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων*, Παν. Αιγαίου, 2001, ISBN: 960-85905-2-3

## **Internet links που χρησιμοποιήθηκαν στην εκπόνηση της πτυχιακής**

[www.endress.com](http://www.endress.com) Endress + Hauser. Όργανα μετρήσεων για μονάδες Υ.Α και νερού

<http://www.sontek.com/> dopler level sensors, white papers

[www.grundfos.com](http://www.grundfos.com) Αντλίες, δοσομετρικές αντλίες και κινητήρες

<http://int.flygt.com> Homepage της Flygt. Αντλίες, αναμικτήρες.

<http://www.technum.com/> water management solution/modeling

[http://www.bossintl.com/html/arsp\\_details.html](http://www.bossintl.com/html/arsp_details.html) water resource management software

<http://www.abspumps.com/> pumps, white papers

[www.wangen.com](http://www.wangen.com) Pumps, special design pumps for sludge, white papers

[www.ad.siemens.de](http://www.ad.siemens.de) αναφορά σε διάφορες σελίδες σχετικά με automation, drives,

[www.ad.siemens.de/simatic](http://www.ad.siemens.de/simatic) αναφορά σε προϊόντα και δίκτυο SIMATIC

[www.citect.com](http://www.citect.com) Εταιρία κατασκευής προγράμματος SCADA

[www.ad.siemens.de/wincc](http://www.ad.siemens.de/wincc) πρόγραμμα SCADA από την Siemens

[www.opcfoundation.org](http://www.opcfoundation.org) Ο επίσημος οργανισμός για τους OPC servers

[www.eesiflo.com](http://www.eesiflo.com) ultrasonic flowmeters

[www.enviroequip.com/sales/IIG\\_1000\\_DO\\_Analyzer.htm](http://www.enviroequip.com/sales/IIG_1000_DO_Analyzer.htm) οπτικός μετρητής DO.  
Επίσης στο site υπάρχουν και άλλα όργανα μετρήσεων.

[http://www.envitech.co.uk/OnLine\\_BOD.html](http://www.envitech.co.uk/OnLine_BOD.html) Μέτρηση on-line BOD-M3

<http://www.stip.de> Η κατασκευάστρια εταιρία του οργάνου μέτρησης BOD-M3

<http://www.scitrav.com/wwater/#specials> Πρόγραμμα εξομοίωσης λειτουργίας  
M.E.Y.A. Demo του περιέχεται μέσα στο cd που συνοδεύει την πτυχιακή.

<http://www.radiodata.co.uk/> RDT. Radio modems, telemetry

[www.zelena.com/index.asp](http://www.zelena.com/index.asp) Zellweger Analytics, H2S detectors

[http://www.generalmonitors.com/framesets/products\\_frameset.html](http://www.generalmonitors.com/framesets/products_frameset.html) combustible gas  
detectors

[http://www.ionicsinstruments.com/ionics/index.cfm?product\\_code=3401A&category\\_code=NaOCl%2FSO2](http://www.ionicsinstruments.com/ionics/index.cfm?product_code=3401A&category_code=NaOCl%2FSO2) IONICS Instruments. NaOCl analyzer, TOC analysers

<http://www.bio-uv.net/en/presentation.htm> Bio-UV company, U.V disinfection products.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

---

### Ερωτηματολόγιο και Λογικό Διάγραμμα για το Πρόγραμμα

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται τα λογικά διαγράμματα που αποτέλεσαν την πηγή για τον σχεδιασμό του προγράμματος.

Το πρώτο πρόγραμμα, αφορά την επίλυση προβλήματος μη διογκωμένης ύλης. Προέρχεται από τον N. Gray (1190), η μετάφραση είναι από την μεταπτυχιακή διατριβή του Δαμιανού Παντελή.

Το δεύτερο πρόγραμμα προέρχεται από τον Οδηγό Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων, ΕΕΤΑΑ, Σ. Τραγανίτης και Ι. Σκουμπούρης. Έχουμε κάνει κάποιες διορθώσεις στο διάγραμμα που χρησιμοποιήσαμε τελικά για το πρόγραμμα. Παραθέτουμε και τα δύο διαγράμματα, λόγω πιθανής δυσκολίας που θα αντιμετωπίσει ο αναγνώστης στην εύρεση του βιβλίου.

Στο πρώτο πρόγραμμα, για γρήγορη αναζήτηση και ευκολία, οι ερωτήσεις γράφονται με μαύρο χρώμα, οι απαντήσεις/υπόδειξεις με μπλε ενώ με κόκκινη λέξη END επισημαίνουμε το τέλος του προγράμματος. Η χρωματική γραφή υπάρχει μονάχα στην ηλεκτρονική μορφή, όχι στο έντυπο.

Η μορφή του είναι απλή. Με ερωτήσεις ΝΑΙ-ΟΧΙ, καταλήγουμε με την μέθοδο της άτοπου απαγωγής σε κάποιο συμπέρασμα.

Για το δεύτερο πρόγραμμα, η λογική είναι πιο απλή και πιο γρήγορα αντιληπτή. Με ερωτήσεις και ενέργειες, καταλήγουμε σε κάποια υπόδειξη.

Επαναλαμβάνουμε, ότι και τα δύο διαγράμματα αποτελούν μια βοήθεια στην επίλυση του προβλήματος. Δεν αποτελεί πανάκεια.

**ΟΔΗΓΟΣ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ**

1. *Καθιζησιμότητα*. Είναι το SVI μεγαλύτερο από 120 ml/g ή το SSVI μεγαλύτερο από 200 ml/g;  
Ναι \_\_\_\_\_ 2  
Όχι \_\_\_\_\_ 3
2. *Διόγκωση λάσπης END*
3. *BOD*. Είναι η συγκέντρωση του BOD στην έξοδο σημαντικά μεγαλύτερη από το κανονικό;  
Ναι \_\_\_\_\_ 11  
Όχι \_\_\_\_\_ 4
4. *Αιωρούμενα στερεά*. Είναι η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στην έξοδο σημαντικά μεγαλύτερη από το κανονικό;  
Ναι \_\_\_\_\_ 22  
Όχι \_\_\_\_\_ 5
5. *Διαλυμένο οξυγόνο*. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού είναι μικρότερη από 1,0 mg/l;  
Ναι \_\_\_\_\_ 30  
Όχι \_\_\_\_\_ 6
6. *Ρυθμός αύξησης συγκέντρωσης οξυγόνου*. Είναι χαμηλός ο ρυθμός; Για παράδειγμα, εκεί που οι αεριστήρες ελέγχονται με αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου του οξυγόνου (ηλεκτρόδια), παραμένουν εκτός λειτουργίας για αρκετή ώρα;  
Ναι \_\_\_\_\_ 41  
Όχι \_\_\_\_\_ 7
7. Υπάρχει *μείωση του ρυθμού καθίζησης* μέσα στην δεξαμενή καθίζησης;  
Ναι \_\_\_\_\_ 64  
Όχι \_\_\_\_\_ 8
8. Είναι το σύστημα σχεδιασμένο για νιτροποίηση και πιθανόν απονιτροποίηση;  
Ναι \_\_\_\_\_ 9  
Όχι \_\_\_\_\_ 10
9. *Νιτροποίηση/απονιτροποίηση*. Υπάρχει αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας ή των νιτρικών στην έξοδο;  
Ναι \_\_\_\_\_ 71  
Όχι \_\_\_\_\_ 10
10. *Οσμή*. Αναδύεται δυνατή μυρωδιά από την δεξαμενή αερισμού και την τελική καθίζηση;  
Ναι \_\_\_\_\_ 92  
Όχι \_\_\_\_\_ 11
11. *MLVSS*. Είναι η συγκέντρωση των MLVSS έξω από τα όρια λειτουργίας;  
Ναι \_\_\_\_\_ 12  
Όχι \_\_\_\_\_ 13
12. Είναι τα MLVSS  
Χαμηλότερα από το αναμενόμενο; \_\_\_\_\_ 58  
Υψηλότερα από το αναμενόμενο; \_\_\_\_\_ 23
13. Είναι η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στην έξοδο  
Κανονική; \_\_\_\_\_ 14  
Υψηλότερη από το αναμενόμενο; \_\_\_\_\_ 22

14. Είναι η οργανική φόρτιση ή η παροχή  
Κανονική; \_\_\_\_\_ 15  
Χαμηλότερη από το κανονικό; \_\_\_\_\_ 105  
Υψηλότερη από το κανονικό \_\_\_\_\_ 24
15. Υπάρχει επαρκές διαλυμένο οξυγόνο στην δεξαμενή αερισμού;  
Ναι \_\_\_\_\_ 16  
Όχι \_\_\_\_\_ 30
16. *Θρεπτικά*. Υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα αζώτου και φωσφόρου στα εισερχόμενα λύματα;  
Ναι \_\_\_\_\_ 17  
Όχι \_\_\_\_\_ 106
17. *pH*. Είναι το pH μεταξύ 6,5 και 8,5;  
Ναι \_\_\_\_\_ 18  
Όχι \_\_\_\_\_ 107
18. Υπάρχει καταγεγραμμένο κάποιο σοκ οργανικής φόρτισης ή τοξικό στην μονάδα;  
Ναι \_\_\_\_\_ 41  
Όχι \_\_\_\_\_ 19
19. Υπήρξε καμιά ξαφνική αλλαγή στην θερμοκρασία;  
Σημαντική μείωση \_\_\_\_\_ 109  
Κανονική \_\_\_\_\_ 20  
Σημαντική αύξηση \_\_\_\_\_ 110
20. Υπάρχουν ουσίες παρεμπόδισης στα εισερχόμενα λύματα;  
Ναι \_\_\_\_\_ 44  
Όχι \_\_\_\_\_ 21
21. **Ελέγξτε το σχεδιασμό END**
22. Είναι επαρκής η απομάκρυνση λάσπης από την δεξαμενή αερισμού;  
Ναι \_\_\_\_\_ 23  
Όχι \_\_\_\_\_ 111
23. Είναι η συγκέντρωση των MLVSS σημαντικά μεγαλύτερη;  
Ναι \_\_\_\_\_ 112  
Όχι \_\_\_\_\_ 24
24. Είναι η παροχή στην δεξαμενή αερισμού σημαντικά υψηλότερη από το αναμενόμενο;  
Ναι \_\_\_\_\_ 113  
Όχι \_\_\_\_\_ 25
25. Είναι η οργανική φόρτιση στη δεξαμενή αερισμού σημαντικά υψηλότερη από το αναμενόμενο;  
Ναι \_\_\_\_\_ 114  
Όχι \_\_\_\_\_ 26
26. Είναι το στρώμα λάσπης (sludge blanket) στην δεξαμενή καθίζησης υψηλό;  
Ναι \_\_\_\_\_ 115  
Όχι \_\_\_\_\_ 27
27. Υπάρχουν ορατοί φλόκοι ή κομμάτια λάσπης στην επιφάνεια της τελικής καθίζησης ή ένα διακριτό στρώμα αφρού;  
Ναι \_\_\_\_\_ 48  
Όχι \_\_\_\_\_ 28

28. Είναι η συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών μεγαλύτερη από 3000 mg/l;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 116  
 Όχι \_\_\_\_\_ 29
29. Υπεραερισμός. Είναι το σύστημα αερισμού πολύ “νευρικό” ή μεγάλο για τον όγκο της δεξαμενής αερισμού; Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διασκορπισμένη ανάπτυξη εκεί που δεν υπάρχει ξεκάθαρη ζώνη καθίζησης και θολότητα στην έξοδο.  
 Ναι \_\_\_\_\_ 117  
 Όχι \_\_\_\_\_ 21
30. Οι αεριστήρες λειτουργούν με σύστημα ελέγχου διαλυμένου οξυγόνου με ηλεκτρόδια;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 31  
 Όχι \_\_\_\_\_ 33
31. Ελέγξτε τη βαθμονόμηση των ηλεκτροδίων διαλυμένου οξυγόνου. Είναι εντάξει;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 32  
 Όχι \_\_\_\_\_ 118
32. Είναι επαρκής οι ρυθμίσεις των ηλεκτροδίων on/off ελέγχου της συγκέντρωσης  
 Ναι \_\_\_\_\_ 33  
 Όχι \_\_\_\_\_ 119
33. Οι αεριστήρες λειτουργούν μόνο με χρονοδιακόπτες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 34  
 Όχι \_\_\_\_\_ 35
34. Είναι επαρκείς οι περίοδοι του αερισμού, ή η συχνότητα των κύκλων αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 35  
 Όχι \_\_\_\_\_ 120
35. Υπάρχει βλάβη στο σύστημα του αερισμού:  
 Όχι \_\_\_\_\_ 36  
 Ναι \_\_\_\_\_ 121
36. Υπήρχαν διακοπές ή διακυμάνσεις τάσης στην παροχή ηλεκτρισμού στους αεριστήρες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 123  
 Όχι \_\_\_\_\_ 37
37. Έχει αυξηθεί το οργανικό φορτίο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 38  
 Όχι \_\_\_\_\_ 39
38. Η αύξηση στο οργανικό φορτίο είναι  
 Μόνιμη \_\_\_\_\_ 124  
 Προσωρινή \_\_\_\_\_ 125
39. Άμεση απαίτηση σε οξυγόνο. Υπάρχει κάποιο αναγωγικό μέσο στα εισερχόμενα λύματα που ασκεί μια άμεση χημική απαίτηση σε οξυγόνο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 126  
 Όχι \_\_\_\_\_ 40
40. Υπάρχει επαρκές διαλυμένο οξυγόνο όταν οι αεριστήρες λειτουργούν στην μέγιστη ταχύτητα ή στο βέλτιστη απορρόφηση το λιγότερο για ένα τμήμα της ημέρας;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 127  
 Όχι \_\_\_\_\_ 122



41. Υπήρξε σοκ οργανική ή τοξικής φόρτισης στην δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 128  
 Όχι \_\_\_\_\_ 42
42. Υπήρξε μείωση της οργανικής φόρτισης στην δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 129  
 Όχι \_\_\_\_\_ 43
43. Είναι η συγκέντρωση των MLVSS χαμηλότερη από την επιθυμητή βέλτιστη;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 58  
 Όχι \_\_\_\_\_ 44
44. Είναι το pH στη δεξαμενή αερισμού μεταξύ 6,5 και 8,5;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 45  
 Όχι \_\_\_\_\_ 107
45. Υπάρχουν ουσίες παρεμπόδισης στην είσοδο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 130  
 Όχι \_\_\_\_\_ 46
46. Υπήρξε μια σημαντική μείωση στην θερμοκρασία;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 109  
 Όχι \_\_\_\_\_ 47
47. [Εξετάστε την βιοδιασπαισιμότητα / ικανότητα για επεξεργασία των εισερχόμενων λυμάτων χρησιμοποιώντας μια πιλοτική μονάδα υπό κλίμακα. END](#)
48. Υπάρχει:  
 στρώμα αφρού ή πυκνός αφρός όμοιος με το “μους σοκολάτας” τόσο σε υφή όσο και χρώμα;  
 \_\_\_\_\_ 158  
 ή διακριτά σωματίδια ή φλόκοι που καλύπτουν την επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού;  
 \_\_\_\_\_ 49
49. Έχει η μονάδα νιτροποίησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 50  
 Όχι \_\_\_\_\_ 51
50. Γίνεται απονιτροποίηση στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 131  
 Όχι \_\_\_\_\_ 51
51. Υπάρχει αναερόβια δραστηριότητα στην τελική καθίζηση;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 132  
 Όχι \_\_\_\_\_ 52
52. Λειτουργεί σωστά το επιφανειακό ξέστρο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 133  
 Όχι \_\_\_\_\_ 53
53. Είναι το SVI χαμηλό και η εκροή θολή;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 157  
 Όχι \_\_\_\_\_ 54
54. Υπάρχει στρώμα λεπτού, διαφανή αφρού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 134  
 Όχι \_\_\_\_\_ 55

55. Ελέγξτε τη λειτουργία της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης. Τα επιπλέοντα υλικά επιστρέφουν στη δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 57  
 Όχι \_\_\_\_\_ 56
56. εξετάστε τα υλικά για προσδιορίσετε την προέλευσή τους. Εφαρμόστε διορθωτικά μέτρα όπως απαιτείται. **END**
57. Ελέγξτε τη λειτουργία του ξέστρου και της παγίδας των επιπλεόντων. Εάν τα επιπλέοντα υλικά δεν μπορούν να συγκεντρωθούν και να απομακρυνθούν, μειώστε τα από την πηγή. **END**
58. Είναι επαρκής ο ρυθμός επιστροφής της ιλύος;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 59  
 Όχι \_\_\_\_\_ 135
59. Υπήρξε μείωση της συγκέντρωσης της περίσσειας ιλύος στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 136  
 Όχι \_\_\_\_\_ 60
60. Η είσοδος έχει υψηλή συγκέντρωση σε αιωρούμενα στερεά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 22  
 Όχι \_\_\_\_\_ 61
61. Η καθιζησημότητα είναι μικρή στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 62  
 Όχι \_\_\_\_\_ 63
62. Ο αριθμός των νηματοειδών, κάτω από μικροσκόπιο, είναι υπερβολικός;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 2  
 Όχι \_\_\_\_\_ 63
63. Το οργανικό φορτίο είναι χαμηλό;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 22  
 Όχι \_\_\_\_\_ 21
64. Το οργανικό φορτίο έχει μεταβληθεί σημαντικά από το κανονικό εύρος;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 105  
 Όχι \_\_\_\_\_ 65
65. Η συγκέντρωση των MLVSS έχει μεταβληθεί σημαντικά από το κανονικό εύρος;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 105  
 Όχι \_\_\_\_\_ 66
66. Υπάρχουν επαρκή θρεπτικά για πλήρη οξείδωση;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 67  
 Όχι \_\_\_\_\_ 106
67. Υπήρξε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 116  
 Όχι \_\_\_\_\_ 68
68. Εξετάστε δείγμα ανάμεικτου υγρού κάτω από το μικροσκόπιο. Υπάρχουν νηματοειδής παρόντες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 137  
 Όχι \_\_\_\_\_ 69

69. Το στρώμα λάσπης (sludge blanket) είναι ψηλά στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 26  
 Όχι \_\_\_\_\_ 70
70. **Ελέγξτε το σχεδιασμό και τα χαρακτηριστικά των παροχών στην δεξαμενή καθίζησης.**  
**END**
71. Υπάρχει αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας στην έξοδο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 72  
 Όχι \_\_\_\_\_ 80
72. *Ελάττωση νιτροποίησης.* Η θερμοκρασία έχει μειωθεί σημαντικά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 138  
 Όχι \_\_\_\_\_ 73
73. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι τουλάχιστον 1,5 mg/l σε όλο το μήκος της δεξαμενής αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 74  
 Όχι \_\_\_\_\_ 139
74. Η αλκαλικότητα στην έξοδο είναι τουλάχιστον 80 mg/l ως CaCO<sub>3</sub>;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 75  
 Όχι \_\_\_\_\_ 140
75. Το pH είναι μεταξύ 7,0 και 9,0;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 76  
 Όχι \_\_\_\_\_ 141
76. Η ηλικία ιλύος είναι επαρκής;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 77  
 Όχι \_\_\_\_\_ 142
77. Ανεπαρκή νιτροποιά βακτήρια; Ελέγξτε με χρήση πιλοτικής μονάδας.  
 Ναι \_\_\_\_\_ 143  
 Όχι \_\_\_\_\_ 78
78. Υπάρχουν ουσίες παρεμπόδισης ή τοξικές;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 145  
 Όχι \_\_\_\_\_ 79
79. **Ελέγξατε το σχεδιασμό για νιτροποίηση** **END**
80. *Ελάττωση απονιτροποίησης.* Η συγκέντρωση των MLVSS έχει πέσει σημαντικά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 105  
 Όχι \_\_\_\_\_ 81
81. Η θερμοκρασία του ανάμεικτου υγρού έχει πέσει σημαντικά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 146  
 Όχι \_\_\_\_\_ 82
82. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην ανοξική δεξαμενή είναι μικρότερο από 0,5 mg/l;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 83  
 Όχι \_\_\_\_\_ 147
83. Το pH στην ανοξική δεξαμενή είναι μεταξύ 6,5 και 8,0;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 84  
 Όχι \_\_\_\_\_ 148
84. Η ηλικία ιλύος είναι επαρκής για να συντηρηθούν τα απονιτροποιά βακτήρια;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 85

- Όχι \_\_\_\_\_ 149
85. Υπάρχει επαρκής οργανικός άνθρακας για να χρησιμοποιηθεί ως δότης ηλεκτρονίων;  
Ναι \_\_\_\_\_ 86  
Όχι \_\_\_\_\_ 150
86. Υπήρξε απόρριψη πιθανής ουσίας παρεμπόδισης ή τοξικής στη μονάδα;  
Ναι \_\_\_\_\_ 87  
Όχι \_\_\_\_\_ 88
87. Διενεργείστε εργαστηριακά πειράματα τοξικότητας. Η απονιτροποίηση παρεμποδίζετε;  
Ναι \_\_\_\_\_ 89  
Όχι \_\_\_\_\_ 88
88. Υπάρχει ικανοποιητική βιομάζα απονιτροποίησης;  
Ναι \_\_\_\_\_ 91  
Όχι \_\_\_\_\_ 90
89. Απομακρύνεται την πηγή της ουσίας παρεμπόδισης
90. Επανεμβολιάστε με ενεργή βιομάζα απονιτροποίησης **END**
91. Ελέγξτε το σχεδιασμό της απονιτροποίησης **END**
92. Η οσμή αποτελεί καλό δείκτη της κατάστασης της ιλύος ή οποιασδήποτε αλλαγής των εισερχομένων λυμάτων. Υπάρχει μυρωδιά χαλασμένου αυγού (H<sub>2</sub>S);  
Ναι \_\_\_\_\_ 93  
Όχι \_\_\_\_\_ 98
93. Αναδύεται σηπτική μυρωδιά από τη δεξαμενή αερισμού; \_\_\_\_\_ 94  
ή μόνο από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης \_\_\_\_\_ 95
94. Ανεπαρκής μίξη του ανάμεικτου υγρού επιτρέποντας έτσι τη λάσπη να καθιζήσει. Αυξήστε την ικανότητα ανάμειξης αυξάνοντας τη δυναμικότητα των αεριστήρων ή κάνοντας χρήση διαχωριστικών (baffles) κλπ.
95. Η απομάκρυνση της λάσπης γίνεται συχνά;  
Ναι \_\_\_\_\_ 96  
Όχι \_\_\_\_\_ 151
96. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου του ανάμεικτου υγρού που εισέρχεται στην δεξαμενή καθίζησης είναι μικρότερο από 0,5 mg/l;  
Ναι \_\_\_\_\_ 152  
Όχι \_\_\_\_\_ 97
97. Ελέγξτε το σχεδιασμό της δεξαμενής καθίζησης, ειδικά το πάχος των ξέστρων της ιλύος στον πυθμένα, το βαθμό της ανάμειξης κλπ **END**
98. Η οσμή είναι παρούσα στα εισερχόμενα λύματα και/ή στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης;  
Ναι \_\_\_\_\_ 155  
Όχι \_\_\_\_\_ 99
99. Υπήρξε τοξικό ή οργανικού φορτίου σοκ στη δεξαμενή αερισμού;  
Ναι \_\_\_\_\_ 154  
Όχι \_\_\_\_\_ 100

100. Υπάρχει αφρός ή παχύ στρώμα επιπλεόντων στην επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 52  
 Όχι \_\_\_\_\_ 101
101. Υπάρχουν περιοχές στην δεξαμενή αερισμού με αναερόβιες συνθήκες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 153  
 Όχι \_\_\_\_\_ 102
102. Εισέρχονται στη μονάδα απόνερα από βιομηχανικές ή αγροτικές δραστηριότητες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 103  
 Όχι \_\_\_\_\_ 104
103. Υπάρχουν ουσίες στα εισερχόμενα λύματα που μπορούν να δώσουν οσμηρά προϊόντα κατά τη διάρκεια διακοπής της αερόβιας διαδικασίας;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 156  
 Όχι \_\_\_\_\_ 104
104. Μειώστε τα MLVSS αυξάνοντας το λόγο F/M δηλαδή αυξήστε την ποσότητα της περίσσειας της ιλύος. Εάν δεν υπάρξει βελτίωση στο πρόβλημα των οσμών, ή το πρόβλημα επανεμφανιστεί, τότε οι οσμηρές ουσίες θα πρέπει να αναλυθούν εργαστηριακά για να προσδιοριστεί η πηγή. **END**
105. Ρυθμίστε τη συγκέντρωση των MLVSS για να διατηρήσετε το βέλτιστο λόγο F/M **END**
106. Βεβαιωθείτε ότι ο λόγος C:N:P είναι κατάλληλος. Συμπληρώστε με λίπασμα γεωργικής χρήσης σωστής αναλογίας N:P έτσι ώστε τα υπολειμματικά νιτρικά και φωσφορικά να ισούνται με 1 mg/l. **END**
107. Ελέγξτε το αρχείο για αλλαγή του pH έξω από τα επιθυμητά όρια. Είναι ένα: συνηθισμένο φαινόμενο; \_\_\_\_\_ 128  
 ή ένα πρόσφατο πρόβλημα; \_\_\_\_\_ 108
108. Ρυθμίστε το pH στην δεξαμενή αερισμού. Η συνεχής ρύθμιση του pH είναι μια ακριβή διαδικασία και δεν πρέπει να θεωρείται μόνιμη λύση. Απομονώστε τη πηγή των αλκαλικών ή όξινων λυμάτων στο αποχετευτικό δίκτυο και οδηγήστε τα προς προεπεξεργασία (ουδετεροποίηση) ή ξεχωριστή επεξεργασία. **END**
109. Μείωση της θερμοκρασίας στο ανάμεικτο υγρό οδηγεί σε μείωση της βιολογικής δραστηριότητας. Είναι απαραίτητο να αυξήσετε τα MLVSS για να διατηρήσετε μια ικανοποιητική απομάκρυνση οργανικής ύλης. **END**
110. Αύξηση στη θερμοκρασία του ανάμεικτου υγρού οδηγεί σε αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα διατήρησης ικανοποιητικής συγκέντρωσης οξυγόνου ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ανάμεικτου υγρού σε οξυγόνο. Μειώστε τα MLVSS ή, αν αυτό είναι αδύνατο, προσθέστε στη δυναμικότητα του αερισμού μια δευτερεύουσα πηγή αέρα ή οξυγόνου. **END**
111. Ξεκινήστε την απομάκρυνση της ιλύος αμέσως. Εναλλακτικά μπορείτε να αυξήσετε την παροχή της περίσσειας της ιλύος. **END**
112. Μειώστε τα MLVSS μειώνοντας της επιστροφή της ιλύος. **END**
113. Αυξήστε το λόγο F/M μιας και οι χαμηλοί λόγοι μπορεί να οδηγήσουν σε διάσπαρτη ανάπτυξη των φλόκων και υπερχείλιση αιωρούμενων σωματιδίων στην καθίζηση. Εάν η αύξηση στο υδραυλικό φορτίο είναι μόνιμη, βεβαιωθείτε ότι η παροχή δεν υπερβαίνει τα σχεδιαστικά κριτήρια. **END**

114. Αυξήστε τα MLVSS για διατηρήσετε το λόγο F/M. Βεβαιωθείτε ότι η αύξηση του οργανικού φορτίου δεν υπερβαίνει τα σχεδιαστικά κριτήρια. **END**
115. Ένα μεγάλο στρώμα ιλύος (sludge blanket) μπορεί να προκληθεί από χαμηλή καθιζησιμότητα λόγω filamentous και non-filamentous bulking. Επίσης μπορεί να οφείλεται και σε μη επαρκή απομάκρυνση της περίσσειας της ιλύος. Ρυθμίστε την ανακυκλοφορία και την απομάκρυνση της περίσσειας για να μειώσετε το στρώμα της λάσπης αλλά διατηρήστε τη συγκέντρωση των MLVSS. **END**
116. Μια μεγάλη αύξηση των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) θα οδηγήσει αυξημένη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην τελική εκροή. Απομονώστε την πηγή αύξησης των TDS και εξαλείψτε την από τα εισερχόμενα λύματα. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει να προστεθούν κροκιδωτικά στο ανάμικτο υγρό πριν από τη δεξαμενή καθίζησης. Είναι πιθανό το ανάμικτο υγρό να εγκλιματιστεί στην αυξημένη συγκέντρωση των TDS, αν και η μεγαλύτερη παραγωγή ιλύος είναι αναπόφευκτη μιας και απαιτούνται διαφορετικοί ρυθμοί στην ανακυκλοφορία και την περίσσεια της ιλύος. **END**
117. Ασκούνται υψηλές δυνάμεις σνάφειας στους φλόκους οδηγώντας στην καταστροφή της δομής τους. Μειώστε την ανάδευση μειώνοντας το ρυθμό του αερισμού. Ελέγξτε εάν το μέγεθος των αεριστήρων και η ταχύτητα των στροφών είναι κατάλληλα για τον όγκο και τη διάταξη στη δεξαμενή αερισμού. **END**
118. Τα ηλεκτρόδια του διαλυμένου οξυγόνου θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά και να βαθμονομούνται κατεβάζοντας ένα άλλο ηλεκτρόδιο στη δεξαμενή. Η επαναβαθμονόμηση είναι απαραίτητη. Τα ηλεκτρόδια θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για την αποφυγή επιστρώσεων και αλλοιώσεων των μεμβρανών, κλπ. **END**
119. Οι ρυθμίσεις του αυτόματου ελέγχου θα πρέπει να ελεγχθούν. Επαναβαθμονομήστε ώστε το ανώτερο όριο (εκεί που οι αεριστήρες σταματούν τη λειτουργία τους) να είναι 1,0 mg/l πάνω από την κρίσιμη συγκέντρωση, ενώ το κατώτερο όριο (οι αεριστήρες θέτονται σε λειτουργία) να είναι 0,5 mg/l κάτω από τη κρίσιμη συγκέντρωση. Εάν οι αεριστήρες παραμένουν εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε μειώστε το ανώτερο όριο κατά 0,5 mg/l για την αποφυγή καθίζησης της ιλύος μέσα στη δεξαμενή αερισμού. Εάν οι αεριστήρες συνεχώς ανοίγουν και κλείνουν, τότε διευρύνετε τα όρια για να αποφύγετε τη φθορά του κινητήρα. **END**
120. Χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια διαλυμένου οξυγόνου, προχωρήστε σε μέτρηση του ρυθμού αύξησης του διαλυμένου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό για να προσδιορίσετε το βέλτιστο κύκλο αερισμού. Αυτό θα πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε δύο με τρεις μήνες ή όταν αλλάξει η φόρτιση της δεξαμενής αερισμού. Ίσως να είναι πιο ωφέλιμο οικονομικά, σε όρους κατανάλωσης ενέργειας, να εγκαταστήσετε αυτόματο έλεγχο διαλυμένου οξυγόνου. **END**
121. Οι αεριστήρες λειτουργούν ικανοποιητικά; Ελέγξτε και ρυθμίστε ή επιδιορθώστε εάν είναι απαραίτητο. **END**
122. Ελέγξτε εάν το μέγεθος των αεριστήρων είναι κατάλληλο για το μέγεθος και το φορτίο της δεξαμενής αερισμού. Εάν είναι απαραίτητο, δοκιμάστε τους αεριστήρες για να εξασφαλίσετε ικανοποιητική μεταφορά οξυγόνου εάν αυτό είναι δυνατό. Διαφορετικά ελέγξτε το σχεδιασμό. **END**
123. Μια συνεχής και σταθερή πηγή ρεύματος είναι ζωτικής σημασίας. Συμβουλευτείτε τα δεδομένα παροχής ρεύματος και διορθώστε το πρόβλημα στη στιγμή. Μια εφεδρική γεννήτρια μπορεί να απαιτηθεί. **END**
124. Λειτουργείστε το σύστημα αερισμού στη μέγιστη δυναμικότητα. Εν τούτοις, η δυναμικότητα αερισμού θα πρέπει να αυξηθεί εάν η αύξηση στη φόρτιση είναι μόνιμη. **END**

125. Λειτουργείστε το σύστημα αερισμού στη μέγιστη δυναμικότητα. Εάν η περίοδος του αυξημένου φορτίου είναι περισσότερη από λίγες μέρες τότε απαιτείται μια επιπρόσθετη πηγή αέρα ή οξυγόνου για την περίοδο του επιπλέον φορτίου. Εάν αεροσυμπιεστής ή μια μονάδα Vitox μάλλον θα είναι επαρκή. **END**
126. Οποιοδήποτε αναγωγικό μέσο που καταναλώνει άμεσα το οξυγόνο θα πρέπει να προσδιοριστεί και να αποκλειστεί από την είσοδο **END**
127. Ελέγξτε την ημερήσια απαίτηση σε οξυγόνο του ανάμεικτου υγρού σε σχέση με τις αλλαγές είτε στην παροχή είτε στο οργανικό φορτίο και ρυθμίστε τον αερισμό ή εξισορροπήστε το υδραυλικό/οργανικό φορτίο ώστε να καλύπτεται με τον υπάρχον αερισμό. Μια εφεδρική πηγή αέρα μπορεί να απαιτείται για να αντιμετωπιστούν επιτυχώς περίοδοι αιχμών. **END**
128. Εάν το υλικό συνεχίζει να εισέρχεται στη μονάδα, προσπαθήστε να το απομονώσετε σε μια δεξαμενή βρόχινου νερού ή μια δεξαμενή εξισορρόπησης. Προσδιορίστε την πηγή και αποκόψτε την είσοδο από τη μονάδα. Εάν είναι δυνατό διορθώστε το αποτέλεσμα της έγχυσης στην δεξαμενή αερισμού. Μπορεί να είναι απαραίτητο να ερευνησετε την τοξικότητα των υλικών και τα αποτελέσματα τους στο ανάμεικτο υγρό διενεργώντας μελέτες αναπνοής. Μπορεί δε να είναι απαραίτητο να αραιώσετε το ανάμεικτο υγρό και να επανεμβολιάσετε. **END**
129. Εάν η ποιότητα της εξόδου έχει μειωθεί, είτε σε ότι αφορά τα αιωρούμενα στερεά είτε τη συγκέντρωση του BOD, τότε κρίνεται απαραίτητο να ρυθμίσετε τη συγκέντρωση των MLVSS για τη διατήρηση του συντελεστή F/M. **END**
130. Εξαλείψτε και εξουδετερώστε όπου αυτό είναι δυνατόν. Εάν ο παράγοντας παρεμπόδισης εκκενώνετε ασυνεχώς, μπορεί να είναι δυνατή η αραίωση του αποθηκεύοντας τον και εκκενώνοντάς τον σύμφωνα με την παροχή στη μονάδα. Μολαταύτα μελέτες ικανότητας επεξεργασίας είναι απαραίτητο να γίνουν ώστε να εξακριβωθεί εάν το ανάμεικτο υγρό μπορεί να εγκλιματιστεί στην επεξεργασία τέτοιων ουσιών. **END**
131. Αυξήστε τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού. Αυξήστε το ρυθμό επανακυκλοφορίας της ιλύος ώστε να μειωθεί ο χρόνος παραμονής της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Εμποδίστε την νιτροποίηση μέσα στη δεξαμενή αερισμού εκτός και αν αυτό είναι απαραίτητο. Πρόβλεψη για ανοξική δεξαμενή. **END**
132. Αυξήστε το ρυθμό επανακυκλοφορίας της ιλύος ώστε να μειωθεί ο χρόνος παραμονής της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Αυξήστε τη συγκέντρωση του υπολειμματικού οξυγόνου στο ανάμεικτο υγρό που εισέρχεται στη δεξαμενή καθίζησης. **END**
133. Ελέγξτε τη λειτουργία. Επιδιορθώστε όπου είναι απαραίτητο. **END**
134. Ο χημικός αφρός μπορεί να διασκορπιστεί ψεκάζοντας επεξεργασμένα απόβλητα ή με τη βοήθεια αντιαφριστικών χημικών **END**
135. Προσαρμόστε το ρυθμό επιστροφής της ιλύος **END**
136. Διακόψτε την αποβολή ιλύος και αν είναι απαραίτητο μειώστε το ρυθμό ανακυκλοφορίας μέχρι να αυξηθεί η συγκέντρωση της ιλύος στην δεξαμενή καθίζησης. Στη συνέχεια αργά αυξήστε το ρυθμό ανακυκλοφορίας ώστε να αυξηθεί η επιστροφή λάσπης **END**
137. Αυτό μπορεί να σημαίνει την απαρχή του φαινομένου της διόγκωσης της ιλύος. Έχουν εμφανιστεί πολλοί παράγοντες που ενθαρρύνουν την ανάπτυξη νηματοειδών μικροοργανισμών όπως το υψηλό ρυπαντικό φορτίο ή τα ανεπαρκή θρεπτικά

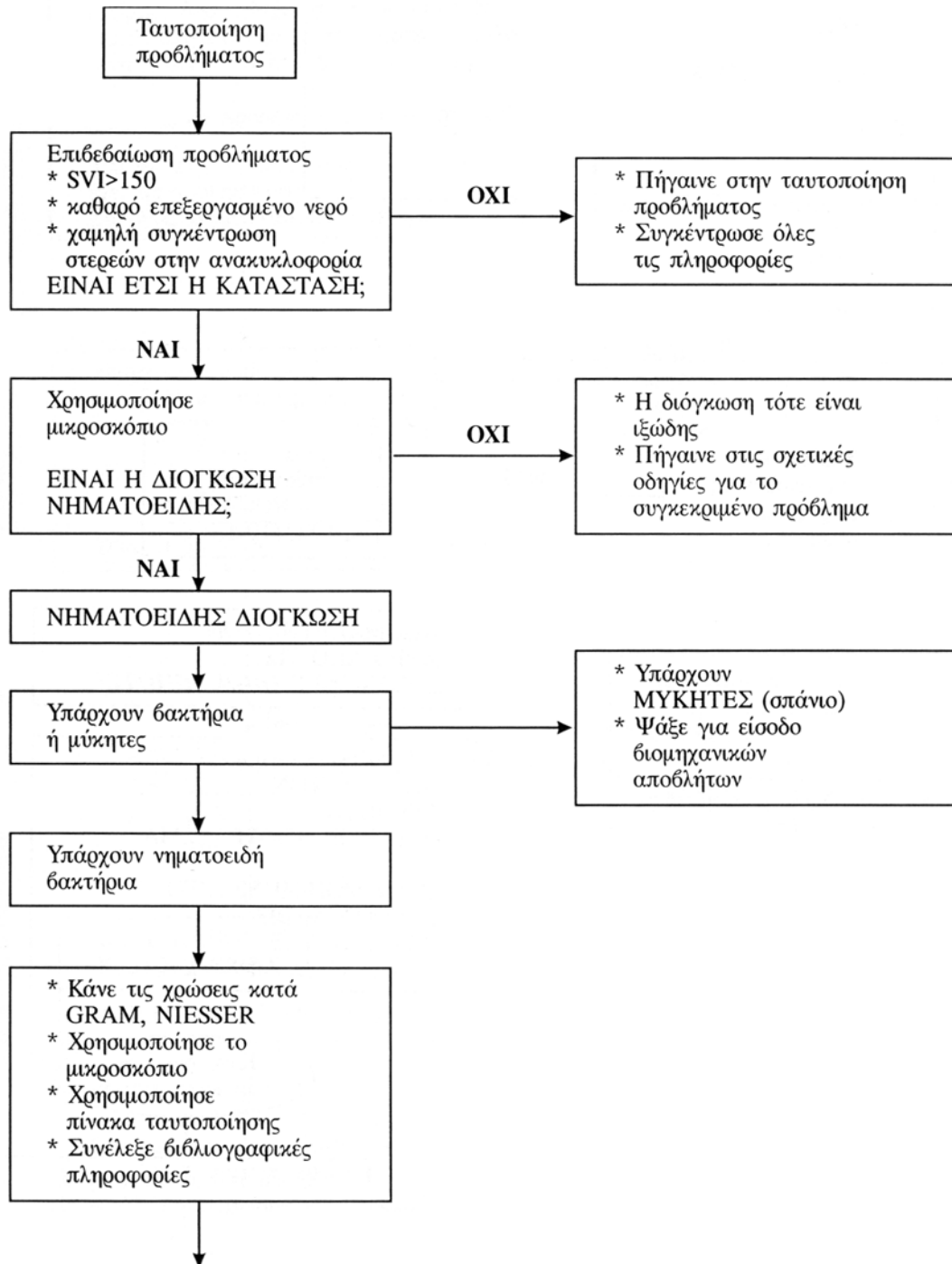
συστατικά. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου θα πρέπει να αυξηθεί και να προστεθεί συμπλήρωμα θρεπτικών. **END**

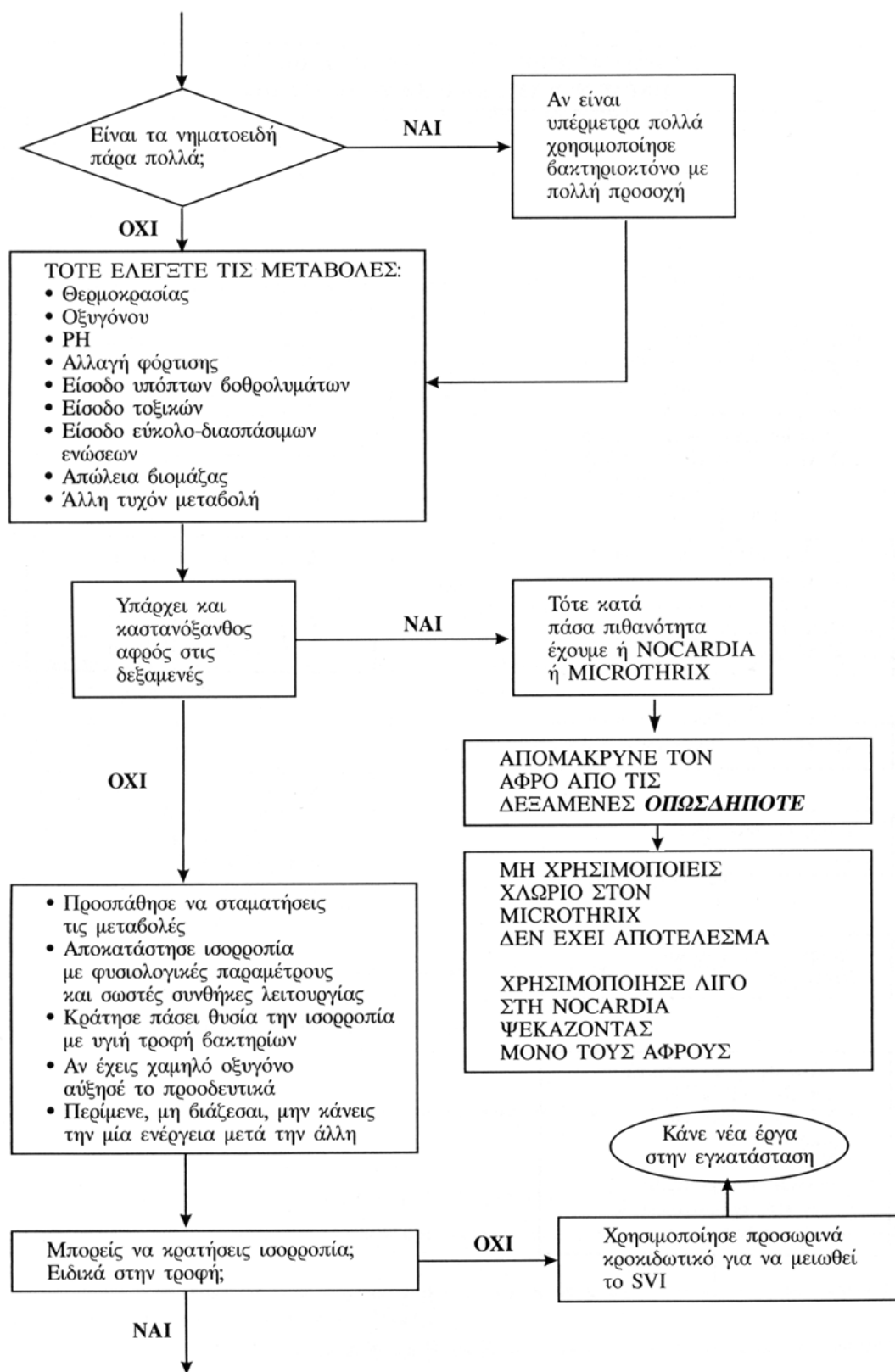
138. Ακόμα και μια μικρή μείωση στη θερμοκρασία του ανάμικτου υγρού θα έχει ως αποτέλεσμα μια σημαντική μείωση στο ρυθμό της νιτροποίησης. Θεωρητικά η χωρητικότητα της δεξαμενής αερισμού θα πρέπει να διπλασιαστεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα, υποθέτοντας μια διαφορά θερμοκρασίας της τάξης των 10 °C, ώστε να έχουμε τον ίδιο βαθμό νιτροποίησης. Πρακτικά αυτό αποφεύγεται αυξάνοντας τα MLVSS στη δεξαμενή αερισμού κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών έτσι ώστε να αυξηθεί η ηλικία της ιλύος. Επομένως δύο προσεγγίσεις είναι πιθανές: (α) αύξηση του πληθυσμού νιτροποίησης αυξάνοντας την ηλικία της ιλύος ή (β) μείωση της απώλειας θερμότητας μειώνοντας τον αερισμό εάν αυτό είναι δυνατό. Επιτυχία στη μείωση των θερμικών απωλειών υπήρξε με την κάλυψη των δεξαμενών αερισμού, αν και αρχικά έγινε για έλεγχο των οσμών. Η χρήση θερμαινόμενου αέρα για τον αερισμό του ανάμικτου υγρού με διαχυτές αποτελεί μια άλλη εναλλακτική λύση, όταν όμως υπάρχει μια οικονομική πηγή ενέργειας διαφορετικά κρίνεται ασύμφορη. **END**
139. Αυξήστε τον αερισμό ώστε το ελάχιστο διαλυμένου οξυγόνου σε κάθε σημείο της δεξαμενής αερισμού να είναι 1,5 mg/l. Μειώστε το οργανικό φορτίο ή τα MLVSS για να μειωθεί η πρόσληψη του οξυγόνου από τους ανθρακογενείς μικροοργανισμούς. **END**
140. Τα νιτροποιά βακτήρια είναι ευαίσθητα στο pH. Επομένως απαιτείται μια υπολειμματική αλκαλικότητα στην έξοδο μεταξύ 50 και 100 mg/l ως CaCO<sub>3</sub> για να λειτουργεί ως ρυθμιστικό διάλυμα. **END**
141. Τα νιτροποιά βακτήρια είναι ευαίσθητα στο pH. Το ανάμικτο υγρό θα πρέπει να λειτουργεί ως ρυθμιστικό διάλυμα κατά τη διάρκεια της νιτροποίησης γιατί το pH έχει την τάση να μειώνει τη διαδικασία νιτροποίησης εάν η ρυθμιστική ικανότητα είναι χαμηλή. Έλεγχος του pH μπορεί να θεωρείται απαραίτητος. Το πρόβλημα επίσης μπορεί να λυθεί εάν προβλεφθεί μια ανοξική ζώνη. **END**
142. Απαιτείται μεγάλη ηλικία ιλύος, ειδικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επομένως θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν περισσότερο αυξάνοντας τα MLVSS. **END**
143. Αυξήστε τα MLVSS ώστε να έχετε μια καλή ηλικία ιλύος. Ελέγξτε την παρουσία νιτροποιών βακτηρίων χρησιμοποιώντας τεχνικές απομόνωσης ή μελέτες αναπνοής. Εάν δεν υπάρχουν επανεμβολιάστε από μια μονάδα με καλά χαρακτηριστικά νιτροποίησης. **END**
144. Ελέγξτε το σχεδιασμό **END**
145. Μια μεγάλη ποικιλία ουσιών παρεμποδίζουν τη διαδικασία της νιτροποίησης. Διενεργήστε πειράματα τοξικότητας. Ταυτοποιείστε την ουσία και απομακρύνετε την από την πηγή. Είναι δυνατόν να εξουδετερωθούν ή να απομακρυνθούν ουσίες παρεμπόδισης πριν ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Για παράδειγμα, μπορεί να προστεθεί ενεργός άνθρακας στην δεξαμενή αερισμού ως προσωρινό μέτρο, αλλά θεωρείται ακριβό. **END**
146. Αυξήστε τον πληθυσμό απονιτροποίησης αυξάνοντας την ηλικία της λάσπης. Εξετάστε τρόπους αύξησης της θερμοκρασίας στην ανοξική ζώνη. Ο επανεμβολιασμός με ενεργή απονιτροποιό βιομάζα από άλλη μονάδα θα πρέπει επίσης να θεωρηθεί ως μια εναλλακτική λύση. **END**
147. Βεβαιωθείτε ότι το οξυγόνο απουσιάζει από την ανοξική ζώνη. Επανεξετάστε το σύστημα αερισμού για να διασφαλίσετε ότι δεν μεταφέρεται επιπλέον οξυγόνο έξω από τον δεξαμενή αερισμού. **END**
148. Ρυθμίστε εάν είναι απαραίτητο **END**
149. Αυξήστε τα MLVSS ώστε να αυξηθεί η ηλικία ιλύος **END**

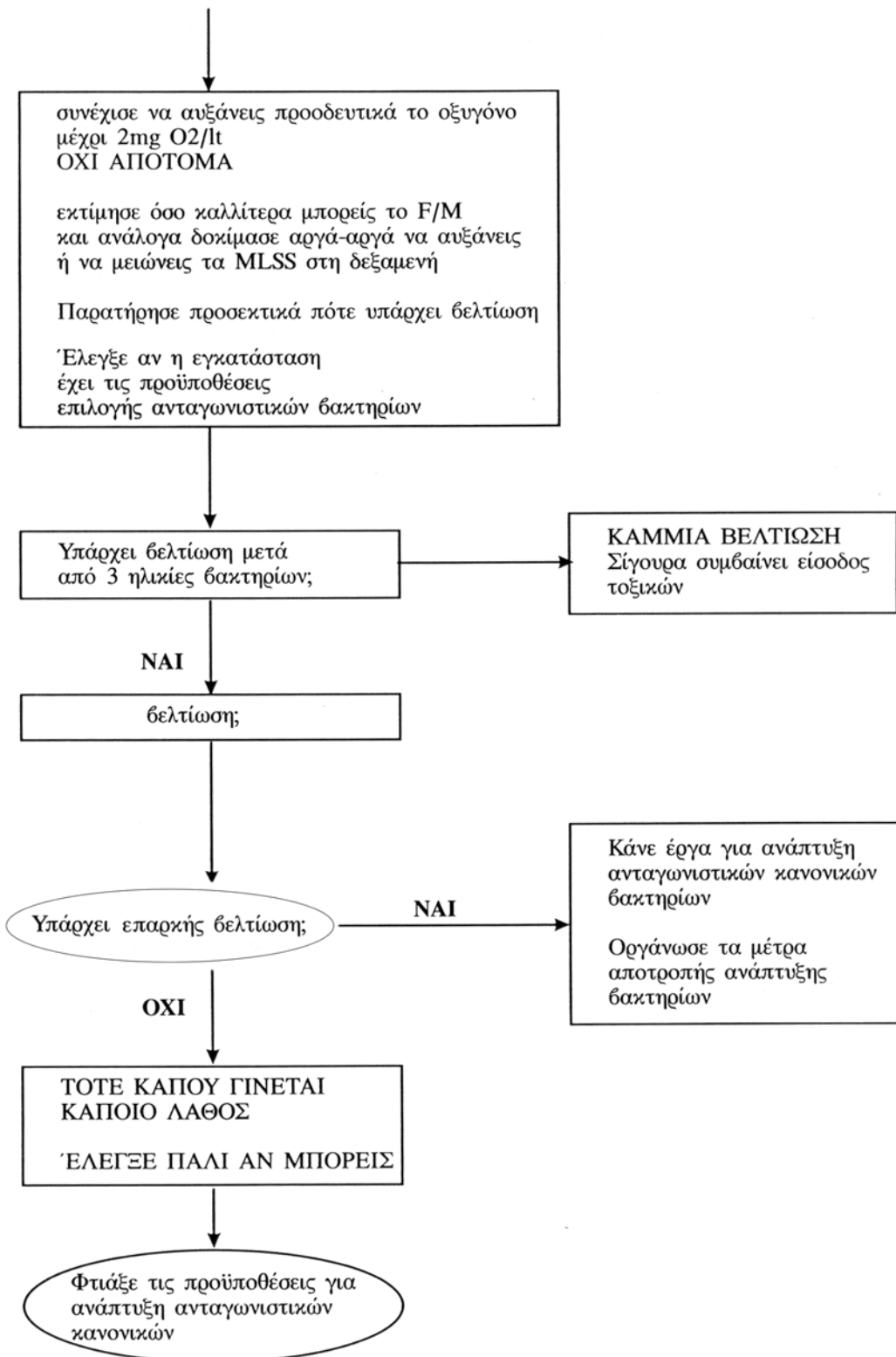


150. Σε συνδυαστικά συστήματα συνήθως υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα οργανικού άνθρακα. Διαφορετικά επανεξετάστε το σχεδιασμό και τη θέση της ανοξικής ζώνης και μην χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή άνθρακα. **END**
151. Η λάσπη δεν πρέπει να παραμένει για μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσα στην δεξαμενή καθίζησης. Αυξήστε τη συχνότητα της απομάκρυνσης ιλύος. **END**
152. Διασφαλίστε ότι υπάρχει υπολειμματικό διαλυμένο οξυγόνο στο ανάμεικτο υγρό καθώς εισέρχεται στη δεξαμενή καθίζησης. Μπορεί να απαιτείται αύξηση του αερισμού. **END**
153. Πολλές οσμές παράγονται στην πρώιμη φάση της αναερόβιας αποδόμισης της οργανικής ύλης. Εμποδίστε το σχηματισμό αναερόβιων συνθηκών στην δεξαμενή αερισμού. Επανεκτιμήστε την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού. **END**
154. Εξαλείψτε το φαινόμενο και προβείτε στις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις όπως εξουδετέρωση. Ο επανεμβολιασμός μπορεί να κριθεί απαραίτητος. **END**
155. Οσμηρά συστατικά στα εισερχόμενα λύματα. Προσδιορίστε και εξαλείψτε όπως αρμόζει. **END**
156. Προσδιορίστε και εξαλείψτε από τα εισερχόμενα όσο αυτό είναι δυνατόν. Η χρήση αποσμητικών ουσιών δεν συνιστάται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. **END**
157. Pin-point φλόκοι. Αν και η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών είναι αυξημένη, συχνά το BOD και η καθιζησημότητα της λάσπης παραμένουν καλά. Εάν τα αυξημένα αιωρούμενα στερεά αποτελούν πρόβλημα ή το BOD στην έξοδο αυξηθεί, τότε μειώστε την ηλικία της λάσπης. **END**
158. Ο αφρός εξαφανίζεται γρήγορα όταν κλείσουν οι αεριστήρες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 162  
 Όχι \_\_\_\_\_ 159
159. Ο αφρός μέσα στην δεξαμενή αερισμού είναι επίμονος και έχει υφή μους σοκολάτας;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 163  
 Όχι \_\_\_\_\_ 160
160. Υπάρχει βιομηχανικό απορρυπαντικό στα εισερχόμενα λύματα;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 164  
 Όχι \_\_\_\_\_ 161
161. Δοκιμάστε μια αντιαφριστική συσκευή όπως ένας υψηλής πίεσης καταιονισμός ή εφαρμόστε αντιαφριστικά χημικά. Εάν το πρόβλημα επιμένει, αναλύστε τον αφρό για τον προσδιορισμό του αιτίου και εξουδετερώστε το στην πηγή. **END**
162. Μειώστε την ένταση του συστήματος αερισμού εάν ο αφρός μεταφέρετε δίπλα στην δεξαμενή καθίζησης. **END**
163. Εάν η νιτροποίησης δεν πραγματοποιείται στην δεξαμενή αερισμού τότε προσπαθήστε να εκπλύνεται τους μικροοργανισμούς που προκαλούν τον αφρό αυξάνοντας τον ρυθμό αποβολής της ιλύος. Διαλύστε τον αφρό ψεκάζοντάς τον με νερό ή επεξεργασμένα απόβλητα και απομακρύνεται τον με την παγίδα επιπλεόντων. Μην επανακυκλοφορήσετε αυτό τον αφρό στην αρχή της μονάδας. **END**
164. Προσδιορίστε την πηγή και εξαλείψτε (Gray, 1990). **END**

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ  
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΛΑΣΠΗΣ**







## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

---

### Σχεδίαση Μ.Ε.Υ.Α

Εδώ παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση και οι υγειονομολογικοί υπολογισμοί για Μ.Ε.Α δυναμικότητας πληθυσμού 130.000 κατοίκων.

Αποτελεί την εργασία του υπογράφοντος για το μάθημα «Σχεδίαση Μονάδων» του Β' εξαμήνου του Π.Μ.Σ. Για μικρότερη έκταση, παρουσιάζονται 2 σελίδες ανά σελίδα.

### Εκφώνηση Θέματος.

Να σχεδιαστεί μονάδα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων πόλης ισοδύναμου θερινού πληθυσμού 130.000 κατοίκων και ισοδύναμου χειμερινού πληθυσμού 60.000 κατοίκων, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις της Οδηγίας της Ε.Ε. για την επεξεργασία αστικών λυμάτων που διατίθενται σε ευαίσθητο υδάτινο αποδέκτη.

Η μονάδα επεξεργασίας θα περιλαμβάνει:

- ✓ Έργα Προεπεξεργασίας (εσχάρωση, αεριζόμενη εξάμωση, απολίπανση)
- ✓ Πρωτοβάθμια Επεξεργασία (καθίζηση σε κυκλικές δεξαμενές)
- ✓ Σύστημα Ενεργού Ιλύος (απομάκρυνση οργανικού άνθρακα, νιτροποίηση-απονιτροποίηση, βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου)
- ✓ Επεξεργασία Ιλύος (πάχυνση, αναερόβια χώνευση, αφυδάτωση)

Δίνονται:

Παράμετροι	Καλοκαίρι	Χειμώνας
Μέγιστη Ημερήσια Παροχή ( $m^3/day$ )	39500	27000
Παροχή Αιχμής ( $l/sec$ )	725	375
Ελάχιστη Παροχή ( $l/sec$ )	100	100
$BOD_{5(in)}$ ( $mg/l$ )	208	137
$SS_{(in)}$ ( $mg/l$ )	257	167
$VSS_{(in)}/SS_{(in)}$	0,70	0,70
$N_{(in)}$ ( $mg/l$ )	42,8	24
$P_{(in)}$ ( $mg/l$ )	8,2	4,6
Θερμοκρασία Λυμάτων, $T_{(in)}$ ( $^{\circ}C$ )	18	12

Ζητούνται:

- ✓ Η διαστασιολόγηση των επιμέρους τμημάτων της μονάδας
- ✓ Το διάγραμμα ροής των έργων

Η Οδηγία της Ε.Ε. για τη διάθεση επεξεργασμένων αποβλήτων σε ευαίσθητους αποδέκτες ορίζει:

Παράμετροι	Καλοκαίρι	Χειμώνας
$BOD_{5(out)}$ ( $mg/l$ )	11	5
$SS_{(out)}$ ( $mg/l$ )	<35	<35
$NH_3/N_{(out)}$ ( $mg/l$ )	$\leq 2$	$\leq 2$
$NO_3/N_{(out)}$ ( $mg/l$ )	$\leq 6$	$\leq 6$
$P_{(out)}$ ( $mg/l$ )	$\leq 1-2$	$\leq 1-2$

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

### Δεδομένα – Σχεδιασμός Εσχάρωσης

#### Δεδομένα.

Παράμετροι	Καλοκαίρι	Χειμώνας
Μέγιστη Ημερήσια Παροχή ( $m^3/day$ )	39500	27000
Παροχή Αιχμής (l/sec)	725	375
Ελάχιστη Παροχή (l/sec)	100	100
$BOD_5(in)$ (mg/l)	208	137
$SS_{(in)}$ (mg/l)	257	167
$VSS_{(in)}/SS_{(in)}$	0,70	0,70
$N_{(in)}$ (mg/l)	42,8	24
$P_{(in)}$ (mg/l)	8,2	4,6
Θερμοκρασία Λυμάτων, $T_{(in)}$ ( $^{\circ}C$ )	18	12

- Τύπος εσχάρας: κατακόρυφη, μηχανικά καθαριζόμενη
- Αριθμός εσχάρων: 3 (2 σε λειτουργία + 1 εφεδρική)
- Πλάτος ράβδων: 0,01 m
- Πλάτος διακένου μεταξύ των ράβδων: 0,01 m
- Για  $Q_{max} = 0,725 m^3/sec$ ,  $u_{max} \leq 1,2 m/sec$  (αποφυγή παρασυρμού στερεών)
- Για  $Q_{min} = 0,2 m^3/sec$ ,  $u_{min} \geq 0,25 m/sec$  (αποφυγή εναπόθεσης στερεών)
- Για  $Q_{max} = 0,725 m^3/sec$ , βάθος ροής,  $D_{max} = 0,646 m$
- Για  $Q_{min} = 0,2 m^3/sec$ , βάθος ροής,  $D_{min} = 0,347 m$

### Σχεδιασμός Εσχάρωσης

Το στάδιο της προεπεξεργασίας αποτελείται από την εσχάρωση την εξάμμωση και την τυχόν απομάκρυνση των ελαιωδών ουσιών. Στην υπό μελέτη μονάδα το στάδιο της προεπεξεργασίας θα περιλαμβάνει και τα τρία υποστάδια.

Ο τύπος της εσχάρας και ο τρόπος της εσχάρωσης επιλέχθηκε να είναι κατακόρυφη και μηχανικά καθαριζόμενη. Για να είναι επαρκής η εσχάρωση έτσι ώστε να απομακρύνει τα ογκώδη στερεά από την μονάδα έχουμε 3 εσχάρες εκ των οποίων οι δύο σε πλήρη λειτουργία και μία εφεδρική σε περίπτωση βλάβης. Το πλάτος των παράλληλων ράβδων επιλέχθηκε να είναι 0,01μ. και το κενό ανάμεσά τους είναι 0,01μ. Η μέγιστη παροχή είναι 0,725 m<sup>3</sup> /sec και το  $u_{max} \leq 1,2$  m/sec, για να αποφευχθούν φαινόμενα παρασυρμού των στερεών, ενώ η ελάχιστη παροχή είναι 0,2m<sup>3</sup>/sec και το  $u_{min} \geq 0,25$  m/sec για την αποφυγή εναπόθεσης στερεών στο σύστημα του αποχετευτικού δικτύου. Για την μέγιστη παροχή το βάθος ροής είναι  $D_{max} = 0,646$  m και όμοια για την ελάχιστη παροχή το βάθος ροής θα είναι  $D_{min} = 0,347$  m.

Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί η ελεύθερη επιφάνεια του καναλιού, A, η οποία είναι δυνατό να υπολογιστεί από τον τύπο:  $Q_{max} = A * u_{max} \Rightarrow A = Q_{max} / u_{max} \Rightarrow A = 0,725$  m<sup>3</sup> /sec /1,2 m/sec  $\Rightarrow A = 0,604$  m<sup>2</sup>. Εφόσον η μελέτη γίνεται για δύο εσχάρες η επιφάνεια του κάθε καναλιού θα είναι  $A/2 \Rightarrow A' = 0,302$  m<sup>2</sup>.

Το ελεύθερο πλάτος των εσχάρων δίνεται από τον τύπο:

$$A_{el} = W_{el} * D_{max} \Rightarrow W_{el} = A_{el} / D_{max} \Rightarrow W_{el} = 0,302 / 0,646 \Rightarrow W_{el} = 0,467 \text{ m}$$

Επομένως ο αριθμός των εσχάρων που θα τοποθετηθούν θα είναι  $W_{el} = (N-1) * 0,01 \Rightarrow$

$$N = 48 \text{ ράβδοι}$$

Το συνολικό πλάτος των εσχάρων  $W_{total} = W_{el} + (N) * 0,01 \Rightarrow W_{total} = 0,47 + (48) * 0,01 \Rightarrow W_{total} = 0,95 \text{ m}$ .

Ανάλογα εφαρμόζουμε έλεγχο για την ελάχιστη παροχή και την ελάχιστη ταχύτητα προκειμένου να μην εναποτίθενται τα στερεά. Επομένως  $Q_{min} = A_{total} * u_{min} \Rightarrow u_{min} = Q_{min} / A_{total}$

$$A_{total} = W_{total} * D_{min} \Rightarrow A_{total} = 0,95 * 0,347 \Rightarrow A_{total} = 0,33 \text{ m}^2$$

Επομένως το  $u_{min}$  θα γίνει :  $u_{min} = Q_{min} / A_{total} \Rightarrow u_{min} = 0,2 \text{ m}^3 / \text{sec} / 0,33 \text{ m}^2 \Rightarrow u_{min} = 0,60 \text{ m/sec}$

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω είναι δυνατό να υπολογίσουμε τον όγκο των εσχαρασμάτων δεχόμενοι ότι παράγονται 0,03m<sup>3</sup>/1000m<sup>3</sup>/day. Για την περίπτωση του χειμώνα θα παράγονται  $V_{εσχ} = Q_{max} * 0,03 / 1000 \Rightarrow V_{εσχ} = 0,81 \text{ m}^3 / \text{day}$  χειμώνα. Ομοίως για το καλοκαίρι  $V_{εσχ} = Q_{max} * 0,03 / 1000 \Rightarrow V_{εσχ} = 1,185 \text{ m}^3 / \text{day}$  καλοκαιριού.



## Δεδομένα – Εξάμμωση

### Δεδομένα

- Τύπος εξαμμωτή: αεριζόμενος εξαμμωτής
- Αριθμός εξαμμωτών: 2 (1 σε λειτουργία + 1 εφεδρικός)
- Χρόνος παραμονής στον εξαμμωτή: 4 min
- Βάθος: 3 m
- Πλάτος / Βάθος : 1,2 / 1
- Απαίτηση σε αέρα: 0,3 m<sup>3</sup>/min m

### Εξάμμωση

Για την εξάμμωση θα χρησιμοποιήσουμε 2 εξαμμωτές. Ο τύπος του εξαμμωτή είναι αεριζόμενος ο ένας εκ των οποίων είναι εφεδρικός σε περίπτωση βλάβης. Ο χρόνος παραμονής του νερού στον εξαμμωτή μετά το στάδιο της εσχάρωσης είναι 4min . Το βάθος του καναλιού εξάμμωσης είναι 3m και ο λόγος του πλάτους / του βάθους είναι: 1,2/1. οι απαιτήσεις του σταδίου της εξάμμωσης σε αέρα είναι: 0,3m<sup>3</sup> /min m.

Για να σχεδιαστεί ο τύπος του εξαμμωτή υπολογίζουμε τον όγκο και το μήκος του αρχικά. Τον όγκο του εξαμμωτή είναι δυνατό να τον εκτιμήσουμε από τον τύπο  $\Theta = V / Q_{\max} \Rightarrow V = \Theta \cdot Q_{\max} \Rightarrow V = 4 \text{ min} \cdot 60 \text{ sec/min} \cdot 0,725 \text{ m}^3/\text{sec} \Rightarrow V = 174 \text{ m}^3$  και το μήκος του εξαμμωτή θα δίνεται από τον τύπο:  $V = W \times D \times L$

Όπου:

L = μήκος εξαμμωτή (m), W = πλάτος εξαμμωτή (m), D = βάθος εξαμμωτή (m)

Το βάθος του εξαμμωτή μας δίνεται ίσο με 3m άρα σύμφωνα με την αναλογία το πλάτος θα είναι 3,6m

$$V = W \times D \times L \Rightarrow L = V / W \times D \Rightarrow L = 174 / 3,6 \times 3 \Rightarrow L = 16,1 \text{ m}$$

Ο χρόνος παραμονής για τον εξαμμωτή διαφέρει από καλοκαίρι σε χειμώνα. Για την περίπτωση του χειμώνα  $\theta_{\text{χειμ}} = V_{\text{εξ}} / Q_{\max \text{ χειμώνα}} \Rightarrow \theta = 174 \text{ m}^3 / 27000 \text{ m}^3/\text{day} \Rightarrow \theta = 0,0064 \text{ day} \Rightarrow \theta = 9,2 \text{ min}$ .

Για την περίπτωση του καλοκαιριού ομοίως θα έχουμε:  $\theta_{\text{καλ}} = V_{\text{εξ}} / Q_{\max \text{ καλοκαιριού}} \Rightarrow \theta = 174 \text{ m}^3 / 39500 \text{ m}^3/\text{day} \Rightarrow \theta = 0,0044 \text{ day} \Rightarrow \theta = 6,3 \text{ min}$

Η απαίτηση σε αέρα = 16,1 m × 0,3 m<sup>3</sup>/min m = 4,83 m<sup>3</sup>/min

Θεωρώντας ότι παράγονται 0,05 m<sup>3</sup> προϊόντα εξάμμωσης / 1000 m<sup>3</sup> λιμμάτων, υπολογίζονται οι ποσότητες για καλοκαίρι και χειμώνα χρησιμοποιώντας τις μέγιστες παροχές για την κάθε περίπτωση. Στην περίπτωση του χειμώνα θα έχουμε **V<sub>προϊόντων εξάμμωσης χειμώνα</sub> = 1,35m<sup>3</sup>** ενώ για την περίπτωση του καλοκαιριού ανάλογα θα έχουμε **V<sub>προϊόντων εξάμμωσης καλοκαιριού</sub> = 1,97m<sup>3</sup>**

Τέλος στη περίπτωση της απομάκρυνσης των λιπών και των ελαίων για να ολοκληρωθεί το στάδιο της προεπεξεργασίας θα πρέπει να υπολογιστεί το ποσό των λιπών που παράγονται κατά την διάρκεια της ημέρας.

Γνωρίζουμε ότι περιέχονται 100 mg/l αποβλήτων επομένων κατά αναλογία για την περίπτωση του χειμώνα θα παράγονται 2,7kg/day και το καλοκαίρι 3,95 kg/day.

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

### Δεδομένα – Σχεδιασμός Δεξαμενών Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

#### Δεδομένα

Παράμετροι	Καλοκαίρι	Χειμώνας
Μέγιστη Ημερήσια Παροχή ( $m^3/day$ )	39500	27000
Παροχή Αιχμής (l/sec)	725	375
Ελάχιστη Παροχή (l/sec)	100	100
$BOD_5(in)$ (mg/l)	208	137
$SS_{(in)}$ (mg/l)	257	167
$VSS_{(in)}/SS_{(in)}$	0,70	0,70
$N_{(in)}$ (mg/l)	42,8	24
$P_{(in)}$ (mg/l)	8,2	4,6
Θερμοκρασία Λυμάτων, $T_{(in)}$ ( $^{\circ}C$ )	18	12

- Τύπος δεξαμενών: κυκλικές
- Αριθμός δεξαμενών: 2
- Μέσο βάθος δεξαμενής, D: 3,6 m
- Συγκέντρωση στερεών στην πρωτοβάθμια ιλύ: 40.000 mg/l
- Επιφανειακή φόρτιση, q:  $48 m^3/m^2 day$

### Σχεδιασμός Δεξαμενών Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

Υπολογίσουμε την δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης για την διάρκεια του καλοκαιριού, βρίσκοντας τις διαστάσεις της δεξαμενής.

Θα σχεδιαστούν δύο δεξαμενές κυκλικού σχήματος και μέσου βάθους  $D = 3,6\text{m}$ . Για τον υπολογισμό της επιφάνειας θα έχουμε :

$$A = Q/q \text{ όπου}$$

A: είναι η επιφάνεια της δεξαμενής σε  $\text{m}^2$ , Q: είναι η παροχή εισόδου στη δεξαμενή σε  $\text{m}^3/\text{d}$  και q: το υδραυλικό φορτίο σε  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$  άρα θα έχουμε

$$A = Q/q \Rightarrow$$

$$A = 39500 \text{ m}^3/\text{d} / 48 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d} \Rightarrow$$

$$A = 823 \text{ m}^2$$

Εφόσον έχουμε δύο δεξαμενές η κάθε μία θα έχει  $A' = 412\text{m}^2$

Εφόσον οι δεξαμενές είναι κυκλικές η διάμετρος(d) της κάθε μίας θα είναι :

$$d = (4 \cdot A' / \pi)^{1/2} \Rightarrow$$

$$d = (4 \cdot 412\text{m}^2 / 3,14)^{1/2} \Rightarrow d = 23\text{m}$$

Επομένως η κάθε μία θα έχει όγκο  $V' = A \cdot D'$

Όπου  $D'$  το ενεργό βάθος της κάθε δεξαμενής.

$$V' = A \cdot D' \Rightarrow V' = 412\text{m}^2 \cdot 3,6\text{m} \Rightarrow V' = 1483\text{m}^3$$

Εφόσον υπολογίστηκε ο όγκος της κάθε δεξαμενής μπορεί να υπολογιστεί και ο χρόνος παρακράτησης  $\theta$  (η παροχή θα διαιρεθεί στο μισό επειδή θα κατασκευαστούν δύο δεξαμενές)

$$\theta = V' / Q \Rightarrow \theta = 1483\text{m}^3 / 39500\text{m}^3/\text{d} / 2 \Rightarrow \theta = 0,075\text{d} \Rightarrow \theta = 1,8 \text{ h}$$

Από τα δεδομένα έχουμε τιμές:

	a	b
BOD	0,018	0,020
TSS	0,0075	0,014

Η επί τοις εκατό απομάκρυνση των BOD και αιωρούμενων στερεών θα είναι:

$$R = \theta/a + (b \cdot \theta)$$

Για την περίπτωση του BOD θα έχουμε:

$$R = \theta/a + (b \cdot \theta) \Rightarrow R = 1,8/0,018 + (0,020 \cdot 1,8) \Rightarrow R = 33,3\%$$

Ενώ στην περίπτωση των αιωρούμενων θα έχουμε:

$$R = \theta/a + (b \cdot \theta) \Rightarrow R = 1,8/0,0075 + (0,014 \cdot 1,8) \Rightarrow R = 55\%$$

Εφόσον θα έχουμε 33,3% απομάκρυνση του BOD τότε το BOD( $BOD_{out}$ ) εξόδου θα είναι:

$$BOD_{out} = 0,67 \cdot BOD_{in} \Rightarrow BOD_{out} = 0,67 \cdot 208\text{mg/l} \Rightarrow BOD_{out} = 139,37\text{mg/l}$$

Και για την περίπτωση των αιωρούμενων στερεών η απομάκρυνση είναι 55% άρα τα  $SS_{out}$  θα είναι:

$$TSS_{out} = 0,45 \cdot TSS_{in} \Rightarrow TSS_{out} = 0,45 \cdot 257\text{mg/l} \Rightarrow TSS_{out} = 116\text{mg/l}$$

Τέλος για την περίπτωση του καλοκαιριού θα πρέπει να υπολογίσουμε την μάζα και τον όγκο της παραγόμενης ιλύος από την δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η μάζα της παραγόμενης ιλύος M θα είναι:(όπου Q θα είναι η παροχή των ΥΑ στην μονάδα)

$$M = Q \cdot (TSS_{in} - TSS_{out}) \Rightarrow M = 39500\text{m}^3/\text{d} \cdot (257\text{mg/l} - 116\text{mg/l}) \Rightarrow M = 5569\text{kg/d TSS}$$

$$D = m/V \Rightarrow V = m/D \Rightarrow V = 5570\text{kg} / 0,04\text{kg/l} \Rightarrow V = 139,25\text{m}^3$$

Στην περίπτωση του χειμώνα θα έχουμε ομοίως :

Το υδραυλικό φορτίο q ( $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ ) θα είναι:

$$A = Q/q \Rightarrow q = 27000\text{m}^3/\text{d} / 823\text{m}^2 \Rightarrow q = 32,8\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$$

Ο χρόνος παρακράτησης  $\theta$  θα είναι:

$$\theta = V_{δελ}/Q \Rightarrow \theta = 1483\text{m}^3 / 27000\text{m}^3/\text{d} / 2 \Rightarrow \theta = 0,109\text{d} \Rightarrow \theta = 2,6\text{h}$$

Η επί τοις εκατό απομάκρυνση  $R = \theta/a + (b \cdot \theta)$  των BOD και των αιωρούμενων στερεών θα είναι:

Για την περίπτωση του BOD θα έχουμε:

$$R = \theta/a + (b \cdot \theta) \Rightarrow R = 2,6/0,018 + (0,020 \cdot 2,6) \Rightarrow R = 37,1\%$$

Ενώ στην περίπτωση των αιωρούμενων θα έχουμε:

$$R = \theta/a + (b \cdot \theta) \Rightarrow R = 2,6/0,0075 + (0,014 \cdot 2,6) \Rightarrow R = 59,2\%$$

Εφόσον γίνεται 37,1% απομάκρυνση του BOD, τότε:

$$BOD_{out} = 0,63 \times BOD_{in} = 0,63 \times 137 \text{ mg/l} \Rightarrow BOD_{out} = 86 \text{ mg/l}$$

Εφόσον γίνεται 59,2% απομάκρυνση των TSS, τότε:

$$TSS_{out} = 0,41 \times TSS_{in} = 0,41 \times 167 \text{ mg/l} \Rightarrow TSS_{out} = 68 \text{ mg/l}$$

Η μάζα της παραγόμενης ιλύος M θα είναι:(όπου Q θα είναι η παροχή των ΥΑ στην μονάδα)

$$M=Q*(TSS_{in}-TSS_{out})=> M=27000m^3/d*(167mg/l-68mg/l)=> \mathbf{M=2673kg/d TSS}$$

$$D=m/V => V=m/d => V=2673kg/0,04kg/l => \mathbf{V=66,8m^3}$$

Μπορούμε να ελέγξουμε την περίπτωση κατασκευής τριών δεξαμενών πρωτοβάθμιας αντί των δύο που προεπιλέχθηκε να κατασκευαστούν.

Οι δεξαμενές και σε αυτή την περίπτωση θα είναι μέσου βάθους D= 3,6m. Για τον υπολογισμό της επιφάνειας θα έχουμε :

$$A= Q/q =>$$

$$A=39500 m^3/d /48 m^3/m^2d =>$$

$$\mathbf{A= 823 m^2}$$

Εφόσον έχουμε τρεις δεξαμενές η κάθε μία θα έχει  $\mathbf{A' = 274,3m^2}$

Εφόσον οι δεξαμενές είναι κυκλικές η διάμετρος(d) της κάθε μίας θα είναι :

$$d= (4*A' /\pi)^{1/2} =>$$

$$d=(4*274m^2/3,14)^{1/2}=> \mathbf{d= 18,67m}$$

Επομένως η κάθε μία θα έχει όγκο  $V' = A*D'$

Όπου D' το ενεργό βάθος της κάθε δεξαμενής.

$$V' = A*D' => V' = 274m^2*3,6m => \mathbf{V' = 986,4m^3}$$

Εφόσον υπολογίστηκε ο όγκος της κάθε δεξαμενής μπορεί να υπολογιστεί και ο χρόνος παρακράτησης θ (η παροχή θα διαιρεθεί στο μισό επειδή θα κατασκευαστούν τρεις δεξαμενές)

$$\theta= V' /Q => \theta= 986,4m^3/39500m^3/d/3 => \theta=0,075d => \mathbf{\theta= 1,8 h}$$

Επομένως ο χρόνος παρακράτησης βγαίνει ίδιος και για την περίπτωση των τριών δεξαμενών. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση του χειμώνα. Επομένως η κατασκευή τριών δεξαμενών αντί δύο δεν έχει σημαντικές διαφορές όσον αφορά τους χρόνους παρακράτησης και τα υπόλοιπα στοιχεία της λειτουργίας της μονάδας.

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

## Δεδομένα – Σχεδιασμός Δεξαμενής Αερισμού

### Δεδομένα

- $BOD_{out} = 11 \text{ mg/l}$
- $SS_{out} = 10 \text{ mg/l}$
- $K_d = 0,1 \text{ d}^{-1} (20^\circ \text{C})$
- $\mu_{max} = 2,5 \text{ d}^{-1} (20^\circ \text{C})$
- $Y = 0,65$
- $K_s = 25 \text{ mg/l}$
- $q_{max} = 3,8 \text{ d}^{-1} (20^\circ \text{C})$
- $DO = 2,5 \text{ mg/l}$
- $K_O = 0,3 \text{ mg/l}$
- $K_N = 0,577 \text{ mg/l}$
- $\mu_{Nmax} = 0,255 \text{ d}^{-1} (20^\circ \text{C})$
- $K_{dN} = 0,03 \text{ d}^{-1} (20^\circ \text{C})$
- $MLSS = 3000 \text{ mg/l}$
- $VSS/MLSS = 0,8$
- $MLSS_{RAS} = 7000 \text{ mg/l}$
- $G_{\text{υδρ}} = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ day}$
- $G_{\text{οργ}} = 120 \text{ Kg/m}^2 \text{ day}$

## Σχεδιασμός Δεξαμενής Αερισμού

Και εδώ θα εξετάσουμε αρχικά την περίπτωση της δεξαμενής αερισμού για την περίπτωση του καλοκαιριού.

Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστεί η ηλικία ιλύος για την αποδόμηση των οργανικών ουσιών  $1/\theta_c = \mu_{max} * S / (K_s + S) - k_d$

Όπου

$\mu_{max}$  = ο μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών

$k_d$  = ο ειδικός ρυθμός φθοράς μικροοργανισμών

$S$  = συγκέντρωση BOD στα επεξεργασμένα απόβλητα ( $\text{g BOD/m}^3$ )

$$1/\theta_c = \mu_{max} * S / [(K_s + S) - k_d] \Rightarrow$$

$$1/\theta_c = 2,5 * 11 / [(25 + 11) - 0,1] \Rightarrow \theta_c = 1,5 \text{ d}$$

Κατόπιν υπολογίζεται η ηλικία ιλύος που ευθύνεται για τη νιτροποίηση:

$$\mu_N = \mu_{N(max)} \times \left( \frac{NH_3 / N}{NH_3 / N + K_N} \right) \times \left( \frac{DO}{DO + K_o} \right) = 0,255 \times \left( \frac{2}{2 + 0,577} \right) \times \left( \frac{2,5}{2,5 + 0,3} \right) = 0,177$$

Όπου,

$\mu_N$  = ταχύτητα ανάπτυξης νιτροποιητών ( $\text{day}^{-1}$ )

$\mu_{Nmax}$  = μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης νιτροποιητών ( $\text{day}^{-1}$ )

$NH_3/N$  = αμμωνιακό άζωτο ( $\text{mg/l}$ )

$DO$  = διαλυμένο οξυγόνο ( $\text{mg/l}$ )

$K_N$  = σταθερά κορεσμού για αμμωνιακό άζωτο

$K_o$  = σταθερά κορεσμού για οξυγόνο

Επομένως η ηλικία ιλύος θα είναι:

$$\theta_c = \frac{1}{\mu_N - K_{dN}} = \frac{1}{0,177 - 0,03} = 6,8 \text{ days}$$

Με χρήση του απαραίτητου συντελεστή ασφαλείας 1,5 η ηλικία ιλύος θα είναι:

$$\theta_c = 1,5 * 6,8 \Rightarrow \theta_c = 10,2 \text{ d.}$$

Εφόσον έχει υπολογιστεί η ηλικία ιλύος  $\theta_c$  θα υπολογιστεί το εξερχόμενο από τη δεξαμενή αερισμού  $BOD_{out}$

$$BOD_{out} = \frac{K_s(1+k_d\theta_c)}{\theta_c(Yq_{max} - k_d) - 1} = \frac{25[(1 + (0,1 \times 10,2))]}{10,2(2,5 - 0,1) - 1} = 2,2 \text{ mg/l}$$

$$E_{BOD} = 100 \times \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} = 100 \times \frac{139 - 2,2}{139} = 98,4\%$$

Όπου

$Y$  = συντελεστής μετατροπής υποστρώματος σε βιομάζα (mg VSS/mg COD)

$q$  = ειδικός ρυθμός χρήσης υποστρώματος (1/d)

$k_d$  = ειδικός ρυθμός φθοράς μικροοργανισμών (1/d)

Μετά τον υπολογισμό του εξερχόμενου BOD είναι δυνατό να προχωρήσουμε στην διαστασιολόγηση της υπό εξέταση δεξαμενής.

Εφόσον  $VSS/MLSS = 0,8$  τότε  $VSS=2400 \text{ mg/l}$

Από τον τύπο της βιομάζας  $X$  μπορούμε να υπολογίσουμε τον χρόνο παρακράτησης  $\theta$  ( $X$ : εξαρτάται από  $\theta_c, \theta, Y, k_d, (BOD_{in} - BOD_{out})$ )

$$X = \frac{\theta_c}{\theta} \left( \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + \theta_c k_d} \right) \Rightarrow \theta = \frac{\theta_c}{X} \left( \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + \theta_c k_d} \right) = \frac{10,2}{2400} \left( \frac{0,65(139 - 2,2)}{1 + (10,2 \times 0,1)} \right) = 0,187 \text{ days} = 4,5 \text{ ώρες}$$

$$r = \frac{MLSS}{MLSS_{RAS} - MLSS} = \frac{3000}{7000 - 3000} = 0,75$$

Επομένως ο όγκος της δεξαμενής θα είναι:

$$\theta = \frac{V}{Q_{o\alpha}} \Rightarrow V = \theta \times (Q + Q_R) = 0,187 \text{ days} \times (1 + 0,75) 39500 \text{ m}^3 / \text{day} = 12926 \text{ m}^3$$

Εφόσον θα φτιαχτούν 2 δεξαμενές τότε ο όγκος καθεμίας θα ισούται με  $6465 \text{ m}^3$ .

**Οι δεξαμενές τελικά θα έχουν βάθος 4m, πλάτος 25m και μήκος 65m.**

Αφού διαστασιολογήθηκαν οι δεξαμενές μπορούμε να περάσουμε στον υπολογισμό της αποβαλλόμενης ιλύος.

$$\theta_c = \frac{VX}{(Q - Q_w)SS_{out} + Q_w X_R} \Rightarrow Q_w = \frac{VX - QSS_{out}}{X_R - SS_{out}} = 487 \text{ m}^3 / \text{day}$$

Όπου  $Q_w$  = με την αποβαλλόμενη ιλύ, mg/l

$SS_{out}$  = τα αποβαλλόμενα αιωρούμενα στερεά σε mg/l

$X_R, X_e$  = το υπόστρωμα που αποβάλλεται με την έξοδο ιλύος και υπερκείμενου υγρού

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει έλεγχος φορτίου

$$\frac{F}{M} = \frac{QBOD_m}{VSS \times V} = \frac{39500 \text{ m}^3 / \text{day} \times 139 \text{ mg/l}}{2400 \text{ mg/l} \times 12926 \text{ m}^3} = 0,177 \text{ mgBOD} / \text{mgVSSday}$$

$F$ : η παροχή υποστρώματος στους  $\mu/o$ ,  $\text{kgm}^{-3}\text{d}^{-1}$

$M$ : η μάζα των  $\mu/o$  που αντιστοιχεί στο υπόστρωμα αυτό,  $\text{kg m}^{-3}$

Κατόπιν γίνεται υπολογισμός της δεξαμενής καθίζησης μετά την δεξαμενή αερισμού.  
Ο υδραυλικός χρόνος

$$G_{\nu\delta\rho} = \frac{Q}{A} \Rightarrow A = \frac{Q}{G_{\nu\delta\rho}} = \frac{39500 \text{ m}^3 / \text{day}}{20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{day}} = 1975 \text{ m}^2$$

$$G_{opp} = \frac{(1+r)QMLSS}{A} \Rightarrow A = \frac{(1+r)QMLSS}{G_{opp}} = \frac{1,77 \times 39500 \text{ m}^3 / \text{day} \times 3000 \text{ mg/l}}{120 \text{ Kg} / \text{m}^2 \text{day} \times 1000} = 1748 \text{ m}^2$$

Άρα επιλέγεται επιφάνεια ίση με  $1975 \text{ m}^2$ .

Για βάθος 3.5 m, προκύπτει όγκος  $V = 1975 \times 3,5 \Rightarrow V = 6913 \text{ m}^3$

Εφόσον θα φτιαχτούν 2 δεξαμενές καθίζησης, τότε για καθεμία η επιφάνεια θα είναι:  $A = 988 \text{ m}^2$ .

$$A_{\Delta TK} = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = 35 \text{ m}$$

Ομοίως θα ακολουθηθεί η διαδικασία και για το χειμώνα:

Η ηλικία ιλύος για την αποδόμηση οργανικών ενώσεων στην περίπτωση του χειμώνα θα είναι:

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{\mu_{max} S}{K_s + S} - k_d = \frac{1,9 \times 5}{25 + 5} - 0,07 \Rightarrow \theta_c = 4 \text{ days}$$

Ενώ στην περίπτωση της ηλικίας ιλύος για την περίπτωση της νιτροποίησης

$$\mu_N = \mu_{N(max)} \times \left( \frac{NH_3 / N}{NH_3 / N + K_N} \right) \times \left( \frac{DO}{DO + K_o} \right) = 0,186 \times \left( \frac{2}{2 + 0,577} \right) \times \left( \frac{2,5}{2,5 + 0,3} \right) = 0,129$$

$$\theta_c = \frac{1}{\mu_N - K_{dN}} = \frac{1}{0,129 - 0,02} = 9,3 \text{ days}$$

Με χρήση συντελεστή ασφαλείας = 1.5, υπολογίζεται:

$$\theta_c = 1,5 \times 9,3 = 14 \text{ d}$$

$$BOD_{out} = \frac{K_s(1+k_d\theta_c)}{\theta_c(Yq_{max} - k_d) - 1} = \frac{25[(1+(0,07 \times 14)]}{14(1,9 - 0,07) - 1} = 2 \text{ mg/l}$$

$$E_{BOD} = 100 \times \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} = 100 \times \frac{86 - 2}{86} = 98\%$$

Για την περίπτωση του χειμώνα θα εξεταστεί το ενδεχόμενο να λειτουργεί μόνο η μία δεξαμενή αερισμού

για  $r = 0,5$

$$\theta = \frac{V}{Q_{oi}} = \frac{6465 \text{ m}^3}{1,5 \times 27000} = 0,160 \text{ days} = 3,8 \text{ ώρες}$$

$$X = \frac{\theta_c \left( \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + \theta_c k_d} \right)}{\theta} = \frac{14 \left( \frac{0,65(86 - 2)}{1 + (14 \times 0,07)} \right)}{0,16} = 2413 \text{ mgVSS/l}$$

Εφόσον VSS/MLSS = 0,8 τότε MLSS=3016 mg/l

Κατόπιν ελέγχεται το φορτίο για τη δεξαμενή

$$\frac{F}{M} = \frac{QBOD_{in}}{VSS \times V} = \frac{27000 \text{ m}^3 / \text{day} \times 86 \text{ mg/l}}{2413 \text{ mg/l} \times 6465 \text{ m}^3} = 0,148 \text{ mgBOD} / \text{mgVSSday}$$

Κατόπιν γίνεται υπολογισμός της δεξαμενής καθίζησης μετά την δεξαμενή αερισμού.

$$G_{υδρ} = \frac{Q}{A} = \frac{27000 \text{ m}^3 / \text{day}}{988 \text{ m}^2} = 27 > 20$$

είναι μεγαλύτερο από το  $G_{υδρ}=20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$  που μας δόθηκε σαν δεδομένο απορροής. Επομένως είναι αναγκαίο να κατασκευαστούν δύο δεξαμενές καθίζησης για τις οποίες

$$G_{υδρ} = \frac{Q}{A} = \frac{27000 \text{ m}^3 / \text{day}}{1976 \text{ m}^2} = 13 < 20$$

$$G_{οργ} = \frac{(1+r)QMLSS}{A} = \frac{1,5 \times 27000 \text{ m}^3 / \text{day} \times 3016 \text{ mg/l}}{1976 \text{ m}^2 \times 1000} = 62 < 120.$$

## ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ

### Δεδομένα

- $\text{NO}_3\text{-N}_{out} = 6 \text{ mg/l}$
- $\text{NH}_4\text{-N}_{out} = 2 \text{ mg/l}$
- 5%  $\text{N}_{in}$  = βιοσύνθεση Κατασκευή 2 ανοξικών δεξαμενών (βάθος 4m)
- $q_{dn} = 0,09 \text{ (g NO}_3\text{-N/g VSS day)}$
- $\theta_{αναρ} = 1 \text{ ώρα}$  Κατασκευή 2 αναερόβιων δεξαμενών (βάθος 4 m)
- $P_{out} = 2 \text{ mg/l}$
- $F/M = 6 \text{ Kg BOD/Kg VSS}$  (φρεάτιο επιλογής)
- 0,5  $BOD_{in}$  = ως πτητικές οργανικές ενώσεις
- 8,5 g BOD/g P
- 5,5 g BOD/ g  $\text{NO}_3\text{-N}$

### Σχεδιασμός Απονιτροποίησης

Για τον σχεδιασμό της ανοξικής δεξαμενής θα πρέπει αρχικά να υπολογιστεί το N που προορίζεται για απονιτροποίηση. Το οποίο είναι:

Μάζα N διαθέσιμου για απονιτροποίηση = Μάζα N εισερχόμενου - Μάζα N εξερχόμενου - Μάζα N για βιοσύνθεση  
Το εισερχόμενο N θα είναι:

Μάζα N εισερχόμενου =  $Q_{in} \times N_{in} = 39500 \text{ m}^3/\text{day} \times 42,8 \text{ mg/l} \Rightarrow$  Μάζα N εισερχόμενου = 1691 Kg N/day

Το εξερχόμενο N θα είναι:

Μάζα N εξερχόμενου =  $[Q_{in} \times \text{NH}_4/\text{N}_{out}] + [(Q_{in} \times \text{NO}_3/\text{N}_{out}) \Rightarrow$

Μάζα N εξερχόμενου =  $[39500 \text{ m}^3/\text{day} \times 2 \text{ mg/l}] + [(39500 \text{ m}^3/\text{day} \times 6 \text{ mg/l}) \Rightarrow$

Μάζα N εξερχόμενου = 316 Kg N/day

Το N της βιοσύνθεσης από τα δεδομένα είναι 15% του N που εισέρχεται στη δεξαμενή:

Μάζα N για βιοσύνθεση =  $0,15 \times Q_{in} \times N_{in} = 0,15 \times 39500 \text{ m}^3/\text{day} \times 42,8 \text{ mg/l} \Rightarrow$

Μάζα N για βιοσύνθεση = 254 Kg N/day

Άρα:

Μάζα N διαθέσιμου για απονιτροποίηση = 1691 – 316 – 254 = 1121 Kg N/day

Ο όγκος της δεξαμενής με τις ανοξικές συνθήκες θα υπολογιστεί από:

$$V_{\text{ανοξ}} = \frac{M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}}}{r_{\text{dn}} \times X} = \frac{1121 \text{KgN/day}}{0,09 \text{KgN/KgVSSday} \times 2,4 \text{Kg/m}^3} = 5190 \text{m}^3$$

$M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}}$  = μάζα N που προορίζεται για απονιτροποίηση όπως υπολογίστηκε παραπάνω.

$R_{\text{dn}}$  = ο ρυθμός ανακυκλοφορίας kgN/Kg\*VSS\*d

X = η βιομάζα σε kg/m<sup>3</sup>

Εφόσον θα υπάρχουν δύο γραμμές επεξεργασίας

Άρα όγκος κάθε ανοξικής δεξαμενής ίσος με  $5190 \text{m}^3 / 2 \Rightarrow V_{\text{ανοξ}} = 2595 \text{m}^3$

Κατόπιν θα πρέπει να υπολογιστεί ο ρυθμός εσωτερικής ανακυκλοφορίας

$$M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}} = Q_{\text{in}} \times \text{NO}_3-\text{N}_{\text{prod}} \Rightarrow$$

$$\text{NO}_3-\text{N}_{\text{prod}} = 1121 \text{Kg N/day} / 39500 \text{m}^3/\text{day} \Rightarrow \text{NO}_3-\text{N}_{\text{prod}} = 28,4 \text{mg/l}$$

$$r = \frac{\text{NO}_3 - \text{N}_{\text{prod}}}{\text{NO}_3 - \text{N}_{\text{out}}} - 1 - R = \frac{28,4 \text{mg/l}}{6 \text{mg/l}} - 1 - 0,75 = 3$$

Ο σχεδιασμός για την περίπτωση του χειμώνα θα υπολογιστεί ομοίως. Επομένως το N που προορίζεται για απονιτροποίηση στη περίπτωση του χειμώνα θα είναι:

Μάζα N διαθέσιμου για απονιτροποίηση = Μάζα N εισερχόμενου - Μάζα N εξερχόμενου - Μάζα N για βιοσύνθεση

Το εισερχόμενο N θα είναι:

$$\text{Μάζα N}_{\text{εισερχόμενου}} = Q_{\text{in}} \times N_{\text{in}} = 27000 \text{m}^3/\text{day} \times 24 \text{mg/l} \Rightarrow$$

$$\text{Μάζα N}_{\text{εισερχόμενου}} = 648 \text{Kg N/day}$$

Το εξερχόμενο N θα είναι:

$$\text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = [Q_{\text{in}} \times \text{NH}_4/\text{N}_{\text{out}}] + [(Q_{\text{in}} \times \text{NO}_3/\text{N}_{\text{out}})] \Rightarrow$$

$$\text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = [27000 \text{m}^3/\text{day} \times 2 \text{mg/l}] + [(27000 \text{m}^3/\text{day} \times 6 \text{mg/l})] \Rightarrow$$

$$\text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = 216 \text{Kg N/day}$$

Το N της βιοσύνθεσης από τα δεδομένα είναι 15% του N που εισέρχεται στη δεξαμενή:

$$\text{Μάζα N}_{\text{για βιοσύνθεση}} = 0,15 \times Q_{\text{in}} \times N_{\text{in}} = 0,15 \times 27000 \text{m}^3/\text{day} \times 24 \text{mg/l} \Rightarrow$$

$$\text{Μάζα N}_{\text{για βιοσύνθεση}} = 97,2 \text{Kg N/day}$$

Άρα:

Μάζα N διαθέσιμου για απονιτροποίηση = 648 – 216 – 97,2 = 334,8 Kg N/day

Αρχικά θα γίνει δοκιμή για τη λειτουργία μόνο μίας δεξαμενής με ανοξικές συνθήκες.

$$q_{\text{dnT}} = q_{\text{dn}20\text{C}} \theta^{T-20}$$

ο χρόνος παρακράτησης σε αυτή τη περίπτωση θα είναι 1,026.

Η  $M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}}$  θα είναι:

$$V_{\text{ανοξ}} = \frac{M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}}}{q_{\text{dn}} \times X} \Rightarrow M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}} = V_{\text{ανοξ}} \times q_{\text{dn}} \times X = 2595 \text{m}^3 \times 0,07 \text{KgN/KgVSSday} \times 2,4 \text{Kg/m}^3 = 436 \text{KgN/day}$$

Η μάζα του N που δόθηκε από τον τύπο είναι μεγαλύτερη από τη μάζα του N που είναι διαθέσιμη για απονιτροποίηση. (436 Kg N/day > 334,8 Kg N/day)

Επομένως για την καινούργια τιμή διαθέσιμου αζώτου ξαναυπολογίζεται η μάζα του εξερχόμενου N:

$$\text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = \text{Μάζα N}_{\text{εισερχόμενου}} - \text{Μάζα N}_{\text{διαθέσιμου για απονιτροποίηση}} - \text{Μάζα N}_{\text{για βιοσύνθεση}} \\ \Rightarrow \text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = 648 - 436 - 97,2 \Rightarrow \text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = 114,8 \text{Kg N/day}$$

Ο καινούργιος ρυθμός αποβολής νιτρικών (NO<sub>3</sub>/N<sub>out</sub>) A

$$\text{Μάζα N}_{\text{εξερχόμενου}} = [27000 \text{m}^3/\text{day} \times 2 \text{mg/l}] + [27000 \text{m}^3/\text{day} \times A \text{mg/l}]$$

$$A = 114,8 \text{Kg N/day} \Rightarrow A = 2,3 \text{mg/l NO}_3/\text{N}_{\text{out}}$$

Ακόλουθα υπολογίζεται ο ρυθμός εσωτερικής ανακυκλοφορίας

$$M_{\text{NO}_3-\text{N}_{\text{αποξ}}} = Q_{\text{in}} \times \text{NO}_3-\text{N}_{\text{prod}} \Rightarrow \text{NO}_3-\text{N}_{\text{prod}} = 436 \text{Kg N/day} / 27000 \text{m}^3/\text{day} \Rightarrow$$

$$\text{NO}_3-\text{N}_{\text{prod}} = 16,1 \text{mg/l}$$

$$r = \frac{\text{NO}_3 - \text{N}_{\text{prod}}}{\text{NO}_3 - \text{N}_{\text{out}}} - 1 - R = \frac{16,1 \text{mg/l}}{2,3 \text{mg/l}} - 1 - 0,5 = 5,5$$

Άρα θα έχουμε υπερβολική αύξηση r => μεγάλη αραιώση BOD<sub>in</sub> => μεταφορά DO στην ανοξική δεξαμενή

Επομένως και κατά τη διάρκεια του χειμώνα θα πρέπει να λειτουργούν δύο ανοξικές δεξαμενές.



Για την περίπτωση των αναερόβιων δεξαμενών όπου θα γίνει η απομάκρυνση των φωσφορικών θα έχουμε όσον αφορά την περίπτωση του καλοκαιριού:

Εφόσον γνωρίζουμε ότι ο χρόνος παρακράτησης θα είναι 0,042d τότε ο όγκος της αναερόβιας δεξαμενής θα είναι:

$$\theta = \frac{V}{Q+Q_r} \Rightarrow V = 0,042 \text{ days} \times (1 + 0,75) 39500 \text{ m}^3 / \text{day} = 2900 \text{ m}^3$$

Και σε αυτή την περίπτωση θα έχουμε διπλό ρεύμα λειτουργίας, άρα η κάθε μία δεξαμενή με αναερόβιες συνθήκες θα έχει όγκο  $V'_{\text{αναερ}} = 1450 \text{ m}^3$  ( $4 \times 25 \times 15$ )

Το φρεάτιο επιλογής θα έχει όγκο:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \times BOD_{in}}{V_{sel} \times MLVSS} \Rightarrow V_{sel} = \frac{39500 \text{ m}^3 / \text{day} \times 139 \text{ mg/l}}{6 \text{ KgBOD} / \text{KgVSS} \times 2400 \text{ mg/l}} = 381 \text{ m}^3$$

Εφόσον έχουμε την περίπτωση δύο δεξαμενών το κάθε φρεάτιο θα έχει όγκο

$$V_{\text{φρεατίου}} = 191 \text{ m}^3$$

$$\text{Ο όγκος υπολοίπου τμήματος, } V_{\text{υπολ}} = 1450 - 191 = 1259 \text{ m}^3$$

Ακόλουθα υπολογίζεται το ποσοστό εξερχόμενου φωσφόρου εφαρμόζοντας ισοζύγιο για την αναερόβια δεξαμενή ως προς  $\text{NO}_3\text{-N}$

$$Q_{in} (\text{NO}_3\text{-N})_{in} + Q_{RAS} (\text{NO}_3\text{-N})_{out} = (Q + Q_{RAS}) (\text{NO}_3\text{-N})_{react}$$

$$Q_{in} 0 \text{ mg/l} + (0,75 \times 39500) 6 \text{ mg/l} = (1,75 \times 39500) (\text{NO}_3\text{-N})_{react}$$

$$(\text{NO}_3\text{-N})_{react} = 2,6 \text{ mg/l}$$

$(\text{NO}_3\text{-N})_{react}$  αντιδρά με μέρος του BOD

$$\text{BOD} = 2,6 \text{ g } (\text{NO}_3\text{-N})_{react} / \text{m}^3 \times 5,5 \text{ g BOD/g } (\text{NO}_3\text{-N}) = 14,3 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Διαθέσιμο BOD για απομάκρυνση P} = (0,5 \times 140) - 14,3 = 55,7 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Απομακρυνόμενος P} = (55,7 \text{ g/m}^3) / (8,5 \text{ g BOD/g P}) = 6,6 \text{ g/m}^3$$

$$\mathbf{P_{out} = 8,2 - 6,6 = 1,6 \text{ g/m}^3 \text{ ή mg/l}}$$

Για την περίπτωση του χειμώνα θα εφαρμοστεί ομοίως δοκιμή για την χρήση μόνο ενός αναερόβιου αντιδραστήρα

Ο χρόνος παρακράτησης στον αντιδραστήρα αυτόν θα είναι:

$$\theta = \frac{V}{Q+Q_r} = \frac{1450 \text{ m}^3}{27000 + (0,5 \times 27000)} = 0,035 \text{ days} = 0,9 \text{ ώρες}$$

Το φορτίο θα είναι:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \times BOD_{in}}{V_{sel} \times MLVSS} = \frac{27000 \text{ m}^3 / \text{day} \times 86 \text{ mg/l}}{191 \text{ m}^3 \times 2413 \text{ mg/l}} = 5,0 \text{ KgBOD} / \text{KgVSS}$$

Το ποσό φωσφόρου στην έξοδο θα είναι αποτέλεσμα του ισοζυγίου μάζας για την αναερόβια δεξαμενή ως προς  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

$$Q_{in} (\text{NO}_3\text{-N})_{in} + Q_{RAS} (\text{NO}_3\text{-N})_{out} = (Q + Q_{RAS}) (\text{NO}_3\text{-N})_{react}$$

$$Q_{in} 0 \text{ mg/l} + (0,5 \times 27000) 2,3 \text{ mg/l} = (1,5 \times 27000) (\text{NO}_3\text{-N})_{react}$$

$$(\text{NO}_3\text{-N})_{react} = 0,8 \text{ mg/l}$$

Το  $P_{out}$  θα είναι:

$(\text{NO}_3\text{-N})_{react}$  αντιδρά με μέρος του BOD

$$\text{BOD} = 0,8 \text{ g } (\text{NO}_3\text{-N})_{react} / \text{m}^3 \times 5,5 \text{ g BOD/g } (\text{NO}_3\text{-N}) = 4,4 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Διαθέσιμο BOD για απομάκρυνση P} = (0,5 \times 86) - 4,4 = 38,6 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Απομακρυνόμενος P} = (38,6 \text{ g/m}^3) / (8,5 \text{ g BOD/g P}) = 4,5 \text{ g/m}^3$$

$$\mathbf{P_{out} = 4,6 - 4,5 = 0,1 \text{ mg/l}}$$

*Επομένως είναι δυνατό να λειτουργεί η μία δεξαμενή με αναερόβιες συνθήκες.*

## ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

### Δεδομένα

- $TC_{in} = 107/100$  ml
- $TC_{out} = 20/100$  ml
- $Cl_2$  για κατανάλωση από συστατικά αποβλήτων = 4 mg/l
- $b = 4$
- $n = 2,8$
- $\theta = 90$  min = 0,0625 d
- Βάθος δεξαμενής = 3m
- Πλάτος καναλιού = 1,1 m
- Αριθμός καναλιών = 10

### Σχεδιασμός Απολύμανσης

Θα κατασκευαστούν δύο δεξαμενές απολύμανσης.

Και σε αυτή τη περίπτωση θα εξεταστεί πρώτη η λειτουργία κατά τους θερινούς μήνες.

Αρχικά θα υπολογιστεί το ποσό του χλωρίου

$$\frac{N}{N_0} = (C_R t / b)^{-n} \Rightarrow \frac{20}{107} = (C_R \cdot 90 \text{ min} / 4)^{-2,8} \Rightarrow C_R = 11 \text{ mg/l}$$

Άρα, απαιτούμενη δόση χλωρίου = 4 + 11 = 15 mg/l

Ο όγκος της δεξαμενής θα είναι:

$$\theta = \frac{V}{Q} \Rightarrow V = \theta \times Q = 0,0625 \text{ days} \times 39500 \text{ m}^3 / \text{day} = 2470 \text{ m}^3$$

Και εφόσον θα έχουμε δύο δεξαμενές ο όγκος της κάθε μίας θα είναι:

$$V_{\text{απολ}} = 1235 \text{ m}^3$$

Το μήκος της κάθε δεξαμενής θα είναι:

$$V = 10 \times (L \times W \times D) \Rightarrow L = \frac{1235 \text{ m}^3}{10 \times (1,1 \times 3)} = 37,4 \text{ m}$$

Για την περίπτωση του χειμώνα θα εξεταστεί το ενδεχόμενο όπως και στα προηγούμενα στάδια να λειτουργεί μόνο η μία δεξαμενή.

επομένως ο νέος χρόνος παρακράτησης θα είναι:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{1235 \text{ m}^3}{27000 \text{ m}^3 / \text{day}} = 1,1 \text{ hour} = 66 \text{ min}$$

η δόση χλωρίου για αυτή τη δεξαμενή θα είναι:

$$\frac{N}{N_0} = (C_R t / b)^{-n} \Rightarrow \frac{20}{107} = (C_R \times 66 \text{ min} / 4)^{-2,8} \Rightarrow C_R = 15 \text{ mg/l}$$

Άρα, απαιτούμενη δόση χλωρίου = 4 + 15 = 19 mg/l

Επομένως, είναι δυνατό να λειτουργεί η μία μόνο δεξαμενή για τις ανάγκες απολύμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες

## ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ

### ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΠΥΚΝΩΣΗ ΙΛΥΟΣ

#### Δεδομένα

- $TSS_{out} = 60000 \text{ mg/l}$
- Οργανική φόρτιση =  $70 \text{ Kg/m}^2 \text{ d}$
- Βάθος =  $3 \text{ m}$
- Κατασκευή 2 κυκλικών δεξαμενών πύκνωσης

#### Σχεδιασμός Πύκνωσης Ιλύος

Θα μελετηθεί αρχικά η περίπτωση του καλοκαιριού.

Αρχικά υπολογίζεται η παροχή της πυκνωμένης ιλύος:

$$C = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{Q} = \frac{(40000 \text{ mg/l} \times 139,3 \text{ m}^3 / \text{day}) + (7000 \text{ mg/l} \times 473 \text{ m}^3 / \text{day})}{612,3 \text{ m}^3 / \text{day}} = 14508 \text{ mg/l}$$

$$C_1 Q_1 = C_2 Q_2 \Rightarrow Q_2 = (14508 \text{ mg/l} \times 612,3 \text{ m}^3 / \text{d}) / 60000 \text{ mg/l} \Rightarrow Q_2 = 148 \text{ m}^3 / \text{d}$$

Από τον τύπο της οργανικής φόρτισης μπορούμε να υπολογίσουμε την επιφάνεια της δεξαμενής.

$$\text{Οργανική Φόρτιση} = \frac{Q \times SS}{A} \Rightarrow A = \frac{612,3 \text{ m}^3 / \text{day} \times 14508 \text{ mg/l}}{70 \times 1000} = 126,9 \text{ m}^2$$

η επιφανειακή φόρτιση θα είναι:

$$\text{Επιφανειακή φόρτιση} = \frac{Q}{A} = \frac{612,3 \text{ m}^3 / \text{day}}{126,9 \text{ m}^2} = 4,8 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ day}$$

Εφόσον το βάθος της δεξαμενής  $3 \text{ m}$  προκύπτει συνολικός όγκος

$$V = 3 \times 126,9 = 380,7 \text{ m}^3$$

Οι δεξαμενές που θα κατασκευαστούν είναι δύο, άρα η κάθε μία θα έχει όγκο

$$V_{\text{πυκν}} = 190 \text{ m}^3$$

Εφόσον οι δεξαμενές είναι κυκλικές, η διάμετρος θα είναι:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 63,5}{3,14}} = 9m$$

Για την περίπτωση του χειμώνα η παροχή της πυκνωμένης ιλύος θα είναι:

$$C = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{Q} = \frac{(40000mg/l \times 66,8m^3/day) + (9000mg/l \times 93,9m^3/day)}{160,7m^3/day} = 21886mg/l$$

$$C_1 Q_1 = C_2 Q_2 \Rightarrow Q_2 = (21886mg/l \times 160,7m^3/d) / 60000 mg/l \Rightarrow Q_2 = 59m^3/d$$

Όπως και παραπάνω για την περίπτωση του χειμώνα θα γίνει δοκιμή για τη χρήση μίας μόνο δεξαμενής.

Έτσι η οργανική φόρτιση για δεξαμενή επιφανείας 63,5m<sup>2</sup> θα είναι:

$$\text{Οργανική Φόρτιση} = \frac{Q \times SS}{A} = \frac{160,7m^3/day \times 21886mg/l}{63,5 \times 1000} = 55,4Kg/m^2/day$$

Και η επιφανειακή φόρτιση:

$$\text{Επιφανειακή φόρτιση} = \frac{Q}{A} = \frac{160,7m^3/day}{63,5m^2} = 2,5m^3/m^2/day < 4$$

Θα γίνεται προσθήκη καθημερινά επεξεργασμένων αποβλήτων παροχής 600m<sup>3</sup>/d

Με βάση αυτή την παροχή, υπολογίζουμε πάλι τις τιμές των φορτίσεων:

$$\text{Οργανική Φόρτιση} = \frac{Q \times SS}{A} = \frac{(300m^3/day \times 10mg/l) + (160,7m^3/day \times 21886mg/l)}{63,5 \times 1000} = 55,4Kg/m^2/day$$

$$\text{Επιφανειακή φόρτιση} = \frac{Q}{A} = \frac{(300 + 160,7)m^3/day}{63,5m^2} = 7,3m^3/m^2/day$$

Άρα μπορεί να γίνει χρήση της μίας και μόνο δεξαμενής για πύκνωση της ιλύος.

## ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ

### Δεδομένα

- Θερμοκρασία χωνευτή = 35<sup>o</sup>C
- θc = θ = 20 d
- Q<sub>Πυκνωμένης ιλύος</sub> = 148 m<sup>3</sup>/d
- TSS<sub>Πυκνωμένης ιλύος</sub> = 60000 mg/l = 60 Kg/m<sup>3</sup>
- 60% αποδόμηση των VSS (VSS/TSS = 0,8)
- COD<sub>cell</sub> = 1,42 VSS
- Συντελεστής μετατροπής CH<sub>4</sub> = 0,40 (35<sup>o</sup>C)
- Y = 0,08 KgVSS/Kg BOD
- k<sub>d</sub> = 0,03 d<sup>-1</sup>
- CH<sub>4</sub> = 65% βιοαερίου
- Παραγόμενη θερμότητα = 23 × 106 J/m<sup>3</sup> βιοαερίου
- Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, U = 0,8 J/m<sup>2</sup>s<sup>o</sup>C
- c = ειδική θερμότητα (4200 J/Kg<sup>o</sup>C)
- Σχεδιασμός 2 δεξαμενών (ύψους 10 m)

### Σχεδιασμός Αναερόβιας Χώνευσης Ιλύος

Για την περίπτωση του καλοκαιριού ο όγκος του αντιδραστήρα θα υπολογίζεται ως εξής:

$$\theta = \frac{V}{Q} \Rightarrow V = 20days \times 148m^3/day = 2960m^3$$

Εφόσον θα κατασκευαστούν δύο αντιδραστήρες θα έχουν όγκο V<sub>αναερ αντιδ</sub> = 1480m<sup>3</sup>

Οι δεξαμενές θα είναι κυκλικές επομένως της κάθε μίας θα δίνεται από:

$$V = A \times H = \frac{\pi d^2}{4} \times H \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4V}{\pi H}} = \sqrt{\frac{4 \times 1480m^3}{3,14 \times 10}} = 13,7m$$

Ο υπολογισμός της μάζας στερεών στην χωνευμένη ιλύ θα είναι:

$$M_{TSSin} = Q \times TSS = 148 m^3/d \times 60 Kg/m^3 = 8800 Kg/d$$

Εφόσον αποδομείται το 60% των VSS τότε:

$$M_{TSSout} = (0,2 \times 8800 \text{ Kg/d}) + (0,8 \times 8800 \times 0,4) = \mathbf{4576 \text{ Kg/d}}$$

Θα πρέπει να γίνει έλεγχος για το παραγόμενο φορτίο

$$\Phiορτίο = \frac{M_{VSSin}}{V} = \frac{(0,8 \times 8800) \text{ Kg}}{2960 \text{ m}^3} = 2,4 \text{ KgVSS / m}^3 \text{ day}$$

Ο υπολογισμός παραγόμενου CH<sub>4</sub>, του βιοαερίου, και της θερμότητας θα έχει ως ακόλουθα:

$$BOD_{in} = 1,42 \times VSS_{in} = 1,42 \text{ Kg BOD/KgVSS} \times 0,8 \times 8800 \text{ KgVSS/d} \Rightarrow$$

$$\mathbf{BOD_{in} = 10000 \text{ Kg BOD/day}}$$

$$BOD_{out} = 1,42 \times VSS_{out} = 1,42 \text{ Kg BOD/KgVSS} \times 0,8 \times 0,4 \times 8800 \text{ KgVSS/d} \Rightarrow$$

$$\mathbf{BOD_{out} = 4000 \text{ Kg BOD/d}}$$

$$P_x = \frac{Y(BOD_{in} - BOD_{out})}{1 + (k_d \theta_c)} = \frac{0,08(10000 - 4000) \text{ Kg / day}}{1 + (0,03 \text{ day}^{-1} \times 20 \text{ days})} = 300 \text{ kg / day}$$

$$V_{CH_4} = (0,40)[(BOD_{in} - BOD_{out}) - (1,42 P_x)] =$$

$$= (0,40)[(10000 - 4000) \text{ Kg / day} - (1,42 \times 300 \text{ Kg / day})] = 2230 \text{ m}^3 \text{ / day}$$

$$\text{Παραγόμενο βιοαέριο} = 2230/0,65 = 3431 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Παραγόμενη θερμότητα} = 23 \times 106 \text{ J} \times 3431 \text{ m}^3/\text{d} = \mathbf{7,9 \times 1010 \text{ J/day}}$$

Οι απαιτήσεις σε θερμότητα που θα προκύψουν κατά τη διαδικασία είναι:

A) Θέρμανση ιλύος

$$q = Q \Delta T_c = 8800 \text{ Kg / day} (35 - 20^\circ \text{ C}) 4200 \text{ J / Kg}^\circ \text{ C} = 5,5 \times 10^8 \text{ J / day}$$

B) Απώλειες του χωνευτή

$$\text{Συνολική επιφάνεια χωνευτή} = E_{\text{οροφής}} + E_{\text{τοιχών}} + E_{\text{εδαφίδου}} = (\pi r^2) + (\pi \times d \times H) + (\pi r^2)$$

$$= (3,14 \times 6,92) + (3,14 \times 13,7 \times 10) + (3,14 \times 6,92) = 729 \text{ m}^2$$

Άρα απώλειες θερμότητας για τον ένα χωνευτή

$$q = U A \Delta T = 0,8 \text{ J / m}^2 \text{ s}^\circ \text{ C} \times 729 \text{ m}^2 \times (35 - 20^\circ \text{ C}) \times 86400 \text{ s / d} = 7,6 \times 10^8 \text{ J / day}$$

$$\text{Συνολική απαίτηση σε θερμότητα} = 5,5 \times 10^8 + (2 \times 7,6 \times 10^8) = \mathbf{2,1 \times 10^9 \text{ J/d}}$$

Στη περίπτωση του χειμώνα θα χρησιμοποιείται ο ένας μόνο αντιδραστήρας

Άρα ο χρόνος παρακράτησης σε αυτή τη περίπτωση θα είναι:

$$\theta_c = \theta = \frac{V}{Q} = \frac{1480 \text{ m}^3}{59 \text{ m}^3 \text{ / day}} = 25 \text{ days}$$

Η μάζα των στερεών στην χωνευμένη ιλύ θα είναι:

$$M_{TSSin} = 59 \text{ m}^3/\text{day} \times 60 \text{ Kg/m}^3 = 3540 \text{ Kg/d}$$

Εφόσον αποδομείται το 60% των VSS τότε:

$$M_{TSSout} = (0,2 \times 3540 \text{ Kg/d}) + (0,8 \times 3540 \times 0,4) = 1840 \text{ Kg/d}$$

Το φορτίο με αυτά τα δεδομένα θα είναι:

$$\Phiορτίο = \frac{M_{VSSin}}{V} = \frac{(0,8 \times 3540) \text{ Kg}}{1480 \text{ m}^3} = 1,9 \text{ KgVSS / m}^3 \text{ day}$$

Το παραγόμενο CH<sub>4</sub>, βιοαέριο, θερμότητα θα είναι:

$$BOD_{in} = 1,42 \times VSS_{in} = 1,42 \text{ Kg BOD/KgVSS} \times 0,8 \times 3540 \text{ KgVSS/d} \Rightarrow$$

$$\mathbf{BOD_{in} = 4020 \text{ Kg BOD/d}}$$

$$BOD_{out} = 1,42 \times VSS_{out} = 1,42 \text{ Kg BOD/KgVSS} \times 0,8 \times 0,4 \times 3540 \text{ KgVSS/day} \Rightarrow$$

$$\mathbf{BOD_{out} = 1610 \text{ Kg BOD/d}}$$

$$P_x = \frac{Y(BOD_{in} - BOD_{out})}{1 + (k_d \theta_c)} = \frac{0,08(4020 - 1610) \text{ Kg / day}}{1 + (0,03 \text{ day}^{-1} \times 25 \text{ days})} = 110 \text{ kg / day}$$

$$V_{CH_4} = (0,40)[(BOD_{in} - BOD_{out}) - (1,42 P_x)] =$$

$$= (0,40)[(4020 - 1610) \text{ Kg / day} - (1,42 \times 110 \text{ Kg / day})] = 902 \text{ m}^3 \text{ / day}$$

$$\text{Παραγόμενο βιοαέριο} = 902/0,65 = 1387 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\text{Παραγόμενη θερμότητα} = 23 \times 106 \text{ J} \times 1387 \text{ m}^3/\text{day} = \mathbf{3,2 \times 1010 \text{ J/day}}$$

Οι απαιτήσεις σε θερμότητα θα είναι από:

A) Θέρμανση ιλύος

$$q = 3540 \text{ Kg / day} (35 - 12^\circ \text{ C}) 4200 \text{ J / Kg}^\circ \text{ C} = 3,4 \times 10^8 \text{ J / day}$$

B) Απώλειες του χωνευτή

$$\text{Συνολική επιφάνεια χωνευτή} = E_{\text{οροφής}} + E_{\text{τοιχών}} + E_{\text{εδαφίδου}} = (\pi r^2) + (\pi \times d \times H) +$$

$$+ (\pi r^2) = (3,14 \times 6,92) + (3,14 \times 13,7 \times 10) + (3,14 \times 6,92) = 729 \text{ m}^2$$

Άρα απώλειες θερμότητας για τον ένα χωνευτή

$$q = U A \Delta T = 0,8 \text{ J / m}^2 \text{ s}^\circ \text{ C} \times 729 \text{ m}^2 \times (35 - 12^\circ \text{ C}) \times 86400 \text{ s / d} = 11,6 \times 10^8 \text{ J / day}$$

$$\text{Συνολική απαίτηση σε θερμότητα} = 3,4 \times 10^8 + 11,6 \times 10^8 = \mathbf{1,5 \times 10^9 \text{ J/day}}$$

## Δεδομένα - Αφυδάτωση – Ταινιοφιλτράρεσσα

### Δεδομένα

- $Q$  Χωνευμένης ιλύος = 148 m<sup>3</sup>/d
- $M_{TSSin}$  = 4576 Kg/d
- $TSS_{in}$  = 31000 mg/l
- $TSS_{out}$  = 280000 mg/l
- Προσθήκη Κροκιδωτικού = 5Kg/tn ιλύος
- Φόρτιση ανά m μήκους ταινιοφιλτράρεσσας = 250 Kg /m h
- Λειτουργία τ/φ για 8 ώρες/d

Για το χειμώνα

- $Q$  Χωνευμένης ιλύος = 59 m<sup>3</sup>/day
- $M_{TSSin}$  = 1840 Kg/day
- $TSS_{in}$  = 31000 mg/l
- 1 ταινιοφιλτράρεσσα

### Αφυδάτωση

Για την περίπτωση του καλοκαιριού η παροχή ιλύος θα είναι:

$$C_1 Q_1 = C_2 Q_2 \Rightarrow Q_2 = (31000 \text{ mg/l} \times 148 \text{ m}^3/\text{d}) / 280000 \text{ mg/l} \Rightarrow Q_2 = 16,4 \text{ m}^3/\text{day}$$

Η ποσότητα κροκιδωτικού που θα προστεθεί θα είναι:

$$\text{Ποσότητα κροκιδωτικού} = 5 \text{ Kg/tn ιλύος} \times 4,6 \text{ tn} = 23 \text{ Kg/day}$$

### Ταινιοφιλτράρεσσα

Το πλάτος της ταινιοφιλτράρεσσα θα είναι:

$$\text{Πλάτος} = \frac{\text{Παροχή}}{\text{Φόρτιση}} = \frac{572 \text{ Kg/h}}{250 \text{ Kg/mh}} = 2,3 \text{ m}$$

Η **ημερήσια ποσότητα ιλύος** θα περνά από την τ/φ σε 8 ώρες, άρα θα περνούν

$$4576/8 = 572 \text{ Kg/h}$$

Για την περίπτωση του χειμώνα θα λειτουργεί μία ταινιοφιλτράρεσσα

Η παροχή της αφυδατωμένης ιλύος θα είναι:

$$C_1 Q_1 = C_2 Q_2 \Rightarrow Q_2 = (31000 \text{ mg/l} \times 59 \text{ m}^3/\text{day}) / 280000 \text{ mg/l} \Rightarrow Q_2 = 6,5 \text{ m}^3/\text{day}$$

Το κροκιδωτικό που θα προστεθεί θα είναι:

$$\text{Ποσότητα κροκιδωτικού} = 5 \text{ Kg/tn ιλύος} \times 1,9 \text{ tn} = 9,5 \text{ Kg/d}$$

Η ημερήσια φόρτιση της ιλύος είναι:

$$\text{Πλάτος} = \frac{\text{Παροχή}}{\text{Φόρτιση}} \Rightarrow \text{Φόρτιση} = \frac{460 \text{ Kg/h}}{2,3 \text{ m}} = 200 \text{ Kg/hm}$$

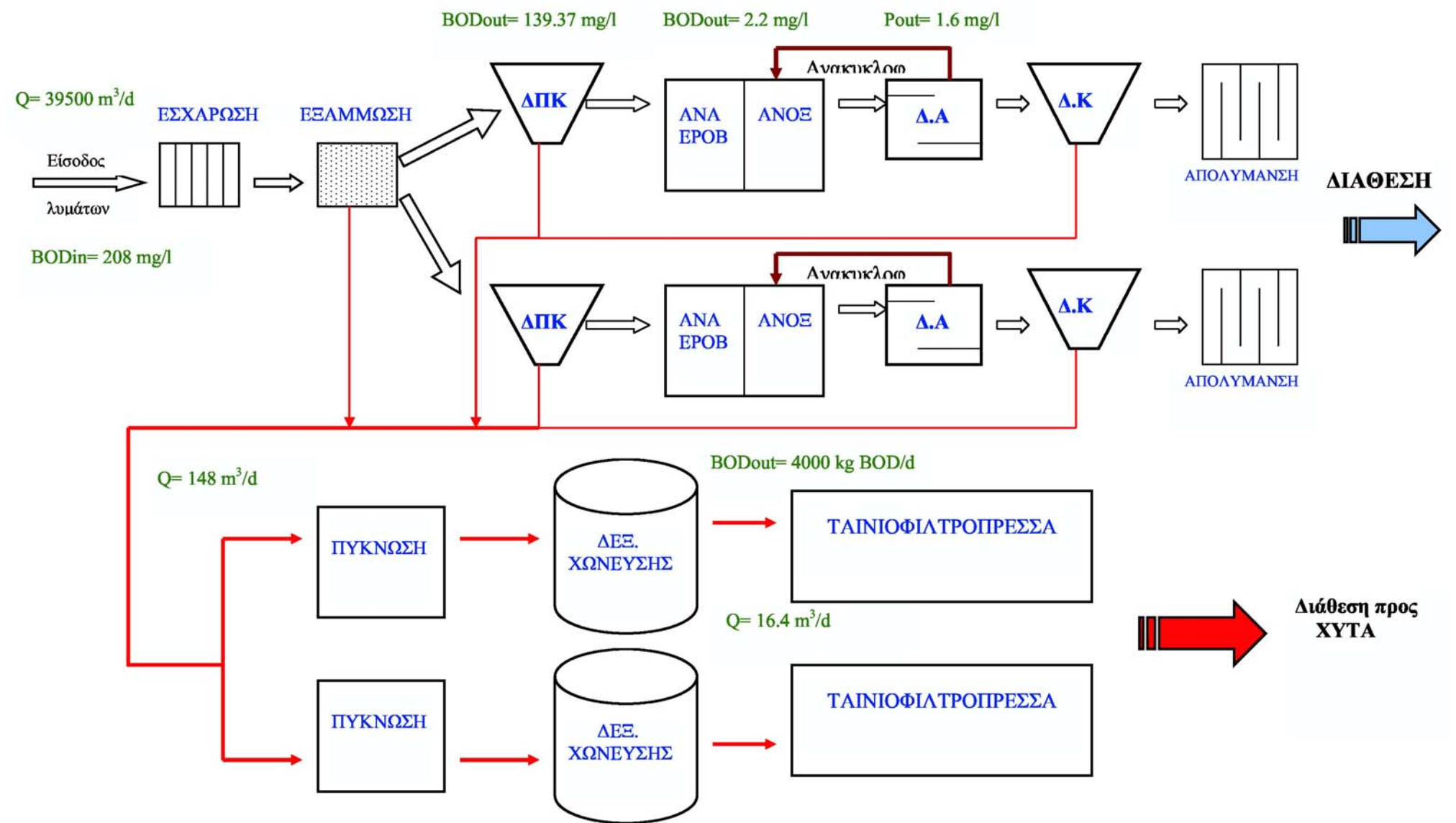
$Q_2$  Η **ημερήσια ποσότητα ιλύος** θα περνά από την τ/φ σε 4 ώρες, άρα θα περνούν

$$1840/4 = 460 \text{ Kg/h}$$

## **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ**

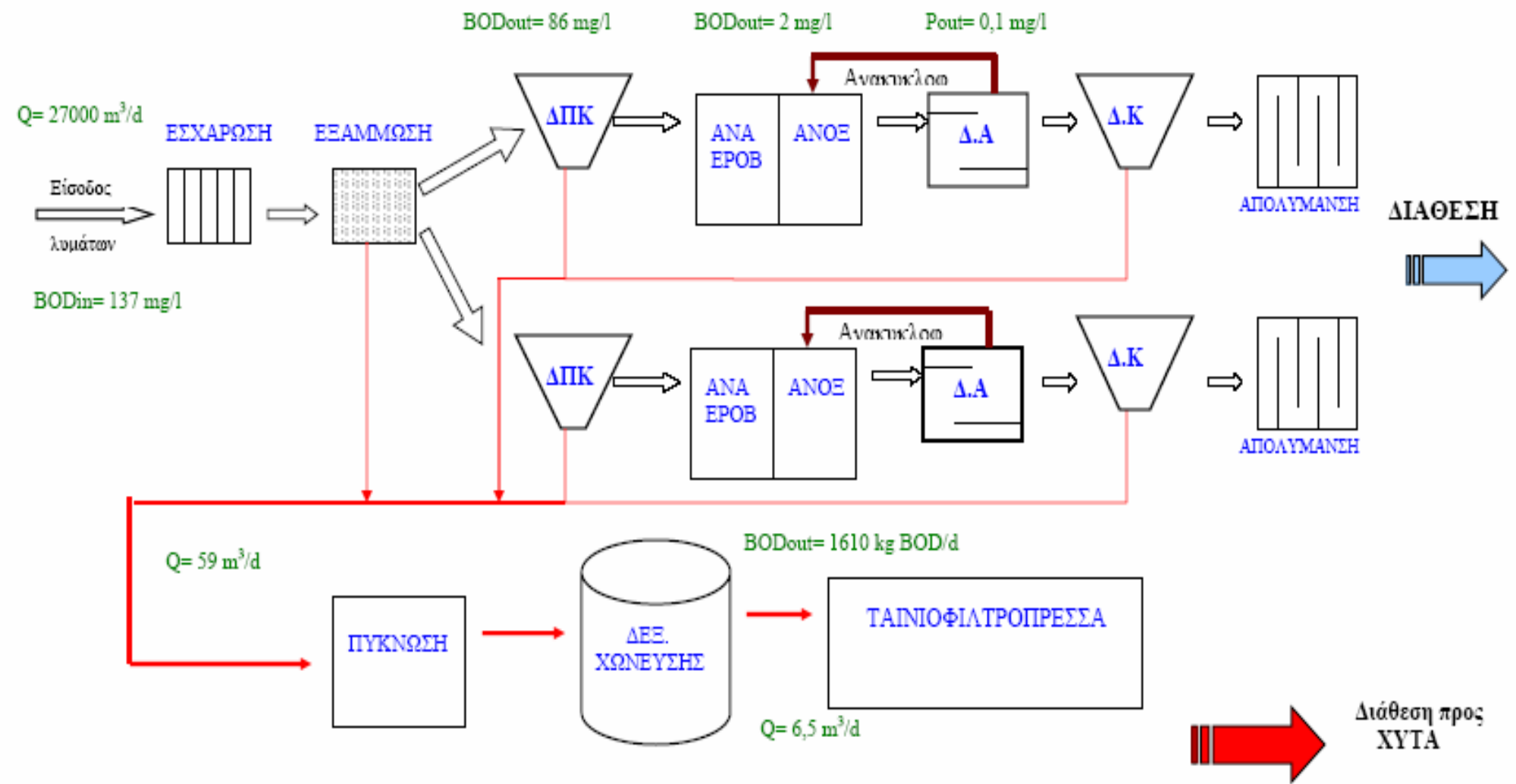
**1. Για καλοκαίρι**

**2. Για χειμώνα**



Διάγραμμα ροής μονάδας για Θερινή λειτουργία





Διάγραμμα ροής Μονάδας για Χειμερινή Λειτουργία

