



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
(ΠΜΣ-Ο.ΔΙ.Μ.)**



Τίτλος διπλωματικής εργασίας

**«Συγκριτική οικονομοτεχνική αξιολόγηση και προγραμματισμός έργων για
την βελτίωση της ποιότητας του νερού στο δίκτυο ύδρευσης πόλεως Χίου
και Βροντάδου»**

**Εισηγητής: Ξενάκης Ματθαίος
Επιβλέπων: Δρ. Δούνιας Γεώργιος**

ΧΙΟΣ 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας τη παρούσα διπλωματική εργασία. Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή Δρ. Γεώργιο Δούνια, για την καθοδήγηση και υποστήριξη του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και τον Κωνσταντίνο Μπουλά υποψήφιο διδάκτορα του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την αμέριστη βοήθεια του.

Ευχαριστώ, επίσης, τη σύζυγό μου Μαρίζα Κυριαζή, τις κόρες μου και όλη την υπόλοιπη οικογένειά μου για την υπομονή και κατανόηση τους καθ' όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Πολύτιμη ήταν η βοήθεια του διευθυντή της ΔΕΥΑΧ Πέτρου Καλογεράκη σε όλες τις φάσεις της εργασίας καθώς και των συναδέλφων Δημόκριτου Δαμαλά και Έφης Παππά στη συλλογή στοιχείων που χρησιμοποίησα στην παρούσα διπλωματική.

Τέλος, δεν θα πρέπει να παραλείψω τον Ηλία Γιαννακόπουλο, χημικό μηχανικό της Watera S.A., ο οποίος με κατατόπισε σε πολλά θεωρητικά και πρακτικά ζητήματα ως προς την λειτουργία των διυλιστηρίων και τον ευχαριστώ γι' αυτό.

Ματθαίος Ξενάκης

Χίος 2018

«Είμαι συγγραφέας αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων ή ιδεών, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία».

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	2
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Γιατί χρειάζεται βελτίωση ποιότητας νερού	12
1.1 Υγεία κατοίκων	12
1.2 Ιστορικά στοιχεία	14
1.3 Σημερινή κατάσταση	15
1.4 Εγκαταστάσεις ΔΕΥΑΧ και διανομή	18
1.5 Κατάσταση δικτύων διανομής	24
1.6 Μέτρα	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μέθοδοι λειτουργίας τεχνολογιών επεξεργασίας νερού	29
2.1 Πως λειτουργεί η αφαλάτωση	29
2.1.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing)	30
2.1.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation)	32
2.1.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression)	34
2.1.4 Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)	36
2.1.5 Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis)	38
2.1.6 Αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis)	41
2.1.7 Forward osmosis	45
2.2 Πως λειτουργεί η διύλιση	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	Θέσεις εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και ταχυδιυλιστηρίου.....	49
3.1	Θέση εγκατάστασης μονάδας αντίστροφης ώσμωσης RO	49
3.2	Θέση εγκατάστασης διυλιστηρίου.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	Οικονομικά και τεχνικά στοιχεία	52
4.1	Ταχυδιυλιστήριο Κόρης Γεφύρι	52
4.1.1	Τεχνική περιγραφή	55
4.1.2	Ποιότητα νερού λιμνοδεξαμενής.....	66
4.1.3	Προϋπολογισμός	66
4.1.4	Προγραμματισμός έργου	67
4.1.5	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης.....	69
4.2	Εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης.....	74
4.2.1	Τεχνική περιγραφή	76
4.2.2	Προϋπολογισμός	88
4.2.3	Προγραμματισμός έργου	88
4.2.4	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	Οικονομοτεχνική σύγκριση	97
5.1.	Ταμειακές ροές.....	99
5.2	Ανάλυση ευαισθησίας.....	104
5.2.1	Σενάριο 1 - Μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%	106
5.2.2	Σενάριο 2 - Αλλαγή τιμολογιακής πολιτικής με την τροποποίηση της τιμής πώλησης κυβικού από τα 0,90€/m ³ έως τα 1,50€/m ³	112
5.2.3	Σενάριο 3 - Επιμερισμός κόστους κατασκευής του φράγματος στην εγκατάσταση του ταχυδιυλιστηρίου.....	118
5.2.4	Σενάριο 4 - Συμπεριφορά επένδυσης σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία λειτουργίας των υφιστάμενων εγκαταστάσεων.....	120

5.3 Ανάλυση ευαισθησίας δύο παραγόντων	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Επίλογος - Συμπεράσματα	132
Βιβλιογραφία	136

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1 Διάγραμμα Gantt προγραμματισμού έργου ταχυδιυλιστηρίου.....	68
Διάγραμμα 4.2 Διάγραμμα Gantt προγραμματισμού έργου αφαλάτωσης.....	89
Διάγραμμα 5.1 Καθαρή παρούσα αξία επενδύσεων.....	104
Διάγραμμα 5.2 Διάγραμμα καθαρής παρούσας αξίας Ταχυδιυλιστηρίου για εύρος $i=1...15\%$	110
Διάγραμμα 5.3 Διάγραμμα καθαρής παρούσας αξίας Αφαλάτωσης για εύρος $i=1...15\%$	110
Διάγραμμα 5.4 Ταχυδιυλιστήριο: Μεταβολή τιμής πώλησης από $0,90€/m^3$ έως $1,50€/m^3$	115
Διάγραμμα 5.5 Αφαλάτωση: Μεταβολή τιμής πώλησης από $0,90€/m^3$ έως $1,50€/m^3$	115
Διάγραμμα 5.6 Ταχυδιυλιστήριο: Χωρίς αρχικό κόστος, ΚΠΑ με $i=3\%$ και εύρος τιμής μονάδας από $0,90€/m^3$ έως $1,50€/m^3$	116
Διάγραμμα 5.7 Αφαλάτωση: Χωρίς αρχικό κόστος, ΚΠΑ με $i=3\%$ και εύρος τιμής μονάδας από $0,90€/m^3$ έως $1,50€/m^3$	117
Διάγραμμα 5.8 Προσθήκη κόστους κατασκευής φράγματος με τιμές από 0€ έως 10εκ.€ πλέον του κόστους κατασκευής με σταθερό $i=3\%$	120
Διάγραμμα 5.9 Βροχομετρικά στοιχεία πόλεως Χίου	121
Διάγραμμα 5.10 Μήνες λειτουργίας διυλιστηρίου Ψαρόπετρας.....	122
Διάγραμμα 5.11 Μήνες λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου Στεναχώνης.....	123
Διάγραμμα 5.12 Μήνες λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου Καλαμωτής	123
Διάγραμμα 5.13 ΚΠΑ ταχυδιυλιστηρίου με λειτουργία 5 μήνες ανά έτος	126

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση.....	32
Εικόνα 2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση.....	33
Εικόνα 2.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών.....	36
Εικόνα 2.4 Ηλιακή απόσταξη.....	37
Εικόνα 2.5 Ηλεκτροδιάλυση.....	38
Εικόνα 2.6 Αντίστροφη ώσμωση.....	43
Εικόνα 4.1 Κάτοψη οικίσκου ταχυδιυλιστηρίου.....	58
Εικόνα 4.2 Τυπική διάταξη συστήματος φίλτρανσης με προγεμισμένα φίλτρα.....	73
Εικόνα 4.3 Ενδεικτικό διάγραμμα ροής μονάδας αφαλάτωσης.....	76
Εικόνα 4.4 Κάτοψη εγκατάστασης αφαλάτωσης.....	87

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Υδατικοί πόροι ΔΕΥΑΧ.....	21
Πίνακας 1.2 Καταναλώσεις περιόδου.....	25
Πίνακας 4.1 Ανάλυση στρώσεων φίλτρων.....	62
Πίνακας 4.2 Επιτρεπτά όρια πόσιμου νερού.....	66
Πίνακας 4.3 Προϋπολογισμός έργου ταχυδιυλιστηρίου.....	67
Πίνακας 4.4 Κόστος λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου.....	72
Πίνακας 4.5 Προϋπολογισμός έργου αφαλάτωσης.....	88
Πίνακας 4.6 Κόστη λειτουργίας αφαλάτωσης.....	95
Πίνακας 5.1 Οικονομικά στοιχεία έργων.....	97
Πίνακας 5.2 Ταμειακές ροές ταχυδιυλιστηρίου.....	100

Πίνακας 5.3 Ταμειακές ροές αφαλάτωσης.....	102
Πίνακας 5.4 Ταχυδιυλιστήριο: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 1 έως 15%.....	107
Πίνακας 5.5 Αφαλάτωση: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%.....	108
Πίνακας 5.6 Ταχυδιυλιστήριο: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή της τιμής πώλησης της μονάδας από 0,90€ έως 1,50€.....	113
Πίνακας 5.7 Αφαλάτωση: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή της τιμής πώλησης της μονάδας από 0,90€ έως 1,50€.....	114
Πίνακας 5.8 Ταχυδιυλιστήριο: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή με επιβάρυνση μέρους του κόστους κατασκευής του φράγματος από 0€ έως 10 εκ.€.....	119
Πίνακας 5.9 Μήνες λειτουργίας υφιστάμενων διυλιστηρίων.....	121
Πίνακας 5.10 Ταχυδιυλιστήριο: ταμειακές ροές για την λειτουργία της επένδυσης για 5 μήνες ανά έτος.....	124

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1.1 Περιοχή μελέτης.....	17
Χάρτης 1.2 Υδρογεωλογική λεκάνη Κορακάρη.....	20
Χάρτης 1.3 Υδατικοί πόροι ΔΕΥΑΧ.....	23
Χάρτης 3.1 Θέση εγκατάστασης αφαλάτωσης.....	50
Χάρτης 3.2 Θέση εγκατάστασης ταχυδιυλιστηρίου.....	51

Μια νέα κουλτούρα για το νερό

“Απαιτούνται σήμερα βαθιές αλλαγές στο σύστημα αξιών μας, στην κατανόηση της φύσης, στις ηθικές μας αρχές και στον τρόπο ζωής μας. Συνοπτικά, υπάρχει ανάγκη για αλλαγή κουλτούρας, για τη δημιουργία μιας νέας κουλτούρας για το νερό. Μια Νέα Κουλτούρα για το Νερό που θα δέχεται μια ολιστική προσέγγιση και θα αναγνωρίζει τις πολλαπλές διαστάσεις των ηθικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, πολιτικών και συγκινησιακών αξιών που εμπεριέχονται στα υδατικά οικοσυστήματα. Στη βάση της παγκόσμιας αρχής του σεβασμού για τη ζωή, ποτάμια, λίμνες, πηγές, υγρότοποι και υπόγεια αποθέματα πρέπει να θεωρούνται ως “Κληρονομιά της Βιόσφαιρας” και θα πρέπει να διακυβερνώνται από τις κοινότητες και τους δημόσιους φορείς με στόχο τη βιώσιμης διαχείρισής τους...”

Απόσπασμα από την Ευρωπαϊκή Διακήρυξη για “Μια Νέα Κουλτούρα για το Νερό”, Μαδρίτη 18/2/2005

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πόλη της Χίου και ο Βροντάδος εμφανίζουν μεγάλες υδρευτικές ανάγκες που κατά τη θερινή περίοδο αυξάνονται αρκετά. Το δίκτυο ύδρευσής τους τροφοδοτείται από νερό προερχόμενο από γεωτρήσεις και πηγές, ταμειυτήρες και αφαλατώσεις. Ωστόσο, ήδη σήμερα κατά τους θερινούς μήνες, η ζήτηση υπερβαίνει τις δυνατότητες παροχής νερού, με αποτέλεσμα συχνά να εμφανίζονται προβλήματα επάρκειας και ποιότητας που μελλοντικά αναμένεται να μεγεθυνθούν. Απαιτείται, λοιπόν, η εξεύρεση νέων υδρευτικών πόρων για την τροφοδότηση του συστήματος ύδρευσης της περιοχής και την κάλυψη των σχετικών αναγκών, ποσοτικά αλλά και ποιοτικά, τώρα και στο μέλλον. Με δεδομένη την προβληματική κατάσταση των υπόγειων υδροφορέων λόγω της υπαλμύρινσης και την έλλειψη γενικά υδατικών πόρων, θα πρέπει να αναζητηθεί λύση στη δημιουργία νέων υποδομών για την καλύτερη ποιότητα του παρεχόμενου νερού. Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την καλύτερη οικονομοτεχνικά λύση με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου νερού, με την επιπλέον τροφοδοσία στο δίκτυο 2.000m^3 ανά ημέρα πόσιμου νερού. Με την προσθήκη αυτή θα μπορέσουν να εγκαταλειφθούν βεβαρημένες γεωτρήσεις που στην παρούσα φάση τροφοδοτούν, μετά από ανάμειξη, το δίκτυο ύδατος της περιοχής ενδιαφέροντος και είναι αυτές που στην ουσία αλλοιώνουν την ποιότητα του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Γιατί χρειάζεται βελτίωση ποιότητας νερού

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος, ο οποίος δε βρίσκεται σε αφθονία, έτσι θα πρέπει πάντα να λαμβάνουμε υπόψη ότι θα πρέπει να γίνεται λελογισμένη χρήση του, στα πλαίσια της αειφορίας, καθώς και ότι ως βασικό αγαθό πρέπει να παρέχεται στους καταναλωτές. Η ύπαρξη νερού ήταν ανέκαθεν βασικός παράγοντας ανάπτυξης πολιτισμών και χωρίς αυτό δεν ήταν εφικτή η ύπαρξη ανθρώπινης δραστηριότητας. Η παροχή άφθονου πόσιμου νερού είναι προϋπόθεση για την ανάπτυξη ενός τόπου. Επίσης, η ανάπτυξη τουρισμού είναι αλληλένδετη με την ύπαρξη άφθονου νερού. Με την έννοια πόσιμο νερό εννοούμε το νερό το οποίο είναι απαλλαγμένο από χημικές και άλλες ουσίες που θα μπορούσαν να βλάψουν την υγεία των ανθρώπων, να μην είναι θολό, να μην έχει χρώμα και να μην έχει άσχημη μυρωδιά και γεύση. Πόσιμο νερό μπορεί να τροφοδοτεί δίκτυα, επεξεργασμένο ή όχι ανάλογα με την σύσταση του. Τα όρια των στοιχείων που δύναται να περιέχει το παρεχόμενο νερό δίνονται από την οδηγία 2000/60/ΕΚ, την ΚΥΑ Γ1(Δ)/ΓΠ/ΟΙΚ.67322/17 (ΦΕΚ 3282 Β/19-09-2017) καθώς και την εγκύκλιο του Υπουργείου Υγείας Δ1(δ)/ΓΠ/οικ.16518/27-2-18 (ΑΔΑ: 6ΞΛΨ465ΦΥΟ-ΔΟΜ).

1.1 Υγεία κατοίκων

Η παροχή καλής ποιότητας πόσιμου νερού είναι ένα πρωταρχικό ζήτημα που αφορά όλους γιατί έχει να κάνει με πολλούς τομείς όπως για παράδειγμα την υγεία των κατοίκων. Το ζήτημα είναι άμεσα συνυφασμένο με την οικονομική ευημερία των κατοίκων και του τόπου καθώς πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι το νερό είναι ένας βασικός παράγοντας στον οποίο έχουν χρεωθεί μεταδιδόμενες ασθένειες ή ακόμα και καρκίνος που επιβαρύνει οικονομικά τόσο οικογένειες όσο και ασφαλιστικά ταμεία.

Το πρόβλημα της ποιότητας του νερού που φτάνει στις βρύσες μας δε λύνει η χρήση εμφιαλωμένων νερών καθώς μετά από έρευνες και από συνεχείς ανακλήσεις από τον ΕΦΕΤ φαίνεται πως δεν είναι πάντα κατάλληλο. Ως παραδείγματα μπορούμε να αναφέρουμε την ανάκληση που έγινε τον

12/2016 για υπέρβαση ορίου βρωμικών ιόντων στο εμφιαλωμένο νερό ΠΑΕ ΟΦΗ Η2Ο(ΕΦΕΤ,2016) ή των AQUARIUS και ΚΡΙΝΟΣ που ανιχνεύτηκε το βακτήριο *Pseudomonas aeruginosa* (ΕΦΕΤ, 2014). Μάλιστα μια τελευταία έρευνα στοχοποιεί όλες τις συσκευασίες πλαστικών μπουκαλιών PET για την ύπαρξη ρινισμάτων PET, εντός του προϊόντος, ή ύπαρξη δισφαινόλης Α (BPA) που θεωρείται αμφιλεγόμενη ουσία.

Η κακή ποιότητα έχει και μεγάλο αντίκτυπο στην οικονομία του τόπου καθώς οι κάτοικοι είναι αναγκασμένοι να προμηθεύονται νερό είτε με πλαστικά μπουκάλια, είτε να πηγαίνουν σε πηγές πόσιμου νερού για να παίρνουν νερό με δοχεία, κάτι που επιβαρύνει αρκετά τον οικογενειακό προϋπολογισμό.

Παράλληλα η παρουσία σκληρού νερού (υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων ορυκτών, όπως ασβέστιο ή μαγνήσιο) στο δίκτυο επιβαρύνει τις εγκαταστάσεις κατοικιών και επιχειρήσεων από την επικάθιση αλάτων σε αυτές, οι οποίες μακροπρόθεσμα προξενούν ανεπανόρθωτες βλάβες. Το κόστος επισκευής αυτών των βλαβών είναι κάποιες φορές αρκετά μεγάλο, όπως για παράδειγμα σε περίπτωση που θα πρέπει να αντικατασταθεί όλη η υδραυλική εγκατάσταση σε ένα μπάνιο σε χρήση, με παράλληλη αποξήλωση ειδών υγιεινής, πλακιδίων κ.α..

Η χρήση των υπόγειων υδροφόρων, εκτός από την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης, γίνεται και για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Με την υποβάθμιση, επομένως, των υδροφόρων λόγω υφαλμύρισης, η κακή ποιότητα του αντλούμενου νερού δύναται να επηρεάσει και την γεωργία. Καθώς το νερό κατά τους καλοκαιρινούς, κυρίως, μήνες ενδέχεται να έχει υψηλή αγωγιμότητα, οι εκμεταλλεόμενες εγκαταστάσεις χρειάζονται περισσότερο χρόνο να παράξουν καρπό, η ποιότητα του οποίου είναι υποδεέστερη από αυτή των καρπών που αρδεύονται από νερό καλής ποιότητας.

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Το πρόβλημα ποιότητας των υδάτινων πόρων του νησιού υπήρχε ανέκαθεν. Από την εποχή ακόμη που οι κάτοικοι της λεγόμενης λεκάνης Κορακάρη, οι οποίοι ήταν και οι βασικοί καταναλωτές, υδρεύονταν από πηγές με την χρήση δοχείων και σταμνών. Ήδη από την αρχή του αιώνα η πόλη τροφοδοτούνταν με κρήνες από τις πηγές των Αγ. Σαράντα, Αγ. Τριάδος, Δαφνώνα και Τρυπατέ μέσω ενός δικτύου ανοιχτών καναλιών που χρησιμοποιούνταν και για άρδευση (Φυτούσης, 2012) με συνέπεια να μην μπορεί να επιτευχθεί η απαιτούμενη ποιότητα. Η περιοχή του Κάμπου ανέκαθεν καλυπτόταν από τα μαγκανοπήγαδα όσον αφορά τις αρδευτικές αλλά και τις υδρευτικές τους ανάγκες. Το 1938 παραδίδεται στον δήμο, μελέτη για την κατασκευή φράγματος στην θέση Κόρης Γεφύρι πολύ μικρότερο από αυτό που βλέπουμε σήμερα να οδεύει προς ολοκλήρωση.

Από το 1960 άρχισε μια πιο οργανωμένη αλλά και αλόγιστη διάνοιξη γεωτρήσεων στην λεκάνη Κορακάρη με την ποιότητα του νερού να είναι πολύ καλή. Σε αυτήν την φάση η διαχείριση του νερού περνάει στην πολιτική ως μέσο ανέλιξης πολιτικών μέσω υποσχέσεων, με παράλληλη αλόγιστη υπεράντληση της λεκάνης. Την κατάσταση επιβεβαιώνει και η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Παρασχούδη και Ζελελούδη το 1978, κατά την οποία, μετά από μετρήσεις που πραγματοποίησαν, έφτασαν στο συμπέρασμα ότι κάθε χρόνο αντλούνται 500.000m³ παραπάνω από την δυναμικότητα της λεκάνης με φυσική συνέπεια την υφαλμύριση της και την εμφάνιση βαρέων μετάλλων. (Μυλωνάδης,2018).

Ο πρώην Δήμος Βροντάδου, που είχε από νωρίς υδρευτικό πρόβλημα, είχε διανοίξει και αυτός γεωτρήσεις στην περιοχή του Κάμπου με τις οποίες κάλυπτε τις ανάγκες του, στη συνέχεια η χρήση τους διατηρήθηκε από το Δήμο Ομηρούπολης στον οποίο ανήκει ο Βροντάδος. Έτσι σιγά σιγά φτάνουμε στις μέρες μας όπου η λεκάνη έχει παρουσιάσει ανεπανόρθωτη υφαλμύριση και παράλληλη εμφάνιση συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων άνω των επιτρεπόμενων παραμετρικών τιμών.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το 2002 ανιχνεύτηκε για πρώτη φορά υδράργυρος σε τιμές μέχρι 7,1 φορές μεγαλύτερες του επιτρεπτού ορίου.

1.3 Σημερινή κατάσταση

Η πόλη της Χίου έχει πληθυσμό 26.850 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (ΕΛ.ΣΤΑΤ.,2011). Ωστόσο, αυτός ο αριθμός είναι μικρότερος του πραγματικού εξυπηρετούμενου πληθυσμού, αφού το σύνολο σχεδόν των δραστηριοτήτων έχει συγκεντρωθεί στην πόλη. Κάτοικοι που διαμένουν στη Δημοτική Ενότητα Χίου απογράφονται στους τόπους καταγωγής του αλλά και άλλοι που μένουν εκτός εργάζονται σε αυτή με συνέπεια να εξυπηρετούνται μερικώς από αυτή την περιοχή.

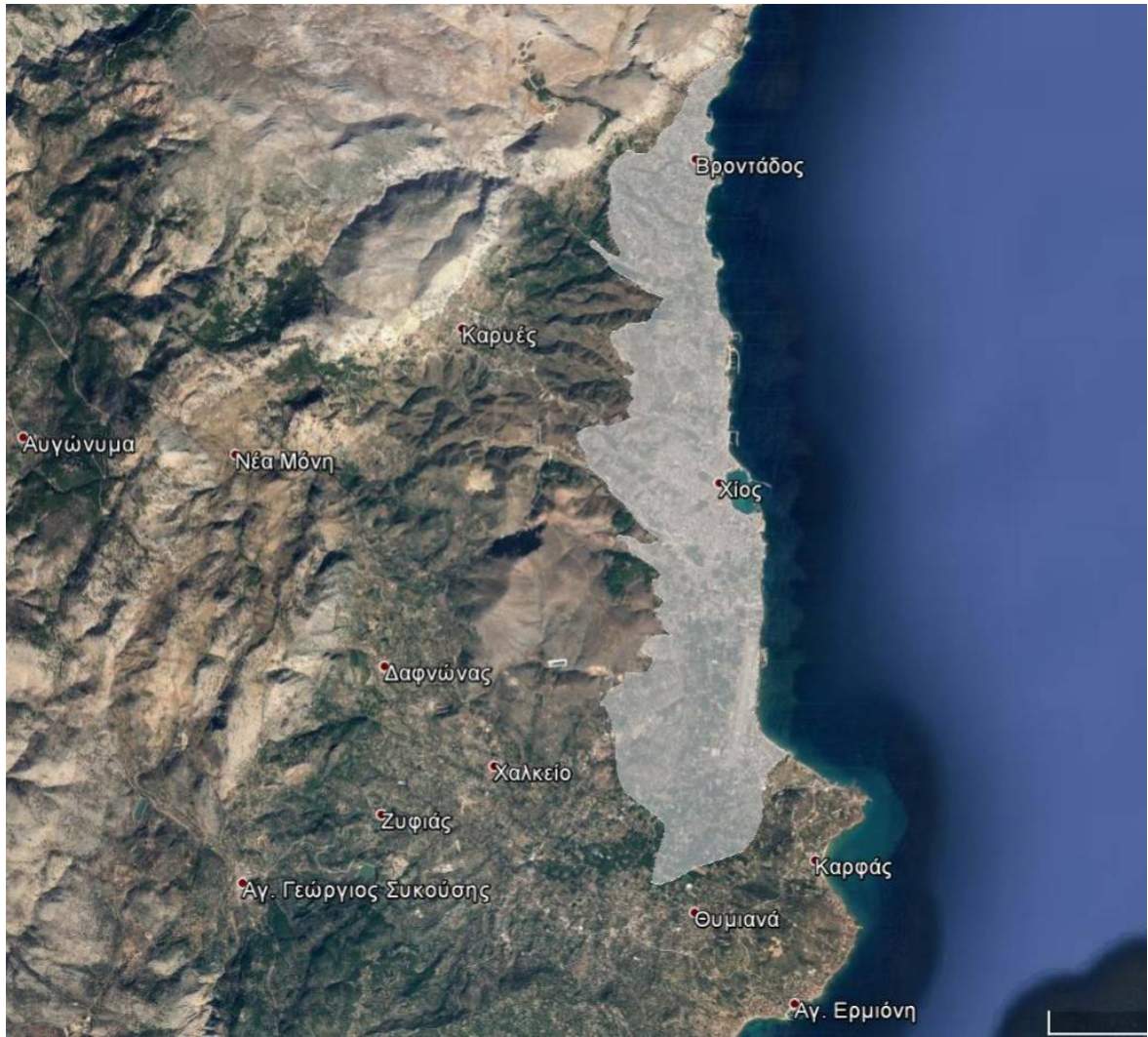
Η Δημοτική Ενότητα Ομηρούπολης, στην οποία ανήκει ο Βροντάδος, έχει πληθυσμό 5.332 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, αλλά με σημαντική προσαύξηση κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Στην παρούσα φάση τα δίκτυα διανομής της πόλης της Χίου και του Βροντάδου υδρεύονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (πληθυσμός αιχμής: 34.650(ΣΔΛΑΠ,2015)) από τις αφαλατώσεις που βρίσκονται στις περιοχές του Θόλους και του Μιλιγκά, συνολικής παραγωγής 5.200m³ (4.000m³ Θόλος - 1200m³ Μιλιγκά) και από γεωτρήσεις που βρίσκονται στην λεγόμενη λεκάνη Κορακάρη, η ποιότητα της οποίας είναι υποβαθμισμένη λόγω υφαλμύρινσης από την ανεξέλεγκτη υπεράντληση των προηγούμενων δεκαετιών. Κατά τους χειμερινούς μήνες υδροδοτούνται από τις εγκαταστάσεις στο Δελφίни (υδρομάστευση) και την Ψαρόπετρα (ανασχετικό φράγμα με διυλιστήριο) και από φυσικές πηγές οι οποίες παρουσιάζουν έντονη εποχικότητα και αυξάνουν πολύ τις ημερήσιες παρεχόμενες ποσότητες τους υγρούς μήνες. Οι ημερήσιες ανάγκες για την κάλυψη των αναγκών πόλεως Χίου και Βροντάδου είναι 9.000m³/d και το καλοκαίρι φτάνουν τα 14.000m³/d (ΔΕΥΑΧ, 2018).

Όσον αφορά τις γεωτρήσεις, χωροθετούνται ως επί το πλείστον στην λεκάνη του συστήματος «Κορακάρη», του οποίου η κατάσταση ποσοτικά και

ποιοτικά χαρακτηρίζεται κακή, σύμφωνα με το εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (σελ. 215 ΣΔΛΑΠ). Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας της λεκάνης Κορακάρη παρουσιάζει πρόβλημα υφαλμύρισης με αυξημένες συγκεντρώσεις Cl έως 800 mg/l (ΣΔΛΑΠ, 2015) εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης του. Επίσης δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί επαναφορά του συστήματος σε καλή κατάσταση, λόγω των ιδιαίτερων γεωλογικών συνθηκών της περιοχής (ΣΔΛΑΠ, 2015).

Η ποιότητα του αντλούμενου νερού από αυτή την περιοχή δεν καλύπτει τα όρια που ισχύουν για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης προς πόση. Σύμφωνα με το ΣΔΛΑΠ απαγορεύεται η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων και πηγαδιών στους υδροφόρους κακής ποιοτικής κατάστασης από ιδιώτες αλλά επιτρέπεται μόνο στο φορέα διαχείρισης, στην περίπτωσή μας τη ΔΕΥΑΧ.



Χάρτης 1.1 Περιοχή μελέτης

1.4 Εγκαταστάσεις ΔΕΥΑΧ και διανομή

Η πόλη της Χίου χρειάζεται μεσοσταθμικά ετησίως, λιγότερο από 7.000m³ νερό ημερησίως αλλά τροφοδοτείται με περίπου 11.000m³ νερό ημερησίως, λόγω απωλειών δικτύου, λαθών στην καταγραφή των υδρομέτρων και λαθραίων συνδέσεων. Το νερό προέρχεται από γεωτρήσεις κατά 60%, φράγματα και πηγές κατά 15% και αφαλατώσεις κατά 25%. Κάποια μέρη του δικτύου είναι διασυνδεδεμένα με τα δίκτυα όμορων δήμων για διακίνηση ύδατος σε περιπτώσεις ανάγκης. Αναλυτικότερα:

Οι πόροι που διατίθενται για την κάλυψη των αναγκών των πελατών της ΔΕΥΑ Χίου προέρχονται από τα εξής σημεία:

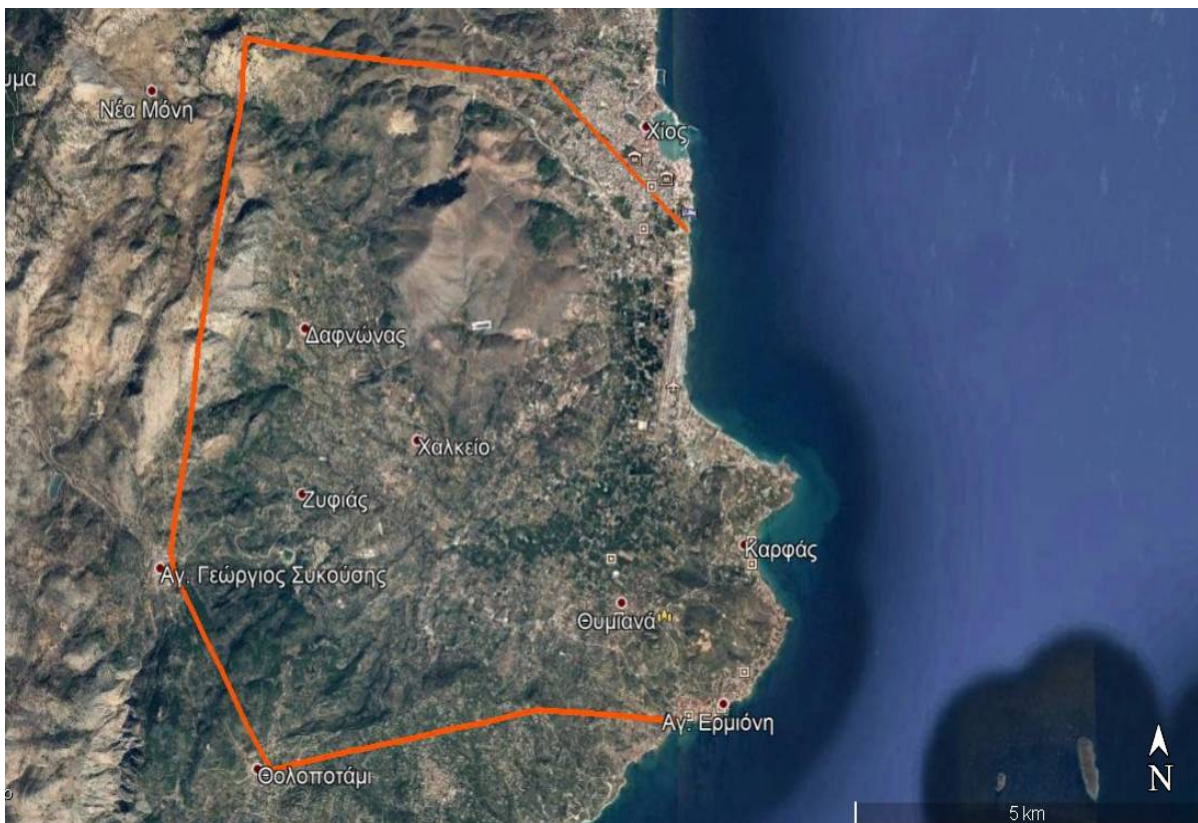
- Υδρομάστευση μεταβλητής ποιότητας νερού στην περιοχή Δελφίνι. Τους χειμερινούς μήνες η εγκατάσταση έχει μέγιστη δυναμικότητα 320m³/ώρα. Στην αρχή και στο τέλος των βροχοπτώσεων που η αγωγιμότητα ανεβαίνει, τροφοδοτεί τις αφαλατώσεις για εξοικονόμηση πόρων καθώς έχει πολύ χαμηλότερη αγωγιμότητα από τις υφιστάμενες γεωτρήσεις υφάλμυρου που τροφοδοτούν κατά κύριο λόγο τις αφαλατώσεις.
- Γεωτρήσεις στην περιοχή Δελφίνι.
- Τέσσερις μονάδες αφαλάτωσης (τρεις υφάλμυρου και μία θαλασσινού νερού) συνολικής δυναμικότητας 4.000m³/ημέρα, που επεξεργάζονται το νερό από γεωτρήσεις και υδρομαστεύσεις υφάλμυρου νερού στην περιοχή Θόλος και παράγουν νερό που τροφοδοτεί τη δεξαμενή Πετεινάκη, το αντλιοστάσιο περιφερειακού και από αυτό τις δεξαμενές Ζουμή – Αλωνάκια – Καμίνι και τις περιοχές Λατόμι – Αγ. Αρτέμιος – Τουρλωτή. Η περίσσεια διοχετεύεται μέσω αυτόματης βαλβίδας στην περιοχή Φόρος προς τα δίκτυα διανομής της πόλης. Η ποιότητα του νερού της υδρομάστευσης και των γεωτρήσεων στο Δελφίνι κατά τους χειμερινούς μήνες βελτιώνεται σημαντικά και δεν απαιτείται διαδικασία αφαλάτωσης.

- Δύο μονάδες αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού δυναμικότητας 500 m³/ημέρα και 700m³/ημέρα στην περιοχή του Μιλιγκά. Οι μονάδες αυτές κατασκευάστηκαν για την τροφοδοσία του Βροντάδου από τον πρώην Δήμο Ομηρούπολης. Η παραγωγή τους τροφοδοτεί τον αγωγό των αφαλατώσεων του Θόλου του οποίου η διανομή αναφέρεται παραπάνω.
- Η δεξαμενή Πετεινάκη τροφοδοτείται επίσης από το πηγάδι του ΙΚΑ και τροφοδοτεί την περιοχή Λιβάδια για να καλυφθούν οι βόρειες περιοχές της πόλης. Επιπλέον συνδέεται με μεγάλους κεντρικούς αγωγούς που μπορούν να τροφοδοτήσουν το μεγαλύτερο ποσοστό της πόλης της Χίου με νερό από το Δελφίни και το Θόλος.
- Η δεξαμενή του Λατομιού τροφοδοτεί τις υπόλοιπες περιοχές στα βόρεια της πόλης.
- Οι δεξαμενές Καμίνι, Αλωνάκια και Ζουμή τροφοδοτούν το Βροντάδο. Λόγω του έντονου ανάγλυφου του οικισμού το δίκτυο έχει ζωνοποιηθεί με τις τρεις δεξαμενές να τροφοδοτούν η μεν του Ζουμή την χαμηλή ζώνη, η δε στα Αλωνάκια τη μεσαία ζώνη και η Τρίτη στο Καμίνι την υψηλή ζώνη.
- Οι πηγές της Κλειδούς τροφοδοτούν το δίκτυο του Βροντάδου κατά τους χειμερινούς μήνες.
- Νοτιοδυτικά της πόλης, στην περιοχή Ψαρόπετρα, υπάρχουν το ομώνυμο φράγμα, το ταχυδιωλιστήριο που λειτουργεί κατά τη χειμερινή περίοδο, οι γεωτρήσεις Αγ. Σαράντα και Φράγκου καθώς και άλλες πέντε πηγές με χαμηλή παροχή και έντονη εποχικότητα. Οι συγκεκριμένοι πόροι γεμίζουν τις παλιές και νέες δεξαμενές Αγίου Γεωργίου Ορφανού και μέσω αυτών τη δεξαμενή Τουρλωτής. Οι δεξαμενές αυτές υδροδοτούν κυρίως τα κεντρικά τμήματα της πόλης της Χίου.
- Στην περιοχή του Βαρβασίου υπάρχουν οι γεωτρήσεις Γούλια, Χέλιου και Ποταμού που συνδέονται άμεσα στο δίκτυο ύδρευσης και στις δεξαμενές Αγίου Γεωργίου Ορφανού.

- Τέλος στο νότιο τμήμα της πόλης υπάρχουν οι γεωτρήσεις Βασιλειώνικου, Χαρίλαου, Καμπούρη, Σταυρινούδη, ΕΒΕΚ και Κουτρολόμλου οι οποίες τροφοδοτούν απευθείας τις καταναλώσεις ή διαμέσου της Δεξαμενής Κουτρολόμλου.

Σε γενικές γραμμές τα τμήματα του δικτύου υδροδότησης χρησιμοποιούνται με ειδικούς χειρισμούς σε βάνες για να μεταφερθεί νερό από τη μια πλευρά της πόλης στην άλλη και από τη μια δεξαμενή στην άλλη, ανάλογα με τις ανάγκες που παρουσιάζονται κάθε εποχή.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα εντοπίζεται στο νότιο τμήμα της πόλης και του Κάμπου όπου η τροφοδοσία τους γίνεται σε μεγάλο ποσοστό από βεβαρημένες γεωτρήσεις .



Χάρτης 1.2 Υδρογεωλογική λεκάνη Κορακάρη
 Πηγή: Google earth, ΔΕΥΑΧ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΗΓΕΣ ΝΕΡΟΥ

Πίνακας 1.1 Υδατικοί πόροι ΔΕΥΑΧ

A/A	Όνομα	Χειμώνας (m ³ /μέρα)	Καλοκαίρι (m ³ /μέρα)	Παρατηρήσεις
1	Πηγή Δελφίни	7680	0	Υφάλμυρο το καλοκαίρι. Τροφοδοτεί τις αφαλατώσεις.
2	Γεώτρηση Δελφίни 1+2	1100	900	Καλή ποιότητα νερού σε όλη τη διάρκεια του χρόνου.
3	Μονάδα Αφαλάτωσης 1+2+3 (Θόλος)	0	3000	Αφαλάτωση υφάλμυρου νερού που λειτουργεί από το 2006 και σταματά κατά την διάρκεια του χειμώνα.
4	Μονάδα Αφαλάτωσης 4 (Θόλος)	0	1000	Αφαλάτωση θαλασσινού νερού το οποίο λειτουργεί από το 2010 και σταματά κατά την χειμερινή περίοδο. Τροφοδοτείται από την άλμη των προηγούμενων.
5	Μονάδα Αφαλάτωσης 5 (Μιλιγκάς)	0	500	Αφαλάτωση υφάλμυρου νερού, λειτουργεί από το 2005. Σταματά την χειμερινή περίοδο.
6	Μονάδα Αφαλάτωσης 6 (Μιλιγκάς)	0	700	Αφαλάτωση υφάλμυρου νερού, λειτουργεί από το 2002. Σταματά την χειμερινή περίοδο.
7	Φράγμα Ψαρόπετρας	6720	0	Μικρό φράγμα γύρω στα 25.000m ³ το οποίο λειτουργεί κατά την χειμερινή περίοδο. Τροφοδοτεί μικρό διυλιστήριο.
8	Γεώτρηση Άγιοι Σαράντα	0	450	
9	Γεώτρηση Φράγκου	0	450	Ιδιωτική γεώτρηση, χρησιμοποιείται το καλοκαίρι για να προμηθεύει το δίκτυο ύδρευσης της Χίου.

10	Γεώτρηση Γούλια	500	1000	Αντλούνται περιορισμένα κατά την διάρκεια του χειμώνα. Ποιοτικά προβλήματα.
11	Γεώτρηση Χέλιου	500	1200	Αντλούνται περιορισμένα κατά την διάρκεια του χειμώνα. Ποιοτικά προβλήματα.
12	Γεώτρηση Ποταμός	1500	1500	Σχετικά καλή ποιότητα.
13	Γεώτρηση Κουτρολόμυλου	700	700	Αντλείται περιορισμένα κατά την διάρκεια του χειμώνα. Ποιοτικά προβλήματα.
14	Πηγή Τρυπατέ	1200	0	Καλή ποιότητα νερού το οποίο προμηθεύει το δίκτυο ύδρευσης της Χίου.
15	Πηγή Κλειδού	1000	0	Καλή ποιότητα νερού το οποίο προμηθεύει το δίκτυο ύδρευσης Βροντάδου.
16	Γεώτρηση Καμπούρη	0	400	Ιδιωτική γεώτρηση, χρησιμοποιείται το καλοκαίρι. Χαμηλή ποιότητα.
17	Γεώτρηση Χαρίλαου	0	500	Ιδιωτική γεώτρηση, χρησιμοποιείται το καλοκαίρι. Χαμηλή ποιότητα.
18	Πηγή Δαφνώνα	1200	200	
19	Πηγάδι ΙΚΑ	500	150	
20	Γεώτρηση ΕΒΕΚ	0	2000	
ΣΥΝΟΛΟ(m ³ /d)		22600	14650	
ΑΝΑΓΚΕΣ(m ³ /d)		9000	14000	

Πηγή: ΔΕΥΑΧ

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται συνοπτικά οι πηγές νερού που έχει στη διάθεση της η ΔΕΥΑΧ για την τροφοδοσία των δικτύων της. Οι δυναμικότητες που αναφέρονται είναι οι ανώτερες δυνατές.



Χάρτης 1.3 Υδατικοί πόροι ΔΕΥΑΧ

Πηγή: ΔΕΥΑΧ

1.5 Κατάσταση δικτύων διανομής

Ολόκληρο το δίκτυο είναι μήκους περίπου 250 χιλιομέτρων ενώ τα 80 χιλιόμετρα από αυτά αποτελούν τα κεντρικά δίκτυα. Το δίκτυο αποτελείται κατά 15% από παλιούς αμιαντοσωλήνες και σωλήνες από μαντέμι που τοποθετήθηκαν από τη δεκαετία του '30 έως τη δεκαετία του '80, κατά 65% από σωλήνες PVC που εγκαταστάθηκαν τη δεκαετία του '90, ενώ το υπόλοιπο 20% αποτελείται από σωλήνες πολυαιθυλενίου, οι οποίες τοποθετήθηκαν την τελευταία δεκαετία και αφορούν δίκτυα τροφοδοσίας εκτός πόλης.

Σημαντικό ζήτημα αποτελούν οι βλάβες του δικτύου που εμφανίζονται ως επί το πλείστον σε τμήματα σωλήνων αμιάντου-μαντεμιού, λόγω παλαιότητας και χαμηλής αντοχής στην πίεση, ενώ και στα τμήματα σωλήνων PVC εμφανίζονται προβλήματα αντοχής στην πίεση στις χαμηλές ζώνες τροφοδοσίας. Η επάρκεια και οι αντοχές στην πίεση είναι και ο λόγος που το δίκτυο λειτουργεί τμηματικά, ώστε ο παράγοντας πίεση να είναι υπό έλεγχο, ώστε να μπορούν να τροφοδοτούνται οι υψηλές ζώνες χωρίς να δημιουργείται βλάβη στις χαμηλές.

Μεγάλο μέρος του δικτύου διέρχεται από διαδρομές που δεν είναι εύκολο να εποπτευθούν ενώ υπάρχουν τμήματα των αγωγών που διέρχονται από μη εμφανή σημεία και καταστρέφονται από εργασίες, παλαιότητα ή υπερβολική πίεση, χωρίς κάποιος το αντιληφθεί, μέχρι να αρχίσει να εμφανίζεται νερό στην επιφάνεια και να διαπιστωθεί βλάβη.

Μέχρι τον εντοπισμό μιας διαρροής, κατασπαταλάται τεράστια ποσότητα ύδατος που πρέπει να καλυφθεί με υπεράντληση που οδηγεί στην εξάντληση των υδατικών πόρων της περιοχής.

Ενδεικτικό της κατάστασης διαρροών είναι ο παρακάτω πίνακας (πίνακας 1.2) που συγκρίνει τις αντλούμενες ποσότητες νερού με τις αντίστοιχες τιμολογούμενες. Η παρεχόμενη ποσότητα στα δίκτυα είναι κατά 35% περίπου μεγαλύτερη από την τιμολογηθείσα. Η διαφορά αυτή του μη τιμολογούμενου

νερού οφείλεται σωρευτικά σε διαρροές δικτύων, λαθραίες συνδέσεις και αποκλίσεις στις καταγραφές των υδρομέτρων.

Πίνακας 1.2 Καταναλώσεις περιόδου

α/α	ΖΩΝΗ 1(m ³)	ΖΩΝΗ 2(m ³)
ΤΙΜΟΛΟΓΗΘΕΝΤΑ(Μ.Ο.2016-2017)	1.119.320	317.767
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ(Μ.Ο.2016-2017)	1.500.000	400.000

Πηγή: ΔΕΥΑΧ

Παράλληλα κατά τις περιόδους βροχοπτώσεων ή στην περιοχή του Βροντάδου όταν τροφοδοτείται από τις αφαλατώσεις, η ποιότητα των υδάτων είναι σχετικά καλή και σε πολλές περιπτώσεις το νερό είναι πόσιμο, με συνέπεια το πιο μαλακό νερό να καθαρίζει από τα άλατα τα δίκτυα που το υπόλοιπο διάστημα διανέμουν πιο σκληρό νερό και να έχουμε το φαινόμενο κόκκινου νερού στις βρύσες των καταναλωτών. Το παραπάνω πρόβλημα δύναται να μειωθεί όταν καταφέρει ο φορέας διαχείρισης να κρατά σταθερά χαμηλά την σκληρότητα του νερού όλο το έτος.

1.6 Μέτρα

Ένας έμμεσος τρόπος βελτίωσης ποιότητας του νερού θα μπορούσε να είναι ο περιορισμός της κατανάλωσης και η πιο λελογισμένη χρήση, ώστε να μειωθεί η ζήτηση και να μην απαιτείται η χρήση των βεβαρημένων γεωτρήσεων.

Συγκεντρωτικά, τα προτεινόμενα μετρά τα οποία θα μπορούσαν να δρομολογηθούν για τη βελτίωση της ποιοτικής και ποσοτικής επάρκειας είναι τα παρακάτω:

Άμεσα/βραχυπρόθεσμα μέτρα

- Εντατικοποίηση της εκστρατείας ενημέρωσης του κοινού.

Πρέπει οι καταναλωτές να γίνουν κοινωνοί του προβλήματος. Μπορούν να ετοιμαστούν κάποια ηχογραφημένα μηνύματα για το ραδιόφωνο με κάποιο μήνυμα που να τραβά την προσοχή.

- Συναντήσεις με ομάδες ενδιαφέροντος και επαγγελματικές ομάδες πχ Ξενοδόχοι για εξεύρεση τρόπων μείωσης της κατανάλωσης εντός των ξενοδοχειακών μονάδων.

Οι ξενοδοχειακές μονάδες είναι μεγάλοι καταναλωτές και πρέπει να βοηθήσουν προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης νερού. Επίσης, άλλη ομάδα που πρέπει να προσεγγιστεί είναι οι γεωργοί που είναι εξίσου μεγάλοι καταναλωτές.

- Τροποποίηση της τιμολογιακής πολιτικής.

Η εφαρμογή ορθής τιμολογιακής πολιτικής είναι ένα εργαλείο που μπορεί και πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την αποτροπή της σπατάλης νερού. Θα πρέπει να υπάρχει κλιμακωτή χρέωση. Η πρώτη κλίμακα για χαμηλές καταναλώσεις θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το κόστος παραγωγής του νερού αλλά και της συντήρησης της παροχής. Επίσης σε καταναλώσεις πέραν των λογικών, για μια κατοικία, ορίων θα μπορούσε να υπάρχει τέλος που να δρα αποτρεπτικά στην αλόγιστη κατανάλωση νερού.

Στην Κύπρο, για παράδειγμα, τα Συμβούλια Υδατοπρομήθειας, αρχίζουν την χρέωση από 0,90€ ανά κυβικό μέτρο για κατανάλωση από 1-10m³ ανά μήνα (30 m³ ανά τρίμηνο) και αυξάνεται σταδιακά με την αύξηση της κατανάλωσης. Μετά τα 30 m³/μήνα (90 m³/τριμηνία) ανεβαίνει στα 5,00€ ανά κυβικό μέτρο.

- Προώθηση τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού.

Υπάρχουν διάφορα εξαρτήματα όπως αεριστές για τις βρύσες και τα ντους που είναι αρκετά φθηνά και μπορούν ενδεχομένως στα πλαίσια εκστρατείας

ενημέρωσης να προσφέρονται από τη ΔΕΥΑΧ δωρεάν για κάποιο χρονικό διάστημα. Παράλληλα μπορεί να ενθαρρυνθεί η αντικατάσταση τουαλετών παλιάς τεχνολογίας με καζανάκια μεγάλης χωρητικότητας με νέα διπλής ροής και χαμηλής χωρητικότητας.

Υπάρχει ήδη ένα καλό σχέδιο ενθάρρυνσης της χρήσης βρόχινου νερού σε επίπεδο κατοικίας που μπορεί να επεκταθεί για εξοικονόμηση νερού με νέες τεχνολογίες.

Μεσοπρόθεσμα μέτρα

- Αύξηση της δυναμικότητας των υφιστάμενων αφαλατώσεων.

Αυτό μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση νέων μονάδων αφαλάτωσης.

Με την παρούσα εργασία θα εξεταστεί η δυνατότητα εγκατάστασης μιας νέας τέτοιου είδους μονάδας παραγωγής.

- Μείωση των απωλειών μέσω διαχείρισης της πίεσης.

Στις περιοχές όπου δεν γίνονται διακοπές στην παροχή νερού, η μείωση της πίεσης με κατάλληλους ρυθμιστές πίεσης θα βοηθήσει στην μείωση των απωλειών του δικτύου. Για καλύτερα αποτελέσματα μπορεί να συνδυαστεί με τη δημιουργία περισσότερων ζωνών υδροδότησης.

- Βελτιωτικά έργα σε χειμάρρους ανάντη γεωτρήσεων για αύξηση του εμπλουτισμού.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Χίο είναι ικανοποιητική. Χρειάζεται να αξιοποιηθεί η επιφανειακή ροή των χειμάρρων, όταν υπάρχει, για σκοπούς βελτίωσης του εμπλουτισμού. Αυτό μπορεί να γίνει με τη δημιουργία μικρών λιμνών εντός της κοίτης τους. Η δημιουργία μικρών εμπλουτιστικών φραγμάτων από συρματοκιβώτια (Σαρζανέτ) που θα γεμίσουν με πέτρες της περιοχής θα βοηθήσουν επίσης τον εμπλουτισμό.

Μακροπρόθεσμα μέτρα

- Αξιοποίηση των επιφανειακών νερών.

Τα υπόγεια ύδατα της Χίου έχουν αξιοποιηθεί πέραν της δυνατότητας αναπλήρωσης. Είναι εξαιρετικά σημαντικό να δρομολογηθεί η αξιοποίηση των επιφανειακών νερών με την κατασκευή αποθηκευτικών και εμπλουτιστικών φραγμάτων. Θα πρέπει να ετοιμαστεί ένα σχέδιο δράσης από τα αρμόδια όργανα για τις πιθανές τοποθεσίες που προσφέρονται από γεωλογικής και τοπογραφικής πλευράς για κατασκευή φραγμάτων για κατακράτηση των νερών τα οποία σήμερα καταλήγουν στη θάλασσα. Η αποθηκευμένη ποσότητα μπορεί να ελευθερώνεται ελεγχόμενα τις ξηρές περιόδους για τεχνητό εμπλουτισμό των κατάντη περιοχών. Αυτό θα βοηθήσει στην ανάκαμψη των υδροφορέων. Επίσης η αποθηκευμένη ποσότητα μπορεί να τροφοδοτεί τους καλοκαιρινούς μήνες διυλιστήρια ύδατος.

- Ολοκλήρωση του ημιτελούς φράγματος Κόρης Γεφύρι.

Θα πρέπει να ασκηθούν πιέσεις προς το Υπουργείο Γεωργίας στο οποίο ανήκει το έργο ώστε να προχωρήσει η ολοκλήρωσή του, σαν κατεπείγον έργο, για την βελτίωση της παρούσας κατάστασης. Η χωρητικότητα των 3.000.000m³ θα ενισχύσει σημαντικά το υδατικό ισοζύγιο του νησιού. Έτσι με την κατασκευή ενός διυλιστηρίου θα μπορέσει να δώσει στο δίκτυο επαρκείς ποσότητες για την βελτίωση της ποιότητας παρεχόμενου νερού.

- Επαναχρησιμοποίηση ανακυκλωμένου νερού για άρδευση.

Όλη η παραγωγή ανακυκλωμένου νερού από τον βιολογικό σταθμό καταλήγει σήμερα στη θάλασσα. Η ένταξη του στο υδατικό ισοζύγιο για σκοπούς άρδευσης θα μειώσει την ανάγκη άντλησης για την κάλυψη των γεωργικών μονάδων. Εάν είναι εφικτό να δοθεί για την άρδευση κήπων ξενοδοχείων, θα μειωθεί η κατανάλωση νερού που παρέχεται σήμερα μέσω του δικτύου της ΔΕΥΑΧ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μέθοδοι λειτουργίας τεχνολογιών επεξεργασίας νερού

2.1 Πως λειτουργεί η αφαλάτωση

Με τον όρο αφαλάτωση χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία. Η αφαλάτωση ουσιαστικά είναι μια διαδικασία παραγωγής πόσιμου νερού από θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό, μέσω διεργασιών αφαίρεσης αλάτων από τα αλατούχα ύδατα. Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες εγκατάστασης αφαλατώσεων έγιναν στα τέλη του '60 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Στις μέρες μας λειτουργούν στη χώρα πάνω από 60 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση, κυρίως άνυδρων νησιών, με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης περίπου 55.000 m³/ημέρα.

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις μεθόδους εξάτμισης και τις μεθόδους μεμβρανών. Υπάρχουν κι άλλες μέθοδοι οι οποίες βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, όπως η χρήση μεμβρανών γραφενίου ή νανόφιλτρων, αλλά δεν υπάρχουν ακόμη επαρκή στοιχεία για την αποτελεσματικότητά τους σε σχέση με το κόστος παραγόμενου νερού. Η επόμενη τεχνολογία που φαίνεται ότι θα ακολουθήσει την εμπορική επιτυχία της αντίστροφης ώσμωσης είναι η forward osmosis στην οποία θα αναφερθούμε στο τέλος της ενότητας.

Οι μέθοδοι εξάτμισης χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως σε χώρες με επάρκεια ενεργειακών πόρων, όπως στη Μέση Ανατολή από πετρελαιοπαραγωγούς χώρες, ενώ στις υπόλοιπες χώρες χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης που είναι πιο οικονομική. Σήμερα η μεγαλύτερη ποσότητα παραγόμενου νερού αφαλάτωσης παράγεται με την μέθοδο της πολυβάθμιας εκτόνωσης, καθώς οι εγκαταστάσεις στην Μέση Ανατολή είναι πολύ μεγάλης δυναμικότητας. Η αντίστροφη ώσμωση είναι πιο διαδεδομένη τα τελευταία χρόνια καθώς έχουν κατορθώσει, με αλλαγές στον σχεδιασμό και με την εξέλιξη των μεμβρανών που

χρησιμοποιούνται να μειωθεί το κόστος παραγόμενου νερού από το 1,50€/m³ στις πρώτες εγκαταστάσεις σε λιγότερο από 0,40€/m³ στις πιο πρόσφατες.

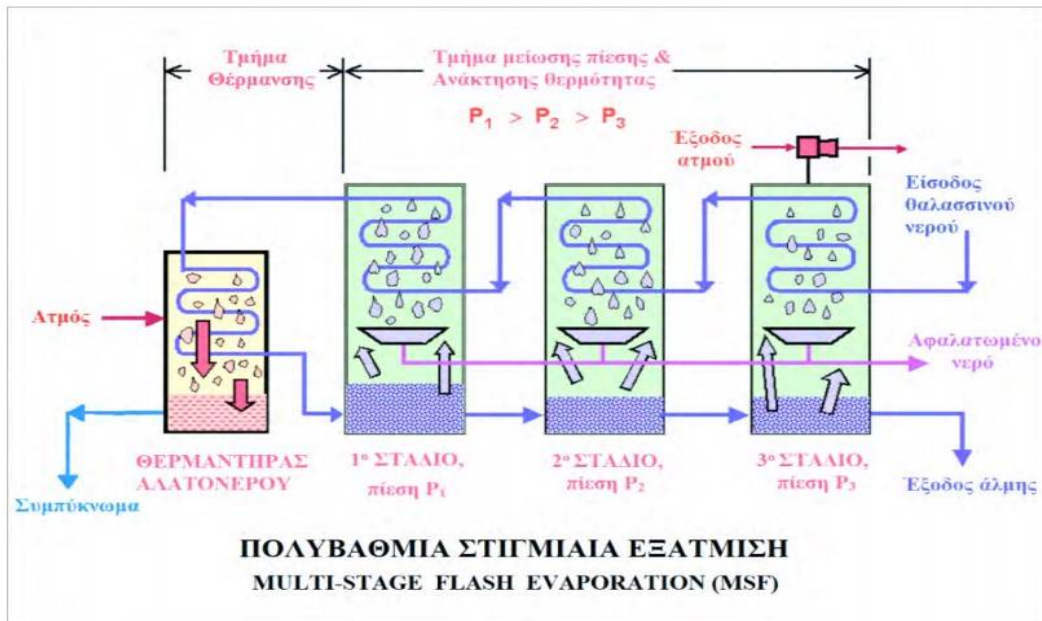
Οι κυριότερες μέθοδοι αφαλάτωσης είναι οι ακόλουθες.

- Πολυβάθμια εκτόνωση(MSF)
- Πολυβάθμια εξάτμιση(MED)
- Εξάτμιση με συμπίεση ατμών(VC)
- Ηλιακή απόσταξη(SD)
- Ηλεκτροδιάλυση(ED)
- Αντίστροφη ώσμωση(RO)

2.1.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing)

Η μέθοδος της πολυβάθμιας εκτόνωσης είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος εξάτμισης καθώς είναι η μονή που ελαχιστοποιεί τις επικαθίσεις άλατος όταν οι ατμοί εξέρχονται από το θερμό διάλυμα και τα τυχόν σχηματιζόμενα άλατα παραμένουν στο διάλυμα (Αυλωνίτης, 2006). Στη διαδικασία του MSF, το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε ένα δοχείο που ονομάζεται θερμαντήρας άλμης με την βοήθεια εναλλάκτη θερμότητας. Αυτό το θερμαινόμενο θαλασσινό νερό στη συνέχεια ρέει μέσα σε έναν θάλαμο, όπου η επικρατούσα πίεση είναι χαμηλότερη, προκαλώντας το νερό να βράσει αμέσως. Η ξαφνική εισαγωγή του θερμαινόμενου νερού μέσα στο θάλαμο το κάνει να βράζει γρήγορα, σχεδόν εκρήγνυται. Έτσι ένα μικρό ποσοστό αυτού του νερού (περίπου 7%) μετατρέπεται σε ατμό (υδρατμούς), από τη στιγμή που θα εξαερωθεί θα συνεχίσει μόνο μέχρις ότου το νερό κρυώσει. Η έννοια της απόσταξης του νερού με έναν θάλαμο που λειτουργεί σε μειωμένη πίεση δεν είναι καινούργια και έχει χρησιμοποιηθεί από τον προηγούμενο αιώνα. Στη δεκαετία του 1950, μια μονάδα των MSF που χρησιμοποίησε σειρά σταδίων που καθορίζονται σε ολοένα και χαμηλότερες πιέσεις αναπτύχθηκε επιτυχώς. Σε αυτή τη μονάδα, το νερό τροφοδοσίας μπορούσε να περάσει από το ένα στάδιο στο άλλο και να βράσει επανειλημμένα χωρίς πρόσθετη θερμότητα. Συνήθως, μια μονάδα MSF μπορεί περιέχει από 15 έως 25 στάδια.

Η προσθήκη σταδίων αυξάνει την συνολική έκταση της εγκατάστασης, αυξάνοντας έτσι το κόστος κεφαλαίου καθώς και την πολυπλοκότητα της λειτουργίας. Ο ατμός που παράγεται αυτή τη διαδικασία μετατρέπεται σε γλυκό νερό μετά την επαφή του με σωλήνες κρύου θαλασσινού νερού που διατρέχουν κάθε στάδιο. Στις σημερινές εγκαταστάσεις οι σωλήνες με το νερό προς απόρριψη, ζεσταίνουν το νερό τροφοδοσίας που πηγαίνει στο θερμαντήρα έτσι ώστε να επιτευχθεί οικονομία. Οι μονάδες πολλαπλών σταδίων έχουν κατασκευαστεί εμπορικά από τη δεκαετία του 1950. Γενικά κατασκευάζονται σε μονάδες περίπου $4.000\text{m}^3/\text{d}$ έως $57.000\text{m}^3/\text{d}$. Οι μονάδες των MSF συνήθως λειτουργούν με θερμοκρασία άλμης μετά τον θερμαντήρα στους $90 - 110^\circ\text{C}$. Ένας παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική απόδοση της εγκατάστασης είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της εξόδου του θερμαντήρα άλμης και της θερμοκρασίας στην τελευταία φάση. Η λειτουργία μιας εγκατάστασης στο υψηλότερο όριο θερμοκρασίας 110°C αυξάνει την απόδοση, αλλά αυξάνει επίσης τις πιθανότητες για επιζήμιο σχηματισμό αλάτων και επιταχύνει τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών. Πολλές χώρες στην Αραβική Χερσόνησο, όπως η Σαουδική Αραβία, τα Αραβικά Εμιράτα και το Κουβέιτ εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις MSF εγκαταστάσεις για την παροχή νερού στις αστικές περιοχές τους. Αυτή η εξάρτηση, σε συνδυασμό με μια μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ, τους ενθάρρυνε να λάβουν μέτρα για την προστασία της επένδυσης. Οι Αρχές των Υδάτων στις χώρες αυτές έχουν επενδύσει κεφάλαια για την αύξηση του επιπέδου εκπαίδευσης των χειριστών, πειραματίστηκαν με αλλαγές μεθόδων και χημικών ουσιών, και γενικά κατάφεραν να σταθεροποιήσουν τη λειτουργία των εγκαταστάσεών τους.

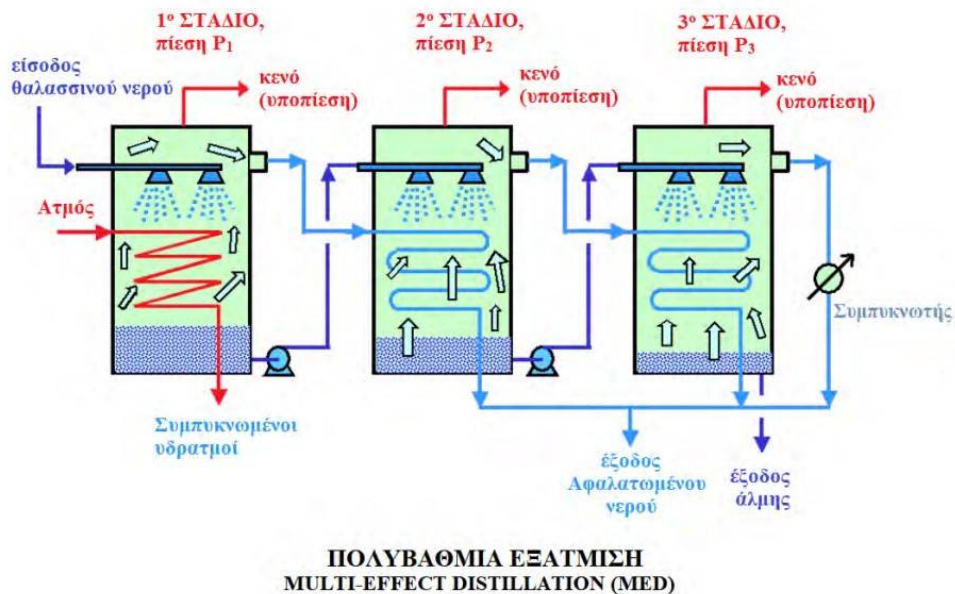


Εικόνα 2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση

Πηγή: Κουμεντάκης, 2018

2.1.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation)

Η διαδικασία της πολυβάθμιας εξάτμισης (MED) χρησιμοποιείται περισσότερο για βιομηχανική απόσταξη. Παραδοσιακά η χρήση αυτής της διαδικασίας γινόταν για την εξάτμιση του χυμού από ζαχαροκάλαμο στην παραγωγή ζάχαρης και την παραγωγή του αλατιού. Μερικές από τις πρώτες μονάδες αφαλάτωσης χρησιμοποίησαν τη διαδικασία MED, ωστόσο, οι MSF μονάδες, εξαιτίας της καλύτερης αντοχής τους, εκτόπισαν αυτή τη διαδικασία. Παρ' όλα αυτά, ξεκινώντας από τη δεκαετία του 1980, το ενδιαφέρον για τη διαδικασία MED αναβίωσε, καθώς με μια σειρά αλλαγών στο σχεδιασμό οι εγκαταστάσεις κατάφεραν να λειτουργήσουν με καλύτερο βαθμό απόδοσης.



Εικόνα 2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση

Πηγή: Κουμεντάκης, 2018

Η MED, όπως κι η MSF, λαμβάνει χώρα σε μια σειρά από στάδια και χρησιμοποιεί τις αρχές συμπύκνωσης και εξάτμισης σε μειωμένη πίεση περιβάλλοντος στις διάφορες φάσεις. Αυτό επιτρέπει στο θαλασσινό νερό τροφοδοσίας να υποβληθεί σε βρασμό χωρίς να χρειάζεται να παραχθεί πρόσθετη θερμότητα μετά την πρώτη φάση. Διάφορα σχέδια έχουν χρησιμοποιηθεί, όμως, μέχρι στιγμής ο πιο κοινός εναλλάκτης θερμότητας αποτελείται από οριζόντιους σωλήνες. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για την προσθήκη του νερού τροφοδοσίας το σύστημα. Το νερό τροφοδοσίας ψεκάζεται ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο κατανέμεται ομοιόμορφα στην επιφάνεια του εξατμιστή (συνήθως σωλήνες) σε μια λεπτή μεμβράνη για την προώθηση της ταχείας εξάτμισης. Οι επιφάνειες στο πρώτο στάδιο, θερμαίνονται με ατμό από ένα λέβητα. Στη συνέχεια ο ατμός συμπυκνώνεται. Το συμπύκνωμα ανακυκλώνεται στο λέβητα για επαναχρησιμοποίηση.

Οι επιφάνειες από όλες τις άλλες βαθμίδες θερμαίνονται από τον παραγόμενο ατμό κάθε προηγούμενου σταδίου. Ο ατμός που παράγεται στην τελευταία βαθμίδα συμπυκνώνεται σε έναν ξεχωριστό εναλλάκτη θερμότητας

που ονομάζεται τελικός συμπυκνωτής, ο οποίος ψύχεται από το εισερχόμενο θαλασσινό νερό, προθερμαίνοντας έτσι το νερό τροφοδοσίας. Μόνο ένα μέρος του θαλασσινού νερού που εφαρμόζεται στη μεταφορά θερμότητας στις επιφάνειες εξατμίζεται. Το υπόλοιπο νερό τροφοδοσίας κάθε βαθμίδας που είναι τώρα συγκεντρωμένο και ονομάζεται άλμη, συχνά τροφοδοτεί το επόμενο στάδιο. Στο τέλος της διαδικασίας όλος ο ατμός συμπυκνώνεται για να έχουμε το παραγόμενο γλυκό νερό.

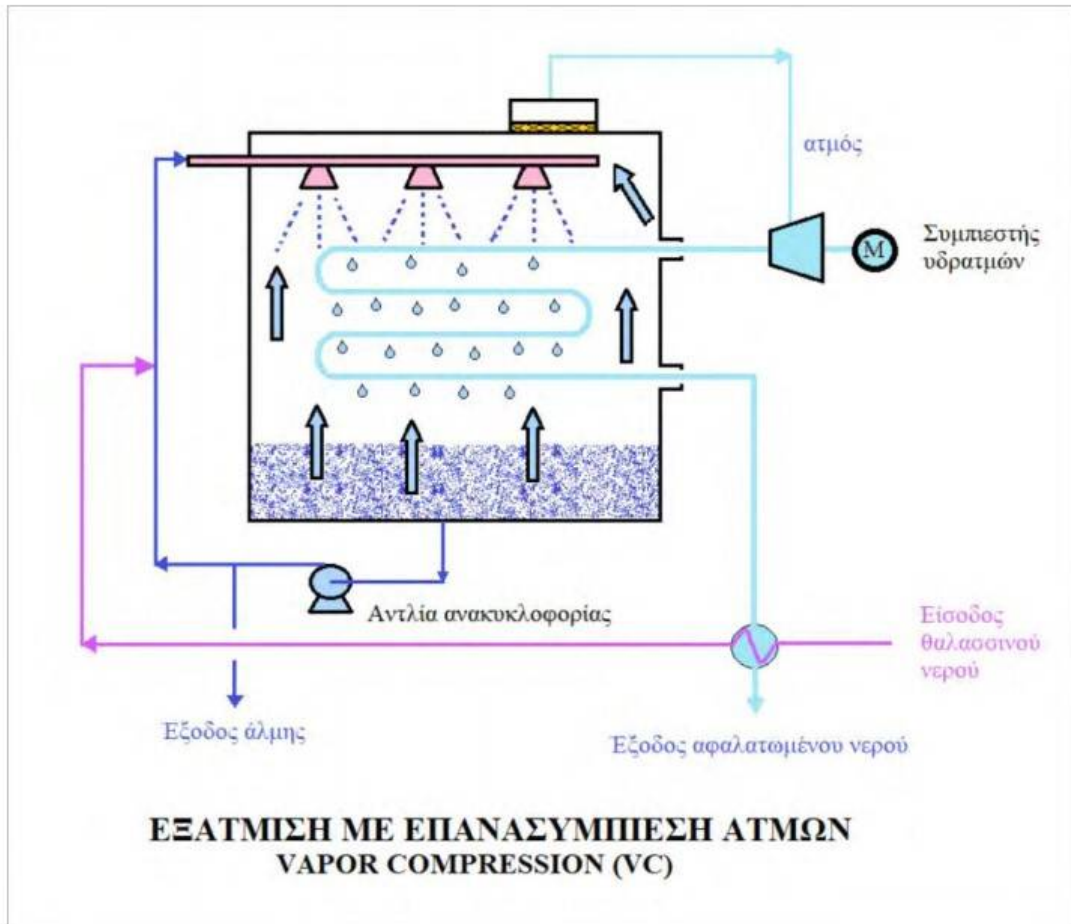
Η πίεση περιβάλλοντος στις διάφορες βαθμίδες στη MED διατηρείται από ένα ξεχωριστό σύστημα κενού. Σε κάθε βαθμίδα ορίζεται χαμηλότερη πίεση ώστε να επιτυγχάνεται η εξάτμιση σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Η θερμική απόδοση της διαδικασίας εξαρτάται από τον αριθμό των βαθμίδων. Οι εγκαταστάσεις MED είναι συνήθως χτισμένες σε μονάδες 2.000 m³/d έως 20.000m³/d. Οι περισσότερες από τις πιο πρόσφατες αιτήσεις για μονάδες MED ήταν στην Ινδία, την Καραϊβική, τα Κανάρια Νησιά, τις Ηνωμένες Πολιτείες και τα Αραβικά Εμιράτα. Παρόλο που η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων που χρησιμοποιούν τη διαδικασία MED εξακολουθεί να είναι μικρή, ο αριθμός και η δημοτικότητα της έχουν αυξηθεί. Οι μονάδες MED είναι πολύ ενεργοβόρες καθώς η θέρμανση του νερού απαιτεί πολύ ενέργεια, με το κόστος να μειώνεται όπου υπάρχει διαθέσιμος ατμός, όπως για παράδειγμα κοντά σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας.

2.1.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression)

Η διαδικασία απόσταξης συμπίεσης ατμού (VC) γενικά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες διαδικασίες (όπως η MED) ή από μόνη της για μικρής και μεσαίας κλίμακας εφαρμογές αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. Η θερμότητα για την εξάτμιση του νερού προέρχεται από τη συμπίεση ατμού και όχι από την άμεση ανταλλαγή θερμότητας από τον ατμό που παράγεται σε ένα λέβητα. Οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν αυτή τη διαδικασία σχεδιάζονται επίσης για να επωφεληθούν από την αρχή της μείωσης της θερμοκρασίας του σημείου ζέσεως μειώνοντας την πίεση. Εκτοξευτήρες νερού και μηχανικοί συμπιεστές (μηχανική συμπίεση ατμού)

χρησιμοποιούνται στον κύκλο συμπίεσης για την εκτέλεση της διαδικασίας. Ο μηχανικός συμπιεστής είναι συνήθως ηλεκτρικός ή πετρελαιοκίνητος, επιτρέποντας τη μοναδική χρήση ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας για την παραγωγή νερού με απόσταξη.

Οι μονάδες VC έχουν κατασκευαστεί με διάφορους σχηματισμούς για την προώθηση της ανταλλαγής θερμότητας για την εξάτμιση του θαλασσινού νερού. Όλος ο ατμός απομακρύνεται από ένα μηχανικό συμπιεστή από το τελευταίο στάδιο και εισάγεται ως ατμός θέρμανσης στην πρώτη διεργασία μετά τη συμπίεση, και αυτό εξαρτάται από την ψυχρή πλευρά της επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας. Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται ή διανέμεται με άλλο τρόπο στην άλλη πλευρά της επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας όπου βράζει και εν μέρει εξατμίζεται, παράγοντας περισσότερους ατμούς. Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν συμπιεστές χαμηλού κόστους, η αύξηση της πίεσης είναι περιορισμένη, και ως εκ τούτου, οι μικρές εγκαταστάσεις έχουν μόνο ένα στάδιο. Οι μηχανικές μονάδες VC είναι δυναμικότητας μέχρι $3.000\text{m}^3/\text{d}$ και έχουν γενικά κατανάλωση ενέργειας περίπου $7\text{ kWh}/\text{m}^3$ έως $12\text{ kWh}/\text{m}^3$. Οι μονάδες VC χρησιμοποιούνται συχνά για θέρετρα, βιομηχανίες και γεωτρήσεις σε περιοχές όπου το γλυκό νερό δεν είναι άμεσα διαθέσιμο. Η απλότητα και η αξιοπιστία της λειτουργίας του την καθιστά ελκυστική μονάδα για μικρές εγκαταστάσεις όπου αυτές είναι επιθυμητές.



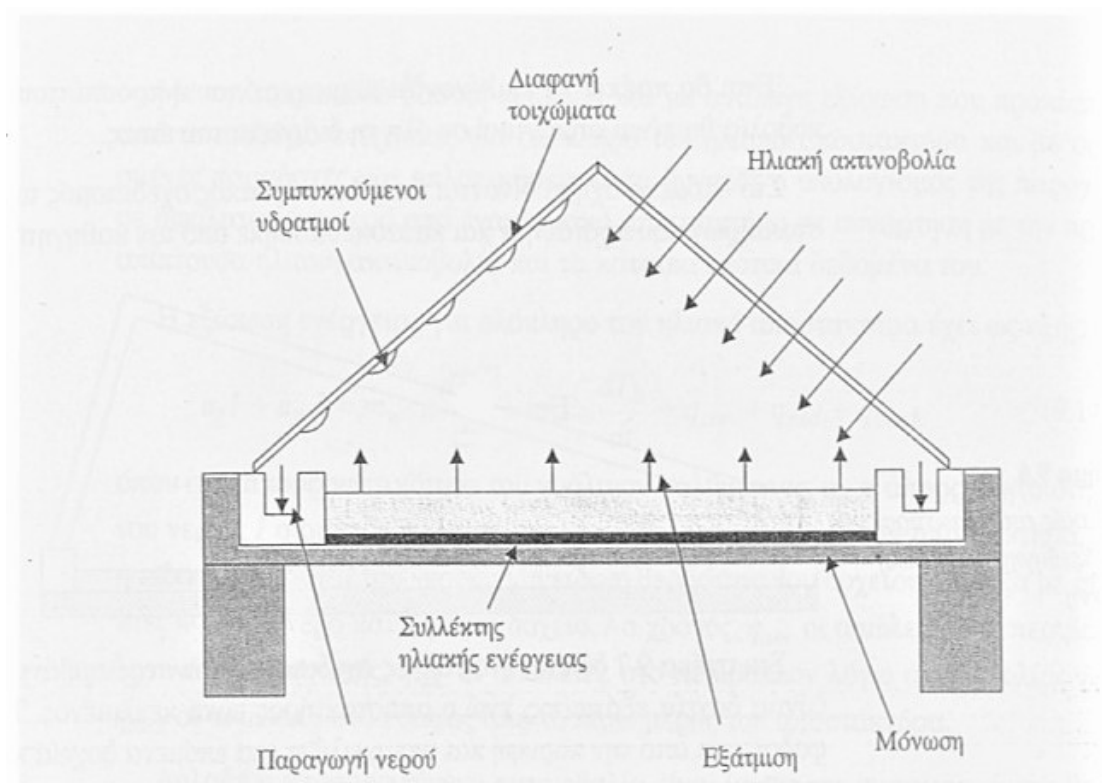
Εικόνα 2.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών

Πηγή: Κουμεντάκης, 2018

2.1.4 Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)

Η τεχνολογία αυτή είναι η πιο απλή και ουσιαστικά αναπαράγει τον υδρολογικό κύκλο σε μικρότερη κλίμακα. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων αυτών ήρθε αναπόφευκτα στην προσπάθεια μείωσης του κόστους παραγωγής, με την SD να έχει μηδενικό κόστος. Οι εγκαταστάσεις αυτές δεν έχουν μεγάλη δυναμικότητα με την απόδοσή τους να είναι περίπου 4 λίτρα καθαρό νερό την ημέρα ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους με συνέπεια η χρήση τους να γίνεται κυρίως σε περιπτώσεις που δεν είναι διαθέσιμη άλλη μορφή ενέργειας και κυρίως σε απομακρυσμένες άνυδρες περιοχές (Αυλωνίτης), είτε για οικιακή χρήση. Με την SD το παραγόμενο νερό δεν είναι

απαλλαγμένο από μικρόβια όποτε απαιτείται μεταεπεξεργασία. Η τεχνολογία είναι απλή, οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή από γυαλί ή πλαστικό και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στην βάση της εγκατάστασης όπου είναι συνήθως χρωματισμένη με κάποιο φωτοαπορροφητικό χρώμα (συνήθως μαύρο). Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται και σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα που ρέει προς τους συλλέκτες εκατέρωθεν της βάσης της εγκατάστασης.



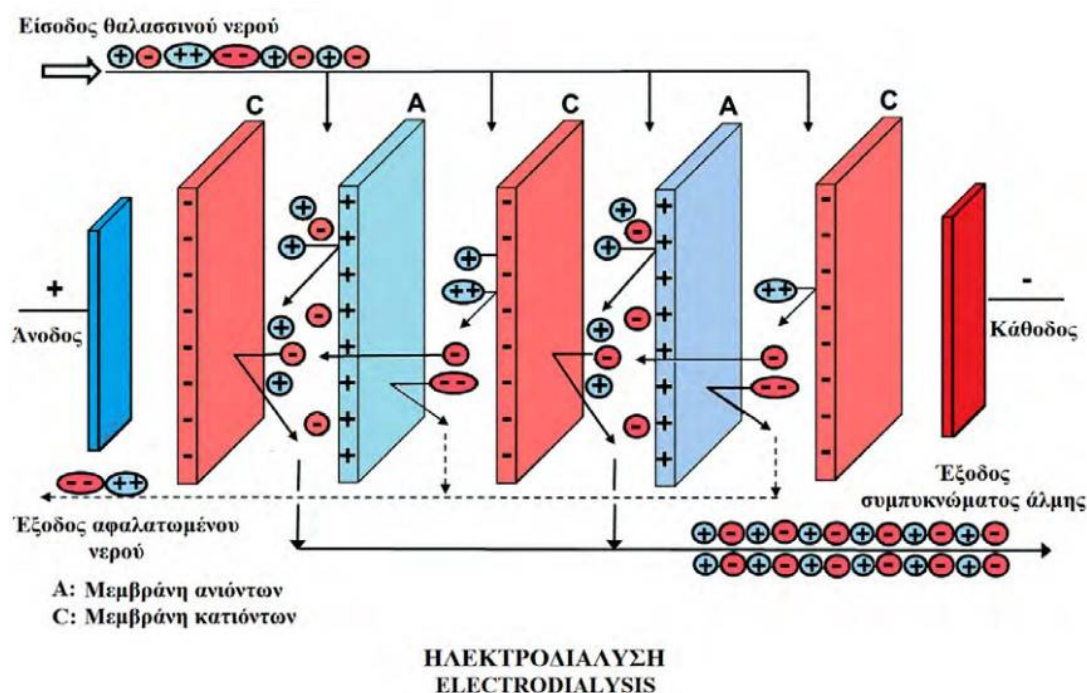
Εικόνα 2.4 Ηλιακή απόσταξη

Πηγή: Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, Αυλωνίτης, 2006.

2.1.5 Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis)

Η ηλεκτροδιάλυση εισήχθη εμπορικά στις αρχές της δεκαετίας του 1960, περίπου 10 χρόνια πριν από την αντίστροφη ώσμωση. Η ανάπτυξη της ED, ενός αποτελεσματικού από πλευράς κόστους τρόπου για την απομάκρυνση της άλμης από υφάλμυρα ύδατα, ώθησε το ενδιαφέρον για όλο το πεδίο χρήσης τεχνολογιών αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού για δημόσια χρήση. Η ED εξαρτάται από τις ακόλουθες γενικές αρχές:

- Τα περισσότερα άλατα που διαλύονται στο νερό είναι ιοντικά, είναι θετικά (κατιονικό) ή αρνητικά (ανιονικό).
- Αυτά τα ιόντα μεταναστεύουν προς τα ηλεκτρόδια με ένα αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο.



Εικόνα 2.5 Ηλεκτροδιάλυση

Πηγή: Κουμεντάκης, 2018

Οι μεμβράνες μπορούν να κατασκευαστούν για να επιτρέπουν την επιλεκτική διέλευση είτε ανιόντων είτε κατιόντων.

Τα διαλελυμένα ιοντικά συστατικά σε διάλυμα αλατόνευρου, όπως το χλωριούχο (-) νάτριο (+), το ασβέστιο (++) και το ανθρακικό (-), που διασκορπίζονται στο νερό, εξουδετερώνουν αποτελεσματικά τις ατομικές τους επιβαρύνσεις. Όταν συνδέονται ηλεκτρόδια σε μια εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος όπως μια μπαταρία και τοποθετείται σε δοχείο, το ηλεκτρικό ρεύμα είναι που κινεί τα ιόντα να τείνουν να μεταφέρονται στο ηλεκτρόδιο με το αντίθετο φορτίο. Σε αυτήν την μέθοδο αφαλάτωσης του νερού, μεμβράνες επιτρέπουν είτε στα κατιόντα είτε στα ανιόντα (αλλά όχι και τα δύο) να περάσουν μεταξύ ενός ζεύγους ηλεκτροδίων.

Αυτές οι μεμβράνες είναι διατεταγμένες εναλλάξ, με μια ανιονική μεμβράνη ακολουθούμενη από μεμβράνη κατιόντων. Ένα διαχωριστικό φύλλο που επιτρέπει τη ροή νερού κατά μήκος της όψης της μεμβράνης τοποθετείται μεταξύ κάθε ζεύγους μεμβρανών. Ένας αποστάτης παρέχει ένα κανάλι που μεταφέρει νερό τροφοδοσίας, ενώ το επόμενο φέρνει άλμη. Όπως τα ηλεκτρόδια φορτίζονται και το αλατούχο νερό τροφοδοσίας ρέει κατά μήκος των διαχωριστικών φύλλων, τα ηλεκτρικά φορτισμένα μόρια του νερού οδηγούνται προς τα ηλεκτρόδια, τα ανιόντα (όπως νάτριο και ασβέστιο) προσελκύονται και οδηγούνται μέσω της μεμβράνης προς το θετικό ηλεκτρόδιο. Αυτό αραιώνει την περιεκτικότητα σε αλάτι του νερού στο κανάλι νερού του προϊόντος. Τα ανιόντα περνούν μέσω της επιλεκτικής με ανιόντα μεμβράνης, αλλά δεν μπορούν να περάσουν από την επιλεκτική κατιονική μεμβράνη, η οποία εμποδίζει τη διαδρομή τους και παγιδεύει τα ανιόντα στο ρεύμα άλμης. Παρομοίως, κατιόντα (όπως χλωριούχο ή ανθρακικό) κάτω από την επίδραση του αρνητικού ηλεκτροδίου κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση μέσω της κατιονεπιλεκτικής μεμβράνης προς το κανάλι συμπύκνωσης στην άλλη πλευρά. Εδώ, τα κατιόντα παγιδεύονται επειδή η επόμενη μεμβράνη είναι ανιονική και εμποδίζει την περαιτέρω κίνηση προς το ηλεκτρόδιο. Με αυτή τη διάταξη, συμπυκνωμένα και αραιωμένα διαλύματα δημιουργούνται στους χώρους μεταξύ των εναλλασσόμενων μεμβρανών.

Οι χώροι αυτοί, που οριοθετούνται από δύο μεμβράνες (ένα το ανιονικό και το άλλο κατιονικό) ονομάζονται κύτταρα. Το ζεύγος αποτελείται από δύο κύτταρα, από τα οποία τα ιόντα μετανάστευσαν (το αραιό στοιχείο για το νερό του προϊόντος) και το άλλο που συμπυκνώνονται τα ιόντα (η κυψέλη συμπύκνωσης για το ρεύμα αλατόνευρο). Η βασική μονάδα ED αποτελείται από ζεύγη αρκετών εκατοντάδων κυττάρων μαζί με ηλεκτρόδια. Το νερό τροφοδοσίας περνά ταυτόχρονα από παράλληλες διαδρομές μέσω όλων των κελιών και παρέχει συνεχή ροή αφαλατωμένου νερού και άλμη από τη στοιβία. Ανάλογα με το σχεδιασμό του μπορεί να προστεθούν χημικές ουσίες στα ρεύματα στη στοιβία ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες κλιμάκωσης. Μια μονάδα ED αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά συστατικά:

- Προκατεργασία
- Στοιβία μεμβράνης
- Αντλία κυκλοφορίας χαμηλής πίεσης
- Τροφοδοσία συνεχούς ρεύματος (ανορθωτής)
- Μεταεπεξεργασία

Το ακατέργαστο νερό τροφοδοσίας πρέπει να υποβληθεί σε προκατεργασία για να αποφευχθούν τα υλικά που θα μπορούσαν να βλάψουν τις μεμβράνες ή να φράξουν τα στενά κανάλια στα κύτταρα. Το νερό τροφοδοσίας κυκλοφορεί με χαμηλής πίεσης αντλία με αρκετή ισχύ για να ξεπεράσει την αντίσταση του νερού καθώς περνά μέσα από τα στενά κανάλια. Ένας ανορθωτής χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές που τροφοδοτεί τα ηλεκτρόδια στο εξωτερικό των στοιβιών της μεμβράνης. Η μεταγενέστερη επεξεργασία συνίσταται για την σταθεροποίηση του νερού και την προετοιμασία του για διανομή. Αυτή η μεταεπεξεργασία μπορεί να συνίσταται στην αφαίρεση αερίων όπως το υδρόθειο και στην προσαρμογή του pH.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, μια αμερικανική εταιρεία εισήγαγε εμπορικά τη διαδικασία αναστροφής ηλεκτροδιάλυσης (EDR). Μια μονάδα EDR λειτουργεί με την ίδια γενική αρχή με μια κανονική εγκατάσταση

ηλεκτροδιάλυσης, και τα κανάλια άλμης είναι πανομοιότυπα στην κατασκευή. Με την διαφορά ότι σε χρονικά διαστήματα της μίας ώρα, η πολικότητα του ηλεκτρισμού αντιστρέφεται με τις ροές να αλλάζουν έτσι ώστε το κανάλι άλμης να γίνει το κανάλι ύδατος και το κανάλι ύδατος προϊόντος το κανάλι άλμης. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα ιόντα έλκονται στο αντίθετο κατεύθυνση κατά μήκος της στοίβας μεμβράνης. Αμέσως μετά η αντιστροφή της πολικότητας και της ροής, το νερό του προϊόντος απορρίπτεται έως ότου η στοίβα και οι γραμμές ξεπλυθούν και αποκατασταθεί η επιθυμητή ποιότητα νερού. Αυτή η διαδικασία πλύσης παίρνει μόνο 1 ή 2 λεπτά, και στη συνέχεια η μονάδα μπορεί να συνεχίσει να παράγει νερό. Η διαδικασία αναστροφής είναι χρήσιμη για τη διάσπαση και απομάκρυνση όλων των αποθέσεων στα κύτταρα πριν δημιουργήσουν πρόβλημα. Οι πλύσεις επιτρέπουν στη μονάδα να λειτουργεί με λιγότερα χημικά προεπεξεργασίας και ελαχιστοποιεί τη ρύπανση της μεμβράνης.

Το ED έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για πολλές εφαρμογές.

- Δυνατότητα υψηλής ανάκτησης (περισσότερο προϊόν και λιγότερη άλμη)
- Χρήση ενέργειας ανάλογη προς τα άλατα που θα αφαιρεθούν
- Δυνατότητα επεξεργασίας νερού τροφοδοσίας με υψηλότερο επίπεδο αναστολής στερεών από την RO
- Δεν επηρεάζεται από μη ιοντικές ουσίες όπως το διοξείδιο του πυριτίου
- Χαμηλή χημική χρήση για προεπεξεργασία

Οι μονάδες ED χρησιμοποιούνται συνήθως για την αφαλάτωση του υφάλμυρου νερού. Η κύρια απαίτηση ενέργειας είναι το συνεχές ρεύμα που χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ιοντικών ουσιών στη στοίβα μεμβράνης.

2.1.6 Αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis)

Σε σύγκριση με την απόσταξη και την ηλεκτροδιάλυση, το RO είναι σχετικά νέα, με επιτυχημένη εμπορευματοποίηση στις αρχές της δεκαετίας του 1970.

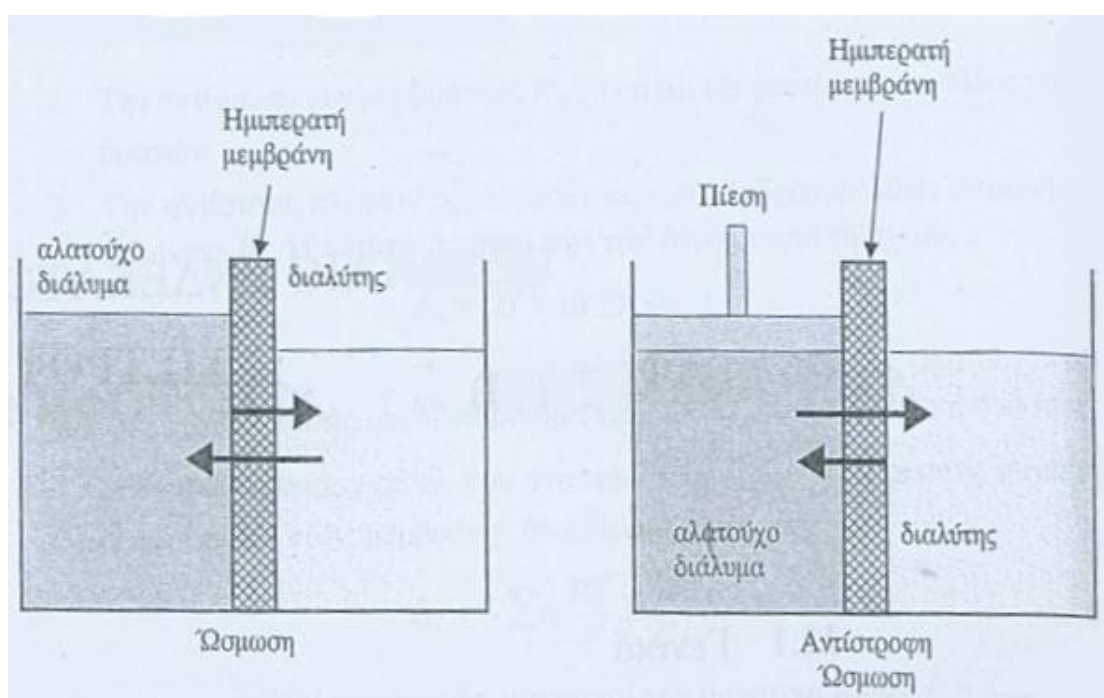
Είναι μία διαδικασία με την οποία το νερό μεταφέρεται και διαχωρίζεται, μέσω μεμβράνης, από τα άλατα με την άσκηση πίεσης (Αυλωνίτης, 2006). Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου στηρίζεται στο φαινόμενο της ώσμωσης. Μια ημιπερατή μεμβράνη χωρίζει ένα διάλυμα από ένα καθαρό διαλύτη. Η μεμβράνη αυτή επιτρέπει τη διέλευση κυρίως του διαλύτη (νερό) και όχι των υπολοίπων συστατικών (άλατα). Η ταχύτητα διόδου του νερού από τον καθαρό διαλύτη προς το διάλυμα είναι μεγαλύτερη από εκείνη από το διάλυμα προς τον διαλύτη. Έτσι ο διαλύτης μεταφέρεται από το νερό προς το διάλυμα και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ώσμωση. Η διεργασία της ώσμωσης θα συνεχιστεί μέχρις ότου οι δύο συγκεντρώσεις να γίνουν ίσες. Επειδή κάτι τέτοιο δεν πρόκειται να συμβεί ποτέ, το φαινόμενο θα εξελισσόταν συνεχώς. Στην πράξη λόγω της αύξησης του όγκου του διαλύματος και την ανύψωσή της στάθμης του, έχουνε την δημιουργία υδροστατικής πίεσης, από την μεριά του διαλύματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξησης της ταχύτητας διόδου του διαλύτη από το διάλυμα προς τον διαλύτη. Έτσι κάποια στιγμή οι δύο ταχύτητες από και προς το διάλυμα θα εξισωθούν και τότε θα έχουμε ισορροπία. Η εξωτερική πίεση που θα μπορούσαμε να ασκήσουμε στο διάλυμα ώστε να σταματήσει το φαινόμενο της ώσμωσης χωρίς να αλλάξει ο όγκος του διαλύματος ονομάζεται ωσμωτική πίεση. Εάν ασκήσουμε μία εξωτερική πίεση μεγαλύτερη της ωσμωτικής με την βοήθεια ενός εμβόλου στην μεριά του διαλύματος, τότε η φορά μετακίνησης του διαλύματος θα αλλάξει, με το νερό να κινείται από το διάλυμα προς τον διαλύτη. Αυτή η διεργασία ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση (Αυλωνίτης, 2006).

Δεν υπάρχει θέρμανση και δεν είναι απαραίτητη η αλλαγή φάσης για αυτό το διαχωρισμό. Η κύρια ενέργεια που απαιτείται για την αφαλάτωση είναι η συμπίεση της τροφοδοσίας νερού. Στην πράξη, το νερό τροφοδοσίας αντλείται σε ένα κλειστό δοχείο όπου περιέχονται οι μεμβράνες. Καθώς ένα μέρος του νερού διέρχεται μέσω της μεμβράνης, το υπόλοιπο νερό αυξάνει την περιεκτικότητά του σε άλατα. Το σύστημα ρυθμίζεται ελέγχοντας το

ρυθμό απόρριψης της άλμης. Χωρίς αυτή την ελεγχόμενη απόρριψη, η πίεση στο νερό τροφοδοσίας θα συνεχίσει να αυξάνεται λόγω συγκέντρωσης άλατος, δημιουργώντας προβλήματα όπως η καταβύθιση υπερκορεσμένων αλάτων και η αυξημένη ωσμωτική πίεση στις μεμβράνες. Η ποσότητα του νερού τροφοδοσίας που απορρίπτεται στα απόβλητα στο ρεύμα της άλμης κυμαίνεται από 20 έως 70 τοις εκατό της ροής τροφοδοσίας, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε αλάτι του τροφοδοτούμενου ύδατος, την πίεση και τον τύπο της μεμβράνης.

Ένα σύστημα RO αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά συστατικά.

- Προεπεξεργασία
- Αντλία υψηλής πίεσης
- Συγκρότημα μεμβράνης
- Μεταεπεξεργασία



Εικόνα 2.6 Αντίστροφη ώσμωση

Πηγή: Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, Αυλωνίτης, 2006.

Η προεπεξεργασία είναι σημαντική στη RO επειδή οι επιφάνειες των μεμβρανών πρέπει να παραμένουν καθαρές, ως εκ τούτου αιωρούμενα στερεά πρέπει να αφαιρεθούν και το νερό να προεπεξεργάζεται έτσι ώστε να απομακρύνονται τα στερεά και να μην αναπτύσσονται μικρόβια στις μεμβράνες. Συνήθως, η προεπεξεργασία συνίσταται σε λεπτή διήθηση και την προσθήκη οξέων ή άλλων χημικών ουσιών για την παρεμπόδιση της προαγωγής και της ανάπτυξης μικροοργανισμών. Η αντλία υψηλής πίεσης παρέχει την απαραίτητη πίεση για να επιτρέψει στο νερό να διέλθει μέσω της μεμβράνης και να απορρίψει τα άλατα. Αυτή η πίεση κυμαίνεται από 15 έως 25 bar (225 έως 375 psi) για το υφάλμυρο νερό και από 54 έως 80 bar (800 έως 1.180 psi) για το θαλάσσιο νερό. Ένα συγκρότημα μεμβράνης αποτελείται από ένα δοχείο πίεσης και μια μεμβράνη που επιτρέπει στο νερό τροφοδοσίας να προσροφηθεί έναντι της μεμβράνης. Η μεμβράνη πρέπει να μπορεί να αντέξει ολόκληρη την πτώση πίεσης κατά μήκος αυτής. Οι ημιπερατές μεμβράνες ποικίλουν ως προς την ικανότητά τους να αφήνουν να περνά φρέσκο νερό και να αποτρέπουν τη διέλευση αλάτων. Καμία μεμβράνη δεν είναι τέλεια στην ικανότητά της να απορρίπτει τα άλατα, έτσι μια μικρή ποσότητα αλάτων περνά μέσα από τη μεμβράνη και εμφανίζεται στο νερό του προϊόντος. Οι μεμβράνες RO κατασκευάζονται σε ποικίλες διαμορφώσεις. Δύο από τις πιο εμπορικά επιτυχείς είναι οι σπειροειδούς περιέλιξης και οι κοίλες ίνες. Και οι δύο αυτές διαμορφώσεις χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό τόσο των υφάλμυρων όσο και των θαλασσινών νερών.

Η μεταπεξεργασία συνίσταται για την σταθεροποίηση του νερού και την προετοιμασία για τη διανομή. Αυτή η μεταθεραπεία μπορεί να συνίσταται από την τεχνητή σκλήρυνση, την ρύθμιση του pH και την απολύμανση (χλωρίωση).

Δύο εξελίξεις έχουν βοηθήσει στη μείωση του λειτουργικού κόστους των εγκαταστάσεων RO κατά την προηγούμενη δεκαετία: η ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών μεμβρανών και η χρήση ενέργειας από συσκευές

ανάκτησης. Οι μεμβράνες τώρα έχουν υψηλότερη ροή νερού (διέλευση ανά μονάδα), βελτιωμένη απόρριψη αλάτων, χαμηλότερες τιμές και περισσότερη διάρκεια ζωής. Είναι συνηθισμένο να χρησιμοποιούμε τώρα συνδεδεμένες συσκευές ανάκτησης ενέργειας στο συμπύκνωμα δεδομένου ότι αφήνει την πίεση σε περίπου 1 έως 4 bar (15 έως 60 psi) μικρότερη από την εφαρμοζόμενη πίεση από την αντλία υψηλής πίεσης. Αυτές οι συσκευές ανάκτησης ενέργειας είναι μηχανικές και γενικά αποτελούνται από εναλλάκτες πίεσης οι οποίοι ουσιαστικά χρησιμοποιούν την πίεση της άλμης προς απόρριψη για να αυξηθεί η πίεση μέρους του εισερχόμενου αλατούχου διαλύματος. Με αυτήν την διαδικασία μπορεί να μειωθούν οι ανάγκες ενέργειας. Κατά την εταιρία κατασκευής των εναλλακτών η ανάκτηση ενεργείας φτάνει το 94% (Διαλυνας,2006). Αυτό μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο για την οικονομία της λειτουργίας μεγάλων εγκαταστάσεων.

2.1.7 Forward osmosis

Μια νέα τεχνολογία φαίνεται να είναι ο διάδοχος της αντίστροφης ώσμωσης που είναι η πιο διαδομένη στις μέρες μας και αυτή ονομάζεται forward osmosis.

Στην ουσία έχουμε από την μια θαλασσινό νερό και από την άλλη πλευρά ένα διάλυμα έλξης υψηλότερης ωσμωτικής πίεσης το οποίο παρασκευάζεται με την προσθήκη οργανικών ουσιών. Με την εφαρμογή μικρής πίεσης το αλατούχο διάλυμα περνά μέσα από την μεμβράνη προς το διάλυμα έλξης και από εκεί οδηγείται σε ένα δοχείο όπου διαχωρίζεται και ανακτάται με φυσική διεργασία το διάλυμα έλξης από το καθαρό νερό. Το διάλυμα έλξης επαναπροωθείται προς τις μεμβράνες για την επαναχρησιμοποίηση του. Έτσι έχουμε την παραγωγή καθαρού νερού με θεωρητικά πολύ λιγότερο κόστος σε σχέση με την αντίστροφη ώσμωση που χρειάζεται δημιουργία πολύ μεγάλων πιέσεων στο αλατούχο διάλυμα.

2.2 Πως λειτουργεί η διύλιση

Η διύλιση είναι μια διεργασία σχετικά απλή και χρησιμοποιείται κυρίως για τον καθαρισμό και την φίλτρανση νερού.

Τα στάδια που κατασκευάζονται σε κάθε διυλιστήριο είναι άμεσα συνυφασμένα με την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας .

Η συνηθέστερη εγκατάσταση διυλιστηρίου περιέχει τα έξης στάδια.

- Κόσκινο

Για την απομάκρυνση μεγάλων στερεών και την παράλληλη προσθήκη ουσιών κροκίδωσης, συνήθως πολυαργιλίου.

- Κροκίδωση

Με την προσθήκη πολυηλεκτρολύτη για τη συνέχιση της διαδικασίας κροκίδωσης.

- Καθίζηση

Για την απομάκρυνση των αδρομερών στερεών.

- Φίλτρα διήθησης

Για την συγκράτηση τυχόν μικρών στερεών που έχουν περάσει από την καθίζηση.

- Μεταπεξεργασία – διανομή

Απολύμανση (συνήθως χλωρίωση) και τροφοδότηση στο δίκτυο διανομής.

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίον γίνεται η φίλτρανση, υπάρχουν τρία είδη φίλτρανσης.

Φίλτρανση με πλήρωση των κενών

Στη φίλτρανση με πλήρωση των κενών, έχουμε κυρίως γέμισμα των κενών που υπάρχουν ανάμεσα στους κόκκους με τα σωματίδια που προκαλούν την θολότητα. Για να πετύχουμε όμως φιλτράρισμα κατ' αυτόν τον τρόπο, θα

πρέπει προηγουμένως τα εν λόγω σωματίδια να έχουν θρομβωθεί και συσσωματωθεί.

Φίλτραση με παρεμπόδιση

Ένα τυπικό παράδειγμα φίλτρασης με παρεμπόδιση είναι τα ταχυδιωλιστήρια με ένα ή πολλαπλά στρώματα. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τύπου φίλτρασης δεν είναι η σύσταση της κλίνης φίλτρασης αλλά η ικανότητα παρεμπόδισης της κίνησης των σωματιδίων που προκαλούν τη θολότητα από τους κόκκους.

Ο μηχανισμός αυτός κατευθύνεται από τη στατιστική πιθανότητα το αιωρούμενο σωματίδιο να συγκρουσθεί με το μέσο φίλτρασης. Την αύξηση της πιθανότητας να συμβούν αυτές οι συγκρούσεις υποβοηθούν οι υπάρχουσες δυνάμεις, όπως:

- Αδράνεια: δυσκολία των σωματιδίων να αποκλίνουν από την κατεύθυνσή τους για να περάσουν από ένα ενδιάμεσο δρόμο.
- Βαρύτητα: κυβερνάται κυρίως από το νόμο του Stokes - κίνηση μιας σφαίρας σε ένα ιξώδες ρευστό.
- Διάχυση: επίδραση της τυχαίας κίνησης Brown των σωματιδίων προς κάθε κατεύθυνση.
- Υδροδυναμική: στο ρευστό που βρίσκεται σε επαφή με έναν κόκκο, υπάρχει μία συνισταμένη της ταχύτητας ίση με το μηδέν, η οποία αυξάνει με την απομάκρυνση από τον κόκκο. Η συνισταμένη αυτή προσδίδει πλευρικές δυνάμεις στα σωματίδια.

Σ' αυτόν τον τρόπο φίλτρασης, όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των σωματιδίων και η φυσική τους αντοχή, τόσο πιο πιθανή γίνεται η φίλτραση με παρεμπόδιση. Επομένως, η θρόμβωση και η συσσωμάτωση των σωματιδίων θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί πριν από το φίλτρο.

Φίλτραση με ενεργοποίηση των κόκκων

Στη φίλτραση με ενεργοποίηση των κόκκων, εκτός από τις τέσσερις προαναφερθείσες δυνάμεις, υπάρχει ένας ακόμη ηλεκτροχημικός

μηχανισμός, ο οποίος εμπλέκει το μέσο φίλτρανσης στις αντιδράσεις συσσωμάτωσης. Εδώ το ίδιο το μέσο φίλτρανσης, συνεισφέρει ηλεκτροστατικά στην επιτάχυνση της θρόμβωσης.

Τα φίλτρα που βασίζονται σ' αυτήν την διεργασία, απαιτούν μελετημένα με ακρίβεια στρώματα διαφορετικών μέσων φίλτρανσης, έτσι ώστε το νερό που τα διαπερνά να αλλάζει ταχύτητα καθώς περνά από μεγάλα διάκενα σε μικρά και αντίστροφα. Οι επαναλαμβανόμενες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις αντιστοιχούν με τη θρομβωτική (επιταχύνσεις) και τη συσσωματική (επιβραδύνσεις) δράση.

Από χημική άποψη, για να αποκτήσουμε μία σωστή συσσωμάτωση είναι απαραίτητη μία επαρκής επιβράδυνση, ώστε να κάνουμε τη συσσωμάτωση των θρομβωμένων σωματιδίων μία στατιστική πιθανότητα, χωρίς αυτή να καταστραφεί από αμοιβαίες συγκρούσεις.

Στο στάδιο αυτό της συσσωμάτωσης, στα φίλτρα με ενεργοποίηση των κόκκων, το μέσο φίλτρανσης δρα σαν πυρήνας προσέλκυσης των διεσπαρμένων ουδέτερων σωματιδίων.

Εμείς θα μελετήσουμε μια εγκατάσταση ετοιμών προγεμισμένων φίλτρων σε σειρά, με χρήση της μεθόδου ενεργοποίησης των κόκκων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Θέσεις εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και ταχυδιυλιστηρίου

Η εγκατάσταση της μονάδας παραγωγής πόσιμου νερού θα πρέπει να γίνει σε σημείο νότια της πόλης καθώς, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, έντονο πρόβλημα ποιότητας εντοπίζεται σε αυτήν την περιοχή της πόλης και στον Κάμπο.

3.1 Θέση εγκατάστασης μονάδας αντίστροφης ώσμωσης RO

Η ανεύρεση κατάλληλης θέσης είναι πολύ σημαντική για την καλύτερη επίτευξη ποιότητας στα δίκτυα διανομής. Η θέση της αφαλάτωσης θα πρέπει να είναι νότια της πόλεως διότι όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω το πρόβλημα της αλλοίωσης της ποιότητας είναι εντονότερο στις περιοχές νότια της πόλης και στην περιοχή του Κάμπου. Η περιοχή που προκρίνεται είναι αυτή της Φαρκαίνας και δη επί της Λεωφόρου Ενώσεως. Στην περιοχή υπάρχουν πολλά οικόπεδα τα οποία δύναται να φιλοξενήσουν τέτοια εγκατάσταση καθώς με τον καθορισμό του Αιγιαλού είναι δύσκολο να αδειοδοτηθούν οικιστικά ή επαγγελματικά ακίνητα ενώ μια εγκατάσταση αφαλάτωσης μπορεί εύκολα να πάρει τις απαιτούμενες από τον νόμο άδειες.

Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα δίκτυα που απαιτεί μια εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης τέτοιας έκτασης. Όπως δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ για την ηλεκτροδότηση της αφαλάτωσης από το δίκτυο μέσης τάσης με την εγκατάσταση υποσταθμού, κεντρικό δίκτυο ύδρευσης επαρκούς διατομής που υδρεύει τις βεβαρημένες περιοχές για την απ' ευθείας σύνδεση του παραγόμενου πόσιμου νερού και περιορισμένου μήκους επίγειος αγωγός απόρριψης της άλμης η οποία θα μπορεί να οδηγηθεί στον πύργο φόρτισης του υποθαλάσσιου αγωγού απόρριψης επεξεργασμένων λυμάτων, εντός των εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού. Τέλος στην περιοχή θα εγκατασταθούν γεωτρήσεις άντλησης θαλασσινού νερού προς επεξεργασία, οπότε θα πρέπει το ακίνητο να έχει μικρή απόσταση από τη θάλασσα.

Σαν ιδανικό χώρο εντοπίζουμε το ακίνητο που βρίσκεται βόρεια των εκβολών του Παρθένη. Το ακίνητο είναι μεγάλης έκτασης και εμπεριέχει μια παλιά ασκεπή οικία. Όποτε θα πρέπει να δεσμευτεί για αγορά ή απαλλοτρίωση μικρότερο τμήμα του, περίπου 1.000m^2 . Το κόστος απαλλοτρίωσης είναι εύκολο να εντοπιστεί καθώς υπάρχουν αρκετές τετελεσμένες αποφάσεις απαλλοτρίωσης στην περιοχή για την επέκταση του αεροδρομίου καθώς και του ελικοδρομίου της Πολεμικής Αεροπορίας. Σαν μέγιστη τιμή μπορούμε να εντοπίσουμε αυτή του ελικοδρομίου που έγινε πράξη το 2008 με τιμή μέτρου τα 1.100€. Οι απαλλοτριώσεις για την επέκταση του αεροδιαδρόμου κινήθηκαν σε χαμηλότερα πλαίσια και πιο κοντά στην πραγματική εμπορική τιμή της περιοχής, αφού μετά από απόφαση το Εφετείο Αιγαίου την 21/12/2011 έριξε την τιμή στο 1/3 αυτής του ελικοδρομίου περίπου στα 300€/m^2 . Η απόφαση του εφετείου με ΑΔΑ: ΒΟΖ81-Ι30 δημοσιεύτηκε με το ΦΕΚ 764/Δ'/24-08-2004.



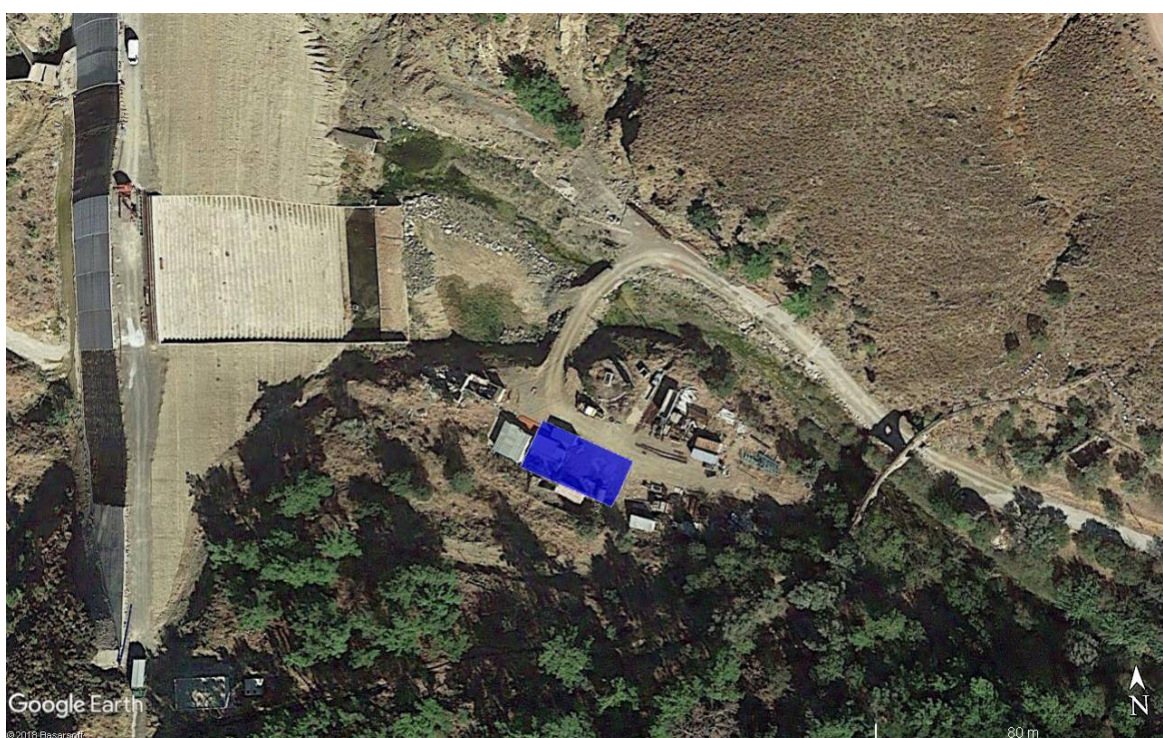
Χάρτης 3.1 Θέση εγκατάστασης αφαλάτωσης

Πηγή: Google Earth, επεξεργασία: Ματθαίος Ξενάκης

3.2 Θέση εγκατάστασης διυλιστηρίου

Εναλλακτική λύση της αντίστροφης ώσμωσης είναι αυτή της εγκατάστασης διυλιστηρίου επιφανειακού νερού. Στην περιοχή είναι σε εξέλιξη η κατασκευή του Φράγματος Κόρης Γεφύρι το οποίο βαίνει προς ολοκλήρωση. Το φράγμα έχει επί του παρόντος αδειοδοτηθεί για χρήση του νερού προς άρδευση για την περιοχή του Κάμπου. Είναι χωρητικότητας $3.000.000\text{m}^3$ και ετησίως θα μπορεί να παράγει περισσότερα από $2.200.000\text{m}^3$. Κρίνεται σκόπιμη η τροποποίηση της αδειοδότησης του έργου ώστε να προβλεφθεί χρήση μέρους του ετησίως παραγόμενου νερού για ύδρευση μέσω χρήσης διυλιστηρίου.

Το διυλιστήριο θα τοποθετηθεί εντός του οριοθετημένου χώρου απαλλοτρίωσης του φράγματος που θα μπορέσει να χρησιμοποιηθεί χωρίς κάποιο κόστος κτίσης καθώς το φράγμα και οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις θα παραδοθούν στον φορέα διαχείρισης του, που θα είναι η ΔΕΥΑΧ.



Χάρτης 3.2 Θέση εγκατάστασης ταχυδιυλιστηρίου

Πηγή: Google Earth, επεξεργασία: Ματθαίος Ξενάκης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Οικονομικά και τεχνικά στοιχεία

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω με την παρούσα διπλωματική θα αναζητηθεί η καλύτερα οικονομοτεχνικά λύση για την προσθήκη εγκατάστασης παραγωγής πόσιμου νερού με σκοπό την βελτίωση του παρεχόμενου νερού στα δίκτυα διανομής πόλεως Χίου και Βροντάδου.

Οι δυο εγκαταστάσεις που θα μελετηθούν είναι μία αφαλάτωση θαλασσινού νερού στην περιοχή της Φάρκαινας ή ενός Διυλιστηρίου στο Φράγμα Κόρης Γεφύρι. Και οι δύο εγκαταστάσεις θα μελετηθούν για να τροφοδοτήσουν 2000m³ ημερησίως.

4.1 Ταχυδιυλιστήριο Κόρης Γεφύρι

Στην παρούσα φάση και με την ολοκλήρωση της κατασκευής του φράγματος το αποθηκευμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Η τροποποίηση που θα ζητηθεί θα είναι για χρήση ποσοστού ετησίως παραγόμενου νερού έως 25-33%. Η διαδικασία έκδοσης των απαραίτητων άδειων για την χρήση και για ύδρευση θα γίνει αφού υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ποιότητα και ποσότητα των νερών του φράγματος και αν αυτό έχει την δυνατότητα μετά από επεξεργασία να δοθεί για χρήση στην ύδρευση. Για της ανάγκες της εργασίας θα χρησιμοποιηθούν αναλύσεις νερών από τα ρέματα που ουσιαστικά τροφοδοτούν το φράγμα.

Για την εκμετάλλευση, λοιπόν του νερού από το Φράγμα Κόρης Γεφύρι στην ύδρευση θα πρέπει να τοποθετηθεί διυλιστήριο για τον καθαρισμό του νερού.

Η επιλογή της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί γίνεται με γνώμονα την καλύτερη λύση σε εγκατάσταση με μικρές διαστάσεις, εύκολη συντήρηση και επίτευξη στόχου ποιότητας νερού σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Ως κατάλληλη τεχνολογία επιλέγουμε την εγκατάσταση έτοιμων προγεμισμένων φίλτρων σε σειρά με όλους τους αυτοματισμούς τους για την εύρυθμη λειτουργία χωρίς την απαίτηση συνεχούς ανθρώπινης παρουσίας.

Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στη χρήση πολυστρωματικών φίλτρων με μεταβλητό μέγεθος κόκκων υλικών φίλτρασης. Είναι έτσι δυνατή η διαβάθμιση της φιλτραντικής δράσης και η αποφυγή της γρήγορης έμφραξης του φίλτρου από ευμεγέθη σωματίδια.

Ταυτόχρονα δημιουργούνται διακυμάνσεις της υδραυλικής ροής δια μέσου των υλικών φίλτρασης μειούμενης κοκκομετρίας που τροποποιούν με τη σειρά τους, προς το καλύτερο, τις υδροδυναμικές δυνάμεις που διευκολύνουν τη διαδικασία της «κροκίδωσης επαφής».

Η χρήση του διυλιστηρίου γίνεται για τον καθαρισμό του νερού από μικρόβια και τα αιωρούμενα σωματίδια (Θολότητα).

Απομάκρυνση θολότητας

Η θολότητα είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος ρύπανσης στα επιφανειακά νερά.

Αποτελείται από στερεά αιωρούμενα στο νερό και η σταθερά της διασποράς εξαρτάται από τα ηλεκτρικά φορτία που περιβάλλουν κάθε ένα σωματίδιο ξεχωριστά.

Επειδή αυτά τα φορτία έχουν όμοιο ηλεκτρικό φορτίο, οι συνεπαγόμενες δυνάμεις απώθησης εμποδίζουν τα παρόμοια σωματίδια να έρθουν σε επαφή με άλλα ώστε να σχηματίσουν μεγαλύτερα που να μπορούν γρήγορα να διαχωριστούν.

Επειδή τα κολλοειδή σωματίδια είναι γενικώς τα πιο μικρά, διαθέτουν την υψηλότερη πυκνότητα φορτίου. Για να γίνει μια «προσομοίωση» της απόδοσης του συστήματος είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την τιμή της θολότητας σε NTU (Nephelometric Turbidity Units) που σχετίζεται αυστηρά με τα κολλοειδή σωματίδια που είναι σε διασπορά καθώς και τη συγκέντρωση των αιωρουμένων στερεών.

Βάσει αυτών των δεδομένων είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι καλύτερες συνθήκες λειτουργίας (δηλ: δοσολογίες χημικών κροκιδωτικών ταχύτητα φίλτρανσης κλπ).

Χημικά

Πρωτοβάθμια κροκίδωση

Συνήθως αποτελείται από άλατα Σιδήρου ή Αλουμινίου (θειικά ή χλωριούχα), σχεδιασμένα να διευκολύνουν την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων και/ή να συμβάλλουν στην αύξηση των αδιάλυτων ενώσεων. Η επιλογή του προϊόντος εξαρτάται από την τιμή του pH, τη φύση των ουσιών που πρόκειται να απομακρύνουμε, καθώς και τη διαθεσιμότητα του χημικού στην τοπική αγορά.

Όσον αφορά τη θολότητα, μια σταθερά χαμηλή δόση (δηλ 5÷10 mg/l θειικού αργιλίου) είναι συνήθως ικανή να επεξεργαστεί οποιοδήποτε επίπεδο (ακόμα και κυμαινόμενο) αιωρούμενων στερεών και κολλοειδών σωματιδίων. Η δόση του κροκιδωτικού πρέπει να διαφοροποιείται ανάλογα με τη συγκέντρωση της ουσίας που πρόκειται να απομακρύνουμε (δηλ: φώσφορος, χρώμα, κλπ).

Δευτεροβάθμια κροκίδωση

Βοηθητικό μέσο για την απομάκρυνση της θολότητας που διαρρέει από το πρώτο φίλτρο είναι η χαμηλή δοσομέτρηση (1-3 mg/l) άλατα Αλουμινίου ή Σιδήρου.

Απολυμαντικά

Υποχλωριώδες Νάτριο, αέριο χλώριο, διοξείδιο του χλωρίου ή παρόμοια προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ο σκοπός ενός τέτοιου προϊόντος είναι διπλός: η απολύμανση του νερού και η παρεμπόδιση οιασδήποτε μικροβιολογικής ανάπτυξης μέσα στο φίλτρο, κάτι που θα επέφερε στην πράξη σημαντικές δυσλειτουργίες και σοβαρή μείωση της απόδοσης της φίλτρανσης.

Για τη δεύτερη λειτουργία, η απολύμανση δεν απαιτείται να είναι συνεχής, μια περιοδική έγχυση σοκ είναι πολύ αποτελεσματική.

Αντιθέτως η απολύμανση του νερού (πρώτη λειτουργία) πρέπει να διαχειριστεί με μεγάλη προσοχή.

Όλα τα γνωστά απολυμαντικά μπορεί να συντείνουν στην αύξηση ανεπιθύμητων χημικών αντιδράσεων και να δημιουργήσουν ουσίες πιθανόν βλαβερές στον ανθρώπινο οργανισμό. Είναι λογική συνεπώς, η απομάκρυνση με τη φίλτρανση ολόκληρων ή μεγάλου μέρους των ουσιών που βρίσκονται στο νερό και που πιστεύεται ότι αλληλεπιδρούν με το απολυμαντικό. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί με συνεχή απολύμανση αν δεν υπάρχει κανένας από τους ανωτέρω κινδύνους.

4.1.1 Τεχνική περιγραφή

Η παρούσα μελέτη, αφορά την εγκατάσταση ταχυδιωλιστήριου πίεσης δυναμικότητας 87 m³/ώρα για τον καθαρισμό του νερού της λιμνοδεξαμενής του φράγματος με όλα τα συνοδά έργα. Το ταχυδιωλιστήριο θα τοποθετηθεί εντός του χώρου του φράγματος και θα έχει όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά και τεχνικές προδιαγραφές, με σκοπό την αντιμετώπιση των αυξημένων υδρευτικών αναγκών του Δήμου ιδιαίτερα κατά την θερινή περίοδο.

Η μονάδα ταχυδιωλιστηρίου θα λειτουργεί με τη μέθοδο της απ' ευθείας φίλτρανσης με κροκίδωση επαφής σε κλειστά φίλτρα πίεσης πολλαπλών στρώσεων υλικών.

Η προώθηση του ακατέργαστου νερού προς τη μονάδα ταχυδιωλιστηρίου θα γίνεται από τον αγωγό υδροληψίας (με τη μεσολάβηση Δεξαμενής αναρρύθμισης και νερού πλύσεων 100 M³. Με την βοήθεια δύο αντλητικών συγκροτημάτων (το ένα εφεδρικό), που θα είναι τοποθετημένα εντός του οικίσκου των φίλτρων, θα προσάγεται το νερό στο σύστημα φίλτρανσης. Όταν το σύστημα εργάζεται κανονικά, τότε θα δουλεύει μια αντλία. Η δεύτερη αντλία είναι εφεδρική.

Η "απ' ευθείας φίλτρανση με φίλτρα πολλαπλών στρώσεων" επιτυγχάνεται με κλειστά χαλύβδινα δοχεία τα οποία είναι γεμάτα με κατάλληλο διαβαθμισμένο υλικό φίλτρανσης. Το νερό μετά την προσθήκη σ' αυτό ορισμένων κροκιδωτικών ουσιών πριν από κάθε βαθμίδα διέρχεται μέσα από τα δοχεία αυτά και έτσι επιτυγχάνεται ο καθαρισμός του.

Προ της εισόδου του νερού στη πρώτη βαθμίδα θα γίνεται προχλωρίωση με σκοπό την οξείδωση των αναγωγικών ουσιών ώστε αυτές να κατακρατηθούν στα φίλτρα, την καταστροφή των μικροοργανισμών και την οξείδωση των τυχόν οργανικών.

Οι αντλίες τροφοδοσίας του χλωρίου και των κροκιδωτικών θα είναι διαφραγματικού τύπου και θα έχουν δυνατότητα ρύθμισης παροχής. Για κάθε διάλυμα προβλέπεται δοχείο παρασκευής και αποθήκευσης όγκου ικανού ώστε το παραγόμενο διάλυμα να επαρκεί για τροφοδοσία της αντίστοιχης μονάδας τουλάχιστον για 48 ώρες λειτουργίας.

Σκοπός της 1^{ης} βαθμίδας φίλτρανσης είναι η κατακράτηση του μεγαλύτερου μέρους της θολότητας και των κolloειδών και της 2^{ης} βαθμίδας η κατακράτηση της θολότητας που διαρρέει από την 1^η βαθμίδα και η τελική διαύγαση του νερού. Η 1^η και η 2^η βαθμίδα φίλτρανσης του συστήματος θα αποτελούνται από ένα φίλτρο εκάστη.

Στο πυθμένα θα υπάρχουν διάτρητοι κατανομείς νερού και θα καλύπτονται από τρεις (3) στρώσεις χαλίκων υποστρώματος, το ολικό ύψος των οποίων πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 39εκ. Οι στρώσεις του υποστρώματος υποβοηθούν την ορθή κατανομή του νερού και υποστηρίζουν τις στρώσεις των υλικών φίλτρανσης.

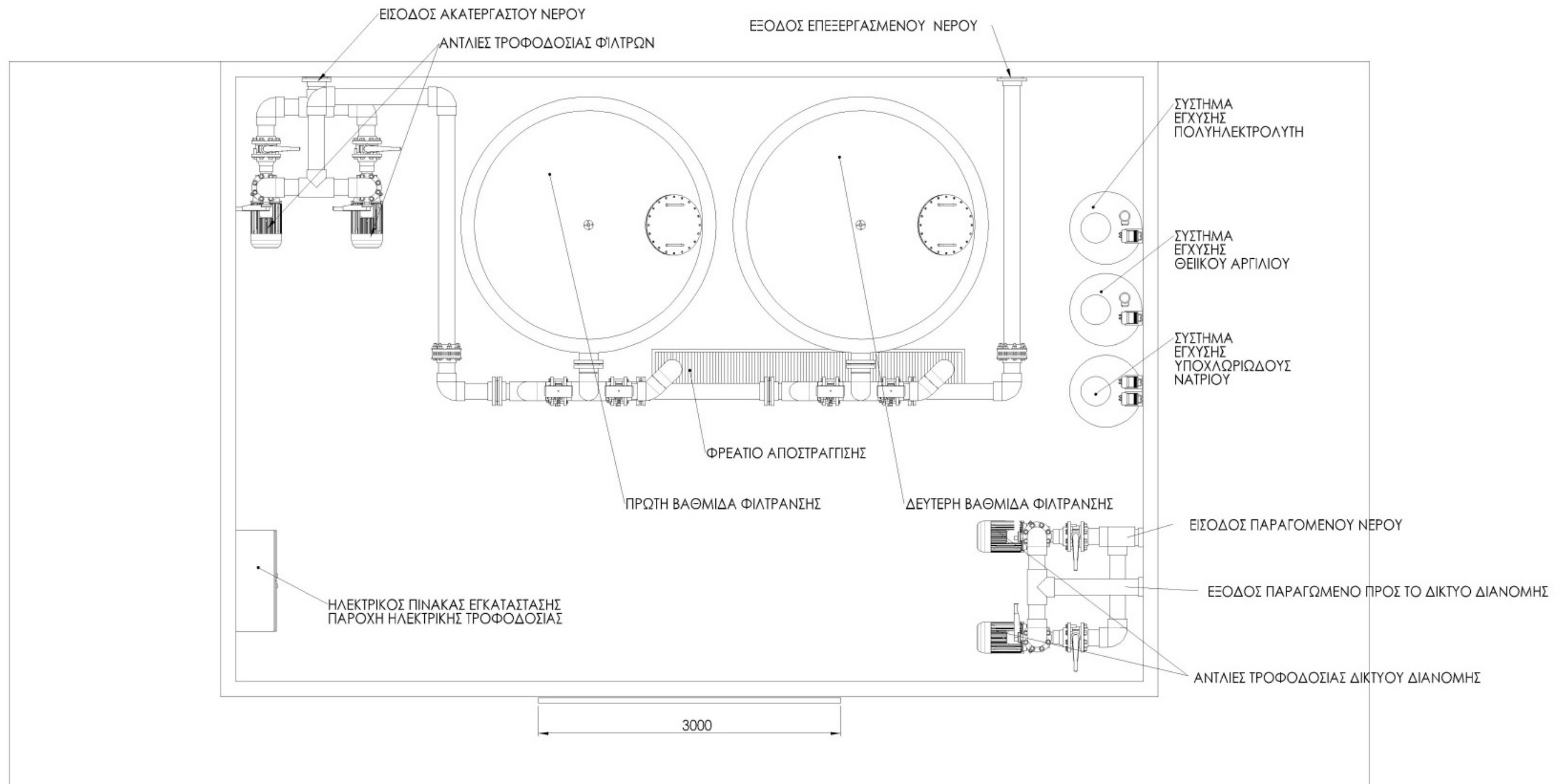
Η 1^η βαθμίδα φίλτρανσης πάνω από τις στρώσεις του υποστρώματος θα φέρει δύο (2) τουλάχιστον στρώσεις φίλτρανσης. Η 2^η βαθμίδα φίλτρανσης πάνω από τις στρώσεις του υποστρώματος θα φέρει τρεις (3) τουλάχιστον στρώσεις φίλτρανσης. Η ταχύτητα φίλτρανσης και για τις βαθμίδες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 18 μ3/μ2/ώρα.

Η μονάδα ταχυδιυλιστηρίου θα εγκατασταθεί πλησίον της Λιμνοδεξαμενής κατάντη του φράγματος ενός νέου οικίσκου εσωτερικών διαστάσεων $Μ6,00*Π9,00*Υ4,5m$ με πόρτα ανοίγματος $Μ3,00*Υ3,00m$ ώστε να είναι ευχερής η πρόσβαση για την τοποθέτηση και τον έλεγχο του εξοπλισμού. Παράλληλα θα σκυροδετηθεί ο χώρος περιμετρικά του κτιρίου με διαστάσεις $Μ8,00*Π15,00*0,15m$. Θα εγκατασταθούν σε καθορισμένη θέση μεταλλικές δεξαμενές ακατέργαστου και παραγόμενου $100m^3$ και $1.000m^3$ αντίστοιχα. Οι βάσεις των δεξαμενών θα κατασκευαστούν με περιμετρικό δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα με πλήρωση με αδρανή υλικά (άμμο λατομείου) για την σωστή έδραση τους. Εντός του κτιρίου θα τοποθετηθούν το ταχυδιυλιστήριο, όλος ο απαιτούμενος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, αντλητικά συγκροτήματα για την προσαγωγή ακατέργαστου στα φίλτρα και την προσαγωγή του παραγόμενου στα δίκτυα διανομής, κάδους χημικών, δοσομετρικές κλπ.

Ο υδραυλικές εγκαταστάσεις που είναι απαραίτητες είναι:

- Σύνδεση με τον αγωγό εξόδου του φράγματος με χρήση ταυ και την τοποθέτηση βάνας σύρτου ελαστικής έμφραξης $\Phi 200$.
- Δίκτυο έως την δεξαμενή ακατέργαστου με την τοποθέτηση ηλεκτροβάνας στην είσοδο της δεξαμενής διατομής $\Phi 200$.
- Δίκτυο $\Phi 150$ από την δεξαμενή έως την είσοδο στον οικίσκο και σύνδεση με το αντλητικό συγκρότημα.
- Δίκτυο $\Phi 200$ στην έξοδο του δεύτερου φίλτρου έως τη δεξαμενή παραγόμενου.
- Δίκτυο $\Phi 200$ από την δεξαμενή παραγόμενου έως την είσοδο στον οικίσκο και σύνδεση με αντλητικό συγκρότημα προσαγωγής στο δίκτυο διανομής.
- Δίκτυο $\Phi 200$ από το αντλητικό συγκρότημα για την σύνδεση με δίκτυο διανομής με την χρήση ταυ και βάνας.
- Δίκτυο απορροής όμβριων από την σχάρα εντός του οικίσκου έως το ρέμα.

Η διάταξη του οικίσκου φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο



Εικόνα 4.1 Κάτοψη οικίσκου ταχυδιυλιστηρίου

Πηγή: Watera S.A., επεξεργασία: Ματθαίος Ξενάκης

Σύνθεση της εγκατάστασης

Η εγκατάσταση αποτελείται από:

- Τμήματα άντλησης

Αντλητικό συγκρότημα προσαγωγής στα φίλτρα

Αποτελείται από δύο (2) όμοια αντλητικά συγκροτήματα, 15KW έκαστο, εκ των οποίων το ένα εφεδρικό. Τα εν λόγω αντλητικά συγκροτήματα θα είναι παροχής τουλάχιστον 87 m³/ώρα, μανομετρικού ύψους κατάλληλου για την σωστή λειτουργία των φίλτρων. Θα έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν -από κοινού- την παροχή έκπλυσης των φίλτρων του ταχυδιυλιστηρίου με το κατάλληλο μανομετρικό ύψος, καθώς θα χρησιμοποιούνται και για την έκπλυση των φίλτρων. Κατά την κανονική λειτουργία της μονάδας οι αντλίες θα λειτουργούν εναλλάξ.

Αντλητικό συγκρότημα προσαγωγής στο δίκτυο διανομής

Αποτελείται από δύο (2) όμοια αντλητικά συγκροτήματα, 35KW έκαστο, εκ των οποίων το ένα εφεδρικό. Τα εν λόγω αντλητικά συγκροτήματα θα είναι παροχής τουλάχιστον 87 m³/ώρα, μανομετρικού ύψους 100μ(Δεξαμενή Αγ.Αρτεμίου) για την σωστή τροφοδοσία του δικτύου. Κατά την κανονική λειτουργία της μονάδας οι αντλίες θα λειτουργούν εναλλάξ.

- Τμήμα χλωρίωσης

Η προσθήκη χλωρίου θα γίνεται με τροφοδοτική αντλία διαφραγματικού τύπου, παροχής τουλάχιστον 4 λτ/ώρα σε 10 atm. Η αντλία θα είναι διαφραγματικού τύπου ρυθμιζόμενης παροχής με ρύθμιση της συχνότητας εμβολισμών, ηλεκτρονικού τύπου. Ο ηλεκτρονικός κλπ εξοπλισμός της αντλίας θα είναι τοποθετημένος μέσα σε πλαστικό κέλυφος, που θα τον προστατεύει από τις διαβρωτικές ιδιότητες των χημικών. Όλα τα τμήματα που έρχονται σε επαφή με αυτό θα είναι κατασκευασμένα από πολύ ανθεκτικά στις επιδράσεις του υλικά. Η αντλία θα έχει τις κατάλληλες δικλείδες, βαλβίδες αντεπιστροφής κλπ, για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας της.

Θα συνοδεύεται από κάδο παρασκευής και αποθήκευσης διαλύματος χλωρίου χωρητικότητας τέτοιας ώστε το σχηματιζόμενο διάλυμα να επαρκεί για τροφοδοσία τουλάχιστον 48 ωρών λειτουργίας, όχι όμως μικρότερο των 300 λίτρων. Θα είναι από κατάλληλο υλικό και θα διαθέτει διάταξη εκκένωσης.

Θα εγκατασταθεί μια (1) τροφοδοτική αντλία έγχυσης υποχλωριώδους νατρίου

- Σύστημα φίλτρανσης

Αποτελείται από ένα συγκρότημα με παροχή $87 \text{ m}^3/\text{ώρα}$.

Το συγκρότημα θα αποτελείται από δυο βαθμίδες φίλτρανσης (δυο φίλτρα εν σειρά).

Το συγκρότημα φίλτρανσης θα έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Παροχή λειτουργίας : $87 \text{ m}^3/\text{ώρα}$
- Ταχύτητα φίλτρανσης (μέγιστη) : $18 \text{ μ}^3 / \text{μ}^2 / \text{ώρα}$ (ανά φίλτρο)
- Διάμετρος κάθε φίλτρου : $2,54 \text{ μ}$
- Χρόνος ξεπλύματος : έως 30 min
- Απαιτούμενη τάση ρεύματος : $220 \text{ V} - 50 \text{ HZ}$

Η κάθε μία από τις δυο βαθμίδες φίλτρανσης του συγκροτήματος αποτελείται από τα εξής:

α. Δοχείο φίλτρου

Το δοχείο φίλτρου θα είναι κατασκευασμένο από χάλυβα υψηλής ποιότητας και θα στηρίζεται σε χαλύβδινα πόδια. Θα είναι σχεδιασμένο για πίεση λειτουργίας 5 ατμ. και δοκιμασμένο σε πίεση αντοχής κατά 50% μεγαλύτερη της πίεσης λειτουργίας. Εσωτερικά οι επιφάνειες του δοχείου θα επικαλύπτονται με εποξειδική βαφή ικανού πάχους τύπου FOOD GRADE (κατάλληλης για πόσιμο νερό) και εξωτερικά με δυο στρώσεις αντισκωριακού χρώματος για αντιδιαβρωτική προστασία.

Το δοχείο θα φέρει δυο ανθρωποθυρίδες ικανών διαστάσεων, μια στο άνω μέρος και μια στο κατακόρυφο κυλινδρικό μέρος.

Το κατακόρυφο κυλινδρικό μέρος θα είναι σχεδιασμένο ώστε να επιτρέπει ελάχιστο ελεύθερο ύψος για την ανύψωση των στρώσεων του υλικού φίλτρανσης κατά το αντίστροφο ξέπλυμα.

β. Εσωτερικό σύστημα κατανομής νερού.

Το φίλτρο θα φέρει ενσωματωμένο στο εσωτερικό του πυθμένα το σύστημα κατανομής νερού τύπου αντεστραμμένου πιάτου, το οποίο θα φέρει πλαστικούς διάτρητους κατανομείς που θα κατευθύνουν το νερό περιφερειακά.

γ. Στρώσεις - Υλικά φίλτρανσης

Σε κάθε βαθμίδα φίλτρανσης οι διάτρητοι αυτοί κατανομείς θα καλύπτονται από τέσσερις (4) στρώσεις χαλίκων υποστρώματος, το ολικό ύψος των οποίων πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 49εκ. Οι στρώσεις του υποστρώματος υποβοηθούν την ορθή κατανομή του νερού και υποστηρίζουν τις στρώσεις των υλικών φίλτρανσης.

Για τη φίλτρανση, χρησιμοποιούνται διαφορετικής σύστασης, διαφορετικής κοκκομετρίας και διαφορετικού ειδικού βάρους υλικά, τα οποία διαστρώνονται διαδοχικά μέσα στο κάθε φίλτρο. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα υλικά πλήρωσης των φίλτρων με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους, όπως κοκκομετρία (mm), πάχος κάθε στρώσης (mm), βάρος κάθε στρώσης (kg) και ειδικό βάρος κάθε υλικού (gr/cm^3). Το νερό θα εισέρχεται από το πάνω μέρος του φίλτρου και αφού διαπεράσει όλα τα στρώματα θα εξέρχεται από το κάτω μέρος του.

Η 1^η βαθμίδα φίλτρανσης πάνω από τις στρώσεις του υποστρώματος θα φέρει δύο (2) τουλάχιστον στρώσεις φίλτρανσης.

Η 2^η βαθμίδα φίλτρανσης πάνω από τις στρώσεις του υποστρώματος θα φέρει τρεις (3) τουλάχιστον στρώσεις φίλτρανσης.

Τα ειδικά υλικά τα οποία θα απαρτίζουν τις διάφορες στρώσεις φίλτρανσης, πρέπει να είναι μεγάλης αντοχής, τόσο στις τριβές όσο και στο χρόνο και επίσης δεν πρέπει να προσδίδουν χρώμα, γεύση ή οσμή στο καθαριζόμενο νερό και θα συνοδεύονται από τεχνικά φυλλάδια, φυλλάδια στοιχείων ασφαλείας υλικού, υπεύθυνες δηλώσεις του κατασκευαστή για συμμόρφωση με τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά Πρότυπα

EN καταλληλότητας για χρήση σε πόσιμο νερό και από πιστοποιητικά καταλληλότητας για χρήση σε πόσιμο νερό σύμφωνα με το ισχύον Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 12902:2004 (Προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ανόργανα υλικά υποστρώματος και φίλτρανσης. Μέθοδοι ελέγχου), πιστοποιητικά που πρέπει να έχουν εκδοθεί από επίσημους διαπιστευμένους φορείς χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (διαπιστευμένους από τον αντίστοιχο εθνικό τους οργανισμό διαπιστεύσεων).

Πιο κάτω αναφέρονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρούν τα υλικά κάθε στρώσης φίλτρανσης και το ελάχιστο πάχος κάθε στρώσης, αρχίζοντας από το υπόστρωμα και προχωρώντας προς την υψηλότερη, μέσα στο φίλτρο στρώση.

Πίνακας 4.1 Ανάλυση στρώσεων φίλτρων

1η βαθμίδα φίλτρανσης.		
Στρώση	Ελάχιστο ύψος στρώσης	Υλικό
1 ^η , 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η στρώση υποστρώματος	490 χλστ.	Πυριτικό χαλίκι διαφόρων κοκκομετρικών συνθέσεων. (2-40 χλστ)
1η στρώση κλίνης φίλτρανσης	201 χλστ.	Πυριτική άμμος, κοκκομετρίας 0,6-0,8 χλστ
2η στρώση κλίνης φίλτρανσης	490 χλστ.	Ανθρακίτης, κοκκομετρίας 0,8-2 χλστ
2η βαθμίδα φίλτρανσης.		
Στρώση	Ελάχιστο ύψος στρώσης	Υλικό
1 ^η , 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η στρώση υποστρώματος	490 χλστ .	Πυριτικό χαλίκι διαφόρων κοκκομετρικών συνθέσεων. (2-40 χλστ)
1η στρώση κλίνης φίλτρανσης	165 χλστ.	Άμμος από ειδικό υλικό. (Γρανάτης), κοκκομετρίας 0,3-0,5 χλστ

2η στρώση κλίνης φίλτρανης	165 χλστ .	Πυριτική άμμος, κοκκομετρίας 0,6-0,8 χλστ
3η στρώση κλίνης φίλτρανης	410 χλστ.	Ανθρακίτης, κοκκομετρίας 0,8-2 χλστ

Πηγή: Watera S.A.

δ. Σωληνώσεις, βαλβίδες, εξαρτήματα του φίλτρου

Τα διάφορα τεμάχια σωληνώσεων και τα εξαρτήματα θα είναι κατασκευασμένα από χάλυβα υψηλής ποιότητας και θα προστατεύονται εξωτερικά με βαφή αντισκωριακών χρωμάτων.

Οι βαλβίδες θα είναι διαφραγματικού τύπου κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο. Οι βαλβίδες πρέπει να είναι υδροπνευματικές για να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος ανεξάρτητα από διακοπή ρεύματος κλπ.

Η έξοδος του διυλισμένου νερού της μονάδας θα είναι εφοδιασμένη με ρυθμιστή ροής και με δικλείδα αποχέτευσης διυλισμένου νερού, ώστε να επιτυγχάνεται απόρριψη του διυλισμένου νερού ύστερα από καθαρισμό ή βλάβη του συστήματος.

- Τμήμα έγχυσης κροκιδωτικού 1^{ης} βαθμίδας

Η προσθήκη κροκιδωτικού 1^{ης} βαθμίδας θα γίνεται με τροφοδοτική αντλία διαφραγματικού τύπου, παροχής τουλάχιστον 4 λτ/ώρα σε 10 atm κλπ όπως οι αντλίες χλωρίωσης. Η αντλία θα συνοδεύεται από κάδο διαλύματος και ηλεκτροκίνητο αναδευτήρα 0,08 KW από ανοξείδωτο χάλυβα.

Ο κάδος θα είναι τέτοιας χωρητικότητας ώστε το σχηματιζόμενο διάλυμα να επαρκεί για τροφοδοσία τουλάχιστον 48 ωρών λειτουργίας, όχι όμως μικρότερο των 100 λίτρων .Θα είναι από κατάλληλο υλικό και θα διαθέτει διάταξη εκκένωσης. Θα εγκατασταθεί μία τροφοδοτική αντλία.

- Τμήμα έγχυσης κροκιδωτικού 2^{ης} βαθμίδας

Η προσθήκη κροκιδωτικού 2^{ης} βαθμίδας θα γίνεται με τροφοδοτική αντλία διαφραγματικού τύπου, παροχής τουλάχιστον 4 λτ/ώρα σε 10 atm κλπ όπως οι

αντλίες χλωρίωσης. Η αντλία θα συνοδεύεται από κάδο διαλύματος. Θα εγκατασταθεί μία τροφοδοτική αντλία.

Ο κάδος θα είναι τέτοιας χωρητικότητας ώστε το σχηματιζόμενο διάλυμα να επαρκεί για τροφοδοσία τουλάχιστον 48 ωρών λειτουργίας, όχι όμως μικρότερο των 100 λίτρων. Θα είναι από κατάλληλο υλικό και θα διαθέτει διάταξη εκκένωσης.

- Αυτοματισμοί

Το σύστημα αυτοματισμού θα είναι σχεδιασμένο ώστε να εκτελούνται αυτόματα οι εξής κύκλοι:

-Αντίστροφο ξέπλυμα του 1^{ου} φίλτρου

-Αντίστροφο ξέπλυμα του 2^{ου} φίλτρου και ξέπλυμα κατά την κανονική φορά του 1^{ου} φίλτρου

-Ξέπλυμα κατά την κανονική φορά του 2^{ου} φίλτρου

-Απόδοση καθαρού νερού

Για τον λόγο αυτό θα υπάρχει από ένας ηλεκτρονικός πίνακας ελέγχου με ειδικό προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή επί του φίλτρου ενεργού άνθρακα και επί του συγκροτήματος των φίλτρων θολότητας και που θα εκτελεί κατ' ελάχιστον τις εξής λειτουργίες:

-Θα δίνει εντολές στις βαλβίδες να ανοιγοκλείνουν ανάλογα με τον κύκλο του προγράμματος.

-Θα δέχεται ρυθμίσεις των χρόνων διάρκειας κάθε κύκλου.

-Θα δέχεται ρυθμίσεις για τον προκαθορισμένο χρόνο (ημέρα και ώρα) έναρξης του καθαρισμού του φίλτρου.

-Θα μπορεί να δεχθεί εντολή εκτός του προκαθορισμένου χρονικού προγράμματος και από άλλο εξωτερικό αισθητήριο (π.χ. πτώση πίεσης εντός του φίλτρου).

-Μόλις λάβει εντολή για καθαρισμό, θα μπορεί να τη μεταδώσει σ' άλλο στοιχείο της εγκατάστασης (αντλία ξεπλύματος).

Ομοίως για την τήρηση των ορθών παροχών νερού κατά τους διάφορους κύκλους αντιστρόφου και κανονικού ξεπλύματος, ανεξάρτητα από την πίεση του νερού τροφοδοσίας, τα φίλτρα θα είναι εξοπλισμένα με αυτοελεγχόμενους ρυθμιστές ροής.

Το ταχυδιυλιστήριο θα παρακολουθείται και θα ελέγχεται μέσω συστήματος SCADA, το οποίο θα επιβλέπει, ελέγχει και καταχωρεί δεδομένα λειτουργίας της μονάδας.

Τέλος, θα είναι δυνατή, η εντολή για έναρξη παραγωγής καθαρού νερού ή ξεπλύματος, να γίνεται χειροκίνητα.

- Δεξαμενές

Για τις ανάγκες του διυλιστηρίου θα γίνει προμήθεια και εγκατάσταση στον χώρο δύο μεταλλικών δεξαμενών μια 100κμ για την αποθήκευση ανεπεξέργαστου νερού από το φράγμα και μια 1000κμ για την αποθήκευση του παραγόμενου νερού πριν την διανομή. Η τοποθέτηση τέτοιας δυναμικότητας δεξαμενής γίνεται για να μπορεί η εγκατάσταση να ανταπεξέλθει στην ζήτηση καθώς τα 87κμ την ώρα δεν επαρκούν να καλύψουν τις ανάγκες σε ώρα αιχμής σε αντίθεση με τις βραδινές ώρες που η παραγωγή θα είναι μεγαλύτερη της ζήτησης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε μια αποθήκη έτοιμου νερού για να μπορεί η τροφοδοσία να γίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες ζήτησης . Τέλος θα τοποθετηθεί αντλητικό συγκρότημα για την τροφοδοσία του παραγόμενου νερού στα δίκτυα διανομής.

- Παραγόμενο νερό

Η ποιότητα του παραγόμενου επεξεργασμένου νερού θα είναι σύμφωνη με τα τιθέμενα, για πόσιμο νερό, όρια από την κείμενη νομοθεσία, όπου το κύριο χαρακτηριστικό του νερού θα πρέπει να είναι θολότητα, μέχρι το πολύ 1 NTU.

Ειδικότερα το νερό θα πρέπει να έχει τα παρακάτω απαιτούμενα χαρακτηριστικά.

Πίνακας 4.2 Επιτρεπτά όρια πόσιμου νερού

Χαρακτηριστικό	Τιμή
pH	6,5-9,5
Θολότητα	< 1,0 NTU (Νεφελομετρική μονάδα θολότητας)
Σίδηρος	<200 µg/l ως Fe
Μαγγάνιο	<50 µg/l ως Mn
Κολοβακτηριδιοειδή (Π.Α.Κ.)	Κανένα σε 100 ml
Συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου στο παραγόμενο πόσιμο νερό να είναι τουλάχιστον 0,2 mg/l.	

Πηγή: ΦΕΚ 3282 ' Β 19/9/2017

4.1.2 Ποιότητα νερού λιμνοδεξαμενής

Από μικροβιολογικές και φυσικοχημικές αναλύσεις που έγιναν στο νερό που τροφοδοτεί την λιμνοδεξαμενή (Ψαρόπετρα), προέκυψε ότι το νερό είναι ακατάλληλο, με την παρούσα του σύνθεση, για την χρήση του ως πόσιμο, τόσο από μικροβιολογική όσο και από φυσικοχημική άποψη.

Από τις αναλύσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων προκύπτει ότι το νερό της λιμνοδεξαμενής παρουσιάζει και αυξημένη θολότητα.

4.1.3 Προϋπολογισμός

Το προβλεπόμενο κόστος για όλα τα ανωτέρω ήτοι: έργα υποδομών, υδραυλικά, σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ, προμήθεια, προσκόμιση, διασύνδεση, δοκιμαστική λειτουργία, όλου του συστήματος διπλού φίλτρου μετά των αυτοματισμών, SCADA και των δοσομετρικών τους καθώς και οι δεξαμενές περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.3 Προϋπολογισμός έργου ταχυδιυλιστηρίου

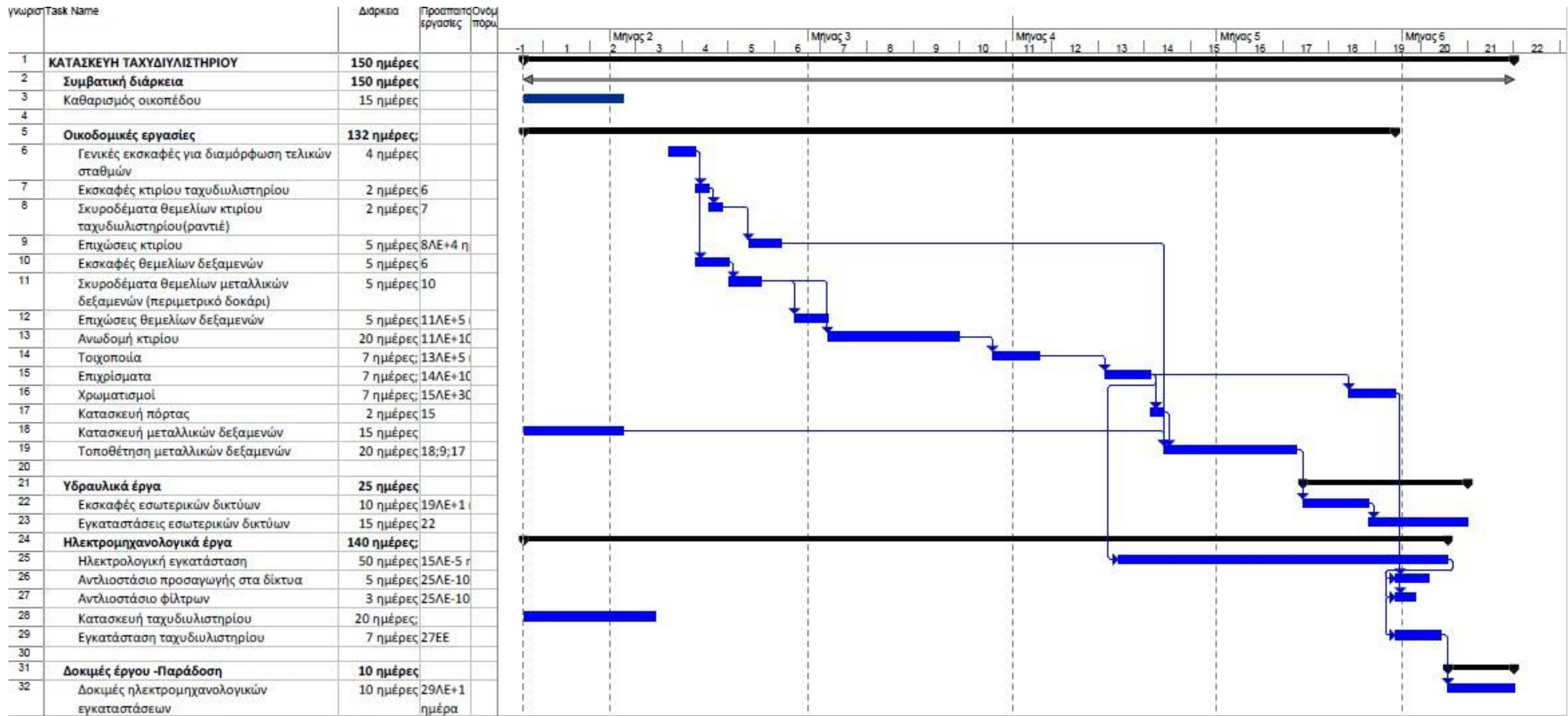
α/α	Τμήμα	Τιμή
1	Υποδομές (διαμορφώσεις χώρου, κτιριακές, υδραυλικές)	60.000€
2	Δεξαμενές (100κμ και 1000κμ)	80.000€
3	Διυλιστήριο (φίλτρα, δοσομετρικές, ηλ. Πινάκας και αυτοματισμοί)	150.000€
4	Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας δικτύου 2*35kw	30.000€
5	Σύνδεση με δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ	10.000€
	ΣΥΝΟΛΟ	330.000€
	ΦΠΑ	56.100€
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	386.100€

4.1.4 Προγραμματισμός έργου

Το έργο απαιτεί για την διεκπεραίωση του, τον απαραίτητο προγραμματισμό για να μπορέσει να οργανωθεί η διαδικασία κατασκευής χωρίς άσκοπες καθυστερήσεις.

Με την χρήση του διαγράμματος Gantt θα μπορέσουμε να εντοπίσουμε κάθε εργασία και πώς είναι τοποθετημένες μέσα στον συνολικό χρόνο του έργου. Κάθε έργο πραγματοποιείται μέσα από μια αλληλουχία εργασιών που τις περισσότερες φορές είναι αλληλένδετες. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα Gantt με τις βασικές εργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του ταχυδιυλιστηρίου.

Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την εγκατάσταση της επένδυσης ορίζεται στις 150 ημέρες. Στους χρόνους δεν αναφέρονται οι χρόνοι μελετών, ωρίμανσης και δημοπράτησης έργου.



Διάγραμμα 4.1 Διάγραμμα Gantt προγραμματισμού έργου ταχυδιωλιστηρίου

4.1.5 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Για να προσδιοριστεί το κόστος λειτουργίας θα πρέπει να υπολογιστούν οι καταναλώσεις χημικών, ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και οι απαραίτητες συντηρήσεις και αντικαταστάσεις εξοπλισμού.

Καταναλώσεις

α. Χημικά

Υποχλωριώδες νάτριο.

Εκτιμάται δόση 2gr ενεργού χλωρίου /m³

Τιμή αγοράς 0,60€/kg (12% σε δοχεία)

Άρα, $2/0,12 = 16,6\text{gr}/\text{m}^3$ *0,60€/1000gr =0.010€/m³

Κροκιδωτικό (Θειικό αργίλιο) (Al₂(SO₄)₃)

Εκτιμάται δόση 10gr /m³

Τιμή αγοράς 0,75€/kg

Άρα, $10\text{gr}/\text{m}^3$ *0,75€/1000gr =0.0075€/m³

Πολυηλεκτρολύτης μη ιονικός (1% που αραιώνεται)

Εκτιμάται δόση 2gr /m³

Τιμή αγοράς 7€/kg

Άρα, $2\text{gr}/\text{m}^3$ *7€/1000gr =0.014€/m³

Σύνολο κόστους χημικών: 0,0315€ /m³

β. Κατανάλωση ρεύματος

Δοσομετρικές χημικών 3*0,060kw=0.18kw

Αντλία προώθησης διυλιστηρίου 15kw =15kw

Αναδευτήρας 0,12kw =0.12 kw

Αντλία Προώθησης στα Δ.Δ 35kw Συνολικά 50,3kw/87 m³ =0,578kwh/m³

Τιμή kwh=0,105€ έχουμε κόστος ρεύματος 0,0607€/m³

γ. Αντικατάσταση ή πλήρωση του ανθρακίτη

Τα υλικά φίλτρανης θα πλένονται αυτόματα όποτε δεν χρειάζεται η αντικατάσταση τους πλην του ανθρακίτη του οποίου λόγω της τριβής ελαττώνονται οι ακμές των κόκκων του οπότε θα χρειαστεί κάθε δέκα χρόνια συμπλήρωση καθώς μειώνεται ο όγκος του. Κόστος συμπλήρωσης ανά δεκαετία ορίζονται τα 10.000€

Κόστος 10.000€/10έτη

Έστω ότι δουλεύει όλο το έτος

$$2000 \text{ m}^3 * 365 \text{ ημερες} * 10 \text{ ετη} = 7.300.000 \text{ m}^3$$

$$10.000 / 7.300.000 = \underline{0,0014 \text{ €/m}^3}$$

δ. Κόστος συντήρησης Η/Μ

Θεωρούμε κόστος συντήρησης 1,500€/έτος

$$2000 \text{ m}^3 * 365 \text{ ημερες} = 730.000 \text{ m}^3$$

$$1.500 / 730.000 = \underline{0,0020 \text{ €/m}^3}$$

ε. Απασχολούμενο προσωπικό

Προσωπικό δεν είναι απαραίτητο να απασχολείται καθώς όλη η λειτουργία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη με δυνατότητα απομακρυσμένου χειρισμού. Χρειάζεται μόνο η πλήρωση των δεξαμενών με τα χημικά που είναι απαραίτητα κάθε 48ώρες και μια επιθεώρηση- συντήρηση που θα πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο.

Για την προσθήκη χημικών και επιθεώρηση της εγκατάστασης

1 ώρα /εβδομάδα

$$1 \text{ h} * 52 \text{ w} = 52 * 19,86 \text{ (Από τιμολόγια Δημοσίων έργων)} = 1.032,72 \text{ €}$$

Για την συντήρηση

4 ημέρες/ έτος

5*8h

Τεχνίτης και βοηθός

$$(40h \cdot 19,86) + (40 \cdot 16,85) = 1468,4\text{€}$$

Σύνολο εργατικών $1032,72 + 1.468,4 = 2501,12\text{€/ετος}$

$$\text{Ανάγοντας τα σε κόστος ανά κυβικό } 2501,12 / 730.000 = \underline{0,0034\text{€/ m}^3}$$

Συνολικό κόστος λειτουργίας είναι: $0,099\text{€/ m}^3$

Το κόστος λειτουργίας είναι της τάξης των 9,9 λεπτών του ευρώ για το ρεύμα, τα χημικά, την συντήρηση των Η/Μ και το απασχολούμενο προσωπικό.

Πίνακας 4.4 Κόστος λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου

Κόστη Λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης	Τιμή μονάδας	Σύνολο	Σύνολο ανά κυβικό €/m ³
Χημικά					
Υποχλωριώδες νάτριο (διάλυμα 12%)	16,6	gr/m ³	0,6€/kg	0,010	
θειικό αργίλιο (κροκιδωτικό)	10	gr/m ³	0,75€/kg	0,0075	
Πολυηλεκτρολύτης	2	gr/m ³	7€/kg	0,014	
Σύνολο Χημικών					0,0315
Κατανάλωση ρεύματος					
Δοσομετρικές χημικών	0,18	Kw			
Αντλία προώθ. Διυλιστηρίου	15	Kw			
Αναδευτήρας	0,12	Kw			
Αντλία προωθ. στα Δ.Δ.	35	Kw			
Συνολικά έχουμε	50,3	kw	87m ³ /h	0,578kwh	
Σύνολο Ρεύματος *0,105€/kwh					0,0607
Αντικαταστάσεις υλικών					
Ανθρακίτης		αποκοπή		10.000	
Σύνολο υλικών /730.000m³					0,0014
Κόστος Συντήρησης Η/Μ					
Εγκατάσταση		αποκοπή		1.500	
Σύνολο Συντήρησης /730.000m³					0,0020
Προσωπικό					
Έλεγχος και προσθήκη χημικών	52	h	19,86	1032,72	
Ετήσια Συντήρηση					
Τεχνίτης	40	h	19,86	794,4	
Βοηθός	40	h	16,85	674	
Συνολικά έχουμε				2501,12	
Σύνολο εργατικών /730.000m³					0,0034
Συνολικό κόστος λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου					0,0990



Εικόνα 4.2 Τυπική διάταξη συστήματος φίλτρανσης με προγεμισμένα φίλτρα.

Πηγή: Watera S.A.

4.2 Εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης

Το έργο αφορά τις αναγκαίες υποδομές εξασφάλισης πόσιμου νερού για την βελτίωση της ποιότητας νερού των δικτύων ύδρευσης της πόλεως Χίου. Αυτές περιλαμβάνουν την κατασκευή γεωτρήσεων δίπλα στις εγκαταστάσεις για την άντληση του νερού, αγωγών μεταφοράς του νερού αυτού, επεξεργασία σε μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας παραγωγής πόσιμου νερού 2.000 κυβικών μέτρων ημερησίως, αγωγών μεταφοράς του αφαλατωμένου νερού προς το σύστημα ύδρευσης της Πόλης και αγωγού μεταφοράς του αλμόλοιπου προς διάθεση στις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού.

Το έργο αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- Γεωτρήσεις λήψης νερού προς αφαλάτωση.
- Αγωγός μεταφοράς νερού προς αφαλάτωση.
- Μονάδα αφαλάτωσης τεχνολογίας αντίστροφης ώσμωσης, δυναμικότητας παραγωγής πόσιμου νερού 2.000 κυβικών μέτρων ημερησίως (μέγιστη ωριαία περίπου 150 κυβ. μέτρα). Η μονάδα θα έχει τη δυνατότητα λειτουργίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και σε 24ωρη βάση. Η μονάδα θα διαθέτει και σύστημα ανάκτησης μέρους της καταναλισκόμενης ενέργειας.
- Έργα σύνδεσης με το διερχόμενο σε επαφή με το οικόπεδο της μονάδας δίκτυο ύδρευσης της περιοχής, για την τροφοδοσία του με το παραγόμενο πόσιμο νερό.
- Αγωγός μεταφοράς του αλμόλοιπου προς διάθεση στον υποθαλάσσιο αγωγό διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) της Χίου στα νότια, μήκους περίπου 1.200 μ.

Η λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης θα περιλαμβάνει αναλυτικά τα εξής στάδια:

1. Τροφοδοσία θαλασσινού νερού

Η τροφοδοσία του θαλασσινού νερού θα γίνεται μέσω γεωτρήσεων.

2. Προκατεργασία

Η προκατεργασία τοποθετείται για την αντιμικροβιακή προστασία, την φίλτρανση των αιωρούμενων, τη φίλτρανση θολότητας, μείωση του SDI και την αντικαθαλατωτική προστασία

3. Σύστημα αντίστροφης ώσμωσης

Το σύστημα αντίστροφης ώσμωσης θα περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

- Περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες υψηλής πίεσης
- Σύστημα ανάκτησης ενέργειας ώστε να διατηρείται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα
- Δοχεία μεμβρανών
- Μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης

4. Βοηθητικά συστήματα

Η λειτουργία της μονάδας θα περιλαμβάνει τα εξής επί πλέον βοηθητικά συστήματα:

- Σύστημα αυτόματης έκπλυσης μεμβρανών ακόμη και σε περίπτωση διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος
- Μονάδα χημικού καθαρισμού μεμβρανών
- Σύστημα αυτόματης έκπλυσης/ καθαρισμού των συστημάτων φίλτρανσης
- Σύστημα αυτοματισμού και οργάνων

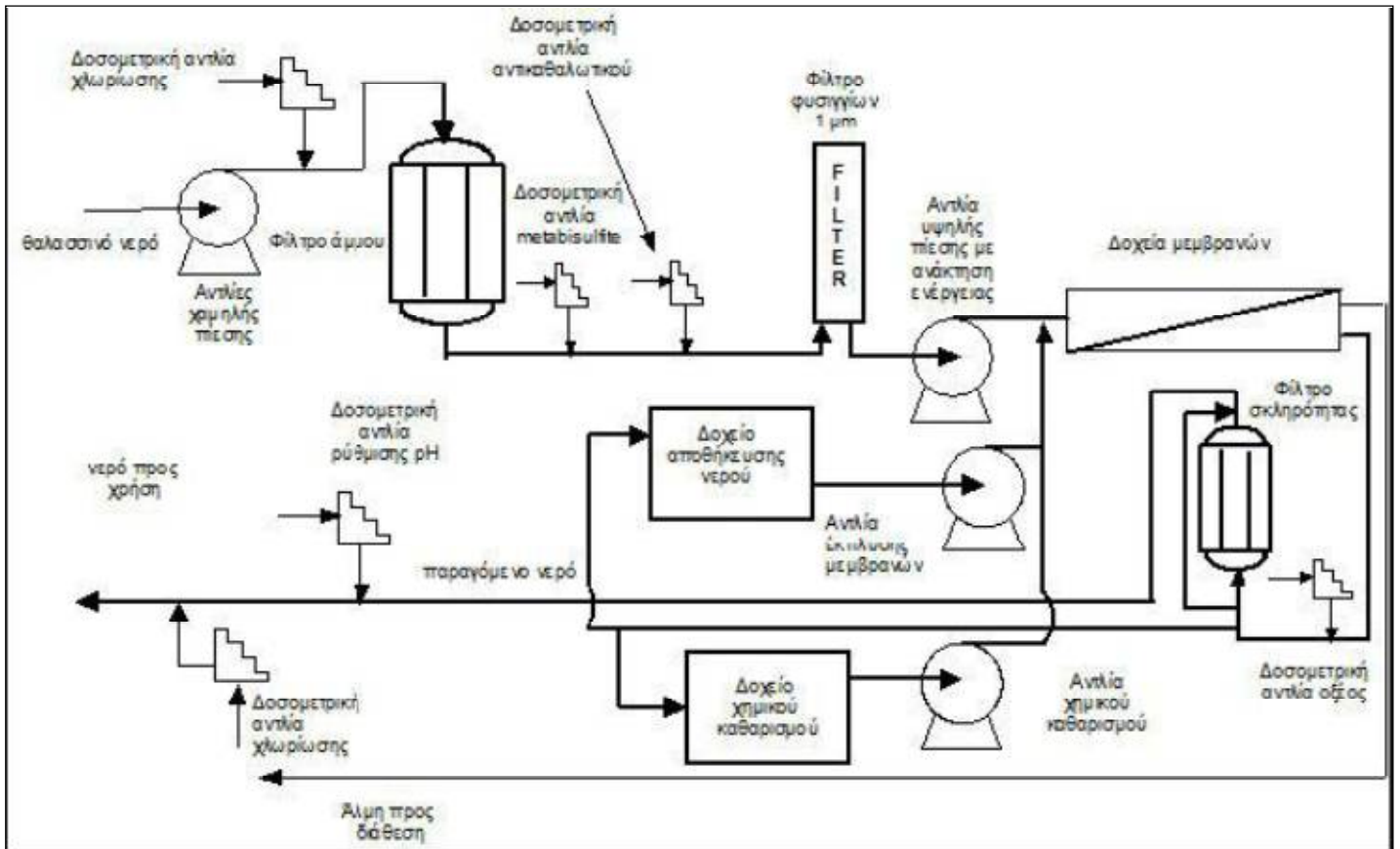
5. Μετεπεξεργασία

Η μετεπεξεργασία θα περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Ρύθμιση σκληρότητας
- Ρύθμιση του pH
- Απολύμανση

6. Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου

Η μονάδα θα παρακολουθείται και θα ελέγχεται μέσω συστήματος SCADA, το οποίο θα επιβλέπει, ελέγχει και καταχωρεί δεδομένα λειτουργίας της μονάδας.



Εικόνα 4.3 Ενδεικτικό διάγραμμα ροής μονάδας αφαλάτωσης

Πηγή: ΔΕΥΑΧ

4.2.1 Τεχνική περιγραφή

Τροφοδοσία θαλασσινού νερού

Η τροφοδοσία σε θαλασσινό νερό θα γίνεται με την κατασκευή γεωτρήσεων εντός του οικόπεδου προς απαλλοτρίωση κοντά στη θάλασσα.

Η συνολική αντλούμενη ποσότητα θαλασσινού νερού που απαιτείται για το σύστημα της αφαλάτωσης είναι περίπου 5.700 m³/day, προκειμένου η ελάχιστη δυναμικότητα παραγωγής πόσιμου νερού να είναι 2.000 m³/day. Εκτιμάται ότι θα ανορυχθούν και θα χρησιμοποιηθούν έως 4 γεωτρήσεις.

Η ανόρυξη θα εκτελεσθεί με κατάλληλο γεωτρητικό εξοπλισμό. Η κάθε γεώτρηση αρχικά θα έχει ερευνητικό χαρακτήρα, ενώ σε περίπτωση επιτυχίας θα ακολουθήσει η διεύρυνση για μετατροπή της σε παραγωγική γεώτρηση άντλησης.

Προκατεργασία

- Σύστημα αντιμικροβιακής προστασίας

Το θαλασσινό νερό πριν την είσοδό του στα σύστημα μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης των μονάδων πρέπει να έχει απαλλαγεί από το μικροβιακό φορτίο. Πριν την είσοδο του νερού στα φίλτρα θολότητας το νερό χλωριώνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Στόχος είναι η οξείδωση ανεπιθύμητων και βλαπτικών ουσιών και συστατικών του θαλασσινού νερού για τις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης. Η χλωρίωση κάθε μονάδας επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία η οποία λειτουργεί ταυτόχρονα με τις αντλίες χαμηλής πίεσης. Το σύστημα χλωρίωσης εφόσον επιλεγεί θα αποτελείται από τα εξής:

1. Δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου για κάθε μονάδα (η μία εφεδρική).
2. Βαθμονομημένο κάδο διαλύματος απ' όπου θα αναρροφάται το διάλυμα.

- Σύστημα φίλτρανσης

Για τη μείωση των αιωρούμενων στερεών και κολλοειδών το ακατέργαστο θαλασσινό νερό θα φιλτράρεται ξεχωριστά για κάθε μονάδα έτσι ώστε ο δείκτης SDI και η θολότητα του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας να λαμβάνει τις επιθυμητές τιμές πριν έλθει σε επαφή με τις μεμβράνες. Το νερό θα εισέρχεται από το πάνω μέρος του φίλτρου και αφού διαπεράσει διαδοχικά όλα τα στρώματα του υλικού φίλτρανσης, θα εξέρχεται από κάτω. Ως υλικό φίλτρανσης, χρησιμοποιείται διαφορετικής κοκκομετρίας χαλαζιακό χαλίκι, χαλαζιακή άμμος, γκαρνέτ και ανθρακίτης.

Τα φίλτρα θα καθαρίζονται με τη βοήθεια αυτοματισμών που θα αντιστρέφουν τη ροή εντός των φίλτρων, παρασύροντας τις επικαθίσεις. Η έκπλυση των φίλτρων θα γίνεται με αυτόματο σταμάτημα της μονάδας. Τα φίλτρα θα συνοδεύονται από κατάλληλο αεροσυμπιεστή εφόσον χρησιμοποιούνται πνευματικές βάνες. Στην έξοδο των φίλτρων θολότητας θα υπάρχει πνευματική ή ηλεκτρική βάνα που θα ανοίγει με τη λειτουργία της μονάδας και θα κλείνει με το σταμάτημά της.

- Σύστημα προστασίας μεμβρανών από υπολειμματικό χλώριο

Το υπολειπόμενο ελεύθερο χλώριο από τη διεργασία χλωρίωσης που προηγήθηκε θα πρέπει να εξουδετερωθεί πριν φτάσει στις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης στις οποίες θα προκαλέσει μη αναστρέψιμη καταστροφή. Συνεπώς μετά τα φίλτρα θολότητας για κάθε μονάδα θα τοποθετηθεί σύστημα αποχλωρίωσης που θα γίνεται με διάλυμα μεταδιθειώδους νατρίου (sodium metabisulfite).

Η αποχλωρίωση επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία. Το σύστημα αποχλωρίωσης θα αποτελείται από δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου (η μία εφεδρική) για κάθε μονάδα, κάδο διαλύματος με αναδευτήρα και τον κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα.

Μετά την αποχλωρίωση τοποθετείται αισθητήρας και όργανο μέτρησης χλωρίου που θα ελέγχει την αποτελεσματικότητα της δοσομετρικής αντλίας και θα κλείνει αυτόματα τη μονάδα σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η πλήρης εξουδετέρωση του χλωρίου.

- Σύστημα προσθήκης αντικαθαλωτικού

Θα τοποθετηθεί σύστημα προσθήκης αντικαθαλωτικού για κάθε μονάδα ώστε να παρεμποδίζονται οι επικαθίσεις αλάτων. Το σύστημα προσθήκης αντικαθαλωτικού θα αποτελείται από δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου (η μία εφεδρική) για κάθε μονάδα, κάδο διαλύματος για κάθε μονάδα.

- Τελική φίλτρανση ασφαλείας

Τα φίλτρα για κάθε μονάδα θα είναι κατασκευασμένα από συνθετικό υλικό ανθεκτικό στη διάβρωση θαλασσινού νερού (πχ. πολυαιθυλένιο) και στην απαιτούμενη πίεση

- Μέτρηση SDI

Πριν τη είσοδο του νερού στις αντλίες αντίστροφης ώσμωσης θα τοποθετηθεί μετρητής SDI για κάθε μονάδα. Ο μετρητής θα δύναται να μεταφέρεται και να τοποθετείται και σε άλλα σημεία της εγκατάστασης όπου θα υπάρχουν σχετικές αναμονές. Οι αναμονές θα βρίσκονται πλην της ως άνω θέσης, στην είσοδο του νερού στο σύστημα φίλτρανσης και ανάμεσα στα στάδια του συστήματος φίλτρανσης.

Σύστημα αντίστροφης ώσμωσης

- Αντλία ή αντλίες υψηλής πίεσης-Σύστημα ανάκτησης ενέργειας

Για να επιτευχθεί υψηλή πίεση, η οποία είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση της αντίστροφης ώσμωσης κάθε μονάδας, θα χρησιμοποιηθούν περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες.

Θα εγκατασταθεί επίσης σύστημα ανάκτησης ενέργειας που θα χρησιμοποιεί την υψηλή πίεση της απορριπτόμενης άλμης. Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας εκτιμάται ότι θα είναι τουλάχιστον 40%

- Διάταξη ομαλής εκκίνησης – στάσης αντλίας υψηλής πίεσης

Για να αποφεύγεται η καταπόνηση των μεμβρανών και γενικά του συστήματος από απότομες εκκινήσεις και παύσεις των αντλιών υψηλής πίεσης, θα γίνει εγκατάσταση συστήματος ρύθμισης στροφών (inverter) που θα εκτελεί την ομαλή εκκίνηση και στάση του συστήματος κάθε μονάδας σε αυτόματα ρυθμιζόμενο σημείο λειτουργίας που ανάλογα με το σχεδιασμό θα εξαρτάται πχ: από την ποιότητα του νερού εισόδου και την ποσότητα του παραγόμενου νερού ή από την ποσότητα του νερού εισόδου και την πίεση λειτουργίας.

- Πίνακας ελέγχου

Ο πίνακας ελέγχου θα είναι εργονομικά κατασκευασμένος και θα έχει όλα τα ενδεικτικά ηλεκτρονικά όργανα των μετρούμενων παραμέτρων της συνολικής διεργασίας σε κατάλληλες θέσεις επί του πίνακα και οι διακόπτες ελέγχου, ώστε το προσωπικό να μπορεί εύκολα και άμεσα να έχει ολοκληρωμένη εικόνα για τη λειτουργία της κάθε μονάδας, αλλά και των συστημάτων τροφοδοσίας με θαλασσινό νερό (γεωτρήσεις), των δεξαμενών και των αντλιών προώθησης παραγόμενου νερού στο δίκτυο.

- Συστοιχία μεμβρανών

Το θαλασσινό νερό μετά την αντλία υψηλής πίεσης, θα εισέρχεται στις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης κάθε μονάδας, στις οποίες θα κατακρατείται πλέον του 99,6 % των αλάτων (ελάχιστη απόρριψη αλάτων ανά μεμβράνη). Οι μεμβράνες θα είναι

μικρής κατανάλωσης ενέργειας και θα είναι τοποθετημένες σε δοχεία κατάλληλου μεγέθους. Τα δοχεία θα αντέχουν σε πίεση 1200 psi και θα είναι κατασκευασμένα από συνθετικό υλικό με αντιδιαβρωτική προστασία και ανθεκτικό στην πίεση που αναφέρθηκε προηγούμενα και συνδέσεις ή βοηθητικά εξαρτήματα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα δοχεία των μεμβρανών θα έχουν κατάλληλη εργονομική κατασκευή και τοποθέτηση ώστε να είναι γρήγορη η αποσυναρμολόγησή τους και η αλλαγή των μεμβρανών. Για ευκολότερη συντήρηση απαιτούνται μεμβρανοδοχεία στα οποία η θάλασσα και η άλμη εισέρχεται και εξέρχεται αντίστοιχα, πλευρικά των δοχείων. Το θαλασσινό νερό, οδηγείται με την απαιτούμενη πίεση στις μεμβράνες όπου διαχωρίζεται στο αφαλατωμένο νερό (προϊόν) που οδηγείται για επί πλέον επεξεργασία και στην άλμη (συμπύκνωμα), που αποβάλλεται.

Στα πρώτα λεπτά λειτουργίας της μονάδας ή όταν το προϊόν δεν είναι αποδεκτό θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα απόρριψής του προς τη δεξαμενή τροφοδοσίας. Στο σύστημα των μεμβρανών, θα υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου με δειγματοληψίες του νερού στην έξοδο κάθε δοχείου μεμβρανών αλλά και στη γραμμή του συνολικού προϊόντος. Ο συντελεστής απόφραξης των μεμβρανών δεν θα υπερβαίνει το 5 % ετησίως για τριετή τουλάχιστον συνεχή λειτουργία.

- Μονάδα χημικού καθαρισμού - Αποθήκευσης

Το σύστημα των μεμβρανών κάθε μονάδας θα πρέπει περιοδικά ή όποτε απαιτείται να υφίσταται χημικό καθαρισμό ή πλήρωση με διάλυμα προσωρινής αποθήκευσης. Το σύστημα χημικού καθαρισμού για κάθε μονάδα θα αποτελείται από δοχείο αποθήκευσης χημικών ουσιών, αντιστάσεις θέρμανσης του διαλύματος, ανθεκτικές στα διαβρωτικά χημικά του καθαρισμού, φυγοκεντρική αντλία τροφοδοσίας, φίλτρο για την κατακράτηση των υπαρχόντων σωματιδίων που προέρχονται από τη διάλυση των χημικών και των ανακυκλοφορούμενων σωματιδίων που προέρχονται από τον χημικό καθαρισμό, αναδευτήρα, βάνα ρύθμισης της παροχής και βάνα εκκένωσης της δεξαμενής ενώ η διαδικασία θα είναι κατά το δυνατόν αυτοματοποιημένη.

Το εξερχόμενο από τις μεμβράνες χημικό διάλυμα καθώς και τυχόν μικρές ποσότητες προϊόντος, επιστρέφουν στο δοχείο αποθήκευσης για επανακυκλοφορία

ή διατίθενται για απόρριψη. Θα υπάρχουν οι κατάλληλες σωληνώσεις, υποδομές τόσο για τη δημιουργία των απαιτούμενων διαλυμάτων όσο και για την εκκένωση του δοχείου αποθήκευσης χημικών στην αποχέτευση.

Η μονάδα χημικού καθαρισμού μπορεί να έχει κοινή δεξαμενή και κοινή αντλία με τη μονάδα έκπλυσης καθώς και κοινά φίλτρα με αυτά της μονάδας.

Μετεπεξεργασία

- Σύστημα μείωσης pH προϊόντος εφόσον τοποθετείται φίλτρο ασβεστίου

Για τη λειτουργία του φίλτρου αύξησης της σκληρότητας, απαιτείται η μείωση του pH, ώστε το παραγόμενο CO₂ να μπορεί να διαλύει το CaCO₃ του φίλτρου αύξησης της σκληρότητας. Το σύστημα θα περιλαμβάνει:

1. Δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου (η μία εφεδρική) για κάθε μονάδα ρυθμιζόμενης παροχής με ρύθμιση τόσο της συχνότητας εμβολισμών όσο και μήκους εμβολισμών, ηλεκτρονικού τύπου.
2. Βαθμονομημένο κάδο διαλύματος 200lt για κάθε μονάδα, απ' όπου θα αναρροφάται το διάλυμα.

- Σύστημα αύξησης της σκληρότητας

Στο παραγόμενο νερό, θα γίνει αύξηση της σκληρότητας τουλάχιστον 80ppm ως CaCO₃. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί φίλτρο αύξησης της σκληρότητας για κάθε μονάδα το οποίο θα αποτελείται από:

1. Φίλτρο που θα αποτελείται από κάδο που θα περιέχει CaCO₃ σε κατάλληλη κρυσταλλική δομή, το οποίο θα διαλύεται προοδευτικά κατά τη διέλευση του παραγόμενου νερού, προσδίδοντάς του τα επιθυμητά χαρακτηριστικά.
2. Το πληρωτικό υλικό
3. pHμετρο που θα ελέγχει το pH μέσω κατάλληλου ηλεκτροδίου μέτρησης. Κατόπιν η ένδειξη θα αναγράφεται σε ψηφιακό όργανο ενώ θα ελέγχεται η κατάλληλη δοσομέτρηση της αντλίας οξέος για τη μείωση του pH.

Το φίλτρο σκληρότητας θα φέρει παράκαμψη (by-pass) ώστε να είναι δυνατή η πλήρωσή του χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας της μονάδας.

- Σύστημα ρύθμισης pH προϊόντος

Μετά τη ρύθμιση σκληρότητας και εφόσον το pH είναι εκτός των ορίων που προβλέπει ο νόμος θα γίνεται η προσαρμογή του με κατάλληλη δοσολογία χημικού. Η προσθήκη χημικών θα επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία. Το σύστημα θα αποτελείται από τα εξής:

1. Δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου (η μία εφεδρική) σε κάθε μονάδα ρυθμιζόμενης παροχής με ρύθμιση τόσο της συχνότητας εμβολισμών όσο και μήκους εμβολισμών, ηλεκτρονικού τύπου.
2. Βαθμονομημένο κάδο διαλύματος 200 lt σε κάθε μονάδα, απ' όπου θα αναρροφάται το διάλυμα.
3. Στον κάδο θα τοποθετηθεί αναδευτήρας διαλύματος, που θα αποτελείται από κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα.

- Σύστημα χλωρίωσης προϊόντος

Το παραγόμενο νερό κατά την έξοδό του χλωριώνεται σε κάθε μονάδα με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Η χλωρίωση επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία. Το σύστημα χλωρίωσης θα αποτελείται από τα εξής:

1. Δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου (η μία εφεδρική) σε κάθε μονάδα ρυθμιζόμενης παροχής με ρύθμιση τόσο της συχνότητας εμβολισμών όσο και μήκους εμβολισμών, ηλεκτρονικού τύπου.
2. Βαθμονομημένο κάδο διαλύματος 200 lt, απ' όπου θα αναρροφάται το διάλυμα.

- Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου

Στην μονάδα θα εγκατασταθεί σύστημα SCADA που θα επιτρέπει φιλικά προς τον χρήστη τον εποπτικό έλεγχο και καταγραφή όλων των παραμέτρων ποιότητας και λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, των υπάρχοντων μονάδων αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού και των αντλιοστασίων τροφοδοσίας των

μονάδων υφάλμυρου νερού στην οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή, από όπου θα μπορεί να γίνεται και ο έλεγχος.

Λοιπά έργα υποδομής

Οι ανωτέρω περιγραφείσες εγκαταστάσεις θα περιφραχθούν και θα συνδεθούν με το δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ.

Η περίφραξη θα είναι ύψους 1,5 μέτρων.

Προβλέπεται επίσης η κατασκευή δικτύου συγκέντρωσης και απορροής των ομβρίων. Όσον αφορά τα όμβρια περιμετρικά του κτιρίου όπου θα βρίσκονται οι μονάδες αφαλάτωσης θα κατασκευαστεί πεζοδρόμιο από οπλισμένο σκυρόδεμα εντός του οποίου θα τοποθετηθεί δίκτυο ομβρίων με σχάρες για την απαγωγή των ομβρίων της στέγης και του εσωτερικού του κτιρίου προς το χαμηλότερο σημείο του γηπέδου και στη συνέχεια στη φυσική οδό απορροής τους.

Δεξαμενές

Για τις ανάγκες του έργου θα κατασκευαστούν 3 κλειστές δεξαμενές (εισόδου-καθαρού νερού - αλμόλιπου) από οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τις διαστάσεις που φαίνονται στα κατασκευαστικά σχέδια. Η χωρητικότητά τους θα είναι: για τη δεξαμενή εισόδου 220m³, για την δεξαμενή παραγόμενου 250m³ και για την δεξαμενή άλμης 50m³. Το μέγιστο ύψος των δεξαμενών θα είναι +4,70 μ. από την στάθμη του διαμορφωμένου εδάφους. Εξωτερικά οι δεξαμενές θα επιχριστούν και χρωματιστούν ενώ εσωτερικά θα μονωθούν με ειδική επίστρωση υλικών κατάλληλων για πόσιμο νερό.

Και στις τρεις δεξαμενές θα υπάρχουν αναμονές εισόδου, εξόδου και υπερχειλίσης, ενώ στη πλάκα τους θα υπάρχει ανθρωποθυρίδα προκειμένου να είναι εφικτός ο έλεγχος στο εσωτερικό τους.

Κτίρια

- Κτίριο στέγασης μονάδας αφαλάτωσης

Τα συστήματα της αντίστροφης ώσμωσης συνολικής δυναμικότητας 2.000 m³/day θα βρίσκονται εργονομικά εγκατεστημένα μέσα σε μεταλλικό κτίριο, μαζί με τα συστήματα τελικής επεξεργασίας.

Το κτίριο θα είναι μεταλλικό με κάλυψη από πάνελ τύπου «Σάντουιτς» με εμβαδόν 227,04 τ.μ. και οι διαστάσεις του θα είναι Μ17,20*Π13,20*Υ4,70 m

Στο εσωτερικό του κτιρίου θα κατασκευαστούν διαχωριστικά – προστατευτικά των ηλεκτρολογικών πινάκων μήκους 5,70μ και ύψους 2,50μ.. Περιμετρικά του κτιρίου θα κατασκευαστεί πεζοδρόμιο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το κτίριο και τα λοιπά στοιχεία της μονάδας θα προσαρμοστούν κατάλληλα στο χώρο, όπως αποτυπώνονται στο σχέδιο της μελέτης.

- Οικίσκος χημικών

Ο οικίσκος χημικών των αφαλατώσεων θα κατασκευαστεί έξω από το κυρίως κτίριο των αφαλατώσεων με εξωτερικές διαστάσεις είναι 3,00μ και 4,00μ., ήτοι εμβαδού 12,00 τ.μ. Περιμετρικά του κτιρίου θα κατασκευαστεί πεζοδρόμιο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το κτίριο θα είναι διώροφο και θα κατασκευαστεί μεταλλική κλίμακα για πρόσβαση στον πάνω όροφο χημικών. Στο ισόγειο του κτιρίου και στην πίσω πλευρά του θα κατασκευαστεί WC για τις ανάγκες του προσωπικού.

Αγωγοί μεταφοράς θαλασσινού, αλμόλοιπου και καθαρού νερού

Το σύνολο των παραπάνω αγωγών θα τοποθετηθεί σε κατάλληλο όρυγμα και θα διαθέτουν όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την ομαλή λειτουργία τους (φρεάτια, βαλβίδες, κλπ). Όλοι οι αγωγοί του έργου θα είναι σε μικρό βάθος (έως 1,20 μ. περίπου) και με μικρό πλάτος ορυγμάτων (έως 0,80 μ. περίπου). Μετά την κατασκευή τους θα υπάρξει πλήρης αποκατάσταση του οδοστρώματος.

Οι αγωγοί που θα εξυπηρετούν το έργο θα είναι σύνολο τους καταθλιπτικοί και βαρυτικοί είναι οι παρακάτω:

- Αγωγός μεταφοράς θαλασσινού νερού

Ο αγωγός μεταφοράς του θαλασσινού νερού από τις γεωτρήσεις προς τη μονάδα αφαλάτωσης θα είναι από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), διατομής DN 200 mm, 16 atm και μήκους περίπου 15 μ.

- Αγωγός μεταφοράς αλμόλοιπου

Ο αγωγός μεταφοράς αλμόλοιπου από τη μονάδα αφαλάτωσης προς την Ε.Ε.Λ. θα είναι από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), διατομής DN 250 mm, 12,5 atm και μήκους περίπου 1.200 μ.

- Αγωγοί μεταφοράς πόσιμου νερού (σύνδεση με υφιστάμενο κεντρικό δίκτυο ύδρευσης).

Το καθαρό νερό αυτό θα οδηγείται μέσω 4 συνολικά booster από τα οποία τα 2 θα είναι σε λειτουργία και τα 2 σε εφεδρεία. Το ένα ζεύγος θα συνδεθεί σε δίκτυο ύδρευσης που διέρχεται ακριβώς έξω από το γήπεδο και πιο συγκεκριμένα επί της οδού Μαστρολεονάρδου (αγωγοί δικτύου από HDPE DN200mm/16atm).

- Αγωγοί απομάκρυνσης ομβρίων υδάτων

Στην επιφάνεια του γηπέδου που καταλαμβάνουν οι εγκαταστάσεις θα τοποθετηθεί ολοκληρωμένο δίκτυο απορροής ομβρίων με φρεάτια υδροσυλλογής όπως περιγράφονται στο σχέδιο της εγκατάστασης. Στις ακμές του κτιρίου θα υπάρχουν αγωγοί απορροής ομβρίων από τα κανάλια της στέγης που θα οδηγούνται σε παραπλήσια φρεάτια συλλογής ομβρίων για την απομάκρυνση τους. Στο εσωτερικό του κτιρίου θα υπάρχει δίκτυο σχαρών για την απομάκρυνση υδάτων όπως φαίνεται στο σχέδιο.

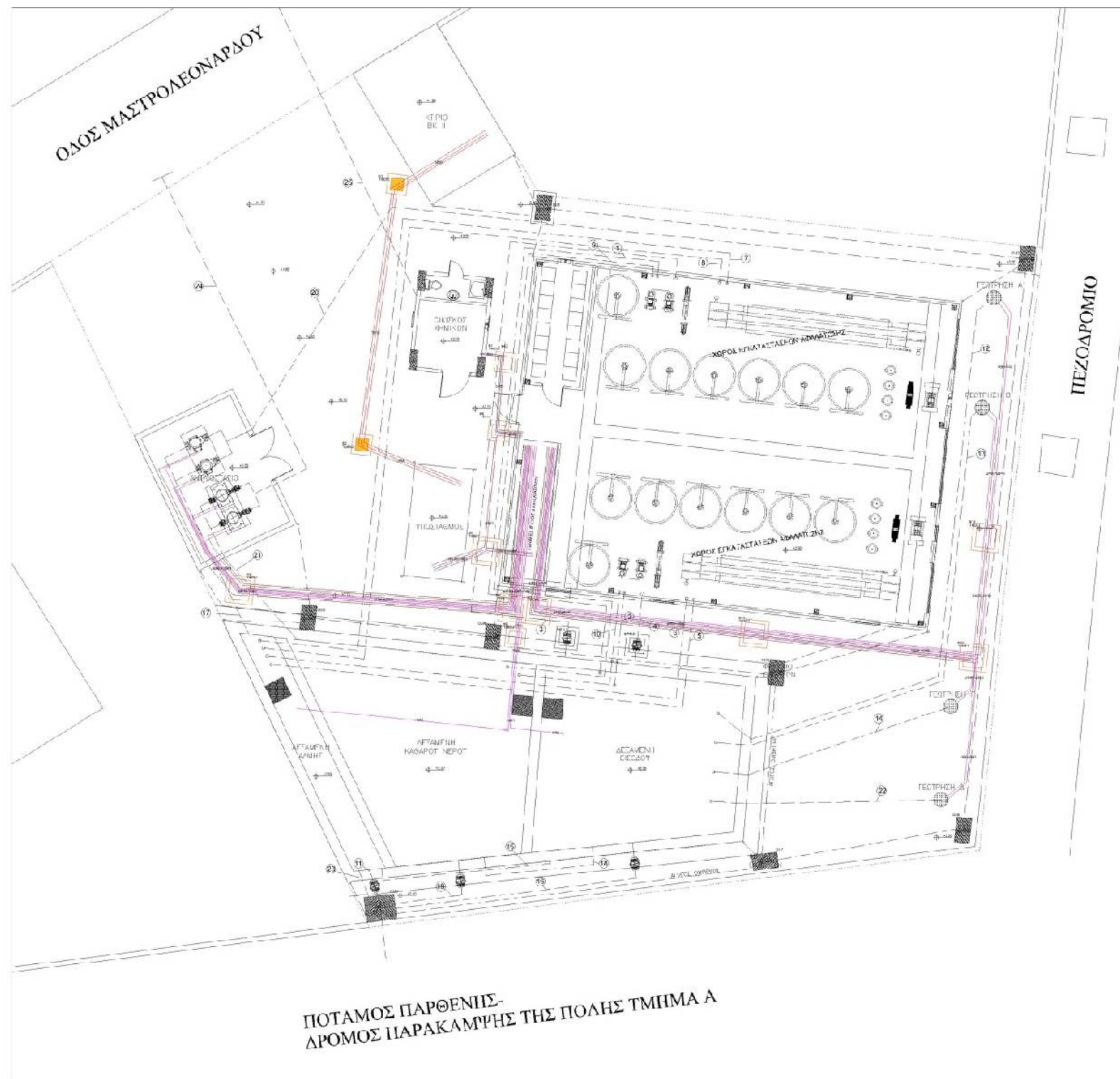
Λοιπά στοιχεία

- Συνδέσεις με δίκτυα υποδομών

Σε θέση που θα ορίσει η ΔΕΔΔΗΕ εντός του οικοπέδου που θα εγκατασταθεί η μονάδα αφαλάτωσης θα κατασκευαστεί πεδίο άφιξης εξωτερικού χώρου της Μέσης Τάσης (MT), υποσταθμός προκατασκευασμένος με ξεχωριστά δωμάτια για την άφιξη της μέσης τάσης, του αποζεύκτη MT, ενδεικτικά MT, αυτόματος διακόπτης προστασίας MT, μετασχηματιστή και πίνακα διανομής Χαμηλής Τάσης.

- Απαλλοτρίωση

Επιφάνεια του εδάφους που καταλαμβάνει το προς απαλλοτρίωση τμήμα του γηπέδου όπου θα κατασκευαστεί η μονάδα αφαλάτωσης καταλαμβάνει έκταση περίπου 1,000τ.μ., με τις γεωτρήσεις να ανορύσσονται εντός του οικοπέδου, όπως αναφέρω παραπάνω.



Εικόνα 4.4 Κάτοψη εγκατάστασης αφαλάτωσης
 Πηγή: ΔΕΥΑΧ, επεξεργασία: Ματθαίος Ξενάκης

4.2.2 Προϋπολογισμός

Το προβλεπόμενο κόστος για όλα τα ανωτέρω ήτοι: απαλλοτρίωση οικοπέδου, εργασίες υποδομών, δικτύων, διάνοιξης γεωτρήσεων προμήθειας δεξαμενών, και μονάδων αφαλάτωσης περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.5 Προϋπολογισμός έργου αφαλάτωσης

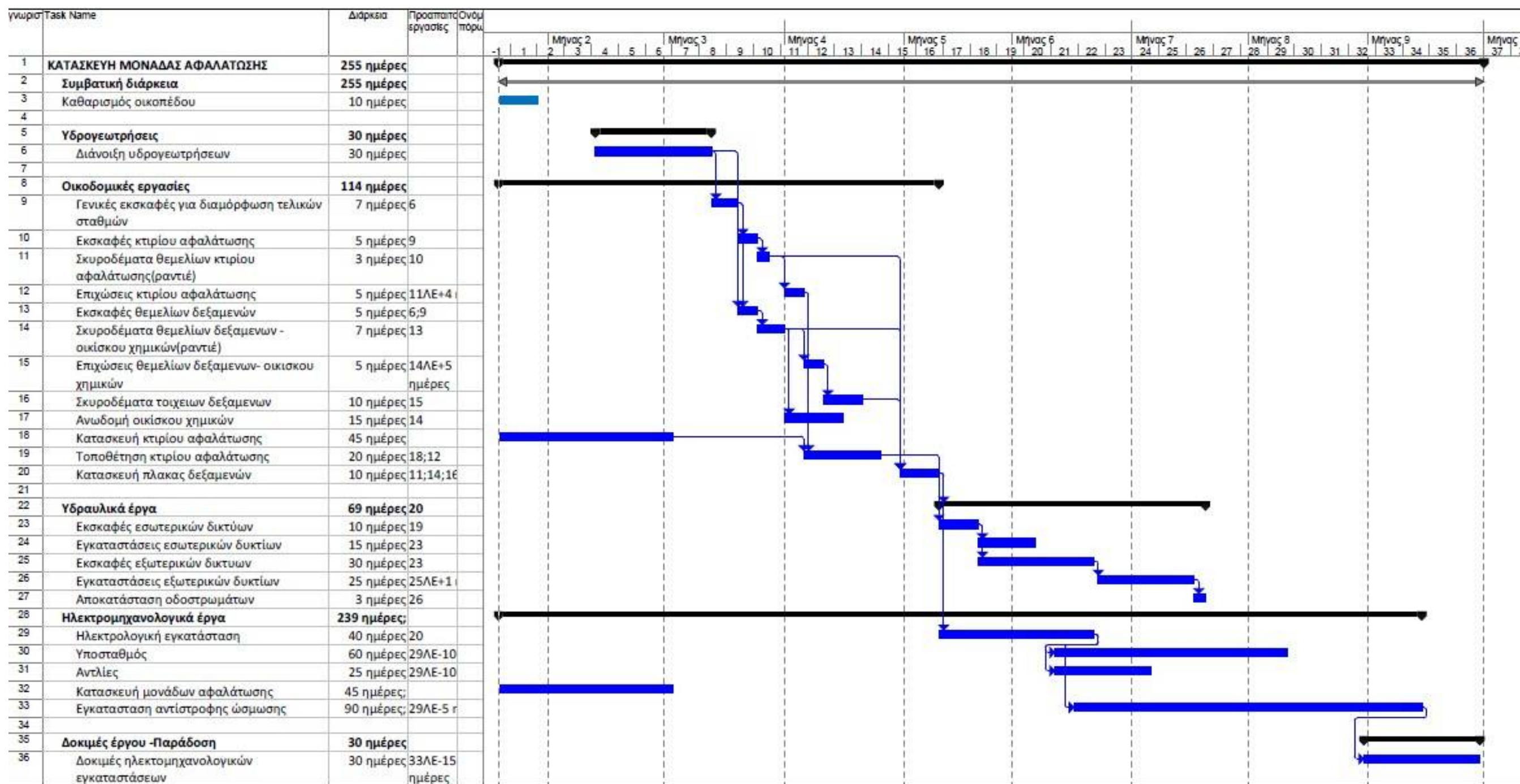
α/α	Τμήμα	Τιμή
1	Απαλλοτρίωση	300.000€
2	Υποδομές (διαμορφώσεις χώρου, γεωτρήσεις, κτιριακές, υδραυλικές)	1.400.000€
3	Μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης παραγωγής 2000κμ την ημέρα	1.500.000€
4	Σύνδεση με δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ	50.000€
	ΣΥΝΟΛΟ	3.250.000€
	ΦΠΑ	552.500€
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	3.802.500€

4.2.3 Προγραμματισμός έργου

Το έργο απαιτεί για την διεκπεραίωση του, τον απαραίτητο προγραμματισμό για να μπορέσει να οργανωθεί η διαδικασία κατασκευής χωρίς άσκοπες καθυστερήσεις.

Με την χρήση του διαγράμματος Gantt θα μπορέσουμε να εντοπίσουμε κάθε εργασία και πώς είναι τοποθετημένες μέσα στον συνολικό χρόνο του έργου. Κάθε έργο πραγματοποιείται μέσα από μια αλληλουχία εργασιών που τις περισσότερες φορές είναι αλληλένδετες. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα Gantt με τις βασικές εργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης της αφαλάτωσης.

Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την εγκατάσταση της επένδυσης ορίζεται στις 255 ημέρες. Στους χρόνους δεν αναφέρονται οι χρόνοι μελετών, ωρίμανσης και δημοπράτησης έργου.



Διάγραμμα 4.2 Διάγραμμα Gantt προγραμματισμού έργου αφαλάτωσης

4.2.4 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Για να προσδιοριστεί το κόστος λειτουργίας θα πρέπει να υπολογιστούν οι καταναλώσεις χημικών και ηλεκτρικού ρεύματος καθώς οι απαραίτητες συντηρήσεις και αντικαταστάσεις εξοπλισμού. Για τον ακριβή καθορισμό των χημικών και ενέργεια που θα χρειαστούμε θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας συγκεκριμένες πυκνότητες νερού:

Θεωρούμε

Νερό τροφοδοσίας: 1040 Kg/m³

Νερό απόρριψης (άλμη): 1069 Kg/m³

Νερό αντλίας προώθησης : 1041 Kg/m³

Οι υπολογισμοί θα γίνουν για μια (ανεξάρτητη) μονάδα παραγωγής και στην εγκατάσταση θα τοποθετηθούν δύο. Η μονάδα πρέπει να καλύπτει την παραγωγή 1.000m³ ανά ημέρα, δηλαδή 365.000m³ ετησίως. Επειδή είναι περίπλοκος εξοπλισμός και επειδή έχει ληφθεί υπόψη η κατά 5% έμφραξη των μεμβρανών ετησίως η μονάδα έχει επιλυθεί για μέγιστη δυναμικότητα παραγωγής (το πρώτο έτος) ίση με 403.020m³.

Οι παροχές είναι:

Παροχή θαλασσινού νερού : 116,4 m³/hr

Παροχή απορριπτόμενης άλμης: 67,4 m³/ hr

Παροχή παραγόμενου νερού : 49 m³/hr

α. Κόστος χημικών

Θειικό οξύ

Εκτιμάται δόση 39,8gr/m³ H₂SO₄ 98%.

Τιμή θειικού οξέος 98% = 0,28 €/kgr,

συνεπώς το κόστος είναι $0,0398 \times 0,28 = 0,0111 \text{ €/m}^3$.

Ανθρακικό ασβέστιο

Εκτιμάται δόση 80 gr/m^3 .

Κόστος ανθρακικού ασβεστίου $0,50 \text{ €/kg}$,

συνεπώς το κόστος είναι $0,04 \text{ €/m}^3$.

Καυστική σόδα (NaOH)

Εκτιμάται δόση $7,3 \text{ gr/m}^3$

Τιμή για την σόδα $1,05 \text{ €/kgr}$

Οπότε $0,00766 \text{ €/m}^3$.

Χλώριο

Προχλωρίωση

Η δοσομέτρηση θα γίνεται συνολικά 32 ώρες το χρόνο.

Εκτιμάται δόση $3,5 \text{ gr/ m}^3$ (διαλύματος 14%)

$$116,4 \times 32 \times 3,5 = 13,037 \text{ kg}$$

Για ετήσια παραγωγή 403.020 m^3 (353 ημέρες καθαρής λειτουργίας ανά έτος) η κατανάλωση ανά m^3 παραγόμενου πόσιμου νερού θα είναι $13,037 / 403.020 = 0,03 \text{ gr/m}^3 * 0,199 \text{ €/kgr} = \underline{0,000006 \text{ €/ m}^3}$.

Μεταχλωρίωση

Εκτιμάται δόση $1,4 \text{ gr/ m}^3$ (διαλύματος 14%) και με τιμή $0,199 \text{ €/kgr}$ προκύπτει $0,000278 \text{ €/ m}^3$

Συνολική συμμετοχή του χλωρίου στο λειτουργικό κόστος είναι : $0,000284 \text{ €/ m}^3$.

Όξινο θειώδες νάτριο (αποχλωρίωση)

Η αποχλωρίωση θα γίνεται συνολικά 64 ώρες το χρόνο.

Εκτιμάται δόση 1,5 gr/ m³ νερού τροφοδοσίας. Άρα σε ετήσια βάση θα καταναλώνονται 1,5x116,4 x64=11,174 κιλά/ έτος

Για ετήσια παραγωγή 403.020 m³ η κατανάλωση ανά m³ παραγόμενου πόσιμου νερού θα είναι 11,174 /403.020= 0,0277gr/m³ παραγόμενου πόσιμου νερού και με τιμή 0, 91 €/kgr, προκύπτει 0,000025 €/ m³.

Αντικαθαλατωτικό

Εκτιμάται δόση 2,37 gr/m³ παραγόμενου πόσιμου νερού και η τιμή του 2,74 €/kgr. Άρα η συμμετοχή του στο κόστος είναι 0,0065 €/m³

Κόστος χημικών καθαρισμών

1 καθαρισμός /έτος

Εκτιμώμενος όγκος διαλύματος 3000 λίτρα

Συνολικό κόστος χημικού καθαρισμού:50 ευρώ

Για ετήσια παραγωγή 403020 m³ ο επιμερισμός ανά m³ παραγόμενου πόσιμου νερού θα είναι 50 /403.020= 0,000124 ευρώ/m³

Φίλτρα φυσιγγίων

Η αντικατάσταση των φυσιγγίων προβλέπεται να γίνεται ανά 4 μήνες λειτουργίας (3 φορές το έτος). Το καθένα από τα πέντε φίλτρα περιέχει 9 φυσιγγία, που η αντικατάστασή τους κοστίζει ετησίως: 3x5x9x4,4=594€.

Για ετήσια παραγωγή 403.020 m³, η συμμετοχή του κόστους αλλαγής φυσιγγίων θα είναι 594/403.020= 0,0015 €/m³

Ολικό κόστος χημικών /αναλωσίμων

Θειικό οξύ : 0,0111 €/m³

CaCO₃ : 0,04 €/m³

Σόδα : 0,00766 €/m³

Χλώριο : 0,000284 €/m³

Όξινο θειώδες νάτριο : 0,000025 €/m³

Αντικαθαλατωτικό : 0,0065 €/m³

Κόστος χημικών καθαρισμών: 0,000124 €/m³

Φίλτρα φυσιγγίων : 0,0015 €/m³

Σύνολο : 0,0672 €/m³

β. Κατανάλωση ρεύματος

Αντλίες γεωτρήσεων θαλασσινού νερού

$$P = (116,4 \text{ m}^3/\text{hr} * 1040\text{kg}/\text{m}^3 * 9,81 \text{ m}/\text{sec}^2 * 45 \text{ m}) / (3,6 * 106) = 14,84\text{kWatt}$$

Με βαθμό απόδοσης αντλίας 70% και inverter (για αντλίες 30 HP, το inverter έχει βαθμό απόδοσης 0,978) η συνολικά απορροφούμενη ισχύς είναι = $14,84\text{kW} * 0,7 * 0,978 = \underline{21,67 \text{ kW}}$

Αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού = 20,21 kW

Αντλίες υψηλής πίεσης = 100,34 kW

Αντλία προώθησης = 6,914 kW

Αντλίες άλμης

$$P = (67,4 * 1069 * 9,81 * 10) / (3,6 * 106) = 1,96 \text{ kW} \text{ και με βαθμό απόδοσης } 70\% \text{ και βαθμό απόδοσης inverter } 0,978 = \underline{2,868 \text{ kW}}$$

Συνολική κατανάλωση ρεύματος

$$= 21,67 + 20,21 + 100,34 + 6,914 + 2,868 =$$

$$= \underline{152,002 \text{ kW}}$$

και για παραγωγή 49 m³/h, η ενεργειακή κατανάλωση είναι $152,002/49 = \underline{3,1 \text{ kWh}/\text{m}^3}$

Με κόστος 0,105€/ kW, έχουμε $3,1 * 0,105 = \underline{0,3255 \text{ €/ m}^3}$

γ. Κόστος προσωπικού

Οι απαιτήσεις σε προσωπικό περιορίζονται σε απλή παρακολούθηση, καταγραφή των δεδομένων λειτουργίας σε τακτά διαστήματα, τυχόν ρυθμίσεις απορρυθμισμένων δοσομετρητών, βαλβίδων κλπ, συμπλήρωση των κάδων με χημικά και περιοδικά αντικατάσταση φυσιγγίων.

Τεχνίτης : $(2,5 \times 52) + (3 \times 12) = 166$ ώρες

Βοηθός : $(2 \times 52) + (2 \times 12) = 128$ ώρες

Ανειδίκευτος εργάτης : $1 \times 61 = 61$ ώρες

Προκύπτει συνεπώς ότι οι ώρες εργασίας

$166 \times 19,86 + 128 \times 16,85 + 61 \times 15,30 = 6.386,86 \text{€}$

Το κόστος αυτό συνολικά κατ' έτος θα είναι 6.386,86 ευρώ

Για ετήσια παραγωγή 403.020 m³, η συμμετοχή του κόστους προσωπικού θα είναι $6.386,86 / 403.020 = \underline{0,01584 \text{ €/m}^3}$

δ. Συντήρηση

Για την συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων

Η οποία περιλαμβάνει αντικαταστάσεις φίλτρων, επισκευή αντλιών , αντικατάσταση μεμβρανών κ.α.

Τιμή κατ έτος 10.500€

$10.500 / 403.020 = \underline{0,0026 \text{ €/ m}^3}$

Συνολικό κόστος λειτουργίας είναι 0,434€/ m³

Πίνακας 4.6 Κόστη λειτουργίας αφαλάτωσης

Κόστη Λειτουργίας αφαλάτωσης	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης	Τιμή μονάδας	Σύνολο	Σύνολο ανά κυβικό
Χημικά					
Θειικό οξύ	39,8	gr/m ³	0,28e/kg	0,0111	
Ανθρακικό ασβέστιο	80	gr/m ³	0,50e/kg	0,04	
Καυστική σόδα	7,3	gr/m ³	1,05e/kg	0,00766	
Χλώριο	0,03+1,4	gr/m ³	0,199e/kg	0,000284	
Όξινο θειώδες νάτριο	0,0277	gr/m ³	0,91e/kg	0,000025	
Αντικαθαλατωτικό	2,37	gr/m ³	2,74e/kg	0,0065	
Χημικός καθαρισμός	αποκοπή	year	50	0,000124	
Φίλτρα φυσιγγίων	135	τεμ.	4,4e/τεμ.	0,0015	
Σύνολο Χημικών					0,0672
Κατανάλωση ρεύματος					
Αντλίες γεωτρήσεων	21,67	Kw			
Αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού	20,21	Kw			
Αντλίες υψηλής πίεσης	100,34	Kw			
Αντλίες προώθησης	6,914	Kw			
Αντλίες άλμης	2,868	Kw			
Συνολικά έχουμε	152,002	kw	49m ³ /h	3,1kwh	
Σύνολο Ρεύματος *0,105e					0,3255
Κόστος Συντήρησης Η/Μ					
Εγκατάσταση		αποκοπή		10.500	
Σύνολο Συντήρησης /403.020m³					0,0261
Προσωπικό					
Έλεγχος και προσθήκη χημικών					
Τεχνίτης	130	h	19,86	2581,8	
Βοηθός	104	h	16,85	1752,4	
Ετήσια Συντήρηση					
Τεχνίτης	36	h	19,86	714,96	
Βοηθός	24	h	16,85	404,4	
Εργάτης	61	h	15,3	933,3	
Συνολικά έχουμε				6386,86	
Σύνολο εργατικών /403.020m³					0,0158
Συνολικό κόστος λειτουργίας αφαλάτωσης					0,4340

Το κόστος λειτουργίας είναι της τάξης των 43,4 λεπτών του ευρώ για το ρεύμα, τα χημικά, την συντήρηση των Η/Μ και το απασχολούμενο προσωπικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Οικονομοτεχνική σύγκριση

Σε αυτό το μέρος της εργασίας θα επιδιώξουμε να εντοπίσουμε την καλύτερη οικονομοτεχνικά λύση που προκρίνεται για κατασκευή.

Τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας από μόνα τους δεν μπορούν να μας δώσουν τα σωστά συμπεράσματα καθώς οι δύο μέθοδοι είναι ουσιαστικά τελείως διαφορετικές.

Αν αναλογιστεί κανείς ότι το ταχυδιυλιστήριο θα παράγει, εφόσον το φράγμα θα μπορεί να το τροφοδοτεί με τις απαιτούμενες ποσότητες, ενώ η αφαλάτωση για την λειτουργία της χρειάζεται θαλασσινό νερό, που είναι θεωρητικά ανεξάντλητο, τότε μπορούμε να πούμε ότι θα προκρίναμε την επένδυση της αφαλάτωσης.

Στην πρώτη περίπτωση της κατασκευής του ταχυδιυλιστηρίου, ναι μεν το κόστος είναι πολύ χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής της δεύτερης λύσης, ωστόσο δεν έχουμε συμπεριλάβει μέρος του κόστους κατασκευής του φράγματος. Επομένως δε θα ήταν ορθή αυτή η σύγκριση.

Το έργο του διυλιστηρίου θα τροφοδοτείται από το παρακείμενο φράγμα το οποίο είναι ακόμη στην φάση της κατασκευής .

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωμένα τα στοιχεία των έργων που μας ενδιαφέρουν.

Πίνακας 5.1 Οικονομικά στοιχεία έργων

Έργο	Αρχικό κόστος κτήσης (€)	Έτη ζωής επένδυσης (γ)	Κόστος παραγωγής (€/m ³)	Τιμή πώλησης (€/m ³)	κυβικά ανά μερα(m ³)	Ετήσια παραγωγή (m ³)
Ταχυδιυλιστήριο Κόρης Γεφύρι	330.000,00 €	20	0,099 €	0,90 €	2000	730.000
Αφαλάτωση Παρθένη	3.250.000,00 €	20	0,434 €	0,90 €	2000	730.000

Το ετήσιο όφελος από την εγκατάσταση των παραπάνω έργων είναι το ίδιο αφού έχουν την ίδια δυναμικότητα. Η συνολική παραγόμενη ποσότητα νερού είναι 730.000m³, όγκος ο οποίος σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουν αναφερθεί στο

πρώτο κεφάλαιο μειώνεται κατά 35% για απώλειες από διαρροές ή μη τιμολογημένα κυβικά.

Υπολογίζοντας λοιπόν το παραπάνω ποσοστό, θα τιμολογηθούν τα 474.500m³.

Σύμφωνα με την ισχύουσα τιμολογιακή πολιτική τα πρώτα 20m³ συμπεριλαμβάνονται στο πάγιο που είναι 20€ άρα έχουμε μια τιμή μονάδας 1,00€.

Στην επόμενη κλίμακα 21-45m³ έχουμε τιμή 0,80€. Βάσει καταναλώσεων η μέση κατανάλωση είναι 40m³. Οπότε εμείς στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε την μέση τιμή μονάδας που είναι 0,90€

Τα ετήσια έσοδα της επιχείρησης από την επένδυση που θα επιλεγεί θα είναι $474.500\text{m}^3 * 0,90\text{€} = 427.050\text{€}$

Παράλληλα θα πρέπει να αφαιρεθούν τα έξοδα της διοικητικής υποστήριξης, των απαραίτητων συντηρήσεων δικτύων καθώς και του κόστους διανομής (αντλιοστάσια). Σύμφωνα με τις τελευταίες χρήσεις της ΔΕΥΑΧ το ποσό που αναλογεί ανά τιμολογούμενο κυβικό είναι 0,27€.

Πολλαπλασιάζοντας το ποσό αυτό με τα τιμολογούμενα κυβικά θα έχουμε το σύνολο των εξόδων που θα είναι 128.115€

Οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) έχουν απαλλαγή από τον φόρο εισοδήματος σύμφωνα με τον νόμο 4483/2017, οπότε τα κέρδη ή οι ζημιές μεταφέρονται στην επόμενη χρήση, επομένως δεν θα εισάγουμε φόρο στους πίνακες των ταμειακών ροών.

Ο χρόνος ζωής των επενδύσεων βάσει νομοθεσίας, για τα έργα ύδρευσης, είναι τα 30 χρόνια, ωστόσο, λόγω του ότι τα έργα που μελετάμε είναι ως επί το πλείστον μηχανολογικά (αντλίες, φίλτρα, μεμβράνες κ.α.) τα οποία θα υπόκεινται σε κόπωση με τη συνεχή τους λειτουργία, θεωρούμε ως χρόνο ζωής τα 20 έτη.

5.1. Ταμειακές ροές

Προσπαθώντας να αναλύσουμε καλύτερα τις ταμειακές ροές των δύο υποψήφιων επενδύσεων μας, θα κατασκευάσουμε τους πίνακες ταμειακών ροών με την χρήση καθαρών παρούσων αξιών (net present value).

Η καθαρή παρούσα αξία είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των εισερχόμενων ή εξερχόμενων αξιών ταμειακών ροών κατά την διάρκεια μια χρονικής περιόδου. Χρησιμοποιείται για να μετρήσει το πλεόνασμα ή αντίστοιχα την έλλειψη των ταμειακών ροών σε όρους με την παρούσα αξία, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (cost of funds) τα οποία αξιοποιήθηκαν σε μια επένδυση. Επίσης είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για να μας δείξει αν μια επένδυση αξιολογείται συμφέρουσα ή όχι.

Κατά την μέθοδο αυτή κάθε μελλοντική ροή ανάγεται σε παρούσα αξία, πολλαπλασιαζόμενη με το κόστος ευκαιρίας που εξάγεται από τον παρακάτω τύπο $SP = 1/(1+i)^n$.

Όπου i είναι το κόστος ευκαιρίας της επένδυσης ανά χρονική περίοδο (στην περίπτωση μας το 3%).

Και το n είναι ο αριθμός των χρονικών περιόδων (ετών) επένδυσης.

Αν η χρηματική ροή του έργου είναι θετική, τότε η επένδυση είναι αποδεκτή.

Ανακεφαλαιώνοντας, θα χρησιμοποιήσουμε τις εξής παραδοχές:

- Τα συνολικά κόστη των επενδύσεων είναι 330.000€ (ταχυδιυλιστήριο) και 3.250.000€ (αφαλάτωση).
- Τα τιμολογηθέντα κυβικά θα είναι 474.500m³.
- Η μέση τιμή πώλησης κυβικού νερού είναι 0,90€.
- Η μέση τιμή ανά κυβικό για διοικητική υποστήριξη, συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια) είναι 0,27€.
- Ως προβλεπόμενο κόστος ευκαιρίας λαμβάνουμε την τιμή $i=3\%$.
- Ο οικονομικός ορίζοντας των επενδύσεων είναι 20 χρόνια.
- Δεν υπολογίζουμε φόρο καθώς η ΔΕΥΑΧ απαλλάσσεται.

Παρακάτω βλέπουμε τις ταμειακές ροές σε βάθος 20ετίας των δύο επενδύσεων.

Πίνακας 5.2 Ταμειακές ροές ταχυδιυλιστηρίου

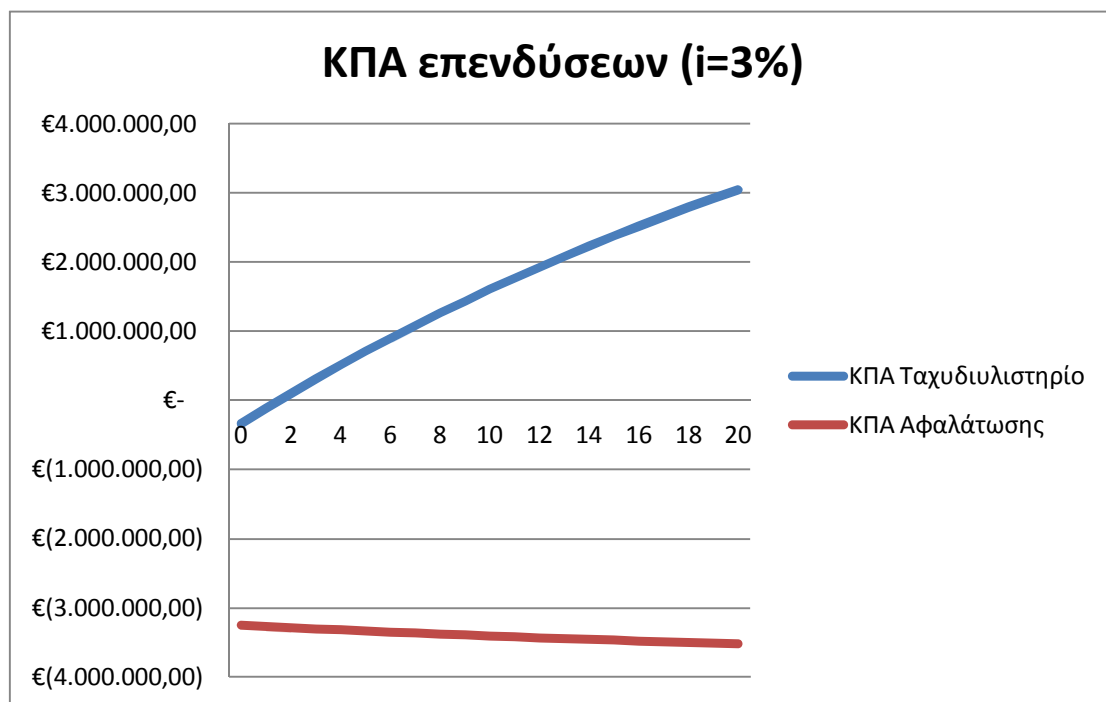
Ταχυδιυλιστήριο	i=3%										
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εισροές											
Από πώληση νερού		427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Σύνολο εισροών		427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Εκροές	330.000 €										
Διοικητική υποστήριξη , συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια)		128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €
Κόστος παραγωγής		72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €
Σύνολο Εκροών		200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €
Συνολική ταμειακή ροή		226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €
Κόστος ευκαιρίας		0,9709	0,9426	0,9151	0,8885	0,8626	0,8375	0,8131	0,7894	0,7664	0,7441
Σύνολο ταμειακών ροών με κόστος ευκαιρίας		220.069,05 €	213.654,43 €	207.421,14 €	201.391,85 €	195.521,23 €	189.831,94 €	184.301,31 €	178.929,35 €	173.716,06 €	168.661,43 €
Καθαρή παρούσα αξία	- 330.000,00 €	- 109.930,95 €	103.723,48 €	311.144,62 €	512.536,47 €	708.057,70 €	897.889,64 €	1.082.190,95 €	1.261.120,30 €	1.434.836,36 €	1.603.497,78 €

Ταχυδουλίστήριο										
Έτος	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Εισροές										
Από πώληση νερού	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Σύνολο εισροών	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Εκροές										
Διοικητική υποστήριξη , συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια)	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €
κόστος παραγωγής	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €	72.270 €
Σύνολο Εκρών	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €	200.385 €
Συνολική ταμειακή ροή	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €	226.665 €
Κόστος ευκαιρίας	0,7224	0,7014	0,681	0,6611	0,6419	0,6232	0,605	0,5874	0,5703	0,5537
Σύνολο ταμειακών ροών με κόστος ευκαιρίας	163.742,80 €	158.982,83 €	154.358,87 €	149.848,23 €	145.496,26 €	141.257,63 €	137.132,33 €	133.143,02 €	129.267,05 €	125.504,41 €
Καθαρή παρούσα αξία	1.767.240,58 €	1.926.223,41 €	2.080.582,28 €	2.230.430,51 €	2.375.926,77 €	2.517.184,40 €	2.654.316,72 €	2.787.459,74 €	2.916.726,79 €	3.042.231,20 €

Πίνακας 5.3 Ταμειακές ροές αφαλάτωσης

Αφαλάτωση	i=3%										
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εισροές											
Από πώληση νερού		427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Σύνολο εισροών		427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Εκροές	3.250.000 €										
Διοικητική υποστήριξη, συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια)		128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €
Κόστος παραγωγής		316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €
Σύνολο Εκροών		444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €
Συνολική ταμειακή ροή		- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €
Κόστος ευκαιρίας		0,9709	0,9426	0,9151	0,8885	0,8626	0,8375	0,8131	0,7894	0,7664	0,7441
Σύνολο ταμειακών ροών με κόστος ευκαιρίας		- 17.364,55 €	- 16.858,40 €	- 16.366,56 €	- 15.890,82 €	- 15.427,60 €	- 14.978,69 €	- 14.542,29 €	- 14.118,42 €	- 13.707,06 €	- 13.308,23 €
Καθαρή παρούσα αξία	- 3.250.000,00 €	- 3.267.364,55 €	- 3.284.222,95 €	- 3.300.589,51 €	- 3.316.480,33 €	- 3.331.907,93 €	- 3.346.886,62 €	- 3.361.428,92 €	- 3.375.547,33 €	- 3.389.254,40 €	- 3.402.562,63 €

Αφαλάτωση										
Έτος	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Εισροές										
Από πώληση νερού	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Σύνολο εισροών	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €	427.050 €
Εκροές										
Διοικητική υποστήριξη , συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια)	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €	128.115 €
Κόστος παραγωγής	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €	316.820 €
Σύνολο Εκροών	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €	444.935 €
Συνολική ταμειακή ροή	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €	- 17.885 €
Κόστος ευκαιρίας	0,7224	0,7014	0,681	0,6611	0,6419	0,6232	0,605	0,5874	0,5703	0,5537
Σύνολο ταμειακών ροών με κόστος ευκαιρίας	- 12.920,12 €	- 12.544,54 €	- 12.179,69 €	- 11.823,77 €	- 11.480,38 €	- 11.145,93 €	- 10.820,43 €	- 10.505,65 €	- 10.199,82 €	- 9.902,92 €
Καθαρή παρούσα αξία	- 3.415.482,75 €	- 3.428.027,29 €	- 3.440.206,98 €	- 3.452.030,75 €	- 3.463.511,13 €	- 3.474.657,06 €	- 3.485.477,49 €	- 3.495.983,14 €	- 3.506.182,95 €	- 3.516.085,88 €



Διάγραμμα 5.1 Καθαρή παρούσα αξία επενδύσεων

Αυτό το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι βάσει των ταμειακών ροών, η επένδυση του διυλιστηρίου είναι αποδεκτή καθώς ήδη από την δεύτερη χρονιά έχει αποσβέσει το σύνολο της επένδυσης.

Σε αντίθετη περίπτωση βλέπουμε ότι αφαλάτωση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί γιατί εκτός του υψηλού κόστους κατασκευής έχει και υψηλό κόστος συντήρησης που με την παρούσα τιμολογιακή της επιχείρησης δεν μπορεί να καλυφθεί.

5.2 Ανάλυση ευαισθησίας

Στην παραπάνω ανάλυση των ταμειακών ροών στηριχθήκαμε σε κάποιες παραδοχές και υποθέσεις. Για να μπορέσουμε να δούμε πως θα κινηθούν οι επενδύσεις θα αλλάξουμε κάποιες από τις πιο πάνω παραμέτρους. Οι αλλαγές που θα κάνουμε για να δούμε την συμπεριφορά είναι ως προς το επιτόκιο, την επιδότηση των αρχικών επενδύσεων, την αλλαγή χρόνου ζωής και την αλλαγή τιμολογιακής πολιτικής.

Οι παράμετροι που θα εξεταστούν είναι:

- Μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%.

- Αλλαγή τιμολογιακής πολιτικής από το 0,90€/m³ έως το 1,50€/m³ με ίδια κεφάλαια και με επιδότηση αρχικής επένδυσης (από ευρωπαϊκά προγράμματα).
- Επιμερισμός κόστους κατασκευής του φράγματος στην εγκατάσταση του ταχυδιυλιστηρίου.
- Συμπεριφορά επένδυσης σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία λειτουργίας των υφιστάμενων εγκαταστάσεων.

5.2.1 Σενάριο 1 - Μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%

Σε αυτό το σενάριο γίνεται υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας με την μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%.

Πίνακας 5.4 Ταχυδιυλιστήριο: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 1 έως 15%

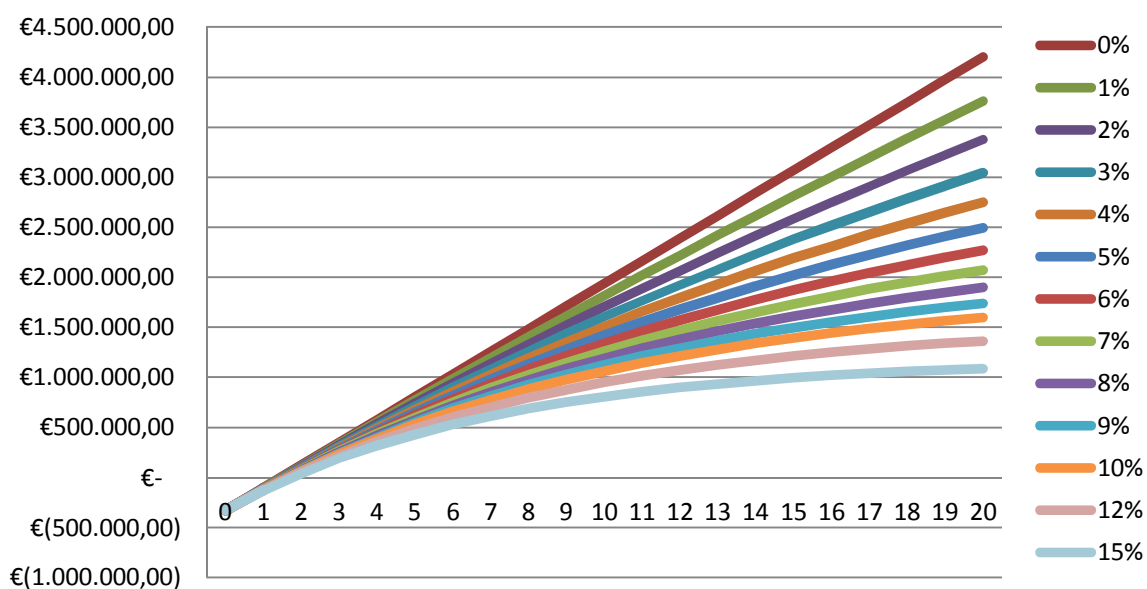
Ταμειακές ροές													
Ταχυ/ριο	Ετήσιο σύνολο ταμειακών ροών		226.669,00 €										
Έτος \Επιτόκιο	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	12%	15%
0	- 330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €	-330.000,00 €
1	-103.335,00 €	-105.575,02 €	-107.773,71 €	-109.927,07 €	-112.057,76 €	- 114.120,44 €	-116.160,47 €	-118.155,15 €	-120.127,17 €	-122.053,86 €	-123.935,21 €	-127.607,25 €	-132.888,64 €
2	123.330,00 €	116.628,60 €	110.100,53 €	103.731,13 €	97.520,40 €	91.468,34 €	85.574,94 €	79.817,55 €	74.196,16 €	68.733,44 €	63.384,05 €	53.093,28 €	38.495,79 €
3	349.995,00 €	336.633,53 €	323.690,73 €	311.155,93 €	299.029,14 €	287.265,02 €	275.886,24 €	264.847,46 €	254.126,01 €	243.767,24 €	233.680,47 €	214.436,27 €	187.530,66 €
4	576.660,00 €	554.462,44 €	533.087,55 €	512.551,34 €	492.785,80 €	473.745,61 €	455.430,75 €	437.773,24 €	420.727,73 €	404.339,56 €	388.495,40 €	358.484,42 €	317.140,00 €
5	803.325,00 €	770.137,99 €	738.381,66 €	708.076,02 €	679.085,05 €	651.340,77 €	624.820,50 €	599.388,23 €	574.998,65 €	551.651,74 €	529.234,18 €	487.096,41 €	429.839,82 €
6	1.029.990,00 €	983.660,19 €	939.663,74 €	897.911,31 €	858.221,56 €	820.481,18 €	784.622,14 €	750.417,79 €	717.845,45 €	686.814,47 €	657.188,83 €	601.926,93 €	527.828,83 €
7	1.256.655,00 €	1.195.074,37 €	1.137.001,77 €	1.082.215,87 €	1.030.467,34 €	981.574,83 €	935.379,69 €	891.564,57 €	850.106,81 €	810.802,41 €	773.515,36 €	704.449,32 €	613.033,71 €
8	1.483.320,00 €	1.404.403,19 €	1.330.463,76 €	1.261.148,38 €	1.196.094,38 €	1.134.984,41 €	1.077.591,82 €	1.023.485,93 €	972.576,08 €	924.567,58 €	879.256,45 €	796.000,92 €	687.131,80 €
9	1.709.985,00 €	1.611.646,65 €	1.520.140,38 €	1.434.867,50 €	1.355.352,02 €	1.281.095,25 €	1.211.757,20 €	1.146.771,20 €	1.085.955,91 €	1.028.925,99 €	975.386,77 €	877.737,77 €	751.573,80 €
10	1.936.650,00 €	1.816.850,10 €	1.706.076,96 €	1.603.531,90 €	1.508.489,59 €	1.420.247,35 €	1.338.329,17 €	1.261.987,05 €	1.190.948,99 €	1.124.670,97 €	1.062.767,67 €	950.725,18 €	807.606,38 €
11	2.163.315,00 €	2.020.013,52 €	1.888.386,84 €	1.767.277,59 €	1.655.733,77 €	1.552.780,71 €	1.457.738,40 €	1.369.677,50 €	1.288.167,32 €	1.212.505,21 €	1.142.215,16 €	1.015.892,52 €	856.317,55 €
12	2.389.980,00 €	2.221.159,60 €	2.067.115,34 €	1.926.263,23 €	1.797.311,23 €	1.678.990,01 €	1.570.392,90 €	1.470.318,53 €	1.378.177,58 €	1.293.086,04 €	1.214.431,90 €	1.074.078,45 €	898.681,98 €
13	2.616.645,00 €	2.420.333,65 €	2.242.330,48 €	2.080.624,82 €	1.933.448,63 €	1.799.192,58 €	1.676.655,32 €	1.564.386,17 €	1.461.523,78 €	1.367.025,47 €	1.280.097,91 €	1.126.030,99 €	935.515,69 €
14	2.843.310,00 €	2.617.535,68 €	2.414.122,91 €	2.230.475,69 €	2.064.349,98 €	1.913.683,10 €	1.776.911,02 €	1.652.288,41 €	1.538.704,57 €	1.434.844,83 €	1.339.779,86 €	1.172.407,47 €	967.544,02 €
15	3.069.975,00 €	2.812.765,69 €	2.582.537,98 €	2.375.974,52 €	2.190.219,28 €	2.022.710,89 €	1.871.500,00 €	1.734.433,25 €	1.610.150,64 €	1.497.065,47 €	1.394.044,41 €	1.213.819,89 €	995.401,64 €
16	3.296.640,00 €	3.006.069,01 €	2.747.643,68 €	2.517.234,64 €	2.311.237,86 €	2.126.547,95 €	1.960.716,91 €	1.811.206,04 €	1.676.315,32 €	1.554.163,40 €	1.443.367,59 €	1.250.789,61 €	1.019.632,56 €
17	3.523.305,00 €	3.197.468,31 €	2.909.530,68 €	2.654.369,39 €	2.427.609,72 €	2.225.443,64 €	2.044.901,78 €	1.882.969,45 €	1.737.583,95 €	1.606.546,60 €	1.488.202,72 €	1.283.792,61 €	1.040.690,11 €
18	3.749.970,00 €	3.386.963,60 €	3.068.244,31 €	2.787.514,76 €	2.539.493,54 €	2.319.624,61 €	2.124.303,93 €	1.950.040,80 €	1.794.296,53 €	1.654.600,43 €	1.528.980,47 €	1.313.259,58 €	1.059.004,97 €
19	3.976.635,00 €	3.574.577,53 €	3.223.829,92 €	2.916.784,09 €	2.647.070,65 €	2.409.317,53 €	2.199.218,04 €	2.012.714,78 €	1.846.815,74 €	1.698.687,55 €	1.566.040,85 €	1.339.575,85 €	1.074.939,80 €
20	4.203.300,00 €	3.760.332,77 €	3.376.378,15 €	3.042.290,71 €	2.750.522,38 €	2.494.749,08 €	2.269.893,43 €	2.071.286,05 €	1.895.436,24 €	1.739.125,30 €	1.599.723,86 €	1.363.081,43 €	1.088.789,27 €

Πίνακας 5.5 Αφαλάτωση: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%

Ταμειακές ροές														
Αφαλάτωση	Ετήσιο σύνολο ταμειακών ροών		- 17.885 €											
Ετος \Επιτόκιο	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	15%
0	-3.250.000,00 €	-3.250.000,00 €	-3.250.000,00 €	- 3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €	3.250.000,00 €
1	- 3.267.885,00 €	- 3.267.707,94 €	- 3.267.534,45 €	- 3.267.364,55 €	- 3.267.196,43 €	- 3.267.033,67 €	- 3.266.872,71 €	- 3.266.715,32 €	- 3.266.559,72 €	- 3.266.407,70 €	- 3.266.259,25 €	- 3.250.000,00 €	- 3.265.969,52 €	- 3.265.552,80 €
2	- 3.285.770,00 €	- 3.285.240,60 €	- 3.284.725,52 €	- 3.284.222,95 €	- 3.283.732,90 €	- 3.283.255,37 €	- 3.282.790,36 €	- 3.282.336,08 €	- 3.281.892,53 €	- 3.281.461,50 €	- 3.281.039,42 €	- 3.250.000,00 €	- 3.280.227,44 €	- 3.279.075,64 €
3	- 3.303.655,00 €	- 3.302.599,79 €	- 3.301.578,55 €	- 3.300.589,51 €	- 3.299.632,66 €	- 3.298.704,43 €	- 3.297.806,61 €	- 3.296.935,61 €	- 3.296.089,65 €	- 3.295.272,30 €	- 3.294.476,42 €	- 3.250.000,00 €	- 3.292.957,98 €	- 3.290.835,03 €
4	- 3.321.540,00 €	- 3.319.787,27 €	- 3.318.100,71 €	- 3.316.480,33 €	- 3.314.920,76 €	- 3.313.418,42 €	- 3.311.973,31 €	- 3.310.580,07 €	- 3.309.235,12 €	- 3.307.942,03 €	- 3.306.691,87 €	- 3.250.000,00 €	- 3.304.323,90 €	- 3.301.061,68 €
5	- 3.339.425,00 €	- 3.336.804,85 €	- 3.334.299,16 €	- 3.331.907,93 €	- 3.329.620,44 €	- 3.327.431,32 €	- 3.325.338,77 €	- 3.323.332,08 €	- 3.321.407,65 €	- 3.319.565,50 €	- 3.317.796,67 €	- 3.250.000,00 €	- 3.314.471,85 €	- 3.309.954,10 €
6	- 3.357.310,00 €	- 3.353.652,52 €	- 3.350.181,04 €	- 3.346.886,62 €	- 3.343.754,96 €	- 3.340.777,11 €	- 3.337.947,70 €	- 3.335.248,85 €	- 3.332.678,78 €	- 3.330.230,32 €	- 3.327.892,75 €	- 3.250.000,00 €	- 3.323.532,39 €	- 3.317.685,78 €
7	- 3.375.195,00 €	- 3.370.333,86 €	- 3.365.751,72 €	- 3.361.428,92 €	- 3.357.345,77 €	- 3.353.487,98 €	- 3.349.843,01 €	- 3.346.385,84 €	- 3.343.114,68 €	- 3.340.013,42 €	- 3.337.071,33 €	- 3.250.000,00 €	- 3.331.621,77 €	- 3.324.408,75 €
8	- 3.393.080,00 €	- 3.386.850,65 €	- 3.381.016,57 €	- 3.375.547,33 €	- 3.370.414,34 €	- 3.365.592,54 €	- 3.361.064,06 €	- 3.356.794,91 €	- 3.352.777,94 €	- 3.348.989,90 €	- 3.345.414,69 €	- 3.250.000,00 €	- 3.338.845,53 €	- 3.330.255,36 €
9	- 3.410.965,00 €	- 3.403.202,91 €	- 3.395.982,74 €	- 3.389.254,40 €	- 3.382.980,34 €	- 3.377.121,21 €	- 3.371.650,19 €	- 3.366.522,56 €	- 3.361.724,02 €	- 3.357.224,15 €	- 3.352.999,72 €	- 3.250.000,00 €	- 3.345.294,86 €	- 3.335.340,07 €
10	- 3.428.850,00 €	- 3.419.394,20 €	- 3.410.653,80 €	- 3.402.562,63 €	- 3.395.063,45 €	- 3.388.100,82 €	- 3.381.637,18 €	- 3.375.613,51 €	- 3.370.008,35 €	- 3.364.778,78 €	- 3.359.894,38 €	- 3.250.000,00 €	- 3.351.053,83 €	- 3.339.761,24 €
11	- 3.446.735,00 €	- 3.435.424,53 €	- 3.425.038,71 €	- 3.415.482,75 €	- 3.406.681,54 €	- 3.398.558,18 €	- 3.391.059,00 €	- 3.384.110,67 €	- 3.377.679,23 €	- 3.371.709,21 €	- 3.366.163,08 €	- 3.250.000,00 €	- 3.356.195,76 €	- 3.343.604,72 €
12	- 464.620,00 €	-3.451.295,68 €	- 3.439.141,03 €	- 3.428.027,29 €	- 3.417.852,51 €	- 3.408.516,54 €	- 3.399.947,84 €	- 3.392.051,61 €	- 3.384.781,36 €	- 3.378.067,33 €	- 3.371.861,24 €	- 3.250.000,00 €	- 3.360.786,84 €	- 3.346.947,43 €

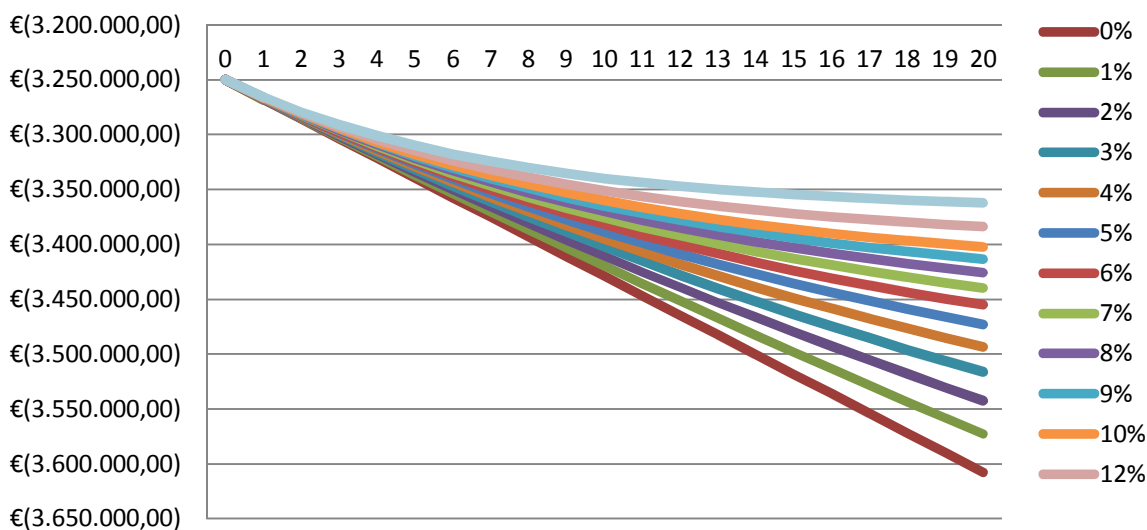
13	-	3.482.505,00 €	-	3.467.011,22 €	-	3.452.966,13 €	-	3.440.206,98 €	-	3.428.594,24 €	-	3.418.000,96 €	-	3.408.332,33 €	-	3.399.473,89 €	-	3.391.357,67 €	-	3.383.901,42 €	-	3.377.042,52 €	-	3.250.000,00 €	-	3.364.886,09 €	-	3.349.853,74 €
14	-	3.500.390,00 €	-	3.482.571,17 €	-	3.466.521,18 €	-	3.452.030,75 €	-	3.438.922,83 €	-	3.427.034,67 €	-	3.416.242,86 €	-	3.406.409,69 €	-	3.397.447,52 €	-	3.389.252,61 €	-	3.381.751,64 €	-	3.250.000,00 €	-	3.368.545,36 €	-	3.352.380,89 €
15	-	3.518.275,00 €	-	3.497.975,53 €	-	3.479.809,73 €	-	3.463.511,13 €	-	3.448.854,37 €	-	3.435.637,36 €	-	3.423.706,27 €	-	3.412.891,21 €	-	3.403.084,87 €	-	3.394.162,04 €	-	3.386.033,31 €	-	3.250.000,00 €	-	3.371.812,95 €	-	3.354.578,96 €
16	-	3.536.160,00 €	-	3.513.227,85 €	-	3.492.837,16 €	-	3.474.657,06 €	-	3.458.403,17 €	-	3.443.830,48 €	-	3.430.745,81 €	-	3.418.948,86 €	-	3.408.305,50 €	-	3.398.667,27 €	-	3.389.925,09 €	-	3.250.000,00 €	-	3.374.729,99 €	-	3.356.490,87 €
17	-	3.554.045,00 €	-	3.528.329,95 €	-	3.505.610,63 €	-	3.485.477,49 €	-	3.467.585,33 €	-	3.451.633,70 €	-	3.437.388,30 €	-	3.424.611,26 €	-	3.413.139,82 €	-	3.402.800,50 €	-	3.393.462,74 €	-	3.250.000,00 €	-	3.377.334,05 €	-	3.358.152,38 €
18	-	3.571.930,00 €	-	3.543.281,81 €	-	3.518.133,71 €	-	3.495.983,14 €	-	3.476.413,37 €	-	3.459.064,92 €	-	3.443.653,41 €	-	3.429.903,43 €	-	3.417.614,64 €	-	3.406.592,12 €	-	3.396.680,25 €	-	3.250.000,00 €	-	3.379.659,10 €	-	3.359.597,49 €
19	-	3.589.815,00 €	-	3.558.085,22 €	-	3.530.409,97 €	-	3.506.182,95 €	-	3.484.901,59 €	-	3.466.142,01 €	-	3.449.564,41 €	-	3.434.848,63 €	-	3.421.758,60 €	-	3.410.070,75 €	-	3.399.604,45 €	-	3.250.000,00 €	-	3.381.735,54 €	-	3.360.854,81 €
20	-	3.607.700,00 €	-	3.572.741,98 €	-	3.542.446,58 €	-	3.516.085,88 €	-	3.493.064,30 €	-	3.472.882,87 €	-	3.455.140,95 €	-	3.439.470,11 €	-	3.425.594,93 €	-	3.413.261,43 €	-	3.402.262,16 €	-	3.250.000,00 €	-	3.383.590,22 €	-	3.361.947,58 €

Διάγραμμα καθαρής παρούσας αξίας Ταχυδιυλιστηρίου για εύρος $i=1...15\%$



Διάγραμμα 5.2 Διάγραμμα καθαρής παρούσας αξίας Ταχυδιυλιστηρίου για εύρος $i=1...15\%$

Διάγραμμα καθαρής παρούσας αξίας Αφαλάτωσης για εύρος $i=1...15\%$



Διάγραμμα 5.3 Διάγραμμα καθαρής παρούσας αξίας Αφαλάτωσης για εύρος $i=1...15\%$

Από τα παραπάνω διαγράμματα συμπεραίνουμε ότι το ταχυδιυλιστήριο είναι αποδεκτό σε όλο το εύρος των τιμών. Η απόσβεση της επένδυσης επιτυγχάνεται εντός των πρώτων δύο ετών χρήσης .

Σε αντίθετη περίπτωση βλέπουμε ότι η αφαλάτωση δεν είναι αποδεκτή σε καμία από τις υποθέσεις επιτοκίων καθώς βλέπουμε ότι με την παρούσα τιμολογιακή πολιτική της επιχείρησης κάθε χρόνος χρήσης είναι ζημιογόνος.

5.2.2 Σενάριο 2 - Αλλαγή τιμολογιακής πολιτικής με την τροποποίηση της τιμής πώλησης κυβικού από τα 0,90€/m³ έως τα 1,50€/m³

Σε αυτό το σενάριο θα προσπαθήσουμε να δούμε πώς κινούνται οι επενδύσεις μας με την αλλαγή της τιμολογιακής πολιτικής που τηρεί η ΔΕΥΑΧ. Οι τιμές μονάδας που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι από 0,90€ έως 1,50€. Το κόστος ευκαιρίας το θεωρούμε 3%.

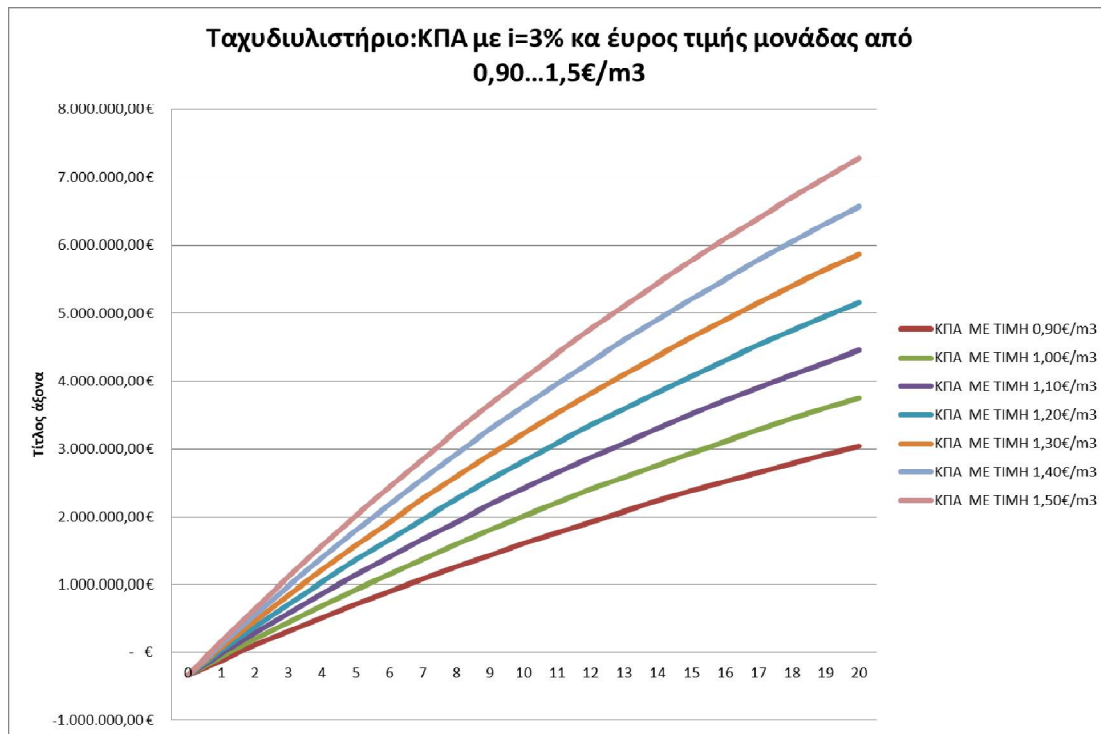
Στο δεύτερο μέρος του σεναρίου θα διερευνήσουμε την κίνηση των επενδύσεων με την αλλαγή της τιμολογιακής πολιτικής και την παραδοχή ότι θα επιδοτηθούν οι εγκαταστάσεις και των δύο επενδύσεων.

Πίνακας 5.6 Ταχυδιωλιστήριο: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή της τιμής πώλησης της μονάδας από 0,90€ έως 1,50€

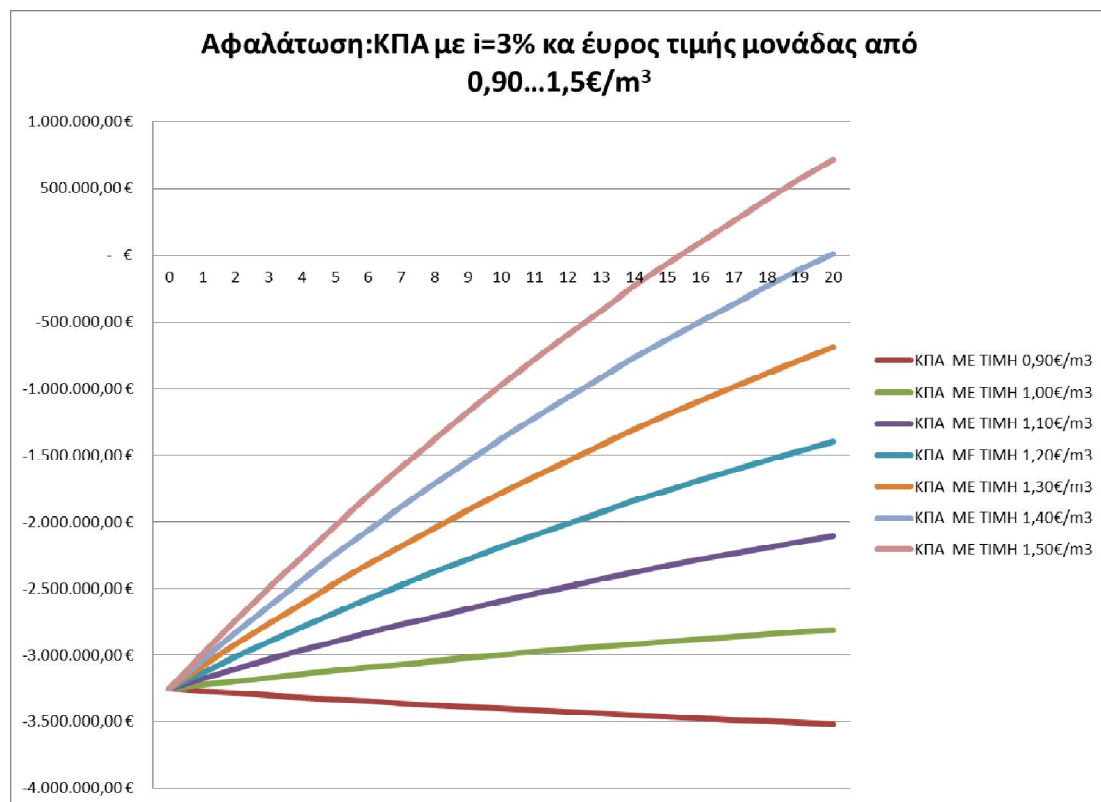
Ταχυδιωλιστήριο											
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 0,90€/m ³	- 330.000,00 €	- 109.930,95 €	103.723,48 €	311.144,62 €	512.536,47 €	708.057,70 €	897.889,64 €	1.082.190,95 €	1.261.120,30 €	1.434.836,36 €	1.603.497,78 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,00€/m ³	- 330.000,00 €	- 63.861,75 €	194.519,05 €	445.361,69 €	688.912,87 €	925.364,47 €	1.154.935,78 €	1.377.818,68 €	1.594.205,07 €	1.804.286,80 €	2.008.255,77 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,10€/m ³	- 330.000,00 €	- 17.792,54 €	285.314,63 €	579.578,76 €	865.289,26 €	1.142.671,23 €	1.411.981,92 €	1.673.446,42 €	1.927.289,83 €	2.173.737,25 €	2.413.013,76 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,20€/m ³	- 330.000,00 €	28.276,66 €	376.110,20 €	713.795,83 €	1.041.665,66 €	1.359.978,00 €	1.669.028,06 €	1.969.074,15 €	2.260.374,60 €	2.543.187,69 €	2.817.771,75 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,30€/m ³	- 330.000,00 €	74.345,87 €	466.905,78 €	848.012,90 €	1.218.042,05 €	1.577.284,76 €	1.926.074,20 €	2.264.701,89 €	2.593.459,36 €	2.912.638,14 €	3.222.529,74 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,40€/m ³	- 330.000,00 €	120.415,07 €	557.701,35 €	982.229,97 €	1.394.418,45 €	1.794.591,53 €	2.183.120,34 €	2.560.329,62 €	2.926.544,13 €	3.282.088,58 €	3.627.287,73 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,50€/m ³	- 330.000,00 €	166.484,28 €	648.496,93 €	1.116.447,04 €	1.570.794,84 €	2.011.898,29 €	2.440.166,48 €	2.855.957,36 €	3.259.628,89 €	3.651.539,03 €	4.032.045,72 €
Ταχυδιωλιστήριο											
Έτος	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 0,90€/m ³	1.767.240,58 €	1.926.223,41 €	2.080.582,28 €	2.230.430,51 €	2.375.926,77 €	2.517.184,40 €	2.654.316,72 €	2.787.459,74 €	2.916.726,79 €	3.042.231,20 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,00€/m ³	2.206.276,45 €	2.398.540,71 €	2.585.213,03 €	2.766.430,45 €	2.942.384,87 €	3.113.213,34 €	3.279.052,91 €	3.440.068,06 €	3.596.395,85 €	3.748.173,32 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,10€/m ³	2.645.312,32 €	2.870.858,01 €	3.089.843,78 €	3.302.430,40 €	3.508.842,97 €	3.709.242,28 €	3.903.789,10 €	4.092.676,38 €	4.276.064,90 €	4.454.115,44 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,20€/m ³	3.084.348,19 €	3.343.175,31 €	3.594.474,53 €	3.838.430,34 €	4.075.301,07 €	4.305.271,22 €	4.528.525,29 €	4.745.284,70 €	4.955.733,96 €	5.160.057,56 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,30€/m ³	3.523.384,06 €	3.815.492,61 €	4.099.105,28 €	4.374.430,29 €	4.641.759,17 €	4.901.300,16 €	5.153.261,48 €	5.397.893,02 €	5.635.403,01 €	5.865.999,68 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,40€/m ³	3.962.419,93 €	4.287.809,91 €	4.603.736,03 €	4.910.430,23 €	5.208.217,27 €	5.497.329,10 €	5.777.997,67 €	6.050.501,34 €	6.315.072,07 €	6.571.941,80 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,50€/m ³	4.401.455,80 €	4.760.127,21 €	5.108.366,78 €	5.446.430,18 €	5.774.675,37 €	6.093.358,04 €	6.402.733,86 €	6.703.109,66 €	6.994.741,12 €	7.277.883,92 €	

Πίνακας 5.7 Αφαλάτωση: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή της τιμής πώλησης της μονάδας από 0,90€ έως 1,50€

Αφαλάτωση											
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 0,90€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 3.267.364,55 €	- 3.284.222,95 €	- 3.300.589,51 €	- 3.316.480,33 €	- 3.331.907,93 €	- 3.346.886,62 €	- 3.361.428,92 €	- 3.375.547,33 €	- 3.389.254,40 €	- 3.402.562,63 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,00€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 3.221.295,34 €	- 3.193.427,37 €	- 3.166.372,44 €	- 3.140.103,94 €	- 3.114.601,17 €	- 3.089.840,48 €	- 3.065.801,18 €	- 3.042.462,57 €	- 3.019.803,95 €	- 2.997.804,64 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,10€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 3.175.226,14 €	- 3.102.631,80 €	- 3.032.155,37 €	- 2.963.727,54 €	- 2.897.294,40 €	- 2.832.794,34 €	- 2.770.173,45 €	- 2.709.377,80 €	- 2.650.353,51 €	- 2.593.046,65 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,20€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 3.129.156,93 €	- 3.011.836,22 €	- 2.897.938,30 €	- 2.787.351,15 €	- 2.679.987,64 €	- 2.575.748,20 €	- 2.474.545,71 €	- 2.376.293,04 €	- 2.280.903,06 €	- 2.188.288,66 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,30€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 3.083.087,73 €	- 2.921.040,65 €	- 2.763.721,23 €	- 2.610.974,75 €	- 2.462.680,87 €	- 2.318.702,06 €	- 2.178.917,98 €	- 2.043.208,27 €	- 1.911.452,62 €	- 1.783.530,67 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,40€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 3.037.018,52 €	- 2.830.245,07 €	- 2.629.504,16 €	- 2.434.598,36 €	- 2.245.374,11 €	- 2.061.655,92 €	- 1.883.290,24 €	- 1.710.123,51 €	- 1.542.002,17 €	- 1.378.772,68 €
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,50€/m ³	- 3.250.000,00 €	- 2.990.949,32 €	- 2.739.449,50 €	- 2.495.287,09 €	- 2.258.221,96 €	- 2.028.067,34 €	- 1.804.609,78 €	- 1.587.662,51 €	- 1.377.038,74 €	- 1.172.551,73 €	- 974.014,69 €
Αφαλάτωση											
Έτος	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 0,90€/m ³	- 3.415.482,75 €	- 3.428.027,29 €	- 3.440.206,98 €	- 3.452.030,75 €	- 3.463.511,13 €	- 3.474.657,06 €	- 3.485.477,49 €	- 3.495.983,14 €	- 3.506.182,95 €	- 3.516.085,88 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,00€/m ³	- 2.976.446,88 €	- 2.955.709,99 €	- 2.935.576,23 €	- 2.916.030,80 €	- 2.897.053,03 €	- 2.878.628,12 €	- 2.860.741,30 €	- 2.843.374,82 €	- 2.826.513,90 €	- 2.810.143,76 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,10€/m ³	- 2.537.411,01 €	- 2.483.392,69 €	- 2.430.945,48 €	- 2.380.030,86 €	- 2.330.594,93 €	- 2.282.599,18 €	- 2.236.005,11 €	- 2.190.766,50 €	- 2.146.844,84 €	- 2.104.201,64 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,20€/m ³	- 2.098.375,14 €	- 2.011.075,39 €	- 1.926.314,73 €	- 1.844.030,91 €	- 1.764.136,83 €	- 1.686.570,24 €	- 1.611.268,92 €	- 1.538.158,18 €	- 1.467.175,79 €	- 1.398.259,52 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,30€/m ³	- 1.659.339,27 €	- 1.538.758,09 €	- 1.421.683,98 €	- 1.308.030,97 €	- 1.197.678,73 €	- 1.090.541,30 €	- 986.532,73 €	- 885.549,86 €	- 787.506,73 €	- 692.317,40 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,40€/m ³	- 1.220.303,40 €	- 1.066.440,79 €	- 917.053,23 €	- 772.031,02 €	- 631.220,63 €	- 494.512,36 €	- 361.796,54 €	- 232.941,54 €	- 107.837,68 €	13.624,72 €	
ΚΠΑ ΜΕ ΤΙΜΗ 1,50€/m ³	- 781.267,53 €	- 594.123,49 €	- 412.422,48 €	- 236.031,08 €	- 64.762,53 €	101.516,58 €	262.939,65 €	419.666,78 €	571.831,38 €	719.566,84 €	



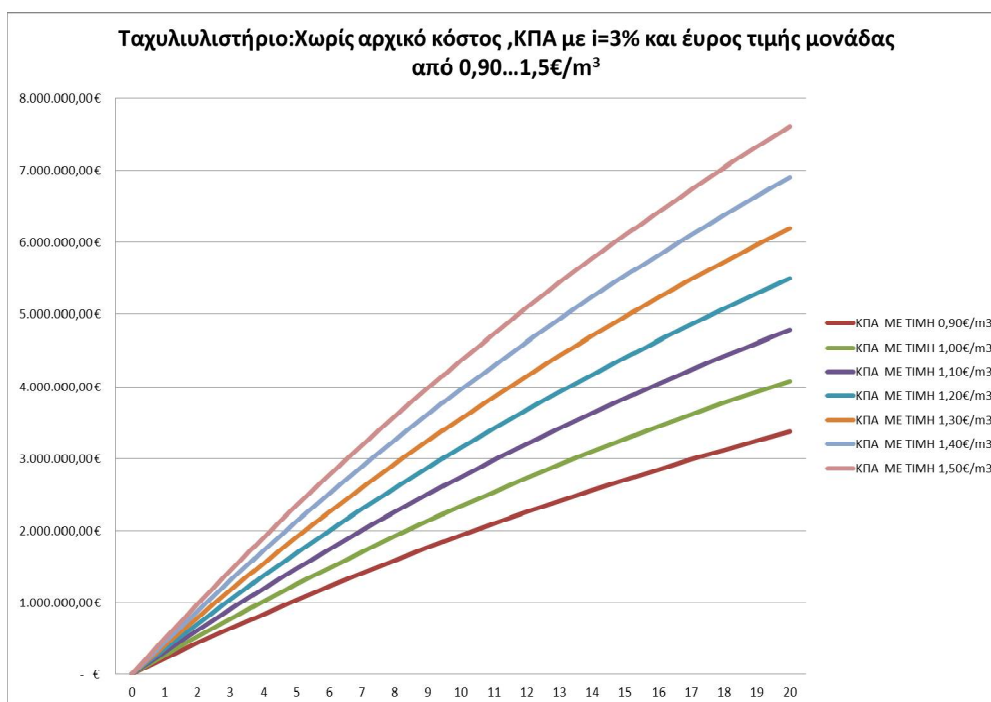
Διάγραμμα 5.4 Ταχυδιυλιστήριο: Μεταβολή τιμής πώλησης από 0,90€/m³ έως 1,50€/m³



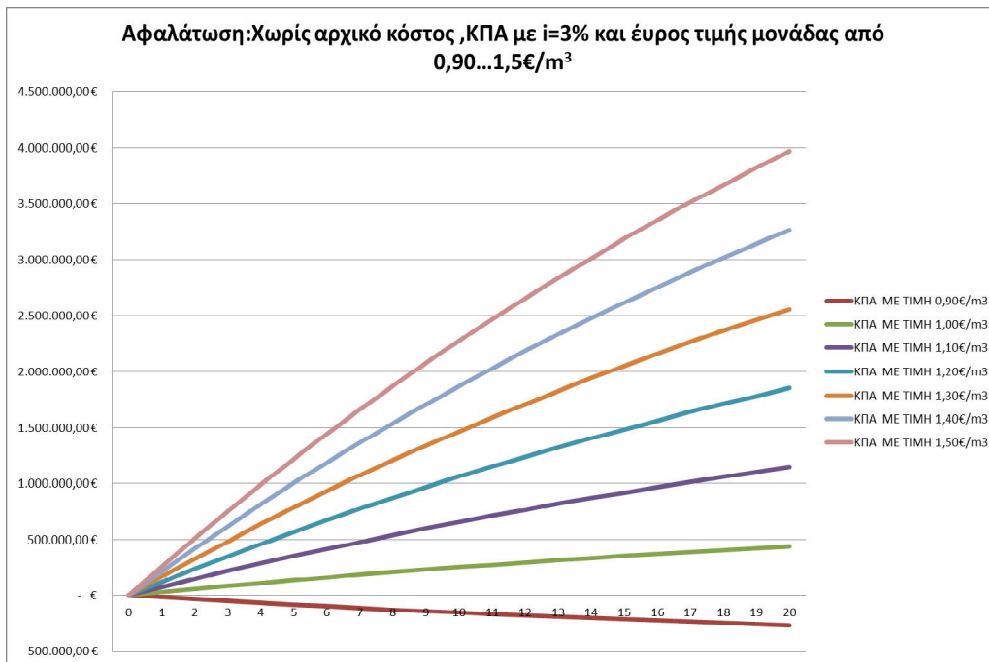
Διάγραμμα 5.5 Αφαλάτωση: Μεταβολή τιμής πώλησης από 0,90€/m³ έως 1,50€/m³

Εδώ βλέπουμε ότι η κατασκευή του ταχυδιυλιστηρίου με την αλλαγή της τιμολογιακής πολιτικής της επιχείρησης συνεχίζει να είναι αποδεκτή και να προσθέτει έσοδα στην επιχείρηση ενώ η αφαλάτωση είναι αποδεκτή μόνο αν η μέση τιμή μονάδας οριστεί $\geq 1,39807\text{€/m}^3$.

Στα παρακάτω διαγράμματα θα δούμε πώς κινούνται οι επενδύσεις μας αν θεωρήσουμε ότι θα επιδοτηθούν οι αρχικές δαπάνες κατασκευής.



Διάγραμμα 5.6 Ταχυδιυλιστήριο: Χωρίς αρχικό κόστος, ΚΠΑ με $i=3\%$ και εύρος τιμής μονάδας από $0,90\text{€/m}^3$ έως $1,50\text{€/m}^3$



Διάγραμμα 5.7 Αφαλάτωση: Χωρίς αρχικό κόστος, ΚΠΑ με $i=3\%$ και εύρος τιμής μονάδας από $0,90\text{€}/\text{m}^3$ έως $1,50\text{€}/\text{m}^3$

Βλέπουμε ότι η επένδυση του ταχυδιυλιστηρίου συνεχίζει να παράγει κέρδη με όλες τις τιμές του i ενώ η αφαλάτωση γίνεται κερδοφόρα, άρα και αποδεκτή σαν επένδυση, με την αύξηση της τιμής μονάδας από τα $0,90\text{€}$ στα $1,00\text{€}$ και πάνω.

5.2.3 Σενάριο 3 - Επιμερισμός κόστους κατασκευής του φράγματος στην εγκατάσταση του ταχυδιυλιστηρίου.

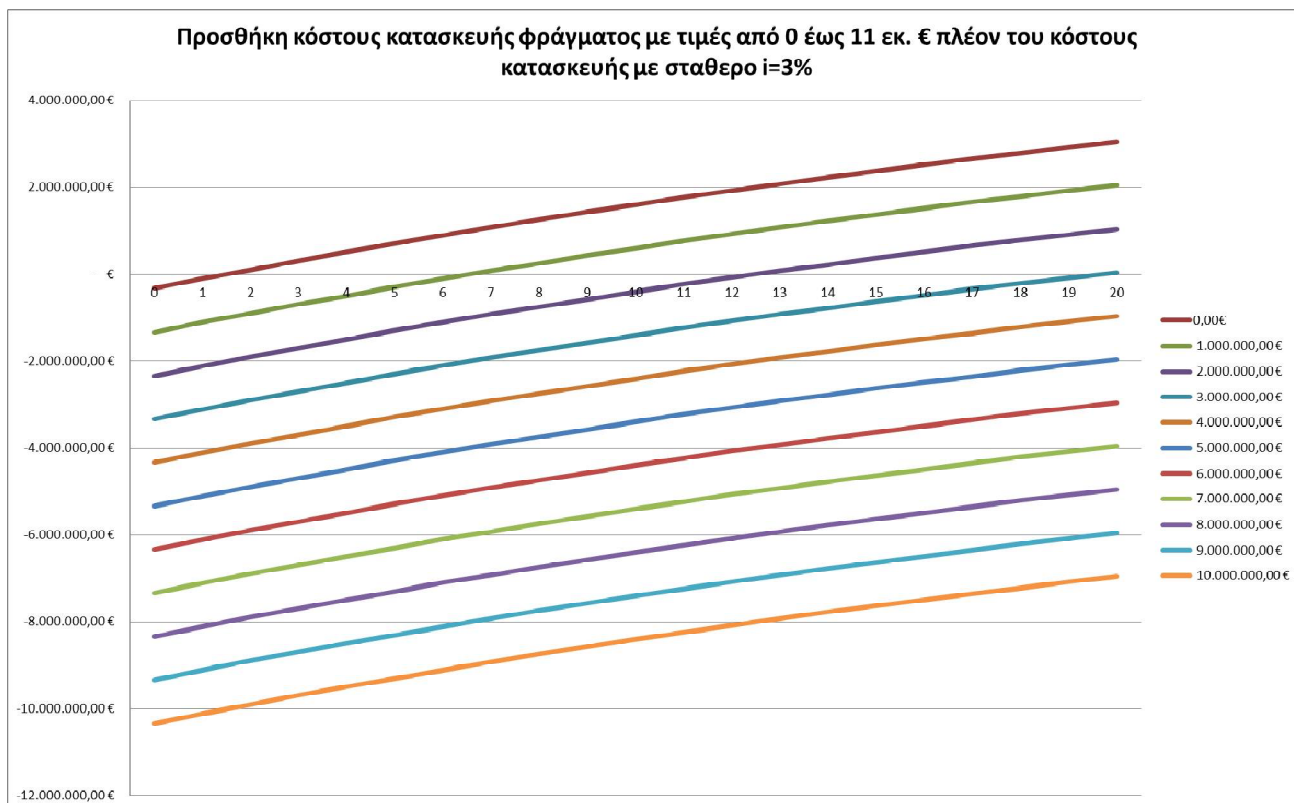
Το φράγμα έχει κατασκευαστεί με σκοπό την αποκλειστική χρήση του για τις ανάγκες άρδευσης. Για την χρήση του για ανάγκες ύδρευσης θα πρέπει να εκδοθεί άδεια η οποία θα πρέπει δίνει προτεραιότητα στην κάλυψη των αναγκών άρδευσης και δευτερευόντως στην ύδρευση.

Αν προσπαθούσαμε να επιμερίσουμε το κόστος κατασκευής του φράγματος και να το εντάξουμε στο κόστος του ταχυδιυλιστηρίου, η ορθότερη προσέγγιση θα ήταν να προσθέσουμε στο κόστος κατασκευής του ταχυδιυλιστηρίου που μελετήσαμε ποσοστό ίσο με το ποσοστό νερού που θα έχει την δυνατότητα να πάρει βάσει της άδειας που θα εκδοθεί, με την κατάθεση νέας μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ), ήτοι 33%. Το κόστος κατασκευής του φράγματος ανήλθε στα 27.000.000€(με τις δύο εργολαβίες) άρα θα είχαμε μια επιβάρυνση της τάξης των 8.910.000€. Αυτομάτως το έργο του ταχυδιυλιστηρίου θα εκτινασσόταν στο ποσό των 9.240.000€ (8.910.000€+330.000€).

Σε αυτό το σενάριο θα προσπαθήσουμε να δούμε πώς κινείται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης του ταχυδιυλιστηρίου αν προσθέσουμε στο αρχικό κόστος του από 1.000.000€ έως 9.000.000€.

Πίνακας 5.8 Ταχυδιωλιστήριο: Καθαρή παρούσα αξία με μεταβολή με επιβάρυνση μέρους του κόστους κατασκευής του φράγματος από 0€ έως 10 εκ.€

Ταχυδιωλιστήριο												
Έτος \ Κόστος επιβάρυνσης	330.000€+0,00€	330.000€+ 1.000.000,00 €	330.000€+ 2.000.000,00 €	330.000€+ 3.000.000,00 €	330.000€+ 4.000.000,00 €	330.000€+ 5.000.000,00 €	330.000€+ 6.000.000,00 €	330.000€+ 7.000.000,00 €	330.000€+ 8.000.000,00 €	330.000€+ 9.000.000,00 €	330.000€+ 10.000.000,00 €	
0	- 330.000,00 €	-1.330.000,00 €	- 2.330.000,00 €	- 3.330.000,00 €	- 4.330.000,00 €	- 5.330.000,00 €	- 6.330.000,00 €	- 7.330.000,00 €	-8.330.000,00 €	-9.330.000,00 €	-10.330.000,00 €	
1	- 109.930,95 €	- 1.109.930,95 €	- 2.109.930,95 €	- 3.109.930,95 €	- 4.109.930,95 €	- 5.109.930,95 €	- 6.109.930,95 €	- 7.109.930,95 €	-8.109.930,95 €	-9.109.930,95 €	-10.109.930,95 €	
2	103.723,48 €	- 896.276,52 €	- 1.896.276,52 €	- 2.896.276,52 €	- 3.896.276,52 €	- 4.896.276,52 €	- 5.896.276,52 €	- 6.896.276,52 €	- 7.896.276,52 €	- 8.896.276,52 €	- 9.896.276,52 €	
3	311.144,62 €	- 688.855,38 €	- 1.688.855,38 €	- 2.688.855,38 €	- 3.688.855,38 €	- 4.688.855,38 €	- 5.688.855,38 €	- 6.688.855,38 €	- 7.688.855,38 €	- 8.688.855,38 €	- 9.688.855,38 €	
4	512.536,47 €	- 487.463,53 €	- 1.487.463,53 €	- 2.487.463,53 €	- 3.487.463,53 €	- 4.487.463,53 €	- 5.487.463,53 €	- 6.487.463,53 €	- 7.487.463,53 €	- 8.487.463,53 €	- 9.487.463,53 €	
5	708.057,70 €	- 291.942,30 €	- 1.291.942,30 €	- 2.291.942,30 €	- 3.291.942,30 €	- 4.291.942,30 €	- 5.291.942,30 €	- 6.291.942,30 €	- 7.291.942,30 €	- 8.291.942,30 €	- 9.291.942,30 €	
6	897.889,64 €	- 102.110,36 €	- 1.102.110,36 €	- 2.102.110,36 €	- 3.102.110,36 €	- 4.102.110,36 €	- 5.102.110,36 €	- 6.102.110,36 €	- 7.102.110,36 €	- 8.102.110,36 €	- 9.102.110,36 €	
7	1.082.190,95 €	82.190,95 €	- 917.809,05 €	- 1.917.809,05 €	- 2.917.809,05 €	- 3.917.809,05 €	- 4.917.809,05 €	- 5.917.809,05 €	- 6.917.809,05 €	- 7.917.809,05 €	- 8.917.809,05 €	
8	1.261.120,30 €	261.120,30 €	- 738.879,70 €	- 1.738.879,70 €	- 2.738.879,70 €	- 3.738.879,70 €	- 4.738.879,70 €	- 5.738.879,70 €	- 6.738.879,70 €	- 7.738.879,70 €	- 8.738.879,70 €	
9	1.434.836,36 €	434.836,36 €	- 565.163,64 €	- 1.565.163,64 €	- 2.565.163,64 €	- 3.565.163,64 €	- 4.565.163,64 €	- 5.565.163,64 €	- 6.565.163,64 €	- 7.565.163,64 €	- 8.565.163,64 €	
10	1.603.497,78 €	603.497,78 €	- 396.502,22 €	- 1.396.502,22 €	- 2.396.502,22 €	- 3.396.502,22 €	- 4.396.502,22 €	- 5.396.502,22 €	- 6.396.502,22 €	- 7.396.502,22 €	- 8.396.502,22 €	
11	1.767.240,58 €	767.240,58 €	- 232.759,42 €	- 1.232.759,42 €	- 2.232.759,42 €	- 3.232.759,42 €	- 4.232.759,42 €	- 5.232.759,42 €	- 6.232.759,42 €	- 7.232.759,42 €	- 8.232.759,42 €	
12	1.926.223,41 €	926.223,41 €	- 73.776,59 €	- 1.073.776,59 €	- 2.073.776,59 €	- 3.073.776,59 €	- 4.073.776,59 €	- 5.073.776,59 €	- 6.073.776,59 €	- 7.073.776,59 €	- 8.073.776,59 €	
13	2.080.582,28 €	1.080.582,28 €	80.582,28 €	- 919.417,73 €	- 1.919.417,73 €	- 2.919.417,73 €	- 3.919.417,73 €	- 4.919.417,73 €	- 5.919.417,73 €	- 6.919.417,73 €	- 7.919.417,73 €	
14	2.230.430,51 €	1.230.430,51 €	230.430,51 €	- 769.569,49 €	- 1.769.569,49 €	- 2.769.569,49 €	- 3.769.569,49 €	- 4.769.569,49 €	- 5.769.569,49 €	- 6.769.569,49 €	- 7.769.569,49 €	
15	2.375.926,77 €	1.375.926,77 €	375.926,77 €	- 624.073,23 €	- 1.624.073,23 €	- 2.624.073,23 €	- 3.624.073,23 €	- 4.624.073,23 €	- 5.624.073,23 €	- 6.624.073,23 €	- 7.624.073,23 €	
16	2.517.184,40 €	1.517.184,40 €	517.184,40 €	- 482.815,60 €	- 1.482.815,60 €	- 2.482.815,60 €	- 3.482.815,60 €	- 4.482.815,60 €	- 5.482.815,60 €	- 6.482.815,60 €	- 7.482.815,60 €	
17	2.654.316,72 €	1.654.316,72 €	654.316,72 €	- 345.683,28 €	- 1.345.683,28 €	- 2.345.683,28 €	- 3.345.683,28 €	- 4.345.683,28 €	- 5.345.683,28 €	- 6.345.683,28 €	- 7.345.683,28 €	
18	2.787.459,74 €	1.787.459,74 €	787.459,74 €	- 212.540,26 €	- 1.212.540,26 €	- 2.212.540,26 €	- 3.212.540,26 €	- 4.212.540,26 €	- 5.212.540,26 €	- 6.212.540,26 €	- 7.212.540,26 €	
19	2.916.726,79 €	1.916.726,79 €	916.726,79 €	- 83.273,21 €	- 1.083.273,21 €	- 2.083.273,21 €	- 3.083.273,21 €	- 4.083.273,21 €	- 5.083.273,21 €	- 6.083.273,21 €	- 7.083.273,21 €	
20	3.042.231,20 €	2.042.231,20 €	1.042.231,20 €	42.231,20 €	- 957.768,80 €	- 1.957.768,80 €	- 2.957.768,80 €	- 3.957.768,80 €	- 4.957.768,80 €	- 5.957.768,80 €	- 6.957.768,80 €	



Διάγραμμα 5.8 Προσθήκη κόστους κατασκευής φράγματος με τιμές από 0€ έως 10εκ.€ πλέον του κόστους κατασκευής με σταθερό $i=3\%$

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω διάγραμμα για να είναι αποδεκτή η επένδυση μας θα πρέπει το σύνολο της να μην υπερβεί τα 3.372.231,20€ και επομένως να συμμετέχει στο κόστος κατασκευής του φράγματος με ποσό έως 3.042.231,20€.

5.2.4 Σενάριο 4 - Συμπεριφορά επένδυσης σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία λειτουργίας των υφιστάμενων εγκαταστάσεων

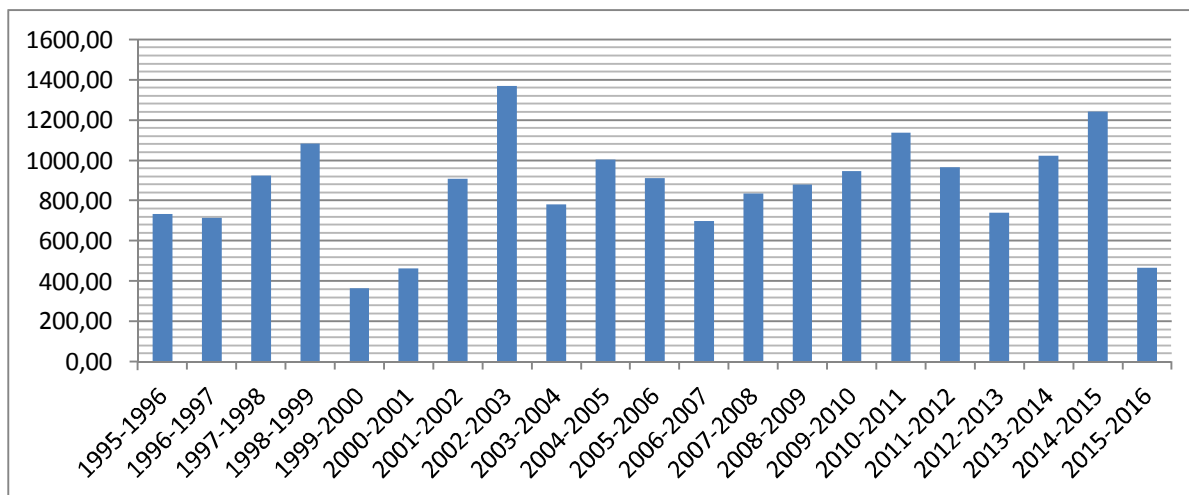
Σε αυτό το σημείο θα προσπαθήσουμε να εκτιμήσουμε την πορεία της επένδυσης το ταχυδιυλιστηρίου αν λάβουμε υπόψη τα δεδομένα των υφιστάμενων εγκαταστάσεων που λειτουργούν στο νησί.

Το φράγμα είναι δυναμικότητας $3.000.000\text{m}^3$ και πλέον κυβικών. Στην παρούσα φάση δεν έχουμε στοιχεία για το πόσο χρόνο θα χρειαστεί να γεμίσει και την ετήσια επιφανειακή απορροή που καταλήγει σε αυτό.

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Γεωργία, που είναι ο φορέας κατασκευής του έργου, η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή του φράγματος προβλέπεται να είναι

2.630.000m³. Οπότε μπορούμε να υποθέσουμε ότι δεν θα υπάρχει πρόβλημα πλήρωσης του φράγματος.

Ιστορικά, οι ποσότητες βροχόπτωσης στην περιοχή ενδιαφέροντος μας δεν είναι σταθερές. Αναλύοντας τα βροχομετρικά στοιχεία που ακολουθούν βλέπουμε ότι οι βροχοπτώσεις δεν φτάνουν στα επιθυμητά επίπεδα (περίπου 900χιλ.) κάθε χρόνο.



Διάγραμμα 5.9 Βροχομετρικά στοιχεία πόλεως Χίου

Πηγή: ΔΕΥΑΧ

Παράλληλα ένα ενδιαφέρον κομμάτι που θα πρέπει να εστιάσουμε είναι ο έλεγχος λειτουργίας και η πραγματική απόδοση των υφιστάμενων διυλιστηρίων που λειτουργούν ήδη στο νησί. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε ότι η χρήση τους περιορίζεται κυρίως στην χειμερινή περίοδο και για μικρά χρονικά διαστήματα.

Πίνακας 5.9 Μήνες λειτουργίας υφιστάμενων διυλιστηρίων

Έτος	Δ. Ψαρόπετρας	Τ/Δ. Ζυφιά	Τ/Δ. Καλαμωτής	Τ/Δ. Στεναχώνης
2013-2014	80m ³ /h, 3 Μήνες	40m ³ /h, 2 Μήνες	80m ³ /h, 6 Μήνες	Δεν υπήρχε
2014-2015	80m ³ /h, 6 Μήνες	40m ³ /h, 4 Μήνες	80m ³ /h, 5 Μήνες	Δεν υπήρχε
2015-2016	80m ³ /h, 4 Μήνες	Δεν είχε νερό το φράγμα	20 m ³ /h, 3 Μήνες, Περ. 12h/d	30 m ³ /h, 1 Μήνα
2016-2017	80m ³ /h, 5 Μήνες	Δεν είχε νερό το φράγμα	Δεν δούλεψε	30 m ³ /h, 4 Μήνες
2017-2018	80m ³ /h, 4 Μήνες	Δεν είχε νερό το φράγμα	20 m ³ /h, 3 Μήνες, Περ. 12h/d	30 m ³ /h, 5 Μήνες

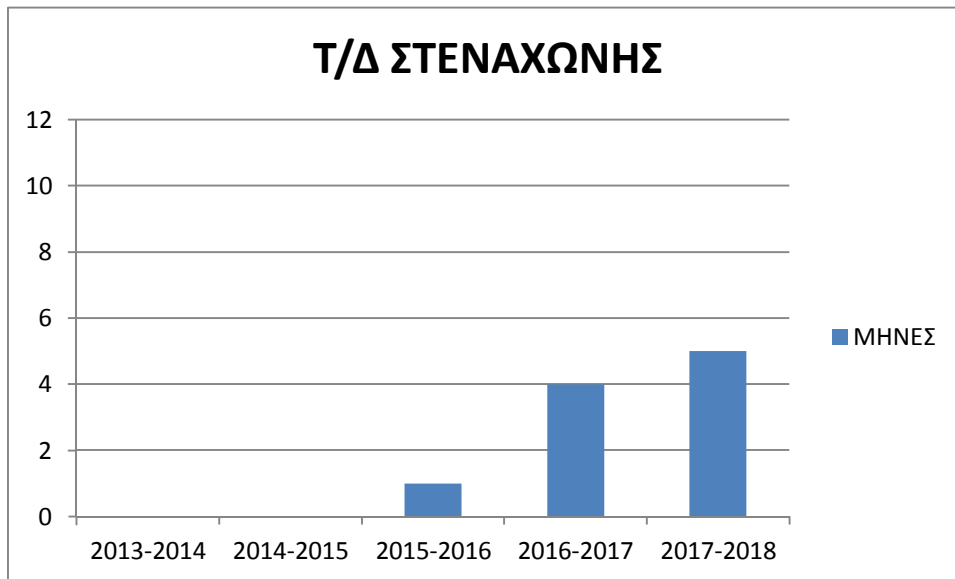
Πηγή: ΔΕΥΑΧ

Το διυλιστήριο της Ψαρόπετρας, το οποίο βρίσκεται λίγο νοτιότερα του φράγματος Κόρης Γεφύρι, ενώ έχει ονομαστική δυναμικότητα 280m³/h, τα τελευταία χρόνια όταν είναι σε λειτουργία παράγει 70-100m³/h. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο χρόνος λειτουργίας του διυλιστηρίου ανά έτος την τελευταία πενταετία. Ο χρόνος λειτουργίας είναι άμεσα συνυφασμένος με τον χρόνο πλήρωσής του μικρού φράγματος των 25.000 m³.



Διάγραμμα 5.10 Μήνες λειτουργίας διυλιστηρίου Ψαρόπετρας

Θα ήταν ενδιαφέρον να δούμε και την χρήση των διυλιστηρίων που εκμεταλλεύονται το φράγμα Κατράρη των οποίων η δυναμικότητα είναι 80m³/h (Καλαμωτής) και 40m³/h (Στεναχώνης). Το φράγμα είναι δυναμικότητας 5.000.000m³ και κατασκευάστηκε για την κάλυψη των αναγκών του Πρώην Δήμου Μαστιχοχωρίων σε άρδευση αλλά και ύδρευση. Στην παρούσα φάση το φράγμα έχει 40.000m³ καθώς είχε γεμίσει το 2009 και έκτοτε τροφοδοτείται με πολύ μικρές ποσότητες κατά την χειμερινή περίοδο. Παρακάτω βλέπουμε γραφικά τους μήνες που δούλευαν τα διυλιστήρια που έχει στην διάθεση της η ΔΕΥΑΧ. Να αναφέρουμε ότι το ταχυδιυλιστήριο της Στεναχώνης κατασκευάστηκε το καλοκαίρι του 2015.



Διάγραμμα 5.11 Μήνες λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου Στεναχώνης



Διάγραμμα 5.12 Μήνες λειτουργίας ταχυδιυλιστηρίου Καλαμωτής

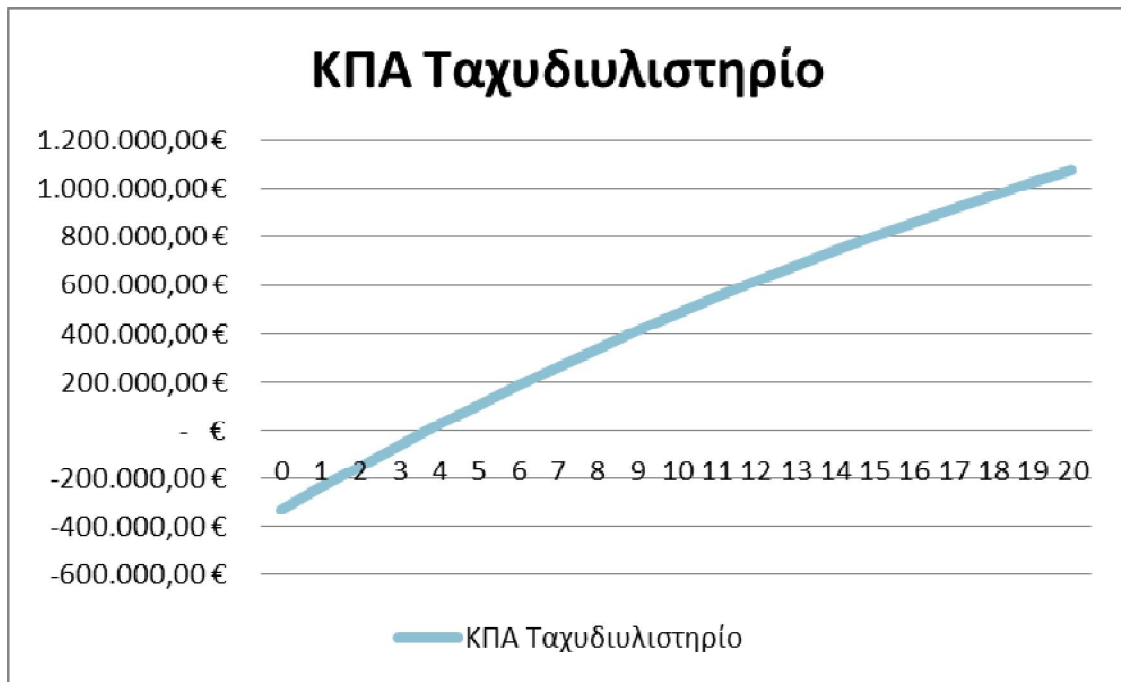
Αναλύοντας τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα διυλιστήρια λειτουργούν περίπου 5 μήνες ανά έτος. Αν προσπαθήσουμε να δούμε πως λειτουργεί η επένδυση μας με αυτό το σενάριο θα έχουμε:

$152,5(\text{ημέρες}) * 2000(\text{ημερήσια παραγωγή}) = 305.000\text{m}^3 -35\%(\text{απώλειες})= 198.250\text{m}^3/\text{έτος}$. Οι ταμειακές ροές της επένδυσης διαμορφώνονται όπως βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.10 Ταχυδιυλιστήριο: ταμειακές ροές για την λειτουργία της επένδυσης για 5 μήνες ανά έτος

Ταχυδιυλιστήριο	i=3%		198.250m ³								
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εισροές											
Από πώληση νερού		178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €
Σύνολο εισροών		178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €
Εκροές	330.000 €										
Διοικητική υποστήριξη, συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια)		53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €
Κόστος παραγωγής		30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €
Σύνολο Εκροών		83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €
Συνολική ταμειακή ροή		94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €
Κόστος ευκαιρίας		0,9709	0,9426	0,9151	0,8885	0,8626	0,8375	0,8131	0,7894	0,7664	0,7441
Σύνολο ταμειακών ροών		91.946,66 €	89.266,58 €	86.662,26 €	84.143,17 €	81.690,38 €	79.313,34 €	77.002,60 €	74.758,15 €	72.580,00 €	70.468,13 €
ΚΠΑ Ταχυδιυλιστήριο	330.000,00 €	238.053,34 €	148.786,77 €	62.124,51 €	22.018,66 €	103.709,04 €	183.022,38 €	260.024,99 €	334.783,14 €	407.363,14 €	477.831,27 €

Ταχυδουλιστήριο	i=3%		198.250m ³							
Έτος	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Εισροές										
Από πώληση νερού	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €
Σύνολο εισροών	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €	178.425 €
Εκροές										
Διοικητική υποστήριξη, συντηρήσεις δικτύων και κόστος διανομής (αντλιοστάσια)	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €	53.528 €
Κόστος παραγωγής	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €	30.195 €
Σύνολο Εκροών	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €	83.723 €
Συνολική ταμειακή ροή	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €	94.703 €
Κόστος ευκαιρίας	0,7224	0,7014	0,681	0,6611	0,6419	0,6232	0,605	0,5874	0,5703	0,5537
Σύνολο ταμειακών ροών	68.413,09 €	66.424,33 €	64.492,40 €	62.607,82 €	60.789,53 €	59.018,60 €	57.295,01 €	55.628,25 €	54.008,84 €	52.436,77 €
ΚΠΑ Ταχυδουλιστήριο	546.244,35 €	612.668,69 €	677.161,09 €	739.768,91 €	800.558,45 €	859.577,04 €	916.872,06 €	972.500,30 €	1.026.509,14 €	1.078.945,91 €



Διάγραμμα 5.13 ΚΠΑ ταχυδωλιστηρίου με λειτουργία 5 μήνες ανά έτος

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η επένδυση μας συνεχίζει να είναι αποδέκτη αλλά η απόσβεση της γίνεται τον τέταρτο χρόνο αντί του δευτέρου, που είχαμε δει στο αρχικές ταμειακές ροές για την περίπτωση κατά την οποία θα παρήγε όλο τον χρόνο.

5.3 Ανάλυση ευαισθησίας δύο παραγόντων

Σε αυτό το σημείο θα προσπαθήσουμε να εκτιμήσουμε πως θα κινηθούν οι επενδύσεις μας με την προσθήκη μέρους του κόστους κατασκευής του φράγματος και την πιθανότητα πλήρωσης του φράγματος σε ετήσια βάση.

Θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα που έχουμε από τους αρχικούς υπολογισμούς των επενδύσεων μας.

A. Ταχυδουλιστήριο

Αρχικό κόστος 330.000€

Κόστος λειτουργίας $0,099€/m^3 + 0.27€/m^3 // 200.385€/ετος$

B. Αφαλάτωση

Αρχικό κόστος 3.250.000€

Κόστος λειτουργίας $0,434€/m^3 + 0.27€/m^3 // 444.935€/έτος$

Θα χρησιμοποιήσουμε την διαγραμματική αφαίρεση και θα εντάξουμε μια μεταβλητή x στα κόστη λειτουργίας και στα κέρδη της επένδυσης του ταχυδουλιστηρίου.

Θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω τύπο:

$$PW_{A-B} = (C_1 - C_2) + (T_1 - T_2)(P/A, i, n)$$

Όπου C_1 κόστος εγκατάστασης ταχυδουλιστηρίου

C_2 κόστος εγκατάστασης αφαλάτωσης

T_1 ταμειακές ροές εγκατάστασης ταχυδουλιστηρίου

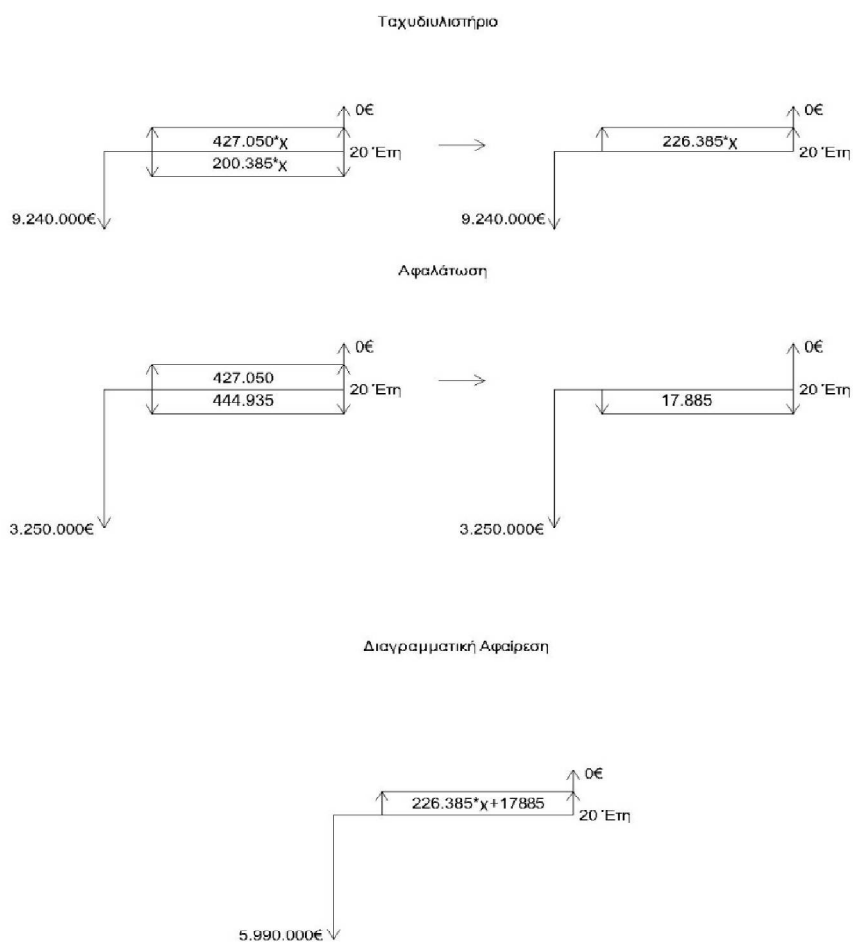
T_2 ταμειακές ροές εγκατάστασης αφαλάτωσης

P/A Μετασχηματιστής (P σημερινή αξία ποσού, A ομοιόμορφα κατανεμημένο ποσό σε καθεμία από τις n χρονικές περιόδους)

i κόστος ευκαιρίας (στην περίπτωση μας 3%)

n χρονικός ορίζοντας επένδυσης

Στο πρώτο σενάριο θα προσθέσουμε στο κόστος κατασκευής το 1/3 της επένδυσης της κατασκευής του φράγματος δηλαδή το 33% του κόστους που είναι 8.910.000€ στο κόστος κατασκευής του ταχυδιυλιστηρίου για να δούμε τον απαιτούμενο χρόνο που θα πρέπει να λειτουργεί το ταχυδιυλιστήριο καθώς και ποια λύση προκρίνεται.



$$\text{Έχουμε } PW_{A-B} = -5.990.000 + (226.665 * X + 17.885)(P/A, 3, 20) > 0$$

$$-5.990.000 + (226.665 * X + 17.885)(4.8696) > 0$$

Λύνουμε ως προς X

$$226.665 * X > 5.990.000 / 4.8696 - 17.885$$

$$226.665 * X > 1.230.080,5 - 17.885$$

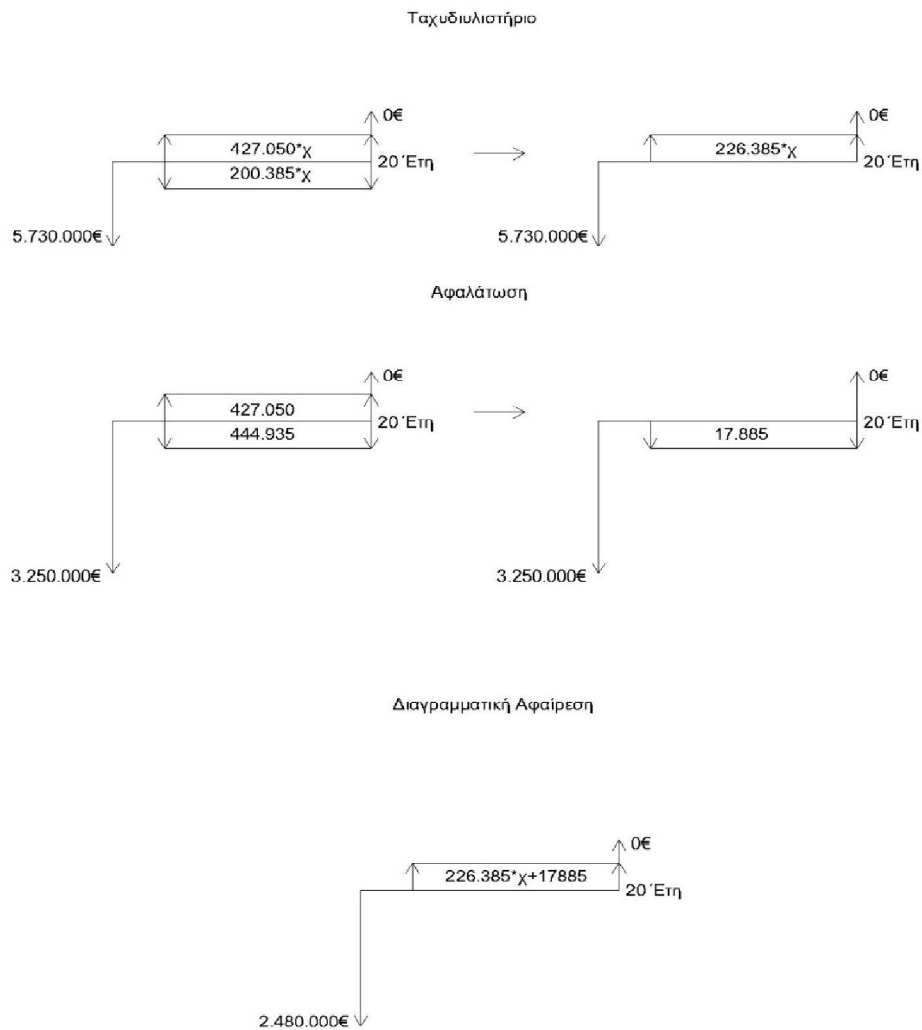
$$X > 1.212.145,5 / 226.665$$

$$X > 5,348$$

Άρα προκρίνεται η Β επένδυση καθώς το Χ δεν μπορεί να πάρει τέτοια τιμή.

Επόμενο σενάριο είναι να επωμιστεί το 1/5 του κόστους κατασκευής του φράγματος δηλαδή 5.400.000€.

Προσθέτουμε και το κόστος εγκατάστασης του ταχυδιωλιστηρίου και έχουμε:



$$\text{Έχουμε } PW_{A-B} = -2.480.000 + (226.665 * X + 17.885)(P/A, 3, 20) > 0$$

$$-2.480.000 + (226.665 * X + 17.885)(4.8696) > 0$$

Λύνουμε ως προς Χ

$$226.665 * X > 2.480.000 / 4.8696 - 17.885$$

$$226.665 * X > 509.282,08 - 17.885$$

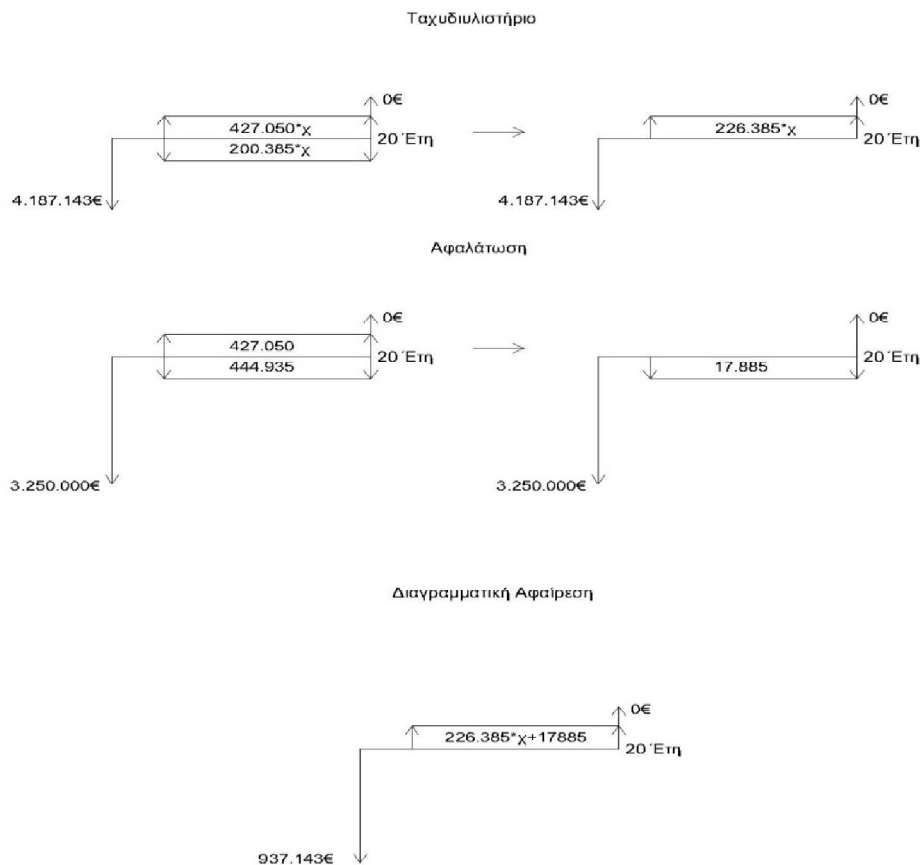
$$X > 491.397,08 / 226.665$$

$$X > 2,168$$

Άρα προκρίνεται η Β επένδυση καθώς το Χ δεν μπορεί να πάρει τέτοια τιμή.

Επόμενο σενάριο είναι να επωμιστεί το 1/7 του κόστους κατασκευής του φράγματος δηλαδή 3.857.143€.

Προσθέτουμε και το κόστος εγκατάστασης του ταχυδιωλιστηρίου και έχουμε:



$$\text{Έχουμε } PW_{A-B} = -937.143 + (226.665 * X + 17.885)(P/A, 3, 20) > 0$$

$$-937.143 + (226.665 * X + 17.885)(4.8696) > 0$$

Λύνουμε ως προς Χ

$$226.665 * X > 937.143 / 4,8696 - 17.885$$

$$226.665 * X > 192.447,63 - 17.885$$

$$X > 174.562,63 / 226.665$$

$$X > 0,76$$

Άρα εδώ βλέπουμε για το 1/7 του κόστους του φράγματος ότι, αν η πιθανότητα να γεμίσει ετησίως το φράγμα είναι $\geq 76\%$ τότε το ταχυδυλιστήριο είναι προτιμότερο από τη αφαλάτωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Επίλογος - Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε ποια θα ήταν η πιο συμφέρουσα οικονομοτεχνικά επένδυση για την βελτίωση της ποιότητας νερού στα δίκτυα ύδρευσης Πόλεως Χίου και Βροντάδου με την προσθήκη 2.000m³ πόσιμου νερού ανά ημέρα.

Στο πρώτο μέρος παρουσιάσαμε την κατάσταση που επικρατεί, τις πηγές νερού που έχει στην διάθεση του ο φορέας διαχείρισής του καθώς και τις εγκαταστάσεις και τον τρόπο λειτουργίας τους.

Παρουσιάσαμε τις κυριότερες μεθόδους αφαλάτωσης και διύλισης και μελετήσαμε την κατασκευή ενός ταχυδιυλιστηρίου, στο υπό ανέγερση φράγμα Κόρης Γεφύρι, και μία αφαλάτωση, στις εκβολές του ποταμού Παρθένη με την απαλλοτρίωση γηπέδου.

Το ταχυδιυλιστήριο σχεδιάστηκε με την χρήση έτοιμων, προγεμισμένων, φίλτρων σε σειρά, με τις απαραίτητες εγκαταστάσεις και δεξαμενές καθώς και τα απαραίτητα δίκτυα και αντλιοστάσια για την τροφοδοσία στο δίκτυο διανομής.

Η αφαλάτωση σχεδιάστηκε για την χρήση θαλασσινού νερού που τροφοδοτείται στις εγκαταστάσεις με την χρήση γεωτρήσεων και την εγκατάσταση μονάδων αντίστροφης ώσμωσης δυναμικότητας 2.000m³ με όλα τα συνοδά έργα υποδομής. Ο χώρος εγκατάστασης θα πρέπει να απαλλοτριωθεί.

Τα κόστη κατασκευής των δύο επενδύσεων είναι 330.000€ για την κατασκευή του ταχυδιυλιστηρίου και 3.250.000€ για την κατασκευή της αφαλάτωσης, ενώ τα κόστη λειτουργίας είναι 0,099€/m³ για το ταχυδιυλιστήριο και 0,434€ για την αφαλάτωση .

Από μονά του τα κόστη μας οδηγούν στην απόφαση να επιλέξουμε την κατασκευή του ταχυδιυλιστηρίου.

Ωστόσο η σύγκριση τους δεν θα πρέπει να είναι τόσο επιφανειακή αν αναλογιστεί κανείς ότι το ταχυδιυλιστήριο θα μπορέσει να λειτουργήσει μόνο εφόσον θα έχει αποπερατωθεί η κατασκευή του φράγματος Κόρης Γεφύρι. Προϋπόθεση δε, για την λειτουργία του, είναι να είναι γεμάτος ο ταμιευτήρας.

Παράλληλα για να μπορέσει να είναι όσο το δυνατόν πιο ορθή η σύγκριση των δυο περιπτώσεων, θα πρέπει να συμπεριληφθεί μέρος του κόστους κατασκευής του φράγματος, στο κόστος κατασκευή του ταχυδυσλιστηρίου.

Η αφαλάτωση από την άλλη είναι πιο ακριβή επένδυση αλλά η τροφοδοσία της είναι ουσιαστικά ανεξάντλητη αφού μιλάμε για θαλασσινό νερό.

Στο τρίτο μέρος της εργασίας προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε πώς κινούνται οι επενδύσεις μας με την αλλαγή κάποιων δεδομένων.

Τα σενάρια που διερευνήσαμε είναι:

- Μεταβολή του κόστους ευκαιρίας από 0% έως 15%.

Με την μεταβολή παρατηρούμε ότι η επένδυση του ταχυδυσλιστηρίου κρίνεται θετικά σε αντίθεση με την επένδυση της αφαλάτωσης που κρίνεται αρνητικά.

- Αλλαγή τιμολογιακής πολιτικής από 0,90€/m³ έως 1,50€/m³ με ίδια κεφάλαια και με επιδότηση αρχικής επένδυσης (από ευρωπαϊκά προγράμματα).

Με την αλλαγή στην τιμολογιακή πολιτική παρατηρούμε ότι το ταχυδυσλιστήριο συνεχίζει να κρίνεται θετικά και η αφαλάτωση κρίνεται θετικά με τιμή ανά κυβικό πάνω από 1,39807€.

Θεωρώντας ότι το αρχικό κόστος των επενδύσεων καλύπτεται από ευρωπαϊκά προγράμματα βλέπουμε ότι το ταχυδυσλιστήριο κρίνεται θετικά σε όλο το εύρος των τιμών ενώ η αφαλάτωση από 1,00€ και πάνω μπορεί να θεωρηθεί συμφέρουσα.

- Επιμερισμός κόστους κατασκευής του φράγματος στην εγκατάσταση του ταχυδυσλιστηρίου.

Αν επιβαρυνθεί η επένδυση του ταχυδυσλιστηρίου με μέρος του κόστους κατασκευής του φράγματος βλέπουμε ότι η επένδυση μπορεί να κριθεί θετικά μόνο εάν επωμιστεί ποσό έως τα 3.042.231,2€. Πέραν αυτού του ποσού η επένδυση κρίνεται αρνητικά.

- Συμπεριφορά επένδυσης σύμφωνα με τα στοιχεία λειτουργίας των υφιστάμενων εγκαταστάσεων.

Σε αυτό το σενάριο προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε την συμπεριφορά της επένδυσης του ταχυδιυλιστηρίου σε σχέση με τα στοιχεία λειτουργίας των εγκατεστημένων διυλιστηρίων του νησιού. Έτσι υπολογίσαμε πως κινείται η καθαρή παρούσα αξία της με την λειτουργία μόνο 5 μηνών τον χρόνο. Η επένδυση και εδώ κρίνεται θετικά με την διαφορά ότι η απόσβεση πραγματοποιείται τον τέταρτο χρόνο αντί του δευτέρου που είχαμε δει στις αρχικές ταμειακές ροές για την περίπτωση κατά την οποία θα παρήγε όλο τον χρόνο.

Παράλληλα θα μπορούσαμε να πούμε ότι η επένδυση του ταχυδιυλιστηρίου είναι συμφέρουσα αν δεν εμπλακεί στην συμβολή κεφαλαίου της επένδυσης του φράγματος πέραν των 3.042.231,2€. Η αφαλάτωση μπορεί να κριθεί συμφέρουσα μόνο εάν επιδοτηθεί η αρχική επένδυση και αυξηθεί η μέση τιμή μονάδας στην τιμολογιακή πολιτική της επιχείρησης κατά 0,10€ το κυβικό.

Τέλος κάναμε ανάλυση ευαισθησίας δύο παραγόντων για να εκτιμήσουμε πως θα κινηθούν οι επενδύσεις μας με την προσθήκη μέρους του κόστους κατασκευής του φράγματος και την πιθανότητα πλήρωσής του φράγματος σε ετήσια βάση.

Βλέπουμε ότι, αν δεν υπολογιστεί επιμερισμός κόστους του φράγματος στην λύση του ταχυδιυλιστηρίου τότε προκρίνεται πάντα εφόσον γεμίζει 100% το φράγμα κάθε χρόνο.

Προσθέτοντας μέρος του κόστους του φράγματος στην επένδυση του ταχυδιυλιστηρίου, βλέπουμε ότι:

Αν επιμεριστεί το 1/3 του κόστους, πάντα προκρίνεται η αφαλάτωση

Αν επιμεριστεί το 1/5 του κόστους, πάντα προκρίνεται η αφαλάτωση

Από το 1/7 τα πράγματα αλλάζουν, και συγκεκριμένα, για το 1/7 του κόστους του φράγματος αν η πιθανότητα να γεμίσει ετησίως το φράγμα είναι $\geq 76\%$ τότε το ταχυδιυλιστήριο είναι προτιμότερο.

Από το 1/8 και πάνω προκρίνεται πάντα το ταχυδιυλιστήριο.

Χωρίς να γίνουν περαιτέρω αναλύσεις ευαισθησίας αν μεταβληθεί ο ορίζοντας επένδυσης (άρα και ο χρόνος ζωής των εγκαταστάσεων) ενδεχομένως να

μεταβληθούν οι τελικές αποφάσεις. Παρόλα αυτά θεωρούμε ότι οι εκτιμήσεις που έχουν γίνει είναι αρκετά ρεαλιστικές.

Βιβλιογραφία

- Άγις Γ. Κουμεντάκης, Διπλωματική εργασία Π.Θ./ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών «Σχεδιασμός συσκευής αφαλάτωσης με ηλιακό εξατμιστή πιπτόντος υγρού υμένα», 2018
- Αυλωνίτης Σταμάτης, Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, Εκδόσεις Ίων, 2006
- ΔΕΥΑΧ (Συνεντεύξεις με Γενικό Διευθυντή ΔΕΑΥΧ κ. Π. Καλογεράκη) (23-2-2018, 19-03-2018, 25-09-2018, 1-10-2018).
- Δούνιας Γιώργος, Μουστάκης Βασίλης, Μεθοδολογίες λήψης οικονομοτεχνικών αποφάσεων, 2^η έκδοση, Εκδόσεις Πυξίδα, 2008.
- Ελληνική στατιστική αρχή, Απογραφή Πληθυσμού - Κατοικιών 2011, ΜΟΝΙΜΟΣ Πληθυσμός, 2011
- ΕΦΕΤ,2014,(http://portal.efet.gr/portal/page/portal/efetnew/news/view_new?par_newID=1277)
- ΕΦΕΤ,2016,(http://portal.efet.gr/portal/page/portal/efetnew/news/view_new?par_newID=1632)
- Μουτάφης Παναγιώτης, Διπλωματική Εργασία Σχολής Μηχανολόγων μηχανικών ΕΜΠ, «Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», 2008
- Μυλωνάδης, Έντυπη εφημερίδα Πολίτης 23/3/2018, 2018
- Οδηγία 200/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 20-10-2000 για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
- Οδηγός καλών πρακτικών προς οργανισμούς ύδρευσης τοπικής αυτοδιοίκησης για την βιώσιμη διαχείριση αστικού νερού, Μεσόγειος SOS, 2013
- Πανελλήνιο κέντρο οικολογικών ερευνών, Εμφιαλωμένα νερά, όλη η αλήθεια για το τι ακριβώς συμβαίνει και τι νερό πίνουμε, 2018 (<http://www.pakoe.gr/2018/06/25/%CE%B5%CE%BD%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%BF->

[%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1-%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B1-2018/\)](#)

- Σχέδιο Διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (GR 14), Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015
- ΦΕΚ 3282 'Β 19-09-2017, Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (L260, 7.10.2015)
- Φυτούσης, Το πρόβλημα του νερού στη Χίο, 2012 (http://xiosisland.blogspot.gr/2012/02/blog-post_18.html).
- Aquastar ABEE (Συνέντευξη με υπεύθυνο πωλήσεων της AQUASTAR) (04-09-2018)
- K. Zotalis, E.G.Dialynas, N.Mamassis, A.N.Angelakis, Desalination Technologies: Hellenic Experience, 2013
- Watera S.A. (Συνεντεύξεις με τον χημικό μηχανικό κ. Η. Γιαννακόπουλο της WATERA S.A.) (20-6-2018, 14-9-2018, 18-9-2018)

