

ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕΣΩ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

Χρυσούλα Σφυνιά

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Καθ. Ευάγγελος Διαμαντόπουλος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καθηγητής Ευάγγελος Διαμαντόπουλος

Καθηγητής Διονύσιος Μαντζαβίνος

Επικ. Καθηγητής Νικόλαος Ξεκουκουλωτάκης



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου, δεν μπορώ να μην ευχαριστήσω όλα τα άτομα που βοήθησαν, ο καθένας με τον τρόπο του, στην πραγματοποίησή της.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Διαμαντόπουλο για τη συνεχή και εποικοδομητική καθοδήγηση και άψογη συνεργασία μας, για την επιλογή και εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς επίσης για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, για την συνεργασία μας με το *Department of Water Management*, του *Technische Universiteit Delft*.

Ιδιαίτερα, ευχαριστώ και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής του Πολυτεχνείου Κρήτης, Καθηγητή Δ. Ματζαβίνο και Επ.Καθηγητή Ν. Ξεκουκουλωτάκη για την διάθεση των γνώσεων τους στη διόρθωση και αξιολόγηση της παρούσας εργασίας. Το Εργαστήριο Ατμοσφαιρικών Αιωρούμενων Σωματιδίων για τη διάθεση των μετεωρολογικών δεδομένων στα Χανιά.

Οφείλω να ευχαριστήσω το συνεργαζόμενο εργαστήριο Sanitary Engineering του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου του Delft, Ολλανδία, για τη διάθεση της μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης και τη δυνατότητα που μας έδωσε να εργαστούμε με συναδέλφους στο μεγάλο διατμηματικό project “Drinking with the Sun”. Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στον καθηγητή S.G.J Heijman και στον μεταπτυχιακό συνάδελφο, Peter De Jong, για τις υποδείξεις και τη γνώση που αποκόμισα εργαζόμενη μαζί του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα το προσωπικό του εργαστηρίου «Τεχνολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος» για την άψογη συνεργασία και στήριξη καθ’ όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής των πειραμάτων και ιδιαίτερα την υπεύθυνη Ελισάβετ Κουκουράκη.

Τέλος, ένα ολόψυχο ευχαριστώ στους γονείς μου, Μάρω και Κώστα, για του ορίζοντες που μου άνοιξαν και μου ανοίγουν από την αρχή της ζωής μου.

Σφυνιά Χρυσούλα, Χανιά 2012

Στην Έλενα, την Λαμπρινή και την Αντιγόνη...

“...mirando el mundo al revés...”

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
2.	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
2.1.1	ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ	16
2.1.2	ΠΗΓΕΣ ΝΕΡΟΥ	17
2.1.3	ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ & ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ ΛΟΓΩ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	19
2.2	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (DESALINATION) – Η ΛΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΕΙΨΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	21
2.2.1	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	23
2.2.2	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ (REVERSE OSMOSIS) – Η ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ	25
2.2.2.1	ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	26
2.2.2.2	ΠΙΕΣΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ	28
2.2.2.3	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	28
2.3	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ – ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	31
2.3.1	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ & ΑΠΕ	32
2.3.2	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΑΠΕ	34
2.4	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕΣΩ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	36
2.4.1	ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	37
2.4.2	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (PV-RO)	37
2.4.2.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ PV-RO ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	38
2.4.2.2	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ PV-RO ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	39
2.5	ΜΟΝΑΔΕΣ PV – RO ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (BATTERY-LESS PV-RO)	41
2.5.1	ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ PV-RO & ΣΥΣΤΗΜΑ PV-RO ΧΩΡΙΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ	42
3.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
3.1	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	46
3.1.1	ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	47
3.1.2	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ	47
3.1.3	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ - LINEAR CURRENT BOOSTER (LCB)	48
3.1.4	ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	49
3.2	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	51

3.3	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	52
3.3.1	ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ PV-RO.....	52
3.3.2	ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ PV-RO	54
3.3.3	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	55
3.4	ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	56
3.4.1	ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	56
3.4.2	ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΗ.....	56
3.4.3	ΜΕΤΡΗΣΗ TDS.....	56
3.4.4	ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	57
3.4.5	ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΛΟΤΗΤΑΣ.....	58
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ	
4.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ, ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ & ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	59
4.2	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	62
4.3	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	65
4.3.1	ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ – ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	65
4.3.1.1	ΗΜΕΡΑ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	65
4.3.1.2	ΗΜΕΡΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	71
4.3.1.3	ΗΜΕΡΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	77
4.3.2	ΦΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ – ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	81
4.3.2.1	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ – CONDUCTIVITY.....	81
4.3.2.2	ΡΗ	81
4.3.2.3	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ – HARDNESS	81
4.3.2.4	ΘΟΛΟΤΗΤΑ –TURBIDITY	82
4.3.2.5	TDS – TOTAL DISSOLVED SOLIDS	82
4.3.2.7	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΓΙΑ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ	83
4.3.3	ΦΑΣΗ ΤΡΙΤΗ – ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	84
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	
5.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
5.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	89
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 2.1:	Η έλλειψη του πόσιμου νερού στον κόσμο από το 1995 -2025
ΕΙΚΟΝΑ 2.2:	Σύνολο δυναμικότητας εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης ανά χώρα
ΕΙΚΟΝΑ 2.3:	Βασικές διεργασίες αφαλάτωσης
ΕΙΚΟΝΑ 2.4:	Παγκόσμια εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης ανά διεργασία
ΕΙΚΟΝΑ 2.5:	Σχηματική περιγραφή ώσμωσης & αντίστροφης ώσμωσης
ΕΙΚΟΝΑ 2.6:	Διαγραμματική απεικόνιση αφαλάτωσης μέσω αντίστροφης ώσμωσης
ΕΙΚΟΝΑ 2.7:	Σχηματική απεικόνιση σπειροειδούς μεμβράνης: (a) Όψη και (b) Τομή
ΕΙΚΟΝΑ 2.8:	Πιθανοί συνδυασμοί διεργασιών αφαλάτωσης αιολικών & ηλιακών συστημάτων
ΕΙΚΟΝΑ 2.9:	Κατανομή των ανανεώσιμων τεχνολογιών αφαλάτωσης
ΕΙΚΟΝΑ 2.10:	Μέση ηλιοφάνεια στον κόσμο σε διάρκεια 19 χρόνων (1981-2000)
ΕΙΚΟΝΑ 2.11:	Γενικό σχέδιο μιας PV-RO μονάδας αφαλάτωσης
ΕΙΚΟΝΑ 2.12:	Τυπικό PV-RO σύστημα με μπαταρίες στο νησί Lampedusa
ΕΙΚΟΝΑ 3.1:	Η πειραματική διάταξη αφαλάτωσης στο Εργαστήριο
ΕΙΚΟΝΑ 3.2:	Συστοιχία φωτοβολταϊκών πάνελ
ΕΙΚΟΝΑ 3.3:	Linear Current Booster
ΕΙΚΟΝΑ 3.4:	Ψηφιακό περιβάλλον καταγραφικού δεδομένων
ΕΙΚΟΝΑ 3.5:	Διάγραμμα ροής μονάδας αφαλάτωσης PV-RO
ΕΙΚΟΝΑ 3.6:	Σημεία μέτρησης μεταβλητών στο σύστημα
ΕΙΚΟΝΑ 3.7:	Τιτλοδότηση δείγματος
ΕΙΚΟΝΑ 4.1:	Ακριβής τοποθεσία Πολυτεχνείου Κρήτης & σημείου τροφοδοσίας
ΕΙΚΟΝΑ 5.1:	Σχηματική απεικόνιση φυσικής αφαλάτωσης
ΕΙΚΟΝΑ 7.1:	Δεξαμενή αποθήκευσης διηθήματος για έκπλυση
ΕΙΚΟΝΑ 7.2:	Αντικατάσταση μεμβράνης νανοδιήθησης προεπεξεργασίας

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1:	Εκτίμηση για την παγκόσμια κατανομή υδάτινων πόρων
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2:	Συνολική δυναμικότητα & αριθμός μονάδων αφαλάτωσης παραγωγής ≥ 100 m ³ /μονάδα γλυκό νερό
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3:	Σύγκριση των χαρακτηριστικών των βασικών τεχνολογιών αφαλάτωσης
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4:	Χαρακτηριστικά PA & CA υλικά μεμβρανών

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5:	Οι πλέον υποσχόμενοι συνδυασμοί διεργασιών αφαλάτωσης με ΑΠΕ
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6:	Σύνοψη συγκριτικής μελέτης PV-RO συστημάτων
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1:	Χαρακτηριστικά στέγης – PV Πάνελ
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:	Υπολογισμοί συμπληρωματικών παραμέτρων 02/07/2011
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:	Υπολογισμοί συμπληρωματικών παραμέτρων 05/07/2011
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3:	Σύγκριση τιμών των μετρούμενων παραμέτρων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1:	Παγκόσμια εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης με βάση το νερό τροφοδοσίας
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1:	Μέση ηλιακή ακτινοβολία για το 2011.
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2:	Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία για τους καλοκαιρινούς μήνες 2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3:	Μέση βροχόπτωση & θερμοκρασία το 2011.
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4:	Γράφημα ηλιακής ακτινοβολίας- χρόνου 02/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5:	Γράφημα ισχύς αντλίας - χρόνου 02/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6:	Γράφημα πίεσης μεμβράνης- χρόνου 02/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7:	Γράφημα παροχής διηθήματος- χρόνου 02/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8:	Γράφημα αγωγιμότητας διηθήματος- χρόνου 02/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9:	Γράφημα απόρριψης αλάτων- χρόνου 02/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10:	Γράφημα ηλιακής ακτινοβολίας- χρόνου 05/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11:	Γράφημα ισχύος αντλίας - χρόνου 05/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12:	Γράφημα πίεσης μεμβράνης- χρόνου 05/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13:	Γράφημα παροχής διηθήματος- χρόνου 05/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.14:	Γράφημα αγωγιμότητας διηθήματος- χρόνου 05/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.15:	Γράφημα απόρριψης αλάτων- χρόνου 05/07/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16:	Γράφημα ηλιακής ακτινοβολίας- χρόνου 14/06/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.17:	Γράφημα ισχύς αντλίας - χρόνου 14/06/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.18:	Γράφημα πίεσης μεμβράνης- χρόνου 14/06/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.19:	Γράφημα παροχής διηθήματος- χρόνου 14/06/2011
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20:	Διακυμάνσεις θερμοκρασίας νερού τροφοδοσίας
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.21:	Γράφημα ηλιακής Ακτινοβολίας - Αγωγιμότητας Α
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.22:	Γράφημα ηλιακής Ακτινοβολίας - Αγωγιμότητας Β

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Autonomous Desalination System Concepts for Sea Water and Brackish Water in Rural Areas with
ADIRA	Renewable Energies
DC	Συνεχές ρεύμα (Direct current)
ED	Ηλεκτροδιαπήδηση (Electro dialysis)
MD	Membrane Distillation
MED	Απόσταξη πολλών βαθμίδων (Multi Effect Distillation)
MENA	Χώρες της Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής (Middle Eastern and North African)
MSF	Πολυβάθμια Εκρηκτική εξάτμιση (Multi Stage Flash)
psi	Μονάδα μέτρησης πίεσης (Pressure per square inch)
PV	Φωτοβολταϊκά (Photovoltaic)
PV-RO	Φωτοβολταϊκά συστήματα αντίστροφης ώσμωσης
RES	Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable Energy Systems)
RO	Αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis)
TDS	Ολικά διαλυμένα στερεά (Total Dissolved Solids)
VC	Συμπύκνωση ατμού (Vapor Compression)
KWh	Κιλοβατώρα (Kilo Watt-hour)
WHO	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική έχει θέμα **“Αφαλάτωση μέσω Αντίστροφης Ώσμωσης με χρήση φωτοβολταϊκών”** και διενεργήθηκε στα πλαίσια μιας διατμηματικής έρευνας με τίτλο, *“Drinking with the Sun”*, σε συνεργασία με το *Technische Universiteit Delft* της Ολλανδίας. Η έρευνα αυτή περιλάμβανε το συνδυασμό της ενέργειας των φωτοβολταϊκών με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, ώστε να ευρεθεί η πιο αποδοτική και συνάμα οικονομικά βιώσιμη μέθοδος αφαλάτωσης. Αυτή η τεχνολογία πλέον μπορεί να προσφέρει ασφαλές πόσιμο νερό σε απομακρυσμένες παράκτιες περιοχές, με έντονη λειψυδρία και παρατεταμένη ξηρασία αλλά άφθονη ηλιοφάνεια.

Η αυξανόμενη ζήτηση πόσιμου νερού σε συνδυασμό με την αύξηση της ανησυχίας για τα επίπεδα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων έχουν προετοιμάσει το έδαφος για την συνέργεια της αφαλάτωσης με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι, από τη φύση της, κυμαινόμενη, ενώ τα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν σε σταθερές συνθήκες. Στην πλειοψηφία των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων ενέργειας, χρησιμοποιούνται ηλιακές μπαταρίες για αποθήκευση της ενέργειας. Από τη βιβλιογραφία ωστόσο, διαπιστώνεται ότι το ερευνητικό ενδιαφέρον μετά το 2002 έχει μετατοπιστεί στα συστήματα αφαλάτωσης φωτοβολταϊκών *χωρίς μπαταρίες*, που λειτουργούν σε συνθήκες μεταβαλλόμενης ισχύος, λόγω του οικονομικού και συχνά περιβαλλοντικού κόστους, της συντήρησης και αντικατάστασή τους. Χωρίς μπαταρίες, η μονάδα έχει να αντιμετωπίσει μεταβλητές καταστάσεις της ροής και της πίεσης που εναρμονίζονται με τις στιγμιαίες ατμοσφαιρικές συνθήκες. Οι μεμβράνες και οι αντλίες, όμως, είναι κατασκευασμένες για να αποδίδουν σε συνθήκες σταθερής λειτουργίας. Ο σχεδιασμός ενός battery-less συστήματος το οποίο θα είναι βιώσιμο και αποδοτικό συγχρόνως αποτελεί τη βασικότερη πρόκληση στον τομέα της αφαλάτωσης μέσω αντίστροφης ώσμωσης με χρήση φωτοβολταϊκών.

Η συγκεκριμένη εργασία περιλαμβάνει αρχικά τη μελέτη μιας αντλίας, *Pearson Pump* της *Spectra Watermakers*, που είναι μοναδική στον τρόπο που ενσωματώνει έναν καινοτόμο μηχανισμό ανάκτησης ενέργειας σε συστήματα μικρής κλίμακας. Η μονάδα της αντίστροφης ώσμωσης μελετήθηκε σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, ηλιακής ακτινοβολίας και νερού τροφοδοσίας.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής ήταν να μελετηθούν οι διαφοροποιήσεις της ποιότητας του παραγόμενου νερού της αφαλάτωσης συναρτήσει των μεταβαλλόμενων συνθηκών ηλιοφάνειας. Σε δεύτερη φάση, αναλύθηκε περαιτέρω η ποιότητα του παραγόμενου νερού ώστε να διευκρινιστεί η καταλληλότητά του για πόσιμο νερό. Ενώ τέλος, έγινε και μια προσπάθεια μελέτης της επίπτωσης της θερμοκρασίας του νερού της τροφοδοσίας στην τελική ποιότητά του.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα αυτής της εργασίας, αφενός δείχνουν ότι ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να είναι τεχνικά αποδοτικό σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και αφετέρου συνέβαλαν στην δημιουργία νέων γνώσεων στον τομέα της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού PVRO για μικρά συστήματα χωρίς μπαταρίες.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

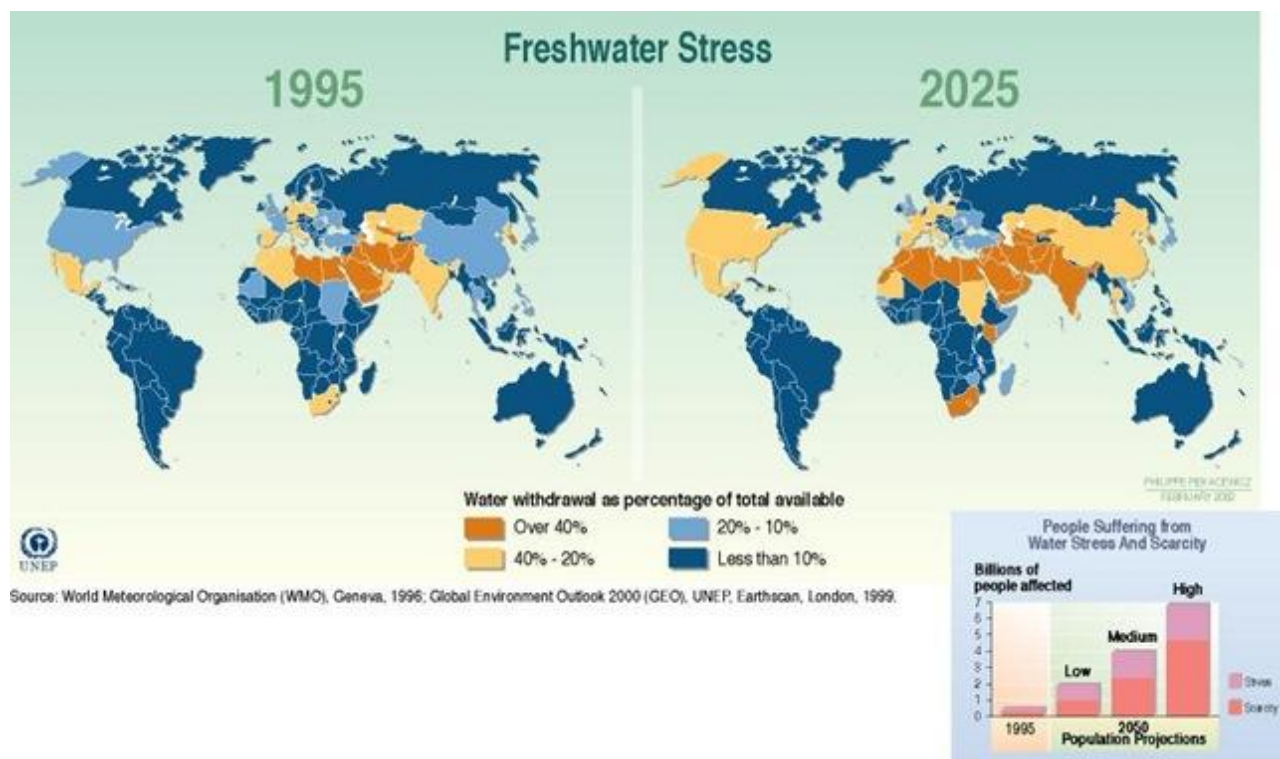
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία του νερού είναι πολύτιμη στη δημιουργία, διατήρηση και ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού. Έχει, άλλωστε, αναγνωριστεί ως βασικό ανθρώπινο δικαίωμα. Μεγάλες ποσότητες καθαρού νερού απαιτούνται σε πολλά μέρη του κόσμου για αγροτική, βιομηχανική και οικιακή χρήση. Όσον αφορά τη σημερινή κατάσταση, σχεδόν το ένα τέταρτο του παγκόσμιου πληθυσμού υποφέρει από ανεπαρκή παροχή καθαρού νερού (Fiorenza, 2003). Εξ αιτίας της επικείμενης αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού (ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες), η κατάσταση προβλέπεται ότι θα επιδεινωθεί μέσα στις επόμενες δυο δεκαετίες (Eltawil, 2009).

Η σημερινή κρίση που παρατηρείται στο ζήτημα του νερού, δεν οφείλεται τόσο στην έλλειψή του, όσο στη δύσκολη πρόσβαση σε αυτό και την ανισοκατανομή. Καθημερινά, η έλλειψη καθαρού πόσιμου νερού και συνθηκών υγιεινής ευθύνονται για εκατοντάδες θανάτους και χαμηλή ποιότητα ζωής σε όλο τον κόσμο. Με βάση τις καταγραφές του ΟΗΕ 884 εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό και σχεδόν 2.5 εκατ. άνθρωποι πεθαίνουν λόγω της λειψυδρίας και των ασθενειών που συνεπάγονται με τις κακές συνθήκες υγιεινής. Η ρύπανση και η εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων και των επιφανειακών νερών έχουν οδηγήσει στη μείωση της ποσότητας και της ποιότητας των διαθέσιμων φυσικών υδάτινων πόρων σε αυτές τις περιοχές, πληροφορίες που έχουμε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO).

2.1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ

Πάνω από τα δύο τρίτα της γήινης επιφάνειας είναι καλυμμένα με νερό. Η διαθεσιμότητα του νερού θα παραμείνει σταθερή στο εγγύς μέλλον. Το μεγαλύτερο κομμάτι του διαθέσιμου νερού συναντάται ως θαλασσινό νερό ή παγόβουνο στις πολικές περιοχές. Περίπου το 97% από το νερό του πλανήτη είναι αλμυρό, ενώ το υπόλοιπο είναι γλυκό. Ωστόσο, λιγότερο από τα 1% του γλυκού νερού είναι στην ανθρώπινη ευχέρεια. Παρά την τεχνολογική ανάπτυξη, τα αποθέματα του ανανεώσιμου καθαρού νερού θα είναι μόνο το 0.3% του παγκόσμιου νερού. Η γεωργία χρησιμοποιεί ένα μεγάλο μέρος του διαθέσιμου καθαρού νερού. Το ποσοστό των αρδευόμενων επιφανειών προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 1/3 το 2010 και κατά 50% μέχρι το 2025. Το νερό για βιομηχανική και οικιακή χρήση αυξάνεται στο διπλάσιο του ποσοστού αύξησης του πληθυσμού. Η κατανάλωση νερού έχει παρατηρηθεί ότι από το 1900 έχει επταπλασιαστεί στο σύνολο, η απαίτηση σε νερό διπλασιάζεται κάθε 20 χρόνια. (Eltawil, 2009) & (Shiklomanov, 1999)



ΕΙΚΟΝΑ 2.1: Η ΕΛΛΕΙΨΗ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΑΠΟ ΤΟ 1995 -2025 (UNEP)

2.1.2 ΠΗΓΕΣ ΝΕΡΟΥ

Οι πηγές νερού που μπορεί να παρέχουν άμεσα χρησιμοποιήσιμο νερό είναι οι εξής:

- ✚ **Ποτάμια:** Όλα τα ποτάμια εκβάλουν σε λίμνες ή στη θάλασσα. Το νερό των ποταμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα με μικρή σχετικά κατεργασία εφόσον δεν δέχονται βιομηχανικά ή αστικά απόβλητα.
- ✚ **Λίμνες:** Η ποιότητα του νερού των λιμνών εξαρτάται από την ποιότητα του νερού των ποταμών που εκβάλουν σε αυτές.
- ✚ **Υπόγειο νερό:** Τα υπόγεια νερά περιλαμβάνουν κυρίως τα διάφορα φυσικά ή τεχνητά πηγάδια. Περίπου η μισή ποσότητα του νερού βροχόπτωσης ή χιονιού και χαλαζιού αποθηκεύεται εντός του εδάφους ενισχύοντας τον υδροφόρο ορίζοντα.
- ✚ **Θαλάσσιο νερό:** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για βιομηχανική και οικιακή χρήση μετά από επεξεργασία αφαλάτωσης

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ (Gleick, 1996)

Μορφή Νερού	Όγκος νερού σε κυβικά χλμ	Ποσοστό γλυκού νερού	Ποσοστό συνολικού νερού
Ωκεανοί, Θάλασσες & Κόλποι	1.338.000.000	-	96,5
Παγόβουνα, Παγετώνες & Μόνιμο χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο Νερό	23.400.000	-	1,7
• Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
• Αλμυρό	12.870.000	-	0,94
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος & Παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες	176.400	-	0,013
• Γλυκές	91.000	0,26	0,007
• Αλμυρές	85.400	-	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.470	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	1.386.000.000	-	100

Η πλέον ανεξάντλητη πηγή νερού είναι προφανώς το θαλασσινό νερό και σε αυτό εστιάζεται τα τελευταία χρόνια η προσπάθεια κατεργασίας του, μέσω διεργασιών αφαλάτωσης για την παραγωγή γλυκού νερού.

Οι πηγές γλυκού νερού είναι σχεδόν εξαντλημένες σε πολλές χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής (Essam, 2008). Εκτιμάται ότι ο πληθυσμός θα αυξηθεί μέσα στα επόμενα 20 χρόνια (2000-2020) κατά 50% στην Αφρική, 25% στην Ασία, 14% στις ΗΠΑ και, περιέργως, θα μειωθεί κατά 2% στην Ευρώπη.

Είναι προφανές ότι αυτή η υπολογίσιμη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού θα συγκεντρωθεί κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες και ιδιαίτερα στην Αφρική, προκαλώντας σοβαρή έλλειψη νερού. Ως αποτέλεσμα, το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού έρχεται αντιμέτωπο με σοβαρές ελλείψεις σε νερό, με την πλειοψηφία αυτού να βαρύνει τους ανθρώπους που ζουν σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και ραγδαία αναπτυσσόμενες αστικές περιοχές, όπως καταγράφουν τα Ηνωμένα Έθνη.

Η κατάσταση είναι ασφαλώς πολύ ανησυχητική, ειδικά σε χώρες που βρίσκονται εντός της ζώνης της νότιας Μεσογείου. Επίσης, και κάποιες χώρες της νότιας Ευρώπης επηρεάζονται από την έλλειψη πόσιμου νερού και είναι σκόπιμο να λάβουν άμεσα τα κατάλληλα μέτρα για να αποφευχθούν μελλοντικές αρνητικές επιπτώσεις.

Οι προκλήσεις πάνω στο ζήτημα του νερού τον 21^ο αιώνα θα είναι η λειψυδρία, έλλειψη προσβασιμότητας σε αυτό, η υποβάθμιση της ποιότητάς του, η ευαισθητοποίηση από τους ιθύνοντες και το κοινό, η μείωση των χρηματοδοτικών πόρων και ο κατακερματισμός της διαχείρισης του.

2.1.3 ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ & ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ ΛΟΓΩ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Προκειμένου να καθορίσουμε την ποιότητα του νερού και να βρούμε τρόπους ώστε να το καταστήσουμε πόσιμο, πρέπει πρώτα να μελετήσουμε ορισμένους παράγοντες ποιότητας, όπως **η αλατότητα, η αγωγιμότητα, το pH, τα ολικά διαλυμένα στερεά, η θολότητα και η γεύση.**

Αλατότητα στο νερό συνήθως ορίζεται από την περιεκτικότητα (mg/L ή ppm) σε χλώριο (Cl^-) ή από τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS, mg/L or ppm). Ο λόγος Cl/TDS κυμαίνεται από 0.1 σε μη θαλάσσια αλμυρά νερά σε 0.5 σε θαλασσινά. Η αλατότητα του νερού ορίζεται επίσης, και από την ηλεκτρική αγωγιμότητα (*electrical conductivity*- EC).

Με βάση την αλατότητα το νερό μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις ομάδες:

-  Γλυκό νερό (καθαρό): < 1,000 mg/L
-  Υφάλμυρο νερό: 1,000 - 25,000 mg/L,
-  Θαλασσινό νερό: > 25,000 mg/L (WHO,1984)

Το μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου νερού στον πλανήτη έχει αλατότητα μέχρι 10 000 ppm ενώ το θαλασσινό νερό έχει αλατότητα εύρους 35,000–45,000 ppm σε μορφή ολικών διαλυμένων αλάτων.

Εντούτοις, καμία κατευθυντήρια γραμμή υγείας δεν έχει προταθεί για τα TDS. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία που να συνδέονται με την κατάποση TDS στο διαθέσιμο πόσιμο νερό. Ιδιαίτερα για τις ευρωπαϊκές χώρες, με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 98/83/ΕΚ σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού, τα TDS δεν χρησιμοποιούνται πλέον ως δείκτης ποιότητας νερού, αφού η ποσότητά τους εξαρτάται από την εποχικότητα και την πηγή λήψης και επηρεάζουν κυρίως τη γεύση. Εναλλακτικά, ως κατευθυντήρια γραμμή δίνεται η **ηλεκτρική αγωγιμότητα**, της οποίας το όριο έχει καθοριστεί τόσο από την ΕΕ, όσο και από τον WHO, στα **2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$** .

Η κατανάλωση υφάλμυρου νερού έχει συνδεθεί με προβλήματα υγείας. Τα υψηλά επίπεδα αλατότητας συνδέονται και με υψηλές συγκεντρώσεις άλλων ανόργανων ρύπων (π.χ. νάτριο, θειικά, βόριο, φθόριο) και άλλα βιοσυσσωρευτικά στοιχεία (πχ σελήνιο και αρσενικό).

Σε ορισμένα μέρη της Αφρικής, της Κίνας και της Ινδίας, η υψηλή περιεκτικότητα φθορίου σχετίζεται με τα αλμυρά υπόγεια ύδατα και έχει διαπιστωθεί ότι προκαλεί σοβαρές οδοντικές και σκελετικές παθήσεις (Vengosh, 2003).

Όσον αφορά στη θολότητα, το pH και τη γεύση, μόνο ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει δημοσιεύσει τα προτεινόμενα επίπεδα. Οι επιθυμητές τιμές είναι:

✚ pH: 6.5 - 8.5

✚ θολότητα: < 5 NTU

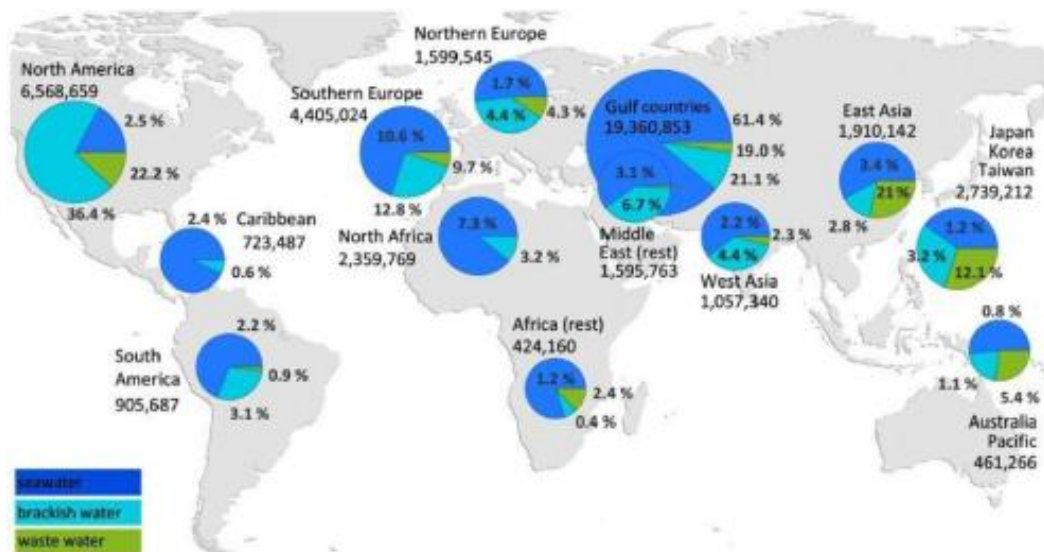
✚ γεύση: αποδεκτή από τον καταναλωτή

Επομένως, η γνώση των κοινωνικών προεκτάσεων της λειψυδρίας σε συνδυασμό με την τεχνογνωσία, μπορούν να ευνοήσουν την επεξεργασία του θαλασσινού νερού για πόσιμο. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους καθαρισμού αλλά και με την **αφαλάτωση**.

Στο *Παράρτημα Ε* παρατίθεται αναλυτικά η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που καθορίζει τις βασικές ποιοτικές προδιαγραφές, τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

2.2 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (DESALINATION) – Η ΛΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΕΙΨΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η αφαλάτωση είναι μια διαδικασία επεξεργασίας του νερού που διαχωρίζει τα άλατα από το αλμυρό νερό για την παραγωγή πόσιμου νερού ή νερού χαμηλής περιεκτικότητας διαλυμένων στερεών (TDS). Η ανθρωπότητα έχει εφαρμόσει τη μέθοδο της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού για την απόκτηση πόσιμου νερού για αιώνες. Σήμερα, η αυξημένη τάση για διενέργεια αφαλάτωσης παρατηρείται σε όλο τον κόσμο ως ένα μέσο για τη μείωση των τρεχουσών και μελλοντικών απαιτήσεων σε νερό. Το κόστος της αφαλάτωσης είναι μεν υψηλό, λόγω υψηλών απαιτήσεων σε ενέργεια, δεν είναι όμως και υψηλότερο από τις άλλες εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να υπάρχουν ή που πρέπει να εφαρμοστούν σε άνυδρες περιοχές του κόσμου (Al-Karaghoul, 2009; Porpin, 1968). Αυτό, λοιπόν, έχει οδηγήσει στο άνοιγμα της αγοράς στον τομέα της αφαλάτωσης, κάτι που τα επόμενα χρόνια θα επεκταθεί περισσότερο κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου, της Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής (MENA)(Ghermandi, 2009). Η κατανομή των εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς και την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη (Εικ. 2.2).



ΕΙΚΟΝΑ 2.2: ΣΥΝΟΛΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΑ ΧΩΡΑ

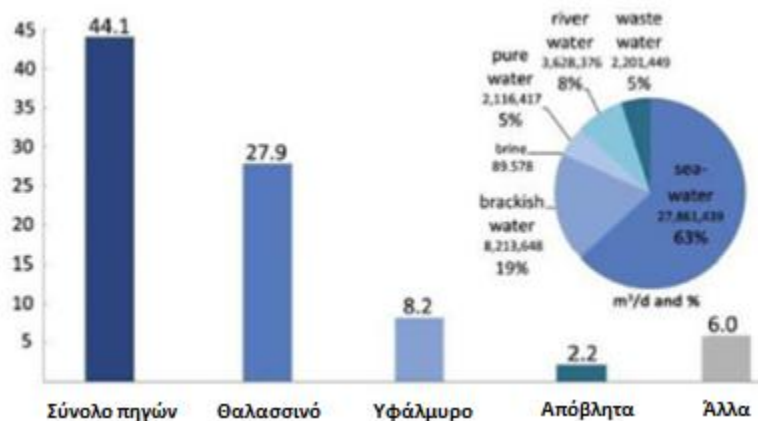
(Lattemann, Elsevier, 2010)

Σε όλο τον κόσμο μέχρι σήμερα, είναι εγκατεστημένες πάνω από 15 000 μονάδες αφαλάτωσης βιομηχανικής κλίμακας και αντιπροσωπεύουν συνολική χωρητικότητα πάνω από **8.5 δισεκατομμύρια γαλόνια/ημέρα** (Quteishat, 2006). Στον Πίνακα 2.2, παρουσιάζεται ο αριθμός των μονάδων αφαλάτωσης (ποσοστά σε παρένθεση) που παράγουν 100 m³/unit ή περισσότερο γλυκό νερό την ημέρα για επιλεγμένες χώρες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ & ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΥΝ 100 m³/ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΓΛΥΚΟ ΝΕΡΟ. (Wangnick, 1992)

ΧΩΡΕΣ	ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (m ³ /D)	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ
Σαουδική Αραβία	3,800,092 (24.4)	1,474 (16.6)
Η.Π.Α	2,372,297 (15.5)	1,901 (21.4)
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	1,655,157 (10.2)	304 (3.4)
Κουβέιτ	1,413,610 (9.1)	155 (1.7)
Ιαπωνία	631,997 (4.1)	859 (9.7)
Λιβύη	629,030 (4.0)	397 (4.5)
Κατάρ	398,189 (2.6)	63 (0.7)
Ισπανία	380,483 (2.0)	312 (3.5)
Ιράκ	332,864 (2.1)	209 (2.4)
Μπαχρέιν	297,841 (1.9)	136 (1.5)
Ιράν	260,609 (1.7)	218 (2.5)

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, αφαλάτωση μπορεί να γίνει με διάφορα είδη νερών τροφοδοσίας, όπως υφάλμυρο, νερό ποταμού, γλυφό ή υγρό απόβλητο. Το Διάγραμμα 2.1 περιγράφει την εγκατεστημένη παγκόσμια δυναμικότητα αφαλάτωσης για τα διάφορα είδη νερών τροφοδοσίας. Αφαλάτωση θαλασσινού νερού εφαρμόζεται στο 63% της παγκόσμιας εγκατεστημένης δυναμικότητας, ακολουθούμενη από την αφαλάτωση του υφάλμυρου νερού με ποσοστό 19%.

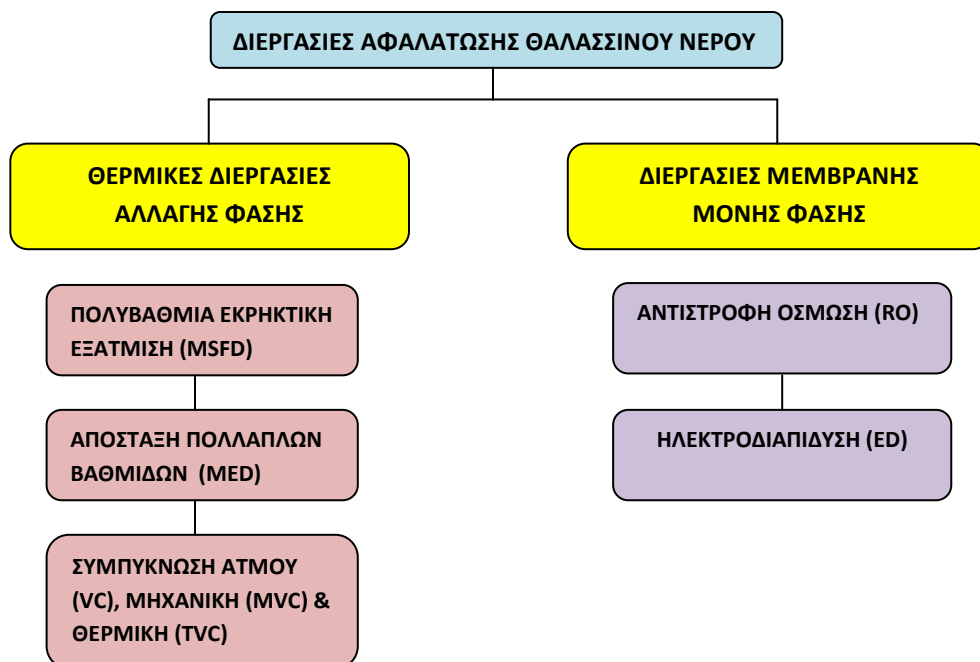


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1: ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ
(ΣΕ ΕΚΑΤΟΜΥΡΙΑ Μ³/D). (Lattemann, Elsevier, 2010)

2.2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Οι βασικές διεργασίες αφαλάτωσης χωρίζονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες διεργασιών (Εικ.2.3):

- (α) Διεργασίες που βασίζονται σε φυσική μεταβολή στην κατάσταση του νερού ή του αποστάγματος μέσω *εξάτμισης*, &
- (β) διεργασίες που εμπεριέχουν χρήση μεμβράνης στις οποίες εφαρμόζεται διήθηση.



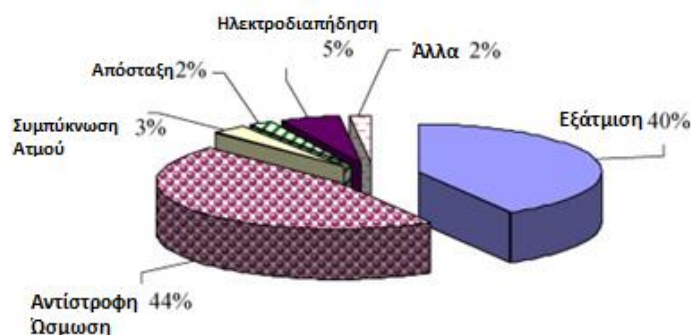
ΕΙΚΟΝΑ 2.3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (Al-Karaghoul, 2009)

Οι διεργασίες αυτές έχουν διακριτές διαφορές, που αφορούν Στην κατανάλωση ενέργειας, την ποιότητα του αποστάγματος ή το κόστος συντήρησης, όπως διακρίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ. (Source: MED-CSD report, Hashem, 2011).

	MED	MSF	MED-TVC	MVC	RO
Ποιότητα νερού παροχής	δεν έχει επίδραση	δεν έχει επίδραση	δεν έχει επίδραση	δεν έχει επίδραση	απαιτείται προεπεξεργασία
Πλέγμα φίλτρου	3 mm	3 mm	3 mm	3 mm	< 50 μ m
Ποιότητα νερού επεξεργασίας (ppm TDS)	1-10 ppm	1-10 ppm	1-10 ppm	1-10 ppm	1 stage: 300 ppm 2 stage: 10-50 ppm
Κατανάλωση θερμότητας	60-100 kWh/t (70 °C)	60-100 kWh/t (120 °C)	50-100 kWh/t (150 °C)	-	-
Κατανάλωση ενέργειας	< 0,5 kWh/t	3-4 kWh/t	< 0,6 kWh/t	8-10 kWh/t	3-6 kWh/t
Κόστος συντήρησης	χαμηλή	χαμηλή	χαμηλή	χαμηλή	μέτριο

Βασιζόμενοι στην εγκατεστημένη δυναμικότητα, η κυρίαρχη τάση στην αγορά είναι η αφαλάτωση με μεμβράνες **αντίστροφης όσμωσης** (RO), με ποσοστό 44% της συνολικής δυναμικότητας (Εικ.2.4). Με μικρότερο αλλά παρόμοιο ποσοστό κατέχει η θερμική διεργασία της **εξάτμισης πολλαπλών σταδίων** (MSF). Άλλες, όπως η *MED*, η **συμπύεση ατμών** (VC) και η **ηλεκτροδιαπίδυση** (ED) δεν εφαρμόζονται ευρέως (Al-Karaghoul, 2009).



ΕΙΚΟΝΑ 2.4: ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ (IDA, 2002)

Σχεδόν όλες οι διεργασίες απαιτούν μια στοιχειώδη χημική προεπεξεργασία του τροφοδοτούμενου νερού, για να μειώσουμε την ύπαρξη ανεπιθύμητων συστατικών στο νερό της τροφοδοσίας, τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν αφρισμό, διάβρωση, ανάπτυξη μικροοργανισμών, καθώς και πλήρωση της μεμβράνης. Μια τυπική προεπεξεργασία μπορεί να περιλαμβάνει χλωρίωση, κροκίδωση, προσθήκη οξέος, διήθηση και αποχλωρίωση.

Το είδος της προεπεξεργασίας που εφαρμόζεται εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά του νερού τροφοδοσίας, τη διάρθρωση και είδος μεμβράνης, το ρυθμό ανάκτησης και την ποιότητα του νερού που θέλουμε να λάβουμε. Απαιτείται, συνήθως, χημική επεξεργασία και μετά την αφαλάτωση, ειδικά αν το νερό της εξόδου προορίζεται για πόσιμο (Khawaji, 2008).

2.2.2 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ (REVERSE OSMOSIS) – Η ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

Μεταξύ των τεχνολογιών αφαλάτωσης, η πιο ενεργειακά αποδοτική μέθοδος είναι η αντίστροφη ώσμωση (Kalogirou, 2005) που έχει επίσης και τα πλεονεκτήματα να είναι ευέλικτη στη χρήση και στη διαστασιολόγηση. Η διεργασία της αντίστροφης όσμωσης (RO) αποτελείται από τρία βασικά στάδια: (α) προεπεξεργασία, (β) διαπέραση της μεμβράνης και (γ) τελική επεξεργασία (Al-Mutaz, 1996). Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από τις μεμβράνες, αντλίες υψηλής πίεσης, εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας και συσκευές ανάκτησης ενέργειας, όπου απαιτείται (Charcosset, 2009).

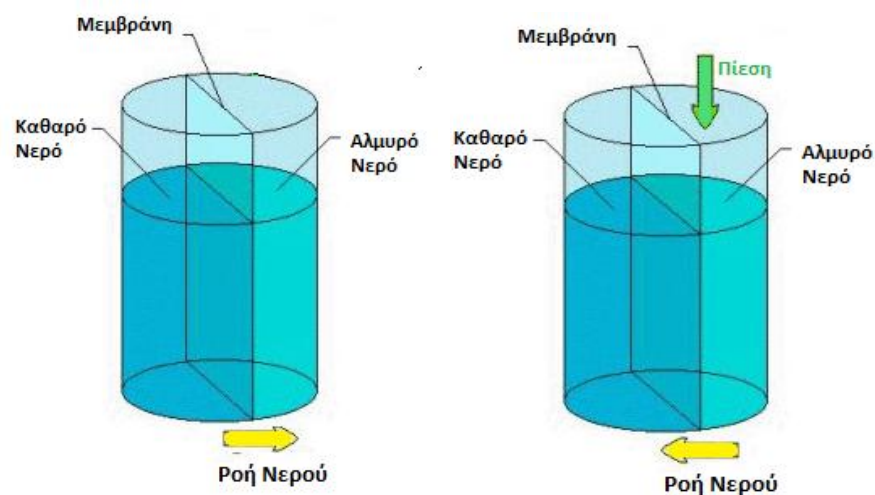
Ένας από τους λόγους για αυτό είναι ότι η αντίστροφη ώσμωση είναι εμπορικά διαθέσιμη σε μια ποικιλία μεγεθών και είναι μία από τις τεχνολογίες με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, περίπου **3-10 kWh** ηλεκτρικής ενέργειας **ανά m^3** πόσιμου νερού που παράγεται από θαλασσινό νερό (Charcosset, 2009). Επιπλέον, το υψηλό ποσό ανακτηθέντος νερού-προϊόντος (έως 55%), η σπονδυλότητα των συστημάτων, το χαμηλό κόστος επένδυσης ανά μονάδα, η ευελιξία στη θέση εγκατάστασης, η εκκίνηση και ο τερματισμός της διεργασίας, αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα της αντίστροφης ώσμωσης (Herold, 2001), καθιστώντας την καλύτερη εναλλακτική λύση για πόσιμο νερό, σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως νησιά ή χωριά σε παράκτιες ζώνες (Kaldellis, 2004).

Τα τελευταία 20 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί εκατοντάδες έρευνες στον τομέα για τη βελτίωση της τεχνολογίας της αντίστροφης όσμωσης, με αποτέλεσμα τη δραματική μείωση τόσο του αρχικού κεφαλαίου, όσο και του κόστους λειτουργίας. Η μεγαλύτερη πρόοδος έχει επιτευχθεί ωστόσο στις ίδιες τις μεμβράνες. Πλέον χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αντοχή στη συμπίεση, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, υψηλότερη δυνατότητα ανάκτησης και βελτιωμένη ροή (Khawaji, 2008).

Για όλους τους παραπάνω λόγους, η αντίστροφη ώσμωση αποτελεί την τεχνολογία αφαλάτωσης με συνεχείς βελτιώσεις με σκοπό τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους του παραγόμενου νερού (Eltawil, 2009).

2.2.2.1 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Η ώσμωση είναι μια φυσική διαδικασία της ροής μέσα από μια ημιπερατή μεμβράνη. Όταν έχουμε καθαρό νερό της ίδιας θερμοκρασίας και στις δύο πλευρές της μεμβράνης η πίεση στις δύο πλευρές είναι επίσης ίση, τότε δεν θα ρέει καθόλου νερό μέσω αυτής. Όταν όμως διαλύσουμε αλάτι από τη μία πλευρά (Εικ. 2.5), θα παρατηρήσουμε ροή νερού μέσω της μεμβράνης, από το καθαρό νερό στο νερό που περιέχει άλατα, γιατί η φύση προσπαθεί να εξισώσει τις διαφορές συγκέντρωσης (Haynie, 2001).

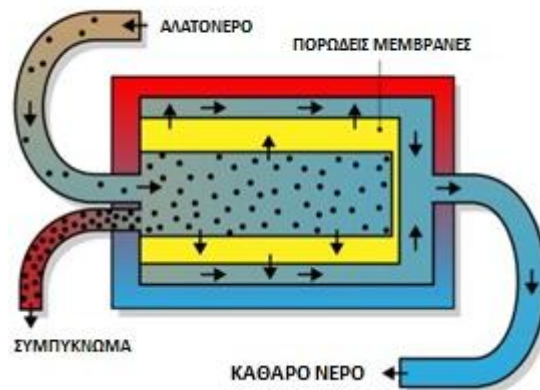


ΕΙΚΟΝΑ 2.5: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΩΣΜΩΣΗΣ & ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ.

(The American Heritage® Dictionary of the English Language, 2010)

Όταν στο διάλυμα, όμως, ασκηθεί εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση του διαλύματος (δηλ. $P_{\text{εξ}} > P$), τότε το φαινόμενο αντιστρέφεται και μόρια διαλύτη θα εξέρχονται από το διάλυμα προς τον καθαρό διαλύτη (ή από το πυκνότερο προς το αραιότερο διάλυμα). Το φαινόμενο αυτό λέγεται **αντίστροφη ώσμωση**. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλύματος, αφού απομακρύνεται μέρος από την ποσότητα του διαλύτη.

Πρακτικά, το αλμυρό νερό της τροφοδοσίας αντλείται μέσα σε ένα κλειστό δοχείο, όπου και του ασκείται πίεση έναντι της μεμβράνης (Εικ. 2.6). Δεδομένου ότι ένα μέρος από το νερό περνά διαμέσω της μεμβράνης, η περιεκτικότητα σε αλάτι του υπόλοιπου νερού αυξάνεται. Ένα μέρος λοιπόν αυτού απορρίπτεται, ως συμπύκνωμα, χωρίς να περάσει μέσω της μεμβράνης. Δεν απαιτείται θέρμανση ή διαχωρισμός φάσης. Οι μονάδες της αντίστροφης ώσμωσης έχουν μια απόρριψη αποβλήτων (συμπύκνωμα) που μπορεί να κυμαίνεται από 35% έως 100% της παραγωγής του φρέσκου νερού, ανάλογα με το νερό της τροφοδοσίας. Το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας στην αφαλάτωση καταναλώνεται από τις αντλίες που συμπιέζουν το νερό της τροφοδοσίας.



ΕΙΚΟΝΑ 2.6: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕΣΩ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗΣ. (Al-Karaghoul, 2009)

2.2.2.2 ΠΙΕΣΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για την αντίστροφη όσμωση έχουν ένα πυκνό στρώμα πολυμερούς, όπου λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η μεμβράνη έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει μόνο το νερό να περάσει μέσα από αυτό το πυκνό στρώμα, ενώ παρεμποδίζεται η διέλευση των διαλυτών ουσιών (όπως τα ιόντα αλατιού).

Αυτή η διαδικασία απαιτεί υψηλή πίεση, συνήθως 2-17 bar (30 έως 250 psi) για το καθαρό και το υφάλμυρο νερό, **40-82 bar** (600 - 1.200 psi) για θαλασσινό νερό, το οποίο έχει περίπου **27 bar** (390 psi) φυσική ωσμωτική πίεση που πρέπει να ξεπεραστεί (Glaser, 1998).

Νερό υψηλότερης αλατότητας απαιτεί περισσότερη ενέργεια για να ξεπεράσει την οσμωτική πίεση, ενώ το σύστημα της αντίστροφης όσμωσης χρειάζεται μόνο μηχανική ενέργεια για να αυξήσει την πίεση του νερού τροφοδοσίας.

2.2.2.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Γενικά, οι μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης κατασκευάζονται από δύο υλικά: *αρωματικά πολυαμίδια* (PA) ή *εστέρες κυτταρίνης* (CA). Η επιλογή ενός από αυτούς τους τύπους της μεμβράνης εξαρτάται από τις ανάγκες της μονάδας αφαλάτωσης.

Οι μεμβράνες πολυαμιδίων (PA) επιλέγονται πιο συχνά στην αγορά της επεξεργασίας του νερού σήμερα. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής απόρριψής τους σε αλάτι και τις χαμηλότερες πιέσεις λειτουργίας σε σύγκριση με τις παλαιότερες μεμβράνες κυτταρίνης (CA). Άλλα πλεονεκτήματα είναι η ικανότητά τους να αντέχουν σε ακραίες συνθήκες pH και υψηλές θερμοκρασίες.

Ωστόσο, ένα βασικό τους μειονέκτημα είναι ευαισθησία τους σε οξειδωτικές ενώσεις. Παρόλο που οξειδωτικά, όπως το ελεύθερο χλώριο, μπορεί να αφαιρεθεί από τις υδάτινες πηγές για την αποφυγή ζημιάς στη μεμβράνη, το πολυαμιδικό σύστημα μεμβρανών καθίσταται ευάλωτο σε ανεπιθύμητη μικροβιακή ανάπτυξη. Η βιοσυσσώρευση αυτή είναι η πιο συχνή αιτία κακής απόδοσης ενός συστήματος αντίστροφης όσμωσης. Επίσης, οι μεμβράνες πολυαμιδίων παρουσιάζουν ανιονικό επιφανειακό φορτίο.

Η επιφανειακή αυτή φόρτιση περιορίζει τη χρήση κατιονικών πηκτικών και κροκιδωτικών υλικών. Αν λοιπόν αυτά, εισάγονται στη ροή τροφοδοσίας, κινδυνεύουμε να έχουμε μόνιμη φραγή των μεμβρανών της αντίστροφης ώσμωσης (Gare, 2002).

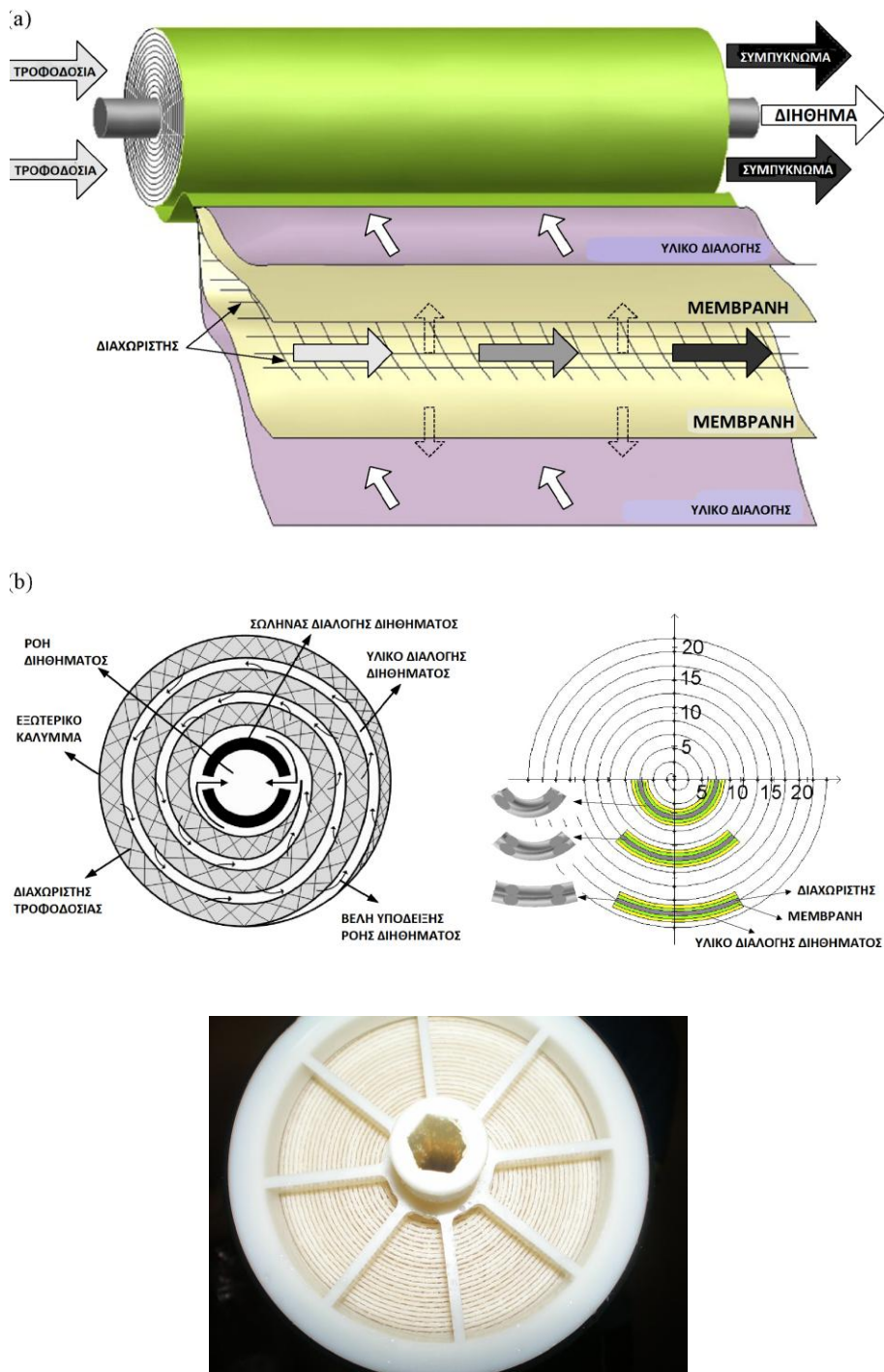
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ PA & CA ΥΛΙΚΑ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ (Gare, 2002)

	ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΑ	ΕΣΤΕΡΕΣ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗΣ
Απόρριψη αλατιού	>99%	~ 95%
Κινητήρια Πίεση	150-250 psi	200-400 psi
Προεπεξεργασία	Αναγκαία	Προτείνεται
Όρια pH	1-13	4-6
Επιφανειακή Φόρτιση	Ανιονική	Ουδέτερη
Συχνότητα καθαρισμού	Συχνή	Σπάνια
Αφαίρεση Οργανικών	Αποτελεσματική	Καλή
Βιοσυσσώρευση	Προβληματική	Οχι προβληματική
Οξειδωτικά	Όχι ανεκτικά	Ανεκτικά

Τα περισσότερα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης και κυρίως τα μεγάλης κλίμακας (>455 L/min), χρησιμοποιούν τις λεγόμενες **σπειροειδείς μεμβράνες** (Εικόνα 2.7). Στις σπειροειδείς μεμβράνες, ένας ευλύγιστος διαχωριστής τοποθετείται ανάμεσα σε δύο επίπεδα φύλλα μεμβράνης. Η μεμβράνη σφραγίζεται στις τρεις πλευρές, ενώ η ανοιχτή πλευρά συνδέεται σε ένα διάτρητο σωλήνα (σωλήνας διαλογής διηθήματος). Τα φύλλα τυλίγονται γύρω γύρω σε σφιχτή κυκλική διαστρωμάτωση. Ο όρος σπείρα προέρχεται από το γεγονός ότι η *ροή του νερού μέσα σε αυτήν την κατασκευή ακολουθεί έναν σπειροειδή σχηματισμό* (Metcalf & Eddy, 2003).

Η σπειροειδείς μεμβράνες χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω του συμπαγούς χαρακτήρα τους. Δηλαδή μια μεγάλη περιοχή μεμβράνης μπορεί να είναι συσκευασμένη σε ένα μικρό όγκο.

Επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση κόστους από την άποψη των δοχείων πίεσης, των σωληνώσεων και των αντλιών. Ο σπειροειδής σχεδιασμός αυξάνει τη δυνατότητα υψηλής ανάκτησης των συστημάτων και εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της χαμηλής προσφοράς πίεσης.



ΕΙΚΟΝΑ 2.7: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ: (Α) ΟΨΗ ΚΑΙ (Β) ΤΟΜΗ. (Yu-Ling Li, 2008)

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ – ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

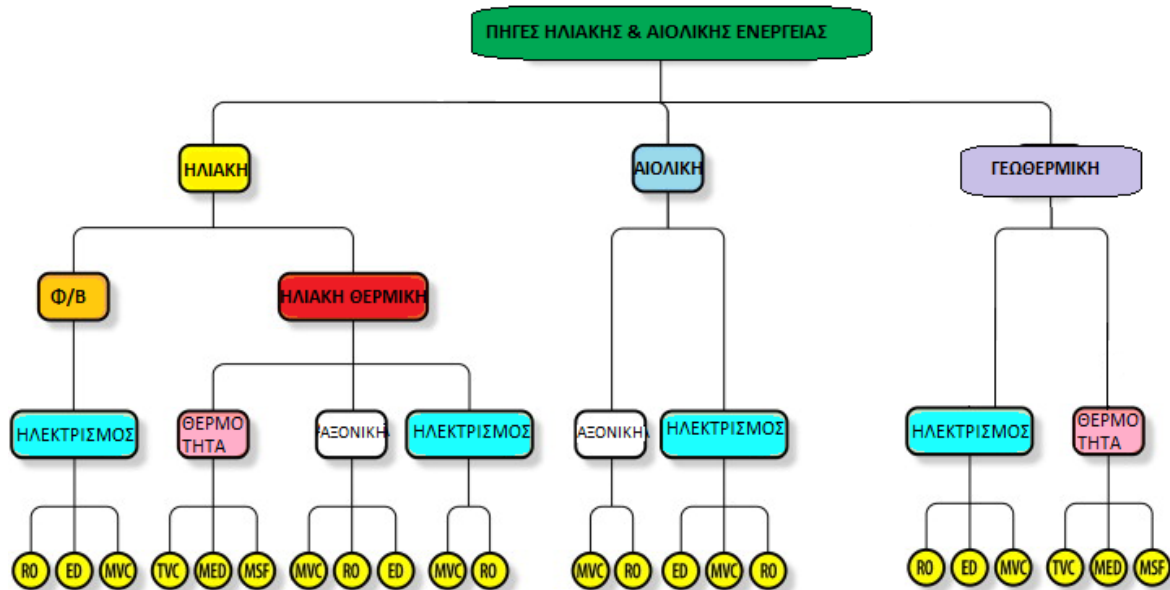
Η αυξανόμενη ζήτηση πόσιμου νερού σε συνδυασμό με την αύξηση της ανησυχίας για τα επίπεδα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων έχουν προετοιμάσει το έδαφος για τη συνέργεια της αφαλάτωσης με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από καιρό έχει προταθεί ότι οι μικρές κλίμακας μονάδες αφαλάτωσης, που θα λειτουργούν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μπορεί να είναι η πιο οικονομικά αποδοτική λύση για την παροχή πόσιμου νερού σε απομακρυσμένες και απομονωμένες κοινότητες, όπου δεν υπάρχει πρόσβαση ή κατάλληλη υποδομή για δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (Houcine, 1999).

Οι **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας** (ΑΠΕ) μπορούν να αξιοποιηθούν πολύ αποτελεσματικά σε περιοχές όπου η αφαλάτωση κρίνεται απαραίτητη. Πολλές περιοχές σε όλο τον κόσμο που βιώνουν φαινόμενα λειψυδρίας, όπως η Αιγυπτιακή έρημος (Khawaji, 2008), οι αγροτικές περιοχές της Ιορδανίας, απομακρυσμένες κοινότητες στην Αυστραλία (Richards, 2002), τα ελληνικά νησιά (Kaldellis, 2004), οι Κανάριοι Νήσοι (Herold, 2001), η Ιρλανδία και η Ινδία έχουν υψηλό ποσοστό ηλιακού και αιολικού ενεργειακού δυναμικού. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο να διπλασιάσει την αξιοποίηση των ανανεώσιμων ενέργειας. Επίσης, η διακυβερνητική επιτροπή για την κλιματική αλλαγή συστήνει μια παγκόσμια μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 75%, προκειμένου να αποφευχθούν ανεξέλεγκτες συνέπειες για το κλίμα και την οικονομία στο μέλλον. Έτσι, αναμένεται ότι τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα αναπτυχθούν περαιτέρω στο μέλλον, καθώς η αφαλάτωση μέσω ΑΠΕ χαρακτηρίζεται από χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (Eltawil, 2009).

2.3.1 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ & ΑΠΕ

Όσο οι τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναπτύσσονται και εντείνονται οι ανησυχίες για το περιβάλλον, τόσο ευρίσκονται τρόποι να λειτουργούν με ΑΠΕ τα σύγχρονα έργα αφαλάτωσης.

Από τις ανανεώσιμες ενέργειες, στις διεργασίες αφαλάτωσης, αξιοποιείται η αιολική, ηλιακή, θερμική, τα φωτοβολταϊκά και γεωθερμία (Εικ.2.8). Μεταξύ των πολλών πιθανών συνδυασμών αφαλάτωσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μερικοί είναι περισσότερο (ή λιγότερο) υποσχόμενοι όσον αφορά στην οικονομική και τεχνική απόδοση (Geredaki, 2011).



ΕΙΚΟΝΑ 2.8: ΠΙΘΑΝΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ & ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

(Al-Karaghoul, 2009)

Η σωστή αντιστοίχιση τεχνολογίας αφαλάτωσης – ανανεώσιμης ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας, αν θέλουμε το σύστημα να παρέχει ρεύμα και νερό σε λογικό κόστος και ικανοποιητική ποσότητα.

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας αφαλάτωσης-ΑΠΕ εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- ✚ ποσότητα του απαιτούμενου νερού (μέγεθος εγκατάστασης)
- ✚ αλατότητα νερού τροφοδοσίας
- ✚ τοποθεσία
- ✚ διαθεσιμότητα δικτύου ηλεκτροδότησης
- ✚ τεχνική υποδομή
- ✚ το είδος και το δυναμικό των τοπικών ΑΠΕ.

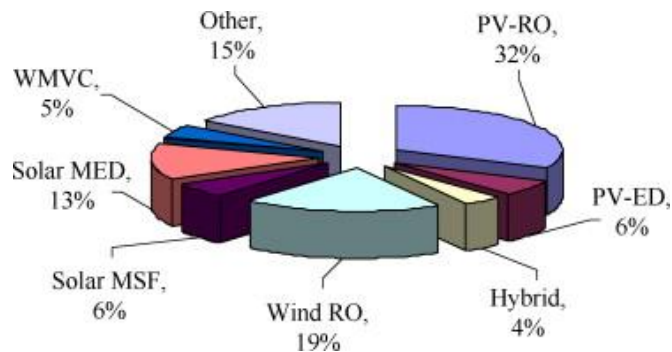
Τα σύγχρονα αυτά συστήματα αφαλάτωσης μπορεί να αποβούν ιδιαίτερα χρήσιμα κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου η σύνδεση με το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο δεν είναι συνεχής ή εφικτή και όπου η λειψυδρία είναι σοβαρή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5: ΟΙ ΠΛΕΟΝ ΥΠΟΣΧΟΜΕΝΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΑΠΕ (Tzen, 2005)

Πηγή ΑΠΕ	Διεργασία Αφαλάτωσης				
	MSF	MED	VC	RO	ED
Αιολική			✓	✓	
Ηλιακή Φωτοβολταικών				✓	✓
Ηλιακή Θερμική	✓	✓			

Ο Πίνακας 2.5 παρουσιάζει τους πλέον υποσχόμενους συνδυασμούς αιολικής και ηλιακής ενέργειας με τις διάφορες τεχνολογίες αφαλάτωσης.

Πιο συχνά επιλέγεται ο συνδυασμός της αντίστροφης ώσμωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς είναι και ο πιο αποτελεσματικός όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας (Charcosset, 2009). Οι μονάδες αυτές είναι κατάλληλες για μικρές κοινότητες σε απομακρυσμένες περιοχές, αν και υπάρχουν και εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Η Εικόνα 2.9 δείχνει την κατανομή των τεχνολογιών αφαλάτωσης που τροφοδοτούνται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, η αντίστροφη ώσμωση μέσω φωτοβολταϊκών (PV-RO) είναι η πιο δημοφιλής επιλογή σχεδιασμού.



ΕΙΚΟΝΑ 2.9: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ. (Tzen, 2005)

2.3.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΑΠΕ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών έχουν κατασκευαστεί πολλά συστήματα αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ. Οι περισσότερες από αυτές τις μονάδες αποτελούν ερευνητικά έργα, μικρής χωρητικότητας (που αντιπροσωπεύουν το 0,02% της συνολικής δυναμικότητας της αφαλάτωσης). Αρκετές από αυτές τις μονάδες δεν υπάρχουν πλέον. Οι περισσότερες είναι πιλοτικές μονάδες, για τις οποίες μετά το πέρας της έρευνας, δεν υπάρχει κανένα ενδιαφέρον ή προϋπολογισμός για τη συνέχιση της λειτουργίας (Al-Karaghoul, 2009).

Οι λόγοι για αυτό σχετίζονται με διάφορα, συχνά συσχετιζόμενα θέματα όπως:

- ✚ **Διαθεσιμότητα**, η γεωγραφική κατανομή των πιθανών ΑΠΕ δεν συνδιάζεται πάντα με την ένταση της ζήτησης του νερού σε τοπικό επίπεδο,
- ✚ **Κόστος**, το αρχικό κόστος εγκατάστασης αλλά και των διαφόρων συνιστωσών του συστήματος εξακολουθεί να είναι μεγάλο. Ακόμα κι αν οι τιμές μειώνονται συνεχώς, λόγω της τεχνολογικών αλμάτων, η εμπορευματοποίηση κρίνεται απαγορευτική σε ευρεία κλίμακα.
- ✚ **Αειφορία**, στις περισσότερες περιπτώσεις, το επίπεδο των διαθέσιμων τεχνολογιών δεν ταιριάζει με το χαμηλό επίπεδο υποδομών, κάτι που χαρακτηρίζει συχνά περιοχές με σοβαρή έλλειψη νερού.

(Mathioulakis, 2007)

Το πραγματικό πρόβλημα στις τεχνολογίες αφαλάτωσης με ΑΠΕ είναι η δυσκολία του βέλτιστου σχεδιασμού και της οικονομικής αξιολόγησης των συνδυασμένων μονάδων, προκειμένου να είναι οικονομικά βιώσιμες σε απομακρυσμένες ή άγονες περιοχές. Η κωλίσια στην εφαρμογή των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδίως σε αναπτυσσόμενες χώρες, οφείλεται και στο γεγονός ότι ακόμη και σήμερα οι κυβερνήσεις επιδοτούν τα συμβατικά καύσιμα για προϊόντα και ηλεκτρική ενέργεια.

Ωστόσο, από τη βιβλιογραφία προβλέπεται, ότι λόγω της μείωσης του κόστους αυτών των τεχνολογιών και την αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων η αφαλάτωση μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα γίνει ανταγωνιστική (Eltawil, 2009).

2.4 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕΣΩ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ

ΩΣΜΩΣΗΣ

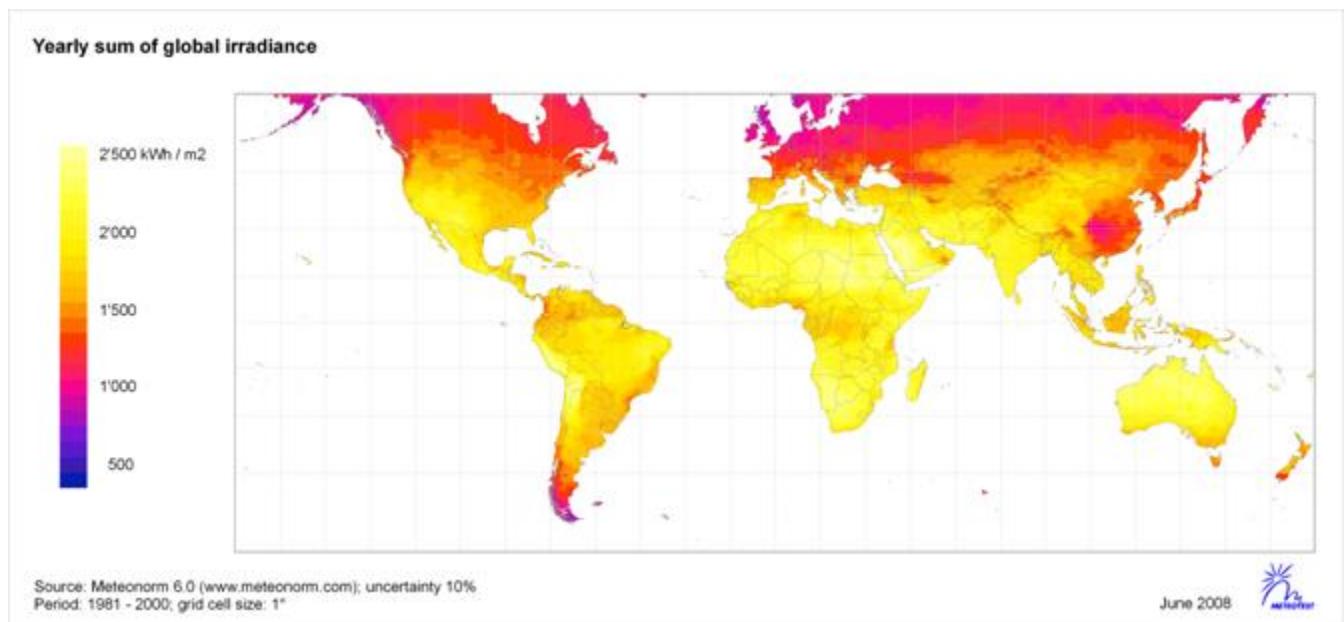
Η πιθανή αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για αφαλάτωση νερού έχει μελετηθεί εκτενώς σε διάφορες δημοσιεύσεις, καθώς επίσης και τα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης με χρήση φωτοβολταϊκών.

Η **αφαλάτωση μέσω ηλιακής ενέργειας**, είναι γενικά η διεργασία αφαλάτωσης (θερμική ή μεμβράνης) που ενεργοποιείται από τη συλλογή και αποθήκευση ηλιακής θερμικής ενέργειας ή την απευθείας μετατροπή της σε ηλεκτρισμό. 165,000 Terawatts ενέργειας φτάνει κάθε λεπτό κάθε ημέρας στον πλανήτη γη από τον Ήλιο εδώ και πάνω από 4 δισεκατομμύρια χρόνια και θα συνεχίσει για τουλάχιστον άλλα τόσα.

Φωτοβολταϊκά συστήματα αντίστροφης ώσμωσης (PV-RO), έχουν τεθεί σε εφαρμογή σε απομακρυσμένες περιοχές της Αιγυπτιακής ερήμου, αγροτικές περιοχές της Ιορδανίας και απομακρυσμένες κοινότητες στην Αυστραλία. Οι Kalogirou (2005), Tzen (2005), Thomson (2002) και πολλοί άλλοι, έχουν αναλύσει τις δυνατότητες και το κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων αντίστροφης ώσμωσης σε συστήματα αφαλάτωσης. Επιπλέον, οι Al Suleimani και Nair (2000) παρουσίασαν μια λεπτομερή ανάλυση κόστους ενός τέτοιου συστήματος που έχει εγκατασταθεί στη βάση Heelat ar Rakah του Υπουργείου Υδάτινων Πόρων στο Ομάν.

2.4.1 ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η υψηλή λειψυδρία είναι ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν απομακρυσμένες περιοχές και απομονωμένες κοινότητες της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής. Ευτυχώς, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές αυτές είναι ευνοϊκές για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Αυτό διακρίνεται στον παρακάτω χάρτη (Εικ.2.10), ο οποίος δείχνει τη μέση παγκόσμια ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για ένα διάστημα 19 χρόνων (1981-2000).



ΕΙΚΟΝΑ 2.10: ΜΕΣΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 19 ΧΡΟΝΩΝ (1981-2000). (Source: Meteonorm)

2.4.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (PV-RO)

Η σύζευξη της ηλιακής ενέργειας με τις τεχνολογίες αφαλάτωσης έχουν περιγραφεί εκτενώς προηγουμένως. Οι μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης (RO) και οι συστοιχίες φωτοβολταϊκών (PV) είναι η πιο συχνή σχεδιαστική επιλογή που εφαρμόζεται στην αφαλάτωση. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.9, τα PV-RO συστήματα αντιπροσωπεύουν το 32% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος (Geredaki, 2011).

Τα PV-RO συστήματα είναι μια αποδοτική τεχνολογία, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, τις σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε συντήρηση και της οικονομική βιωσιμότητας αφαλάτωσης μικρών ποσοτήτων νερού (Essam, 2008).

Για μια ολοκληρωμένη μονάδα αφαλάτωσης αντίστοιχης ώσμωσης με χρήση φωτοβολταϊκών, το κόστος του νερού κυμαίνεται από 5.5 έως 20 € / m³ για συστήματα χωρητικότητας από 120 έως 12 m³/day, αντίστοιχα (ADIRA Handbook, 2008).

2.4.2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ PV-RO ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Έχει ήδη αναφερθεί ότι τα PV-RO συστήματα θεωρούνται ως η πιο πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για αφαλάτωση, ιδιαίτερα για μονάδες μικρής κλίμακας σε απομακρυσμένες περιοχές όπου άλλες τεχνολογίες είναι λιγότερο ανταγωνιστικές.

Αν και έχει διεξαχθεί εκτενής έρευνα σχετικά με τον σχεδιασμό των PV-RO συστημάτων από το 1970, δεν έχει προκύψει μέχρι τώρα μια τυποποιημένη προσέγγιση στον σχεδιασμό.

Σχεδιαστικές λύσεις μπορούν να περιλαμβάνουν ή να παραλείπουν αποθήκευση ενέργειας, μετατροπείς, συσκευές ανάκτησης ενέργειας, κλπ. Παρά την έλλειψη τυποποίησης, ωστόσο, πολλά στοιχεία είναι κοινά σε όλες τις σχεδιαστικές προσεγγίσεις (Ghermandi, 2009).

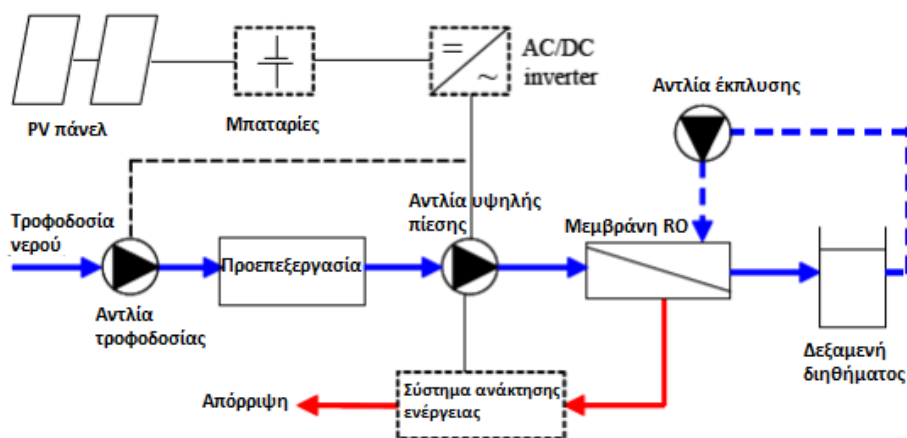
Γενικά, τα βασικά κοινά χαρακτηριστικά των PV-RO συστημάτων είναι:

- ✚ Φωτοβολταϊκοί συσσωρευτές
- ✚ Μονάδες προεπεξεργασίας, όπου αφαιρούνται τα διαλυμένα και ευμεγέθη στερεά του νερού τροφοδοσίας πριν την ροή μέσω των μεμβρανών. Αυτό γίνεται για την προστασία των μεμβρανών και τη μείωση των αποθέσεων σε άλατα που μπορεί να περιορίσει την απόδοση.
- ✚ Αντλίες υψηλής πίεσης, που αυξάνουν την πίεση του νερού τροφοδοσίας στην μεμβράνη μέχρι να υπερπηδηθεί η ωσμωτική πίεση, παρέχοντας έτσι αρκετή ενέργεια διαπεράσει το νερό πέρα από τη μεμβράνη

- ✚ Μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης
- ✚ Μονάδες επεξεργασίας του νερού στην έξοδο, στις οποίες εξουδετερώνεται η οξύτητα του νερού και προστίθεται χλώριο για απολύμανση.

(ADIRA Handbook, MEDA Water)

Ένα γενικό σχεδιαστικό διάγραμμα για PV-RO συστήματος αφαλάτωσης, όπως παρατίθεται στη βιβλιογραφία, φαίνεται στην *Εικόνα 2.11*.



ΕΙΚΟΝΑ 2.11: ΓΕΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΙΑΣ PV-RO ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (Thomson, 2002)

2.4.2.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ PV-RO ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το κύριο πρόβλημα αυτής της τεχνολογίας ουσιαστικά είναι το υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών συσσωρευτών. Ο βαθμός στον οποίο η ενέργεια των φωτοβολταϊκών είναι ανταγωνιστική έναντι των συμβατικών, εξαρτάται από τη δυναμικότητα των μονάδων, την απόσταση από το δίκτυο ηλεκτροδότησης και τη συγκέντρωση αλατιού στο νερό της τροφοδοσίας (Garcia-Rodriguez, 2003). Οι Kalogirou (2005) και Tzen et al. (2005) έχουν αναλύσει το κόστος ενός PV-RO συστήματος αφαλάτωσης.

Ένα άλλο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι όσο η διαθέσιμη ισχύς μειώνεται (λόγω μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας), η συγκέντρωση αλάτων του νερού προϊόντος *αυξάνεται* σημαντικά, ενώ την ίδια στιγμή η ροή *μειώνεται*. Αυτός ο μικρός όγκος κακής ποιότητας νερού μπορεί να έχει μικρή ή αισθητή επίδραση στη συνολική ποιότητα του νερού σε μια δεξαμενή αποθήκευσης του προϊόντος (Thomson, 2002).

Τέλος, τα συστήματα αυτά απαιτούν κάποιο βαθμό τεχνικής εξειδίκευσης για να λειτουργήσουν σωστά, με γνώση της ανάγκης προστασίας και συντήρησης τόσο των μεμβρανών, όσο και των αντλιών.

2.5 ΜΟΝΑΔΕΣ PV – RO ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (BATTERY–LESS PV-RO)

Η ηλιακή ενέργεια είναι ασυνεχής και μεταβλητή, ενώ οι μονάδες αντίστροφης ώσμωσης έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν συνεχώς και με σταθερό φορτίο. Ωστόσο, η συνεχής παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να διασφαλιστεί μόνο μέσω αποθήκευσης της ενέργειας. Συνήθως χρησιμοποιούνται συμβατικές μπαταρίες με ηλεκτρολύτη ως αποσβεστήρες ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας ή ως μέσο αποθήκευσης για την επέκταση των ωρών λειτουργίας πέρα από το ηλιοβασίλεμα.

Η καταλληλότητα των μπαταριών ως αποθήκευση ενέργειας σε φωτοβολταϊκά συστήματα αντίστροφης ώσμωσης συζητιέται εδώ και πολλά χρόνια. Πολλοί ερευνητές και κατασκευαστές προτείνουν τις μπαταρίες, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μεταβλητότητας των συνθηκών λειτουργίας (πίεση και τη ροή) λόγω της ηλιακής διακύμανσης. Από την άλλη πλευρά, άλλοι υποστηρίζουν ότι οι μπαταρίες (ηλεκτρικοί συσσωρευτές) σε PV-RO συστήματα είναι μια τεχνολογία πολύ *δαπανηρή, ελαττωματική* που συνδέεται με αρκετά προβλήματα.

2.5.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ PV-RO & ΣΥΣΤΗΜΑ PV-RO ΧΩΡΙΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Τα **συστήματα PV-RO με μπαταρίες** χαρακτηρίζονται από σταθερή ροή και πίεση στις μεμβράνες, που σημαίνει υψηλότερη απόδοση (Essam, 2008) και μεγαλύτερη παραγωγή νερού. Ωστόσο, αυτές οι μπαταρίες αυξάνουν το κόστος της αρχικής επένδυση, καθώς και το λειτουργικό κόστος, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές. Θα πρέπει να ληφθούν επίσης οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς οι μπαταρίες χρειάζονται συστηματική συντήρηση και αντικατάσταση.



ΕΙΚΟΝΑ 2.12: ΤΥΠΙΚΟ PV-RO ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΣΤΟ ΝΗΣΙ LAMPEDUSA (Tzen, 2003)

Τα **συστήματα PV-RO χωρίς μπαταρίες**, από την άλλη, δεν περιλαμβάνουν ηλεκτρικούς συσσωρευτές για να αποθηκεύουν ηλιακή ενέργεια, έτσι η λειτουργία των μονάδων καθίσταται δυνατή για συγκεκριμένες ώρες, σύμφωνα με την ηλιακή ακτινοβολία.

Όμως, από σύγκριση των δύο αυτών συστημάτων, το σύστημα PV-RO έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα (Thompson, 2003; Essam, 2008; Ghermandi, 2009):

- ✚ *Μειωμένο κόστος κεφαλαίου και συντήρησης:* η ηλιακές μπαταρίες είναι κοστοβόρες (110 € / kWh) και οι μπαταρίες ηλεκρολύτη χρειάζονται αντικατάσταση κατά μέσο όρο κάθε 2 χρόνια.
- ✚ *Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προβλημάτων που σχετίζονται με τη διάθεση των μπαταριών:* αύξηση των περιβαλλοντικών κινδύνων σε περίπτωση διαρροής (εξ αιτίας των ατυχημάτων ή ακατάλληλη διάθεση σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου η ανακύκλωση είναι περιορισμένη).

- ✚ Αύξηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος αφαλάτωσης: φόρτιση/ εκφόρτιση μιας τυπικής μπαταρία μακρύ κύκλου ζωής είναι 75-80% (Richards et al, 2008) και η απώλεια ενέργειας ξεπερνά το 25% σε θερμά κλίματα.
- ✚ Μικρές διαφορές στην ποιότητα του νερού-προϊόντος μεταξύ των δύο συστημάτων. Για ένα τυπικό σύστημα με μπαταρίες παράγεται μόνο το 6.5% περισσότερο νερό.
- ✚ Ένα πιο απλουστευμένο σύστημα (δεν υπάρχει ρυθμιστής φόρτισης ή καλωδίωση), που απαιτεί λιγότερη συντήρηση και παρέχει μεγαλύτερη αξιοπιστία σε απομακρυσμένες περιοχές.

Ο πίνακας 2.6 είναι μια σύνοψη μια συγκριτικής μελέτης για φωτοβολταϊκά συστήματα αντίστροφης ώσμωσης με και χωρίς μπαταρίες. Στα συμπεράσματά της εργασίας του, οι Essam et al. (2008), υποστηρίζουν ότι το κόστος του παραγόμενου νερού αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης με φωτοβολταϊκά (7.8 €/m³) μπορεί να είναι ανταγωνιστικό με το κόστος του διαθέσιμου νερού στα Νησιά του Αιγαίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6: ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ PV-RO ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. (Essam et al., 2008)

PV-RO Συστήματα αφαλάτωσης	Με Μπαταρίες	Χωρίς Μπαταρίες
Διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια [kWh/d]	32.8	29.2
Παραγωγή ενέργειας Φωτοβολταϊκών [kWh/d]	2.9	1.6
Κατανάλωση ενέργειας κινητήρα DC [kWh/d]	2.6	1.6
Ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό [%]	8.8	5.5
Συνολικό προϊόν [m ³ /d]	0.6	0.35
Ειδική κατανάλωση ενέργειας [kWh/m ³]	4.3	4.6
Ετήσια παραγωγή νερού για το ίδιο ποσό κατανάλωσης ενέργειας DC [m ³ /year]	321	300
Ποιότητα προϊόντος [μS/cm]	350	390
Κόστος παραγωγής νερού [€/m ³]	8.00	7.8
Συνολική απόδοση συστήματος (ενέργεια κινητήρα/ηλιακή ενέργεια) [%]	8	5.5

Το βασικότερο ωστόσο πλεονέκτημα της τεχνολογίας χωρίς μπαταρίες είναι η απλοϊκότητα, μιας και δεν απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός, το κόστος κατασκευής και συντήρησης είναι χαμηλό και οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι λιγότεροι. Τα PV-RO χωρίς μπαταρίες συστήματα βασίζονται στην ιδέα ότι ***η αποθήκευση νερού είναι συχνά πιο αποτελεσματική και οικονομική από την αποθήκευση ενέργειας*** (Ghermandi, 2009).

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε η συμπεριφορά μιας πρότυπης μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης που ήταν εγκατεστημένη στο εργαστήριο Τεχνολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης σε συνεργασία με το Delft University of Technology, Ολλανδία. Χαρακτηριστικό της ήταν ότι χρησιμοποιούσε ενέργεια από φωτοβολταϊκά χωρίς να γίνεται αποθήκευση αυτής σε μπαταρίες (Battery-less PV-RO system). Η μέγιστη δυνατή απόδοση αυτού του συστήματος ήταν **7.9 m³ διηθήματος/d**. Η μονάδα αυτή είναι διαθέσιμη στην αγορά από την αμερικανική εταιρία *Spectra Watermakers, Inc.*

Η πρότυπη αυτή μονάδα αφαλάτωσης λειτούργησε για διάστημα 3 καλοκαιρινών μηνών (Ιούνιος-Ιούλιος-Αύγουστος 2011), στην οποία εκπονούσαν εργασία και δύο ακόμα συνάδελφοι του Technical University of Delft, Ολλανδία. Η καθημερινή λειτουργία και επίβλεψη, μας έδωσε σημαντικά αποτελέσματα για την τεχνολογία αυτή και έδωσε τη δυνατότητα επίλυσης πρακτικών προβλημάτων.

Το πειραματικό μέρος ήταν χωρισμένο σε **τρεις φάσεις**. Αρχικά, ορίσαμε μια δοκιμαστική περίοδο 10 ημερών για την αντιμετώπιση ορισμένων προβλημάτων. Στη συνέχεια, καταγράψαμε τις διαφοροποιήσεις των παραμέτρων (ηλεκτρική αγωγιμότητα & ροή διηθήματος, πίεση στις μεμβράνες), με χρήση ειδικού λογισμικού, ανάλογα με τις διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή στην περιοχή. Στην δεύτερη φάση, αναλύθηκε διεξοδικά η σύσταση του διηθήματος για να ελεγχθεί η καταλληλότητά του για πόσιμο νερό με βάση τις παγκόσμιες οδηγίες για τη χρήση του. Ενώ, το τελικό στάδιο ήταν ο έλεγχος της απόδοσης του συστήματος αφαλάτωσης όταν μεταβάλλαμε τη θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας.

3.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Με βάση, τις ανάγκες των διεξαγόμενων πειραμάτων, η πειραματική διάταξη αφαλάτωσης αποτελούνταν από τα εξής μέρη:

- ✚ Μονάδα αντίστροφης ώσμωσης (μέγιστης απόδοσης $7.9 \text{ m}^3/\text{d}$)
- ✚ 10 φωτοβολταϊκά πάνελ (2.3 kW συνολική δυναμικότητα)
- ✚ Ενισχυτής ρεύματος-γραμμικός (LCB)
- ✚ Δεξαμενή αποθήκευσης νερού τροφοδοσίας (1 m^3) & δεξαμενή αποθήκευσης διηθήματος (200 L)



ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Όσον αφορά στο νερό τροφοδοσίας, επιλέχθηκε η συλλογή του από κοντινή παραλία (Τερσανάς), έτσι ώστε να προσεγγίσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες. Το θαλασσινό νερό αυτό ήταν εξαιρετικής ποιότητας, αλατότητας 36.7 ppt , σύμφωνα με πρόσφατες αναλύσεις του για να διερευνηθεί η ασφαλής χρήση του.

Οι μετρήσεις έδειξαν μηδενικές ποσότητες πίσσας, πετρελαίου, φυκιών και μικροβιολογικής δραστηριότητας σε σχέση με βακτηριακές μορφές ζωής.

3.1.1 ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Η μονάδα αντίστροφης ώσμωσης (*Spectra™ LB 1800*) που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες των πειραμάτων διατίθεται στην αγορά ενώ η δοκιμαστική διατάξη διαμορφώθηκε και βαθμονομήθηκε από τον μεταπτυχιακό φοιτητή του TUDelft, Brett Ibbotson.

Η εγκατάσταση αποτελείται από:

- Μονάδα προεπεξεργασίας μικροδιήθησης (*5 microns nominal filter cartridge, 4''x20''*)
- Αντλία χαμηλής πίεσης (*Liquiflo™37R θετικής μετατόπισης μαγνητική αντλία, 0.7 – 1.4 bar*)
- Αντλία υψηλής πίεσης *Spectra Pearson* (εμβολοφόρα αντλία) με ανάκτηση ενέργειας (-50 bar)
- 2 λεπτού φίλμ σπειροειδείς μεμβράνες συνδεδεμένες σε σειρά (*Filmtec SW30-4040 4x40 ιντσών*) με απόριψη αλάτων 99.4%.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της μονάδας *Spectra LB 1800* είναι ότι παραλαμβάνεται σχεδόν συναρμολογημένη επομένως ο χρόνος και το κόστος συναρμολόγησης μειώνονται στο ελάχιστο. Επίσης, είναι πολύ αποδοτική μιας και η μέση κατανάλωση ενέργειας δεν ξεπερνά τα 2.9 kWh/m³ (Ibbotson, 2010). Τέλος, έχει μια σταθερή ανάκτηση νερού της τάξης του 20%, που σημαίνει ότι το 20% της ροής της τροφοδοσίας αποτελεί το διήθημα (καθαρό νερό).

Πιο αναλυτικές πληροφορίες για τη μονάδα της αντίστροφης ώσμωσης παρατίθενται στο παράρτημα.

3.1.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ

Βασιζόμενοι στους υπολογισμούς της διαστασιολόγησης, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν **10 “Energy Power Plus” φωτοβολταϊκά πάνελ** με δυναμικότητα 230 Wp έκαστο (ονομαστική 30V και 7.8A), που δίνουν μέγιστη συνολική δυναμικότητα 2.3 KW. Κάθε πάνελ κάλυπτε μια επιφάνεια 1.62 m², επομένως η συστοιχία τους κάλυπτε μια συνολική επιφάνεια 16.2 m².

Η συστοιχία των φωτοβολταϊκών τοποθετήθηκε στη στέγη του εργαστηρίου Τεχνολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, καθώς ήταν κατάλληλο από θέμα τοποθεσίας και πρόσβασης.



ΕΙΚΟΝΑ 3.2: ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΝΕΛ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΕΓΗΣ	
Μήκος [m]	18
Κλίση [deg]	30°
Προσανατολισμός	SSW (30° από Νότια)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ PV ΠΑΝΕΛ	
Δυναμικότητα [Wp]	230
Ονομαστική τάση [V]	29.5
Ονομαστική ένταση [A]	7.8
Μέγεθος [mm]	1636 (L)x 992 (W)x 50 (H)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΕΓΗΣ – PV ΠΑΝΕΛ

3.1.3 ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ - LINEAR CURRENT BOOSTER (LCB)

Ένας γραμμικός ενισχυτής ρεύματος κάνει δύο πράγματα: ανατροφοδότηση ρεύματος και μετατροπή των volts σε amps.

Όταν ένα φωτοβολταϊκό πάνελ είναι συνδεδεμένο απευθείας σε ένα DC κινητήρα, αν ο κινητήρας δεν λαμβάνει αρκετή ισχύ (Watt) για να λειτουργήσει, αυτό δημιουργεί την αίσθηση βραχυκυκλώματος στα πάνελ, που περιορίζει την τάση και την ένταση του ρεύματος, για προστασία. Ο LCB ανατροφοδοτεί τα πάνελ, προκαλώντας τη σταθεροποίηση των amps και volts στο μέγιστο, οπότε και επιτυγχάνεται μεταφορά της διαθέσιμης ισχύος στον ενισχυτή.

Το δεύτερο πράγμα που κάνει ένας LCB είναι η μετατροπή των volts σε amps. Τα ηλιακά πάνελ προσφέρουν σχετικά σταθερή ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μετριέται σε amps. Ένα πάνελ που εκτίθεται στον ήλιο νωρίς το πρωί και αργά το μεσημέρι, θα παράγει amps, αλλά τα volts που θα παράγονται πιθανόν να είναι κοντά στο μηδέν. Ο πολλαπλασιασμός της τάσης και της έντασης μας δίνει την ισχύ [Watts].

Επομένως, ακόμα κι αν το πάνελ παράγει ένταση, η ισχύς μπορεί να είναι πολύ χαμηλή, σχεδόν μηδενική και να μην υπάρχει ενέργεια για να λειτουργήσει η αντλία μας.

Αν και η αντλία υψηλής πίεσης, είχε ονομαστική ένταση 50 A (1200 W, 24 V), εμείς τη λειτουργούσαμε με 30 Volts και 40 Amps.



ΕΙΚΟΝΑ 3.3: LINEAR CURRENT BOOSTER

3.1.4 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

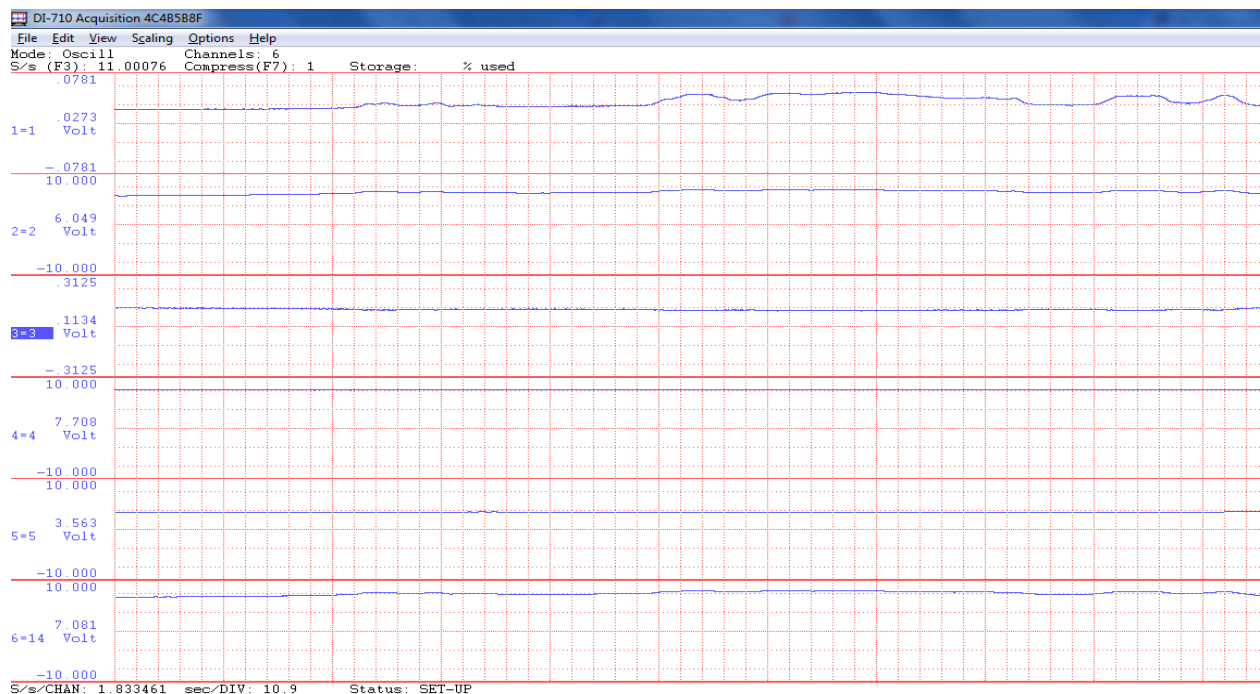
Για τις ανάγκες του πειραματικού μέρους της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα όργανα και συσκευές μέτρησης, για να ελέγχουμε και να καταγράφουμε σημαντικές παραμέτρους της διεργασίας, ώστε να αποκτήσουμε χρήσιμη πληροφορία για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τα βασικότερα από αυτά ήταν:

- ✚ Πυρανόμετρο για τη μέτρηση της στιγμιαίας ηλιοφάνειας
- ✚ 2 μετρητές ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο νερό τροφοδοσίας και στη ροή του διηθήματος
- ✚ Βολτόμετρο και αμπερόμετρο για τη μέτρηση τάσης και έντασης του κινητήρα
- ✚ Μετρητής πίεσης μεμβράνης
- ✚ Ροόμετρο για τη ροή διηθήματος
- ✚ 2 αναλογικούς μετρητές πίεσης για πριν την προεπεξεργασία και μετά τις μεμβράνες (μέτρηση σε bar)

Οι βασικοί αυτοί μετρητές μετέφεραν τα δεδομένα σε ψηφιακή μορφή σε φορητό υπολογιστή, ο οποίος περιλάμβανε 16-κάναλο ψηφιακό καταγραφικό δεδομένων, το οποίο βαθμονομήθηκε από το συνεργαζόμενο εργαστήριο της Ολλανδίας.

Οι παράμετροι μπορούσαν να παρακολουθούνται και να αποθηκεύονται σε πραγματικό χρόνο από το καταγραφικό περιβάλλον ανά 2 δευτερόλεπτα, με τιμές εξόδου σε *Volts*. Επομένως, ήταν απαραίτητη η μετατροπή αυτών των τιμών σε μονάδες διαχειρίσιμες και συγκρίσιμες.

Αυτό έγινε με κατάλληλη βαθμονόμηση, όπως περιγράφεται και στο *Παράρτημα Γ*.

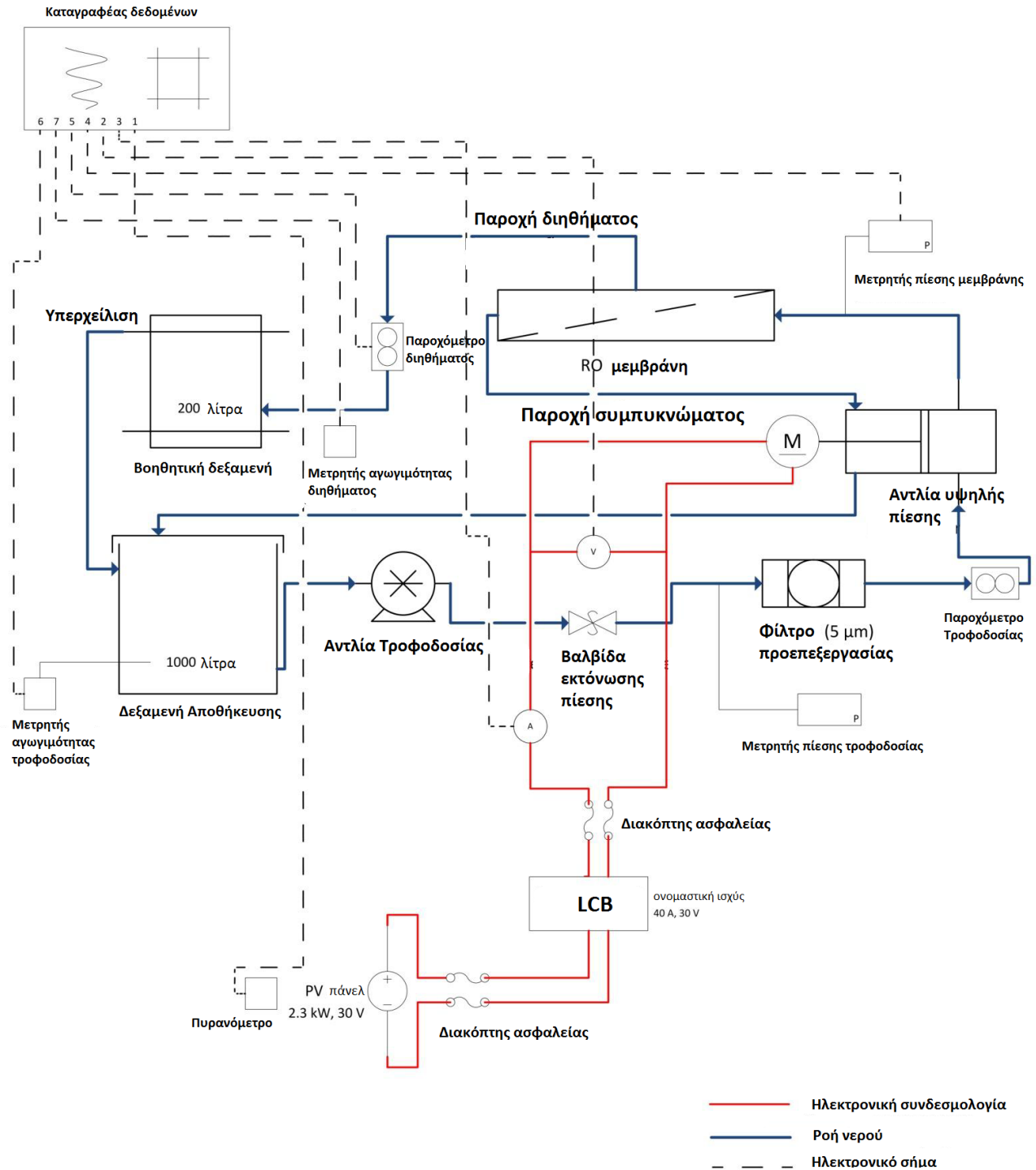


ΕΙΚΟΝΑ 3.4: ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όσο για τις περαιτέρω αναλύσεις στο νερό της εξόδου που έγιναν για να διαπιστωθεί η καταλληλότητά του για πόσιμο νερό χρησιμοποιήθηκαν ακόμα:

- ✚ ρΗμετρο
- ✚ Αγωγιμόμετρο
- ✚ Θερμόμετρο
- ✚ Θολόμετρο
- ✚ EDTA, ρυθμιστικό διάλυμα ($MgSO_4$) και δείκτης (Eriochrome Black T)
- ✚ Προχοΐδα, Στήριγμα προχοΐδας
- ✚ Ζυγαριά ακριβείας
- ✚ 8 ποτήρια ζέσεως

3.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ



ΕΙΚΟΝΑ 3.5: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΡV-RO

3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3.3.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ PV-RO

Με την έναρξη της λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης, το νερό της τροφοδοσίας προωθείται από την αντλία τροφοδοσίας με πίεση 1.2 bar προς τη μονάδα προεπεξεργασίας, διαμέσω ενός φίλτρου $5\text{ }\mu\text{m}$. Η πίεση της τροφοδοτικής αντλίας ελέγχεται από αναλογικό πιεζόμετρο, που είναι τοποθετημένο πριν το φίλτρο της προεπεξεργασίας. Η προεπεξεργασία του νερού της τροφοδοσίας έχει σημαντική επιρροή στην απόδοση της μεμβράνης. Στο πείραμα αυτό όμως, η επαναχρησιμοποίηση του παραγόμενου νερού, για πρακτικούς λόγους, που είναι εξαιρετικής ποιότητας, έκανε την επιρροή αμελητέα.

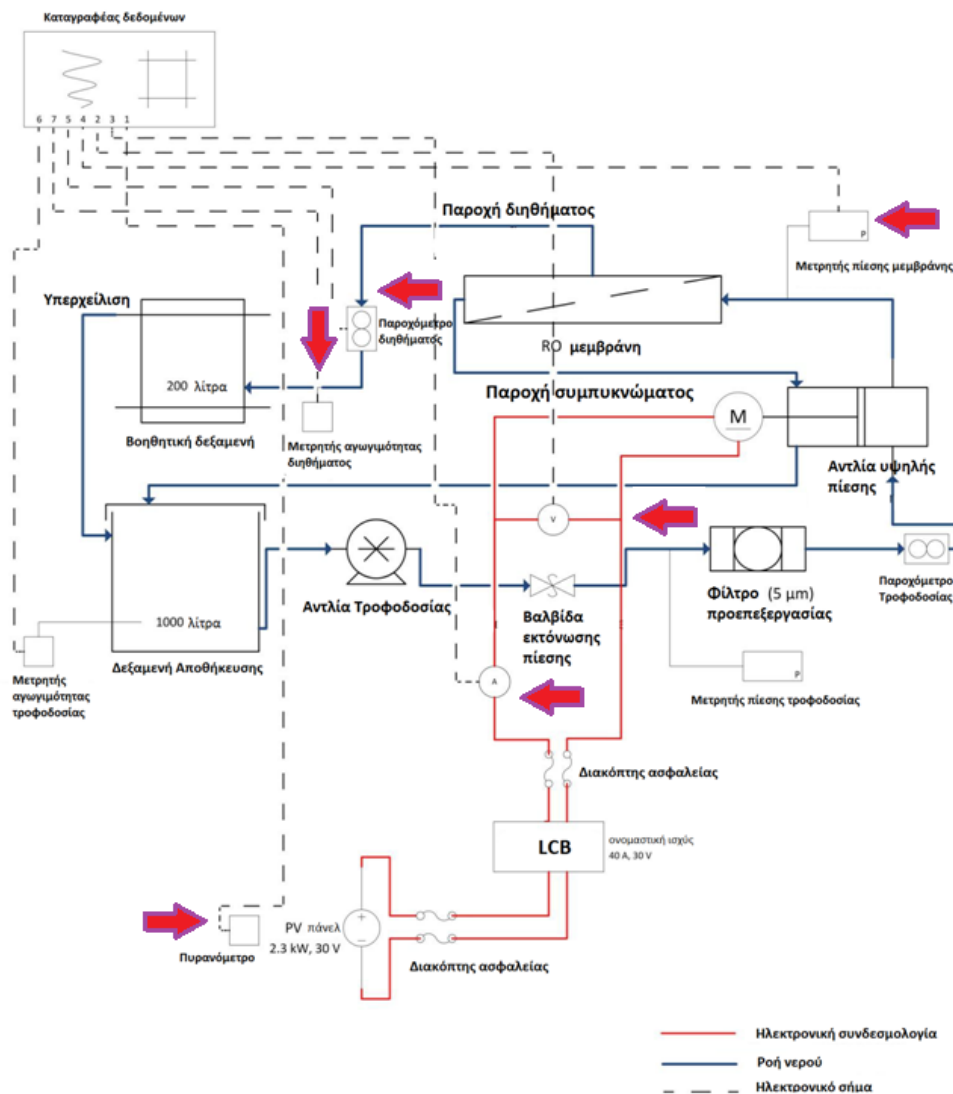
Στη συνέχεια, το νερό της τροφοδοσίας εισέρχεται στην αντλία υψηλής πίεσης (*Spektra Pearson Pump*). Μετρητής πίεσης ελέγχει ψηφιακά συνεχώς την πίεση του νερού, στην έξοδο της αντλίας αυτής. Το υπό πίεση θαλασσινό νερό περνά διαμέσω των δύο μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης (*FilmTec SW30 40-40*) σε σειρά, όπου και διαχωρίζεται σε δύο ροές, τη ροή του διηθήματος και τη ροή του συμπυκνώματος. Το υπό πίεση ρεύμα του συμπυκνώματος περνάει πίσω από την αντλία Pearson για να γίνει ανάκτηση ενέργειας πριν την διοχέτευσή του πίσω στη δεξαμενή. Η παροχή, καθώς επίσης και η αγωγιμότητα του διηθήματος καταγράφεται στην έξοδο από τους κατάλληλους μετρητές, πριν την διοχέτευση και αυτού στη δεξαμενή. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε ένα κλειστό σύστημα, στο οποίο το θαλασσινό νερό διαχωρίζεται αρχικά και αναμιγνύεται ξανά πίσω στη δεξαμενή. Τόσο η ροή του διηθήματος, όσο και η ροή του συμπυκνώματος συνδέονται με έναν σύνδεσμο «T», πριν την εισροή τους στη δεξαμενή για να διασφαλιστεί η σωστή ανάμειξη.

Αυτή η διαδικασία συνεχιζόταν μέσα στην ημέρα, για όσο διάστημα υπήρχε επαρκής ηλιοφάνεια, έτσι ώστε να μετατρέπεται σε ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά. Κατά μέσο όρο η μονάδα λειτουργούσε και κατέγραφε καθημερινά δεδομένα **ηλιοφάνειας**, **ισχύς** της αντλίας, **πίεσης** των μεμβρανών, **παροχής** και **αγωγιμότητας** του διηθήματος για 9 ώρες. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονταν σε αρχεία Excel και αναλύθηκαν με το πρόγραμμα “Matlab”.

Μετά τη λήξη ενός ημερήσιου κύκλου γίνεται έκπλυση του συστήματος με καθαρό νερό, προκειμένου να ξεπλυθεί από τα συσσωρευμένα άλατα.

Αν και η μονάδα LB 1800 είναι εφοδιασμένη με λειτουργία «FLUSH» στην οποία το νερό εισέρχεται στο σύστημα μέσω μιας ξεχωριστής γραμμής, προτιμήσαμε να γίνεται χειροκίνητα με αντιστροφή των βαλβιδών, ώστε να επιτραπεί στο καθαρό νερό να καθαρίζει και το προφίλτρο.

Η εικόνα 3.5 απεικονίζει σε ποια σημεία του συστήματος μετράται κάθε μεταβλητή που χρειάζεται:



ΕΙΚΟΝΑ 3.6: ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Συνοπτικά, οι δραστηριότητες ενός ημερήσιου πλήρους κύκλου λειτουργίας συνοψίζονται ως εξής:

- ✚ Ρύθμιση του φορητού υπολογιστή και τη διαμόρφωση μιας νέας συνεδρείας. Για τα περισσότερα από τα πειράματα το χρονικό βήμα ήταν τα 2 δευτερόλεπτα.
- ✚ Έλεγχος της διάταξης του συστήματος και των βαλβίδων για το -«*Run Mode*».
- ✚ Εκκίνηση του συστήματος των φωτοβολταϊκών και των αντλιών.
- ✚ Χειροκίνητη παρέμβαση,- όπου απαιτείται κατά τη διάρκεια του πειράματος, είτε για τη μεταβολή της ταχύτητας της αντλίας Pearson ανάλογα με τις διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, είτε υπολογίζοντας τιμές ορισμένων παραμέτρων του συστήματος που δεν καταγράφονται ψηφιακά.
- ✚ Έκπλυση του συστήματος, το βράδυ μετά τη λήξη ενός πλήρους κύκλου λειτουργίας, με 150 L καθαρού νερού που αποθηκεύεται στη βοηθητική δεξαμενή.

3.3.2 ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ PV-RO

Η δοκιμαστική φάση του πειράματος διήρκεσε 10 ημέρες, κατά τις οποίες η μονάδα αφαλάτωσης λειτουργούσε κανονικά, καταγράφοντας τις μετρήσεις των παραμέτρων. Αυτή η περίοδος κρίθηκε απαραίτητη για να ελέγξουμε την ικανότητα του πρότυπου συστήματος, να διορθωθούν ορισμένες αστοχίες από τη συναρμολόγησή της μετά από τη μεταφορά και να επιλυθούν σφάλματα που προέκυπταν στο πεδίο.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά ελέγχθηκε:

- ✚ Η αποτελεσματικότητα της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών πάνελ, του LCB και της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης σε ένα σύστημα.
- ✚ Η απόδοση του συστήματος στην κατανάλωση ενέργειας και την ποιότητα του παραγόμενου νερού.
- ✚ Η ανοχή των μεμβρανών της αντίστροφης ώσμωσης στις διακυμάνσεις της παροχής ενέργειας.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής λειτουργίας του συστήματος, αναλύονται στο *Παράρτημα Δ*.

3.3.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων του παραγόμενου νερού, ώστε να διασφαλιστεί η καταλληλότητά του για πόσιμο νερό διεξάγονταν συστηματικές *δειγματοληψίες και επί τόπου ανάλυσή του στο εργαστήριο.*

Η διαδικασία της δειγματοληψίας περιελάμβανε τη συλλογή δειγμάτων (δμήθημα) σε πλαστικά δοχεία των 500 ml, μεταφορά τους στο βασικό χώρο του εργαστηρίου για επί τόπου ανάλυση ή αποθήκευση τους σε ψυγείο στους 5°C. Τα δείγματα ήταν αντιπροσωπευτικά και αντιστοιχούσαν στις συνηθισμένες συνθήκες του προς ανάλυση νερού.

Η δειγματοληψία επαναλαμβάνονταν μία φορά κάθε βδομάδα για την περίοδο 30/06/11 – 21/7/11 και πραγματοποιούνταν κυρίως πρωινές ώρες (11:00 – 14:00). Δεν έγιναν δειγματοληψίες τις περιόδους που δεν λειτουργούσε η μονάδα, λόγω βλάβης, ή τις ημέρες με δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Οι μετρήσεις γίνονταν στην έξοδο της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης από ειδικό ακροφύσιο που λειτουργούσε με βάνα.

Όσον αφορά στις φυσικοχημικές παραμέτρους έγιναν μετρήσεις για:

-  Αγωγιμότητα
-  pH
-  TDS (Ολικά Διαλυμένα Στερεά)
-  Σκληρότητα
-  Θολότητα
-  Γεύση – Οσμή

3.4 ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια του ελέγχου της ποιότητας του παραγόμενου νερού αφορούσαν την αγωγιμότητα, τη σκληρότητα, το pH, τα TDS και τη θολότητα. Για τα εργαστηριακά πειράματα χρησιμοποιήθηκαν ειδικά όργανα μέτρησης και για ορισμένες παραμέτρους βασιστήκαμε στις *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

3.4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η αγωγιμότητα μετρήθηκε από όργανο της εταιρίας **Crison**, μοντέλο 2202, και δινόταν σε μονάδες $\mu S/cm$ στους $20^{\circ}C$.

3.4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ pH

Το pH μετρήθηκε χρησιμοποιώντας pHμετρο της εταιρίας **Crison**, μοντέλο 2202, με ηλεκτρόδια υάλου. Η βαθμονόμηση του pHμετρου έγινε με δύο ρυθμιστικά διαλύματα στο pH 4 και pH 7.

3.4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ TDS

Η μέτρηση των ολικών διαλυμένων στερεών έγινε με τη *Standard Method, Total Dissolved Solids Dried at 180°C, 2340 C*.

Σε αυτή ζυγίζουμε τα ποτήρια ζέσεως με 200 ml δείγματος και τα βάζουμε σε φούρνο ξήρανσης ($180^{\circ}C$) για 24 ώρες. Την επόμενη ζυγίζουμε εκ νέου τα ποτήρια για να δούμε πόσα διαλυμένα στερεά υπήρχαν στο δείγμα. Χρησιμοποιώ την εξής εξίσωση:

$$mg \text{ total dissolved solids/L} = \frac{(A-B) \cdot 1000}{ml \text{ δείγματος}}$$

όπου A: βάρος ποτηρίων με το δείγμα

B: βάρος ποτηρίων μετά την ξήρανση

3.4.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ

Η μέτρηση της σκληρότητας έγινε με τη μέθοδο τιτλοδότησης με EDTA σύμφωνα με τη *Standard EDTA Titrimetric method 2340 C*.

Σε αυτή, χρησιμοποιήθηκε πρότυπο διάλυμα EDTA, Eriochrome Black δείκτης, ρυθμιστικό διάλυμα και **δείγμα όγκου 200 ml**.

Η τιτλοδότηση έγινε χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα EDTA, ενώ στο δείγμα του νερού προσθέσαμε ρυθμιστικό διάλυμα και μερικές σταγόνες δείκτη, ώστε το δείγμα να πάρει σκούρο μπλέ χρώμα και να σταθεροποιηθεί σε pH 10. Ο δείκτης έχει την ικανότητα να δεσμεύει ένα μέρος των ιόντων Ca^{+2} και Mg^{+2} και σχηματίζει ασταθή, έγχρωμη, σύμπλοκη ένωση. Κατά την τιτλοδότηση, έπεφτε από την προχοΐδα το πρότυπο διάλυμα στο δοχείο που περιείχε το δείγμα, με ταυτόχρονη ανάδευση. Μόλις το δοχείο του δείγματος, αποκτούσε φούξια απόχρωση σταματούσαμε την τιτλοδότηση και μετρούσαμε από την προχοΐδα το ποσό του διαλύματος που καταναλώθηκε. Ο όγκος αυτός μετατρέπεται σε $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$, που είναι οι μονάδες έκφρασης σκληρότητας μέσω της σχέσης:

$$\text{mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{(A-B) \cdot 1000}{\text{ml δείγματος}}$$

όπου A: ml τιτλοδοτούμενου για το δείγμα,

B: ml τιτλοδοτούμενου για το τυφλό

Σημείωση: Χρησιμοποιούμε 200 ml δείγματος, ώστε να καταναλώνεται τέτοια ποσότητα που να διαβάζεται στην προχοΐδα.



ΕΙΚΟΝΑ 3.7: ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

3.4.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΛΟΤΗΤΑΣ

Η θολότητα μετρήθηκε χρησιμοποιώντας θολόμετρο της εταιρίας *Lovibond TM750* με βαθμονόμηση του οργάνου στα 0 NTU.

3.4.6 ΓΕΥΣΗ – ΟΣΜΗ

Για την γεύση και την οσμή ακολουθήσαμε τη μέθοδο της δοκιμής.

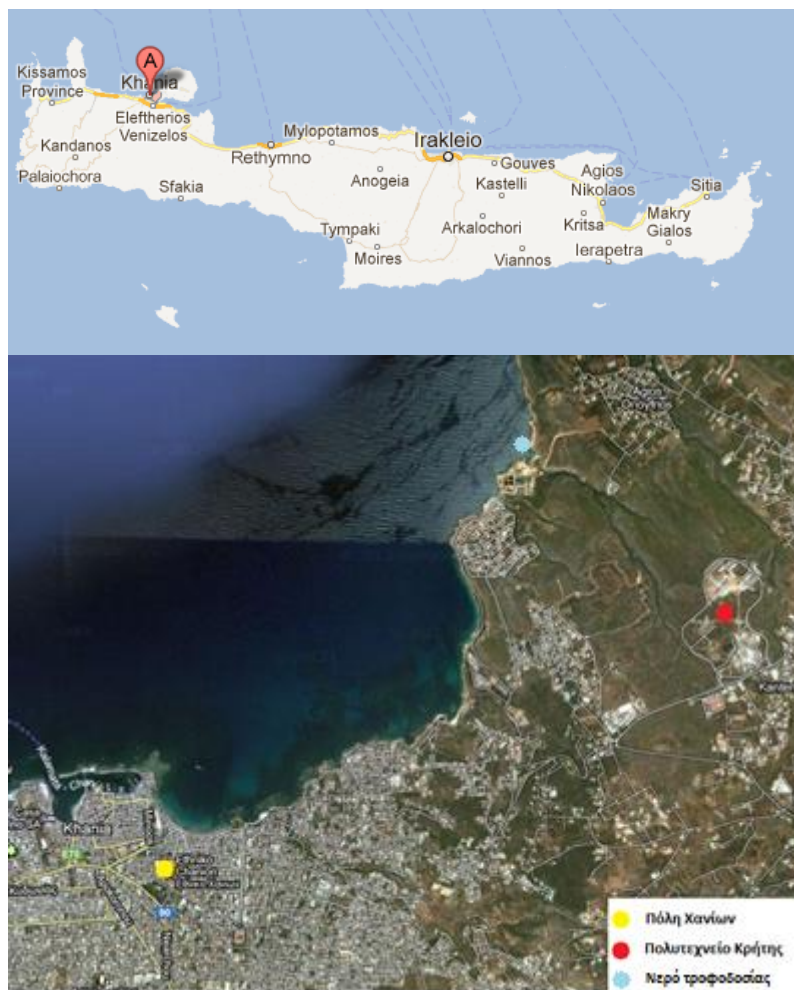
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο βασικότερος στόχος των πειραμάτων που διεξήχθησαν ήταν ο έλεγχος της απόδοσης ενός συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης με χρήση φωτοβολταϊκών χωρίς μπαταρίες κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας:

- Σε μια περιοχή υψηλού δυναμικού ηλιοφάνειας με κυμαινόμενες ηλιακές συνθήκες.
- Χρησιμοποιώντας πραγματικό θαλασσινό νερό με υψηλή τιμή αλατότητας (~39000 psu)

4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ, ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ & ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

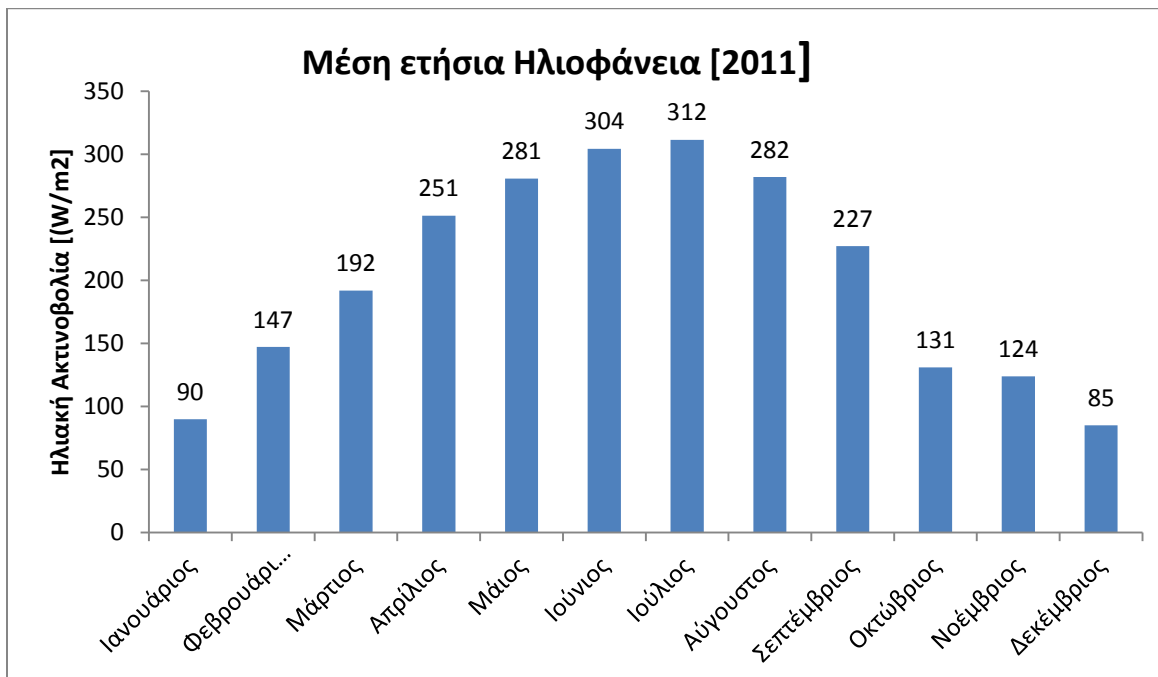
Το Εργαστήριο Τεχνολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος βρίσκεται στο campus του Πολυτεχνείου Κρήτης στο Ακρωτήριο Χανίων.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1: ΑΚΡΙΒΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ & ΣΗΜΕΙΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ. (Google Maps)

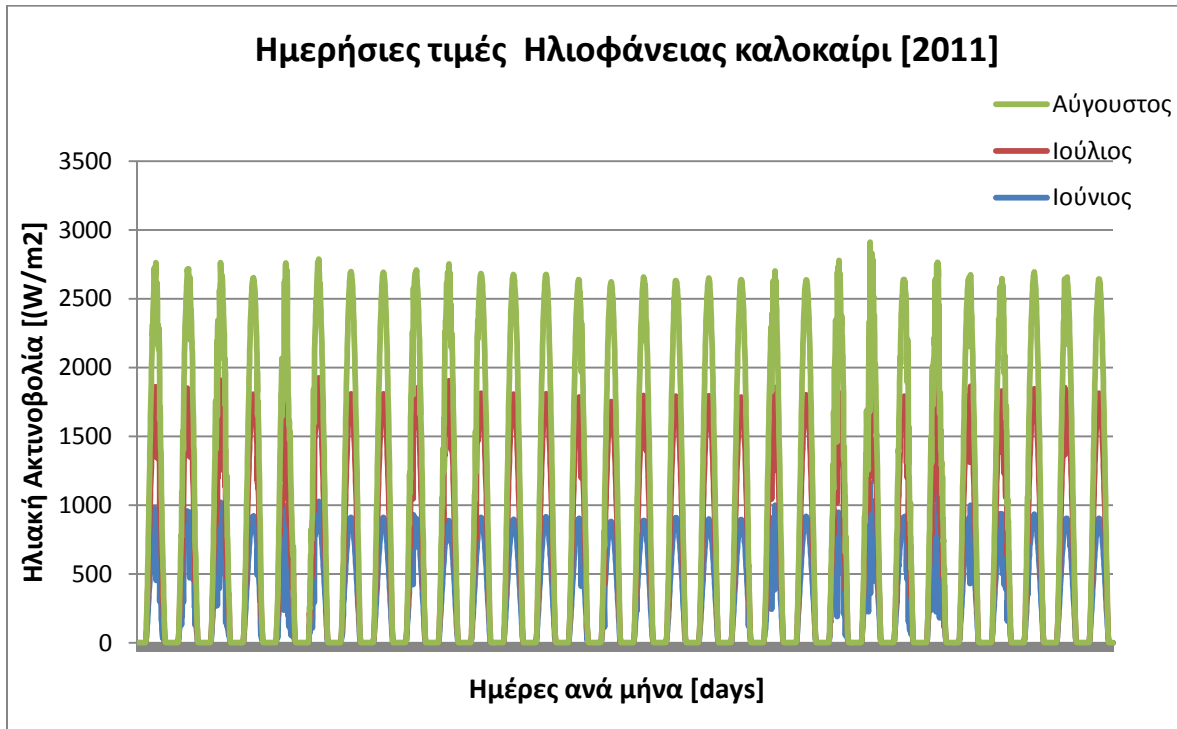
Το υψόμετρο της περιοχής είναι 137 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και με συντεταγμένες: Γεωγραφικό πλάτος: 35 ° 32 '00 "N και Γεωγραφικό μήκος: 24 ° 04'. 09.

Η περιοχή έχει το τυπικό μεσογειακό κλίμα, το οποίο είναι ζεστό και ξηρό τα καλοκαίρια και ήπιο τους χειμώνες. Χαρακτηρίζεται από υψηλή ηλιοφάνεια καθ'όλη τη διάρκεια του έτους κυρίως όμως κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου το 2011, όπως διακρίνεται από τα γραφήματα 4.1 & 4.2.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1: ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ 2011.

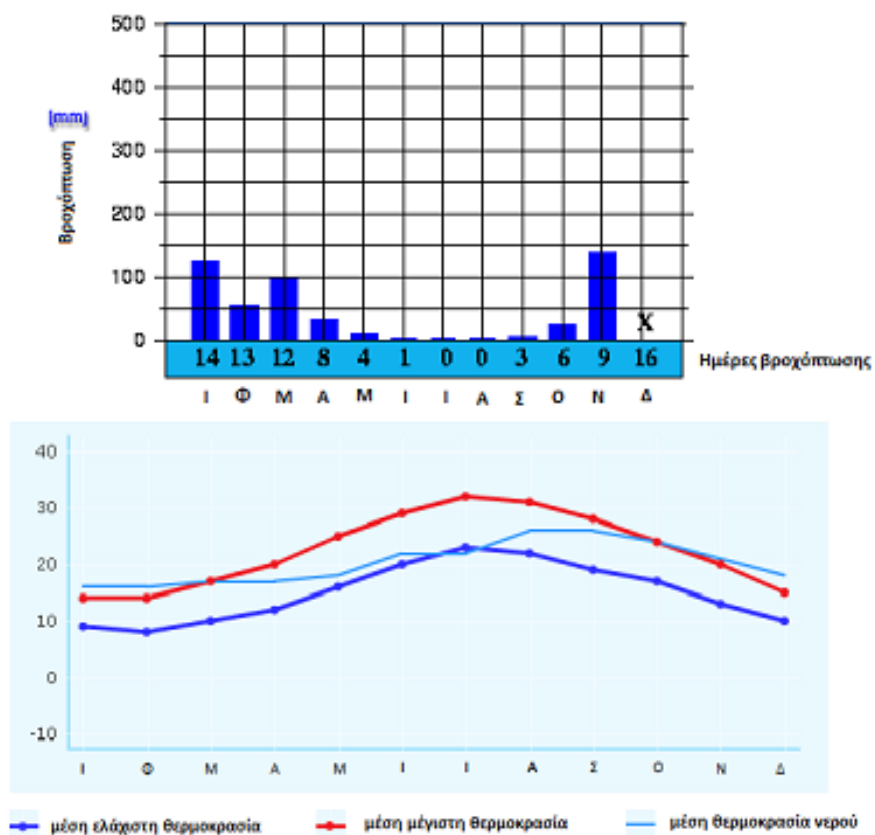
(Εργαστήριο Ατμοσφαιρικών Αιωρούμενων Σωματιδίων)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ 2011. (Εργαστήριο Ατμοσφαιρικών Αιωρούμενων Σωματιδίων)

Το 2011 στα Χανιά, είχαμε συνολικά **2662.2 hrs** συσσωρευμένης ηλιοφάνειας, οι οποίες κορυφώθηκαν τον Ιούλιο: 12.2 ώρες ημερήσιας ηλιοφάνειας και 379.3 ώρες συνολική μηνιαία ηλιοφάνεια. Η μέση τιμή ηλιοφάνειας για το 2011 στα Χανιά ήταν 7.3 ώρες (*Weather Online*).

Μια γενική παρατήρηση από το *Διάγραμμα 4.3*, είναι ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο έως Σεπτέμβριο), η βροχόπτωση είναι αμελητέα κάτι που συμβάλλει στο φαινόμενο της λειψυδρίας. Ωστόσο, οι τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κορυφώνονται τους συγκεκριμένους μήνες, γεγονός το οποίο ενισχύει τη συνέργεια μεταξύ των φωτοβολταϊκών και συστημάτων αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3: ΜΕΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟ 2011. (Weather online)

4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Πέρα από τις παραμέτρους που καταγράφονταν καθημερινά σε ψηφιακή μορφή (ηλιοφάνεια, ισχύ αντλίας, πίεση μεμβρανών, παροχή & αγωγιμότητα διηθήματος), ορισμένες φορές απαιτούνταν και ο προσδιορισμός ορισμένων άλλων παραμέτρων για τη βελτίωση του συστήματος και τον έλεγχο της φυσιολογικής λειτουργίας του. Οι βασικότερες από αυτές ήταν:

✚ Απόρριψη Αλάτων

Η απόρριψη αλάτων είναι μια ένδειξη της ποσότητας των αλάτων που έχουν απομακρυνθεί από τη ροή του συστήματος. Αυτή μπορεί να υπολογιστεί από:

$$R = 1 - \left(\frac{c_p}{c_f} \right) \quad (1)$$

Όπου, R = απόρριψη

c_p = συγκέντρωση αλάτων στο διήθημα [g/m^3]

c_f = συγκέντρωση αλάτων στην τροφοδοσία [g/m^3]

Συντελεστής διαπερατότητας μεμβράνης

Στην περίπτωση ενός συστήματος που λειτουργεί ο συντελεστής διαπερατότητας της μεμβράνης είναι μια ένδειξη του ποσού των ακαθαρσιών που έχουν αποτεθεί και τη φθορά της μεμβράνης. Όταν η μεμβράνη ξεπλένεται σωστά, ο συντελεστής διαπερατότητας της μεμβράνης είναι ένας δείκτης της κατάστασης της μεμβράνης. Υπολογίζεται ως εξής:

$$K = \frac{Q_p \cdot \mu}{A \cdot (\Delta p - \Delta \pi)} \quad (2)$$

όπου: K = συντελεστής διαπερατότητας μεμβράνης [m^{-1}]

Q_p = παροχή διηθήματος [m^3/s]

μ = ιξώδες νερού [Pa s]

A = επιφάνεια μεμβράνης [m^2]

Δp = διαφορά πίεσης πριν και μετά τη μεμβράνη [Pa]

$\Delta \pi$ = ωσμωτική πίεση [Pa]

Ειδική κατανάλωση ενέργειας

Η ειδική κατανάλωση ενέργειας είναι το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή 1 m^3 . Αυτή αποτελεί δείκτη για την αποτελεσματικότητα του συστήματος. Υποτίθεται ότι το ποσοστό αυτό θα αλλάξει κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια του έτους, λόγω της αλλαγής των καιρικών συνθηκών. Για τον υπολογισμό της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας, η παροχή του διηθήματος διαιρείται από την ισχύ της αντλίας.

$$Sec = \frac{P_{PV}}{Q_p} \quad (3)$$

όπου: Sec = Ειδική κατανάλωση ενέργειας [kWh/m^3]

P_{PV} = Ισχύς εισόδου αντλίας [kW]

Q_p = Παροχή διηθήματος [m^3/h]

Απόδοση PV πάνελ

Η ηλεκτρική απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ δείχνει το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η απόδοση φωτοβολταϊκών ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ημέρας και του χρόνου, όπως ακριβώς και η ειδική κατανάλωση ενέργειας. Αυτό οφείλεται στη γωνία κλίσης των ηλιακών πάνελ με τον ήλιο, το ποσό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται και των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Η ηλεκτρική απόδοση υπολογίζεται ως εξής:

$$\eta = \frac{I \cdot V}{R \cdot A} \quad (4)$$

όπου: η = απόδοση PV πάνελ

I = ένταση PV πάνελ [A]

V = τάση PV πάνελ [V]

R = Ακτινοβολία [W/m^2]

A = Επιφάνεια PV πάνελ [m^2]

4.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

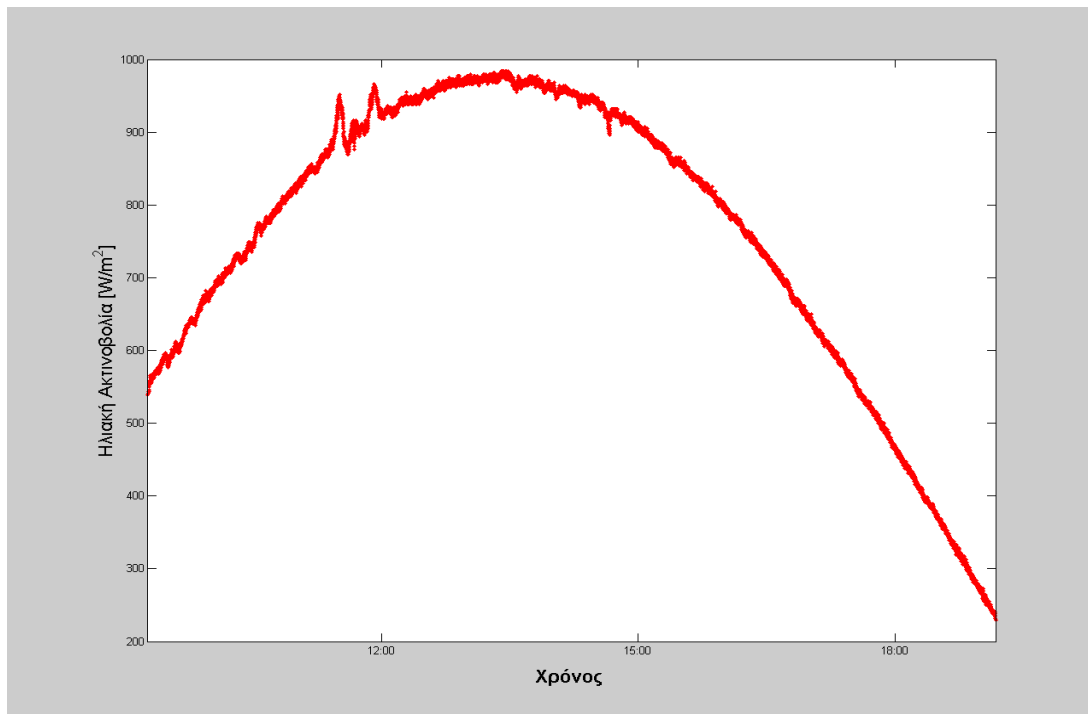
4.3.1 ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ – ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Στην παράθεση των αποτελεσμάτων της κανονικής λειτουργίας επιλέχθηκε να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα τριών χαρακτηριστικών ημερών, που παρουσίασαν μια μέση, μέγιστη και ελάχιστη απόδοση.

4.3.1.1 ΗΜΕΡΑ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ως ημέρα μέσης απόδοσης επιλέχθηκε μια χαρακτηριστική καλοκαιρινή ημέρα με ηλιοφάνεια και καθαρό ουρανό, το Σάββατο **2 Ιουλίου 2011**. Μια ημέρα χωρίς ιδιαίτερες μετεωρολογικές συνθήκες διακυμάνσεις.

 Ηλιακή Ακτινοβολία



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4 : ΓΡΑΦΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ- ΧΡΟΝΟΥ 02/07/2011

Η μονάδα της αντίστροφης ώσμωσης τη συγκεκριμένη ημέρα λειτούργησε για λίγο παραπάνω από **9.89h** με μέση ηλιοφάνεια **756.73 W/m²**. Η ώρα έναρξης καταγράφεται περίπου στις

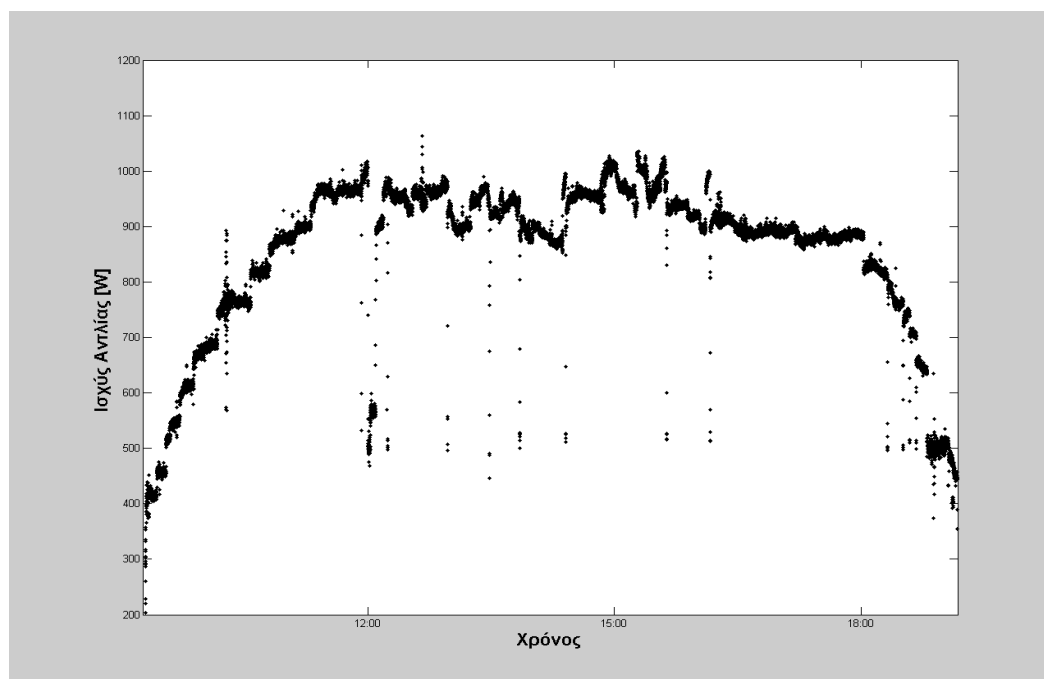
09:16 το πρωί, ενώ η λήξη της λειτουργίας καταγράφεται στις 19:10. Στο *Γράφημα 4.4* παρατηρούνται μικρές εξάρσεις της ηλιακής ακτινοβολίας λίγο πριν το μεσημέρι.

Αναλύοντας το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι η μονάδα ξεκινάει τη λειτουργία της όταν η τιμή της ηλιοφάνειας ξεπερνά τα 539.45 W/m^2 , ενώ σταματά όταν η ηλιοφάνεια πέσει κάτω από τα 228.99 W/m^2 . Η μέγιστη τιμή ηλιοφάνειας καταγράφεται το μεσημέρι στις 13:29 και είναι **984.23 W/m^2** .

Ισχύς αντλίας υψηλής πίεσης

Το διάγραμμα της ισχύος της αντλίας είναι η έκφραση της μεταροπής της ηλιακής ενέργειας από τα πάνελ σε μηχανική ενέργεια. Με το διάγραμμα αυτό ελέγχουμε την ομαλή λειτουργία του συστήματος και την απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ.

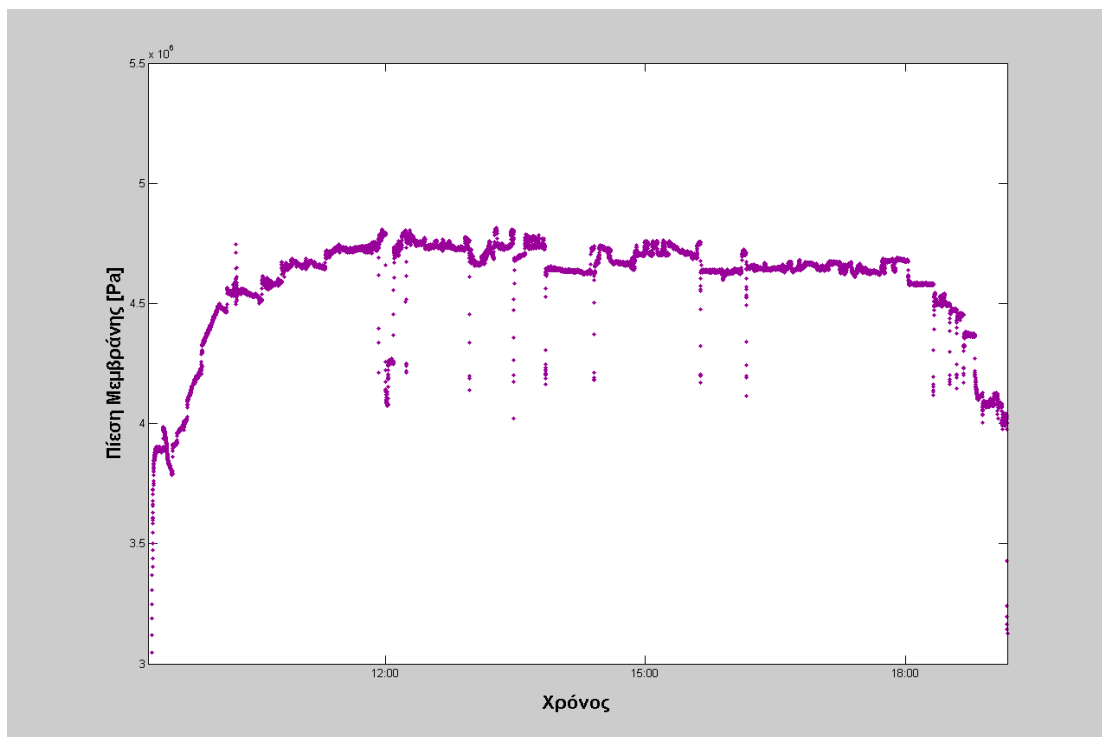
Με την αύξηση της ισχύος της αντλίας, η παροχή του διηθήματος και η πίεση στις μεμβράνες ακολουθούν την ίδια ανοδική τάση. Γι'αυτό διακρίνεται και μια ομοιότητα στα τρία αυτά διαγράμματα. Στις στιγμιαίες πτώσεις της ισχύος παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά και στα δύο παρακάτω γραφήματα (4.5 & 4.6)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5 : ΓΡΑΦΗΜΑ ΙΣΧΥΣ ΑΝΤΛΙΑΣ- ΧΡΟΝΟΥ 02/07/2011

Πίεση Μεμβρανών Αντίστροφης Ωσμωσης

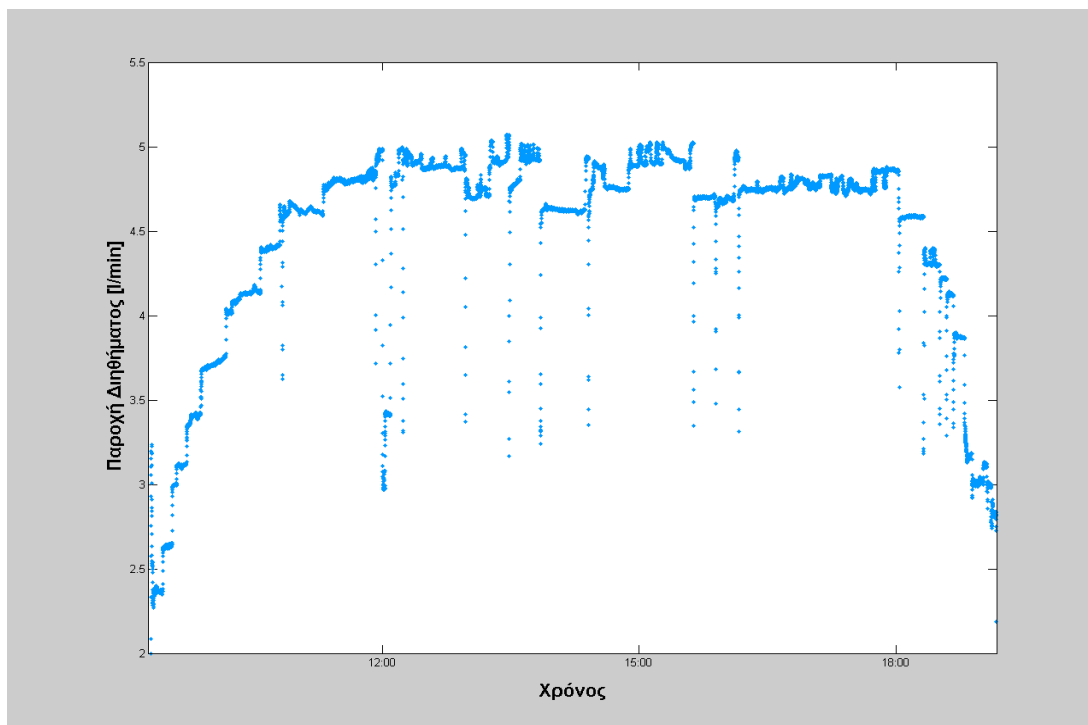
Όσον αφορά στην πίεση στις μεμβράνες, από τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι ανεβαίνει σταδιακά από το πρωί μέχρι τις 10:00, οπότε και σταθεροποιείται σε τιμές γύρω στα **46 bar**, με μέγιστη παρατηρούμενη πίεση μεμβράνης **48.15 bar** στις 13:16. Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι η μέση ώσμωτική πίεση του συστήματος είναι **31.68 bar** ($3.1683e+006 \text{ Pa}$) και με τις πιέσεις που καταγράφονται στις μεμβράνες αυτή η τιμή υπερπηδάται επιτυχώς για την αντίστροφη ώσμωση.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6 : ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ 02/07/2011

Παροχή Διηθήματος

Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι τη συγκεκριμένη ημέρα έχουμε τη μεγάλη παραγωγή διηθήματος που αγγίζει τα **2.66 m^3** , ενώ η μέση παροχή ήταν **4.49 L/min** . Η μέγιστη παροχή παρατηρήθηκε το μεσημέρι ήταν **4.96 L/min** . Το Διάγραμμα 4.7 περιγράφει αναλυτικά την τάση της παροχής του διηθήματος ως προς το χρόνο.

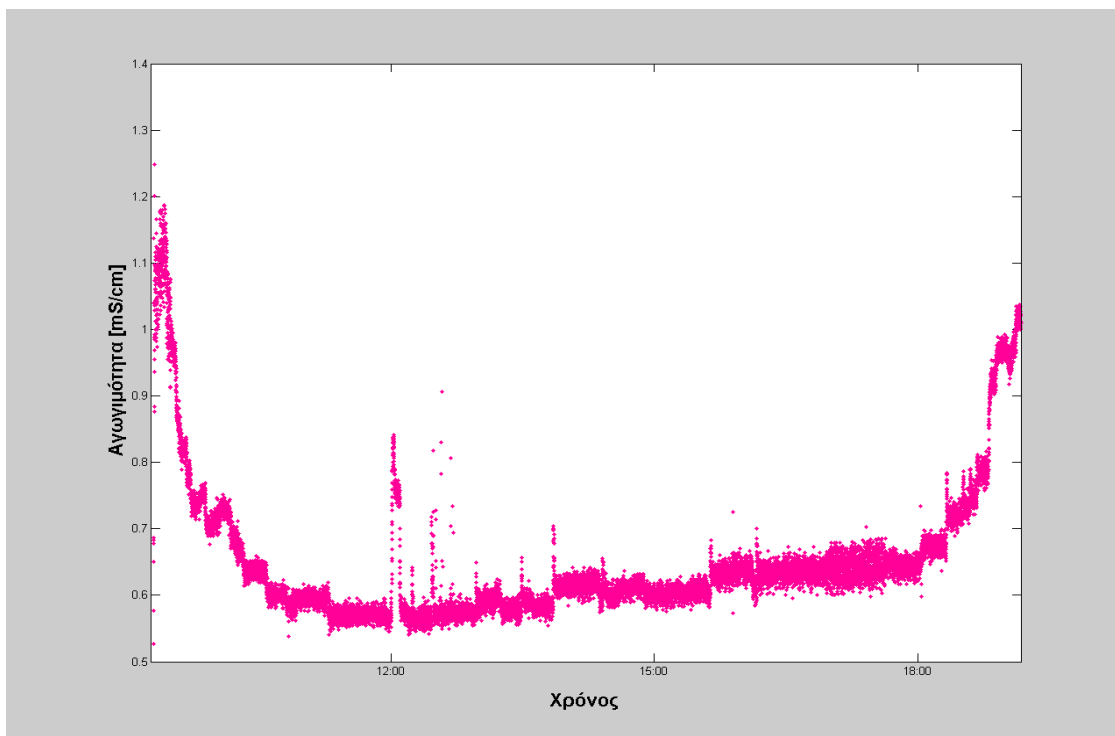


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7: ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΙΗΘΗΜΑΤΟΣ- ΧΡΟΝΟΥ 02/07/2011

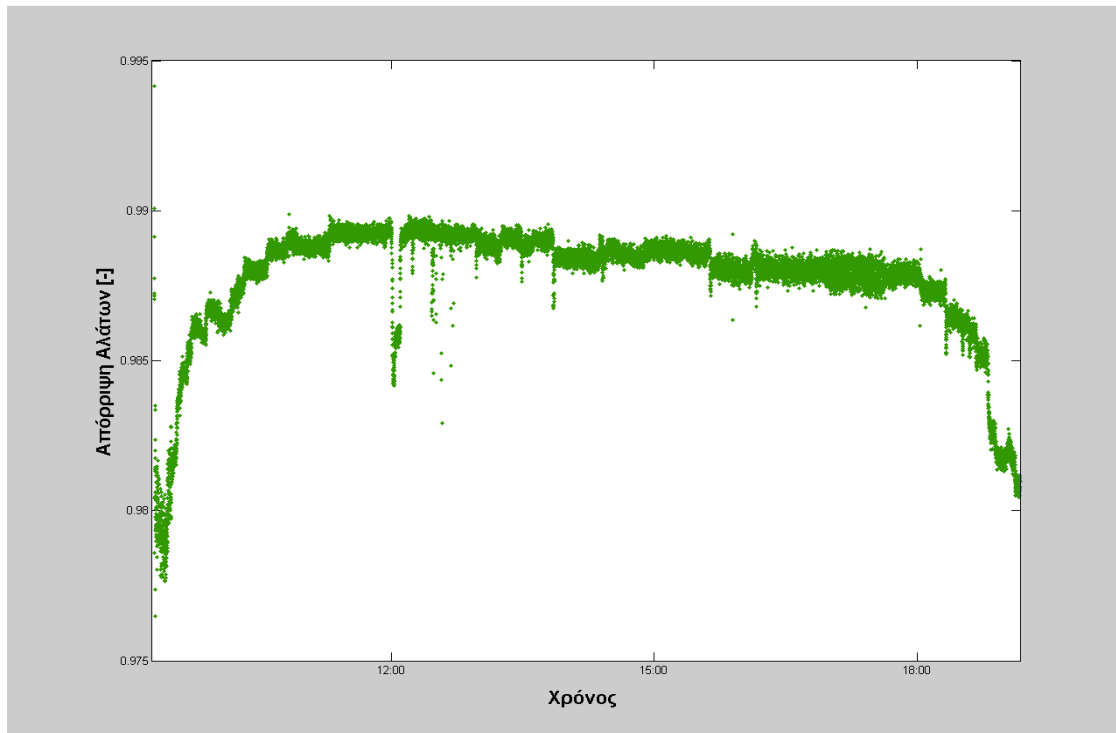
Αγωγιμότητα Διηθήματος & Απόρριψη Αλάτων

Η αγωγιμότητα είναι και μια από τις βασικότερες παραμέτρους για τον έλεγχο της ποιότητας του παραγόμενου νερού. Από το γράφημα της αγωγιμότητας συναρτήσεως του χρόνου (Διάγραμμα 4.8), παρατηρούμε ότι η αγωγιμότητα του διηθήματός μας κυμαίνεται από **1.25 mS/cm** ($1250 \text{ }\mu\text{S/cm}$) μέχρι και **0.525 mS/cm** ($525 \text{ }\mu\text{S/cm}$). Η μέση αγωγιμότητα του διηθήματος στους 20°C ήταν **0.651 mS/cm** ($651 \text{ }\mu\text{S/cm}$).

Το σύστημα φαίνεται να απορρίπτει ένα ποσοστό **98.7 %** των αλάτων που είναι διαλυμένα στο νερό τροφοδοσίας. Παρατηρούμε ότι τα Διαγράμματα 4.8 και 4.9 είναι σχεδόν όμοια, μόνο που παρουσιάζουν την ακριβώς αντίστροφη τάση. Όσο μειώνεται η αγωγιμότητα του διηθήματος, τόσο αυξάνεται και το ποσό απόρριψης των αλάτων.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8 : ΓΡΑΦΗΜΑ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΔΙΗΘΗΜΑΤΟΣ- ΧΡΟΝΟΥ 02/07/2011



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9 : ΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΑΛΑΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ 02/07/2011

✚ Συμπληρωματικοί υπολογισμοί

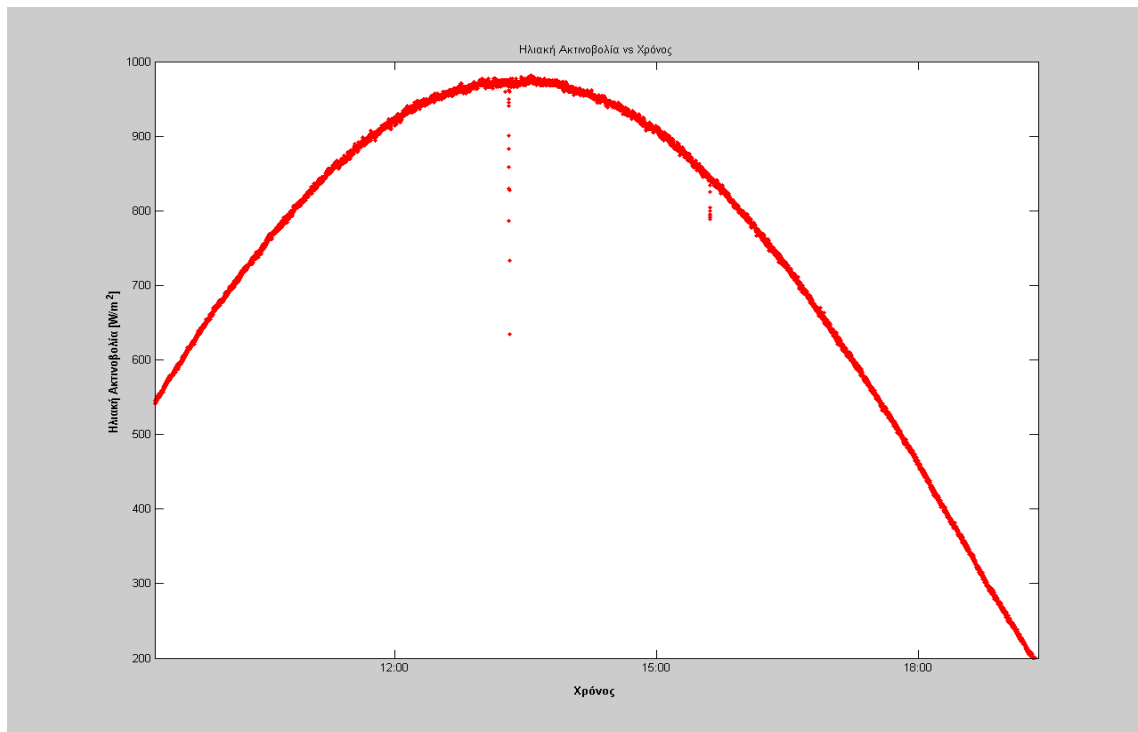
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ 02/07/2011

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ
Συντελεστής Διαπερατότητας Μεμβράνης [m^{-1}]	3.21·10⁻¹⁴
Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας [kWh/m^3]	3.241
Απόδοση PV πάνελ [W]	871

4.3.1.2 ΗΜΕΡΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ως ημέρα μέγιστης απόδοσης επιλέχθηκε μια ημέρα με έντονη ηλιοφάνεια και καθαρό ουρανό, η **Τρίτη 5 Ιουλίου 2011**.

Ηλιακή Ακτινοβολία

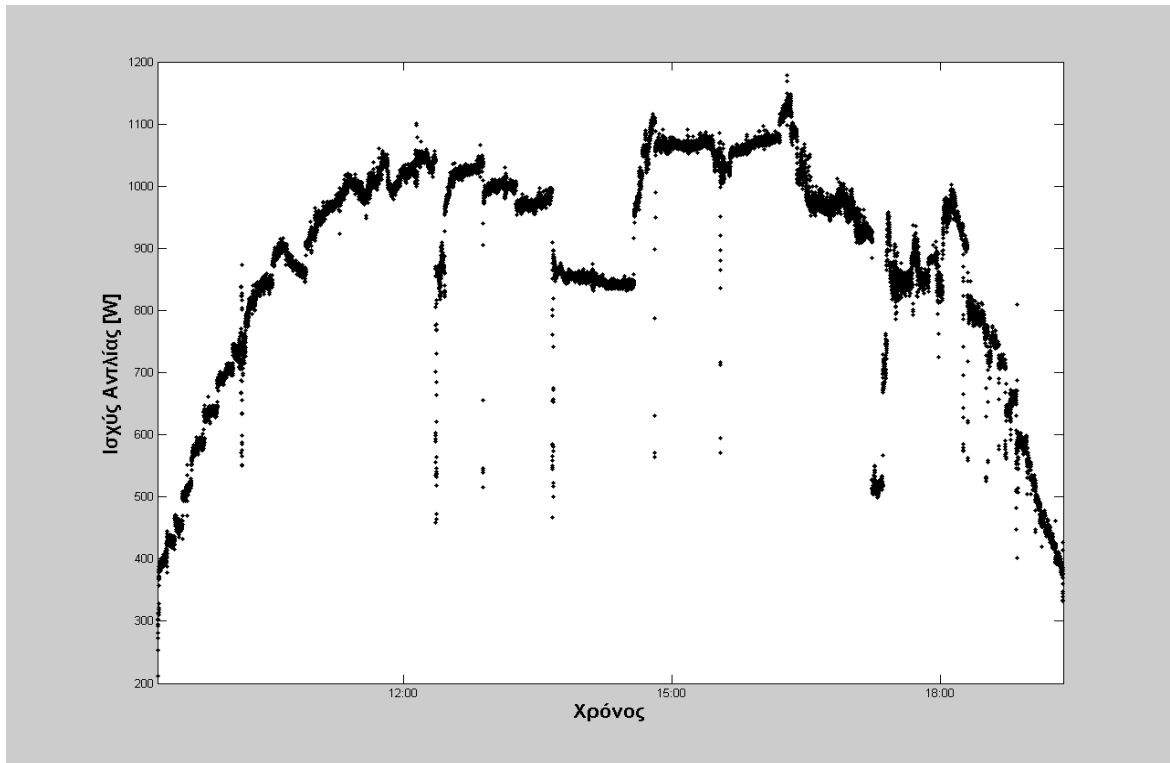


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10: ΓΡΑΦΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ- ΧΡΟΝΟΥ 05/07/2011

Η μονάδα της αντίστροφης ώσμωσης τη συγκεκριμένη ημέρα λειτούργησε για λίγο παραπάνω από 10 ώρες (**10.13 h**) με μέση ηλιοφάνεια **742.65 W/m²**. Η ώρα έναρξης καταγράφεται περίπου στις 09:15 το πρωί ενώ η λήξη της λειτουργίας καταγράφεται στις 19:20. Στο *Διάγραμμα 4.10* παρατηρείται, μια μικρή, σχεδόν αμελητέα μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας το μεσημέρι.

Αναλύοντας το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι η μονάδα ξεκινάει τη λειτουργία της όταν η τιμή της ηλιοφάνειας ξεπερνά τα **541.65 W/m²**, ενώ σταματά όταν η ηλιοφάνεια πέσει κάτω από τα **187.15 W/m²**. Η μέγιστη δε τιμή ηλιοφάνειας καταγράφεται το μεσημέρι στις 13:33 και είναι **982.02 W/m²**.

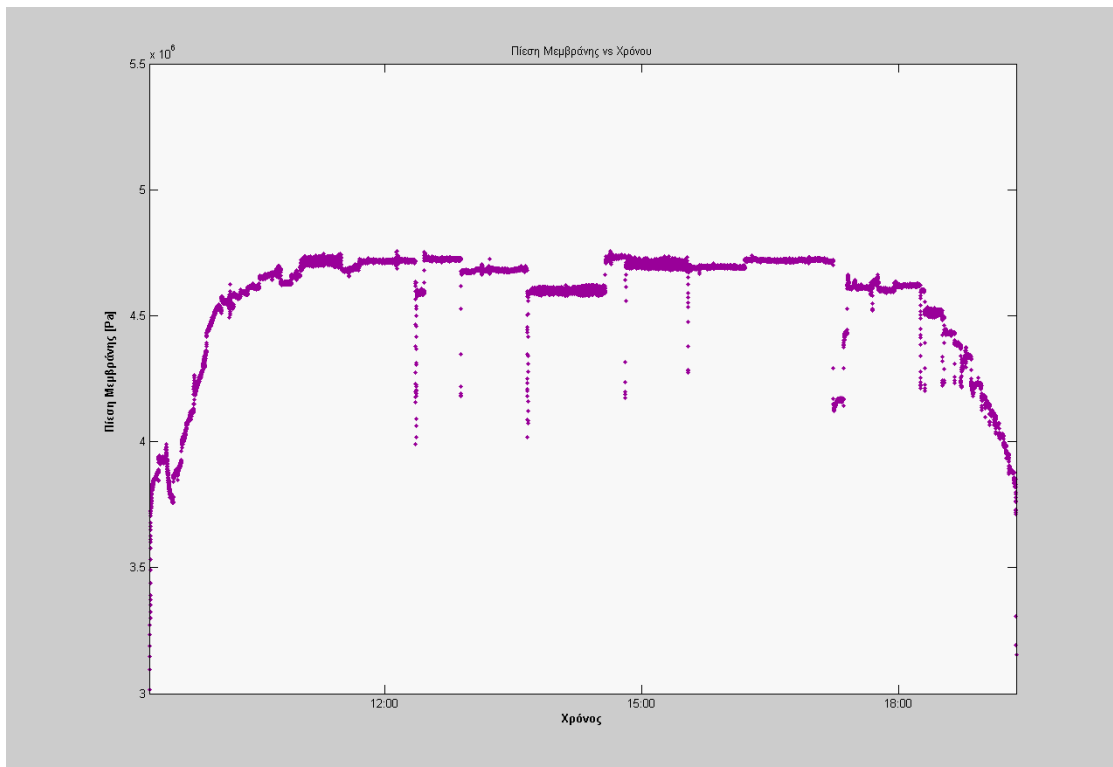
✚ Ισχύς αντλίας υψηλής πίεσης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11 : ΓΡΑΦΗΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ- ΧΡΟΝΟΥ 05/07/2011

Πίεση Μεμβρανών Αντίστροφης Ωσμωσης

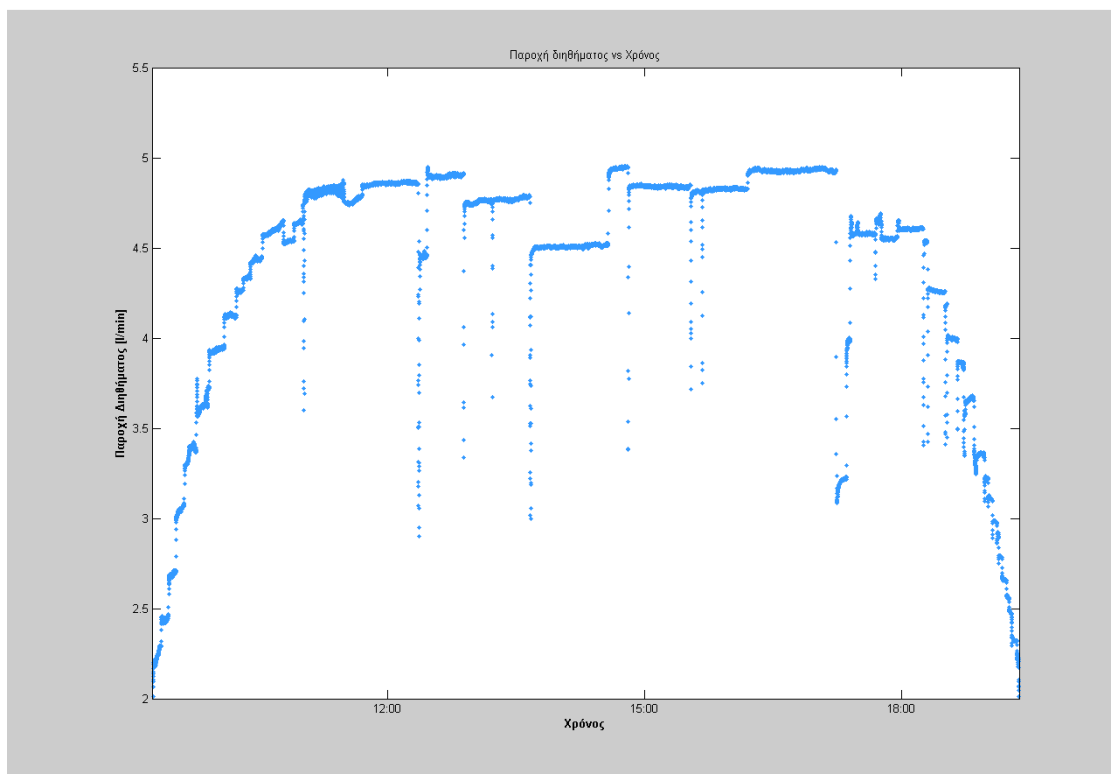
Όσον αφορά στην πίεση στις μεμβράνες, από τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι ανεβαίνει σταδιακά από το πρωί μέχρι τις 10:00, οπότε και σταθεροποιείται σε τιμές γύρω στα **45 bar**, με μέγιστη παρατηρούμενη πίεση μεμβράνης **47.57 bar** στις 14:00. Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι η μέση ώσμωτική πίεση του συστήματος είναι **31.75 bar** ($3.1748e+006 \text{ Pa}$) και με τις πιέσεις που καταγράφονται στις μεμβράνες αυτή η τιμή υπερπηδάται επιτυχώς.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12: ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ 05/07/2011

Παροχή Διηθήματος

Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι τη συγκεκριμένη ημέρα έχουμε τη μεγαλύτερη παραγωγή διηθήματος που αγγίζει τα **2.7 m^3** ενώ η μέση παροχή ήταν **4.45 L/min** . Η μέγιστη παροχή παρατηρήθηκε το μεσημέρι στις 14:45 και ήταν **4.95 L/min** . Το Διάγραμμα 4.13 περιγράφει αναλυτικά την τάση της παροχής του διηθήματος προς το χρόνο.

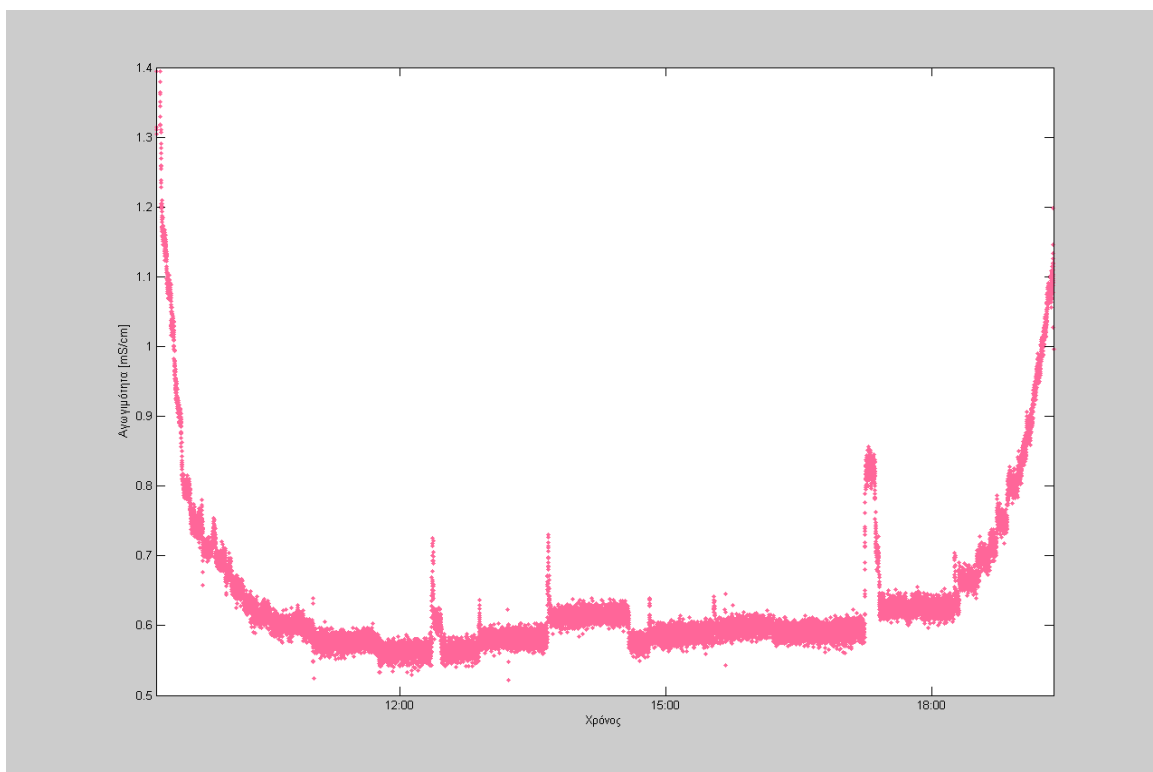


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13: ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΙΗΘΗΜΑΤΟΣ- ΧΡΟΝΟΥ 05/07/2011

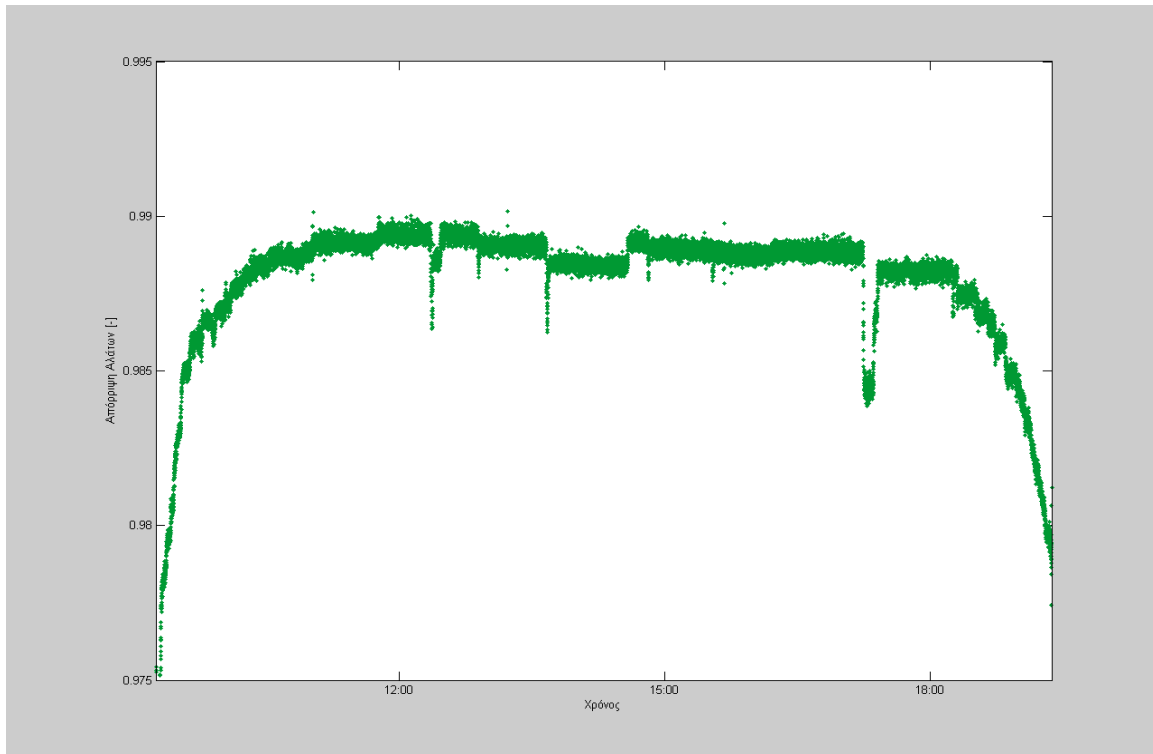
Αγωγιμότητα Διηθήματος & Απόρριψη Αλάτων

Από το γράφημα της αγωγιμότητας συναρτήσει του χρόνου, παρατηρούμε ότι η αγωγιμότητα του διηθήματός μας κυμαίνεται από **1.4 mS/cm ($1400 \text{ }\mu\text{S/cm}$)** μέχρι και **0.522 mS/cm ($522 \text{ }\mu\text{S/cm}$)**. Η μέση αγωγιμότητα του διηθήματος στους 20°C ήταν **0.638 mS/cm ($638 \text{ }\mu\text{S/cm}$)**. Η τιμή αυτή είναι κατά 2% μικρότερη της τιμής της αγωγιμότητας μιας κανονικής ημέρας και κατά 11.4% μικρότερη της ημέρας με την ελάχιστη απόδοση.

Το σύστημα απορρίπτει ένα ποσοστό **98.9 %** των αλάτων που είναι διαλυμένα στο νερό τροφοδοσίας. Μια διαφορά της τάξης του 0.2% της απόρριψης των αλάτων από μια ημέρα μέσης απόδοσης, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Παρατηρούμε ότι τα *Διαγράμματα 4.14* και *4.15* είναι σχεδόν όμοια, μόνο που παρουσιάζουν την ακριβώς αντίστροφη τάση. Όσο μειώνεται η αγωγιμότητα του διηθήματος, τόσο αυξάνεται και το ποσό απόρριψης των αλάτων.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.14: ΓΡΑΦΗΜΑ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΔΙΗΘΗΜΑΤΟΣ- ΧΡΟΝΟΥ 05/07/2011



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.15: ΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΑΛΑΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ 05/07/2011

✚ Συμπληρωματικοί υπολογισμοί

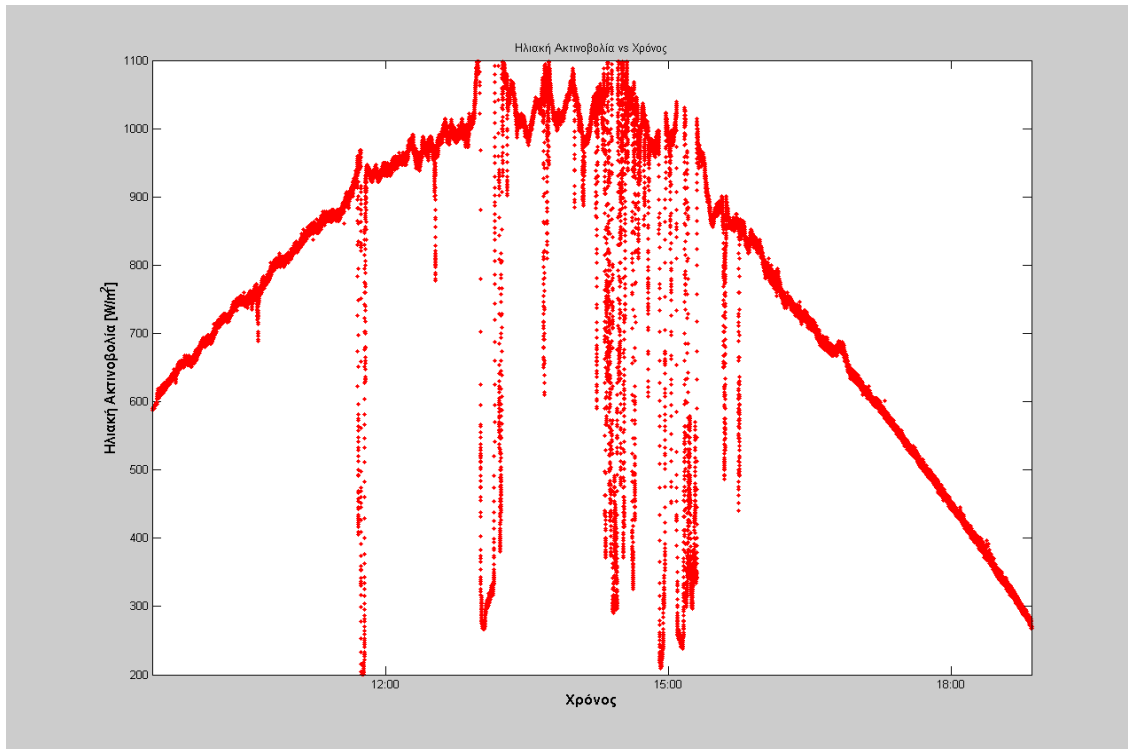
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ 05/07/2011

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ
Συντελεστής Διαπερατότητας Μεμβράνης [m^{-1}]	$3.24 \cdot 10^{-14}$
Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας [kWh/m^3]	3.208
Απόδοση PV πάνελ [W]	854

4.3.1.3 ΗΜΕΡΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ως ημέρα ελάχιστης απόδοσης επιλέχθηκε μια ημέρα με μέτρια ηλιοφάνεια και σποραδική συννεφιά, η **Τρίτη 14 Ιουνίου 2011**. Αυτή την ημέρα, οι παράμετροι έχουν ιδιαίτερες διακυμάνσεις λόγω των συχνά μεταβαλλόμενων τοπικών καιρικών συνθηκών.

Ηλιακή Ακτινοβολία

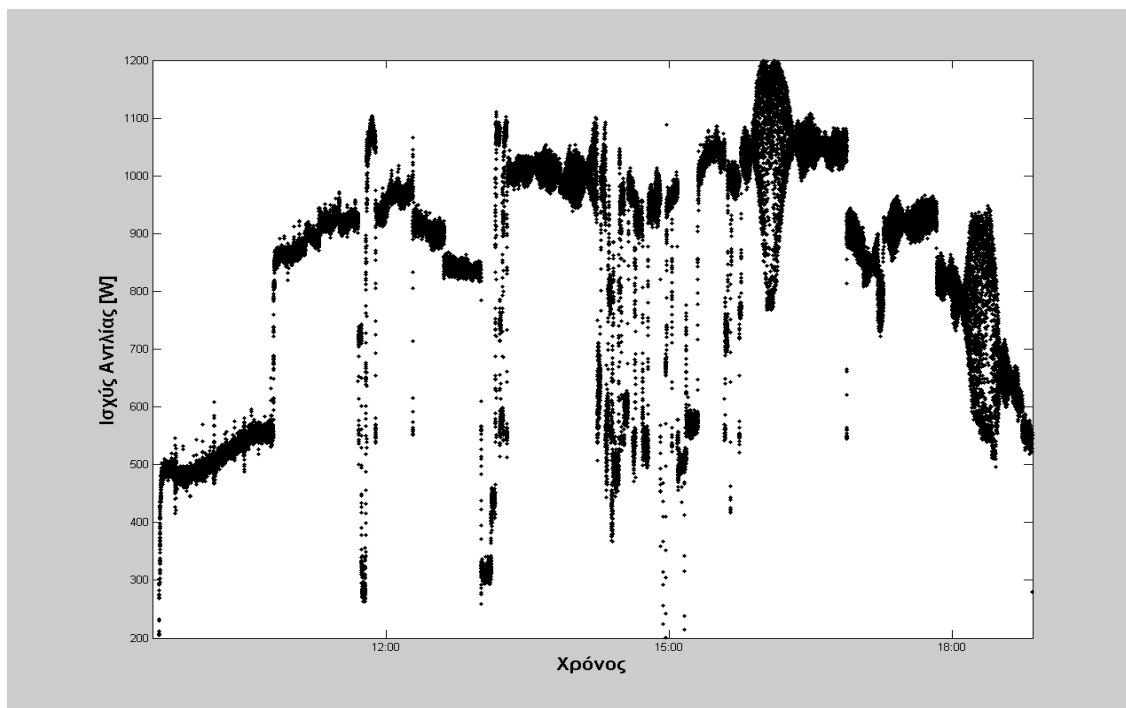


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16: ΓΡΑΦΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ- ΧΡΟΝΟΥ 14/06/2011

Η μονάδα της αντίστροφης ώσμωσης τη συγκεκριμένη ημέρα λειτούργησε για λίγο παραπάνω από 9 ώρες (**9.3 h**) με μέση ηλιοφάνεια **751.84 W/m²**. Η ώρα έναρξης καταγράφεται περίπου στις 09:30 το πρωί, ενώ η λήξη της λειτουργίας καταγράφεται στις 18:50. Στο *Διάγραμμα 4.16* παρατηρούνται ωστόσο μεγάλες διακυμάνσεις της ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια της ημέρας που έχουν ως αποτέλεσμα τη συχνή και απότομη παύση της λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης. Το σύστημά μας σταμάτησε τη λειτουργία του *3 φορές* μέσα στην ημέρα λειτουργίας.

Αναλύοντας το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι η μονάδα ξεκινάει τη λειτουργία της, όταν η τιμή της ηλιοφάνειας ξεπερνά τα 585 W/m^2 . Η μέγιστη δε τιμή ηλιοφάνειας καταγράφεται το μεσημέρι στις 13:10 και είναι 1156 W/m^2 .

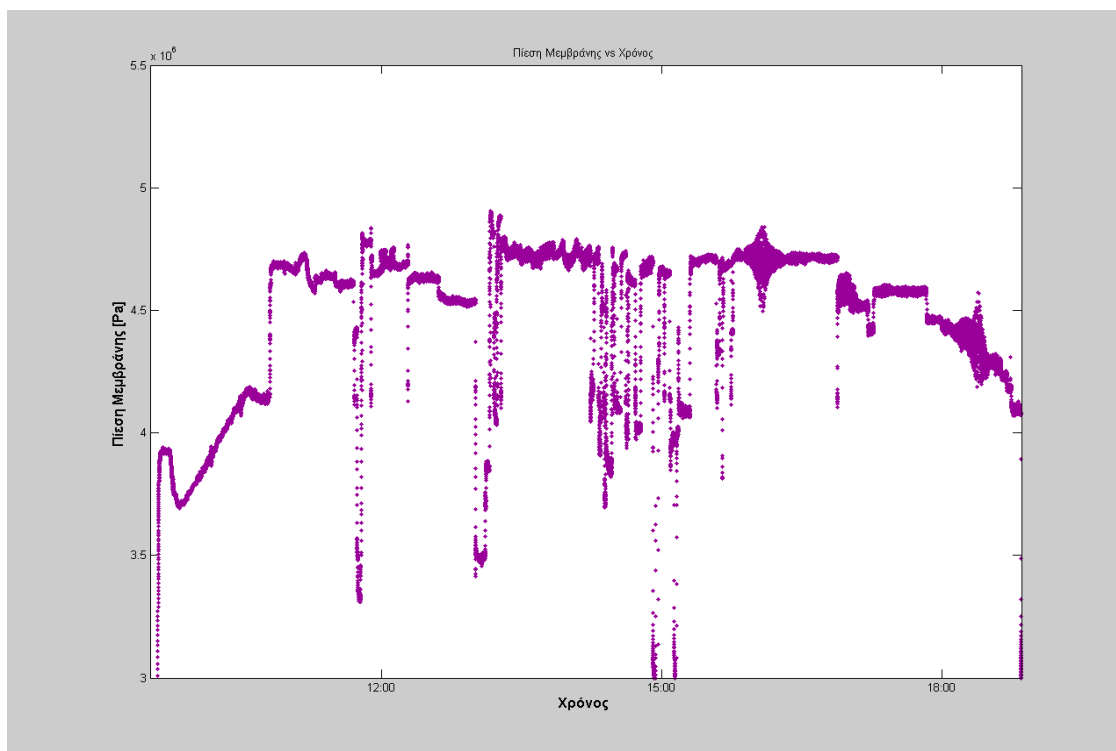
✚ Ισχύς αντλίας υψηλής πίεσης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.17: ΓΡΑΦΗΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ- ΧΡΟΝΟΥ 14/06/2011

Πίεση Μεμβρανών Αντίστροφης Ωσμωσης

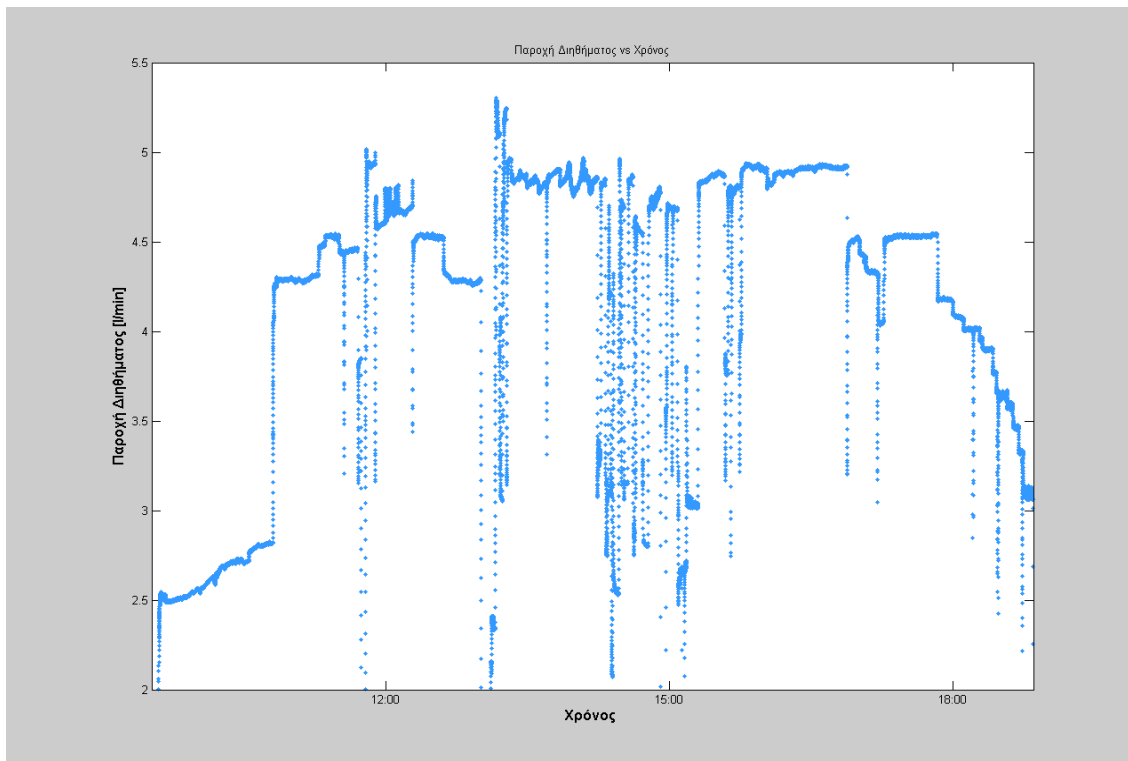
Οι ίδιες κυμαινόμενες τιμές παρατηρούνται και στις πιέσεις των μεμβρανών, λόγω της συννεφιάς που δεν προσφέρει σχετικά σταθερές συνθήκες λειτουργίας. Η μέση πίεση των μεμβρανών είναι **44.5 bar**, με μέγιστη παρατηρούμενη πίεση μεμβράνης 49 bar (υπόψιν είναι πολύ μεγάλη αν κρίνουμε ότι το όριο της αντλίας μας είναι στα 50 bar). Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι η μέση ωσμωτική πίεση του συστήματος είναι **30.35 bar** ($3.0356e+006 \text{ Pa}$) και με τις πιέσεις που καταγράφονται στις μεμβράνες αυτή η τιμή υπερπηδάται ακόμα και σε μια συνεφιασμένη μέρα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.18: ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ 14/06/2011

Παροχή Διηθήματος

Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι τη συγκεκριμένη ημέρα έχουμε τη μικρότερη παραγωγή διηθήματος που αγγίζει τα **2.27 m^3** ενώ η μέση παροχή ήταν **4.09 L/min** . Η μέγιστη παροχή παρατηρήθηκε το μεσημέρι στις 14:00 και ήταν **5.3 L/min** . Το Γράφημα 4.19, περιγράφει αναλυτικά την τάση της παροχής του διηθήματος ως προς το χρόνο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.19: ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΙΗΘΗΜΑΤΟΣ- ΧΡΟΝΟΥ 14/06/2011

Αγωγιμότητα Διηθήματος

Οι τόσο μεταβαλλόμενες μετεωρολογικές συνθήκες είχαν ως αποτέλεσμα την έναρξη και λήξη του συστήματος με αποτέλεσμα να μην έχουμε ψηφιακά καταγεγραμμένες τιμές της αγωγιμότητας. Υπάρχουν όμως χειροκίνητες καταγραφές της αγωγιμότητας με απλό αγωγιμότητα. Από τις μετρήσεις, η στιγμιαία αγωγιμότητα κυμάνθηκε από **625 mS/cm** έως **1650 mS/cm** . Συνολικά όμως στο διήθημα η αγωγιμότητα δεν ξεπέρασε τα **720 mS/cm** , επομένως η συννεφιά είχε μικρή επίδραση στη συνολική ποιότητα του νερού.

4.3.2 ΦΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ – ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Κρίθηκε σκόπιμο επίσης να μελετηθούν περαιτέρω και ορισμένοι φυσικοχημικοί παράγοντες του παραγόμενου νερού, ώστε να διασφαλιστεί η καταλληλότητά του για ανθρώπινη χρήση.

4.3.2.1 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ – CONDUCTIVITY

Η αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας ήταν περίπου **50 000 $\mu S/cm$** . Τα αποτελέσματα έχουν προσδιοριστεί σε θερμοκρασία **20°C** με χρήση αγωγιμόμετρου.

Από τα δείγματα που μετρήθηκαν η αγωγιμότητα ήταν κατά μέσο όρο **508.17 $\mu S/cm$** , ενώ οι τιμές κυμαίνονταν από **494 $\mu S/cm$** έως **522 $\mu S/cm$** .

Παρατηρούμε λοιπόν ότι έχουμε μια απομάκρυνση αλάτων μέσω του συστήματος αφαλάτωσης της τάξης του **98.98%**.

4.3.2.2 pH

Στο θαλασσινό νερό το pH περιορίζεται στο εύρος 7,5 - 8,4. Ο μέσος όρος του pH του νερού της τροφοδοσίας ήταν **7.68**, μια σχετικά χαμηλή τιμή.

Μετά την διεργασία της ελεύθερης ώσμωσης οι τιμές pH του καθαρού νερού κυμαίνονταν στα επιμέρους δείγματα από 6.69 έως 7.1, με μέσο όρο pH **6.95**.

4.3.2.3 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ – HARDNESS

Η σκληρότητα εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε κατιόντα κυρίως ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}). Τα ανθρακικά και τα όξινα ανθρακικά άλατα αυτών των δύο μετάλλων (ασβέστιο και μαγνήσιο) αποτελούν την **παροδική σκληρότητα** του νερού.

Η σκληρότητα του διηθήματος χαρακτηρίζεται ως χαμηλή, με μέση τιμή **7.6 mg $CaCO_3/L$** . Η χαμηλότερη τιμή σκληρότητας που καταγράφηκε ήταν τα **5 mg $CaCO_3/L$** ενώ η υψηλότερη ήταν **9 mg $CaCO_3/L$** .

4.3.2.4 ΘΟΛΟΤΗΤΑ –TURBIDITY

Η *θολότητα* στα υγρά εμφανίζεται από τα αιωρούμενα και αδιάλυτα σωματίδια. Η μονάδα μέτρησης καθιερώθηκε από το EPA: **NTU** (*Nephelometric Turbidity Unit*).

Στην επεξεργασία νερού, η παρακολούθηση του επιπέδου της θολότητας καθορίζει την σωστή φίλτρωση στα διάφορα στάδια της διαδικασίας. Στο πόσιμο νερό, οι απαιτήσεις για πολύ χαμηλά επίπεδα θολότητας καθιστούν απαραίτητη τη μέτρησή της με ηλεκτρονικά όργανα.

Τα δείγματά παρουσίασαν μετρήσεις θολότητας πολύ χαμηλές, κατά μέσο όρο **0.24 NTU**. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές τιμές της τάξης των *0.14 NTU*. Η μέγιστη τιμή θολότητας που καταγράφηκε ήταν *0.53 NTU*.

4.3.2.5 TDS – TOTAL DISSOLVED SOLIDS

Με τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης, το νερό είναι υποχρεωμένο να περάσει δια μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης αφήνοντας πίσω από τις ξένες προσμίξεις. Η διαδικασία αυτή αφαιρεί 95-99% των TDS (συνολικά διαλυμένων στερεών), παρέχοντας καθαρό ή υπερ-καθαρό νερό.

Τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) κυμαίνονταν από *0.0374 mg /L* έως *0.0490 mg /L*. Ο μέσος όρος που καταγράφηκε ήταν **0.0413 mg /L**.

4.3.2.6 ΓΕΥΣΗ – ΟΣΜΗ

Η *γεύση* και η *οσμή* του διηθήματος ήταν αποδεκτή από τους δοκιμαστές και άνευ συνήθους μεταβολής.

4.3.2.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΓΙΑ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	WHO	ΕΥ	ΔΙΗΘΗΜΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ
Αγωγιμότητα [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	< 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	< 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	508.17
pH	6.5 - 8.5	Δεν καθορίζει	6.95
Σκληρότητα	150-500 mg/l	Δεν καθορίζει	7,6
Θολότητα	< 5 NTU	Δεν καθορίζει	0.24
TDS	Δεν αναφέρεται	Δεν καθορίζει	0.0413
Γεύση - Οσμή	Αποδεκτή	Δεν καθορίζει	Αποδεκτή

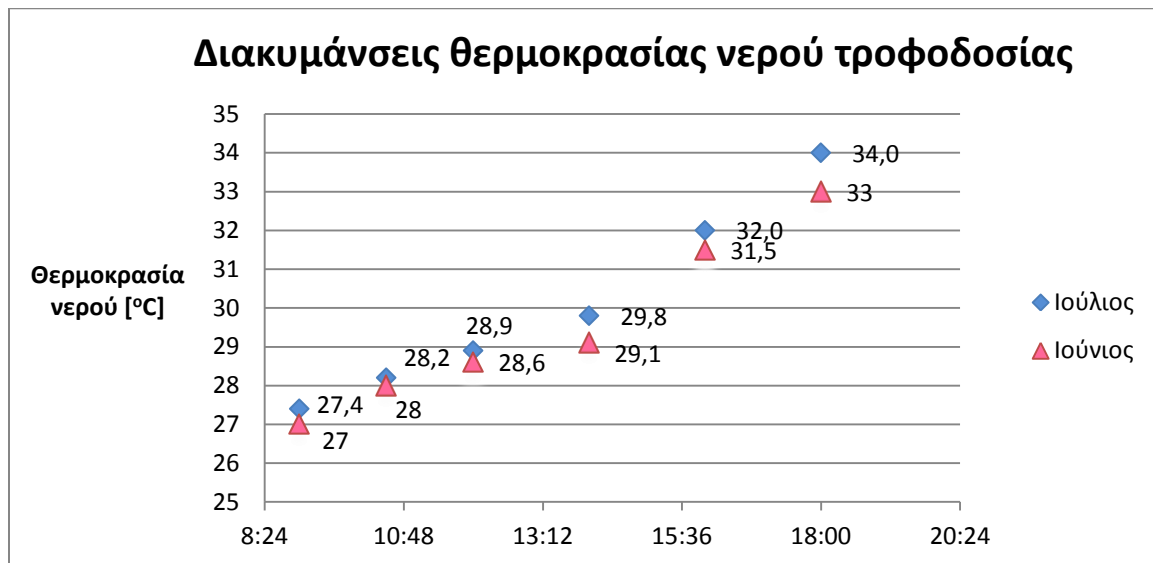
Το παραγόμενο νερό είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση, αν και χαρακτηρίζεται ως *μαλακό νερό*. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο σε περιπτώσεις λειψυδρίας. Δεν συνίσταται ωστόσο για καθημερινή χρήση. Εάν θέλουμε το παραγόμενο νερό να χρησιμοποιείται ως πόσιμο μπορούμε να εφαρμόσουμε δύο βελτιωτικές μεθόδους. Μπορούμε να κάνουμε εμπλουτισμό του περνώντας το από φίλτρο ασβεστόλιθου ώστε να γίνει πιο μεταλλικό, είτε μπορεί να αναμιγνύεται με νερό γεώτρησης της περιοχής, χωρίς να αυξάνεται αισθητά η αγωγιμότητά του.

4.3.3 ΦΑΣΗ ΤΡΙΤΗ – ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Η αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση, το σθένος και τις επιμέρους συγκεντρώσεις τους, καθώς και τη **θερμοκρασία μέτρησης**. Η αγωγιμότητα στα νερά *αυξάνει* με την αύξηση της θερμοκρασίας, γι' αυτό έγινε και μια προσπάθεια ελέγχου της ποιότητας του παραγόμενου νερού με μεταβαλλόμενη θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας.

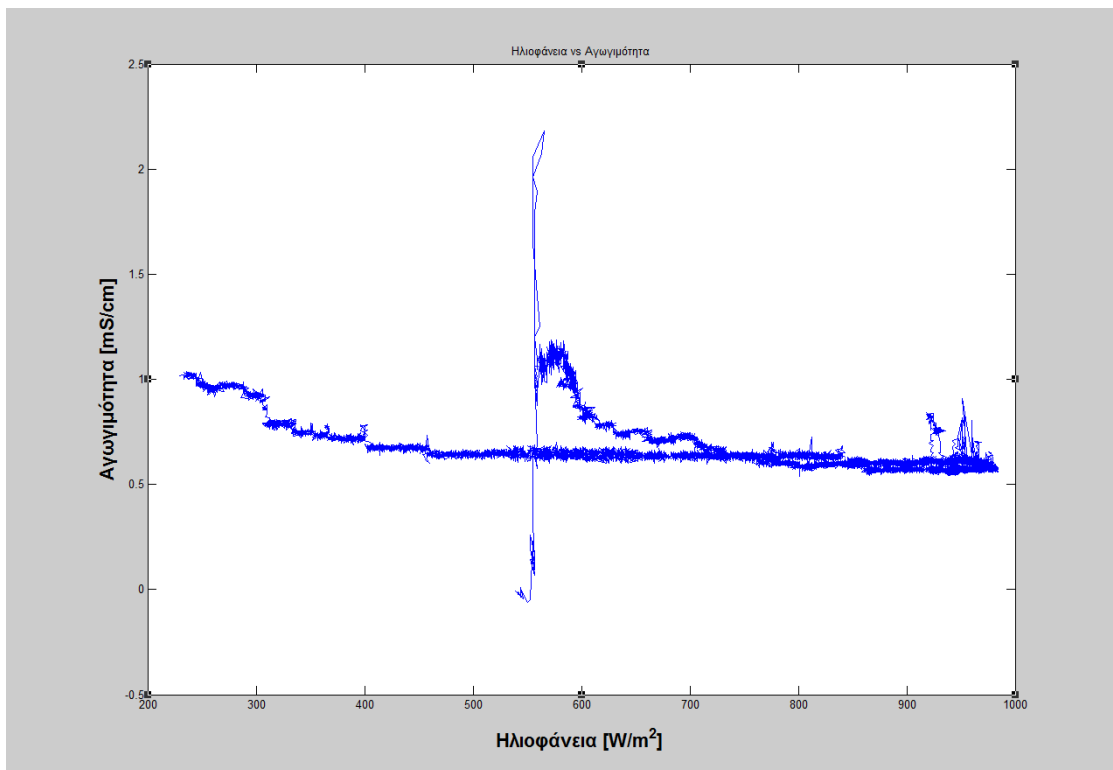
Το συγκεκριμένο πείραμα, δυστυχώς, δεν ολοκληρώθηκε, λόγω βλάβης της μονάδας αφαλάτωσης. Επομένως δεν έχουμε αρκετά αποτελέσματα ώστε να πούμε με βεβαιότητα ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας μειώνει, την ποιότητα του παραγόμενου νερού.

Έχουμε όμως συγκεντρωτικά τη μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας μια ημέρα του Ιουνίου και μια του Ιουλίου (Διάγραμμα 4.20).

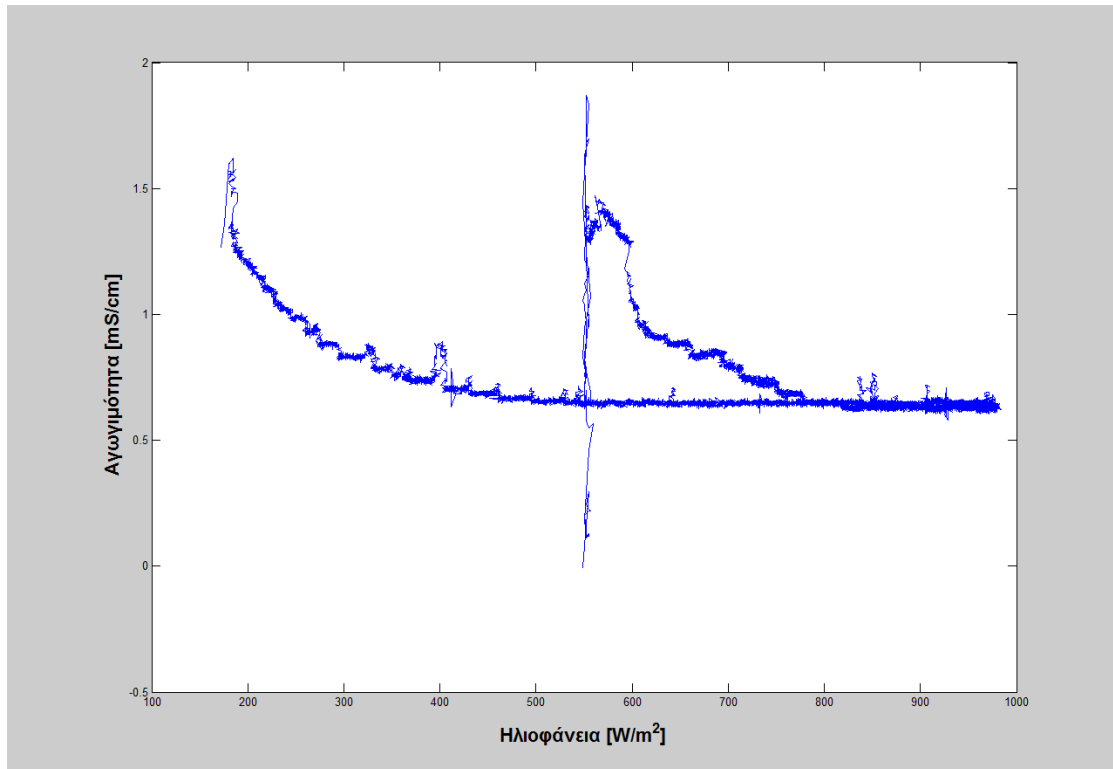


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20: ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται σταδιακά, παρουσιάζοντας τη μεγαλύτερη τιμή το απόγευμα. Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού και γι'αυτό δεν συμβαδίζουν συχνά οι μεταβολές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας με αυτές του νερού. Την ίδια χρονική περίοδο από τις μετρήσεις παρατηρούμε και αυξημένες τιμές της αγωγιμότητας. Αυτό φαίνεται πιο επιγραμματικά στα διαγράμματα ηλιακής ακτινοβολίας- αγωγιμότητας (Διαγράμματα 4.21 & 4.22).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.21: ΓΡΑΦΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ- ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ Α



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.22: ΓΡΑΦΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ- ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ Β

Τα παραπάνω γραφήματα περιγράφουν τη συμπεριφορά της αγωγιμότητας του διηθήματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας συναρτήσει της διακύμανσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Γι'αυτό το λόγο, ενώ φαίνεται αρχικά μια τάση προς μείωση της αγωγιμότητας, όσο αυξάνεται η ηλιακή ακτινοβολία προς το τέλος της ημέρας, η αγωγιμότητα έχει μια ιδιόμορφη συμπεριφορά μετά το μεσημέρι. Βλέπουμε ότι με τη μείωση της ηλιοφάνειας και άρα της ισχύος της αντλίας αρχίζει να αυξάνεται η αγωγιμότητα, τόσο ραγδαία όμως που δεν ακολουθεί την ομαλή διακύμανση του πρωινού.

Αυτό θεωρούμε ότι οφείλεται στην αύξηση της *θερμοκρασίας* του νερού τροφοδοσίας τη συγκεκριμένη ώρα που επηρεάζει την ποιότητα του διηθήματος. Γιατί το πρωί είχαμε μετρήσεις αγωγιμότητας για θερμοκρασία τροφοδοσίας γύρω στους 27°C, ενώ το απόγευμα γύρω στους 34 °C.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βασιζόμενοι στα παραπάνω αποτελέσματα και τάσεις που παρατηρήθηκαν, μπορούμε να προβούμε στα εξής συμπεράσματα για τη συνολική συμπεριφορά του συστήματος αφαλάτωσης:

- ✚ Στην αρχή της λειτουργίας του συστήματος, η ποιότητα του διηθήματος πέφτει απότομα (με παράλληλη αύξηση αγωγιμότητας & TDS), λόγω της συγκέντρωσης των αλάτων στην επιφάνεια της μεμβράνης. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η αγωγιμότητα μειώνεται ραγδαία λόγω της εξάλειψης των συσσωρευμένων αλάτων από τις μεμβράνες.
- ✚ Με την αύξηση της ισχύος, η παροχή του διηθήματος και η πίεση στις μεμβράνες ακολουθούν την ίδια ανοδική τάση. Ο λόγος για τον οποίο η παροχή του διηθήματος ακολουθεί απόλυτα την ισχύ του κινητήρα οφείλεται το γεγονός ότι το σύστημα έχει μια σταθερή αναλογία ανάκτησης. Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για την πίεση, δεδομένου ότι η αύξηση της πίεσης στις μεμβράνες βασίζεται στο σταθερό λόγο ανάκτησης ενέργειας του συστήματος.
- ✚ Το ίδιο δεν ισχύει, ωστόσο, για την ηλεκτρική αγωγιμότητα, που επηρεάζεται επίσης και από άλλους παράγοντες, όπως η ταχύτητα εγκάρσιας ροής, η θερμοκρασία, κλπ. Η χαμηλότερη ισχύς οδηγεί σε μείωση της εγκάρσιας ταχύτητα ροής και της παροχής του διηθήματος που οδηγούν σε μειωμένη αραίωση των διαχεόμενων αλάτων στη ροή του διηθήματος και σε αύξηση της πόλωσης συγκέντρωσης στις μεμβράνες.
- ✚ Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να δούμε ότι μια παρατεταμένη σταθερή λειτουργία του συστήματος, οδηγεί σε χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (το οποίο μεταφράζεται σε καλύτερη ποιότητα του παραγόμενου νερού).

✚ Οι διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας δεν επηρεάζουν άμεσα την ηλεκτρική αγωγιμότητα (οι τιμές δεν ξεπερνούν τα 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$), όσο επηρεάζουν την παροχή του διηθήματος και την πίεση των μεμβρανών. Το σύστημα της αντίστροφης ώσμωσης με φωτοβολταϊκά αντέχει την αύξηση και μείωση της παρεχόμενης ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, όσο οι παράμετροι της παροχής και πίεσης δεν ξεπερνούν τα συνιστώμενα από τον κατασκευαστή όρια. Όμως, οι διαρκείς και έντονες διακυμάνσεις που οδηγούν σε διακοπή του συστήματος για μεγάλο χρονικό διάστημα (πάνω από 5'), μπορούν να επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του παραγόμενου νερού. Μετά τη διακοπή και την εκκίνηση του συστήματος, τα άλατα που έχουν συσσωρευτεί στην επιφάνεια των μεμβράνων διαχέονται στην πλευρά του διηθήματος, επιδεινώνοντας έτσι την ποιότητά του.

✚ Το παραγόμενο νερό είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση με μέση αγωγιμότητα **508.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$** και pH **6.95** , αν και χαρακτηρίζεται ως μαλακό.

✚ Τα PV-RO συστήματα αφαλάτωσης έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τις ζωές πολλών ανθρώπων σε απομακρυσμένες παράκτιες κοινότητες υψηλής ηλιοφάνειας που δεν διαθέτουν κατάλληλες υποδομές και πόσιμο νερό. Αυτή η έρευνα έχει κάνει άλλο ένα μικρό βήμα προς επιβεβαίωση αυτής της τεχνολογίας, αλλά υπάρχει ακόμη πολλή δουλειά να γίνει για να βελτιωθεί η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων, ώστε να είναι αποδοτικά και οικονομικά προσιτά για ευρεία εφαρμογή.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύγκριση Αγωγιμότητας – Θερμοκρασίας

Επειδή δεν κατέστη δυνατόν να ολοκληρωθεί το πείραμα σύγκρισης της αγωγιμότητας διηθήματος και θερμοκρασίας διηθήματος, προτείνεται η επανάληψή του ώστε να πάρουμε αρκετά αποτελέσματα που θα μας δίνουν τη δυνατότητα να βγάλουμε καλύτερα συμπεράσματα που θα βοηθήσουν στον τομέα της βελτίωσης της τεχνολογίας αφαλάτωσης σε περιοχές με υψηλές ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες.

Διαχείριση συμπυκνώματος

Το συμπύκνωμα αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης και θεωρείται υγρό απόβλητο. Το επίπεδο αλατότητας των λυμάτων μπορεί να ποικίλλει 5000 - 40000 mg/L (Mushtaque A. et al, 2001), γεγονός που καθιστά προβληματική τη διάθεσή του σε διάφορα οικοσυστήματα. Αν και έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες διαχείρισής του, χρειάζεται επιπρόσθετη έρευνα, ώστε η παραγωγή και διάθεσή του να μην υποβιβάζει τις τεχνολογίες αφαλάτωσης ως προς τη βιωσιμότητά τους.

Φυσική Μέθοδος Αφαλάτωσης

Η φυσική μέθοδος αφαλάτωσης είναι μια πρωτοποριακή μέθοδος που βασίζεται στη φυσική ωσμωτική πίεση της θάλασσας με το βάθος. Τα βασικά πλεονεκτήματά του είναι:

- Η μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας
- Η ευκολία στη λειτουργία και το χαμηλό κόστος συντήρησης
- Τα περιβαλλοντικά οφέλη
- Η υψηλή απόδοση της μονάδας

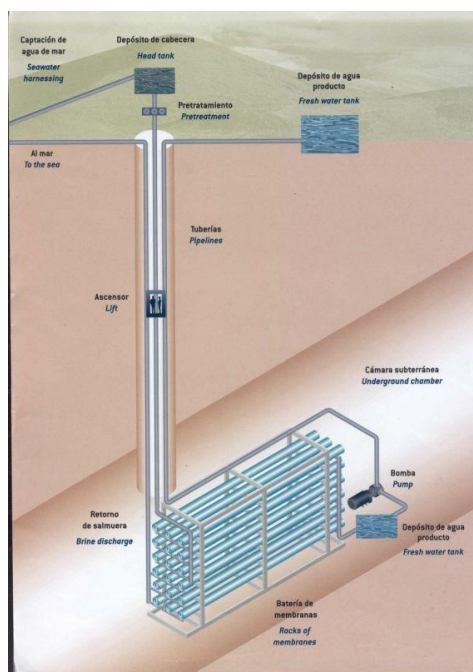
Παρά την πρωτοποριακή σύλληψη του, το σύστημα δεν χρησιμοποιεί κανένα τύπο τεχνολογίας που να μην εφαρμόζεται και στην βιομηχανία, δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται και εδώ μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης, φίλτρα, αντλίες και αγωγοί, αντικαθιστώντας ωστόσο το πολύπλοκο μηχανικό σύστημα άντλησης με μια στήλη του θαλασσινού νερού.

Κάθε δέκα μέτρα της στήλης νερού ισοδυναμούν με πίεση μιας ατμόσφαιρας. Η φυσική πίεση αυτή και όχι η ηλεκτρική ενέργεια παρέχει την απαιτούμενη πίεση στις μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης.

Το θαλασσινό νερό ασκεί πίεση μέσω των κάθετων αγωγών που είναι βιδωμένοι περιμετρικά ενός άξονα, με την οποία οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο όπως σε ένα συμβατικό σύστημα, χωρίζοντας το αλμυρό νερό σε δύο ρεύματα: διήθημα και συμπύκνωμα.

Από τη βιβλιογραφία ένα τέτοιο σύστημα καταναλώνει 45% λιγότερη ενέργεια από ό,τι μια συμβατική μονάδα. Θα μπορούσε λοιπόν να μελετηθεί πόση ακόμα λιγότερη ενέργεια θα κατανάλωνε με τη συνέργεια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και φυσικά η γενικότερη βιωσιμότητα ενός τέτοιου συστήματος ευρείας κλίμακας.

Επίσης σε δεύτερη φάση, θα μπορούσε να γίνει προσπάθεια προσομοίωσης ενός τέτοιου συστήματος εργαστηριακά, ώστε να παρακολουθείται η ποιότητα του παραγόμενου πόσιμου νερού σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (Norinves, S.L. Spain)

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημοσιεύσεις & Βιβλία:

- ADIRA Handbook (2008): A Guide to Autonomous Desalination System Concepts: MEDA Water.
- Al Suileimani, Z. and Nair, R. (2000), 'Desalination by solar-powered reverse osmosis in a remote area of the Sultanate of Oman', Applied Energy, 65, 367-380.
- Al-Karaghoul, A., D. Renne, and L.L. Kazmerski, 'Solar and wind opportunities for water desalination in the Arab regions', Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2009. 13(9): p. 2397-2407.
- Al-Mutaz I., 'A comparative study of RO and MSF desalination plants', Desalination, Volume 106, Issues 1-3, August 1996, Pages 99-106
- Banat, F. and H. Qiblawey, 'Membrane desalination driven by solar energy: Solar Desalination for the 21st Century', 2007: p. 271-291.
- Charcosset, C., 'A review of membrane processes and renewable energies for desalination'. Desalination, 2009. 245(1-3): p. 214-231. II
- Council Directive on the quality of water intended for human consumption, in 98/83/EC. 1998: European Union.
- De Munari, A., et al., 'Application of solar-powered desalination in a remote town in South Australia', Desalination, 2009. 248(1-3): p. 72-82.
- Eltawil, M.A., Z. Zhengming, and L.Q. Yuan, 'A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems.'. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2009. 13(9): p. 2245-2262.
- Essam Mohamed, Papadakis, G., Mathioulakis, E., Belessiotis, V. (2008). 'A direct coupled photovoltaic seawater reverse osmosis desalination system toward battery based systems - a technical and economical experimental comparative study.', Desalination, p. 17-22

Fiorenza G., V.K. Sharma and G. Braccio, 'Techno-economic evaluation of a solar powered water desalination plant.', *Energy Conversion and Management*, 44 (2003), pp. 2217–2240.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, The FAOSTAT database, population: annual time series, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (2000).

Garcia-Rodriguez, L., 'Renewable energy applications in desalination: state of the art.', *Solar Energy*, 2003. 75(5): p. 381-393.

Gare S., 'RO systems: the importance of pre-treatment, *Filtration & Separation*', Volume 39, Issue 1, January-February 2002, Pages 22-27

Geredaki V., 'Autonomous Photovoltaic-Powered Reverse Osmosis for Remote Coastal Areas', MSc Thesis, Deft University of Technology, May 2011

Ghermandi, A. and R. Messalem, 'Solar-driven desalination with reverse osmosis: the state of the art', *Desalination and Water Treatment*, 2009. 7(1-3): p. 285-296.

Glater, J. (1998). "The early history of reverse osmosis membrane development". *Desalination* **117**: 297 309.

Gleick, P. H., 1996: Water resources. In *Encyclopedia of Climate and Weather*, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.

Guidelines for Drinking-water Quality (Third Edition), 2008, World Health Organization: Geneva.

Hashem Heba, 'Sun making water in Sahara', 24 January 2011 (CSP Today)

Haynie, Donald T. (2001). 'Biological Thermodynamics', Cambridge: Cambridge University Press. pp. 130–136. ISBN 0521795494.

Herold, D. and A. Neskakis, 'A small PV-driven reverse osmosis desalination plant on the island of Gran Canaria.', *Desalination*, 2001. 137(1-3): p. 285-292.

Houcine, I., Benjemaa, F., Chahbani, M. and Maalej, M. (1999), 'Renewable energy sources for water desalting in Tunisia', *Desalination*, 125, 123-132.

Ibbotson Brett, 'The Effects of Fluctuating Operation on Reverse Osmosis Membranes', Dissertation: Master Water Resource Management, February 2010, Technical University of Delft

IDA, IDA worldwide desalting inventory 2002, International Desalination Association (2002).

Kaldellis, J.K., K.A. Kavadias, and E. Kondili, 'Renewable energy desalination plants for the Greek islands - technical and economic considerations', *Desalination*, 2004. 170(2): p. 187-203.

Kalogirou, S.A. (2005), 'Seawater desalination using renewable energy sources', *Progress in Energy and Combustion Science*, 31, 242-281

Khawaji A., Kutubkhanah I., Jong-Mihn Wie. 'Advances in seawater desalination technologies. Desalination', Volume 221, Issues 1-3, 1 March 2008, Pages 47-69

Khordagui H., Environmental aspects of brine reject from desalination industry in the ESCWA region. ESCWA, Beirut, 1997.

Lattemann Sabine, Maria D. Kennedy, Jan C. Schippers, Gary Amy, 'Chapter 2 Global Desalination Situation', *Sustainability Science and Engineering*, Volume 2, 2010, Pages 7-39

Mathioulakis E., Bellesiotis V., Delyiannis E., 'Desalination by using alternative energy: Review and state of the art', *Desalination*, Volume 203, Issues 1-3, 5 February 2007, Pages 346-365

Metcalf & Eddy Inc., "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", 4th Edition, revised by G. Tchobanoglous, F. L. Burton, D. Stensel, USA, McGraw-Hill, 2003

Mushtaque A., W Shayya, D Hoey, J Alhandaly, 'Brine disposal from reverse osmosis desalination plants in Oman and the United Arab Emirates', *Desalination* (2001), Volume: 133, Issue: 2, Pages: 135-147

PhysicalGeography.net, CHAPTER 7: Introduction to the Atmosphere, Climate Lab Section of the Environmental Change Research Group, Department of Geography, University of Oregon

Popkin R., 'Desalination: Water for the World's Future', Praeger, New York, 1968.

Quteishat K, Abu-Arabi M. Promotion of solar desalination in the MENA region. Middle East Desalination Centre, Muscat, Oman – <http://www.menarec.com/docs/Abu-Arabi.pdf> [accessed March 28, 2006].

Richards Bryce S, D.P.S. Capão and A.I. Schäfer, 'Renewable energy powered membrane technology. 2. The effect of energy fluctuations on performance of a photovoltaic hybrid membrane system', *Environmental Science & Technology*, **42** (2008), pp. 4563–4569.

Richards, B.S. and A.I. Schafer, 'Design considerations for a solar-powered desalination system for remote communities in Australia', *Desalination*, 2002. 144(1-3): p. 193-199.

Sabine Lattemann, I.E., Andrea Schafer, Chapter 2 Global Desalination Situation. Vol. 2. 2010: Elsevier.

Shiklomanov, Igor A. (1999). "World Water Resources and their use Beginning of the 21st century Prepared in the Framework of IHP UNESCO". State Hydrological Institute, St. Petersburg. Retrieved 2006-08-10.

Smalley Richard E., The Terawatt Challenge, 2004, Material Research Society Fall Meeting in Boston.

Spectra Watermakers Inc., Operating instructions LB 1800, www.spectrawatermakers.com

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 18th Edition 1992, Washington DC

The American Heritage® Dictionary of the English Language, 4th edition Copyright © 2010 by Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. Published by Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company.

Thomson M., M.S. Miranda and D. Infield, 'Small-scale seawater reverse-osmosis system with excellent energy efficiency over a wide operating range', EuroMed 2002, Desalination Strategies in South Mediterranean Countries.

Thomson Murray, David Infield, 'A photovoltaic-powered seawater reverse-osmosis system without batteries', *Desalination*, Volume 153, Issues 1-3, 10 February 2003, Pages 1-8

Tzen E., Successful desalination RES plants worldwide, Centre for Renewable Energy Sources, Hammamet, Tunisia (2005), <http://www.adu-res.org/pdf/CRES.pdf>.

UNEP (United Nations Environment Programme), Key facts about water, 2003, <http://www.unep.org/wed/2003/keyfacts>, accessed January 15; 2006.

Vengosh, A., 'Salinization and Saline Environments', Treatise on Geochemistry, 2003. 9.

Wangnick K., 1992 IDA Worldwide Desalting Plants Inventory Report No. 12, Wangnick Consulting, Gnarrenburg, Germany, 1992.

World Health Organization (1984)

World Resources Institute (WRI), Washington DC (2000)

Yu-Ling Li, Kuo-Lun Tung, *'The effect of curvature of a spacer-filled channel on fluid flow in spiral-wound membrane modules'*, Journal of Membrane Science, Volume 319, Issues 1-2, 1 July 2008, Pages 286-297

Διαδυστακτοί τόποι:

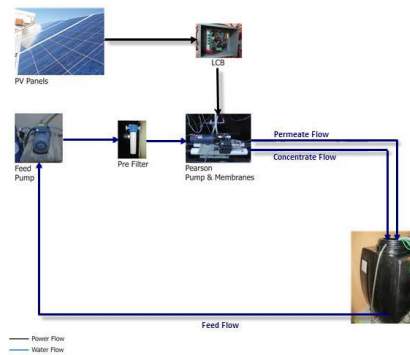
<http://www.weatheronline.co.uk/>

<https://maps.google.com/>

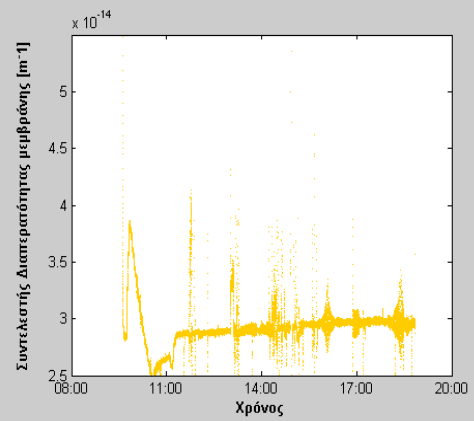
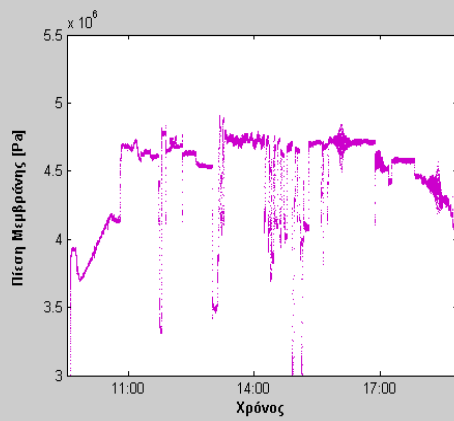
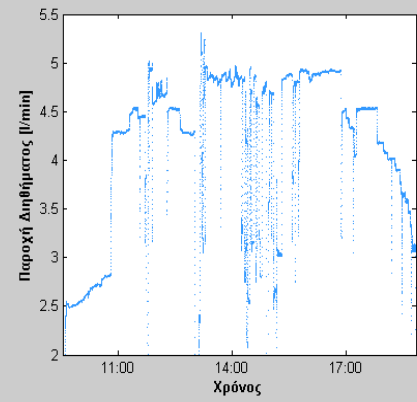
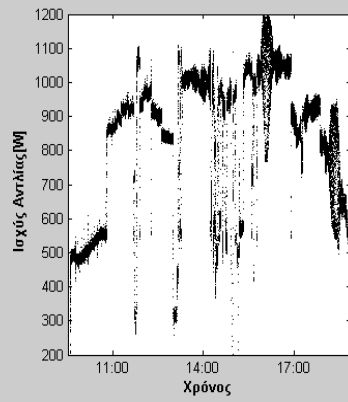
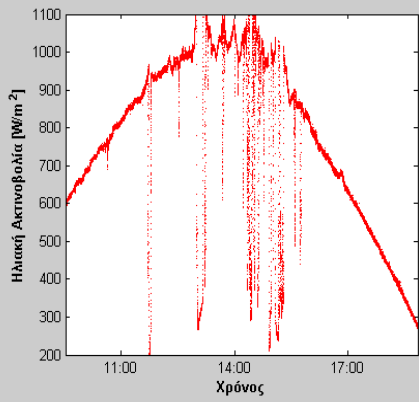
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α) ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΗΜΕΡΩΝ

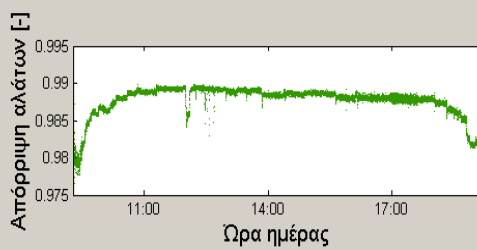
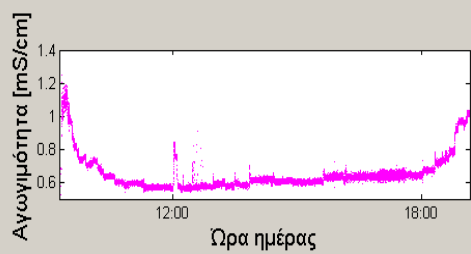
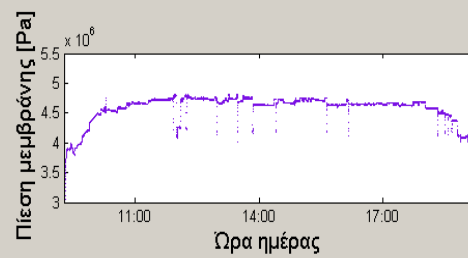
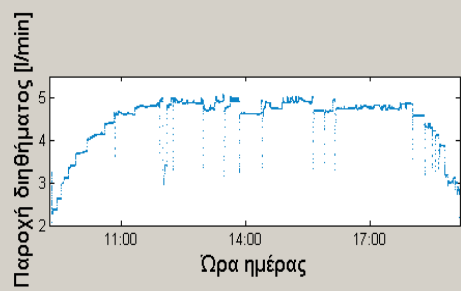
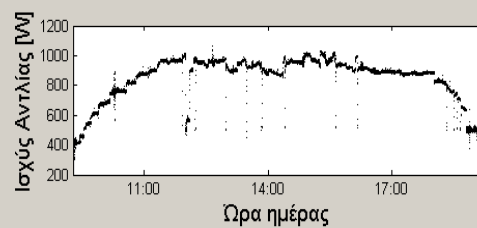
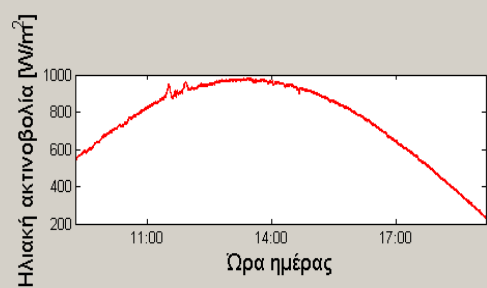
Ημέρα	Καιρός	Συνολική Λειτουργία [Ωρες]	Συνολική Παροχή Διηθήματος [m ³]	Ωσμωτική Πίεση [Pa]	Μέση Ηλιοφάνεια [W/m ²]	Μέση Ισχύς Αντλίας [W]	Μέση Πίεση Μεμβράνης [Pa]	Μέση Παροχή Διηθήματος [l/min]	Μέση Αγωγιμότητα [mS/cm]	Μέση Απόρριψη αλάτων [-]
14/6/2011	Λίγη Συννεφιά	9.29	2.267	3.04E+06	752	827	4.46E+06	4.09	-	-
29/6/2011	Καθαρός	5.15	1.402	3.25E+06	852	805	4.67E+06	4.57	0.584	0.990
2/7/2011	Καθαρός	9.9	2.66	3.17E+06	757	852	4.59E+06	4.5	0.651	0.988
5/7/2011	Καθαρός	10.13	2.7	3.17E+06	743	886	4.58E+06	4.45	0.638	0.989
6/7/2011	Καθαρός	9.94	2.607	3.18E+06	739	866	4.56E+06	4.38	0.679	0.988
7/7/2011	Καθαρός	9.5	2.58	3.22E+06	745	875	4.59E+06	4.53	0.661	0.988
8/7/2011	Καθαρός	10.32	2.74	3.19E+06	740	715	4.58E+06	4.44	0.714	0.987



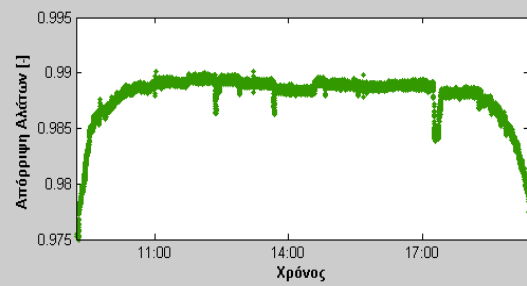
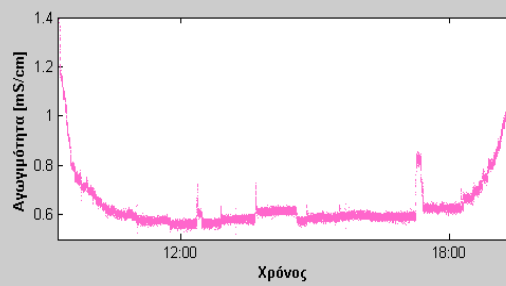
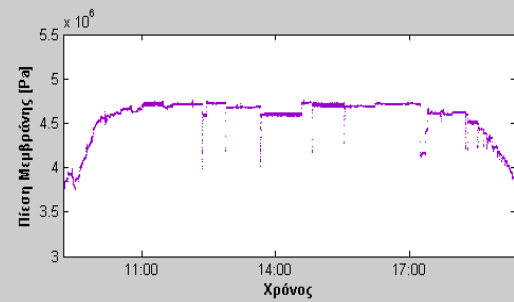
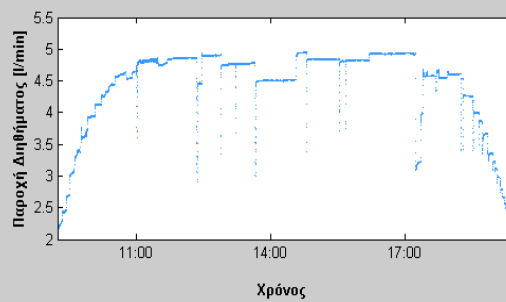
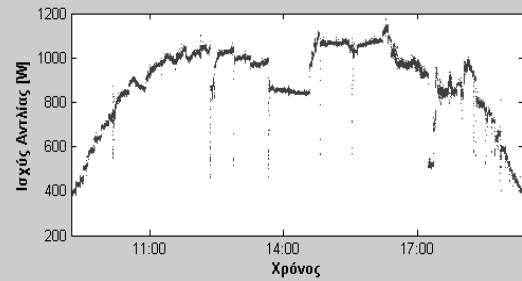
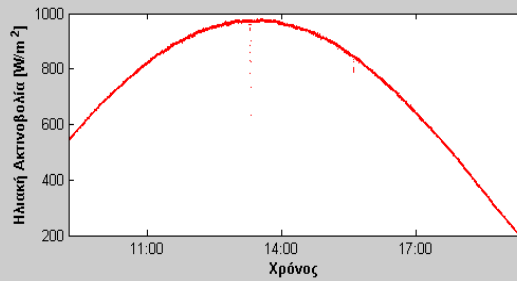
• 14/06/2011



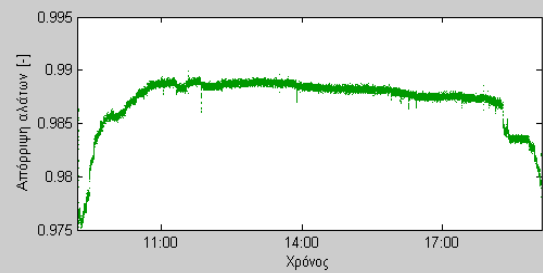
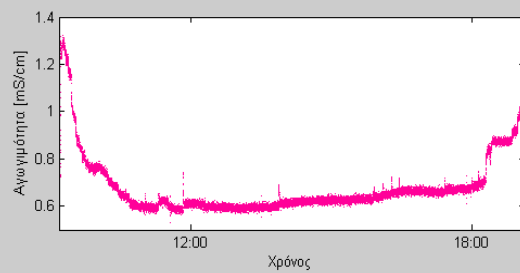
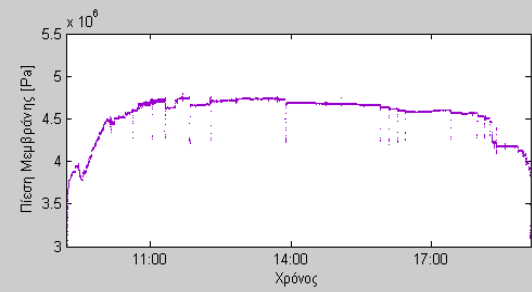
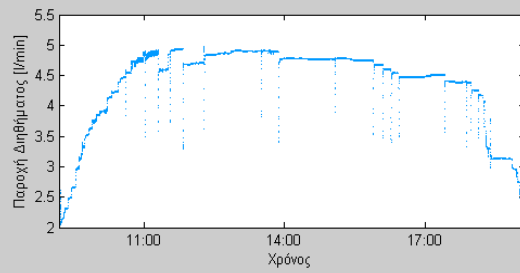
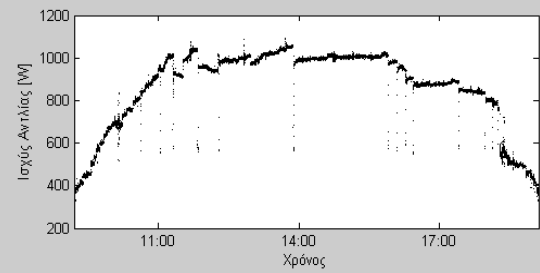
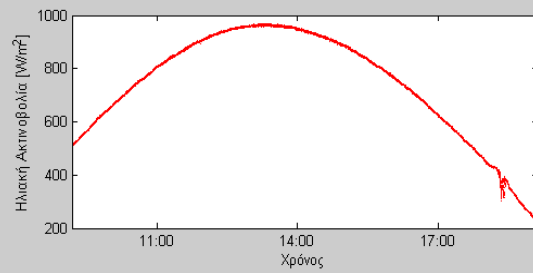
- 02/07/2011



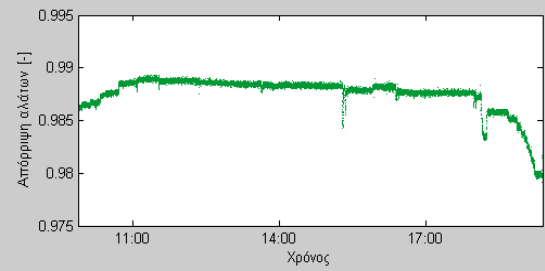
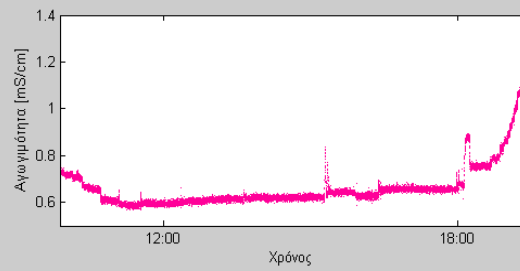
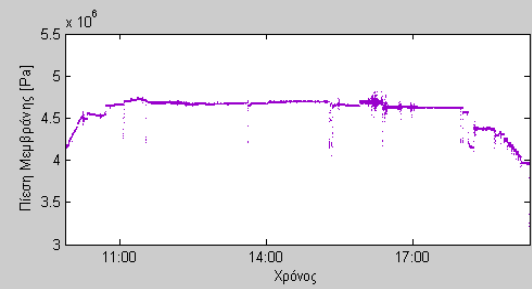
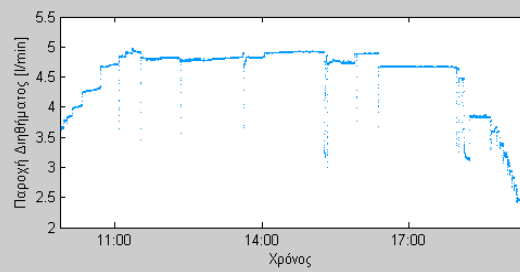
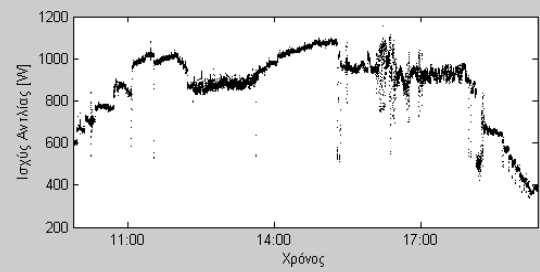
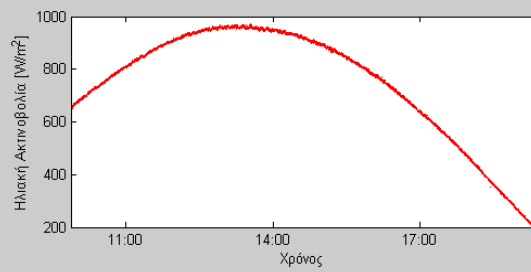
05/07/2011



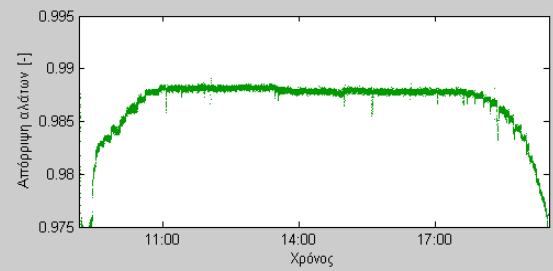
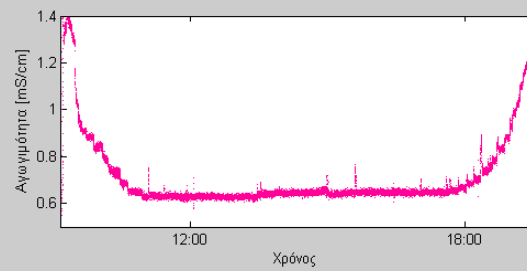
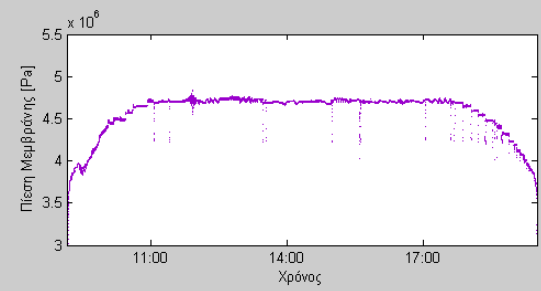
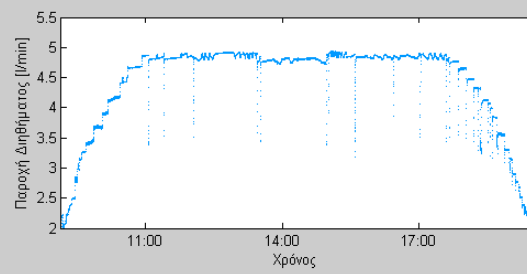
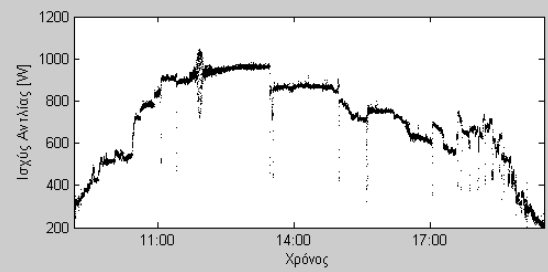
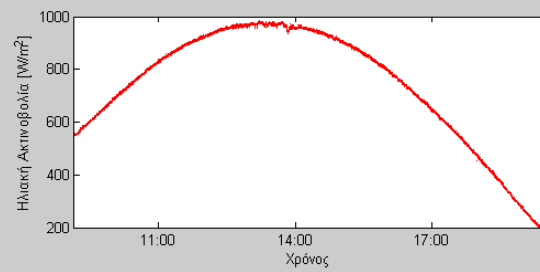
06/07/2011



07/07/2011



08/07/2011



B) ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΑΔΑΣ SPECTRA LB 1800

Spectra LB 1800 and 2800 Datasheet

The **LB-1800** and **LB-2800** are extremely energy efficient reverse osmosis desalination plants designed for stationary or industrial applications. They are supplied as modular kits to be installed in an existing building. There are three main components, the Pearson Pump module, the Gauge- flowmeter panel and an electrical control box. Also included are pre-filters and a basic installation kit. These systems can treat high salinity brackish water or seawater using just a fraction of the energy of conventional small plants. In fact, the Spectra LB machines are so efficient they are often powered from renewable energy. Using simple analog monitoring and controls, these economical units are perfectly suited to remote applications that require the ultimate in reliability.



These units are built using Spectra's revolutionary and proprietary new **Pearson High Pressure pump**.



**Pearson Pump with Spectraflux™
Membrane assembly for 1800**

The **Pearson Pump** is a breakthrough reciprocating pump design. This unique high pressure pump combines feed stream pumping and energy recovery into a single unit. The "Energy Recovery" feature of the **Pearson Pump** takes the energy entrained in the brine reject stream from the RO mem-

branes and recaptures it, dramatically increasing the overall efficiency. This results in bringing energy requirements down to an impressive 8-11 Watt Hours per Gallon (2.6 KWH per Cubic Meter) on seawater, a major improvement for small scale water desalination. The system does not require continuous monitoring and pressure adjustment as it stays inherently in balance at all times, providing a constant product flow and recovery ratio. The product flow can be controlled via the variable speed drive to the motor.

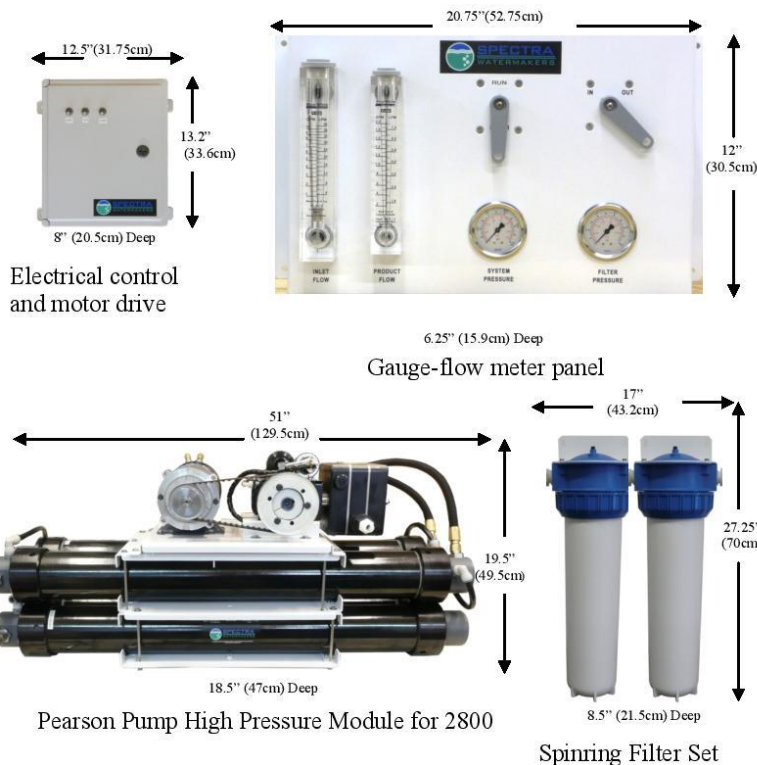
The **Pearson Pump** is manufactured from engineered composites and super duplex stainless steel for extreme corrosion resistance. Spectra's innovative oil filtration system allows for long maintenance intervals.

Technical Specs: Seawater

LB-1800 GPD
75 GPH (285 LPH)
Treats Seawater
or Brackish
Approx 800W
Available in 24V DC
48VDC, 120VAC,
240AC

LB-2800 GPD
116 GPH (444 LPH)
Approx 1200W
Available in 48VDC
240VAC

Spectra LB 1800 and 2800 Datasheet



Spectrawatermakers engineers and builds a full line of marine, mobile and land based desalination systems for sea and brackish water. Many of our systems are custom built to meet our customer's needs and application.

Please contact the factory with your requirements.

LB-1800

Feed water recovery 20%
Salt rejection 99.4% minimum
Feed flow 6 GPM (23 LPM)
Required inlet pressure 20 PSI (1.4 bar).
Membranes 2 ea. Spectraflux TFC 4"x40"
Seawater RO.
Pearson pump constructed of glass epoxy composites and super duplex SS.
Filters 1 ea. 20" 20 micron, 1 ea. 20" 5 micron.

LB-2800

Feed water recovery 30%
Salt rejection 99.4% minimum
Feed flow 6 GPM (23 LPM)
Required inlet pressure 20 PSI (1.4 bar).
Membranes 3 ea. Spectraflux TFC 4"x40"
Seawater RO.
Pearson pump constructed of glass epoxy composites and super duplex SS.
Filters 1 ea. 20" 20 micron, 1 ea. 20" 5 micron.

Features

- **Pearson Pump**-the most energy efficient desalination pump on the planet!
- **Pearson Pump** integrated with Spectra's exclusive oil filtration system for extended service periods.
- Motor speed control with external heat sink for total command over motor speed and product flow.
- Three way valves for service and basic install kit included.
- Hand held salinity meter to check product water included.
- 20 and 5 micron Spinning™ Industrial prefilter set protects the membranes. Water delivery and pretreatment is site specific and will be engineered for your particular application. Multimedia filters and Ultra filtration options are available from Spectra.
- Spectra engineered pressure vessels with proprietary Spectraflux™ membranes.
- Totally enclosed fan-cooled motors for long service life.



20 Mariposa Rd.
San Rafael, CA
94901

415-526-2780
Spectrawatermakers.com

Γ) ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ DATALOGGER

Ρυθμίσεις Datalogger				
Κανάλι	Παράμετρος	Εύρος τιμών	Σχέση βαθμονόμησης	Μονάδες μέτρησης
1	Ηλιακή Ακτινοβολία	(0-0.05 V)	$[V \text{ εξόδου}] / 69.3 \cdot 10^{-6}$	W/m^2
2	Δυναμικό κινητήρα	(0-10 V)	$[V \text{ εξόδου}] \cdot 4$	V
3	Ένταση κινητήρα	(0-0.3 V)	$[V \text{ εξόδου}] / 0.0046$	A
4	Πίεση μεμβράνης [P]	(2-10 V)	$7.5 \cdot [V \text{ εξόδου}] - 15$	bar
5	Παροχή διηθήματος [Q _p]	(0-10 V)	$0.98344 \cdot [V \text{ εξόδου}] + 0.053749$	L/min
6	Αγωγιμότητα διηθήματος [C]	(0-2 V)	$2.5 \cdot [V \text{ εξόδου}] - 5$	mS/cm

Δ) ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ & ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Τα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής λειτουργίας του συστήματος ήταν:

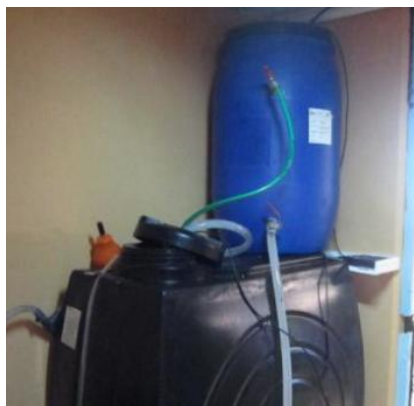
- **Έλλειψη μη χλωριωμένου νερού βρύσης για να καλύψει τις απαιτήσεις έκπλυσης του συστήματος**

Ένα από τα σημαντικότερα βήματα σε μια διεργασία αντίστροφης ώσμωσης είναι η έκπλυση με καθαρό νερό για τη μείωση των εναποθέσεων, στο τέλος κάθε πειραματικής ημέρας. Ωστόσο, αποδείχθηκε ένα μεγάλο πρόβλημα από τη στιγμή που το δημόσιο νερό της βρύσης στα Χανιά είναι χλωριωμένο για λόγους απολύμανσης.

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται (40-40 Filmtec SW30) παρουσιάζουν μηδενική ανοχή στο ελεύθερο χλώριο και εξ αιτίας αυτού προκαλείται πρόωρη βλάβη τους, λόγω της οξειδωσης.

Ως πρώτη λύση, αποφασίστηκε η χρήση απιονισμένου νερού από τις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου. Σύντομα έγινε αντιληπτό ότι αυτό δεν ήταν ούτε πρακτικό ούτε οικονομικό, δεδομένου ότι χρειάζεται πάνω από 5 ώρες για την παραγωγή 150 L απιονισμένου νερού, ενώ οι στήλες ανταλλαγής ιόντων θα ήταν αποδοτικές για άλλα 300 L ακόμα.

Ως τελική λύση, αποφασίστηκε να χρησιμοποιείται για έκπλυση το ίδιο το νερό που παραγόταν (διήθημα). Έτσι, διαμορφώθηκε άλλη μια δεξαμενή αποθήκευσης για να διασφαλίζεται ότι στο τέλος της ημέρας θα υπάρχει επαρκής ποσότητα διηθήματος για έκπλυση. Μια δεύτερη δεξαμενή (200 L), λουπόν, τοποθετήθηκε πάνω από την δεξαμενή 1 m³. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργία του συστήματος, η ροή του διηθήματος θα γεμίζει αρχικά τη βοηθητική δεξαμενή, ενώ το συμπύκνωμα θα επιστρέφει πίσω στη δεξαμενή του 1 m³. Η δεύτερη δεξαμενή είχε τροποποιηθεί με τέτοιο τρόπο, που μετά τη συμπλήρωση των 150 L, το διήθημα ξεχείλιζε πίσω στη δεξαμενή του 1 m³.



ΕΙΚΟΝΑ 7.1: ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΔΙΗΘΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΚΠΛΥΞΗ

- **Αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων στο νερό τροφοδοσίας λόγω πλήρωσης της δεύτερης δεξαμενής**

Κατά τη διάρκεια της πρώτης λειτουργία του συστήματος για τη διαμόρφωση των δύο δεξαμενών, παρατηρήθηκε ότι η αλατότητα στη δεξαμενή του 1 m³ αυξάνεται, καθώς η ροή του διηθήματος χρησιμοποιείται πρώτα για την πλήρωση της βοηθητικής δεξαμενής. Στο σημείο όπου η δεξαμενή ξεκινά ξεχειλίζει, επιτυγχάνονται οι σταθερές συνθήκες, για ορισμένη τιμή συγκέντρωσης νερού τροφοδοσίας. Η αρχική αλατότητα του θαλασσινού νερού στα Χανιά είναι **38 353 mg/L**, διαπιστώνεται όμως ότι σε σταθερή κατάσταση, η αλατότητα στη δεξαμενή νερού τροφοδοσίας είχε ανέλθει στα 43000 mg/L, TDS. Ως εκ τούτου, η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας που θα είχε χρησιμοποιηθεί στα πειράματα δεν θα ήταν η ίδια με την πραγματική αλατότητα της πηγής του θαλασσινού νερού σε σταθερές συνθήκες.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, ένα μέρος του νερού τροφοδοσίας που περιέχεται στη δεξαμενή του 1 m³ αραιώθηκε με απιονισμένο νερό για να επιτύχουμε την επιθυμητή συγκέντρωση του νερού τροφοδοσίας σε συνθήκες steady state.

Η απαιτούμενη συγκέντρωση τροφοδοσίας καθώς και ο όγκος απιονισμένου νερού βρίσκονται επιλύοντας απλά ισοζύγια μάζας αλάτων.

$$C_0 = \frac{V_1 C_1 + V_2 C_2}{V_0} = 32675 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{replace}} = V_0 \left(1 - \frac{C_0}{C_1} \right) = 148 \text{ L}$$

Όπου, V_0 = Συνολικός όγκος δεξαμενής αποθήκευσης (1 m^3)

C_0 = Αρχική συγκέντρωση νερού τροφοδοσίας

V_1 = Όγκος νερού τροφοδοσίας σε steady state = ($V_0 - V_2$)

C_1 = Επιθυμητή συγκέντρωση νερού τροφοδοσίας (σε steady state) = 38535 ppm

V_2 = Όγκος διηθήματος στη δεύτερη δεξαμενή (150 L)

C_2 = Συγκέντρωση διηθήματος στη δεύτερη δεξαμενή (500 ppm)

▪ **Αύξηση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας και υπερθέρμανση της αντλίας**

Η υπερθέρμανση της Pearson αντλίας (υψηλής πίεσης) και του νερού τροφοδοσίας στη δεξαμενή ήταν βασικά προβλήματα κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, ειδικά τις καλοκαιρινές ημέρες όπου η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν πολύ υψηλή ($>30^\circ\text{C}$). Το πρόβλημα αυτό επιδεινώνονταν λόγω της έλλειψης εξαερισμού μέσα στο δωμάτιο.

Ένας μικρός φορητός ανεμιστήρας για την αντλία και αργότερα μια αυτοσχέδια κατασκευή ψύξης χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου επιτύχουμε ψύξη του νερού.

Η μέση θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας μέσα στην δεξαμενή ήταν μεταξύ 27°C και 35°C κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Διάφορες απλές λύσεις χρησιμοποιήθηκαν για να επιτύχουμε σταθερή θερμοκρασία, όπως παγοκύστες, χωρίς κάποιο αποτέλεσμα. Μέχρι που συναρμολογήσαμε μια αυτοσχέδια κατασκευή ψύξης που μας έλυσε το πρόβλημα. Με λάστιχα ποτίσματος (σε κρύο νερό βρύσης) συνδέσαμε σωλήνες κασσίτερου οι οποίοι τοποθετήθηκαν στη δεξαμενή, δημιουργώντας ένα κλειστό κύκλωμα ροής κρύου νερού το οποίο μείωνε επαρκώς τη θερμοκρασία.

▪ **Θόλωση των πάνελ**

Μετά από ορισμένες ημέρες πειραματικής λειτουργίας και με εμφανή ένδειξη ημέρας χωρίς σύννεφα, παρατηρούσαμε στις μετρήσεις μείωση της απόδοσης της αντλίας, της παροχής και της ποιότητας διηθήματος. Αυτό οφειλόταν στην επικάλυψη στα φωτοβολταϊκά πάνελ σωματιδίων άμμου και σκόνης. Αυτό επιλύονταν με συστηματική πλύση των πάνελ αυτών με νερό της βρύσης και σκούπα.

- **Βλάβη τμημάτων του εξοπλισμού του συστήματος**

Έδη από τις πρώτες ημέρες, αντιμετωπίσαμε συχνά ατυχήματα με ηλεκτρονικά μέρη του εξοπλισμού καθώς επίσης και με φραγή σε κάποια σημείο του συστήματος. Είτε οφειλόταν σε λανθασμένη ενέργεια χειρισμού μας ή σε ηλεκτρομηχανολογική αστοχία.

Ένα από τα βασικότερα, ήταν η φθορά της μεμβράνης της προεπεξεργασίας και μιας μεμβράνης αντίστροφης ώσμωσης λόγω κάποιων ευμεγέθων αντικειμένων και η αδυναμία λειτουργίας του αισθητήρα μέτρησης της τάσης. Τα πρώτα εντοπίστηκαν μετά από ραγδαία αύξηση της πίεσης του συστήματος, μείωση της ροής του παραγόμενου νερού και μείωση της ποιότητας του διηθήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 7.2: ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΝΑΝΟΔΙΗΘΗΣΗΣ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ε) ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

1998L0083 — EL — 07.08.2009 — 002.001 — 1

Το έγγραφο αυτό συνιστά βοήθημα τεκμηρίωσης και δεν δεσμεύει τα κοινοτικά όργανα

► B

ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

της 3ης Νοεμβρίου 1998

σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

(ΕΕ L 330 της 5.12.1998, σ. 32)

Τροποποιείται από:

		Επίσημη Εφημερίδα		
		αριθ.	σελίδα	ημερομηνία
► <u>M1</u>	Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1882/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Σεπτεμβρίου 2003	L 284	1	31.10.2003
► <u>M2</u>	Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 596/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Ιουνίου 2009	L 188	14	18.7.2009

▼B

ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

της 3ης Νοεμβρίου 1998

σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ,

Έχοντας υπόψη:

τη συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, και ιδίως το άρθρο 130 Σ παράγραφος 1,

την πρόταση της Επιτροπής ⁽¹⁾,τη γνώμη της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής ⁽²⁾,τη γνώμη της Επιτροπής των Περιφερειών ⁽³⁾,Αποφασίζοντας σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται στο άρθρο 189 Γ ⁽⁴⁾,

Εκτιμώντας:

- (1) ότι επιβάλλεται η προσαρμογή στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο της οδηγίας 80/778/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1980, περί της ποιότητας του πόσιμου νερού ⁽⁵⁾· ότι, με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε από την εφαρμογή της προαναφερόμενης οδηγίας, απαιτείται η εκπόνηση του ενδεδειγμένου ελαστικού και διαφανούς νομικού πλαισίου ώστε να μπορούν τα κράτη μέλη να επιλύουν τα προβλήματα τήρησης των προδιαγραφών· ότι, επιπλέον, η οδηγία αυτή θα πρέπει να επανεξετασθεί υπό το πρίσμα της συνθήκης για την Ευρωπαϊκή Ένωση, και ιδίως της αρχής της επικουρικότητας·
- (2) ότι, παράλληλα με τις διατάξεις του άρθρου 3 Β της συνθήκης, που ορίζει ότι η δράση της Κοινότητας δεν υπερβαίνει να αναγκαία όρια για την επίτευξη των στόχων της συνθήκης, απαιτείται η αναθεώρηση της οδηγίας 80/778/ΕΟΚ ώστε να καταστεί εφικτή η τήρηση των βασικών ποιοτικών και υγειονομικών παραμέτρων, παρέχοντας στα κράτη μέλη την ελευθερία να προσθέτουν και άλλες παραμέτρους, όπου χρειάζεται·
- (3) ότι, σύμφωνα με την αρχή της επικουρικότητας, η δράση της Κοινότητας πρέπει να υποστηρίζει και να συμπληρώνει τη δράση που αναλαμβάνουν οι αρμόδιες αρχές στα κράτη μέλη·
- (4) ότι, σύμφωνα με την αρχή της επικουρικότητας, οι φυσικές και κοινωνικοοικονομικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων περιοχών της Ένωσης επιβάλλουν τη λήψη των περισσότερων αποφάσεων σχετικά με ελέγχους, αναλύσεις και μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων, τήρησης των προδιαγραφών, σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο, στο βαθμό κατά τον οποίο οι διαφορές αυτές δεν αφαιρούν την αξία της εγκαθίδρυσης του πλαισίου νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που θεσπίζεται στην παρούσα οδηγία·
- (5) ότι επιβάλλεται η θέσπιση κοινοτικών προδιαγραφών για βασικές και προληπτικές ποιοτικές παραμέτρους σε θέματα υγείας, για το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, προκειμένου να καθορισθούν οι προς επίτευξη ελάχιστοι ποιοτικοί περιβαλλοντικοί στόχοι, σε συνδυασμό και με άλλα κοινοτικά μέτρα, ώστε

⁽¹⁾ ΕΕ C 131 της 30.5.1995, σ. 5 και

ΕΕ C 213 της 15.7.1997, σ. 8.

⁽²⁾ ΕΕ C 82 της 19.3.1996, σ. 64.⁽³⁾ ΕΕ C 100 της 2.4.1996, σ. 134.⁽⁴⁾ Γνώμη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1996 (ΕΕ C 20 της 20.1.1997, σ. 133), κοινή θέση του Συμβουλίου της 19ης Δεκεμβρίου 1998 (ΕΕ C 91 της 26.3.1998, σ. 1) και απόφαση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 13ης Μαΐου 1998 (ΕΕ C 167 της 1.6.1998, σ. 92).⁽⁵⁾ ΕΕ L 229 της 30.8.1980, σ. 11· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την πράξη προσχώρησης του 1994.

▼B

να διατηρείται και να προωθείται η αειφόρος χρήση του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση·

- (6) ότι, λόγω της σημασίας για την ανθρώπινη υγεία της ποιότητας του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, επιβάλλεται να θεσπισθούν σε κοινοτικό επίπεδο οι βασικές ποιοτικές προδιαγραφές με τις οποίες πρέπει να συμμορφώνεται το νερό που προορίζεται για το σκοπό αυτό·
- (7) ότι επιβάλλεται να συμπεριληφθεί και το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων εκτός αν διαπιστώνεται ότι η χρησιμοποίηση τέτοιου νερού δεν επηρεάζει την υγιεινότητα του τελικού προϊόντος·
- (8) ότι για να τηρούνται οι ποιοτικές προδιαγραφές για το πόσιμο νερό από τις επιχειρήσεις ύδρευσης, θα πρέπει να διασφαλιστεί με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας η καθαρότητα των επιφανειακών και υπογείων υδάτων· ότι ο σκοπός αυτός μπορεί επίσης να εξασφαλισθεί με κατάλληλα μέτρα επεξεργασίας του νερού πριν από τη διάθεσή του·
- (9) ότι η συνοχή της ευρωπαϊκής πολιτικής για τα ύδατα προϋποθέτει την έκδοση κατάλληλης οδηγίας-πλαisiού για τα ύδατα σε εύθετο χρόνο·
- (10) ότι επιβάλλεται να αποκλεισθούν από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα νερά φαρμακευτικών ιδιοτήτων αφού έχουν θεσπισθεί ειδικοί κανόνες για αυτούς τους τύπου νερού·
- (11) ότι χρειάζονται μέτρα για να μπορούν να επιτευχθούν όλες οι άμεσα σχετικές με την υγεία παράμετροι και άλλες παράμετροι, όπου διαπιστώνεται υποβάθμιση της ποιότητας· ότι επιπλέον τέτοια μέτρα θα πρέπει να συντονίζονται κατάλληλα με την εφαρμογή της οδηγίας 91/414/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1991, σχετικά με τη διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων ⁽¹⁾, και της οδηγίας 98/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Φεβρουαρίου 1998 σχετικά με τη διάθεση στην αγορά βιοκτόνων προϊόντων ⁽²⁾·
- (12) ότι επιβάλλεται να καθορισθούν ιδιαίτερες παραμετρικές τιμές για ουσίες σημαντικές στην Κοινότητα, σε αρκετά αυστηρά επίπεδα ώστε να εξασφαλίζεται η επίτευξη των στόχων της παρούσας οδηγίας·
- (13) ότι οι παραμετρικές τιμές βασίζονται στην υπάρχουσα επιστημονική εμπειρία και ότι η αρχή της προληπτικής δράσης, ελήφθη επίσης υπόψη· ότι οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής διά βίου κατανάλωση νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, επιτυγχάνοντας έτσι υψηλό επίπεδο προστασίας της υγείας·
- (14) ότι θα πρέπει να επιτευχθεί ισορροπία για την πρόληψη τόσο των μικροβιολογικών όσο και των χημικών κινδύνων· ότι, προς τούτο, και με βάση μελλοντική επανεξέταση των παραμετρικών τιμών, η κατάρτιση των παραμετρικών τιμών που θα εφαρμόζονται στο νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει να βασίζεται σε κριτήρια δημόσιας υγείας και σε μέθοδο αξιολόγησης του κινδύνου·
- (15) ότι, προς το παρόν, δεν υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις στις οποίες θα μπορούσαν να βασισθούν παραμετρικές τιμές για τις χημικές ουσίες που διαταράσσουν τη λειτουργία των ενδοκρινών αδένων, εννέινεται όμως η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις βλαβερών για την υγεία ουσιών στα ανθρώπινα όντα και στην άγρια ζωή·

⁽¹⁾ ΕΕ L 230 της 19.8.1991, σ. 1· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 96/68/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 277 της 30.10.1996, σ. 25).

⁽²⁾ ΕΕ L 123 της 24.4.1998, σ. 1.

▼B

- (16) ότι ιδίως οι προδιαγραφές που παραρτήματος I βασίζονται γενικά στις κατευθυντήριες γραμμές της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας για την ποιότητα του πόσιμου νερού, καθώς και στη γνώμη της επιστημονικής συμβουλευτικής επιτροπής της Επιτροπής για την εξέταση της τοξικότητας και της οικοτοξικότητας των χημικών ουσιών·
- (17) ότι επιβάλλεται τα κράτη μέλη να καθορίζουν τιμές άλλων πρόσθετων παραμέτρων μη συμπεριλαμβανομένων στο παράρτημα I, όπου το κρίνουν σκόπιμο για να προστατεύουν την ανθρώπινη υγεία στο έδαφός τους·
- (18) ότι τα κράτη μέλη μπορούν να ορίσουν τιμές για άλλες πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα I, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο για λόγους που αφορούν την εξασφάλιση της ποιότητας της παραγωγής, διανομής και επιθεώρησης του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση·
- (19) ότι, όταν τα κράτη μέλη κρίνουν απαραίτητο να θεσπίσουν προδιαγραφές αυστηρότερες από εκείνες που ορίζονται στο παράρτημα I μέρη Α και Β, ή προδιαγραφές για πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα I αλλά είναι απαραίτητες για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, κοινοποιούν τις εν λόγω προδιαγραφές στην Επιτροπή·
- (20) ότι τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα, όταν θεσπίζουν ή διατηρούν αυστηρότερα μέσα προστασίας, να τηρούν τις αρχές και τους κανόνες της συνθήκης, όπως έχουν ερμηνευθεί από το Δικαστήριο·
- (21) ότι οι παραμετρικές τιμές πρέπει να τηρούνται στο σημείο όπου το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση διατίθεται στον κατάλληλο καταναλωτή·
- (22) ότι η ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση μπορεί να επηρεάζεται από το σύστημα κατ' οίκον διανομής· ότι, επιπλέον, αναγνωρίζεται ότι η ευθύνη για το σύστημα κατ' οίκον διανομής και τη συντήρησή του, δεν μπορεί να βαρύνει τα κράτη μέλη·
- (23) ότι θα πρέπει να θεσπισθούν προγράμματα ελέγχου από κάθε κράτος μέλος για το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση σχετικά με την τήρηση των απαιτήσεων της παρούσας οδηγίας· ότι τέτοια προγράμματα ελέγχου θα πρέπει να είναι τα ενδεδειγμένα για τις τοπικές ανάγκες και να τηρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ελέγχου που θεσπίζονται στην παρούσα οδηγία·
- (24) ότι οι χρησιμοποιούμενες για την ποιοτική ανάλυση του νερού μέθοδοι όταν αυτό προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και συγκρισιμότητα των λαμβανομένων αποτελεσμάτων·
- (25) ότι τα οικεία κράτη μέλη θα πρέπει, σε περίπτωση μη τήρησης των προδιαγραφών της παρούσας οδηγίας, να προβαίνουν στη διερεύνηση των αιτιών και να εξασφαλίζουν ότι αναλαμβάνεται η ενδεδειγμένη επανορθωτική δράση ώστε να αποκαθίσταται το ταχύτερο δυνατόν η ποιότητα του νερού·
- (26) ότι είναι βασικής σημασίας η πρόληψη ενδεχόμενων κινδύνων για τη δημόσια υγεία προερχομένων από μολυσμένο νερό· ότι θα πρέπει να διακόπτεται η παροχή ή να περιορίζεται η χρήση τέτοιου νερού·
- (27) ότι, σε περίπτωση μη τήρησης μιας παραμέτρου ενδεικτικής σημασίας, τα οικεία κράτη μέλη εξετάζουν αν η εν λόγω μη τήρηση δημιουργεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία· ότι θα πρέπει να αναλαμβάνουν επανορθωτική δράση προκειμένου να αποκατασταθεί η ποιότητα του νερού όπου αυτό είναι απαραίτητο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας·

▼B

- (28) ότι όπου απαιτείται κάποια επανορθωτική δράση για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σύμφωνα με το άρθρο 130 Ρ παράγραφος 2 της συνθήκης, θα πρέπει να δίδεται προτεραιότητα σε δράσεις που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα στην πηγή του·
- (29) ότι, υπό ορισμένες συνθήκες, τα κράτη μέλη θα πρέπει να επιτρέπεται να χορηγούν παρεκκλίσεις από την παρούσα οδηγία· ότι, επιπλέον, απαιτείται η εκπόνηση του κατάλληλου πλαισίου για τις εν λόγω παρεκκλίσεις, με την επιφύλαξη ότι η παρέκκλιση δεν ενέχει ενδεχόμενους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και ότι η υδροδότηση για την ανθρώπινη κατανάλωση της σχετικής περιοχής δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί με κανένα άλλο εύλογο τρόπο·
- (30) ότι, επειδή κατά την παρασκευή ή τη διανομή νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, μπορεί να χρησιμοποιούνται ορισμένες ουσίες ή ορισμένα υλικά, απαιτείται η θέσπιση κανόνων που θα διέπουν τη χρήση τους κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται ενδεχόμενες ανεπιθύμητες δράσεις για την ανθρώπινη υγεία·
- (31) ότι η επιστημονική και τεχνική πρόοδος μπορεί να απαιτήσει τη γρήγορη προσαρμογή των τεχνικών απαιτήσεων που προβλέπονται στα παραρτήματα II και III· ότι, περαιτέρω, για να διευκολυνθεί η εφαρμογή των μέτρων που απαιτούνται για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να προβλεφθεί διαδικασία με βάση την οποία η Επιτροπή θα μπορεί να θεσπίσει προσαρμογές αυτής της φύσεως με την επικουρία μιας επιτροπής αποτελούμενης από εκπροσώπους των κρατών μελών·
- (32) ότι θα πρέπει οι καταναλωτές να ενημερώνονται κατά τον κατάλληλο και ενδεδειγμένο τρόπο σχετικά με την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, για κάθε παρέκκλιση που υιοθετείται από τα κράτη μέλη, καθώς και για κάθε επανορθωτική δράση που αναλαμβάνεται από τις αρμόδιες αρχές· ότι, επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τεχνικές και στατιστικές ανάγκες της Επιτροπής και το δικαίωμα όλων των πολιτών στην πλήρη ενημέρωση σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης·
- (33) ότι, σε εξαιρετικές περιστάσεις και για καθορισμένες γεωγραφικές περιοχές, τα κράτη μέλη μπορεί να χρειασθούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να συμμορφωθούν με ορισμένες διατάξεις της παρούσας οδηγίας·
- (34) ότι η παρούσα οδηγία δεν θα πρέπει να επηρεάζει τις υποχρεώσεις των κρατών μελών που αφορούν τις προθεσμίες μεταγραφής στην εθνική νομοθεσία, ή τις προθεσμίες εφαρμογής, που αναφέρονται στο παράρτημα IV,

ΕΞΕΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΟΔΗΓΙΑ:

Άρθρο 1

Στόχος

1. Η παρούσα οδηγία αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
2. Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, μέσω της εξασφάλισης ότι είναι υγιεινό και καθαρό.

▼B

Άρθρο 2

Ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας νοούνται ως:

1. «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης»:

- α) το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία·
- β) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εκτός αν οι αρμόδιες εθνικές αρχές κρίνουν ότι η ποιότητα του νερού δεν μπορεί να επηρεάσει την υγιεινή των τροφίμων στην τελική τους μορφή·

2. «οικιακά συστήματα διανομής»: ο σωληνώσεις, τα εξαρτήματα και οι συσκευές που έχουν εγκατασταθεί μεταξύ των βρυσών που συνήθως χρησιμοποιούνται για ανθρώπινη κατανάλωση και του δικτύου διανομής, αλλά μόνον εφόσον αυτά δεν υπάγονται στην ευθύνη του φορέα ύδρευσης, υπό την ιδιότητά του αυτή.

Άρθρο 3

Εξαιρέσεις

1. Η παρούσα οδηγία δεν εφαρμόζεται:

- α) στο φυσικό μεταλλικό νερό που αναγνωρίζεται ως τέτοιο από τις αρμόδιες εθνικές αρχές, σύμφωνα με την οδηγία 80/777/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1980, περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με την εκμετάλλευση και τη θέση στο εμπόριο των φυσικών μεταλλικών νερών ⁽¹⁾·
- β) στο νερό που θεωρείται φαρμακευτικό ιδιοσκεύασμα κατά την έννοια της οδηγίας 65/65/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 26ης Ιανουαρίου 1965, περί της προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων σχετικά με τα φάρμακα ⁽²⁾.

2. Τα κράτη μέλη μπορούν να εξαιρούν από τις διατάξεις της παρούσας οδηγίας:

- α) το νερό που προορίζεται αποκλειστικά για σκοπούς για τους οποίους οι αρμόδιες αρχές κρίνουν ότι η ποιότητα του νερού δεν επηρεάζει, άμεσα ή έμμεσα, την υγεία των ενδιαφερόμενων καταναλωτών·
- β) το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται από συγκεκριμένη πηγή με παροχή κάτω των 10 m³ ημερησίως κατά μέσο όρο ή που εξυπηρετεί κάτω από 50 άτομα, εκτός εάν το νερό διατίθεται στο πλαίσιο εμπορικής ή δημόσιας δραστηριότητας.

3. Τα κράτη μέλη που εφαρμόζουν τις εξαιρέσεις της παραγράφου 2 στοιχείο β) εξασφαλίζουν ότι, ο ενδιαφερόμενος πληθυσμός ενημερώνεται σχετικά καθώς και για κάθε ενέργεια που μπορεί να αναληφθεί για να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Επιπλέον, όταν ένας ενδεχόμενος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία λόγω της ποιότητας του νερού αυτού είναι προφανής, πρέπει να παρέχονται αμέσως οι κατάλληλες οδηγίες στον ενδιαφερόμενο πληθυσμό.

⁽¹⁾ ΕΕ L 229 της 30.8.1980, σ. 1· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 96/70/ΕΚ (ΕΕ L 299 της 23.11.1996, σ. 26).

⁽²⁾ ΕΕ L 22 της 9.2.1965, σ. 369· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 93/39/ΕΟΚ (ΕΕ L 214 της 24.8.1993, σ. 22).

▼B

Άρθρο 4

Γενικές υποχρεώσεις

1. Με την επιφύλαξη των υποχρεώσεών τους δυνάμει άλλων κοινοτικών διατάξεων, τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό. Για τους σκοπούς των ελαχίστων απαιτήσεων της παρούσας οδηγίας, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό εφόσον:

α) είναι απαλλαγμένο μικροοργανισμών και παρασίτων, και οποιωνδήποτε ουσιών, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις, που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και

β) πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος I μέρη Α και Β,

και εφόσον, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις των άρθρων 5 έως 8 και 10, τα κράτη μέλη λαμβάνουν, σύμφωνα με τη συνθήκη, όλα τα αναγκαία μέτρα προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης συμμορφούται προς τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας.

2. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι τα μέτρα που λαμβάνονται για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας οδηγίας δεν οδηγούν, σε καμιά περίπτωση, σε άμεση ή έμμεση υποβάθμιση της σημερινής ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, στο μέτρο που αυτό αφορά την προστασία της ανθρώπινης υγείας, ούτε σε αύξηση της ρύπανσης του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Άρθρο 5

Ποιοτικές προδιαγραφές

1. Τα κράτη μέλη καθορίζουν τιμές για τις παραμέτρους του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης οι οποίες αναφέρονται στο παράρτημα I.

2. Οι τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με την παράγραφο 1 δεν πρέπει να είναι λιγότερο αυστηρές από τις τιμές του παραρτήματος I. Όσον αφορά τις παραμέτρους του παραρτήματος I μέρος Γ, οι τιμές καθορίζονται μόνον για λόγους παρακολούθησης και για την τήρηση των υποχρεώσεων του άρθρου 8.

3. Τα κράτη μέλη καθορίζουν τιμές για πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα I όταν το επιβάλλει η προστασία της δημόσιας υγείας στο εθνικό τους έδαφος ή σε μέρος αυτού. Οι καθοριζόμενες τιμές θα πρέπει να πληρούν, τουλάχιστον, τις απαιτήσεις του άρθρου 4 παράγραφος 1 στοιχείο α).

Άρθρο 6

Σημείο τήρησης

1. Οι παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, πρέπει να τηρούνται:

α) για το νερό που παρέχεται από δίκτυο διανομής, στο σημείο, εντός του κτιρίου ή της κτιριακής εγκατάστασης, στο οποίο βγαίνει από τις βρύσες που χρησιμοποιούνται συνήθως για ανθρώπινη κατανάλωση·

β) για το νερό που παρέχεται από βυτίο, στο σημείο όπου το νερό βγαίνει από το βυτίο·

γ) για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση, στο σημείο στο οποίο το νερό τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία·

δ) για το νερό που χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων, στο σημείο όπου το νερό χρησιμοποιείται στην επιχείρηση.

2. Στην περίπτωση του νερού της παραγράφου 1 στοιχείο α), τα κράτη μέλη τεκμαίρεται ότι πληρούν τις υποχρεώσεις του παρόντος

▼B

άρθρου, του άρθρου 4 και του άρθρου 8 παράγραφος 2, εφόσον είναι δυνατόν να αποδειχθεί ότι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, οφείλεται στο οικιακό σύστημα διανομής ή στη συντήρησή του, εξαφαιρμένων των κτιρίων και κτιριακών εγκαταστάσεων όπου το νερό παρέχεται στο κοινό, όπως στα σχολεία, τα νοσοκομεία και τα εστιατόρια.

3. Όταν εφαρμόζεται η παράγραφος 2, και υπάρχει κίνδυνος ότι το νερό της παραγράφου 1 στοιχείο α), δεν ανταποκρίνεται στις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν παρόλα αυτά ότι:

α) είτε λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα ώστε να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ο κίνδυνος μη τήρησης των παραμετρικών τιμών, όπως η παροχή οδηγιών στους ιδιοκτήτες σχετικά με κάθε ενδεχόμενη επανορθωτική ενέργεια που θα μπορούσαν να αναλάβουν ή/και

λαμβάνονται άλλα μέτρα, όπως κατάλληλες τεχνικές επεξεργασίας, προκειμένου να μεταβληθεί η φύση ή οι ιδιότητες του νερού πριν από τη διάθεσή του ώστε να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ο κίνδυνος ότι το νερό δεν ανταποκρίνεται στις παραμετρικές τιμές μετά τη διάθεση και

β) οι ενδιαφερόμενοι καταναλωτές ενημερώνονται δεόντως και λαμβάνουν οδηγίες για ενδεχόμενες πρόσθετες επανορθωτικές ενέργειες που θα πρέπει να αναλάβουν.

Άρθρο 7

Παρακολούθηση

1. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλίσουν ότι παρακολουθείται τακτικά η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, προκειμένου να ελέγχεται αν το διαπθήμενο στους καταναλωτές νερό πληροί τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας, και ιδίως τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5. Θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα τα οποία να είναι αντιπροσωπευτικά της ποιότητας του νερού που καταναλίσκεται καθόλη τη διάρκεια του έτους. Επιπλέον, τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται ο έλεγχος της αποτελεσματικής απολύμανσης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, όταν αυτή αποτελεί μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας ή διανομής του νερού και ότι οποιαδήποτε επιμόλυνση από υποπροϊόντα απολύμανσης συγκροτείται σε όσο το δυνατόν πιο χαμηλά όρια, χωρίς να διακυβεύεται η απολύμανση.

2. Για την τήρηση των υποχρεώσεων της παραγράφου 1, οι αρμόδιες αρχές καταρτίζουν κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Τα εν λόγω προγράμματα παρακολούθησης πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος II.

3. Τα σημεία δειγματοληψίας καθορίζονται από τις αρμόδιες αρχές και πρέπει να συμμορφούνται με τις σχετικές απαιτήσεις του παραρτήματος II.

▼M2

4. Για την παρακολούθηση κατά το παρόν άρθρο, μπορούν να καθορίζονται κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές σύμφωνα με τη διαχειριστική διαδικασία στην οποία παραπέμπει το άρθρο 12 παράγραφος 2.

▼B

5. α) Τα κράτη μέλη πρέπει να τηρούν τις προδιαγραφές αναλύσεως παραμέτρων που καθορίζονται στο παράρτημα III

β) Αντί των μεθόδων που αναφέρονται στο παράρτημα III μέρος 1, είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές μέθοδοι εφόσον μπορεί να αποδειχθεί ότι τα λαμβανόμενα αποτελέσματα είναι τουλάχιστον εξίσου αξιόπιστα με εκείνα των μεθόδων που έχουν προκαθοριστεί. Τα κράτη μέλη που χρησιμοποιούν εναλ-

▼B

λακτική μέθοδο διαβιβάζουν στην Επιτροπή όλα τα σχετικά στοιχεία που αφορούν τη μέθοδο αυτή και την ισοδυναμία της.

- γ) Για τις παραμέτρους του παραρτήματος III μέρη 2 και 3, είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται οποιαδήποτε μέθοδος ανάλυσης εφόσον τηρούνται οι απαιτήσεις των μερών αυτών.

6. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι διενεργείται συμπληρωματική κατά περίπτωση παρακολούθηση για τις ουσίες και τους μικροοργανισμούς για τους οποίους δεν καθορίζεται παραμετρική τιμή σύμφωνα με το άρθρο 5, όταν υπάρχουν λόγοι να πιστευτεί ότι οι ουσίες ή οι οργανισμοί αυτοί ενδέχεται να υπάρχουν σε ποσότητες ή αριθμούς που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

Άρθρο 8

Επανορθωτικές ενέργειες και περιορισμοί χρήσεως

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να διερευνάται αμέσως κάθε παράλειψη της τήρησης των παραμετρικών τιμών που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 ώστε να εντοπίζονται τα αίτια.

2. Εάν, παρά τα μέτρα που λαμβάνονται για να τηρηθούν οι υποχρεώσεις του άρθρου 4 παράγραφος 1, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εξακολουθεί να μην πληροί τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, και με την επιφύλαξη του άρθρου 6 παράγραφος 2, τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι αναλαμβάνονται, το ταχύτερο δυνατόν, οι απαιτούμενες επανορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητάς του, και δίνουν προτεραιότητα την εφαρμογή τους, λαμβάνοντας μεταξύ άλλων υπόψη τον βαθμό υπέρβασης των σχετικών παραμετρικών τιμών και τον ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

3. Ανεξαρτήτως του αν έχει σημειωθεί ή όχι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι απαγορεύεται η παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης το οποίο αποτελεί ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή ότι περιορίζεται η χρήση του ή ότι αναλαμβάνονται οι όποιες απαιτούμενες ενέργειες για να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία. Στις περιπτώσεις αυτές, οι καταναλωτές ενημερώνονται αμέσως σχετικά και τους παρέχονται οι αναγκαίες οδηγίες.

4. Οι αρμόδιες αρχές ή άλλοι αρμόδιοι φορείς αποφασίζουν ποιές ενέργειες δυνάμει της παραγράφου 3 θα πρέπει να αναληφθούν, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία οι οποίοι θα προέκυπταν από τυχόν διακοπή της παροχής ή περιορισμό της χρήσης νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

5. Τα κράτη μέλη μπορούν να καθορίζουν κατευθύνσεις για να επικουρούν τις αρμόδιες αρχές κατά την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους δυνάμει της παραγράφου 4.

6. Σε περίπτωση μη τήρησης των παραμετρικών τιμών ή των προδιαγραφών του παραρτήματος I μέρος Γ, τα κράτη μέλη εξετάζουν κατά πόσον αυτή η μη τήρηση δημιουργεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Τα κράτη μέλη αναλαμβάνουν επανορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού εφόσον αυτό απαιτείται για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

7. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, όταν αναλαμβάνονται επανορθωτικές ενέργειες, οι καταναλωτές ενημερώνονται σχετικά εκτός από τις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι αρμόδιες αρχές κρίνουν ότι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών είναι άνευ σημασίας.

▼B

Άρθρο 9

Παρεκκλίσεις

1. Τα κράτη μέλη μπορούν να προβλέπουν παρεκκλίσεις από τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται στο παράρτημα I μέρος Β ή που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 3, μέχρις ενός ανώτατου ορίου που καθορίζουν τα ίδια, εφόσον η παρέκκλιση δεν συνεπάγεται πιθανό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και εφόσον η παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στη συγκεκριμένη περιοχή δεν μπορεί να εξασφαλισθεί με άλλον εύλογο τρόπο. Οι παρεκκλίσεις πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερης διάρκειας και δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τριετία προς το τέλος της οποίας πρέπει να πραγματοποιείται επανεξέταση προκειμένου να καθοριστεί κατά πόσον έχει σημειωθεί ικανοποιητική πρόοδος. Όταν τα κράτη μέλη προτίθενται να παραχωρήσουν δεύτερη παρέκκλιση, γνωστοποιούν την επανεξέταση και τους λόγους για την απόφασή τους για παραχώρηση δεύτερης παρέκκλισης, στην Επιτροπή. Αυτή η δεύτερη παρέκκλιση δεν πρέπει επίσης να υπερβαίνει την τριετία.

2. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, τα κράτη μέλη μπορούν να υποβάλλουν στην Επιτροπή αίτηση για τρίτη παρέκκλιση για περίοδο που δεν υπερβαίνει την τριετία. Η Επιτροπή αποφασίζει σχετικά με την αίτηση αυτή εντός τριών μηνών.

3. Στις παρεκκλίσεις που παραχωρούνται σύμφωνα με την παράγραφο 1 ή 2, διευκρινίζονται τα ακόλουθα:

- α) ο λόγος της παρέκκλισης·
- β) η συγκεκριμένη παράμετρος, τα σχετικά αποτελέσματα της προηγούμενης παρακολούθησης, και η ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή βάσει της παρέκκλισης·
- γ) η γεωγραφική περιοχή, η ημερησίως παρεχόμενη ποσότητα νερού, ο θιγόμενος πληθυσμός, καθώς και κατά πόσον ή όχι θίγεται κάποια αφορώμενη επιχείρηση παραγωγής τροφίμων·
- δ) ένα κατάλληλο σύστημα παρακολούθησης, με αυξημένη συχνότητα παρακολούθησης, εφόσον απαιτείται·
- ε) η σύνοψη του προγράμματος των απαιτούμενων επανορθωτικών ενεργειών, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται χρονοδιάγραμμα εργασιών, εκτίμηση κόστους και διατάξεις για την επανεξέταση·

στ) η αιτούμενη διάρκεια της παρέκκλισης.

4. Εάν οι αρμόδιες αρχές κρίνουν ότι η μη τήρηση της παραμετρικής τιμής είναι άνευ σημασίας και εφόσον, με τις επανορθωτικές ενέργειες που αναλαμβάνονται σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 2, είναι δυνατόν να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα εντός 30 το πολύ ημερών, δεν απαιτείται η εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 3.

Στην περίπτωση αυτή, οι αρμόδιες αρχές ή άλλοι αρμόδιοι φορείς καθορίζουν μόνον την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου καθώς και τον επιτρεπόμενο χρόνο για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

5. Η προσφυγή στην παράγραφο 4 δεν είναι πλέον δυνατή αν η μη τήρηση μιας παραμετρικής τιμής για συγκεκριμένη παροχή νερού παρουσιάστηκε για περισσότερες από 30 ημέρες συνολικά κατά τη διάρκεια των δώδεκα προηγούμενων μηνών.

6. Τα κράτη μέλη που εφαρμόζουν τις παρεκκλίσεις του παρόντος άρθρου εξασφαλίζουν ότι ο θιγόμενος από την παρέκκλιση αυτή πληθυσμός ενημερώνεται αμέσως και με τον κατάλληλο τρόπο για την παρέκκλιση και τους όρους της. Επιπλέον, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, εφόσον απαιτείται, παρέχονται οδηγίες σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες για τις οποίες η παρέκκλιση ενδέχεται να δημιουργήσει ειδικούς κινδύνους.

▼B

Οι υποχρεώσεις αυτές δεν ισχύουν στην περίπτωση που αναφέρεται στην παράγραφο 4, εκτός αν οι αρμόδιες αρχές αποφασίσουν διαφορετικά.

7. Με την εξαίρεση των παρεκκλίσεων που παρέχονται σύμφωνα με την παράγραφο 4, τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή εντός δύο μηνών για τις παρεκκλίσεις που αφορούν ατομική παροχή άνω των 1 000 m³ ημερησίως κατά μέσο όρο ή εξυπηρετούν άνω των 5 000 ατόμων, παρέχοντας και τα στοιχεία που αναφέρονται στην παράγραφο 3.

8. Το παρόν άρθρο δεν ισχύει για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης το οποίο διατίθεται προς πώληση σε φιάλες ή δοχεία.

*Άρθρο 10***Εξασφάλιση της ποιότητας επεξεργασίας, εξοπλισμού και υλικών**

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται ότι κάθε ουσία ή κάθε υλικό νέων εγκαταστάσεων που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ή τη διανομή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και οι προσμεμίξεις που προέρχονται από αυτές τις ουσίες ή υλικά νέων εγκαταστάσεων δεν παραμένουν στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από εκείνες που απαιτούνται για τους σκοπούς της χρήσης τους και δεν υποβαθμίζουν, άμεσα ή έμμεσα, την προστασία της ανθρώπινης υγείας, όπως προβλέπεται στην παρούσα οδηγία: τα ερμηνευτικά έγγραφα και οι τεχνικές προδιαγραφές, δυνάμει του άρθρου 3 και του άρθρου 4 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 21ης Δεκεμβρίου 1988, για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών⁽¹⁾, πρέπει να τηρούν τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας.

*Άρθρο 11***Αναθεώρηση των παραρτημάτων**

1. Τουλάχιστον ανά πενταετία, η Επιτροπή αναθεωρεί το παράρτημα I, υπό το πρίσμα της επιστημονικής και τεχνικής πρόοδου και υποβάλει, εφόσον χρειάζεται, προτάσεις τροπολογιών σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στο άρθρο 189 Γ της συνθήκης.

▼M2

2. Τουλάχιστον ανά πενταετία, η Επιτροπή προσαρμόζει τα παραρτήματα II και III στην επιστημονική και τεχνική πρόοδο.

Τα μέτρα αυτά, που αποσκοπούν σε τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων της παρούσας οδηγίας, θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο στην οποία παραπέμπει το άρθρο 12 παράγραφος 3.

▼M1*Άρθρο 12*

1. Η Επιτροπή επικουρείται από επιτροπή.

2. Στις περιπτώσεις που γίνεται αναφορά στο παρόν άρθρο, εφαρμόζονται τα άρθρα 4 και 7 της απόφασης 1999/468/ΕΚ⁽²⁾, τηρουμένων των διατάξεων του άρθρου 8 της ίδιας απόφασης.

Η περίοδος που προβλέπεται από το άρθρο 4 παράγραφος 3 της απόφασης 1999/468/ΕΚ ορίζεται σε τρεις μήνες.

⁽¹⁾ ΕΕ L 40 της 11.2.1989, σ. 12· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 93/68/ΕΟΚ (ΕΕ L 220 της 30.8.1993, σ. 1).

⁽²⁾ Απόφαση 1999/468/ΕΚ του Συμβουλίου, της 28ης Ιουνίου 1999, για τον καθορισμό των επιμέρους ρυθμίσεων της άσκησης των εκτελεστικών αρμοδιοτήτων που έχουν ανατεθεί στην Επιτροπή (ΕΕ L 184 της 17.7.1999, σ. 23).

▼M2

3. Στις περιπτώσεις που γίνεται μνεία της παρούσας παραγράφου, εφαρμόζονται το άρθρο 5α παράγραφοι 1 έως 4, και το άρθρο 7 της απόφασης 1999/468/ΕΚ, τηρουμένων των διατάξεων του άρθρου 8 της ίδιας απόφασης.

▼B*Άρθρο 13***Ενημέρωση και εκθέσεις**

1. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι παρέχονται στους καταναλωτές κατάλληλες και ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

2. Με την επιφύλαξη της οδηγίας 90/313/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 7ης Ιουνίου 1990, σχετικά με την ελεύθερη πληροφόρηση για θέματα περιβάλλοντος ⁽¹⁾, κάθε κράτος μέλος δημοσιεύει ανά τριετία έκθεση για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης με στόχο την ενημέρωση των καταναλωτών. Η πρώτη από τις εκθέσεις αυτές καλύπτει τα έτη 2002, 2003 και 2004. Κάθε έκθεση αφορά, τουλάχιστον, τις ατομικές παροχές νερού που υπερβαίνουν τα 1 000 m³ ημερησίως κατά μέσον όρο, ή εξυπηρετούν άνω των 5 000 ατόμων, καλύπτει τρία ημερολογιακά έτη και δημοσιεύεται πριν από το τέλος του ημερολογιακού έτους που έπεται της περιόδου στην οποία αναφέρεται.

3. Τα κράτη μέλη διαβιβάζουν τις εκθέσεις τους στην Επιτροπή εντός δύο μηνών από τη δημοσίευσή τους.

▼M2

4. Η μορφή και οι ελάχιστες απαιτούμενες πληροφορίες για τις εκθέσεις κατά την παράγραφο 2 καθορίζονται λαμβανομένων ιδιαιτέρως υπόψη των μέτρων κατά το άρθρο 3 παράγραφος 2, στο άρθρο 5 παράγραφοι 2 και 3, στο άρθρο 7 παράγραφος 2, στο άρθρο 8, στο άρθρο 9 παράγραφοι 6 και 7 και στο άρθρο 15 παράγραφος 1, και, εφόσον απαιτείται, τροποποιούνται με τη διαχειριστική διαδικασία στην οποία παραπέμπει το άρθρο 12 παράγραφος 2.

▼B

5. Η Επιτροπή εξετάζει τις εκθέσεις των κρατών μελών και, ανά τριετία, δημοσιεύει συγκεφαλαιωτική έκθεση για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στην Κοινότητα. Η έκθεση αυτή δημοσιεύεται εντός εννέα μηνών από την παραλαβή των εκθέσεων των κρατών μελών.

▼M2

6. Μαζί με την πρώτη έκθεση για την παρούσα οδηγία, κατά την παράγραφο 2, τα κράτη μέλη συντάσσουν επίσης έκθεση η οποία υποβάλλεται στην Επιτροπή σχετικά με τα μέτρα τα οποία έλαβαν ή σχεδιάζουν να λάβουν για την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους δυνάμει του άρθρου 6 παράγραφος 3 και του παραρτήματος Ι μέρος Β σημείωση 10. Η Επιτροπή θα υποβάλει, ανάλογα με την περίπτωση, πρόταση για τη διάρθρωση της έκθεσης αυτής, σύμφωνα με τη διαχειριστική διαδικασία η οποία ορίζεται στο άρθρο 12 παράγραφος 2.

▼B*Άρθρο 14***Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης**

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης ανταποκρίνεται προς την παρούσα οδηγία εντός πέντε ετών από την έναρξη ισχύος της, με την επιφύλαξη των σημειώσεων 2, 4 και 10 του παραρτήματος Ι μέρος Β.

⁽¹⁾ ΕΕ L 158 της 23.6.1990, σ. 56.

▼B*Άρθρο 15***Εξαιρετικές περιστάσεις**

1. Σε εξαιρετικές περιστάσεις και για συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, τα κράτη μέλη μπορούν να υποβάλλουν ειδική αίτηση στην Επιτροπή για περίοδο μεγαλύτερη από αυτήν που προβλέπεται στο άρθρο 14. Η πρόσθετη περίοδος δεν πρέπει να υπερβαίνει την τριετία προς το τέλος της οποίας πρέπει να πραγματοποιείται επανεξέταση που διαβιβάζεται στην Επιτροπή η οποία μπορεί, βάσει της επανεξέτασης αυτής, να παραχωρήσει δεύτερη πρόσθετη περίοδο τριών το πολύ ετών. Η διάταξη αυτή δεν εφαρμόζεται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης που διατίθεται προς πώληση σε φιάλες ή δοχεία.

2. Στην προαναφερόμενη αίτηση, η οποία πρέπει να αιτιολογείται δεόντως, εκτίθενται οι δυσκολίες που συναντώνται και περιλαμβάνονται, τουλάχιστον, όλες οι πληροφορίες που αναφέρονται στο άρθρο 9 παράγραφος 3.

▼M2

3. Η αίτηση εξετάζεται σύμφωνα με τη διαχειριστική διαδικασία που ορίζεται στο άρθρο 12 παράγραφος 2.

▼B

4. Τα κράτη μέλη που εφαρμόζουν το παρόν άρθρο εξασφαλίζουν ότι ο πληθυσμός τον οποίο αφορά η αίτηση ενημερώνεται αμέσως και με κατάλληλο τρόπο για την έκβαση της αίτησης. Επιπλέον, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, εφόσον απαιτείται, παρέχονται οδηγίες σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες για τις οποίες η αίτηση ενδέχεται να δημιουργήσει ειδικούς κινδύνους.

*Άρθρο 16***Κατάργηση**

1. Η οδηγία 80/778/ΕΟΚ καταργείται πέντε έτη μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας. Με την επιφύλαξη της παραγράφου 2, η κατάργηση αυτή δεν θίγει τις υποχρεώσεις των κρατών μελών όσον αφορά τις προθεσμίες μεταγραφής της στην εθνική νομοθεσία και εφαρμογής της, όπως προβλέπεται στο παράρτημα IV.

Οι παραπομπές στην καταργούμενη οδηγία θεωρούνται ως παραπομπές στην παρούσα οδηγία σύμφωνα με τον πίνακα αντιστοιχίας του παραρτήματος V.

2. Αφ' ης στιγμής ένα κράτος μέλος θέσει σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις προκειμένου να συμμορφωθεί με την παρούσα οδηγία και λάβει τα μέτρα που προβλέπονται στο άρθρο 14, όσον αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στο κράτος μέλος αυτό, εφαρμόζεται η παρούσα οδηγία και όχι η οδηγία 80/778/ΕΟΚ.

*Άρθρο 17***Μεταγραφή στο εθνικό δίκαιο**

1. Τα κράτη μέλη θέτουν σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις προκειμένου να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία εντός δύο ετών από την έναρξη ισχύος της. Ενημερώνουν αμέσως την Επιτροπή σχετικά.

Οι διατάξεις αυτές, όταν θεσπίζονται από τα κράτη μέλη, αναφέρονται στην παρούσα οδηγία ή συνοδεύονται από παρόμοια αναφορά κατά την επίσημη δημοσίευσή τους. Οι λεπτομερείς διατάξεις για την αναφορά αυτή καθορίζονται από τα κράτη μέλη.

2. Τα κράτη μέλη ανακοινώνουν στην Επιτροπή τα κείμενα των διατάξεων εθνικού δικαίου που θεσπίζουν στον τομέα που διέπεται από την παρούσα οδηγία.

▼B

Άρθρο 18

Έναρξη ισχύος

Η παρούσα οδηγία αρχίζει να ισχύει την εικοστή ημέρα από τη δημοσίευσή της στην *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*.

Άρθρο 19

Αποδέκτες

Η παρούσα οδηγία απευθύνεται στα κράτη μέλη.

▼B*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I***ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ****ΜΕΡΟΣ Α****Μικροβιολογικές παράμετροι**

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	0
Εντερόκοκκοι	0

Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 °C	100/ml
Αριθμός αποικιών 37 °C	20/ml

▼B

ΜΕΡΟΣ Β

Χημικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Αντιμόνιο	5,0	μg/l	
Αρσενικό	10	μg/l	
Βενζόλιο	1,0	μg/l	
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	μg/l	
Βόριο	1,0	mg/l	
Βρωμικά άλατα	10	μg/l	Σημείωση 2
Κάδμιο	5,0	μg/l	
Χρόμιο	50	μg/l	Σημείωση 3
Χαλκός	2,0	mg/l	Σημείωση 3
Κυανιούχα άλατα	50	μg/l	
1,2-διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l	
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Φθοριούχα άλατα	1,5	mg/l	
Μόλυβδος	10	μg/l	Σημειώσεις 3 και 4
Υδράργυρος	1,0	μg/l	
Νικέλιο	20	μg/l	Σημείωση 3
Νιτρικά άλατα	50	mg/l	Σημείωση 5
Νιτρωδή άλατα	0,50	mg/l	Σημείωση 5
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l	Σημειώσεις 6 και 7
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l	Σημειώσεις 6 και 8
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων· σημείωση 9
Σελήνιο	10	μg/l	
Τετραχλωραιθέριο και Τριχλωραιθέριο	10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων παραμέτρων
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων· σημείωση 10
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l	Σημείωση 1

Σημείωση 1: Η παραμετρική τιμή αναφέρεται στην συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές περί μεγίστης μετανάστευσης εκ του αντιστοίχου πολυμερούς όταν βρίσκεται σε επαφή με το νερό.

Σημείωση 2: Ει δυνατόν, τα κράτη μέλη πρέπει να επιδιώκουν χαμηλότερη τιμή χωρίς να θίγεται η απολύμανση. Για το νερό που αναφέρεται στο άρθρο 6 παράγραφος 1 στοιχεία α), β) και δ), η τιμή πρέπει να έχει επιτευχθεί, το αργότερο, δέκα ημερολογιακά έτη μετά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της παρούσας οδηγίας. Η παραμετρική τιμή για τα βρωμικά άλατα πέντε έτη μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας και μέχρι δέκα έτη μετά την έναρξη ισχύος της, είναι 25 μg/l.

Σημείωση 3: Η τιμή ισχύει για δείγμα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται με κατάλληλη μέθοδο δειγματοληψίας (*) στη βρύση και κατά τρόπον ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό του εβδομαδιαίου

(*) Θα προστεθεί ανάλογα με τα αποτελέσματα της προς το παρόν διεξαγόμενης μελέτης.

▼B

- μέσου όρου που πίνουν οι καταναλωτές. Εφόσον ενδείκνυται, οι μέθοδοι δειγματοληψίας και παρακολούθησης εφαρμόζονται κατά εναρμονισμένο τρόπο που καθορίζεται σύμφωνα με το άρθρο 7 παράγραφος 4. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη τα περιστατικά μεγίστων επιπέδων που ενδέχεται να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.
- Σημείωση 4:** Για το νερό που αναφέρεται στο άρθρο 6 παράγραφος 1 στοιχεία α), β) και δ), η τιμή πρέπει να έχει επιτευχθεί, το αργότερο, 15 ημερολογιακά έτη μετά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της παρούσας οδηγίας. Η παραμετρική τιμή για το μολύβδο πέντε έτη μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας και μέχρι 15 έτη μετά την έναρξη ισχύος της, είναι 25 µg/l.
- Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να λαμβάνονται όλα τα δέοντα μέτρα για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση της συκέντρωσης του μολύβδου στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης κατά την περίοδο που απαιτείται για να επιτευχθεί η τήρηση της παραμετρικής τιμής. Όταν εφαρμόζουν μέτρα για την επίτευξη της τήρησης της τιμής αυτής, τα κράτη μέλη δίνουν προτεραιότητα την προστασία όπου υπάρχουν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μολύβδου στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.
- Σημείωση 5:** Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος $[\text{νιτρικά άλατα}]/50 + [\text{νιτρική άλατα}]/3 \leq 1$, οι αγκύλες υποδηλώνει συκέντρωση σε mg/l για τα νιτρικά άλατα (NO_3) και για τα νιτρικά άλατα (NO_2), καθώς και ότι η τιμή 0,10 mg/l για τα νιτρικά άλατα τηρείται για το νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.
- Σημείωση 6:** Ως «παρασιτοκτόνα» νοούνται:
- οργανικά εντομοκτόνα,
 - οργανικά ζιζανιοκτόνα,
 - οργανικά μυκητοκτόνα,
 - οργανικά νηματωδοκτόνα,
 - οργανικά ακαριοκτόνα,
 - οργανικά φυκοκτόνα,
 - οργανικά τρωκτικοκτόνα,
 - οργανικά γλινοκτόνα,
 - συναφή προϊόντα (μεταξύ άλλων, οι ρυθμιστές αύξησης)
- και οι σχετικοί μεταβολίτες αυτών, προϊόντα υποβάθμισης και αντιδραστή.
- Ελέγχονται μόνον τα παρασιτοκτόνα των οποίων πιθανολογείται η παρουσία σε μία δεδομένη παροχή νερού.
- Σημείωση 7:** Η παραμετρική τιμή ισχύει για κάθε επιμέρους παρασιτοκτόνο. Για το αλντρίν, το ντιελτρίν, το επταχλώρ και το εποξικό επταχλώρ, η παραμετρική τιμή είναι 0,030 µg/l.
- Σημείωση 8:** Ως «συνολικά παρασιτοκτόνα» νοείται το άθροισμα όλων των επιμέρους παρασιτοκτόνων που ανιχνεύονται και προσδιορίζονται ποσοτικώς κατά τη διαδικασία παρακολούθησης.
- Σημείωση 9:** Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι:
- βενζο(β)φθορανθένιο,
 - βενζο(λ)φθορανθένιο,
 - βενζο(ηθ)περυλένιο,
 - ινδανο(1,2,3-γδ)πυρένιο.
- Σημείωση 10:** Ει δυνατόν, τα κράτη μέλη πρέπει να επιδιώκουν χαμηλότερη τιμή χωρίς, να θίγεται η απολύμανση. Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι: χλωροφόρμιο, βρωμοφόρμιο, διβρωμοχλωρομεθάνιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο.
- Για το νερό που αναφέρεται στο άρθρο 6 παράγραφος 1 στοιχεία α), β) και δ), η τιμή πρέπει να έχει επιτευχθεί το αργότερο, δέκα ημερολογιακά έτη μετά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της παρούσας οδηγίας. Η παραμετρική τιμή για ολικά τριαλογονομεθάνια πέντε έτη μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας και μέχρι δέκα έτη μετά την έναρξη ισχύος της, είναι 150 µg/l.
- Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να λαμβάνονται όλα τα δέοντα μέτρα για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση της συκέντρωσης των τριαλογονομεθάνιων στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης κατά την περίοδο που απαιτείται για να επιτευχθεί η τήρηση της παραμετρικής τιμής.
- Όταν εφαρμόζουν μέτρα για την επίτευξη της τιμής αυτής, τα κράτη μέλη δίνουν προτεραιότητα την προστασία στις περιοχές με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τριαλογονομεθάνιων στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

▼B

ΜΕΡΟΣ Γ

Ενδεικτικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Αργίλιο	200	µg/l	
Αμμώνιο	0,50	mg/l	
Χλωριούχα άλατα	250	mg/l	Σημείωση 1
<i>Clostridium perfringens</i> (συμπεριλαμβανομένων των спорίων)	0	αριθμός/100 ml	Σημείωση 2
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Αγωγιμότητα	2 500	µS cm ⁻¹ στους 20 °C	Σημείωση 1
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	≥ 6,5 και ≤ 9,5	μονάδες pH	Σημειώσεις 1 και 3
Σίδηρος	200	µg/l	
Μαγγάνιο	50	µg/l	
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Οξειδωσιμότητα	5,0	mg/l O ₂	Σημείωση 4
Θεικά άλατα	250	mg/l	Σημείωση 1
Νάτριο	200	mg/l	
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Αριθμός αποικιών σε 22°C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής		
Κολοβακτηριοειδή	0	αριθμός/100 ml	Σημείωση 5
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής		Σημείωση 6
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής		Σημείωση 7

ΠΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Τρίτιο	100	becquerel/l	Σημειώσεις 8 και 10
Ολική ενδεικτική δόση	0,10	mSv/έτος	Σημειώσεις 9 και 10

Σημείωση 1: Το νερό δεν πρέπει να είναι διαβρωτικό

Σημείωση 2: Η παράμετρος αυτή χρειάζεται να μετράται μόνον όταν το νερό προέρχεται ή επηρεάζεται από επιφανειακό νερό. Σε περίπτωση μη τήρησης της παραμετρικής αυτής τιμής, τα κράτη μέλη εξετάζουν την παροχή νερού για να εξασφαλίσουν ότι δεν υπάρχει ενδεχόμενος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία λόγω της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών, όπως π.χ. *Cryptosporidium*. Τα κράτη μέλη περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών στην έκθεση που υποβάλλουν σύμφωνα με το άρθρο 13 παράγραφος 2.

Σημείωση 3: Για το στάσιμο νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, η κατώτατη τιμή μπορεί να μειώνεται σε 4,5 μονάδες pH.

▼B

Για το νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία και έχει φυσική περιεκτικότητα σε ή είναι τεχνητά εμπλουτισμένο με διοξείδιο του άνθρακα, η ελάχιστη τιμή μπορεί να είναι κατώτερη.

Σημείωση 4: Η παράμετρος αυτή δεν χρειάζεται να μετράται εφόσον αναλύεται η παράμετρος ολικού οργανικού άνθρακα.

Σημείωση 5: Για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, η μονάδα είναι: αριθμός/250 ml.

Σημείωση 6: Η παράμετρος αυτή δεν χρειάζεται να μετράται για παροχές κάτω των 10 000 m³ ημερησίως.

Σημείωση 7: Σε περίπτωση επεξεργασίας επιφανειακών υδάτων, τα κράτη μέλη επιδιώκουν παραμετρική τιμή που δεν υπερβαίνει την 1,0 NTU (νεφελομετρική μονάδα θολότητας) στο νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Σημείωση 8: Οι συχνότητες ελέγχου θα περιληφθούν αργότερα στο παράρτημα II.

Σημείωση 9: Εξαιρουμένου του τριτίου, του καλίου -40, του ραδονίου και των προϊόντων διάσπασης του ραδονίου. Οι συχνότητες ελέγχου, οι μέθοδοι παρακολούθησης και οι πλέον κατάλληλες θέσεις για τα σημεία παρακολούθησης θα καθοριστούν αργότερα στο παράρτημα II.

Σημείωση 10: ►M2 1. Η Επιτροπή θεσπίζει τα μέτρα που απαιτούνται βάσει της σημείωσης 8 για τις συχνότητες παρακολούθησης και της σημείωσης 9 για τις συχνότητες παρακολούθησης, τις μεθόδους παρακολούθησης και τα καταλληλότερα σημεία παρακολούθησης που καθορίζονται στο παράρτημα II. Τα μέτρα αυτά, που αποσκοπούν σε τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων της παρούσας οδηγίας, θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο στην οποία παραπέμπει το άρθρο 12 παράγραφος 3.

Κατά τον καθορισμό των εν λόγω μέτρων η Επιτροπή θα λάβει υπόψη, μεταξύ άλλων, τις αντίστοιχες διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας σχετικά με τα κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης περιλαμβανομένων των αποτελεσμάτων που απορρέουν από αυτά. ◀

2. Δεν απαιτείται από ένα κράτος μέλος να ελέγχει το πόσιμο ύδωρ για τρίτο ή ραδιενέργεια για να καθορίσει ολική ενδεικτική δόση, εφόσον, βάσει άλλης παρακολούθησης, είναι ικανοποιημένο από το γεγονός ότι τα επίπεδα του τριτίου ή η ολική ενδεικτική δόση στο νερό είναι αρκετά κάτω από την παραμετρική τιμή. Στην περίπτωση αυτή, ανακοινώνει τους λόγους της απόφασής του στην Επιτροπή, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων αυτής της άλλης παρακολούθησης.

▼B

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

Αναλύόμενες παράμετροι

1. Δοκιμαστική παρακολούθηση

Σκοπός της δοκιμαστικής παρακολούθησης είναι να παρέχονται, σε τακτική βάση, στοιχεία για την οργανοληπτική και μικροβιολογική ποιότητα του νερού που διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση καθώς και πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας του ποτίσιμου ύδατος (ιδίως της απολύμανσης) εφόσον γίνεται, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσον το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης τηρεί τις σχετικές παραμετρικές τιμές της παρούσας οδηγίας.

Οι ακόλουθες παράμετροι υπόκεινται σε δοκιμαστική παρακολούθηση. Τα κράτη μέλη μπορούν να προσθέτουν και άλλες παραμέτρους στον πίνακα αυτόν εάν το κρίνουν σκόπιμο.

Αργίλιο (σημείωση 1)

Αμμώνιο

Χρώμα

Αγωγιμότητα

Clostridium Perfringens (συμπεριλαμβανομένων των спорίων) (σημείωση 2)

Escherichia coli (*E. coli*)

Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου

Σίδηρος (σημείωση 1)

Νιτρόδη άλατα (σημείωση 3)

Οσμή

Pseudomonas aeruginosa (σημείωση 4)

Γεύση

Αριθμός αποικιών σε 22 °C και 37 °C (σημείωση 4)

Κολοβακτηριοειδή

Θολότητα

Σημείωση 1: Απαιτείται μόνον όταν χρησιμοποιείται ως κροκιδωτικό (*).

Σημείωση 2: Απαιτείται μόνον όταν το νερό προέρχεται ή επηρεάζεται από επιφανειακό νερό (*).

Σημείωση 3: Απαιτείται μόνον όταν για την απολύμανση γίνεται χλωραμίνωση (*).

Σημείωση 4: Απαιτείται μόνον για νερό που διατίθεται προς πώληση σε φιάλες ή σε δοχεία.

(*) Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, οι παράμετροι περιλαμβάνονται στον πίνακα της ελεγκτικής παρακολούθησης..

▼M2

2. Ελεγκτική παρακολούθηση

Σκοπός της ελεγκτικής παρακολούθησης είναι να παρέχονται τα στοιχεία που απαιτούνται για να διαπιστωθεί κατά πόσον τηρούνται όλες οι παραμετρικές τιμές της παρούσας οδηγίας. Όλες οι παράμετροι που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφοι 2 και 3, υπόκεινται σε ελεγκτική παρακολούθηση, εκτός αν οι αρμόδιες αρχές αποφανθούν, για χρονική περίοδο που καθορίζουν οι ίδιες, ότι μία παράμετρος δεν υπάγχει πιθανότητα να εμφανισθεί σε μία δεδομένη παροχή σε συγκεντρώσεις οι οποίες θα δημιουργούσαν κίνδυνο παραβίασης της αντίστοιχης παραμετρικής τιμής. Η

▼M2

παράγραφος αυτή δεν ισχύει για τις παραμέτρους σχετικά με τη ραδιενέργεια, οι οποίες, υπό τους όρους των σημειώσεων 8, 9 και 10 του παραρτήματος I, μέρος Γ, παρακολουθούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις παρακολούθησης που θεσπίζονται από την Επιτροπή. Τα μέτρα αυτά, που αποσκοπούν να τροποποιήσουν μη ουσιώδη στοιχεία της παρούσας οδηγίας με τη συμπλήρωσή της εγκρίνονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο στην οποία παραπέμπει το άρθρο 12 παράγραφος 3.

▼B

ΠΙΝΑΚΑΣ Β1

Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που παρέχεται από δίκτυο διανομής ή από βυτίο ή χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν δείγματα από τα σημεία τήρησης που καθορίζονται στο άρθρο 6 παράγραφος 1 ώστε να εξασφαλίζουν ότι το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης ανταποκρίνεται προς τις απαιτήσεις της οδηγίας. Ωστόσο, σε περίπτωση δικτύου διανομής, τα κράτη μέλη μπορούν να λαμβάνουν δείγματα εντός της ζώνης παροχής ή στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας για συγκεκριμένες παραμέτρους εφόσον είναι δυνατόν να αποδειχθεί ότι δεν θα υπήρχε δυσμενής μεταβολή της μετρούμενης τιμής της συγκεκριμένης παραμέτρου.

Όγκος διανεμόμενου ή παραγόμενου νερού ημερησίως σε μια ζώνη παροχής (Σημειώσεις 1 και 2) m ³	Δοκιμαστική παρακολούθηση Αριθμός δειγμάτων ετησίως (Σημειώσεις 3, 4 και 5)	Ελεγκτική παρακολούθηση Αριθμός δειγμάτων ετησίως (Σημειώσεις 3 και 5)
≤ 100	(Σημείωση 6)	(Σημείωση 6)
> 100 ≤ 1 000	4	1
> 1 000 ≤ 10 000	4 + 3 ανά 1 000 m ³ και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου	1 + 1 ανά 3 300 m ³ και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου
> 10 000 ≤ 100 000		3 + 1 ανά 10 000 m ³ και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου
> 100 000		10 + 1 ανά 25 000 m ³ και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου

Σημείωση 1: Ως ζώνη παροχής νοείται μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή εντός της οποίας το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εισέρχεται από μία ή περισσότερες πηγές και εντός της οποίας η ποιότητα του νερού μπορεί να θεωρηθεί ως περίπου ομοιόμορφη.

Σημείωση 2: Οι όγκοι υπολογίζονται ως μέσες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος. Για τον καθορισμό της ελάχιστης συχνότητας, τα κράτη μέλη μπορούν να χρησιμοποιούν τον αριθμό κατοίκων μιας ζώνης παροχής αντί του όγκου του νερού, θεωρώντας ότι κάθε άτομο καταναλώνει 200 l/ημερησίως.

Σημείωση 3: Στην περίπτωση περιοδικής παροχής, βραχείας διάρκειας, η συχνότητα παρακολούθησης του νερού που διανέμεται με βυτία αποφασίζεται από τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη.

Σημείωση 4: Για τις διάφορες παραμέτρους του παραρτήματος Ι, τα κράτη μέλη δύναται να μειώνουν τον αριθμό δειγμάτων που αναφέρονται στον πίνακα εάν:

- οι τιμές των αποτελεσμάτων που επιτυγχάνονται από δείγματα λαμβανόμενα επί περίοδο τουλάχιστον δύο συνεχών ετών είναι σταθερές και σημαντικώς καλύτερες από τις οριακές τιμές του παραρτήματος Ι και
- δεν υπάρχει κάποιος παράγων που ενδέχεται να υποβιβάσει την ποιότητα του νερού.

Η κατώτατη συχνότητα δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 50 % του αριθμού των δειγμάτων που αναφέρονται στον πίνακα εκτός της ειδικής περιπτώσεως της σημείωσης 6.

Σημείωση 5: Στο μέτρο του δυνατού, ο αριθμός των δειγμάτων πρέπει να κατανέμεται ομοιόμορφα στο χρόνο και το χώρο.

Σημείωση 6: Η συχνότητα πρέπει να αποφασίζεται από τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη.

▼B

ΠΙΝΑΚΑΣ Β2

Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυσης του νερού που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση

Όγκος ημερησίως παραγόμενου νερού προς πώληση σε φιάλες ή δοχεία ⁽¹⁾ m ³	Δοκιμαστική παρακολούθηση Αριθμός δειγμάτων ετησίως	Ελεγκτική παρακολούθηση Αριθμός δειγμάτων ετησίως
≤ 10	1	1
> 10 ≤ 60	12	1
> 60	1 ανά 5 m ³ και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου	1 ανά 100 m ³ και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου

(¹) Οι όγκοι υπολογίζονται ως μέσες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος.

▼B

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι κάθε εργαστήριο στο οποίο αναλύονται δείγματα διαθέτει σύστημα αναλυτικού ποιοτικού ελέγχου το οποίο, από καιρού εις καιρόν, υποβάλλεται σε έλεγχο από πρόσωπο μη ελεγχόμενο από το εργαστήριο και το οποίο έχει εγκρίνει η αρμόδια αρχή προς το σκοπό αυτό.

1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

▼M2

Οι κατωτέρω αρχές που διέπουν τις μεθόδους ανάλυσης μικροβιολογικών παραμέτρων δίδονται είτε ως αναφορά, όταν δίδεται μέθοδος ISO GEN, ή προς καθοδήγηση, εν αναμονή της ενδεχόμενης μελλοντικής θέσπισης από την Επιτροπή, νέων διεθνών μεθόδων CEN/ISO για τις παραμέτρους αυτές. Τα κράτη μέλη μπορούν να χρησιμοποιούν εναλλακτικές μεθόδους, εφόσον τηρούνται οι διατάξεις του άρθρου 7 παράγραφος 5.

Τα μέτρα αυτά, που αφορούν τις διεθνείς μεθόδους CEN/ISO και αποσκοπούν σε τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων της παρούσας οδηγίας, μεταξύ άλλων, διά της συμπλήρωσής της, θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο στην οποία παραπέμπει το άρθρο 12 παράγραφος 3.

▼B

Κολοβακτηριοειδή και *Escherichia coli* (*E.coli*) (ISO 9308-1)

Εντερόκοκκοι (ISO 7899-2)

Pseudomonas aeruginosa (prEN ISO 12780)

Απαρίθμηση καλλιιεργήσιμων μικροοργανισμών — Αριθμός αποικιών σε 22 °C (prEN ISO 6222)

Απαρίθμηση καλλιιεργήσιμων μικροοργανισμών — Αριθμός αποικιών σε 37 °C (prEN ISO 6222)

Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των спорίων)

Διήθηση από μεμβράνη και στη συνέχεια επώαση της μεμβράνης υπό αναερόβιες συνθήκες σε θρεπτικό υλικό *Clostridium perfringens* (σημείωση 1) σε 44 ± 1 °C επί 21 ± 3 ώρες. Μέτρηση των σκοτεινών κίτρινων αποικιών που μετατρέπονται σε ροζ ή κόκκινες μετά από έκθεση σε ατμούς υδροξειδίου του αμμωνίου επί 20 έως 30 δευτερόλεπτα.

Σημείωση 1: Το «θρεπτικό υλικό *Clostridium perfringens*» περιέχει:

Βασικό θρεπτικό υλικό

Τρυπτόζη	30 g
Εκχύλισμα μυκήτων	20 g
Σακχαρόζη	5 g
Υδροχλωριούχος L-κυστεΐνη	1 g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0,1 g
Ιώδες βρομοκρεζόλης	40 g
Άγαρ	15 g
Ύδωρ	1 000 ml

Τα συστατικά του βασικού θρεπτικού υλικού διαλύονται και το pH προσαρμόζεται σε 7,6. Το υλικό αποστειρώνεται σε αυτόκλειστο στους 121 °C επί 15 λεπτά. το θρεπτικό υλικό ψύχεται και προστίθενται:

D-κυκλοσερίνη	400 mg
B-θαυκή πολυμυξίνη	25 mg

▼B

Ινδοξυλο-β-D-γλυκοζίδιο διαλυμένο σε 8 ml αποστειρωμένου νερού πριν την προσθήκη	60 mg
Διάλυμα 0,5 % διφωσφορικής φαινόλ-φθαλεΐνης αποστειρωμένο με διήθηση	20 ml
Διάλυμα 4,5 % διφωσφορικού $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2 ml

2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΚΑΘΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ

2.1. Για τις ακόλουθες παραμέτρους, τα καθοριζόμενα χαρακτηριστικά επιδόσεων είναι τέτοια ώστε με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανάλυσης να είναι, τουλάχιστον, δυνατόν να μετρώνται συγκεντρώσεις ίσες προς την παραμετρική τιμή με την οριζόμενη πιστότητα, ακρίβεια και τα οριζόμενα όρια ανίχνευσης. Όποια και να είναι η ευαισθησία της χρησιμοποιούμενης μεθόδου ανάλυσης, το αποτέλεσμα εκφράζεται χρησιμοποιώντας τουλάχιστον τον ίδιο αριθμό δεκαδικών ψηφίων με την παραμετρική τιμή του παραρτήματος Ι μέρη Β και Γ.

Παράμετροι	Πιστότητα % της παραμετρικής τιμής (Σημείωση 1)	Ακρίβεια % της παραμετρικής τιμής (Σημείωση 2)	Όριο ανίχνευσης % της παραμετρικής τιμής (Σημείωση 3)	Συνθήκες	Σημειώσεις
Ακρυλαμίδιο				Ελέγχεται με βάση τις προδιαγραφές του προϊόντος	
Αργίλιο	10	10	10		
Αμμώνιο	10	10	10		
Αντιμόνιο	25	25	25		
Αρσενικό	10	10	10		
Βενζο-α-πυρένιο	25	25	25		
Βενζόλιο	25	25	25		
Βόριο	10	10	10		
Βρωμικά άλατα	25	25	25		
Κάδμιο	10	10	10		
Χλωριούχα άλατα	10	10	10		
Χρόμιο	10	10	10		
Αγωγιμότητα	10	10	10		
Χαλκός	10	10	10		
Κυανιούχα άλατα	10	10	10		Σημείωση 4
1,2-διχλωροαθιοάνιο	25	25	10		
Επιχλωρυδρίνη				Ελέγχεται με βάση τις προδιαγραφές του προϊόντος	
Φθοριούχα άλατα	10	10	10		
Σίδηρος	10	10	10		
Μόλυβδος	10	10	10		
Μαγγάνιο	10	10	10		

▼B

Παράμετροι	Πιστότητα % της παραμε- τρικής τιμής (Σημείωση 1)	Ακρίβεια % της παραμε- τρικής τιμής (Σημείωση 2)	Όριο ανί- χνευσης % της παραμε- τρικής τιμής (Σημείωση 3)	Συνθήκες	Σημείωση
Υδράργυρος	20	10	20		
Νικέλιο	10	10	10		
Νιτρικά άλατα	10	10	10		
Νιτρώδη άλατα	10	10	10		
Οξειδωσιμότητα	25	25	10		Σημείωση 5
Παρασιτοκτόνα	25	25	25		Σημείωση 6
Πολυκυκλικοί αρωματι- κοί υδρογονάνθρακες	25	25	25		Σημείωση 7
Σελήνιο	10	10	10		
Νάτριο	10	10	10		
Θειικά άλατα	10	10	10		
Τετραχλωροαιθέριο	25	25	10		Σημείωση 8
Τριχλωροαιθέριο	25	25	10		Σημείωση 8
Ολικά τριαλογονομεθά- νια	25	25	10		Σημείωση 7
Βινυλοχλωρίδιο				Ελέγχεται με βάση τις προδιαγραφές του προϊόντος	

2.2. Για τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, τα οριζόμενα χαρακτηριστικά επιδόσεων είναι τέτοια ώστε με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανάλυσης να είναι δυνατόν να μετρούνται συγκεντρώσεις ίσες προς την παραμετρική τιμή με πιστότητα 0,2 μονάδων pH και ακρίβεια 0,2 μονάδων pH.

Σημείωση 1 (*): Πιστότητα είναι το συστηματικό σφάλμα και είναι η διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής μεγάλου αριθμού επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και της πραγματικής τιμής.

Σημείωση 2 (*): Ακρίβεια είναι το τυχαίο σφάλμα και εκφράζεται συνήθως ως η κανονική απόκλιση (εντός και μεταξύ μιας ομάδας) του φάσμα-
τος αποτελεσμάτων γύρω από το μέσο όρο. Αποδεκτή ακρίβεια είναι η διπλάσια σχετική συνήθης απόκλιση.

(*) Οι όροι αυτοί προσδιορίζονται περαιτέρω στο πρότυπο ISO 5725.

Σημείωση 3: Όριο ανίχνευσης είναι
— η τριπλάσια σχετική συνήθης απόκλιση, εντός μιας ομάδας, ενός φυσικού δείγματος που περιέχει μικρή συγκέντρωση της παραμέτρου
ή
— η πενταπλάσια σχετική συνήθης απόκλιση, εντός μιας ομάδας, ενός τυφλού δείγματος.

Σημείωση 4: Η μέθοδος προσδιορίζει ολικά κυανιούχα άλατα κάθε μορφής.

Σημείωση 5: Η οξείδωση πραγματοποιείται για 10 λεπτά σε 100 °C με τη χρησιμοποίηση υπερμαγγανικών αλάτων, σε όξινο περιβάλλον.

Σημείωση 6: Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων ισχύουν για κάθε επιμέρους παρασιτοκτόνο και εξαρτώνται από το συγκεκριμένο παρασιτοκτόνο. Προς το παρόν, ενδέχεται να μην είναι δυνατόν να επι-

▼B

τευχθεί το όριο ανίχνευσης για όλα τα παρασιτοκτόνα, αλλά τα κράτη μέλη πρέπει να επιδιώκουν την επίτευξη του στόχου αυτού.

Σημείωση 7: Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων ισχύουν για τις επιμέρους ουσίες που ορίζονται στο 25 % της παραμετρικής τιμής του παραρτήματος I.

Σημείωση 8: Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων ισχύουν για τις επιμέρους ουσίες που ορίζονται στο 50 % της παραμετρικής τιμής του παραρτήματος I.

3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΔΕΝ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Χρώμα

Οσμή

Γεύση

Συνολικός οργανικός άνθρακας

Θολότητα (σημείωση 1)

Σημείωση 1: Για την παρακολούθηση της θολότητας του επεξεργασμένου επιφανειακού νερού τα οριζόμενα χαρακτηριστικά επιδόσεων οφείλουν να παρέχουν τουλάχιστον τη δυνατότητα μέτρησης συγκεντρώσεων ίσων προς την παραμετρική τιμή με πιστότητα 25 %, ακρίβεια 25 % και όριο ανίχνευσης 25 %.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

ΠΡΟΘΕΣΜΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΗΝ ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Οδηγία 80/778/ΕΟΚ Μεταγραφή 17.7.1982 Εφαρμογή 17.7.1985 Όλα τα κράτη μέλη εκτός της Ισπανίας, της Πορτογαλίας και των νέων Länder της Γερμανίας	Οδηγία 81/858/ΕΟΚ (Προσαρμογή λόγω της προσχώρησης της Ελλάδας)	Πράξη προσχώρησης της Ισπανίας και της Πορτογαλίας Ισπανία: μεταγραφή 1.1.1986 εφαρμογή 1.1.1986 Πορτογαλία: μεταγραφή 1.1.1986 εφαρμογή 1.1.1989	Οδηγία 90/656/ΕΟΚ για τα νέα Länder της Γερμανίας	Πράξη προσχώρησης της Αυστρίας, της Φινλανδίας και της Σουηδίας Αυστρία: μεταγραφή 1.1.1995 εφαρμογή 1.1.1995 Φινλανδία: μεταγραφή 1.1.1995 εφαρμογή 1.1.1995 Σουηδία: μεταγραφή 1.1.1995 εφαρμογή 1.1.1995	Οδηγία 91/692/ΕΟΚ
Άρθρα 1 έως 14			Εφαρμογή 31.12.1995		
Άρθρο 15	Τροποποιημένο με ισχύ από 1.1.1981	Τροποποιημένο με ισχύ από 1.1.1986		Τροποποιημένο με ισχύ από 1.1.1995	
Άρθρο 16					
Άρθρο 17					Παραμβολή του άρθρου 17α
Άρθρο 18					
Άρθρο 19		Τροποποιημένο	Τροποποιημένο		
Άρθρο 20					
Άρθρο 21					



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ

Παρούσα οδηγία	Οδηγία 80/778/ΕΟΚ
Άρθρο 1 παράγραφος 1	Άρθρο 1 παράγραφος 1
Άρθρο 1 παράγραφος 2	—
Άρθρο 2 παράγραφος 1 στοιχεία α) και β)	Άρθρο 2
Άρθρο 2 παράγραφος 2	—
Άρθρο 3 παράγραφος 1 στοιχεία α) και β)	Άρθρο 4 παράγραφος 1
Άρθρο 3 παράγραφος 2 στοιχεία α) και β)	—
Άρθρο 3 παράγραφος 3	—
Άρθρο 4 παράγραφος 1	Άρθρο 7 παράγραφος 6
Άρθρο 4 παράγραφος 2	Άρθρο 11
Άρθρο 5 παράγραφος 1	Άρθρο 7 παράγραφος 1
Άρθρο 5 παράγραφος 2 πρώτη πρόταση	Άρθρο 7 παράγραφος 3
Άρθρο 5 παράγραφος 2 δεύτερη πρόταση	—
Άρθρο 5 παράγραφος 3	—
Άρθρο 6 παράγραφος 1	Άρθρο 12 παράγραφος 2
Άρθρο 6 παράγραφοι 2 και 3	—
Άρθρο 7 παράγραφος 1	Άρθρο 12 παράγραφος 1
Άρθρο 7 παράγραφος 2	—
Άρθρο 7 παράγραφος 3	Άρθρο 12 παράγραφος 3
Άρθρο 7 παράγραφος 4	—
Άρθρο 7 παράγραφος 5	Άρθρο 12 παράγραφος 5
Άρθρο 7 παράγραφος 6	—
Άρθρο 8	—
Άρθρο 9 παράγραφος 1	Άρθρο 9 παράγραφος 1 και άρθρο 10 παράγραφος 1
Άρθρο 9 παράγραφοι 2 έως 6	—
Άρθρο 9 παράγραφος 7	Άρθρο 9 παράγραφος 2 και άρθρο 10 παράγραφος 3
Άρθρο 9 παράγραφος 8	—
Άρθρο 10	Άρθρο 8
Άρθρο 11 παράγραφος 1	—
Άρθρο 11 παράγραφος 2	Άρθρο 13
Άρθρο 12 παράγραφος 1	Άρθρο 14
Άρθρο 12 παράγραφοι 2 και 3	Άρθρο 15
Άρθρο 13 παράγραφος 1	—

▼B

Παρούσα οδηγία	Οδηγία 80/778/ΕΟΚ
Άρθρο 13 παράγραφοι 2 έως 5	Άρθρο 17 στοιχείο α) (παρεμβάλλεται με την οδηγία 91/692/ΕΟΚ)
Άρθρο 14	Άρθρο 19
Άρθρο 15	Άρθρο 20
Άρθρο 16	—
Άρθρο 17	Άρθρο 18
Άρθρο 18	—
Άρθρο 19	Άρθρο 21

