



**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

**«ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΑΠΕ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ»**

Σπουδάστρια : ΤΑΜΙΩΛΑΚΗ ΕΙΡΗΝΗ // Α.Μ.:4241

Εισηγητής : ΔΡ ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013

Ευχαριστίες.....

Ευχαριστώ πολύ καταρχήν, τον επιβλέποντα καθηγητή κ. ΔΡ Καραπιδάκη
Εμμανουήλ για την καλή συνεργασία.

Επίσης ευχαριστώ πολύ όλους τους φίλους που με βοήθησαν για την συλλογή του
υλικού για την συγγραφή της εργασίας αυτής.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένεια μου για την στήριξη και την βοήθεια που μου
πρόσφεραν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της εργασίας μου αλλά και καθ'όλη τη
διάρκεια των σπουδών μου.

Τη παρούσα εργασία την αφιερώνω στον *πατέρα μου ...*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΜΑΤΟΣ – ΑΞΟΝΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	2
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	3
1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	4
1.1 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ	4
1.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	6
1.1.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (MSF) – Αρχή λειτουργίας.....	6
1.2.1.1 Εκμετάλλευση καυσίμου	7
1.1.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (MED) – Αρχή λειτουργίας.....	8
1.1.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (VC) – Αρχή λειτουργίας	9
1.1.4 Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation) – Αρχή λειτουργίας.....	10
1.3 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ	10
1.2.1 Ηλεκτροδιάλυση (ED) – Αρχή λειτουργίας	10
1.2.2 Αντίστροφη όσμωση (RO) – Αρχή λειτουργίας	11
1.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	13
1.5 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	14
1.5.1 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο	14
1.5.1.1 Το Πρωτόκολλο του Κιότο	14
1.4.1.2 Η οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΚ).....	15
1.5.2 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο.....	17
1.5.2.1 Νόμος 3199/2003	18
1.5.2.2 Προεδρικό διάταγμα 51/2007	18
1.5.2.3 Λοιπή εθνική νομοθεσία	19
1.5.3 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο για τις μονάδες αφαλάτωσης.....	19
1.5.3.1 Αδεία εγκατάστασης και λειτουργίας μονάδων αφαλάτωσης.....	20
1.5.4 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο για τις Α.Π.Ε.....	21
2. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .23	
2.1 ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	24
2.1.3 Ηλιακή ενέργεια	24
2.1.1.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	26
.....	28
2.1.2 Αιολική ενέργεια	29
2.1.2.1 Ανεμογεννήτριες.....	31
2.1.3 Γεωθερμία.....	33
2.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	33
2.2.1 Διεθνή παραδείγματα συστημάτων αφαλάτωσης με φωτοβολταϊκά συστήματα	35
2.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	36
2.2.2 Διεθνή παραδείγματα συστημάτων αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες	38
2.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	38
2.5 ΠΛΗΡΩΣ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	39
2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΟΧΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ40	
3. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ.....	41
3.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ.....	41
3.1.1 Διοικητικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά.....	41
3.1.1.1 Κατανομή του πληθυσμού σε τομείς.....	42

3.1.2 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά	42
3.1.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά Κρήτης.....	42
3.1.3.1 Υδρολιθολογική ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών	43
3.1.4 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά Κρήτης	45
3.1.4.1 Υδρογεωλογικές λεκάνες και συστήματα - Εκτίμηση υπόγειου υδατικού δυναμικού	45
3.1.5 Υδρολογικό ισοζύγιο	46
3.1.6 Προστατευόμενες περιοχές.....	47
3.1.7 Χρήσεις γης Κρήτης - Ζήτηση νερού.....	48
3.1.8 Ισοζύγιο προσφοράς- ζήτησης	51
3.1.9 Εξαγόμενα συμπεράσματα	51
3.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	52
3.2.1 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά περιοχής Ηρακλείου.....	52
3.3 ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕ Α.Π.Ε.	54
3.3.1 Μονάδα αντίστροφης όσμωσης - συστήματος φωτοβολταϊκών.....	54
3.3.1.1 Σχεδιασμός μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης.....	54
3.3.1.2 Σχεδιασμός μονάδας φωτοβολταϊκών	56
3.3.2 Κόστος μονάδας αντίστροφης όσμωσης - συστήματος φωτοβολταϊκών58	
3.3.2.1 Κόστος μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης.....	59
3.3.2.2 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος.....	59
3.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	61
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	72

Περίληψη

Το νερό αποτελεί αγαθό που βρίσκεται σε ανεπάρκεια περισσότερο στις περιοχές της νοτίου Ευρώπης και τις νησιωτικές περιοχές της Μεσογείου. Αφορμή λοιπόν για την παρούσα εργασία αποτέλεσαν η Οδηγία 2000/60/ΕΚ, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και οι ιδιαιτερότητες των νησιών της Μεσογείου. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάστηκε η υφιστάμενη κατάσταση των υδατικών πόρων στο νησί της Κρήτης.

Βάση της υφιστάμενης κατάστασης, μελετήθηκε η οικονομική βιωσιμότητα παραγωγής πόσιμου νερού από μια μονάδα αφαλάτωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για τον σκοπό αυτό μελετήθηκαν οι διαφορετικές υπάρχουσες τεχνολογίες αφαλάτωσης, ώστε να καταστεί δυνατή στη συνέχεια η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας για το νησί της Κρήτης. Ταυτόχρονα, παρουσιάστηκαν οι βασικές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να ενσωματωθούν σε μια μονάδα αφαλάτωσης με βάση τα σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα σε αυτόν τον τομέα. Περαιτέρω μελετήθηκε η υφιστάμενη κατάσταση του υδατικού διαμερίσματος της Κρήτης, ώστε να καταστεί σαφής η απαίτηση για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης στο νησί. Μέσα από τη μελέτη, μάλιστα αυτή, έγινε δυνατός ο αποκλεισμός και ο προσδιορισμός των περιοχών στις οποίες μπορεί ή όχι να γίνει μια τέτοια εγκατάσταση.

Τελικά, η περιοχή που επιλέχτηκε είναι αυτή του δήμου Γαζίου, στο Ηράκλειο, για την οποία έγινε μελέτη της εγκατάστασης μιας μικρής μονάδας αφαλάτωσης με την ενσωμάτωση συστήματος φωτοβολταϊκών, που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες ενός μικρού ξενοδοχείου για μια περίοδο εικοσαετίας.

Κατόπιν για την εγκατάσταση αυτή πραγματοποιήθηκε λεπτομερής μελέτη για να διαπιστωθεί αν η ενσωμάτωση συστήματος φωτοβολταϊκών αποτελεί βιώσιμη λύση για την ηλεκτροδότηση της μονάδας αφαλάτωσης. Όπως προέκυψε η ενσωμάτωση αυτή αποτελεί μια βιώσιμη λύση, καθώς το αρχικό κόστος της εγκατάστασης του συστήματος φωτοβολταϊκών εξοφλείται σε ένα χρονικό διάστημα έντεκα ετών και κατόπιν εξασφαλίζεται η ενεργειακή ανεξαρτησία της μονάδας αφαλάτωσης για τα επόμενα εννέα έτη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό σίγουρα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους, λαμβάνοντας υπόψη ότι εξυπηρετεί τις βασικές ανάγκες του ανθρώπου, όπως είναι η πόση, η παροχή τροφής (αλεία και άρδευση καλλιεργειών), η ψυχαγωγία, ενώ ταυτόχρονα ότι συμβάλλει στην αύξηση του βιοτικού επιπέδου μέσα από την συμμετοχή σε ένα εύρος δραστηριοτήτων, όπως είναι η βιομηχανική δραστηριότητα, η παραγωγή ενέργειας και η εντατική καλλιέργεια. Τα τελευταία χρόνια και ενώ το νερό χρησιμοποιείται για πολλαπλές χρήσεις, παρατηρείται ζήτημα επάρκειας. Η ανομβρία, η λειψυδρία, η αδυναμία ικανοποίησης της ολοένα και αυξανόμενης ζήτησής του είναι αυτά που το χαρακτηρίζουν. Το πρόβλημα αυτό λοιπόν της ανεπάρκειας οδήγησε στον επαναπροσδιορισμό του τρόπου διαχείρισης του νερού, στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης, με αποτέλεσμα στη σύγχρονη εποχή να προωθείται η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων, αντί της μεμονωμένης διαχείρισης της προσφοράς ή της ζήτησης του νερού (Markvart 2003).

Η Ελλάδα αποτελεί μια από τις επτά συνολικά χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας μαζί με την Μάλτα, την Ισπανία, την Κύπρο, το Βέλγιο, την Πορτογαλία και την Ιταλία. Μάλιστα, το πρόβλημα αυτό δεν θεωρείται αμελητέο αν αναλογιστεί κανείς ότι οι χώρες αυτές έχουν έναν συνολικό πληθυσμό 130.000.000 κατοίκους, ένα ποσοστό 27 % του συνολικού πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κατά συνέπεια, κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων για την παρούσα και μελλοντική εξασφάλιση επάρκειας ύδατος στις χώρες αυτές όσο και παγκοσμίως (Markvart 2003).

Για τη διασφάλιση της επάρκειας του ύδατος προτείνονται νέες μέθοδοι μέσα στις οποίες συγκαταλέγεται και η ανάπτυξη έργων αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού, που μπορεί να εξασφαλίσει συνεχή τροφοδοσία νερού, όλους τους μήνες του χρόνου και δεν επηρεάζεται από φαινόμενα, όπως η κλιματική αλλαγή. Τέλος, μπορεί να συνδυαστεί με ένα σύνολο μέτρων εξοικονόμησης και ανακύκλωσης του νερού (Markvart 2003)..

Υπάρχουν περίπου 11.000 μονάδες αφαλάτωσης σε 120 χώρες. Η Σαουδική Αραβία έχει τη μεγαλύτερη παραγωγή με 5.006.194 m³/day. Ακολουθούν οι Η.Π.Α. με 2.799.000 m³/ day και ο Καναδάς με 35.629 m³/ day (Dore 2004). Το 60% της προσφοράς πόσιμου νερού στη Μάλτα προέρχεται από μονάδες αφαλάτωσης (THERMIE 1998). Ταυτόχρονα και η Σιγκαπούρη βρήκε τη λύση του υδατικού της προβλήματος στην αφαλάτωση (Dore 2004).

Καθώς όμως η αφαλάτωση κρίνεται ως μια μέθοδος που απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής και πολλές φορές θερμικής ενέργειας, με στόχο να αποτελέσει μια βιωσιμότερη μέθοδο παραγωγής πόσιμου νερού, γίνεται προσπάθεια παγκοσμίως για την ενσωμάτωση σε αυτήν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Dore 2004).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΜΑΤΟΣ – ΑΞΟΝΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται την εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης με τη χρήση Α.Π.Ε για μια μικρή ξενοδοχειακή μονάδα στην Κρήτη και πιο συγκεκριμένα στο δήμο του Γαζίου του Ηρακλείου.

Στο πρώτο λοιπόν κεφάλαιο γίνεται μια ανασκόπηση των διαθέσιμων τεχνολογιών αφαλάτωσης και ταυτόχρονα πραγματοποιείται η συγκριτική ανάλυσή τους με σκοπό την ανάδειξη της πλέον κατάλληλης για το νησί της Κρήτης.

Παράλληλα παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τις μονάδες αφαλάτωσης τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε ελληνικό επίπεδο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δυνατοί συνδυασμοί μονάδων αφαλάτωσης με διαφορετικές τεχνολογίες Α.Π.Ε., ενώ ταυτόχρονα αξιολογείται η δυνατότητα εφαρμογής τους στο νησί της Κρήτης μέσα από την παράθεση κλιματολογικών και γεωλογικών δεδομένων του νησιού. Έτσι, με βάση τις πληροφορίες αυτές γίνεται δυνατή μια πρώτη αναγνώριση των τεχνολογιών Α.Π.Ε. που μπορούν να ενσωματωθούν σε μια μονάδα αφαλάτωσης συγκεκριμένα για το νησί της Κρήτης.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αρχικά πραγματοποιείται μια διεξοδική ανάλυση του υδατικού διαμερίσματος της Κρήτης, από την οποία ανάλυση αποφασίστηκε και η επιλογή του δήμου Γαζίου για την εγκατάσταση της μονάδας. Κατόπιν, μελετώνται τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά του δήμου, ώστε να επιλεγεί μέσα από την μελέτη αυτή η τεχνολογία Α.Π.Ε. που τελικά θα χρησιμοποιηθεί. Η τεχνολογία που επιλέχτηκε τελικά ήταν αυτή του συστήματος φωτοβολταϊκών.

Αφού λοιπόν επιλέχθηκαν ως τεχνολογία αφαλάτωσης η αντίστροφη όσμωση και ως τεχνολογία Α.Π.Ε. τα φωτοβολταϊκά αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκε η πλήρης περιγραφή του συνδυασμού τους για μια μικρή ξενοδοχειακή μονάδα τόσο σε ότι αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά όσο και το κόστος. Η έρευνα εστιάστηκε στο κόστος του συστήματος φωτοβολταϊκών, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο αποτελεί βιώσιμη λύση ή όχι.

Στο τελευταίο, τέταρτο κεφάλαιο, εξάγονται τα βασικά συμπεράσματα αναφορικά με την προοπτική του συνδυασμού της αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με το σύστημα φωτοβολταϊκών και εξετάζονται οι πιθανές προοπτικές μελλοντικής εξέλιξης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εξελίσσεται σε δύο κατευθύνσεις. Έτσι λοιπόν, στα δύο πρώτα κεφάλαια είναι καθαρά θεωρητική και στηρίζεται στην βιβλιογραφική επισκόπηση της ελληνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας και των τεχνολογιών αφαλάτωσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν είναι τόσο έντυπες, όσο και ηλεκτρονικές, τόσο ελληνικές, όσο και ξένες.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση συνεχίζεται και στο τρίτο κεφάλαιο, στο οποίο όμως γίνεται παράλληλα η χρήση του λογισμικού RET Screen PV3 International, του διαδικτυακού προγράμματος υπολογισμού απόδοσης συστημάτων φωτοβολταϊκών PVGIS με στόχο την οικονομική μελέτη του συγκεκριμένου συστήματος της παρούσας πτυχιακής και την μελέτη της ενεργειακής απόδοσής του. Τέλος, γίνεται η χρήση λογιστικού φύλλου Microsoft Office Excel 2007, ώστε να υπολογιστεί ο χρόνος απόσβεσης του συγκεκριμένου συστήματος φωτοβολταϊκών, όταν αυτό ενσωματωθεί στην μονάδα αφαλάτωσης.

Τέλος, οι λέξεις - φράσεις κλειδιά που συντέλεσαν στην εύρεση της απαιτούμενης βιβλιογραφίας είναι: «αφαλάτωση/ desalination», «μέθοδοι αφαλάτωσης/ desalination methods», «Α.Π.Ε./ RES», «συνδυασμός RO-PV/ RO/PV combinations», «νομοθεσία αφαλάτωσης/ desalination legislation» και τέλος «ανάλυση κόστους RO-PV/ RO/PV cost analysis».

1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

Αφαλάτωση ορίζεται γενικότερα η οποιαδήποτε διεργασία κατά την οποία αφαιρούνται άλατα από μια αλατούχα ουσία και κυριότερα από τα ύδατα. Ένας εναλλακτικός ορισμός (Δαγκαλίδης 2009), ερμηνεύει την αφαλάτωση ως τη διαδικασία κατά την οποία πόσιμο νερό ανακτάται από θαλασσινό, υφάλμυρο ή χαμηλής ποιότητας νερό, μέσα από τη διεργασία αφαίρεσης αλάτων από αλατούχα νερά. Εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο σε ξηρά κλίματα, σε περιοχές που παρατηρείται λειψυδρία, που έχουν ωστόσο πρόσβαση στο θαλασσινό νερό.

Ιστορικά η ιδέα της αφαλάτωσης πρωτοεμφανίζεται στην Αρχαία Ελλάδα, και πιο συγκεκριμένα στους Έλληνες ναυτικούς στα 400 π. Χ., μέσω της εξάτμισης του θαλασσινού νερού, όπως περιγράφεται και από το Αριστοτέλη. Όμοια περιγραφή της αφαλάτωσης με τον χαρακτηρισμό ως πραμάτεια εντοπίζεται και τον 8^ο αιώνα, από Άραβα συγγραφέα, που την ορίζει ως την τεχνική που βασίζεται στην απόσταξη του νερού. Επανεμφανίζεται δέκα αιώνες μετά, όταν με την ανάπτυξη της ατμοπλοΐας, απαιτήθηκαν μεγάλες ποσότητες νερού στη χρήση των ατμομηχανών, με αποτέλεσμα η ανάγκη για αφαλάτωση του θαλασσινού νερού να ενταθεί, ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο διάβρωσης των ατμόπλοιων (Βικιπαίδεια 2012α).

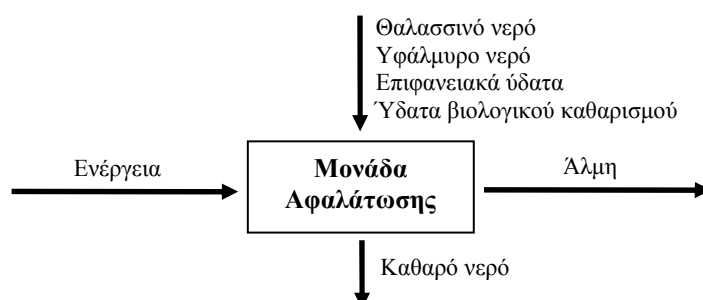
Τέλος, στη σύγχρονη εποχή η αφαλάτωση παρατήρησε ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, όταν τα φαινόμενα λειψυδρίας άρχισαν να κατακλύζουν πολλές περιοχές παγκοσμίως. Είναι γεγονός, πως το 97,3 % των αποθεμάτων νερού της γης, βρίσκεται στη θάλασσα, όπου είναι αναμιγμένο σε μεγάλες ποσότητες με διαφορετικά διαλυμένα άλατα. Η μορφή αυτή των αλάτων, καθιστούν τη χρήση του θαλασσινού νερού είτε για πόση είτε για χρήση στη βιομηχανία απαγορευτική.

Με τη μέθοδο της αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού, στόχος είναι η μείωση της συγκέντρωσης των συνολικών διαλυμένων στερεών (TDS) σε επιτρεπτά επίπεδα, που στην προκειμένη περίπτωση του πόσιμου νερού πρέπει να είναι μέχρι 100 ppm. Μάλιστα, για την παραγωγή πόσιμου νερού χρησιμοποιούνται τα παρακάτω ύδατα (Σαμακίδης 2012):

- Θαλασσινό νερό με μια αλατότητα μεγαλύτερη από 10000 ppm
- Υφάλμυροι υδροφορείς με αλατότητα έως 10000 ppm
- Επιφανειακά ύδατα, όπως οι λίμνες, οι ταμιευτήρες και ούτω καθεξής
- Ύδατα βιολογικού καθαρισμού

Στην παρακάτω εικόνα περιγράφονται οι τυπικές εισροές και εκροές σε μια μονάδα αφαλάτωσης (Παρασκευόπουλος 2012):

Εικόνα 1.1 Τυπικό διάγραμμα εισροών και εκροών μονάδας αφαλάτωσης (Παρασκευόπουλος 2012)



Μάλιστα, σε ότι αφορά το θαλασσινό νερό, η εξέλιξη της μεθόδου της αφαλάτωσης έχει να επιδείξει σημαντική βελτίωση τις τελευταίες δεκαετίες. Η βελτίωση αυτή δίνει ελπιδοφόρα μηνύματα για την περαιτέρω εξέλιξη της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με τη συμβολή της τεχνολογίας στα επόμενα χρόνια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η βελτίωση αυτή στη μέθοδο αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού (Koussai Quteishat 2008):

Πίνακας 1.1 Η εξέλιξη της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού (Koussai Quteishat 2008)

Στοιχεία	1980	1990	2000
Επαναφορά (%)	25	40-50	55-65
Πίεση λειτουργίας (bar)	70	83	97
TDS παραγόμενου ύδατος (ppm)	500	300	<200
Κατανάλωση ενέργειας (kWh/ m³)	12	6	3-5

Με βάση στατιστική μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2000 (Glueckstern 2001), οι μονάδες αφαλάτωσης που λειτουργούν σε παγκόσμια κλίμακα αριθμούν συνολικά τις 13.600 με ημερήσια συνολική παραγωγή 25,9x10⁶ m³/ day καθαρού νερού. Μάλιστα, ένα 38 % των μονάδων αυτών βρίσκεται στον Περσικό κόλπο, ενώ ένα 17 % στις Η.Π.Α. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι αφαλάτωσης (αναλυτική περιγραφή σε επόμενη ενότητα) είναι (Σαμακίδης 2012):

a) **Θερμικές διεργασίες**, που ορίζονται ως μια διεργασία κατά την οποία το νερό αλλάζει φάση τουλάχιστον δύο φορές (θερμική διεργασία) με κυριότερες μεθόδους: την απόσταξη και κρυστάλλωση. Καθώς όμως η χρησιμοποίηση της κρυστάλλωσης είναι περιορισμένη, αναφέρονται μονάχα οι πιο γνωστές μέθοδοι απόσταξης, που είναι:

1. Η πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, (MSF))
2. Η πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, (MED))
3. Η εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, (VC)) και
4. Η ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)

Με τη μέθοδο της απόσταξης, το θαλασσινό νερό που τροφοδοτείται, θερμαίνεται έτσι ώστε να διαχωριστεί το νερό από το αλάτι. Στη συνέχεια, το φρέσκο νερό υγροποιείται πάλι, ενώ η παραγόμενη από την εξάτμιση του νερού άλμη, θεωρείται απόρριμμα και κατά συνέπεια συνίσταται η προσεχτική διάθεσή της.

b) **Διεργασίες μεμβράνης**, που πραγματοποιούνται σε μια μόνο φάση (υγρή) και βασίζεται στη χρήση μεμβρανών για το διαχωρισμό των αλάτων από το νερό με τις πιο γνωστές μεθόδους να αποτελούν:

1. Η αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis, (RO)) και
2. Η ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, (ED))

Οι διεργασίες μεμβράνης απαιτούν μονάχα τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ χρησιμοποιούν ημιπερατές μεμβράνες υπό πίεση που κατακρατούν τα άλατα, καθώς τις διαπερνά το θαλασσινό νερό. Έτσι, στο παραγόμενο νερό δεν περιλαμβάνονται πλέον άλατα.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι από όλες τις παραπάνω είναι η πολυβάθμια εκτόνωση και η αντίστροφη όσμωση. Μάλιστα καθεμία από αυτές, παράγει το 43 %

καθαρού νερού παγκοσμίως. Ενώ όμως και οι δύο έχουν την ίδια παγκόσμια παραγωγή, η αντίστροφη όσμωση υπερτερεί σε εφαρμοσιμότητα, καθώς υιοθετείται σε ένα 68 % των περιπτώσεων σε σύγκριση με την πολυβάθμια εκτόνωση που εφαρμόζεται σε ποσοστό μόλις 9 %.

Μια τυπική μονάδα αντίστροφης όσμωσης παράγει κατά μέσο όρο 1.200 m³/day καθαρό νερό, ενώ μια τυπική μονάδα πολυβάθμιας εκτόνωσης 8.800 m³/day. Τέλος, συνολικά παράγουν ένα 86 % αφαλατωμένο νερό σε παγκόσμιο επίπεδο (Glueckstern 2001).

Στα μεσογειακά κράτη, μεταξύ τους και στην Ελλάδα, επικρατεί η μέθοδος αντίστροφης όσμωσης και ιδιαίτερα κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Glueckstern 2001).



Εικόνα 1.2 Κατανομή των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης στον κόσμο, σύμφωνα με τον αριθμό των μονάδων (Glueckstern 2001)

Στις παρακάτω ενότητες περιγράφονται οι διαφορετικές μέθοδοι αφαλάτωσης.

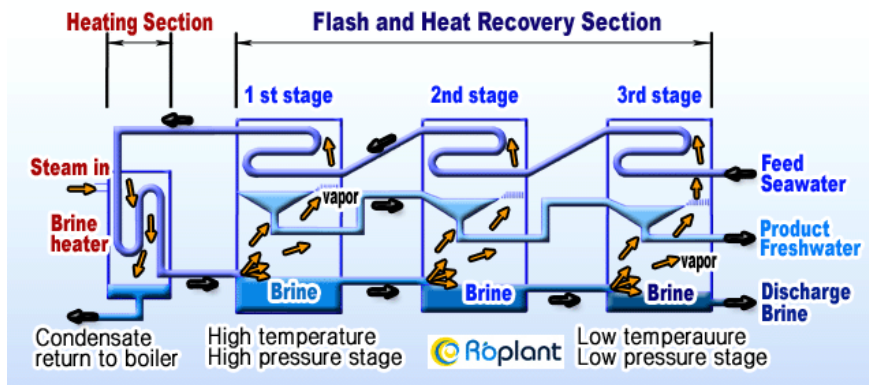
1.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

1.1.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (MSF) – Αρχή λειτουργίας

Το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε μια θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη του σημείου ζέσεως και κατόπιν εισάγεται στον πρώτο θάλαμο με πίεση χαμηλότερη από αυτή του κορεσμού και κατά συνέπεια ατμοποιείται (Miller 2003).

Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες μεταφοράς κρύου θαλασσινού νερού και έτσι υγροποιείται. Κατά συνέπεια, στη συνέχεια συλλέγεται ως καθαρό νερό (Miller 2003).

Η παραμένουσα άλμη προωθείται σε επόμενους θαλάμους, όπου η διεργασία επαναλαμβάνεται συνεχώς με την πίεση διαρκώς να μειώνεται και στο τέλος απορρίπτεται. Τονίζεται πως η πίεση μειώνεται συνεχώς έτσι ώστε να αντιστοιχίζεται με την αντίστοιχη πτώση της πίεσης της άλμης (Miller 2003).



Εικόνα 1.3 Γραφική απεικόνιση πολυβάθμιας εκτόνωσης (Roplant 2012)

Ο βαθμός απόδοσης των θερμικών μονάδων αφαλάτωσης ορίζεται ως:

$$\text{Βαθμός απόδοσης}_{\text{θερμικών μονάδων αφαλάτωσης}} = \frac{m_{\text{αποσταγμένου νερού}}}{m_{\text{εξαιζόμενου νερού}}}$$

Μια τυπική τιμή του βαθμού απόδοσης για τη συγκεκριμένη μέθοδο ισοδυναμεί περίπου με 8, ενώ μια μονάδα 20 βαθμίδων απαιτεί περίπου 290 kJ/ kg προϊόντος (Miller 2003).

Παρακάτω παρουσιάζεται το παράδειγμα εγκατάστασης αφαλάτωσης πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Σαουδική Αραβία, που αποτελείται από 20 μονάδες παραγωγής 23,500 ton/ day η καθεμία. Έτσι λοιπόν, η συνολική παραγωγή αγγίζει τους 470,000 ton/ day (Sasakura Engineering CO., Ltd. 2012).



Εικόνα 1.4 Μονάδα πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Σαουδική Αραβία (Sasakura Engineering CO., Ltd. 2012)

1.2.1.1 Εκμετάλλευση καυσίμου

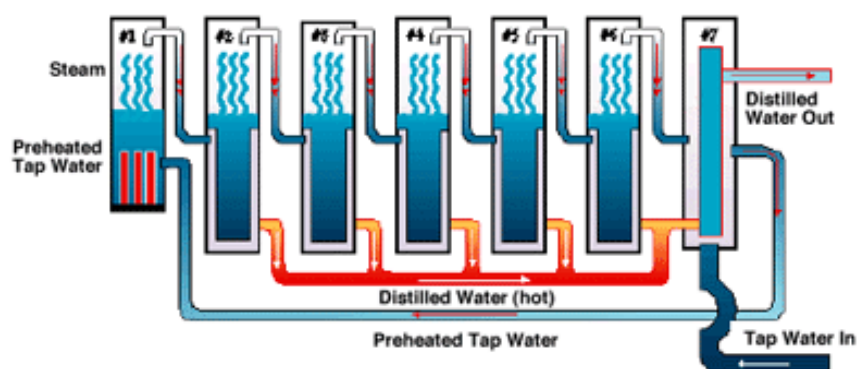
Σε πολλές περιπτώσεις, οι εγκαταστάσεις πολυβάθμιας εκτόνωσης βρίσκονται πλησίον θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας για αποδοτικότερη αξιοποίηση του καυσίμου. Ο παραγόμενος ατμός υψηλής πίεσης, αρχικά εκτονώνεται στον αμοστρόβιλο για παραγωγή ισχύος και κατόπιν χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση (Miller 2003).

1.1.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (MED) – Αρχή λειτουργίας

Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με αυτή της πολυβάθμιας εκτόνωσης. Μάλιστα, αποτελεί μια μέθοδο που αναπτύχθηκε αρκετά νωρίς με πολλές εγκαταστάσεις να υπάρχουν ήδη από τη δεκαετία του 50'. Αντικαταστάθηκε από την εκτόνωση, καθώς παρουσίαζε τεχνικά προβλήματα. Έτσι, παρέμεινε ελάχιστα διαδεδομένη. Σήμερα, ωστόσο ανακτά το χαμένο έδαφος, καθώς παρατηρεί καλύτερη θερμική απόδοση. Μάλιστα, χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια στις βιομηχανίες παραγωγής ζάχαρης και επιτραπέζιου αλατιού (Miller 2003).

Στην προκειμένη περίπτωση, ο ατμός διέρχεται μέσα από σωλήνες, ενώ ταυτόχρονα το ψυχρό θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω τους, ώστε να δημιουργηθεί φιλμ και να εξασφαλιστεί αποδοτικότερη εξάτμιση. Κατά συνέπεια, ένα μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό, ενώ το υπόλοιπο μέρος του ατμού, μαζί με τμήμα του θαλασσινού νερού που ατμοποιήθηκε συνεχίζουν την ίδια διεργασία στον επόμενο θάλαμο (Miller 2003).

Σε κάθε θάλαμο περιλαμβάνεται αντλία κενού για την υποβοήθηση της εξάτμισης, ενώ πάλι η πίεση σταδιακά μειώνεται από τον έναν θάλαμο στον άλλο, παραμένοντας ίση με την πίεση κορεσμού της αντίστοιχης θερμοκρασίας (Miller 2003).



Εικόνα 1.5 Γραφική απεικόνιση κάθετης διάταξης πολυβάθμιας εκτόνωσης (Norland International 2012)

Με τον τρόπο αυτό επιτρέπεται η λειτουργία είτε σε υψηλή είτε σε χαμηλή θερμοκρασία, μεγαλύτερη ή μικρότερη των 90 °C αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να φτάσει μέχρι και τους 55 °C, γεγονός που συντελεί στην αποφυγή της διάβρωσης και επιτρέπει τη χρήση χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενης θερμότητας σε σύγκριση με άλλες θερμικές διεργασίες (Miller 2003).

Τέλος, στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται συχνά και μηχανικοί ή θερμικοί συμπιεστές, ενώ ανάλογα με τη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (ομόρροη, αντίρροη ή παράλληλη) προκύπτουν παραλλαγές οριζόντιας ή κάθετης διάταξης (Miller 2003).

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια μονάδα πολυβάθμιας εξάτμισης στα Ηνωμένα Εμιράτα (Eta Power Projects Division 2007):

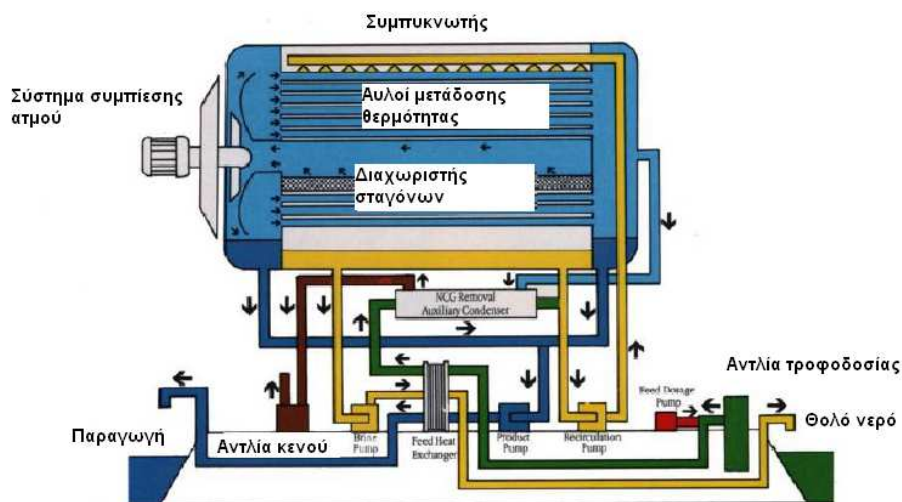


Εικόνα 1.6 Μονάδα πολυβάθμιας εξάτμισης στα Ηνωμένα Εμιράτα (Eta Power Projects Division 2007)

1.1.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (VC) – Αρχή λειτουργίας

Η μέθοδος αυτή είναι συγκριτικά αποδοτικότερη και απλούστερη στην κατασκευή, ενώ δεν περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια. Διαφέρει από τις δύο παραπάνω μεθόδους, καθώς δεν απαιτεί κάποια πηγή θερμότητας. Κατά συνέπεια, λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ομοιάζει με τη μέθοδο πολυβάθμιας εξάτμισης, στο γεγονός ότι και εδώ η δημιουργία λεπτού φιλμ πάνω στους σωλήνες καθιστά αποδοτική τη μέθοδο αυτή. Χρησιμοποιείται γενικά σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις και έχει μια παραγωγικότητα που αγγίζει $3000 \text{ m}^3/\text{day}$ (Miller 2003).

Πιο συγκεκριμένα, το θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω σε μια σειρά από σωλήνες, που διαπερνώνται από ατμό, όπου θερμαίνεται και εξατμίζεται μέσω του αεροσυμπιεστή (δημιουργία υποπίεσης). Ο συμπιεστής αναλαμβάνει το ρόλο συλλογής των ατμών του καθαρού νερού, τους οποίους εκτοξεύει με πίεση στο εσωτερικό των σωλήνων, οπότε και λόγω επαφής με το ψυχρό θαλασσινό νερό συμπιέζονται και έτσι προκύπτει το καθαρό νερό (Miller 2003).



Εικόνα 1.7 Γραφική απεικόνιση εξάτμισης με συμπίεση ατμών (Μανωλάκος 2008)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια μονάδα εξάτμισης με συμπίεση ατμών στη Γερμανία, παραγωγικότητας 30 ton/day (Hamworthy Serck Como 2009):

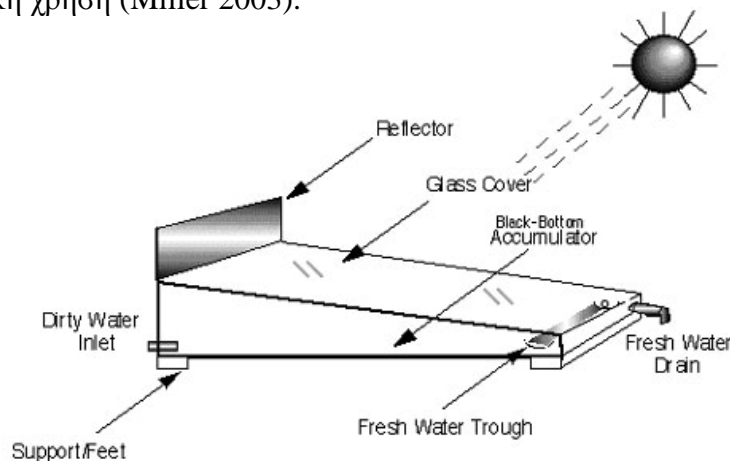


Εικόνα 1.8 Μονάδα πολυβάθμιας εξάτμισης με συμπύεση ατμών στη Γερμανία (Hamworthy Serck Como 2009)

1.1.4 Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation) – Αρχή λειτουργίας

Πρόκειται στην ουσία για μια μέθοδο που αναπαράγει σε μικρή κλίμακα τον υδρολογικό κύκλο. Πιο συγκεκριμένα, οι ηλιακές ακτίνες εισέρχονται μέσα από μια διάφανη οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πάτο. Σαν αποτέλεσμα αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην κεκλιμένη οροφή, όπου και πάλι συμπυκνώνεται και συλλέγεται ως καθαρό νερό με τη βοήθεια κατάλληλης διάταξης (Miller 2003).

Χρησιμοποιούν μονάχα ένα 50 % της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, ενώ έχουν και ιδιαίτερα χαμηλή απόδοση, μέχρι 4 lt καθαρό νερό ανά m² εδάφους. Τέλος, τονίζεται πως το παραγόμενο νερό δε στερείται μικροοργανισμών, καθώς βράζει σε χαμηλότερη από την επαρκή θερμοκρασία και έτσι προϋποθέτει περαιτέρω επεξεργασία. Είναι κατάλληλη μέθοδος κυρίως για μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις και για οικιακή χρήση (Miller 2003).



Εικόνα 1.9 Γραφική απεικόνιση ηλιακής απόσταξης (Low cost solar devices 2009)

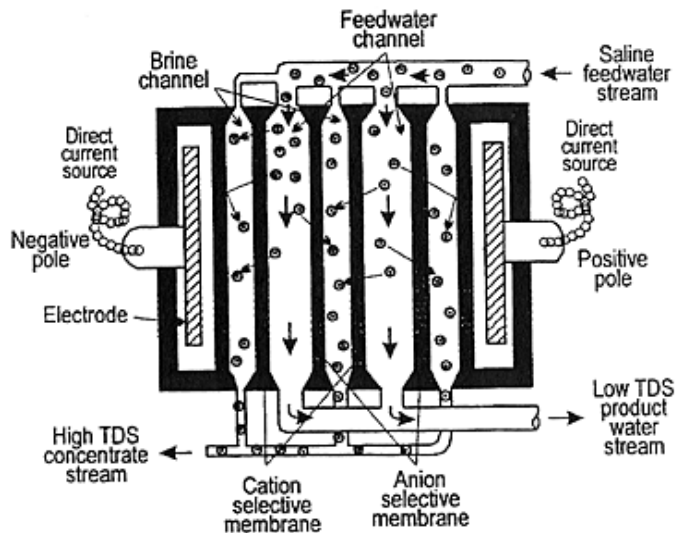
1.3 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ

1.2.1 Ηλεκτροδιάλυση (ED) – Αρχή λειτουργίας

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ο ηλεκτρισμός ως το μέσο καθαρισμού του νερού. Το νερό τροφοδοσία διαπερνά φορτισμένες μεμβράνες, που έχουν η καθεμία θετικό και αρνητικό πρόσημο εναλλάξ. Κατά συνέπεια, τα διαλυμένα ιόντα, προσκολλώνται στις μεμβράνες, που με τη σειρά τους επιτρέπουν τη διέλευση μονάχα του καθαρού νερού και της άλαμης σε δύο διαφορετικά τμήματα. Για τον

καθαρισμό και την αποδοτικότερη λειτουργία των μεμβρανών, τα πεδία αντιστρέφονται, και έτσι αντιστρέφονται και τα δύο τμήματα συλλογής της άλμης και του καθαρού νερού. Το αποτέλεσμα είναι τα τμήματα των μεμβρανών, στα οποία είχαν συσσωρευτεί άλατα, να καθαρίζονται από το ρέον καθαρό νερό. Τέλος, πραγματοποιείται επεξεργασία του νερού, ώστε να ρυθμιστούν τόσο η σκληρότητα όσο και το pH του (Miller 2003).

Καθώς με τη μέθοδο αυτή δεν απομακρύνονται τυχόν μη ιοντικά στερεά, η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται ανάλογα με τη συγκέντρωση. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος αυτή υιοθετείται σε περιπτώσεις νερών χαμηλής συγκέντρωσης αλάτων, όπως είναι δηλαδή τα υφάλμυρα.



Εικόνα 1.10 Γραφική απεικόνιση ηλεκτροδιάλυσης (United Nations Environment Programme χ.χ.)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια μονάδα εξάτμισης με συμπίεση ατμών στην Ιαπωνία (Astom Corporation 2004):



Εικόνα 1.11 Μονάδα ηλεκτροδιάλυσης στην Ιαπωνία (Astom Corporation 2004)

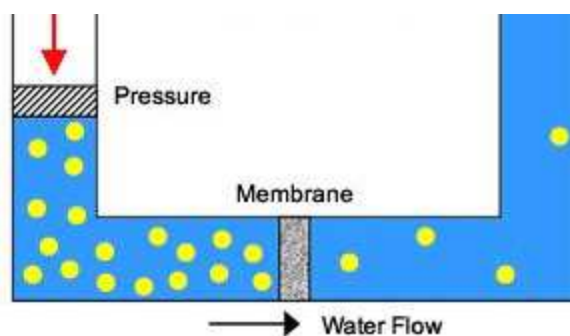
1.2.2 Αντίστροφη όσμωση (RO) – Αρχή λειτουργίας

Η αντίστροφη όσμωση διακρίνεται μεταξύ των υπολοίπων μεθόδων αφαλάτωσης, ενώ ταυτόχρονα θεωρείται προτιμητέα από ενδιαφερόμενους μηχανικούς. Παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία, με το εύρος εφαρμογών της να

επεκτείνεται από μεγάλες εγκατάστασης που μπορούν καλύψουν τις ανάγκες ύδρευσης ολόκληρων πόλεων, έως και μικρές συσκευές κάλυψης των αναγκών μιας μονάχα οικογένειας. Πρόκειται για μία τεχνολογία διήθησης του θαλασσινού νερού, μέσω μεμβρανών. Είναι μάλιστα πολύ αποδοτικότερη σε ενέργεια σε σύγκριση με τις θερμικές διαδικασίες απόσταξης. Για να παράγει καθαρό νερό, χρησιμοποιεί την πίεση, μέσα από την οποία πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του νερού από το αλάτι. Έτσι διαχωρίζει το αλάτι από το νερό. Τέλος, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της αλατότητας του νερού (Αλεξιάκης 2003).

Στηρίζεται στο φαινόμενο της όσμωσης, κατά το οποίο, όταν δύο διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων (πυκνοτήτων), διαχωρίζονται μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης, τότε το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης θα διαπεράσει τη μεμβράνη αυτή προς το πυκνότερο διάλυμα, έως ότου οι δύο συγκεντρώσεις να εξισωθούν. Για να αποτραπεί το φαινόμενο αυτό απαιτείται άσκηση της λεγόμενης οσμωτικής πίεσης προς την πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (Cath et al. 2006).

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης εκμεταλλεύεται αυτή τη ιδιότητα. Έτσι, πίεση μεγαλύτερη της οσμωτικής ασκείται στην πλευρά του πυκνότερου θαλασσινού νερού, έτσι ώστε από την άλλη πλευρά να εισέλθει και να συλλεχτεί φιλτραρισμένο καθαρό νερό (Miller 2003).



Εικόνα 1.11 Γραφική απεικόνιση αντίστροφης όσμωσης (Πετράκης 2008)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια μονάδα πολυβάθμιας εξάτμισης στο νησί Caracao της Καραϊβικής (Virtualtourist 2005):



Εικόνα 1.12 Μονάδα αντίστροφης όσμωσης στο νησί Caracao της Καραϊβικής (Virtualtourist 2005)

1.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Στην σύγχρονη εποχή, η χρήση των Α.Π.Ε. έναντι των ορυκτών καυσίμων υπερτερεί στις μονάδες αφαλάτωσης, καθώς προσφέρει μεγαλύτερη αξιοπιστία σε ότι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η τελική επιλογή μιας από τις παραπάνω μεθόδους αφαλάτωσης με Α.Π.Ε., βασίζεται στις εξής παρακάτω παραμέτρους (Αγγελάκη 2008):

- Την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας (θαλασσινό, υφάλμυρο)
- Την ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου νερού
- Το κόστος επένδυσης
- Τη διαθεσιμότητα χώρου
- Τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις διαθέσιμες μορφές ενέργειας
- Τη διαθεσιμότητα και την εμπειρία του προσωπικού

Οι μονάδες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν την τεχνολογία των MSF, MED και VC χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια για τη θέρμανση του τροφοδοτικού νερού, πέρα από την ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν για να λειτουργήσουν. Μάλιστα, και καθώς η απόδοση μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό είναι χαμηλή, παρατηρείται υψηλή ενεργειακή απώλεια αν η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Γενικότερα, οι ανάγκες των μονάδων αφαλάτωσης σε ενέργεια είναι ιδιαίτερα υψηλές, όπως για παράδειγμα, στις μονάδες VC φτάνει τις 15 kWh/ m³, ενώ για τις μονάδες MSF μπορεί να ξεπεράσει τις 20 kWh/ m³.

Από την άλλη πλευρά, οι μονάδες αφαλάτωσης με τεχνολογία αντίστροφης όσμωσης έχουν γενικά επικρατήσει σε ότι αφορά το θαλασσινό και υφάλμυρο νερό, καθώς χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο κόστος με την ενεργειακή κατανάλωση φτάνει περίπου στις 2,5 kWh/ m³ για μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού που χρησιμοποιούν ταυτόχρονα σύστημα ανάκτησης ενέργειας. Στην περίπτωση, που δε χρησιμοποιούν σύστημα ανάκτησης ενέργειας, η ενεργειακή κατανάλωση κυμαίνεται μεταξύ 5-8 kWh/ m³ περίπου. Τέλος, με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης παρέχεται μεγαλύτερη αξιοπιστία σε ότι αφορά το συνολικό εύρος των μεγεθών παραγωγής (από μικρές έως και πολύ μεγάλες μονάδες), λόγω της συμπαγούς και ευκολότερης κατασκευής της έναντι των υπολοίπων μεθόδων. Παρακάτω συνοψίζονται τα βασικά προτερήματα της μεθόδου της αντίστροφης όσμωσης, που επεξηγούν ταυτόχρονα την επικράτησή της έναντι των υπόλοιπων μεθόδων (Μουτάφης 2008):

- Χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος μονάδας και εγκατάστασης, που στην αντίστροφη περίπτωση οδηγεί σε οπτική όχληση και ιδίως σε νησιώτικες και τουριστικές περιοχές
- Χαρακτηρίζονται από μικρότερο κόστος σε ότι αφορά την αγορά εξοπλισμού και σε ότι αφορά την εγκατάσταση
- Απαιτούν χαμηλότερο κόστος κατά τη λειτουργία και συντήρησή τους, που είναι και συγκριτικά απλοποιημένες έναντι των λοιπών μεθόδων
- Επεκτείνονται εύκολα όταν απαιτηθεί ή όταν υπάρξει/ παρατηρηθεί αυξημένη ζήτηση
- Χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη κατανάλωση σε σύγκριση με τις θερμικές διεργασίες αφαλάτωσης
- Έχουν συνήθως ανάκτηση ισχύος που μπορεί να φτάσει και 70 %

- Καθώς έχουν μεγάλη εφαρμογή, υπάρχει επαρκής εμπειρία στο χώρο για τον σχεδιασμό και την εγκατάστασή τους και τέλος
- Εναρμονίζονται με τις Α.Π.Ε. αν αυτές επιλεγούν για την αφαλάτωση

Παρακάτω παρουσιάζεται η συγκριτική ανάλυση όλων των παραπάνω περιγραφέντων με ενεργειακά, παραγωγικά και οικονομικά κριτήρια (Αγγελάκη 2008):

Πίνακας 1.1 Συγκριτική ανάλυση των μεθόδων αφαλάτωσης (Αγγελάκη 2008)

Μέθοδος	Κριτήρια						
	Νερό τροφοδοσίας	Μορφή ενέργειας	Ποιότητα προϊόντος (TDS)	Παραγωγή προϊόντος (m ³ / day)	Τύπος ενέργειας	Κατανάλωση ενέργειας (kW/ m ³)	Κόστος εγκατάστασης (€/ (m ³ / day))
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	≈ 10	1.000 - 60.000	Θερμική Ηλεκτρική	4-6	1.000-2.000
MED	Θαλασσινό	Θερμική	≈ 10	500-20.000	Θερμική Ηλεκτρική	2,5-3	850-1.750
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	≈ 10	25-2.500	Ηλεκτρική	8-15	1.000-2.350
Solar Distillation	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	>500	0,4-70.000	Ηλεκτρική	<5 <3 με ανάκτηση ενέργειας	650-4.440
RO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	≈ 250-500	2,5-50.000	Ηλεκτρική	0,5-3	300-2.000
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	≈ 300-500	1,5-50.000	Ηλεκτρική	1,5-4	1.000-5.000

1.5 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.5.1 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο

Στην Ευρώπη δεν έχουν ακόμη παρατηρηθεί προβλήματα λειψυδρίας. Ωστόσο, η ποιότητα των υδάτων της δεν χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική. Μάλιστα, ένα 65 % του συνολικού ευρωπαϊκού πόσιμου νερού προέρχεται από τα υπόγεια ύδατα, με ένα 60 % των σύγχρονων ευρωπαϊκών πόλεων ήδη να τα υπερεκμεταλλεύονται. Από την άλλη πλευρά, και αναφορικά με τα επιφανειακά ύδατα, ένα 20 % απειλούνται από σοβαρά προβλήματα ρύπανσης. Ακόμη οι υγράτοποι σε ένα ποσοστό 50 % χαρακτηρίζονται από μη αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες. Τέλος, και σε ότι αφορά τις εκτάσεις που απαιτούν άρδευση, ενδεικτικά αναφέρεται η αύξηση τους κατά ένα 20 % στις χώρες του νότου, με επακόλουθο την αυξημένη ζήτηση για νερό (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2000).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2005α) εξέδωσε ανακοίνωση για την κοστολόγηση και βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Η αρχή αυτή συνοψίζεται ως εξής: κάθε φορά που η δραστηριότητα ενός φορέα οδήγησε ή ενδέχεται να οδηγήσει σε αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τότε ο φορέας αυτός καθίσταται οικονομικά υπεύθυνος για τη λήψη όλων των αναγκαίων μέτρων αποφυγής ρύπανσης σε όλες εκείνες τις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως μέρος της διεθνούς περιοχής λεκάνης απορροής.

1.5.1.1 Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) αποτέλεσε μια πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που ασχολείται με την μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής που προέρχεται από την αύξηση των ανθρωπογενών εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων, αλλά και με ενεργειακά ζητήματα. Μάλιστα, το Πρωτόκολλο

του Κιότο, προτείνει βήματα, πολιτικές και δράσεις για την αντιμετώπιση των παραπάνω ζητημάτων.

Η Ελλάδα υπέγραψε το παρόν Πρωτόκολλο το 1998, παράλληλα με τα υπόλοιπα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ωστόσο, το Πρωτόκολλο του Κιότο δεν έχει ακόμη επικυρωθεί από τις Η.Π.Α. και την Αυστραλία.

1.4.1.2 Η οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/EK)

Η 2000/60/EK οδηγία πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζει μεταξύ άλλων την προστασία:

- Των επιφανειακών υδάτων
- Των εσωτερικών και υπόγειων υδάτων
- Των μεταβατικών υδάτων και τέλος
- Των παράκτιων υδάτων.

Μάλιστα, κύριους στόχους της αποτελούν η πρόληψη της ρύπανσης και ο έλεγχος της, η βιώσιμη αντιμετώπιση στη χρήση του νερού, η βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης των υδατικών πόρων και τέλος η ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προέρχονται από φαινόμενα ξηρασίας ή πλημμυρών. Μάλιστα, βασικότερη επιδίωξή της είναι μέχρι το έτος 2015, όλα τα κράτη-μέλη να έχουν αποκαταστήσει επαρκώς την υπάρχουσα κατάσταση των υδάτων τους.

Μάλιστα και μέχρι το 2004, κάθε κράτος ήταν υποχρεωμένο να καταγράψει τα παρακάτω:

- Τα χαρακτηριστικά όλων των υδρογραφικών περιοχών του
- Τις ανθρωπογενείς επιπτώσεις στα ύδατα
- Την οικονομική ανάλυση αξιοποίησης των υδάτων του
- Τις περιοχές που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και προστασία
- Τα υδατικά οικοσυστήματα που χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τις ανθρώπινες ανάγκες σε νερό και πιο συγκεκριμένα αυτά από τα οποία αντλούνται παραπάνω από 10 m³ / day ή καλύπτουν ανάγκες περισσότερων από 50 ατόμων.

Μάλιστα, με στόχο την αποφυγή της ρύπανσης η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2005β) έχει καταγράψει όλες τις ρυπογόνες για το υδάτινο περιβάλλον, ενώ τέλος ενθαρρύνει την ενεργή συμμετοχή του πολίτη στην προστασία και διαχείριση του υδάτινου πλούτου της χώρας του.

1.5.1.3 Λοιπές Κοινοτικές οδηγίες

- **Οδηγία 76/160/ΕΟΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 8η Δεκεμβρίου 1975 και αφορά την ποιότητα των νερών κολύμβησης, ορίζει τις οριακές τιμές πάνω από τις οποίες τα νερά κολύμβησης θεωρούνται ρυπασμένα, τις μεθόδους ανάλυσης των υδάτων αυτών και τη λήψη μέτρων για την συμμόρφωση με βάση τις οριακές αυτές τιμές.

- **Οδηγία 78/659/ΕΟΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 18η Ιουλίου 1978 και αφορά την ποιότητα των γλυκών υδάτων που χρήζουν προστασίας ή βελτιώσεως για τη διατήρηση της ζωής των ιχθύων.
- **Οδηγία 80/778/ΕΟΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 15η Ιουλίου 1980 και αφορά την ποιότητα του νερού, που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Η Οδηγία αποτελείται από 18 άρθρα και 5 παραρτήματα, ενώ τα βασικά της σημεία είναι:
 - ✓ Στόχοι και ορισμοί σχετικά με το πόσιμο νερό
 - ✓ Πεδίο εφαρμογής και εξαιρέσεις
 - ✓ Γενικές υποχρεώσεις
 - ✓ Ποιοτικές προδιαγραφές
 - ✓ Παρακολούθηση ποιότητας
 - ✓ Επανορθωτικές ενέργειες, περιορισμοί χρήσης
 - ✓ Παρεκκλίσεις.

Στόχος της Οδηγίας αυτής, είναι η προστασία της ανθρώπινης Υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Καθιερώνει τα πρότυπα για το πόσιμο νερό και το νερό που προορίζεται μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευση του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία. Τα πρότυπα αυτά ισχύουν και για το νερό που προορίζεται για παραγωγή τροφίμων εκτός από τις περιπτώσεις εκείνες όπου η ποιότητα του νερού δεν μπορεί να επηρεάσει την υγιεινή των τροφίμων στη τελική τους μορφή.

- **Οδηγία 98/83/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 3η Νοεμβρίου 1998 και αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
Μάλιστα, ορίζει τις προδιαγραφές του πόσιμου νερού, τους ελέγχους για την ποιότητά του, τα διορθωτικά μέτρα και τις δυνατές παρεκκλίσεις.
- **Οδηγία 2001/42/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 27η Ιουνίου 2001 και αφορά τη στρατηγική αξιολόγηση του περιβάλλοντος και την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έργων, σχεδίων και προγραμμάτων.
- **Οδηγία 2001/77/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 27η Σεπτεμβρίου 2001 και αφορά την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- **Απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 20η Νοεμβρίου 2001 που τροποποιεί την Οδηγία-πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, θεσπίζοντας κατάλογο ουσιών προτεραιότητας των υδάτων (33 ενώσεις ή ομάδες ενώσεων) και συμπληρώνει την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ.
- **Οδηγία 2003/54/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 26η Ιουνίου 2003 και αφορά τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Οδηγία 2005/89/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 18η Ιανουαρίου 2006 και αφορά τα μέτρα διασφάλισης του εφοδιασμού με ηλεκτρισμό και τις επενδύσεις υποδομής.
- **Οδηγία 2008/56/ΕΚ:** εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο την 17η Ιουνίου 2008 και αφορά το πλαίσιο κοινοτικής δράσης στο πεδίο της πολιτικής για το θαλάσσιο περιβάλλον (Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θαλάσσια στρατηγική).
Στοχεύει στην προαγωγή της αειφόρου χρήσης των θαλασσών, στη διατήρηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και στην προστασία των βασικών πόρων, από τους οποίους εξαρτώνται οι κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τη θάλασσα.

1.5.2 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο

Το 1986, καταγράφεται η πρώτη σοβαρή προσπάθεια της χώρας για τη θέσπιση του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου που θα διέπει την προστασία και διαχείριση των εθνικών υδάτινων πόρων. Πιο συγκεκριμένα, θεσπίζεται ο νόμος 1650/86, σύμφωνα με τον οποίο το νερό αποτελεί μέρος του περιβάλλοντος και χρήζει λήψη μέτρων για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητάς του. Στην συνέχεια, και με την ανάπτυξη του νόμου 1739/86, ορίζονται οι διαδικασίες και τα αρμόδια όργανα διαχείρισης των υδάτων τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Ταυτόχρονα, ορίζεται ως κεντρικός αρμόδιος το Υπουργείο Ανάπτυξης, το οποίο και συντονίζει το ρόλο όλων των εμπλεκόμενων φορέων, ενώ ορίζονται και οι αρμόδιοι ελέγχου της ποιότητας του νερού και οι φορείς διανομής του. Τέλος, καθορίζονται και τα διαφορετικά υδατικά διαμερίσματα της χώρας:

- Δυτικής Πελοποννήσου
- Βόρειας Πελοποννήσου
- Ανατολικής Πελοποννήσου
- Δυτικής Στερεάς Ελλάδας
- Ηπείρου
- Αττικής
- Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας
- Θεσσαλίας
- Δυτικής Μακεδονίας
- Κεντρικής Μακεδονίας
- Ανατολικής Μακεδονίας
- Θράκης
- Κρήτης
- Νήσων Αιγαίου

Η Κρήτη αποτελεί δηλαδή το δικό της ξεχωριστό 13^ο υδατικό διαμέρισμα της χώρας. Στην Κρήτη πιο συγκεκριμένα και σε ότι αφορά την αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού της εμπλέκονται οι παρακάτω κύριου φορείς (Αγοραστάκης (2012); Γενική Γραμματεία Περιφέρειας Κρήτης 1999):

- Υπουργείο Γεωργίας (Σημερινό (2012): Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων)

- Υπουργείο Δημοσίων Έργων (Σημερινό (2012): Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής)
- Περιφέρεια της Κρήτης
- Ο οργανισμός ανάπτυξης ανατολικής Κρήτης
- Ο οργανισμός ανάπτυξης δυτικής Κρήτης
- Οι τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων και οι
- Οι δημοτικές επιχειρήσεις ύδρευσης αποχέτευσης.

1.5.2.1 Νόμος 3199/2003

Σύμφωνα με τον νόμο 3199/2003, επικεφαλής για την διαχείριση των υδάτων τίθεται η Εθνική Επιτροπή Υδάτων. Ταυτόχρονα ορίζονται τα παρακάτω:

- a) Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων: κάθε χρόνο υποβάλλει μια έκθεση σχετικά με την κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος της χώρας
- b) Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων: έχει τον συντονιστικό χαρακτήρα της διαχείρισης και
- c) Οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων: έχουν την ευθύνη υλοποίησης όλων εκείνων των μέτρων για την προστασία και αναβάθμιση του νερού και ελέγχονται από την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.

Τα βασικά στοιχεία του Ν. 3199/2003 είναι:

- Η ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων
- Η υιοθέτηση της αρχής ο «ρυπαίνων πληρώνει»
- Η κατάρτιση μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων για κάθε περιφέρεια,
- Η ικανοποίηση της ζήτησης νερού γίνεται με βάση τα όρια των υδατικών αποθεμάτων
- Η παροχή νερού, η χρήση νερού και η εκτέλεση οποιονδήποτε έργου αξιοποίησης των υδατικών πόρων απαιτεί άδεια η οποία εκδίδεται από την εκάστοτε Περιφέρεια
- Σε οποιοδήποτε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που προκαλεί ρύπανση ή οποιαδήποτε υποβάθμιση των υδάτων επιβάλλεται χρηματικό πρόστιμο και μόνιμη ή οριστική παύση των δραστηριοτήτων τους.

Μάλιστα, εκτός από τις παραπάνω διοικητικές κυρώσεις, ποινικές κυρώσεις προβλέπονται ως επακόλουθο παραβάσεων.

1.5.2.2 Προεδρικό διάταγμα 51/2007

Στόχος του παρόντος προεδρικού διατάγματος είναι η εφαρμογή των διατάξεων του νόμου 3199/2003, που δεν είχαν εφαρμοστεί έως και το έτος 2007 και παράλληλα η συμμόρφωση με τις διατάξεις της ευρωπαϊκής κοινοτικής οδηγίας 2000/60/ΕΚ, ώστε να εφαρμοστεί πλέον η ορθή διαχείριση των υδάτων. Τα κύρια χαρακτηριστικά για την ορθή αυτή διαχείριση παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- Αποτροπή της επιπλέον επιδείνωσης των υδάτινων οικοσυστημάτων
- Βιώσιμη χρήση του νερού
- Σταδιακή μείωση των επικίνδυνων αποβλήτων και εκπομπών στο υδάτινο και στο χερσαίο (επίπτωση στα υπόγεια νερά) οικοσύστημα
- Προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και

- Περιορισμός των επιπτώσεων που προκύπτουν από φαινόμενα πλημμυρών και ξηρασίας.

1.5.2.3 Λοιπή εθνική νομοθεσία

- **Νόμος 1650/1986, άρθρο 28:** ορίζει τις κυρώσεις για την μη τήρηση των προβλεπόμενων διατάξεων της Οδηγίας 200/60/ΕΚ και κατά επέκταση του Νόμου 3199/2003 για την προστασία των υδάτων, καθιερώνοντας την αρχή: «ο ρυπαίνων πληρώνει».
- **ΚΥΑ 46399/4352/86:** αφορά την αξιολόγηση του νερού που καταναλώνεται από τον άνθρωπο και προέρχεται από επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.
- **Νόμος 1739/1987 και Προεδρικό Διάταγμα 256/1989:** αφορούν τη χορήγηση αδειών χρήσης νερού.
- **ΚΥΑ 85167/820, ΦΕΚ 477/06-04-2000:** αφορά την εφαρμογή του κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής από τους αγρότες.
- **ΚΥΑ Υ2/2600/2001:** αφορά την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Τα δείγματα που λαμβάνονται από το υδρευτικό δίκτυο, χαρακτηρίζονται ως κατάλληλα ή ακατάλληλα.
- **Απόφαση 1230/2003:** έχει θέμα την Ευφυή Ενέργεια για την Ευρώπη και χρηματοδότηση 200 εκ. ευρώ για την τετραετία 2003 – 2006.
- **Νόμος 3468/2006:** θεσπίστηκε για την ενσωμάτωση της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ στην Ελληνική Νομοθεσία και αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.
- **ΚΥΑ 104247/2006,** αφορά τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης, αξιολόγησης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων έργων ΑΠΕ.

1.5.3 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο για τις μονάδες αφαλάτωσης

- **Νόμος 3325/86:** αφορά την προστασία του περιβάλλοντος.
- **ΚΥΑ 69269/1990, ΦΕΚ 578B:** αφορά την κατάταξη των έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και τον καθορισμό μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- **Νόμος 3010/2002:** αφορά την εναρμόνιση του νόμου 1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ.
- **ΚΥΑ 11014/703/Φ104/2003:** αφορά τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

- **Νόμος 3325/05, ΦΕΚ 68Α:** αφορά την ίδρυση και λειτουργία βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων.
- **Νόμος 3581/2010, ΦΕΚ 85Α:** αφορά την επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις.

1.5.3.1 Αδεία εγκατάστασης και λειτουργίας μονάδων αφαλάτωσης

Οι μονάδες αφαλάτωσης εντάσσονται στην κατηγορία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και η ίδρυση και λειτουργία τους πρέπει να εναρμονίζεται και να είναι σύμφωνη με το νόμο 3325/11-3-2005.

Μάλιστα, για την ανάπτυξη-εγκατάσταση μιας τέτοιας μονάδας απαιτούνται τα παρακάτω δικαιολογητικά:

- 1) Άδεια εγκατάστασης: παρέχεται από τη νομαρχιακή αυτοδιοίκηση και απαιτείται σχετική υποβολή αίτησης (ΥΑ Αριθ.Φ15/οικ.7815/615)
- 2) Άδεια μηχανολογικής εγκατάστασης (δεν απαιτείται άδεια για μηχανολογικές εγκαταστάσεις με κινητήρια ισχύος έως 22 kW ή για θερμική ισχύ έως 50 kW (χαμηλής όχλησης)) που να συνοδεύεται από τα εξής παρακάτω δικαιολογητικά:
 - Συμπλήρωση ερωτηματολογίου (Ν. 3325/11-3-2005)
 - Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), με συνημμένη την Εγκεκριμένη Μελέτη
 - Βεβαίωση Χρήσης Γης (Πολεοδομικές Υπηρεσίες).

Για την άδεια λειτουργίας απαιτούνται τα παρακάτω:

- 1) Γενικά δικαιολογητικά: Υπεύθυνες δηλώσεις για τα παρακάτω:
 - Την τήρηση της μελέτης κατασκευής
 - Τον αριθμό και την ειδικότητα των τεχνικών που θα εργασθούν και του υπεύθυνου της
 - Από τον υπεύθυνο για την ορθή λειτουργία και συντήρηση του εξοπλισμού.
- 2) Ειδικά δικαιολογητικά:
 - Πιστοποιητικό πυροπροστασίας
 - Άδεια Οικοδομής, (εφόσον προβλέπεται)
 - Άδεια χρήσης νερού (Ν. 3199/2003)
 - Άδεια κατασκευής λιμενικού έργου και χρήσης αιγιαλού και παραλίας, (Ν. 2971/2001)
 - Άδεια διάθεσης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων (ΥΑ Αριθ. Ειβ 221/65)
 - Βεβαίωση καταλληλότητας από την αρμόδια υπηρεσία Υγείας - πιστοποιητικό ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σύμφωνα με την ΥΑ ΟΥΓ/Γ.Π οικ.38295/26-4-2007.

Για την παροχή νερού, τη χρήση νερού και την εκτέλεση έργου για την αξιοποίηση υδατικών πόρων, καθώς και για κάθε έργο ή δραστηριότητα που αποσκοπεί στην προστασία από τη ρύπανση λόγω απόρριψης υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον, από φυσικό ή νομικό πρόσωπο του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα,

απαιτείται άδεια. Η άδεια εκδίδεται από την οικεία Περιφέρεια. Η άδεια χρήσης νερού εκδίδεται κατόπιν της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ).

Τέλος, σημαντική κρίνεται η χωροθέτηση των μονάδων αφαλάτωσης, για την οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω κριτήρια (Μεντής 2011):

- Απόσταση από κατοικημένες και τουριστικές περιοχές
- Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές, αρχαιολογικούς χώρους και μνημεία
- Εξακρίβωση αν η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως αιγιαλός ή παραλία
- Ποιότητα του θαλασσινού νερού
- Υψόμετρο θέσης και απόσταση από την ακτή
- Γεωμορφολογίας εδάφους και ακτής
- Μορφολογία του βυθού
- Θαλάσσια ρεύματα της περιοχής
- Κατεύθυνση του ανέμου που συντελεί στη δημιουργία του χειρότερου κυματισμού σε σχέση με τον προσανατολισμό της θέσης πρόσληψης και απόρριψης
- Δυνατότητα κατασκευής έργων πρόσληψης θαλασσινού νερού και απόρριψης των υπολειμμάτων άλμης
- Επιφάνεια του οικοπέδου
- Προσβασιμότητα και κατάσταση υφιστάμενης οδού
- Απόσταση από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. και το κεντρικό δίκτυο τροφοδοσίας νερού.

1.5.4 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο για τις Α.Π.Ε.

- **Νόμος 3325/86:** αφορά την προστασία του περιβάλλοντος.
- **Νόμος 3010/2002:** αφορά την εναρμόνιση του νόμου 1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ.
- **Νόμος 3468/2006:** θεσπίστηκε για την ενσωμάτωση της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ στην Ελληνική Νομοθεσία και αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.
- **ΥΑ 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ, ΦΕΚ 663Α/ 2006:** αφορά την διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.
- **ΥΑ 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ, ΦΕΚ 663Α/ 2006:** αφορά το περιεχόμενο των προκαταρκτικών περιβαλλοντικών εκτιμήσεων, των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των συναφών μελετών που αφορούν τις Α.Π.Ε.
- **ΥΑ Δ6/Φ1/οικ13310, ΦΕΚ 1153Β/ 2007:** αφορά τη διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

- **Νόμος 3581/2010, ΦΕΚ 85Α:** αφορά την επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις.

Μάλιστα, με βάση το νόμο 3581/2010, άρθρο 3, παράγραφο 12, δίνεται προτεραιότητα στην αδειοδότηση των μονάδων Α.Π.Ε. με αφαλάτωση, στην περίπτωση που πρόκειται για:

- a) Ισχύ του σταθμού Α.Π.Ε., που δεν υπερβαίνει κατά 25 % την ισχύ της αφαλάτωσης και
- b) Την κάλυψη της προϋπόθεσης ότι έχουν συναφθεί συμβάσεις πώλησης του νερού.

Μάλιστα, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη μονάδα Α.Π.Ε., συμψηφίζεται σε ωριαία βάση με αυτήν που καταναλώνεται από τη μονάδα αφαλάτωσης, ενώ το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διατεθεί στο δίκτυο μέχρι και ένα ποσοστό 20 % της παραγόμενης ισχύος με βάση ισχύοντα για τους αυτοπαραγωγούς.

2. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης προϋποθέτουν την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας, ώστε να διαχωριστεί το θαλασσινό νερό από τα άλατα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς η καύση των συμβατικών καυσίμων αναμφισβήτητα οδηγεί σε περιβαλλοντική μόλυνση. Ταυτόχρονα, και καθώς οι πηγές των συμβατικών καυσίμων εξαντλούνται, κρίνεται δύσκολη η εύρεση μεγάλων ποσοτήτων τους για τις μονάδες αφαλάτωσης. Για τους λόγους αυτούς, λοιπόν, αναπτύχθηκαν και εξελίχθηκαν τεχνικές αφαλάτωσης με τη χρήση Α.Π.Ε., που χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο κόστος και ταυτόχρονα μπορούν να καταστήσουν μια μονάδα αφαλάτωσης αυτόνομη. Ωστόσο, και παρά τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η χρήση των Α.Π.Ε. στην αφαλάτωση δεν έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό τεχνολογικά, ώστε να καταφέρει να αποτελέσει ανταγωνισμό έναντι των συμβατικών πηγών ενέργειας (IEA-ETSAP και IRENA Technology 2012).

Αυτό οφείλεται κατεξοχήν στη διάχυτη μορφή τους, δηλαδή στην αραιωμένη ποσότητα της ενέργειας, που καθιστά τη συλλογή ή συμπύκνωσή της ένα δαπανηρό έργο. Με λίγα λόγια αρχικά απαιτείται η συμπύκνωση της ενέργειας και κατόπιν η μετατροπή της σε κάποια εύχρηστη μορφή ενέργειας. Ταυτόχρονα, μειονέκτημα των Α.Π.Ε. αποτελεί και η αστάθεια που παρατηρούν αναφορικά με την ροή ενέργειάς τους (IEA-ETSAP και IRENA Technology 2012). Στα παραπάνω μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συγκαταλέγονται και τα εξής (IEA-ETSAP και IRENA Technology 2012):

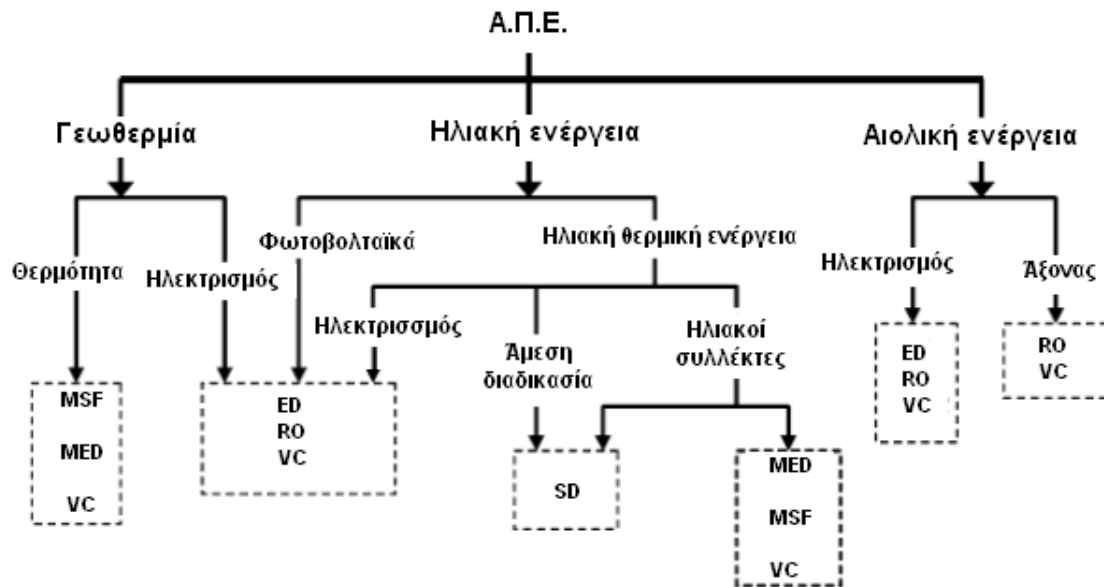
- Για την συγκέντρωση μεγάλων μεγεθών ισχύος, απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις
- Η χαμηλή διαθεσιμότητα οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους και τέλος
- Ενώ το κόστος τους χαρακτηρίζεται χαμηλότερο από αυτό των συμβατικών καυσίμων και ιδιαίτερα να αναλογιστεί κανείς τη συνεχόμενη αύξηση της τιμής των καυσίμων αυτών λόγω σταδιακής έλλειψης του, παραμένει αρκετό υψηλό.

Όμως, το ταυτόχρονο περιβαλλοντικό κόστος είναι μηδενικό. Ειδικότερα, τα πλεονεκτήματα από τη υιοθέτηση Α.Π.Ε. περιγράφονται παρακάτω (IEA-ETSAP και IRENA Technology 2012):

- Οι Α.Π.Ε. αποτελούν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και έτσι συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- Μπορούν να συντελέσουν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, καθώς βρίσκονται γεωγραφικά διάσπαρτες, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να καλύψουν και τις ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό επίπεδο και στην περιφέρεια και κατά συνέπεια μειώνουν τις ενεργειακές απώλειες λόγω μεταφοράς
- Προσφέρουν πολλαπλές εναλλακτικές με βάση την επιλογή του χρήστη, όπως για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια προσφέρει θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, με αποτέλεσμα να γίνεται ορθολογικότερη διαχείριση των πόρων
- Το κόστος της δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις, όπως για παράδειγμα παρουσιάζουν οι τιμές των ορυκτών καυσίμων
- Οδηγούν στην ανάπτυξη νέων θέσεων εργασίας, καθώς απαιτούν μόνιμο προσωπικό για τη λειτουργία και συντήρησή τους

- Επιδοτούνται από το κράτος σε πολλές περιπτώσεις ή προωθείται γενικότερα η επένδυσή τους και τέλος
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται οι βασικές μορφές Α.Π.Ε. που συνδυάζονται με την αφαλάτωση:



Εικόνα 2.1 Συνδυασμός τεχνικών αφαλάτωσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Virtualtourist 2005)

Στην παρακάτω ενότητα γίνεται μια σύντομη περιγραφή των παραπάνω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με εστίαση τη διαθεσιμότητά της στην περιοχή της Κρήτης και κατόπιν γίνεται η διερεύνηση του συνδυασμού αφαλάτωσης με την ηλιακή και αιολική ενέργεια και με υβριδικά συστήματα (συνδυασμός ηλιακής και αιολικής ενέργειας), ενώ τέλος αναλύεται η δυνατότητα που έχει ένα σύστημα αφαλάτωσης με Α.Π.Ε. να λειτουργήσει ως αυτόνομο σύστημα και ως σύστημα διασυνδεδεμένο με τη Δ.Ε.Η.

2.1 ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

2.1.3 Ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή φωτός και ενέργειας, που μπορεί θεωρητικά όχι μόνο να καλύψει αλλά και να υπερβεί της ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη. Εφαρμόζεται τόσο σε ενεργειακά όσο και σε παθητικά ηλιακά συστήματα, ενώ τέλος χρησιμοποιείται και στο λεγόμενο φωτοβολταϊκό φαινόμενο (Timilsina et al. 2011).

Της είναι γνωστό τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της συλλογής της από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Μάλιστα, η απόδοσή τους εξαρτάται από τη συνολική επιφάνεια στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με την περιοχή εφαρμογής της, τον προσανατολισμό και την κλίση της και τέλος από την εφαρμοσμένη τεχνολογία (μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά και ούτω καθεξής)

(Timilsina et al. 2011). Σε παρακάτω ενότητα θα παρουσιαστεί διεξοδικότερα ο συνδυασμός τους με την αφαλάτωση.

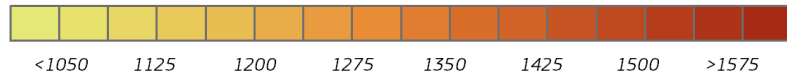
Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα, στην οποία η ηλιακή ακτινοβολία διακρίνεται για τη μεγάλη της ένταση, που διαρκεί κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και το ηλιακό δυναμικό της χώρας για τη βέλτιστη κλίση φωτοβολταϊκών συστημάτων, που για την Ελλάδα, είναι περίπου 35 °, διαφοροποιούμενη φυσικά από περιοχή σε περιοχή (JRC's Institute for Energy and Transport 2012):

Φωτοβολταϊκά συστήματα βέλτιστου προσανατολισμού



Συνολική ετήσια άμεση και έμμεση ηλιακή ακτινοβολία

[kWh/m²] <1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 >2100

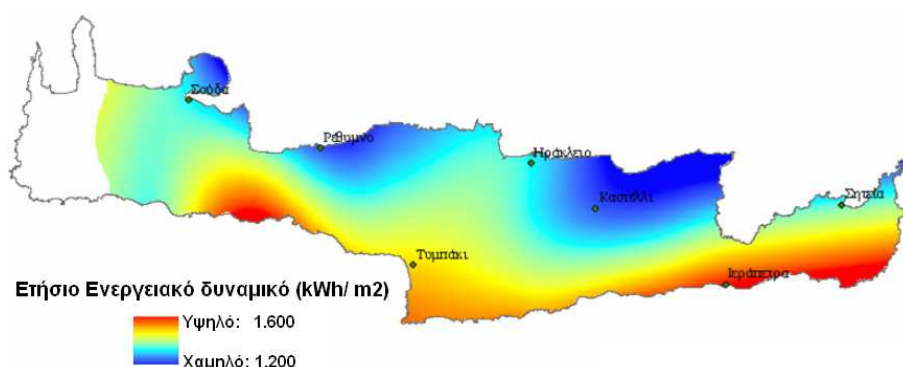


Συνολικό ετήσιο ηλιακό δυναμικό ηλεκτρικής ενέργειας, παραγόμενης από σύστημα 1kWp με αναλογία απόδοσης 0.75
[kWh/kW_{peak}]

Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, WGS84, lat 52° lon 10°
Source of ancillary data: CORINE Land Cover
DTM SRTM-30
GISCO database
Geonames
Natural Earth

Εικόνα 2.2 Συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και το ηλιακό δυναμικό της χώρας για μια βέλτιστη κλίση φωτοβολταϊκών συστημάτων (JRC's Institute for Energy and Transport 2012)

Πιο συγκεκριμένα και σε ότι αφορά την περιοχή της Κρήτης, το ηλιακό δυναμικό φωτοβολταϊκών συστημάτων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, που αποδεικνύει και τη μεγάλη δυνατότητα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρισμού:



Εικόνα 2.3 Συνολικό ετήσιο δυναμικό της Κρήτης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων (Saitakis 2011)

2.1.1.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούν υλικά ημιαγωγών, όπως είναι το πυρίτιο, που χρησιμοποιείται και συνηθέστερα από άλλα υλικά ημιαγωγών, ώστε να μετατρέψουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρισμό. Έτσι, μέσω των φωτοβολταϊκών, τα ηλιακά κύτταρα μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το φως κατά την απορρόφησή του από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, μεταφέρει ενέργεια στα ηλεκτρόνια, που στη συνέχεια διαφεύγουν και μετατρέπονται σε ηλεκτρικό ρεύμα. Όπως μάλιστα προαναφέρθηκε η ένταση του παραγόμενου ηλεκτρικού αυτού ρεύματος εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας που πραγματοποιείται η συλλογή της ηλιακής ενέργειας και ταυτόχρονα από την περιεκτικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας σε ενεργά φωτόνια (ADIRA HANDBOOK 2008).

Για το σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, προτεραιότητα αποτελεί η απόφαση του λόγου χρήσης του και το είδος των συσκευών που θα εγκατασταθούν και θα χρησιμοποιηθούν κατά τη λειτουργία του. Τα βασικά στάδια του σχεδιασμού ενός φωτοβολταϊκού συστήματος περιλαμβάνουν (Τσιλιγκιρίδης 2003):

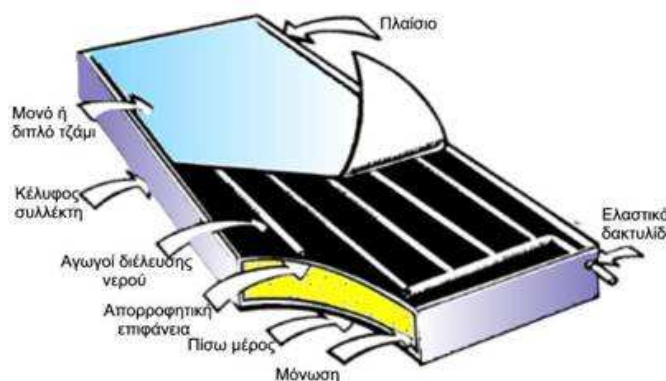
- a) Το φορτίο και οι καμπύλες διακύμανσης του ημερήσιου φορτίου.
- b) Το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει ως αυτόνομο.
- c) Το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάνελ που θα επιλεγεί. Μάλιστα, όπως είναι φυσικό όσο καλύτερης ποιότητας το πάνελ, τόσο μεγαλύτερη η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.
- d) Η μέθοδος με την οποία θα πραγματοποιηθεί η συνδεσμολογία των πάνελ, ο συνολικός αριθμός πάνελ που απαιτείται για να επιτευχτεί η ζητούμενη ισχύς και ο προσανατολισμός και η κλίση των πάνελ.
- e) Το συνολικό μέγεθος της μονάδας και η χωροθέτησή της.

Το πιο σημαντικό μέρος της όλης διαδικασίας αποτελεί το είδος των συλλεκτών. Οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται στις εξής παρακάτω κατηγορίες (Τσιλιγκιρίδης 2003):

- **Επίπεδος συλλέκτης:** αποτελεί μια μεταλλική απορροφητική πλάκα, που συνήθως έχει μαύρο χρώμα, ώστε να μεγιστοποιείται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες:
 - ✓ **Επίπεδος συλλέκτης υγρού**
 - ✓ **Επίπεδος συλλέκτης αέρα**

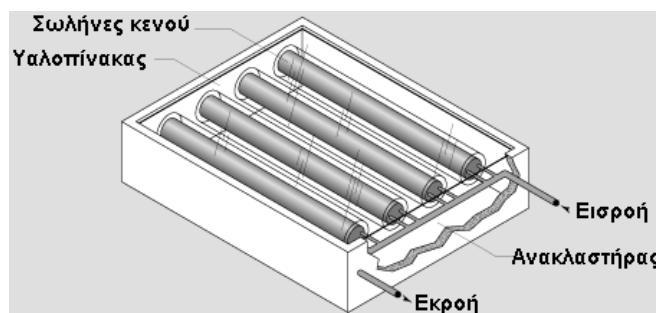
Πιο εύχρηστοι με τα μέχρι στιγμής δεδομένα θεωρούνται οι συλλέκτες υγρού. Μάλιστα, η επιφάνεια συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας των επιπέδων συλλεκτών είναι ίση με την επιφάνεια απορρόφησης, ενώ δεν αποτελούνται από κινητά μέρη παρακολούθησης του ηλίου. Λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ έχουν ικανοποιητική απόδοση της τάξης του 30 % όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 30 °C. Το μέγιστο όφελος από τη χρήση του προκύπτει από τη δυνατότητα τοποθέτησής τους σε κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο με βάση τη κίνηση του ηλίου στον ορίζοντα.

Το βασικό πλεονέκτημα των επιπέδων συλλεκτών έγκειται στο γεγονός ότι απορροφούν τόσο την άμεση όσο και την έμμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμη το κόστος επένδυσής τους είναι χαμηλό και συνεχώς εμφανίζει πτωτικές τάσεις με την αύξηση της εφαρμογής και την ανάπτυξη νέων μοντέλων διαθέσιμων στην αγορά. Από την άλλη πλευρά βασικό μειονέκτημά τους αποτελεί το μεγάλο ποσοστό απωλειών που παρουσιάζουν και η χαμηλή θερμική τους απόδοση.



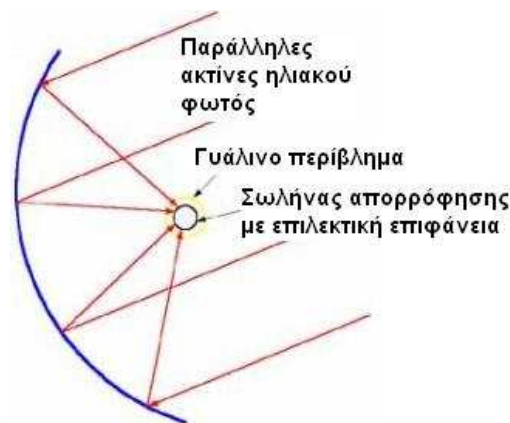
Εικόνα 2.4 Η δομή του επίπεδου συλλέκτη (Πηγές Ενέργειας χ.χ.)

- **Σωλήνας κενού:** αποτελείται από δύο ομόκεντρους μεταλλικούς σωλήνες, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί θερμαινόμενο ρευστό και από ένα γυάλινο κύλινδρο που χρησιμεύει για τη διαφυγή του αέρα. Όμοια οι συλλέκτες κενού εκμεταλλεύονται την ολική ηλιακή ακτινοβολία. Λειτουργούν στις υψηλότερες θερμοκρασίες (200 °C), ενώ εμφανίζουν αποδοτικότητα 50 %.



Εικόνα 2.5 Η δομή του σωλήνα κενού (Your solar energy home 2009)

- **Συγκεντρωτικός συλλέκτης:** χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία, όπου απαιτούνται υψηλές τιμές θερμοκρασιών. Ο συγκεντρωτικός συλλέκτης αξιοποιεί μονάχα την άμεση ηλιακή ακτινοβολία., ενώ η επιφάνεια συγκέντρωσης της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη από αυτήν της απορρόφησης. Οι απώλειες ενός τέτοιου συλλέκτη είναι μικρές και η θερμική απόδοση πολύ μεγάλη. Λειτουργεί σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, που πολλές φορές μπορούν να ξεπεράσουν και τους 1000 με 1400 °C, ενώ η απόδοσή του κυμαίνεται μεταξύ 50 % και 75 %. Όταν πρόκειται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί θερμοκρασίες 800 °C. Βασικό του μειονέκτημα θεωρείται το υψηλό κόστος επένδυσης.



Εικόνα 2.6 Η δομή ενός παραβολικού συγκεντρωτικού συλλέκτη (Alternative energy primer χ.χ.)

Μάλιστα διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες:

- ✓ **Γραμμικής εστίασης**
- ✓ **Σημειακής εστίασης**

Και στους δύο τύπους εστίασης η ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται στην εστία. Ειδικότερα, η συγκεντρωτικότητα του συλλέκτη είναι αντιστρόφως ανάλογη της διάστασης της επιφάνειας. Κατά συνέπεια, το επιθυμητό είναι ο συλλέκτης να έχει υψηλή συγκεντρωτικότητα, ώστε να απαιτείται μικρότερη επιφάνεια συγκέντρωσης, δοσμένη ισχύς και δέκτης μικρότερων διαστάσεων. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται μικρότερη απώλεια στην απορρόφηση ακτινοβολίας, μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης και υψηλής ενέργειας θερμοκρασία. Για να επιτευχθεί μέγιστη αποδοτικότητα κατά τη λειτουργία τους, ο οπτικός άξονας των συλλεκτών στοχεύει τον ήλιο και κινείται είτε με βάση τον άξονα Ανατολής-Δύσης ή τον άξονα Βορρά-Νότου. Τέλος, οι συλλέκτες σημειακής εστίασης επιτυγχάνουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες από αυτούς της γραμμικής εστίασης.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται τα φωτοβολταϊκά πάνελ, με την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς ενός πάνελ κυμαίνεται μεταξύ 50 - 250W. Για να επιτευχθεί η επιθυμητή ισχύς μιας μονάδας φωτοβολταϊκών, χρησιμοποιείται η ένωση κατάλληλου αριθμού πάνελ με τις συνήθεις συνδεσμολογίες να αποτελούν είτε η παράλληλη είτε η συνδεσμολογία σε σειρά. Τα βασικά μέρη που απαρτίζουν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι το πάνελ, οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές και οι ανορθωτικές διατάξεις (inverters). Διάφοροι τύποι φωτοβολταϊκών πάνελ έχουν αναπτυχθεί με ποικιλία

τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών. Ωστόσο, οι εμπορικές τεχνολογίες μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής ευρείες κατηγορίες (Δήμος Τήνου, Ε.Μ.Π και Culligan Hellas A.E.B.E 2010):

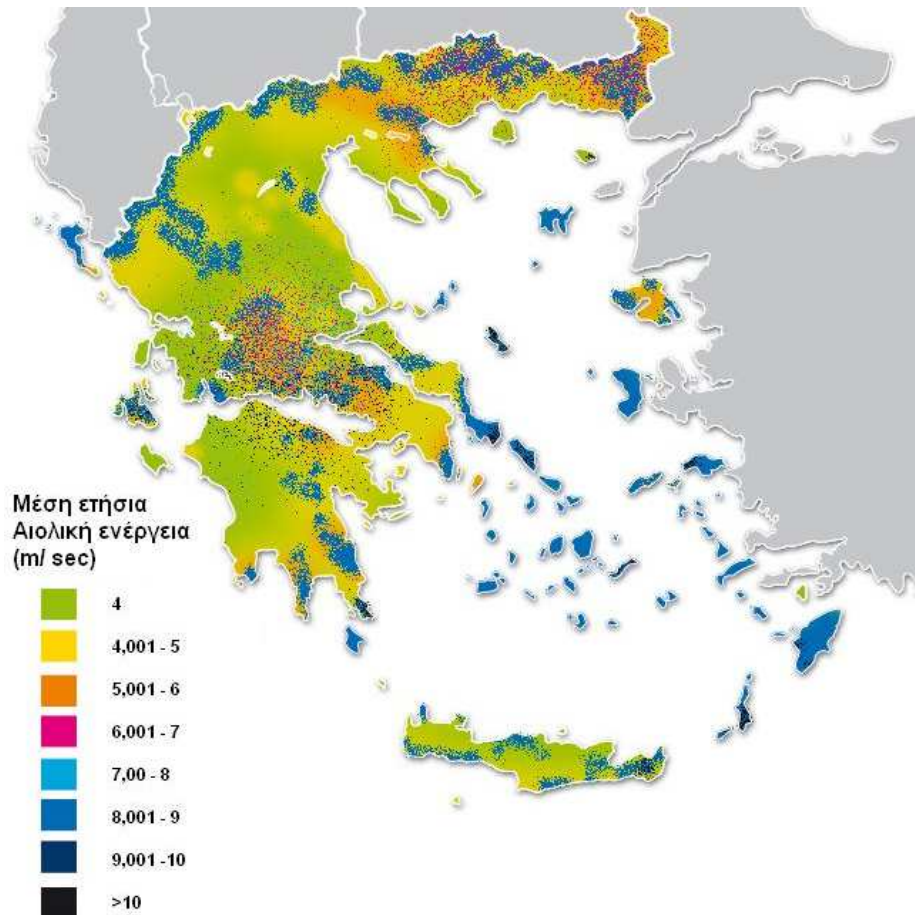
- **Κρυσταλλικού πυριτίου (Wafer based crystalline silicon, c-Si)**, με αποδόσεις
 - ✓ 15 – 18 % για φωτοβολταϊκά συστήματα μονοκρυσταλλικού πυριτίου και
 - ✓ 13 – 16 % για φωτοβολταϊκά συστήματα πολυκρυσταλλικού πυριτίου
- **Λεπτών υμενίων (Thin films)**, με χαρακτηριστικότερο το σύστημα άμορφου πυριτίου απόδοσης 5 – 7 % και τέλος
- **Υβριδικά**, που χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό μονοκρυσταλλικού και άμορφου πυριτίου με τελική απόδοση 18,5 %.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια από τις πιο ώριμες τεχνολογίες στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στην αφαλάτωση έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς με την μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (Μεντής 2011). Ο συνδυασμός αυτός θα παρουσιαστεί σε παρακάτω ενότητα.

Τα φωτοβολταϊκά χαρακτηρίζονται από υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης. Ωστόσο, ταυτόχρονα διακρίνονται για την μεγάλη τους διάρκεια ζωής, που τους προσδίδει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων συστημάτων. Καθώς ο τρόπος λειτουργίας τους είναι απλός και δεν απαιτείται επίβλεψη της λειτουργίας αυτής από κάποιο εξειδικευμένο προσωπικό, ο χρόνος απόσβεσης του αρχικού κόστους μειώνεται αισθητά. Μάλιστα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα θεωρούνται η καταλληλότερη μέθοδος για την κάλυψη τόσο μεγάλων όσο και μικρών φορτίων, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των μονάδων αφαλάτωσης. Όμως κατά την κάλυψη μεγάλων φορτίων εμφανίζουν μειονεκτήματα, όπως το ιδιαίτερα αυξημένο κόστος για την εγκατάσταση, η μεγαλύτερη απαιτούμενη επιφάνεια εδάφους για την εγκατάσταση και τέλος η πρόσθετη δαπάνη για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας (Μεντής 2011).

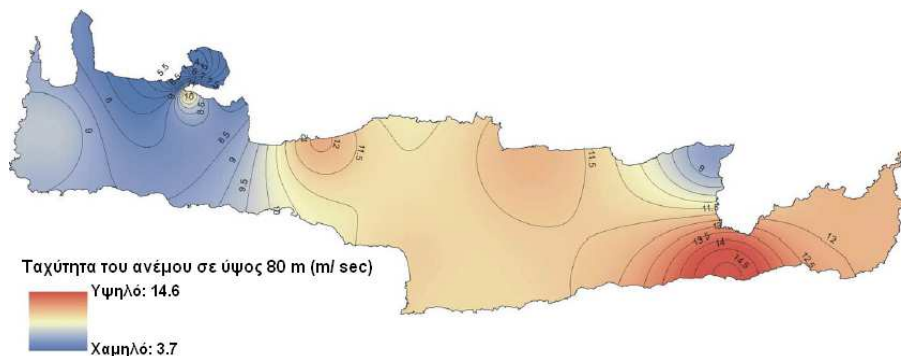
2.1.2 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια των αερίων μαζών της ατμόσφαιρας με τους ανέμους να αποτελούν το αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας και της περιστροφής της γης. Ο άνεμος χρησιμοποιήθηκε ανέκαθεν από τον άνθρωπο για την πραγματοποίηση καθημερινών δραστηριοτήτων του, όπως για παράδειγμα στους ανεμόμυλους. Στη σημερινή εποχή η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας πραγματοποιείται μέσω ανεμογεννητριών. Το κρίσιμο χαρακτηριστικό του ανέμου είναι η ένταση (Τσιλιγκιρίδης 2003). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το συνολικό ετήσιο αιολικό δυναμικό της χώρας (INVEST IN GREECE AGENCY 2008):



Εικόνα 2.7 Συνολικό ετήσιο αιολικό δυναμικό της χώρας (INVEST IN GREECE AGENCY 2008)

Πιο συγκεκριμένα και σε ότι αφορά την περιοχή της Κρήτης, το αιολικό δυναμικό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2.8 Συνολικό ετήσιο αιολικό δυναμικό της Κρήτης (Saitakis 2011)

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται πως ιδιαίτερα στην Ανατολική Κρήτη, επικρατούν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες, αν λάβει κανείς υπόψη πως για να θεωρηθεί κατάλληλο το αιολικό δυναμικό πρέπει η μέση ταχύτητα του ανέμου να ξεπερνά τα 5 m/ sec. Όμοια όμως ευνοϊκές είναι οι συνθήκες και για το υπόλοιπο νησί με εξαίρεση το βορειοδυτικότερο τμήμα, όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Τονίζεται τέλος, όπως είναι φυσικό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ανέμου, τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω αιολικής ενέργειας (Saitakis 2011).

2.1.2.1 Ανεμογεννήτριες

Μια τυπική ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα εξής παρακάτω μέρη (Χαραλαμπίδης χ.χ.):

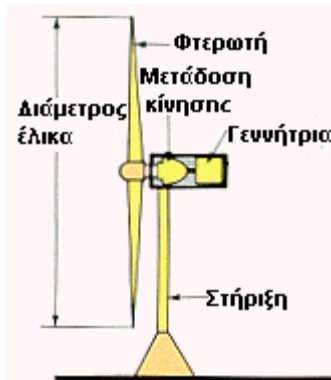
- **Ρότορας:** οι πτέρυγες του ρότορα έχουν σχεδιαστεί ώστε γυρίζουν με τον άνεμο, περιστρέφοντας έτσι την γεννήτρια. Σε ορισμένες περιπτώσεις διαθέτει κιβώτιο ταχυτήτων για να αυξάνει την συχνότητα του παραγόμενου ηλεκτρισμού.
- **Γεννήτρια:** παράγει τον απαιτούμενο ηλεκτρισμό, όταν υπάρχει ικανοποιητική ταχύτητα του ανέμου, για να περιστραφούν οι πτέρυγες.
- **Σύστημα διεύθυνσης:** οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα απαιτούν ένα μηχανισμό, ο οποίος να τις φέρνει σε τέτοια κατεύθυνση, ώστε το επίπεδο που σαρώνει ο ρότορας να είναι κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου. Οι μικρές ανεμογεννήτριες έχουν έναν τέτοιο μηχανισμό στο ουραίο τμήμα, ενώ οι μεγάλες έχουν συνήθως έναν σερβομηχανισμό που τις προσανατολίζει ώστε να παράγουν την μέγιστη ισχύ σχεδιασμού τους
- **Σύστημα Προστασίας:** οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι εξοπλισμένες με μηχανισμό, που τις θέτει εκτός λειτουργίας ώστε να μην υποστούν ζημιά από υπερβολικά υψηλούς ανέμους. Οι μικρότερες μηχανές μεταβάλλουν τον προσανατολισμό των πτερύγων ώστε, προσφέροντας μικρότερη επιφάνεια προς τον άνεμο να μειώνεται η ταχύτητα περιστροφής ή διαθέτουν κάποιο σύστημα πέδησης.
- **Πυλώνας στήριξης:** ο πυλώνας επιτρέπει στα πτερύγια να βρίσκονται επάνω από τα τυρβώδη ρεύματα του ανέμου και δεσμεύει υψηλότερους ανέμους. Ο σχεδιασμός του ύψους είναι κρίσιμης σημασίας διότι θα πρέπει να είναι αρκετά υψηλός αλλά και οικονομικός για το όλο κόστος του συστήματος. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε το εύρος συχνοτήτων των πτερύγων να μην συμπίπτει με την συχνότητα συντονισμού του πύργου.

Το πλέον διακριτό εξάρτημα μιας ανεμογεννήτριας είναι ο ρότορας με τα πτερύγια, που μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε περιστροφική ενέργεια στον άξονα περιστροφής. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες αναπτύσσουν κατά την λειτουργία τους αεροδυναμική άνοση λόγω της ροής του αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς η επιτάχυνση της ροής στο επάνω τμήμα της πτέρυγας, προκαλεί διαφορά πίεσης με το κάτω τμήμα όπου η ροή επιβραδύνεται (Χαραλαμπίδης χ.χ.).

Το μέγεθος των ανεμογεννητριών ποικίλλει από διάμετρο 60 cm και ονομαστική ισχύ περίπου 50 W μέχρι 60 m και ισχύ στα 3 MW. Η ισχύς της Α/Γ είναι ανάλογη της επιφάνειας που σαρώνει ο ρότορας, και σε μια περιοχή με ικανοποιητικό επίπεδο ανέμων το επάνω όριο ισχύος είναι περίπου 500 W/m^2 (Χαραλαμπίδης χ.χ.).

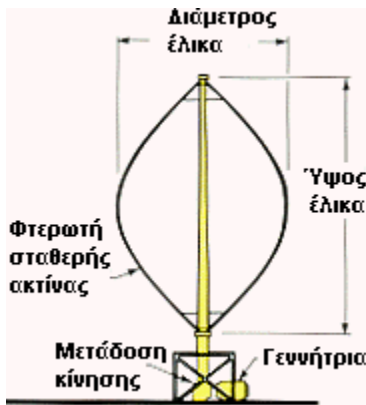
Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες (Χαραλαμπίδης χ.χ.):

- Τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο



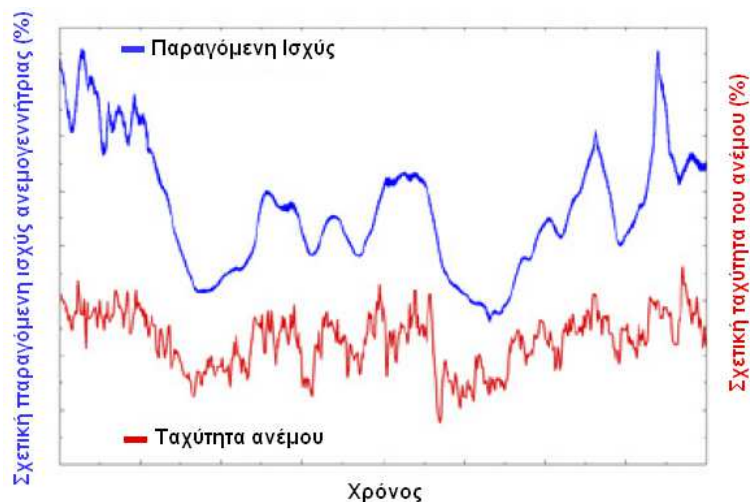
Εικόνα 2.9 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα (ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 2008)

- Τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός



Εικόνα 2.10 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα (ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 2008)

Η παραγωγή του ρεύματος από μια ανεμογεννήτρια δεν είναι συνεχής, αλλά εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου. Παρακάτω φαίνεται η μεταβολή της παραγόμενης ισχύος μιας ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.



Εικόνα 2.11 Διακύμανσης της ταχύτητας του ανέμου και της παραγόμενης ισχύος από την τουρμπίνα της ανεμογεννήτριας (Forstmeier et al. 2007)

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων μιας περιοχής, όσο και για την αφαλάτωση. Σε παρακάτω ενότητα γίνεται διεξοδική ανάλυση του συνδυασμού αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες.

2.1.3 Γεωθερμία

Η Ελλάδα έχει ένα μεγάλο γεωθερμικό δυναμικό. Το δυναμικό αυτό έχει επιβεβαιωθεί και επαληθεύεται από την ανακάλυψη και εξερεύνηση νέων γεωθερμικών πεδίων κατά τη διάρκεια των τελευταίων πέντε ετών (1995-1999). Κατά τη διάρκεια της περιόδου η γεωθερμική έρευνα και οι εφαρμογές αφορούσαν κυρίως για τα πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Οι τομείς της έρευνας περιλάμβαναν τη βόρεια Ελλάδα (Θράκη, Μακεδονία), τη βορειοδυτική Ελλάδα (Ηπειρος), τη Χίο και τη Λέσβο νησιά, όπου και προσδιορίστηκαν νέες ελπιδοφόρες πηγές γεωθερμικών πεδίων. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν δύο γνωστά υψηλής ενθαλπίας γεωθερμικά πεδία στη Μήλο και τη Νίσυρο. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής, μέτριας και υψηλής ενθαλπίας προς εκμετάλλευση φαίνονται στο παρακάτω χάρτη (Mendrinios et al. χ.χ.; Global Energy Network Institute 1999):



Εικόνα 2.12 Περιοχές στην Ελλάδα, κατάλληλες για παραγωγή ενέργειας μέσω της γεωθερμίας (Mendrinios et al. χ.χ.)

Με βάση τον παραπάνω χάρτη δε διαπιστώνεται γεωθερμικό πεδίο κατάλληλο για εκμετάλλευση στην Κρήτη και για το λόγο αυτό δεν πραγματοποιείται ανάλυση του συνδυασμού αυτής της ενέργειας με αφαλάτωση.

2.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυάζονται με μηχανικές τεχνολογίες αφαλάτωσης, όπως είναι η αντίστροφη όσμωση και η ηλεκτροδιάλυση. Η επιλογή της τεχνολογίας αφαλάτωσης που θα υιοθετηθεί, εξαρτάται από την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας, από το αν δηλαδή είναι θαλασσινό ή υφάλμυρο, από το επίπεδο της τεχνικής υποδομής και τέλος τις απαιτήσεις των χρηστών.

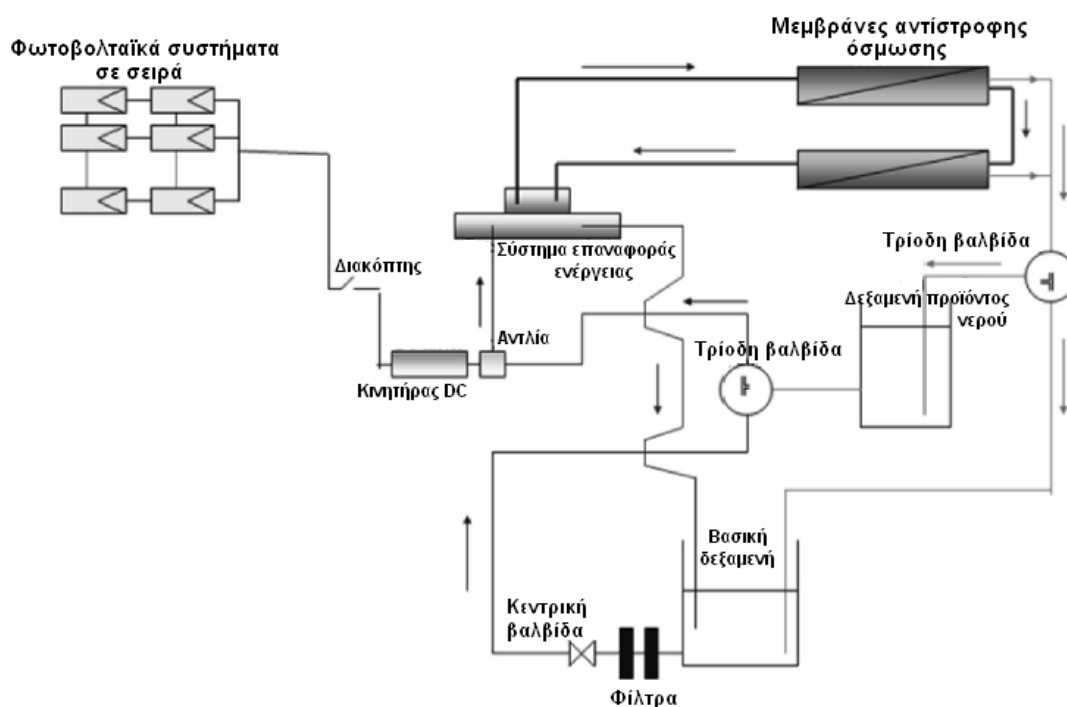
Έτσι λοιπόν και όταν το νερό τροφοδοσίας είναι υφάλμυρο, και οι δύο παραπάνω τεχνολογίες είναι εφαρμόσιμες. Ωστόσο, η αντίστροφη όσμωση θεωρείται η πλέον καλύτερη επιλογή όταν πρόκειται για θαλασσινό νερό, καθώς παρουσιάζει υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, στην περίπτωση που η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας είναι αυξημένη. Βέβαια, τονίζεται ότι πριν από την εφαρμογή, το νερό

τροφοδοσίας θα πρέπει να ελεγχτεί, με δεδομένο ότι οι μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες. Από την άλλη πλευρά, ηλεκτροδιάλυση συνίσταται όταν το νερό είναι υφάλμυρο. Μάλιστα, και καθώς με την ηλεκτροδιάλυση αφαιρούνται μόνο τα ιόντα του νερού, θα απαιτηθεί κάποια πρόσθετη επεξεργασία, όπως για παράδειγμα η απολύμανση του νερού (Koussai Quteishat 2003).

Αναφορικά με τον ενεργειακό σχεδιασμό, η τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης κρίνεται ως αυτή που απαιτεί μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Ως καλύτερη πρόταση κρίνεται η ανάπτυξη μικρών, αυτόνομων και αξιόπιστων μονάδων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται λογικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Το κόστος του αφαλατωμένου νερού επηρεάζεται από διαφορετικούς τεχνικούς και οικονομικούς παράγοντες, που μάλιστα θεωρούνται αλληλοεξαρτώμενοι και σημαντικότερες φυσικά να θεωρούνται οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης. Ταυτόχρονα, και όταν πρόκειται για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην αφαλάτωση, λαμβάνονται υπόψη η οικονομική αποτελεσματικότητα, η διαθεσιμότητα και η καταλληλότητα κάθε τεχνολογίας (Koussai Quteishat 2003).

Πιο συγκεκριμένα, μια μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, που συνδυάζεται με φωτοβολταϊκά συστήματα, παράγει νερό με τιμή μονάδας που κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 20 €/ m³, για συστήματα με ικανότητα παραγωγής μεταξύ 120 m³/ day και 12 m³/ day αντιστοίχως. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι προαναφερθέντες αριθμοί δαπανών περιλαμβάνουν και την επένδυση και τις λειτουργικές δαπάνες (ADIRA Handbook 2008). Τόσο τα φωτοβολταϊκά συστήματα όσο και η τεχνολογία αντίστροφης όσμωσης είναι διαθέσιμα παντού, ενώ τα έξοδα τους μειώνονται χρόνο με το χρόνο. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο συνδυασμός μιας τυπικής μονάδας αντίστροφης όσμωσης και φωτοβολταϊκών συστημάτων με σύστημα επαναφοράς:



Εικόνα 2.13 Συνδυασμός φωτοβολταϊκού συστήματος με μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης και σύστημα επαναφοράς ενέργειας (Manolakos et al. 2007)

Ο συνδυασμός των φωτοβολταϊκών συστημάτων ιδιαίτερα με την τεχνολογία αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης έχει ευρεία παγκόσμια εφαρμογή και αποτελεί μια οικονομικά βιώσιμη λύση. Μάλιστα, το κατά πόσο μπορεί να ανταγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας εξαρτάται από τη δυνατότητα παραγωγής της μονάδας, από την απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο και τη συγκέντρωση του άλατος στο νερό (Μεντής 2011).

Τέλος και αναφορικά με την παραγωγή του πόσιμου νερού διευκρινίζεται ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούν μεγαλύτερη έκταση γης συγκριτικά με τις ανεμογεννήτριες. Παρ' όλα αυτά η περιοδικότητα της παραγωγής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά είναι πιο προβλέψιμη από αυτή των ανεμογεννητριών (παραγωγή κατά τη διάρκεια της ημέρας) (Μεντής 2011).

2.2.1 Διεθνή παραδείγματα συστημάτων αφαλάτωσης με φωτοβολταϊκά συστήματα

Μερικές από τις υφιστάμενες παγκόσμιες εφαρμογές τεχνολογιών αφαλάτωσης συνδυασμένων με φωτοβολταϊκά συστήματα, αποτελούν οι παρακάτω περιπτώσεις (Tzen 2010):

- **Lamdedusa, Ιταλία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 5 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 100 kWp

- **El-Hanrawein, Αίγυπτος:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 10 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Υφάλμυρο
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 20 kWp

- **Jeddah, Σαουδική Αραβία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 0,14 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 8 kWp

- **Nagasaki, Ιαπωνία:**
 - ✓ Τεχνολογία: ηλεκτροδιάλυση
 - ✓ Παραγωγή: 0,4 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 25 kWp

- **Almeria, Ισπανία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 2,5 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 0,45 kWp

- **Rajasthan state, Ινδία:**
 - ✓ Τεχνολογία: ηλεκτροδιάλυση

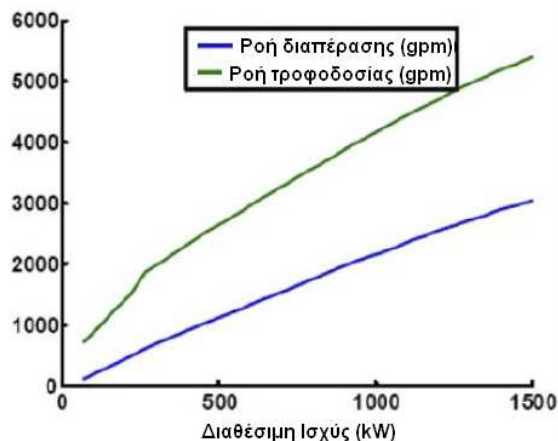
- ✓ Παραγωγή: 0,04 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Υφάλμυρο
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 0,45 kWp
- **Nagasaki, Ιαπωνία:**
 - ✓ Τεχνολογία: ηλεκτροδιάλυση
 - ✓ Παραγωγή: 8 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Υφάλμυρο
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 65 kWp
- **Vancouver, Καναδάς:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 0,02 - 0,04 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Φ/Β: 4,8 kWp

2.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Ο συνδυασμός των ανεμογεννητριών με την αφαλάτωση αποτελεί επίσης μια τεχνολογικά εφικτή λύση, που όμως προϋποθέτει ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και ταυτόχρονα κάποιο ηλεκτρονικό σύστημα αντιμετώπισης της χρονικής μεταβλητότητας της αιολικής ενέργειας (Καραχάλιου 2010).

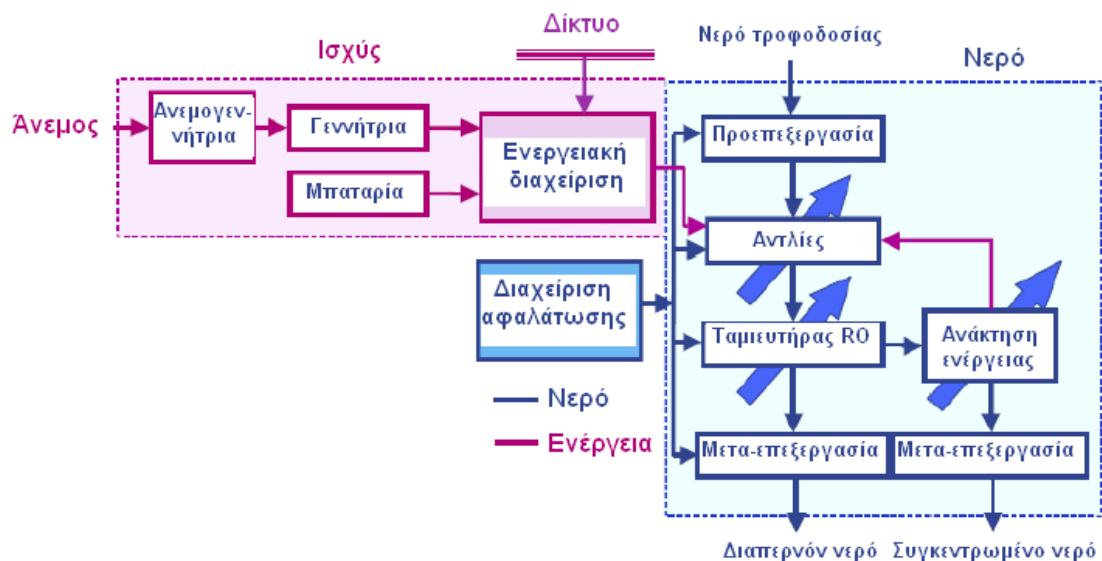
Όμοια με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι ανεμογεννήτριες συνδυάζονται με τις τεχνολογίες αντίστροφης όσμωσης και ηλεκτροδιάλυσης. Όμως δυνατός κρίνεται και ο συνδυασμός τους με τη μέθοδο εξάτμισης με συμπίεση ατμών, που απαιτεί πέραν την θερμικής και ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει. Στην περίπτωση που παρέχεται δυνατότητα διασύνδεσης με ηλεκτρικό δίκτυο, έστω και αν αυτό είναι αδύναμο, συνίσταται η υιοθέτηση της τεχνολογίας αντίστροφης όσμωσης, που παράγει νερό σε χαμηλότερο κόστος, κυρίως λόγω της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας. Από την άλλη, όταν πρόκειται για απομακρυσμένες περιοχές, προτείνεται η υιοθέτηση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών, καθώς είναι περισσότερο ανθεκτική στις μεταβολές των παραμέτρων από λειτουργίας του συνδυασμού της με τις ανεμογεννήτριες (Forstmeier et al. 2007).

Όπως προαναφέρθηκε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται η ταχύτητα του ανέμου. Κατά συνέπεια, επηρεάζεται και η μονάδα αφαλάτωσης από αυτή μεταβολή. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβολές στην ισχύ μιας μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης οδηγεί στις εξής μεταβολές στην παραγωγή του αφαλατωμένου νερού:



Εικόνα 2.14 Παραγωγή νερού ανάλογα με τη διαθέσιμη αιολική ενέργεια (Forstmeier et al. 2007)

Μέχρι στιγμής έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την άμεση σύνδεση μιας μονάδας αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, όταν το σύστημα ήταν αυτόνομο, χρησιμοποιήθηκε κάποιο ηλεκτρονικό σύστημα αντιμετώπισης της χρονικής μεταβλητότητας της αιολικής ενέργειας. Από την άλλη, όταν το σύστημα συνδέθηκε στο δίκτυο, το πρόβλημα αστάθειας της ανεμογεννήτριας αντιμετωπίστηκε αυτόματα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια τυπική μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης συνδυασμένη με ανεμογεννήτριες συνδεδεμένη στο δίκτυο (Forstmeier et al. 2007):



Εικόνα 2.15 Συνδυασμός ανεμογεννήτριας με μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης και σύστημα επαναφοράς ενέργειας (Forstmeier et al. 2007)

Ο συνδυασμός των ανεμογεννητριών με την αφαλάτωση είναι συγκριτικά μια πιο οικονομική λύση, ενώ ταυτόχρονα απαιτεί πολύ μικρότερη έκταση για την εγκατάσταση του εξοπλισμού (Μεντής 2011).

Καθώς η τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης αποτελεί την ενεργειακά πιο συμφέρουσα τεχνολογία αφαλάτωσης, ο συνδυασμός της με τις ανεμογεννήτριες σε περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού αποτελεί μια ιδιαίτερα δελεαστική λύση για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Ο συνδυασμός αυτός παρέχει καθαρό πόσιμο νερό με περιβαλλοντικά υπεύθυνο τρόπο και μέσα από βιώσιμες πρακτικές (Μεντής 2011).

2.2.2 Διεθνή παραδείγματα συστημάτων αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες

Μερικές από τις υφιστάμενες παγκόσμιες εφαρμογές τεχνολογιών αφαλάτωσης συνδυασμένων με ανεμογεννήτριες, αποτελούν οι παρακάτω περιπτώσεις (Tzen 2010):

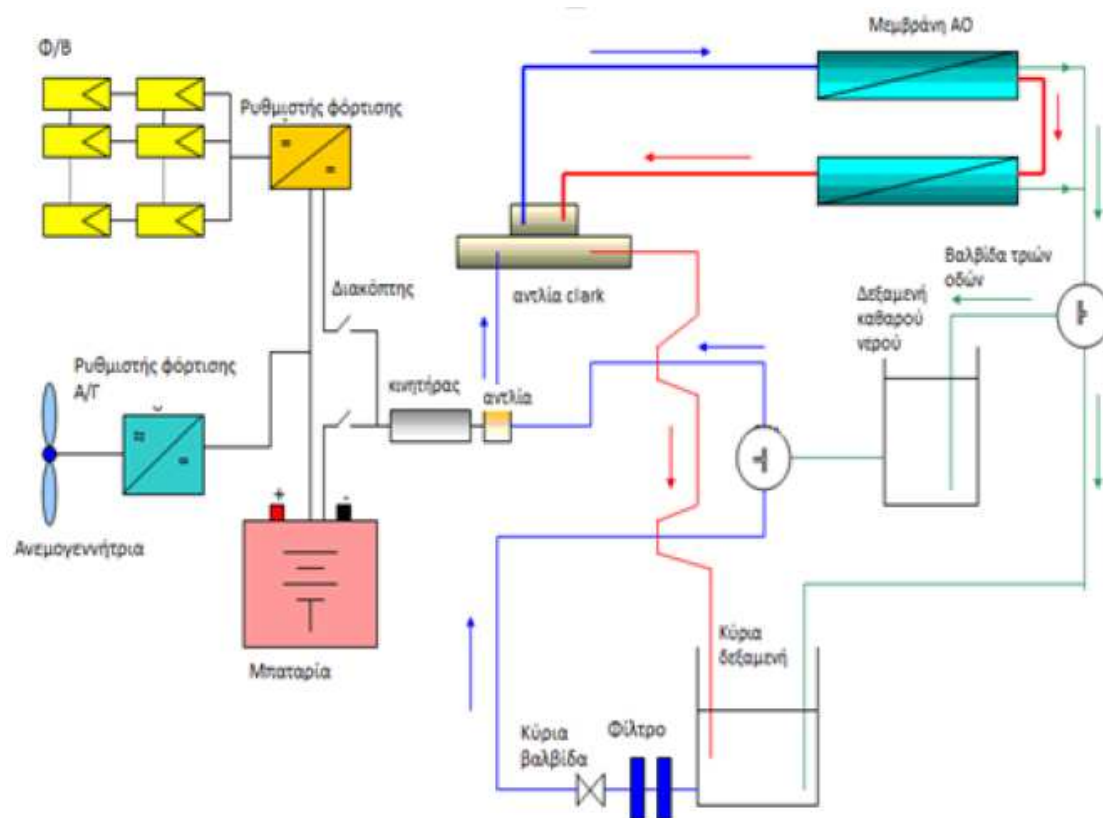
- **Island of Suderoog, Γερμανία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 0,25 – 4 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Α/Γ: 6 kW
- **Therasia island, Ελλάδα:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 0,2 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Α/Γ: 15 kW
- **Pacific islands, Γαλλία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 0,5 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Υφάλμυρο
 - ✓ Ισχύς Α/Γ: 4 kW
- **Fuerteventura, Ισπανία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 2,4 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Α/Γ: 225 kW
- **Drenec island, Γαλλία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: -
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Α/Γ: 10 kW
- **Island of Helgoland, Γερμανία:**
 - ✓ Τεχνολογία: αντίστροφη όσμωση
 - ✓ Παραγωγή: 40 m³/h
 - ✓ Τύπος νερού: Θαλασσινό
 - ✓ Ισχύς Α/Γ: 1,2 MW

2.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Ως υβριδικό ορίζεται ένα σύστημα που υιοθετεί τουλάχιστον δύο διαφορετικές πηγές παροχής ενέργειας. Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος αποτελεί το γεγονός ότι σε μια ενδεχόμενη βλάβη ή αδυναμία παροχής ενέργειας από την πρώτη πηγή, χρησιμοποιείται η εφεδρική και κατά συνέπεια το σύστημα δεν τίθεται εύκολα εκτός λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η διαθεσιμότητά του. Βέβαια, και καθώς είναι αναμενόμενο μια τέτοια εφαρμογή παρουσιάζει αυξημένο

συγκριτικά κόστος επένδυσης και εγκατάστασης, όμως παρουσιάζει και αυξημένη αξιοπιστία (Σαμακίδης 2012).

Αναφορικά με την αφαλάτωση, ο πιο συνήθης τρόπος συνδυασμού είναι αυτός της αιολικής ενέργειας, που συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, με τα φωτοβολταϊκά (Σαμακίδης 2012). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια τυπική μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης συνδυασμένη με ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά, που όμως δεν είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο (Μεντής 2011):



Εικόνα 2.16 Συνδυασμός ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών με μονάδα αυτόνομη αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης (Μεντής 2011)

Η βασική δομή ενός τέτοιου συστήματος αποτελείται από την ανεμογεννήτρια, τα φωτοβολταϊκά, τη μονάδα αφαλάτωσης, τη συστοιχία των μπαταριών, το φορτίο απόρριψης και τα δευτερεύοντα φορτία, που όλα συνδέονται σε ένα κοινό ζυγό AC. Στην περίπτωση αυτή μάλιστα οι ανεμογεννήτριες είναι συνήθως μεγέθους 15 με 150 kW και είναι είτε μηχανές σταθερής ταχύτητας εφοδιασμένες με επαγωγικές γεννήτριες συνδεδεμένες στον ζυγό AC, είτε μεταβλητής ταχύτητας που ταυτόχρονα περιλαμβάνουν σύγχρονες γεννήτριες μόνιμου μαγνήτη, συνδεδεμένες με το σύστημα μέσω ενός μετατροπέα AC/DC/AC.

2.5 ΠΛΗΡΩΣ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Αυτόνομο ορίζεται ένα σύστημα, που δεν απαιτεί τη σύνδεση με κάποιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι από μόνο του αυτόνομο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μάλιστα, αποτελείται από τα εξής (Σαμακίδης 2012):

- Μονάδας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Ρυθμιστής φόρτισης
- Αποθήκευση ενέργειας και
- Μετατροπείας ισχύος

Τα αυτόνομα συστήματα συνίστανται συνήθως σε απομακρυσμένες περιοχές που χαρακτηρίζονται από την έλλειψη νερού και από υψηλό αιολικό δυναμικό, ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία αυτόνομων μονάδων αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες να συμβάλει σε μια αποδοτική και βιώσιμη λύση για την παραγωγή πόσιμου νερού. Ταυτόχρονα ένα αποδοτικό αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης για τις απομακρυσμένες αυτές περιοχές, αποτελεί ένα υβριδικό σύστημα Α.Π.Ε. με φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες που θα συνδυάζεται με μια τεχνολογία αφαλάτωσης, που στις περισσότερες περιπτώσεις αυτονομίας, αποδοτικότερη κρίνεται αυτή της αντίστροφης όσμωσης (Σαμακίδης 2012).

Στην πραγματικότητα, παρ' όλα αυτά και λόγω της μεταβλητότητας και της αστάθειας των ανανεώσιμων πηγών σε ότι αφορά την παραγωγή ενέργειας, καθιστούν την αυτονομία των μονάδων αφαλάτωσης μια λύση για την παραγωγή πόσιμου νερού, μονάχα στην περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.

2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΟΧΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Διασυνδεδεμένα χαρακτηρίζονται τα συστήματα στα οποία η μονάδα Α.Π.Ε. συνδέεται στο δίκτυο. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της μονάδας Α.Π.Ε. χρησιμοποιείται στην πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης. Πιο συγκεκριμένα, ο σκοπός αυτού του συστήματος είναι η ενέργεια που απαιτείται για την αφαλάτωση να καλύπτεται από την μονάδα Α.Π.Ε. έτσι ώστε το τελικό ισοζύγιο παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας να οδηγεί στην ενεργειακή αυτονομία της μονάδας αφαλάτωσης ,οδηγώντας έτσι στην βέλτιστη από περιβαλλοντικής άποψης παραγωγή πόσιμου νερού (Μεντής 2011).

Μάλιστα με στόχο τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα των Α.Π.Ε., αυτές συνδέονται στο δίκτυο με αποτέλεσμα οι μονάδες αφαλάτωσης να λειτουργούν σχεδόν αυτόνομα, καθώς η περίσσεια της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α.Π.Ε. διοχετεύεται πίσω στη μονάδα αφαλάτωσης (Ελληνικός σύνδεσμος αφαλάτωσης – επεξεργασίας νερού 2010).

Στα διασυνδεδεμένα συστήματα ο συνδυασμός της αφαλάτωσης με τις Α.Π.Ε. μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ενός κεντρικού συστήματος ελέγχου, που συντονίζει τη λειτουργία όλων των υποσυστημάτων και επιλέγει τις εκάστοτε συνθήκες φόρτισης των μονάδων αφαλάτωσης, ώστε να επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη κάλυψη των αναγκών σε πόσιμο νερό και η διείσδυση των Α.Π.Ε. στο δίκτυο και κατά συνέπεια να εξασφαλίζεται πάντα ένα θετικό ενεργειακό ισοζύγιο ανάμεσα στην παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας της μονάδας αφαλάτωσης (Μεντής 2011).

3. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

3.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

3.1.1 Διοικητικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά

Η Κρήτη αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε και σύμφωνα με τον Ν.1739/87 περί διαχείρισης υδατικών πόρων, ένα αυτόνομο υδατικό διαμέρισμα που περιλαμβάνει την περιφέρεια της Κρήτης μαζί με τα μικρά νησιά (Γαύδος, Δία, Κουφονήσι και ούτω καθεξής). Έχει συνολική έκταση 8.335 km² και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας. Εδράζεται περίπου στα 160 km νότια της ηπειρωτικής Ελλάδας και νότια του Αιγαίου εκτείνεται κατά μήκος Ανατολής - Δύσης, ενώ τέλος βρίσκεται βόρεια του Λιβυκού (Βικιπαίδεια 2012β). Παρακάτω περιγράφονται βασικά χαρακτηριστικά του νησιού:

Πίνακας 3.1 Βασικά χαρακτηριστικά του νησιού (Βικιπαίδεια 2012β)

Πρωτεύουσα (και μεγαλύτερη πόλη)	Ηράκλειο
Μεγαλύτερος δήμος	Δήμος Ηρακλείου
Διοικητική διαίρεση	Διοικητική διαίρεση της Ελλάδας
Δήμοι	24
Συνολική έκταση	8.336 km ²
Πλάτος	60 km
Μήκος	260 km
Γεωγραφικό πλάτος	35° 00' N
Γεωγραφικό μήκος	25° 00' E
Συνολικός πληθυσμός	601.131 (απογραφή 2001)
Πυκνότητα	72,1/km ²
Ψηλότερο σημείο	Βουνό Ψηλορείτης: 2.456 m

Η Κρήτη αποτελεί μια από τις 13 περιφέρειες της Ελλάδας και αποτελείται από τις εξής τέσσερις διαφορετικές περιφερειακές ενότητες (Βικιπαίδεια 2012β):

- Ηρακλείου
- Χανίων
- Ρεθύμνου και
- Λασιθίου



Εικόνα 3.1 Οι περιφερειακές ενότητες της Κρήτης (Daypress χ.χ.)

Κατά τις δύο τελευταίες απογραφές ο πληθυσμός του υδατικού διαμερίσματος της Κρήτης παρουσίασε αυξητική τάση κατά 2,64 % με μια συνολική αύξηση από 601.131 κάτοικους το 1991 σε 621.340 το 2011. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται η έκταση και ο πληθυσμός των περιοχών που περιλαμβάνει το

υδατικό της διαμέρισμα, ενώ τέλος και ο ρυθμός μεγέθυνσης του πληθυσμού (Βικιπαίδεια 2012β; Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).

Πίνακας 3.2 Συγκριτική ανάλυση από το 2001 ως το 2011(Βικιπαίδεια 2012β; Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008)

Νομός	Έκταση νομού (km ²)	Πληθυσμός νομού (2001)	Πληθυσμός νομού (2011)	Ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού 2001 με 2011 (%)
Ηρακλείου	2.641	292.489	304.270	3,87
Χανίων	2.376	150.387	156.220	3,73
Ρεθύμνου	1.496	81.936	85.160	3,79
Λασιθίου	1.823	76.319	75.690	-0,83
Σύνολο	8.336	601.131	621.340	2,64

3.1.1.1 Κατανομή του πληθυσμού σε τομείς

Το 45,9 % του οικονομικά ενεργού πληθυσμού απασχολείται στον πρωτογενή τομέα, το 18,6 % στον δευτερογενή τομέα και τέλος το υπόλοιπο 35,4 % στον τριτογενή τομέα. Μάλιστα, το ΑΕΠ κατανέμεται κατά 34,7 % στον πρωτογενή, 29,4 % στον δευτερογενή και 35,9 % στον τριτογενή τομέα.

3.1.2 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Η μορφολογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών (Περλέρος et al. 2004):

- Τη ζώνη με υψόμετρο ≥ 400 m που αποτελεί την υψηλή ή ορεινή περιοχή του νησιού
- Τη ζώνη με υψόμετρο μεταξύ 200-400 m που αποτελεί τη μέση περιοχή του νησιού και
- Τη ζώνη με υψόμετρο ≤ 200 m που αποτελεί χαμηλή περιοχή του νησιού και εκτείνονται μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας.

Τα βασικά ορεινά συγκροτήματα αποτελούν προς τα δυτικά τα Λευκά όρη (2.454 m), στο κεντρικό τμήμα τον Ψηλορείτη (Ϊδη 2.456 m) και προς τα ανατολικά το όρος Δίκτη (2.147 m) και τα όρη Σητείας (1.476 m). Προς τα δυτικά και νότια οι υπώρειες των ορέων είναι απότομες και φθάνουν με μεγάλη κλίση προς τη θάλασσα ενώ προς τα βόρεια το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδες Χανίων, Ρεθύμνου). Η μεγαλύτερη πεδιάδα βρίσκεται στο νότιο-κεντρικό τμήμα του νησιού (πεδιάδα Μεσσαράς) ενώ στα νοτιοανατολικά αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας. Υπάρχουν επίσης αρκετά οροπέδια τα κυριότερα των οποίων είναι του Λασιθίου και του Ομαλού (Περλέρος et al. 2004).

3.1.3 Γεωλογικά χαρακτηριστικά Κρήτης

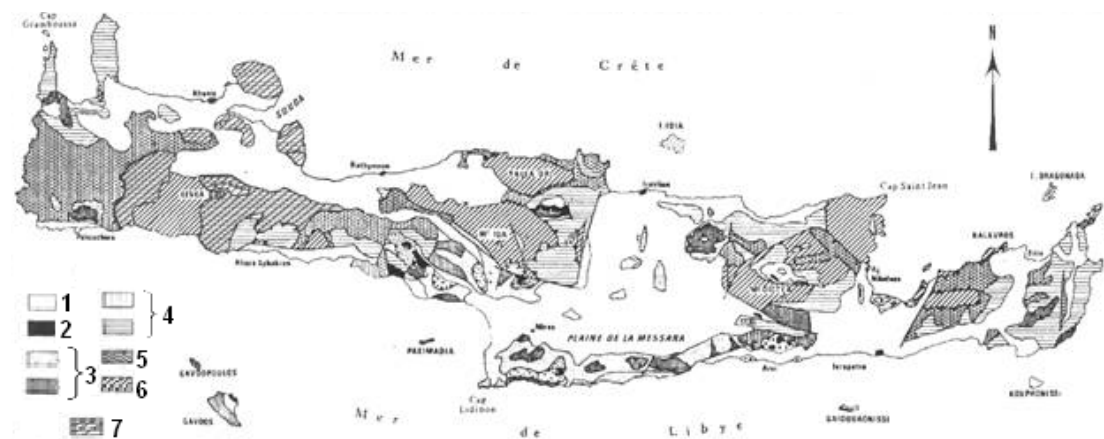
Τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της Κρήτης διαμορφώνονται από μια αλληλουχία φάσεων διαφορετικής ηλικίας και σχηματισμών, που συμμετέχουν στη τελική σημερινή δομή του νησιού. Το νησί αποτελείται α) από ένα αυτόχθονο έως παραυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστόλιθων και τους υποκείμενους ασβεστόλιθους, δολομίτες, β) ένα αλλόχθονο σύστημα (Ιόνια ζώνη) από σχιστόλιθους που παρεμβάλλεται στο αυτόχθονο, είναι επωθημένο πάνω του και περιλαμβάνει

επιμέρους καλύμματα και γ) από τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).

Το αλλόχθονο σύστημα αποτελείται από αλληπάλλληλα τεκτονικά καλύμματα επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο με την ακόλουθη σειρά, από το κατώτερο προς το ανώτερο (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008):

- Το ανθρακικό κάλυμμα Ομαλού-Τρυπαλίου, το οποίο περιλαμβάνει από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους έως μάρμαρα, δολομίτες, δολομιτικούς ασβεστόλιθους, ραουβάκες και ανθρακικά κροκαλολατυποπαγή
- Το τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτών – Χαλαζιτών, που περιλαμβάνει φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης
- Τη ζώνη Τρίπολης: Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, μεσοπαχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες
- Τη ζώνη Πίνδου: Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους και στρώματα κερατολίθων.
- Το Οφιολιθικό κάλυμμα: Αποτελεί ένα σύνθετο πολύμεικτο τεκτονικό κάλυμμα με ποικιλία λιθολογικών σχηματισμών (οφιόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, φλυσχοειδή ιζήματα, γρανίτες και ούτω καθεξής).

Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις. Αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης, ενώ τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).



Εικόνα 3.2 Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης Στο υπόμνημα: 1. Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα, 2. Οφιόλιθοι, 3. Κάλυμμα Πίνδου 4. Κάλυμμα Τρίπολης 5. Κάλυμμα Φυλλιτών – Χαλαζιτών, 6. Κάλυμμα Πλακωδών ασβεστόλιθων και 7. Κάλυμμα Τρυπαλίου (Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών 2006)

3.1.3.1 Υδρολιθολογική ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στο νησί της Κρήτης ταξινομούνται με βάση την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά στις εξής κατηγορίες (Περλέρος et al. 2004):

1) Καρστικοί σχηματισμοί

- Υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας:

Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας. Περιλαμβάνονται οι έντονα καρστικοποιημένοι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης της Τρίπολης, τα ανθρακικά Τρυπαλίου και οι Τριαδικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ιονίου ζώνης. Στους σχηματισμούς αυτούς αναπτύσσονται υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω μεγάλων καρστικών πηγών.

- Μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας:

Περιλαμβάνονται οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου, οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι Ιουρασικής-Ηωκαινικής ηλικίας της Ιονίου ζώνης και οι μικρότερες ανθρακικές εμφανίσεις των εσωτερικών καλυμμάτων. Η κυκλοφορία του νερού στους σχηματισμούς αυτούς ελέγχεται από τις παρεμβολές πυριτόλιθων, κερατολίθων και αργιλικών σχιστόλιθων. Στους σχηματισμούς αυτούς αναπτύσσονται μέσου έως μικρού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες. Εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού τους στις περιπτώσεις εκείνες που παρουσιάζουν και σημαντική επιφανειακή ανάπτυξη συμμετέχουν στην τροφοδοσία σημαντικών καρστικών πηγών.

- Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγή Τοπολίων, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας:

Παρουσιάζουν τόσο πρωτογενές όσο και δευτερογενές πορώδες και φιλοξενούν σημαντικές υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω αξιόλογων πηγών.

2) Κοκκώδεις σχηματισμοί

- Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας:

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι ποτάμιες και θαλάσσιες αναβαθμίδες, τα κροκαλοπαγή ποτάμιας προέλευσης, τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων όταν έχουν σημαντική εξάπλωση. Αναπτύσσονται, κατά θέσεις, αξιόλογες φρεάτιες υδροφορίες. Κοντά στη θάλασσα οι υδροφορίες αυτές έχουν υποστεί κατά θέσεις, υποβάθμιση εξαιτίας της υφαλμύρισης.

- Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας:

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα κροκαλοπαγή και οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι των νεογενών σχηματισμών που φιλοξενούν επιμέρους υπόγειες υδροφορίες μέσου έως μικρού δυναμικού.

- Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας:

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι πλειοκαινικές και μειοκαινικές μάργες, καθώς και ο αδιαίρετος σχηματισμός του νεογενούς. Τοπικά στον αδιαίρετο σχηματισμό των νεογενών αναμένεται η ανάπτυξη ασθενών υδροφοριών μέσα σε παρεμβολές κροκαλοπαγών ή μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Κατά θέσεις στις νεογενείς αποθέσεις αναπτύσσονται στρώματα γύψου που παρουσιάζουν αξιόλογη υδροφορία εντόνως όμως υποβαθμισμένη εξαιτίας των θεικών ιόντων.

3) Αδιαπέρατοι σχηματισμοί

- Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας:

Περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί του φλύσχη και τα ελαφρώς μεταμορφωμένα αργιλικά ιζήματα των διαφόρων ζωνών. Κατά θέσεις εντός των στρωμάτων του φλύσχη αναπτύσσονται τοπικού χαρακτήρα υδροφορίες μικρού έως μέσου δυναμικού.

- Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας:

Συμμετέχουν στην κατηγορία αυτή τα μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα των διαφόρων ζωνών και καλυμμάτων. Κατά θέσεις στους σχηματισμούς αυτούς, τόσο εξαιτίας του έντονου κερματισμού τους όσο και εξαιτίας της πετρολογικής σύνθεσης τους (π.χ. εναλλαγές χαλαζιτών, μαρμάρων) αναπτύσσονται επιμέρους, τοπικού χαρακτήρα, υδροφορίες.

4) Γύψοι

Στο σχηματισμό των γύψων αναπτύσσεται υψηλού δυναμικού υπόγεια υδροφορία εξαιτίας της διάλυσης τους ('ψευδοκαρστ') με υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα.

Στο σύνολο της Κρήτης οι καρστικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν το 37,6 % της συνολικής έκτασης της νήσου, οι κοκκώδεις υδροπερατοί σχηματισμοί το 39,6 % και οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί το 22,58 %. Μικρό τέλος ποσοστό καταλαμβάνουν οι γύψοι (0,21 %).

3.1.4 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά Κρήτης

3.1.4.1 Υδρογεωλογικές λεκάνες και συστήματα - Εκτίμηση υπόγειου υδατικού δυναμικού

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από υδρογεωλογική άποψη παρουσιάζουν οι τρεις μεγάλες σε έκταση ανθρακικές ενότητες που αναπτύσσονται στους ορεινούς όγκους των Λευκών Ορέων, του Ψηλορείτη και της Δίκτης-Σελένας και δευτερευόντως οι καρστικές ενότητες της Σητείας. Οι ασβεστολιθικοί αυτοί όγκοι τροφοδοτούν μεγάλο αριθμό αξιόλογων πηγών στην περίμετρο τους (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).

Η τεκτονική δομή και η στρωματογραφία (εναλλαγές διαπερατών και αδιαπέρατων σχηματισμών) συμμετέχουν στη διαμόρφωση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υδρογεωλογικών λεκανών (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στη Κρήτη είναι η ύπαρξη μεγάλων παράκτιων και υποθαλάσσιων υφάλμυρων καρστικών πηγών μαζί με τις αντίστοιχα μεγάλες καρστικές πηγές με καλής ποιότητας υπόγειο νερό. Η ανυπαρξία γεωλογικών φραγμών σε εκτεταμένες ανθρακικές εμφανίσεις προς τη θάλασσα σε συνδυασμό με παλαιογεωγραφικά αίτια έχουν συντελέσει στην υφαλμύριση σημαντικών καρστικών υδροφορέων (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της κάθε περιοχής εξαρτώνται άμεσα από τις αντίστοιχες γεωλογικές, τεκτονικές και μορφολογικές συνθήκες. Έτσι με βάση, αρχικά, την υδρολιθολογική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών και σε συνδυασμό με τους προαναφερόμενους παράγοντες γίνεται ο διαχωρισμός του νησιού στις παρακάτω υδρογεωλογικές ενότητες (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008):

Πίνακας 3.3 Συγκεντρωτικός πίνακας υδρογεωλογικών ενοτήτων Κρήτης (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008)

	Έκταση (m ²)	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)	Όγκος κατακρατήσεων (m ³ /έτος)	Μέση κατείδυση (%)	Όγκος κατεισδύοντος νερού (m ³ /έτος)
1. Καρστικές υδροφορίες					
Σύνολο	2.729.623.071	1.300	3.549.291.248	50	1.788.224.156
2. Νεογενείς-προσχωσιγενείς υδροφορίες					
Σύνολο	2.597.278.713	693	1.799.292.422	20	364.754.573
3. Άλλες υδροφορίες					
Σύνολο	975.837.125	780	760.687.235	10	80.585.170
Γενικό σύνολο	6.302.738.909	969	6.109.270.904	37	2.233.563.899

Από τις καρστικές λεκάνες ένα τμήμα των ανωτέρω διακινούμενων υπογείως ποσοτήτων αναφέρεται σε υφάλμυρα νερά. Οι κύριες υφάλμυρες πηγές στις οποίες παρακολουθείται η παροχή τους εκφορτίζουν ετησίως περί τα 450 ·10⁶ m³/έτος. Εκτιμάται ότι η συνολική ποσότητα υφάλμυρου νερού μαζί με τις υποθαλάσσιες εκφορτίσεις ανέρχεται σε 800-1.000 ·10⁶ m³/έτος (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008).

3.1.5 Υδρολογικό ισοζύγιο

Η Κρήτη γενικώς παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (από ανατολικά προς δυτικά και βόρεια προς νότια), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές, ορεινές περιοχές) εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας: 61 mm/ 100m η οποία προκύπτει από την γραμμική συσχέτιση όλων των βροχομετρικών σταθμών στην Κρήτη. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι στην ανατολική Κρήτη κατά 22% μικρότερη σε σχέση με τη Δυτική (Περλέρος et al. 2004).

Τέλος, και στη νότια Κρήτη αναπτύσσονται πολλές υδρολογικές λεκάνες καμία ωστόσο από αυτές δεν ξεπερνά σε έκταση τα 600 km² με έντονη διακύμανση των παροχών τους. Η συνολική μέση απορροή που διακινείται ετησίως επιφανειακά από τα κυριότερα υδατορεύματα του νησιού ανέρχεται σε 500*10⁶ m³/έτος σε σύνολο 740*10⁶ m³/έτος ολικής επιφανειακής απορροής. Η απορροή αυτή περιλαμβάνει τόσο πηγαία νερά που εκφορτίζονται εντός των αντίστοιχων λεκανών απορροής όσο και την καθεαυτό επιφανειακή απορροή (Περλέρος et al. 2004).

Πίνακας 3.4 Ετήσιο υδατικό ισοζύγιο Κρήτης (Περλέρος et al. 2004)

Σύνολο Κρήτης (έκταση 8.335 km²)				
Υδρολογικό έτος (Y.E.)	Βροχόπτωση (10 ⁹ m ³)	Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (10 ⁹ m ³)	Απορροή (10 ⁹ m ³)	Κατείδυση (10 ⁹ m ³)
Κανονικό Y.E.	7,69	4,83	0,74	2,12
Υγρό Y.E.	10,33	6,48	0,99	2,85
Ξηρό Y.E.	5,07	3,18	0,49	1,40
Ανατολική Κρήτη (4.430 km²)				
Υδρολογικό έτος (Y.E.)	Βροχόπτωση (10 ⁹ m ³)	Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (10 ⁹ m ³)	Απορροή (10 ⁹ m ³)	Κατείδυση (10 ⁹ m ³)

Κανονικό Υ.Ε.	3,61	2,27	0,35	1,00
Υγρό Υ.Ε.	4,91	3,08	0,47	1,35
Ξηρό Υ.Ε.	2,33	1,49	0,22	0,64
Δυτική Κρήτη (3.870 km²)				
Υδρολογικό έτος (Υ.Ε.)	Βροχόπτωση (10 ⁹ m ³)	Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (10 ⁹ m ³)	Απορροή (10 ⁹ m ³)	Κατείσδυση (10 ⁹ m ³)
Κανονικό Υ.Ε.	4,07	2,55	0,39	1,12
Υγρό Υ.Ε.	5,40	3,39	0,52	1,49
Ξηρό Υ.Ε.	2,74	1,72	0,26	0,76

3.1.6 Προστατευόμενες περιοχές

Η διατήρηση των φυσικών οικοτόπων, της άγριας πανίδας και χλωρίδας αποτελεί πρωτεύοντα στόχο της Ευρωπαϊκής κοινότητας. Η Ευρωπαϊκή κοινότητα διαπιστώνοντας ότι οι φυσικοί οικοτόποι στο έδαφος των κρατών μελών της συνεχώς υποβαθμίζονται και ταυτόχρονα ότι αυξάνεται συνεχώς και ο αριθμός των προστατευόμενων ειδών καθώς απειλούνται από εξαφάνιση, προχώρησε στην υιοθέτηση της Οδηγίας 92/49/ΕΟΚ με στόχο την προστασία της φύσης. Η Οδηγία αυτή συμπληρώνει και επεκτείνει το μηχανισμό προστασίας της φύσης που είχε θέσει η Οδηγία 79/409/ΕΟΚ. Μάλιστα, για να διασφαλίσει τη διατήρησης ή και τη αποκατάσταση σε ικανοποιητικό βαθμό των φυσικών οικοτόπων και των άγριων ειδών χλωρίδας και πανίδας έχει ιδρύσει ένα συνεκτικό Ευρωπαϊκό Δίκτυο ειδικών ζωνών, που ονομάζεται Natura 2000 (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής 2009).

Η γνώση της ύπαρξης ή μη τέτοιων περιοχών στην Κρήτη και η θέση τους στο νησί κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική για την παρούσα πτυχιακή αν λάβει κανείς υπόψη πως οι μονάδες αφαλάτωσης διαθέτουν την άλμη του νερού σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον, με αποτέλεσμα τον κίνδυνο ιδιαίτερα αρνητικών επιπτώσεων για το ευαίσθητο θαλάσσιο οικοσύστημα. Κατά συνέπεια, κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική η αποφυγή και η πρόβλεψη της επίδρασης αυτής.

Σύμφωνα με τις καταγραφές του Δικτύου Natura 2000, οι προστατευόμενες περιοχές που οριοθετούνται στο νησί της Κρήτης είναι οι παρακάτω:



Εικόνα 3.3 Προστατευόμενες περιοχές στο νησί της Κρήτης (Natura2000.eea.europa.eu 2012)

3.1.7 Χρήσεις γης Κρήτης - Ζήτηση νερού

Η Κρήτη χαρακτηρίζεται από μια σχετική ποικιλία στην κάλυψη της γης, που εξαρτάται από τον κάθε νομό. Όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.4), οι νομοί των Χανίων και Ρεθύμνου παρουσιάζουν περισσότερη δασική έκταση, όπως και θαμνώδη και πορώδη βλάστηση. Από την άλλη πλευρά στους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου παρατηρούνται βιομηχανικές χρήσεις, ενώ στο νομό Χανίων διαπιστώνεται αραιή έως και ανύπαρκτη βλάστηση. Οι νομοί Ηρακλείου και Χανίων ταυτόχρονα παρατηρούν τη μεγαλύτερη αστική κάλυψη. Τέλος, η μικρότερη αστική κάλυψη εμφανίζεται στο Λασιθί (Eea.europa.eu 2006).

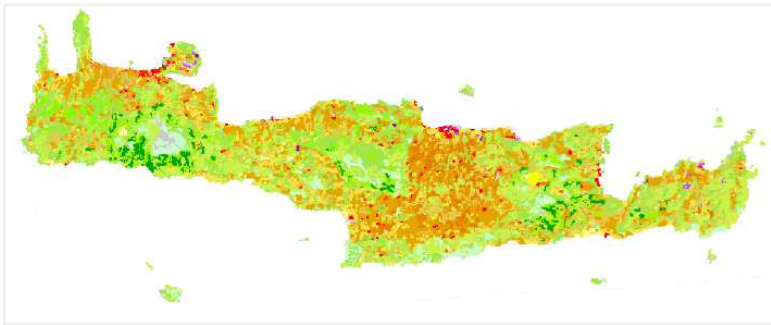
Η ζήτηση νερού στο υδατικό διαμέρισμα Κρήτης διακρίνεται στη ζήτηση που αφορά τη γεωργία και την κτηνοτροφία, την ύδρευση και τη βιομηχανία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ζήτηση του νερού με βάση τους παραπάνω τομείς δραστηριότητας (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2003):

Πίνακας 3.5 Ζήτηση του νερού στην Κρήτη με βάση τα στοιχεία του 2003 (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2008)

Χρήση	Σημερινή (hm³ ανά έτος)
Άρδευση	320
Κτηνοτροφία	10,20
Ύδρευση	42,33
Βιομηχανία	4,1
ΣΥΝΟΛΟ	376,63

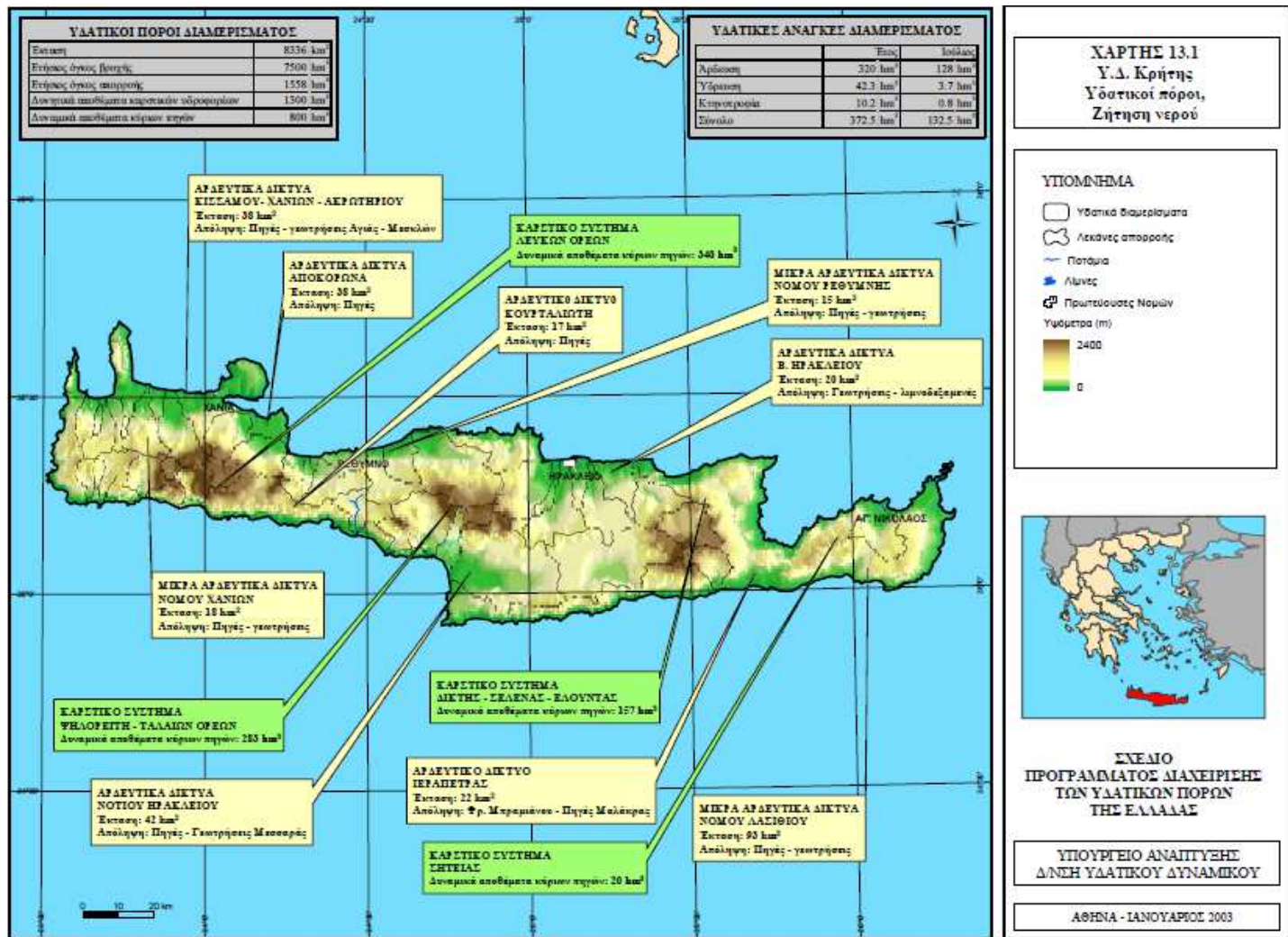
Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα η ζήτηση για άρδευση και κτηνοτροφία αντιπροσωπεύει το 88 % της συνολικής ζήτησης. Αντίστοιχα, η ζήτηση για ύδρευση αντιστοιχεί στο 11 % της συνολικής ζήτησης ενώ τέλος η βιομηχανική ζήτηση αποτελεί μόλις το 1% της συνολικής ζητούμενης ποσότητας νερού.

Η ύδρευση στα μεγάλα αστικά κέντρα είναι ευθύνη των αντίστοιχων ΔΕΥΑ. Σε ημιαστικά κέντρα και σε κοινότητες η ύδρευση καλύπτεται από υδροληπτικά έργα υδρευτικών συνδέσμων ή μεμονωμένα (Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2003).



Εικόνα 3.4 Χρήσεις γης στην Κρήτη (Eea.europa.eu 2006)

Στον παρακάτω χάρτη φαίνονται συγκεντρωτικά οι υδατικοί πόροι και η ζήτηση σε νερό στο νησί της Κρήτης:



Εικόνα 3.5 Υδατικοί πόροι και η ζήτηση σε νερό στο νησί της Κρήτης

Πιο συγκεκριμένα, η ζήτηση σε νερό ανάλογα με το είδος χρήσης και τον νομό του νησιού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.6 Ζήτηση του νερού ανά νομό και τομέα δραστηριότητας με βάση τα στοιχεία του 2003 (Περλέρος et al. 2004)

Νομός	Υδρευση (m ³ /έτος)	Κτηνοτροφία (m ³ /έτος)	Άρδευση (m ³ /έτος)	Ελαιουργεία (m ³ /έτος)	Βιομηχανία (m ³ /έτος)	Σύνολο (m ³ /έτος)
Χανίων	17.469.000	1.707.000	108.897.000	236.000	1.459.000	129.768.000
Ρέθυμνου	8.427.000	1.842.000	39.143.000	136.000	269.000	49.818.000
Ηρακλείου	30.152.000	1.920.000	202.914.000	415.000	1.334.000	236.735.000
Λασιθίου	9.290.000	704.000	88.664.000	143.000	114.000	98.916.000
Περιφέρεια	65.338.000	6.173.000	439.618.000	930.000	3.176.000	515.237.000

3.1.8 Ισοζύγιο προσφοράς- ζήτησης

Από την επεξεργασία των συνολικών αναγκών σε επίπεδο δήμων της Κρήτης συνεπάγεται ότι οι σημερινές ανάγκες σε νερό καλύπτονται σε ποσοστό 72,20 % όπως αναλυτικά παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα (Περλέρος et al. 2004):

Πίνακας 3.7 Ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης – υφιστάμενη κατάσταση (Περλέρος et al. 2004)

Συνολικές ποσότητες σε 10 ⁹ m ³	Κατανάλωση	Έλλειμμα	Κάλυψη
Άρδευση	302,06	156,31	65,90 %
Υδρευση και λοιπές χρήσεις	69,75	7,59	90,20 %
Σύνολο χρήσεων	371,81	163,90	72,20 %

3.1.9 Εξαγόμενα συμπεράσματα

Το υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης θεωρείται ισχυρά πλεονασματικό σε νερό αν λάβει κανείς υπόψη τα απόλυτα μεγέθη προσφοράς και ζήτησης νερού.

Η μέση ετήσια προσφορά των επιφανειακών και υπογείων υδατικών πόρων ανέρχεται σε 2860*10⁶ m³ νερού, ενώ η επιθυμητή ζήτηση ανέρχεται αντίστοιχα στα 515*10⁶ m³. Ωστόσο, η ιδιαίτερη γεωλογία και γεωμορφολογία της Κρήτης και οι επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες μετατρέπουν αυτό το ισχυρό απόλυτο πλεόνασμα σε ένα μικρότερο σχετικό πλεόνασμα, που σε συνδυασμό με την έντονη εποχικότητα σε ότι αφορά την προσφορά και την χωρική ανισοκατανομή των πόρων οδηγούν σε αδυναμίες κάλυψης της υφιστάμενης ζήτησης σε διαφορετικές περιοχές. Για παράδειγμα, οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της νήσου (Αλμυρός Γεωργιούπολης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγίου Νικολάου) εκφορτίζουν σε μέση ετήσια βάση γύρω στα 450*10⁶ m³, δηλαδή το 15,7 % της συνολικής προσφοράς νερού, το 87,3 % της συνολικής επιθυμητής ζήτησης και το 120,9 % της πραγματικής σημερινής κατανάλωσης. Εξαιρώντας τις ποσότητες που εκφορτίζουν οι τρεις αυτές πηγές, το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό επιφανειακό και υπόγειο εκτιμάται ότι ανέρχεται κατά μέγιστο σε 857*10⁶ m³ (Περλέρος et al. 2004).

Η χωρική ανομοιογένεια της διαθεσιμότητας, αλλά κυρίως της δυνατότητας αξιοποίησης του νερού αποτελεί ακόμη μια παράμετρο όξυνσης του προβλήματος. Η Δυτική Κρήτη εμφανίζει κατά μέσο ετήσιο όρο 11,9 % μεγαλύτερη προσφορά νερού σε σύγκριση με την Ανατολική, ωστόσο οι υδατικοί πόροι της τελευταίας είναι εξαιτίας των γεωλογικών αιτών περισσότερο αξιοποιήσιμοι. Εξάλλου, προβλήματα διαθεσιμότητας νερού εμφανίζονται από περιοχή σε περιοχή στη Δυτική Κρήτη.

Στο σύνολο της Κρήτης το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων (62 %) δαπανάται για την κάλυψη της εξαμισοδιαπνοής και μονάχα το υπόλοιπο 38 % κατεισδύει ή απορρέει σε ποσοστά 28 % και 10 % αντίστοιχα (Περλέρος et al. 2004).

Σήμερα σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος καταναλώνονται ετησίως $372 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ οι ανάγκες ανέρχονται σε $515 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Το ποσοστό κάλυψης των υδατικών αναγκών ανέρχεται σε 72 % (66 % για την άρδευση και 90 % για την ύδρευση) (Περλέρος et al. 2004).

Για την κάλυψη του παραπάνω ελλείμματος μπορούν να πραγματοποιηθούν διαφορετικές ενέργειες. Μια από αυτές αποτελεί και η τεχνική αφαλάτωσης, που απασχολεί και την παρούσα εργασία και πιο συγκεκριμένα η αφαλάτωση με τη χρήση Α.Π.Ε.

3.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά και ιδιαίτερος βασιζόμενοι στις προστατευόμενες περιοχές με βάση το Δίκτυο Natura 2000, μέσα από το οποίο απορρίπτονται διαφορετικές περιοχές από την εφαρμογή μονάδων αφαλάτωσης, λόγω αρνητικών επιπτώσεων που μπορούν να επιφέρουν στο περιβάλλον, περιοχές κατάλληλες για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης, θεωρούνται κυρίως οι εξής:

- Η ευρύτερη περιοχή των Χανίων
- Η ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου και
- Κάποιες περιοχές από το νομό Λασιθίου

Ωστόσο, και καθώς η έρευνα για τα κλιματολογικά δεδομένα των τριών νομών, απέδειξε επάρκεια δεδομένων μονάχα για το νομό Ηρακλείου, ο νομός αυτός είναι και αυτός που τελικά επιλέγεται για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης.

3.2.1 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά περιοχής Ηρακλείου

Τα βασικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης με βάση το λογισμικό METEONORM 5.102 (με βάση δεδομένα 10 ετών) διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 3.8 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης (METEONORM 5.102)

Μήνας	Ta (° C)	Ta min (° C)	Ta dmin (° C)	Ta max (° C)	Ta dmax (° C)	RH (%)	RR (mm)	FF (m/s)
Ιανουάριος	11,0	3,8	7,9	18,7	14,1	72	92	3,8
Φεβρουάριος	11,6	3,6	8,0	20,7	14,9	69	77	3,9
Μάρτιος	13,8	5,5	9,9	24,2	17,4	64	57	3,8
Απρίλιος	17,3	8,1	12,7	29,3	21,0	58	30	3,1
Μάιος	21,2	12,6	16,8	32,7	25,2	56	15	2,8
Ιούνιος	25,2	16,7	20,7	34,0	28,4	53	3	3,3
Ιούλιος	26,7	19,3	23,0	35,9	30,0	55	1	4,0
Αύγουστος	26,2	19,3	22,8	32,5	29,3	57	1	3,9
Σεπτέμβριος	23,3	15,8	19,1	31,0	26,5	62	20	2,9
Οκτώβριος	19,5	11,4	16,0	28,0	22,9	67	69	3,3
Νοέμβριος	16,1	7,5	12,2	25,2	19,3	69	59	3,5
Δεκέμβριος	12,9	4,4	9,6	21,4	16,2	71	77	4,0
Ετησίως	18,7 (Μέσος όρος)					63 (Μέσος όρος)	501 (Σύνολο)	3,5 (Μέσος όρος)

Υπόμνημα:

Ta: Ατμοσφαιρική θερμοκρασία
 Ta min: Ελάχιστη ατμοσφαιρική θερμοκρασία
 Ta dmin: Μέση ημερήσια ελάχιστη ατμοσφαιρική θερμοκρασία
 Ta max: Μέγιστη ατμοσφαιρική θερμοκρασία
 Ta dmax: Μέση ημερήσια μέγιστη ατμοσφαιρική θερμοκρασία
 RH: Σχετική υγρασία
 RR: Βροχόπτωση
 FF: Ταχύτητα του ανέμου

Σε ότι την ηλιακή ακτινοβολία και πάλι με βάση το λογισμικό METEONORM 5.102 (με βάση δεδομένα 10 ετών) διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 3.9 Ηλιακή ακτινοβολία περιοχής μελέτης (METEONORM 5.102)

Μήνας	SD (h/ day)	H_Gh (kWh/ m ²)	H_Dh (kWh/ m ²)	H_Gk (kWh/ m ²)	H_Dk (kWh/ m ²)
Ιανουάριος	116	72	41	104	51
Φεβρουάριος	121	92	44	124	53
Μάρτιος	178	131	67	155	75
Απρίλιος	227	181	77	193	84
Μάιος	301	219	86	213	88
Ιούνιος	351	229	81	212	82
Ιούλιος	372	220	90	210	91
Αύγουστος	346	213	73	220	79
Σεπτέμβριος	281	177	55	207	67
Οκτώβριος	198	126	54	167	67
Νοέμβριος	149	82	41	119	52
Δεκέμβριος	121	52	32	75	39
Ετησίως (Σύνολο)	2761	1792	741	1999	827

Υπόμνημα:

SD: Διάρκεια ηλιοφάνειας
 H_Gh: Συνολική έκθεση αντικειμένου στην ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
 H_Dh: Έκθεση αντικειμένου στην έμμεση (διάχυτη) ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
 H_Gk: Συνολική έκθεση αντικειμένου στην ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο (Βέλτιστη κλίση για την περιοχή μελέτης 28 °, Institute for energy and transport (2012) PVGIS PV Estimation Utility.)
 H_Dk: Έκθεση αντικειμένου στην έμμεση (διάχυτη) ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο (Βέλτιστη κλίση για την περιοχή μελέτης 28 °, Institute for energy and transport (2012) PVGIS PV Estimation Utility.)

Με βάση τα παραπάνω κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής, διαπιστώνεται πως η καταλληλότερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας είναι η ηλιακή και έτσι προτείνεται η χρήση συστήματος φωτοβολταϊκών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας αφαλάτωσης. Πιο συγκεκριμένα, εξάγεται το πόρισμα πως πρόκειται για μια περιοχή με υψηλά ποσοστά ηλιασμού με μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία ίση με 5 kWh/ m².

Η αιολική ενέργεια δεν κρίνεται αποδοτική, καθώς η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι 3,5 m/ sec, δεν ξεπερνά δηλαδή τα 5 m/ sec που κρίνονται ως απαραίτητη μέση ταχύτητα, ώστε το αιολικό δυναμικό να είναι κατάλληλο για την παραγωγή ενέργειας.

Από την άλλη μεριά και λόγω των προσφερθέντων προτερημάτων της μεθόδου αντίστροφη όσμωσης (RO) (βλέπε Ενότητα 1.4, σελ.12), αυτή είναι η μέθοδος που επιλέγεται για την μελέτη του συνδυασμού μονάδας αφαλάτωσης - Α.Π.Ε. στην παρούσα πτυχιακή.

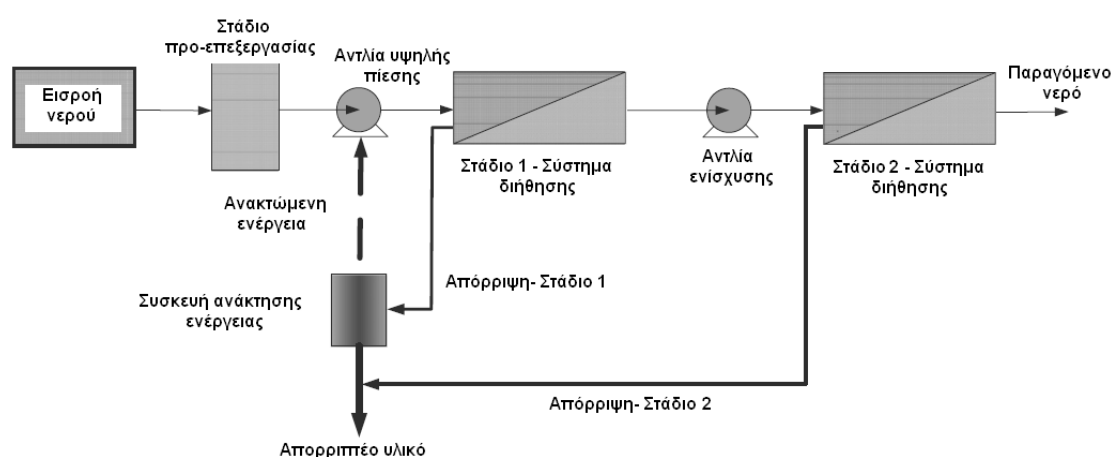
3.3 ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕ Α.Π.Ε.

3.3.1 Μονάδα αντίστροφης όσμωσης - συστήματος φωτοβολταϊκών

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η οικονομική μελέτη σκοπιμότητας μιας μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης $20 \text{ m}^3/\text{d}$, που στοχεύει να καλύψει τις ανάγκες σε νερό ενός μικρού ξενοδοχείου, χωρητικότητας 22 συνολικά επισκεπτών. Η μονάδα, όπως προαναφέρθηκε είναι σχεδιασμένη για την περιοχή του Ηρακλείου και πιο συγκεκριμένα για το δήμο Γαζίου και θεωρείται ότι θα έχει διάρκεια ζωής 20 έτη.

3.3.1.1 Σχεδιασμός μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης

Ένα απλοποιημένο διάγραμμα της μονάδας αντίστροφης όσμωσης, που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 3.6 Απλοποιημένο διάγραμμα της μονάδας αντίστροφης όσμωσης (RO) (Avlonitis et al. 2003)

Η μονάδα αποτελείται από δύο στάδια με το πρώτο να αποτελεί το στάδιο, στο οποίο το θαλασσινό νερό αντλείται προς το τμήμα προεπεξεργασίας με τη βοήθεια της αντλίας εισροής. Το προεπεξεργασμένο θαλασσινό νερό ρέει προς την αντλία υψηλής πίεσης, όπου η πίεση του αυξάνεται σε ένα εύρος μεταξύ 55 bar και 60 bar, πριν να εισέλθει στο σύστημα διήθησης του πρώτου σταδίου. Η απόρριψη σχετικά υψηλής πίεσης από το στάδιο πρώτο στάδιο, κατευθύνεται προς τη διάταξη ανάκτησης ενέργειας και στη συνέχεια αποβάλλεται στην εκροή (Avlonitis et al. 2003).

Το διήθημα αφήνοντας το πρώτο στάδιο σε ατμοσφαιρική πίεση, στη συνέχεια συμπιέζεται από μια αντλία ενίσχυσης, σε μια πίεση που κυμαίνεται μεταξύ 15 bar και 40 bar για να αφαλατωθεί περαιτέρω στο δεύτερο στάδιο. Το διήθημα αφήνοντας το δεύτερο στάδιο έχει επίπεδο TDS μικρότερο των 500 ppm, ενώ η απόρριψη διοχετεύεται στην εκροή (Avlonitis et al. 2003).

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής (Avlonitis et al. 2003):

- Μεμβράνες θαλασσινού νερού 0,064 m για το πρώτο στάδιο και
- Μεμβράνες υφάλμυρου νερού 0,064 m για το δεύτερο στάδιο

Και οι δύο επιλεγμένες μεμβράνες είναι σπειροειδούς περιέλιξης ανά δοχείο πίεσης.

Μάλιστα, η μονάδα θεωρείται εξοπλισμένη με δεξαμενή αποθήκευσης 20 m³, μια χωρητικότητα αποθήκευσης, που πιστεύεται ότι είναι αρκετή τόσο για την υποβοήθηση του συστήματος και για να προβλέπει τυχόν αναξιόπιστες καιρικές συνθήκες, απρογραμματίστες διακοπές λειτουργίας του συστήματος και την μεταβλητότητας στην κατανάλωση (Avlonitis et al. 2003).

Για τον σχεδιασμό της μονάδας αφαλάτωσης το απλοποιημένο μοντέλο των Avlonitis et al. (2003) υιοθετήθηκε. Παρά την απλότητα των εξισώσεων της μονάδας, έχουν ληφθεί υπόψη γεωμετρικά στοιχεία της μεμβράνης σπειροειδούς περιέλιξης. Πιο συγκεκριμένα λήφθηκαν υπόψη, ο αριθμός των μεμβρανών, το μήκος τους, το πλάτος και το ύψος των καναλιών διήθησης και άλμης. Τέλος, η πτώση πίεσης στα κανάλια διήθησης και άλμη, η πολωσιμετρική συγκέντρωση και η διαβάθμιση της συγκέντρωσης κατά μήκος της μονάδας λήφθηκαν υπόψη.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης:

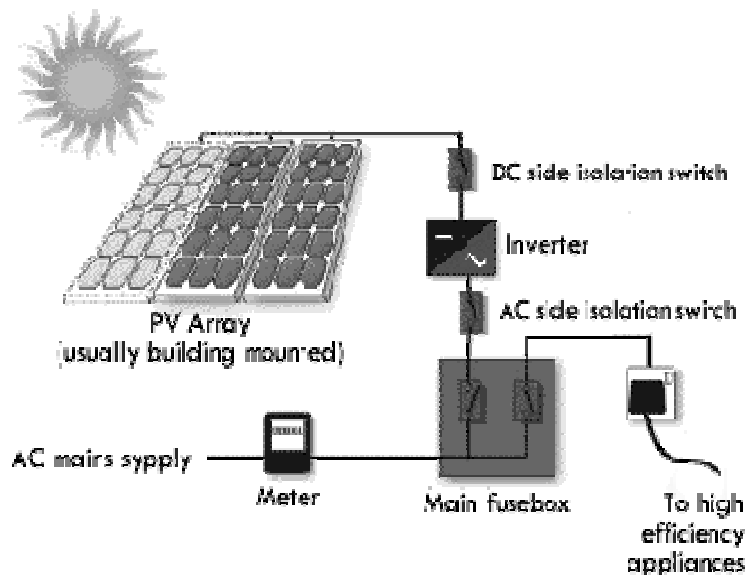
Πίνακας 3.10 Τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης (Avlonitis et al. 2003)

Γενικά χαρακτηριστικά μονάδας	
Δυναμικότητα συστήματος	20 m ³ / d
Ανάκτηση συστήματος	0,26
Διάταξη μονάδας RO	2 σταδίων
Αριθμός συστημάτων διήθησης ανά δοχείο πίεσης σε κάθε στάδιο	2
Τροφοδοτούμενη συγκέντρωση	45.000 ppm
Διορθωτικός συντελεστής ρύπανσης	0,7
Ατμοσφαιρική πίεση	100.000 Pa
Αρθρωτό μήκος (χωρίς κόλλα)	0,867 m
Αρθρωτό πλάτος (χωρίς κόλλα)	1,17 m
Επιφάνεια μεμβράνης	2,02878 m ²
Ύψος καναλιού διήθησης	0,00043 m
Ύψος καναλιού άλμης	0,00077 m
Συντελεστής διάσπασης	0,9
Αριθμός ιόντων διάσπασης	2
Παγκόσμια σταθερά των αερίων	0,00008206 m ³ atm/ g mol K
Γραμμομοριακή πυκνότητα του νερού	55,6 kmol/m ³
Τροφοδοτούμενη θερμοκρασία	25 ° C
Μοριακό βάρος άλατος	58,5 kg/ kg mol
Παράμετρος τριβής (διήθησης)	1,10E 09 m ⁻²
Ιξώδες διαλύματος	0,00089 kg/ m s
Πυκνότητα	1.100 kg/ m ³
Διαχυσιμότητα	1,6E-09 m ² / s
Χαρακτηριστικά μεταφοράς μάζας των μεμβρανών	
Συνολική επιφάνεια μεμβρανών	36,03 m ²
Στάδιο 1	
Συντελεστής διαπερατότητας νερού	3,31E-12 m S ⁻¹ Pa ⁻¹
Συντελεστής διαπερατότητας άλατος	3,34E-07 m/ s
Συντελεστής μεταφοράς μάζας	3,76E-05 m/ s
Στάδιο 2	
Συντελεστής διαπερατότητας νερού	4,70E-12 m S ⁻¹ Pa ⁻¹
Συντελεστής διαπερατότητας άλατος	2,52E-07 m/ s
Συντελεστής μεταφοράς μάζας	3,76E-05 m/ s

Χαρακτηριστικά αντλιών και ανάκτησης ενέργειας	
Αντλία υψηλής πίεσης - πίεση εξόδου	55,36 bar
Αντλία ενίσχυσης (δεύτερο στάδιο) - πίεση εξόδου	315 bar
Σύνολο απαιτήσεων εναλλασσόμενου ρεύματος (πριν από την ανάκτηση ενέργειας)	9,71 kW
Ανάκτηση ενέργειας	3,26 kW
Καθαρές απαιτήσεις ισχύος άντλησης δύναμης (μετά την ανάκτηση ενέργειας)	6,45 kW
Κινητήρας απόδοσης	0,8
Μηχανική απόδοση των αντλιών	0,8
Αντλία εισροής - υποτιθέμενη πίεση εξόδου	4 bar
Αντλία Προϊόντος - υποτιθέμενη πίεση εξόδου	4 bar
Ενεργειακή απόδοση ανάκτησης	0,85

3.3.1.2 Σχεδιασμός μονάδας φωτοβολταϊκών

Η τυπική διάταξη ενός συστήματος φωτοβολταϊκών παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 3.7 Απλοποιημένο διάγραμμα συστήματος φωτοβολταϊκών (Electricityforum 2012)

Για μια τέτοια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης δυναμικότητας 20 m³/d απαιτείται ένα σύστημα φωτοβολταϊκών 8,2 kW (Bilton 2010). Για την παραγωγή αυτής της ισχύος θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 36 πολυκρυσταλλικά πάνελ REC, ισχύος 230 W, που οδηγούν σε μια συνολική ισχύ 8,28 kW. Παράλληλα χρησιμοποιείται ένας inverter KOSTAL PIKO 10.1 που μπορεί να στηρίξει την παραπάνω ισχύ. Η μέση απαιτούμενη έκταση που απαιτείται για ένα τέτοιο σύστημα είναι 100 με 120 m² (Ενεργειακή Μηχανική Α.Ε. χ.χ.).

Τα χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού συστήματος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (κάποια από τεχνικά αυτά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στην αγγλική γλώσσα):

Πίνακας 3.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά και αρχικό κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος (REC Solar AS 2012; Alumil Solar 2012; KOSTAL PIKO 10.1 2011)

Χαρακτηριστικά των πάνελ	
Peak Power Watts - P _{MAX} (W _p)	230
Συνολικός αριθμός πάνελ	36
Τεχνολογία	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο
Maximum Power Voltage - VMPP (V)	29,4
Open Circuit Voltage - VOC (V)	37,1
Maximum Power Current - IMPP (A)	7,8
Short Circuit Current - ISC(A)	8,3
Max Series Fuse Rating (A)	15
Διαστάσεις (mm)	1665 x 991 x 38
Επιφάνεια (m ²)	1,65
Βάρος (kg)	18
Module Efficiency (%)	13,9
Πιστοποιητικά	UL1703, IEC 61215 και IEC 61730
Εγγύηση	10 χρόνια εγγύηση ισχύος εξόδου 90% 25 χρόνια εγγύηση ισχύος εξόδου 80%
Τιμή ανά W (€/W)	1,25
Χαρακτηριστικά Inverter	
Αριθμός Inverter	1
Τάση δικτύου AC εξόδου	400 V 3/N/PE
Συχνότητα εξόδου AC	50 Hz
Ονομαστική ισχύς εξόδου AC	10.000 W
Ελαχίστη τάση εισόδου DC	180 V
Μέγιστη τάση εισόδου DC	950 V
Ονομαστική τάση εισόδου DC	680 V
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	97,0 %
Συντελεστής ισχύος	1
Διαστάσεις (mm)	520 x 230 x 450
Βάρος (kg)	34
Υγρασία	0-95%
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20-60 ° C
Κατηγορία προστασίας IP κατά IEC 60529	IP 55
Κόστος	2.450 €
Λοιπός εξοπλισμός	
Κόστος Βάσεων (Alumil Solar)	2.500 €
Λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	1.000 €
Έξοδα εγκατάστασης	1.500 €
Συνολικό κόστος (χωρίς Φ.Π.Α.)	17.800 €
Συνολικό κόστος (με Φ.Π.Α. (23 %))	21.894 €

Στο κόστος του συστήματος πρέπει να προστεθεί και το κόστος σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η, που για ένα σύστημα μέχρι 10 kW είναι 615 € (περιέχει το Φ.Π.Α). Οπότε το συνολικό κόστος είναι **22.509 €**.

Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος είναι (Institute for energy and transport (2012) PVGIS PV Estimation Utility):

Πίνακας 3.12 Ετήσια απόδοση μονάδας φωτοβολταϊκών 8,28 kW (Institute for energy and transport (2012) PVGIS PV Estimation Utility)

Μήνας	Μηνιαία παραγωγή (kWh)
Ιανουάριος	656
Φεβρουάριος	778
Μάρτιος	1.022
Απρίλιος	1.214
Μάιος	1.321
Ιούνιος	1.351
Ιούλιος	1.465
Αύγουστος	1.441
Σεπτέμβριος	1.322
Οκτώβριος	997
Νοέμβριος	672
Δεκέμβριος	557
Συνολικά	12.896

Λαμβάνοντας υπόψη τη τιμή πώλησης του ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά συστήματα μέχρι 10 kW για την περίοδο εκπόνησης της πτυχιακής, που κυμαίνεται στα 0,47025 €/ kWh, προκύπτουν τα εξής (Econews 2012):

Πίνακας 3.12 Ετήσια οικονομική απόδοση μονάδας φωτοβολταϊκών 8,28 kW

Μήνας	Μηνιαία παραγωγή (kWh)	Μηνιαία απόδοση (€)
Ιανουάριος	656	308
Φεβρουάριος	778	366
Μάρτιος	1.022	481
Απρίλιος	1.214	571
Μάιος	1.321	621
Ιούνιος	1.351	635
Ιούλιος	1.465	689
Αύγουστος	1.441	678
Σεπτέμβριος	1.322	622
Οκτώβριος	997	469
Νοέμβριος	672	316
Δεκέμβριος	557	262
Συνολικά	12.896	6.018

3.3.2 Κόστος μονάδας αντίστροφης όσμωσης - συστήματος φωτοβολταϊκών

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τυπικά κόστη για μια τέτοια μονάδα (ProDes 2010; Voivontas et al. 2001):

Πίνακας 3.13 Τυπικά κόστη μονάδας αντίστροφης όσμωσης - συστήματος φωτοβολταϊκών (ProDes 2010; Voivontas, D. et al. 2001)

Διαδικασία αφαλάτωσης	Αρχικό κόστος επένδυσης (€/ m ³)	Αναλώσιμα (€/ m ³)	Εργατικά (€/ m ³)	Συντήρηση (€/ m ³)
Αντίστροφη όσμωση	1.600	0,25	0,2	0,05
Α.Π.Ε.	Αρχικό κόστος επένδυσης (€/ kW)		Συντήρηση (€/ kW)	
Σύστημα φωτοβολταϊκών	2.570		10	

Η οικονομική μελέτη για την μονάδα αφαλάτωσης θα υπολογιστεί με βάση τον παραπάνω πίνακα, ενώ για το αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών από το λογισμικό RETScreen PV3 International.

3.3.2.1 Κόστος μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης

Το αρχικό κόστος για την παρούσα μονάδα αφαλάτωσης με βάση τον παραπάνω πίνακα είναι 32.000 €. Ταυτόχρονα, το ετήσιο κόστος για την συντήρηση και λειτουργία της μονάδας κυμαίνεται στα 1.000 €/ yr.

3.3.2.2 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος

Το αρχικό κόστος για την εγκατάσταση του παραπάνω φωτοβολταϊκού συστήματος αναλύθηκε παραπάνω. Θα πρέπει να τονιστεί ότι στο κόστος αυτό, όπως και για την αφαλάτωση δεν συνυπολογίστηκε το κόστος ενοικίασης ή αγοράς γης για την εγκατάσταση της συνολικής μονάδας. Όμοια δεν συνυπολογίστηκαν τα κόστη που απαιτούνται για την μελέτη της συνολικής εγκατάστασης. Ο λόγος για την παράλειψη των παραπάνω κοστών είναι η έλλειψη εύρεσης εμπεριστατωμένων δεδομένων αναφορικά με αυτά. Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί πως στους υπολογισμούς λήφθηκε υπόψη το Φ.Π.Α. Κατά συνέπεια, τα κόστη αυτά παραλείπονται από το λογισμικό του RETScreen PV3 International

Πριν ωστόσο γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του λογισμικού, κρίνεται σκόπιμη η σύντομη παρουσίαση του λογισμικού RETScreen PV3 International.

Το λογισμικό RETScreen αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο ανάλυσης έργων καθαρής ενέργειας. Διατίθεται δωρεάν μέσω διαδικτύου. Αξιολογεί με αξιοπιστία πιθανά έργα, μέσω μιας ακολουθίας μακροεντολών, επιτυγχάνοντας ένα πολύ ικανοποιητικό επίπεδο εκτίμησης του κόστους. Για την εφαρμογή του μοντέλου απαιτούνται σχετικά λίγα δεδομένα από το χρήστη. Άλλωστε το RETScreen υπολογίζει αυτόματα βασικούς, τεχνικούς και οικονομικούς δείκτες. Το γεγονός αυτό απλοποιεί κατά πολύ τις προκαταρκτικές αξιολογήσεις. Επιπλέον, με τις συγκεκριμένες διαδικασίες, παρόλο που είναι τυποποιημένες επιτρέπεται η αντικειμενική σύγκριση. Το RETScreen συμβάλει στην αύξηση του δυναμικού για επιτυχή εφαρμογή έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το πρόγραμμα PV3 της RETScreen λειτουργεί σε περιβάλλον Excel και περιλαμβάνει 6 φύλλα επεξεργασίας, για την εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων.

Το πρώτο φύλλο επεξεργασίας περιέχει το ενεργειακό μοντέλο. Σε αυτό καθορίζεται το είδος και το μέγεθος των στοιχείων, η απόδοσή τους, καθώς και δεδομένα για τους αντιστροφείς (inverters) που θα απαιτηθούν.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως το ίδιο το πρόγραμμα διαθέτει μια βάση δεδομένων με εταιρίες και Φ/Β στοιχεία που αυτές κατασκευάζουν. Η επιλογή τους μπορεί να γίνει από τον χρήστη και τα δεδομένα μεταφέρονται απευθείας στα κελιά εισαγωγής. Σε περίπτωση που οι ανάγκες του χρήστη δεν καλύπτονται από την βάση δεδομένων, τότε υπάρχει η επιλογή να προστεθεί διαφορετικός τύπος Φ/Β στοιχείων με απευθείας πληκτρολόγηση, αφού περαστούν όμως και οι αντίστοιχες αποδόσεις τους. Στη συνέχεια τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ετησίου ενεργειακού ποσού σε kWh που παράγεται από το σύστημα.

Το δεύτερο φύλλο αναφέρεται στα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Υπάρχει και εδώ μια βάση δεδομένων για αρκετές περιοχές του πλανήτη συμπεριλαμβανομένης της Αθήνας και των Τρικάλων. Για το Ηράκλειο τα δεδομένα

λήφθηκαν από το RETScreen 4-1. Στο φύλλο αυτό καθορίζεται και η βέλτιστη κλίση των συστοιχιών.

Στο τρίτο φύλλο γίνεται η ανάλυση του κόστους της μελέτης και της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος. Δίνονται δεδομένα από αμοιβές μηχανικών και σχεδιαστών, μέχρι και κόστος στοιχείων, δομικών υλικών, αντιστροφών, μπαταριών, εργασιών μεταφοράς και συντήρησης.

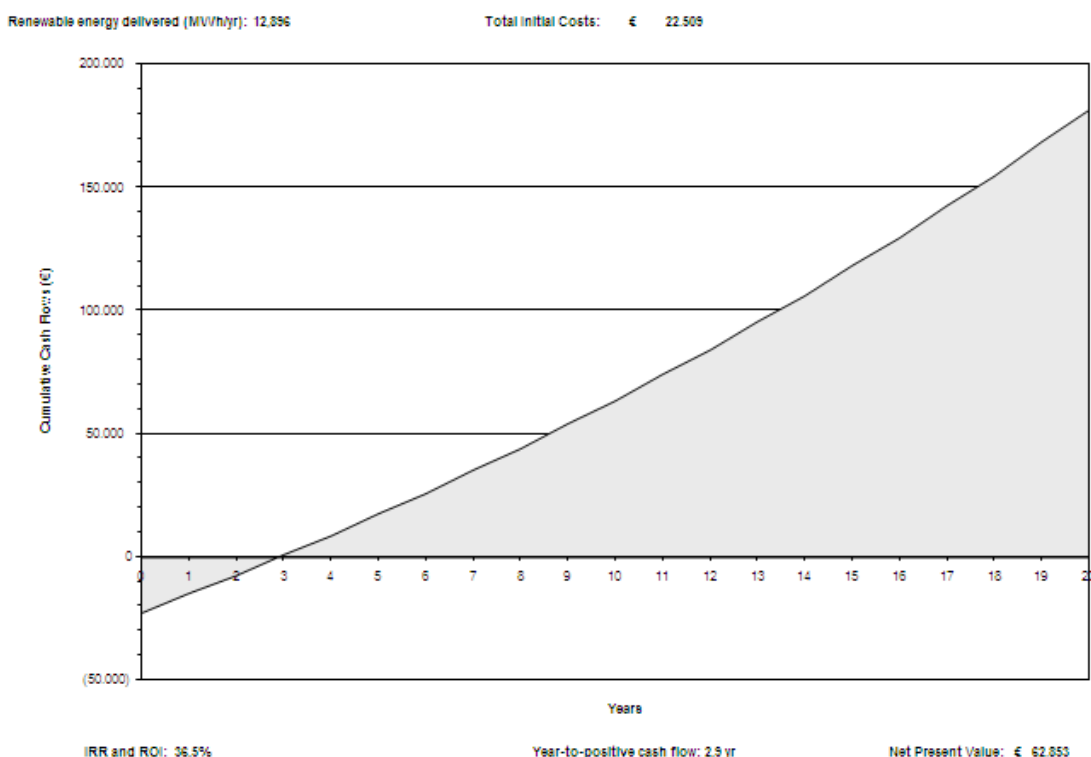
Στο τέταρτο φύλλο καθορίζεται αρχικά το είδος καυσίμου που αντικαθίσταται και στη συνέχεια υπολογίζεται η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, λόγω της εφαρμογής των Φ/Β.

Στο πέμπτο φύλλο γίνεται μια οικονομική σύνοψη. Εδώ καθορίζονται δεδομένα που αφορούν στην τιμολόγηση της kWh, στην επιδότηση του αρχικού κόστους, στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, καθώς και στα ποσοστά συμμετοχής και στο επιτόκιο τραπεζών που πιθανόν θα χρηματοδοτήσουν την εφαρμογή. Στο τέλος του φύλλου υπάρχει διάγραμμα αθροιστικής ροής χρήματος συναρτήσει του χρόνου. Ακόμα παρατίθενται διάφοροι οικονομικοί συντελεστές για την καλύτερη κατανόηση της βιωσιμότητας της εφαρμογής.

Στο τελευταίο φύλλο πραγματοποιείται προαιρετικά, ανάλυση ευαισθησίας του συστήματος.

Στο παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο RETScreen PV3 International, μέσω της παρουσίασης των φύλλων excel του λογισμικού.

Παρακάτω παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του κόστους- οφέλους του παρόντος συστήματος, όπου φαίνεται και ο χρόνος απόσβεσής του. Θα πρέπει να τονιστεί πως έχει συντηρητικά θεωρηθεί πως το σύστημα απαιτεί μια συντήρηση κόστους 1000 € ανά δύο έτη (η συντήρηση στα φωτοβολταϊκά συστήματα θεωρείται συνήθως αμελητέα (Econews 2012)).



Σχήμα 3.1 Γραφική παράσταση κόστους-οφέλους και χρόνου απόσβεσης φωτοβολταϊκού συστήματος (RETScreen PV3 International)

Από την γραφική αυτή παράσταση προκύπτει ο χρόνος απόσβεσης του συστήματος που είναι 2,9 χρόνια με την προϋπόθεση φυσικά ότι όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η.

3.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Μια μονάδα αφαλάτωσης καταναλώνει κατά μέσο όρο: 1,75 kW/ m³ (βλέπε ενότητα 1.4, σελ.13). Έτσι ημερησίως η παραπάνω μονάδα καταναλώνει κατά μέσο όρο 35 kW/ day και ετησίως 12.775 kWh.

Έτσι λοιπόν το ετήσιο κόστος ηλεκτροδότησης μιας συμβατικής μονάδας αφαλάτωσης εξ' ολοκλήρου από την τοπική Δ.Ε.Η., αν λάβει κανείς υπόψη τη τιμή πώλησης 0,2 €/kWh (Econews 2012) είναι: 2.555 €.

Στην περίπτωση του συστήματος φωτοβολταϊκών, παράγονται συνολικά 12.896 kWh, που υπερκαλύπτουν τις ανάγκες της μονάδας και πωλούνται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η με τιμή 0,47025 €/kWh, άρα το καθαρό κέρδος από την πώληση ετησίως είναι 6.064 €.

Στην περίπτωση φυσικά που το σύστημα συνδέεται με την μονάδα αφαλάτωσης το ρεύμα παραγωγής του συστήματος συμψηφίζεται με το ρεύμα κατανάλωσης της μονάδας. Έτσι, το ρεύμα που πωλείται πλέον στη Δ.Ε.Η. θα είναι το περισσευόμενο μετά την κατανάλωση της μονάδας. Το ρεύμα αυτό αντιστοιχεί σε 121 kWh μονάχα το χρόνο, οι οποίες θα αποδώσουν ένα ελάχιστο κέρδος 57 €. Όμως το όφελος από την εγκατάσταση του συστήματος δεν προκύπτει από την παραπάνω τιμή, αλλά από το γεγονός ότι η συνδυασμένη μονάδα αφαλάτωσης- φωτοβολταϊκού συστήματος δεν θα είναι υποχρεωμένη να έχει ετήσιο κόστος 2.555 € το χρόνο, όπως δηλαδή θα είχε αν ήταν συμβατική. Ο χρόνος απόσβεσης του συστήματος των φωτοβολταϊκών με βάση αυτό το όφελος θα ήταν τα 11 έτη, μετά τα οποία θα είχε αποσβεστεί το αρχικό κόστος του συστήματος και πλέον θα προέκυπτε το όφελος των 2.612 € (κόστος ηλεκτροδότησης μονάδας αφαλάτωσης και κέρδος από την πώληση περισσευούμενης ηλεκτρικής ενέργειας) ετησίως.

Πίνακας 3.14 Χρόνος απόσβεσης συστήματος φωτοβολταϊκών ενσωματωμένου στη μονάδα αφαλάτωσης

Έτος	Αρχικό κεφάλαιο	Υπολειπόμενο χρέος αρχικού κόστους	Ετήσια Έξοδα*	Ετήσια Καθαρά Κέρδη	Τελική Αποτίμηση έτους
1 ^ο	-22.509 €	-22.509 €	-500 €	+2.612 €	-20.397 €
2 ^ο	-	-20.397 €	-500 €	+2.612 €	-18.285 €
3 ^ο	-	-18.285 €	-500 €	+2.612 €	-16.173 €
4 ^ο	-	-16.173 €	-500 €	+2.612 €	-14.061 €
5 ^ο	-	-14.061 €	-500 €	+2.612 €	-11.949 €
6 ^ο	-	-11.949 €	-500 €	+2.612 €	-9.837 €
7 ^ο	-	-9.837 €	-500 €	+2.612 €	-7.725 €
8 ^ο	-	-7.725 €	-500 €	+2.612 €	-5.613 €
9 ^ο	-	-5.613 €	-500 €	+2.612 €	-3.501 €
10 ^ο	-	-3.501 €	-500 €	+2.612 €	-1.389 €
11 ^ο	-	-1.389 €	-500 €	+2.612 €	+723 €
12 ^ο	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
13 ^ο	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €

14°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
15°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
16°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
17°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
18°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
19°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €
20°	-	-	-500 €	+2.612 €	+2.112 €

* Τα ετήσια έξοδα αποτελούν την προαναφερθείσα συντηρητική εκτίμηση πως το σύστημα απαιτεί μια συντήρηση κόστους 1000 €ανά δύο έτη, άρα 500 €κόστος ανά έτος

Κατά συνέπεια, η ενσωμάτωση του συστήματος φωτοβολταϊκών στην παρούσα μονάδα αφαλάτωσης είναι μια βιώσιμη λύση, που βελτιώνει ταυτόχρονα την περιβαλλοντική της επίδοση και της παρέχει το όφελος της ανεξαρτησίας από την ανάγκη να έχει ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως διαπιστώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η ενσωμάτωση ενός συστήματος φωτοβολταϊκών σε μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης αποτελεί μια βιώσιμη λύση. Ενώ λοιπόν, το κόστος για την εγκατάσταση του συστήματος των φωτοβολταϊκών ανεβάζει συγκριτικά κατά πολύ αρχικό κόστος της μονάδας αφαλάτωσης και πιο συγκεκριμένα κατά ένα ποσοστό 40 %, όταν το κόστος αυτό αποσβεστεί το όφελος για την μονάδα είναι μεγάλο αν αναλογιστεί κανείς πως εξασφαλίζει την αυτονομία της από την εξασφάλιση ρεύματος από την Δ.Ε.Η., ενώ ταυτόχρονα αναβαθμίζει το περιβαλλοντικό χαρακτήρα της.

Στο σημείο μάλιστα αυτό, θα πρέπει να τονιστεί πως το συγκεκριμένο σύστημα φωτοβολταϊκών επιλέχθηκε έτσι ώστε να καλύπτει απλά τις ανάγκες ηλεκτροδότησης της παρούσας μονάδας αφαλάτωσης. Κατά συνέπεια, η μονάδα απολαμβάνει οφέλη από την πώληση ηλεκτρικού ρεύματος στη Δ.Ε.Η., που θα προέκυπτε από την εγκατάσταση ενός μεγαλύτερου συστήματος φωτοβολταϊκών. Η ενδεχόμενη εγκατάσταση ενός συστήματος μεγαλύτερης θα είχε σαφώς ένα μεγαλύτερο κόστος, ταυτόχρονα όμως θα εξασφάλιζε μια ταχύτερη απόσβεση του κόστους αυτού, μέσα από την εκμετάλλευση της διαφοράς της τιμής αγοράς-πώλησης ρεύματος της Δ.Ε.Η. Μέσα δηλαδή από την περίσσεια μηνιαίας παραγωγής ρεύματος και κατόπιν συμψηφισμού το πλεονάζον ρεύμα θα εξασφάλιζε μεγαλύτερα ετήσια κέρδη για τη μονάδα συνολικά και κατά συνέπεια ταχύτερη απόσβεση και μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ανεξαρτητοποίησης της μονάδας και των κερδών της από την ανεξαρτητοποίηση αυτή.

Τα εξαγόμενα αυτά αποτελέσματα αποτελούν μια θετική και ελπιδοφόρα αναφορά σε σχέση με την πρόοδο και την κατεύθυνση προς την μελλοντική ευρεία εφαρμογή του συνδυασμού αφαλάτωσης-Α.Π.Ε. ιδιαίτερα μάλιστα για το νησί της Κρήτης και γενικότερα για περιοχές με όμοια με την Κρήτη κλιματολογικά χαρακτηριστικά. Αν μάλιστα, λάβει κανείς υπόψη πως η τεχνολογία τόσο σε σχέση με την αφαλάτωση όσο και τα φωτοβολταϊκά συνεχώς βελτιώνεται, ενώ ταυτόχρονα το κόστος υλοποίησής τους μειώνεται, είναι σίγουρο μια τέτοια λύση θα είναι ακόμη πιο εφικτή και απλοποιημένη στο μέλλον τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική άποψη.

Σίγουρα, με βάση τη μελέτη μιας και μοναδική μονάδας αφαλάτωσης και μάλιστα τόσο μικρής κλίμακας δεν μπορούν τα παραπάνω συμπεράσματα να γενικευτούν για διαφορετικές κλίμακες μονάδων αφαλάτωσης. Στην περίπτωση αυτή θα απαιτούνταν η μελέτη μονάδων μικρής, μεσαίας και μεγάλης κλίμακας μονάδων αφαλάτωσης ώστε να διαπιστωθεί αν είναι δυνατή αυτή η γενίκευση.

Όμοια, η βιωσιμότητα του παρόντος συνδυασμού δεν μπορεί να γενικευτεί ώστε να συμπεριλάβει μεγάλα κλιματολογικά εύρη και γεωγραφικά πλάτη. Η μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το νησί της Κρήτης αναμφισβήτητα συμβάλει στη δυνατότητα ενσωμάτωσης των δύο τεχνολογιών αφαλάτωσης-φωτοβολταϊκών. Έτσι για παράδειγμα, στη Βόρεια Ελλάδα ενδέχεται η ηλιακή ακτινοβολία να μη συνηγορεί για έναν τέτοιο συνδυασμό ή να προϋποθέτει την εγκατάσταση ενός αρκετά μεγάλου συστήματος φωτοβολταϊκών, σε τέτοια δηλαδή ισχύ που θα το καθιστούσε οικονομικά ασύμφορο. Από την άλλη, εκεί ενδέχεται η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου να είναι η προαπαιτούμενη και έτσι να θεωρηθεί βιώσιμη η λύση ενσωμάτωσης τεχνολογιών αιολικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, συνίσταται η ξεχωριστή μελέτη της εκάστοτε περιοχής ενδεχόμενης εγκατάστασης μονάδας αφαλάτωσης με Α.Π.Ε., ώστε αφού ληφθούν υπόψη οι ξεχωριστές κλιματολογικές

ιδιαιτερότητές της να προταθεί ο ορθός και βιώσιμος συνδυασμός των δύο τεχνολογιών.

Ταυτόχρονα, στην παρούσα μελέτη δεν έχει γίνει καμία αναφορά στο γεγονός πως η ενσωμάτωση του συστήματος των φωτοβολταϊκών οδηγεί και στην μείωση εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων που προέρχονται από τη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Βέβαια, αυτό δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής, ωστόσο η αναφορά του ως κριτήριο για την επιλογή εφαρμογής φωτοβολταϊκών σε μονάδες αφαλάτωσης κρίνεται σκόπιμη.

Θα πρέπει να τονιστούν κάποιοι περιορισμοί αναφορικά με την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής, που αν παρακάμπτονταν θα οδηγούσαν σε μια ενδεχομένως πληρέστερη εικόνα αναφορικά με τον παραπάνω συνδυασμό τεχνολογιών. Ο πρώτος περιορισμός αναφέρεται στην έλλειψη εύρεσης εμπειριστατωμένων δεδομένων αναφορικά με το κόστος ενοικίασης ή αγοράς γης στο δήμο Γαζίου και τα κόστη που απαιτούνται για την μελέτη της συνολικής εγκατάστασης. Ο δεύτερος περιορισμός αφορά στη χρήση του λογισμικού RETScreen, που ένα αποτελεί ένα ιδιαίτερα αξιόπιστο εργαλείο πρόβλεψης τόσο των οικονομικών παραμέτρων όσο και των αποδόσεων ενός φωτοβολταϊκού συστήματος δεν ενσωματώνει υπολογισμούς απώλειας φορτίου που θα μπορούσαν να δώσουν μια πληρέστερη εικόνα για την τελική απόδοση του συστήματος, που επηρεάζει και τη συνολική απόδοση του συστήματος (δηλαδή και την οικονομική).

Τέλος, με βάση τα παραπάνω πορίσματα και για τη διεύρυνση της έρευνας συνίστανται τα εξής:

- Συγκριτική μελέτη συνδυασμού τεχνολογιών αφαλάτωσης-φωτοβολταϊκών για διαφορετικές κλίμακες μονάδων
- Συγκριτική μελέτη συγκεκριμένου μεγέθους και συγκεκριμένων χαρακτηριστικών μονάδας αφαλάτωσης με σύστημα φωτοβολταϊκών και ενδεχομένως και για εναλλακτικές τεχνολογίες Α.Π.Ε. για περιοχές που χαρακτηρίζονται από διαφορετικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά
- Συγκριτική μελέτη διαφορετικών λογισμικών για την αξιολόγηση του πλέον πληρέστερου για τη μελέτη βιωσιμότητας του συνδυασμού τεχνολογιών αφαλάτωσης-φωτοβολταϊκών και ευρύτερα του συνδυασμού τεχνολογιών αφαλάτωσης-Α.Π.Ε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ:

Νόμος 1650/86

Νόμος 1739/86

Νόμος 3325/11-3-2005

Π.Δ. 51/2007

ΥΑ Αριθ.Φ15/οικ.7815/615

2. ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΆΛΛΑ ΕΓΓΡΑΦΑ:

Αγγελάκη Ν. (2008) *Κλιματικές αλλαγές και υδατικοί πόροι: ανάγκη ανάπτυξης και χρήσης μη συμβατικών υδατικών πόρων*.

Αλεξιάκης, Σ., Α. (2003) *Αφαλάτωση*. Αθήνα: Εκδόσεις Μιχάλη Σιδέρη.

Γενική Γραμματεία Περιφέρειας Κρήτης (1999) *Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων Κρήτης*. [report] Διεύθυνση Σχεδιασμού, Ανάπτυξης, Τμήμα διαχείρισης Υδατικών πόρων.

Δαγκαλίδης, Α. (2009) *Κλαδική μελέτη 12: Αφαλάτωση νερού*. [report] Αθήνα: Τράπεζα Πειραιώς.

Δήμος Τήνου, Ε.Μ.Π και Culligan Hellas A.E.B.E (2010) *Ανάπτυξη ενός καινοτόμου και ενεργειακά αυτόνομου συστήματος επεξεργασίας της παραγόμενης άλμης από μονάδες αφαλάτωσης SOLBRINE*. [report].

Ελληνικός σύνδεσμος αφαλάτωσης – επεξεργασίας νερού (2010) *Πρόταση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας των άνδρων νήσων*.

Καραχάλιου, Π. (2010) *Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον Ελλαδικό χώρο*. Μεταπτυχιακό επίπεδο. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μανωλάκος, Δ. (2008) *Συστήματα Αφαλάτωσης στο νησιωτικό χώρο*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

Μεντής, Δ. (2011) *Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ στα άνυδρα νησιά του Νοτίου Αιγαίου*. Προπτυχιακό επίπεδο. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μουτάφης, Π. (2008) *Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο*. Προπτυχιακό επίπεδο. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2008) *Εφαρμογή των οικονομικών πτυχών του άρθρου 5 της κοινοτικής οδηγίας περί υδάτων 2000/60/EK στην Ελλάδα*. [report] Αθήνα: Υπουργείο Χωροταξίας, Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων.
- Παρασκευόπουλος, Γ. (2012) *Η αφαλάτωση Ελλάδας. Νομοθετικό πλαίσιο, μέθοδοι αφαλάτωσης, κόστος παραγωγής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις*. Προπτυχιακό επίπεδο. Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.
- Περλέρος, Β. et al. (2004) *Υπόγειο υδατικό δυναμικό Κρήτης. Προβλήματα και προοπτικές. Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου*. [report] Θεσσαλονίκη: Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας.
- Σαμακίδης, Δ. (2012) *Αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ: Διαστασιολόγηση και στρατηγικές ελέγχου*. Προπτυχιακό επίπεδο. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Τσιλιγκιρίδης, Γ. (2003) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Διδακτικές σημειώσεις έτους 2002-2003.
- Χαραλαμπίδης, Δ. (χ.χ.) *Αιολική Ενέργεια*. Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος του τμήματος Περιβάλλοντος, Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- Markvart, T. (2003) *Ηλεκτρισμός από Ηλιακή ενέργεια*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων (Μετάφραση: Γαρύφαλλος, Γ. και Σκούντζος Γ.).

3. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ:

- Αγοραστάκης, Γ. (2012) *Διαχείριση υδατικών πόρων στο νομό Χανίων*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.istologos.gr/2008-06-23-10-18-00/2008-06-19-08-48-39/111-2008-06-22-12-26-13> .
- Βικιπαίδεια (2012α) *Αφαλάτωση*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7>
- Βικιπαίδεια (2012β) *Κρήτη*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%AE%CF%84%CE%B7#.CE.9A.CE.BB.CE.AF.CE.BC.CE.B1> .
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
(2008) *Τεχνολογία ανεμογεννητριών*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://kpekastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/technologiea.htm> .

Ενεργειακή Μηχανική Α.Ε. (χ.χ.) *Χρήσιμες συμβουλές για εγκαταστάσεις σε στέγες και ταράτσες*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://www.energiakimixaniki.gr/index.php/el/tips/5-tips/6-tips02.html> .

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2000) *Σύνοψη νομοθεσίας: Προστασία και διαχείριση υδάτων (Οδηγία - Πλαίσιο για τα ύδατα)*. [online] Διαθέσιμο στην:

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128002b_el.htm.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2005α) *Σύνοψη νομοθεσίας: Κοστολόγηση και βιώσιμη διαχείριση Υδάτων*. [online] Διαθέσιμο στην:

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128112_en.htm [Πρόσβαση: 3 Οκτώβρη 2012].

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2005β) *Σύνοψη νομοθεσίας: Ποιότητα του πόσιμου νερού*. [online] Διαθέσιμο στην:

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128079_el.htm.

Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών (2006) *Γεωλογία Κρήτης*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://emeric.ims.forth.gr/> .

Πετράκης , Γ. (2008) *Αφαλάτωση*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://www.ortsa.gr/%CF%84%CE%B1-%CF%83%CE%BA%CE%AC%CF%86%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82/%CE%B1%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7/> .

Πηγές Ενέργειας (χ.χ.) *ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΕΩΣ*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://13epal-esp-thess.thess.sch.gr/SOLAR/thermans%20nerou.htm> .

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2009) *NATURA 2000*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300.html>

Alumil Solar (2012) *Βάσεις Στήριξης*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://www.alumilsolar.com/page/> .

Daypress (χ.χ.) *Περιφέρεια Κρήτης*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://www.daypress.gr/page.aspx?id=3> .

Econews (2012) *Φωτοβολταϊκά: μειώνονται οι εγγυημένες τιμές – Αναλυτικά οι ταρίφες*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.econews.gr/2012/02/01/fwtovoltaika-eguimenes-times-meiksi/> .

Fotovoltaikapanel (2011) *Ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα τιμές*. [online] Διαθέσιμο στην: http://www.fotovoltaikapanel.com/index.php?dispatch=products.view&product_id=29918

INVEST IN GREECE AGENCY (2008) *Αιολική*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.investgreece.gov.gr/default.asp?pid=36&orID=48&la=2>

KOSTAL PIKO 10.1 (2011) *KOSTAL PIKO 10.1 Τριφασικός Inverter*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.tsokaktisis-solar.gr/Product.aspx?pid=286>

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΕΓΓΡΑΦΑ:

ADIRA HANDBOOK (2008) *A guide to autonomous desalination concepts*. MEDA Water.

Avlonitis, S., A. et al. (2003) Energy consumption and membrane replacement cost for seawater RO desalination plants. *Desalination*, 157, p.151–158.

Bilton, A., M. (2010) *Photovoltaic reverse osmosis - Feasibility and a pathway to develop technology*. [report] Παρουσιάστηκε στην EuroMed 2010 - Desalination for Clean Water and Energy: Cooperation among Mediterranean Countries of Europe and MENA Region, 3–7 Οκτώβρη 2010.

Cath T., Y. et al. (2006) Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments. *Journal of Membrane Science*, 281 p.70–87.

Dore, M., H., I. (2004) *Forecasting the economic costs of desalination technology*. Canada: Climate Change Laboratory, Department of Economics.

IEA-ETSAP και IRENA Technology (2012) *Water Desalination Using Renewable Energy. Technology Brief*. [report] IRENA Publications.

Forstmeier, M., F. Et al. (2007) *Feasibility study on wind powered desalination*. Montpellier: EuroMed 2006 conference on desalination strategies in South Mediterranean countries. 21-25 Μαΐου.

Manolakos, D. et al. (2007) Technical and economic comparison between PV-RO system and RO-Solar Rankine system. Case study: Thirasia Island. *Desalination*, 221 (1-3), p.37-46.

Mendrinou, D. et al. (χ.χ.) *GEOHERMAL EXPLORATION IN GREECE*. [report] Pikermi: Centre for Renewable Energy Sources.

Miller J., E. (2012) *Review of Water Resources and Desalination Technologies*. Albuquerque: SAND 2003-0800 Unlimited Release.

Koussai Quteishat H., E. (2008) *Energy In Desalination, Solutions: Saving And Recovery*. [report] Athens: ADIRA Workshop.

Koussai Quteishat H., E. et al. (2003) Review of MEDRC R&D Projects. *Desalination*, 156, p.1-20.

ProDes (2010) *Example of project development opportunities in Greece, Italy, Spain and Portugal. Deliverable 5.2*. [report] Intelligent Energy for Europe programme.

REC Solar AS (2012) *REC Peak energy series*. [pdf] Norway: REC Solar AS.

Saidur, R. (2011) An overview of different distillation methods for small scale applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150 (9), p.4756–4764.

Saitakis, A. (2011) *INSularregions cooperation for maximising the environmental and economic benefits from the research in Renewable Energy Sources*, «Renewable Energies Technology Transfer in Crete». II Spain: Inter-regional Workshop. 8 Φεβρουαρίου.

THERMIE project (1996-1998).

Timilsina G., R. et al. (2011) *Policy Research Working Paper: A Review of Solar Energy. Markets, Economics and Policies*. [report] The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team.

Voivontas, D. et al. (2001) A Tool For The Design Of Desalination Plants Powered By Renewable Energies, *Desalination*, 133, p. 175-198.

2. ΞΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ:

Alternative energy primer (χ.χ.) *Linear Solar Concentrators*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.alternativeenergyprimer.com/Linear-Solar-Concentrators.html>

Astom Corporation (2004) *Technology. Potable Water*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.astom-corp.jp/en/en-usecase-007.html>

Eea.europa.eu (2006) *Data and maps — European Environment Agency (EEA)*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps> .

Electricityforum (2012) *Solar Electricity Explained*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.electricityforum.com/solar-electricity.html> .

Eta Power Projects Division (2007) *DESALINATION*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.etappd.com/frz/bin/desalination.html>

Global Energy Network Institute (1999) *Geothermal Energy in Greece*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.geni.org/globalenergy/library/renewable-energy-resources/world/europe/geo-europe/geo-greece.shtml>

Institute for energy and transport (2012) *PVGIS PV Estimation Utility*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe> .

Hamworthy Serck Como (2009) *Hamworthy commissions own manufacture TVC desalination plant*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.hamworthy.com/news-and-events/news/hamworthy-tvc-desalination-plant-germany/>

JRC's Institute for Energy and Transport (2012) *Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm#GR>

Low cost solar devices (2009) *Solar Distillation* . [online] Διαθέσιμο στην: <http://solardevicesforthirdworld.webs.com/solardistillation.htm> .

Natura2000.eea.europa.eu (2012) *Natura 2000 Network Viewer*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://natura2000.eea.europa.eu/#>

Norland International (2012) *Multiple Effect and Vapor Compression Distillers*. [online] Διαθέσιμο στην: http://www.norlandintl.com/multiple_effect_vapor_compression_distillation.asp

Roplant, K. (2012) *Thermal Technologies*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://roplant2012.blogspot.gr/2012/09/desalination-plantthermal-technologies.html>

Sasakura Engineering CO., Ltd. (2012) *Multi-Stage Flash Desalination Plant (MSF)*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.sasakura.co.jp/e/products/water/109.html>

Tzen, E. (2010) *Solar Thermal Desalination. Promotion of Renewable Energy for Water production through Desalination*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.cres.gr/kape/publications>

United Nations Environment Programme (n.d.) *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Small Island Developing States*. [online] Διαθέσιμο στην: <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-8d/desalination.asp>

Virtualtourist (2005) "*Water desalination plant*". [online] Διαθέσιμο στην:

<http://members.virtualtourist.com/m/p/m/12bd51/>

Your solar energy home (2009) *Evacuated Tube Collectors*. [online] Διαθέσιμο στην:

<http://www.your-solar-energy-home.com/Evacuated-tube-collectors.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φύλλο 1: Ενεργειακό Μοντέλο (Energy Model): Βασικά στοιχεία συστήματος φωτοβολταϊκών

RET Screen® Energy Model - Photovoltaic Project		Training & Support	
Site Conditions			
Project name		photovoltaic project	See Online Manual
Project location		greece	
Nearest location for weather data	-	Iraklion	→ Complete SR&SL sheet
Latitude of project location	°N	35,3	-90.0 to 90.0
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m ²	2,78	
Annual average temperature	°C	20,8	-20.0 to 30.0
System Characteristics			
Application type	-	On-grid	
Grid type	-	Central-grid	
PV energy absorption rate	%	80,1%	
PV Array			
PV module type	-	poly-Si	
PV module manufacturer / model #		REC	See Product Database
Nominal PV module efficiency	%	13,9%	4.0% to 15.0%
NOCT	°C	45	40 to 55
PV temperature coefficient	% / °C	0,40%	0.10% to 0.50%
Miscellaneous PV array losses	%	5,0%	0.0% to 20.0%
Nominal PV array power	kWp	8,28	
PV array area	m ²	59,6	
Power Conditioning			
Average inverter efficiency	%	80%	80% to 95%
Suggested inverter (DC to AC) capacity	kW (AC)	6,6	
Inverter capacity	kW (AC)	90,0	
Miscellaneous power conditioning losses	%	0%	0% to 10%
Annual Energy Production (12,00 months analysed)			
Specific yield	kWh/m ²	216,5	
Overall PV system efficiency	%	7,8%	
PV system capacity factor	%	17,8%	
Renewable energy collected	MWh	20,134	
Renewable energy delivered	MWh	12,896	
	kWh	12,896	
Excess RE available	MWh	3,211	
Complete Cost Analysis sheet			

Φύλλο 2: Ηλιακή πηγή και φορτίο συστήματος (Solar resource and System load): Βασικά κλιματολογικά δεδομένα

RETScreen® Solar Resource and System Load Calculation - Photovoltaic Project

Site Latitude and PV Array Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Iraklion	See Weather Database
Latitude of project location	°N	35,3	-90.0 to 90.0
PV array tracking mode	-	One-axis	
Slope of tracking axis	°	30,0	0.0 to 90.0
Azimuth of tracking axis	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m ² /d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average daily radiation in plane of PV array (kWh/m ² /d)	Monthly solar fraction (%)
January	1,00	2,39	15,2	4,11	-
February	1,00	3,31	15,1	5,16	-
March	1,00	4,68	16,0	6,91	-
April	1,00	6,29	18,1	8,44	-
May	1,00	7,48	21,3	9,56	-
June	1,00	8,47	24,8	10,59	-
July	1,00	8,43	26,8	10,84	-
August	1,00	7,59	27,4	10,64	-
September	1,00	6,19	25,8	9,39	-
October	1,00	4,33	22,9	7,32	-
November	1,00	2,77	19,4	4,77	-
December	1,00	2,09	16,5	3,65	-

		Annual	Season of use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m ²	1,95	1,95
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m ²	2,78	2,78
Average temperature	°C	20,8	20,8

Load Characteristics

Application type

Estimate

On-grid

[Return to Energy Model sheet](#)

Φύλλο 3: Ανάλυση κόστους (Cost Analysis)

RET Screen® Cost Analysis - Photovoltaic Project

Type of analysis:

Currency:

Cost references:

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study							
Site investigation	p-h	0	€ -	€ -	-	-	-
Preliminary design	p-h	0	€ -	€ -	-	-	-
Report preparation	p-h	0	€ -	€ -	-	-	-
Travel and accommodation	p-trip	0	€ -	€ -	-	-	-
Other - Feasibility study	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Credit - Base case system	Credit	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ -	0,0%		
Development							
Permits and approvals	p-h	1	€ 615	€ 615	-	-	-
Project management	p-h	0	€ 85	€ -	-	-	-
Travel and accommodation	p-trip	0	€ 2.000	€ -	-	-	-
Other - Development	Cost	0	€ 15.000	€ -	-	-	-
Credit - Base case system	Credit	0	€ 5.000	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ 615	2,7%		
Engineering							
PV system design	p-h	0	€ 65	€ -	-	-	-
Structural design	p-h	0	€ 65	€ -	-	-	-
Electrical design	p-h	0	€ 65	€ -	-	-	-
Tenders and contracting	p-h	0	€ 65	€ -	-	-	-
Construction supervision	p-h	0	€ 65	€ -	-	-	-
Other - Engineering	Cost	0	€ 1.500	€ -	-	-	-
Credit - Base case system	Credit	0	€ 4.000	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ -	0,0%		
Energy Equipment							
PV module(s)	kWp	8,28	€ 1.250	€ 10.350	-	-	-
Transportation	project	0	€ -	€ -	-	-	-
Other - Energy equipment	Cost	1	€ 2.381	€ 2.381	-	-	-
Credit - Energy equipment	Credit	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ 12.731	56,6%		

Φύλλο 3: Ανάλυση κόστους (Cost Analysis) (συνέχεια)

Balance of Equipment							
Module support structure	m ²	59,6	€ 42	€	2.500	-	-
Inverter	kW AC	90,0	€ 27	€	2.450	-	-
Other electrical equipment	kWp	8,28	€ -	€	-	-	-
System installation	kWp	8,28	€ 181	€	1.500	-	-
Transportation	project	1	€ 1.000	€	1.000	-	-
Other - Balance of equipment	Cost	1	€ 1.714	€	1.714	-	-
Credit - Balance of equipment	Credit	0	€ -	€	-	-	-
Sub-total :					€ 9.163	40,7%	
Miscellaneous							
Training	p-h	0	€ 65	€	-	-	-
Contingencies	%	0%	€ 22.509	€	-	-	-
Sub-total :					€ -	0,0%	
Initial Costs - Total					€ 22.509	100,0%	
Annual Costs (Credits)							
	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount	Relative Costs	Quantity Range Unit Cost Range
O&M							
Property taxes/Insurance	project	0	€ -	€	-	-	-
O&M labour	p-h	16	€ 55	€	880	-	-
Other - O&M	Cost	0	€ -	€	-	-	-
Credit - O&M	Credit	0	€ -	€	-	-	-
Contingencies	%	0%	€ 880	€	-	-	-
Sub-total :					€ 880	100,0%	
Annual Costs - Total					€ 880	100,0%	
Periodic Costs (Credits)							
	Cost	Period	Unit Cost		Amount	Interval Range	Unit Cost Range
Inverter Repair/Replacement	Cost	12 yr	€ -	€	-	-	-
	Cost	2 yr	€ 1.000	€	1.000	-	-
			€ -	€	-	-	-
End of project life		-	€ -	€	-	-	-
							Go to GHG Analysis sheet

Φύλλο 4: Περίληψη Οικονομικών (Financial Summary)

RETScreen TM Financial Summary - Photovoltaic Project				
Annual Energy Balance				
Project name	photovoltaic project			
Project location	greece	Nominal PV array power	kWp	8.28
Renewable energy delivered	MWh	12.896		
Excess RE available	MWh	3.211		
Firm RE capacity	kW	-		
Application type	On-grid			
Financial Parameters				
Avoided cost of energy	€/kWh	0.200	Debt ratio	% 0.0%
RE production credit	€/kWh	0.470		
RE production credit duration	yr	20		
RE credit escalation rate	%	2.0%	Income tax analysis?	yes/no NO
Avoided cost of excess energy	€/kWh	-		
Energy cost escalation rate	%	5.0%		
Inflation	%	2.5%		
Discount rate	%	9.0%		
Project life	yr	20		
Project Costs and Savings				
Initial Costs			Annual Costs and Debt	
Feasibility study	0.0%	€ -	O&M	€ 880
Development	2.7%	€ 615	Fuel	€ -
Engineering	0.0%	€ -		
Energy equipment	56.6%	€ 12.731	Annual Costs and Debt - Total	€ 880
Balance of equipment	40.7%	€ 9.163		
Miscellaneous	0.0%	€ -	Annual Savings or Income	
Initial Costs - Total	100.0%	€ 22.509	Energy savings/income	€ 2.579
Incentives/Grants		€ -	RE production credit income - 20 yrs	€ 6.064
Periodic Costs (Credits)			Annual Savings - Total	€ 8.644
Inverter Repair/Replacement		€ 1.000	Schedule yr # 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20	
		€ -		
End of project life -		€ -		
Financial Feasibility				
Pre-tax IRR and ROI	%	36.5%	Calculate energy production cost?	yes/no NO
After-tax IRR and ROI	%	36.5%		
Simple Payback	yr	2.9	Project equity	€ 22.509
Year-to-positive cash flow	yr	2.9		
Net Present Value - NPV	€	62.853		
Annual Life Cycle Savings	€	6.885		
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3.79		
Yearly Cash Flows				
Year	#	€		
0		(22.509)		
1		7.992		
2		7.178		
3		8.474		
4		7.624		
5		8.992		
6		8.106		
7		9.549		
8		8.626		
9		10.150		
10		9.187		
11		10.797		
12		9.795		
13		11.495		
14		10.452		
15		12.249		
16		11.164		
17		13.064		
18		11.937		
19		13.946		
20		12.774		