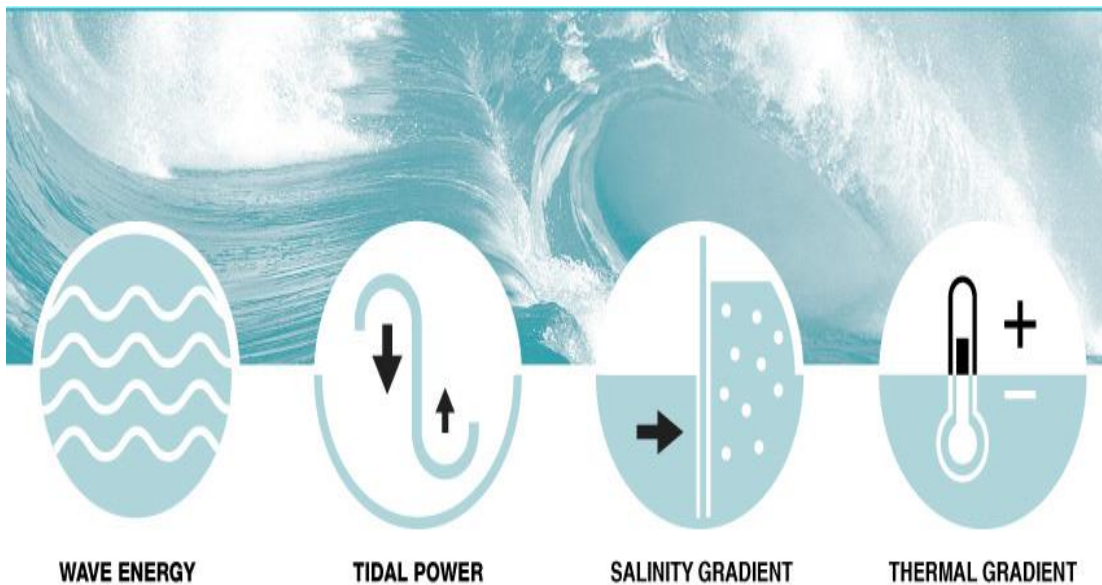


**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΥΜΠΟΥΛΛΑ ΙΟΥΡΓΕΝ ΛΑΖΑΡΟΣ



**Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Πασχάλης Γκότσης**  
Σέρρες, Μαΐος 2016

## Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εισαγωγική ανάλυση, σε θεωρητικό επίπεδο, των ωκεάνιων μορφών ενέργειας καθώς και οι πρακτικές εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην παλιρροιακή ενέργεια, στα φυσικά χαρακτηριστικά, τις συνιστώσες και στον τρόπο εκμετάλευσης αυτής μέσω νέων τεχνολογικών μεθόδων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι μετατροπείς της κυματικής ενέργειας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρεται στην ενέργεια λόγω του θερμοκλίνους των ωκεανών. Στους τρόπους εκμετάλευσης της, το θεσμικό πλαίσιο και την οικονομική της διάσταση.

Το παρακάτω κείμενο εισάγει τον νέο φοιτητή – αναγνώστη στις πιο ‘καθαρές’ και ήπιες για το περιβάλλον μεθόδους παραγωγής ενέργειας, σε μια εποχή που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας φαντάζουν ως ο μοναδικός δρόμος που άνθρωπος μπορεί πλέον να ακολουθήσει.

## **Περιεχόμενα**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

- 1.1.1 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
- 1.1.2 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ
- 1.2 ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
- 1.3 ΠΑΡΑΓΟΥΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
- 1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ
- 1.5 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
- 1.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΜΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ**

- 2.1 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
- 2.2 ΠΑΡΑΓΟΥΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
  - 2.2.1 ΠΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
  - 2.2.2 ΤΑΛΑΝΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΣΤΗΛΕΣ ΝΕΡΟΥ
  - 2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΩΝΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ
- 2.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΛΙΝΟΥΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ**

- 3.1 ΓΕΝΙΚΑ
  - 3.1.1 ΣΧΕΔΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΗΣ
  - 3.1.2 ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
  - 3.1.3 ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
  - 3.1.4 ΕΠΙΠΛΕΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
  - 3.1.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
  - 3.1.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΥΣΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
- 3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΤΕC ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ
- 3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΤΕC ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ
- 3.4 ΕΝΕΡΓΑ ΡΕΥΣΤΑ
- 3.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΤΕC ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ
- 3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ
- 3.7 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

3.8 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ

3.9 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

3.10 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.11 ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ

3.12 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΛΙΝΟΥΣ ΤΩΝ  
ΩΚΕΑΝΩΝ

3.13 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1 ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ – ΠΑΛΑΡΡΟΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

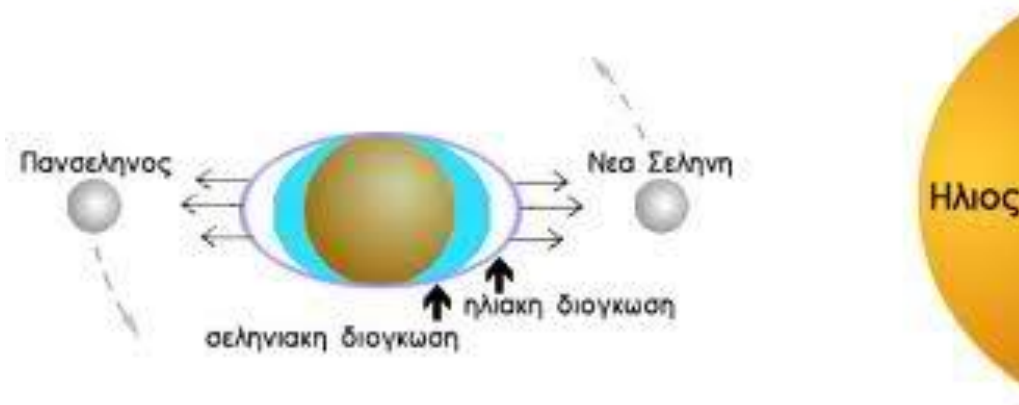
#### 1.1.1 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

**Παλίρροια** , ονομάζεται το φυσικό φαινόμενο της περιοδικής ανόδου και καθόδου της στάθμης του νερού μίας μεγάλης λίμνης και κυρίως των θαλασσών. Η άνοδος της στάθμης ονομάζεται *πλημμυρίδα* (flood tide), ενώ η κάθοδος ονομάζεται *άμπωτη* (ebb ή low tide). Από κοινού, πλημμυρίδα και άμπωτη αποτελούν το φαινόμενο της παλίρροιας. Το φαινόμενο αυτό που επαναλαμβάνεται δύο φορές το 24ώρο (ακριβέστερα 24ώρες 50' και 30") οφείλεται στη βαρυτική έλξη της Σελήνης αλλά και του Ήλιου πάνω στη Γη, καθώς και στη περιστροφή των ουρανίων σωμάτων αυτών. Αυτός ο χρόνος (24 ώρες και 50,5 λεπτά) μεσολαβεί και μεταξύ δύο "διαβάσεων" της Σελήνης πάνω από ένα τόπο, δηλαδή δύο "άνω μεσουρανήσεων" όπως λέγονται. Έτσι η μία πλημμυρίδα συμβαίνει στην άνω μεσουράνηση της Σελήνης σε ένα τόπο και η άλλη στη κάτω μεσουράνηση κάτω από τον ίδιο τόπο συμπληρώνοντας 12 ώρες και 25 λεπτά από τη πρώτη.

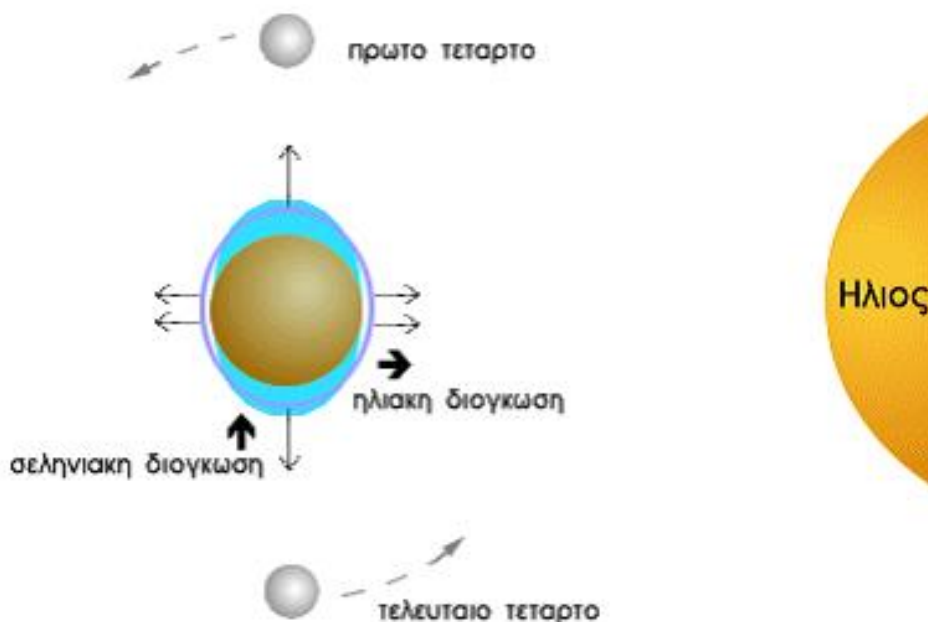
Εξ άλλου και οι δύο αμπώτιδες συμβαίνουν όταν η Σελήνη βρίσκεται στην ανατολή και έπειτα (μετά από 12ώρες και 25λεπτά) στη δύση. Εξ αυτού προκύπτει και η σχέση της Σελήνης και του φαινομένου.

Επειδή επιπλέον το ύψος της στάθμης εξαρτάται όχι μόνο από την απόσταση Γης - Σελήνης αλλά και Γης - Ηλίου προκύπτει ότι και ο Ήλιος έχει σχέση με την παλίρροια. Επίσης διαπιστώνεται ότι το ύψος των υδάτων εξαρτάται από τις φάσεις της Σελήνης, δηλαδή από τη θέση της ως προς τον Ήλιο. Και αυτό διότι κατά τις συζυγίες, δηλαδή κατά τη σύνοδο (νέα σελήνη) και κατά την αντίθεση (πανσέληνος) παρατηρείται η υψηλότερη στάθμη, ενώ κατά τους τετραγωνισμούς (Π.Τ. και Τ.Τ.) σημειώνεται η χαμηλότερη.

Αν και οι αρχαίοι Έλληνες, τόσο ο Πυθέας ο Μασσαλιώτης, όσο και ο Σέλευκος αλλά και ο Ποσειδώνιος ήταν οι πρώτοι που διαπίστωσαν τη σχέση της παλίρροιας με τη Σελήνη, τελικά στον Νεύτωνα οφείλεται η ερμηνεία του φαινομένου.



Εικόνα 1.1: Σχήμα της γης κατά της συζυγίες.



Εικόνα 1.2: Σχήμα της γης κατά τους τετραγωνισμούς.

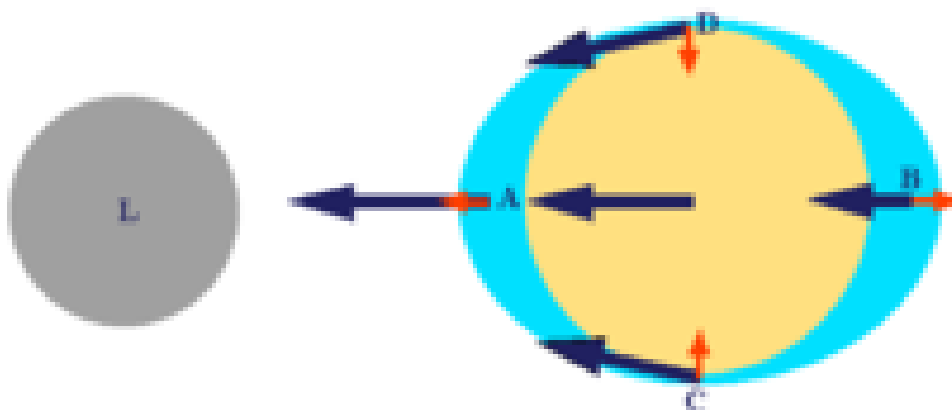
Όπως έχει αποδειχθεί η έλξη της Σελήνης επί του υγρού στοιχείου της Γης είναι κατά 2,2 φορές μεγαλύτερη της έλξης που ασκεί σε αυτό ο Ήλιος. Βάσει λοιπόν αυτού του δεδομένου αν υποθεθεί ότι όλη η επιφάνεια της Γης καλύπτεται από ύδατα τότε υπό την επίδραση της έλξης της Σελήνης τα ύδατα των θαλασσών θα συσσωρεύονται περισσότερο προς το μέρος που θα είναι η Σελήνη, αλλά και επιπλέον όπως διδάσκει η Μηχανική των ρευστών και στο εκ διαμέτρου αντίθετο σημείο της Γης ίδια συσσώρευση θα παρατηρείται. Έτσι η συσσώρευση αυτή θα έδινε στη Γη μια μορφή ελλειψοειδούς.

Αν ακόμα υποθεθεί πως προς το μέρος της Σελήνης βρίσκεται και ο Ήλιος, τότε η συνδυασμένη έλξη Σελήνης + Ηλίου θα καταστήσει το ελλειψοειδές περισσότερο πεπλατυσμένο όπως αυτό ακριβώς συμβαίνει στις συζυγίες. Ενώ αντίθετα στους τετραγωνισμούς, όπου Σελήνη, Γη και Ήλιος σχηματίζουν ορθή γωνία, η έλξη του

Ηλίου θα εξουδετερώσει μέρος της έλξης της Σελήνης με συνέπεια το ελλειψοειδές σχήμα της Γης να τονίζεται λιγότερο, στραμμένο πάντα προς τη Σελήνη.

Αυτό αποτελεί και την λεγόμενη "στατική θεωρία της παλίρροιας" όπου στις παλίρροιας συζυγιών οι έλξεις Σελήνης και Ηλίου προστίθενται, ενώ στις παλίρροιας τετραγωνισμών οι έλξεις αυτές αναιρούνται.

Λόγω όμως και της περιστροφής της Γης στον άξονά της, αυτή στρέφει προς τη Σελήνη διαφορετικά κάθε φορά μέρη της επιφάνειάς της. Συνεπώς και το ελλειψοειδές σχήμα της θα αλλάζει συνεχώς τη θέση των δύο υδάτινων εξογκωμάτων, δηλαδή των πλημμυρίδων όπως και των μεταξύ αυτών αμψώτιδων.



Εικόνα 1.3: Η έλξη της Σελήνης.

Επειδή όμως η περιστροφή της Γης γίνεται από Δύση προς Ανατολή σε 24 ώρες, η μετατόπιση των υδάτινων εξογκωμάτων θα γίνεται ναί μεν στον ίδιο χρόνο αλλά από Ανατολή προς Δύση. Και αυτό διότι τα ύδατα κινούνται προς τα πίσω, δηλαδή τα μέρη που άφησε μεσουραμώντας η Σελήνη, καθώς η Γη περιστρέφεται.

Έτσι πολύ απλά στη πραγματικότητα ένα πελώριο κύμα κινείται συνεχώς στη στάθμη των ωκεανών σε αντίθετη διεύθυνση της περιστροφής της Γης, και πάντα προς το μέρος που βρίσκεται η Σελήνη. Φυσικά οι ήπειροι εμποδίζουν το κύμα αυτό αλλάζοντάς του συνεχώς την κανονική του πορεία, καθώς επίσης και την ώρα της πλημμυρίδας και της αμψώτιδας, κατά τόπους ανάλογα και με την μορφολογία και διάταξη των ακτών στις οποίες και παρατηρείται έντονα το φαινόμενο.

Έχει υπολογισθεί πως η συνεχής κίνηση των υδάτων στην επιφάνεια της Γης, που συμβαίνει αντίθετα της περιφοράς της ελαττώνει πολύ – πολύ αργά και σταθερά τη ταχύτητα περιστροφής της.

Έτσι υπολογίζεται πως ο χρόνος περιστροφής της Γης λόγω του συνεχούς αυτού φαινομένου, αυξάνεται περίπου κατά δύο δευτερόλεπτα ανά 100.000 έτη.

Η μετακίνηση των παλιρροιών προκαλεί μια συνεχή απώλεια μηχανικής ενέργειας στο σύστημα γη-φεγγαριών λόγω της άντλησης του νερού μέσω των φυσικών περιορισμών γύρω από τις ακτές, και τον επακόλουθο ιξώδη διασκεδασμό στο βυθό και στην αναταραχή.

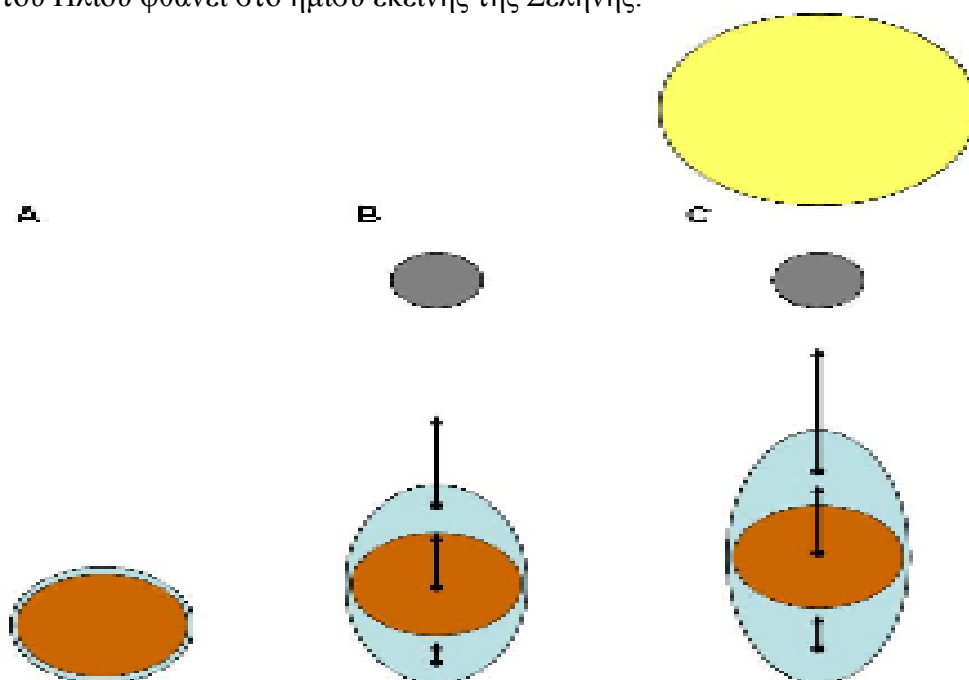
Αυτή η απώλεια ενέργειας έχει αναγκάσει την περιστροφή της γης για να επιβραδύνει στα 4.5 δισεκατομμύριο έτη από το σχηματισμό. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων

620 εκατομμυρίων ετών που η περίοδος περιστροφής έχει αυξηθεί από 21.9 ώρες στις 24 ώρες σε αυτήν την περίοδο η γη έχει χάσει 17% από την περιστροφική της ενέργεια. Ενώ η παλιρροιακή δύναμη μπορεί να πάρει την πρόσθετη ενέργεια από το σύστημα, αυξάνοντας το ποσοστό επιβράδυνσης, η επίδραση θα ήταν αξιοπρόσεχτη κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών, κατά συνέπεια όντας αμελητέα.

### 1.1.2 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Η γενεσιουργός δύναμη των παλιρροιών είναι η βαρυτική δύναμη που προκαλεί Ήλιος και η Σελήνη. Οι δυνάμεις αυτές λέγονται παλιρροϊκές δυνάμεις. Ο μεν Ήλιος λόγω της μεγάλης του μάζας η δε Σελήνη λόγω της μικρής σχετικά απόστασης από τη Γη, έστω κι αν συγκρινόμενη η διάμετρος της Γης με την απόσταση αυτή κρίνεται πολύ μικρή.

Η έλξη που ασκείται από αυτά τα σώματα στη Γη (στο κέντρο της) και σε κάποιο σημείο της επιφάνειάς της είναι διαφορετική, έτσι η γενεσιουργός αυτή δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον κύβο της απόστασης από τον Ήλιο και τη Σελήνη. Ωστόσο η επίδραση της απόστασης είναι σημαντική, αν ληφθεί υπόψη ότι η δράση του Ηλίου φθάνει στο ήμισυ εκείνης της Σελήνης.



Εικόνα 1.4: Μέγιστες τιμές παλίρροιας.



Συνδυαζόμενες οι δράσεις των δύο αυτών ουρανίων σωμάτων συγκροτούν μια "ηλιοσεληνιακή δύναμη" μεγέθους του δεκάκις εκατομμυριοστού της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Η κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης αυτής αλλάζει ελάχιστα την ένταση της βαρύτητας, ενώ η οριζόντια συνιστώσα μεταβάλλει την διεύθυνσή της κατά μια γωνία της τάξης μεγέθους του εκατοστού του δευτερολέπτου της μοίρας (0,01").

Οι νευτώνειες αρχές της βαρύτητας επέτρεψαν τον ποσοτικό προσδιορισμό της γενεσιουργού αυτής δύναμης της παλίρροιας πάνω στη μάζα των ωκεανών. Προς καλύτερη αντίληψη του μηχανισμού της δράσης αυτής θεωρείται ότι κάθε περιοδική συνιστώσα της δύναμης προκαλεί μερική παλίρροια κατά την ίδια περίοδο και γίνεται αποδεκτό ότι η συνολική παλίρροια είναι η συμβολή όλων των επιμέρους παλιρροιών που ονομάζονται συνιστώσες παλίρροιας ή κύματα παλίρροιας.

Το σύνολο των ημι-ημερήσιων αυτών κυμάτων συγκροτούν την "*ημι-ημερήσια παλίρροια*" που παρουσιάζει και τις δύο πλημμυρίδες και δύο αμπώτιδες, σε κάθε περιστροφή της Σελήνης γύρω από την Γη, . Οι κύριες συνιστώσες των ημι-ημερησίων κυμάτων αποτελούν ένα μέσο ηλιακό και ένα μέσο σεληνιακό κύμα που προκαλούνται από την (υποθετική) κίνηση της Σελήνης και του Ήλιου γύρω από τη Γη, στο επίπεδο του Ισημερινού. Ένα άλλο επίσης σεληνιακό κύμα δημιουργείται λόγω της απόστασης Γης - Σελήνης.

Έτσι τα χαρακτηριστικά της ημι-ημερήσιας παλίρροιας καθορίζονται σχεδόν σε όλα τα σημεία της υδρόσφαιρας από το μέσο σεληνιακό ημι-ημερήσιο κύμα που είναι και η σημαντικότερη συνιστώσα. Κατά την "πανσέληνο" και την "νέα σελήνη" το μέσο ηλιακό κύμα βρίσκεται σε φάση με το μέσο σεληνιακό κύμα προκαλώντας τις μεγάλες παλίρροιας ή παλίρροιας συζυγιών. Αντίθετα στο "τέταρτο" της Σελήνης τα αποτελέσματα των κυμάτων αυτών αλληλοαναιρούνται προκαλώντας τις λεγόμενες "μικρές παλίρροιας" ή "παλίρροιας τετραγωνισμών".

## 1.2 ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η παλιρροιακή δύναμη, αποκαλούμενη επίσης παλιρροιακή ενέργεια, είναι μια μορφή υδρενέργειας που μετατρέπει την ενέργεια των παλιρροιών σε ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες χρήσιμες μορφές ενέργειας.

Οι πρώτες μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις παλιρροιακής παραγωγής ενέργειας (ο σταθμός παλιρροιακής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος Rance) άρχισαν τη λειτουργία το 1966.



Εικόνα 1.5: Σταθμός παλιρροιακής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος Rance.

Οι παλίρροιες είναι πιο προβλέψιμες από την αιολική ενέργεια και την ηλιακή ενέργεια. Μεταξύ των πηγών ανανεώσιμης ενέργειας, η παλιρροιακή πάσχει από το σχετικά υψηλό κόστος και την περιορισμένη διαθεσιμότητα των περιοχών με τις αρκετά υψηλές παλιρροιακές σειρές ή τις ταχύτητες ροής, περιορίζοντας κατά συνέπεια η συνολική διαθεσιμότητά της.

Εντούτοις, πολλές πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις και βελτιώσεις, και στο σχέδιο (π.χ. δυναμική παλιρροιακή δύναμη, παλιρροιακές λιμνοθάλασσες) και την τεχνολογία στρόβιλων (π.χ. νέοι αξονικοί στρόβιλοι, στρόβιλοι διασταυρώσεων), δείχνουν ότι η συνολική διαθεσιμότητα της παλιρροιακής δύναμης μπορεί να είναι πολύ υψηλότερη από προηγουμένως υποτιθέμενη, και ότι οι οικονομικές και περιβαλλοντικές δαπάνες μπορούν να ριχτούν στα ανταγωνιστικά επίπεδα.

Άλλες πηγές ενέργειας προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από τον ήλιο, συμπεριλαμβανομένων των απολιθωμένων καυσίμων, συμβατικό υδροηλεκτρικό, τον αέρα, βιολογικά καύσιμα, δύναμη κυμάτων κ.α. Η πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιεί τα γήινα ορυκτά αποθέματα των εύσχιστων στοιχείων, ενώ η γεωθερμική δύναμη χρησιμοποιεί τη γήινη εσωτερική θερμότητα που προέρχεται από έναν συνδυασμό υπόλοιπης θερμότητας από την πλανητική προσαύξηση (περίπου 20%) και θερμότητας που παράγεται μέσω της ραδιενεργού αποσύνθεσης (80%).

Η παλιρροιακή ενέργεια εξάγεται από τη σχετική κίνηση των μεγάλων μαζών του νερού. Οι περιοδικές αλλαγές των σταθμών ύδατος, και τα σχετικά παλιρροιακά ρεύματα, οφείλονται στη βαρύτητας έλξη του ήλιου και του φεγγαριού. Το μέγεθος

της παλίρροιας σε μια θέση είναι το αποτέλεσμα των μεταβαλλόμενων θέσεων του φεγγαριού και του ήλιου σχετικά με τη γη, τα αποτελέσματα της γήινης περιστροφής, και η τοπική γεωγραφία του πυθμένα θάλασσας και των ακτών.

Επειδή οι γήινες παλίρροιες οφείλονται τελικά στη βαρυτική αλληλεπίδραση με το φεγγάρι και τον ήλιο και τη γήινη περιστροφή, η παλιρροιακή ενέργεια είναι σχεδόν ανεξάντλητη και ταξινομημένη ως πόρος ανανεώσιμης ενέργειας.

Μια παλιρροιακή γεννήτρια χρησιμοποιεί αυτό το φαινόμενο για να παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια. Μεγαλύτερη ποικιλία στις παλίρροιες ή αύξηση στις τρέχουσες παλιρροιακές ταχύτητες μπορεί εντυπωσιακά να αυξήσει τη δυνατότητα για την παλιρροιακή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

### 1.3 ΠΑΡΑΓΟΥΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ

Στην πρώτη κατηγορία αξιοποιείται η δυναμική ενέργεια του θαλασσινού νερού με την κατασκευή ενός φράγματος στις εκβολές κάποιου ποταμού.



Εικόνα 1.6: Το μεγαλύτερο φράγμα παραγωγής ενέργειας από παλίρροιες.

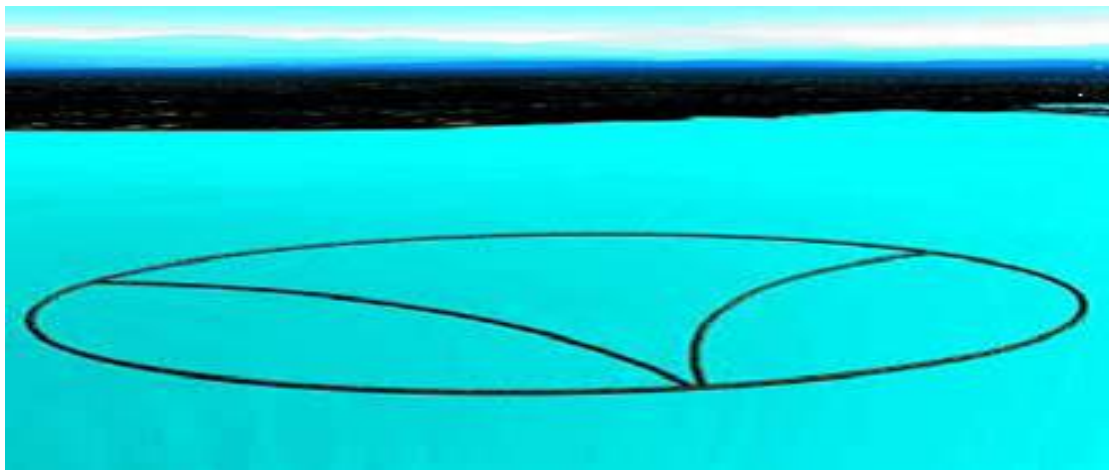
#### 1.3.1 Παλιρροιακό φράγμα

Τα παλιρροιακά φράγματα χρησιμοποιούν την πιθανή ενέργεια στη διαφορά στο ύψος (ή το κεφάλι) μεταξύ των υψηλών και χαμηλών παλιρροιών. Τα φράγματα είναι ουσιαστικά φράγματα πέρα από το πλήρες πλάτος μιας παλιρροιακής εκβολής, και πάσχουν από τις πολύ υψηλές αστικές δαπάνες υποδομής, μια παγκόσμια έλλειψη των βιώσιμων περιοχών και των περιβαλλοντολογικών θεμάτων.

Μεγάλα έργα αυτής της κατηγορίας θεωρούνται το φράγμα του La Rance στη Γαλλία εγκατεστημένης ισχύος 240MW (βλέπε εικόνα 1.6), ο σταθμός Annapolis Royal στον Καναδά εγκατεστημένης ισχύος 20MW και η πειραματική μονάδα στο Kislaya της Ρωσίας εγκατεστημένης ισχύος 0,5MW. Κατά καιρούς έχουν προταθεί και άλλα παρόμοια έργα, όπως στο Severn και στο Mersey στην Αγγλία, που όμως δεν κατάφεραν να πραγματοποιηθούν.

Η τελευταία πρόταση αξιοποίησης της δυναμικής ενέργειας της παλίρροιας περιλαμβάνει την κατασκευή ενός κλειστού αναχώματος σε μία αβαθή θαλάσσια έκταση που καλείται παλιρροιακή λιμνοδεξαμενή (tidal lagoon). Το νερό της παλίρροιας εισέρχεται στην παλιρροιακή λιμνοδεξαμενή διαμέσου θυρίδων κατά τη διάρκεια της πλημμυρίδας. Όταν η στάθμη της θάλασσας πέσει αρκετά, κατά τη διάρκεια της άμπωτης, το παγιδευμένο νερό απελευθερώνεται από τα τοιχώματα των αναχωμάτων διαμέσου στροβίλων.

Στο σχήμα 1.7 απεικονίζεται μέσω Η/Υ ένα τέτοιο σύστημα χωρισμένο εσωτερικά σε τρία επιμέρους τμήματα για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας.



Εικόνα 1.7: Παλιρροιακή λιμνοδεξαμενή (Tidal Electric).

#### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ

Στη δεύτερη κατηγορία αξιοποιείται η κινητική ενέργεια των ρευμάτων που δημιουργούνται από την παλίρροια. Η τεχνολογία αυτή έχει αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία πέντε χρόνια.

### 1.3.2 Παλιρροιακή γεννήτρια ρευμάτων

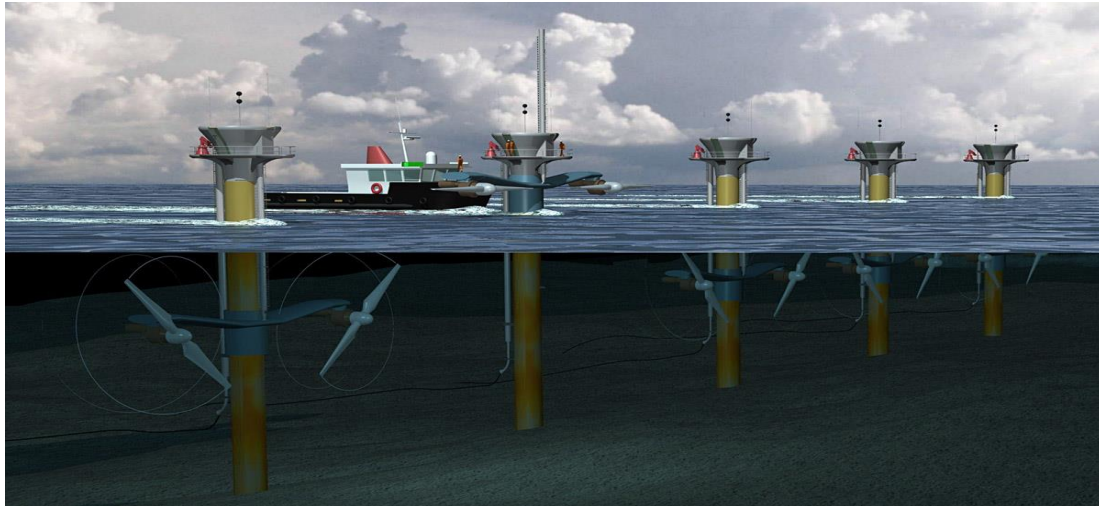
Οι παλιρροιακές γεννήτριες ρευμάτων (ή TSGs) χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια της κίνησης του νερού προς τους στροβίλους δύναμης, με παρόμοιο τρόπο προς τους ανεμοστροβίλους που χρησιμοποιούν τον κινούμενο αέρα. Αυτή η μέθοδος κερδίζει στη δημοτικότητα λόγω του χαμηλότερου κόστους και το χαμηλότερο οικολογικό αντίκτυπο έναντι των παλιρροιακών φραγμάτων.

Τα συστήματα οριζόντιου άξονα (σχήμα 1.8) που λειτουργούν με τεχνολογία παρόμοια με αυτήν των ανεμογεννητριών, έχουν βρεθεί στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος στη Μεγάλη Βρετανία και τη Νορβηγία με τους δύο πειραματικές στροβίλους που έχουν τοποθετηθεί στο Lynmouth και στο Kvalsundet αντίστοιχα, εγκατεστημένης ισχύος και οι δύο 300kW.



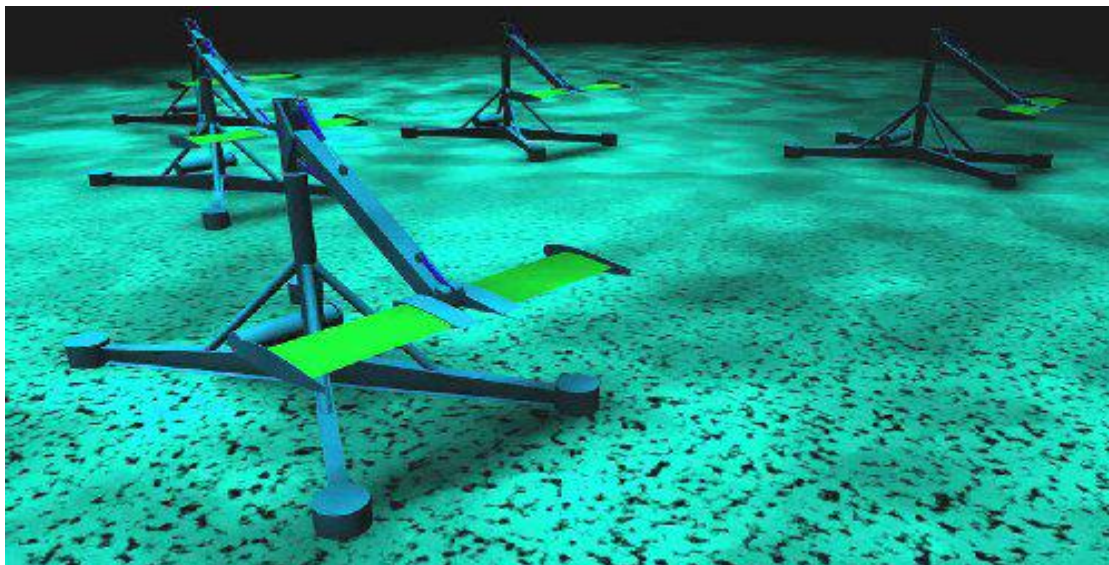
Εικόνα 1.8: Σύστημα οριζόντιου άξονα (Hammerfest StrØm).

Τα συστήματα κατακόρυφου άξονα (σχήμα 1.9) έχουν βρει ιδιαίτερη απήχηση στην άλλη άκρη του Ατλαντικού, όπου δοκιμάζονται σε διάφορες θέσεις, αλλά και στη γειτονική μας Ιταλία όπου με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης δοκιμάστηκε ένα σύστημα κατακόρυφου άξονα ισχύος 110kW. Μία ακόμα δοκιμή πραγματοποιήθηκε στα νησιά Σέτλαντ με ακόμα μικρότερη όμως ισχύ.



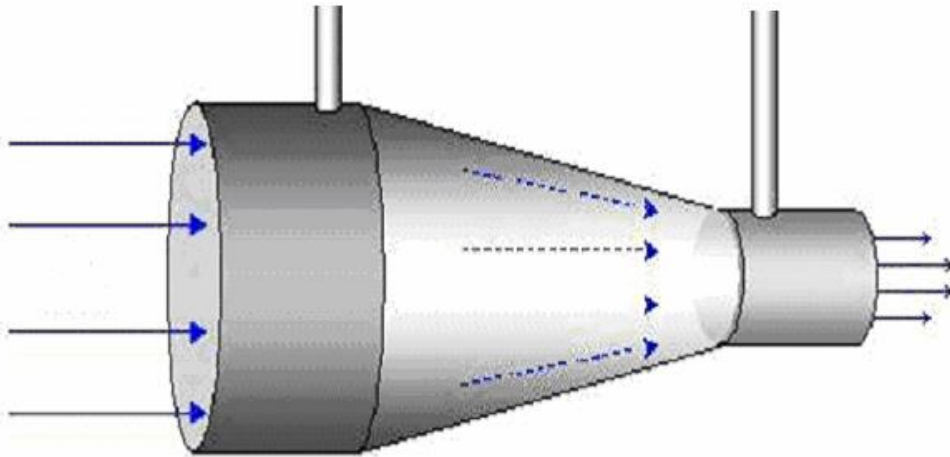
Εικόνα 1.9: Σύστημα κατακόρυφου άξονα (Enermar).

Ακόμα έχουν αναπτυχθεί τα συστήματα παλινδρομικής κίνησης (σχήμα 1.10) όπου χρησιμοποιούν για την παραγωγή ενέργειας τις ανωστικές δυνάμεις του νερού σε υδροπτερύγια που βρίσκονται υπό κλίση στο πεδίο ροής. Δύο μεγάλες εφαρμογές έχουν πραγματοποιηθεί στα νησιά Σέτλαντ με εγκατεστημένη ισχύ 150kW και 750kW.



Εικόνα 1.10: Σύστημα παλινδρομικής κίνησης (Engineering Business).

Τέλος έχουν προταθεί και άλλα συστήματα όπως αυτό που έχει τη μορφή ενός αγωγού τύπου Venturi (σχήμα 1.11), το οποίο εκμεταλλεύεται τη διαφορά πίεσης εξαιτίας της στένωσης ενός αγωγού. Ένα τέτοιο σύστημα δοκιμάστηκε στο Grimsby στη Βόρεια Αγγλία με εγκατεστημένη ισχύ 150kW.



Εικόνα 1.11: Σύστημα τύπου Venturi (Rochester / Gentec Venturi).

#### 1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Πολύ λίγη άμεση έρευνα ή παρατήρηση των παλιρροιακών συστημάτων ρευμάτων υπάρχει. Οι περισσότερες άμεσες παρατηρήσεις αποτελούνται από να απελευθερώσουν τα κολλημένα ψάρια προς τα πάνω της συσκευής και της άμεσης παρατήρησης της θνησιμότητας ή του αντίκτυπου στα ψάρια.

Μια μελέτη του προγράμματος παλιρροιακής ενέργειας νησιών Roosevelt στον ανατολικό ποταμό, χρησιμοποίησε 24 διασπασμένους υδροακουστικούς αισθητήρες ακτινών (echosounder) για να ανιχνεύσει και να ακολουθήσει την κυκλοφορία των ψαριών και προς τα πάνω και προς τα κάτω κάθε ένας από έξι στροβίλους.

Τα αποτελέσματα πρότειναν:

- (1) πολύ λίγα ψάρια χρησιμοποιούσαν αυτήν την μερίδα του ποταμού,
- (2) εκείνα τα ψάρια που χρησιμοποίησαν αυτήν την περιοχή δεν χρησιμοποιούσαν τη μερίδα του ποταμού που θα τα υπέβαλλε σε χτύπημα από λεπίδα, και
- (3) κανένα στοιχείο ότι ψάρια πέρασαν μέσα από την λεπίδα.

Η εργασία διευθύνεται αυτήν την περίοδο από το κέντρο βορειοδυτικής εθνικό θαλάσσιο ανανεώσιμης ενέργειας (NNMREC [51]) για να εξερευνήσει και να

καθιερώσει τα εργαλεία και τα πρωτόκολλα για την αξιολόγηση των φυσικών και βιολογικών καταστάσεων και ελέγχει τις περιβαλλοντικές αλλαγές που συνδέονται με την ανάπτυξη παλιρροιακής ενέργειας.

Το κύμα και η παλιρροιακή ενέργεια έχουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα πέρα από άλλους ανανεώσιμους πόρους. Κατ' αρχάς, οι ωκεάνιες παλίρροιες είναι προβλέψιμες και κανονικές. Δεύτερον, η ενέργεια κυμάτων θα μπορούσε να είναι αφθονότερη από την παλιρροιακή ενέργεια, ενώ όντας λιγότερο διαλείπουσα από τον αέρα ή την ηλιακή δύναμη.

Εντούτοις, οι εγκαταστάσεις κυμάτων και παλιρροιακής ενέργειας αντιμετωπίζουν επίσης μερικά μειονεκτήματα. Αρχικός μεταξύ αυτών είναι εκείνο το γεγονός ότι οι όροι κατά μήκος των ακτών ή στην ωκεάνια επιφάνεια μπορούν να είναι σκληροί στο κύμα και τις παλιρροιακές εγκαταστάσεις. Τα προτερήματα παραγωγής πρέπει να χτιστούν με τους λειτουργικούς κινδύνους - όπως τα συντρίβοντα κύματα και το διαβρωτικό αλατισμένο νερό - στο μυαλό.

## 1.5 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η προώθηση των ΑΠΕ έχει αποτελέσει από πολλά χρόνια βασικό στόχο της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.). Στη Λευκή Βίβλο του 1997 για την κοινοτική στρατηγική και το σχέδιο δράσης «Ενέργεια για το μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», τέθηκε ως ποσοτικά προσδιορισμένος στόχος ο διπλασιασμός της συμμετοχής των ΑΠΕ στο σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 2010, ώστε να φθάσει στο 12% από το 6% που ήταν το 1995.

Στη συνέχεια με την οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, τέθηκε ως στόχος η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ να καλύπτει το 22,1% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής στην Ε.Ε. το 2010. Στο πλαίσιο αυτό η χώρα μας έχει αναλάβει τη δέσμευση οι ΑΠΕ να καλύπτουν το 2010 το 20,1% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ακόμα σήμερα βάσει του αναπτυξιακού νόμου 2601/98 ισχύει ότι για κάθε έργο παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές επιχορηγείται από το κράτος ποσοστό 30% (αιολικά πάρκα) ή 40% (μικρά υδροηλεκτρικά, φωτοβολταϊκά, γεωθερμία, κ.τ.λ.), ενώ υπάρχει φοροαπαλλαγή στο 70% επί του κόστους της επένδυσης. Επομένως υπάρχει κίνητρο για μία επένδυση αυτού του είδους από ιδιωτικούς φορείς.



## 1.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΜΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Η παλιρροιακή ενέργεια ενώ σε ερευνητικό επίπεδο έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό, είναι μια σχετικά καινούργια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας στον εμπορικό τομέα. Η χρήση των υδρο-τουρμπίνων σε ελεύθερη ροή είναι ακόμα πιο καινούργια καθώς η χρήση φραγμάτων ήταν πιο συνήθης στο παρελθόν.

Στην περίπτωση των φραγμάτων το κόστος εγκατάστασης και παραγωγής είναι πολύ μεγάλο. Λόγω του ιδιαίτερα αυξημένου κόστους εγκατάστασης και της μακράς περιόδου αποπληρωμής δεν υπήρξε ιδιαίτερο επενδυτικό ενδιαφέρον για την παλιρροιακή ενέργεια.

Και το ενδιαφέρον υπήρξε μόνο σε εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης ισχύος, κλασικό παράδειγμα είναι ο σταθμός παλιρροιακής ενέργειας Rance, ο οποίος είναι ο πρώτος στον κόσμο παλιρροιακός σταθμός παραγωγής ενέργειας, αλλά και ο μεγαλύτερος σε ισχύ.

Η εγκατάσταση βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού Rance, στη Βρετανία, Γαλλία. Άνοιξε στις 26 Νοεμβρίου 1966, σήμερα λειτουργεί από την Electricité de France, και είναι ο μεγαλύτερος παλιρροιακός σταθμός παραγωγής ενέργειας στον κόσμο, όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ.

Με μέγιστη ισχύ των 240 μεγαβάτ, που παράγεται από τις 24 τουρμπίνες, προμηθεύει 0,012% της ζήτησης ισχύος της Γαλλίας. Με ένα παράγοντα χωρητικότητας περίπου 40%, αυτό παρέχει ένα μέσο όρο τα 96 μεγαβάτ, που δίνει μια ετήσια παραγωγή των περίπου 600 GWh. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης ήταν 620 εκατομμύρια φράγκα.

Κατά επέκταση ακολούθησαν και άλλες επενδύσεις μέχρι που η τεχνολογία να γίνει επαρκής για την εγκατάσταση τουρμπίνων σε ελεύθερη ροή αποφεύγοντας το μεγάλο κόστος εγκατάστασης. Παρόλα αυτά η τεχνολογία στηρίζεται σε ταχύτητες τουλάχιστον 1m/sec και διάμετρο τουρμπίνας τουλάχιστον 16m.

## 1.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενέργεια από παλίρροια σε σχέση με τις υπόλοιπες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα μεταξύ των οποίων, και ανάλογα με το σύστημα παραγωγής ενέργειας που τελικά επιλέγεται, μπορεί να είναι:

- το χαμηλό λειτουργικό κόστος,
- οι ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις,
- η αξιοπιστία και η προβλεψιμότητα,
- η ελάχιστη οπτική ρύπανση,

- η δυνατότητα επέκτασης με εγκατάσταση νέων υπομονάδων.

Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται τα εξής:

- το υψηλό αρχικό κόστος,
- η μικρή ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτού του είδους,
- το ότι είναι λίγες εκείνες οι θέσεις που μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά η παλίρροια,
- η διαβρωτικότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΚΥΜΑΤΑ – ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

#### 2.1.1 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Κυματική ενέργεια είναι μια ακανόνιστη και ταλαντευόμενη χαμηλής συχνότητας ενεργειακή πηγή που μπορεί να μετατραπεί σε συχνότητα 60 Hertz και στη συνέχεια μπορεί να προστεθεί στο δίκτυο ηλεκτρικής ωφέλειας. Η ενέργεια στα κύματα προέρχεται από την κίνηση στον ωκεανό και το μεταβαλλόμενο ύψος και ταχύτητα των κυμάτων. Η κινητική ενέργεια, η ενέργεια της κίνησης, στα κύματα είναι τεράστια. Κατά μέσο όρο ένα κύμα 4 ποδιών, διάρκειας 10 δευτερολέπτων, που χτυπάει μια ακτή δημιουργεί μια δύναμη πάνω από 35.000 ίππους ανά μίλι.

Τα κύματα παίρνουν την ενέργειά τους από τον αέρα, ο οποίος με τη σειρά του προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια. Τα κύματα, ιδιαίτερα εκείνα του μεγάλου πλάτους, περιέχουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Η ενέργεια των κυμάτων είναι μια μορφή αποθηκευμένης και συμπυκνωμένης ηλιακής ενέργειας, ακόμη και ο άνεμος που παράγει τα κύματα προκαλείται από τις διαφορές πίεσης στην ατμόσφαιρα λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη από τον ήλιο.

Τα κύματα μπορούν να συγκεντρώνουν, να αποθηκεύουν και να μεταδίδουν την ενέργεια αυτή χιλιάδες μίλια με ελάχιστη απώλεια. Για όσο διάστημα ο ήλιος λάμπει, η κυματική ενέργεια δεν θα εξαντληθεί ποτέ, η έντασή της ποικίλλει, ενώ είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα. 365 ημέρες το χρόνο. Η τεχνολογία της κυματικής ενέργειας των ωκεανών βασίζεται στην πάνω-κάτω κίνηση των κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η ενέργεια των κυμάτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία και οι πιο έντονες έρευνες έγιναν τις δεκαετίες του 70 και του 80. βάσει προγραμμάτων που προωθούν διάφορες κυβερνήσεις και βιομηχανίες. Ακόμη, διενεργείται έρευνα για την ενέργεια των

κυμάτιον και έχουν επωφεληθεί από τα κεφάλαια που χορήγησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ως εκ τούτου, έχει προταθεί ένα ευρύ φάσμα των συσκευών για την ενέργεια των κυμάτων τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, για την κατανόηση διαφορετικών σχημάτων, μεγεθών και μεθόδων εξαγωγής την ενέργεια. Αν και πολλές από αυτές δεν εφαρμόστηκαν ποτέ από το στάδιο του σχεδιασμού, πολλοί έχουν αποτελέσει αντικείμενο των εργασιών έρευνας και ανάπτυξης και ορισμένοι έχουν αναπτυχθεί στην θάλασσα ως πρωτότυπα ή επιδείξεις.

Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την ενέργεια των κυμάτων ήταν μια πρόταση του 1799 από έναν παριζιάνο με το όνομα Monsieur Girard και το γιο του. που χρησιμοποίησαν απευθείας μηχανική δράση για να χειρίζονται αντλίες, πριόνια, μύλους και άλλα βαριά μηχανήματα. Εγκαταστάσεις έχουν χτιστεί ή βρίσκονται υπό κατασκευή σε διάφορες χώρες, όπως Ηνωμένο Βασίλειο (Σκωτία). Πορτογαλία. Νορβηγία. ΗΠΑ. Κίνα. Ιαπωνία. Αυστραλία και Ινδία.

Γενικά, τα καλύτερα κύματα βρίσκονται σε ακραία γεωγραφικά πλάτη και στα δυτικά παράλια των ηπείρων. Η πρώτη, παγκοσμίως, μονάδα κυματικής ενέργειας, 5 MW. που αναπτύχθηκε από την WaveGen, βρίσκεται στη νήσο Islay της Σκωτίας.

Σε αντίθεση με τα φράγματα, οι δομές κυματικής ενέργειας που είναι εξίσου μακρόβιες, μπορούν να έχουν καλοήθεις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η κυματική ενέργεια είναι ανανεώσιμη, πράσινη, χωρίς ρύπανση, και περιβαλλοντικά αόρατη. Το καθαρό δυναμικό (πόροι μείον «κόστος») είναι ίσο ή καλύτερο της αιολικής, της ηλιακής, της μικρής υδροηλεκτρικής ή της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

Έχει υπολογιστεί ότι η βελτίωση της τεχνολογίας και της οικονομίας θα επιτρέψει στις γεννήτριες κυμάτων να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με κόστος συγκρίσιμο με τις τουρμπίνες που κινούνται με τον αέρα, οι οποίες παράγουν ενέργεια περίπου 4,5 λεπτά την kWh. Προς το παρόν, η καλύτερη τεχνολογία γεννήτριας κυμάτων που βρίσκεται στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι παραγωγής ενέργειας της οποίας το μέσο κόστος προβλέπεται/αξιολογείται σε 7,5 σεντς την kWh. Ενώ, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την καύση μεγάλης ποσότητας άνθρακα κοστίζει περίπου 2,6 σεντς την κιλοβατώρα. Η τεχνολογία των τουρμπινών φυσικού αερίου, η κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι περίπου 3 σεντς ανά κιλοβατώρα ή υψηλότερη. Ενώ, δεν είναι ασυνήθιστο το μέσο κόστος των 5 σεντς ανά κιλοβατώρα και για περιοχές δημοτικών κοινωφελών επιχειρήσεων.

## **ΓΙΑΤΙ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ;**

Ενώ η κυματική υστερεί σε εμπορική ανάπτυξη από την αιολική και την ηλιακή, αποτελεί μια πιο ελπιδοφόρα πηγή ενέργειας και από τις δύο:

Επειδή τα κύματα προέρχονται από καταιγίδες μακριά έξω στη θάλασσα και μπορούν να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς σημαντική απώλεια ενέργειας, η ισχύς που παράγεται από αυτά και είναι πολύ πιο σταθερή και πιο προβλέψιμη, τόσο από μέρα σε μέρα και από εποχή σε εποχή. Αυτό μειώνει και τον κίνδυνο του έργου.

Η κυματική ενέργεια περιέχει περίπου 1.000 φορές την κινητική ενέργεια του ανέμου, επιτρέποντας σε πολύ μικρότερες και λιγότερο εμφανείς συσκευές να παράγουν την ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κλάσμα του χώρου.

Σε αντίθεση με την αιολική και την ηλιακή ενέργεια, η κυματική ενέργεια συνεχίζει να παράγεται όλο το 24ωρο. ενώ η ταχύτητα του ανέμου τείνει να πεθαίνει το πρωί και το βράδυ, και η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας σε περιοχές με σχετικά μικρή νέφωση.

Η παραγωγή κυματικής ενέργειας είναι πολύ ομαλότερη και πιο συνεπής από την αιολική ή την ηλιακή, με αποτέλεσμα υψηλότερους συνολικά παράγοντες δυναμικότητας.

Η κυματική ενέργεια μεταβάλλεται με το τετράγωνο του ύψους του κύματος, ενώ η αιολική ενέργεια μεταβάλλεται με τον κύβο της ταχύτητας του αέρα. Το νερό όντας 850 φορές πιο πυκνό από τον αέρα, έχει ως αποτέλεσμα την πολύ υψηλότερη παραγωγή ενέργειας από τα κύματα κατά μέσο όρο.

Η εκτίμηση των δυνατοτήτων των πόρων είναι πολύ πιο εύκολη από ό, τι με την αιολική ενέργεια, το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την προσέλκυση δανειστών του έργου.

Επειδή η κυματική ενέργεια χρειάζεται μόνο το 1/200 της έκτασης του ανέμου και δεν απαιτεί δρόμους πρόσβασης, το κόστος των υποδομών είναι λιγότερο.

Οι συσκευές κυματικής ενέργειας είναι πιο ήσυχες και πολύ λιγότερο ενοχλητικές από τα οπτικά συστήματα αιολικής ενέργειας, τα οποία λειτουργούν συνήθως 40-60 μέτρα σε ύψος και συνήθως απαιτούν απομακρυσμένη χωροθέτηση συν το υψηλό κόστος μεταφοράς. Αντίθετα, οι δεκάμετρες συσκευές υψηλού κυματισμού μπορούν να ενσωματωθούν σε κυματοθραύστες ενός πολυσύχναστου λιμανιού παράγοντας ενέργεια ακριβώς εκεί που χρειάζεται.

Όταν κατασκευάζονται με υλικά που έχουν αναπτυχθεί για χρήση σε off-shore πλατφόρμες πετρελαίου, οι συσκευές κυματικής ενέργειας (που περιέχουν λίγα κινούμενα μέρη) κοστίζουν λιγότερο από όσα χρειάζονται για να διατηρηθούν εκείνες που κινούνται με αιολική ενέργεια.

Ακόμα κι αν η κυματική ενέργεια είναι στην αρχή της καμπύλης εκμάθησης στην παραγωγή, το κόστος κεφαλαίου ανά καθαρό λ\ν είναι ήδη κάτω από το φάσμα των συσκευών της αιολικής ενέργειας, καθώς και κάτω από της ηλιακής. Σε περιοχές υψηλότερου κόστους ενέργειας, όπως οι πετρελαιο-κοινότητες που δεν συνδέονται με το δίκτυο, η απόδοση των επενδύσεων από τα έργα κυματικής ενέργειας είναι δυναμικά πολύ ελκυστική.

## Πλεονεκτήματα

Προκαλεί ελάχιστη ζημιά ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Είναι ανεξάντλητη.

Είναι καθαρή.

Πλήρως ανανεώσιμη.

Αθόρυβη

Έχει χαμηλή οπτική επίπτωση, δηλαδή λιγότερο ορατούς μηχανισμούς.

Έχει υψηλή οικονομική βιωσιμότητα.

Υψηλό δυναμικό στις παράκτιες χώρες.

Παράγει τοπική ενέργεια.

Αυτόνομη και συνεχή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Υψηλή διαθεσιμότητα της ενέργειας (σε ώρες ανά έτος είναι μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

## Δυσκολίες

Ένα από τα κύρια τεχνικά προβλήματα είναι το πώς να απορροφήσει τη μηχανική ενέργεια, η οποία παρουσιάζεται με μια τυχαία ταχύτητα πεδίου, σε ηλεκτρική ενέργεια και αν είναι κατάλληλη για σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Το υψηλό οικονομικό κόστος της αρχικής επένδυσης οδηγεί τα κεντρικά γραφεία να έχουν μια μακρά περίοδο απόσβεσης. Από την άλλη πλευρά, η χρήση τους περιορίζεται σε παράκτιες περιοχές ή κοντά στην ακτή, το οικονομικό κόστος της μεταφοράς της ενέργειας που παράγεται στις χερσαίες εγκαταστάσεις.

Ένα άλλο μειονέκτημα είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγκαταστάσεων που απαιτούν την τροποποίηση του τοπίου για την κατασκευή τους. Θα πρέπει να έχει πολύ χώρο για να χωρέσουν οι τεράστιοι στρόβιλοι, οι οποίοι γεννούν οικολογικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, παράκτια συνήθως.



Εικόνα 2.1: Το "Sea Snake" (Pelamis).

Πρέπει να έχουμε κατά νου ότι αυτό το είδος της ενέργειας, έχει χαιρετηθεί ως η πιο πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για θαλάσσιες χώρες. Δεν προκαλεί ζημίες στο περιβάλλον όπως έχουμε ήδη πει, και είναι ανεξάντλητη. Συνήθως είναι περίπου 2.000 GW, αν και στην UNESCO έχει δηλωθεί ως περίπου το διπλάσιο του ποσού αυτού. Η δυνατότητα για την απόκτηση ενέργειας από τα κύματα είχε μελετηθεί στο διάστημα της Γαλλικής Επανάστασης.

Υπήρχε μικρή πρόοδος στη στροφή αυτού του κινήματος σε χρήσιμα ενεργειακά, μέχρι το τελευταίο τέταρτο του περασμένου αιώνα, κυρίως λόγω της έλλειψης επιστημονικής γνώσης του τι κύμα ήταν, όπως ήταν σε κίνηση και πώς θα μπορούσε να μετατραπεί.

Μια διαφορά της υδροηλεκτρικής ενέργειας, είναι ότι τα κύματα δεν μπορούν να υπολογίζουν στην παροχή νερού προς τη μία κατεύθυνση. Δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ενός τροχού νερού στη θάλασσα, να κάνει μια στροφή και να παράγει ηλεκτρισμό, αν και για τον θεατή στην ακτή φαίνεται ότι τα κύματα κινούνται προς την ακτή σε μια ευθεία γραμμή.

Ένα κύμα κινείται προς τα εμπρός σε μια αόριστη κίνηση, πάνω και κάτω. Το μέγιστο ύψος είναι η βασική ένδειξη της ισχύς του. Έτσι, όσα περισσότερα διέρρευσαν στη θάλασσα, τόσο πιο επιτυχημένη, αλλά και πιο δύσκολη, θα είναι η συγκομιδή της ενέργειας. Οι μηχανικοί των κυμάτων ενέργειας πρέπει να σχεδιάσουν μια μονάδα παραγωγής ενέργειας σε θέση να απορροφήσουν την ισχύ και των πιο σφοδρών κυμάτων χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να βουλιάξει. Δύο από αυτά, στη Σκωτία και στη Νορβηγία, έχουν ήδη πέσει θύματα της θάλασσας.

## 2.2 ΠΑΡΑΓΟΥΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

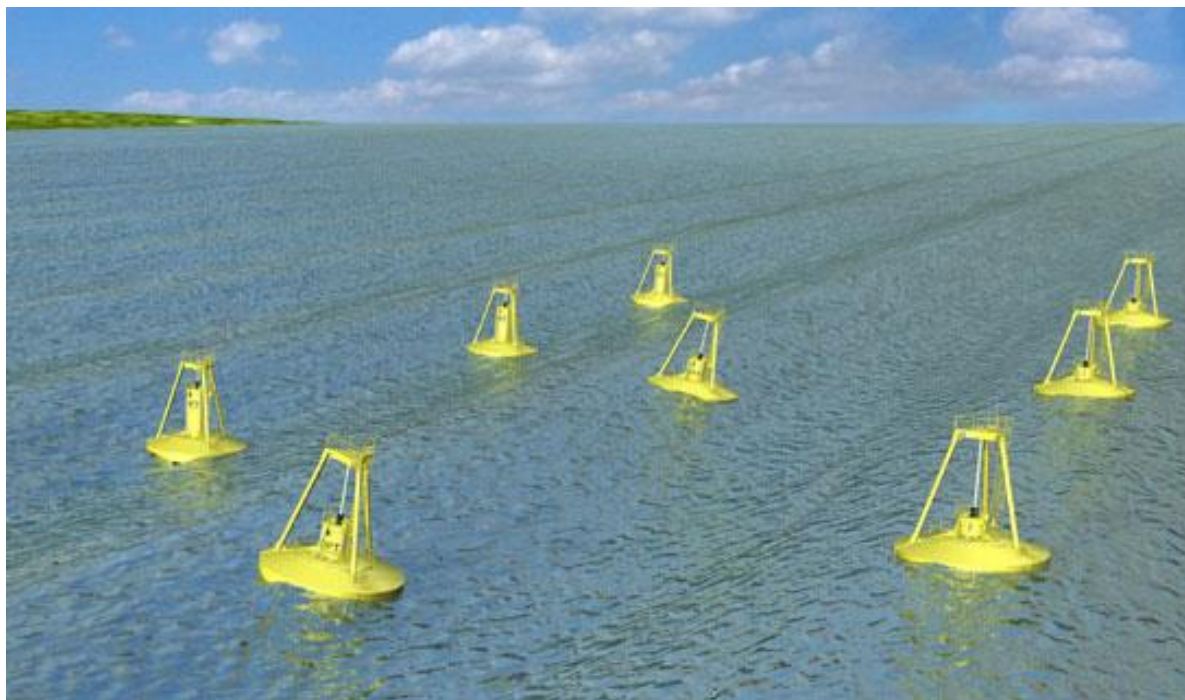
### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι για την μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια:

**Πλωτά συστήματα** ή σημαδούρες που χρησιμοποιούν την άνοδο και πτώση των κυμάτων του ωκεανού για να οδηγήσουν υδραυλικές αντλίες. Το αντικείμενο μπορεί να τοποθετηθεί σε μια πλωτή σχεδία ή σε μια συσκευή που καθορίζεται στον πυθμένα των ωκεανών. Μια σειρά από στάσιμες σημαδούρες ανεβαίνουν και κατεβαίνουν μαζί με τα κύματα. Η κίνηση «χτυπάει» μια ηλεκτρική γεννήτρια και δημιουργεί ηλεκτρική ενέργεια η οποία αποστέλλεται στην ξηρά μέσω υποβρύχιου καλωδίου.

**Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού (OWC)**, στις οποίες η μέσα-έξω κίνηση των κυμάτων στην ακτή εισάγει μια στήλη και αναγκάζει τον αέρα να κινήσει μια τουρμπίνα. Η στήλη γεμίζει με νερό καθώς ανεβαίνει το κύμα και αδειάζει καθώς πέφτει. Ο αέρας μέσα στην στήλη είναι συμπιεσμένος και χτυπάει πάνω δημιουργώντας ενέργεια όπως ένα πιστόνι. Αυτή η ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να αξιοποιηθεί και να σταλεί στην ακτή μέσω ηλεκτρικού καλωδίου.

«**Κωνικά κανάλια**» βασισμένα σε μια δομή ακτής για να διοχετεύουν και να επικεντρώνουν τα κύματα, οδηγώντας τα σε μια ανυψωμένη δεξαμενή. Η ροή του νερού μέσα σε αυτήν την δεξαμενή χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της τυπικής υδροηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2.2: Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού.

### **Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μονάδων παραγωγής κυματικής ενέργειας.**

Η εγκατάσταση των γεννητριών συστημάτων αυτού του τύπου της ενέργειας, έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Δημιουργία περιοχών ηρεμίας: είναι ευεργετική στην περίπτωση της εφαρμογής του στην υδατοκαλλιέργεια ήδη ότι σας επιτρέπει να τοποθετείτε τα κλουβιά στις πιο απομακρυσμένες περιοχές της ακτής. Με αυτό τον τρόπο μπορείτε να μειώσετε τη μεγάλη σύγκρουση που υπάρχει ανάμεσα σε αυτό το τομέα και τον τουρισμό λόγω της ενόχλησης που προκαλούν τα ψάρια τα κλουβιά με τις οπτικές επιπτώσεις και τον ευτροφισμό των κοντινών περιοχών (οσμές, κλπ.) Από την άλλη πλευρά, ορισμένα συστήματα παραγωγής κυματικής ενέργειας μπορούν να παράγουν περιοχές ηρεμίας στις παραλίες ότι εναλλακτικά θα έχουν παραδοσιακούς κυματοθραύστες, δίνοντας μια διπλή χρησιμότητα αυτών των δομών. Αυτή η δυνατότητα απαιτεί μια σημαντική οικονομική εξοικονόμηση για τα συμβούλια που επενδύουν ετησίως στην ανασύσταση των αμμουδερών παραλίων, δεδομένου ότι αυτές οι δομές μπορούν να μειώσουν τη διάβρωση των ακτών που παράγονται από τα κύματα.

- Ενεργειακής αυτάρκειας ορισμένων υποδομών του λιμένα: η γενιά της ενέργειας μπορεί να τροφοδοτήσει ηλεκτρικά με το λιμένα εξοπλισμού και την ψυχαγωγία που βρίσκονται στην περιοχή καθώς και τα πλοία είναι προοδεμένα. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ανάγκη να οικοδομήσουμε για αστικά κέντρα, εκτός από μια σημαντική") οικονομική εξοικονόμηση για το λιμάνι, αλλά και ένα απόθεμα ενέργειας σε περιόδους μεγαλύτερης ζήτησης.
- Χρήση των υφιστάμενων διαρθρώσεων: ορισμένα συστήματα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κύματα ενέργειας μπορούν να ενσωματωθούν στις παραδοσιακές δομές του λιμένα ( αναχωμάτων, κυματοθραύστες, κλπ.) δίνοντας στα στοιχεία πολλαπλές χρήσεις και. επομένως, μία σημαντική προστιθέμενη αξία. Σε ό,τι αφορά στην Τενερίφη, υπάρχει ένα σχέδιο για την κατασκευή βιομηχανικών στο λιμάνι στο νότο του νησιού ( λιμένας Οταηίκυϊά). Η μελέτη σκοπιμότητας που προορίζεται για να εκτελέσει ευαισθητοποιημένη η δυνατότητα ενσωμάτωσης αυτών των συστημάτων σε όλα τα φράγματα έχουν προγραμματιστεί στο σχέδιο του λιμένα. Αυτή η ιδέα μπορεί να προεκταθεί προς άλλα λιμάνια του κόσμου, του οποίου η υποδομή μπορεί να πάρει διπλή χρήση, για να έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Νέες πηγές εσόδων για το λιμάνι: είναι ενδιαφέρον για τα λιμάνια να ενσωματώνουν την ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα των κυμάτων ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο, από την πώληση αυτή η ενέργεια παρέχει συμπληρωματικό εισόδημα για το λιμάνι και επιτρέπει να αποσβέσει την επένδυση πιο γρήγορα.

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός συσκευών που έχουν σχεδιασθεί για την χρησιμοποίηση αυτού του είδους ενέργειας, σε σαφή αντίθεση με κάθε άλλο τύπο ανάπτυξης ανανεώσιμης ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν περίπου 1.000 περίπου συνολικά ευρεσιτεχνίες των γεννητριών της κυματικής ενέργειας, οι έννοιες στις οποίες βασίζονται μπορούν να ταξινομηθούν σε μερικά βασικά είδη:

- **Περιστροφή στήλης ύδατος:** Αποτελείται από την ταλάντωση του νερού μέσα σε μια φωτογραφική μηχανή που χρησιμοποιείται και το άνοιγμα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Υπάρχει μια αλλαγή στην πίεση του αέρα πάνω από το νερό.
- **Δυναμικά συστήματα:** Μπορεί να είναι κυμαινόμενο ή σταθερό στην ξηρά. Πιάνουν το περιστατικό κύμα, αποθήκευση νερού σε ένα υψηλό φράγμα. Αυτό το νερό διέρχεται μέσα από μια τουρμπίνα για να το απελευθερώσει.
- **Εναέρια συστήματα:** Μπορεί να είναι τόσο επιπλέοντα όσο και βυθισμένα. Η κίνηση γίνεται μέσα από ένα υδραυλικό ή μηχανικό σύστημα σε γραμμική ή περιστροφική κίνηση για την ηλεκτρική γεννήτρια.



- **Υδραυλικά συστήματα:** Είναι συστήματα με διασυνδεδεμένα δίκτυα πλωτήρων. Η σχετική μετακίνηση των πλωτήρων μεταξύ τους χρησιμοποιείται για την αντλία πετρελαίου υψηλής πίεσης μέσω υδραυλικών κινητήρων που οδηγούν ηλεκτρικές γεννήτριες.
- **Συστήματα άντλησης:** Εκμεταλλεύονται την κάθετη μετακίνηση των μορίων από το νερό. Δημιουργούν ένα σύστημα άντλησης με τη χρησιμοποίηση ενός επιπλέοντος σώματος σε ένα ελαστικό σωλήνα.

Η Ισπανία θέλει να ανέβει σχετικά με την τεχνολογία της κυματικής ενέργειας. Διάφορα πρωτότυπα ήδη δοκιμάζονται σε πολλά μέρη της χώρας, με στόχο σε λίγα χρόνια να έχει το μονοπώλιο στην ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σε άλλα μέρη του κόσμου, όπως Πορτογαλία, Νορβηγία και Σκωτία, το έχουν πάρει στα σοβαρά και έχουν ήδη διάφορες διευκολύνσεις. Ωστόσο, αυτό είναι ακόμα μια τεχνολογία που χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη για να είναι ανταγωνιστική.



Εικόνα 2.3: Το σύστημα της Ocean Power Technology.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε μια σημαδούρα, που βρίσκεται στην ακτή, που αξιοποιεί την κατακόρυφη κίνηση που παράγεται από τις κυματομορφές για την παραγωγή ενέργειας. Η σημαδούρα έχει μια υδραυλική αντλία που κινείται η μηχανική ενέργεια που παράγεται σε ένα αλτερνείτορ, του οποίου η ένταση ρεύματος μπορεί στη συνέχεια να μεταδοθούν στο σώμα μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου.



Εικόνα 2.3: Σύστημα Pelamis στη Σκωτία.

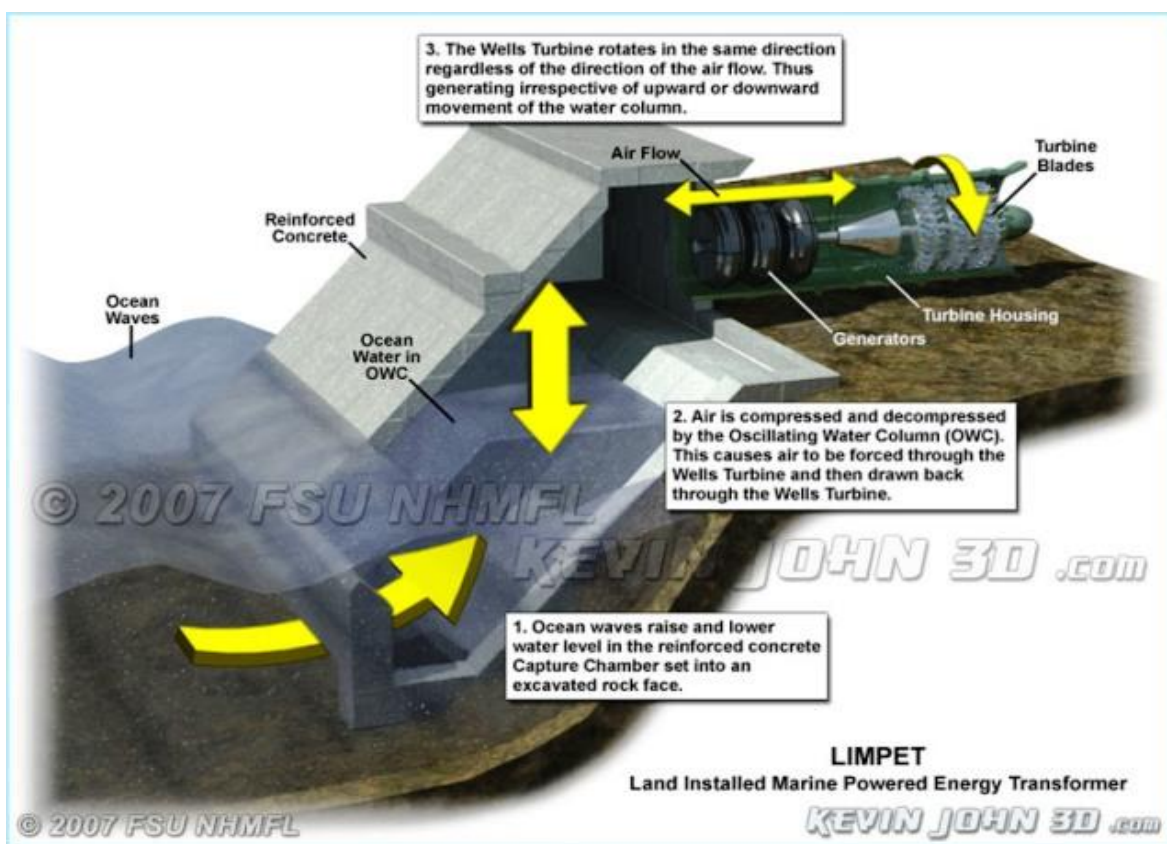
Στη Γαλικία, δοκιμάζεται ένα άλλο είδος τεχνολογίας, γνωστή ως Pelamis. Το όνομα σημαίνει θαλάσσιο φίδι (seasnake). λόγω της εμφάνισής του. Το σύστημα αποτελείται από μια σειρά κυλίνδρων αρθρωτά και έχουν μερικώς βυθιστεί. Το κύμα επάγει μια σχετική κίνηση μεταξύ των κυλίνδρων, η οποία ενεργοποιεί ένα υδραυλικό σύστημα και στη συνέχεια την ηλεκτρική γεννήτρια. Αυτή η δομή δίνει προτεραιότητα αντίστασης σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ενεργειακής μετατροπής, καθώς πρόκειται για περιοχές με πολύ δυσμενείς συνθήκες της θάλασσας. Υπολογίζεται ότι 30 από αυτά τα συστήματα θα μπορούσαν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες 20.000 περίπου νοικοκυριών στην Ευρώπη. Το πρώτο "πάρκο κυμάτων" εγκαταστάθηκε στην ακτή της Πορτογαλίας με βάση ηλεκτρογεννήτριες Pelamis των 750 kW.

### 2.2.1 Πλωτά συστήματα

#### **LIMPET**

Αυτά τα συστήματα είναι μία από τις πιο προηγμένες έννοιες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ενέργεια των κυμάτων. Ένας αριθμός των συσκευών που βασίζονται στην ακτογραμμή έχουν κατασκευαστεί με επιτυχία σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Limpet που χτίστηκε σύμφωνα με την Scottish Renewables Order και έχει τεθεί σε λειτουργία στο νησί Islay από το 2000.

Ωστόσο, δεν είναι όλες οι συσκευές OWC βασισμένες στην ακτογραμμή. Οι OWC έχουν αναπτυχθεί ως γεννήτριες μικρής κλίμακας, προκειμένου να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε σηματοδούρες ναυσιπλοΐας, χωρίς να χρειάζονται μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Η ιδέα για αυτές τις συσκευές ρηχών νερών είναι βασικά η ίδια όπως και για τα συστήματα ξηράς. αλλά απαιτεί τη σηματοδούρα στερεωμένη στο βυθό. Η Osprey είναι ένα παράδειγμα μιας μεγαλύτερης κλίμακας παράκτιας συσκευής που αναπτύχθηκε από την Wavegen. Το έργο αυτό ταλανίζεται από προβλήματα μετά το πρώτο πρωτότυπο πλήρους κλίμακας του καταστράφηκε από μια καταιγίδα.



Εικόνα 2.3: Ο βασικός σχεδιασμός του LIMPET.

Μια ομάδα από το Πανεπιστήμιο QUEEN του Μπέλφαστ άρχισε την εργασία για μια συσκευή ακτογραμμής OWC το 1985. Από τότε έχουν παραχθεί δύο εργασίες, με πλήρους μεγέθους πρωτότυπα, και οι δυο στο σκοτωσέζικο νησί Islay. Η πρώτη, που χτίστηκε το 1989, ήταν μια μερική επιτυχία, λειτουργούσε σχεδόν μια δεκαετία, αλλά παρήγαγε λιγότερη ενέργεια από ό, τι αναμενόταν. Αυτή η συσκευή παροπλίστηκε το 1999 και το σύνολο της ομάδας ξεκίνησε την οικοδόμηση της δεύτερης συσκευής τους, το LIMPET. αντλώντας διδάγματα από την πρώτη προσπάθειά τους.

Η πρώτη συσκευή είχε χτιστεί σε μια φυσική ρεματιά, αλλά και για το LIMPET ανασκάφηκε από την ομάδα το λεγόμενο «λουκι σχεδιαστών». Τα πλεονεκτήματα αυτού ήταν δυο: πρώτον, η ομάδα θα μπορούσε να σχεδιάσει το σχήμα του ρέματος,

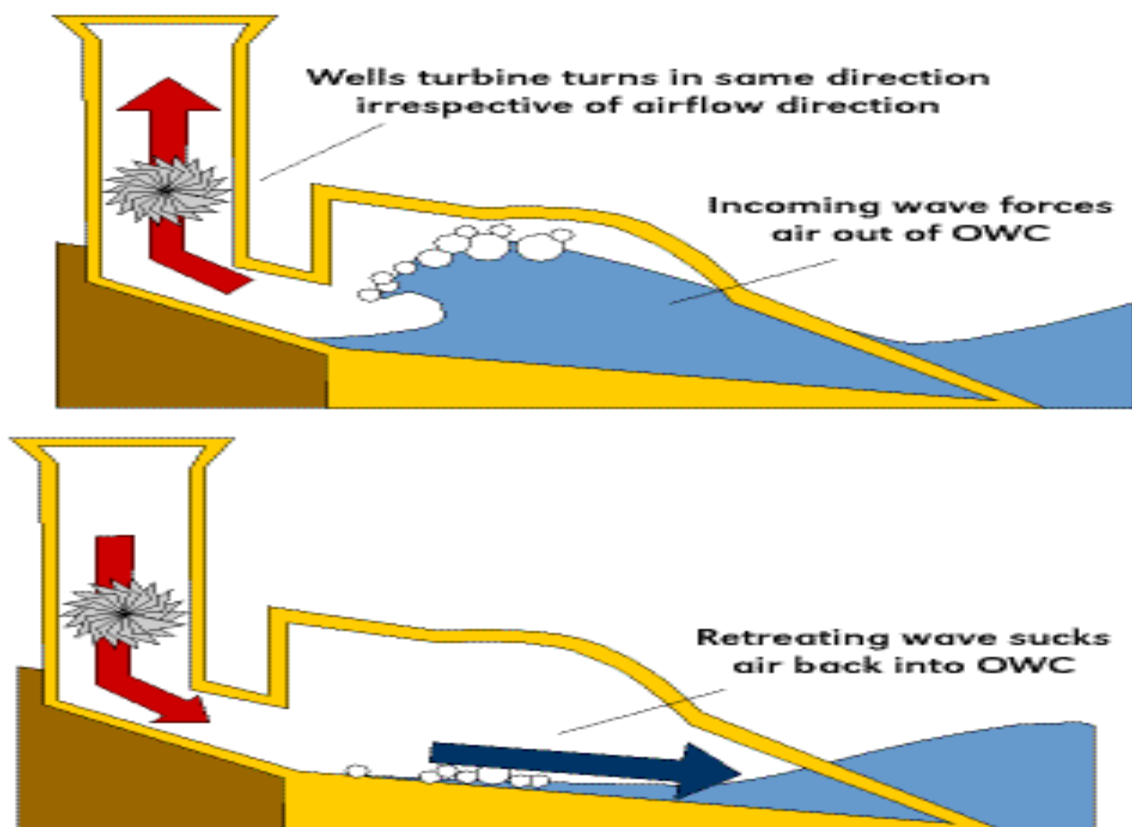
ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα του Limpet και δεύτερον, έχει πλεονεκτήματα στην κατασκευή.

Το Limpet έχει ένα μοναδικό άνοιγμα στην κορυφή, μέσω του οποίου περνάει αναγκαστικά ο αέρας και οδηγεί δύο τουρμπίνες σε αντίθετες κατευθύνσεις. Κάθε τουρμπίνα κινεί μια γεννήτρια 250 kW, δίνοντας μια συνολική μέγιστη ισχύ 500 kW. Αυτό έχει προσφέρει πολύ στις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του Islay, δεδομένου ότι άρχισε να λειτουργεί το 2000.

## OSREY

Όπως και το Limpet, το Osprey είναι μια συσκευή OWC που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Wavegen. Ωστόσο, αυτή η συσκευή δεν βρίσκεται στην ακτογραμμή, αλλά μόνο υπεράκτια σε ρηχά νερά (λιγότερο από 20 μέτρα βάθος). Αυτό έχει το πλεονέκτημα των μεγαλύτερων κυμάτων, αλλά είναι ένα πιο προκλητικό περιβάλλον. Αυτό αποδείχθηκε το 1995 όταν το πρώτο πρωτότυπο Osprey, κατασκευασμένο από ατσάλι, καταστράφηκε σε μια καταιγίδα. Η Wavegen σχεδιάζει μια δεύτερη έκδοση που θα κατασκευαστεί με τη χρήση σκυροδέματος.

Το Osprey βρίσκεται στο βυθό της θάλασσας, όπου υποστηρίζεται από δύο δεξαμενές οι οποίες οδηγούν τα κύματα στο κεντρικό θάλαμο. Είναι σχεδιασμένο για να δώσει τη μέγιστη δυνατή ισχύ εξόδου συνδυάζοντας την παραγωγή κυματικής ενέργειας με την επιλογή της τοποθέτησης μιας ανεμογεννήτριας στην κορυφή.

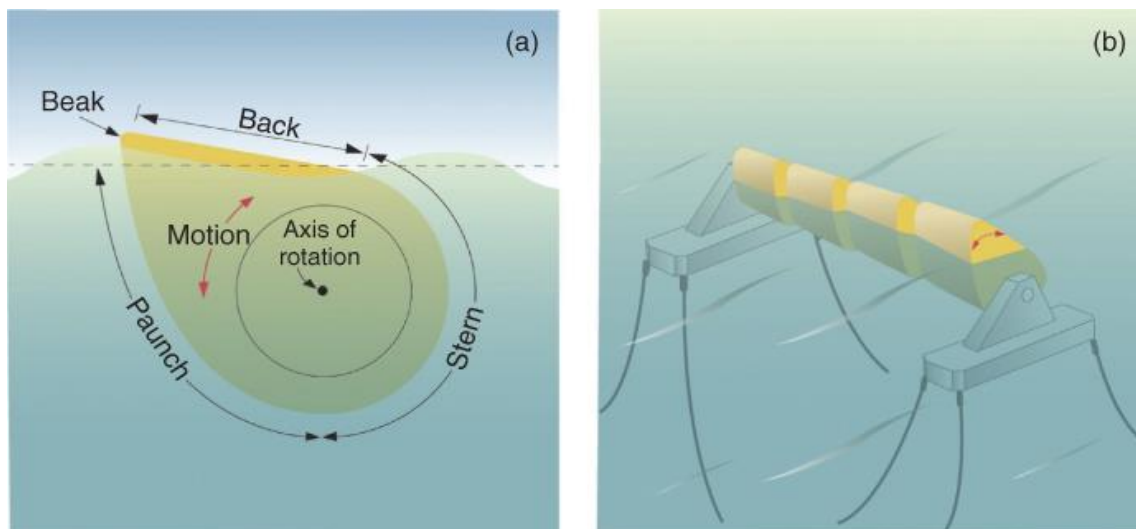


Εικόνα 2.4: Ο βασικός σχεδιασμός του OSPREY.

## SALTER'S DUCK

Κατά τη διάρκεια της «ενεργειακής κρίσης» της δεκαετίας του 1970 Stephen Salter καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου, σχεδίασε ένα σύστημα παραγωγής κύματος δυνητικά ικανό να συλλάβει το 90% της ενέργειας των κυμάτων. Η «Πάπια» του SALTER (επίσης γνωστή ως η «πάπια» του Εδιμβούργου) προβλέφθηκε ως μια μακρά σειρά από σηματοδούρες έκκεντρου σχήματος αγκυροβολημένη παράλληλα με τα εισερχόμενα μέτωπα κύματος, καθιστώντας τη συσκευή της οικογένειας τερματισμού.

Σαφώς, αν η γεννήτρια συλλαμβάνοντας ένα τέτοιο υψηλό ποσοστό της ενέργειας των κυμάτων, υπάρχει πολύ λίγη ενέργεια για να περάσει στη γεννήτρια, και έτσι φαίνεται ότι τα νερά στην απώτερη πλευρά μιας Salter's Duck είναι πολύ ήρεμα, όπως φαίνεται στην εικόνα.

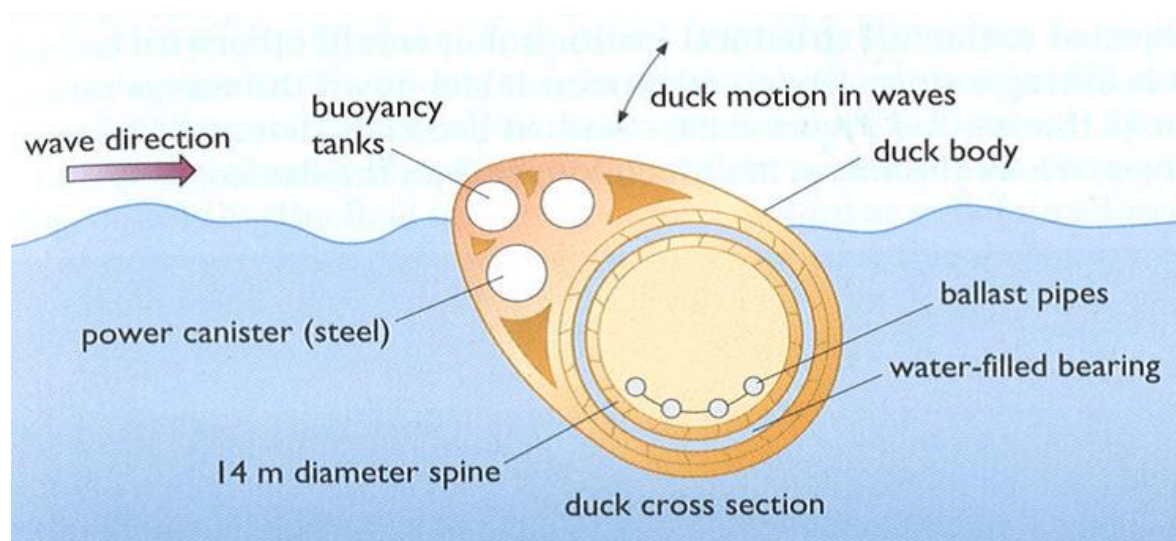


Εικόνα 2.5: Ο βασικός σχεδιασμός του SALTER'S DUCK.

Η πολύ υψηλή απόδοση που προβλέφθηκε από τα μαθηματικά μοντέλα και τις δοκιμές που βασίζονταν σε δεξαμενές, φαίνονταν πολύ ενθαρρυντικά, ωστόσο μια αναθεώρηση της κυβέρνησης στη δεκαετία του 1980 που κατεύθυνε τη χρηματοδότηση προς την πυρηνική ενέργεια, μετά από ανάλυση έδειξε ότι το κόστος κεφαλαίου για την παραγωγή ενός τέτοιου συστήματος ήταν πολύ υψηλό. Συγκρίνοντας το αναμενόμενο συνολικό κόστος ανά kWh της ενέργειας που παράγεται, η Salter's Duck, καθώς και άλλες σύγχρονες παραλλαγές, είναι πιο ακριβά από τα άλλα μοντέλα της ενέργειας των κυμάτων, αλλά το κόστος κατεβαίνει.

Αυτή η περικοπή της χρηματοδότησης σήμαινε ότι η ομάδα Salter ποτέ δεν πραγματοποίησε τις δοκιμές στη θάλασσα, ωστόσο, λεπτομερή μαθηματικά μοντέλα φαίνεται να δείχνουν ότι οι αποδόσεις που υποσχέθηκαν ποτέ δεν θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στα τυχαία κύματα που βρίσκονται στη θάλασσα.

Η προπορευόμενη ακμή της πάπιας είναι διαμορφωμένη έτσι ώστε οι πιέσεις που ασκούνται σε αυτή από το κύμα που πλησιάζει να αναγκάσει την πάπια να περιστρέφεται γύρω από έναν κεντρικό άξονα, και την άκρη των βαριδιών του έκκεντρου πάνω και κάτω από το νερό. Αυτή η περιστροφή, σε σχέση με τα σταθερά αγκυροβόλια και στα δύο άκρα, μετατρέπεται σε ωφέλιμη δύναμη από μία γεννήτρια που στεγάζεται στα σταθερά αγκυροβόλια. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με έμβολα οδήγησης, οι οποίες αναγκάζουν το υδραυλικό υγρό να οδηγεί έναν κινητήρα που τροφοδοτεί μια ηλεκτρική γεννήτρια.

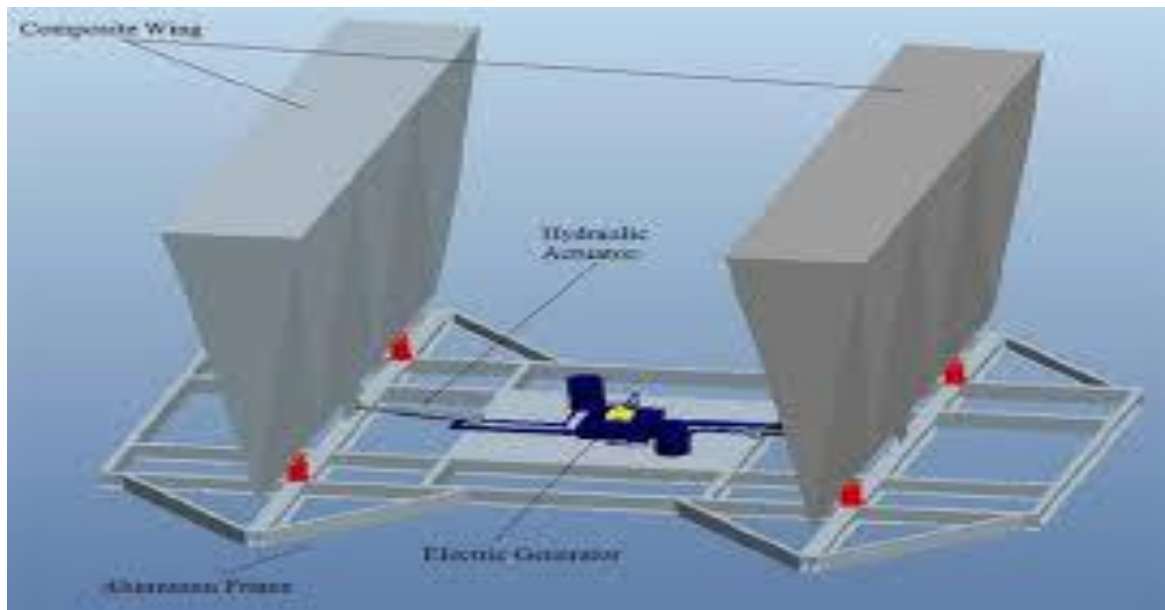


Εικόνα 2.6: Ο βασικός σχεδιασμός του SALTER'S DUCK (2).

## WING WAVES

Όπως οι ανεμογεννήτριες και οι τουρμπίνες ανέμου που παράγουν ρεύμα και ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο, οι επιστήμονες σήμερα εργάζονται για να παράγουν ενέργεια από τη θάλασσα. Ο Stephen Wood αναπληρωτής καθηγητής θαλάσσιων και περιβαλλοντικών συστημάτων στο FLORIDA INSTITUTE OF TECHNOLOGY εργάζεται πάνω σε αυτήν την τεχνολογία για την εξέλιξη και την ορθή χρήση της. Αυτή η τεχνολογία θα χρησιμοποιήσει WING WAVES με έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο για να παράγουν ηλεκτρισμό και ενέργεια από τη θάλασσα.

Η τεχνολογία Wing Waves για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ενέργειας από τη θάλασσα είναι ένα πρόγραμμα που ξεκίνησε από μια εταιρεία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το Ταλαχάσι που ονομάζεται CLEAN & GREEN ENTERPRISES INC.



Εικόνα 2.7: Ο βασικός σχεδιασμός των WING WAVES.

Σύμφωνα με τον κ. Wood , περίπου 200.000 σπίτια μπορούν να ηλεκτροδοτηθούν με τη βοήθεια ενός τετραγωνικού μιλίου από φτερά που παράγουν περίπου 1.000 μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς δημιουργείται από την μετατροπή της ελλειπτικής κίνησης του κύματος σε μηχανική ενέργεια αφού έχει παγιδευτεί 30 πόδια έως 60 πόδια κάτω από τη θάλασσα.

Ο επικεφαλής της εκτελεστικής εξουσίας Terence Bolder αναφέρει ότι τα φτερά έχουν ταλάντωση 30 μοίρες από πλευρά σε πλευρά. Χρειάζεται 8 έως 10 δευτερόλεπτα για να ολοκληρωθεί κάθε τόξο. Σε αυτή τη διαδικασία, παράγουν ηλεκτρισμό.

Για τη χρήση φτερών κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη θάλασσα, υπάρχουν δύο βασικές απαιτήσεις: βάθος 40 έως 50 πόδια και ένας αμμώδης πυθμένας. Στη θάλασσα οι ανεμιστήρες είναι τοποθετημένοι στην αμμώδη βάση. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερα φτερά με νερό βρύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά για αυτό, το εργοστάσιο για να κάνει αυτά τα φτερά θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στον ωκεανό. Μέχρι τότε, θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται οι ανεμιστήρες που έχουν τραπεζοειδούς σχήματος φτερά με ύψος 8 πόδια και πλάτος 15 πόδια και θα μεταφέρονται οδικώς. Το ύψος και το πλάτος των φτερών είναι προσεκτικά κατασκευασμένα έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρονται από το δρόμο και να μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν κάτω από τη θάλασσα.





Εικόνα 2.8: Τοποθέτηση των WING WAVES.

Τα πλεονεκτήματα των WING WAVES:

- Είναι ένας καθαρός και πράσινος τρόπος για να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα.
- Είναι ένας εναλλακτικός τρόπος για την παροχή ρεύματος.
- Προστατεύει τη θαλάσσια ζωή. Τα φτερά κυμάτων είναι ιδιαίτερα φιλικά προς το περιβάλλον, να μην προκαλούν κίνδυνο για τις θαλάσσιες χελώνες και προσελκύουν τα ψάρια.
- Η ισχύς που παράγεται στη θάλασσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επί της γης δια της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τη θάλασσα στην ξηρά μέσω καλωδίων.
- Τα φτερά κυμάτων είναι ένα δώρο για το μάτι να δείτε.
- Αν αυτά τα φτερά συντηρούνται σωστά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι και 20 χρόνια.
- Τα φτερά λειτουργούν και παράγουν ισχύ ακόμα και όταν η θάλασσα είναι σε ηρεμία. Τα φτερά κλειδώνουν αυτόματα κατά τη διάρκεια τυφώνων, όταν η θάλασσα είναι ασταθής.
- Η τεχνολογία αυτή μπορεί να λειτουργήσει σε οποιαδήποτε παράκτια ζώνη.
- Συμβάλλουν επίσης στην αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Το πρωτότυπο των WING WAVES που δουλεύει από τις 17 Νοεμβρίου 2010 στην ακτή της Φλόριντα είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο. Βοήθησε να συλλεχθούν δεδομένα για την κίνηση των κυμάτων και άλλα συναφή θέματα. Το πρωτότυπο που χρησιμοποιείται τώρα θα αντικατασταθεί από ένα άλλο που είναι κατασκευασμένο από σύνθετο υλικό και πιο ανθεκτικό στη διάβρωση.

Τα Wing Waves θα είναι μια επανάσταση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικής ενέργειας από τη θάλασσα.

## WAVE ROLLER

Η απλή αλλά πολύ ισχυρή ιδέα για το σχεδιασμό του WAVE ROLLER ήρθε σε μια στιγμή φώτισης, όταν ο Φιλανδός επαγγελματίας δύτες, Rauno Koivusaari, εξερευνούσε ένα ναυάγιο. Παρατήρησε ότι ένα πολύ βαρύ επίπεδο κομμάτι του σώματος του πλοίου κινείται μπρος πίσω, οδηγούμενο από την ενεργητική απότομη αύξηση του νερού κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, τα κύματα του ωκεανού.

Από την πρώτη στιγμή, ο σχεδιασμός του Wave Roller έχει περάσει από πολλαπλούς κύκλους κατασκευής πρωτοτύπων, δοκιμές αυτών σε εργαστήρια, τη διεξαγωγή άκρως εξελιγμένων προσομοιώσεων και την αριθμητική προσομοίωση, και, τέλος, την ανάπτυξη των συσκευών δοκιμής σε πραγματικό περιβάλλον του ωκεανού για να κάνουν παρατηρήσεις, στην κλίμακα και στην επανάληψη του κύκλου ανάπτυξης.

Το Wave Roller συμπεριφέρεται ουσιαστικά με τον ίδιο τρόπο όπως το επίπεδο μέρος του ναυαγίου που παρατήρησε ο Koivusaari. Η παλινδρομική κίνηση του νερού οδηγείται από την απότομη αύξηση των κυμάτων και αναγκάζει το σύνθετο πάνελ σε κίνηση.

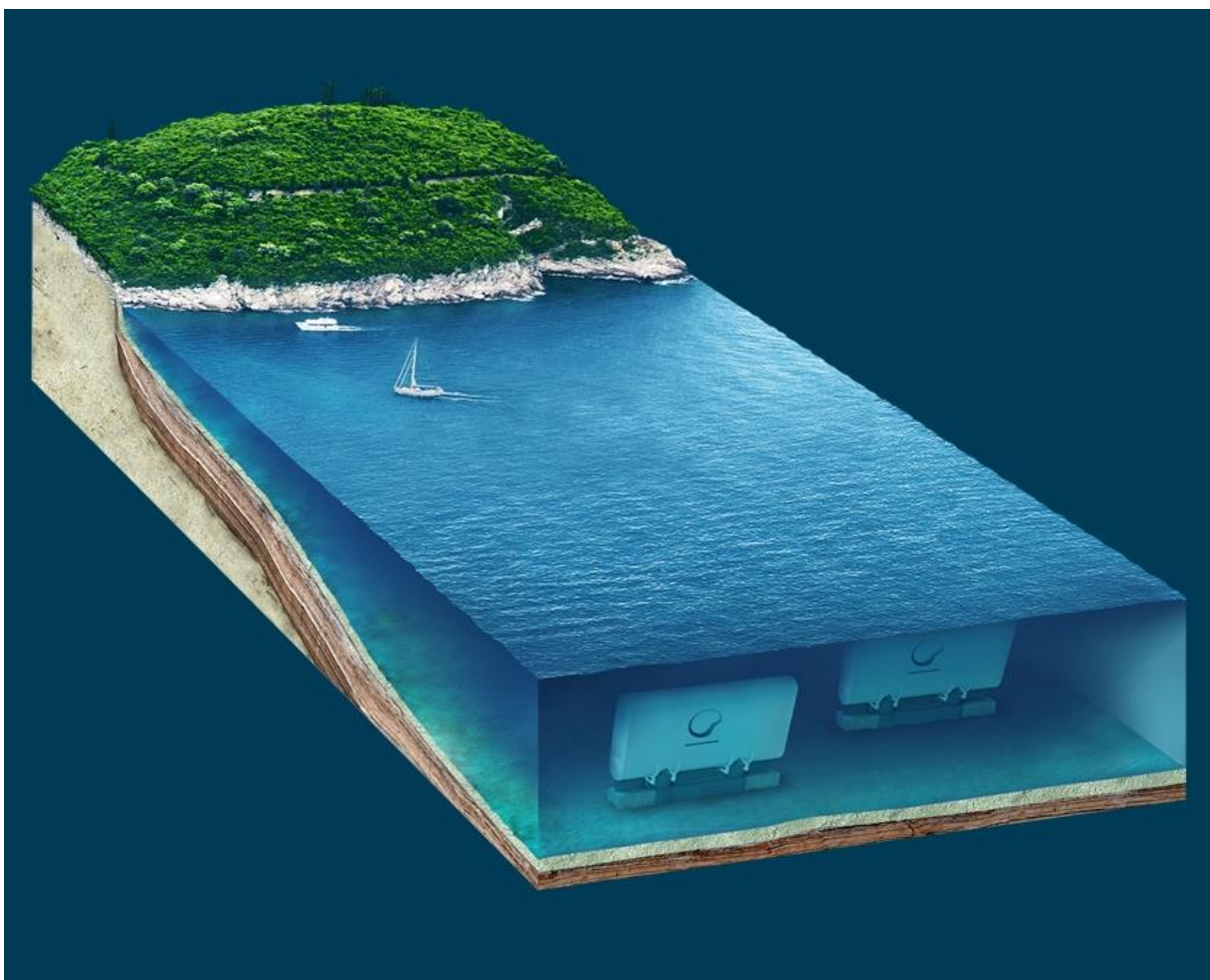
Καθώς κινείται το Wave Roller και απορροφά την ενέργεια από τα κύματα του ωκεανού, οι υδραυλικές αντλίες του εμβόλου συνδέονται με τον πίνακα άντλησης των υδραυλικών υγρών μέσα σε ένα κλειστό υδραυλικό κύκλωμα. Όλα τα στοιχεία του υδραυλικού κυκλώματος περικλείονται μέσα σε μια ερμητική δομή στο εσωτερικό της συσκευής και δεν εκτίθενται σε θαλάσσιο περιβάλλον. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος διαρροής στον ωκεανό.

Τα υγρά υψηλής πίεσης τροφοδοτούν έναν υδραυλικό κινητήρα που κινεί μια γεννήτρια ηλεκτρισμού. Η ηλεκτρική έξοδος από αυτή τη μονάδα παραγωγής ανανεώσιμης κυματικής ενέργειας στη συνέχεια συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός καλωδίου υποθαλάσσια.

Η ισχύς εξόδου από μία μόνο συσκευή Wave Roller κυμαίνεται μεταξύ 500 και 1000 kW.

Οι διαφορές στο αποτέλεσμα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από τους τοπικούς πόρους κύματος. Όταν πολλές συσκευές Wave Roller είναι εγκατεστημένες σε ένα μόνο χώρο, μιλάμε για εκτάσεις ή συστοιχίες κυμάτων. Αυτές οι εκτάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν δεκάδες συσκευές, έτσι ώστε μέρος της υποδομής της περιοχής να κατανέμεται μεταξύ των μηχανημάτων, μειώνοντας έτσι το κόστος μιας μεμονωμένης μονάδας.

Δεδομένου ότι κάθε Wave Roller είναι εξοπλισμένο με μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, η έξοδος από πολλές συσκευές μπορούν να συνδυαστούν με ηλεκτρικά καλώδια και έναν υποσταθμό. Μεγάλες εκτάσεις κυμάτων έχουν ονομαστική χωρητικότητα ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρησιμότητα κλίμακας.



Εικόνα 2.9: WAVE ROLLER σε λειτουργία.

Το Wave Roller είναι μια συσκευή που μετατρέπει τα κύματα του ωκεανού σε ενέργεια και ηλεκτρισμό. Το μηχάνημα λειτουργεί σε περιοχές κοντά στην ακτή (περίπου 0,3-2 χλμ. από την ακτή) σε βάθη μεταξύ 8 και 20 μέτρων. Ανάλογα με τις συνθήκες της παλίρροιας είναι ως επί το πλείστον ή τελείως βυθισμένο και αγκυροβολημένο στο βυθό της θάλασσας.

Μια ενιαία μονάδα Wave Roller (ένα φύλλο) αξιολογείται μεταξύ 500 kW και 1000 kW με συντελεστή χωρητικότητας 25-50% ανάλογα με τις συνθήκες των κυμάτων στην περιοχή του έργου.

Για να μεγιστοποιηθεί η ενέργεια που το Wave Roller μπορεί να απορροφήσει από τα κύματα, η συσκευή είναι εγκατεστημένη κάτω από το νερό σε βάθος περίπου 8-20 μέτρων, όπου η απότομη αύξηση κυμάτων είναι πιο ισχυρή. Το πάνελ εκτείνεται σχεδόν ολόκληρο στο θαλάσσιο βυθό χωρίς να βγαίνει στην επιφάνεια. Αυτό εξασφαλίζει ότι το πάνελ δεν προεξέχει επάνω από το θαλάσσιο τοπίο και αποτρέπει τη δημιουργία των υλικών ανεπαρκειών που θα βάλει επιπλέον φορτίο στη δομή.

Ένα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του Wave Roller που εξασφαλίζει την αποτελεσματικότητά του κόστους της παροχής αξιόπιστης ισχύς εξόδου είναι η ξεχωριστή ιδέα της λειτουργίας και της συντήρησής του. Οι Wave Roller μονάδες διαθέτουν μεγάλες δεξαμενές έρματος που γεμίζουν με αέρα, έτσι ώστε να μπορούν να επιπλέουν στις εγκαταστάσεις τους. Οι δεξαμενές αυτές μπορούν να πλημμυρίσουν με νερό για να βυθιστεί η μονάδα.

Παρά το γεγονός ότι ο μετατροπέας της ενέργειας των κυμάτων παραμένει πλήρως βυθισμένος κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, μπορεί εύκολα να επιπλεύσει ξανά στην επιφάνεια για τη συντήρηση με το άδειασμα των δεξαμενών έρματος. Συνεπώς, δεν υπάρχει ανάγκη για πολύπλοκες, δαπανηρές και δυνητικά επικίνδυνες εργασίες κατάδυσης κατά την συντήρηση του Wave Roller. Επιπλέον, η συσκευή μπορεί να εγκατασταθεί ή να εξυπηρετούνται χωρίς πρόσθετο δαπανηρό εξοπλισμό, όπως μεγάλοι γερανοί ή μαούνες.

## WAVE DRAGON

Το WAVE DRAGON είναι ένας πλωτός, χαλαρά αγκυροβολημένος, μετατροπέας της ενέργειας των κυμάτων, τύπου υπερχειλίσης (overtopping).

Αποτελείται κυρίως από δύο ανακλαστές κύματος οι οποίοι συγκεντρώνουν τα κύματα προς μια ράμπα. Πίσω από τη ράμπα υπάρχει μια μεγάλη δεξαμενή, όπου το νερό που τρέχει πάνω στη ράμπα συλλέγεται και αποθηκεύεται προσωρινά. Το νερό φεύγει από τη δεξαμενή διαμέσου υδροστροβίλων που χρησιμοποιούν την κεφαλή μεταξύ του επιπέδου της δεξαμενής και του επιπέδου της θάλασσας.

Τα κύρια μέρη του Wave Dragon είναι:

- Το κύριο σώμα με μια διπλή καμπυλωτή ράμπα, από οπλισμένο σκυρόδεμα ή / και χαλύβδινες κατασκευές
- Δύο ανακλαστές κύματος από χάλυβα ή / και οπλισμένο σκυρόδεμα
- Σύστημα πρόσδεσης
- Τουρμπίνες έλικα με γεννήτριες μόνιμου μαγνήτη

Οι φυσικές διαστάσεις ενός Wave Dragon βελτιστοποιούνται σύμφωνα με το κλίμα των κυμάτων στο χώρο εγκατάστασης, δηλαδή το πλάτος του κύριου σώματος, το μήκος των ανακλαστών του κύματος, το βάρος, τον αριθμό και το μέγεθος των στροβίλων κλπ.



Εικόνα 2.10: WAVE DRAGON σε λειτουργία.

## ARCHIMEDES WAVE SWING (AWS)

Το AWS είναι μια απλή ιδέα για τη μετατροπή της ενέργειας των κυμάτων σε ηλεκτρική ενέργεια. Το εφηύρε ο Fred Gardner και έχει διερευνηθεί στο Ενεργειακό Κέντρο της Ολλανδίας, ως πρώτη φάση ενός σχεδίου ανάπτυξης. Σε αυτό το σύστημα, η ενέργεια έλκεται από την πάντοτε παρούσα διόγκωση της θάλασσας και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η διόγκωση της θάλασσας είναι ένα μεγάλο σύστημα μάζας-ελατηρίου, το οποίο ταλαντεύεται με σταθερή συχνότητα. Τα κύματα μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς μεγάλη απώλεια ενέργειας. Ένα μέσο μήκος κύματος είναι περίπου 120 m και η μέγιστη ισχύς που ένα κύμα μεταφέρει είναι περίπου 100 kW/ m του κυματικού μετώπου στην ανοικτή θάλασσα.

Το AWS είναι ένας εφευρετικός τρόπος για να μετατρέψει μέρος αυτής της ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Αποτελείται από έναν αριθμό όιασυνδεδεμένων θαλάμων με αέρα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην κορυφή έχουν κινητούς πλωτήρες, σαν κουκούλες, και τα κύματα τους αναγκάζουν να ταλαντώνονται κάθετα. Όταν μια κορυφή κύματος κινείται πάνω από μια κουκούλα, η πίεση σε αυτή αυξάνεται, ο παγιδευμένος αέρας ωθείται σε ένα άλλο θάλαμο, και η κουκούλα αρχίζει να βυθίζεται. Η διαδικασία αντιστρέφεται σε ένα χαμηλότερο σημείο κύματος και κάθε κύμα επαναλαμβάνει αυτή τη διαδικασία.

Σε πλήρη κλίμακα οι πλωτήρες είναι μεγάλοι: ο καθένας έχει διάμετρο περίπου 20 μέτρα και ζυγίζει περίπου 1.000 τόνους. Είναι ανοικτό στον πυθμένα επιτρέποντας στο νερό να εισέλθει από κάτω. Οι πλωτήρες έχουν σχεδιαστεί για να παραμένουν σε ισορροπία με την ποσότητα του νερού πάνω από αυτούς.

Το αναπτυξιακό έργο ξεκίνησε το 1995. Η πρώτη φάση, να κατασκευάσει και να δοκιμάσει ένα μοντέλο 1/20 κλίμακα, ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Η φάση αυτή περιλάμβανε την προστασία των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας σχεδιασμού, τη δημιουργία ενός χώρου δοκιμών και επαλήθευσης της αρχής της AWS. Στη δεύτερη φάση, στα μέσα του 1996, η μονάδα αναβαθμίστηκε σε πρωτότυπο 8 MW. Προκαταρκτικές εργασίες σχεδιασμού έδειξαν ότι η δύναμη των 2,7 MW θα μπορούσε να επιτευχθεί με μια μονάδα τριών θαλάμων.

Η τελική φάση ήταν η κατασκευή και λειτουργία του συστήματος και μια θέση κάπου στην ακτή της Πορτογαλίας, όπου αναμενόταν μια αν είναι 35 Kw / m εμπρόσθιου κύματος.



Εικόνα 2.11: AWS.

Τα πλεονεκτήματα του AWS:

- Αξιοπίστο - Το AWS είναι αξιοπίστο λόγω της απλής ρύθμισης και τα λιγότερα κινούμενα μέρη. Είναι βυθισμένο τουλάχιστον 6 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και ως εκ τούτου δεν επηρεάζεται από τις δυνατές καταιγίδες. Αυτό μειώνει το κόστος πρόσδεσης και τον κίνδυνο βλάβης.
- Πυκνότητα ισχύος-Η πυκνότητα ισχύος που προσφέρει το AWS είναι 10 φορές μεγαλύτερη από ό, τι οποιοδήποτε άλλο μέσο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Φιλικό προς το Περιβάλλον - Το AWS είναι μια συσκευή χωρίς θόρυβο, χωρίς εξοπλισμό υψηλής ταχύτητας περιστροφής. Επίσης, δεν υπάρχουν προβλήματα ρύπανσης που σχετίζονται με την μονάδα παραγωγής.

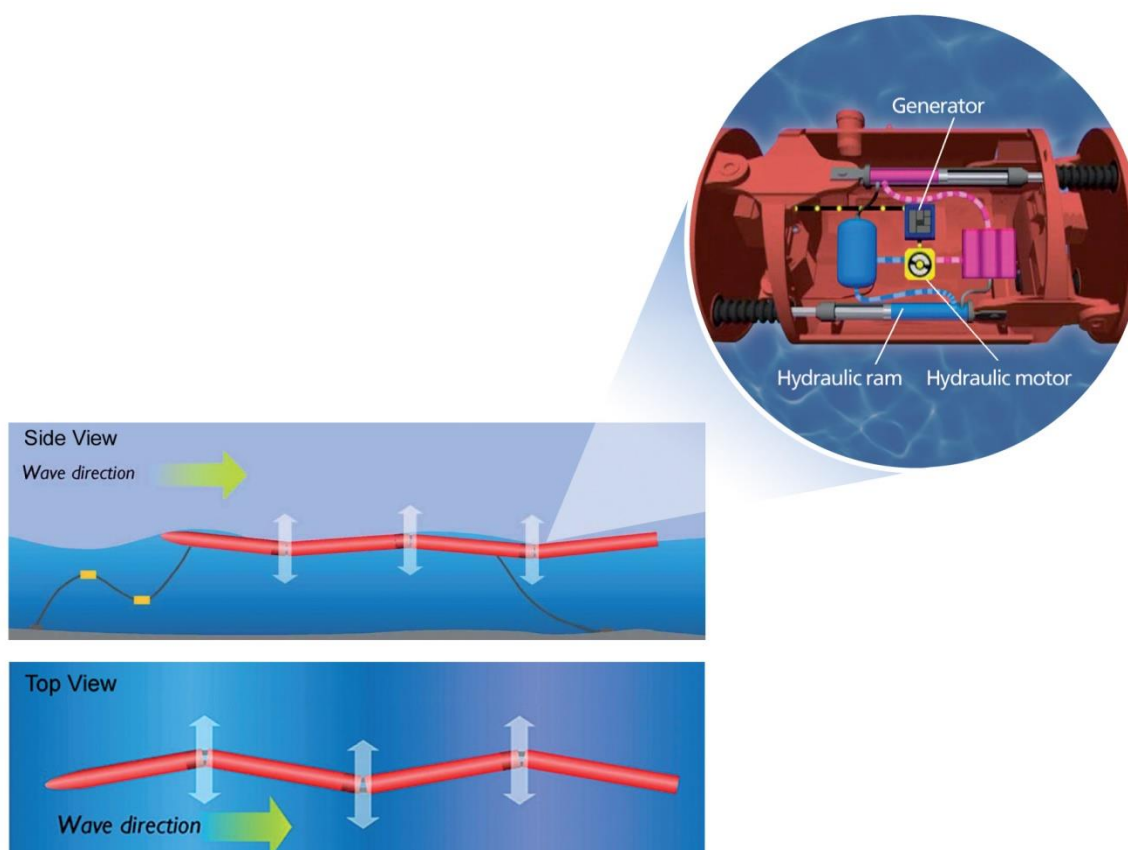
## 2.2.2 Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού

### PELAMIS

Το PELAMIS είναι ένα από τα πιο γνωστά και επιτυχημένα συστήματα παραγωγής ενέργειας από τα κύματα. Το 2004 ένα πλήρους κλίμακας πρωτότυπο 750 kW είχε εγκατασταθεί στα ανοικτά των Νήσων Orkney (το πρώτο βαθέων υδάτων, διασυνδεδεμένο πρωτότυπο κυματικής ενέργειας στον κόσμο). Το 2008 το Pelamis έγινε η πρώτη εμπορική γεννήτρια κύματος όταν τρεις εγκαταστάθηκαν στα ανοικτά του ακτών της Πορτογαλίας, δημιουργώντας μέχρι 2.25 MW μεταξύ αυτών. Σχεδιασμένο και κατασκευασμένο από την WAVE POWER DELIVERY LTD., αυτή είναι μια ιστορία επιτυχίας για τη βιομηχανία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου.

Το Pelamis είναι μια συσκευή εξασθενητή, και ως τέτοια έχει αρκετά αρθρωτά τμήματα που βρίσκονται κάθετα προς τα μέτωπα κύματος. Καθώς ένα κύμα περνά τη συσκευή, τα τμήματα αναγκάζονται να αυξάνονται και να μειώνονται σε σχέση με το άλλο, και έτσι προκαλείται μια γωνιακή δύναμη στους μεντεσέδες μεταξύ κάθε τμήματος. Υδραυλικοί κριοί αντιστέκονται σε αυτήν την άρθρωση, και το πεπιεσμένο ρευστό οδηγεί στη συνέχεια στροβίλους, οι οποίοι με τη σειρά τους οδηγούν ηλεκτρικές γεννήτριες, που βρίσκονται στο σώμα της συσκευής. Υπάρχει μια σειρά από υδραυλικά έμβολα, και μια γεννήτρια, για κάθε άρθρωση και όταν συνδέονται παράλληλα αυτά παράγουν ένα αρκετά σταθερό συνολικό ρεύμα. Αυτό το ρεύμα φέρεται σε μια «κομβικό σημείο» στο βυθό της θάλασσας το οποίο μπορεί να συνδεθεί με διάφορες συσκευές Pelamis, και στέλνει τη δύναμη στην ακτή μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου.

Το Pelamis είναι συνδεδεμένο με το θαλάσσιο βυθό, προκειμένου να το κρατήσει στη θέση του, αλλά είναι σε θέση να γυρίσει ώστε να αντιμετωπίσει φυσικά τα επερχόμενα κύματα, από όποια κατεύθυνση και αν φτάνουν, κάτι που αυξάνει την αποτελεσματικότητα. Η ικανότητα επιβίωσης (να είναι σε θέση να αντέξει τις θύελλες) είναι ένας βασικός παράγοντας στο σχεδιάσμά. Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας, τα κύματα είναι πολύ πιο ισχυρά και θα μπορούσαν να προκαλέσουν ζημιά σε οποιαδήποτε γεννήτρια κυματικής ενέργειας. Ωστόσο, στα μεγαλύτερα μήκη κύματος μιας καταιγίδας, τα κύματα είναι πολύ μεγαλύτερα από το Pelamis, και έτσι ολόκληρη η συσκευή ιπεύει πάνω από τα κύματα, και η πλήρης δύναμη δεν μεταδίδεται στις αρθρώσεις.



Εικόνα 2.12: Ένα διάγραμμα του συστήματος Pelamis.

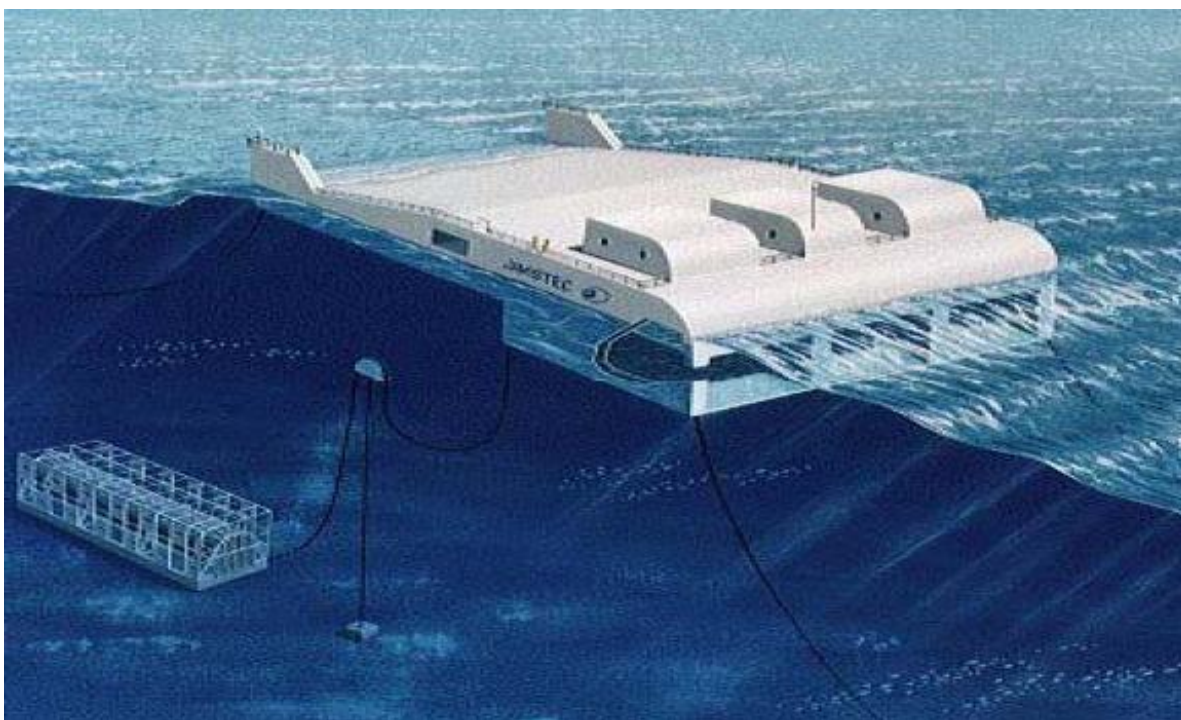
## MIGHTY WHALE

Η μεγαλύτερη υπεράκτια συσκευή κυμαινόμενου κύματος του κόσμου ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1998 από την Japan Marine Science and Technology Center. Το πλήρους κλίμακας πρωτότυπο θα είναι αναδείχθηκε και δοκιμάστηκε για μια περίοδο δύο ετών, στις εκβολές του Gogasho Bay με θέα τον Ειρηνικό Ωκεανό.

Το Mighty Whale (πανίσχυρη φάλαινα, λόγω του σχήματός του) μετατρέπει την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση στηλών ταλάντωσης του νερού για να κινεί τις τουρμπίνες αέρα. Τα κύματα που ρέουν μέσα και έξω από τους θαλάμους αέρα στο "στόμα" του Mighty Whale προκαλούν την άνοδο και την πτώση της στάθμης του νερού στους θαλάμους. Το νερό αναγκάζει τον αέρα να κινείται μέσα και έξω από τους θαλάμους μέσω των ακροφυσίων στις κορυφές των θαλάμων.

Η προκύπτουσα υψηλής ταχύτητας ροή του αέρα προκαλεί την περιστροφή των στροβίλων αέρα που οδηγεί τις γεννήτριες.





Εικόνα 2.13: Mighty Whale.

Αφού ρυμουλκήθηκε στο αγκυροβόλιο της περίπου, 1,5 χλμ. από τις εκβολές του Gokasho Bay, το Mighty Whale ήταν αγκυροβολημένο στο βυθό της θάλασσας (περίπου 40 μ. βάθος), με έξι γραμμές πρόσδεσης: τέσσερις γραμμές στην θάλασσα πλευρά και δύο στην υπήνεμη πλευρά. Τα αγκυροβόλια έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν ακόμα και τυφώνες, ισχυρούς ανέμους και κύματα.

Το Mighty Whale μπορεί να ελέγχεται εξ αποστάσεως από στη στεριά. Στο πρωτότυπο επίδειξης, η ενέργεια που παράγεται ως επί το πλείστον χρησιμοποιείται από τα όργανα που βρίσκονται επί του σκάφους. Οποιοδήποτε πλεόνασμα χρησιμοποιείται για να φορτίζει μια μπαταρία αποθήκευσης ή, όταν αυτή είναι πλήρως φορτισμένη, χρησιμοποιείται από μια αντίσταση φόρτωσης.

Μια βαλβίδα ασφαλείας προστατεύει τις τουρμπίνες αέρα από τον θυελλώδη καιρό, διακόπτοντας τη ροή του αέρα, αν η ταχύτητα περιστροφής των ανεμογεννητριών υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, το πρωτότυπο είναι επίσης εξοπλισμένο με έναν συμπιεστή αέρα για να παρέχει εξαερισμό.

Επειδή έχει απορροφήσει και μετατρέψει την περισσότερη από την κυματική ενέργεια, το Mighty Whale δημιουργεί έναν ήρεμο θαλάσσιο χώρο πίσω του, και αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για να κάνει περιοχές κατάλληλες για ιχθυοκαλλιέργεια και θαλάσσια σπορ.

Η ίδια η δομή του Mighty Whale μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σταθμός παρακολούθησης καιρού, ένα προσωρινό αγκυροβολώ για μικρά σκάφη ή μια ψυχαγωγική πλατφόρμα αλιείας. Καθώς επίσης για παραγωγή ενέργειας για χρήση στη στεριά, το Mighty Whale μπορεί να παρέχει μια ενδιάμεση πηγή ενέργειας για εξαερισμό για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού.

## POWER BUOY

Το POWER BUOY της OCEAN POWER TECHNOLOGIES (OPT) σχεδιάστηκε για να μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων του ωκεανού σε χρησιμοποιήσιμη ηλεκτρική ενέργεια για εφαρμογές διασυνδεδεμένες με το δίκτυο με χρησιμότητα κλίμακας. Το Power Buoy μπορεί να αναπτυχθεί σε συστοιχίες επεκτάσιμη έως εκατοντάδες μεγαβάτ.



Εικόνα 2.14: POWER BUOY.

Πιθανές χρήσεις περιλαμβάνουν:

Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε εμπορικής κλίμακας μονάδες ρεύματος παρέχοντας έως και εκατοντάδες μεγαβάτ ατελείωτη, καθαρή, ανανεώσιμη ενέργεια από τα κύματα του ωκεανού.

Την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εφαρμογές δικτύου και μεγάλους χρήστες ενέργειας για:

- Πόλεις και μεγάλα αστικά κέντρα με απομονωμένα δίκτυα ή σε απομακρυσμένες περιοχές

- Τις βάσεις των Υπουργείων Αμυνας σε όλο τον κόσμο

- Την τροφοδότηση σε πλατφόρμες πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Κάνοντας καθαρό, φρέσκο πόσιμο νερό από το νερό των ωκεανών.

Την παραγωγή υδρογόνου από θαλασσινό νερό με ηλεκτρόλυση.

Την παροχή ισχύος και ψύξης για τα πλωτά κέντρα υπολογιστών.

Την επεξεργασία των φυσικών πόρων σε απομακρυσμένες περιοχές και εφαρμογές "εκτός δικτύου".

Την τροφοδότηση εφαρμογών για την παγίδευση και κατακράτηση διοξειδίου του άνθρακα σε παλαιά θαλάσσια κοιτάσματα πετρελαίου.

Η νεώτερη προσθήκη της OPT στην σειρά προϊόντων της για τη χρησιμότητα κλίμακας είναι το MARK 3 Power Buoy. Το πρώτο MARK 3, κατασκευασμένο στη Σκωτία, αναπτύχθηκε το 2011 στα ανοικτά της ανατολικής ακτής της Σκωτίας για πειράματα στον ωκεανό. Ένα δεύτερο MARK 3 κατασκευάζεται στο Πόρτλαντ του Όρεγκον, και έχει προγραμματιστεί να αναπτυχθεί στο Όρεγκον. Η ανάπτυξη του MARK 3 POWER BUOY

στη Σκωτία στη Βόρεια Θάλασσα αποτέλεσε ένα σημαντικό ορόσημο στην εμπορική ανάπτυξη της εταιρείας.

Το MARK 3 προσφέρει πολλές δυνατότητες για τα έργα κυματικής ενέργειας. Παράγει ισχύ με ύψη κύματος μεταξύ 1 και 6 μέτρων (3,3 έως 19,6 πόδια).

Η προσέγγιση πρόσδεσης της OPT και η δομή του Power Buoy επιτρέπουν σε αυτό το σύστημα να συνδυάσει τα θυελλώδη κύματα, την παλιρροϊκή ενέργεια και τις τρέχουσες συνθήκες, καθιστώντας το κατάλληλο για ένα ευρύ φάσμα κλιμάτων κύματος. Το MARK 3 είναι τυπικά διαμορφωμένο σε συστοιχίες δύο έως τριών σειρών, ελαχιστοποιώντας το αποτύπωμα του έργου.

Το MARK 3 POWER BUOY κινεί μία γεννήτρια με 866 κιλοβάτ στην κορυφή αξιολόγησης. Οι κλασικοί παράγοντες δυναμικότητας για το MARK 3 κυμαίνονται μεταξύ 30% έως 45%, ανάλογα με την τοποθεσία. Το Power Buoy παρέχει ποιότητα δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και έχει πιστοποιηθεί ότι πληροί όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές διασύνδεσης του δικτύου. Επίσης έχει σύστημα επικοινωνίας οπτικών ινών και συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων.

Τον Ιανουάριο του 2011 η OPT πέτυχε την πρώτη πιστοποίηση Εγγραφή Lloyd παγκοσμίως, για την συσκευή MARK 3 στη χρησιμότητα κλίμακας κυματικής ενέργειας. Αυτό παρέχει ανεξάρτητη διαχείριση από τρίτους σχετικά με το σχεδιάσμα του MARK 3 για την προβλεπόμενη χρήση του, όπως αναλύεται κατά τα διεθνή πρότυπα, και την ικανότητα επιβιώσής του σε δύσκολες συνθήκες κυμάτων.

Η OPT αναπτύσσει επίσης το Power Buoy , μια MARK 4 POWER BUOY συσκευή που έχει προγραμματιστεί να κινεί μια γεννήτρια με 2.4 μεγαβάτ στην κορυφή αξιολόγησης. Το MARK 4 κινείται μέσω της έννοιας και της οριστικής μελέτης για την κατασκευή και την εγκατάσταση, με αποκορύφωμα μια λειτουργική περίοδο δοκιμών που αποδεικνύουν τις δυνατότητες της μονάδας. Το πρόγραμμα βασίζεται σε πολλές επιτυχημένες αναπτύξεις της OPT από παρόμοια, αλλά μικρότερα Power Buoy.

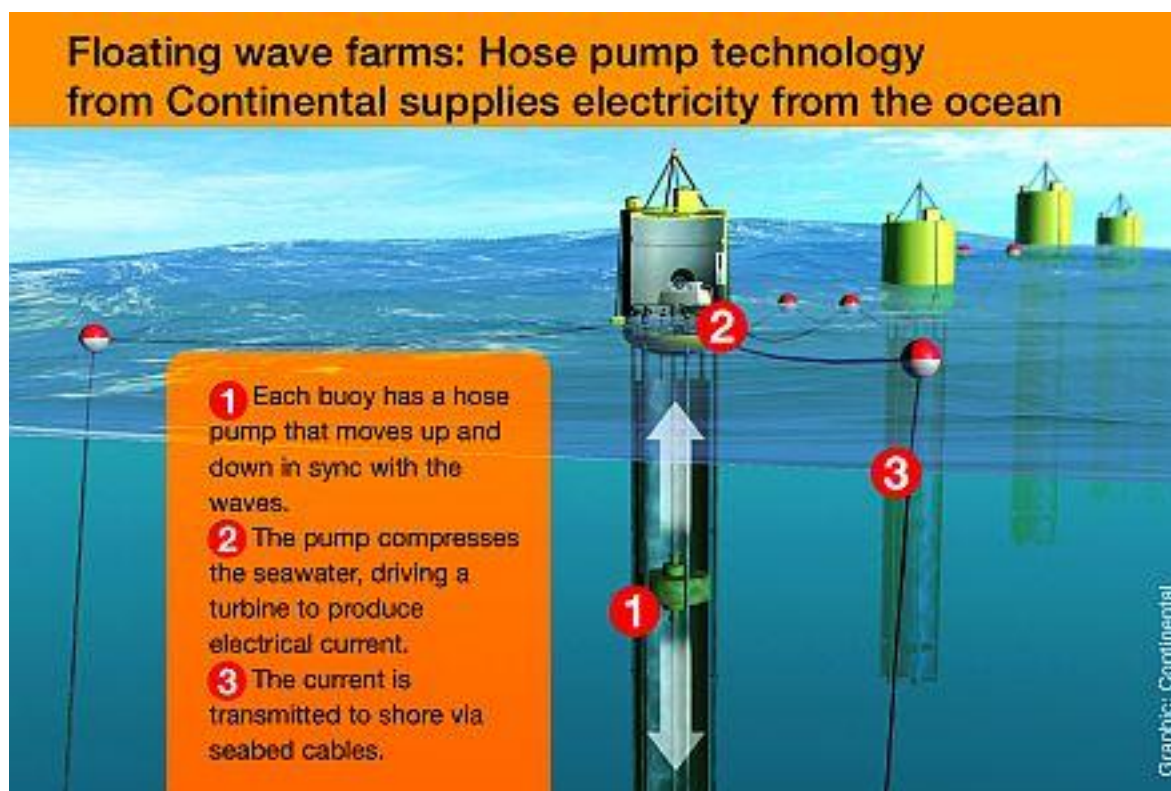
Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ και η βρετανική κυβέρνηση είναι αυτοί που χρηματοδοτούν διάφορα στάδια του αναπτυξιακού προγράμματος Mark 4.

Η επιτυχής ολοκλήρωση της ανάπτυξης του προϊόντος αναμένεται να οδηγήσει την τεχνολογία Power Buoy της OPT σε ένα νέο επίπεδο της εμπορικής ικανότητας του προϊόντος. Το MARK 4 αναμένεται να βελτιώσει την πρόταση αξίας των πελατών του MARK 3 και να επεκτείνει την διαθέσιμη αγορά στην προσφορά προϊόντων της OPT για την χρησιμότητα κλίμακας.

## AQUABUOY

Η FINAVERA RENEWABLES παρουσίασε το 2007 το AQUABUOY 2.0. μια μεγάλη στρογγυλή σημαδόουρα με ύψος 15 πόδια. Το AQUABUOY 2.0 είναι μια μεγάλη 3 μέτρων σε πλάτος σημαδόουρα συνδεδεμένη με έναν μακρύ άξονα 70 ποδιών. Επιπλέοντας πάνω-κάτω, το νερό αναγκάζεται να μπει μέσα σε ένα σωλήνα επιτάχυνσης, ο οποίος με τη σειρά του προκαλεί ένα έμβολο να κινηθεί. Αυτή η κίνηση του εμβόλου κάνει έναν σωλήνα από χάλυβα, ενισχυμένο με καουτσούκ, να τεντώσει, λειτουργώντας σαν αντλία. Το νερό στη συνέχεια αντλείται σε ένα στρόβιλο που με τη δύναμή του κινεί μια γεννήτρια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πηγαίνει στην ακτή μέσω ενός τυπικού υποθαλάσσιου καλωδίου.

Όπως και με τις συσκευές PELAMIS, το σύστημα είναι αρθρωτό, το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να επεκταθεί όσο απαιτείται.



Εικόνα 2.15: AQUABUOY.

## WAVEBOB



Μερικά από τα πιο ενεργητικά βαθιά κύματα του ωκεανού παγκοσμίως μπορεί να τα βρει κανείς στον Βόρειο Ατλαντικό, στα ανοικτά της δυτικής ακτής της Ιρλανδίας. Ήταν στην πόλη Μαγνοογθ, της χώρας αυτής, όταν η εταιρεία Wavebob άνοιξε το 1999 και ο φυσικός, και ιδρυτής της, William Dick είχε την ιδέα να δημιουργήσει μια μοναδική συσκευή που θα επέπλεε στον ωκεανό, και να μετατρέπει την πάνω και κάτω κίνηση των κυμάτων της θάλασσας σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η συσκευή πήρε το όνομα WAVEBOB.

Ένα WAVEBOB μπορεί να αυτο-ρυθμιστεί να φέρει ό. τι κύμα ενέργειας το περιβάλλει και έχει σχεδιαστεί για να αντέχει ακόμα και στα πιο τεράστια κύματα.

Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει δύο σώματα που επιπλέουν (βαρίδια), το ένα αρκετά ελαφρύ για να επιπλέει στην επιφάνεια του νερού, το άλλο απλά είναι αρκετά βαρύ για να αναστέλλεται το υπόλοιπο κάτω από την επιφάνεια. Τα δύο βαρίδια συνδέονται με ένα άξονα. Όταν ολόκληρη η συσκευή πετιέται πάνω και κάτω από τα κύματα, αυτός ο άξονας ωθεί και τραβά ένα υδραυλικά οδηγούμενο δυναμό μέσα σε ένα από τα βαρίδια. Η συσκευή λειτουργεί με τα κύματα να κινούνται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Η μοναδική προσαρμοστικότητα της συσκευής προέρχεται από ένα απομακρυσμένο ρυθμιζόμενο έρμα στο άνω βαρίδι. Εάν τα κύματα γίνονται πάρα πολύ βίαια, ρυθμίζοντας την πλευστότητα του άνω βαριδιού μπορεί να περιορίσει την ποσότητα της ενέργειας που η συσκευή απορροφά από ένα δεδομένο κύμα. Στη θεωρία, αυτό επιτρέπει να επιβιώσει σε απίστευτα ισχυρές καταιγίδες, χωρίς να διαλύεται σε κομμάτια.

Επίσης, επιτρέπει την ρύθμιση για βέλτιστη απόδοση. Κάθε συσκευή έχει μία διάμετρο σχεδόν 60 πόδια, και είναι 25 πόδια ψηλή.

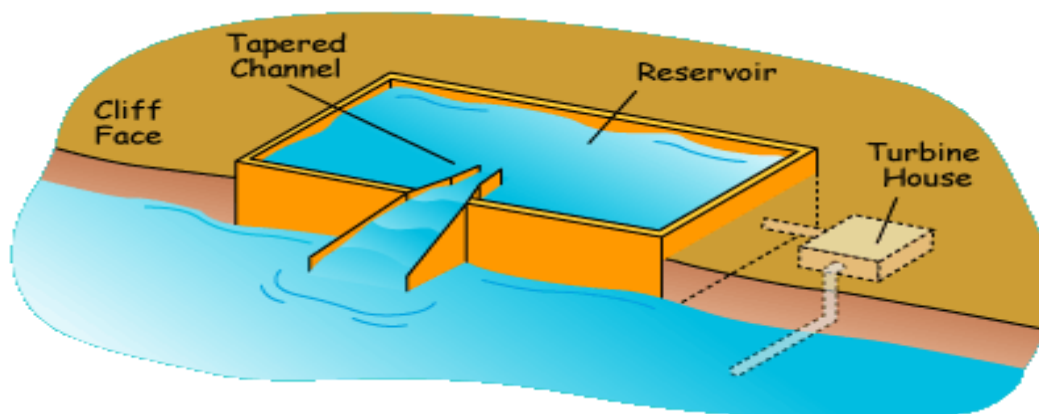
Η εταιρεία ξεκίνησε τα πρώτα πρωτότυπό του στα ανοικτά των ακτών Galway, το 2006. το καθένα με χωρητικότητα 30 kW (σχεδόν η κατανάλωση ηλεκτρικής 3-6 αμερικανικών νοικοκυριών) και σχεδίαζε ένα έργο 250MW για τα δυτικά της Ιρλανδίας στα τέλη του 2011.

### 2.2.3 Συστήματα κωνικών καναλιών

#### TAPCHAN

Το TAPCHAN σχεδιάστηκε από μια εταιρεία που ονομάζεται Norwave, και ένα πρωτότυπο 350 kW άρχισε να λειτουργεί το 1985 σε ένα μικρό νορβηγικό νησί. Η αρχή πίσω από αυτόν τον σχεδιασμό είναι η σύλληψη των κυμάτων σε μία ανυψωμένη δεξαμενή (περίπου 3 μέτρα πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας) και στη συνέχεια η εξαγωγή του ωφέλιμου έργου, όπως το νερό αφήνεται να ρεύσει πίσω στη θάλασσα. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα κωνικό κανάλι (από το οποίο το TAPCHAN παίρνει το όνομά του) που ενισχύσει τα ύψη κύματος έως ότου η κορυφογραμμή υπερχειλίζει τα τοιχώματα του καναλιού. Τα κύματα εισέρχονται σε ένα ευρύ άνοιγμα 40μ. και ωθούνται προς τα κάτω σε ένα κανάλι που συνεχώς στενεύει, με 170μ συνολικό μήκος. Καθώς αυτό συμβαίνει, τα κύματα ενισχύονται μέχρις ότου οι κορυφές αναγκάζονται να βγουν πάνω από τις πλευρές και να γεμίσει το δοχείο.

Δεδομένου ότι υπάρχουν λίγα κινούμενα μέρη, τα έξοδα συντήρησης είναι σχετικά χαμηλά, και η δεξαμενή παρέχει ενσωματωμένη την αποθήκευση ενέργειας. Η ισχύς εξόδου είναι επίσης πολύ συνεπής, σε αντίθεση με τις περισσότερες συσκευές κυματικής ενέργειας οι οποίες δίνουν μια κυκλική έξοδο με τον κύκλο των κυμάτων. Ωστόσο, το κόστος κατασκευής της δεξαμενής που συνδέεται με το μακρύ κανάλι είναι υψηλό, και έτσι η θέση θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά για να συμπεριλάβει φυσικά χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση για την κατασκευή. Επίσης, προκειμένου να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όλο το εικοσιτετράωρο η θέση πρέπει να έχει ένα μικρό παλιρροιακό εύρος, το οποίο αποκλείει τη χρήση στις περισσότερες περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου.



Εικόνα 2.16: Ένα διάγραμμα της συσκευής TAPCHAN.

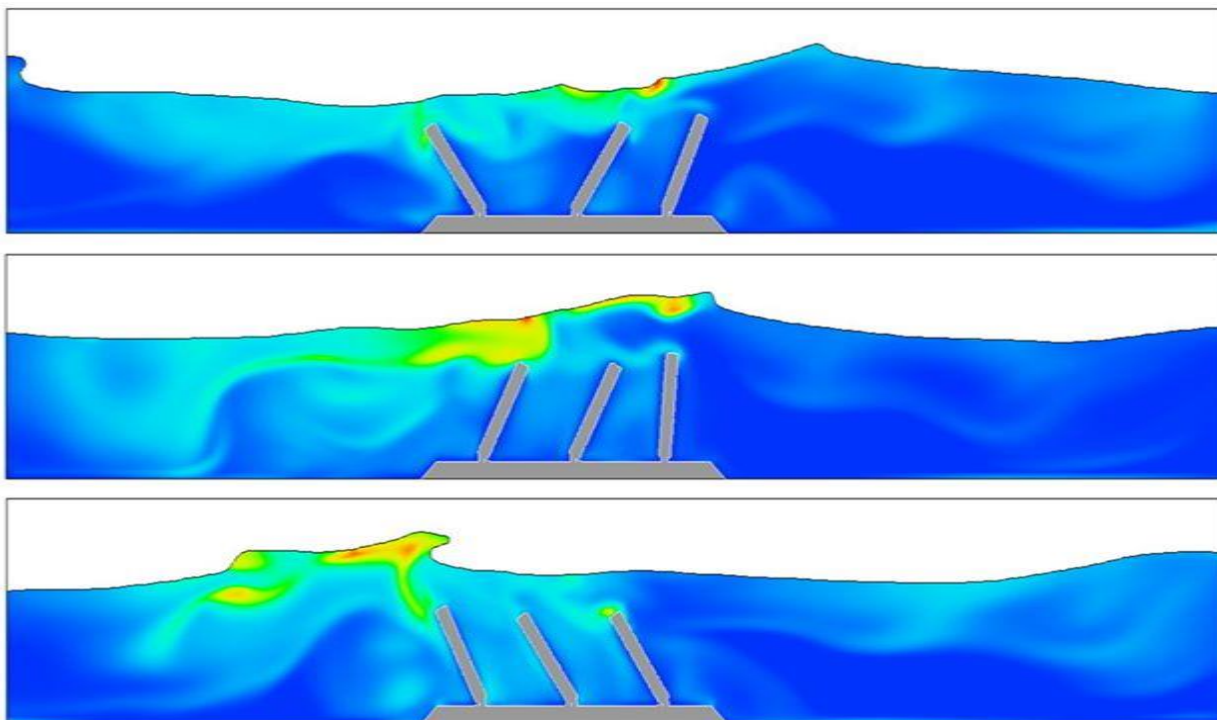
## 2.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.3.1 FLOW – 3D

Αυτό το υλικό προσφέρεται από τη MEDUS [MARITIME ENGINEERING DIVISION UNIVERSITY OF SALERNO (Ναυτιλιακό Τμήμα Μηχανικών Πανεπιστήμιο του Σαλέρνο)] - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ιταλία.

Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την παραγωγή ενέργειας με χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών έχει αυξηθεί εκθετικά σε όλο τον κόσμο. Οι συσκευές που αντλούν ηλεκτρική ενέργεια από τη θάλασσα (ρεύματα, κύματα, κλπ) έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και μπορεί να μοντελοποιηθεί με ακρίβεια με το FLOW 3D.

Μια άλλη σημαντική περιβαλλοντική πτυχή είναι η προστασία των ακτών από τα κύματα της θάλασσας. Λαμβάνοντας υπό εξέταση τόσο την κυματική ενέργεια όσο και την προστασία των ακτών, οι ερευνητές στο Πανεπιστήμιο του Σαλέρνο έχουν αναπτύξει ένα υποβρύχιο σύστημα που ονομάζεται, WECPOS [Wave Energy Coastal Protection Oscillating System (Ταλαντευόμενο σύστημα κυματικής ενέργειας παράκτιας προστασίας)]. Το WECPOS έχει σχεδιαστεί για να βρίσκεται σε σχετικά ρηχά βάθη, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για την προστασία των ακτών χρησιμοποιώντας την κίνηση ταλάντωσης των σωματιδίων νερού.



Εικόνα 2.17: Παράδειγμα προσομοίωσης της δομής WECPOS χρησιμοποιώντας FLOW – 3D.

Το μόνο στοιχείο που αποτελεί το σύστημα που προκύπτει από μια σταθερή βάση και τρία κινητά φύλλα που μπορούν να μεταβάλλονται σε μια σταθερή γωνία. Τα κύματα αλληλεπιδρούν με τα πάνελ δημιουργώντας μια εναλλακτική κίνηση, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Την ίδια στιγμή, η περιορισμένη κίνηση που επιβάλλεται για την περιστροφή των συλλεκτών είναι ένας φραγμός στα φαινόμενα διάδοσης κυμάτων, προκαλώντας το σπάσιμο στο κατώτερο τμήμα της συσκευής. Έτσι, η κυματική ενέργεια θα διαχέεται δίνοντας ένα θετικό αποτέλεσμα για την προστασία των ακτών.

### **Τα αποτελέσματα του FLOW – 3D**

Με τα αποτελέσματα, εκτιμώντας τη γωνία περιστροφή, τη γωνιακή ταχύτητα, την υδραυλική ροπή του μεμονωμένου πάνελ, κατέστη δυνατό να εκτιμηθεί το δυναμικό παραγωγής ενέργειας. Ένα μοντέλο MATLAB / SIMULINK έχει κατασκευαστεί για να εκτιμηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια ενός ελαιοδυναμικού συστήματος που αποτελείται από ένα έμβολο και ένα στρόβιλο συζευγμένα με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Εκτιμώντας τις χαρακτηριστικές παραμέτρους της κίνησης των κυμάτων (μηδενισμού ροπών ύψους κύματος  $H_{m0}$ , συντελεστή μετάδοσης  $K_t$  και του μέσου όρου της ελεύθερης επιφάνειας ανύψωσης), η συμπεριφορά της συσκευής WECPOS έχει αναλυθεί για την ικανότητά του να διαχέει την κυματική ενέργεια, το οποίο είναι επιτακτική ανάγκη για την προστασία των ακτών.

### **2.3.2 AQUA SIM**

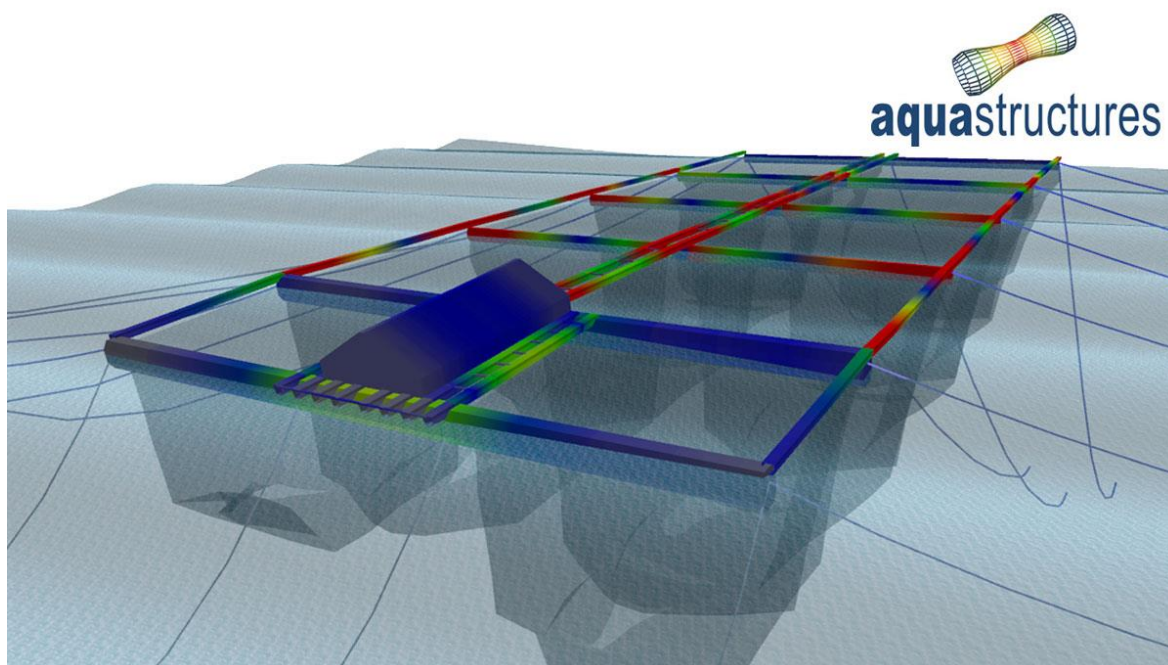
Το λογισμικό ανάλυσης και προσομοίωσης AQUA SIM είναι ένα πεπερασμένο εργαλείο στοιχείων που αναπτύχθηκε από την AQUASTRUCTURES για τον υπολογισμό και την



προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο της δομικής ανταπόκρισης των διαφόρων στοιχείων λεπτών, ελαφρού βάρους κατασκευών, ευέλικτων συνθέσεων και συζευγμένων συστημάτων που εκτίθενται σε περιβαλλοντικά φορτία, όπως: κύματα, ρεύματα, άνεμος, φορτία παλμών, λειτουργικές συνθήκες, απήχηση.

Το AQUA SIM χειρίζεται τη σφαιρική ανάλυση και τις αλληλεπιδράσεις των δυνάμεων που μεταδίδονται μεταξύ δύσκαμπτων και εύκαμπτων συστατικών. Το AQUASIM θεσπίζει ταυτόχρονα μια οπτική προσομοίωση των μετακινήσεων, επιταχύνσεις και παραμορφώσεις στη δομή, και υπολογίζει για κάθε βήμα τις δυνάμεις του τοπικού τμήματος, και τις καταπονήσεις που τονίζουν το εύρος κάθε συνιστώσας του συστήματος, που εφαρμόζεται για την τοπική ανάλυση και αξιολόγηση της κόπωσης.

Βασίζεται σε προσομοιώσεις πραγματικού χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι λαμβάνει υπόψη τις μη γραμμικές επιδράσεις, όπως γεωμετρικές μεταβολές, στη διατομή του στοιχείου για να διατηρεί συνεχώς τη σωστή σχέση μεταξύ π.χ. των εφαρμοζόμενων δυνάμεων και των μετατοπίσεων που προκύπτουν. Το AQUA SIM λαμβάνει υπόψη την υδρο-ελαστικότητα, το χειρισμό και την αλληλεπίδραση συζευγμένου δυναμικού μεταξύ των εξωτερικών φορτίων και της κατασκευής. Παραμορφώσεις και αλλαγές της παγκόσμιας δομικής γεωμετρίας θα επιφέρουν αλλαγές στο σενάριο φορτίου που εφαρμόζεται στην κατασκευή.



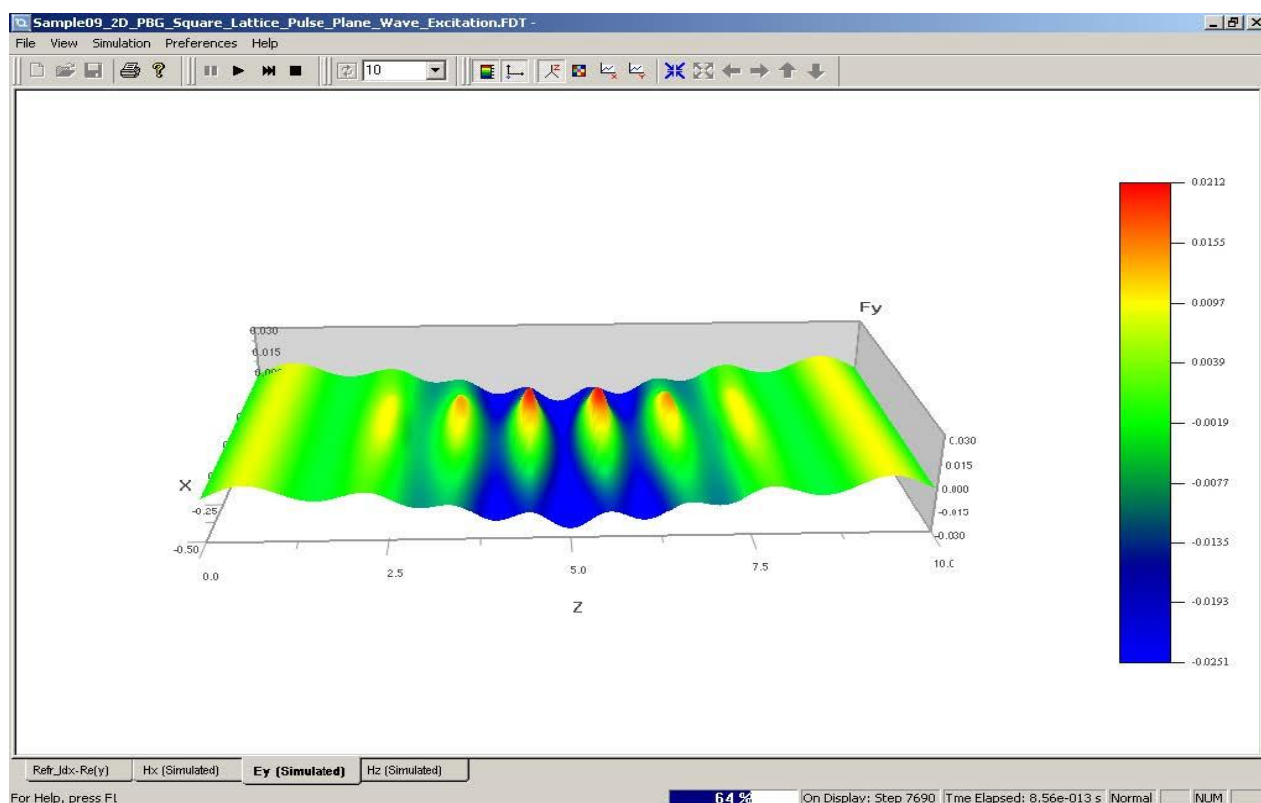
Εικόνα 2.18: Παράδειγμα προσομοίωσης πλωτής μονάδας παραγωγής ενέργειας με την χρήση AQUASIM.

### 2.3.3 PRO WAVE

Το λογισμικό PRO WAVE είναι ένα εργαλείο της OCEAN LINX που επιτρέπει σε κάποιον να διαμορφώσει ένα μετατροπέα της κυματικής ενέργειας ως ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα, που συμπεριλαμβάνει παλλόμενες στήλες νερού (OWC), τουρμπίνα, γεννήτρια, σφόνδυλο, και κάθε είδους χαρακτηριστικά ελέγχων. Το PRO WAVE λύνει ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων για την ανύψωση του νερού στο εσωτερικό της, την πίεση του αέρα στον θάλαμο αέρα, και την ίδια τη δομική ανύψωση της σε πραγματικό χρόνο.

Το λογισμικό επιτρέπει σε κάποιον να:

- προβλέψει το ρεύμα αέρα που παραδίδεται από στήλη νερού με διάφορες γεωμετρίες και διαμορφώσεις
- προβλέψει την ηλεκτρική ενέργεια (άμεση, κατά μέσο όρο. ή ετήσια), ανάλογα με το ιστορικό των κυμάτων στον ωκεανό
- αναλύσει τη στάθμη του νερού στο εσωτερικό κάθε OWC. καθώς και τη διαρθρωτική ανύψωση του OWC σε πραγματικό χρόνο
- εκτελέσει κάθε λογής γρήγορες αναλύσεις
- αναλύει και να βελτιστοποιεί τις διάφορες στρατηγικές για τον έλεγχο των τουρμπινών και των γεννητριών.



Εικόνα 2.19: Παράδειγμα προσομοίωσης.

Η είσοδος του ιστορικού των κυμάτων των ωκεανών μπορεί να παρουσιάζεται είτε ως αρχείο excel με δύο στήλες, της ανυψώσεως του κύματος συναρτήσει του χρόνου, είτε ως πίνακας με βάση την περίοδο κύματος  $T_p$  (sec) και το ύψος  $H_s$  (m). Μια προκαθορισμένη δομή πίνακα δεν είναι απαραίτητη, αφού το λογισμικό μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε τυποποιημένη μορφή. Το PROWAVE περιέχει μια βάση δεδομένων του κανονικού και μη κανονικού ιστορικού κυμάτων για διάφορες  $H_s$  και  $T_p$ . Ως εκ τούτου, το μόνο που χρειάζεται για την πρόβλεψη της ετήσιας παραγωγής ενέργειας για κάθε τοποθεσία είναι ένας πίνακας που σχετίζεται με αυτήν την τοποθεσία. Οι OWC ορίζονται από ένα σύνολο παραμέτρων εισόδου, όπως είναι η γεωμετρία, το βάθος του νερού, η πλευστότητα, το μήκος κεντρικής γραμμής και άλλα. Τα χαρακτηριστικά της τουρμπίνας και της γεννήτριας παρουσιάζονται με τα λεγόμενα, απόδοση τουρμπίνας και καμπύλες γεννήτριας, αντίστοιχα. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά σε πραγματικό χρόνο και καταγράφονται σε ένα αρχείο που ονομάζεται Πρωτόκολλο. Ο χρήστης είναι σε θέση να

αναλύσει οποιοσδήποτε λεπτομέρειες σε μεταγενέστερο χρόνο. Οι κινήσεις των κυμάτων μέσα και έξω από την OWC, μαζί με την ίδια την OWC, παρουσιάζονται ως κινούμενα σχέδια. Ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει κινούμενες εικόνες οι οποίες είναι πολύ κοντά στην πραγματικό τιμά.

## Η κυματική ενέργεια και οι δυνατότητες της – Συμπεράσματα

Η κυματική ενέργεια είναι μια σχετικά άγνωστη λύση ως μια καθαρή πηγή ενέργειας, αλλά η αδιάλειπτη και συνεχής πηγή της ενέργειας έχει τη δυνατότητα να είναι ανάμεσα στους πιο ισχυρούς προμηθευτές των μελλοντικών αναγκών του κόσμου, αν μπορούν να ξεπεραστούν κάποια εμπόδια.

Ένα σημαντικό πρόβλημα με την πιο προηγμένη τεχνολογία των κυμάτων είναι ότι τα κύματα έχουν πάρα πολλή ενέργεια. Η Βρετανία διαθέτει 35 από τις σχεδόν 130 αναπτυξιακές συσκευές στον κόσμο για την κυματική ενέργεια και το παλιρροιακό ρεύμα, οι οποίες περιλαμβάνουν το PELAMIS , το AQUA MARINE POWER, τα MARINE CURENT TURBINES.

Η ενέργεια των κυμάτων θεωρείται γενικά ότι είναι η πιο συγκεντρωμένη και λιγότερο μεταβλητή μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Είναι η υψηλή πυκνότητα ισχύος της ενέργειας των κυμάτων, που δείχνει ότι έχει την ικανότητα να γίνει η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με το χαμηλότερο κόστος.

Το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας εκτιμά ότι περίπου 2 Terawatts (2 εκατομμύρια μεγαβάτ), περίπου διπλάσια από την τρέχουσα παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσε να παραχθεί από τους ωκεανούς μέσω της κυματικής ενέργειας. Υπολογίζεται ότι 1 εκατομμύριο γιγαβατώρες ενέργειας από τα κύματα πλήττει τις ακτές της Αυστραλίας ετησίως και ότι το 25% της τρέχουσας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου θα μπορούσε να παρέχεται από τη συγκομιδή των κυματικών πόρων του.

Η κυματική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή, μηδενικών εκπομπών, ενέργειας. Όπως το νερό είναι περίπου 800 φορές πυκνότερο από τον αέρα, η ενεργειακή πυκνότητα των κυμάτων υπερβαίνει εκείνη του ανέμου πολλές φορές, αυξάνοντας δραματικά την ποσότητα της ενέργειας που διατίθεται.

Τα κύματα μπορούν να προβλεφθούν μέρες πριν, κάνοντας εύκολο το ταίριασμα προσφοράς και ζήτησης. Το Marine Foresight Panel του Ηνωμένου Βασιλείου εκτιμά ότι μόλις το 0,1% της διαθέσιμης θαλάσσιας ενέργειας θα μπορούσε να προμηθεύσει πέντε φορές την παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΛΙΝΟΥΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

#### ΓΕΝΙΚΑ

Η Ωκεάνια Θερμική Ενεργειακή Μετατροπή (ΟΤΕC) είναι μια μέθοδος παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, που χρησιμοποιεί τη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ βαθιών και ρηχών νερών, για να τεθεί σε λειτουργία μια Μηχανή Θερμότητας. Όπως με οποιαδήποτε Μηχανή Θερμότητας, η μέγιστη αποδοτικότητα και η ισχύς, παράγονται με τη μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας αυξάνεται γενικά με το μειωμένο Γεωγραφικό Πλάτος, δηλαδή κοντά στον Ισημερινό, στους Τροπικούς Κύκλους. Εντούτοις, η εξάτμιση δεν επιτρέπει στη θερμοκρασία της επιφάνειας να υπερβεί τους είκοσι επτά (27) βαθμούς Κελσίου [ογδόντα (80) βαθμούς Φαρενάιτ].

Επίσης η θερμοκρασία του νερού βαθιά κάτω από την επιφάνεια, πέφτει σπάνια κάτω από πέντε (5) βαθμούς Κελσίου. Ιστορικά, η κύρια τεχνική πρόκληση της ΟΤΕC ήταν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες ισχύος, αποτελεσματικά και από αυτήν την πολύ μικρή διακύμανση της θερμοκρασίας. Οι αλλαγές στην αποδοτικότητα της ανταλλαγής Θερμότητας στις σύγχρονες διατάξεις, επιτρέπουν στην απόδοση να πλησιάζει τη θεωρητική μέγιστη αποδοτικότητα.

Οι Ωκεανοί της Γης καλύπτουν σχεδόν 70% της επιφάνειας της Γης και θερμαίνονται συνεχώς από τον Ήλιο. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας περιέχει ένα απέραντο ποσό Ηλιακής Ενέργειας που μπορεί ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη χρήση. Εάν αυτή η εξαγωγή μπορούσε να γίνει οικονομικά αποδοτική σε μια μεγάλη κλίμακα, θα μπορούσε να παρέχει μια Πηγή Ανανεώσιμης Ενέργειας.

Η συνολική διαθέσιμη Ενέργεια είναι μια ή δύο τάξεις μεγέθους υψηλότερη από άλλες Ωκεάνιες Ενεργειακές Επιλογές όπως η ισχύς των κυμάτων, αλλά το μικρό μέγεθος της

διαφοράς θερμοκρασίας καθιστά την Ενεργειακή εξαγωγή συγκριτικά δύσκολη και ακριβή, λόγω της χαμηλής θερμικής αποδοτικότητας.

Τα προηγούμενα συστήματα της OTEC είχαν μια γενική αποδοτικότητα μόνο 1 ως 3% (η θεωρητική μέγιστη αποδοτικότητα βρίσκεται μεταξύ 6 και 7%). Τα τρέχοντα σχέδια υπό αναθεώρηση, θα λειτουργήσουν πιο κοντά στη θεωρητική μέγιστη αποδοτικότητα. Ο Ενεργειακός Μεταφορέας, (Νερό της Θάλασσας), είναι ελεύθερος, αν και συνδέει ένα κόστος πρόσβασης με τα αντλούμενα υλικά και τα ενεργειακά κόστη αντλιών. Αν και οι εγκαταστάσεις της OTEC αναπτύσσουν δραστηριότητες με μια χαμηλή γενική αποδοτικότητα, μπορούν να διαμορφωθούν για να λειτουργήσουν συνεχώς ως σύστημα ηλεκτρικής παραγωγής φορτίων βάσεων. Οποιαδήποτε λεπτομερής ανάλυση κόστους - κέρδους πρέπει να περιλάβει αυτούς τους παράγοντες για να παρέχει μια ακριβή αξιολόγηση της απόδοσης, της αποδοτικότητας, της λειτουργικότητας και των αποδόσεων της επένδυσης κατασκευής.



Εικόνα 3.1: Η διαδικασία της OTEC.

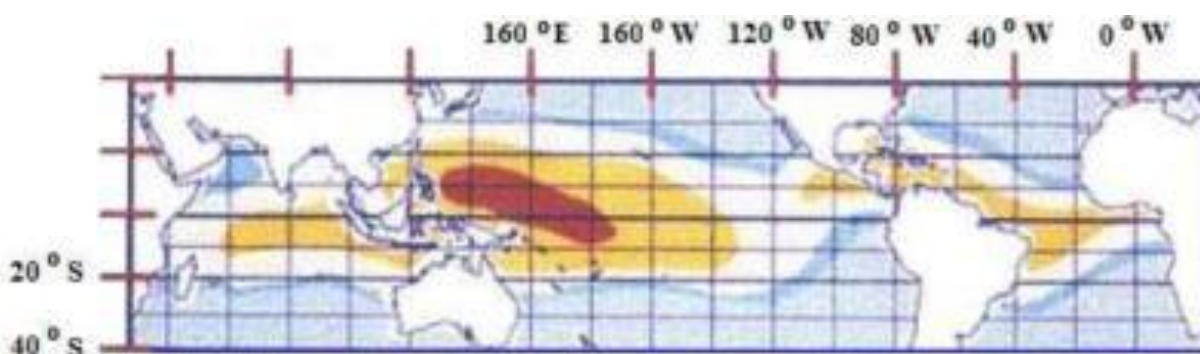
Η έννοια μιας Θερμικής Μηχανής είναι πολύ κοινή στη Μηχανική Θερμοδυναμική και ένα μεγάλο μέρος της Ενέργειας που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους, δημιουργείται μέσω μιας Θερμικής Μηχανής. Μια Θερμική Μηχανή είναι μια θερμοδυναμική συσκευή που τοποθετείται μεταξύ μιας δεξαμενής υψηλής θερμοκρασίας και μιας δεξαμενής χαμηλής θερμοκρασίας. Καθώς η Θερμότητα ρέει από τη μια στην άλλη, η μηχανή μετατρέπει μερική από τη Θερμική Ενέργεια σε έργο.

Αυτή η αρχή χρησιμοποιείται στους ατμοστρόβιλους και στις μηχανές εσωτερικής καύσης, ενώ οι ψύκτες αντιστρέφουν την κατεύθυνση ροής και της θερμικής Ενέργειας και του έργου. Αντί να χρησιμοποιεί τη θερμική Ενέργεια της καύσης καυσίμων, η ισχύς της OTEC

βασίζεται στις διαφορές θερμοκρασίας που προκαλούνται από τη θέρμανση της επιφάνειας των Ωκεανών από τον Ήλιο.

Ο μόνος Θερμικός Κύκλος που είναι κατάλληλος για την ΟΤΕC είναι ο Κύκλος Rankine, που χρησιμοποιεί ένα χαμηλής πίεσεως στρόβιλο. Τα συστήματα μπορούν να είναι είτε Κλειστού Κύκλου είτε Ανοικτού Κύκλου είτε Υβριδικού Κύκλου. Οι Μηχανές Κλειστού Κύκλου χρησιμοποιούν τα ενεργά υγρά που θεωρούνται συνήθως σαν ψυκτικές ουσίες, όπως η αμμωνία ή την R - 134a . Οι Μηχανές Ανοικτού Κύκλου χρησιμοποιούν την πηγή θέρμανσης του νερού ως ενεργό υγρό.

### 3.1.1 ΣΧΕΔΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΗΣ



Σχήμα 3.1 Περιοχές της Υδρογείου όπου η ΟΤΕC θα μπορούσε να δουλέψει καλά.

Οι εμπορικές Ωκεάνιες Θερμικές Εγκαταστάσεις Ενεργειακής Μετατροπής (ΟΤΕC) πρέπει να βρεθούν σε ένα περιβάλλον που είναι αρκετά σταθερό για την αποδοτική λειτουργία των συστημάτων. Η θερμοκρασία του Θερμού νερού της Θαλάσσιας επιφάνειας πρέπει να διαφέρει κατά 20 °C (36 °F) από αυτήν των ψυχρών νερών που δεν είναι περισσότερο από περίπου χίλια (1000) μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Η βαθμίδα του Θερμοκλινούς των Ωκεανών, που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της ΟΤΕC , βρίσκεται γενικά μεταξύ των Γεωγραφικών Πλατών είκοσι (20) μοίρες Βόρεια (N) και είκοσι (20) μοίρες Νότια (S), δηλαδή μέσα στην Τροπική Ζώνη, σχήμα 3.1.

Οι εμπορικές εγκαταστάσεις της ΟΤΕC μπορούν να εγκατασταθούν:

- στη στεριά ή κοντά στην ακτή
- σε πλατφόρμες που συνδέονται με υπερυψωμένο πλαίσιο
- σε προσδέσεις ή επιπλέουσες εγκαταστάσεις στο βαθύ Ωκεάνιο Νερό

### 3.1.2 ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οι χερσαίες και παράκτιες εγκαταστάσεις προσφέρουν τρία κύρια πλεονεκτήματα από εκείνες που βρίσκονται στα βαθιά νερά. Οι εγκαταστάσεις που κατασκευάζονται κοντά στο έδαφος δεν απαιτούν περίπλοκη πρόσδεση, καλώδια μεγάλης ισχύος ή πιο εκτενή συντήρηση που απαιτείται στα περιβάλλοντα ανοιχτά πελάγη. Μπορούν να εγκατασταθούν στις προφυλαγμένες περιοχές έτσι ώστε είναι σχετικά ασφαλείς από τις θύελλες και τις θαλασσοταραχές.

Η Ηλεκτρική Ενέργεια, το αφαλατωμένο νερό και το κρύο, θρεπτικά πλούσιο νερό της Θάλασσας, θα μπορούσαν να διαβιβαστούν από τις παράκτιες εγκαταστάσεις μέσω των γεφυρών ή των υπερυψωμένων μονοπατιών τρίποδων.

Επιπλέον, οι χερσαίες ή παράκτιες περιοχές επιτρέπουν στις εγκαταστάσεις της OTEC να συνεργαστούν με τις σχετικές Βιομηχανίες όπως υδροβιότοπους ή εκείνες που απαιτούν αφαλατωμένο νερό.

Οι ευνοημένες θέσεις περιλαμβάνουν τα ηφαιστειακά νησιά, τις απότομες [δέκα πέντε (15) - είκοσι (20) βαθμούς] παράκτιες κλίσεις, και τους σχετικά ομαλούς τυθμένες Θάλασσας. Αυτές οι περιοχές ελαχιστοποιούν το μήκος του σωλήνα εισαγωγής κρύου νερού. Χερσαίες εγκαταστάσεις θα μπορούσαν να λειτουργήσουν καλά εσωτερικά στην ακτή, που προσφέρει περισσότερη προστασία από τις θύελλες ή στην παραλία, όπου οι σωλήνες θα ήταν κοντότεροι. Σε καθεμία περίπτωση, η εύκολη πρόσβαση για την κατασκευή και τη λειτουργία, βοηθά στο χαμηλότερο κόστος της παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας της OTEC.

Οι χερσαίες ή παράκτιες περιοχές μπορούν επίσης να υποστηρίξουν τον υδροβιότοπο. Οι δεξαμενές υδροβιότοπων ή οι λιμνοθάλασσες που εγκαθίστανται περιβάλλοντας την ακτή, επιτρέπουν στους εργαζομένους να επιτηρήσουν και να ελέγξουν τα μικροσκοπικά θαλάσσια όντα. Τα προϊόντα των υδροβιότοπων μπορούν να παραδοθούν στην αγορά με σχετική ευκολία με σιδηρόδρομους ή μέσω των Εθνικών Οδών.



Εικόνα 3.2: Χερσαία εγκατάσταση.

Ένα μειονέκτημα των χερσαίων εγκαταστάσεων προκύπτει από την ταραχώδη δράση των κυμάτων στην κυματική ζώνη, εκτός αν στις εγκαταστάσεις της OTEC οι σωλήνες παροχής νερού και απαλλαγής, θάβονται στις προστατευτικές τάφρους και δεν υπόκεινται σε ακραίες πιέσεις κατά τη διάρκεια των θυελλών και των παρατεταμένων περιόδων θαλασσοταραχών. Επίσης, η μικτή απαλλαγή του κρύου και Θερμού νερού της Θάλασσας, μπορεί να πρέπει να μεταφερθεί αρκετά μέτρα παράκτια για να φθάσει στο κατάλληλο βάθος προτού να απελευθερωθεί. Αυτή η ρύθμιση απαιτεί πρόσθετη δαπάνη στην κατασκευή και τη συντήρηση.

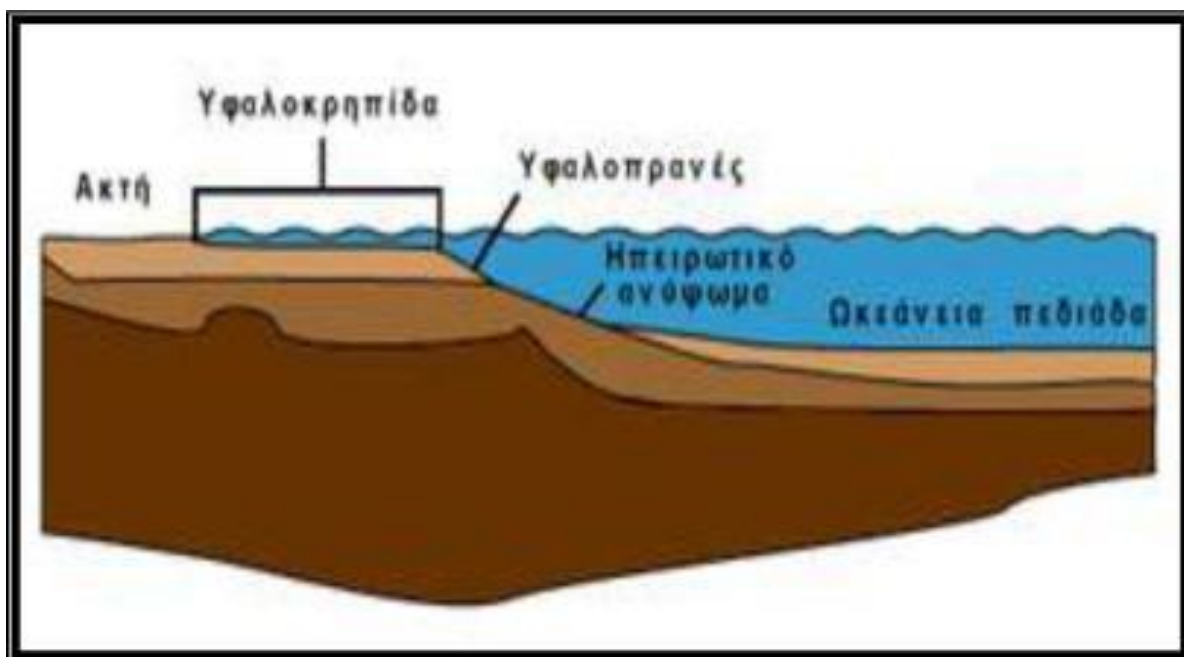
Τα συστήματα OTEC μπορούν να αποφύγουν μερικά από τα προβλήματα και τις δαπάνες λειτουργίας σε μια κυματική ζώνη, εάν χτίζονται ακριβώς παράκτια στα νερά που κυμαίνονται από δέκα έως τριάντα μέτρα βάθος. Αυτός ο τύπος εγκαταστάσεων θα χρησιμοποιούσε κοντύτερους (και επομένως λιγότερο δαπανηρούς) σωλήνες εισαγωγής και απαλλαγής, οι οποίοι θα απέφευγαν τους κινδύνους της ταραχώδους κυμάτωσης. Οι ίδιες οι εγκαταστάσεις, εντούτοις, θα προστάτευαν τις ακτές όπως οι κυματοθραύστες και τα ανθεκτικά στη διάβρωση θεμέλια και τα προϊόντα των εγκαταστάσεων μεταφέρονται ευκολότερα στην ακτή.



### 3.1.3 ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Για να αποφύγουν την ταραχώδη κυματική ζώνη καθώς επίσης και για να έχουν πιο στενή πρόσβαση στην παροχή κρύου νερού, οι εγκαταστάσεις της ΟΤΕC μπορούν να τοποθετηθούν σε βάθη μέχρι εκατό (100) μέτρα. Οι υπερυψωμένα τοποθετημένες εγκαταστάσεις θα μπορούσαν να χτιστούν σε ένα ναυπηγείο, να ρυμουλκηθούν στην περιοχή και να οδηγηθούν στον πυθμένα της Θάλασσας. Αυτός ο τύπος κατασκευής χρησιμοποιείται ήδη για τις παράκτιες πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου.

Τα πρόσθετα προβλήματα σε ένα εργοστάσιο ΟΤΕC στο βαθύτερο νερό, εντούτοις, μπορούν να καταστήσουν τις υπερυψωμένα τοποθετημένες εγκαταστάσεις λιγότερο επιθυμητές και ακριβότερες από τις χερσαίες αντίστοιχές τους. Τα προβλήματα με τις υπερυψωμένα τοποθετημένες εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν την πίεση του ανοιχτού Ωκεανού και της δυσκολότερης παράδοσης προϊόντων. Πρέπει να εξεταστούν τα ισχυρά Ωκεάνια Ρεύματα και τα μεγάλα κύματα τα οποία απαιτούν πρόσθετη δαπάνη Εφαρμοσμένης Μηχανικής και Κατασκευής.



Εικόνα 3.3: Γεωγραφική θέση υπερυψωμένης εγκατάστασης.

### 3.1.4 ΕΠΙΠΛΕΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ



Εικόνα 3.4: Μικρή επιπλέουσα πλατφόρμα.

Οι επιπλέουσες εγκαταστάσεις της ΟΤΕC θα μπορούσαν να σχεδιαστούν για να λειτουργήσουν παράκτια. Αν και προτιμώνται ενδεχομένως για τα συστήματα με μεγάλη χωρητικότητα ισχύος, οι επιπλέουσες εγκαταστάσεις παρουσιάζουν διάφορες δυσκολίες. Αυτός ο τύπος εγκαταστάσεων είναι δυσκολότερο να σταθεροποιηθεί, και η δυσκολία στα πολύ βαθιά νερά μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα με την παραγωγή ενέργειας. Τα καλώδια που συνδέονται με τις επιπλέουσες πλατφόρμες είναι πιο ευαίσθητα στη ζημιά, ειδικά κατά τη διάρκεια των θυελλών.

Τα καλώδια σε βάθη μεγαλύτερα από χίλια μέτρα είναι δύσκολο να διατηρηθούν και να επισκευαστούν. Τα καλώδια μετώπων, που εκτείνονται στην απόσταση μεταξύ του πυθμένα της Θάλασσας και των εγκαταστάσεων, πρέπει να κατασκευαστούν για να αντέχουν στις καταπονήσεις.

Όπως με τις υπερυψωμένα τοποθετημένες εγκαταστάσεις, οι επιπλέουσες εγκαταστάσεις χρειάζονται μια σταθερή βάση για τη συνεχή λειτουργία της ΟΤΕC. Μεγάλες θύελλες και θαλασσοταραχές μπορούν να σπάσουν τον κάθετα ανασταλμένο σωλήνα κρύου νερού και επίσης να διακόψουν την εισαγωγή του Θερμού νερού. Για να βοηθήσουν ώστε να αποτραπούν αυτά τα προβλήματα, οι σωλήνες μπορούν να κατασκευαστούν από σχετικά εύκαμπτο πολυαιθυλένιο που συνδέεται με το κατώτατο σημείο της πλατφόρμας και με τις ενώσεις ή τα περιλαίμια. Οι σωλήνες μπορεί να πρέπει να αποσυνδεθούν από τις εγκαταστάσεις για να αποτρέψουν τη ζημιά κατά τη διάρκεια των θυελλών.

Σαν εναλλακτική λύση της κατοχής ενός σωλήνα Θερμού νερού, το νερό επιφάνειας μπορεί να αντληθεί άμεσα στην πλατφόρμα, είναι απαραίτητο να βρεθεί η εισαγωγή για να αποτρέψει προσεκτικά τη ροή εισαγωγής από τη διακοπή κατά τη διάρκεια των θαλασσοταραχών όταν θα κινείται η πλατφόρμα πάνω κάτω βίαια.

Εάν οι επιπλέουσες εγκαταστάσεις πρόκειται να συνδεθούν με τα καλώδια παροχής ενέργειας, πρέπει να παραμείνουν σχετικά στάσιμες. Η πρόσδεση είναι μια αποδεκτή

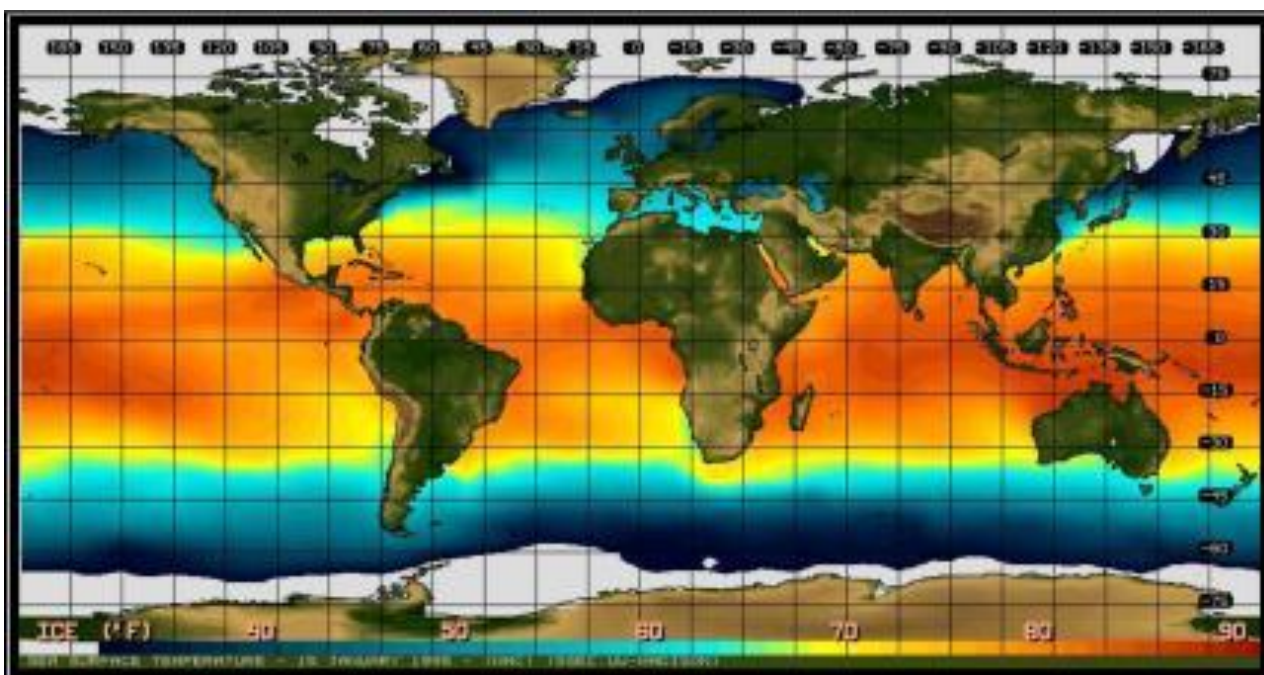
μέθοδος, αλλά η τρέχουσα Τεχνολογία πρόσδεσης περιορίζεται σε βάθη περίπου δύο χιλιάδων μέτρων. Ακόμη και στα πιο ρηχά βάθη, το κόστος της πρόσδεσης μπορεί να απαγορεύσει τις Εμπορικές Επιχειρήσεις της ΟΤΕC.

Μια εναλλακτική λύση της ΟΤΕC σε βαθιά νερά, μπορεί να παρασύρει τα αυτοπροωθούμενα σκάφη των εγκαταστάσεων. Αυτά τα σκάφη χρησιμοποιούν την καθαρή ισχύ τους για να παρασκευάσουν εν πλω τα συνήθη Ενεργειακά Προϊόντα όπως το Υδρογόνο, η Μεθανόλη ή η Αμμωνία.

### 3.1.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΟΤΕC

Στην αξιολόγηση μιας πιθανής περιοχής για την ανάπτυξη της Ωκεάνιας Θερμικής Ενεργειακής Μετατροπής, υπάρχουν αρκετοί διάφοροι παράγοντες που πρέπει να αξιολογηθούν. Μετά από τη διαβεβαίωση των Γεωγραφικών Χαρακτηριστικών που να καθιστούν εφικτή την εγκατάσταση της ΟΤΕC (Τροπικό Κλίμα με βαθύ Ωκεανό), οι σημαντικότερες εκτιμήσεις είναι πολιτικές και υποδομής:

- Υπάρχει ένα Τροπικό Κλίμα;
- Ποιες είναι οι μέσες μηνιαίες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους;
- Ποιες είναι οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες νερού επιφανείας κατά τη διάρκεια του έτους;
- Υπάρχουν σφοδρές θύελλες (Τυφώνες, Ανεμοστρόβιλοι, Μουσώνες);
- Ποια είναι η απόσταση από το Ωκεάνιο βάθος μέχρι την ακτή;
- Ποια είναι η βάση της κατασκευής των ακτών (άμμος, λάβα, στρώμα βράχου κ.λ.π.);



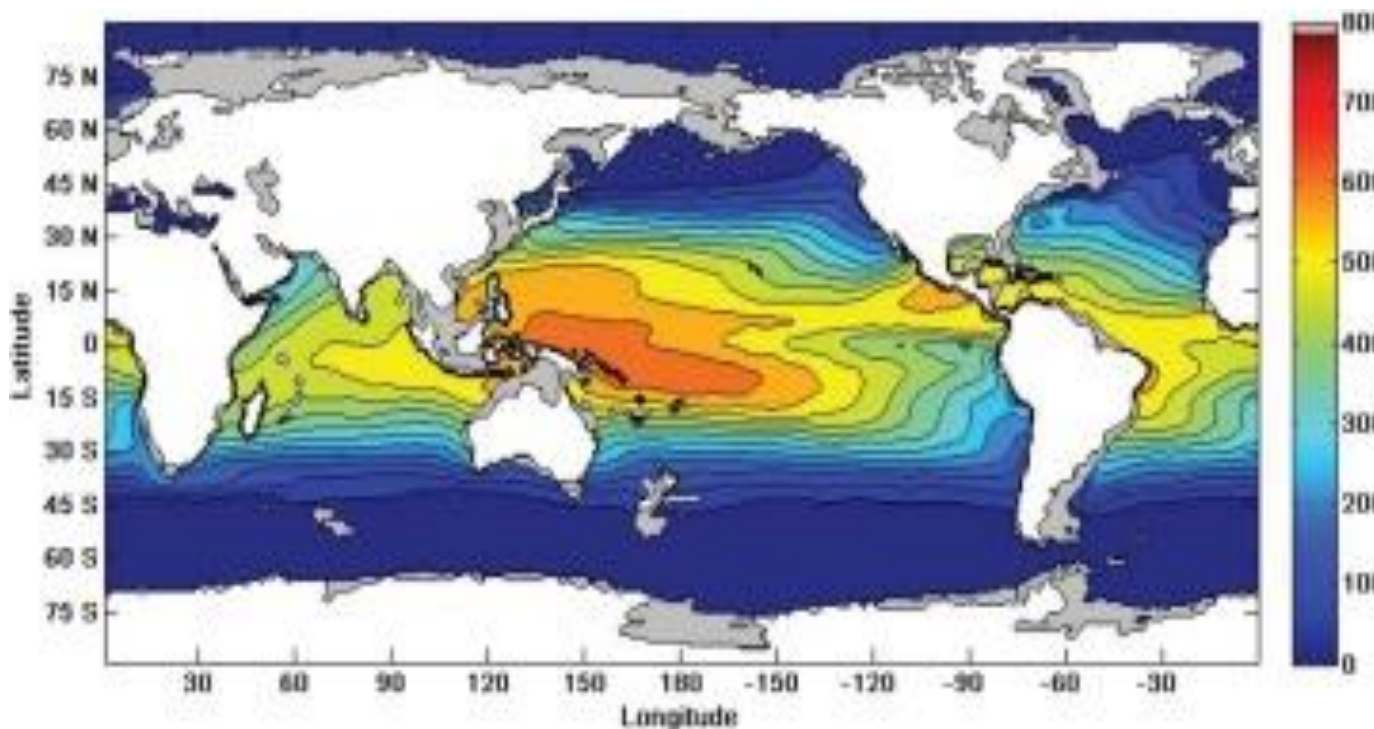
Σχήμα 3.2: Χαρτης ΟΤΕC.

Στο σχήμα 3.2 απεικονίζεται ένας χάρτης ο οποίος στη μέση έχει ένα κόκκινο χρώμα που μας δείχνει ότι σε αυτό το σημείο έχουμε την πιο μεγάλη Ωκεάνια Θερμοκρασία, και όσο φεύγουμε από την κόκκινη περιοχή γίνεται πιο μπλε εκεί που δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου Θερμότητα στον Ωκεανό. Αυτό σημαίνει ότι για να εκμεταλλευτούμε τη Θερμότητα θα πρέπει να είμαστε μέσα στα όρια της κόκκινης περιοχής.

- Είναι το πολιτικό κλίμα ενθαρρυντικό για τη μεγάλη υποδομή της ανάπτυξης;
- Είναι ενθαρρυντικό για την ξένη επένδυση από τις σκοπιμότητες της φορολογίας, της άδειας, και της αποδημίας (ή των ισχυρόνων θεωρήσεων) για τους αλλοδαπούς;
- Ποιες είναι οι τοπικές αρχές (από τα ονόματα και τις θέσεις);
- Υπάρχουν απαγορευτικοί οικολογικοί περιορισμοί;
- Υπάρχουν τοπικοί περιορισμοί;
- Υπάρχουν εκεί κατασκευασμένα ξενοδοχεία στην περιοχή;
- Πόσος είναι ο πληθυσμός της περιοχής;
- Ποιο είναι το τοπικό κατά κεφαλήν εισόδημα;
- Ποια είναι η ελάχιστη ωριαία αμοιβή και οι ελάχιστες (ή ο μέσος όρος) ωριαίες αμοιβές κατασκευής;
- Ποια είναι η τοπική χρησιμοποίηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας, παραδείγματος χάριν, η κατά κεφαλήν χρήση;
- Πώς η Ηλεκτρική Ενέργεια παράγεται αυτήν την περίοδο (αίθδβί, υδροηλεκτρικά έργα, Πυρηνική Ενέργεια, άνεμος κ.λ.π.) και υπάρχουν αυτήν την περίοδο συγκεκριμένα προγράμματα ανάπτυξης;
- Υπάρχει ένας πρόθυμος αγοραστής για την Ηλεκτρική Ενέργεια που θα παραγόταν από την ΟΤΕC
- Ποιος είναι ο πληθυσμός των τουριστών κατά τη διάρκεια του έτους;
- Ποια είναι η τοπική υποδομή τουριστών (ξενοδοχεία, μεταφορά, ενδιαφέρουσες περιοχές);
- Πόσο πυκνά αναπτύσσεται η ακτή (πόσες ακριβώς και διαθέσιμες είναι οι περιοχές των ακτών);
- Πόσες είναι οι παρούσες πηγές γλυκού νερού (ποταμοί, απορροή, αφαλάτωση, εισροές κ.λ.π.);
- Ποια είναι η τοπική αγορά για το γλυκό νερό [όγκος, κόστος ανά χίλια (1000) γαλόνια, κατά κεφαλήν χρήση];
- Υπάρχει σημαντική τοπική αλιεία (εμπορική, τουριστών);
- Ποιες είναι οι τοπικές αγορές για τα ψάρια και προϊόντα της Θάλασσας (τιμές, ποικιλίες, όγκοι);
- Ποια είναι η τοπική υποδομή για τη μεταφορά των προϊόντων (ψάρια, Βιομηχανικά προϊόντα, νερό, Εθνικές Οδοί, σιδηρόδρομοι, εγκαταστάσεις Θαλάσσιων λιμένων, αερολιμένες);
- Υπάρχει τοπική απαίτηση για κλιματισμό από κρύο νερό ή καταναλώνεται από άλλες χρήσεις του;
- Υπάρχει τοπική Βιομηχανία (ίσως με τη σημαντική χρησιμοποίηση ισχύος);
- Θα υπήρχε τοπικό ενδιαφέρον, αγορές, ανταγωνισμός (δηλαδή φρούτα και λαχανικά);
- Τα σημεία πρέπει να εξεταστούν κατά αξιολόγηση των πιθανών περιοχών για την εγκατάσταση της ΟΤΕC από τις διοικητικές μέριμνες στους

κοινωνικοοικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες. Ένα επιχείρημα υπέρ της OTEC βρίσκεται στον ανανεώσιμο χαρακτήρα του - μπορεί να θεωρηθεί ως μέσο για κάποιες μακρινές και απομονωμένες κοινότητες σε ένα βαθμό Ενεργειακής ανεξαρτησίας και να τους προσφερθεί μια δυνατότητα για την ασφαλή Οικονομική Ανάπτυξη.

- Παράδοξα, τέτοια πλεονεκτήματα συνοδεύονται συχνά από τα σοβαρά λογιστικά προβλήματα κατά τη διάρκεια των φάσεων κατασκευής των εγκαταστάσεων. Εάν ένα νησί είναι υπό ανάπτυξη, είναι πιθανό να στερηθεί την επιθυμητή υποδομή για αυτόν τον τύπο προγράμματος, συμπεριλαμβανομένων των λιμανιών, των αερολιμένων, των καλών δρόμων και των συστημάτων επικοινωνιών. Επιπλέον, ο πληθυσμός πρέπει να είναι συμβατός με το μέγεθος των εγκαταστάσεων της OTEC γιατί το προσωπικό πρέπει να είναι επαρκές για να λειτουργήσει το εργοστάσιο και η Ηλεκτρική Ενέργεια και το αφυαλατωμένο νερό που παράγεται από τις εγκαταστάσεις, θα πρέπει να ταιριάζουν με την τοπική κατανάλωση στα αντίστοιχα μεγέθη του πληθυσμού. Οι εγκαταστάσεις από 1 MW έως 10 MW θα αρκούσαν γενικά στα περισσότερα μικρά νησιά του Ειρηνικού, ενώ στην περίπτωση των πυκνοκατοικημένων και Βιομηχανικών χωρών, θα ήταν εφικτές οι εγκαταστάσεις της OTEC μέχρι και 100 MW.



Σχήμα 3.3 Θερμικός πόρος της OTEC.

Υπάρχουν τουλάχιστον δύο αγορές για τις εγκαταστάσεις της OTEC:

- (I) για τις Βιομηχανοποιημένες περιοχές και τα νησιά και
- (II) για τις μικρότερες ή τις λιγότερο Βιομηχανοποιημένες περιοχές και τα νησιά με μέτριες ανάγκες για Ηλεκτρικό Ρεύμα και αφυαλατωμένο νερό.

Οι μικρές εγκαταστάσεις της OTEC μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την παραγωγή, από 1 MW έως 10 MW Ηλεκτρικής Ενέργειας και από  $1700\text{m}^3$  έως  $3500\text{m}^3$  αφυαλατωμένου νερού ανά ημέρα, δηλαδή οι ανάγκες μιας Κοινότητας με πληθυσμούς που

κυμαίνονται από τεσσεράμισι χιλιάδες ως εκατό χιλιάδες. Αυτή η σειρά καλύπτει την πλειοψηφία των λιγότερο αναπτυγμένων νησιών σε όλον τον κόσμο.

Οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις της ΟΤΕC ή οι υβριδικές εγκαταστάσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καθημία αγορά για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Ύδρευση. Παραδείγματος χάριν, υβριδικές εγκαταστάσεις με 50 MW, που παράγουν τουλάχιστον 62000m<sup>3</sup> αφαλατωμένο νερό ανά ημέρα, θα μπορούσαν να προσαρμοστούν για να υποστηρίξουν μια αναπτυσσόμενη Κοινότητα περίπου τριακοσίων χιλιάδων ανθρώπων ή εκατό χιλιάδων ανθρώπων σε μια Βιομηχανοποιημένη Χώρα.

### 3.1.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΑΠΟΔΙΔΕΙ Η ΩΚΕΑΝΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ

Η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία που παραλαμβάνεται συνολικά από τους Ωκεανούς είναι ίση με  $(5,457 \times 10^{18} \text{ MJ/yr}) \times 0,7 = 1,9 \times 10^{18} \text{ MJ/yr}$  (λήψη ενός μέσου δείκτη καθαρότητας 0,5). Μόνο 15% αυτής της Ενέργειας διατηρείται ως Θερμική Ενέργεια.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Νόμος του LAMBERT για να υπολογιστεί η απορρόφηση της ηλιακής Ενέργειας από τη Θάλασσα.

Θα είναι:

$$-\frac{dI(y)}{dy} = \mu I \quad \text{σχεση 3.1}$$

όπου,  $Y$  είναι το βάθος της Θάλασσας,  $I$  είναι ένταση και  $\mu$  είναι ο συντελεστής απορρόφησης. Επίλυση της ανωτέρω διαφορικής εξίσωσης δίνει :

$$I(y) = I_0 \exp(-\mu y) \quad \text{σχεση 3.2}$$

Ο συντελεστής  $\mu$  απορρόφησης μπορεί να κυμανθεί από  $0,05\text{m}^{-1}$  για το πολύ καθαρό γλυκό νερό σε  $0,5\text{m}^{-1}$  για το πολύ αλμυρό νερό.

Χαρακτηριστικά, στις τροπικές χώρες, οι τιμές της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Θάλασσας είναι παραπάνω από 25 °C ενώ 1 km κατώτερα από την επιφάνεια, η θερμοκρασία είναι περίπου 5 - 10 °C. Αντίθετα στη συνηθισμένη κατάσταση των Ωκεανών, η Θερμότητα που παρέχεται από τα βαθύτερα στρώματα του Ωκεανού που είναι κρύα, στα επιφανειακά στρώματα που είναι θερμότερα, υπάρχει ένα ρεύμα μεταφοράς Θερμότητας. Έτσι με κανέναν από τους σημαντικότερους μηχανισμούς μεταφοράς Θερμότητας, τα κορυφαία στρώματα παραμένουν ζεστά και τα χαμηλότερα στρώματα παραμένουν κρύα.

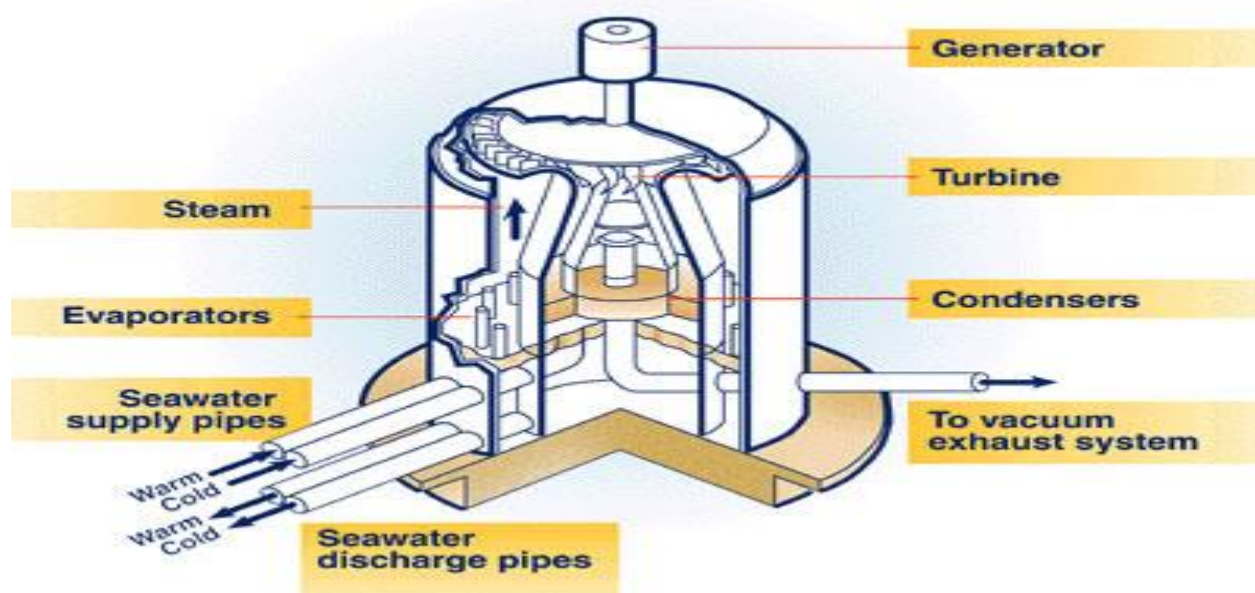
Κατά συνέπεια ο Ωκεανός είναι μια σχεδόν άπειρη πηγή Θερμότητας και είναι σχεδόν μία άπειρη πηγή Θερμότητας μεταξύ ενός διαχωριστικού στρώματος από νερό περίπου 1000m. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας ποικίλλει με το Γεωγραφικό Πλάτος και την εποχή. Ως εκ τούτου γενικά, οι τροπικοί κύκλοι είναι οι καλύτερες θέσεις για τα συστήματα OTEC.

Τα συστήματα της OTEC μπορούν να ταξινομηθούν ως δύο τύποι βασισμένοι στο Θερμοδυναμικό Κλειστό και Ανοικτό Κύκλο. Με συνδυασμό των δύο βασικών τύπων προκύπτει ο Υβριδικός Τύπος της OTEC.

## 3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ OTEC ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

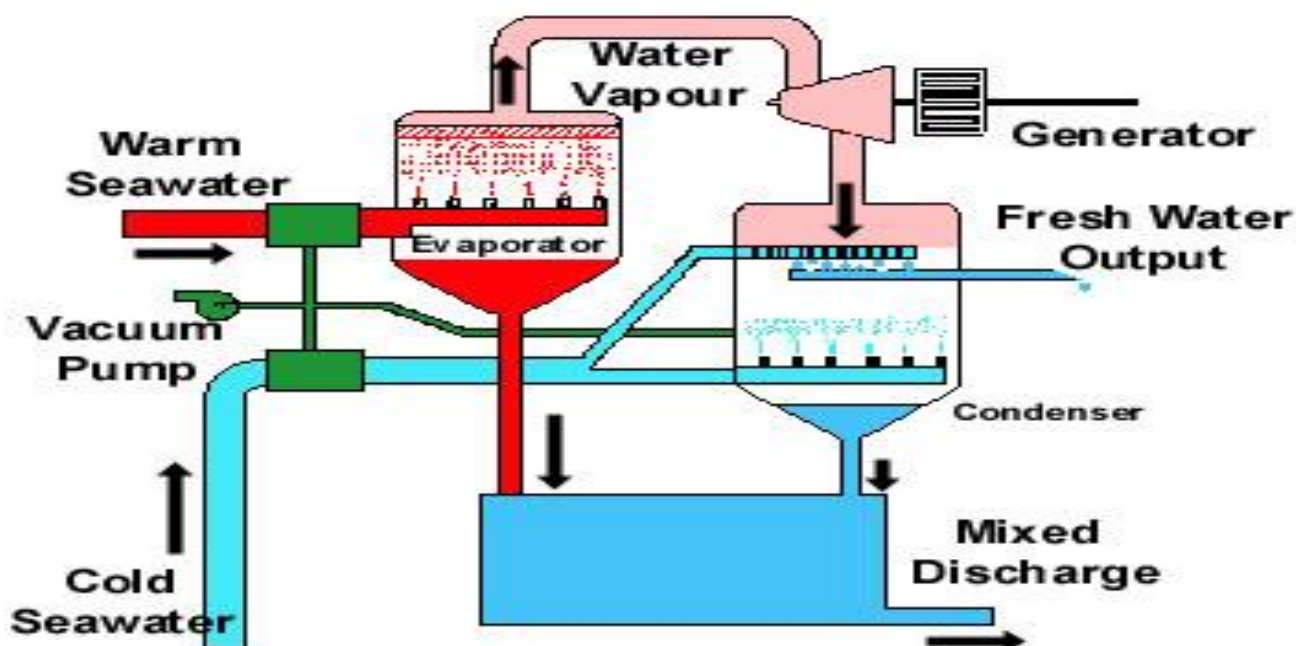
### ΓΕΝΙΚΑ

Η OTEC Ανοικτού Κύκλου χρησιμοποιεί το Τροπικό Θερμό νερό της Ωκεάνιας επιφάνειας για να παράγει ηλεκτρική Ενέργεια. Όταν το Θερμό νερό της Θάλασσας τοποθετείται σε ένα χαμηλής πίεσεως δοχείο, βράζει. Ο εκτονούμενος ατμός θέτει σε λειτουργία ένα στρόβιλο χαμηλής πίεσεως που συνδέεται με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Ο ατμός, που έχει αποβάλει τα άλατα και τις μολυσματικές ουσίες του πίσω στο χαμηλής πίεσεως δοχείο, είναι καθαρό γλυκό νερό. Επανασυμπυκνώνεται σε ένα υγρό, με έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες από το βαθύ Ωκεάνιο νερό. Αυτή η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της παραγωγής αφυαλατωμένου γλυκού νερού, κατάλληλου για πόση ή άρδευση.



Σχήμα 3.4 ΟΤΕC ανοικτού τύπου.

Το 1984, το Ερευνητικό Κέντρο Ηλιακής Ενέργειας (τόρα το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμης Ενέργειας), ανέπτυξε έναν εξατμιστήρα κάθετων σωλήνων, για τη μετατροπή του Θερμού Θαλασσινού νερού σε ατμό χαμηλής πίεσης, για τις εγκαταστάσεις Ανοικτού Κύκλου. Επιτεύχθηκαν αποδοτικότητες Ενεργειακής Μετατροπής της τάξης του 97% από το νερό της Θάλασσας στη διαδικασία μετατροπής ατμού (η γενική αποδοτικότητα ενός συστήματος ΟΤΕC που χρησιμοποιεί έναν εξατμιστήρα κάθετων σωλήνων θα ήταν ακόμα μόνο λίγο τοις εκατό). Στις 9 Μαΐου 1993, άρχισαν να λειτουργούν οι εγκαταστάσεις Ανοικτού Κύκλου ΟΤΕC στο σημείο Keahole, Χαβάη. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος παραγωγής καθαρής ισχύος, η ΟΤΕC Ανοικτού Κύκλου της Χαβάης παράγαγε 50000 Watts Ηλεκτρικής Ενέργειας. Αυτό έσπασε το ρεκόρ των 40000 Watts που επιτεύχθηκε από ένα Ιαπωνικό σύστημα το 1982.



Σχήμα 3.5: Λειτουργία ΟΤΕC ανοικτού τύπου.



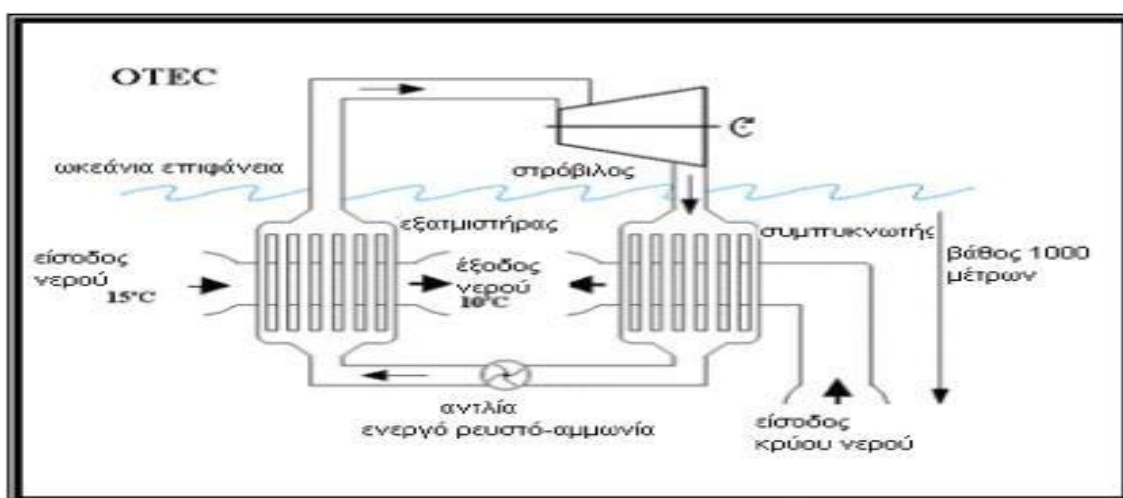
### 3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΤΕC ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

#### ΓΕΝΙΚΑ

Στο σύστημα Κλειστού Κύκλου ΟΤΕC το Θερμό νερό της Θάλασσας ατμοποιεί ένα ενεργό ρευστό, όπως η αμμωνία, που διατρέχει έναν εναλλάκτη Θερμότητας (εξατμιστήρας). Ο ατμός εκτονώνεται σε μέτριες πιέσεις και γυρίζει ένα στρόβιλο που συνδέεται με μια γεννήτρια που παράγει ηλεκτρική Ενέργεια.

Ο ατμός συμπυκνώνεται σε έναν άλλον εναλλάκτη Θερμότητας (συμπυκνωτής) που χρησιμοποιεί το κρύο νερό της Θάλασσας που αντλείται από τα βάθη του Ωκεανού μέσω ενός σωλήνα κρύου νερού. Το συμπυκνωμένο ενεργό υγρό αντλείται πίσω στον εξατμιστήρα για να επαναλάβει τον κύκλο.

Το ενεργό υγρό παραμένει σε ένα κλειστό σύστημα και κυκλοφορεί συνεχώς.



Σχήμα 3.4 ΟΤΕC κλειστού τύπου.

#### 3.4 ΕΝΕΡΓΑ ΡΕΥΣΤΑ

Έχουν προταθεί διάφορα ρευστά κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών για να χρησιμοποιηθούν στον Κλειστό Κύκλο της ΟΤΕC.

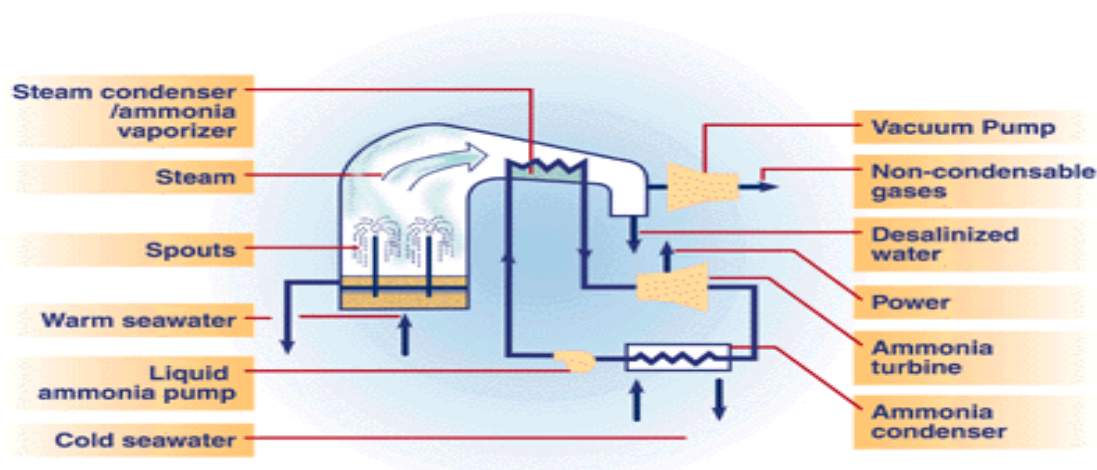
Μια δημοφιλής επιλογή είναι η αμμωνία, η οποία έχει άριστες ιδιότητες μεταφοράς, εύκολη διαθεσιμότητα και χαμηλό κόστος. Η αμμωνία, εντούτοις, είναι τοξική και εύφλεκτη. Οι φθοριωμένοι άνθρακες όπως οι CFC (Chlorofluorocarbons) και οι HCFCs (Hydrofluorocarbons) θα ήταν μια καλύτερη επιλογή, εάν δε συνέβαλαν στη μείωση του στρώματος του όζοντος. Οι υδρογονάνθρακες είναι επίσης καλοί υποψήφιοι, αλλά είναι ιδιαίτερα εύφλεκτοι. Επιπλέον, αυτό θα έβαζε την ΟΤΕC σε ανταγωνισμό με τη χρήση τους άμεσα ως καυσίμων.

Το μέγεθος της εγκατάστασης παραγωγής Ενέργειας εξαρτάται από την πίεση του ατμού του ενεργού ρευστού. Για ρευστά με υψηλή πίεση ατμού, το μέγεθος του στρόβιλου και των εναλλακτών Θερμότητας μειώνεται ενώ το πάχος του τοιχώματος του αγωγού και των εναλλακτών Θερμότητας θα έπρεπε να αυξηθεί για να αντέξει την υψηλή πίεση ειδικά στην πλευρά του εξατμιστήρα.

### 3.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΤΕC ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Ένας Υβριδικός Κύκλος συνδυάζει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των συστημάτων Κλειστού Κύκλου και Ανοικτού Κύκλου. Σε ένα υβριδικό σύστημα ΟΤΕC το Θερμό νερό της Θάλασσας εισέρχεται σε ένα θάλαμο κενού όπου μετατρέπεται ακαριαία σε ατμό, με τρόπο παρόμοιο με τη διαδικασία εξάτμισης Ανοικτού Κύκλου. Ο ατμός ατμοποιεί το ενεργό υγρό αμμωνία ενός βρόχου Κλειστού Κύκλου στην άλλη πλευρά ενός ψεκαστήρα αμμωνίας. Το ατμοποιημένο ρευστό οδηγείται έπειτα σε ένα στρόβιλο για να παράγει ηλεκτρική Ενέργεια. Ο ατμός συμπυκνώνεται μέσα στον εναλλάκτη Θερμότητας και παρέχει αφαλατωμένο νερό.

Η Ηλεκτρική Ενέργεια που παράγεται από το σύστημα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες εφαρμογές ή να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή μεθανόλης, υδρογόνου, εξευγενισμένων μετάλλων, αμμωνίας και παρόμοιων προϊόντων.



Σχήμα 3.5 ΟΤΕC υβριδικού τύπου.

### 3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ - ΠΟΣΟ ΣΥΜΦΕΡΕΙ ΚΑΙ ΠΟΣΟ ΚΟΣΤΙΖΕΙ ΜΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΤΕC

Για να είναι βιώσιμη μία Εγκατάσταση ΟΤΕC ως πηγή Ενέργειας, από την άποψη της Παγκόσμιας εκμετάλλευσης, η Τεχνολογία πρέπει να έχει ίση φορολογική μεταχείριση με επιδότηση και ανταγωνιστικών Πηγών Ενέργειας. Επειδή τα Συστήματα της ΟΤΕC δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί ευρέως, οι εκτιμήσεις των δαπανών τους είναι αβέβαιη.

Σύμφωνα με μια μελέτη, οι εκτιμήσεις του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής Ενέργειας στην ΟΤΕC είναι στο κατώτερο ποσό των μηδέν κόμμα μηδέν επτά (0,07) δολαρίων Η.Π.Α. ανά κιλοβατώρα, συγκριτικά με μηδέν κόμμα μηδέν επτά (0,07) δολάρια για τα επιδοτούμενα Συστήματα Αιολικής Ενέργειας.

Μερικοί έχουν αμφιβολίες για τη βιωσιμότητα του Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας ΟΤΕC, οι οποίες οφείλονται στις εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασιακές διαφορές. Για παράδειγμα, με ζεστό νερό στους 26 °C και κρύο στους 5 °C, η θερμοκρασιακή διαφορά των 21°C ανταποκρίνεται σε μια θεωρητική απόδοση Carnot περίπου 7%.

Όμως, εξαιτίας της απαίτησης της OTEC για παρασκηνιακή Ενέργεια (π.χ. για άντληση κρύου νερού) και των άλλων απωλειών, η τελική ολική απόδοση μετατροπής είναι μόλις 2,5%. Αυτό συγκρίνεται με τις ολικές αποδόσεις των 30% και 40% που σχετίζονται με τα συμβατικά Ηλεκτρικά Εργοστάσια.

Μερικοί μηχανικοί αναρωτιούνται εάν με μια τέτοια χαμηλή ολική απόδοση θα μπορέσει ποτέ η Τεχνολογία της OTEC να γίνει οικονομικά βιώσιμη. Είναι όμως σημαντικό να λάβουμε υπόψη μας το θέμα με βάση πιο περίπλοκους όρους από ότι η ολική απόδοση, καθώς στην περίπτωση της OTEC δεν υπάρχει κόστος καυσίμων, μόνο το κόστος για την κυκλοφορία πολύ περισσότερου ζεστού και κρύου νερού, από ότι είναι συνήθως συνδεδεμένο με την παραγωγή Ενέργειας.

Αυτό σημαίνει ότι μεγάλες επιφάνειες από εναλλάκτες Θερμότητας θα απαιτούνται από «Κλειστού Κύκλου» Εργοστάσια OTEC (οι οποίοι θα χρησιμοποιούν κάποιο ενεργό ρευστό όπως η αμμωνία), ή ότι αεροποιητές (για την απομάκρυνση αερίων διαλυμένων στο Θαλασσινό νερό) και τεράστιοι ατμοστρόβιλοι θα απαιτούνται για «Ανοικτού Κύκλου» Εργοστάσια OTEC που θα λειτουργούν με τη στιγμιαία εξάτμιση Θαλασσινού νερού. Έτσι, παρότι η ολική απόδοση ενός τέτοιου Εργοστασίου πρέπει να είναι οπωσδήποτε θετική και όσο το δυνατόν μεγαλύτερη είναι εφικτό, η κύρια οικονομική ερώτηση είναι το κόστος που προέρχεται από την Ηλεκτρική Ενέργεια OTEC και όχι η πραγματική τιμή της ολικής απόδοσης.

Επιπλέον, τα οικονομικά της OTEC αρκετά συχνά γίνονται αντιληπτά σα να είναι συνδεδεμένα και σχετικά με αυτά των «Κατώτερων Κύκλων», οι οποίοι χρησιμοποιούν την αποβαλλόμενη Θερμότητα από τα συμβατικά Ηλεκτρικά Εργοστάσια για να λειτουργήσει ένας κύκλος ισχύος Rankine παρόμοιος με αυτόν της OTEC.

Όμως η βιωσιμότητα αυτών των κύκλων και των κύκλων OTEC έχουν στην πραγματικότητα διαφορετικά τεχνικά και οικονομικά προβλήματα με σχετικά ανεξάρτητες λύσεις.

Σε αυτό το σημείο μια απλή σύγκριση μπορεί να δώσει κάποια στοιχεία για τη δυναμικότητα του Ενεργειακού αποθέματος που είναι διαθέσιμο από την OTEC. Η θερμοκρασιακή διαφορά είναι ανάλογη με το πιεζομετρικό ύψος, κάθε βαθμός Κελσίου αντιστοιχεί σε ύψος 427m. Έτσι η θερμοκρασιακή διαφορά των 21°C θα έπρεπε να αντιστοιχεί σε ύψος νερού ίσο με 8976m εάν ήταν εφικτή απόδοση μετατροπής 100%.

Όμως, παρότι αυτό το πιεζομετρικό ύψος μπορεί να μετατραπεί σε θερμοκρασιακή αύξηση 21 °C, η διαδικασία δεν είναι αντιστρέψιμη. Δηλαδή μια θερμοκρασιακή διαφορά 21°C δε μπορεί να μετατραπεί στο αντίστοιχο πιεζομετρικό ύψος, αλλά μόνο στο ποσοστό του θεωρητικού ύψους που αντιστοιχεί στην ολική θερμοδυναμική απόδοση.

Έτσι, με ολική απόδοση μετατροπής 2,5°C ένα ύψος 224m θα ήταν εφικτό. Η αναλογία της OTEC με την Ηλιακή Υδροενέργεια είναι πάλι προφανής. Είναι σα μια μεγάλη ποσότητα νερού από τους Ωκεανούς του Κόσμου να είναι παγιδευμένη πίσω από αόρατα «θερμικά φράγματα» σημαντικού ύψους. Το ερώτημα που παραμένει είναι εάν αυτή η απαρατήρητη Θερμική εν δυνάμει πίεση μπορεί να συλλεχθεί χρήσιμα και οικονομικά.

Τα οικονομικά της Ενεργειακής Παραγωγής σήμερα έχουν καθυστερήσει τη χρηματοδότηση μόνιμων, συνεχώς λειτουργουσών εγκαταστάσεων OTEC. Εντούτοις, η OTEC είναι πολύ ελπιδοφόρα σαν πόρος εναλλακτικής Ενέργειας για τις τροπικές κοινότητες νησιών, που στηρίζονται σε μεγάλο ποσοστό στα εισαγόμενα καύσιμα. Οι εγκαταστάσεις της OTEC σε αυτές τις αγορές θα μπορούσαν να παρέχουν στους νησιώτες την αναγκαία ισχύ, καθώς επίσης και το αφαλατωμένο νερό και ποικίλα προϊόντα ιχθυοκαλλιέργειας.

### 3.7 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

Στον τομέα της Θερμικής Ενέργειας των Ωκεανών διεξάγεται σήμερα έρευνα σε πολλές χώρες, σε ορισμένες από αυτές εδώ και πολλές δεκαετίες. Χώρες με υψηλή Θερμική Ενέργεια όπως είναι η Αντίγουα, οι Μπαχάμες, τα Νησιά Καϋμάν, η Δομίνικα (Δομινικανή Δημοκρατία), η Cayman το Πανεπιστήμιο (της Πανεπιστημιούπολης του Πουέρτο Ρίκο στη Δυτική Ακτή), το Πουέρτο Ρίκο, οι Μαλδίβες και οι Φιλιππίνες, προσβλέπουν στην κάλυψη σημαντικού ποσοστού Ενεργειακών αναγκών.

Στον τομέα της Θερμικής Ενέργειας των Ωκεανών διεξάγεται σήμερα έρευνα σε πολλές Ευρωπαϊκές Χώρες, σε ορισμένες από αυτές εδώ και πολλές δεκαετίες. Η μεγαλύτερη έρευνα σε αυτό το είδος παραγωγής Ενέργειας, γίνεται στη Μεγάλη Βρετανία και ειδικότερα στη Σκωτία, όπου υπάρχει και το μεγαλύτερο πεδίο δοκιμών του είδους. Στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές Χώρες, που διαθέτουν ακτογραμμή, δηλαδή το Βέλγιο, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ελλάδα, την Ισπανία, την Ιταλία, την Ολλανδία και τη Φινλανδία, δεν έχουν υπάρξει, μέχρι στιγμής, αξιολογες δραστηριότητες στον τομέα της Θερμικής Ενέργειας των Ωκεανών.

Ένδεκα από τις χώρες στην Αφρικανική Ηπειρωτική Χώρα δεν εμφανίζονται να έχουν μεγάλα Ωκεάνια Θαλάσσια βάθη μέσα σε δέκα χιλιόμετρα (έξι μίλια) από την ακτή: Ανγκόλα, Καμερούν, Κογκό, Γκαμπόν, Γουινέα, Ακτή του Ελεφαντοστού, Κένυα, Λιβερία, Νιγηρία, Τόγκο και Ζαΐρ. Επιπλέον πέντε μπορούν να αποβληθούν από τον κατάλογο λόγω της Πολιτικής και Οικονομικής Αστάθειας: Μπενίν, Ισημερινή Γουινέα, Μοζαμβίκη, Σιέρα Λεόνε και Σομαλία. Τέλος, η Γκάνα έχει πλεονάζουσα Υδροηλεκτρική Ισχύ από το Φράγμα του Βόλτα.

Τρεις περιοχές νησιών, όπως είναι η Χαβάη, η Okinawa (μέρος της Ιαπωνίας) και η Ταϊβάν, μπορούν να πέσουν από την περαιτέρω εκτίμηση για νέα ΟΤΕC επειδή είναι ήδη στην πρώτη γραμμή της έρευνας και της ανάπτυξης. Εντούτοις, η ΟΤΕC έχει αναπτυχθεί στη Χαβάη μόνο στο Εθνικό Ενεργειακό Εργαστήριο, στο Keahole Point, στο πιο Δυτικό σημείο του νησιού «Big» της Χαβάης. Σύμφωνα με τα βαθυμετρικά στοιχεία των Η.Π.Α., υπάρχουν άλλες πιθανές περιοχές στα Νοτιοδυτικά σημεία και Νοτιοανατολικά σημεία του νησιού της Χαβάης και σε άλλα δύο νησιά της Χαβάης.

### 3.8 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΤΕC

Η μέγιστη δυνατότητα της ΟΤΕC είναι να παρασχεθεί ένα σημαντικό μέρος των καυσίμων που ο κόσμος χρειάζεται, με τη χρησιμοποίηση των μεγάλων πλωτών εγκαταστάσεων της για την παραγωγή υδρογόνου, αμμωνίας και μεθανόλης.

Είναι δυνατό να μετρηθεί η αξία μιας εγκατάστασης Ωκεάνιας Θερμικής Ενεργειακής Μετατροπής και η συνεχιζόμενη ανάπτυξή της και από τα Οικονομικά της και από τα μη Οικονομικά της ευεργετήματα. Τα Οικονομικά ευεργετήματα της ΟΤΕC περιλαμβάνουν τα εξής:

- Βοηθά στο να παραχθούν καύσιμα όπως το υδρογόνο, η αμμωνία και η μεθανόλη.
- Παράγει Ηλεκτρική Ενέργεια βασικού φορτίου.
- Παράγει αφαλατωμένο νερό για Βιομηχανικές, γεωργικές και αστικές χρήσεις.
- Είναι μια Ενεργειακή Πηγή για χερσαίες και παράκτιες Επιχειρήσεις Υδατοκαλλιέργειας.
- Παρέχει κλιματισμό των κτιρίων.
- Παρέχει μέτρια θερμοκρασία ψύξης.
- Έχει σημαντικές δυνατότητες για να παρέχει καθαρή, οικονομικά αποδοτική Ηλεκτρική Ενέργεια για το μέλλον.

Τα μη Οικονομικά ευεργετήματα της ΟΤΕC, που μας βοηθούν να πετύχουμε Παγκόσμιους Περιβαλλοντικούς Στόχους, περιλαμβάνουν τα εξής:

- Υπόσχεται ανταγωνιστικότητα και Διεθνές Εμπόριο.
- Ενισχύει την Ενεργειακή Ανεξαρτησία και την Ενεργειακή Ασφάλεια.
- Προωθεί τη Διεθνή Κοινωνικοπολιτική Σταθερότητα.
- Έχει τη δυνατότητα να μετριάσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ως αποτέλεσμα της καύσης των ορυκτών καυσίμων.

Σε μικρά νησιωτικά Έθνη, τα οφέλη της ΟΤΕC περιλαμβάνουν την αυτάρκεια, τις ελάχιστες Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και τη βελτιωμένη Υγιεινή και Διατροφή, τα οποία προκύπτουν από τη μεγαλύτερη διαθεσιμότητα αφαλατωμένου νερού και προϊόντων Υδατοκαλλιέργειας.

## ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Προϋπόθεση για μία εγκατάσταση ΟΤΕC θα πρέπει να είναι κτισμένη μέσα σε είκοσι πέντε χιλιόμετρα [δεκαπέντε κόμμα πέντε (15,5) μίλια] από μια Ωκεάνια περιοχή όπου θα υπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας περίπου 20 °F (36 °F) στα πρώτα χίλια μέτρα [τρεις χιλιάδες ογδόντα (3280) πόδια] κάτω από την επιφάνεια.

Η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την κατασκευή ενός Εργοστασίου Ηλεκτροπαραγωγής της ΟΤΕC, περιλαμβάνει τόσο τις απαιτήσεις του Ωκεάνιου Θερμικού αποθέματος για τη λειτουργία του Εργοστάσιου, όσο και τη ζήτηση της αγοράς για αγαθά της ΟΤΕC.

Η μετακίνηση αυτών των αγαθών από τα Εργοστάσια στη Θάλασσα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :

- Με υποβρύχιους ομφαλούς (όπως ηλεκτρικά καλώδια ή σωληνώσεις για αέρια όπως υδρογόνο, αμμωνία και συμπιεσμένος αέρας).

- Με θαλάσσια μεταφορά προϊόντων, με έντονο Ενεργειακό περιεχόμενο ( όπως αμμωνία, υδρογόνο, χημικά και μέταλλα) που προέρχονται από Ενέργεια της OTEC.

Στις εφαρμογές της OTEC όπου απαιτούνται υποβρύχιοι ομφαλοί, πρέπει να προβλεφθεί το επιπλέον κόστος επένδυσης παράλληλα με το κόστος σταθεροποίησης του σταθμού. Εκεί όπου τα προϊόντα μεταφέρονται με άλλα μέσα, οι απαιτήσεις σταθεροποίησης είναι πολύ λιγότερο αυστηρές και στην πραγματικότητα το Εργοστάσιο μπορεί να «εγγίζει» το να εξασφαλίσει την άριστη εισαγωγή Θερμικής Ενέργειας.

Τώρα ας εξεταστεί ο τρόπος επιλογής κατάλληλης τοποθεσίας για μια Εγκατάσταση της OTEC και το Ωκεάνιο Θερμικό απόθεμα, με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Οι παροχές της Εγκατάστασης της OTEC που θα βοηθήσει στο να επιτευχθούν Παγκόσμιοι Περιβαλλοντικοί Στόχοι περιλαμβάνουν:

- Προωθεί την ανταγωνιστικότητα και το Διεθνές Εμπόριο.
- Ενισχύει την Ενεργειακή Ανεξαρτησία και την Ενεργειακή Ασφάλεια.
- Προωθεί τη Διεθνή Κοινωνικοπολιτική Σταθερότητα.
- Έχει δυνατότητες για περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που προκύπτουν από την καύση ορυκτών καυσίμων.

### 3.9 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Μια Εγκατάσταση της OTEC μπορεί να χρηματοδοτηθεί με δύο τρόπους, ως Τοπική Επιχείρηση ή από Κεφάλαια Επιχειρηματικών Συμμετοχών.

Πριν γίνει χρηματοδότηση θα πρέπει να είναι δυνατόν να γίνει προκαταρκτική εκτίμηση της σκοπιμότητας όλων των χρηματοοικονομικών διαδρομών.

Πρώτον, πόσο εκτεταμένη είναι η χρησιμότητα των τοπικών υποδομών (Ενέργεια, νερό, μεταφορές κ.λπ.) και πώς πρέπει να γίνει η χρηματοδότηση για την κατασκευή και τη συντήρηση;

Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να παράσχουν ορισμένες οδηγίες για το κατά πόσον η πολιτική δομή της περιοχής είναι δεκτική για ανάπτυξη της OTEC.

Δεύτερον, υπάρχουν σημαντικά Επιχειρηματικά Κεφάλαια που επενδύθηκαν στην περιοχή; Αν δεν υπάρχουν, είναι πιθανότατα διότι οι πραγματικές πολιτικές και οικονομικές δυνάμεις δεν είναι ευνοϊκές γι αυτήν.

### 3.10 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΩΚΕΑΝΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η OTEC έχει σημαντικά οφέλη εκτός από την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας. Για παράδειγμα, ο κλιματισμός μπορεί να είναι ένα υποπροϊόν. Με τη χρήση κρύου Θαλασσινού νερού η εγκατάσταση της OTEC μπορεί να ψύξει το νερό σε έναν εναλλάκτη Θερμότητας ή να το διοχετεύει απευθείας σε ένα σύστημα ψύξης. Αλλά συστήματα αυτού του τύπου είναι τα κλιματιζόμενα κτίρια στο Εργαστήριο Φυσικής Ενέργειας για πολλά χρόνια.

Η Τεχνολογία OTEC υποστηρίζει επίσης και την ψύξη του εδάφους στη γεωργία. Το κρύο θαλασσινό νερό ρέει μέσω υπόγειων αγωγών μέσα από το έδαφος. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των ριζών των φυτών στο έδαφος και των δροσερών φύλλων των

φυτών στο ζεστό αέρα, επιτρέπει σε πολλά φυτά που εξελίχθηκαν σε εύκρατα κλίματα, να καλλιεργηθούν και σε πολλαπλά σημεία της Γης.

Το Εργαστήριο Φυσικής Ενέργειας διατηρεί έναν κήπο με περισσότερα από εκατό διαφορετικά φρούτα και λαχανικά, πολλά από τα οποία κανονικά δε θα επιβίωναν στη Χαβάη.

Η υδατοκαλλιέργεια είναι ίσως το πιο γνωστό υποπροϊόν της OTEC. Εδέσματα ψυχρών υδάτων, όπως ο σολομός και ο αστακός, είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία, από το Θαλασσινό νερό. Για παράδειγμα διάφορα μικροφύκη, όπως η σπιρουλίνα, που είναι ένα συμπλήρωμα διατροφής για την υγεία, επίσης, μπορούν να καλλιεργηθούν σε υδατοκαλλιέργειες που υποστηρίζονται από την Τεχνολογία OTEC.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ένα άλλο πλεονέκτημα των κύκλων της OTEC είναι η παραγωγή γλυκού νερού από Θαλασσινό νερό. Θεωρητικά, μια Εγκατάσταση OTEC που παράγει 2 MW καθαρής Ηλεκτρικής Ενέργειας, θα μπορούσε να παράγει τέσσερις χιλιάδες τριακόσια κυβικά μέτρα [δεκατέσσερις χιλιάδες εκατό δέκα οκτώ κόμμα τρία (14118,3) κυβικά πόδια] αφυατωμένο νερό κάθε μέρα.

Επίσης οι Εγκαταστάσεις της OTEC θα μπορούσαν να αποτελέσουν μέσα για την εκμετάλλευση πενήντα επτά ιχθυοστοιχείων του Θαλασσινού νερού των Ωκεανών.

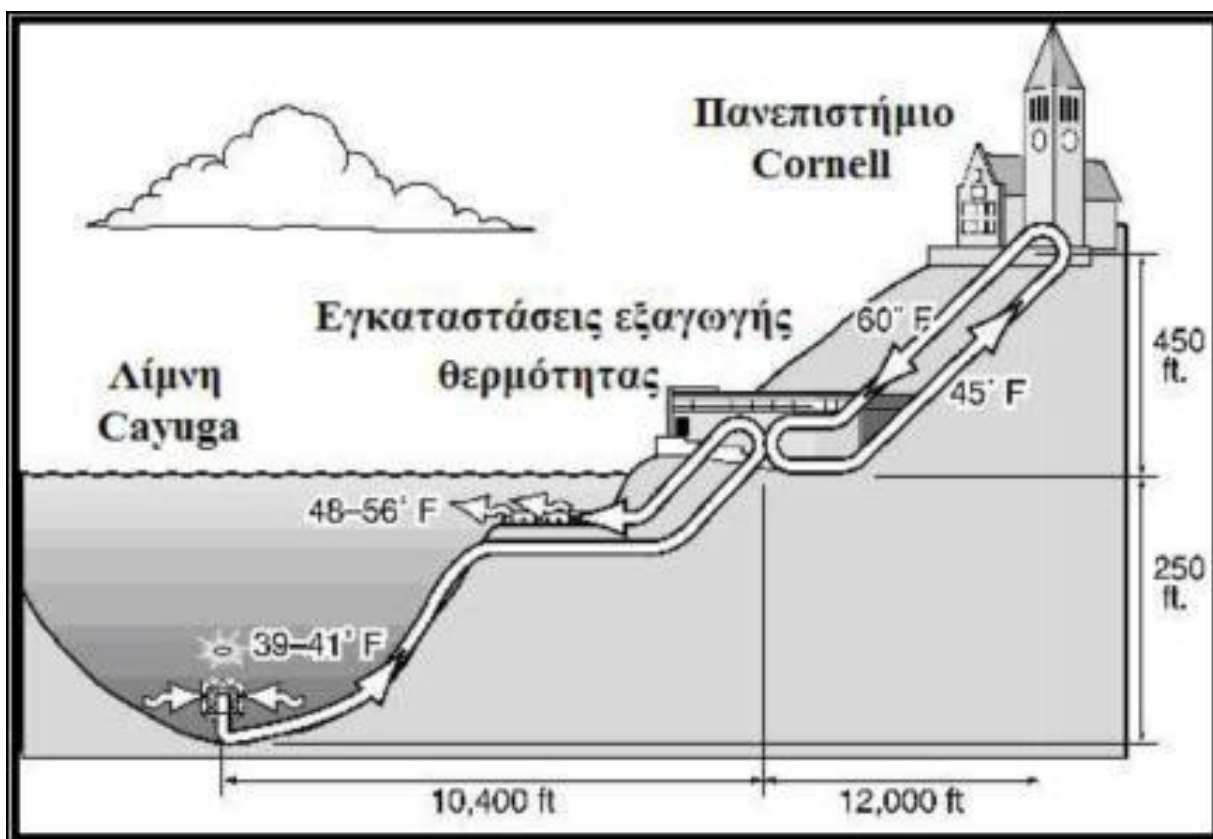
Περισσότερες Οικονομικές Αναλύσεις έχουν δείξει ότι η εξόρυξη του Ωκεάνιου νερού για διαλυμένες ουσίες θα ήταν ασύμφορη.

Η OTEC μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μεθανόλης, αμμωνίας, υδρογόνου, αργιλίου, χλωρίου και άλλων χημικών ουσιών. Τα επιπλέοντα Εργοστάσια επεξεργασίας της OTEC που παράγουν αυτά τα προϊόντα, δε θα απαιτούσαν ένα δυνατό καλώδιο και οι δαπάνες διατήρησης της θέσης θα μειώνονταν.

### 3.10.1 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

Το κρύο νερό (5 °C) της Θάλασσας, που παρέχεται από ένα Σύστημα OTEC δημιουργεί μια ευκαιρία να παρασχεθούν μεγάλα ποσά ψύξης σε διαδικασίες που συσχετίζονται με ψύξη κοντά στις Εγκαταστάσεις. Το κρύο νερό της Θάλασσας που διοχετεύεται στις Εγκαταστάσεις της OTEC, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σπείρες σωλήνων για να παρέχει κλιματισμό σε κτίρια και Βιομηχανίες. Υπολογίζεται ότι σωλήνες διαμέτρου 3cm μπορούν να παραδώσουν 0,08m<sup>3</sup> νερό ανά δευτερόλεπτο.

Εάν το νερό έχει θερμοκρασία 6 °C και παραλαμβάνεται μέσω ενός σωλήνα με διάμετρο 3cm, θα μπορούσε να παρέχει αρκετό κλιματισμό για ένα μεγάλο κτίριο. Εάν αυτό το σύστημα λειτουργεί οκτώ χιλιάδες (8000) ώρες ετησίως και η τοπική Ηλεκτρική Ενέργεια πωλεί για 5\$ - 10\$ το kW σε 1h, θα εξοικονομούσε \$200000 - \$400000 στους Ενεργειακούς λογαριασμούς ετησίως. Στα νησιά Bora Bora χρησιμοποιείται ένα σύστημα από εναλλάκτες στα κτίριά του. Το σύστημα αυτό με την εισροή κρύου νερού της Θάλασσας μέσω ενός εναλλάκτη Θερμότητας, δροσίζει το γλυκό νερό σε ένα κλειστό σύστημα βρόχων και έπειτα μεταφέρεται στα κτίρια και χρησιμοποιείται για να δροσίσει άμεσα τα κτίρια (καμία μετατροπή σε Ηλεκτρική Ενέργεια δεν πραγματοποιείται).



Σχήμα 3.6: Κλιματισμός κτιρίου.

### 3.10.2 ΨΥΞΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Όταν το κρύο νερό της Θάλασσας διατρέχει τους υπόγειους σωλήνες, καταψύχει το περιβάλλον χώμα. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των ριζών των φυτών στο χώμα και των φυτών στο θερμό αέρα, επιτρέπει σε πολλά φυτά που εξελίχθηκαν μέσα σε ειδικά κλίματα, να αυξηθούν κανονικά. Ο Common Heritage Corporation, ένας πρώην χορηγός του Natural Energy Laboratory και ο κάτοχος του διπλώματος ευρεσιτεχνίας αυτής της διαδικασίας, διατήρησαν έναν κήπο επίδειξης με περισσότερα από εκατό διαφορετικά φρούτα και λαχανικά, πολλά από τα οποία δε θα επιζούσαν κανονικά στη Χαβάη. Καμία ψυκτική εδαφολογική γεωργία δεν αναλαμβάνεται προς το παρόν από το Natural Energy Laboratory.

### 3.10.3 ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Η υδατοκαλλιέργεια είναι το πιά γνωστό υποπροϊόν της OTEC. Θεωρείται ευρέως ένας από τους σημαντικότερους τρόπους να μειωθούν οι Οικονομικές και Ενεργειακές δαπάνες από τους μεγάλους όγκους του νερού από τα βάθη των Ωκεανών. Στα μεγάλα Ωκεάνια Θαλάσσια βάθη το Θαλασσινό νερό περιέχει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις βασικών θρεπτικών ουσιών που μειώνονται στα επιφανειακά νερά λόγω της βιολογικής κατανάλωσης. Αυτή η «τεχνητή άντληση των νερών» μιμείται τα φυσικά ανεβάσματα των νερών που είναι αρμόδια για τη λίπανση και την υποστήριξη των Παγκόσμιων



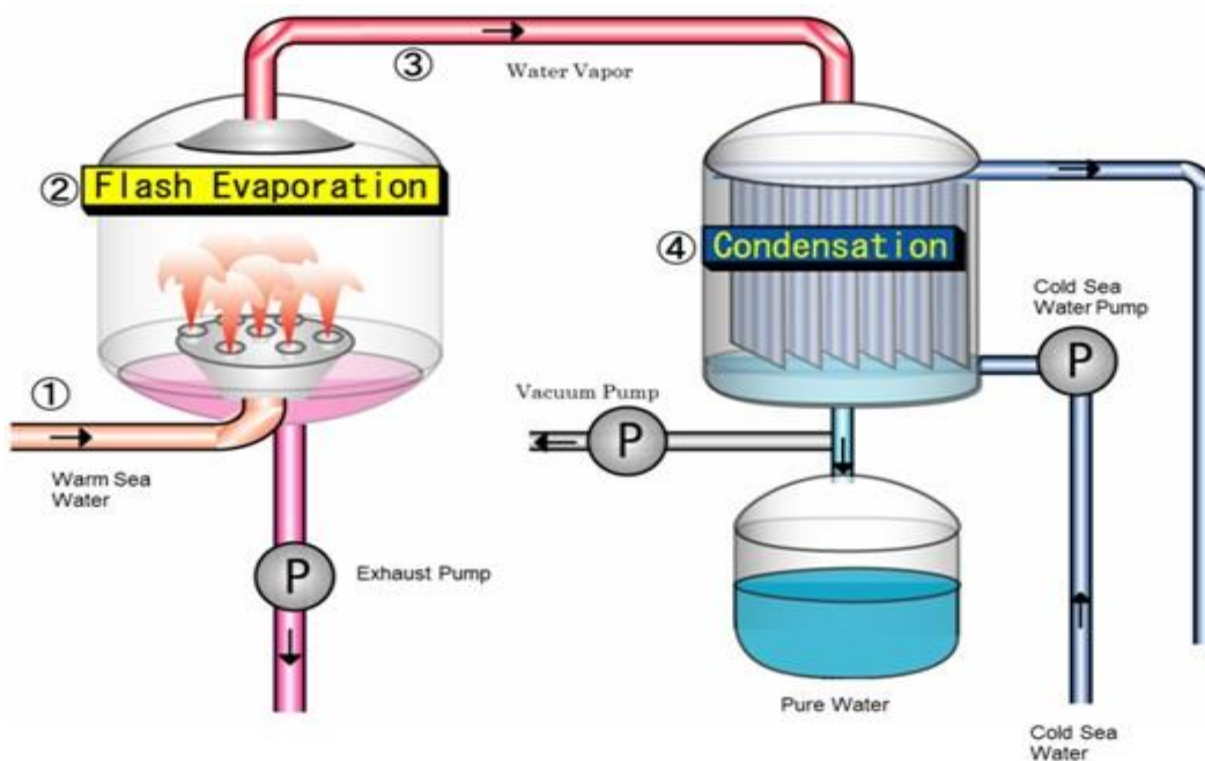
μεγαλύτερων Θαλάσσιων οικοσυστημάτων και τις μεγαλύτερες πυκνότητες ζωής στον Πλανήτη.

Επειδή η διαδικασία ΟΤΕC χρησιμοποιεί το κρύο νερό από τα βάθη των Ωκεανών και το θερμό νερό από την επιφάνεια, μπορεί να συνδυαστεί σε διάφορες αναλογίες για να αποδώσει το Θαλάσσιο νερό σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία, που συμβάλλει στη διατήρηση ενός βέλτιστου περιβάλλοντος για την υδατοκαλλιέργεια. Παραδείγματος χάριν, ο αστακός του Maine θα μπορούσε να ευδοκιμήσει σε ένα τροπικό περιβάλλον νησί, σε ένα θερμοκρασιακό μίγμα κρύου και Θερμού Θαλάσσιου νερού.

Στα Θαλάσσια τροπικά ύδατα, μπορούν επίσης να αναπτυχθούν, σε λίμνες που δημιουργούνται από εγκαταστάσεις της ΟΤΕC, υδρόβιοι οργανισμοί, όπως είναι ο Σολομός, ο Αστακός, η Πέστροφα, τα Στρείδια και τα Μαλάκια. Αυτό επεκτείνει την ποικιλία των φρέσκων προϊόντων Θαλασσινών διαθέσιμων για τις κοντινές αγορές. Επιπλέον, η χαμηλού κόστους ψύξη που παρέχεται από το κρύο νερό της Θάλασσας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναβαθμίσει ή να διατηρήσει την ποιότητα των γηγενών ψαριών, τα οποία τείνουν να αλλοιωθούν γρήγορα στις Θερμές τροπικές περιοχές.

### 3.10.4 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Αφαλατωμένο νερό μπορεί να παραχθεί στις Εγκαταστάσεις Ανοικτού ή Υβριδικού Κύκλου χρησιμοποιώντας τους συμπυκνωτές επιφάνειας. Σε ένα συμπυκνωτή επιφάνειας, ο εκτονούμενος ατμός συμπυκνώνεται από την έμμεση επαφή με το κρύο νερό της Θάλασσας. Αυτό το συμπύκνωμα είναι σχετικά καθαρό, χωρίς ακαθαρσίες και μπορεί να συλλεχθεί και να πωληθεί στις τοπικές κοινότητες όπου οι φυσικές προμήθειες, του γλυκού νερού, για τη γεωργία ή την κατανάλωση, είναι περιορισμένες.



Σχήμα 3.7: Αφαλάτωση νερού.

Η ανάλυση των συστημάτων, δείχνει ότι εγκαταστάσεις 2MW καθαρής Ηλεκτρικής Ενέργειας, θα μπορούσαν να παράγουν περίπου τέσσερις χιλιάδες τριακόσια κυβικά μέτρα αφαλατωμένου νερού κάθε ημέρα. Οι μεγάλοι συμπυκνωτές επιφάνειας, που απαιτούνται για να συμπυκνώσουν ολόκληρη τη ροή ατμού, αυξάνουν το μέγεθος και το κόστος των Εγκαταστάσεων Ανοικτού Κύκλου. Ένας συμπυκνωτής επιφάνειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανακτήσει μέρος του ατμού στον κύκλο και για να μειώσει το γενικό μέγεθος των εναλλακτών Θερμότητας. Το υπόλοιπο μέρος του ατμού μπορεί να περάσει μέσω των λιγότερο δαπανηρών και αποδοτικότερων σταδίων συμπυκνωτών άμεσης επαφής. Ένας δευτέρου επιπέδου συμπυκνωτής άμεσης επαφής, συγκεντρώνει τα μη συμπυκνωμένα αέρια, με πιθανότητα να τα καταστήσει, με χρήση μεγαλύτερου κενού, συμπυκνωμένα, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την ισχύ της εγκατάστασης. Σε ένα Υβριδικό Σύστημα, το αφαλατωμένο νερό παράγεται με απόσταξη κενού και η ισχύς παράγεται από ένα βρόχο Κλειστού Κύκλου. Άλλα σχέδια που χρησιμοποιούνται από τα Συστήματα OTEC για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού, έχουν εξεταστεί επίσης.

### 3.10.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί μέσω ηλεκτρόλυσης με τη χρήση της ηλεκτρικής Ενέργειας που παράγεται κατά τη διαδικασία OTEC. Ο ατμός που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα σχετικά καθαρό μέσο, για την ηλεκτρόλυση με ηλεκτρολυτικές ενώσεις, που προστίθενται για τη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας. Η Τεχνολογία OTEC μπορεί να κλιμακώνει την παραγωγή υδρογόνου σε ικανοποιητικές ποσότητες για την Παγκόσμια Αγορά. Οι εγκαταστάσεις της OTEC σε νησιά, οι πλατφόρμες και τα πλοία, έχουν τη δυνατότητα για μεγάλης κλίμακας Παγκόσμια παραγωγή υδρογόνου, με προσφορά σε μεγάλα λιμάνια μέσω δεξαμενόπλοιων. Για παράδειγμα, αυτή είναι η παραδοσιακή μέθοδος που χρησιμοποιείται σήμερα για τη μεταφορά υδρογόνου στο Διαστημικό Κέντρο Κένεντι, για χρήση από τη NASA. Οι κύριες προκλήσεις περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής, σε σχέση με άλλες πηγές Ενέργειας και καυσίμων. Λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση των τιμών των προϊόντων πετρελαίου στις Διεθνείς Αγορές, το κόστος για μεγάλης κλίμακας παραγωγή και διανομή υδρογόνου, θα μπορούσε να υπόκειται σε αλλαγές σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.



Εικόνα 3.5: Χρήση ΟΤΕC για παραγωγή υδρογόνου.

### 3.10.6 ΕΞΟΡΥΞΗ

Μια άλλη μη αναπτυχθείσα πρόταση, είναι η δυνατότητα της εκμετάλευσης των πενήντα επτά στοιχείων του νερού που περιλαμβάνονται στα άλατα και σε άλλες ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό. Στο παρελθόν, οι περισσότερες Οικονομικές Αναλύσεις ολοκλήρωσαν μία μελέτη για τα διαλελυμένα μέταλλα και ιχνοστοιχεία του Ωκεανού και ήταν Οικονομικά ασύμφορη, εν μέρει επειδή πολλή Ενέργεια απαιτείται για να αντλήσει το μεγάλο όγκο του νερού που απαιτείται. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι, είναι συχνά πολύ ακριβό να διαχωριστούν τα μεταλλεύματα από το νερό της Θάλασσας. Γενικά αυτή η μέθοδος περιορίζεται στα μεταλλεύματα που εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις και μπορούν να εξαχθούν εύκολα, όπως το μαγνήσιο.

Εντούτοις, οι Εγκαταστάσεις της ΟΤΕC που παρέχουν το αντληθέν νερό, έχουν το πρόβλημα του κόστους της διαδικασίας εξαγωγής. Οι Ιάπωνες άρχισαν πρόσφατα την έννοια του συνδυασμού της εξαγωγής του ουρανίου που διαλύθηκε στο νερό της Θάλασσας με την κυματική Ενεργειακή Τεχνολογία. Οι εξελίξεις αυτές σε άλλες Τεχνολογίες (ειδικά στις Επιστήμες των Υλικών) βελτίωναν τη βιωσιμότητα των ορυκτών διαδικασιών εξαγωγής που χρησιμοποιούν την Ωκεάνια Ενέργεια.

### 3.11 ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ

Οι παράμετροι του Ωκεάνιου περιβάλλοντος που πιθανόν να επηρεάσουν τη σχεδίαση και τη λειτουργία των σταθμών ΟΤΕC έχουν καταγραφεί για σχετικές Ωκεάνιες περιοχές από τον Bretschneider. Ανέλυσε την κατάσταση της Θάλασσας και των κυμάτων για τις πιθανές θέσεις μιας Εγκατάστασης ΟΤΕC σε Παγκόσμια βάση και συμπεριέλαβε τις επιπτώσεις του αέρα, των κυμάτων και των επιφανειακών ρευμάτων.

Επίσης το Ωκεάνιο Θερμικό Απόθεμα που είναι διαθέσιμο, για σταθμούς ΟΤΕC, σε συγκεκριμένες περιοχές, μπορεί να διαταραχθεί από τη μορφολογία των ακτών και άλλα φαινόμενα. Επίσης ελαττώνεται για περίοδο μερικών ημερών, σε ορισμένες περιοχές, που έχουν προηγηθεί τυφώνες, πράγμα που επίσης αποσπά την Ωκεάνια Θερμική Ενέργεια. Το Παγκόσμιο Ωκεάνιο Θερμικό Απόθεμα μπορεί να χαρτογραφηθεί, χρησιμοποιώντας τις ετήσιες μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας ανάμεσα στο νερό της επιφάνειας και αυτό σε βάθος 1000m. Τα πιο χρήσιμα Θερμικά Αποθέματα θα μπορούν να προσφέρουν μια θερμοκρασιακή διαφορά 20 ή μεγαλύτερη. Επομένως μια σημαντική περιοχή της Υδρογείου παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση μιας Εγκατάστασης ΟΤΕC, πολλών θέσεων, με πρόσβαση στην ξηρά διαμέσου υποβρύχιων καλωδίων και εκτεταμένων Ωκεάνιων εκτάσεων, όπου πλοία μπορούν να παράγουν έντονα Ενεργειακά προϊόντα στη Θάλασσα. Αυτή η περιοχή τυγχάνει να συμπίπτει γεωγραφικά, με θέσεις όπου βρίσκονται πολλά αναπτυσσόμενα Έθνη και, εάν το απόθεμα είναι εμπορικά βιώσιμο, θα μπορούσε να συμβάλει στο Παγκόσμιο Ενεργειακό Απόθεμα με μια σημαντική προσθήκη. Για εφαρμογές όπου απαιτείται η αγκυροβόληση του σταθμού, υπάρχουν πρακτικά ανώτατα όρια στα δυο χιλιάδες μέτρα περίπου για ανεκτά βάθη αγκυροβόλησης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι σχετικές θέσεις θα περιορίζονται στις περιοχές με βάθος από χίλια έως δυο χιλιάδες μέτρα.

Παρότι το Ωκεάνιο Θερμικό Απόθεμα σε συγκεκριμένες περιοχές, είναι αρκετά σταθερό από μέρα σε μέρα, υπάρχει μια εποχιακή διαφορά σε αυτό. Το εύρος της διαφοράς αυξάνει με την απόσταση Βόρεια και Νότια του Ισημερινού. Υπάρχουν σημαντικά Ωκεάνια Θερμικά Αποθέματα στον Κόλπο του Μεξικού, διαθέσιμα στην ακτή διαμέσου υποβρύχιων ηλεκτρικών καλωδίων. Επίσης νησιά όπως το Πουέρτο Ρίκο, οι Παρθένοι Νήσοι, το Γκουάμ και τα νησιά της Χαβάης, έχουν εξαιρετικά Ωκεάνια Θερμικά Αποθέματα πολύ κοντά στις ακτές τους.

### 3.12 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΛΙΝΟΥΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

- Είναι παράγοντας πολύ υψηλής διαθεσιμότητας.
- Για την Εγκατάσταση της ΟΤΕC απαιτείται μικρή επιφανειακή έκταση.
- Εάν βρίσκεται σε μια πλατφόρμα, η μόνη εδαφική έκταση που απαιτείται είναι αυτή για το καλώδιο και το σταθμό σύνδεσης.
- Για τη λειτουργία της δε χρειάζεται κανένα καύσιμο και δεν πραγματοποιείται καμία εκπομπή συμβατικών ατμοσφαιρικών ρύπων.
- Δεν προκύπτει κανένα στερεό απόβλητο. Τα απόβλητα είναι ουσιαστικά παρόμοια με το περιβάλλον νερό.
- Η παροχή τροφοδοσίας με Θαλασσινό νερό είναι σταθερή και δεν υπόκειται σε εξωτερικούς παράγοντες. Ο παράγων διαθεσιμότητας είναι πολύ υψηλός.
- Το κόστος είναι γνωστό και σταθερό από την πρώτη ημέρα.
- Οι συμμετέχουσες ουσίες έχουν πολύ χαμηλή πτητικότητα.
- Το κοινό τείνει να γίνει δεκτικό στην ιδέα, μόλις γίνει κατανοητή η βασική αρχή.

Οι Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της ΟΤΕC είναι ακόμη ένα σκοτεινό σημείο. Παρόλα αυτά οι Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της ΟΤΕC επιβάλλουν την προσεκτική επιλογή των πιθανών για εφαρμογή τοποθεσιών.

Οι Εγκαταστάσεις της ΟΤΕC έχουν σημαντικό κόστος κύριων δαπανών, αλλά πολύ χαμηλό κόστος δαπανών Λειτουργίας και Συντήρησης.

Το CO<sub>2</sub> (αέριο θερμοκηπίου) που απελευθερώνεται είναι αμελητέο και οπωσδήποτε πολύ λιγότερο από ότι απελευθερώνεται κατά την καύση οποιουδήποτε ορυκτού καυσίμου. Η καταστροφική αποτυχία (διαφυγή θερμού ρευστού) έχει μόνο τοπικά αποτελέσματα, χωρίς μεγάλη καταστροφή. Η αμμωνία ρυθμίζεται καθημερινά σε πολλές εγκαταστάσεις κρύας αποθήκευσης.

Υπάρχει η επίπτωση του ανεβάσματος των νερών πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά από μεγάλα θαλάσσια βάθη στην επιφάνεια. Αυτό μπορεί να είναι ευεργετικό αλλά χρειάζεται περαιτέρω μελέτη. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν με κατάλληλο σχέδιο απαλλαγής. Εάν το νερό απαλλάσσεται στο κατάλληλο βάθος, η επίπτωση εξαλείφεται ουσιαστικά.

Αναλυτικότερα, το κρύο νερό που απελευθερώνεται στην επιφάνεια αλλάζει τις συγκεντρώσεις διαφόρων συστατικών και προκαλεί την αποδέσμευση κάποιων αερίων (περιλαμβανομένου και του αν και οι ποσότητες είναι μικρές).

Για την ελαχιστοποίηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων εξαιτίας της επιστροφής του επεξεργασμένου νερού στον Ωκεανό (κυρίως μεταβολές στη θερμοκρασία), είναι ικανοποιητικό ένα βάθος απόρριψης 60m, θεωρούμενο εφικτό για τις περισσότερες περιοχές, γεγονός το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα έναν αγωγό που εκτείνεται σε βάθη 60m. Ενώ τα θρεπτικά στοιχεία από τα βαθιά νερά μπορούν να οδηγήσουν σε άνθιση τις υδατοκαλλιέργειες.

## ΚΑΠΟΙΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ΟΤΕC είναι πιθανώς η πιο καλοκάγαθη και η λιγότερο επικίνδυνη μορφή παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων Ενέργειας που είναι προς το παρόν διαθέσιμη. Δεν είναι τρωτή σε εξωτερικούς παράγοντες. Είναι χρήσιμη για κρίσιμα φορτία βάσης σε συστήματα. Πολυάριθμες χώρες ανά τον κόσμο θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν την ΟΤΕC σαν συνιστώσα της Ενεργειακής τους εξίσωσης, με σχετικά ελάχιστες Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.

Περιοχές τροπικών και υποτροπικών νησιών θα μπορούσαν να ανεξαρτητοποιηθούν από τα συμβατικά καύσιμα για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και αφαλατωμένου νερού με τη χρήση Εγκαταστάσεων κατάλληλου μεγέθους.

Η απάντηση πάντως στην ερώτηση αν η ΟΤΕC είναι ένας σημαντικός χορηγός Παγκόσμιας Ισχύος δε μπορεί να δοθεί, με μόνο το πειραματικό στάδιο.

Θα προκύψουν έγκυρα δεδομένα για τη λειτουργία και τις Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της ΟΤΕC, μόνο διαμέσου της κατασκευής και της λειτουργίας προεμπορικού Εργοστασίου.

### 3.13 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΛΙΝΟΥΣ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

Οι εγκαταστάσεις της ΟΤΕC έχουν τεράστιες δυνατότητες για τον εφοδιασμό της Παγκόσμιας Ενέργειας. Αυτό το δυναμικό υπολογίζεται να είναι περίπου  $10^{13}$  WATTT της βασικής παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Εντούτοις, τα συστήματα ΟΤΕC πρέπει να ξεπεράσουν τα εμπόδια των σημαντικών υψηλών αρχικών κοστών κεφαλαίου, για την κατασκευή και την αντίληψη των σημαντικών κινδύνων, σε σύγκριση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Αυτά τα εμπόδια μπορούν να ξεπεραστούν μόνο με βήματα πέρα από την παρούσα πειραματική δοκιμή και αξιολόγηση των μικρής κλίμακας εγκαταστάσεων επίδειξης σε κατασκευές πιλοτικού μεγέθους.

Η σχετική Μελέτη στα πλαίσια του Προγράμματος Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών κατέληξε στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να δειχθεί εμπιστοσύνη για την κατασκευή μιας εμπορικού μεγέθους εγκατάστασης ΟΤΕC 5 MW, πιλοτικής μονάδας λειτουργίας, για πέντε χρόνια επίδειξης. Αυτό θα απαιτήσει σημαντικές επενδύσεις με χαμηλή δυνατότητα για βραχυπρόθεσμες αποσβέσεις.

Στο άμεσο μέλλον, η ανάπτυξη των συστημάτων ΟΤΕC και η ανάγκη για Ενεργειακή ανεξαρτησία μπορεί να παρέχει ένα βιώσιμο τρόπο για εμπορική διείσδυση στην κατηγορία μεγέθους του 1 MW έως 15 MW. Όμως μόνον όταν οι εγκαταστάσεις της ΟΤΕC είναι οικονομικά ανταγωνιστικές με μονάδες των 50 - 400 M, τότε μόνο η ΟΤΕC θα είναι βιώσιμη.

Φαίνεται ότι η Τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να γίνει πιο ανταγωνιστική οικονομικά, εάν μπορούσαμε να επωφεληθούμε από τα πολλά υποπροϊόντα προστιθέμενης αξίας που μπορούν να παραχθούν από τα βάθη του Θαλασσινού νερού. Αν και πολλές από αυτές τις υδατοκαλλιέργειες και τα υποπροϊόντα που σχετίζονται με την Ενέργεια, φαίνονται ελπιδοφόρα, ανεπαρκή δεδομένα και οικονομικά μοντέλα σήμερα έχουν αναπτυχθεί για να πείσουν τους πιθανούς επενδυτές ότι το συνολικό σύστημα θα είναι επικερδές. Αυτά τα δεδομένα είναι πλέον που αναπτύσσονται στο Εργαστήριο Φυσικής Ενέργειας της Χαβάης αρχικά με πολύ μικρότερη κλίμακα από αυτήν που απαιτείται για την ανάπτυξη της OTEC.



Εικόνα 3.5: Εγκαταστάσεις Φυσικής Ενέργειας της Χαβάης.

Οι Τεχνολογίες αξιοποίησης της Θερμικής Ενέργειας των Ωκεανών, της Ενέργειας των Κυμάτων, των Παλιρροιών και των Ρευμάτων είναι ακόμη καινούριες. Είναι αναγκαία επιπλέον η έρευνα για τις Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις ως επίσης και για την οικονομική αποδοτικότητα των μελετών χρήσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας των Ωκεανών. Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει ότι αυτές οι Τεχνολογίες είναι πολλά υποσχόμενες, και η περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη θα μπορούσε να βοηθήσει να τεθεί υπό έλεγχο μία από τις σοβαρότερες απειλές του Περιβάλλοντος και της Κοινωνίας, η Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Κάθε Ενεργειακή Τεχνολογία έχει κάποιες Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις. Ωστόσο, εφόσον τα Εργοστάσια ορυκτών καυσίμων προκαλούν ρύπανση και Παγκόσμια Θέρμανση, ανεξάρτητα από το μέγεθος και την τοποθεσία τους, οι επιπτώσεις των ποικίλων Τεχνολογιών Ανανεώσιμης Ενέργειας είναι ιδιαίτερα μηδαμινές.

Η προσεκτική επιλογή τοποθεσιών, οι οποίες μπορούν να αντέχουν στις μεταβολές του Περιβάλλοντος, που προκαλούνται από ένα Εργοστάσιο Παραγωγής Ισχύος, θα είναι κρίσιμη για την αποδοτική ανάπτυξη αυτών των Τεχνολογιών χωρίς να βλάπτεται ο Ωκεανός.

Όπως συμβαίνει με κάθε υποσχόμενη αλλά νέα Τεχνολογία, συστήνεται η συνέχιση ερευνητικών προσπαθειών, αλλά προχωρώντας επιφυλακτικά, δίνοντας προτεραιότητα στην υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος παράγοντας παράλληλα καθαρή Ενέργεια.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΒΙΒΛΙΑ – ΑΡΘΡΑ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ**

- 1. Cartwright, D.E. Tides A Scientific History. Cambridge : Cambridge University Press, 1999.*
- 2. Ιωάννης Ψαράς, Κωνσταντίνος Μέμος. Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στην ενεργειακή αξιοποίηση της παλίρροιας των στενών του Ευρίπου.*
- 3. Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ενέργειας. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων . 2001.*
- 4. Αντωνίου, δρ.Αστροφυσικής Αντώνιος. Οι παλίρροιες και το φαινόμενο του πορθμού του Ευρίπου.*
- 5. ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Διερεύνηση του θαλάσσιου ρεύματος στην περιοχή του πορθμού του Ευρίπου με στόχο την ενεργειακή του εκμετάλλευση . 2010.*
- 6. Joel F. Atwater, Gregory A. Lawrence. Energy Policy. Elsevier. 2010.*
- 7. Παπαδόπουλος Σ. Απόστολος, (2008), ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΝΗΣΙΑ, Πτυχιακή Εργασία, επιβλέπουσα: Κόγια Φωτεινή, Τ.Ε.Ι. Καβάλας, Καβάλα*
- 8. Καλλίας Α. & Κατσαρίδης Δ.,(2008),ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ, Πτυχιακή Εργασία, επιβλέπουσα: Κόγια Φωτεινή, Τ.Ε.Ι. Καβάλας, Καβάλα*
- 9. Κόγια Φ., Αγγελίδης Γ., Αγγελίδης Π,(2008), Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Σύγχρονων Διατάξεων Αξιοποίησης της Ενέργειας της Θάλασσας, Συνέδριο Περιβαλλοντικής Πολιτικής και Διαχείρισης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 20 - 22 Ιουνίου 2008, Μυτιλήνη, Ελλάδα*

**10. Βουτυράκης Μ., (2007), Παραγωγή ενέργειας από τη θάλασσα, Δεκέμβριος 2007**

**11. Χατζηχρήστου Ε., Αστροφυσικός, (2008), Θαλάσσια Ενέργεια: Μια Πολλά Υποσχόμενη Εναλλακτική Λύση, Επίκαιρα άρθρα για την Αστρονομία και το Περιβάλλον**

**12. ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**