

B. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΚΥΜΑΤΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Για περισσότερους από δύο αιώνες οι εφευρέτες αναζητούσαν τρόπους για να εκμεταλλευτούν τη δύναμη από τα κύματα και όμως ακόμα δεν έχουμε μια ευρεία εφαρμογή της δυνατότητας παραγωγής ενέργειας από τα κύματα ως γεννήτριες . Έτσι ποιο είναι το πρόβλημα; Πραγματικά δεν υπάρχει κανένα ουσιαστικό πρόβλημα. Μπορούμε να εξαγάγουμε τη δύναμη χρησιμοποιώντας διάφορους και ποικίλους τρόπους όπως π.χ. καταδύόμενες αίθουσες πίεσης . Ομοίως δεν υπάρχει κανένα αξεπέραστο τεχνικό πρόβλημα. Ενώ υπάρχει μεγάλη δυσκολία σε ότι αφορά τη μηχανική, η επιστήμη παραγωγής ενέργειας από τα κύματα έχει τις λύσεις για κάθε πτυχή της τεχνολογίας. Στη πραγματικότητα το μόνο μακροπρόθεσμο πρόβλημα είναι το κόστος που κάθε καταναλωτής είναι πρόθυμος να πληρώσει.

Η αγορά παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στα \$800-δισεκατομμύρια ανά έτος (ΗΠΑ) και διαρκώς αυξάνεται. Έχει υπολογιστεί ότι υπάρχουν σήμερα 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι που στερούνται ακόμα την ηλεκτρική ενέργεια , ενώ και η παγκόσμια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες διπλασιάζει κάθε οκτώ έτη (World Watch Institute Μάιος 1997. Προκειμένου να ικανοποιηθεί αυτή η ζήτηση, εξαιτίας του γεγονότος ότι θα πρέπει να υπάρχει μείωση στη παραγωγή των πράσινων αερίων που χρησιμοποιούνται στα σπίτια , οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρέπει να αναπτυχθούν.

Η θάλασσα έχει θεωρηθεί από καιρό ως πηγή ενέργειας. κατά τον Μεσαίωνα (1200-1500) οι αγρότες παγίδευαν το θαλάσσιο νερό στις λίμνες μύλων, για να το χρησιμοποιήσουν στους υδρόμυλους δύναμης . Κατά τη διάρκεια των τελευταίων πενήντα ετών, οι μηχανικοί έχουν αρχίσει να εξετάζουν την παλιρροιακή δύναμη και τη δύναμη των κυμάτων σε μια μεγαλύτερη, βιομηχανική κλίμακα. Εντούτοις, μέχρι τα τελευταία έτη, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, η δύναμη των κυμάτων και η παλιρροιακή δύναμη , θεωρήθηκαν αντισυμβατικές. Αν και μερικά πιλοτικά έργα έδειξαν ότι η ενέργεια θα μπορούσε να παραχθεί, κάποια άλλα επίσης έδειξαν ότι, ακόμα κι αν το κόστος για την παράγωγή της ενέργειας δεν ξεταστεί , υπάρχει ένα πραγματικό πρόβλημα, που αφορά την ικανότητα του εξοπλισμού να αντέξει το εξαιρετικά σκληρό θαλάσσιο περιβάλλον.

Πριν από είκοσι χρόνια η αντίστοιχη βιομηχανία παραγωγής ενέργειας από αέρα αντιμετώπιζε παρόμοια προβλήματα αλλά με την υποστήριξη των εκάστοτε κυβερνήσεων στους κατασκευαστές κατάφεραν να ανταγωνιστούν τη πράσινη δύναμη . Η ενεργειακή βιομηχανία κυμάτων είναι τώρα σε παρόμοιο στάδιο ανάπτυξης αλλά με τη δημόσια υποστήριξη και κάποια δημόσια χρήματα θα ξεπεραστούν οι όποιες αποτυχίες στον τρόπο παραγωγής, όπως γίνεται σε κάθε παρόμοια αναπτυξιακή τεχνική. Με την εισαγωγή νέων πηγών ενέργειας στην αγορά υπάρχει η προσδοκία ότι οι συνθήκες για την χρησιμοποίηση της δύναμης κυμάτων θα ωριμάσει έτσι ώστε να έχει σημαντική συμβολή στην κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

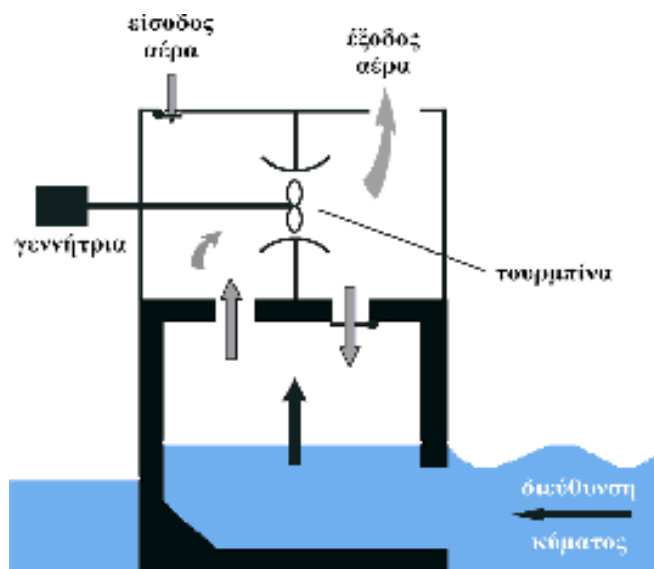
Προς το τέλος της δεκαετίας του '90, έχει γίνει σαφές ότι η τεχνολογία έχει προωθηθεί σε σημείο όπου η αξιόπιστη και φτηνή ηλεκτρική ενέργεια από τους ωκεανούς γίνεται μια πραγματικότητα . Το Ηνωμένο Βασίλειο παρήγαγε την πρώτη ηλεκτρική ενέργεια από θαλάσσια και παλιρροϊκά κύματα με την οποία εφοδίασε τον εθνικό του δίκτυο το έτος 2000, αναγκάζοντας και άλλες χώρες να σκεφτούν σοβαρά να πράξουν κάτι ανάλογο. ¶

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας (Σχήμα 1):

- α) από τα κύματα
- β) από τις παλίρροιας (μικρές και μεγάλες)
- γ) από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

α) Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.λ.π.



Σχήμα 1. Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας

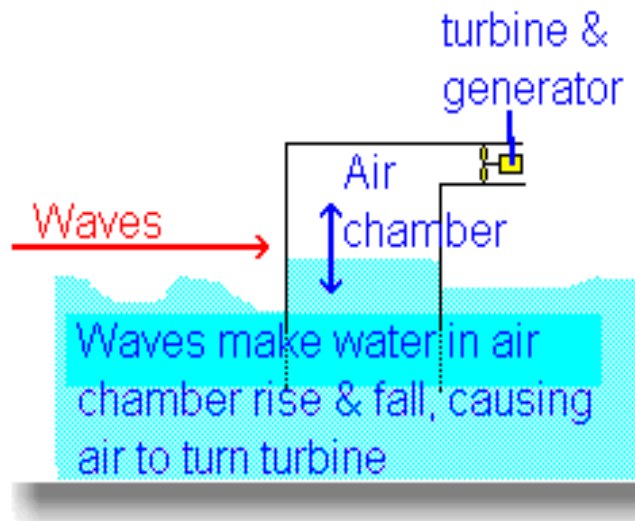
β) Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας.

γ) Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΚΥΜΑΤΑ

Τα θαλάσσια κύματα προκαλούνται από τον αέρα όπως φυσά πέρα από τη θάλασσα. Τα κύματα είναι μια ισχυρή πηγή ενέργειας. Το πρόβλημα είναι ότι δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί αυτή η ενέργεια για να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλα ποσά. Κατά συνέπεια, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος κυμάτων είναι σπάνιοι. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από τα κύματα, αλλά μια από τις αποτελεσματικότερες λειτουργεί όπως μια μηχανή κυμάτων πισινών. Έτσι, σε μια πισίνα, ο αέρας φυσιέται μέσα και έξω από μια μηχανή εκτός από τη λίμνη, η οποία κάνει το νερό να μετακινείται πάνω-κάτω, προκαλώντας τα κύματα. Παρόμοια, σε έναν σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος κυμάτων, η άφιξη των κυμάτων προκαλεί άνοδο και πτώση του νερού εντός του θαλάμου του σταθμού, το οποίο προκαλεί τον αέρα να κινείται μέσα και έξω από μια τρύπα στην κορυφή του θαλάμου. Σε αυτή τη τρύπα τοποθετούμε μία τουρμπίνα, η οποία γυρίζει με την κίνηση του αέρα μέσα-έξω, με αποτέλεσμα η τουρμπίνα να λειτουργεί ως γεννήτρια. Ένα πρόβλημα σε αυτό το σχέδιο είναι ότι ο κινούμενος αέρας μπορεί να είναι πολύ θορυβώδης, εκτός και εάν εγκατασταθεί στο στρόβιλο σιγαστήρας. Ο θόρυβος δεν είναι τεράστιο πρόβλημα, δεδομένου ότι τα κύματα κάνουν αρκετό θόρυβο από μόνα τους. Το σύστημα εκμεταλλεύεται την ταχύτητα του κύματος, το ύψος, το βάθος και τη ροή κάτω από το πλησιάζον κύμα, παράγοντας κατά συνέπεια την ενέργεια αποτελεσματικότερα και φτηνότερα από άλλα θαλάσσια κύματα και τις υπόλοιπες συμβατικές τεχνολογίες (Σχήμα 2).

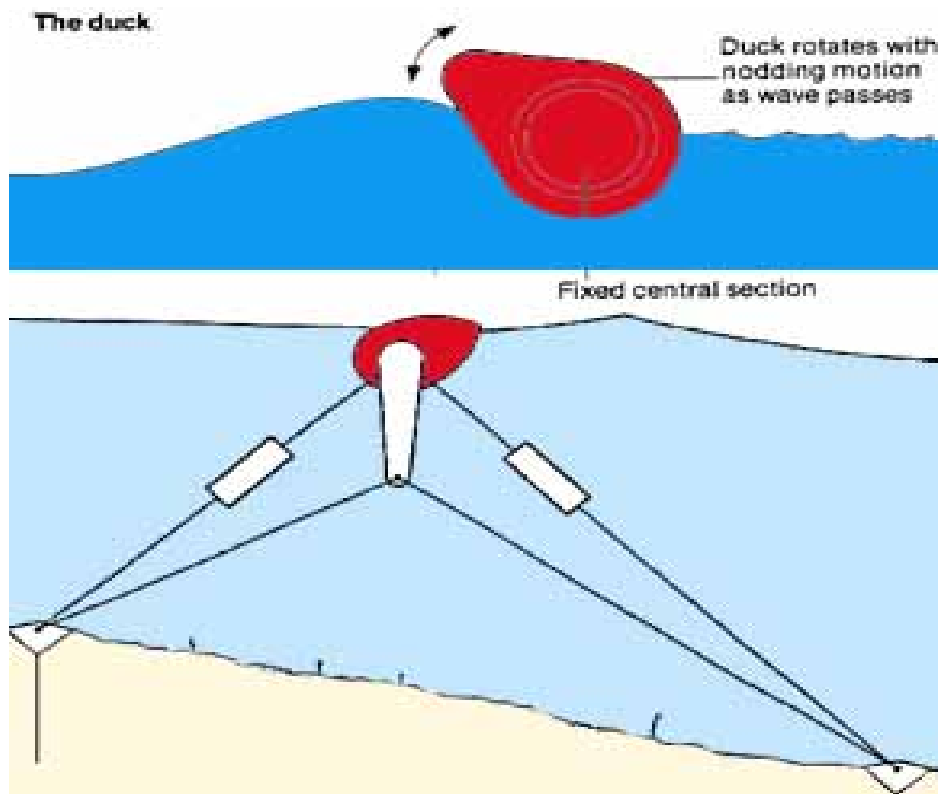


Σχήμα 2. Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας

3.1 Παραγωγή Ενέργειας από κύματα – Βασισμένη σε θαλάσσιες συσκευές

Η Ευρώπη, και ειδικότερα το Ηνωμένο Βασίλειο, εξετάζουν πάλι τη δύναμη των κυμάτων. Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι υπάρχουν τώρα τύποι συσκευών εκμετάλλευσης της δύναμης των κυμάτων που μπορούν να παραγάγουν την ηλεκτρική ενέργεια με κόστος κατώτερου \$0.10 kWh, σε σημείο στο οποίο η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται οικονομικά βιώσιμη. Η

αποδοτικότερη των συσκευών, είναι η λεγόμενη Salter Duck μπορεί να παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια για λιγότερο από \$0.05 kWh. Η Salter Duck αναπτύχθηκε στη δεκαετία του '70 από τον καθηγητή Stephen Salter του πανεπιστημίου του Εδιμβούργου στη Σκωτία και παράγει την ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας την κίνηση πάνω-κάτω των κυμάτων (Σχήμα 3). Αν και μπορεί να παραγάγει την ενέργεια εξαιρετικά αποτελεσματικά η χρήση της απομακρύνθηκε στα μέσα της δεκαετίας του '80 όταν υπολογίστηκε λανθασμένα από μια έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παρήγαγε από έναν παράγοντα 10. Τα τελευταία χρόνια, το λάθος έχει διορθωθεί και το ενδιαφέρον για την salter duck γίνεται όλο και μεγαλύτερο.



Σχήμα 3. Salter Duck διάταξη

Το “Clam” είναι μια άλλη συσκευή που, όπως η Salter Duck μπορεί να παράγει η ενέργεια από τη θάλασσα. Το “Clam” είναι μια ρύθμιση έξι αερόσακων που τοποθετούνται γύρω από μια κοίλη κυκλική σπονδυλική στήλη. Καθώς τα κύματα προσκρούουν στη δομή της εγκατάστασης ο αέρας ωθείται μεταξύ των έξι αερόσακων της κοίλης σπονδυλικής στήλης που είναι εξοπλισμένη με τους επαναφερόμενους στροβίλους. Ακόμη και επιτρέποντας την καλωδίωση στην ακτή, υπολογίζεται ότι το “Clam” μπορεί να παραγάγει ενέργεια περίπου 0.06 kWh.

3.1.1 Wave Dragon

Ο ενεργειακός μετατροπέας κυμάτων Dragon αναπτύσσεται για την παραγωγή δύναμης μεγάλης κλίμακας χρησιμοποιώντας προηγμένη τεχνολογία. Το πρωτότυπο Dragon παρήγαγε την πρώτη δύναμή του το Μάιο του 2003, όπου στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα χαρακτηριστικά για το πρώτο έτος λειτουργίας.

Fact sheet		
	Prototype	Full size
Yearly average wave climate	0.4 kW/m	36 kW/m
Weight, concrete, steel and ballast (tonnes)	237 t	33,000 t
Total width and length (meters)	58 x 33 m	300 x 170 m
Height	3.6 m*	19 m
Height above sea level	<1.5 m*	3 – 7 m
Water reservoir	55 m ³	8,000 m ³
Number of propeller hydro turbines	7	16 – 20
Generators	PMG	PMG
Rated power	0.02 MW	7 MW
Annual power production/unit	-	20 GWh/y

* Control container not included.

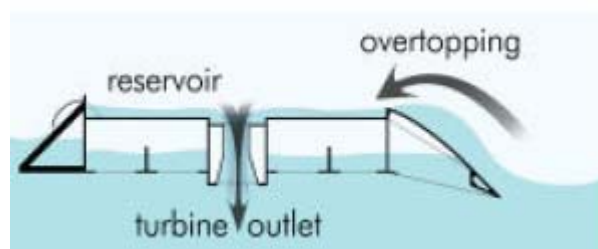
Πίνακας 1. Στοιχεία λειτουργίας της Wave dragon διάταξης

Το κύμα Dragon είναι μια καθαρή τεχνολογία ηλεκτρικής παραγωγής και συγκρινόμενη με τα άλλα είδη ανανεώσιμων ενεργειών παρουσιάζει:

- πολύ χαμηλή ορατότητα
- μέτριο ίχνος στο βυθό
- κανένα θόρυβο
- κανένα κίνδυνο υπερχειλίσης

3.1.1.1 Απλή κατασκευή - σύνθετο σχέδιο

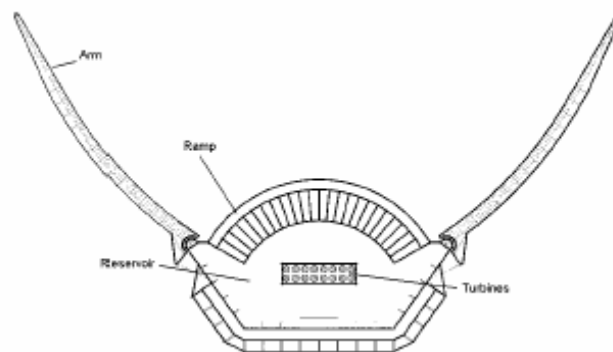
Η βασική ιδέα του ενεργειακού μετατροπέα κυμάτων Dragon είναι να χρησιμοποιηθούν γνωστές και καλά-αποδεδειγμένες αρχές από τις παραδοσιακές εγκαταστάσεις υδροэнерγείας σε μια παράκτια επιπέδου πλατφόρμα. Είναι πολύ απλό: Η overtopping συσκευή Dragon κυμάτων (Σχήμα 4) ανυψώνει τα ωκεάνια κύματα τα οποία αποθηκεύονται προσωρινά σε μια μεγάλη δεξαμενή δημιουργώντας ένα κεφάλι, δηλ. η διαφορά μεταξύ του "κανονικού" επιπέδου επιφάνειας ύδατος και επιφάνειας ύδατος στη δεξαμενή. Αυτό το νερό αφήνεται από τη δεξαμενή Dragon μέσω διαφόρων στροβίλων παράγοντας κατά συνέπεια την ηλεκτρική ενέργεια όπως στις εγκαταστάσεις υδροπαραγωγής ενέργειας (Σχήμα 5).



Σχήμα 4. Overtopping συσκευή Dragon κυμάτων

Η κατασκευή είναι απλή και έχει μόνο ένα είδος κινούμενων μερών, τους στροβίλους. Αυτό είναι ουσιαστικά για οποιαδήποτε συσκευή που δεσμεύεται να λειτουργήσει παράκτια όπου οι ακραίες δυνάμεις έχουν σοβαρές επιπτώσεις σε οποιαδήποτε κινούμενο μέρος. Κάποιος μπορεί να

φανταστεί το wave Dragon όπως ένα σκάφος που δένεται σε σχετικά μεγάλα θαλάσσια βάθη, (> 25 μέτρα) για να εκμεταλλευθεί τα ωκεάνια κύματα προτού να χάσουν την ενέργειά τους καθώς φθάνουν στην παράκτια περιοχή. Το wave Dragon είναι μια επιπλέουσα συσκευή με σκοπό να είναι πολύ σταθερή στα κύματα θύελλας. Ο ρόλος, οι κλίσεις και οι μετακινήσεις είναι πολύ μικρότερες από σκάφη συγκρίσιμου μεγέθους. Δεν μετατρέπει τα κύματα σε ενέργεια με το σκάσιμο πάνω κάτω ή από τη μετακίνηση των κυμάτων μέσω της κίνησης της θάλασσας. Αυτό απλά χρησιμοποιεί την πιθανή ενέργεια του νερού που το ξεπερνά. Ακόμα το wave Dragon αντιπροσωπεύει ένα πολύ σύνθετο σχέδιο όπου μεγάλες προσπάθειες έχουν καταβληθεί στο σχεδιασμό στη διαμόρφωση, και στον έλεγχο προκειμένου να παραχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια με όσο το δυνατόν χαμηλότερο πιθανό κόστος και με ένα αξιόπιστο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Ενώ οι περισσότερες παράκτιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν κυματοθραυστικές συσκευές για να περιορίσουν τη υπερχειλίση του νερού το wave Dragon με τους διπλά κυρτούς ανακλαστήρες κεκλιμένων ραμπών έχει σαν σκοπό να μεγιστοποιήσει την υπερχειλίση. Οι ανακλαστήρες κυμάτων συγκεντρώνουν την ενέργεια των κυμάτων και με αυτόν τον τρόπο η ροή του νερού ξεπερνά την κεκλιμένη ράμπα. Η κεκλιμένη ράμπα Dragon μπορεί να συγκριθεί με μια παραλία. Όταν ένα κύμα φθάνει σε μια παραλία χάνει ένα μέρος από την ενέργεια του λόγω της τριβής με τα κατώτατα σημεία. Η κεκλιμένη ράμπα Dragon κυμάτων είναι πολύ κοντή και σχετική απότομη προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι ενεργειακές απώλειες. Το κύμα αλλάζει τη γεωμετρία του και ανυψώνεται. Η ειδική ελλειπτική μορφή της κεκλιμένης ράμπας βελτιστοποιεί αυτήν την επίδραση, και η πρότυπη δοκιμή έχει δείξει ότι αυξάνεται σημαντικά.



Σχήμα 5. Wave dragon διάταξη

3.1.1.2 Φάρμες Wave Dragon

Οι παράκτιοι ενεργειακοί μετατροπείς κυμάτων είναι πιο επικερδής όταν είναι εγκατεστημένα σε αγροκτήματα. Τα ενεργειακά αγροκτήματα κυμάτων θα παράγουν πολύ μεγαλύτερη ενέργεια ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο σε σχέση με τα αιολικά πάρκα. Ένα χαρακτηριστικό αγρόκτημα Dragon 7 μονάδων (50-70 MW) φαίνεται παρακάτω. Ένα τέτοιο αγρόκτημα θα έχει μήκος προς το μέτωπο κυμάτων 3,9 χλμ και θα καταλαμβάνει 3,2 τετραγωνικά χλμ. Η εκτιμώμενη δύναμη που θα προέρχεται από τη θάλασσα θα είναι 15,3 MW/τετραγ. χλμ ¶

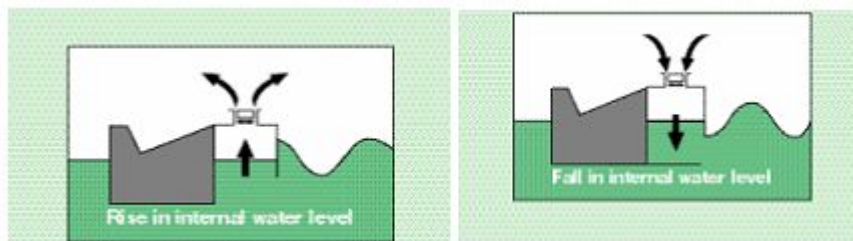
3.1.2 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ MIGHTY WHALE

Αποτελεί το ερευνητικό πρόγραμμα Ιαπώνων επιστημόνων με την ονομασία Mighty Whale, όπως το όνομα προδίδει πρόκειται για κινητό σύστημα κυματικής ενέργειας που εξωτερικά το περίβλημα θυμίζει μικρή φάλαινα (Σχήματα 6&7).

Το σύστημα Mighty Whale μετατρέπει την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική με την χρήση κάθετης στήλης νερού που περικλείεται στο εσωτερικό του. Καθώς το σύστημα κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας, το νερό εισέρχεται στην κάθετη στήλη και κινεί την τουρμπίνα παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Όπως φαίνεται στην εικόνα δεξιά το νερό εισέρχεται από το στόμιο του Mighty Whale και αυξάνει την στάθμη του νερού εσωτερικά, ο αέρας κινείται προς τα επάνω και κινεί την τουρμπίνα. Η διαδικασία θυμίζει αυτής των σταθερών συστημάτων, με την διαφορά ότι το σύστημα στην περίπτωση αυτή κινείται.



Σχήμα6. Ένα σύστημα Mighty Whale με μήκος 50 μ. και πλάτος 30 μ.



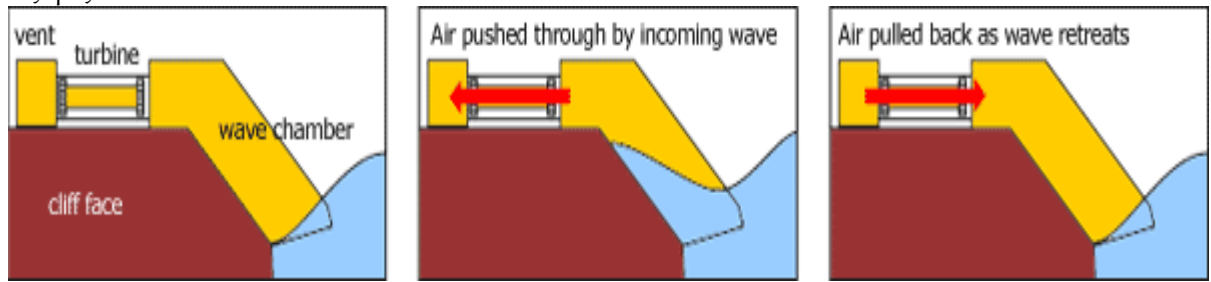
Σχήμα 7. Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος Mighty Whale

3.2 Παράγωγή ενέργειας από κύματα – Βασισμένη σε παράκτιες εγκαταστάσεις

Όπου η ακτή έχει την κατάλληλη τοπογραφία, στους βράχους κατάλληλες ταλαντευόμενες γεννήτριες υδάτινων στήλων (OWC) μπορούν να εγκατασταθούν (Σχήμα 8). Τα συστήματα OWC έχουν διάφορα πλεονεκτήματα πέρα από το “Clam” και την “Salter Duck” ένα από τα οποία είναι το γεγονός ότι οι γεννήτριες και όλες οι καλωδιώσεις έχουν σαν βάση την παράκτια περιοχή, καθιστώντας τη συντήρηση πολύ φτηνότερη.

Το OWC λειτουργεί με μια απλή αρχή. Δεδομένου ότι ένα εισερχόμενο κύμα προκαλεί στη στάθμη ύδατος στην κύρια αίθουσα της μονάδας άνοδο (βλέπε το διάγραμμα), ο αέρας ωθείτε επάνω σε μια χοάνη που στεγάζει τον αντιθέτως περιστρεφόμενο στρόβιλο ενός φρεατίου. Δεδομένου ότι το κύμα υποχωρεί, ο αέρας επιστρέφει και πάλι κάτω στην κύρια αίθουσα. Ο στρόβιλος του φρεατίου έχει προγραμματιστεί να περιστρέφεται στην ίδια κατεύθυνση, ανεξαρτήτως της ροής του αέρα, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα. Αν και τα περισσότερα προηγούμενα συστήματα OWC είχαν κάθετες υδάτινες στήλες, αυτό στο Limpet έχει γωνία 45 μοιρών με αποτέλεσμα οι δοκιμαστικές δεξαμενές να έχουν κυματισμό ώστε να είναι αποδοτικότερα. Οι μηχανές OWC έχουν δοκιμαστεί ήδη σε διάφορους τόπους συμπεριλαμβανομένης της Ιαπωνίας και της Νορβηγίας. Μια εμπορικού επιπέδου (500 kW) εγκατάσταση πρόκειται βρίσκεται στο σκωτσέζικο νησί Islay (γνωστό ως Limpet). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο Charles Brand Engineering, είναι ο άμεσος διάδοχος ενός πειραματικού στρόβιλου 75kw που λειτούργησε στο νησί μεταξύ 1991 και 1999. Ένα άλλο Limpet έχει αναπτυχθεί στις

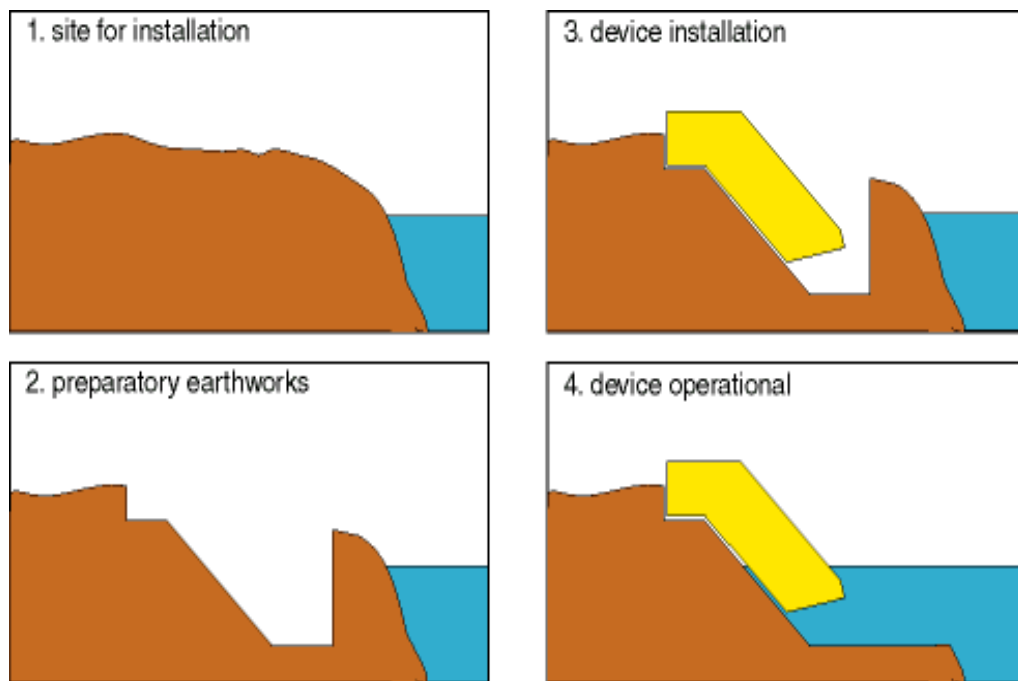
Αζόρες.



Σχήμα 8. Σχηματική αναπαράσταση παραγωγής ενέργειας από κύματα βασισμένη σε παράκτιες εγκαταστάσεις

3.2.1 Κατασκευή OWC

Ένα από τα μεγάλα προβλήματα OWCs που είναι βασισμένα στην ακτή είναι η κατασκευή τους η οποία απαραίτητως πρέπει να πραγματοποιηθεί σε ακτές που εκτίθενται στον αέρα και τα κύματα (Σχήμα 9). Στην περίπτωση του συστήματος Islay OWCs ήταν σχετικά εύκολο να στηριχτεί ένα προσωρινό φράγμα στην ακτή για να προστατευτεί τη μονάδα. Εντούτοις, το Limpet είναι ένα πολύ μεγαλύτερο σύστημα με έκταση χείλους 20m. Επομένως αποφασίστηκε να χτιστεί η μονάδα πίσω από την ακτή και να αφαιρεθεί ένα φράγμα για να καταστήσει το σύστημα πλήρως λειτουργικό (δες εικόνα).



Σχήμα 9. Εγκατάσταση μονάδας OWC

Εντούτοις, και τα OWC και τα συστήματα χρησιμοποίησης θαλασσίων κυμάτων πάσχουν από την προσπάθεια να χρησιμοποιήσουν βίαιες δυνάμεις. Το πρώτο νορβηγικό OWC αποκόπηκε από το βράχο κατά τη διάρκεια μιας θύελλας, ενώ ο σταθμός Islay καταδύεται εντελώς υπό τους όρους θύελλας. Κατά συνέπεια, οι ερευνητές εξετάζουν άλλους τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ωκεανό, και γυρίζουν όλο και περισσότερο στα παλιρροϊκά παραγμένα παράκτια ρεύματα. ¶

3.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την παλίρροια

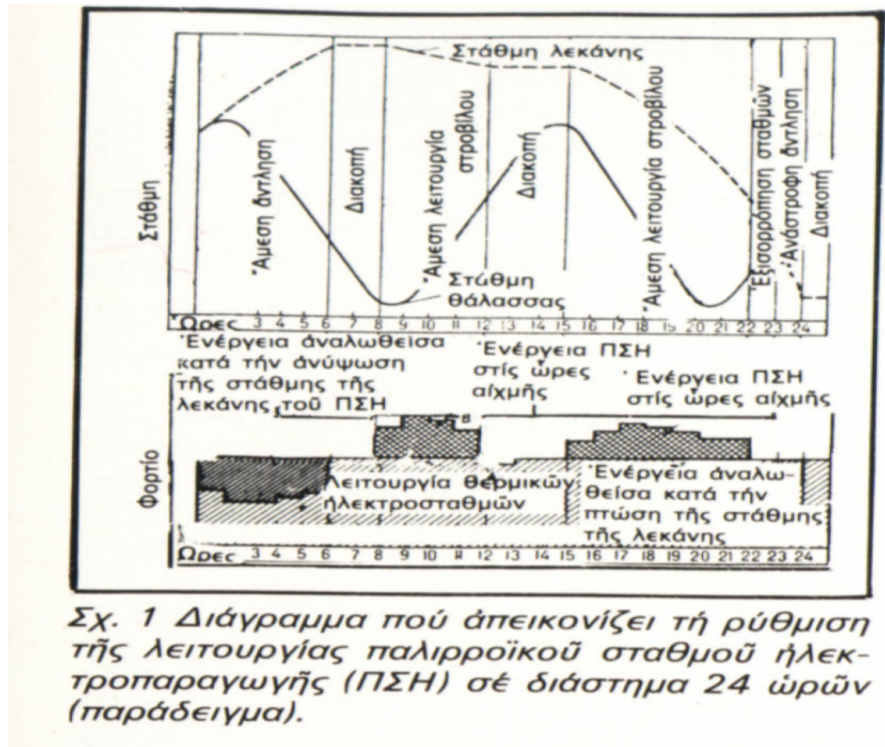
Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων σαράντα ετών, έχει υπάρξει σταθερό ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της παλιρροιακής δύναμης. Αρχικά, αυτό το ενδιαφέρον εστιάστηκε στις εκβολές, όπου οι μεγάλοι όγκοι του ύδατος περνούν μέσω των στενών καναλιών που παράγουν τις υψηλές τρέχουσες ταχύτητες. Οι μηχανικοί θεώρησαν ότι εμποδίζοντας τις εκβολές με ένα φράγμα και οδηγώντας το νερό μέσω των στροβίλων θα ήταν ένας αποτελεσματικός τρόπος να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό αποδείχθηκε από την κατασκευή ενός παλιρροιακού φράγματος στο ST Malo στη Γαλλία στο ποταμό La Rance στα μέσα της δεκαετίας του '60. (Επόμενες 2 εικόνες)

Παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής είναι ένας ηλεκτρικός σταθμός ισχύος που μετατρέπει την ενέργεια των παλιρροιών της θάλασσας σε ηλεκτρική ενέργεια.

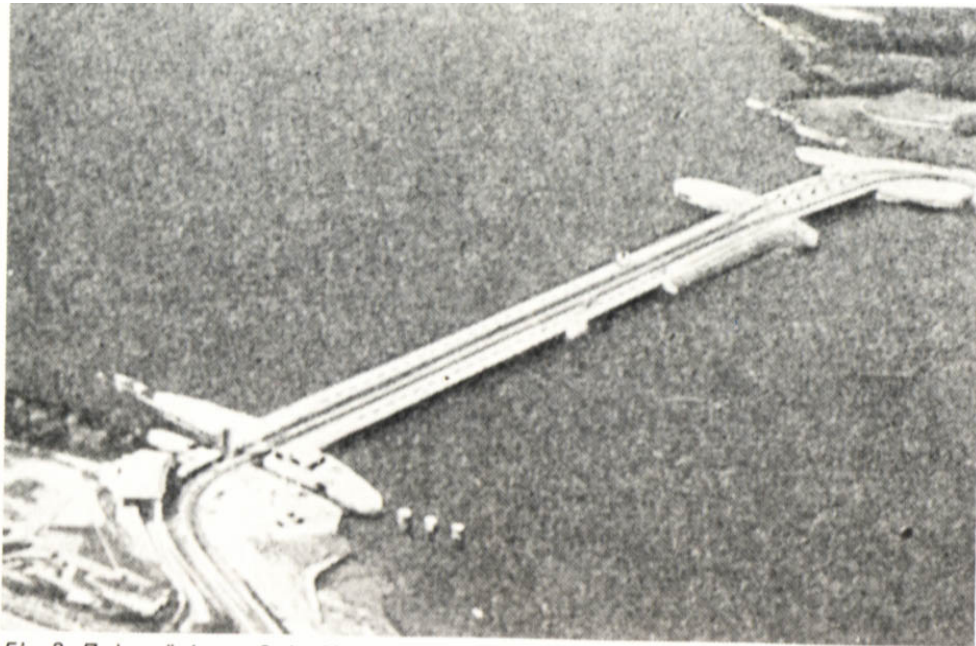
Ο παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής εκμεταλλεύεται τη διαφορά στάθμης του ύδατος κατά τη πλημμυρίδα και την άμπωτη. Όταν ένα φράγμα κλείσει τον κόλπο ή τις εκβολές ενός ποταμού που ρέει στη θάλασσα ή στον ωκεανό, σχηματίζεται υδατοδεξαμενή, που καλείται λεκάνη παλιρροϊκού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής. Αν η πλημμυρίδα προκαλεί αρκετή διαφορά ύψους (πάνω από 4 μέτρα) μπορεί να δημιουργηθεί αρκετή πίεση για να περιστρέψει υδροστρόβιλους συνδεδεμένους με ηλεκτρογεννήτριες που έχουν εγκατασταθεί στο φράγμα. Παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής με λεκάνη, που λειτουργεί σε κανονικό παλιρροϊκό κύκλο 12 ωρών, μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια αδιάκοπα για 4 ή 5 ώρες, τέσσερις φορές την ημέρα, με αντίστοιχα διαλείμματα μιας ή δύο ωρών. (Ο παλιρροϊκός αυτός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής καλείται σταθμός μιας λεκάνης και δύο κύκλων.)

Για να αποφευχθεί η ανομοιόμορφη παραγωγή ηλεκτρισμού η λεκάνη του παλιρροϊκού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να χωριστεί με φράγματα σε δύο ή τρεις μικρότερες. Στην πρώτη λεκάνη η στάθμη ύδατος διατηρείται στη στάθμη της άμπωτης και στη δεύτερη στη στάθμη πλημμυρίδας ενώ η τρίτη λεκάνη είναι εφεδρική. Η γεννήτρια υδραυλικού κινητήρα εγκαθίσταται στα διαχωριστικά φράγματα. Αλλά ακόμα και αυτή η διάταξη δεν αποτρέπει εντελώς τις διακυμάνσεις της ηλεκτρικής ισχύος που προκαλούνται από την περιοδική υφή των παλιρροιών σε περίοδο μισού μήνα. Όταν ο παλιρροιακός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής περιληφθεί στο αυτό σύστημα ηλεκτρικής ισχύος με άλλους, μεγάλης ισχύος θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, περιλαμβανομένων και πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει μπορεί να βοηθήσει για την κάλυψη των αναγκών αιχμής του συστήματος. Αν το σύστημα περιλαμβάνει υδροηλεκτρικούς σταθμούς με υδατοδεξαμενές για εποχιακή ρύθμιση, ο παλιρροϊκός σταθμός μπορεί να αντισταθμίσει τις διακυμάνσεις της παλιρροϊκής ενέργειας, που παρουσιάζονται κατά την περίοδο ενός μηνός.

Οι γεννήτριες τυμπάνου διυδραυλικών κινητήρων που εγκαθίστανται στους παλιρροϊκούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, μπορούν να λειτουργούν με σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης σε άμεσα ή ανάστροφα συστήματα γεννήτριας και αντλίας και σαν ανοίγματα για τη ροή ύδατος. Κατά τις ώρες που η περίοδος χαμηλού φορτίου του συστήματος συμπίπτει με την άμπωτη ή την πλημμυρίδα οι γεννήτριες διυδραυλικών κινητήρων κλείνουν ή λειτουργούν σαν αντλίες κατευθύνοντας το νερό από τη λεκάνη κάτω της στάθμης της άμπωτης στη λεκάνη πάνω από τη στάθμη της πλημμυρίδας. Έτσι συσσωρεύεται ενέργεια μέχρι τη στιγμή της ζήτησης αιχμής. Όταν η πλημμυρίδα ή η άμπωτη συμπίπτουν χρονικά με το μέγιστο φορτίο του συστήματος ο παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής λειτουργεί σαν γεννήτρια. Κατά συνέπεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εφεδρικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής. Ο παλιρροϊκός σταθμός των 240 MW στο στόμιο του ποταμού Ράνς στη Γαλλία που κατασκευάστηκε το 1966 λειτουργεί με αυτό τον τρόπο.



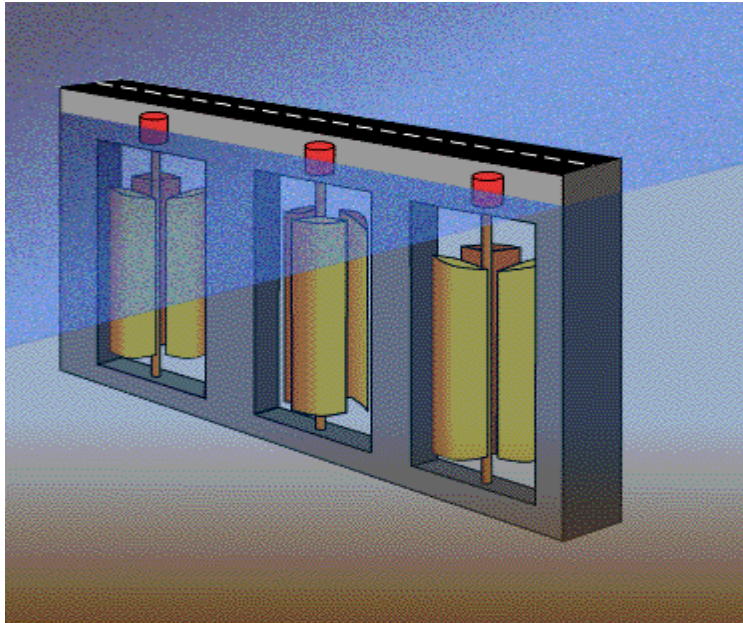
Παρά την επιτυχία του σταθμού αυτού στον ποταμό Ράνς έκτοτε δεν ξαναχτίστηκε ανάλογος σταθμός. Αυτό οφείλεται τόσο στο υψηλό κόστος κατασκευής των παλιρροϊκών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (το κόστος κατασκευής του σταθμού στο Ράνς ήταν 2,5 φορές μεγαλύτερο από το κόστος συμβατικού ποτάμιου υδροηλεκτρικού σταθμού της ίδιας ισχύος.) όσο και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος. Για λόγους μειώσεως του κόστους κατασκευής η ΕΣΣΔ κατασκεύασε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό ισχύος μαζί με ένα παλιρροϊκό σταθμό με τη μέθοδο της πλεύουσας κατασκευής που χρησιμοποιείται γενικά για τέτοιες παραθαλάσσιες υδροτεχνολογικές κατασκευές, όπως σήραγγες αποβάθρες και φράγματα. Με τη μέθοδο αυτή οι συνιστώσες της κατασκευής κατασκευάζονται και ρυθμίζονται σε παραθαλάσσιο βιομηχανικό κέντρο. Κατόπιν η κατασκευή συναρμολογείται και ρυμουλκείται από τη θάλασσα στην τελική τοποθεσία. Ο πρώτος πειραματικός παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάστηκε με αυτή τη μέθοδο Κίσαγια Γκουμπά της θάλασσας Μπάρεντς μεταξύ των ετών 1963 και 1968. Η δόμηση του σταθμού (36 X 18 X 15 μέτρα) έγινε από λεπτού πάχους συνιστώσες (15 – 20 cm) που συνδύαζαν υψηλή αντοχή με χαμηλή δομική μάζα. Έγινε σε μια περιοχή Κόλα κοντά στην πόλη Μουρμάνσκ. Μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού και τις δοκιμές του κτηρίου για στεγανότητα η περιοχή θεμελίωσης βυθίστηκε και το κτήριο οδηγήθηκε στη θάλασσα. Εκεί κατά τη διάρκεια άμπωτης το κτήριο τοποθετήθηκε βυθισθείσα θεμελίωση και συνδέθηκε δια φραγμάτων με την ακτή. Η κατασκευή αυτή έκλεισε τον ισθμό του κόλπου και σχημάτισε λεκάνη παλιρροϊκού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής. Σε αυτό το σταθμό εγκαταστάθηκαν δύο αμφίστροφες γεννήτριες διδραυλικού κινητήρα ισχύος 400KW η κάθε μια. Η κατασκευή των παλιρροϊκών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής Ρανς και Κίσαγια Γκουμπά και η εμπειρία που αποκτήθηκε από τη πειραματική τους λειτουργία επέτρεψε τον προγραμματισμό των ακόλουθων πειραματικών σταθμών: σταθμός Μεζένι στη Λευκή θάλασσα (6 – 14 GW) , σταθμός Πενζίνα (35 GW) και Τουγκούρ (10 GW) και οι δύο στην Οχοτσική θάλασσα, οι σταθμοί στον κόλπο Φαντύ και στον κόλπο Ούνγκαβα στον Καναδά και στο στόμιο του ποταμού Σέβερ στη Μεγάλη Βρετανία. Σήμερα γνωρίζοντας ότι η παλίρροια μπαίνει και βγαίνει κάθε δώδεκα ώρες, με συνέπεια τα ρεύματα να φθάνουν στη μέγιστη ταχύτητά τους τέσσερις φορές κάθε ημέρα έχουν αναπτυχθεί δύο αντίπαλες τεχνολογίες οι παλιρροϊακοί φράκτες και οι παλιρροϊακοί στρόβιλοι με σκοπό την εκμετάλλευση της ενέργειας αυτών των ρευμάτων.



Εικ. 2. Παλιρροϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής στον ποταμό Ράνς (Γαλλία)

3.4 Παλιρροϊκοί Φράκτες

Οι παλιρροϊκοί φράκτες (Σχήμα 10) είναι αποτελεσματικά φράγματα που εμποδίζουν εντελώς ένα κανάλι. Εάν επεκτείνονται πέρα από το στόμα μιας εκβολής μπορούν να είναι περιβαλλοντικά καταστρεπτικοί. Εντούτοις, στη δεκαετία του '90 η επέκτασή τους στα κανάλια μεταξύ των μικρών νησιών ή μεταξύ της ηπειρωτικής χώρας και του νησιού έχει θεωρηθεί όλο και περισσότερο ως βιώσιμη επιλογή για την παραγωγή των μεγάλων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλεονέκτημα ενός παλιρροϊκού φράκτη είναι ότι όλος ο ηλεκτρικός εξοπλισμός (γεννήτριες και μετασχηματιστές) μπορεί να κρατηθεί ψηλά επάνω από το νερό. Επίσης, με τη μείωση της διατομής του καναλιού, η τρέχουσα ταχύτητα μέσω των στροβίλων αυξάνεται σημαντικά. Οι πρώτοι μεγάλης κλίμακας εμπορικοί φράκτες έχουν χτιστεί στη Νοτιοανατολική Ασία. Το πιο προηγμένο σχέδιο είναι για έναν φράκτη στο πέρασμα Dalupiri μεταξύ των νησιών Dalpiti και Samar στις Φιλιππίνες. Η περιοχή, από τη νότια πλευρά του SAN Bernardino Strait, είναι περίπου 41 μ βαθιά (με ένα σχετικά επίπεδο κατώτατο σημείο) και έχει ένα μέγιστο παλιρροϊκό ρεύμα περίπου 8 κόμβων. Κατά συνέπεια, ο φράκτης αναμένεται να παραγάγει μέχρι 2200 MW μέγιστη δύναμη (με έναν καθημερινό μέσο όρο 1100 MW). Μόλις δοθεί η τελική έγκριση, η εργασία θα αρχίσει σε μια απόσταση μήκους 4χλμ με σκοπό να αντισταθεί σε ανέμους τυφώνα 150 mph και tsunami κυμάτων 7 μέτρων. Οι ωκεάνιες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας Dalupiri θα χρησιμοποιήσουν 274 στροβίλους του Νταϊνβις ωκεάνιας-κατηγορίας, κάθε ένας από τους οποίους θα παράγει από 7MW έως 14 MW. Χρησιμοποιώντας την για να παράγει ανανεώσιμη ενέργεια μεγάλης κλίμακας, η μετάβαση SAN Bernardino θα μπορούσε να βοηθήσει τις Φιλιππίνες για να γίνει καθαρός εξαγωγέας της ηλεκτρικής δύναμης.



Σχήμα 10. Παλιρροιακοί φράκτες

3.5 Παλιρροϊκοί Στρόβιλοι

Οι παλιρροιακοί στρόβιλοι (Σχήμα 11) είναι ο κύριος ανταγωνιστής των παλιρροιακών φρακτών. Μοιάζουν με μία υποβρύχια τουρμπίνα και προσφέρουν διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με τον παλιρροιακό φράκτη. Είναι λιγότερο καταστρεπτικοί στην άγρια φύση, επιτρέποντας στις μικρές βάρκες να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν την περιοχή, και έχουν πολύ χαμηλότερες υλικές απαιτήσεις από τον παλιρροϊκό φράκτη. Οι παλιρροιακοί στρόβιλοι λειτουργούν καλά όπου τα παράκτια ρεύματα τρέχουν με 2-2,5 m/s (τα πιο αργά ρεύματα τείνουν να είναι αντικοινομικά ενώ τα μεγαλύτερα βάζουν πολλή πίεση στον εξοπλισμό). Τέτοια ρεύματα παρέχουν μια ενεργειακή πυκνότητα τέσσερις φορές μεγαλύτερη από τον αέρα, σημαίνοντας ότι ένας στρόβιλος διαμέτρου 15m θα παραγάγει τόση ενέργεια όσο ένας ανεμόμυλος διαμέτρου 60m. Επιπλέον, τα παλιρροιακά ρεύματα είναι και προβλέψιμα και αξιόπιστα, ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που τους δίνει ένα πλεονέκτημα και σε σύγκριση με τα αιολικά και ηλιακά συστήματα. Ο παλιρροιακός στρόβιλος προσφέρει επίσης σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων είναι κρυμμένη κάτω από την ίσαλη γραμμή, και όλες οι καλωδιώσεις είναι τοποθετημένες κατά μήκος του βυθού.

Υπάρχουν πολλές περιοχές σε όλο τον κόσμο όπου οι παλιρροιακοί στρόβιλοι μπόρεσαν να εγκατασταθούν αποτελεσματικά. Η ιδανική περιοχή είναι κοντά στην ακτή (μέσα σε 1 χλμ) σε βάθη ύδατος περίπου 20- 30m. Ο Peter Fraenkel, θεωρεί ότι οι καλύτερες περιοχές θα μπορούσαν να παραγάγουν περισσότερα από 10 μεγαβάτ της ενέργειας ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προσδιορίσει ήδη 106 περιοχές που θα ήταν κατάλληλες για τους στρόβιλους, 42 από αυτές γύρω από το Ηνωμένο Βασίλειο. Επίσης ο Fraenkel θεωρεί ότι οι Φιλιππίνες, η Ινδονησία, η Κίνα και η Ιαπωνία θα μπορούσαν όλες να αναπτύξουν τα υποβρύχια αγροκτήματα στρόβιλων. Ο Fraenkel έχει επεκτείνει έναν εμπορικού επιπέδου στρόβιλο από τη νοτιοδυτική ακτή της Αγγλίας το καλοκαίρι του 2001. Αυτός παράγει 300 kW (αρκετά να τροφοδοτήσει ένα μικρό χωριό). Αν και το κόστος της ενέργειας από το στρόβιλο είναι \$0.10/kWh, οι δαπάνες θα μειωθούν καθώς η τεχνολογία ωριμάζει. Ο Fraenkel ελπίζει ότι το πρώτο "αγρόκτημα στρόβιλων θα έχει την ικανότητα να παράγει 300MW.



Σχήμα 11. Παλιρροιακοί στρόβιλοι

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Μονάδα παραγωγής ενέργειας από τα κύματα (Πορτογαλία)



Τη νέα μέθοδο για την αξιοποίηση της φύσης, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες των ανθρώπων στον τομέα της ενέργειας, αποφάσισε να υιοθετήσει η Πορτογαλία (Εικόνες αυτής της ενότητας). Μια από τις μεγαλύτερες πορτογαλικές εταιρίες στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η «Enepsis», υπέγραψε συμφωνία για την αγορά τριών γεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν την κίνηση των κυμάτων της θάλασσας σε ενέργεια. Η συγκεκριμένη πηγή, δηλαδή αυτή των ωκεανών, θεωρείται πιο αποτελεσματική από τις άλλες ανανεώσιμες μορφές, αφού η κίνηση των υδάτων δε σταματά ποτέ, ενώ η συνεφιά ή η απουσία ανέμων μπορεί να αναχαιτίσει την παραγωγή ηλιακής ή αιολικής ενέργειας.

Στην εγκατάσταση αυτή οι γεννήτριες με την ονομασία «Pelamis», που κατασκευάζονται από τη σκοτσέζικη εταιρία «Orcd», έχουν τη μορφή σωλήνων συνδεδεμένων μεταξύ τους, ενώ το μήκος τους μπορεί να κυμανθεί από 100 μέχρι 150 μέτρα. Τα μεταλλικά λουκάνικα, όπως αποκαλούνται από πολλούς λόγω της εικόνας τους, «αγκιστρώνονται» στο βυθό της θάλασσας με τρόπο ώστε να κλυδωνίζονται ή να κυλούν ελεύθερα. Η κυματώδης κίνηση της θάλασσας επιδρά ως τρόμππα στο υγρό περιεχόμενο των μηχανισμών οι οποίοι βρίσκονται στο εσωτερικό των σωλήνων και

μετατρέπουν την υδραυλική δύναμη σε ενέργεια που μεταφέρεται από καλώδια στο βυθό της θάλασσας στη στεριά. Για το πάρκο αυτό η συμφωνία της πορτογαλικής εταιρίας προβλέπει την εγκατάσταση των «Pelamis» στον Ατλαντικό, σε απόσταση περίπου 5 χιλιομέτρων από τις ακτές της Ποτσόα στη πόλη Βαρζίμ στα βόρεια της χώρας.



Το πάρκο κυμάτων εκτιμάται ότι θα είναι έτοιμο το 2006 και η παραγωγή αναμένεται να φτάσει τα 2,5 Μεγαβάτ, δηλαδή ηλεκτρική ενέργεια ικανή για τις ανάγκες περίπου 1.500 νοικοκυριών. Τεράστιο θα είναι το όφελος και για το περιβάλλον, αφού η λειτουργία του νέου τύπου σταθμού γλιτώνει την ατμόσφαιρα από περίπου 6.000 τόνους επικίνδυνων αερίων κυρίως διοξείδιο του άνθρακα τα οποία θα εκλύονταν με τους παραδοσιακούς τρόπους ηλεκτροπαραγωγής.

Παράλληλα «Epersis» και «Orp» δεσμεύτηκαν για την εγκατάσταση άλλων τριάντα γεννητριών στη θάλασσα, που θα παράγουν τουλάχιστον 20 Μεγαβάτ. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι 20 τέτοιες φάρμες θα μπορούσαν να παρέχουν ενέργεια ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας ολόκληρης πόλης όπως το Εδιμβούργο.

5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

5.1 Πλεονεκτήματα:

- Η ενέργεια είναι δωρεάν καθώς δεν χρησιμοποιείται κανένα είδος καύσιμης ύλης.
- Δεν είναι ακριβή η λειτουργία και η συντήρηση των μονάδων παραγωγής ενέργειας μέσω των θαλάσσιων κυμάτων
- Είναι φιλικά προς το περιβάλλον καθώς κατά τη λειτουργία της μονάδας δεν παράγονται απόβλητα
- Δίνεται η δυνατότητα παράγωγης ενός μεγάλου ποσού ενέργειας
- Αποθέματα της πρώτης ύλης (νερό) υπάρχουν σε αφθονία σε παγκόσμια κλίμακα μιας και υδάτινο είναι το 75% της επιφάνειας του πλανήτη μας
- Μικρό χρονικό διάστημα ανάμεσα στην έρευνα, την εγκατάσταση και τη λειτουργία μίας τέτοιας μονάδας.
- Προστατεύουν την ακτή στην οποία βρίσκονται, πράγμα πολύ χρήσιμο σε λιμάνια
- Δεν δημιουργούν προβλήματα στις μετακινήσεις των ψαριών (εκτός από τα παλιρροϊκά φράγματα)
- Η κατασκευή τέτοιων εγκαταστάσεων έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία προστατευμένων υδάτινων περιοχών οι οποίες είναι ελκυστικές για διάφορα είδη ψαριών και υδρόβιων πουλιών.

5.2 Μειονεκτήματα:

- Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τη δύναμη των κυμάτων, όπου άλλες φορές παίρνουμε μεγάλα πόσα ενέργειας και άλλες φορές μηδενικά. Αντίστοιχα στη παλίρροια εξαρτάται από την κίνηση των υδάτων
- Απαιτείται προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδας καθώς θα πρέπει στη πρώτη περίπτωση να έχουμε δυνατά κύματα ενώ στη δεύτερη θα πρέπει να εμφανίζονται τα φαινόμενα της παλίρροιας και της άμπωτης
- Πολλές από τις εγκαταστάσεις είναι θορυβώδης
- Οι εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται με ειδικό τρόπο ώστε να αντέχουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες που θα αντιμετωπίσουν
- Το κόστος μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας στη στεριά είναι πολύ υψηλό.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ευθυμίου, Καραγιαννάκης, 2005, «Ενέργεια από Κύματα», Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας Ι του τμ. ΗΜΜΥ ΑΠΘ, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Ντοκόπουλου και τη συνεπικουρία των υπ. Δρ κκ. Νταγκούμα Αθ. , Μαρινόπουλο Αν.
 2. Ι.Α. Τεγόπουλος: Ηλεκτρικές Μηχανές
 3. Ι. Γκαρούτσος: Ηλεκτρικές Μηχανές
- Stephen L. Herman: Ηλεκτρολογία
 - Steven G. Chapman: Μηχανές DC&AC