

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ,  
ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΠΑΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2013**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ  
ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ  
ΑΜ : 4228**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : 5 – 11 – 2013**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας, καθώς υπολογίζεται ότι το εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από αυτές τις μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια τονίζει το γεγονός ότι θα πρέπει να ληφθούν μέτρα, όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, η ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας και η προώθηση της διεθνούς συνεργασίας. Στην Ελλάδα, όπου η μορφολογία και το κλίμα είναι κατάλληλα για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Τα τελευταία χρόνια η χώρα μας χρηματοδοτεί πολλά προγράμματα διμερούς συνεργασίας σε αναπτυσσόμενες χώρες σε τομείς που σχετίζονται με το περιβάλλον και κυρίως στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διαδραματίζουν όλο και περισσότερο κεντρικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας.

Μελέτες δείχνουν ότι η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά ένα πέμπτο έως το 2020 αν οι καταναλωτές αλλάξουν τις συνήθειές τους και αν αξιοποιηθούν πλήρως οι τεχνολογίες που συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

## **ABSTRACT**

In recent years the European Union and many individual states adopted new policies for the use of renewable energy. Renewable energy is the basis of the model of economic development of the green economy, as it is estimated that the exploitable energy potential of these forms of energy is a multiple of world total energy consumption.

Environmental pollution observed in recent years underlines the fact that should be taken, such as energy saving, alternative energy sources and promoting international cooperation. In Greece, where the topography and the climate is suitable for new energy applications, the exploitation of this potential energy would help significantly to the energy independence of the country.

In recent years, our country finances many bilateral cooperation programs in developing countries in areas related to the environment and especially in the field of Renewable Energy, renewable energy sources play an increasingly central role in energy production.

Studies show that energy consumption could be reduced by one fifth by 2020, if consumers change their habits if fully exploited technologies that contribute to energy efficiency.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται έντονα λόγος για την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς μια από τις κύριες αιτίες ρύπανσης και καταστροφής του είναι η παραγωγή ενέργειας. Έτσι, τα κράτη του ανεπτυγμένου κόσμου έχουν στραφεί στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που δεν εξαντλούν τους φυσικούς πόρους του πλανήτη και δεν καταστρέφουν το περιβάλλον. Βέβαια η αρχική στροφή έγινε για λόγους καθαρά πρακτικούς καθώς κάποια στιγμή άρχισε να γίνεται κατανοητό πως τα αποθέματα του ορυκτού πλούτου δεν ήταν ανεξάντλητα.

Ο τομέας των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι ένας δυναμικά αναπτυσσόμενος τομέας της οικονομίας και της οικολογίας, που δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας και μια νέα αντίληψη και φιλοσοφία στον τρόπο που αντιμετωπίζεται ένα τόσο σημαντικό ζήτημα όσο η παραγωγή ενέργειας.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιαστούν οι σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική, κυματική και παλιρροιακή ενέργεια.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πηγές ενέργειας και αναλύονται τα είδη των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφονται αναλυτικά οι σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο από την αιολική, την κυματική και την παλιρροιακή ενέργεια.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## 1.1 Μορφές Πηγών Ενέργειας

Είναι γεγονός ότι η σημερινή παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 10 δισεκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου με κυρίαρχες πηγές τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία καλύπτουν περισσότερο από το 80% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης.

Οι Πηγές Ενέργειας διακρίνονται σε:

- ✚ **αυτογενείς** (πυρήνες ατόμων, ήλιος, γαιάνθρακες ή πετρέλαιο)
- ✚ **τεχνητές** (ταμιευτήρες, ηλεκτρικοί συσσωρευτές)

Επίσης, μια άλλη διάκριση των Πηγών Ενέργειας είναι η εξής:

- ✚ **πρωτογενείς πηγές:** περιλαμβάνουν τη δυναμική ενέργεια των πυρήνων
- ✚ **δευτερογενείς:** όλες οι άλλες μορφές / πηγές ενέργειας

Όσον αφορά τα αποθέματα ενέργειας, οι Πηγές Ενέργειας διακρίνονται σε:

- ✚ **συμβατικές ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**
- ✚ **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

Οι αυτογενείς ή πρωταρχικές πηγές ενέργειας είναι αποθηκευμένες ή υπάρχουν στη φύση, παράδειγμα αποτελεί ο ήλιος. Άλλες πρωταρχικές πηγές ενέργειας που υπάρχουν στη γη είναι η πυρηνική ενέργεια των ραδιενεργών στοιχείων, η θερμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο εσωτερικό της γης και η δυναμική ενέργεια.<sup>[1]</sup>

### 1.1.1 Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται οι πηγές οι οποίες δεν αναπληρώνονται ή αναπληρώνονται εξαιρετικά αργά για τα ανθρώπινα μέτρα από φυσικές διαδικασίες. Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται κυρίως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα ευρέως γνωστά ως ορυκτά καύσιμα.<sup>[2]</sup>

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- ✚ Τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη.
- ✚ Τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία, όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη κλπ.
- ✚ Τα αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο κλπ.
- ✚ Την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών. <sup>[3]</sup>

Οι μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας περιλαμβάνουν τις εξής μορφές ενέργειας:

- ✚ **Γαιάνθρακες:** Τα οργανικά ιζήματα που προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Η μετατροπή της φυτικής ύλης σε άνθρακα ξεκίνησε πριν 400 περίπου εκατομμύρια χρόνια και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. <sup>[1]</sup>
- ✚ **Πετρέλαιο:** Βρίσκεται στο υπέδαφος σε υγρή μορφή, μέσα σε κοιλότητες. Σχηματίστηκε από ζωικούς και φυτικούς μικροοργανισμούς, κυρίως θαλάσσιους, οι οποίοι συγκεντρώθηκαν από τα θαλάσσια ρεύματα στο βάθος λεκανών, όπου και καταπλακώθηκαν λόγω επιχωματώσεων ή άλλων διαδικασιών. Εκεί, χωρίς την παρουσία αέρα, μετατράπηκαν σε πετρέλαιο κατά την διάρκεια χιλιάδων ετών. Το πετρέλαιο αποτελεί το σημαντικότερο ορυκτό για την παγκόσμια οικονομία, καθώς αποτελεί την κύρια πρωτογενή πηγή ενέργειας και την πρώτη ύλη από την οποία παράγεται ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων (πλαστικά, φάρμακα, καλλυντικά, απορρυπαντικά, φιλμ. μαγνητοταινίες, εκρηκτικά κλπ.). <sup>[3]</sup>
- ✚ **Φυσικό αέριο:** Είναι μίγμα υδρογονανθράκων και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και σε πολύ μικρότερη αναλογία από αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και πεντάνιο. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή του, αποτελεί η προέλευσή του και ιδιαίτερα εάν πρόκειται για αμιγώς κοίτασμα φυσικού αερίου ή προκύπτει από κοιτάσματα πετρελαίου. Η εμπορική αξιοποίησή του ξεκίνησε περίπου το 1810 ως καύσιμο σε λάμπες φωτισμού, ενώ μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου κατασκευάστηκαν τα πρώτα δίκτυα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου. Στα προτερήματά του ως πηγή ενέργειας περιλαμβάνονται η δυνατότητα μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις μέσω αγωγών και η φιλική προς το περιβάλλον καύση του. <sup>[3]</sup>

✚ **Πυρηνικά:** Στην πράξη ο όρος πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ενέργεια που απελευθερώνεται σε τεράστιες ποσότητες κατά την πυρηνική σχάση, δηλαδή τη διάσπαση ατομικών πυρήνων προς ελαφρότερους, και κατά την πυρηνική σύντηξη, δηλαδή την ένωση πυρήνων για το σχηματισμό βαρύτερων. Έως το 1995 οι εφαρμογές των κινητήρων που χρησιμοποιούν πυρηνικά καύσιμα περιορίζονταν στη ναυσιπλοΐα (πολεμικά πλοία, υποβρύχια, παγοθραυστικά, εμπορικά πλοία), ενώ διεξάγονταν προσπάθειες και για την κατασκευή πυρηνικών πυραυλοκινητήρων. Ωστόσο, πολύ σπουδαιότερη για την παγκόσμια οικονομία είναι η χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως πρωτογενούς ενεργειακής πηγής με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων που ονομάζονται πυρηνικοί αντιδραστήρες.<sup>[1]</sup>

### 1.1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

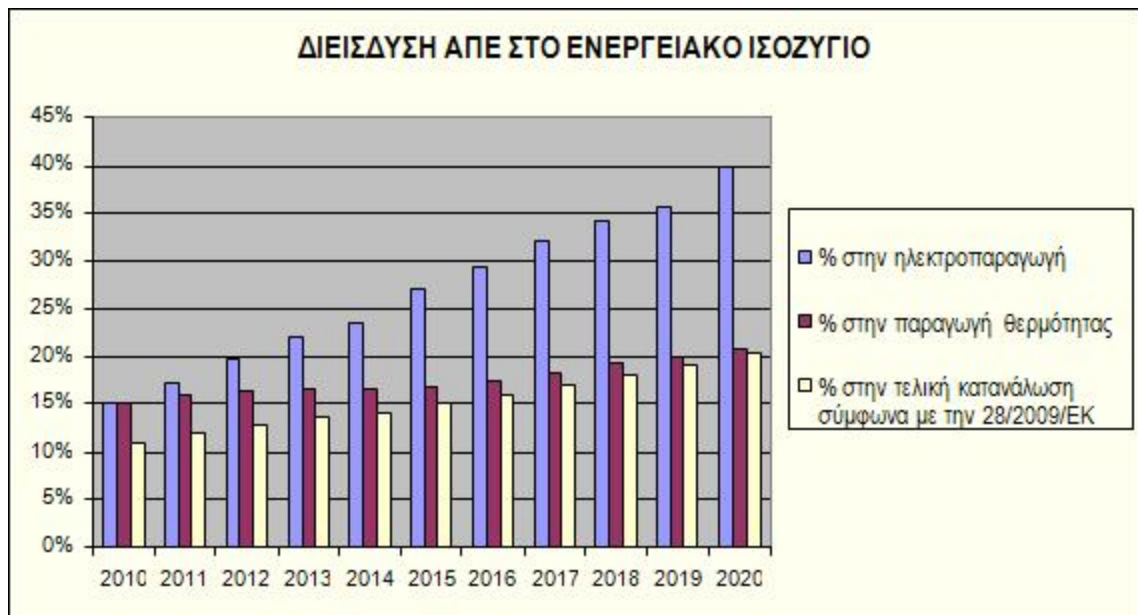
Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους.<sup>[4]</sup>

Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος.<sup>[5]</sup>

Οι Α.Π.Ε. χρησιμοποιούνται είτε άμεσα, κυρίως για θέρμανση, είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας, κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια. Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως τιμή των νέων ενεργειακών



εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος status quo στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου η μορφολογία και το κλίμα είναι κατάλληλα για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.<sup>[5]</sup>



*Εικόνα 1: Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι και εκτίμηση διείσδυσης ΑΠΕ.*

Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι εξής:

- ✚ ηλιακή ενέργεια
- ✚ αιολική ενέργεια
- ✚ υδραυλική ενέργεια
- ✚ γεωθερμική ενέργεια
- ✚ βιομάζα
- ✚ ενέργεια κυμάτων<sup>[6]</sup>

## 1.2 Είδη ανανεώσιμων μορφών ενέργειας

### 1.2.1 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται «ήπια μορφή ενέργειας» και περιλαμβάνεται στις «καθαρές» πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους.

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα, όπως τα ιστιοφόρα, οι ανεμόμυλοι κλπ. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και στη συνέχεια, την διοχετεύουν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας.<sup>[7]</sup>

Η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου και στα νησιά του Αιγαίου, στις οποίες συναντάμε και τα περισσότερα αιολικά πάρκα. Τα αιολικά πάρκα σχεδιάζονται ώστε να συνυπάρχουν αρμονικά με το τοπίο της κάθε περιοχής, ενώ η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών έχει καταστήσει πρακτικά αθόρυβη τη λειτουργία τους.<sup>[8]</sup>



*Εικόνα 2: Ανεμογεννήτριες.*

Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- ✚ τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο και
- ✚ τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός. <sup>[8]</sup>

Τα ενδεχόμενα προβλήματα από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, τηλεόραση, τηλεπικοινωνίες, που επιλύονται όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και επίσης πιθανά προβλήματα αισθητικής. <sup>[6]</sup>

### 1.2.2 Ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Στις θερμικές εφαρμογές συλλέγεται η ηλιακή ενέργεια με στόχο την παραγωγή θερμότητας (χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων), ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Για παράδειγμα, η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές. <sup>[2]</sup>

Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως.

Η δράση της ηλιακής ακτινοβολίας αξιοποιείται με τους εξής τρόπους:

- ✚ Ενεργητικά
- ✚ Παθητικά
- ✚ Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα <sup>[2]</sup>



*Εικόνα 3: Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.*

Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. <sup>[2]</sup>

Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε αποτελεσματικά την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιούνται τα ηλιακά ηλεκτρικά στοιχεία ή τα πλαίσια ηλιακών κυψελίδων.

Πιο συγκεκριμένα, συναντάμε τα ηλιακά ηλεκτρικά στοιχεία μόνο σε δορυφόρους με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς το κόστος κατασκευής τους είναι προς το παρόν απαγορευτικό για εκτεταμένη εμπορική χρήση. Το υλικό κατασκευής των ηλιακών ηλεκτρικών στοιχείων είναι ένας ημιαγωγός, το γνωστό σε όλους πυρίτιο. Μια από τις ιδιότητες του πυριτίου είναι ότι όταν αναμιχθεί με συγκεκριμένα στοιχεία αποκτά την ικανότητα να επιτρέπει τη ροή των ηλεκτρονίων.

Για να κατασκευαστούν τα ηλιακά ηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται δυο στρώματα πυριτίου. Κάθε ηλιακό ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από ένα στρώμα πυριτίου εμπλουτισμένο με θετικά ιόντα και ένα στρώμα με αρνητικά ιόντα. Με τον τρόπο αυτό, η ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται στην επιφάνεια, ελευθερώνει ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται από την αρνητική προς την θετική επιφάνεια παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα. <sup>[9]</sup>

Όσον αφορά τη μέθοδο των πλαισίων ηλιακών κυψελίδων, είναι αρκετά διαδεδομένη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η λειτουργία της μοιάζει με τον τρόπο λειτουργίας ενός θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, τα πλαίσια αυτά διαθέτουν μια ειδική πλάκα γυαλιού, με την οποία μπορούν να δεσμεύουν τη θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία. Στη συνέχεια, η

θερμότητα αυτή απορροφάται από το νερό που κινείται στις σωληνώσεις των πλαισίων και το οποίο θερμαίνεται.

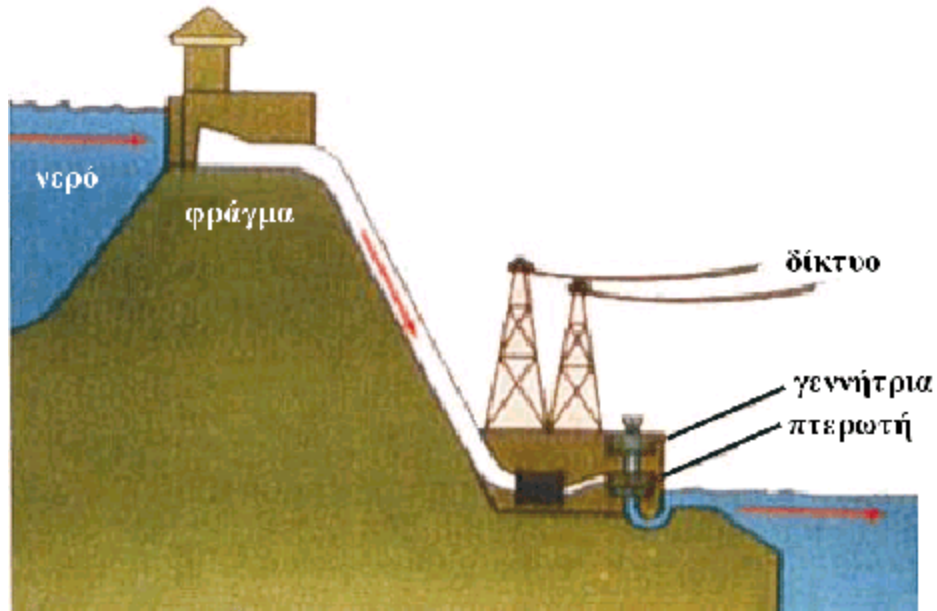
Η μέθοδος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας με τη χρήση των πλαισίων ηλιακών κυψελίδων χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία σε περιοχές όπως η Μέση Ανατολή και η Αυστραλία, όπου το κλίμα είναι ιδιαίτερα θερμό. Επίσης, η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια λύση για τη θέρμανση του νερού σε περιοχές όπου το κλίμα είναι ψυχρό, όπως για παράδειγμα στη Σουηδία και τη Βρετανία.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται με δυο τρόπους, είτε με απευθείας μετατροπή της ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια, είτε με ενδιάμεση μετατροπή της σε θερμότητα. Στη δεύτερη περίπτωση, η ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται σε κάτοπτρα, τα οποία την εστιάζουν σε έναν βραστήρα, που παράγει ατμούς.<sup>[9]</sup>

### **1.2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια**

Το νερό στη φύση, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας διαφέρει σημαντικά από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον, καθώς οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και γενικότερα στο άμεσο περιβάλλον.<sup>[3]</sup>

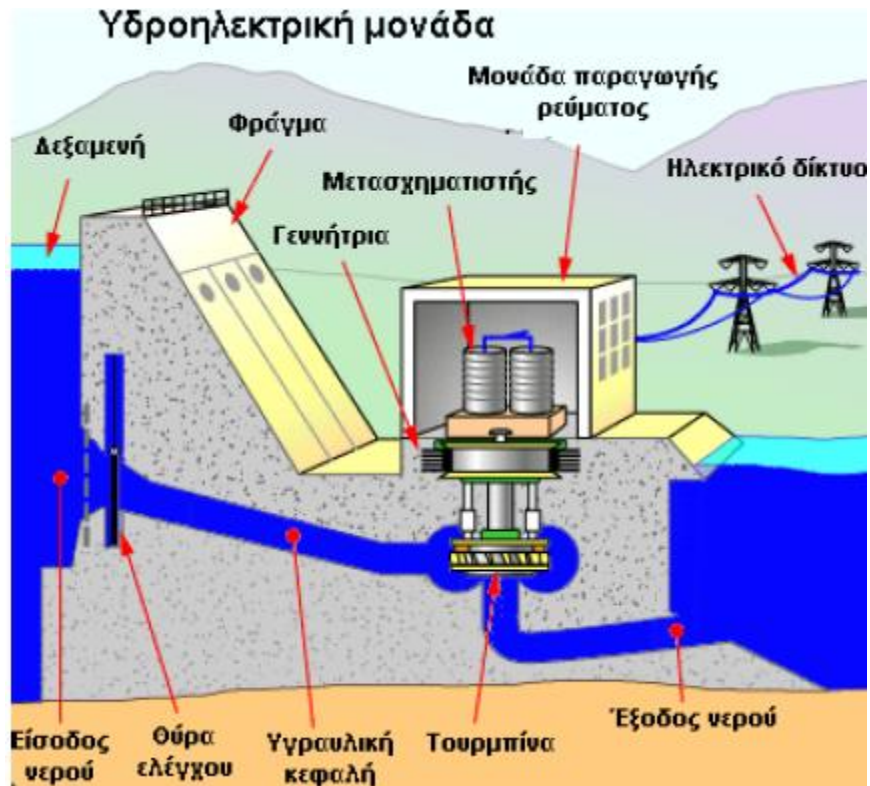
Συνήθως η ενέργεια που παράγεται με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.<sup>[6]</sup>



*Εικόνα 4: Υδροηλεκτρική ενέργεια μέσω φράγματος.*

Μερικά από τα πλεονεκτήματα χρήσης της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- ✚ Είναι πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- ✚ Είναι εγχώρια πηγή ενέργειας και συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- ✚ Είναι διάσπαρτη γεωγραφικά και οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, αλλά και δίνει τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης τοπικών ενεργειακών πόρων.
- ✚ Μπορεί να αποτελέσει πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμιζόμενων περιοχών, καθώς και να συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση σχετικών επενδύσεων.
- ✚ Δεν παράγει ατμοσφαιρικούς ρύπους και θόρυβο (παρά μόνο μικρής έντασης και χρονικής διάρκειας στη φάση των κατασκευών).
- ✚ Ο ταμιευτήρας (όταν επιλέγεται η κατασκευή φράγματος) μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία υγρότοπου.<sup>[6]</sup>



Εικόνα 5: Βασικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού φράγματος.

#### 1.2.4 Βιομάζα

Μια σημαντική πηγή ενέργειας είναι η βιομάζα που μπορεί να προέλθει από:

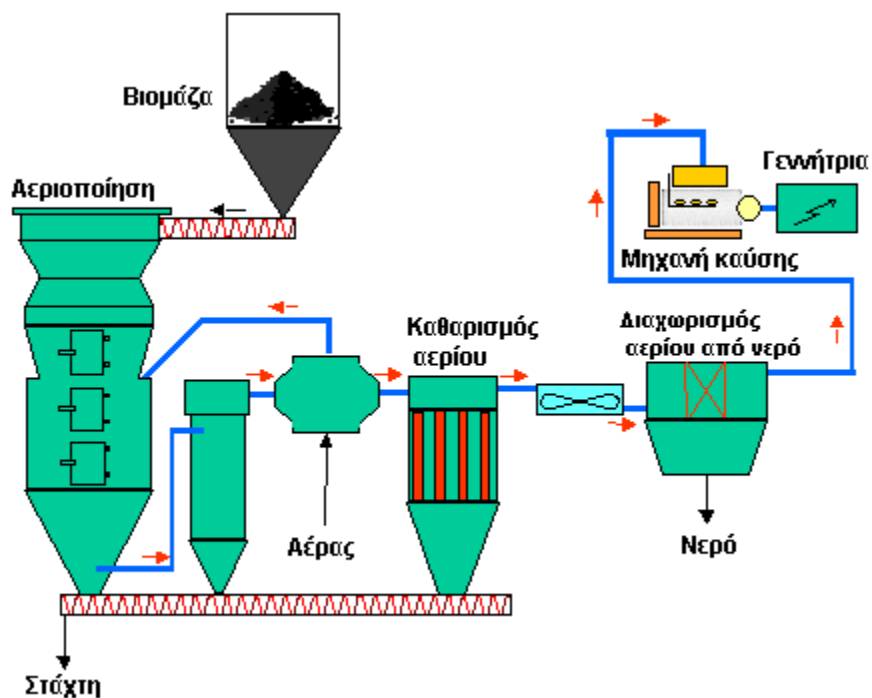
- ✚ αστικά λύματα και απόβλητα
- ✚ υπολείμματα γεωργικής και δασικής προέλευσης και
- ✚ ενεργειακές καλλιέργειες.

Η συγκέντρωση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα και η διάθεση των αστικών λυμάτων και των απορριμμάτων σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, έγινε χωρίς προγραμματισμό και με ανεπαρκή υποδομή. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη συνεχή μόλυνση τόσο του αέριου όσο και του υδάτινου περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους προβλήματα αντιμετωπίζονται στις σύγχρονες κοινωνίες πλέον, με την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και την παραγωγή ενέργειας από το βιοαέριο που εκλύουν.<sup>[9]</sup>

Τα απογεγραμμένα δασικά και γεωργικά υπολείμματα της χώρας μας ανέρχονται σε 10.000.000 τόνους το χρόνο περίπου. Εάν το 25% εξ αυτών μπορεί να αξιοποιηθεί σε

συστήματα Συμπαραγωγής, τότε δημιουργείται ένα σημαντικό δυναμικό Συμπαραγωγής άνω των 400 MWe. Επειδή τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα της χώρας είναι αποκεντρωμένα και διάσπαρτα σε όλη την χώρα, η εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ μικρής ισχύος, αποτελούν ιδανικές πηγές για αντιμετώπιση αναγκών τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε όλη τη χώρα, προωθώντας ένα τοπικό πλαίσιο ανάπτυξης, αλλά και την περιφερειακότητα.<sup>[9]</sup>

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η βιομάζα, από την ενεργειακή γεωργία ή των δασικών υπολειμμάτων, μπορεί να αξιοποιηθεί όχι μόνο σε αυτόνομους σταθμούς Συμπαραγωγής, αλλά και στους υφιστάμενους λιγνιτικούς σταθμούς της ΔΕΗ.<sup>[10]</sup>



*Εικόνα 6: Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα.*

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας, η μια από αυτούς είναι οι υπολειμματικές μορφές, δηλαδή, τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα και ο άλλος τύπος βιομάζας είναι αυτός που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες.

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- ✚ Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά την συγκομιδή του κύριου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα, κ.ά.



- ✚ Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια, κ.ά.
- ✚ Απορρίμματα, βιομηχανικά και αστικά απόβλητα (το οργανικό τμήμα τους).<sup>[10]</sup>

Δυστυχώς μέχρι σήμερα ελάχιστο από αυτό το δυναμικό χρησιμοποιείται σε συστήματα Συμπαγωγής με βιομάζα και οι βασικές αιτίες είναι οι εξής:

- ✚ Οι φορείς της Τοπικής Αυτοδιοίκησης που είναι αποκεντρωμένοι, αγνοούν τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης της βιομάζας, την οποία διαθέτουν ή μπορεί να παράγουν σε αφθονία.
- ✚ Δεν υπήρξε το βασικό νομικό πλαίσιο.
- ✚ Δεν υπήρξαν κίνητρα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- ✚ Δεν υπήρξε η απαραίτητη ενημέρωση όλων των ενδιαφερομένων από πλευράς του Δημοσίου.
- ✚ Δεν κατασκευάστηκαν επιδεικτικά έργα στη χώρα, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εκπαίδευση τεχνικών και ενημέρωση των ΟΤΑ, των στελεχών της Βιομηχανίας, των Γεωργικών Συνεταιρισμών, κτλ.
- ✚ Δεν υπάρχει η αναγκαία κατάρτιση του τεχνικού κόσμου σε θέματα Συμπαγωγής με βιομάζα.<sup>[10]</sup>

Στην Ελλάδα, οι κυριότερες εφαρμογές αφορούν σε παραγωγή θερμικής ενέργειας σε γεωργικές και δασικές βιομηχανίες, σε θέρμανση στον οικιακό τομέα και στην παραγωγή βιοντίζελ. Στην Ελλάδα ο αγροτικός τομέας αποτελεί άνω του 5% του ΑΕΠ, σχεδόν το τριπλάσιο του μέσου όρου 1.8% της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επομένως, οι εταιρείες που ασχολούνται με βιομάζα και βιοκαύσιμα θα βρουν άφθονες πηγές πρώτων υλών. Επιπλέον, η δέσμευση της Ελληνικής κυβέρνησης να αντικαταστήσει το 10% των σημερινών συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα μέχρι το 2020 συνεπάγεται αξιόλογες ευκαιρίες.<sup>[5]</sup>

Η μεγαλύτερη παραγωγή αλλά και η καλύτερη αξιοποίηση της βιομάζας γίνεται στη Σουηδία, τη Φιλανδία και την Αυστρία, όπου η βιομηχανία ξύλου και χαρτιού είναι ιδιαίτερα ενεργή. Εκεί έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που εξασφαλίζουν μεγάλες αποδόσεις σε μεγάλες μονάδες συμπαγωγής, αλλά και σε καυστήρες οικιακής χρήσης.<sup>[6]</sup>

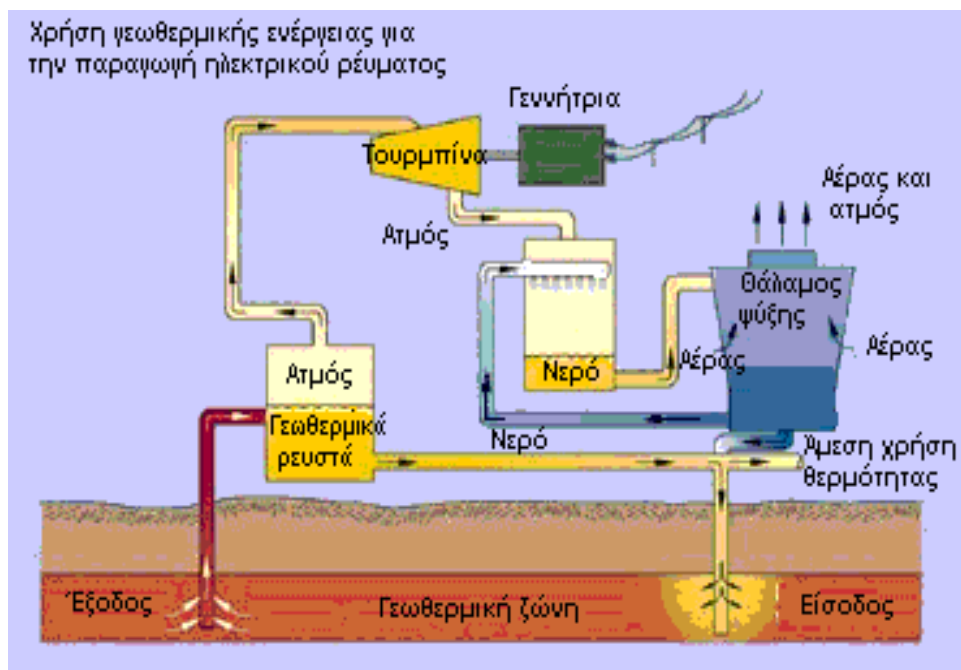
Τα βιοκαύσιμα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις μεταφορές καθώς πρόκειται να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και την εξάρτηση από εισαγόμενες πηγές ενέργειας.

Το πιο κοινό βιοκαύσιμο είναι το βιοντήζελ ή μεθυλεστέρας, που παράγεται κυρίως από ηλιόσπορους (ηλιάνθος, ρέβα) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με ντήζελ σε ντηζελοκινητήρες. Η βιοιθανόλη παράγεται από ζάχαρη, σελλουλόζη και άμυλο (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, ζαχαρότευτλα) και χρησιμοποιείται ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με βενζίνη σε ειδικά τροποποιημένους κινητήρες. Επίσης, μπορεί να μετατραπεί σε ETBE, ένα πρόσμιγμα βενζίνης που είναι περισσότερο φιλικό στο περιβάλλον από τις σημερινές εναλλακτικές λύσεις.<sup>[6]</sup>

### 1.2.5 Γεωθερμική ενέργεια

Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται από τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, όπως για παράδειγμα στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές, είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών όσον αφορά τη θέρμανση και το 20% όσον αφορά τον ηλεκτρισμό με γεωθερμική ενέργεια.<sup>[3]</sup>

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25°C μέχρι 360°C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150°C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.<sup>[1]</sup>



*Εικόνα 7: Χρήση γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.*

Η Ελλάδα λόγω των ειδικών γεωλογικών συνθηκών της είναι πλούσια σε αυτή τη μορφή ενέργειας. Εκμεταλλευόμενοι τη γεωθερμική ενέργεια μπορούμε να πετύχουμε τηλεθέρμανση κτιρίων σε ορισμένες περιοχές της χώρας, ανάπτυξη γεωθερμικών θερμοκηπίων, μονάδων ιχθυοκαλλιεργειών, μονάδων αφαλάτωσης, ξηραντηρίων κλπ.

Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια υπεδάφους της χώρας, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη), θα μπορούσε να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μια τέτοια εφαρμογή θα είχε χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό μέσω υδροφόρων πλοίων.<sup>[5]</sup>

Γενικά, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευση της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας. Οι τύποι αυτοί των προβλημάτων είναι ο σχηματισμός επικαθίσεων (ή όπως συχνά λέγεται οι καθαλατώσεις ή αποθέσεις) σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό, η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών,

καθώς και ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδροθείου).<sup>[5]</sup>

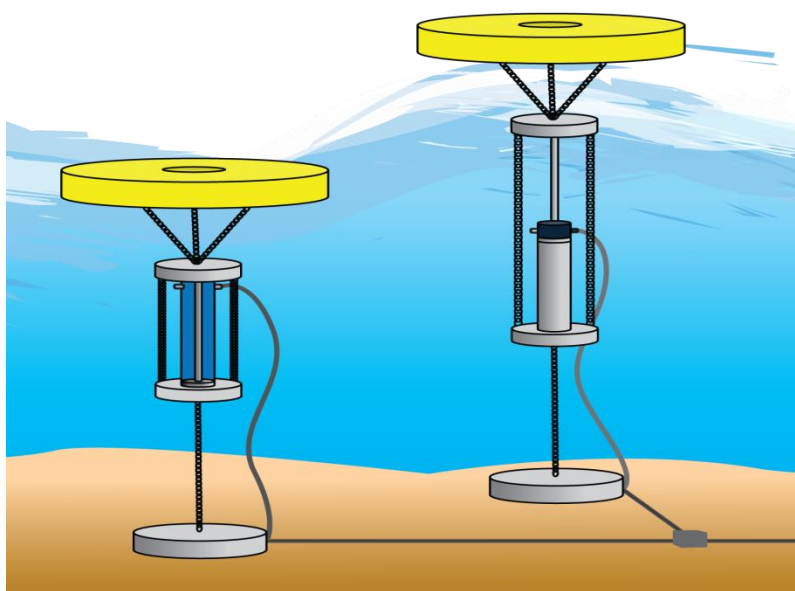
Ο σχηματισμός επικαθίσεων σε γεωθερμικές μονάδες μπορεί να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό, αν όχι ολοκληρωτικά, με μια πληθώρα τεχνικών και μεθόδων. Μερικές από τις πιο τυπικές πρακτικές είναι ο σωστός σχεδιασμός της μονάδας και η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας της, η ρύθμιση του pH του ρευστού, η προσθήκη χημικών ουσιών (αναστολέων δημιουργίας επικαθίσεων) και τέλος, η απομάκρυνση των σχηματιζόμενων στερεών με χημικά ή φυσικά μέσα, στη διάρκεια προγραμματισμένων ή όχι διακοπών λειτουργίας της μονάδας.<sup>[5]</sup>

### 1.2.6 Ενέργεια κυμάτων

Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της ενέργειας της θάλασσας:

- ✚ **τα κύματα:** Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα. 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 τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων και η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κλπ.
- ✚ **οι παλίρροιες (μικρές και μεγάλες):** Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. 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. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων.

- ✚ **οι θερμοκρασιακές διαφορές του νερού:** 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. <sup>[3]</sup>



*Εικόνα 8: Αξιοποιώντας την ενέργεια των κυμάτων.*

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι μετατροπής της κινητικής ενέργειας των κυμάτων σε ηλεκτρική:

- ✚ Το σύστημα TAPCHAN (tapered channel) το οποίο μέσω ενός καναλιού οδηγεί το νερό των κυμάτων σε μία δεξαμενή. Το στένωμα του καναλιού αυξάνει το ύψος των κυμάτων περνώντας το νερό πάνω από τους τοίχους της δεξαμενής γεμίζοντάς την. Η κινητική ενέργεια του κινούμενου κύματος καθώς αποθηκεύεται στη δεξαμενή μπορεί να μετατραπεί σε άλλη μορφή ενέργειας. Επιπλέον, το αποθηκευμένο νερό μπορεί να τροφοδοτήσει μια τουρμπίνα Kaplan όπως και σε ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο. Αυτό το σύστημα έχει μικρό κόστος λειτουργίας και μεγάλη αξιοπιστία. Δυστυχώς όμως δεν είναι κατάλληλο για όλες τις ακτές. Χρειάζεται περιοχές όπου υπάρχει συνεχής κυματισμός, παλίρροια μικρότερη του ενός μέτρου, αρκετό βάθος κοντά στις ακτές και κατάλληλη τοποθεσία για την δεξαμενή.

✚ Μια άλλη μέθοδος χρησιμοποιείται για να παράγει ηλεκτρισμό σε δύο στάδια. Είναι σταθερή κατασκευή που αποτελείται από μια στήλη που περιέχει μια τουρμπίνα. Καθώς το κύμα μπαίνει στη στήλη σπρώχνει τον αέρα της στήλης να περάσει και να κινήσει μια τουρμπίνα, αυξάνοντας παράλληλα την πίεση του αέρα μέσα στην στήλη. Όταν το κύμα υποχωρεί ο πιεσμένος αέρας γυρίζει πίσω συνεχίζοντας να δίνει κίνηση στην τουρμπίνα. Οι υποθαλάσσιες τουρμπίνες εκμεταλλεύονται τα ωκεάνια ρεύματα και χρησιμοποιούν την ενέργειά τους για να κινήσουν αργόστροφες τουρμπίνες. Αυτές με τη σειρά τους θέτουν σε λειτουργία μια γεννήτρια όπως και οι νερόμυλοι.<sup>[6]</sup>

Το Ηνωμένο Βασίλειο παράγαγε 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, καθώς οι ωκεανοί μπορούν να προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας.<sup>[10]</sup>

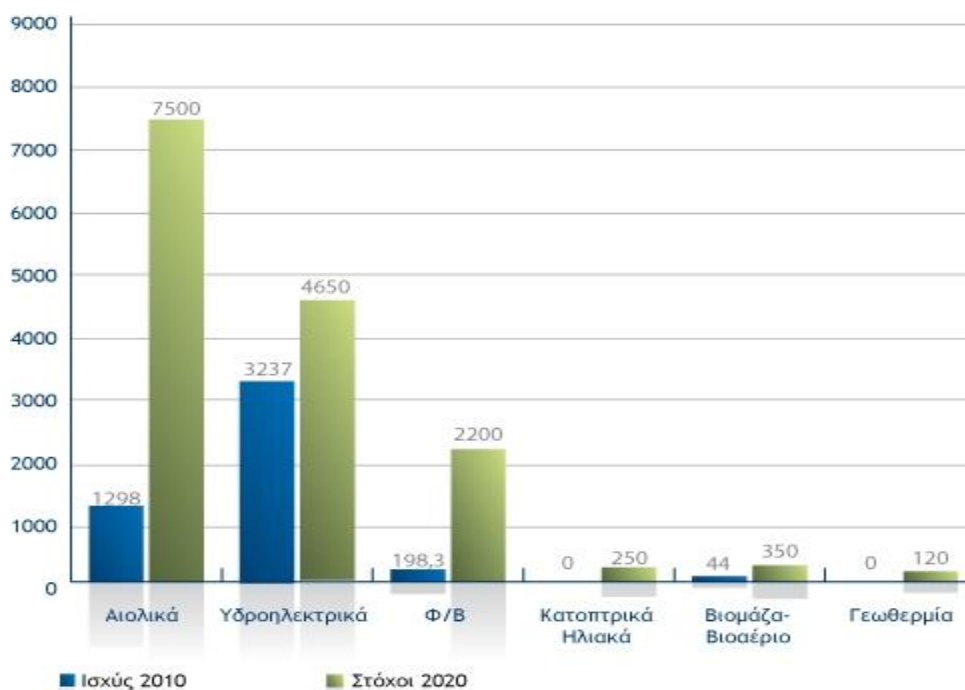
Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από «καθαρή» και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας.<sup>[9]</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διαδραματίζουν όλο και περισσότερο κεντρικό ρόλο στην πολιτική της Ελλάδας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή βασίζεται σε μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικούς σταθμούς που διαχειρίζεται η ΔΕΗ, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές αποτελούν περίπου το 5% της ηλεκτρικής παραγωγής. <sup>[11]</sup>

Το πρώτο εξάμηνο του 2011, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ανανεώσιμων πηγών έφτασε τα 222,2 MW. Πιο συγκεκριμένα, το 75% της ισχύος παράγεται από αιολική ενέργεια, το 11,5% από ηλιακή ενέργεια, ενώ το υπόλοιπό 13,5% από βιομάζα και υδροηλεκτρική ενέργεια.

Στόχος της Ελλάδας είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές να φτάσει το 40 % επί της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 2020. <sup>[11]</sup>



*Εικόνα 9: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ, Στόχος έτους 2020.*

## 2.1 Σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια

Η αιολική ενεργεια αποτελεί μια καθαρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και η ανάπτυξη της είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας, χωρίς εκπομπές CO<sub>2</sub> ή άλλων ρύπων. Η χρήση της αιολικής ενέργειας αποτελεί σήμερα μια λύση στο πρόβλημα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη δημιουργία των αιολικών πάρκων. Τα αιολικά πάρκα οριοθετούνται σε περιοχές όπου μπορούν να εξασφαλίσουν υψηλές μέσες ταχύτητες ανέμου για την μέγιστη δέσμευση της ενέργειας, συνήθως στις ορεινές παράκτιες και υπεράκτιες περιοχές.<sup>[12]</sup>

Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA) είναι δυνατή η παραγωγή 3.000 TWh ανά έτος παγκοσμίως μέχρι το 2020. Σύμφωνα με τη μελέτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας δεν υπάρχουν ιδιαίτερα τεχνικά ή γεωμορφολογικά εμπόδια στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας και θεωρητικά μπορούν να παραχθούν 53.000 TWh ανά έτος από αιολικές εγκαταστάσεις σε όλο τον πλανήτη.<sup>[13]</sup>

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της EWEA οι αιολικές εγκαταστάσεις παγκοσμίως αυξάνονται με ετήσιο ρυθμό 15% μέχρι το 2010 φθάνοντας τα 197.500 MW παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος. Τη δεκαετία 2010-2020 ο ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής αγοράς αναμένεται να σημειώσει πτώση και να διαμορφωθεί στο 10-15% κατ' έτος και με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ να διαμορφώνεται στα 1.200.000 MW το 2020. Το 2040 η EWEA υπολογίζει ότι θα έχουν εγκατασταθεί 3.200 GW αιολικών συστημάτων και το 23% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα καλύπτεται από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.<sup>[13]</sup>

Στην χώρα μας η ΔΕΗ ξεκίνησε το 1977 να πραγματοποιεί εκτεταμένες μετρήσεις στα νησιά του Αιγαίου για να διερευνηθεί το κατά πόσον ήταν αξιοποιήσιμη η αιολική ενέργεια. Οι μετρήσεις έδειξαν πολύ θετικά αποτελέσματα, καθώς αποδείχθηκε ότι υπάρχει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό, το οποίο ανέρχεται σε 6,46 TWh κατ' έτος. Πιο συγκεκριμένα το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας είναι το δεύτερο ισχυρότερο στην Ευρώπη μετά την Σκωτία.<sup>[14]</sup>

Το 1982 ξεκίνησε ένα πρόγραμμα εγκατάστασης αιολικών πάρκων πρώτα στα νησιά, όπου το κόστος παραγωγής ενέργειας ήταν ήδη υψηλό και το αιολικό δυναμικό ήταν ευνοϊκότερο. Το πρώτο πειραματικό αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε στην Κύθνο, το οποίο διέθετε πέντε ανεμογεννήτριες των 20 KW η καθεμία, δηλαδή συνολικής ισχύος 100 KW.



Σήμερα, η Διεύθυνση Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας (ΔΕΜΕ) της ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει 156 ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 38MW, σε 12 νησιά και μία στην ηπειρωτική Ελλάδα.  
[12]

Η σύγχρονη τεχνολογία συνέβαλλε στην κατασκευή αξιόπιστων και αποδοτικότερων ανεμογεννητριών. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες ανεμογεννητριών, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα και οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα. Οι συνθήκες στις οποίες λειτουργούν είναι εξαιρετικά δύσκολες, καθώς λειτουργούν σε σκληρές κλιματολογικές συνθήκες, με υψηλές ταχύτητες ανέμου και σε συνθήκες εναλλασσόμενων φορτίσεων.<sup>[15]</sup>

Για να είναι αξιόπιστες πρέπει κατά τον σχεδιασμό τους να τηρούνται οι εξής προδιαγραφές:

- ✚ Ο χρόνος ζωής του συστήματος πρέπει να είναι 20-30 χρόνια.
- ✚ Να υπάρχει ασφαλής λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε ταχύτητες ανέμου 25-30 m/sec.
- ✚ Να εξασφαλιστεί η επιβίωση της ανεμογεννήτριας σε ταχύτητες ανέμου 50-70 m/sec.
- ✚ Να εξαιρεθούν οι κίνδυνοι συντονισμού. Οι ιδιοσυχνότητες των διαφόρων υποσυστημάτων (πυλώνας, πτερύγια, κλπ.) και η συχνότητα περιστροφής του δρομέα, καθώς και οι αρμονικές της πρέπει να συμπίπτουν.
- ✚ Να υπάρχει αντοχή σε εναλλασσόμενα φορτία.
- ✚ Να γίνει κατάλληλη σχεδίαση του συστήματος, ώστε να επιτυγχάνεται απόσβεση των πρόσθετων φορτίων και των στρεπτικών ταλαντώσεων που οφείλονται στις ριπές και στην τύρβη του ανέμου.
- ✚ Να διενεργηθεί ακριβής έλεγχος όλων των συνθηκών φόρτισης της ανεμογεννήτριας και για κάθε εξάρτημα ή υποσύστημα, στις δυσμενέστερες συνθήκες φόρτισης που μπορεί να εμφανιστούν.<sup>[15]</sup>



*Εικόνα 10: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.*

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο και με την διεύθυνση του ανέμου. Επιπλέον, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή πέντε πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη διάταξη (down wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου. <sup>[16]</sup>

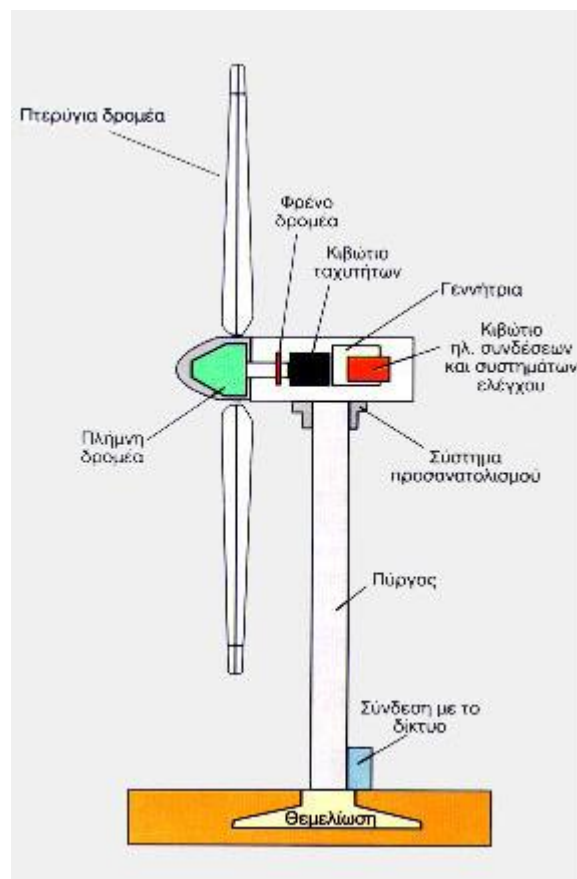
Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα είναι τα εξής:

- ✚ **Κουβούκλιο:** Περιέχει όλα τα βασικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας, συμπεριλαμβανομένου του κιβωτίου ταχυτήτων και της ηλεκτρικής γεννήτριας.
- ✚ **Πτερύγια:** «Συλλαμβάνουν» τον αέρα και μεταφέρουν την ισχύ του στην κεφαλή του ρότορα. Σε μια ανεμογεννήτρια 1000 KW, κάθε πτερύγιο έχει μήκος 27 μέτρα και είναι σχεδιασμένο όπως ένα φτερό αεροπλάνου. <sup>[16]</sup>

- ✚ **Κεφαλή:** Είναι συνδεδεμένη με το διαφορικό χαμηλής ταχύτητας της ανεμογεννήτριας.
- ✚ **Διαφορικό χαμηλών ταχυτήτων:** Συνδέει την κεφαλή του ρότορα με το κιβώτιο ταχυτήτων. Σε ανεμογεννήτρια 1000 KW ο ρότορας περιστρέφεται σχετικά αργά, περίπου 19 με 30 περιστροφές ανά λεπτό (rpm). Το διαφορικό περιέχει σωλήνες για το υδραυλικό σύστημα, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει το αεροδυναμικό φρένο.
- ✚ **Κιβώτιο ταχυτήτων:** Περιέχει το διαφορικό χαμηλών στροφών από αριστερά και μεταφέρει την κίνηση στο διαφορικό υψηλών στροφών (από δεξιά), κάνοντάς το να περιστρέφεται με ταχύτητα 50 φορές μεγαλύτερη από αυτή του διαφορικού χαμηλών στροφών.
- ✚ **Διαφορικό υψηλών ταχυτήτων:** Περιστρέφεται περίπου με 1500 στροφές ανά λεπτό (rpm) και οδηγεί την ηλεκτρική γεννήτρια. Είναι εξοπλισμένο με ένα δισκόφρενο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, ενώ το μηχανικό φρένο χρησιμοποιείται σε περίπτωση που το αεροδυναμικό φρένο υποστεί βλάβη ή η ανεμογεννήτρια χρειαστεί επισκευή.
- ✚ **Ηλεκτρική γεννήτρια:** Είναι μια σύγχρονη ή μια ασύγχρονη γεννήτρια, με μέγιστη ηλεκτρική ισχύ μεταξύ 1000 και 5000 KW. <sup>[16]</sup>
- ✚ **Μηχανισμός περιστροφής:** Χρησιμοποιεί ηλεκτρικές μηχανές για να στρέφει το κουβούκλιο απέναντι στον άνεμο και ελέγχεται από ηλεκτρονικό ελεγκτή, ο οποίος αντιλαμβάνεται τη διεύθυνση του ανέμου χρησιμοποιώντας τον ανεμοδείκτη.
- ✚ **Ηλεκτρονικός ελεγκτής:** Περιέχει ένα υπολογιστή που παρακολουθεί διαρκώς την κατάσταση της ανεμογεννήτριας και ελέγχει τον μηχανισμό περιστροφής. Σε περίπτωση επιπολής σταματά αυτόματα την ανεμογεννήτρια και καλεί τον υπολογιστή του ελεγκτή της ανεμογεννήτριας μέσω μιας τηλεφωνικής σύνδεσης.
- ✚ **Ανεμόμετρο & ανεμοδείκτης:** Χρησιμοποιούνται για να μετρούν την ένταση και την διεύθυνση του ανέμου. Τα ηλεκτρικά σήματα του ανεμόμετρου χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να αρχίσει τη λειτουργία της όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μια ελάχιστη τιμή. Ο υπολογιστής σταματά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας αυτόματα αν η

ταχύτητα του ανέμου υπερβεί ένα ανώτατο όριο προκειμένου να προστατεύσει την ανεμογεννήτρια.

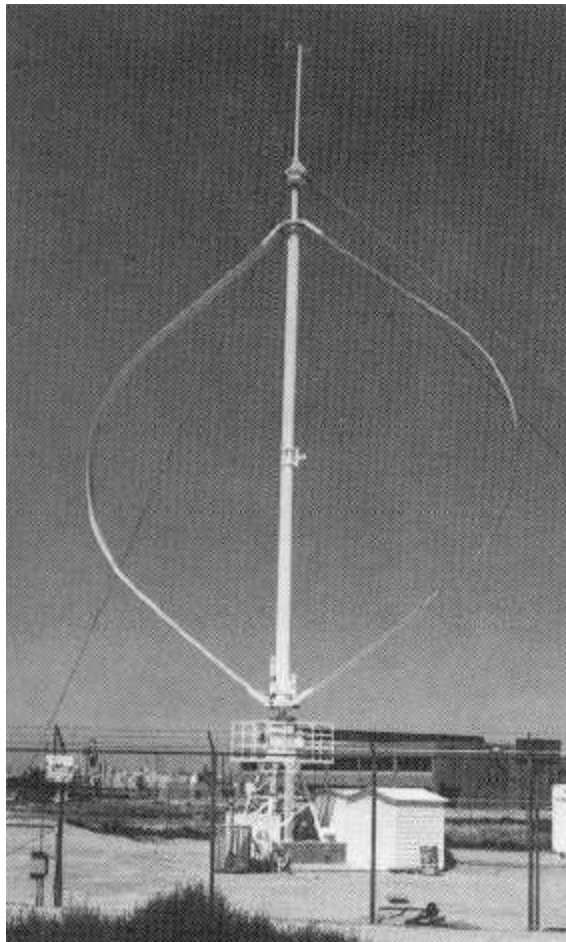
- ✚ **Πύργος:** Στηρίζει το κουβούκλιο και τα κινούμενα μέρη της. Ο πύργος θα πρέπει να είναι ψηλός, αφού οι ταχύτητες του ανέμου αυξάνονται όσο απομακρύνεται από το έδαφος, ενώ μια σύγχρονη ανεμογεννήτρια 5000 KW θα έχει έναν πύργο μεταξύ 80 και 130 μέτρων.
- ✚ **Μονάδα ψύξης:** Περιέχει ένα ηλεκτρικό ανεμιστήρα που χρησιμοποιείται για να ψύχει την ηλεκτρική γεννήτρια και μια μονάδα ψύξης με λάδι, η οποία χρησιμοποιείται για να ψύχει το λάδι στο κιβώτιο ταχυτήτων.
- ✚ **Υδραυλικό σύστημα:** Χρησιμοποιείται για να επαναφέρει τα αεροδυναμικά φρένα της ανεμογεννήτριας. <sup>[16]</sup>



*Εικόνα 11: Τα κατασκευαστικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας.*

Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα συμπίπτουν με αυτά των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα, με τη διαφορά ότι ο άξονας περιστροφής στις ανεμογεννητρίες κατακόρυφου άξονα είναι κάθετος στην επιφάνεια του εδάφους και τα περύγια της στηρίζονται και στρέφονται γύρω από τον σταθερό αυτό άξονα.

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι μόνο οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα εγκαθίσταται σε υπεράκτιες τοποθεσίες, καθώς παρουσιάζουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα.<sup>[16]</sup>

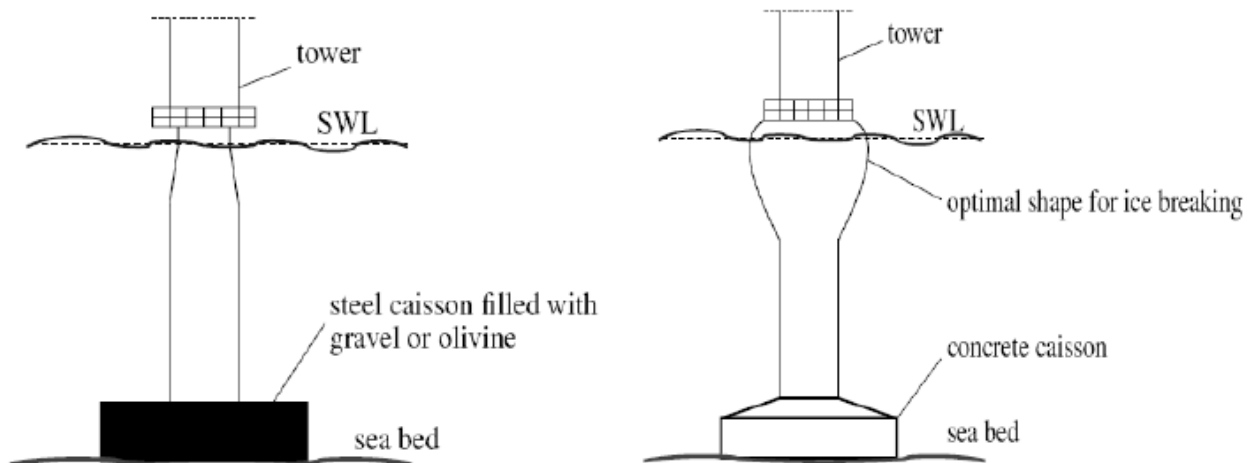


*Εικόνα 12: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.*

Η βασική στατική αρχή της θεμελίωσης των ανεμογεννητριών βασίζεται στο κατά πόσον μπορεί να διασφαλιστεί η σταθερότητα λόγω του μεγέθους και του βάθους των θεμελίων ή αν θα χρειαστεί να τοποθετηθούν επιπλέον ενίσχυσεις στον πυθμένα.

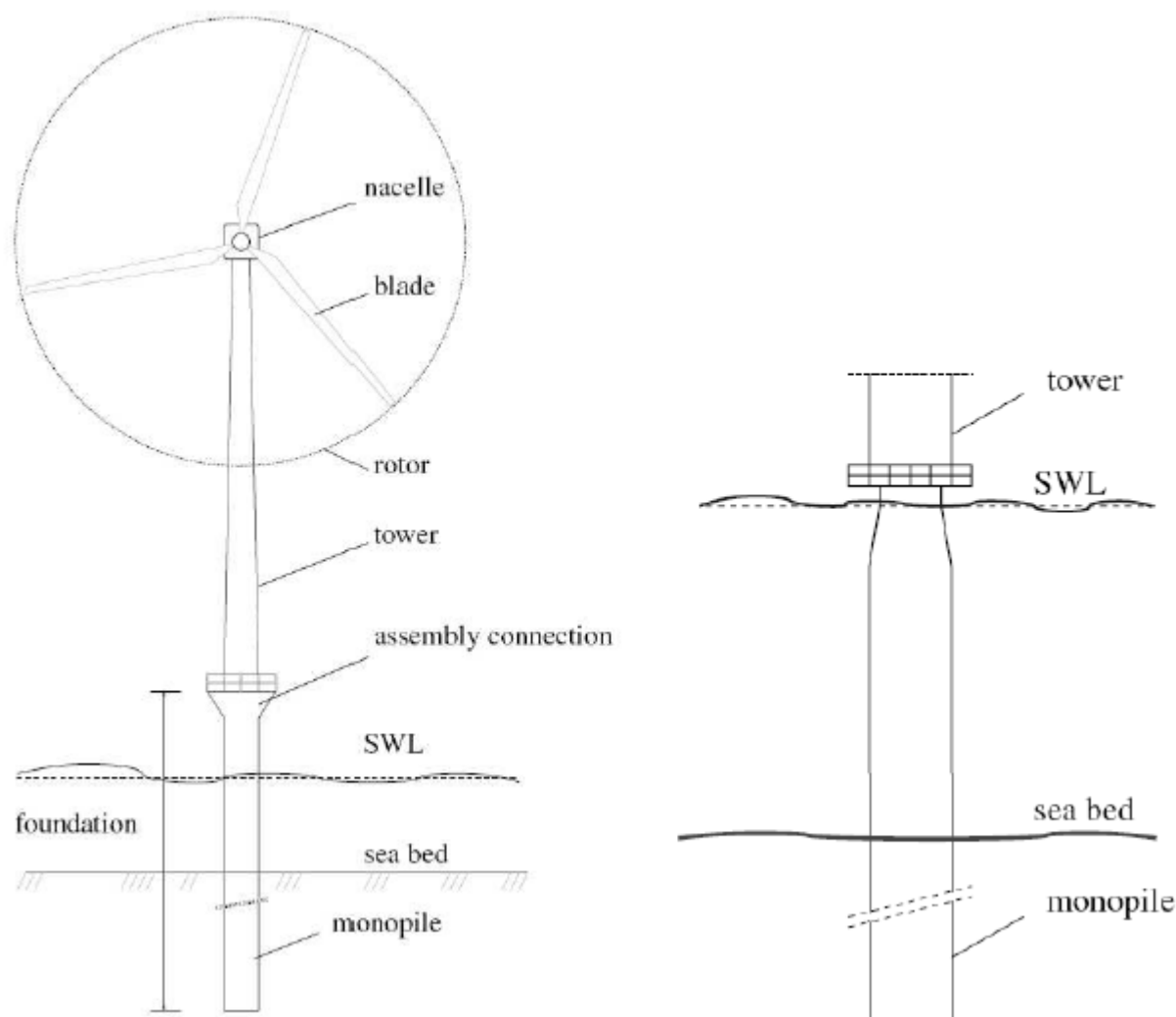
Πιο αναλυτικά, υπάρχουν τα εξής είδη θεμελίωσης:

✚ **Θεμελίωση βασισμένη στη βαρύτητα με κιβώτιο:** Χρησιμοποιείται για ρηγά νερά. Στη θεμελίωση αυτή ένα συγκεκριμένο κιβώτιο τοποθετείται στην ακτή, το οποίο συνήθως καλύπτεται από το νερό και αποκτά το επιθυμητό βάρος ανάλογα με το υλικό που το γεμίζουμε (άμμο ή χαλίκι). Η μάζα ενός τέτοιου κιβωτίου για μία ανεμογεννήτρια των 2 MW είναι περίπου 1500 τόνοι συν τη μάζα του υλικού που τοποθετείται σε αυτό. Χρησιμοποιούνται κιβώτια με σκυρόδεμα ή χάλυβα. Σε θαλάσσιες περιοχές με έντονη κίνηση πάγου, όπως στην περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας, το μέρος του πύργου που θα προεξέχει από το νερό θα πρέπει να έχει κωνικό σχήμα γιατί έχει καλύτερη αντοχή στην πίεση του πάγου. Τα κιβώτια θεμελίωσης αποτελούν την πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση για ρηγά νερά με λίγα μέτρα βάθος και μπορούν να αφαιρεθούν με ευκολία, αντίθετα από τα βαριά θεμέλια. Από την άλλη, το κόστος αυξάνεται με το τετράγωνο του βάθους του νερού και για το λόγο αυτό η χρήση τους περιορίζεται σε ένα μέγιστο βάθος νερού 10 μέτρων. Ένα ακόμη μειονέκτημα είναι ότι ο πυθμένας πρέπει να ισοπεδωθεί και να ενισχυθεί, δηλαδή χρειάζεται εκτεταμένη υποβρύχια εργασία.<sup>[17]</sup>



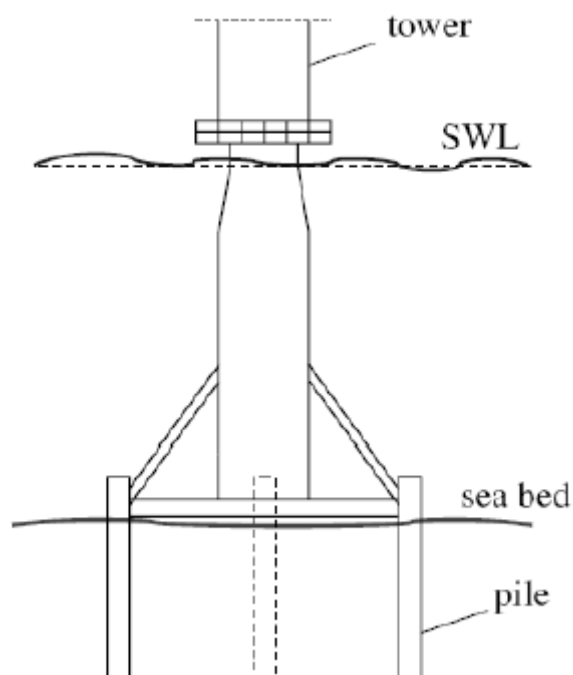
*Εικόνα 13: Κατασκευή έδρασης βαρύτητας με βάση από χάλυβα (αριστερά) και σκυρόδεμα (δεξιά).*

✚ **Θεμελίωση μονού πυλώνα:** Η θεμελίωση αυτή προτιμάται σε περιπτώσεις όπου οι εξωτερικές συνθήκες είναι κατάλληλες, κυρίως για λόγους κόστους. Μια τέτοια θεμελίωση δεν απαιτεί ουσιαστικά προετοιμασία του θαλάσσιου βυθού, όμως ο πυθμένας πρέπει να αποτελείται από άμμο ή χαλίκι, ώστε να αποφευχθεί η γεώτρηση, που είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Ανάλογα με το υπέδαφος ο πυλώνας από χάλυβα τοποθετείται μέσα στο έδαφος σε βάθος από 10 έως 20 μέτρα με ένα υδραυλικό σφυρί από μια πλατφόρμα. Από την πλευρά των χαρακτηριστικών δόνησης, η θεμελίωση μονού πυλώνα είναι σχετικά εύκαμπτη και έτσι αυτού του τύπου η έδραση προτείνεται για βάθος υδάτων μέχρι 25 μέτρα. <sup>[17]</sup>



*Εικόνα 14: Κατασκευή έδρασης μονού πυλώνα.*

- ✚ **Θεμελίωση σε πολλούς πυλώνες, τρίποδο:** Ένας κεντρικός σωλήνας χάλυβα που υποστηρίζεται από τρία πόδια ονομάζεται τρίποδο. Μια τέτοια θεμελίωση, ορισμένες φορές έχει επιπλέον στηρίγματα και μπορεί να σχεδιαστεί με ένα σχετικά μικρό βάρος και παράλληλα να έχει στιβαρή δομή. Επομένως, η θεμελίωση αυτή είναι κατάλληλη για μεγαλύτερα βάθη. Κατά κανόνα τα τρία πόδια υποστηρίζονται στον πυθμένα από ενταφιασμένους λεπτότερους σωλήνες χάλυβα (διαμέτρου 0,9 μέτρων περίπου), ενώ το βάθος του ενταφιασμού μπορεί να είναι μέχρι 20 μέτρα, ανάλογα με το υπέδαφος. Η σταθερότητα είναι πολύ υψηλή, ακόμη και σε ανώμαλο πυθμένα. Είναι δυνατόν το τρίποδο στη βάση του να αποτελείται από θεμελίωση βαρύτητας, κάτι που αποφεύγεται λόγω υψηλού κόστους. Το βασικό μειονέκτημα του τριπόδου είναι η υψηλή δαπάνη για την κατασκευή του στη στεριά και η μεταφορά του. Από την άλλη όμως, αποτελεί την καλύτερη λύση για μεγάλα βάθη. <sup>[17]</sup>



*Εικόνα 15: Κατασκευή έδρασης τρίποδα.*

- ✚ **Πλωτές εξέδρες:** Πλωτές εξέδρες στην ανοιχτή θάλασσα προτείνονται για την εγκατάσταση υπεράκτιων ανεμογεννητριών. Τέτοιες



πλατφόρμες είναι αγκυροβολημένες στον πυθμένα της θάλασσας, ενώ οι κατασκευές αυτές απαιτούνται για τη διατήρηση της ανεμογεννήτριας εντός μιας περιορισμένης περιοχής προκειμένου να παρέχεται η δυνατότητα ναυσιπλοΐας εντός της περιοχής και παράλληλα να αποφεύγονται τα ατυχήματα.<sup>[17]</sup>



*Εικόνα 16: Πλωτή εξέδρα.*

Η αιολική ενέργεια πρωταγωνιστεί στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και παρουσιάζει σημαντικές επενδυτικές δυνατότητες στην Ελλάδα. Το εξαιρετικά υψηλό αιολικό δυναμικό της χώρας κατατάσσεται μεταξύ των πλέον ελκυστικών στην Ευρώπη, με απόδοση πάνω από 8 μέτρα/δευτερόλεπτο ή/και 2,500 ώρες παραγωγής αιολικής ενέργειας, σε πολλά σημεία της χώρας.

Εκτιμάται ότι σήμερα λειτουργούν περίπου 1200 MW από αιολικά πάρκα και στόχος είναι να εγκατασταθούν γύρω στα 9.000 MW μέχρι το 2020.<sup>[11]</sup>

Το νομικό πλαίσιο της Ελλάδας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διασφαλίζει τις επενδύσεις στον κλάδο και έχει κερδίσει την εμπιστοσύνη μεγάλων επενδυτών. Μεταξύ των παγκόσμιων κολοσσών που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα είναι οι ισπανικές εταιρείες Endesa, σε συνεργασία με τον Όμιλο Μυτιληναίου, Iberdrola σε συνεργασία με τον Όμιλο Ρόκα,

Acciona και Gamesa. Επίσης, στην ελληνική αγορά δραστηριοποιούνται και οι γαλλικές EDF και Veolia, η ιταλική Enel και οι γερμανικές WPD και WRE, οι οποίες προσβλέπουν στη συνέχιση της ανάπτυξης τους στο χώρο. <sup>[18]</sup>

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να αναπτυχθούν στην Ελλάδα σε ανταγωνιστικές τιμές και στόχος είναι η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να φτάσει το 29% μέχρι το 2020. Δεδομένου ότι ο στόχος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί συμβατική υποχρέωση της χώρας που απορρέει από τους σχετικούς κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι επενδυτές έχουν τη δυνατότητα να διασφαλίσουν σταθερούς και μακροχρόνιους στόχους στην ελληνική αγορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. <sup>[11]</sup>

## **2.2 Σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική ενέργεια**

Η πρώτη ευρεσιτεχνία για την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας χρονολογείται το 1799, ενώ πλήθος άλλων τεχνολογιών επινοήθηκε και λειτούργησε σε μικρή κλίμακα μέχρι τα μέσα του περασμένου αιώνα. Συντονισμένη έρευνα όμως στον τομέα αυτό ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1970, μετά την μεγάλη πετρελαϊκή κρίση, όταν διάφορες χώρες της Δυτικής Ευρώπης ξεκίνησαν εντατικές έρευνες για την ανάπτυξη τεχνολογιών εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας. Οι χώρες οι οποίες μπόρεσαν να λειτουργήσουν επιτυχώς τα συστήματα εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας είναι η Ιαπωνία και η Μεγάλη Βρετανία. <sup>[19]</sup>

Η κυματική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και για αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται ιδιαίτερα σημαντικές προσπάθειες για τη βελτίωση των τεχνολογιών που μπορούν να αυξήσουν την απόδοση αυτών των ενεργειακών συστημάτων. Τα εμπόδια που θα πρέπει να υπερνικηθούν για την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας περιλαμβάνουν το αντίξοο περιβάλλον που πρέπει να εγκατασταθεί ο εξοπλισμός, καθώς τα ακραία καιρικά φαινόμενα απαιτούν εξοπλισμό που αντέχει σε μηχανικές καταπονήσεις. Επομένως, το κατασκευαστικό κόστος των συστημάτων εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλό. <sup>[20]</sup>



*Εικόνα 17: Παγκόσμιος χάρτης κυματικής ενέργειας.*

Υπάρχουν δυο συστήματα εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων, οι παράκτιες εγκαταστάσεις και οι θαλάσσιες εγκαταστάσεις.

Πιο αναλυτικά, οι παράκτιες εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν μια συσκευή υπερχειλίσης, η οποία αποτελείται από ένα κανάλι το οποίο στενεύει στο επάνω μέρος του και έτσι αυξάνεται το ύψος των κυμάτων που εισέρχονται σε αυτό. Στο επάνω μέρος του καναλιού είναι εγκατεστημένη μια δεξαμενή η οποία γεμίζει με νερό καθώς το κύμα εισέρχεται στο κανάλι, το οποίο διοχετεύεται ξανά στη θάλασσα αφού πρώτα περάσει από έναν υδροστρόβιλο για να παραχθεί η απαραίτητη ενέργεια.

Στις θαλάσσιες εγκαταστάσεις υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανών που μετατρέπουν την ενέργεια των κυμάτων σε ηλεκτρική. Οι σημειακοί απορροφητήρες επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας και μετατρέπουν την καθ' ύψος κίνησή τους μέσω υδραυλικών ή μηχανικών συστημάτων, σε γραμμική κίνηση ή περιστροφική για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών.<sup>[20]</sup>

Άλλο σύστημα περιλαμβάνει τις υποβρύχιες συσκευές διαφορικής υδροστατικής πίεσης. Στην περίπτωση αυτή ο εξοπλισμός είναι εγκατεστημένος κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκμεταλλεύεται την μεταβαλλόμενη υδροστατική πίεση κάτω από τους κυματισμούς. Τα κύματα ταξιδεύουν μέσα από τους σωλήνες προκαλώντας τους ταλάντωση και ένα υδραυλικό σύστημα εκμεταλλεύεται αυτή την κίνηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.<sup>[20]</sup>

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η κυματική ενέργεια εκμεταλλεύεται διαφορετικούς τύπους θαλάσσιας ροής, όπως τις παλίρροιες, τα ρεύματα, κ.ά, και η πιθανή ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε να αγγίζει τις 120.000 TWh.<sup>[21]</sup>

Σύμφωνα με έρευνες η κυματική ενέργεια μπορεί να καλύψει το 10% της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια στην Ευρώπη έως το 2030. Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η κυματική ενέργεια έχει μηδενικές εκπομπές προϊόντων καύσης και δεν εξαρτάται από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα. Ακόμη, ένα άλλο πλεονέκτημα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική είναι η παραγωγή μεγάλης πυκνότητας ενέργειας με μικρή οπτική όχληση, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου οι συσκευές εγκαθίστανται σε απόσταση που είναι ορατές από την ακτή.

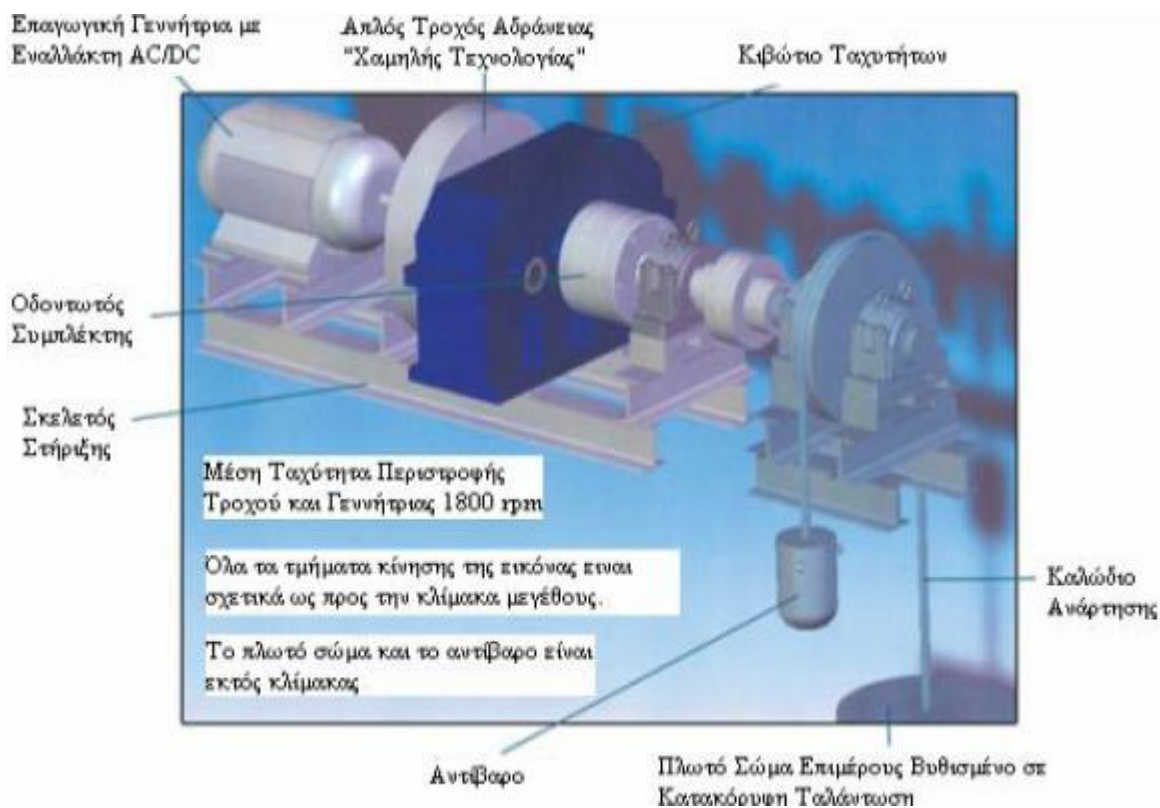
Σήμερα, υπάρχουν πέντε ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες λειτουργούν μονάδες ισχύος 250 MW συνολικά, ενώ τρεις ακόμη χώρες έχουν ξεκινήσει να εγκαθιστούν νέες μικρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική.<sup>[21]</sup>

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι πολλών ειδών. Εκτός από αυτές τις συσκευές που σχεδιάζονται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου, υπάρχουν πολλές συσκευές, που χρησιμοποιούν ως ενδιάμεσο προϊόν το θαλασσινό νερό υπό πίεση. Αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον ελληνικό χώρο, καθώς το προϊόν αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα σε διαδικασίες αφαλάτωσης και παροχής γλυκού νερού κατάλληλου προς χρήση σε νησιωτικές και μη περιοχές, όπου υπάρχει έλλειψη γλυκού νερού.<sup>[20]</sup>

Ένα σύστημα κυματικής ενέργειας μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο στον ωκεανό και να παράγει ενέργεια, μπορεί να είναι αγκυρωμένο στο πυθμένα ή πλωτό ανοιχτά της θάλασσας ή εγκαταστημένο στα παράλια ή στα ρηχά νερά. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί επίσης να είναι ολικά βυθισμένο στο νερό ή να είναι τοποθετημένο πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια σε μια πλωτή πλατφόρμα.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από τα κύματα, αλλά μια από τις αποτελεσματικότερες λειτουργεί όπως μια μηχανή κυμάτων πισινών. 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 τοποθετούν μία τουρμπίνα, η οποία γυρίζει με την κίνηση του αέρα μέσα-έξω, με αποτέλεσμα η τουρμπίνα να λειτουργεί ως γεννήτρια. Το σύστημα εκμεταλλεύεται την ταχύτητα του κύματος, το ύψος, το βάθος και τη

ροή κάτω από το κύμα που πλησιάζει, παράγοντας κατά συνέπεια την ενέργεια αποτελεσματικότερα και φθηνότερα από άλλα θαλάσσια κύματα και τις υπόλοιπες τεχνολογίες. [20]



**Εικόνα 18: Τα βασικά τμήματα του συστήματος μετατροπής της κυματικής ενέργειας ενός πλωτού σώματος.**

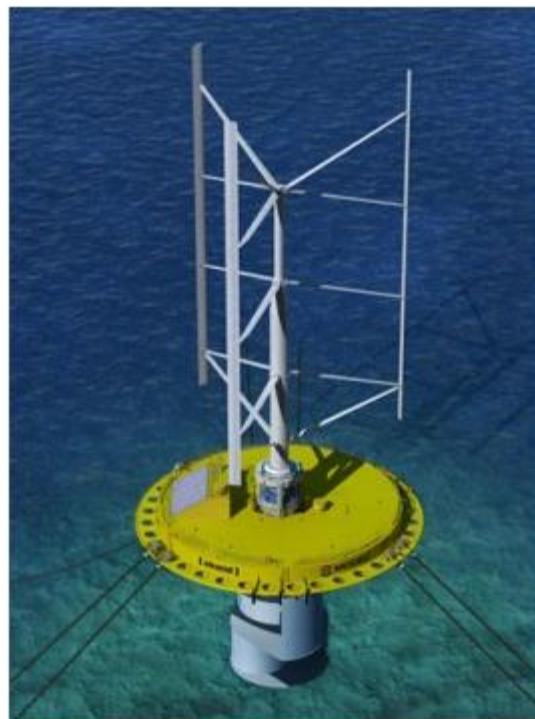
Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση τεχνολογιών κυματικής ενέργειας, όπως ακουστική ή οπτική ενόχληση, επιπτώσεις σε χλωρίδα και πανίδα, παρενόχληση της ναυσιπλοΐας κ.ά., θεωρούνται ήπιες. Επίσης, η οπτική ενόχληση, καθώς και οι παρεμβάσεις στο περιβάλλον, ενδεχομένως να αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για παράκτιες εγκαταστάσεις.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα τεχνολογιών κυματικής ενέργειας αφορούν την αξιοπιστία τους και το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος. Η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα των κυμάτων συνεπάγεται μεγάλες επιβαρύνσεις στην περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων. Αυτό απαιτεί υψηλό βαθμό μηχανικής αντοχής των κατασκευών, με αποτέλεσμα μεγάλο κατασκευαστικό κόστος. Επιπλέον, η δυσπροσιτότητα υπεράκτιων ή υποβρύχιων εγκαταστάσεων δυσκολεύει τον έλεγχο, την συντήρηση ή την επισκευή τους και αυξάνει το λειτουργικό κόστος. [20]

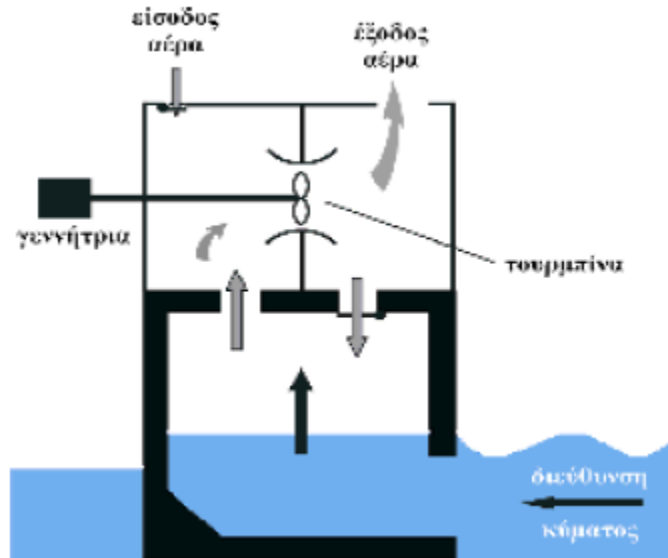
Σύμφωνα με τα νεότερα δεδομένα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική, η Περιφέρεια Πελοποννήσου είχε έρθει σε επαφή με την σουηδική εταιρεία Hexicon, η οποία αναπτύσσει πλωτές μονάδες εκμετάλλευσης της αιολικής και της κυματικής ενέργειας.<sup>[22]</sup>

Αντίστοιχες τεχνολογίες αναπτύσσουν και οι Ιάπωνες της εταιρείας *Mitsui*, οι οποίοι δρομολογούν την κατασκευή μιας υβριδικής μονάδας αιολικής και κυματικής ενέργειας στα ανοιχτά των ιαπωνικών ακτών, χωρίς να έχει προσδιοριστεί η ακριβής τοποθεσία.

Η εταιρεία αναπτύσσει ένα υβριδικό σύστημα αιολικής και κυματικής ενέργειας που συνδυάζει μια πλωτή ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα και μια υποθαλάσσια γεννήτρια που παράγει ενέργεια από τα ωκεάνια ρεύματα. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομούνται υλικά και παράγεται διπλάσια ενέργεια σε σύγκριση με τις συμβατικές υπεράκτιες ανεμογεννήτριες ή συστήματα κυματικής ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες αυτές θα έχουν ύψος 47 μέτρα, ενώ οι υποθαλάσσιες γεννήτριες διάμετρο 15 μέτρα. Οι πρώτες δοκιμές θα λάβουν χώρα στη θαλάσσια περιοχή της Ιαπωνίας εντός του τρέχοντος έτους, ενώ η κατασκευάστρια εταιρεία ισχυρίζεται ότι κάθε υβριδική γεννήτρια θα μπορεί να ηλεκτροδοτεί 300 νοικοκυριά ετησίως.<sup>[22]</sup>



**Εικόνα 19: Υβριδική μονάδα αιολικής-κυματικής ενέργειας.**



*Εικόνα 20: Απεικόνιση λειτουργίας της υβριδικής μονάδας αιολικής-κυματικής ενέργειας.*

Μια άλλη σύγχρονη τεχνολογία ονομάζεται CETO από τη δευτερεύουσα θεότητα της ελληνικής μυθολογίας Κητώ και ανήκει στην Carnegie Wave Energy Limited.

Σύμφωνα με την εταιρία η τεχνολογία αυτή αντί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια στη θάλασσα και να τη στέλνει στην ακτή, υπόσχεται ηλεκτρισμό χωρίς εκπομπές ρύπων και αφυαλατωμένο, πόσιμο νερό.

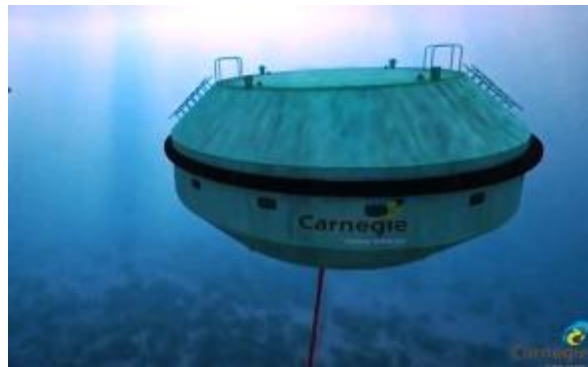
Η πρώτη πιλοτική μονάδα ισχύος δύο Μεγαβάτ κοντά στο Περθ της Αυστραλίας θα είναι η πρώτη κυματική μονάδα αφυαλάτωσης στον κόσμο.

Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία CETO διαφέρει από τα υπόλοιπα συστήματα κυματικής ενέργειας, καθώς λειτουργεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και αγκυροβολείται στον πυθμένα. Τελείως βυθισμένοι σημαντήρες είναι προσδεδεμένοι με αντλίες βυθού, ενώ οι σημαντήρες κινούνται με την μετατόπιση των κυμάτων και τροφοδοτούν τις αντλίες. Οι αντλίες συμπυκνώνουν νερό το οποίο διοχετεύεται στη στεριά μέσω ενός υποθαλάσσιου αγωγού. Εκεί, το νερό υπό υψηλή πίεση χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία υδροηλεκτρικών γεννητριών παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια μηδενικών ρύπων. Το ίδιο νερό χρησιμοποιείται σε μια μονάδα αφυαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης αντικαθιστώντας της ρυπογόνες αντλίες υψηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται σε αντίστοιχες μονάδες.<sup>[22]</sup>

Το σύστημα CETO είναι περιβαλλοντικά φιλικό, με ελάχιστο αντίκτυπο στο θαλάσσιο τοπίο καθότι βυθισμένο, ενώ επίσης προστατεύεται από καταιγίδες και μεγάλα κύματα. Σε μια

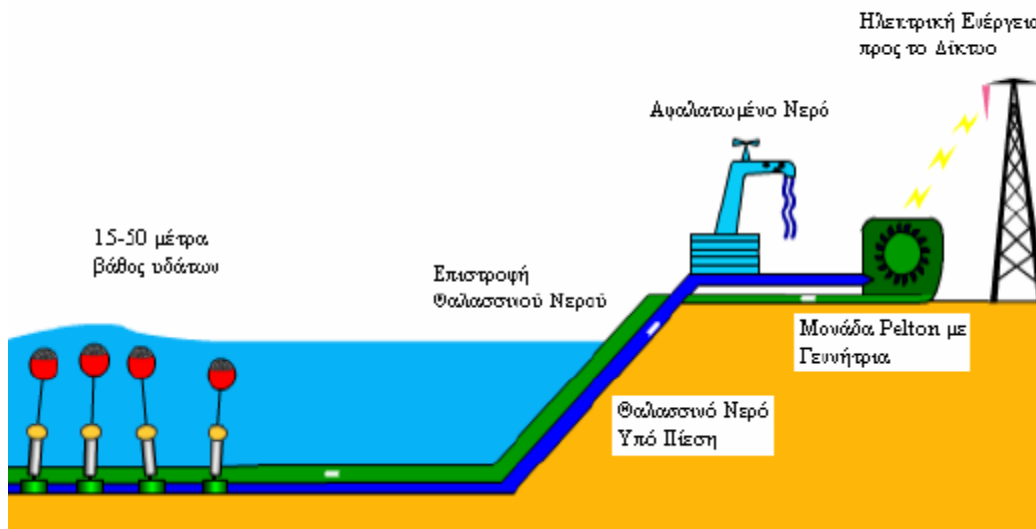
μοναδική συστοιχία μπορούν να συνδεθούν πολλές μονάδες καθιστώντας το προσαρμόσιμο σε μεγαλύτερες ανάγκες.

Σύμφωνα με την εταιρεία, το σύστημα είναι ο πλέον αποδοτικός και οικονομικός τρόπος αφαλάτωσης μέσω κυματικής ενέργειας, καθώς δεν απαιτεί τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας στη στεριά και τη μετατροπή της σε μηχανική για την άντληση. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται απώλειες στην αποδοτικότητα και επιπρόσθετα κίση για εξοπλισμό και συντήρηση.<sup>[22]</sup>



*Εικόνα 21: Τεχνολογία CETO.*

**ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ**



*Εικόνα 22: Τα βασικά τμήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αφαλατωμένου νερού από μετατροπείς CETO.*



## 2.3 Σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την παλιρροιακή ενέργεια

Ένα από τα πιο μυστηριώδη και εντυπωσιακά φαινόμενα που παρατηρούμε στη Γη είναι οι παλίρροιες, όπου η στάθμη των νερών στις λίμνες και στις θάλασσες ανεβαίνει και κατεβαίνει περιοδικά, με διάρκεια 24 ώρες 50' και 28''.

Στους ωκεανούς η άνοδος της στάθμης φτάνει μέχρι και το ένα μέτρο, ενώ σε στενούς κόλπους είναι ακόμα μεγαλύτερη. Γενικά η ένταση με την οποία εκδηλώνεται το φαινόμενο είναι διαφορετική στις διάφορες περιοχές της Γης και εξαρτάται και από τη διαμόρφωση των ακτών.<sup>[23]</sup>

Οι παλίρροιες οφείλονται στη βαρυτική έλξη που ασκεί η Σελήνη και ο Ήλιος στους ωκεανούς της Γης. Η Σελήνη και ο Ήλιος έλκουν ισχυρότερα τους ωκεανούς που βρίσκονται πιο κοντά τους, λιγότερο ισχυρά το κέντρο της Γης και ακόμα λιγότερο τους ωκεανούς της απομακρυσμένης πλευράς. Με αυτόν τον τρόπο οι ωκεανοί τείνουν να διογκώνονται στην πλησιέστερη πλευρά, επειδή το νερό έλκεται περισσότερο και τείνει να απομακρυνθεί από τη Γη. Επίσης, εξογκώνονται και τα νερά που βρίσκονται στην απομακρυσμένη πλευρά της, καθώς η Γη έλκεται ισχυρότερα από ότι, τα νερά αυτής της πλευράς, και τείνει έτσι να απομακρυνθεί από αυτά.<sup>[23]</sup>

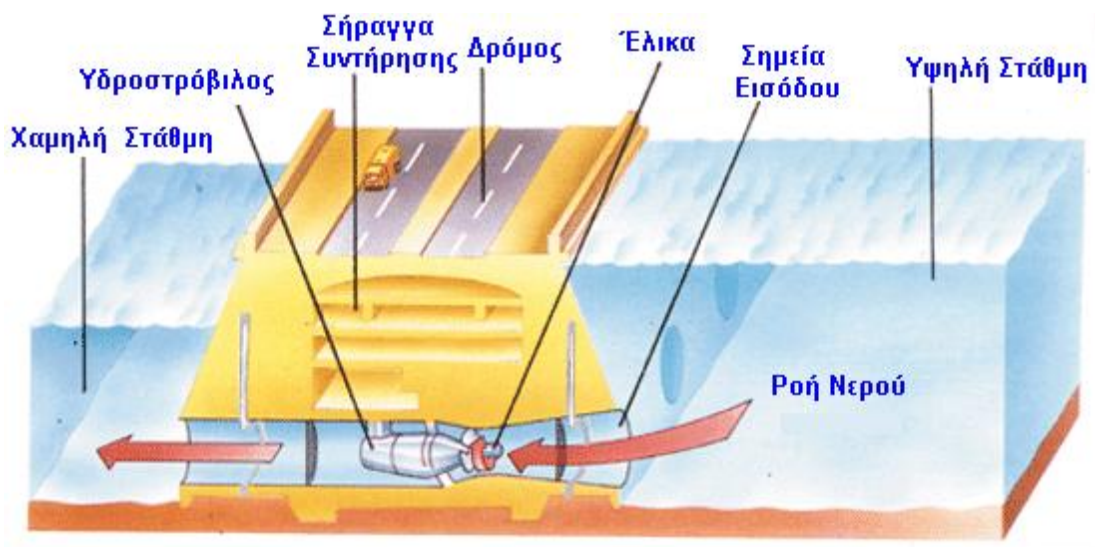
Το παλιρροιακό εύρος φτάνει το 1 μέτρο, ενώ στη Μεσόγειο τα 60 εκατοστά. Αξιοποιήσιμες παλίρροιες είναι εκείνες που η μεταβολή της στάθμης υπερβαίνει το 1,5 μέτρο και συνήθως τέτοιες εγκαταστάσεις κατασκευάζονται κοντά σε όρμους, κόλπους ή σε σημεία που μπορεί να κατασκευαστεί ένα φράγμα ή μια δεξαμενή.<sup>[23]</sup>

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι παρόμοια με αυτή των παράκτιων εγκαταστάσεων της αξιοποίησης των κυμάτων, με την κίνηση υδροστρόβιλων και γεννητριών. Η κατακόρυφη άνοδος και πτώση της στάθμης των υδάτων προκαλεί επίσης την οριζόντια κίνηση υδάτινων μαζών, φαινόμενο που ονομάζεται παλιρροιακό ρεύμα.

Η παραγωγή ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση της δυναμικής αυτής ενέργειας του νερού. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε τα υποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Επομένως, τα πιο κατάλληλα σημεία για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών.<sup>[23]</sup>

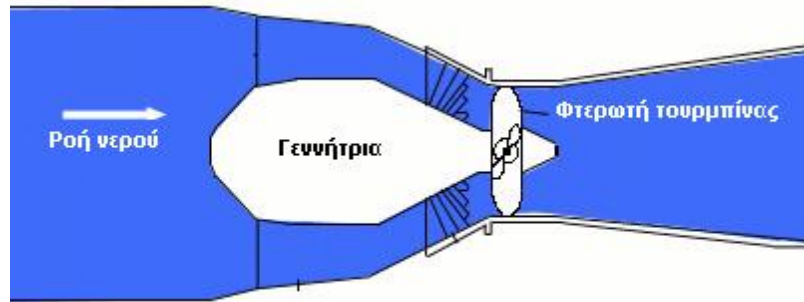
Ο τρόπος παραγωγής ηλεκτρισμού από τις παλίρροιες μοιάζει πολύ με αυτόν της υδροηλεκτρικής ενέργειας με τη διαφορά ότι το νερό κινείται σε δύο κατευθύνσεις, ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην κατασκευή γεννητριών.

Το πιο απλό σύστημα παραγωγής ενέργειας από παλίρροιες είναι το Σύστημα Φράγματος, το οποίο περιλαμβάνει ένα φράγμα στην εκβολή ενός ποταμού. Κάποιες θύρες στο φράγμα επιτρέπουν την είσοδο θαλασσινού νερού στη δεξαμενή που σχηματίζεται πίσω από το φράγμα. Η κίνηση του νερού προς τη δεξαμενή κατά την άνοδο της παλίρροιας και από την δεξαμενή κατά την άμπωτη κινεί τουρμπίνες και γεννήτριες, οι οποίες παράγουν ηλεκτρισμό. [20]



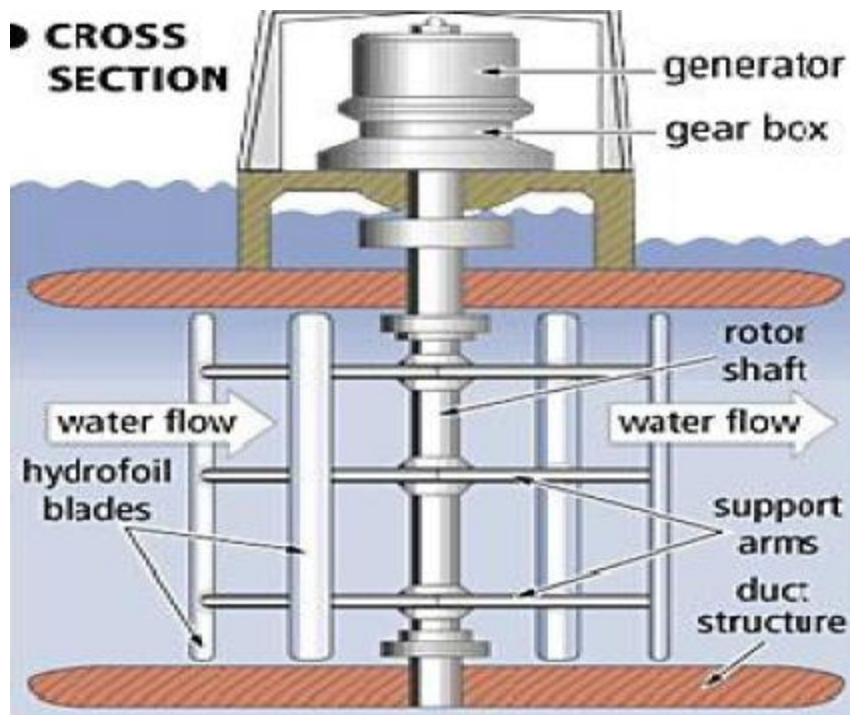
*Εικόνα 23: Σύστημα φράγματος.*

Επιπλέον, υπάρχουν πολλά είδη τουρμπίνας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από παλίρροιες. Παράδειγμα αποτελεί η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος LaRance κοντά στο StMalo στις ακτές της Βρετανίας στη Γαλλία. Η μονάδα αυτή χρησιμοποιεί τουρμπίνα στην οποία το νερό περνάει γύρω από αυτή καθιστώντας έτσι δύσκολη την πρόσβαση και τη συντήρησή της. [20]



*Εικόνα 24: Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρικού ρεύματος StMalo στη Γαλλία.*

Αρκετά προγράμματα εκμετάλλευσης της παλιρροιακής ενέργειας στην Μεγάλη Βρετανία προτείνουν τη χρήση κυλινδρικών τουρμπίνων, όπου η φτερωτή συνδέεται μέσω ενός μεγάλου άξονα με κάποια κλίση με τη γεννήτρια, έτσι ώστε η πρόσβαση και η συντήρηση να είναι εύκολη.<sup>[20]</sup>



*Εικόνα 25: Παλιρροϊκές τουρμπίνες. generator (γεννήτρια), gear box (κιβώτιο ταχυτήτων), rotor shaft (άξονας περιστροφής), support arm (βραχίονας στήριξης), hydrofoil blades (μεταλλικές λεπίδες), duct structure (δομικός αγωγός).*

Η διεργασία μετατροπής της ενέργειας των παλιρροιακών ρευμάτων είναι παρόμοια στις βασικές αρχές της με τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Πολλές από τις προτεινόμενες διατάξεις μοιάζουν αρκετά με τις ανεμογεννήτριες.

Ο μετασχηματισμός της ενέργειας μέσω ενός μετατροπέα ενέργειας παλιρροιακού ρεύματος περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα:

- ✚ Ο ρότορας του στρόβιλου κινείται από το ρεύμα, μετατρέποντας την ενέργεια των ρευμάτων σε περιστροφική ενέργεια του άξονα.
- ✚ Το κιβώτιο ταχυτήτων μετατρέπει τη χαμηλή ταχύτητα περιστροφής του άξονα του στρόβιλου στην επιθυμητή ταχύτητα του άξονα της γεννήτριας.
- ✚ Η γεννήτρια μετατρέπει την ενέργεια του άξονα σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μεταφέρεται στην ακτή μέσω ενός υποβρύχιου καλωδίου επί του βυθού.<sup>[20]</sup>

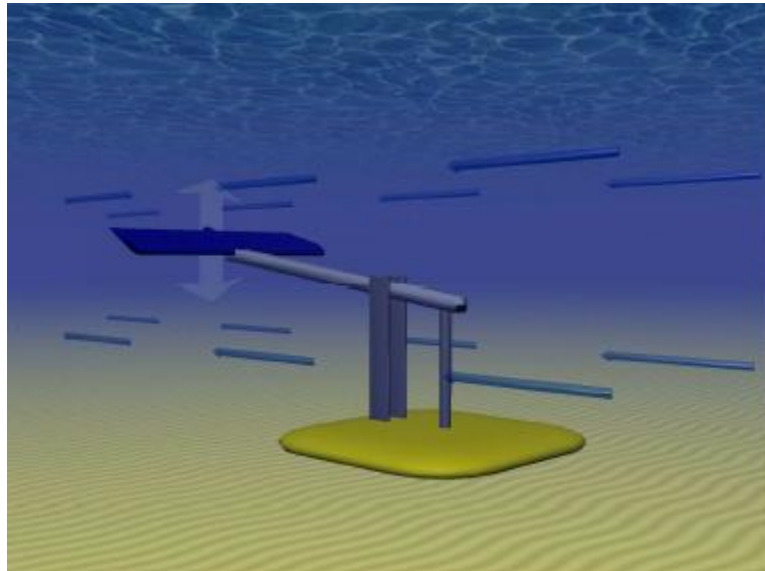
Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την παλιρροιακή περιλαμβάνει τους παλιρροιακούς στρόβιλους οριζόντιου άξονα, τους παλιρροιακούς στρόβιλους κατακόρυφου άξονα, τις παλινδρομικές διατάξεις και τις διατάξεις τύπου Venturi.<sup>[20]</sup>

Οι παλιρροιακοί στρόβιλοι οριζόντιου άξονα λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως και οι συμβατικές ανεμογεννήτριες και μερικές μοιάζουν πάρα πολύ με αυτές στο σχεδιασμό τους. Ένας στρόβιλος τοποθετείται σε παλιρροιακό ρεύμα, το οποίο αναγκάζει το στρόβιλο να περιστραφεί και να παράγει ηλεκτρισμό. Μερικοί στρόβιλοι μπορεί επίσης να εσωκλείονται σε αγωγό - περίβλημα για τη δημιουργία αποτελεσμάτων δευτερεύουσας ροής μέσω της συγκέντρωσης της ροής και πρόκλησης διαφορικής πίεσης.<sup>[24]</sup>

Αντίστοιχα, οι στρόβιλοι κατακόρυφου άξονα στηρίζονται στην ίδια αρχή με τους στρόβιλους οριζόντιου άξονα, με διαφορετική όμως φορά περιστροφής. Ο στρόβιλος τοποθετείται σε παλιρροιακό ρεύμα, το οποίο αναγκάζει το στρόβιλο να περιστραφεί και να παράγει ηλεκτρισμό.<sup>[24]</sup>

Όσον αφορά τις παλινδρομικές διατάξεις, είναι εξοπλισμένες με υδροπτερύγια τα οποία κινούνται μπρος και πίσω στο κάθετο προς το παλιρροιακό ρεύμα επίπεδο, αντί για περιστρεφόμενα πτερύγια. Η κίνηση ταλάντωσης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού οφείλεται στην άνωση που δημιουργείται από το παλιρροιακό ρεύμα που ρέει από τις δύο πλευρές της πτέρυγας. Υπάρχει μια σχεδίαση που χρησιμοποιεί πιστόνια για την

τροφοδοσία υδραυλικού κυκλώματος που κινεί ένα σύστημα υδραυλικού κινητήρα και γεννήτριας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. [24]



**Εικόνα 26: Παλινδρομικές διατάξεις.**

Στις διατάξεις τύπου Venturi, η παλιρροιακή ροή οδηγείται μέσα από έναν αγωγό ο οποίος συγκεντρώνει τη ροή και δημιουργεί διαφορά πίεσης. Αυτό προκαλεί μια δευτερογενή ροή του ρευστού μέσω ενός στροβίλου, κινώντας έτσι έναν αεροστρόβιλο. [24]

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την παλιρροιακή ενέργεια έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά όμως η κατασκευή δεξαμενών στις εκβολές ποταμών μπορεί να αυξήσει το ιζήμα και τη θολερότητα του νερού στη δεξαμενή. Επιπλέον, θα μπορούσε να έχει επιπτώσεις στη ναυσιπλοΐα και τον τουρισμό, αφού το βάθος της θαλάσσιας περιοχής θα μειωθεί λόγω αύξησης του ιζήματος.

Τέλος, το σημαντικότερο πρόβλημα που θα μπορούσε να δημιουργήσει μια τέτοια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι οι επιπτώσεις στην πανίδα και χλωρίδα της περιοχής. [20]

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν οριστεί ως οι ενεργειακές πηγές οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Αποτελούν την πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί στη χρήση των ορυκτών καυσίμων, είναι πρακτικά ανεξάντλητες και η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.

Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών έγινε πιο έντονο την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού.

Τα τελευταία χρόνια από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διαδραματίζουν όλο και περισσότερο κεντρικό ρόλο στην πολιτική της Ελλάδας για την παραγωγή ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές αποτελούν περίπου 5% της ηλεκτρικής παραγωγής, εάν αφαιρέσουμε το 5% των υδροηλεκτρικών σταθμών, ενώ η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά ένα πέμπτο έως το 2020 αν οι καταναλωτές αλλάξουν τις συνήθειές τους και αν αξιοποιηθούν πλήρως οι τεχνολογίες που συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Θεωρητικά μπορούν να παραχθούν 53.000 TWh ανά έτος από αιολικές εγκαταστάσεις σε όλο τον πλανήτη, ενώ εκτιμάται ότι σήμερα λειτουργούν περίπου 1200 MW από αιολικά πάρκα και στόχος είναι να εγκατασταθούν γύρω στα 9.000 MW μέχρι το 2020.

Όσον αφορά την κυματική ενέργεια τα τελευταία χρόνια γίνονται ιδιαίτερα σημαντικές προσπάθειες για τη βελτίωση των τεχνολογιών που μπορούν να αυξήσουν την απόδοση αυτών των ενεργειακών συστημάτων. Υπάρχουν όμως πολλά εμπόδια που θα πρέπει να ξεπεραστούν για την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας, όπως το αντίξοο περιβάλλον που πρέπει να εγκατασταθεί ο εξοπλισμός και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, τα οποία αυξάνουν κατά πολύ το κατασκευαστικό κόστος των συστημάτων εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας.

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι διεξάγεται έρευνα για την αξιοποίηση της θαλάσσιας ενέργειας σε αρκετές χώρες ανά τον κόσμο. Οι τεχνολογίες μετατροπής και αξιοποίησης της θαλάσσιας ενέργειας δεν έχουν ακόμα εξελιχθεί σε βαθμό που να παράγουν ορατά αποτελέσματα για εμπορική χρήση εξαιτίας των δύσκολων και απρόβλεπτων συνθηκών υπό τις οποίες οι εν λόγω τεχνολογικές μέθοδοι πρέπει να λειτουργήσουν.

Ωστόσο, οι πρόσφατες ανακαλύψεις και η πρόοδος φέρνουν αυτές τις τεχνολογίες ολοένα και πιο κοντά στην αγορά. Πρόκειται για διάφορες τεχνολογίες, που στοχεύουν στην αξιοποίηση των ταλαντώσεων των κυμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Συμπερασματικά, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι έχουν γίνει σημαντικά βήματα στην ανάπτυξη τεχνολογιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική, την κυματική και την παλιρροιακή ενέργεια. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να γίνουν ακόμη πολλές έρευνες για τη βελτίωση της απόδοσης αυτών των συστημάτων και την ελάττωση των μειονεκτημάτων τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]: Καλκάνης Γ., (1997), *Η ενέργεια και οι πηγές της: Τι, πώς, γιατί*, ΚΑΠΕ / Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα.
- [2]: Μαυρογιάννης Ι., (2008), *Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα*, ΚΑΠΕ.
- [3]: Δρής Μ., (1996), *Ενέργεια (πηγές-εφαρμογές-εναλλακτικές λύσεις)*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.
- [4]: Παπαδόπουλος Μ., (1997), *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.
- [5]: Πεκόπουλος Δ., (2000), *Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα και Δ. Μακεδονία - Πηγές, μέσα, στόχοι*, ANKO / Κοζάνη.
- [6]: Καλδέλλης Ι.Κ., (2005), *Διαχείριση Αιολικής Ενέργειας*, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- [7]: Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E., (2008), *Wind Energy Handbook*, John Wiley & Sons. London.
- [8]: Μπεργελές Γ., (2005), *Ανεμοκινητήρες*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.
- [9]: Παπαθανασίου Σ., (2008), *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Σημειώσεις παραδόσεων, ΕΜΠ.
- [10]: Βατάλης Χ., (2007), *Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα.
- [11]: Αλεξάκης Α., (2010), *Αιολική Ενέργεια – Φύση και Πολιτισμός*, Εκδόσεις Πατάκη.
- [12]: Μαμάσης Ν., (2010). Σημειώσεις Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία Αιολική ενέργεια. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- [13]: EWEA, (2011). EU Energy Policy to 2050: Achieving 80-95% emissions reductions. Report by the European Wind Energy Association. European Wind Energy Association.



- [14]: Καζαντζίδης Α., (2009). Σημειώσεις για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Περιβαλλοντική Φυσική, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- [15]: Κωλέτσος Ι., (2007). Το αιολικό δυναμικό σε περιοχές του Νομού Ιωαννίνων, 5<sup>ο</sup> Διεπιστημονικό, Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.,Ε. του Ε.Μ.Π. "Παιδεία, Έρευνα, Τεχνολογία. Από το Χθεσ στο Αύριο", Μέτσοβο, 27-30 Σεπτεμβρίου 2007.
- [16]: Lehmann, L. (2007). *Wave Propagation in Infinite Domains With Applications to Structure Interaction*. Springer.
- [17]: Hau, E. (2006). *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. (2nd edition), Springer.
- [18]: Καλδέλλης, Ι.Κ., (2005), *Διαχείριση Αιολικής Ενέργειας*, Εκδόσεις Σταμούλη.
- [19]: Λεμονής Γ., (2002). Κυματική Ενέργεια στην Ευρώπη Εθνικές Δραστηριότητες και Προοπτικές Αξιοποίησης Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Πικέρμι.
- [20]: [www.aquaret.com](http://www.aquaret.com)
- [21]: Clement A., McCullen P., Falcao A., Fiorentino A., Gardner F., Hammarlund K., Lemonis G., Lewis T., Nielsen K., Petroncini S., Pontes T., Schild P., Sjostrom B., Sorensen H. C., Thorpe T., (2002). Wave energy Utilization in Europe: Current Status and Perspectives. European Thematic Network on Wave Energy, Centre for Renewable Energy Sources.
- [22]: <http://www.econews.gr/2013/05/15/aioliki-kymatiki-energeia-iaponia99967>
- [23]: [http://www.amscrib.com/images/file/File\\_157.pdf](http://www.amscrib.com/images/file/File_157.pdf)
- [24]: [http://www.emec.org.uk/tidal\\_devices.asp](http://www.emec.org.uk/tidal_devices.asp)

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	6
1.1 Μορφές Πηγών Ενέργειας .....	6
1.1.1 Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	6
1.1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	8
1.2 Είδη ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.....	10
1.2.1 Αιολική ενέργεια.....	10
1.2.2 Ηλιακή ενέργεια.....	11
1.2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	13
1.2.4 Βιομάζα.....	15
1.2.5 Γεωθερμική ενέργεια .....	18
1.2.6 Ενέργεια κυμάτων.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	23
2.1 Σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια.....	24
2.2 Σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική ενέργεια .....	34
2.3 Σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την παλιρροιακή ενέργεια.....	41
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	48