

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΑΝΕΜΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΨΥΞΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ»**

**ΝΤΟΝΤΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
ΚΟΝΣΟΥΛΑΣ ΦΩΤΗΣ**

ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής
ΒΑΡΣΑΜΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 Πρόλογος	7
1.2 Η αναγκαιότητα υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	8
1.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	9
1.2.2 Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας	10
1.2.3 Το ζήτημα της ενεργειακής κρίσης	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	14
2.1 Συνοπτική παρουσίαση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	14
2.2 Το πρωτόκολλο του Κιότο και ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης	20
2.3 Η θέση της χρήσης των Α.Π.Ε στη συνολική πράσινη και βιώσιμη ανάπτυξη	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	30
3.1 Ιστορική αναδρομή της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας	30
3.2 Περιγραφή της τεχνολογίας	31

3.2.1 Δομή μιας ανεμογεννήτριας	33
3.3 Κόστος διαδικασίας	36
3.3.1 Μηχανισμός Έρευνας και Ανάπτυξης	39
3.3.2 Χρηματοδότηση	41
3.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών	41
3.5 Παρούσα κατάσταση και μελλοντικές προοπτικές	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	49
4.1 Βασικά στοιχεία της διαδικασίας	49
4.2 Λήψη μετρήσεων και εκτίμηση αποτελεσμάτων	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1:	Η μέση διακύμανση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης σε παγκόσμια κλίμακα	10
Διάγραμμα 1.2:	Βασικοί πυλώνες της ανθρώπινης ζωής που επηρεάζονται από την ενεργειακή κρίση.....	13
Διάγραμμα 2.1:	Κατηγοριοποίηση Πηγών Ενέργειας	18
Διάγραμμα 3.1:	Η μεταβλητότητα του κόστους παραγωγής ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου	37
Διάγραμμα 3.2:	Σύνθεση του κύριου κόστους ενός τυπικού χερσαίου προγράμματος αιολικής ενέργειας 5 MW	38
Διάγραμμα 3.3:	Εκτιμώμενη κατανομή θέσεων εργασίας στην ελληνική αγορά ανά τεχνολογία έως το 2020	48
Διάγραμμα 4.1:	Συνδεσμολογία ανεμιστήρων διάταξης προσομοίωσης	49
Διάγραμμα 4.2:	Δομικό διάγραμμα προσομοίωσης	51
Διάγραμμα 4.3:	Μεταβολή της έντασης του παραγόμενου ρεύματος από έναν ανεμιστήρα σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα	52
Διάγραμμα 4.4:	Μεταβολή της έντασης του συνολικά παραγόμενου ρεύματος σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα	53
Διάγραμμα 4.5:	Μεταβολή της παραγόμενης τάσης από έναν ανεμιστήρα σε	53

	συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα	
Διάγραμμα 4.6:	Μεταβολή της συνολικά παραγόμενης τάσης σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα	54
Διάγραμμα 4.7:	Μεταβολή της συνολικά παραγόμενης έντασης ρεύματος σε συνάρτηση με την αντίστοιχη τάση	55
Διάγραμμα 4.8:	Μεταβολή της παραγόμενης έντασης ρεύματος σε συνάρτηση με την αντίστοιχη τάση για έναν ανεμιστήρα	56

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1:	Γραφική αναπαράσταση της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης με το μοντέλο των τριών σφαιρών	28
Εικόνα 3.1:	Βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας	35
Εικόνα 4.1:	Διάταξη προσομοίωσης (πρόσθια όψη)	50
Εικόνα 4.2:	Διάταξη προσομοίωσης (οπίσθια όψη)	50

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1:	Τεχνολογίες Βιώσιμης Ενεργειακής Ανάπτυξης	18
Πίνακας 2.2:	Καταμερισμός της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990	21
Πίνακας 2.3:	Καταμερισμός της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 στο εσωτερικό της Ε.Ε	22
Πίνακας 3.1:	Θέσεις εργασίας στην ευρωπαϊκή βιομηχανία αιολικών (2008) ...	47
Πίνακας 4.1:	Μετρήσεις τάσης και έντασης σε συνάρτηση με την απόσταση αεροσυμπιεστή – διάταξης	51

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πρόλογος

Είναι ένα καθολικά αποδεκτό γεγονός πως οι ενεργειακοί πόροι αποτελούν ένα πεπερασμένο μέγεθος, που η πάροδος του χρόνου και η αλόγιστη χρήση τους το καθιστά περισσότερο επίφοβο όσον αφορά στην ενδεχόμενη μελλοντική του έλλειψη. Στη συγκεκριμένη διαπίστωση πρέπει να προστεθούν και οι παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές, με τα ακραία καιρικά φαινόμενα να αποτελούν μια συνήθη πραγματικότητα. Από το σύνολο λοιπόν των προαναφερόμενων διαπιστώσεων καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για ορθολογική χρήση της ενέργειας σε καθημερινή βάση αλλά και η ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε αυξημένο μάλιστα βαθμό στη διαδικασία της εξυπηρέτησης των ενεργειακών αναγκών σε παγκόσμια κλίμακα.

Στην παρούσα εργασία, αναδεικνύεται αυτός ακριβώς ο ρόλος που μπορούν να διαδραματίσουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ειδικότερα αυτή της αιολικής, τόσο όσον αφορά στην επάρκεια – δυνατότητές τους όσο και στην ευεργετική περιβαλλοντική τους επίδραση. Σε αυτήν την κατεύθυνση, θα προσεγγιστεί το ζήτημα της αιολικής ενέργειας τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, με την προσομοίωση της διαδικασίας παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από την εκμετάλλευση του ανέμου, μέσω μιας διάταξης ανεμιστήρων που με την κίνησή τους ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της εξόδου ενός αεροσυμπιεστή, παράγουν στην έξοδό τους ηλεκτρικό ρεύμα συγκεκριμένης κάθε φορά τάσης και έντασης. Επίσης, το συνολικό ζήτημα θα θεωρηθεί με βάση την παράμετρο της απόστασης πηγής αέρα και διάταξης, ώστε να διαπιστωθεί η επίδρασή της στο παραγόμενο ρεύμα.

Η διάρθρωση της εργασίας συνοψίζεται στις ακόλουθες ενότητες:

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μια σύντομη περιγραφή του σκοπού και του αντικειμένου της παρούσας εργασίας. Παράλληλα επισημαίνεται η αναγκαιότητα υιοθέτησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη γενικότερη ενεργειακή πολιτική, αλλά και στη σημασία της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις όποιες κλιματικές αλλαγές όπως τα φαινόμενα του θερμοκηπίου και της αστικής θερμικής νησίδας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που διατίθενται σήμερα αλλά και που παρουσιάζουν μελλοντική προοπτική. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά η τεχνολογία της αιολικής ενέργειας, με βασικούς άξονες την εξέλιξή της στην πάροδο του χρόνου, τα βασικά της τεχνολογικά σημεία αλλά και την αλληλεπίδραση της με το περιβάλλον.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία προσομοίωσης μέσω της χρησιμοποιούμενης διάταξης των ανεμιστήρων, καθώς και σχετικά διαγράμματα των μεγεθών που αναλύονται, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η εξαγωγή των σχετικών συμπερασμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναγνωρίζονται οι τυχόν προβληματισμοί σχετικά με το συγκεκριμένο ζήτημα. Ταυτόχρονα, διατυπώνονται συγκεκριμένα συμπεράσματα και προτάσεις, με βάση όλα όσα έχουν καταγραφεί στις προηγούμενες ενότητες της εργασίας, ανιχνεύοντας τις προοπτικές του κλάδου όσον αφορά στην μελλοντική του ανάπτυξη. Η εργασία ολοκληρώνεται με την καταγραφή όλων εκείνων των βιβλίων – άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν και αποτέλεσαν τη βάση για την εκπόνησή της.

1.2 Η αναγκαιότητα υιοθέτησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η πρόσφατη απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς ενέργειας και η υπάρχουσα ενεργειακή κρίση σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή δημιουργούν την επιτακτική ανάγκη ορθής διαχείρισης της ενέργειας τόσο για εξοικονόμηση ενέργειας όσο και για μείωση των ρύπων και προστασία του περιβάλλοντος.

Η κλιματική αλλαγή αναγνωρίζεται πλέον παγκοσμίως ως η μεγαλύτερη απειλή για την ανθρωπότητα - κάνοντας τη σπατάλη ενέργειας να δείχνει ακόμα πιο παράλογη. Καθένας λοιπόν από εμάς έχει την ισχυρή ηθική υποχρέωση να εξετάζει την κατανάλωση ενέργειας και να πετύχει εξοικονόμηση όπου αυτό είναι δυνατόν.

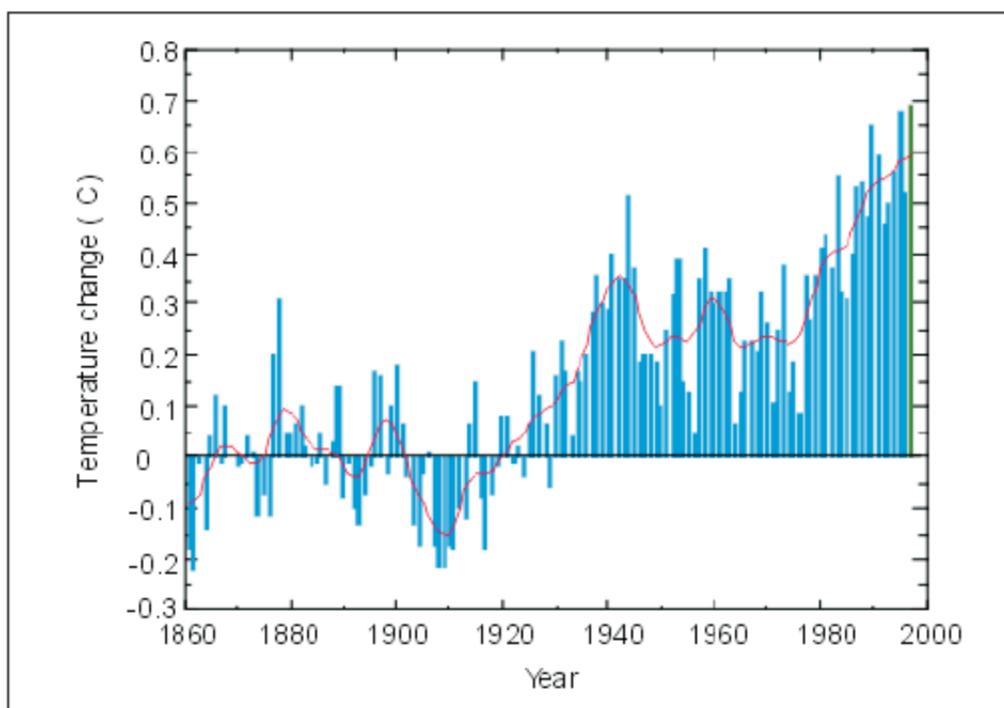
1.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η βιομηχανική επανάσταση επέφερε σημαντικές αλλαγές στην ατμόσφαιρα της γης εξαιτίας της υπερβολικής αύξησης της συγκέντρωσης αερίων που εκπέμπονται κατά τις όποιες παραγωγικές διαδικασίες. Η ρύπανση δημιουργεί αρνητικά φαινόμενα όπως η «τρύπα» του όζοντος (επικίνδυνη μείωση του προστατευτικού αυτού στρώματος της ατμόσφαιρας) και η όξινη βροχή. Αναλυτικότερα, τα αέρια αυτά, τα οποία στην πλειοψηφία τους προέρχονται από την ανθρώπινη δράση και κατά ένα μικρό ποσοστό από φυσικούς παράγοντες, είναι:

- το διοξείδιο του άνθρακα (carbon dioxide - CO₂),
- το μεθάνιο (methane - CH₄),
- το υποξείδιο του αζώτου (nitrous oxide - N₂O),
- οι χλωροφθοράνθρακες (chlorofluorocarbons - CFCs),
- οι υδρατμοί, άλλοι αλογονάνθρακες, το όζον κ.α [B1].

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στο φυσικό του «ρόλο», λειτουργεί απολύτως ευεργετικά, αφού κρατά τη θερμοκρασία του πλανήτη 33°C υψηλότερα από ότι θα ήταν χωρίς αυτό, γεγονός που το καθιστά απαραίτητο για την ανθρώπινη ζωή. Η υπεριώδης ακτινοβολία, προερχόμενη από τον ήλιο, περνά από τα στρώματα της ατμόσφαιρας, θερμαίνει τη γη, η οποία με τη σειρά της εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή όμως εγκλωβίζεται από τα προαναφερόμενα αέρια τα οποία έχουν περιορισμένη διαπερατότητα στα υπέρυθρα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας πέραν του επιθυμητού επιπέδου. Το φαινόμενο μάλιστα έχει πάρει τέτοια έκταση, ώστε η τελευταία δεκαετία να είναι αποδεδειγμένα αυτή με την υψηλότερη θερμοκρασία από τότε που υπάρχουν επίσημες καταγραφές της θερμοκρασίας. Επίσης, οι κλιματικές αυτές αλλαγές εκφράζονται με ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καταιγίδες, τυφώνες και πλημμύρες που εμφανίζονται με αυξημένη συχνότητα σε σύγκριση με το παρελθόν [B1,B2].

Το ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζει τη μεταβολή που παρουσίασε η θερμοκρασία του πλανήτη στην επιφάνειά του κατά μέσο όρο. Είναι χαρακτηριστική η αύξηση που παρατηρείται μετά το 1920, γεγονός κάθε άλλο παρά τυχαίο αφού σχετίζεται με τη βιομηχανική επανάσταση που «σημάδεψε» τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.



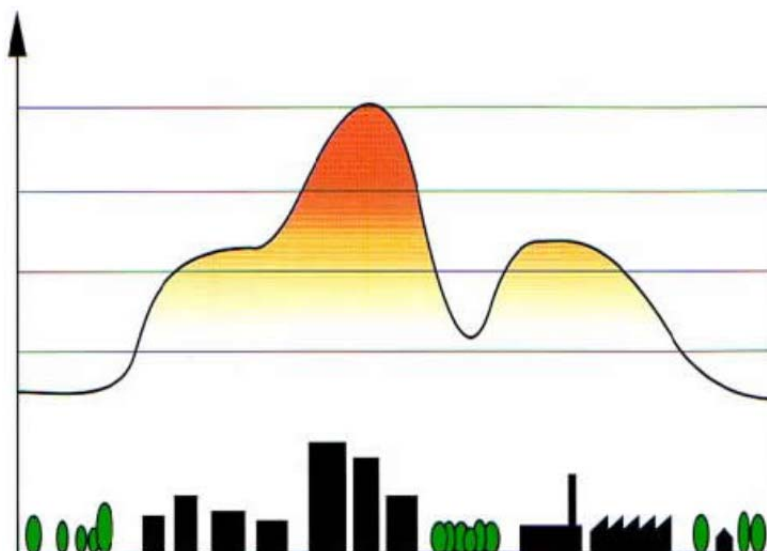
Διάγραμμα 1.1: Η μέση διακύμανση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης σε παγκόσμια κλίμακα [B3]

1.2.2 Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας

Η θερμοκρασία στις πόλεις τείνει να είναι υψηλότερη από αυτήν στις γύρω περιοχές. Το μέγιστο της θερμοκρασίας λαμβάνει χώρα στο κέντρο της πόλης. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (urban heat island effect) συνίσταται στην εμφάνιση θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον κατά 1-10°C υψηλότερες σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Στην ίδια την πόλη, η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ των ακραίων περιοχών και του κέντρου μπορεί να φθάσει και κατά περιπτώσεις να ξεπεράσει τους 3 με 4 βαθμούς. Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δεδομένου ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν στο αστικό περιβάλλον με την πρόκληση δυσφορίας στους κατοίκους, την αύξηση των δαπανών χρήσης ψύξης και κλιματισμού και την αύξηση της αιχμής στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι συνήθως υπεύθυνο για τη δημιουργία των φωτοχημικών ρύπων, ειδικά στις πόλεις με μεγάλα διαστήματα ηλιοφάνειας, ενώ έχει επιπτώσεις και στα επίπεδα ατμοσφαιρικής

ρύπανσης και ειδικά την αιθαλομίχλη, η οποία δημιουργείται από τις φωτοχημικές αντιδράσεις των ρύπων στον αέρα. Έχει πλέον παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες ότι το μικροκλίμα των αστικών κέντρων έχει αλλάξει σημαντικά, με ολοένα και πιο υψηλές θερμοκρασίες να αναπτύσσονται στα αστικά κέντρα δημιουργώντας συνθήκες δυσφορίας στους κατοίκους. Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας δεν οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι έχουμε υψηλές μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά, κυρίως, στο ότι έχουμε άνοδο στις ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτό οφείλεται κυρίως στα κτίρια που κατά τη διάρκεια της νύχτας εκπέμπουν τεράστια ποσά θερμότητας. Συνοπτικά, παράγοντες που συμβάλλουν στο συγκεκριμένο φαινόμενο είναι:

- Η πυκνή δόμηση σε συνδυασμό με τις μεταξύ των κτιρίων αποστάσεις, το πλάτος των δρόμων και τέλος των μέσο ύψος των κτιρίων. Λόγω της γεωμετρίας των κτιρίων και των δρόμων μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα κτίρια, την ασφαλτο, τα πεζοδρόμια ανακλάται στις γύρω επιφάνειες με αποτέλεσμα να παγιδεύεται και να μην διαφεύγει τελικά στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Έτσι, δημιουργείται ένα πλεόνασμα θερμότητας στο περιβάλλοντα χώρο.
- Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα) πάνω από μία πόλη, δημιουργώντας έτσι μια μικρογραφία του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον κατά την κατασκευή των κτιρίων και των δρόμων.
- Μεγάλο μέρος της θερμότητας που αναπτύσσεται οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και παράγεται κυρίως από καύσεις.
- Η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή και εξάτμιση που θα μπορούσαν εν μέρει να αντισταθμίσουν το θερμικό ισοζύγιο. Οφείλονται ασφαλώς στην έλλειψη πρασίνου και μεγάλων επιφανειών νερού στις πόλεις.
- Η μείωση της ροής του αέρα μέσα στην πόλη λόγω του τρόπου δόμησης των πόλεων. Η εναλλαγή ψηλών και χαμηλών κτιρίων μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου μέσα στις πόλεις δυσχεραίνοντας την διαδικασία ψύξης του αέρα αλλά και των επιφανειών των κτιρίων.



Εικόνα 1.1: Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας [B4,H1]

1.2.3 Το ζήτημα της ενεργειακής κρίσης

Ακόμα ένας λόγος που «συνηγορεί» υπέρ της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι το ζήτημα που σήμερα ονομάζεται ως «Ενεργειακή κρίση» και το οποίο αναμφισβήτητα διαθέτει πολλές παραμέτρους. Πρώτα από όλα είναι πρόβλημα ενεργειακό, έχει να κάνει δηλαδή με την αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας και με τον κίνδυνο να εξαντληθούν στις επόμενες δεκαετίες τα ενεργειακά διαθέσιμα της γης, με άμεση συνέπεια να διαταραχθεί επικίνδυνα η ισορροπία στο οικοσύστημα. Επίσης είναι πρόβλημα πολιτιστικό, αφού συνδέεται με την ικανοποίηση ενός διψασμένου για ενέργεια πολιτισμού, όπως είναι ο σημερινός πολιτισμός. Είναι όμως και πρόβλημα κοινωνικό, γιατί οι ανάγκες σε ενέργεια είναι άνισα κατανομημένες στον πλανήτη. Οι επιστήμονες έχουν επισημάνει το πρόβλημα προ πολλού και έχουν στραφεί στην αναζήτηση άλλων μορφών ενέργειας πέρα από τις συμβατικές μορφές που δεν είναι άλλες από το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια.

Η ανθρωπότητα έχει εναποθέσει τις ελπίδες της στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η γεωθερμία, η βιομάζα και η κυματική. Τα συμβατικά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και το κάρβουνο εξαντλούνται, η ανάγκη για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) γίνεται όλο και πιο επιτακτική. Η υποστήριξη αυτής της ανάγκης γίνεται όλο και μεγαλύτερη

καθώς η τεχνολογία των Α.Π.Ε., εκτός του ότι είναι ευεργετική, είναι και οικονομικά εφικτή. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ανεξάντλητες και χαμηλής ή μηδενικής οικονομικής αξίας πριν μετατραπούν σε χρήσιμες μορφές (ενέργειας). Στον αντίποδα, το κόστος τους περιορίζεται μόνο από τη συσκευή που είναι απαραίτητη για τη συλλογή ενέργειας, όπως για παράδειγμα η κατασκευή δικτύου για τη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας [B5].



Διάγραμμα 1.2: Βασικοί πυλώνες της ανθρώπινης ζωής που επηρεάζονται από την ενεργειακή κρίση

2

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ Α.Π.Ε

2.1 Συνοπτική παρουσίαση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Οι διαθέσιμες πηγές ενέργειας διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις «συμβατικές» και τις «ανανεώσιμες», όπως παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στο ακόλουθο διάγραμμα. Στην πρώτη κατηγορία πηγών ενέργειας ανήκουν το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, τα κοιτάσματα γαιανθράκων, το φυσικό αέριο, τα κοιτάσματα ουρανίου και το νερό ποταμών και λιμνών. Οι τέσσερις πρώτες χρησιμοποιούνται σε διάφορων τύπων θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και διακρίνονται για τη ρυπογόνο δράση τους όσον αφορά στην εκπομπή αερίων (κυρίως παραγώγων άνθρακα). Το ουράνιο και τα διάφορα παράγωγά του στοιχεία –όπως το πλουτόνιο– χρησιμοποιούνται στους πυρηνικούς σταθμούς παρουσιάζοντας τα μειονεκτήματα της αποθήκευσης των πυρηνικών αποβλήτων και της επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία σε περίπτωση διαρροής ραδιενέργειας. Η εκμετάλλευση του νερού στους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς έχει τις λιγότερες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ακόμα όμως και σε αυτή την περίπτωση το φυσικό οικοσύστημα επηρεάζεται εξαιτίας των τεχνητών φραγμάτων. Παρατηρείται λοιπόν πως σε κάθε περίπτωση οι συμβατικές μορφές ενέργειας παρουσιάζουν αρνητικές παραμέτρους σχετικά με την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Το μέγεθος αυτής ακριβώς της επιβάρυνσης είναι που οδήγησε στην όλο και μεγαλύτερη υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ο ήλιος, ο άνεμος, τα θαλάσσια κύματα, η φυσική ροή των ποταμών, η θερμότητα των εσωτερικών στρωμάτων της γης και η βιομάζα. Κάθε φορά το ζητούμενο είναι να μετατραπεί η ενέργεια που λαμβάνεται από την ανανεώσιμη πηγή σε ηλεκτρική. Για την ηλιακή χρησιμοποιούνται οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, για την αιολική ενέργεια χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες, ενώ για τα κύματα το ρόλο αυτό αναλαμβάνουν πολύπλοκες διατάξεις. Όσον αφορά στην κινητική ενέργεια του νερού μικρών ποταμών, μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμη με την κατασκευή μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών, ενώ η

μετατροπή της γεωθερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική απαιτεί τη χρήση λεβήτων. Τέλος, η βιομάζα υφίσταται συγκεκριμένες θερμοχημικές επεξεργασίες για να μετατραπεί τελικά σε ηλεκτρική ενέργεια [B6]. Αναλυτικότερα,

Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος είναι μία τεράστια και σχεδόν διαρκής πυρηνική αντίδραση που μεταφέρει τεράστια ποσά ενέργειας (περίπου 2.1×10^{15} kWh per day) στη γη σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, είναι ενέργεια που περιλαμβάνει ακτίνες X, ακτίνες γάμμα, φως και χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα. Αυτά τα ενεργητικά κύματα έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια σε πάρα πολύ μεγάλες αποστάσεις [B7].

Η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη. Ο συνδυασμός του γεωγραφικού πλάτους και της υψηλής ηλιοφάνειας έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ημερησίως, κατά μέσο όρο, 4,3kWh ηλιακής ενέργειας σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειάς της. Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομική επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις, όπως είναι η ευρεία διάδοση των ηλιακών θερμικών συστημάτων [B8].

Αιολική ενέργεια

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο, προκαλεί την κίνηση του ανέμου. Περίπου το 2% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη γη, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια, η οποία υπολογίζεται σε 3,6 δις. MW, ενέργεια τεράστια συγκρινόμενη με τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες ανεμογεννήτριες με προηγμένη τεχνολογία, που παράγουν ηλεκτρισμό λειτουργώντας είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες με ένα ευρύτερο δίκτυο. Η αιολική ενέργεια που είναι μια από τις πιο ελκυστικές μορφές ενέργειας, αναμένεται να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων

ανεμογεννητριών, που θα μειώσουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική σε ακόμα περισσότερα μέρη [B9].

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Το νερό που τρέχει στα ποτάμια και τα ρυάκια προς τη θάλασσα, έχει κινητική ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει έργο. Για χιλιάδες χρόνια, το χρησιμοποιούσαν για να γυρίζουν νερόμυλους που άλεθαν σιτάρι. Σήμερα χρησιμοποιείται για να παράγει ηλεκτρισμό. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των μικροϋδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών [B10].

Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια, είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα αυτή της γης προέρχεται από δύο πηγές: από την θερμότητα του αρχικού σχηματισμού της γης και από τη ραδιενεργό διάσπαση ασταθών στοιχείων που υπάρχουν στον φλοιό, όπως το ουράνιο, το θόριο και το πλουτόνιο. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το νερό για ιαματικούς σκοπούς ή για τη θέρμανση διάφορων εφαρμογών, όπως σπίτια, θερμοκήπια, πισίνες κλπ. Η πιο σημαντική ίσως εφαρμογή της γεωθερμίας είναι όμως για την παραγωγή ηλεκτρισμού [B9].

Βιομάζα

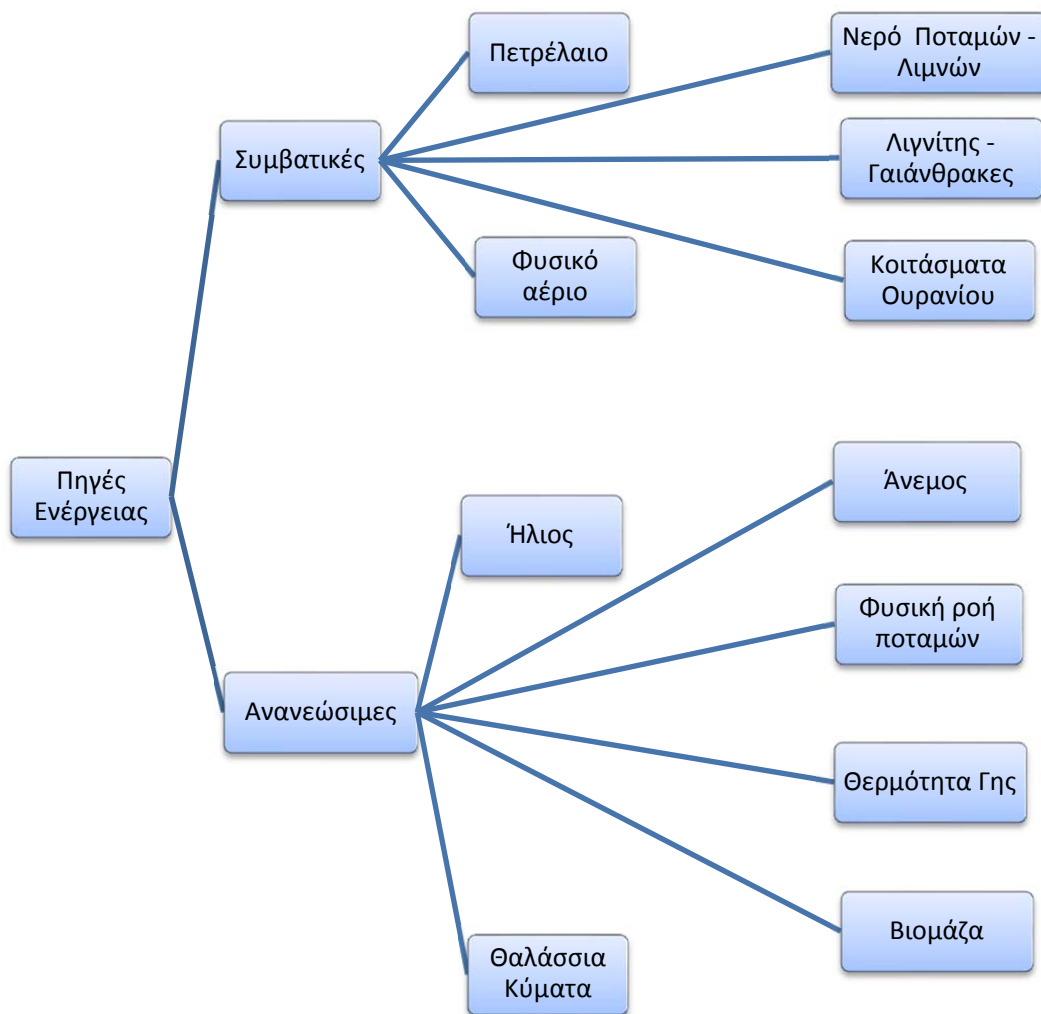
Η θέρμανση με ξύλα στο τζάκι, είναι ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής, Σήμερα περίπου το 50% της γης μαγειρεύει με βιομάζα. Ως βιομάζα, θεωρείται γενικά η οργανική ύλη που μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια. Εκτός από τα ξύλα, στη βιομάζα συγκαταλέγονται τα αγροτικά υπολείμματα (κλαδιά δέντρων, υπολείμματα ξυλείας, υπολείμματα σιτηρών, το πυρηνόξυλο της ελιάς, κλπ) και τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας. Επίσης, είναι δυνατόν να παράγουμε χρήσιμα καύσιμα (βιοαέριο), από την

μετατροπή των στερεών αποβλήτων, των αποβλήτων των ζώων και από τα υγρά απόβλητα. Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από ενώσεις, που βασικά στοιχεία έχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο [B6].

Κυματική ενέργεια

Οι ωκεανοί καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη και μπορεί να αποτελέσουν μια τεράστια αποθήκη ενέργειας. Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή κινητικής ενέργειας που λαμβάνεται από τα κύματα, τις παλίρροιες, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και τη μορφή θερμικής ενέργειας, που λαμβάνεται από τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

- Ενέργεια από κύματα: Η ενέργεια που περικλείουν τα κύματα, η οποία ακόμα αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πειραματισμού για τον ικανοποιητικό τρόπο αξιοποίησης της, αποτελεί μια άλλη μορφή ενέργειας, που έμμεσα οφείλεται στον ήλιο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος και το μήκος ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας μεταφέρει.
- Ενέργεια από την παλίρροια: Η παλίρροια, δηλαδή το να αποσύρεται η θάλασσα (άμπωτη) και μετά από ορισμένες ώρες, να επιστρέφει (πλημμυρίδα), αποτελεί μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιες, οφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το πεδίο βαρύτητας, καθώς και από την περιστροφή της γης. Διαρκούν για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση. Σήμερα, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικούς, το ενδιαφέρον γι' αυτή τη μορφή ενέργειας είναι έντονο. Το κόστος των εγκαταστάσεων παλιρροϊκής ενέργειας είναι πολύ μεγάλο. Εντούτοις, μακροπρόθεσμα θεωρείται μια ενδιαφέρουσα επένδυση επειδή οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όπως επίσης και το γεγονός ότι δεν υπάρχει κόστος καυσίμου και δεν δημιουργούνται καυσαέρια [B9].



Διάγραμμα 2.1: Κατηγοριοποίηση Πηγών Ενέργειας [B6]

Το σύνολο των τεχνολογιών βιώσιμης ανάπτυξης ανάλογα με τη χρήση για την οποία μπορούν αυτές να προορίζονται καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 2.1: Τεχνολογίες Βιώσιμης Ενεργειακής Ανάπτυξης [B10]
Τεχνολογία
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
Καθαρός άνθρακας
Αναβάθμιση λεβήτων ατμού
Μετατροπή άνθρακας σε Φ.Α
Βασισμένες στο πετρέλαιο συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και ατμού
Βασισμένες στον άνθρακα συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και

ατμού
Συνδυασμένος κύκλος στην ηλεκτροπαραγωγή
Υδροηλεκτρικά
Ωκεανός, κυματική και παλιρροιακή ενέργεια
Γεωθερμική ηλεκτρική παραγωγή
Αιολική ενέργεια
Ηλιακή ενέργεια (pv)
Βιομάζα (δάσος/γεωργία)
Αεριοποίηση βιομάζας για χρήση σε ηλεκτρική γεννήτρια
Ηλιακοί πύργοι
Μεθάνιο από την εξόρυξη άνθρακα
Κυψέλες – καυσίμων υδρογόνου
Παραγωγή/Κατανάλωση Θερμότητας
Ηλιακή ενέργεια για σκοπούς θέρμανσης
Βιοαέριο
Παραγωγή ξυλάνθρακα
Βιώσιμο σχέδιο οικοδόμησης
Αντλίες θερμότητας εντός/εκτός δικτύου
Συνδυασμένη Παραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρικής Ενέργειας
Συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένη στον άνθρακα, μεγάλης κλίμακας
Αποκεντρωμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, μικρής κλίμακας
Ψύξη (αποκεντρωμένη/τελική χρήση)
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εντός δικτύου)
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εκτός δικτύου)
Κλιματισμός
Παθητική ψύξη μέσω του σχεδίου οικοδόμησης (σκίαση, μόνωση)
Ηλιακά δοχεία ψύξης
Φωτισμός (τελική χρήση)
Λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας
Ηλιακά φανάρια
Μαγείρεμα

Αποδοτική παραγωγή ξυλάνθρακα για το μαγείρεμα
Βιοαέριο
Βελτιωμένες σόμπες μαγειρικής
Ηλιακές κουζίνες
LPG και LNG
Εξοικονόμηση Ενέργειας στη Βιομηχανία
Τσιμέντο
Σίδηρος & χάλυβας
Χημική βιομηχανία
Βιομηχανία τροφίμων (π.χ. sugar)
Δημοτικά Στερεά Απόβλητα
Δέσμευση μεθανίου από χώρους ταφής αποβλήτων
Καύση
Βιοαέριο
Αεριοποίηση
Δέσμευση και Αποθήκευση Άνθρακα (Δ.Α.Α)
Δ.Α.Α

2.2 Το πρωτόκολλο του Κιότο και ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης

Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ), που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, παρέχει κίνητρα στις αναπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες για την υλοποίηση ενεργειακών επενδύσεων, επιτυγχάνοντας αειφόρο ανάπτυξη και μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο αναλύεται διεξοδικότερα ακολούθως, αποτέλεσε το πρώτο βήμα για τη ριζική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που απαιτείται για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

Το πρωτόκολλο του Κιότο

Το πρωτόκολλο του Κιότο υπογράφηκε το 1997 έπειτα από διαβουλεύσεις του Συμβουλίου των Μελών (Conference of Parties – COP) Κεντρικός άξονας του πρωτοκόλλου είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των αναπτυγμένων κρατών για μειώσεις στις εκπομπές έξι αερίων θερμοκηπίου, για την περίοδο 2008 – 2012, κατά 5,2% σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα του έτους 1990.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο βρίσκεται σε ισχύ από τις 16 Φεβρουαρίου του 2005. Η Ευρωπαϊκή Ένωση επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο στις 31 Μαΐου 2002, δεσμευόμενη να μειώσει ως σύνολο τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% τη περίοδο 2008 – 2012. Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί ότι οι εκπομπές της δεν θα αυξηθούν περισσότερο από 25% πάνω από τα επίπεδα του 1990 κατά την περίοδο 2008 - 2012. Δείγμα της αποτελεσματικότητας εφαρμογής του πρωτοκόλλου αποτελεί το γεγονός ότι το 2003, οι συνολικές εκπομπές των έξι αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στις 15 χώρες της Ένωσης ήταν 1,7% κάτω από τα επίπεδα του 1990.

Ο καταμερισμός των ευθυνών μεταξύ των χωρών του πρωτοκόλλου παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.2: Καταμερισμός της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 [B20]	
<i>Χώρα - Οργανισμός</i>	<i>Ποσοστό Μείωσης (%)</i>
Ευρωπαϊκή Ένωση	-8
ΗΠΑ	-7
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6
Κροατία	-5
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0
Νορβηγία	+1
Αυστραλία	+8
Ισλανδία	+10

Ειδικότερα για την Ευρωπαϊκή Ένωση, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων στο εσωτερικό της Ε.Ε, αποτέλεσε το αντικείμενο συμφωνίας, στο Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος τον Ιούνιο του 1998. Ο καταμερισμός των υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη – μέλη σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 έχει ως εξής σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.3: Καταμερισμός της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 στο εσωτερικό της Ε.Ε [B21]			
<i>Χώρα</i>	<i>Ποσοστό Μείωσης (%)</i>	<i>Χώρα</i>	<i>Ποσοστό Μείωσης (%)</i>
Λουξεμβούργο	-28	Ιρλανδία	+13
Γερμανία, Δανία	-21	Ισπανία	+15
Αυστρία	-13	Ελλάδα	+25
Βρετανία	-12.5	Πορτογαλία	+27
Βέλγιο	-7.5	Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8
Ιταλία	-6.5	Ουγγαρία, Πολωνία, Ολλανδία	-6
Γαλλία, Φιλανδία	0	Σουηδία	+4

Το ποσοστό μείωσης που αντιστοιχεί στην Ελλάδα μπορεί να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα, αφού δίνει την ψευδαίσθηση για περιθώρια ύπαρξης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα χωρίς να αντιτίθεται στην ευρωπαϊκή νομοθεσία. Σύμφωνα όμως με έκθεση του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών τον Ιούλιο του 2001, προκύπτει ότι το όριο αυτό θα ξεπεραστεί κατά πολύ, αφού η πιο αισιόδοξη από τις

προβλέψεις αναφέρεται σε αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της τάξης του 36% (ενώ η πιο απαισιόδοξη αφορά σε ποσοστό της τάξης του 55%) με χρονικό ορίζοντα το 2012. Το υψηλό αυτό ποσοστό οφείλεται στην εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και την απουσία ευρείας ένταξης ανανεώσιμων πηγών στο σύστημα παραγωγής ενέργειας της χώρας [B22].

Εκείνο το οποίο πρέπει να γίνει αντιληπτό είναι ότι το πρωτόκολλο του Κιότο δεν αποτελεί πανάκεια για τη λύση των προβλημάτων που δημιουργούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα και αν το πρωτόκολλο εφαρμοστεί στη σημερινή του μορφή, θα περιορίσει την αναμενόμενη αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας μόνο κατά 0.06°C έως το έτος 2050, όταν για το ίδιο χρονικό διάστημα η αναμενόμενη αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας είναι 1-2°C. Επομένως είναι αναγκαία η αναθεώρησή του και η δυναμική προσαρμογή του στα νέα κάθε φορά δεδομένα που προέρχονται από τους διάφορους τομείς παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει θεσπίσει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς (The Kyoto Mechanisms), που έχουν αντικειμενικό σκοπό να μειώσουν σημαντικά το κόστος επίτευξης των στόχων του Κιότο. Συγκεκριμένα, οι ευέλικτοι μηχανισμοί επιτρέπουν σε συγκεκριμένες χώρες (που ανήκουν στο Παράρτημα Ι) να εκπληρώσουν μέρος των δεσμεύσεων για τα όρια εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου, παρέχοντας τους τη δυνατότητα να αγοράσουν Βεβαιωμένες Μειώσεις Εκπομπών, είτε μέσω της διαπραγμάτευσης δικαιωμάτων εκπομπών, είτε επενδύοντας σε έργα φιλικά προς το περιβάλλον [B23].

Οι ευέλικτοι μηχανισμοί του Κιότο είναι οι εξής :

- ο Προγράμματα από Κοινού, ΠΚ (Joint Implementation, JI)
- ο Διαπραγμάτευση Δικαιωμάτων Εκπομπών, ΔΔΕ (International Emissions Trading, IET)
- ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης, ΜΚΑ (Clean Development Mechanism, CDM)

Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ) είναι ένα εργαλείο, βασισμένο σε αρχές αγοράς, σχεδιασμένο να ενθαρρύνει τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gases, GHGs) και να προωθήσει τη βιώσιμη ανάπτυξη. Ο ΜΚΑ επιτρέπει στις επιχειρήσεις των ανεπτυγμένων κρατών (χώρες Παραρτήματος Ι) να συμμετάσχουν σε έργα με στόχο τη μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου στον αναπτυσσόμενο κόσμο (χώρες που δεν ανήκουν στο Παράρτημα Ι), όπως η

κατασκευή προηγμένων τεχνολογικά και φιλικότερων προς το περιβάλλον βιομηχανικών μονάδων, με απώτερο στόχο το κοινό όφελος. Οι επιχειρήσεις, έτσι, έχουν τη δυνατότητα να προχωρήσουν στη μείωση εκπομπών με χαμηλότερο κόστος σε σχέση με την περίπτωση που το έργο θα υλοποιείτο στις εγκαταστάσεις τους. Παράλληλα, οι αναπτυσσόμενες χώρες επωφελούνται με τη μεταφορά τεχνολογίας και τεχνογνωσίας και αποκτούν εφόδια για μια βιώσιμη ανάπτυξη [B24].

Στο πλαίσιο του ΜΚΑ, οι επιχειρήσεις είναι δυνατόν να προχωρήσουν σε επενδύσεις και να αγοράσουν Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (ΜΜΕ). Επιπλέον, τα Συμβαλλόμενα Μέρη σε έργα ΜΚΑ εγγυώνται ότι ένα μέρος των πόρων θα κατευθυνθεί στις ευάλωτες αναπτυσσόμενες χώρες. Οι μονάδες μείωσης εκπομπών που προκύπτουν στα πλαίσια ενός έργου ΜΚΑ ονομάζονται Βεβαιωμένες Μειώσεις Εκπομπών - ΒΜΕ, (CERs - Certified Emissions Reductions). Τα κριτήρια που απαιτούνται για την πιστοποίηση των μονάδων είναι τα εξής:

- Κάθε μέλος που εμπλέκεται σε ένα έργο πρέπει να είναι εθελοντής συμμετέχων,
- Τα οφέλη από τις δραστηριότητες περιορισμού των εκπομπών πρέπει να είναι πραγματικά, μετρήσιμα και μακροπρόθεσμης προοπτικής,
- Οι μειώσεις εκπομπών θα πρέπει να είναι επιπρόσθετες σε οτιδήποτε θα συνέβαινε στην περίπτωση απουσίας του μηχανισμού.

Οι κυριότεροι αντικειμενικοί στόχοι του ΜΚΑ είναι:

- Η υποστήριξη των χωρών που δεν ανήκουν στο Παράρτημα Ι να πετύχουν στην προοπτική της βιώσιμης ανάπτυξης και να συμβάλλουν στην υλοποίηση των στόχων του Πρωτοκόλλου του Κιότο,
- Η υποστήριξη των χωρών του Παραρτήματος Ι, ώστε να εμφανιστούν συνεπείς με τις ποσοτικοποιημένες δεσμεύσεις τους για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- Η παροχή βοήθειας στις χώρες οι οποίες είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις ραγδαίες κλιματικές αλλαγές (νησιωτικά συμπλέγματα, χώρες της Αφρικής), ώστε να προσαρμοστούν σε αυτές,
- Η προώθηση της εφαρμογής καθαρών τεχνολογιών στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Για να συμπεριληφθεί κάποιο έργο στις διαδικασίες του ΜΚΑ και να πιστωθούν στη χώρα ή εταιρεία - επενδυτή οι ΒΜΕ που προκύπτουν από την υλοποίηση του θα πρέπει να ικανοποιούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Αυτές είναι:

- Η χώρα υποδοχής (η χώρα εκτός Παραρτήματος Ι που θα υποδεχθεί το έργο) πρέπει να έχει επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο,
- Οι χώρες οι οποίες συμμετέχουν σε ένα έργο είτε επενδύοντας, είτε υποδεχόμενες την επένδυση, πρέπει να το κάνουν εθελοντικά. Κυρίως η χώρα υποδοχής πρέπει να είναι σύμφωνη με την υλοποίηση του έργου,
- Το έργο πρέπει να προκαλεί μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- Το έργο πρέπει να δημιουργεί πραγματικά, μετρήσιμα και μακροπρόθεσμα οφέλη στην άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής,
- Από τις επενδύσεις του ΜΚΑ αποκλείονται εν γένει οποιεσδήποτε διαδικασίες προϋποθέτουν χρήση πυρηνικής ενέργειας, ακόμη και αν αυτές συμβάλλουν στην ελάττωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- Πρέπει να τηρείται η αρχή της επιπροσθετικότητας. Η μείωση εκπομπών που επιφέρει κάποιο έργο ΜΚΑ οφείλει να είναι επιπρόσθετη σε αυτήν που θα συνέβαινε απουσία της καταγεγραμμένης δραστηριότητας του έργου,
- Το έργο πρέπει να συνδράμει στην προσπάθεια της χώρας υποδοχής για βιώσιμη ανάπτυξη. Στην κατεύθυνση αυτή, η ίδια η χώρα υποδοχής θέτει τα κριτήρια και τις μεθόδους για τον προσδιορισμό του επιπέδου συμβολής ενός έργου ΜΚΑ στην βιώσιμη ανάπτυξή της.

Τέλος, στις 21 Απριλίου 2004 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υιοθέτησε την «Linking Directive», η οποία συνδέει το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών με τους άλλους δύο ευέλικτους μηχανισμούς του Κιότο. Πλέον, οι μονάδες που πιστώνονται από τα ΜΚΑ έργα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από το 2005, ενώ οι μονάδες των έργων ΠΚ από το 2008. Επίσης, ορίζει ότι τα κράτη μέλη θα μπορούν να καλύψουν μέχρι το 50% του ελλείμματος τους από τους ευέλικτους μηχανισμούς και το υπόλοιπο 50% με εγχώριες δράσεις. Είναι σαφές, λοιπόν, η έμφαση που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) στη συνεισφορά του ΜΚΑ για την εκπλήρωση των δεσμεύσεων εκπομπών του Πρωτοκόλλου του Κιότο από τα κράτη μέλη. Ήδη αρκετά μέλη, όπως η Ολλανδία, η Φιλανδία, η Ιταλία και η Ιρλανδία σκοπεύουν να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος του ελλείμματος τους με τη χρήση αυτών των μηχανισμών [B25].

2.3 Η θέση της χρήσης των Α.Π.Ε στη συνολική πράσινη και βιώσιμη ανάπτυξη

Για να εξεταστεί η θέση της χρήσης των Α.Π.Ε στη συνολική πράσινη και βιώσιμη ανάπτυξη θα πρέπει αρχικά να οριστούν αυτές οι δύο έννοιες. Είναι γεγονός πως η έννοια της πράσινης ανάπτυξης είναι πολυσύνθετη, με την ερμηνεία της να παρουσιάζει κατά καιρούς διαφορετικές προσεγγίσεις. Επίσης, αρκετά συχνά ο όρος συγχέεται με τους αντίστοιχους αειφόρος ανάπτυξη ή βιώσιμη ανάπτυξη καθώς και πράσινη οικονομία. Στη συνέχεια θα επιχειρηθεί η αποσαφήνιση των συγκεκριμένων εννοιών έτσι ώστε να είναι διακριτά τα μεταξύ τους όρια αλλά και τα κοινά τους σημεία.

Πράσινη ανάπτυξη (Green growth) είναι «ο σχεδιασμός της χρήσης γης που περιλαμβάνει θεώρηση των περιβαλλοντικών συνεπειών της ανάπτυξης σε επίπεδο κοινότητας και περιφέρειας, καθώς επίσης και έννοιες πράσινης οικοδόμησης στη συγκεκριμένη τοποθεσία και περιλαμβάνει την πολεοδομία, τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό, την αρχιτεκτονική και την οικοδόμηση της κοινωνίας (community building)» [H12].

Αειφόρος ανάπτυξη ή βιώσιμη ανάπτυξη (sustainable growth) είναι «η οικονομική ανάπτυξη που σχεδιάζεται και υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα. Γνώμονας της αειφορίας είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον, χωρίς όμως να διακόπτεται η φυσική παραγωγή αυτών των προϊόντων σε ικανοποιητική ποσότητα και στο μέλλον. Η βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέτει ανάπτυξη των παραγωγικών δομών της οικονομίας παράλληλα με τη δημιουργία υποδομών για μία ευαίσθητη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα» [H13].

Η διαδικασία προσδιορισμού της έννοιας της Βιώσιμης Ανάπτυξης έχει συντελέσει στον εμπλουτισμό και τη διεύρυνση του όρου Ανάπτυξη. Διακινδυνεύοντας την υπεραπλούστευση, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι η συζήτηση περί Βιώσιμης Ανάπτυξης διευρύνει την έννοια της ανάπτυξης στις εξής δύο κατευθύνσεις:

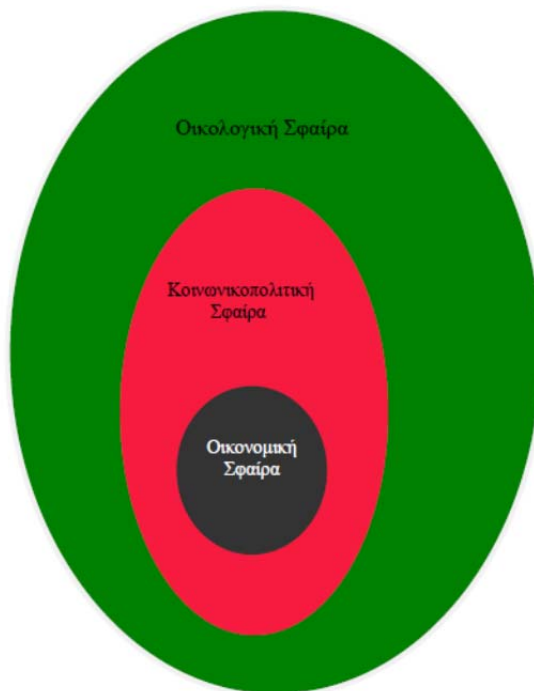
(α) η ανάπτυξη πρέπει να ειδωθεί με τον ευρύτερο δυνατό τρόπο συμπεριλαμβάνοντας μεταξύ άλλων κοινωνικά και περιβαλλοντικά θέματα και όχι μόνον οικονομικά, και

(β) η ανάπτυξη πρέπει να επιτυγχάνεται με τρόπο ώστε να μην μειώνει τις δυνατότητες των μελλοντικών γενεών ενώ συγχρόνως να διασφαλίζει την ενδογενεακή ισότητα.

Η βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται ως «η ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σημερινής γενιάς χωρίς να δεσμεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να συναντήσουν τις δικές τους» [B26].

Το σκεπτικό της βιώσιμης ανάπτυξης προέκυψε τη δεκαετία του 1980 ως απάντηση στην ολοένα και πιο ευρεία αντίληψη πως οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες έχουν τη δυνατότητα να συνδυάσουν περιβαλλοντική ποιότητα αλλά και μείωση του παραγωγικού δυναμικού των φυσικών πόρων. Ο κοινωνικός άξονας της έννοιας παρέχει τον απαιτούμενο χώρο στους ανθρώπους για να κατανοήσουν τις κοινωνικές παραδόσεις και το ρόλο τους στην αλλαγή και την εξέλιξη. Στοχεύει στην υπεράσπιση της αρμονικής συνύπαρξης ανάμεσα στις παγκόσμιες κοινότητες, της ισόνομης πρόσβασης και κατανομής των πόρων και του σεβασμού των δικαιωμάτων και της ακεραιότητας των άλλων. Επιπρόσθετα, ενισχύει τα συστήματα που υποστηρίζουν δημοκρατικές και συμμετοχικές διαδικασίες, που προασπίζουν την ελευθερία του λόγου, την εκλογή δημοκρατικών κυβερνήσεων και συμβάλλουν στην επίλυση των διαφορών. Ο περιβαλλοντικός άξονας προσεγγίζει το θέμα των πόρων, το εύθραυστο φυσικό περιβάλλον και τις συνέπειες σε αυτό από τη δράση και τις αποφάσεις του ανθρώπου, με τη δέσμευση να μεταφέρει τις περιβαλλοντικές υποθέσεις στις κοινωνικές και οικονομικές πολιτικές ανάπτυξης. Ο οικονομικός άξονας επικεντρώνεται γύρω από τη δυναμική και τα όρια της οικονομικής ανάπτυξης, και της επιρροής της στην κοινωνία και την ποιότητα του περιβάλλοντος. Στοχεύει στην αποτίμηση των προσωπικών και κοινωνικών επιπέδων κατανάλωσης υπό το πρίσμα της περιβαλλοντικής και κοινωνικής ευημερίας [B27].

Διάφορες έρευνες έχουν εκπονήσει διαφορετικά μοντέλα, όσον αφορά τη βιώσιμη ανάπτυξη. Για παράδειγμα, ο Hattingh έχει αναπτύξει ένα μοντέλο τριών σφαιρών όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα. Οι τρεις άξονες αναπαριστάμενες από σφαίρες, πλέκονται μεταξύ τους ούτως ώστε να κάνουν μία ολιστική προσέγγιση της βιώσιμης ανάπτυξης.



Εικόνα 2.1: Γραφική αναπαράσταση της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης με το μοντέλο των τριών σφαιρών [H11]

Πράσινη οικονομία είναι «ένα μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης που αντιμετωπίζει το περιβάλλον και την ποιότητα αυτού σαν ζωτικό πυλώνα της οικονομικής δραστηριότητας, αλλά και της βιωσιμότητας της κοινωνίας» [H14].

Η πράσινη οικονομία προβάλλεται σήμερα τόσο από τις Η.Π.Α. όσο και από τις χώρες της Ε.Ε. σαν μόνη διέξοδος αντιμετώπισης της σημερινής κατάστασης των μεγάλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, αλλά και της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, με περαιτέρω στοιχεία να παρατίθενται σε επόμενη ενότητα.

Η έννοια της Πράσινης Ανάπτυξης διακρίνεται από επιμέρους παραμέτρους οι οποίες αθροιστικά συνιστούν τη μείζονος σημασίας θέση της στην καθημερινή πραγματικότητα. Οι παράμετροι αυτές είναι:

- ο Ανάδειξη των πραγματικών συγκριτικών πλεονεκτημάτων της χώρας, δηλαδή της πανέμορφης φύσης της, του ανθρώπινου δυναμικού της, του πολιτιστικού της κεφαλαίου και της γεωγραφικής της θέσης στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων. Η προσεκτική αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων αυτών συντελεί στη δημιουργία εισοδήματος και νέων θέσεων εργασίας.

- Ανάπτυξη του αγροτοδιατροφικού τομέα, με αναβάθμιση της ποιότητας και τυποποίηση των ελληνικών αγροτικών και κτηνοτροφικών προϊόντων, με έμφαση σε προϊόντα ονομασίας προέλευσης και γεωγραφικής ένδειξης, καθώς και επένδυση στη βιολογική γεωργία και κτηνοτροφία.
- Νέος ενεργειακός σχεδιασμός ο οποίος θα προωθεί την εξοικονόμηση ενέργειας, την ενεργειακή ασφάλεια και τις ανανεώσιμες πηγές, ώστε το 2020 το 18% της ενέργειας να προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).
- Ανάπτυξη τεχνογνωσίας και τεχνολογίας στον κλάδο των ΑΠΕ, καθώς και «πράσινες» κατασκευές, ώστε να καταστούν βασικοί εξαγωγικοί κλάδοι της οικονομίας.
- Στήριξη τουριστικών υπηρεσιών υψηλής ποιότητας με την προώθηση εναλλακτικών μορφών τουρισμού για όλο τον χρόνο, που σέβονται το περιβάλλον και τον πολιτισμό.
- Προστασία του περιβάλλοντος και αποτελεσματική διαχείριση των φυσικών πόρων, με ανάδειξη του πολιτιστικού αποθέματος και του ιδιαίτερου τοπικού χαρακτήρα κάθε νομού και περιφέρειας [H15].

3 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

3.1 Ιστορική αναδρομή της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας

Οι αρχαιολογικές ανακαλύψεις σχετικά με τη χρήση αιολικής ενέργειας ξεκινούν από την αρχή της σύγχρονης εποχής. Οι αυθεντικοί ανεμόμυλοι βρέθηκαν στην Εγγύς και Μέση Ανατολή. Ορισμένες ενδείξεις των ανεμόμυλων και της χρήσης τους ανακαλύφθηκαν γύρω στο 10^ο αιώνα στην Περσία. Οι κατασκευαστικές τεχνικές εκείνης της εποχής χρησιμοποίησαν τους κάθετους άξονες για να εφαρμόζουν την αρχή έλξης και να συλλαμβάνουν την αιολική ενέργεια. Πιθανώς οι σταυροφόροι να έφεραν την αρχική ιδέα αυτών των μηχανών στην Ευρώπη. Έτσι, η χρήση της αιολικής ενέργειας στη δυτική Ευρώπη ξεκίνησε κατά ένα μεγάλο βαθμό από την Αγγλία και την Ολλανδία κατά τον μεσαίωνα. Οι τεχνικά βελτιωμένοι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την άντληση νερού και για μεταφορά αντικειμένων πάνω σε τροχήλατο μέσο. Με το πέρασμα του αιώνα 20.000 ανεμόμυλοι τέθηκαν σε λειτουργία στη Γερμανία. Από το 19^ο αιώνα και έπειτα, κυρίως στις ΗΠΑ, εξαπλώθηκε ο τύπος των λεγόμενων «δυτικών ροδών», ο οποίος διαδόθηκε αμέσως. Αυτοί οι πολύ-πτερωτοί ανεμόμυλοι φτιάχτηκαν από χάλυβα με πτερωτές 20 λεπίδων και χρησιμοποιούνταν συνήθως για την άρδευση. Στα μέσα του αιώνα, μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '30, 8 εκατομμύρια μονάδες είχαν φτιαχτεί και εγκατασταθεί, αντιπροσωπεύοντας έτσι ένα τεράστιο οικονομικό δυναμικό.

Φτάνουμε έτσι στις μέρες μας, όπου η αιολική ενέργεια έγινε εκμεταλλεύσιμη, μέσω των ανεμογεννητριών, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Σήμερα παράγεται το 20% (με ανοδική πορεία) της καταναλισκόμενης ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.

Δυστυχώς, είναι δυνατή η εκμετάλλευση μόνο ενός ελάχιστου ποσοστού της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας. Εντούτοις, υπολογίζεται ότι στο 25% της

επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος, τιμή, πάνω από την οποία το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχώς βελτιούμενη τεχνολογία των ανεμογεννητριών, μπορεί να ειπωθεί ότι η αξιοποίηση του ανέμου είναι μια από τις λύσεις για παραγωγή άφθονης και καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας για επόμενες γενιές [B11].

3.2 Περιγραφή τεχνολογίας

Η τεχνολογία αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας είναι καθιερωμένη, προηγμένη και στον εμπορικό τομέα έχει γίνει τα τελευταία χρόνια πιο ανταγωνιστική. Η παγκόσμια εγκατεστημένη δυναμικότητα είναι 50 GW, όπου μόνο το 2004 αυξήθηκε παγκοσμίως κατά 20% [H2].

Σε τοποθεσίες με επαρκή άνεμο ανταγωνίζεται πλήρως τις νέες εγκαταστάσεις καυσίμων. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα σε εφαρμογές, όπως η άντληση ύδατος, σε δίκτυα παραγωγής ενέργειας, όπως ένα αιολικό πάρκο, είτε να συνδυαστούν με άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών, όπως η υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια.

Το μεγάλο ύψος του πυλώνα (συνήθως 40 έως 70m) δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης των ισχυρών ανέμων σε υψηλότερα σημεία και καθορίζεται, κατά ένα μεγάλο μέρος, από το κόστος έναντι της αξίας της αύξησης στην ενεργειακή παραγωγή που προκύπτει από τη χρήση τους. Σημαντικό ρόλο ενδέχεται να διαδραματίσουν και οι σχετικοί κανονισμοί χωροταξίας.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο σημαντικές κατηγορίες:

- κινητήρες οριζόντιου άξονα, οι οποίοι έχουν τις λεπίδες τους να περιστρέφονται σε έναν άξονα παράλληλο στο έδαφος, και
- κινητήρες κάθετου άξονα, οι οποίοι έχουν τις λεπίδες τους να περιστρέφονται σε μια κάθετο άξονα στο έδαφος.

Αν και κάθε τύπος ανεμογεννήτριας έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του, πολύ λίγες μηχανές κάθετου άξονα είναι διαθέσιμες εμπορικά. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ανεμοκινητήρων είναι οι ταχύτητες cut-in, cutt-

out και η rated wind. Η cut-in speed (12 έως 15 km/h) είναι η ελάχιστη ταχύτητα αέρα με την οποία οι λεπίδες θα γυρίσουν και θα παράγουν εκμεταλλεύσιμη ενέργεια, ενώ η rated wind speed είναι η ελάχιστη ταχύτητα αέρα με την οποία ο ανεμοκινητήρας παράγει την ονομαστική ισχύ του. Σε μεγάλες ταχύτητες (70 και 125 km/h) οι περισσότερες ανεμογεννήτριες διακόπτουν την ηλεκτρική παραγωγή και απενεργοποιούνται. Η ταχύτητα αέρα με την οποία επέρχεται η διακοπή ονομάζεται cutt-out speed, η οποία είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα ασφάλειας που προστατεύει τον ανεμοκινητήρα από βλάβες. Η εγκατάστασή τους γίνεται παράκτια, όπου ο αέρας είναι ισχυρότερος και μεγαλύτερες μηχανές μπορούν να τοποθετηθούν, αποφεύγοντας έτσι την λειτουργία τους στις πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Συχνά χρησιμοποιούνται μαζί με τους κινητήρες μπαταρίες ή άλλες πηγές ενέργειας, όπως οι γεννήτριες φυσικού αερίου ή ηλιακά συστήματα, δημιουργώντας ένα υβριδικό σύστημα. Οι λόγοι είναι:

- α) η διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου,
- β) η ενεργειακή ζήτηση μπορεί να υπερβαίνει την ενέργεια που παραδίδεται από την ανεμογεννήτρια και
- γ) οι επιπλέον φόροι αποθήκευσης ενέργειας.

Επειδή η διαθεσιμότητα του αέρα ποικίλλει από μέρος σε μέρος και από στιγμή σε στιγμή, πολλές φορές συνδυάζεται η αιολική ενέργεια με την υδραυλική στα υδροφράγματα [B12].

Για να είναι οικονομικά πρακτικός, ένας ανεμοκινητήρας πρέπει να έχει καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μέσες ταχύτητες αέρα τουλάχιστον 18 km/h. Το γεγονός ότι σε μια περιοχή πνέουν ισχυροί άνεμοι δεν σημαίνει ότι αυτή είναι και κατάλληλη για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου. Πρέπει να εξεταστούν πολλοί παράγοντες κατά το σχεδιασμό ενός έργου: περιβαλλοντικά οφέλη και μειονεκτήματα, γεωλογική συμβατότητα, καταλληλότητα για βιομηχανική ανάπτυξη, μετανάστευση πουλιών στην περιοχή κ.λ.π.

Εξαιτίας των ακραίων καιρικών φαινομένων, υψηλών ταχυτήτων ανέμου και άλλων παραγόντων, το σύστημα παραγωγής αιολικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου του πυλώνα, των συσκευών αποθήκευσης και της καλωδίωσης πρέπει να επιθεωρούνται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, η αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι 20 έως 30 έτη, αν και οι ανεμοκινητήρες που κατασκευάστηκαν περισσότερο από 50 έτη πριν, λειτουργούν ακόμα και σήμερα.

Η επιλογή της γεννήτριας γίνεται με βάση τον τύπο ρεύματος (συνεχούς ή εναλλασσόμενου), την τιμή της τάσης εξόδου και τη συχνότητα λειτουργίας του δικτύου. Κατά την παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιείται κιβώτιο ταχυτήτων για την αύξηση της περιστροφής της γεννήτριας. Για την παραγωγή συνεχούς ρεύματος εφαρμόζεται άμεση σύνδεση μεταξύ του ρότορα και της γεννήτριας (direct drive), χωρίς την ύπαρξη κιβωτίου ταχυτήτων. Με αυτόν τον τρόπο, η πολυπλοκότητα ανεμογεννήτριας και συντήρησή της μειώνονται, αλλά μια πολύ μεγαλύτερη γεννήτρια απαιτείται για να παρέχει την ίδια ενέργεια από την αντίστοιχη εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο πυλώνας πρέπει να διατηρείται κάθετος και σταθερός, ώστε να αντέξει τις δονήσεις, την ένταση του ανέμου και τα γενικά τα καιρικά φαινόμενα κατά τη διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως μέσω καλωδίων που δένονται στο έδαφος και σε τρεις ή τέσσερις πλευρές του. Αυτοί οι πυλώνες (guyed) κοστίζουν λιγότερο από εκείνους που στέκονται μόνοι τους, αλλά απαιτούν μεγαλύτερη έκταση εδάφους. Γενικά οι δαπάνες ποικίλουν αναλόγως του μοντέλου και του ύψους, ενώ ορισμένες φορές ο πυλώνας πωλείται μαζί με την ανεμογεννήτρια [B16].

3.2.1 Δομή μιας ανεμογεννήτριας

Στην παρούσα ενότητα αναλύεται η δομή μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα αφού η εμπορικότητα της αντίστοιχης κάθετου άξονα είναι περιορισμένη, με τις δύο δομές να παρουσιάζουν άλλωστε πολλές ομοιότητες. Τα βασικά μέρη λοιπόν μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα είναι:

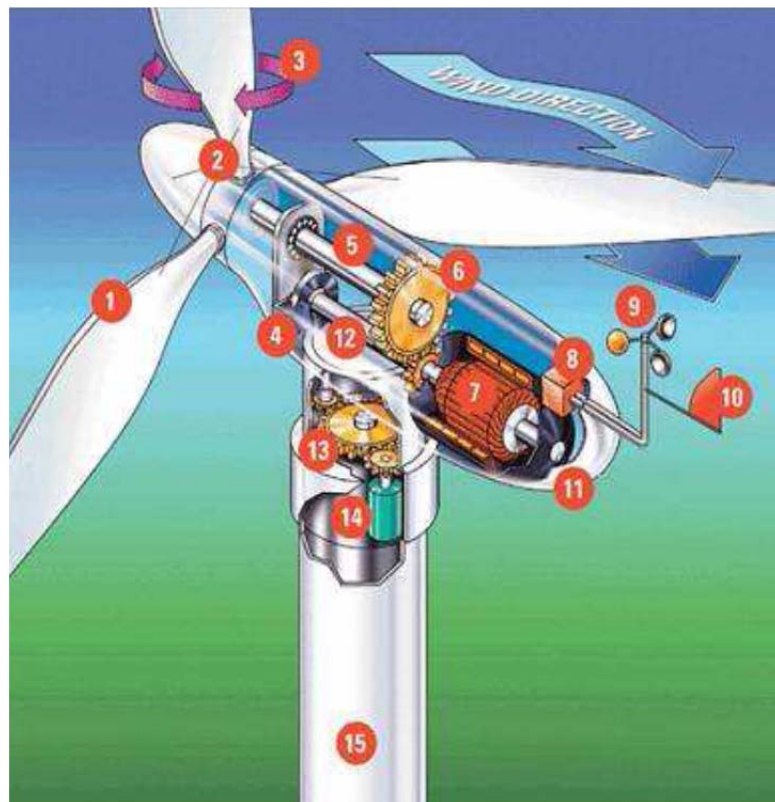
- ο πύργος στήριξης: Δύο είναι οι τύποι πύργων που κατασκευάζονται, ο σωληνωτός και ο τύπος δικτυώματος. Αυτός που έχει επικρατήσει όμως είναι ο σωληνωτός λόγω καλύτερης αισθητικής, το εσωτερικό του πύργου μπορεί να αποτελεί και το θάλαμο στέγασης των οργάνων της ανεμογεννήτριας, έχει εσωτερική σκάλα ή και ασανσέρ πρόσβασης στο κουβούκλιο στην κορυφή του.
- η περωτή: Η περωτή της ανεμογεννήτριας είναι συνήθως κατασκευασμένη από ελαφρά κράματα μετάλλων, ενισχυμένο πολυεστέρα, αλλά και ξύλο σε συνδυασμό με ειδικές ρητίνες. Για τη βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς μιας περωτής ανεμογεννήτριας χρησιμοποιούνται περωτές μεταβλητού

βήματος. Η μεταβολή του βήματος μιας πτερωτής συνίσταται στην περιστροφή του πτερυγίου γύρω από τον διαμήκη άξονά του, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της γωνίας προσβολής του από τον άνεμο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής της ανεμογεννήτριας, η βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής απόδοσης των πτερυγίων, ο έλεγχος της παραγόμενης ισχύος, ο περιορισμός των δυνάμεων που καταπονούν τα πτερύγια. Η πλήμνη αποτελεί το δεύτερο σημαντικό της πτερωτής (δρομέας) και περιλαμβάνει εκείνο το μέρος της ανεμογεννήτριας πάνω στο οποίο προσαρμύζονται τα πτερύγια. Η τελική της μορφή εξαρτάται τόσο από το είδος της πτερωτής όσο και από τους βαθμούς ελευθερίας στη θέση σύνδεσης πτερυγίων και άξονα.

- ο άξονας περιστροφής: Ο άξονας της ανεμογεννήτριας κατασκευάζεται από ειδικό ενισχυμένο χάλυβα, ώστε να δύναται να μεταφέρει ισχυρές μη μόνιμες στρεπτικές και καμπτικές ροπές, ενώ η έδρασή του γίνεται συνήθως σε δύο ένσφαιρα έδρανα ικανά να παραλαμβάνουν τόσο το βάρος του άξονα όσο και τα εξασκούμενα φορτία.
- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, Ένα από τα σπουδαιότερα μέρη της ανεμογεννήτριας είναι το σύστημα μετάδοσης της κίνησης που περιλαμβάνει διβάθμιο ή τριβάθμιο κιβώτιο μετασχηματισμού της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής σε υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής στις οποίες λειτουργούν συνήθως οι ηλεκτρικές γεννήτριες. Ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός διβάθμιου συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 96%. Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει επίσης υδραυλικό ή μηχανικό φρένο και ελαστικούς συνδέσμους απορρόφησης στρεπτικών ταλαντώσεων. Το μηχανικό φρένο της ανεμογεννήτριας τοποθετείτε είτε στον άξονα υψηλής ταχύτητας περιστροφής οπότε απαιτείται μικρή σχετικά δύναμη ροπής πέδησης, αλλά δεν προστατεύεται η πτερωτή από απώλεια φορτίου ή θραύση του συστήματος μετάδοσης κίνησης, είτε στον άξονα χαμηλής ταχύτητας περιστροφής. Στην τελευταία περίπτωση λόγω της μεγάλης ροπής πέδησης απαιτείται φρένο αυξημένων διαστάσεων, βάρους και κόστους. Στην περίπτωση όμως αυτή προστατεύεται καλύτερα η πτερωτή και το κιβώτιο μετάδοσης, γι' αυτό και αποτελεί τη βέλτιστη τεχνικά λύση.
- το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας,

- ο η ηλεκτρική γεννήτρια: Για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται κυρίως σύγχρονες και ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος και σπανίως ηλεκτρικές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Η απλότητα στην κατασκευή και η ευκολία με την οποία συνδέεται στο δίκτυο η ασύγχρονη γεννήτρια, είναι το πλεονέκτημα της. Όμως η ανάγκη να παίρνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο δημιουργεί προβλήματα όταν η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου.
- ο το σύστημα προσανατολισμού της μηχανής. Για τον προσανατολισμό της ανεμογεννήτριας σε παράλληλη θέση του άξονα με την διεύθυνση του ανέμου χρησιμοποιείται σερβοκινητήρας που περιστρέφει την άτρακτο της μηχανής με τη βοήθεια γραναζιών. Ο σερβομηχανισμός ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου [B13].

Όλα τα προαναφερόμενα μέρη μιας ανεμογεννήτριας απεικονίζονται στην εικόνα που ακολουθεί:



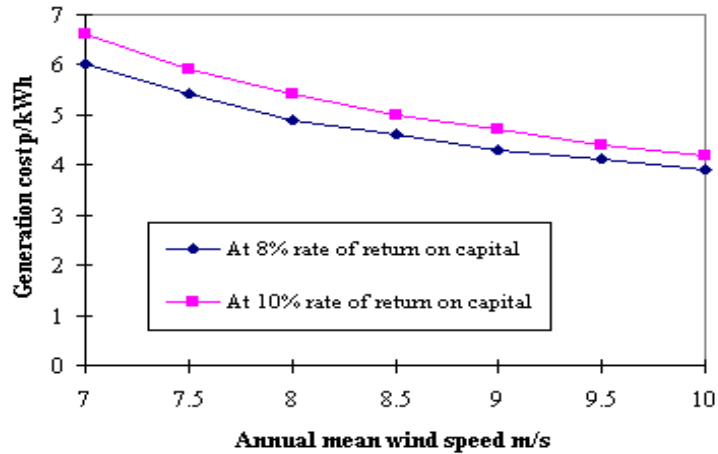
Εικόνα 3.1: Βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας [B14]

- | | |
|---|---|
| 1 Πτερύγια του έλικα. | 9 Ανεμόμετρο |
| 2 Ηλεκτροκινητήρες για την αυτόματη περιστροφή των πτερυγίων | 10 Σύστημα μέτρησης της διεύθυνσης του ανέμου |
| 3 Πτερύγια | 11 Θάλαμος |
| 4 Φρένο | 12 Άξονας της γεννήτριας |
| 5 Άξονας του έλικα | 13 Γρανάζια προσανατολισμού |
| 6 Γρανάζια για πολλαπλασιασμό των στροφών της ηλεκτρικής γεννήτριας | 14 Ηλεκτροκινητήρας περιστροφής γранаζιών προσανατολισμού |
| 7 Ηλεκτρική γεννήτρια | 15 Πύργος |
| 8 Σύστημα ελέγχου της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου | |

Πρέπει να σημειωθεί πως η παραπάνω περιγραφή αφορά στην περίπτωση ανεμογεννητριών μεγάλης κλίμακας που χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχα αιολικά πάρκα. Ασφαλώς, στην περίπτωση πιο ήπιων εφαρμογών χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες μικρότερης κλίμακας, που διακρίνονται όμως από την παραπάνω περιγραφή, ιδιαίτερα όσον αφορά στα βασικά τους δομικά στοιχεία.

3.3 Κόστος διαδικασίας και δυνατότητες χρηματοδότησης

Όσον αφορά σε μια μελέτη αιολικού έργου, υφίσταται ένας βασικό κανόνας, «όσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια παράγει ένας κινητήρας, τόσο χαμηλότερο το κόστος παραγωγής». Στο ακόλουθο διάγραμμα εμφανίζεται πώς οι δαπάνες παραγωγής ποικίλλουν αναλόγως με τις ταχύτητες αέρα. Άλλοι παράγοντες που καθορίζουν τα οικονομικά της αιολικής ενέργειας είναι: η τοποθέτηση των γεννητριών έτσι ώστε στέκονται η μία πίσω από την άλλη, η διαθεσιμότητα ανεμοκινητήρων, που ορίζεται σαν την ικανότητα ενός κινητήρα να λειτουργήσει όταν υπάρχει αέρας και που για τους σύγχρονους ευρωπαϊκούς κινητήρες είναι σχεδόν πλήρης (> 98%).

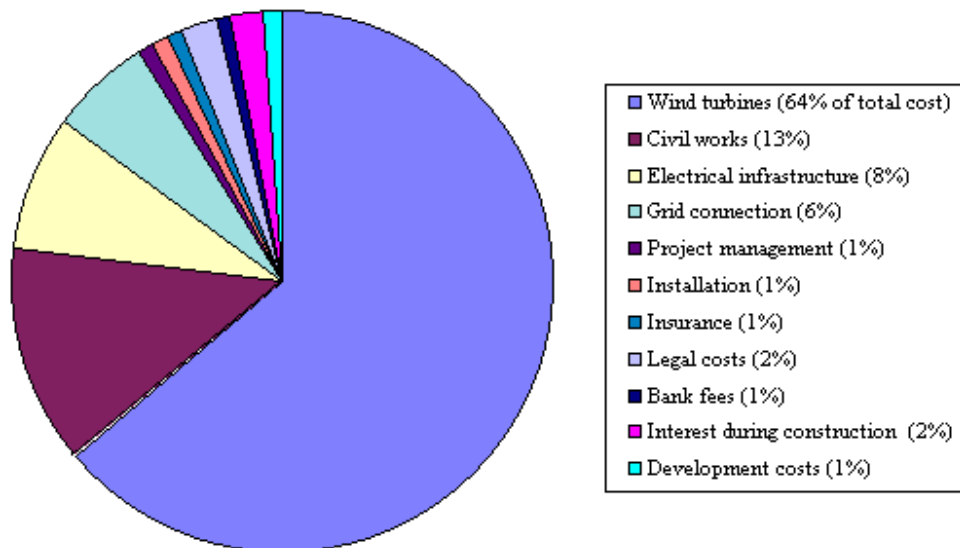


Διάγραμμα 3.1: Η μεταβλητότητα του κόστους παραγωγής ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου [H3]

Το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί κατά 85% κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών. Το ποσοστό που η επιχείρηση πληρώνει για την αγορά ηλεκτρικής αιολικής ενέργειας, αποκαλούμενο buy-back rate (ποσοστό επαναγοράς), καθορίζει συχνά την οικονομική δυνατότητα πραγματοποίησης ενός προγράμματος. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από:

- Κύριες δαπάνες (το κόστος εγκατάστασης της μηχανής παραγωγής και σύνδεσής της με το δίκτυο),
- Τρέχουσες δαπάνες (όπως η αγορά καυσίμων, έξοδα λειτουργίας και συντήρησης), και
- Το κόστος χρηματοδότησης (ο τρόπος που το κύριο κόστος ξεπληρώνεται).

Η κατάσταση των δαπανών ενός κανονικού χερσαίου προγράμματος αιολικής ενέργειας 5MW παρουσιάζεται στο σχήμα 8.3.



Διάγραμμα 3.2: Σύνοψη του κύριου κόστους ενός τυπικού χερσαίου προγράμματος αιολικής ενέργειας 5 MW [H3]

Το κόστος παραγωγής καθορίζεται από:

- (α) το μέγεθος των εγκαταστάσεων,
- (β) την ταχύτητα αέρα στη συγκεκριμένη τοποθεσία και
- (γ) το κόστος εγκατάστασης των γεννητριών.

Κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να ασκήσει σημαντική επίδραση. Η οικονομία της αιολικής ενέργειας εξαρτάται από διάφορες αποφάσεις, όπως για παράδειγμα το ύψος της τιμής παραγωγής ενέργειας που διαμορφώνεται από την περίοδο αποπληρωμής και τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης (internal rate of return), που εξαρτώνται από το πλαίσιο μέσα στο οποίο οι κινητήρες λειτουργούν και αναλόγως τη χώρα, τις περιστάσεις χρηματοοικονομικής αγοράς και την πολιτική αγοράς ενέργειας [H3].

Γενικά, οι δημόσιες αρχές και οι αρμόδιοι για τον ενεργειακό σχεδιασμό απαιτούν την εξόφληση του κεφαλαίου μέσα στην τεχνική διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας, δηλ. 20 έτη, ενώ ο επενδυτής στον ιδιωτικό τομέα θα έπρεπε καλύψει το κόστος αυτό κατά τη διάρκεια του κύκλου του δανείου τραπεζών. Τα επιτόκια που χρησιμοποιούνται από τις δημόσιες αρχές και τους αρμόδιους για τον ενεργειακό σχεδιασμό θα ήταν χαρακτηριστικά χαμηλότερα από εκείνα που χρησιμοποιούνται από τους ιδιωτικούς επενδυτές.

Το συνολικό κόστος εγκατάστασης μπορεί να εκφραστεί σε συνάρτηση της εκτιμώμενης αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας και κυμαίνεται από 1.700 και 2.100

€/kW για τοπικό σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο ισχύος 1 - 10 kW, 1.000 - 1.700 €/kW για ένα μεσαίας κλίμακας εμπορικό σύστημα 10 - 100 kW και ένα μεγάλης κλίμακας σύστημα με περισσότερα από 100 kW με δαπάνες από 700 - 1.400 €/kW. Χαμηλότερα κόστη μπορούν να επιτευχθούν με την εγκατάσταση πολλαπλών μονάδων σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Γενικά, τα ποσοστά δαπανών μειώνονται όσο αυξάνεται η χωρητικότητα μηχανών.

Τα έξοδα λειτουργίας ενός κινητήρα υφίστανται πέρα από τη διάρκεια ζωής του αιολικού συστήματος και περιλαμβάνουν τη συντήρηση και την επισκευή, την ασφάλεια και οποιεσδήποτε άλλες εφαρμόσιμες εργασίες. Εμπειρικά, αυτές οι δαπάνες εκτιμώνται γενικά με 2% - 3% του αρχικού κόστους συστήματος ετησίως. Επίσης, οι μέθοδοι χρηματοδότησης μπορούν να κάνουν μια σημαντική διαφορά στα οικονομικά των προγραμμάτων. Η εξασφάλιση σημαντικού κεφαλαίου επένδυσης ή κοινής ιδιοκτησίας ενός προγράμματος μπορεί να μειώσει τις δαπάνες κατά μεγάλο ποσοστό. Οι επιχορηγήσεις προς την επένδυση χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στη Δανία, και από τότε έχει χρησιμοποιηθεί στις Κάτω Χώρες, τη Σουηδία και τη Γερμανία [B16].

Τα οικονομικά κίνητρα παρουσιάζονται συνήθως υπό μορφή φτηνών ή εύκολα διαθέσιμων δανείων ή με μέτριες εγγυητικές απαιτήσεις. Το καλύτερο παράδειγμα αυτού του κίνητρου είναι η Γερμανία, όπου οι ιδιοκτήτες ανεμοκινητήρων είχαν πρόσβαση στα δάνεια χαμηλών επιτοκίων όπως εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν στη χρηματοδότηση του εξοπλισμού στο γεωργικό τομέα. Στη Δανία, έχουν μια σειρά από κίνητρα όπως η επιχορήγηση στην τιμή πώλησης, η άμεση επιχορήγηση προς την επένδυση και ιδιαίτερα για τα συνεταιριστικά σχέδια η μείωση των φόρων [B17].

3.3.1 Μηχανισμός Έρευνας και Ανάπτυξης

Η δημόσια χρηματοδότηση για την έρευνα και ανάπτυξη (E&A) και την επίδειξη των καινοτόμων τεχνολογιών είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος διέγερσης ενδιαφέροντος για την αιολική ενέργεια μέσα στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Το US Department of Energy έχει υποστηρίξει τα μεγάλα προγράμματα E&A από τη δεκαετία του '70, ενώ εντός της ΕΕ έχει προωθείται η ανάπτυξη της επόμενης γενεάς γεννητριών ικανότητας MW [B15].

Σημαντικά εθνικά προγράμματα έχουν χρηματοδοτηθεί επίσης στη Γερμανία, τη Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τις Κάτω Χώρες και τη Σουηδία [B16]. Η ευρωπαϊκή βιομηχανία κατασκευής ανεμοκινητήρων στρέφει επίσης την τρέχουσα E&A της στην παραγωγή των νέων σχεδίων για την ανερχόμενη παράκτια αγορά. Για τους κατασκευαστές ανεμοκινητήρων, ο βασικός στόχος της E&A είναι η συνεχής κατασκευή πιο οικονομικών-αποδοτικών μηχανών, το οποίο έχει συμβάλει σε μια μείωση του κόστους της αιολικής ενέργειας τα τελευταία 20 έτη [H4].

Διάφορες τεχνολογίες που είναι γνωστές από τη βιομηχανία αεροσκαφών, εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στα μοντέλα των ανεμοκινητήρων προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση του ρότορα [H5].

Οι προηγμένες μηχανές θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος της αιολικής ενέργειας σε επίπεδο 1,8 cents/KWh (με ταχύτητες αέρα 23 km/h). Με τη βοήθεια των εξομοιωτών σε υπολογιστές, οι αεροδυναμικές επιδράσεις που ενεργούν στους ανεμοκινητήρες μπορούν να γίνουν καλύτερα κατανοητές, το οποίο επιτρέπει μια ακριβέστερη πρόβλεψη για την παραγωγή αιολικής ενέργειας δεδομένων των αναμενόμενων καιρικών συνθηκών.

Παγκοσμίως νέες τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν και στα πρώτα παράκτια πιλοτικά έργα στη Δανία, η οποία είναι και ηγέτης διάφορων ευρωπαϊκών χωρών στον προγραμματισμό για τα πρώτα παράκτια αιολικά πάρκα μεγάλης κλίμακας. Μια μελέτη από τους συμβούλους Garrad Hassan και Germanischer Lloyd, που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του EC's Joule programme το 1993-5, υπολόγισε μια παράκτια δυνατότητα αιολικής ενέργειας στην ΕΕ με τιμή 3.028 TWh. Ακόμα κι αν η Νορβηγία και η Σουηδία δεν περιλήφθηκαν στη μελέτη, αυτός ο αριθμός υπερβαίνει τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των 15 τρέχοντων μελών της ΕΕ το 1997. Η πλειοψηφία των παράκτιων πόρων της ΕΕ έχει προσδιοριστεί στο Ηνωμένο Βασίλειο, τη Δανία και τη Γαλλία.

Προκειμένου να επιτευχθεί μια επιτυχής εφαρμογή ενός προγράμματος αιολικής ενέργειας, διάφορες βασικές πολιτικές ενέργειες απαιτούνται. Αρχικά, είναι ουσιαστικό να καθιερωθούν σαφείς στόχοι για την αιολική ενέργεια στις χώρες που είναι κατάλληλες για την ανάπτυξή της. Αφετέρου, τα έμφυτα εμπόδια και οι επιχορηγήσεις για άλλες πηγές καυσίμων που επιβαρύνουν αυτήν την περίοδο τις ανανεώσιμες πηγές πρέπει να καταργηθούν. Τρίτον, σε πολλές χώρες η νομοθεσία σχεδιασμού και πρόσβασης στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας έχει χτιστεί γύρω από την ύπαρξη μεγάλων εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας με σταθερό

ανεφοδιασμό. Αυτό αντιπροσωπεύει ένα ξεπερασμένο θεσμικό εμπόδιο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια [H6].

3.3.2 Χρηματοδότηση

Πολλές χώρες μέσω κυβερνητικών κινήτρων, όπως επιχορηγήσεις, υποστηρίζουν την ανάπτυξη αιολικής ενέργειας, προκειμένου να διεγείρουν το ενδιαφέρον της αγοράς, να μειωθούν οι δαπάνες παραγωγής και να αντισταθμιστούν προνόμια που κατέχουν συμβατικά καύσιμα. Τέτοιοι μηχανισμοί υποστήριξης και προγράμματα χρηματοδότησης που εκτελούνται στην Ευρώπη και σε άλλες περιοχές είναι:

- Δημόσια χρηματοδότηση για τα προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης και τα προγράμματα επίδειξης
- Άμεση επιχορήγηση (% του συνολικού κόστους ή ανά εγκατεστημένων kW)
- Υποστήριξη για την τιμή πώλησης της αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας (ανά παρεχόμενες kWh)
- Οικονομικά κίνητρα – ειδικά δάνεια, ευνοϊκά επιτόκια, κ.α.
- Φορολογικά κίνητρα – πρόσθετες αποσβέσεις, φορολογικές διευκολύνσεις [B10].

3.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανεμογεννητριών

Οι κύριες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μέσω των ανεμογεννητριών είναι οι ακόλουθες:

- η οπτική ενόχληση και η αισθητική ένταξη,
- ο θόρυβος
- η χλωρίδα και η πανίδα,
- οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Παράγοντες όπως το μέγεθος του αιολικού πάρκου, ο τύπος και το μέγεθος των ανεμογεννητριών, το μέγεθος των παράπλευρων έργων (π.χ. κατασκευή δρόμων) και τα χαρακτηριστικά του τόπου εγκατάστασης παίζουν σημαντικό ρόλο στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το σημαντικότερο θετικό στοιχείο από την ανάπτυξη και την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μέσω των ανεμογεννητριών είναι η μείωση των επιπτώσεων πάνω στον άνθρωπο με την αντικατάσταση της καύσης των συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παράμετρος αυτή δεν έχει εκτιμηθεί επαρκώς μέχρι σήμερα. Από μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με λιγνίτη και ενός αντίστοιχου αιολικού πάρκου με ανεμογεννήτριες είναι σε όλους αυταπόδεικτο ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος που προκύπτει από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό, συμπεριλαμβανομένης και της έκτασης που καλύπτει το λιγνιτορυχείο, είναι εμφανώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη υποβάθμιση που προκύπτει από την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου. Παρόλα αυτά, η θέα ενός αιολικού πάρκου από απόσταση είναι ένα γεγονός που απαιτεί προσπάθειες ενσωμάτωσης και προσαρμογής των ανεμογεννητριών στο τοπίο.

Οπτική ενόχληση και αισθητική ένταξη

Η οπτική ενόχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Η οπτική ενόχληση επηρεάζεται κυρίως από τους εξής παράγοντες:

- το φυσικό μέγεθος των ανεμογεννητριών,
- την απόσταση των ανεμογεννητριών από τον παρατηρητή, τον αριθμό και το σχεδιασμό των ανεμογεννητριών,
- τη διάταξη των ανεμογεννητριών στο αιολικό πάρκο,
- το είδος του τοπίου και την ύπαρξη εναλλακτικών μη υποβαθμισμένων περιοχών,
- την αντίληψη των ατόμων για το υπάρχον επίπεδο της οπτικής καλαισθησίας.
- τη γενικότερη στάση των ατόμων ως προς την αιολική ενέργεια.

Θόρυβος

Οι ανεμογεννήτριες, όπως και κάθε μηχανή που αποτελείται από κινούμενα μέρη, παράγουν θόρυβο. Σήμερα μπορούμε να ισχυριστούμε με βεβαιότητα ότι οι ανεμογεννήτριες είναι από τις πιο αθόρυβες μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα με την προέλευση του, ο θόρυβος που παράγουν οι

ανεμογεννήτριες είναι μηχανικός και αεροδυναμικός. Ο μηχανικός θόρυβος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά εξαρτήματα (π.χ. τα γρανάζια, τους άξονες του έλικα και της γεννήτριας). Ο μηχανικός θόρυβος έχει ελαχιστοποιηθεί με γρανάζια πλάγιας οδόντωσης ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση του θαλάμου που περικλείει τα κινούμενα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας. Αντίστοιχα, ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική αεροδυναμική σχεδίαση των πτερυγίων του έλικα της ανεμογεννήτριας.

Χλωρίδα και Πανίδα

Τα περισσότερα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί σε ορεινές θέσεις με αραιή θαμνώδη βλάστηση όπου παρατηρούνται υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η παρουσία υψηλής βλάστησης σε μια περιοχή (π.χ. δασώδη έκταση) δεν προσφέρεται για εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Σε ότι αφορά την πανίδα, τα πουλιά καθώς πετούν είναι δυνατόν να προσκρούσουν στην περιστρεφόμενη έλικα της ανεμογεννήτριας με δυσμενείς συνέπειες. Οι πιθανές προσκρούσεις των πουλιών ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου και την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων. Η εμπειρία που έχει αποκτηθεί μέχρι σήμερα είναι ότι οι αρνητικές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στους πληθυσμούς των πουλιών είναι πολύ μικρές έως αμελητέες.

Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές εξαρτώνται από τη θέση των ανεμογεννητριών σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου αλλά και από πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές. Είναι γεγονός ότι η μετάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου επηρεάζεται από τα εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ του πομπού, των αναμεταδοτών και των δεκτών. Το κυριότερο πρόβλημα προέρχεται από τα περιστρεφόμενα πτερύγια της ανεμογεννήτριας προκαλώντας την αυξομείωση του σήματος εξαιτίας των ανακλάσεων. Τα βασικότερα σήματα που μπορεί να επηρεαστούν είναι:

- οι τηλεοπτικές μεταδόσεις,
- οι αναμεταδόσεις τηλεπικοινωνιακών οργανισμών,
- οι επικοινωνίες με τα αεροπλάνα.

Η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη λειτουργία της ηλεκτρικής γεννήτριας αλλά και από τη λειτουργία του μετασχηματιστή είναι πολύ ασθενής [B14].

3.5 Παρούσα κατάσταση και μελλοντικές προοπτικές

Η συνολική τεχνικά ανακτήσιμη αιολική ενέργεια παγκοσμίως έχει υπολογιστεί σε 53.000 TWh ετησίως [H7]. Η σημερινή παγκόσμια αγορά αιολικής ενέργειας εξουσιάζεται από την Γερμανία, την Ισπανία, τις Ηνωμένες Πολιτείες, τη Δανία και την Ινδία να είναι οι κύριες χώρες, ενώ μόνο η Γερμανία και η Ισπανία είχαν το 2004 ένα μερίδιο πάνω από 50% της παγκόσμιας αγοράς αιολικής ενέργειας. Ανάπτυξη όμως επιτεύχθηκε και σε άλλες αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα και η Νότια Αμερική.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική διότι ο αέρας είναι ένα δωρεάν, καθαρό και ανανεώσιμο καύσιμο που δε θα εκλείψει ποτέ. Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας αυξάνεται ταχέως και οι κινητήρες γίνονται φτηνότεροι και ισχυρότεροι, με μεγαλύτερα μήκη λεπίδων έτσι ώστε περισσότερος αέρας να χρησιμοποιείται, περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια να παράγεται και οι δαπάνες παραγωγής να μειώνονται. Η οικονομική αποδοχή της τεχνολογίας εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά της χώρας, όπου η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται όχι μόνο από τις δαπάνες παραγωγής, αλλά και από τους πολλούς διαφορετικούς παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην αγορά, όπως οι ενεργειακές επιχορηγήσεις και οι φόροι. Ακολουθούν περιγραφές της πολιτικής που ακολουθείται και των μέτρων που έχουν ληφθεί για την προώθηση της αιολικής ενέργειας σε διάφορες χώρες.

- ο Ινδία: Το Ministry of Non-Conventional Energy Sources (MNES), προωθεί μια διαφοροποίηση των πηγών καυσίμων για να τροφοδοτήσουν την ταχύτερη οικονομική ανάπτυξη της χώρας [B18]. Τα φορολογικά κίνητρα που παρείχε η κυβέρνηση της Ινδίας στον τομέα της αιολικής ενέργειας, είναι:
 - Άμεσοι φόροι – 80% απόσβεση στο πρώτο έτος εγκατάστασης ενός προγράμματος.
 - Φορολογικές διευκολύνσεις για 10 έτη.

- Φιλιππίνες: Μέσα στην επόμενη δεκαετία, οι Φιλιππίνες ελπίζουν να γίνουν ο κύριος παραγωγός αιολικής ενέργειας στη Νοτιοανατολική Ασία, διπλασιάζοντας την ικανότητα ενέργειας ανανεώσιμων πηγών μέχρι το 2013. Μια ισχυρή συνεργασία μεταξύ της κυβέρνησης και του ιδιωτικού τομέα ακολουθείται, με κυβερνητικό όραμα την εγκατάσταση τουλάχιστον 417 MW αιολικής μέσα σε δέκα έτη [H8].
- Κίνα: Το Global Environment Facility (GEF) ενέκρινε το 2000 μια επιχορήγηση στην Κίνα 98 εκατομμυρίων Δολ ΗΠΑ για την διαφοροποίηση των ενεργειακών πόρων, εκ των οποίων 12 εκατομμύρια Δολ ΗΠΑ για την ανάπτυξη της παραγωγής αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας και τη μείωση εκπομπών GHG. Το πρόγραμμα θα πρέπει να προσθέσει 78 MW παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω τριών νέων αιολικών πάρκων στο Dabancheng, Fujin και Xiwaizi. Η παρούσα εγκατεστημένη αιολική ενέργεια στην Κίνα είναι 265 MW και θα αυξηθεί λόγω του «Key Points of the Program for Development of New Energy and Renewable Energy Industry in the 2000-2015 Period» [H9].
- Πακιστάν: Το UNDP και το Economic Affairs Division of the Government του Πακιστάν έχουν συμφωνήσει για ένα μεγάλης κλίμακας πρόγραμμα αιολικής ενέργειας. Η μελέτη θα επιλέξει τις περιοχές και θα αξιολογήσει την δυνατότητα αιολικής ενέργειας στη νοτιοδυτική επαρχία Balochistan και θα κάνει τις προετοιμασίες για μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις παραγωγής.
- Δανία: Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας της Δανίας είχε έσοδα ύψους ενός δισεκατομμυρίου \$ ΗΠΑ το 1998. Το ποσοστό αύξησής μπορεί να συγκριθεί με αυτή του Διαδικτύου ή των κινητών τηλεφώνων [B16]. Οι δανικοί ανεμοκινητήρες κυριαρχούν στην παγκόσμια αγορά, ενώ η δανική βιομηχανία ανεμογεννητριών είναι από τις σημαντικότερες στην κατασκευή μηχανημάτων με εργατικό δυναμικό 15.000 ατόμων. Τα έσοδα της είναι επίσης δύο φορές μεγαλύτερα από την αξία της παραγωγής φυσικού αερίου στη Βόρεια Θάλασσα [H4].
- Γερμανία: Η Γερμανία ηγείται παγκοσμίως όσον αφορά την εγκατεστημένη ικανότητα αιολικής ενέργειας. Μέχρι το τέλος του 1999, η εκτιμώμενη ενέργεια ήταν 4.445 MW (περισσότερο από 1% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας 82 εκατομμυρίων ανθρώπων της Γερμανίας). Εντούτοις, δεν είναι

ιδανική χώρα για την αιολική ενέργεια, επειδή πολλές περιοχές στην ενδοχώρα έχουν χαμηλές ταχύτητες αέρα.

- ο Ισπανία: Η αιολική ενέργεια αναπτύχθηκε στην Ισπανία τη δεκαετία του '90, αφού το 1993 μόλις 52 MW αιολικής ενέργειας ήταν λειτουργικά, ενώ στο τέλος του 1998 η ικανότητα είχε αυξηθεί σε 834 MW. Σήμερα, η ανάπτυξη της παραγωγής επεκτείνεται και σε άλλες περιοχές, όπως στα βουνά της Ναβάρρας, στη σκιά των Πυρηναίων, και στις πεδιάδες της Καταλονίας. Η δανική επιχείρηση Vestas ανέπτυξε τοπική παραγωγή αιολικής ενέργειας στην Ισπανία μέσω μιας κοινοπραξίας με τη Gamesa, το οποίο περιέλαβε και την παραγωγή των λεπίδων στην Ισπανία.
- ο Αφρική: Η Αίγυπτος συνεχίζει την ανάπτυξη των περιοχών κατά μήκος της κόκκινης παραλίας με την υποστήριξη γερμανικών, ιαπωνικών και δανικών επιχειρήσεων, ενώ το Μαρόκο διαθέτει αιολικό πάρκο 50 MW και υπάρχουν προσφορές και για άλλα 200 MW.
- ο Λατινική Αμερική: Λατινοαμερικανικές αγορές - με εξαίρεση την Αργεντινή - έχουν παραμείνει έως σήμερα κατά ένα μεγάλο μέρος ανενεργές.

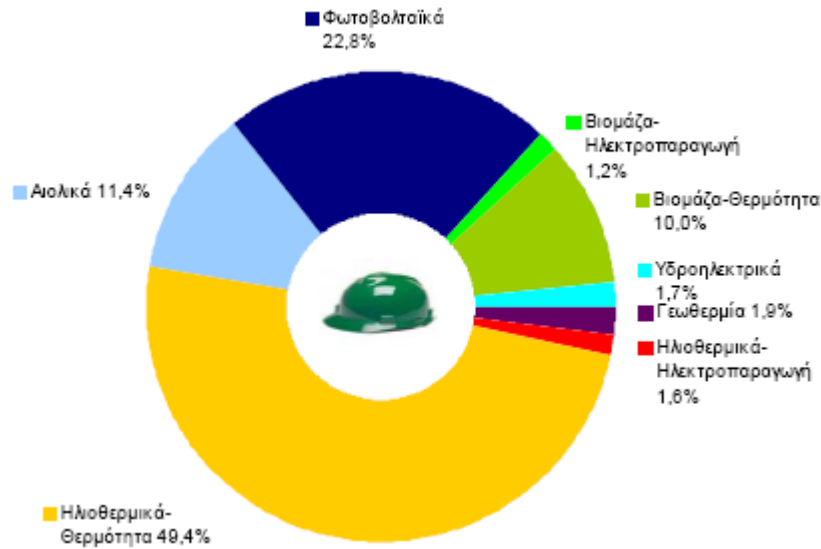
Τα 8 GW του παγκόσμιου δυναμικού αιολικής ενέργειας το 2004, ήταν σε θέση να παράσχουν ηλεκτρική ενέργεια για περίπου 19 εκατομμύρια ευρωπαϊκά σπίτια. Γενικά, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η αιολική ενέργεια έχει βελτιωθεί σημαντικά δεδομένου ότι πρωτοεμφανίστηκε 25 έτη πριν, καθώς οι σημερινές ανεμογεννήτριες είναι πλέον μοντελοποιημένες και εγκαθίσταται ταχύτατα. Μια μεμονωμένη ανεμογεννήτρια μπορεί να παράγει 200 φορές περισσότερη ενέργεια από μια ισοδύναμη δύο δεκαετίες πριν [H10].

Ειδικότερα για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι θέσεις εργασίας στην αιολική βιομηχανία για το έτος 2008 καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα, δείγμα της γενικότερης επικρατούσας κατάστασης όσον αφορά στην ένταξη της αιολικής τεχνολογίας στην καθημερινή δράση κάθε χώρας.

Πίνακας 3.1: Θέσεις εργασίας στην ευρωπαϊκή βιομηχανία αιολικών (2008) [H11]	
Αυστρία	700
Βέλγιο	2.000
Βουλγαρία	100
Βρετανία	4.000
Γαλλία	7.000
Γερμανία	38.000
Δανία	23.500
Ελλάδα	1.800
Ιρλανδία	1.500
Ισπανία	20.500
Ιταλία	2.500
Ολλανδία	2.000
Ουγγαρία	100
Πολωνία	800
Πορτογαλία	800
Σουηδία	2.000
Τσεχία	100
Φινλανδία	800
Υπόλοιπες χώρες ΕΕ	400
Σύνολο ΕΕ	108.600

Στην Ελλάδα δεν υφίσταται προς το παρόν παραγωγή ανεμογεννητριών, με αποτέλεσμα η δράση να εντοπίζεται σε δευτερογενείς τομείς όπως επενδυτικές εταιρίες, ανάπτυξη έργων, εγκατάσταση και λειτουργία.

Εντούτοις, η προοπτική νέων έργων υφίσταται, ως μια αισιόδοξη πραγματικότητα όχι μόνο για την περίπτωση της αιολικής ενέργειας, αλλά όσον αφορά στη γενικότερη μελλοντική κατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη μελλοντική ελληνική αγορά, όπως παρουσιάζεται παραστατικά στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 3.3: Εκτιμώμενη κατανομή θέσεων εργασίας στην ελληνική αγορά ανά τεχνολογία έως το 2020 [B19]

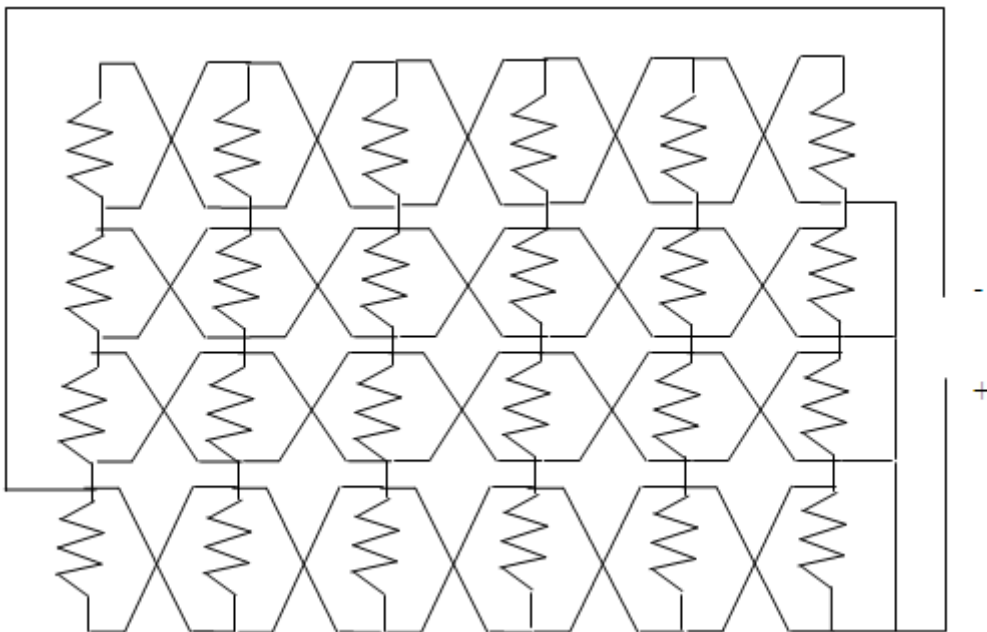
Γίνεται επομένως αντιληπτό πως ο τομέας της αιολικής ενέργειας χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, αφού αποτελεί σημαντικό τμήμα του συνόλου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τόσο στο οικονομικό τμήμα της διαδικασίας (θέσεις εργασίας, κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, άμεσα και έμμεσα έσοδα λειτουργίας) όσο και στο πολιτιστικό – κοινωνικό τμήμα (προστασία περιβάλλοντος, ανάπτυξη κοινωνικής – περιβαλλοντικής συνείδησης), χαρακτηριστικά που αναδεικνύουν το ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει η αιολική ενέργεια στο μέλλον.

4

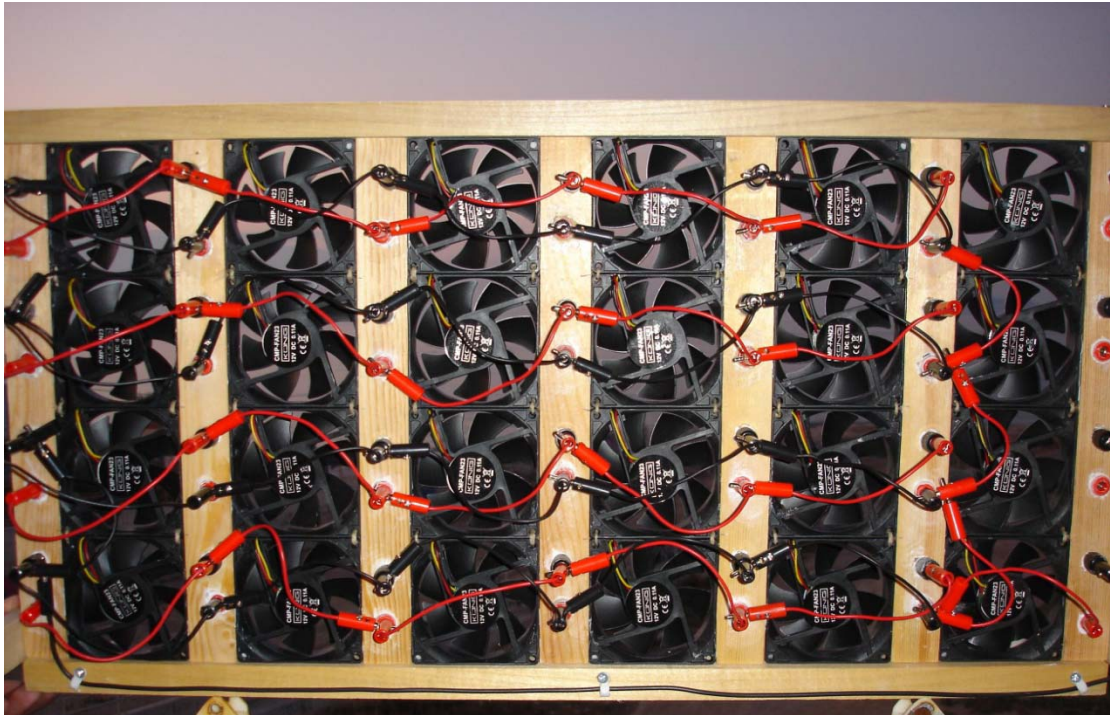
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

4.1 Βασικά στοιχεία της διαδικασίας

Στην παρούσα ενότητα αναλύεται η διαδικασία της προσομοίωσης της λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε μια διάταξη 24 ανεμιστήρων οι οποίοι έχουν συνδεθεί σε σειρά ανά τετράδες, με την πρώτη και τελευταία τετράδα να είναι συνδεδεμένες παράλληλα. Το κυκλωματικό διάγραμμα (κάθε ανεμιστήρας συμβολίζεται με την ονομαστική του αντίσταση), καθώς και η ίδια η διάταξη παρουσιάζονται ακολούθως.



Διάγραμμα 4.1: Συνδεσμολογία ανεμιστήρων διάταξης προσομοίωσης

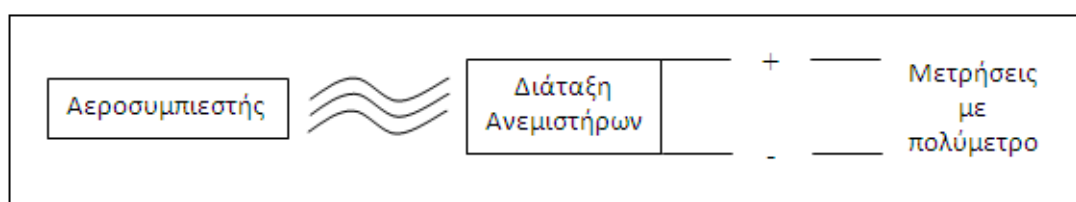


Εικόνα 4.1: Διάταξη προσομοίωσης (πρόσθια όψη)



Εικόνα 4.2: Διάταξη προσομοίωσης (οπίσθια όψη)

Στόχος της διαδικασίας προσομοίωσης ήταν να μελετηθεί η συμπεριφορά κατευθυνόμενης ροής αέρα όσον αφορά στην παραγωγή ρεύματος, με βασικές παραμέτρους εκτίμησης των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης την απόσταση της διάταξης από την πηγή της κατευθυνόμενης ροής αέρα (για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε αεροσυμπιεστής), καθώς και την επαγόμενη τάση και ένταση του ρεύματος στη διάταξη. Το δομικό (μπλοκ) διάγραμμα της διαδικασίας αποδίδεται παρακάτω.



Διάγραμμα 4.2: Δομικό διάγραμμα προσομοίωσης

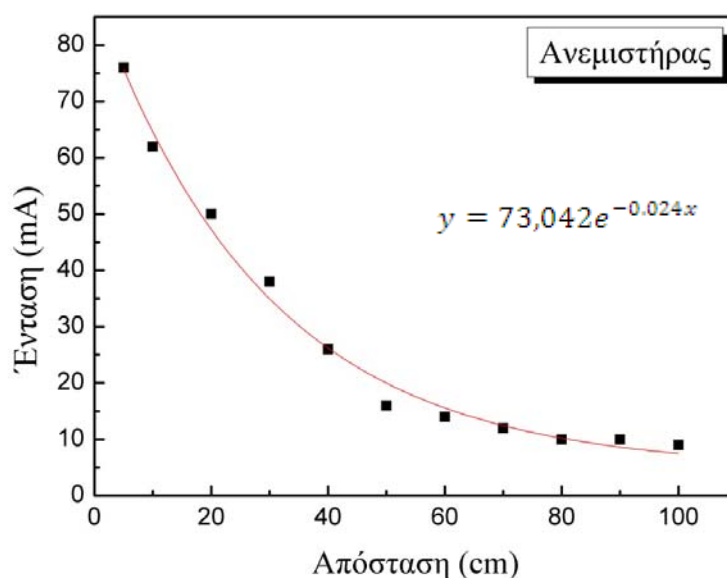
4.2 Λήψη μετρήσεων και εκτίμηση αποτελεσμάτων

Για να εκτιμηθεί η μεταβολή των μεγεθών της τάσης και της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με την απόσταση, μεταβαλλόταν η απόσταση από τη διάταξη των μετρήσεων μετακινώντας κατάλληλα τον αεροσυμπιεστή ανάλογα με την επιθυμητή κάθε φορά απόσταση. Οι μετρήσεις που λήφθηκαν για τις διάφορες αποστάσεις καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.1: Μετρήσεις τάσης και έντασης σε συνάρτηση με την απόσταση αεροσυμπιεστή - διάταξης		
Απόσταση (cm)	Τάση (V)	Ένταση (A)
5	8,5	76
10	6,6	62
20	5,3	50
30	4,3	38
40	3	26
50	1,7	16

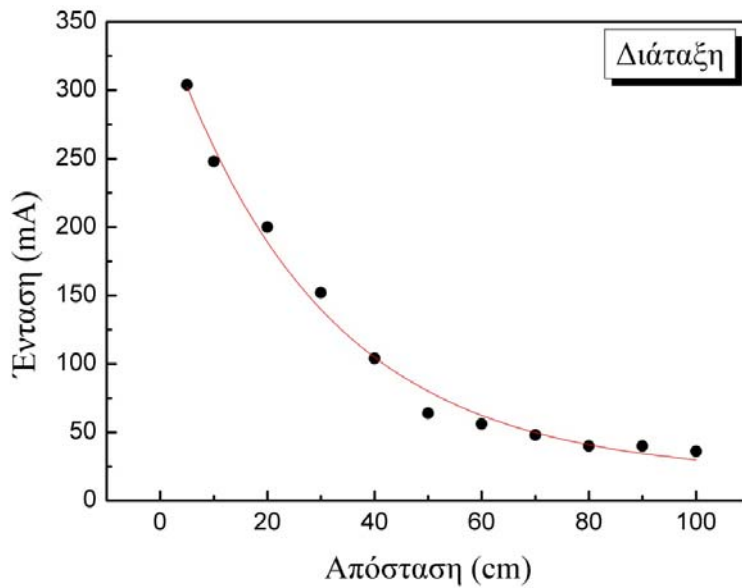
60	1,4	14
70	1,3	12
80	1,2	10
90	1,1	10
100	1,1	9

Για να εκτιμηθεί η συνάρτηση έντασης ρεύματος - απόστασης, καθώς και τάσης - απόστασης, οι παραπάνω τιμές αποδίδονται διαγραμματικά στα ακόλουθα σχήματα.



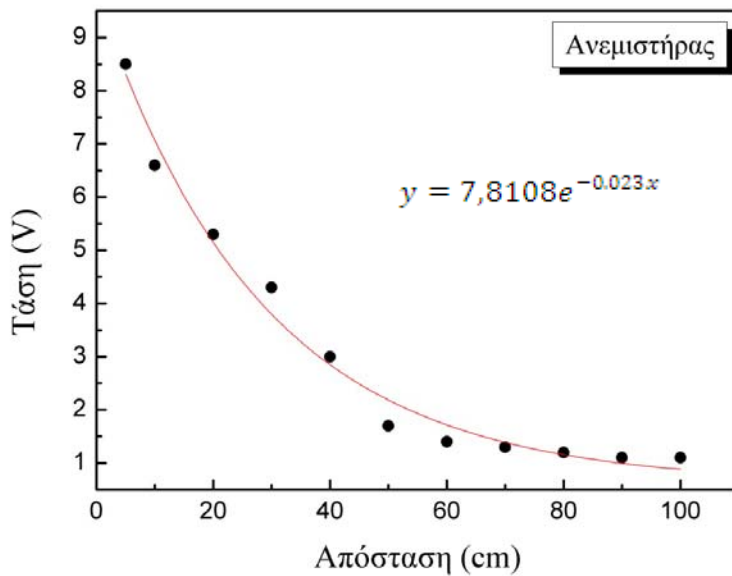
Διάγραμμα 4.3: Μεταβολή της έντασης του παραγόμενου ρεύματος από έναν ανεμιστήρα σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει πως η ένταση του παραγόμενου ρεύματος μειώνεται με την ταυτόχρονη αύξηση της απόστασης, με αυτή μάλιστα τη μείωση να συμβαίνει εκθετικά, όπως καταδεικνύει η εξίσωση της γραφικής προσέγγισης. Πρακτικά, αυτή η διαπίστωση σημαίνει πως όσο η πηγή του αέρα απομακρύνεται από τη διάταξη των ανεμιστήρων, η ένταση του ρεύματος μειώνεται, με τη μέγιστη ένταση να παρατηρείται στην κοντινότερη απόσταση από τη διάταξη.



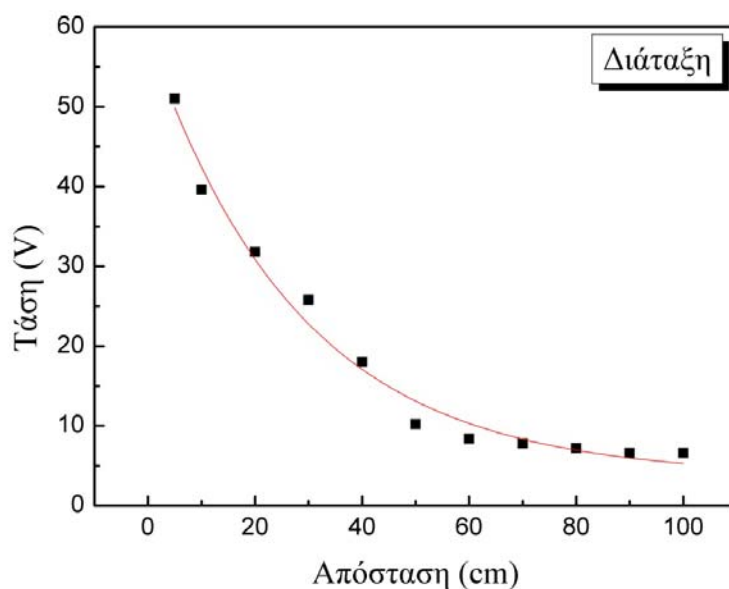
Διάγραμμα 4.4: Μεταβολή της έντασης του συνολικά παραγόμενου ρεύματος σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα

Η μεταβολή της έντασης του συνολικά παραγόμενου ρεύματος (από όλη τη διάταξη, δηλαδή από το σύνολο των ανεμιστήρων), συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της μεταβολής που ισχύει για τον ένα ανεμιστήρα. Επομένως, η διάταξη παράγει μικρότερης έντασης ρεύματος όσο απομακρύνεται η πηγή του αέρα.

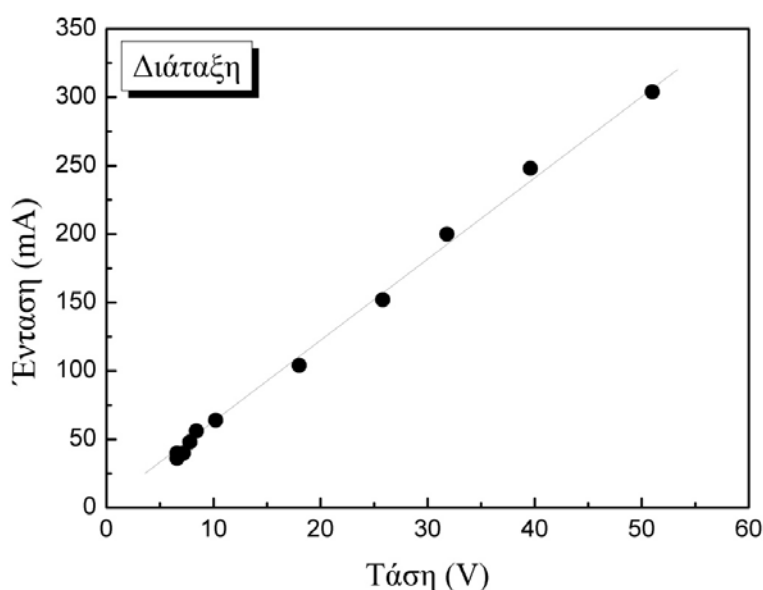


Διάγραμμα 4.5: Μεταβολή της παραγόμενης τάσης από έναν ανεμιστήρα σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται πως η εκθετική μεταβολή ισχύει και στην περίπτωση της παραγόμενης τάσης, η οποία μειώνεται όσο η πηγή του αέρα απομακρύνεται από τη διάταξη, με τη μείωση να περιγράφεται από την προαναγραφόμενη προσεγγιστική εξίσωση. Η σημασία της απόστασης και της επίδρασής της στην παραγόμενη τάση, είναι εμφανής αν παρατηρηθεί πως η παραγόμενη τάση μειώνεται στο μισό της αρχικής (από 50 σε 25V) σε μόλις 20 cm απομάκρυνσης, ενώ μετά τα 60 cm παραμένει σταθερή μέχρι τα 100 cm, σε πολύ χαμηλά όμως επίπεδα, αδρανοποιώντας ουσιαστικά τη δυναμική της παραγωγής τάσης και επομένως ηλεκτρικού ρεύματος για τη συγκεκριμένη πηγή αέρα και πέρα από τη συγκεκριμένη απόσταση.



Διάγραμμα 4.6: Μεταβολή της συνολικά παραγόμενης τάσης σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του αέρα

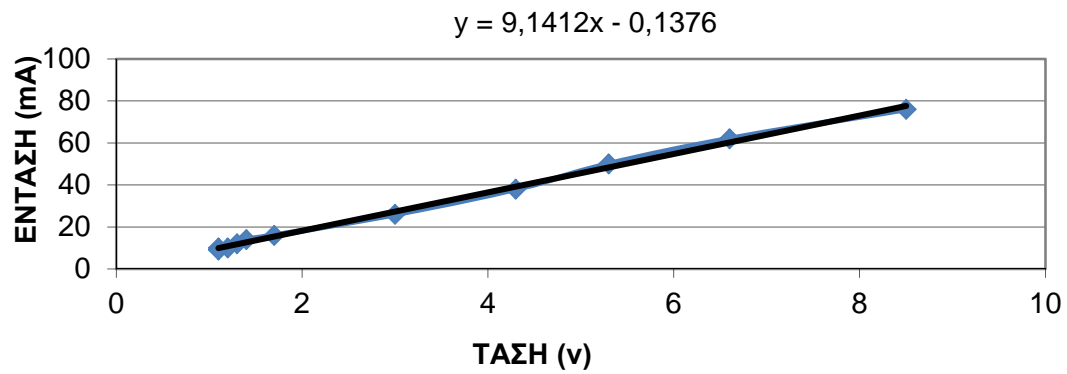


Διάγραμμα 4.7: Μεταβολή της συνολικά παραγόμενης έντασης ρεύματος σε συνάρτηση με την αντίστοιχη τάση

Το παραπάνω διάγραμμα επιβεβαιώνει ουσιαστικά το νόμο του Ohm όσον αφορά στη σχέση τάσης και έντασης ρεύματος (με την αντίσταση της συνολικής διάταξης να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και τις όποιες ανομοιομορφίες να οφείλονται στις διαφορετικές δυνάμεις τριβής που υφίστανται στους διαφορετικούς ανεμιστήρες, με αποτέλεσμα και τη διαφοροποίηση στη συμπεριφορά τους). Επίσης, οι παραπάνω αποκλίσεις δικαιολογούνται από τυχόν ανομοιομορφίες στην κατεύθυνση ροής του αέρα, που μπορεί να μην είναι ακριβώς ίδια για το σύνολο των ανεμιστήρων. Εντούτοις, η σχέση είναι γραμμική στο σύνολο της μεταβολής, πιστοποιώντας πρακτικά την αναλογική σχέση τάσης και έντασης. Από τις τιμές μάλιστα του αρχικού πίνακα μετρήσεων, η αντίσταση της συνολικής διάταξης κρατείται σταθερή (περίπου $0,11\Omega$) στο σύνολο των μετρήσεων.

Η ίδια γραμμικότητα αναδεικνύεται και στην περίπτωση ενός μόνο ανεμιστήρα, όπως προκύπτει από το ακόλουθο διάγραμμα και την εξίσωση της προσεγγιστικής γραφικής παράστασης.

Ανεμιστήρας



Διάγραμμα 4.8: Μεταβολή της παραγόμενης έντασης ρεύματος σε συνάρτηση με την αντίστοιχη τάση για έναν ανεμιστήρα

5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος

Το περιβάλλον είναι ο χώρος στον οποίο ζει και δραστηριοποιείται ο καθένας, τόσο σήμερα όσο και στο μέλλον. Επομένως, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη προστασίας του με ορίζοντα που φαντάζει ολοένα και λιγότερο μακροπρόθεσμος. Αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας για τις μελλοντικές γενιές να δραστηριοποιηθούν σε ένα περιβάλλον υγιές και βιώσιμο, χωρίς αυτό να σημαίνει την τεχνολογική υστέρηση και απόρριψη καινοτόμων επιστημονικών επιτευγμάτων, τα οποία πρέπει να στραφούν με τη σειρά τους προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Συνδυασμός αποφυγής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και οικονομικής ανάπτυξης

Βασική επιδίωξη είναι η επίτευξη οικονομικής ανάπτυξης χωρίς επιδείνωση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ο περιορισμός της επιβάρυνσης (decoupling) επιτυγχάνεται όταν η ανάπτυξη απεξαρτάται από τις εισροές ενέργειας και πρώτων υλών. Αυτό προωθείται με τη θέσπιση υποχρεώσεων για τους χρήστες ώστε να κάνουν λογική χρήση των φυσικών ενεργειακών πόρων. Προωθείται επίσης με την καινοτομία που οδηγεί σε καθαρότερες τεχνολογίες παραγωγής. Η ανάγκη αντιμετώπισης της παγκόσμιας οικονομικής ανέχειας δεν επιτρέπει πάντοτε τη μείωση της κατανάλωσης αγαθών, γεγονός που σημαίνει ότι είναι μη εφαρμόσιμες οι οριζόντιες περικοπές συμβατικών ενεργειακών λύσεων, αλλά αντίθετα απαιτείται ένα στάδιο ομαλής μετάβασης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε διαταραχή.

Ενταξη της Εξοικονόμησης στην καθημερινή δραστηριότητα

Επιδίωξη αποτελεί η αλλαγή του σπάταλου τρόπου ζωής, με συγκράτηση της υπερβολικής κατανάλωσης πόρων. Αυτό απαιτεί ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση των πολιτών, ώστε να αναπτύξουν περιβαλλοντική συνείδηση και να συμπεριφέρονται πιο ορθολογικά. Παρουσιάζονται όμως μεγάλες δυσκολίες και αντιστάσεις, ιδίως σε ομάδες με χαμηλό οικονομικό ή μορφωτικό επίπεδο και μη ανεπτυγμένη κοινωνική συνείδηση. Σε περιπτώσεις που οι άνθρωποι είχαν να επιλέξουν μεταξύ του προσωπικού οφέλους από την οικονομική αύξηση και της αποφυγής υποβάθμισης των φυσικών πόρων, συχνά προτίμησαν τη λιγότερο βιώσιμη επιλογή. Πολύ αποτελεσματική εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί με τεχνολογικές καινοτομίες στον αγροτικό τομέα, στα κτίρια, τον τομέα των μεταφορών, τα προϊόντα, κ.λ.π.

Η τεχνολογία μπορεί να μετατραπεί από σημαντικό μέρος του προβλήματος σε καθοριστικό στοιχείο της λύσης. Είναι αναγκαία σήμερα η άμεσα τεχνολογική αντιμετώπιση παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων, καθώς χάρη στη χρήση βελτιωμένων και αποδοτικότερων τεχνολογιών μπορούν να επιτευχθούν χαμηλότερες εισροές υλικών και ενέργειας και χαμηλότερες εκροές ρύπων.

Ο ρόλος των κρατικών παρεμβάσεων

Η προώθηση της προστασίας του περιβάλλοντος με μόνους τους μηχανισμούς της αγοράς είναι ουτοπία. Η διαμορφούμενη παγκοσμιοποιημένη αγορά παρουσιάζει διάφορες ανεπάρκειες και, ειδικότερα, αδυναμία να εξασφαλίσει ταυτόχρονα οικονομική ανάπτυξη, πλήρη απασχόληση και περιβαλλοντική προστασία. Χρειάζονται λοιπόν διορθωτικές παρεμβάσεις, με δράσεις του δημόσιου τομέα. Η ολοκληρωμένη περιβαλλοντική πολιτική, με νομοθετική, διοικητική, επιστημονική, τεχνολογική, οικονομική και ιδεολογική διάσταση, απαιτεί δημόσια παρέμβαση, από το κράτος ή διακρατικούς οργανισμούς αλλά και από την κοινωνία των πολιτών [B28].

Ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα χρειάζονται οργανωμένη διαχείριση του χώρου από την πολιτεία. Τα οικονομικά εργαλεία αποτελούν σημαντικό τρόπο παρέμβασης για την προώθηση της πράσινης ανάπτυξης και της απασχόλησης.

Ο ρόλος του κράτους όσον αφορά στην υποστήριξη της πράσινης απασχόλησης εντοπίζεται σε πολλά επίπεδα, όπως αυτό της εκπαίδευσης για την

ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης, της πράσινης κατάρτισης, της δίκαιης και λειτουργικής κατανομής κονδυλίων και του διαρκούς ελέγχου για την αποδοτική αξιοποίησή τους. Οι επιδοτήσεις στις επιχειρήσεις θα πρέπει να γίνονται με κριτήριο το κατά πόσον έχουν σαν στόχο την ενίσχυση της πράσινης λειτουργικής του πτυχής. Τέτοια κριτήρια θα πρέπει να είναι η μείωση του οικολογικού αποτυπώματος και η συμβολή ή όχι στην κλιματική αλλαγή. Επιπρόσθετα, οι επιδοτήσεις θα πρέπει να δίνονται κατά προτεραιότητα στις μικρές επιχειρήσεις.

Το παγκόσμιο κίνημα συμπαρασύρει την Ελλάδα

Εδώ και χρόνια στο εξωτερικό έχει ξεκινήσει ένα ολόκληρο κίνημα και μια προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος που στηρίζεται μάλιστα σε μια γενικότερη φιλοσοφία ζωής. Η Ελλάδα, σύμφωνα με τα προαναφερόμενα στοιχεία και συγκρίσεις δείχνει να ακολουθεί το δρόμο όσον αφορά στην κατεύθυνση. Εκείνο που απομένει είναι η αύξηση της ταχύτητας υλοποίησης των σχετικών μηχανισμών. Οι επαγγελματικές ευκαιρίες από τη στροφή προς το περιβάλλον είναι πολλές και ήδη έχει δημιουργηθεί χώρος στην αγορά για «πράσινη επιχειρηματικότητα».

Καθιέρωση πιστοποιήσεων

Η αναγκαιότητα ύπαρξης εμπορικού σήματος ή πιστοποιήσεων σχετικά με τη φιλικότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας προς το περιβάλλον καταδεικνύει την αλλαγή της καταναλωτικής συμπεριφοράς και την καθιέρωση της περιβαλλοντικής συνείδησης.

Απαιτείται επίσης συστηματοποίηση των κοινωνικών και περιβαλλοντικών προδιαγραφών-κριτηρίων σε κάθε είδους προμήθειες, τόσο σε εσωτερικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Όταν τα προϊόντα και οι υπηρεσίες επιλέγονται με βάση περιβαλλοντικά (οικολογικές ετικέτες, βιολογικά προϊόντα) και κοινωνικά (δίκαιο εμπόριο, εργασιακές συνθήκες, συνεταιρισμοί κλπ.) κριτήρια, θα ωθηθεί η αγορά για ανάλογη συμπεριφορά, αφού έτσι θα προτιμηθεί μελλοντικά.

Το πεπεραμένο των φυσικών αποθεμάτων

Τα φυσικά αποθέματα εξαντλούνται χωρίς να μπορούν να αναπληρωθούν. Η παραγωγή πλούτου θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υποθηκεύει το μελλοντικό πλούτο. Μόνο τότε οικονομία και οικολογία θα συμβαδίσουν με απώτερο

στόχο την ανθρώπινη ευημερία αναγνωρίζοντας το πεπερασμένο των φυσικών πόρων, που μοιάζουν αλλά δεν είναι επαρκείς.

Ενίσχυση της τοπικής πράσινης οικονομίας

Μέσω αυτής της ενίσχυσης επιτυγχάνεται η ανεξαρτητοποίηση από ένα αχανές δίκτυο παγκοσμιοποιημένων ανταλλαγών. Με την παραγωγή και την κατανάλωση στην «πηγή» οι περιοχές κατορθώνουν να επανακτήσουν την αυτονομία τους και τον αυτοκαθορισμό τους, πόσο μάλλον όταν η διαδικασία παραγωγής και κατανάλωσης σέβεται το περιβάλλον. Για παράδειγμα, ας υποθεθεί η εκμετάλλευση ενός δημοτικού ακινήτου για εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή φωτοβολταϊκού πάρκου που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του δήμου. Αφενός, επιτυγχάνεται η δημιουργία θέσεων εργασίας και αφετέρου η επάρκεια του δήμου σε ενεργειακό επίπεδο.

Αστική ανάπτυξη με βάση περιβαλλοντικά κριτήρια

Η επαφή με συμπεριφορές που θα έχουν σεβασμό στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της καθημερινής δράσης, δε μπορεί παρά να παραδειγματίσει, ειδικότερα τις νέες γενιές που καλούνται να υιοθετήσουν τις μελλοντικές περιβαλλοντικές πολιτικές.

Σχετική εργασιακή μετάβαση ως αντίδοτο στην ανεργία

Η κρίση της ανεργίας καισιτά αναγκαίες τις μεταβάσεις εργασιακών πολιτικών για παράλληλη δημιουργία θέσεων εργασίας και ανάπτυξης περιβαλλοντικής πολιτικής. Η πράσινη στροφή στην οικονομία μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας σε πολλούς τομείς όπως εξοικονόμηση ενέργειας, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συντήρηση και επιδιόρθωση φιλικών προς το περιβάλλον εγκαταστάσεων, ανακύκλωση, προστασία της φύσης.

Η σημασία της Αιολικής Ενέργειας

Η αιολική τεχνολογία βασίζεται σε ένα καθαρό και ανανεώσιμο καύσιμο που δε θα εκλείψει ποτέ. Τα τελευταία 20 χρόνια βίωσε μεγάλη ανάπτυξη και έγινε ανταγωνιστική έχοντας μόνο το 2004 αυξηθεί παγκοσμίως κατά 20%. Σε αυτό συνέβαλε η κατασκευή πιο οικονομικών-αποδοτικών μηχανών, μειώνοντας

σημαντικά το κόστος λειτουργίας και επένδυσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές μικρής η μεγάλης κλίμακας με την ίδια επιτυχία, γεγονός που την καθιστά υπερπολύτιμη για τον «αγώνα» της τελικής επικράτησης των Α.Π.Ε στο μελλοντικό ενεργειακό σκηνικό.

Το δυναμικό του ΜΚΑ

Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης βρίσκει ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή. Οι αναπτυγμένες χώρες αναλαμβάνουν με αυξανόμενο ρυθμό να υλοποιήσουν έργα βασισμένα σε ανανεώσιμες πηγές, όπως αυτές που αναλύθηκαν παραπάνω και χώρες υποδοχής αποδέχονται ευκολότερα τέτοιες μονάδες. Η ζήτηση για την εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων ενδέχεται να αυξηθεί στο μέλλον, εφόσον ξεπεραστούν τα προβλήματα της χρηματοδότησης και κάποια ρυθμιστικά εμπόδια, όπως παραδείγματος χάριν τα νομοθετικά πλαίσια της κάθε χώρας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Άρθρα – Βιβλία - Εργασίες

[B1] Freund, P., «Abatement and Mitigation of Carbon Dioxide from Power Generation», IEA Green house Gas R&D Programme, presented at the Power-gen 98 conference, Milan, June 1998

[B2] Cole, J. «Interannual-decadal variability in the tropical ocean atmosphere and the extra-tropical response», presentation at the International Conference on Paleoceanography, Lisbon, Aug 24-28, 1998

[B3] Simons, P. «Weird Weather», Little, Brown and Company, London, UK, 1996

[B4] Σταυρινού Μ., Ενεργειακή Μελέτη Ανοιχτών Χώρων, Δράση 2.2.2, Πλατεία 25^{ης} Μαρτίου, 2010

[B5] Christopher Koroneos et al, «Energy analysis of renewable energy sources», Renewable Energy vol. 28, pp. 295-310, 2003

[B6] Γ. Ι. Τσεκούρας , Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Μελέτη Κατασκευής Ανάλυση Κυκλωματικής και Πεδιακή Συμπεριφοράς Δοκιμίου Ανεμογεννήτριας 2,5 kW», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή ΗΜΜΥ, Αθήνα, Μάιος 1999, σελ.1,2

[B7] Mark E. Hazen, «Alternative Energy», 1996

[B8] Τμήμα Ενεργητικών Ηλιακών Συστημάτων του ΚΑΠΕ, «Creation of Visual Education Material in the Field of Renewable Energy Sources», 1998

[B9] Χαραλαμπίδης Δ., Κονταράς Π.Β., Παυλακέλλη Ν., «Αειφόρος χρήση ενέργειας», 2001

[B10] Τσολακίδης Ι.Α., «Ανάπτυξη Συνοπτικών Εκθέσεων για Βιώσιμες Τεχνολογίες του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή ΗΜΜΥ, Αθήνα, Μάρτιος 2008

[B11] Μεσλεμές Ε. «Μελέτη εγκατάστασης αιολικού πάρκου μέσης κλίμακας και η διαχείριση της ηλεκτρικής του ενέργειας στο αυτόνομο σύστημα της Κρήτης» Τμήμα Ηλεκτρολογίας, ΑΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο 2007

[B12] Jorge Márquez Angarita and Julio Garcia Usaola, Combining hydro-generation and wind energy: Biddings and operation on electricity spot markets, *Electric Power Systems Research*. Vol 77, 2007

[B13] Ταμιωλάκης Ι. «Λειτουργία και συντήρηση αιολικών πάρκων στην Κρήτη» Πρόγραμμα Σπουδών Επιλογής Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Τεχνολογία, ΑΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο 2006

[B14] Μπινόπουλος Ε, Π. Χαβιαρόπουλος, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Αιολικών Πάρκων «Μύθοι και Πραγματικότητα», ΚΑΠΕ 2003

[B15] European Commission, Fourth Framework Programme, The JOULE-THERMIE project

[B16] Greenpeace, European Wind Energy Association and Forum for Energy & Development, Wind Force 10 - A blueprint to achieve 10% of the world's electricity from wind power by 2020, October 1999

[B17] Paolo Agnolucci, Wind electricity in Denmark: A survey of policies, their effectiveness and factors motivating their introduction, 2005

[B18] Greenpeace, Global Wind Energy Council, European Wind Energy Association. Wind Force 12 – A blueprint to achieve 12% of the world's electricity from wind power by 2020, 2005

[B19] Ψωμάς Σ., Πράσινη Ανάπτυξη και νέες θέσεις εργασίας, Έκθεση του ελληνικού γραφείου της Greenpeace, Μάιος 2009

[B20] Ψωμάς Σ., «Ενέργεια-Περιβάλλον και Επιχειρηματικότητα: Προτάσεις για τον ενεργειακό τομέα στον ελληνικό χώρο», Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ), Αθήνα, Νοέμβριος 2003

[B21] Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, «Κλιματική Αλλαγή: Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου (2000-2010)», Αθήνα (Μάρτιος 2002)

[B22] Ψωμάς Σ., (2003) «Αιολική Ενέργεια ή Κλιματικές Αλλαγές», Δελτίο τύπου του ελληνικού γραφείου της Greenpeace, Β΄ Έκδοση, Αθήνα

[B23] UNEP Risø Centre on Energy, «Climate and Sustainable Development», The UNEP project CD4CDM: Legal Issues Guidebook to the Clean Development Mechanism, UNEP, June 2004

[B24] UNEP Risø Centre on Energy, «Climate and Sustainable Development», The UNEP project CD4CDM: CDM Information and Guidebook, Second edition, UNEP, June 2004

[B25] D. Austin, P. Faeth, «Financing sustainable Development with the Clean Development Mechanism», World Resources Institute, Washington D.C., 2000

[B26] Σαρτζετάκης Ε.Σ., Παπανδρέου Α.Α., «Βιώσιμη Ανάπτυξη: Οικονομική Επιστήμη και Διεθνές Θεσμικό Πλαίσιο», Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Νοέμβριος 2002

[B27] Λέτσου Π., Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Αποτίμηση της Βιώσιμης Ανάπτυξης στον Αναπτυσσόμενο κόσμο», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα 2010

[B28] Ευθυμιόπουλος, Η. και Μ. Μοδινός (επιμ.), «Οι δρόμοι της αειφορίας», Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (Δ.Ι.Π.Ε.), 2003

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

[H1] www.nophadrain.nl

[H2] Global Wind Energy Council (GWEC), 2005, διαθέσιμο μέσω διαδικτύου
http://www.gwec.net/index.php?id=30&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1

[H3] British Wind Energy Association(BWEA), 2006,
<http://www.bwea.com/ref/econ.html>

[H4] Danish Wind Industry Association, 2003, διαθέσιμο μέσω διαδικτύου
<http://www.windpower.org/en/tour/econ/oandm.htm>

[H5] Danish Wind Industry Association, Aerodynamics of Wind Turbines: Stall,
διαθέσιμο μέσω διαδικτύου
<http://www.windpower.org/en/tour/wtrb/stall.htm#anchor46219>

[H6] Danish Wind Industry Association, <http://www.windpower.org> , The Energy
Balance Of Modern Wind Turbines

[H7] Organisation for Economic Co-operation and Development, International
Energy Agency, 2005, διαθέσιμο μέσω διαδικτύου
http://www.oecd.org/home/0,2987,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html

[H8] EC ASEAN Energy Facility, Romeo Pacudan, Risoe National Laboratory,
Feasibility Assessment and Capacity Building for Wind Energy Development in
Cambodia, Philippines and Vietnam, 2006, διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

http://www.risoe.dk/Risoe_dk/Home/Research/sustainable_energy/wind_energy/projects/ASEAN/~media/risoe_dk/research/asean/documents/wind_power%20markets_policies_institutions_philippines.ashx

[H9] American Wind Energy Association, Global Wind Energy Market Report Wind Energy Growth Was Steady in 2000 Outlook for 2001 Is Bright, 2001, διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

<http://www.awea.org/pubs/documents/globalmarket2001.PDF>

[H10] Global Wind Energy Council, Wind Industry has achieved 50 GW of capacity installed worldwide in 2005, 2005, διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

<http://www.bwea.com/pdf/energy/husum-gwec-global-release.pdf>

[H11] EWEA (2009), «Wind at Work: Wind energy and job creation in the EU», διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/Wind_at_work_FINAL.pdf

[H12] Έκθεση «Πράσινη και Αειφόρος Ανάπτυξη» Ευρωπαϊκή Ένωση και Ελλάδα, 2010

[H13] Βικιπαίδεια, «Αειφόρος ανάπτυξη», διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B5%CE%B9%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82_%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7

[H14] Τριανταφυλλοπούλου Ε., (17/04/2011), «Πράσινη οικονομία, περιβάλλον και ανάπτυξη», διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

<http://ilesxi.wordpress.com/2011/04/17/%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%B7-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%AC/>

[H15] Κατσέλη Λ., «Νέα οικονομία με αιχμή την πράσινη ανάπτυξη», Εφημερίδα «Το Βήμα», διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

<http://www.tovima.gr/opinions/article/?aid=258633>, 10/03/2009

[H11] The World Commission on the Ethics of scientific knowledge and the Technology of Unesco (2006). Draft Policy Advice on Environmental Ethics to the Director general of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). «Proposals for international action in the field of environmental ethics». διαθέσιμο μέσω διαδικτύου

[http://portal.unesco.org/shs/en/files/10289/11616174411DraftPolicyAdvice_5April06_.pdf/ DraftPolicyAdvice_5April06_.pdf](http://portal.unesco.org/shs/en/files/10289/11616174411DraftPolicyAdvice_5April06_.pdf/DraftPolicyAdvice_5April06_.pdf)