

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ Α.Π.Ε
ΜΕ ΈΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΧΑΝΙΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος
ΤΕΙ Κρήτης - Παράρτημα Χανίων
Διεύθυνση: Ρωμανού 3 Χαλέπα
Χανιά ΤΚ:73133
ΤΗΛ:+30 28210 23000
EMAIL: info@chania.teicrete.gr

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ	4
Στόχος.....	4
Σκοπός.....	4
Διάρθρωση	4
Ευχαριστίες	4
1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΕ	5
Αιολική Ενεργεία	5
Υδροηλεκτρική Ενεργεία.....	5
Γεωθερμική Ενέργεια.....	6
Ηλιακή ενεργεία	6
Ενέργεια Βιομάζας.....	6
Ενέργεια Θάλασσας	7
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΕ.....	7
Αιολική ενέργεια	7
2.1. Σχηματισμός των ανέμων.....	7
2.2. Πυκνότητα ισχύος του ανέμου.....	7
2.3. Μεταβλητότητα των ανέμων.....	9
2.3.1. Μεταβολή με το χρόνο.....	9
2.3.2. Εξάρτηση της ταχύτητας του ανέμου από το ύψος.....	11
2.4. Περιγραφή Ανεμογεννητριών	13
2.4.1. Γενικά.....	13
2.4.2. Δρομέας.....	14
2.4.3. Άτρακτος.....	15
2.4.4. Πύργος.....	17
2.4.5. Έλεγχος της ισχύος	19
Υδροηλεκτρική Ενέργεια	19
2.1. Βασική αρχή.....	19
2.2. Σχεδιασμός των μικρών υδροηλεκτρικών.....	21
2.2.1 Διαστασιολόγηση ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής.....	21
2.2.2. Επιλογή θέσης και βασική διαμόρφωση	23
2.4. Υδροστρόβιλοι	24
Γεωθερμική Ενέργεια.....	30
2.1. Βασικές αρχές της γεωθερμίας.....	30
2.2. Παραγωγή ηλεκτρισμού.....	31
2.3. Άμεση χρήση.....	31
2.4. Μέθοδοι ηλεκτροπαραγωγής ενέργειας από γεωθερμία.....	31
2.5 Πλεονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας	32
2.6. Προβλήματα παραγωγής και ρύπανσης.....	34
2.6.1. Αποθέσεις μετάλλων	34
2.6.2. Υδρολογικές αλλαγές.....	34
2.6.3. Διάβρωση	34
2.6.4. Ρύπανση	35
2.6.5. Επανεγγύση	36
Ηλιακή ενέργεια	36
2.1. Ηλιακή ακτινοβολία	36
2.2 Ηλιακές κυψέλες	37
2.2.1. Ιστορικό ανάπτυξης των ηλιακών κυψελών	37
2.2.2. Μέθοδος παραγωγής ηλιακών κυψελών	38

2.2.3. Λειτουργία των ηλιακών κυψελών	40
2.3 Φ/β πλαίσια συστοιχίας.....	42
2.3.1. Συνιστώσες μιας Φ/Β συστοιχίας.....	43
2.3.1.1. Η κυψέλη	43
2.3.1.2. Συνδεσμολογία	44
2.3.1.3. Πλαίσιο.....	44
2.3.1.4. Ενθυλάκωση	44
2.3.1.5. Δίοδοι	45
2.3.1.6. Συστήματα έδρασης / παρακολούθησης.....	45
2.3.2. Λειτουργία των Φ/Β συστοιχιών.....	45
2.3.2.1. Σύνδεση εν σειρά	46
2.3.2.2. Σύνδεση παράλληλα.....	47
2.3.2.3. Δίοδοι	48
2.3.2.4. Παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου.....	48
2.4 Ενεργειακά ηλιακά συστήματα- Ηλιακός Θερμοσίφωνα.....	49
2.4.1 Αρχή Λειτουργίας	50
Ενέργεια Βιομάζας.....	50
2.1. Ορολογία	50
2.2. Ενεργειακός κύκλος της βιομάζας	51
2.3. Ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα (βιο-ισχύς)	52
2.3.1 Πρώτες ύλες βιομάζας.....	53
2.4. Ενεργειακές καλλιέργειες	57
2.5. Απόβλητα	57
2.5.1.Βιομηχανικά απόβλητα.....	57
2.5.2.Αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ)	58
2.5.3.Ζωικά απόβλητα.....	59
2.5.4.Αστικά λύματα	59
2.6. Τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής.....	59
2.6.1. Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας	59
3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΠΕ	61
Γενική Νομοθεσία για ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	61
Διαδικασία Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων(ΕΠΕ)	64
3.1 Σχετική Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	65
3.2 Σχετική Ελληνική νομοθεσία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	66
4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΕ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΠΕ.....	71
Ανάλυση της εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων	72
Περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων	73
Κατηγορίες επιπτώσεων.....	73
4.1 Ειδικότερα Περιβαλλοντικά Θέματα Αιολικών Συστημάτων	75
Οπτική όχληση – αισθητική ένταξη.....	75
Θόρυβος	77
Χλωρίδα – πανίδα	78
Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.....	79
4.2 Ειδικότερα Περιβαλλοντικά Θέματα Φωταβολταϊκών Συστημάτων	80
Λειτουργική περίοδος Φ/Β.....	81
Τελική διάθεση Φ/Β.....	81
Περιβαλλοντικά Θέματα Φωταβολταϊκών Συστημάτων	81

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ Α.Π.Ε

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Στην σημερινή εποχή και στις σύγχρονες κοινωνίες υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, πολύ μεγαλύτερη από το παρελθόν, άρα και μεγαλύτερη ανάγκη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτή όμως η ανάγκη πρέπει με βάση την αειφόρο ανάπτυξη *«αναπτυσσόμαστε προσέχοντας να έχουμε και στο μέλλον»* να καλυφτεί με τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον και με τρόπους ανανεώσιμους. Έτσι γίνονται γνωστές άλλες μορφές ενέργειας πιο φιλικές προς το περιβάλλον οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Με βάση τον νομό 3468/06 έως Α.Π.Ε ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, τα βιοαέρια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Στόχος

Η διπλωματική αυτή γίνεται στα πλαίσια απονομής πτυχίου από το τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Σκοπός

Είναι να αναφερόμεν και να αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΑΠΕ.

Διάρθρωση

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία θα γίνει μια παρουσίαση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των τεχνολογιών αυτών. Θα παρουσιαστεί η υπάρχουσα νομοθεσία για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα και οι προοπτικές που υπάρχουν για την χρησιμοποίησή τους. Θα γίνει μια παρουσίαση των περιβαλλοντικών θεμάτων των ΑΠΕ και ειδικότερα των φωτοβολταϊκών(Φ/Β) και των αιολικών συστημάτων. Επίσης θα αναφερθούν τα θέματα προστασίας και τα μετρά προστασίας που μπορούν να παρθούν για την προστασία του περιβάλλοντος. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα παρασταθούν και τα συμπεράσματα για τη μελέτη αυτή.

Ευχαριστίες

Για την εκπλήρωση και μελέτη αυτής της πτυχιακής θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν τον κύριο Κ.Σιούλα, συνεργάτη από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την κυρία Μ.Ζαρκαδούλα διευθύντρια του τμήματος Περιβάλλοντος και Μεταφορών και τον καθηγητή μου κύριο Καραπιδάκη Μανώλη . Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης και την πλούσια βιβλιοθήκη του ΚΑΠΕ που πολλές φορές συμβουλευτικά.

1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΕ

Η **ευρύτερη έννοια** των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναφέρεται σε κάθε ήπια πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ανανεώνεται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου. Αυτές οι ήπιες μορφές ενέργειας, βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια από τα κύματα και τις παλίρροιες που αποτελεί μορφή εκμετάλλευσης του βαρυτικού δυναμικού. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, αφού δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα, ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Αιολική Ενέργεια

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες του πλανήτη σε ηλεκτρική ενέργεια.

Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και μεγαλύτερο μέρος του κοινού, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές με απλά υποσυστήματα που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ)- μεταφορικά, πρόκειται για μικρούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με «καύσιμη ύλη» τον άνεμο.

Υπάρχουν πολλά είδη Α/Γ, τα οποία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: αφενός στις Α/Γ με οριζόντιο άξονα, ο δρομέας των οποίων είναι τύπου έλικος και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο και αφετέρου τις Α/Γ με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός(1).

Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδραυλική ενέργεια, ή ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη, και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία, πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Στα υδροηλεκτρικά έργα η ενέργεια από την πτώση του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια μιας τουρμπίνας. Παρόλο που στα υδροηλεκτρικά έργα δεν σημειώνονται σημαντικές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, στα μεγάλα φράγματα λαμβάνονται υπόψη και άλλες περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως αντιπλημμυρικά έργα, η ποιότητα του νερού, καθώς επίσης και η επιρροή στα ψάρια του ποταμού αλλά και της υπόλοιπης πανίδας της περιοχής. Κατά συνέπεια, μόνο τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά (με δυναμικό λιγότερο των 15MW) θεωρούνται “πράσινα”, ενώ τα μεγάλης κλίμακας θεωρούνται απλώς “καθαρά”. (νόμος 3468/06)

Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και κάτω από κατάλληλες γεωτεκτονικές συνθήκες φθάνει στην επιφάνεια της με τη μορφή ατμού, ζεστού νερού, ή μίγματος ατμού και ζεστού νερού.

Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται με τη μετατροπή ζεστού νερού ή υδρατμού που βρίσκεται σε αρκετό βάθος από την επιφάνεια της γης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25⁰C μέχρι 350⁰C. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κ.λ.π. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150⁰C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χώρα μας λόγω της διαμόρφωσης του υπεδάφους της, είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή αξιοποιείται σήμερα με αυξανόμενους ρυθμούς. Στην περιοχή του Νότιου Αιγαίου οι θερμοκρασίες των γεωθερμικών ρευστών είναι πολύ ψηλές, ενώ περιοχές πλούσιες σε γεωθερμία, με ρευστά χαμηλότερων θερμοκρασιών, είναι διάσπαρτες σε ολόκληρη τη χώρα.

Ηλιακή ενεργεία

Είναι η ενέργεια που παίρνουμε μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενεργείας και στην Ελλάδα αυτή κυμαίνεται σε πολύ μεγάλα επίπεδα κατά τους καλοκαιρινούς αλλά και του χειμερινούς μήνες.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενεργείας από την ακτινοβολία του ηλίου χρησιμοποιούμε φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται σε γενικές γραμμές από Φ/Β πλαίσια, ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται καθώς και μονάδες αποθήκευσης όταν πρόκειται για αυτόνομα συστήματα. Οι σημερινές αποδόσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων κυμαίνονται μεταξύ 5% και 17%, ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής των συλλεκτών, γίνεται αναλυτικότερη παρουσίαση σε παρακάτω κεφάλαιο.

Ενέργεια Βιομάζας

Είναι η ενέργεια που προέρχεται από οργανική ύλη. Αυτή η οργανική ύλη περιλαμβάνει το ξύλο, τα υπολείμματα από αγροτικές και δασικές δραστηριότητες, τα υπολείμματα από τις αγροτικές βιομηχανίες, τα προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών, καθώς και κάθε άλλο υλικό που διαθέτει οργανικό φορτίο, όπως είναι τα υπολείμματα κτηνοτροφικών μονάδων και η ιλύς από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.

Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ανάλογα με την εκάστοτε διαθέσιμη πρώτη ύλη επιλέγεται και η κατάλληλη διεργασία για τη βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση. Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις θερμοχημικές και τις βιοχημικές.

Ενέργεια Θάλασσας

Η ενέργεια της θάλασσας λαμβάνει κυρίως τη μορφή των κυμάτων, της παλίρροιας και της θερμότητάς της. Παρότι υπάρχει σχεδόν παντού, δεν υφίστανται εκμεταλλεύσιμα στοιχεία καταγραφής του ενεργειακού δυναμικού της θάλασσας στον ελλαδικό χώρο. Παράλληλα, η ενέργεια των κυμάτων είναι ουσιαστικά πολύ πιο δύσκολο να ελεγχθεί, σε σχέση με την υδραυλική ενέργεια π.χ. των ποταμών.

Η εκμετάλλευσή της γίνεται με πλωτές και σταθερές κατασκευές. Οι τελευταίες έχουν τύχει αρκετών εφαρμογών σε χώρες όπως η Βρετανία, η Πορτογαλία και η Νορβηγία. Αντίθετα, οι πλωτές κατασκευές έχουν δοκιμασθεί μόνο σε πρότυπο επίπεδο, ενώ η εκμετάλλευση της παλιρροιακής ενέργειας, μέσω θαλασσίων φραγμάτων σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις, έχει προς το παρόν εγκαταλειφθεί, κυρίως ως αντισοικονομική, αλλά και διότι φαίνεται να δημιουργεί αρκετά περιβαλλοντικά προβλήματα.

2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΕ

Αιολική ενέργεια

2.1. Σχηματισμός των ανέμων

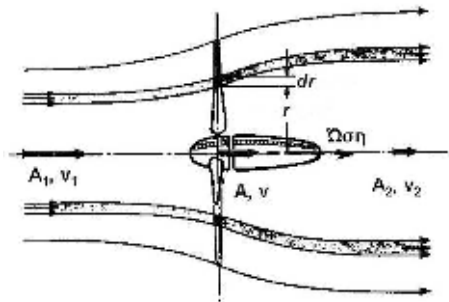
Η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του κινούμενου αέρα. Η ακανόνιστη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τους ανέμους. Η θερμότητα που απορροφάται από το έδαφος ή το νερό μεταφέρεται στον αέρα, όπου προκαλεί διαφορές στη θερμοκρασία, την πυκνότητα και την πίεσή του. Με τη σειρά τους, οι διαφορές αυτές προκαλούν δυνάμεις που ωθούν τον αέρα ολόγυρα. Σύμφωνα με τη μηχανική των ρευστών, ο αέρας κινείται από τις υψηλής πίεσης προς τις χαμηλής πίεσης περιοχές του πλανήτη.

Σε παγκόσμια κλίμακα, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των τροπικών και των πόλων προκαλεί τους αληγείς ανέμους, οι οποίοι δρουν ως γιγαντιαίος εναλλάκτης θερμότητας εμποδίζοντας την περαιτέρω θέρμανση του ισημερινού και ψύξη των πόλων. Σε πολύ μικρότερη κλίμακα, οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του εδάφους και της θάλασσας και μεταξύ των βουνών και των κοιλάδων δημιουργούν συχνά ισχυρές αύρες. Η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζονται επίσης από άλλους παράγοντες, όπως είναι η περιστροφή της γης, τα τοπικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά και η τραχύτητα του εδάφους.(2)

2.2. Πυκνότητα ισχύος του ανέμου

Ο άνεμος περιέχει ενέργεια η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό με τη χρήση των ανεμογεννητριών (Α/Γ). Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγουν οι Α/Γ εξαρτάται από την ποσότητα της ενέργειας του διερχόμενου μέσω της επιφάνειας

που σαρώνεται από τα πτερύγια της Α/Γ στη μονάδα του χρόνου ανέμου. Αυτή η ροή ενέργειας ονομάζεται πυκνότητα ισχύος του ανέμου. Ειδικότερα, οι δρομείς των Α/Γ ελαττώνουν την ταχύτητα του ανέμου από την αδιατάρακτη ταχύτητα v_1 πολύ πριν από το δρομέα στη μειωμένη ταχύτητα ροής του αέρα v_2 πίσω από αυτόν (σχ. 2.1).



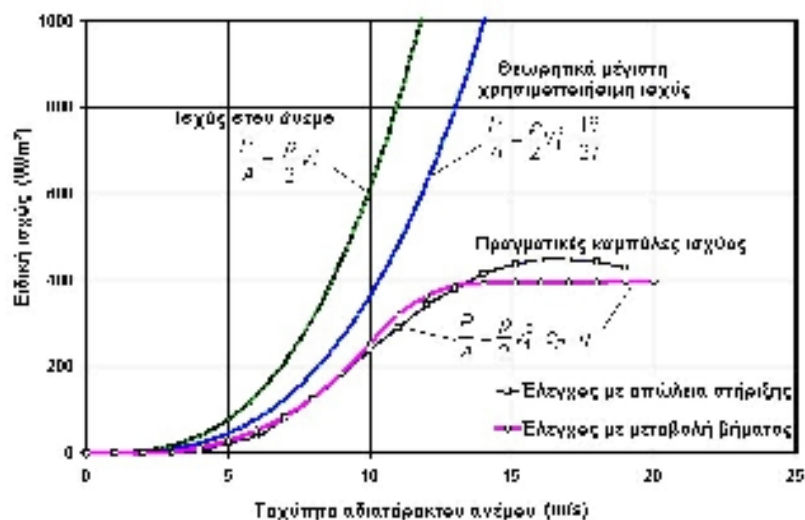
Σχήμα 2.1. Ροή του ανέμου μέσω μιας Α/Γ (2)

Η διαφορά στην ταχύτητα του ανέμου είναι ένα μέτρο της αποσπώμενης από αυτόν κινητικής ενέργειας που περιστρέφει το δρομέα και την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη στο άλλο άκρο του συστήματος μετάδοσης της κίνησης. Η ισχύς που θεωρητικά εξάγεται από μια Α/Γ περιγράφεται από την εξίσωση:

$$P = c_p \cdot \eta \cdot \frac{\rho}{2} v_1^3 \cdot A \quad (2.1)$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3), c_p ο συντελεστής ισχύος, η η μηχανική/ηλεκτρική αποδοτικότητα, και A το εμβαδό του δίσκου του δρομέα.

Σε ιδανικές συνθήκες, η μέγιστη τιμή του c_p (γνωστή ως "όριο Betz") είναι: $16/27 = 0,593$, δηλαδή μια Α/Γ μπορεί θεωρητικά να αποσπάσει το 59,3% του ενεργειακού περιεχόμενου της ροής του αέρα. Υπό πραγματικές συνθήκες, όμως, ο συντελεστής ισχύος δεν υπερβαίνει την τιμή $c_p = 0,5$, αφού περιλαμβάνει όλες τις αεροδυναμικές απώλειες της Α/Γ. Πράγματι, στις περισσότερες τεχνικές δημοσιεύσεις η τιμή του c_p περιλαμβάνει όλες τις απώλειες και, στην ουσία, αποτελεί συντόμευση του $c_p \cdot \eta$. Στο σχήμα 2.2 παρουσιάζονται διαφορετικά περιεχόμενα και απολήψεις ισχύος ανάλογα με το συντελεστή ισχύος και τις αποδοτικότητες μιας Α/Γ.



Σχήμα 2.2. Παραγόμενη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας του δίσκου του δρομέα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου(2)

Όπως προκύπτει από την εξίσωση (2.1), ένα βασικό ζήτημα της πυκνότητας ισχύος του ανέμου αποτελεί η εξάρτησή της από τον κύβο της ταχύτητας του ανέμου. Έτσι, εάν διπλασιαστεί η ταχύτητα, η ισχύς που περιέχεται στον άνεμο θα αυξηθεί κατά οκτώ φορές. Στην πράξη, όμως, η σχέση μεταξύ της παραγόμενης ισχύος μιας Α/Γ και της ταχύτητας του ανέμου δεν είναι τόσο ρητή. Όπως φαίνεται από τις καμπύλες του σχήματος 2.2, η πραγματική καμπύλη ισχύος μιας Α/Γ περιγράφεται συνήθως ως προς τέσσερις διακριτές περιοχές της ταχύτητας του ανέμου, οι οποίες αναλύονται στον πίνακα 2.1 (ενδεικτικές τιμές αυτές του σχήματος 2.2).

Πίνακας 2.1. Οι τέσσερις περιοχές της καπύλης ισχύος μιας ανεμογεννήτριας(2)

Περιοχή λειτουργίας	Περιγραφή λειτουργίας: Παραγόμενη ισχύς συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου	Ενδεικτικό εύρος ταχύτητας του ανέμου (αναφορικά με το σχήμα 2.2)
Περιοχή 1	Οι ταχύτητες του ανέμου είναι πολύ μικρές για παραγωγή εκμεταλλεύσιμης ηλεκτρικής ισχύος.	0 έως ταχύτητα "εκκίνησης" - 0 έως 4 m/s.
Περιοχή 2	Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος αυξανόμενη με την ταχύτητα του ανέμου.	Ταχύτητα "εκκίνησης" έως "ονομαστική" ταχύτητα του ανέμου - 4 έως 13 m/s.
Περιοχή 3	Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με σταθερό ρυθμό (ονομαστική ισχύς). Η απόδοση των πτερυγίων της Α/Γ μειώνεται σκόπιμα καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου.	"Ονομαστική" ταχύτητα ανέμου έως ταχύτητα "διακοπής" - 13 έως 20 m/s (ή περισσότερο).
Περιοχή 4	Δεν παράγεται ισχύς. Οι άνεμοι είναι πολύ δυναμικοί ώστε να δικαιολογείται η πρόσθετη αντοχή και δαπάνη για το μικρό αριθμό ωρών ανά έτος πέραν της ταχύτητας "διακοπής".	Ταχύτητα "διακοπής" έως ταχύτητα "επιβίωσης" - 20 m/s (ή περισσότερο) έως την ονομαστική ταχύτητα επιβίωσης σε θυελλώδεις ανέμους.

Από τις τέσσερις αυτές περιοχές, η Α/Γ παράγει και παρέχει ισχύ μόνο στο εύρος των ταχυτήτων του ανέμου που καθορίζονται από τις περιοχές 2 και 3. Στην περιοχή 1 (κάτω από την ταχύτητα εκκίνησης) δεν υπάρχει αρκετή ενέργεια στον άνεμο ώστε να παραχθεί εκμεταλλεύσιμη ισχύς. Στην περιοχή 4 (πέρα από την ταχύτητα διακοπής) η παραγόμενη ισχύς διατηρείται σταθερή ή αρχίζει να μειώνεται, ενώ σε πολύ δυνατούς ανέμους μπορεί και να διακόπτεται η λειτουργία της Α/Γ για να αποτραπεί κάποια ζημία σε αυτή. Τότε, οι άνεμοι είναι πάρα πολύ δυναμικοί για να δικαιολογηθεί η πρόσθετη δομική αντοχή και το επιπλέον κόστος σχετικά με το μικρό αριθμό ωρών ανά έτος κατά τις οποίες παρατηρούνται ταχύτητες ανέμου εντός της περιοχής 4.

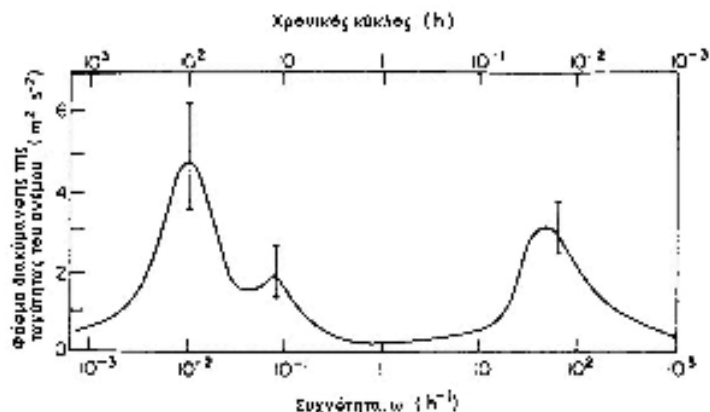
Η πυκνότητα ισχύος του ανέμου εξαρτάται επίσης από την πυκνότητα του αέρα. Αυτή σε μεγαλύτερα ύψη μειώνεται και, κατά συνέπεια, μειώνεται και η διαθέσιμη ισχύς. Η επίδραση αυτή μπορεί να επιφέρει μείωση στην παραγωγή ισχύος των Α/Γ σε ψηλά βουνά κατά τουλάχιστον 40% έναντι της ισχύος που θα μπορούσε να παραχθεί με τις ίδιες ταχύτητες ανέμου στο επίπεδο της θάλασσας. Η πυκνότητα του αέρα εξαρτάται αντίστροφα από τη θερμοκρασία, οπότε οι πιο χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν τις μεγαλύτερες πυκνότητες του αέρα και τη μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ισχύος.

2.3. Μεταβλητότητα των ανέμων

2.3.1. Μεταβολή με το χρόνο

Για να προβλεφθεί επακριβώς η απόδοση των Α/Γ, πρέπει να είναι γνωστή όχι μόνο η μέση ταχύτητα του ανέμου σε μια συγκεκριμένη θέση, αλλά και ο τρόπος με τον

οποίο μεταβάλλεται η ταχύτητα του ανέμου με το χρόνο. Με το μετασχηματισμό μιας μακράς χρονικής σειράς ταχυτήτων του ανέμου στο πεδίο συχνότητας ως φάσμα ισχύος μπορεί να προσδιοριστεί η χρονική κλίμακα της ενέργειας του ανέμου (σχήμα 2.3). Είναι χρήσιμο να γίνεται διάκριση μεταξύ των μεταβολών σε τρεις χρονικές κλίμακες, ειδικότερα στη βραχεία (δευτερόλεπτα έως λεπτά), μέση (ώρες έως ημέρες) και μακρά (εβδομάδες έως έτη).



Σχήμα 2.3. Χαρακτηριστικό φάσμα διακύμανσης της ταχύτητας του ανέμου

Οι μεταβολές στη βραχεία χρονική κλίμακα συνήθως δεν είναι πολύ σημαντικές για την αξιολόγηση του αιολικού πόρου, εκτός εάν ο άνεμος είναι πολύ τυρβώδης ή αλλάζει συχνά διεύθυνση. Σε μεμονωμένες Α/Γ οι απότομες μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες διακυμάνσεις στην παραγόμενη ισχύ (και πρόσθετη φθορά στις συνιστώσες της Α/Γ, οπότε αυξημένες δαπάνες επισκευής και συντήρησης). Εντούτοις, σε αιολικές εγκαταστάσεις που περιέχουν πολλές Α/Γ, η επίδραση αυτή τείνει να εξαλειφθεί καθώς οι διαφορετικές μηχανές δέχονται ριπές ανέμου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Για το λόγο αυτό, κανονικά η μέση τιμή των μετρήσεων της ταχύτητας του ανέμου που προορίζονται για την αξιολόγηση μιας πιθανής θέσης αιολικού έργου λαμβάνεται σε μία περίοδο 10 λεπτών έως μίας ώρας.

Οι μεταβολές που υφίστανται μεταξύ ωρών και ημερών είναι πολύ σημαντικές για την αξιολόγηση της αιολικής πηγής. Τα αρχεία των ταχυτήτων του ανέμου εμφανίζουν συνήθως μεγάλες διακυμάνσεις που διατηρούνται έως και αρκετές ημέρες, οι οποίες απεικονίζουν διερχόμενες θύελλες και καιρικά μέτωπα. Εξάλλου, σε πολλές θέσεις παρουσιάζεται μια ημερήσια διαμόρφωση της μεταβολής της ταχύτητας του ανέμου, με τους μέγιστους ανέμους να εμφανίζονται συχνά το απόγευμα. Σημαντική επίδραση στις επιδόσεις των αιολικών εγκαταστάσεων έχουν επίσης οι μηνιαίες και εποχιακές μεταβολές. Ο βαθμός και ο χρόνος εμφάνισης των εποχιακών μεταβολών εξαρτώνται από την περιοχή.

Μπορεί να υφίστανται και αλλαγές στη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου από έτος σε έτος, οφειλόμενες σε περιφερειακά κλιματικά φαινόμενα. Για να εξαχθεί η εποχιακή συμπεριφορά του ανέμου απαιτείται τουλάχιστον ένα έτος μετρήσεων. Πέραν αυτού τα οφέλη από τις παρατεταμένες μετρήσεις φθίνουν σημαντικά, και ένα ή δύο έτη μετρήσεων συνήθως επαρκούν για την πρόβλεψη των μακροπρόθεσμων μέσω των ταχυτήτων του ανέμου και της μεταβλητότητας της ταχύτητας με αποδεκτή ακρίβεια. Στον πίνακα 2.2 παρατίθενται οι χρονικές κλίμακες, η ομάδα που ενδιαφέρεται για κάθε μία από αυτές περισσότερο και οι αιτίες για το ενδιαφέρον αυτό.

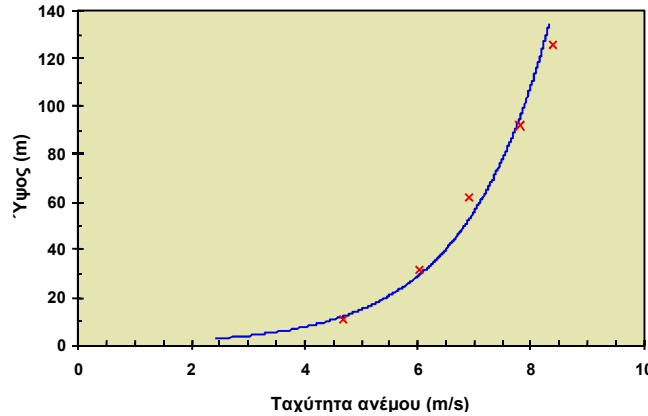
Πίνακα 2.2. Χρονικές κλίμακες των αιολικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής(2)

Χρονική κλίμακα	Ενδιαφερόμενοι	Αιτία ενδιαφέροντος
Δεκάδες δευτερόλεπτα ή λιγότερο	Σχεδιαστές ανεμογεννητριών	Δομική αντοχή σε φορτία προκαλούμενα από τον άνεμο, δομικές δονήσεις και καμπτική αστοχία συνιστωσών. Πιθανές διακυμάνσεις της τάσης και συχνότητας.
Δεκάδες πρώτα λεπτά έως ώρες	Χειριστές ηλεκτρικών δικτύων	Δυνατότητα παρακολούθησης ή αντιστάθμισης της μεταβαλλόμενης ισχύος που παρέχεται από το σύστημα. Πρόβλεψη του ανέμου.
Μία ημέρα	Χειριστές ηλεκτρικών δικτύων	Προβλεψιμότητα ενός ημερήσιου κύκλου και της παραγωγής σε μερικές καταστάσεις του ανέμου. Συσχέτιση με την ημερήσια κατανομή του φορτίου.
Από μήνα σε μήνα	Προγραμματιστές και χειριστές ηλεκτρικών δικτύων	Προβλεψιμότητα των εποχιακών μεταβολών και της παραγωγής στις περισσότερες καταστάσεις ανέμου. Συσχέτιση με την εποχιακή κατανομή του φορτίου.
Ένα έτος	Χειριστές ηλεκτρικών δικτύων και οικονομική κοινότητα	Προβλεψιμότητα της ετήσιας παραγωγής στα περισσότερα ανεμολογικά καθεστώτα. Δυνατότητα κάλυψης της οφειλής ενός μέσου ανεμολογικού έτους.
Από έτος σε έτος	Οικονομική κοινότητα	Διαχρονική μεταβλητότητα και δυνατότητα κάλυψης της οφειλής ενός έτους με υποδεέστερους ανέμους.

2.3.2. Εξάρτηση της ταχύτητας του ανέμου από το ύψος

Η σχέση για την εξαγόμενη ισχύ από μια Α/Γ δείχνει ότι η ενεργειακή παραγωγή της Α/Γ εξαρτάται από την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου στη θέση, την πυκνότητα του αέρα, το μέγεθος του δρομέα και τον τεχνικό σχεδιασμό. Ειδικά, το ύψος του πύργου επηρεάζει σημαντικά την ενεργειακή παραγωγή, λόγω της αύξησης της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος επάνω από το επίπεδο του εδάφους, φαινόμενο γνωστό ως διάτμηση του ανέμου. Ο βαθμός της διάτμησης του ανέμου εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες, την ατμοσφαιρική μίξη και την τραχύτητα του εδάφους.

Η τραχύτητα του εδάφους επιδρά στη διάτμηση του ανέμου καθορίζοντας το πόσο επιβραδύνεται ο άνεμος κοντά το έδαφος. Σε περιοχές με υψηλό βαθμό τραχύτητας, όπως τα δάση ή οι πόλεις, οι ταχύτητες του ανέμου κοντά στην επιφάνεια τείνουν να είναι μικρές και η διάτμηση του ανέμου μεγάλη, ενώ το αντίστροφο ισχύει σε περιοχές με μικρή τραχύτητα, όπως είναι οι επίπεδοι, ανοικτοί αγροί. Η διάτμηση του ανέμου μπορεί να ελαττωθεί πολύ ή να εξαλειφθεί όπου υπάρχει μια απότομη αλλαγή στο ύψος του πεδίου, όπως μια απότομη ακρογιαλιά ή κορυφογραμμή. Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται μια πιθανή μορφή του οριακού στρώματος της ταχύτητας του ανέμου.



Σχήμα 2.4. Τυπική καθ' ύψος κατανομή της ταχύτητας του ανέμου

Μια συνηθισμένη προσέγγιση για την καθ' ύψος κατανομή της ταχύτητας του ανέμου είναι η λογαριθμική:

$$v = \frac{v_r}{\kappa} \ln\left(\frac{h}{z_0}\right) \quad (2.2)$$

όπου v είναι η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος h , v_r η ταχύτητα τριβής, κ η σταθερά von Karman (ίση με 0,4), και z_0 το μήκος τραχύτητας, το οποίο σχετίζεται με την κάλυψη βλάστησης της περιοχής (από διάφορες πηγές διατίθενται πίνακες για τις τιμές του μήκους της τραχύτητας). Μερικές φορές χρησιμοποιείται ένας εκθετικός νόμος για την περιγραφή της κατανομής του ανέμου:

$$v = v_R \left(\frac{h}{h_R}\right)^\alpha \quad (2.3)$$

όπου v_R είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναφοράς h_R . Ο εκθέτης α εξαρτάται από τα στοιχεία τραχύτητας του εδάφους και συχνά λαμβάνει την τιμή 1/7.

Η ατμοσφαιρική μίξη συνήθως ακολουθεί έναν ημερήσιο κύκλο οδηγούμενο από την ηλιακή θέρμανση. Στο ύψος της πλήμνης μιας Α/Γ, ο κύκλος αυτός προκαλεί συχνά αύξηση της ταχύτητας του ανέμου την ημέρας και μείωσή της τη νύχτα. Εντούτοις, το εύρος της μεταβολής μεταξύ νύχτας και ημέρας εν γένει μειώνεται καθώς αυξάνεται το ύψος της πλήμνης. Σε ύψος περίπου 10m η ημερήσια μεταβολή μπορεί να είναι πολύ έντονη, αλλά καθώς αυτό αυξάνεται στα 50m αυτή εξασθενεί ή μπορεί ακόμη και να εξαφανιστεί. Η λογαριθμική κατανομή της ταχύτητας του ανέμου [εξίσ. (2.2)] μπορεί και πάλι να εφαρμοσθεί στα χαμηλότερα 100m, με κατάλληλες διορθώσεις ώστε να ληφθούν υπόψη οι ανωτέρω μεταβολές στην ατμοσφαιρική ευστάθεια.

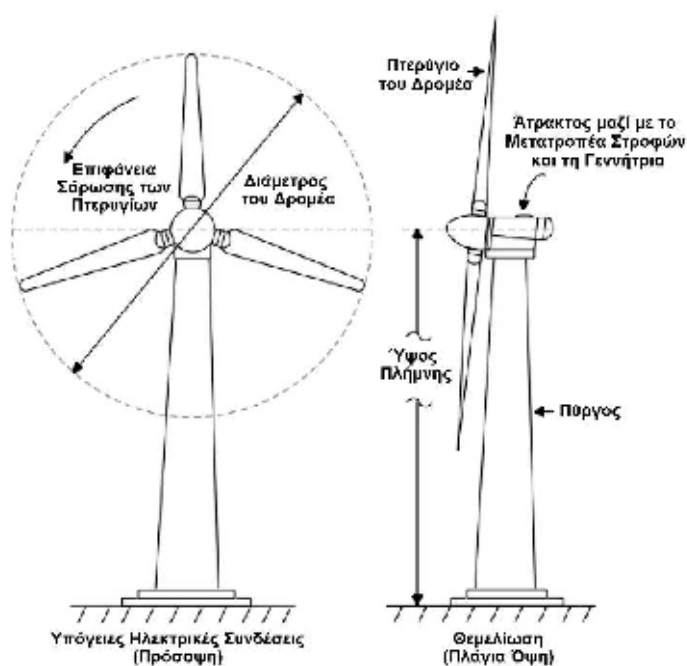
Για την εξοικονόμηση χρημάτων, οι μετρήσεις του ανέμου μερικές φορές λαμβάνονται σε χαμηλότερο ύψος από αυτό του πύργου της Α/Γ. Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητο να μετρηθεί η διάτμηση του ανέμου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της ημέρας και σε διαφορετικές εποχές προκειμένου να προβλεφθεί με ακρίβεια η απόδοση μιας εγκατάστασης αιολικής ενέργειας. Η διάτμηση μπορεί να μετρηθεί με την παρακολούθηση των ταχυτήτων του ανέμου σε δύο ή τρία ύψη ενός πύργου.

2.4. Περιγραφή Ανεμογεννητριών

2.4.1. Γενικά

Στο σχήμα 2.5 απεικονίζεται μια Α/Γ Οριζόντιου Άξονα (ΑΓΟΑ). Μία εναλλακτική σχεδίαση είναι η Α/Γ Κάθετου Άξονα (ΑΓΚΑ), που δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Αν και δεν υφίσταται κάποια γενική μέθοδος για την ταξινόμηση των υποσυστημάτων των Α/Γ, αυτή θα μπορούσε να διαιρεθεί σε τέσσερα (4) βασικά υποσυστήματα:

1. Τον δρομέα, συνήθως αποτελούμενο από δύο ή τρία πτερύγια, μια πλήρη μέσω της οποίας συνδέονται τα πτερύγια με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα και, μερικές φορές, υδραυλικά ή μηχανικά οδηγούμενα συστήματα συνδέσμων για τη μεταβολή του βήματος του συνόλου ή μέρους των πτερυγίων.
2. Την άτρακτο, η οποία γενικά περιλαμβάνει ένα μετατροπέα στροφών και μία γεννήτρια, άξονες και συνδέσμους, ένα κάλυμμα για ολόκληρη την άτρακτο, και συχνά ένα μηχανικό δισκόφρενο και ένα σύστημα εκτροπής.
3. Τον πύργο και τη θεμελίωση που στηρίζει το δρομέα και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης (άτρακτος).
4. Τους ηλεκτρικούς ελεγκτές και καλωδιώσεις, καθώς και τον εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου.



Σχήμα 2.5. Σχηματική αναπαράσταση μιας ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα (2)

Η βασική λειτουργία μιας Α/Γ μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα:

- α. Καθώς ο άνεμος αλληλεπιδρά με το δρομέα της Α/Γ παράγεται μια ροπή.
- β. Η σχετικά χαμηλή συχνότητα περιστροφής του δρομέα αυξάνεται μέσω ενός μετατροπέα στροφών, του οποίου ο άξονας εξόδου περιστρέφει μια γεννήτρια.
- γ. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη γεννήτρια διέρχεται μέσω του συστήματος ελέγχου και των αποζευκτών της Α/Γ και ενισχύεται σε μια μέση τάση από το μετασχηματιστή.

δ. Το σύστημα καλωδίωσης της θέσης μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στο μετασχηματιστή της θέσης μέσω του συστήματος ελέγχου και αποζευκτών της θέσης, ο οποίος ενισχύει την τάση στην τιμή του δικτύου.

ε. Το δίκτυο ισχύος μεταβιβάζει τον ηλεκτρισμό στην περιοχή τελικής χρήσης του.

στ. Υποσταθμοί μετασχηματιστών μειώνουν την τάση στις οικιακές ή βιομηχανικές τιμές και τα τοπικά δίκτυα χαμηλής τάσης μεταβιβάζουν την ηλεκτρική ενέργεια στις οικίες, τα γραφεία και τα εργοστάσια.

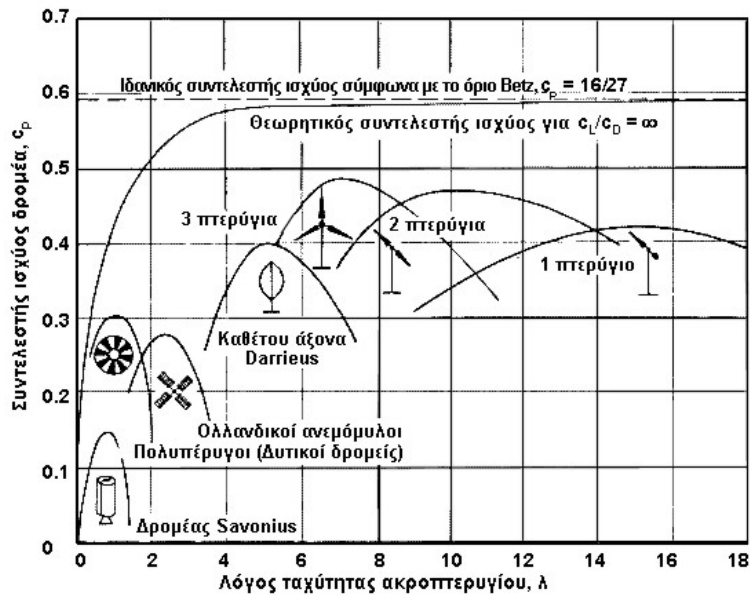
2.4.2. Δρομέας

Στην αιολική βιομηχανία έχει αναπτυχθεί μία τεχνολογία πτερυγίων δρομέα αρκετά ιδιόζουσα που έχει συντελέσει στην εμπορική παραγωγή σήμερα μεγάλων δρομέων με διάμετρο μέχρι 66m για Α/Γ της τάξης του 1MW, ενώ έχουν δοκιμαστεί δρομείς με διαμέτρους μέχρι 100m (Growian, MOD5B)(2). Η σχεδίαση των πτερυγίων του δρομέα έχει προοδεύσει με τις γνώσεις από την πτερυγική τεχνολογία, και χρησιμοποιεί τις αεροδυναμικές δυνάμεις άνωσης που υφίσταται μια αεροτομή σ' ένα κινούμενο ρεύμα αέρα. Την αεροδυναμική απόδοση του πτερυγίου επηρεάζουν τόσο η μορφή του πτερυγίου όσο και η γωνία του σε σχέση με τη σχετική κατεύθυνση του ανέμου.

Το σύστημα του δρομέα μπορεί να τοποθετηθεί είτε "ανάντη" του πύργου και της ατράκτου, δεχόμενο έτσι τον άνεμο αδιατάρακτο από τον πύργο, είτε "κατάντη" του πύργου, το οποίο επιτρέπει την αυτο-ευθυγράμμιση του δρομέα με την κατεύθυνση του ανέμου (εκτροπή), αλλά προκαλεί την παρέκκλιση του ανέμου από τον πύργο και τη μετατροπή του σε τυρβώδη πριν φθάσει στο δρομέα (σκίαση πύργου). Οι Α/Γ μπορεί να έχουν διάφορους αριθμούς πτερυγίων δρομέα. Ο κανόνας είναι ότι όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των πτερυγίων τόσο ταχύτερα περιστρέφεται ο δρομέας. Το μέτρο γι' αυτό είναι ο λόγος ταχύτητας ακροπτερυγίου λ , που ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας στο ακροπτερύγιο προς την ταχύτητα του ανέμου.

Οι σύγχρονες Α/Γ σχεδιάζονται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και οι δρομείς τους οδηγούν ηλεκτρογεννήτριες με κατά κανόνα υψηλές ταχύτητες περιστροφής. Έτσι, οι δρομείς των Α/Γ πρέπει να περιστρέφονται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ταχύτητες προκειμένου να μειωθούν οι μάζες των γραναζιών μετάδοσης της κίνησης και των γεννητριών. Συνεπώς, ο αριθμός των πτερυγίων του δρομέα πρέπει να είναι μικρός, εν γένει όχι πάνω από τρία. Μόνο οι γνωστοί ανεμόμυλοι δυτικού τύπου διαθέτουν 12 έως 20 πτερύγια ή ακόμα περισσότερα, αλλά λόγω της υψηλής μηχανικής τους ροπής εφαρμόζονται στις άμεσα οδηγούμενες εμβολοφόρες αντλίες νερού.

Κανονικά, οι 3-πτέρυγοι δρομείς έχουν λόγους ταχύτητας ακροπτερυγίου σχεδιασμού της τάξης του 6 έως 8, οι 2-πτέρυγοι δρομείς 10 έως 12, και οι 1-πτέρυγοι δρομείς ακόμα μεγαλύτερες τιμές (σχήμα 2.6). Από την άλλη, οι εμπορικές Α/Γ με υψηλές ταχύτητες ακροπτερυγίου έχουν το μειονέκτημα των υψηλών εκπομπών θορύβου από το δρομέα. Σε γενικές γραμμές, το επίπεδο έντασης του θορύβου του δρομέα αυξάνεται με την έκτη δύναμη της ταχύτητας ακροπτερυγίου, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι σχεδιαστές εμπορικών Α/Γ δεν υπερβαίνουν τα 70 m/s.

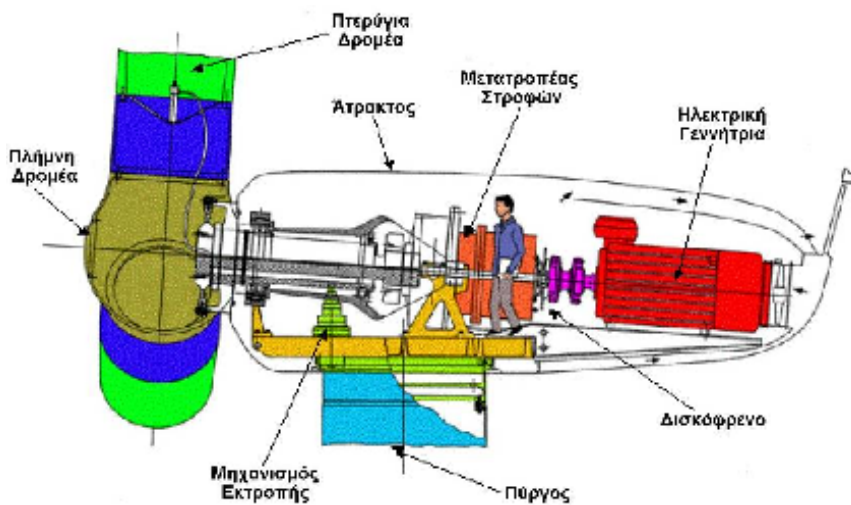


Σχήμα 2.6. Τυπικά διαγράμματα c_p - λ για μία πληθώρα διατάξεων/πτερυγίων Α/Γ(2)

Η διάρκεια ζωής ενός δρομέα συσχετίζεται με τα μεταβαλλόμενα φορτία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που αντιμετωπίζει κατά τη λειτουργία του. Επομένως, οι εγγενείς μηχανικές ιδιότητες και ο σχεδιασμός του δρομέα επηρεάζουν την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των σύγχρονων πτερυγίων ανεμογεννητριών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

1. ξύλο (συμπεριλαμβανομένων των συνθετικών από αντικολλητά φύλλα ξύλου),
2. συνδυασμοί συνθετικών (συνήθως πολυεστέρας ή εποξική μήτρα ενισχυμένα με ίνες γυαλιού), και
3. μέταλλα (κυρίως κράματα χάλυβα ή αλουμινίου).

2.4.3. Ατράκτος



Σχήμα 2.7. Σχηματική παράσταση της ατράκτου μιας Α/Γ(2)

Η άτρακτος στεγάζει το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και την ηλεκτρογεννήτρια της Α/Γ, μαζί με το μηχανισμό εκτροπής και όλο τον εξοπλισμό ελέγχου. Στο σχήμα 2.7 παρουσιάζονται οι μηχανισμοί της άτρακτου μιας μέσου/μεγάλου μεγέθους Α/Γ. Το προσωπικό συντήρησης μπορεί να εισέλθει στην άτρακτο από τον πύργο της ανεμογεννήτριας. Στη συνέχεια γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του εξοπλισμού που εγκλείεται στην άτρακτο μιας τυπικής Α/Γ.

- Κύριος άξονας: Ο κύριος άξονας, προκειμένου να μεταφέρει την αρχική ροπή από το σύστημα του δρομέα στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, στηρίζεται συνήθως σε έδρανα. Λόγω των υψηλών φορτίων ροπής, ο κύριος άξονας είναι ευπαθής σε αστοχία κόπωσης. Κατά συνέπεια, γι' αυτό το εξάρτημα είναι ενδεδειγμένες οι αποτελεσματικές προ-συντήρησης, μη-καταστρεπτικές δοκιμές. Σε μια σύγχρονη Α/Γ 5-6 MW ο δρομέας περιστρέφεται σχετικά αργά, με περίπου 19 έως 30 περιστροφές ανά λεπτό (RPM).
- Δισκόφρενο: Το δισκόφρενο μπορεί να εγκαθίσταται στον κύριο άξονα πριν από το μετατροπέα στροφών ή μετά από αυτόν στον άξονα υψηλής ταχύτητας. Στη δεύτερη περίπτωση, απαιτείται ένα πιο μικρό (και φθηνότερο) σύστημα πέδης προκειμένου να παρέχεται η απαραίτητη ροπή για την επιβράδυνση του δρομέα. Εντούτοις, αυτή η διάταξη δεν παρέχει άμεσο έλεγχο του δρομέα και, σε περίπτωση αστοχίας του μετατροπέα στροφών, χάνεται η δυνατότητα ελέγχου της πέδησης του δρομέα.
- Μετάδοση της κίνησης: Η ηλεκτρική παραγωγή των Α/Γ πρέπει να είναι συμβατή με τη συχνότητα (50-60 Hz) και την τάση του τοπικού δικτύου διανομής. Η συχνότητα του δρομέα είναι συνήθως περίπου 0,5 Hz, οπότε η αύξηση της συχνότητας προκύπτει από το συνδυασμό ενός μετατροπέα στροφών και μιας πολυ-πολικής γεννήτριας. Οι περισσότερες εμπορικές γεννήτριες έχουν 4 ή 6 ζεύγη πόλων, οπότε απαιτείται σχέση μετάδοσης περίπου 25:1. Η απλούστερη μέθοδος οδήγησης της γεννήτριας είναι η απευθείας από το δρομέα χωρίς μετατροπέα στροφών, ενώ όταν εξαλείφονται οι απώλειες ισχύος του μετατροπέα στροφών βελτιστοποιείται και η απόδοση της ενεργειακής μετατροπής. Τότε όμως απαιτούνται ειδικές γεννήτριες χαμηλής ταχύτητας, με μεγάλες διαμέτρους ρότορα/στάτορα και περίπου 50 πόλους, για να επιτευχθεί η κατάλληλη συχνότητα (τέτοιος εξοπλισμός διατίθεται στο εμπόριο από μικρό μόνο αριθμό κατασκευαστών). Οι μικρού μεγέθους Α/Γ (50-150 kW) διαθέτουν μια ή δύο βαθμίδες μετάδοσης παράλληλου άξονα (με ελικοειδή γρανάζια για ελαχιστοποίηση του θορύβου και των απωλειών). Οι μεγαλύτερες εμπορικές Α/Γ (150-750 kW) συχνά διαθέτουν επικυκλικά ή πλανητικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης, όπου ο άξονας της εξόδου είναι στην ίδια ευθεία με τον κύριο άξονα (έτσι μειώνονται οι τάσεις και οι απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης), με αντίστοιχη μείωση του μεγέθους.
- Ηλεκτρογεννήτρια: Αυτή μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια του άξονα εισόδου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες των Α/Γ είναι λίγο ασυνήθιστες, σε σχέση με άλλες μονάδες ηλεκτρογεννητριών που συνήθως συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο. Ένας λόγος γι' αυτό είναι ότι, αυτές πρέπει να είναι συμβατές με τις διατάξεις του δρομέα και του μετατροπέα στροφών στην είσοδο, και στην έξοδο με τη διανομή της εταιρείας ηλεκτρισμού (εάν συνδέονται με το δίκτυο) ή με τις τοπικές απαιτήσεις ισχύος (εάν αποτελούν μέρος ενός αυτόνομου συστήματος). Εάν μια διασυνδεδεμένη Α/Γ είναι εξοπλισμένη με μια ηλεκτρογεννήτρια εναλλασσομένου ρεύματος (EP), αυτή πρέπει να

παράγει ισχύ σε φάση με την τροφοδοσία του δικτύου της εταιρείας ηλεκτρισμού.

Πολλές διασυνδεδεμένες Α/Γ διαθέτουν επαγωγικές γεννήτριες ΕΡ διεγερόμενες από πυκνωτές, των οποίων το ρεύμα μαγνήτισης προέρχεται από το δίκτυο, και έτσι εξασφαλίζεται ότι η συχνότητα εξόδου της γεννήτριας ταυτίζεται με αυτή της εταιρείας ηλεκτρισμού, ενώ ρυθμίζεται και η ταχύτητα του δρομέα εντός κάποιων ορίων. Οι σύγχρονες γεννήτριες παράγουν ηλεκτρισμό σε συγχρονισμό με τη συχνότητα του περιστρεφόμενου άξονά τους, οπότε η ταχύτητα του δρομέα πρέπει να συμπίπτει ακριβώς με τη συχνότητα εφοδιασμού της εταιρείας ηλεκτρισμού. Οι πολύ μικρές Α/Γ μπορεί να έχουν γεννήτριες που παράγουν συνεχές ρεύμα, το οποίο χρησιμοποιείται έπειτα για την τροφοδοσία φορτίων χαμηλής τάσης (συνήθως 12 Volt), τη φόρτιση συστοιχιών μπαταριών ή, μέσω ενός αντιστροφέα, για την παροχή ΕΡ υψηλότερης τάσης σ' ένα ηλεκτρικό δίκτυο.

- Σύστημα εκτροπής: Προκειμένου να εξαχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη από την κινητική ενέργεια του ανέμου, ο άξονας του δρομέα πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένος με την κατεύθυνση του αέρα. Οι μικρές ανάντη Α/Γ (μέχρι 25 kW) χρησιμοποιούν συνήθως ουραίους ανεμοδείκτες για να παραμένει η μηχανή ευθυγραμμισμένη με τον άνεμο. Εντούτοις, οι μεγαλύτερες Α/Γ με ανάντη δρομείς απαιτούν ενεργό έλεγχο της εκτροπή για την ευθυγράμμιση της μηχανής με τον άνεμο. Όταν συμβεί μια αλλαγή στην κατεύθυνση του ανέμου αισθητήρες ενεργοποιούν το μηχανισμό ελέγχου της εκτροπής, ο οποίος περιστρέφει την άτρακτο και το δρομέα έως ότου ευθυγραμμιστεί κατάλληλα η Α/Γ. Οι κατάντη μηχανές όλων των μεγεθών μπορεί να διαθέτουν παθητικό έλεγχο εκτροπής, δηλαδή μπορούν να ευθυγραμμίζονται με την κατεύθυνση του ανέμου από μόνες τους χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ουραίου ανεμοδείκτη ή οδηγού εκτροπής.

2.4.4. Πύργος

Ο πύργος μιας Α/Γ υποστηρίζει το σύστημα της ατράκτου (που μπορεί να ζυγίζει αρκετούς τόνους) και ανυψώνει το δρομέα σε ένα ύψος όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντικά μεγαλύτερη και λιγότερο διαταραγμένη απ' ό,τι στο επίπεδο του εδάφους, λόγω της επίδρασης της διάτμησης του ανέμου. Σε περιοχές με μεγάλη τραχύτητα εδάφους η ύπαρξη ενός ψηλού πύργου αποτελεί πλεονέκτημα, καθώς τα πτερύγια των δρομέων στις Α/Γ με σχετικά χαμηλούς πύργους υπόκεινται σε πολύ διαφορετικές ταχύτητες ανέμου (και διαφορετική κάμψη) όταν φέρονται στην ανώτερη και κατώτερη θέση τους, το οποίο αυξάνει τα φορτία κόπωσης στην Α/Γ. Συχνά οι κατασκευαστές παραδίδουν τις Α/Γ με ύψος πύργου ίσο με τη διάμετρο του δρομέα.

Συνεπώς, η δομή του πύργου πρέπει να είναι ανθεκτική στα σημαντικά φορτία που οφείλονται στη βαρύτητα, την περιστροφή και την ώση του ανέμου. Επιπλέον, ο πύργος πρέπει να είναι σε θέση να αντέχει στις περιβαλλοντικές επιδράσεις σε ολόκληρη τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού της Α/Γ, η οποία μπορεί να είναι 20 έτη ή περισσότερο. Η αξία του πύργου μιας Α/Γ αποτελεί εν γένει περίπου το 20% της συνολικής τιμής. Για έναν πύργο ύψους περίπου 50m, το πρόσθετο κόστος για άλλα 10m πύργου είναι περίπου €17.500. Επομένως, είναι αρκετά σημαντικό για το τελικό κόστος της ενέργειας να κατασκευάζονται οι πύργοι όσο το δυνατόν πιο βέλτιστα. Οι συνήθεις τύποι των πύργων είναι οι εξής:

- Σταθεροί σωληνωτοί πύργοι: Αυτοί κατασκευάζονται από κωνικά λεππυνόμενο χάλυβα ή σκυρόδεμα. Οι περισσότερες μεγάλες Α/Γ τελευταία παραδίδονται με σωληνωτούς χαλύβδινους πύργους, οι οποίοι κατασκευάζονται σε τμήματα

των 20 έως 30m με φλάντζες στα άκρα και συναρμολογούνται επιτόπου. Οι πύργοι είναι κωνικοί (η διάμετρος τους αυξάνεται προς τη βάση – σχήμα 2.8 αριστερά) ώστε να αυξάνεται η αντοχή τους και, συγχρόνως, να εξοικονομείται υλικό. Οι πύργοι από σκυρόδεμα με πλέγμα είναι γενικά λιγότερο εύκαμπτοι από τους χαλύβδινους, παρέχοντας έτσι βελτιωμένες ιδιότητες απόσβεσης (δεν διαβιβάζουν ούτε ενισχύουν τις προκαλούμενες από την περιστροφή ταλαντώσεις).

- Σταθεροί δικτυωτοί πύργοι: Οι πύργοι αυτοί κατασκευάζονται από συγκολλημένες χαλύβδινες κατατομές. Η ανέγερση τους είναι σχετικά φθηνή και απαιτούν λιγότερο σιβαρά θεμέλια από τους σωληνωτούς πύργους, λόγω της εξάπλωσης των δομικών φορτίων σε ευρύτερη έκταση. Έτσι, το βασικό πλεονέκτημά τους είναι στο κόστος, αφού ένας δικτυωτός πύργος απαιτεί μόνο το ήμισυ του υλικού ενός ελεύθερα ιστάμενου σωληνωτού με παρόμοια ακαμψία. Βασικό μειονέκτημα των δικτυωτών πύργων (σχήμα 2.8-δεξιά) είναι η οπτική τους εμφάνιση, αν και το ζήτημα αυτό είναι σαφώς υποκειμενικό.



Σχήμα 2.8. Α/Γ με σωληνωτό χαλύβδινο πύργο (αριστερά) και δικτυωτό πύργο (δεξιά)(2)

- Ανυψούμενοι πύργοι με επίτονους: Αυτοί έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα κόστους έναντι των άλλων τύπων, δεδομένου ότι μπορούν να ανυψωθούν ή να χαμηλωθούν με τη βοήθεια μιας μηχανής ανύψωσης φορτίων, χωρίς την ανάγκη για γερανό. Επομένως, είναι δυνατή η συντήρηση του δρομέα και της ατράκτου στο έδαφος. Η διάμετρος των πύργων με επίτονους είναι, στην πράξη, πολύ μικρότερη απ' ό,τι των σωληνωτών πύργων. Οι πύργοι με επίτονους, μαζί με τις δικτυωτές διατάξεις, έχουν λιγότερη επίδραση λόγω σκίασης του πύργου από τους σωληνωτούς. Πάντως, απαιτούν μεγαλύτερο εμβαδόν εδάφους λόγω της ανάγκης για αρκετά ευρεία εξάπλωση των επίτονων, το οποίο μπορεί να αποτελεί μειονέκτημα εάν χρησιμοποιούνται μηχανές για τις καλλιέργειες γύρω από τις βάσεις των Α/Γ. Η βοσκή των ζώων δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα.

2.4.5. Έλεγχος της ισχύος

Με την αύξηση της ταχύτητας ροής του αέρα, οι αεροδυναμικές ανωστικές δυνάμεις στα πτερύγια του δρομέα αυξάνονται με την 2^η δύναμη και η παραγόμενη από την Α/Γ ενέργεια με την 3^η δύναμη της ταχύτητας του ανέμου, το οποίο απαιτεί έναν πολύ αποτελεσματικό και άμεσης δράσης έλεγχο ισχύος του δρομέα ώστε να αποφευχθεί η μηχανική και ηλεκτρική υπερφόρτωση στο σύστημα μετάδοσης ενέργειας της Α/Γ. Στις σύγχρονες Α/Γ εφαρμόζονται δύο διαφορετικές αρχές αεροδυναμικού ελέγχου για να περιοριστεί η παραγωγή ισχύος στην ονομαστική ισχύ της γεννήτριας. Η πιο παθητική από αυτές είναι γνωστή ως “έλεγχος με απώλεια στήριξης”, ενώ η ενεργή είναι ο “έλεγχος με μεταβολή του βήματος”.

Στην πρώτη περίπτωση την παραγωγή ισχύος καθορίζουν οι εγγενείς αεροδυναμικές ιδιότητες του πτερυγίου, και δεν υπάρχει κανένα κινούμενο μέρος που να ρυθμίζεται. Η συστροφή και το πάχος του πτερυγίου του δρομέα μεταβάλλονται κατά το μήκος αυτού με τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλείται τύρβη πίσω από το πτερύγιο όποτε αυξάνεται πολύ η ταχύτητα του ανέμου. Αυτή η τύρβη αναγκάζει μέρος από την ενέργεια του ανέμου να διασκορπιστεί, ελαχιστοποιώντας την παραγωγή ισχύος στις υψηλότερες ταχύτητες. Οι μηχανές με έλεγχο απώλειας στήριξης διαθέτουν επίσης αερόφρενα στα ακροπτερύγια που φέρουν το δρομέα σε ακινησία, εάν χρειαστεί για οποιοδήποτε λόγο να σταματήσει η Α/Γ.

Στη δεύτερη περίπτωση, η γωνία των πτερυγίων του δρομέα μπορεί να ρυθμίζεται ενεργά από το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Το σύστημα ελέγχου μεταβολής του βήματος έχει ενσωματωμένα πέδη, καθώς τα πτερύγια ακινητοποιούνται όταν είναι πλήρως “πτερυγωμένα”. Κατά το παρελθόν, η πλειοψηφία των μικρού και μεσαίου μεγέθους συστημάτων Α/Γ χρησιμοποιούσαν τον απλό έλεγχο απώλειας στήριξης, αλλά τελευταία, με την αύξηση του μεγέθους των Α/Γ, οι κατασκευαστές προτιμούν όλο και περισσότερο το σύστημα ελέγχου μεταβολής του βήματος, το οποίο παρέχει περισσότερες δυνατότητες για παρέμβαση στη λειτουργία της Α/Γ.

Τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκε και ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω ελέγχων, η “ενεργός απώλεια στήριξης”. Στην περίπτωση αυτή, το βήμα του πτερυγίου του δρομέα στρέφεται σε κατεύθυνση προς την απώλεια στήριξης και όχι προς τη θέση πτερυγώματος (μικρότερη άνωση), όπως γίνεται στα κανονικά συστήματα μεταβολής του βήματος. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι:

- απαιτούνται πολύ μικρές αλλαγές της γωνίας βήματος,
- είναι δυνατός ο έλεγχος ισχύος υπό συνθήκες μερικής ισχύος (ασθενείς άνεμοι),
- τα πτερύγια του δρομέα φέρονται σε θέση πτερυγώματος για χαμηλά φορτία σε σφοδρούς ανέμους.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια

2.1.Βασική αρχή

Σχεδόν το ένα τέταρτο της ηλιακής ενέργειας που καταφθάνει στην επιφάνεια της γης προκαλεί την εξάτμιση του νερού από τις θάλασσες, τις λίμνες και τους νερόλακκους. Μέρος της ενέργειας αυτής χρησιμοποιείται για την ανύψωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα (έναντι στη βαρυτική έλξη της γης), όπου τελικά υγροποιείται και σχηματίζεται βροχή ή χιόνι. Όταν βρέχει στους λόφους ή χιονίζει στα βουνά, ένα

μικρό ποσοστό της εισαγόμενης ηλιακής ενέργειας παραμένει αποθηκευμένο. Έτσι, σε οποιοδήποτε ύψος επάνω από τη στάθμη της θάλασσας το νερό αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη “βαρυτική” ενέργεια.

Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει καταφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει. Έτσι, το αποθηκευμένο νερό σ’ έναν ταμιευτήρα πίσω από ένα φράγμα περιέχει σημαντική “δυναμική” ενέργεια.

Για την απόληψη αυτής της ενέργειας σε μια ελεγχόμενη μορφή, μπορεί να εκτραπεί σ’ ένα σωλήνα ένα μέρος ή όλο το νερό ενός φυσικού υδάτινου διαύλου. Στη συνέχεια, μπορεί να οδηγηθεί ως ένα ρεύμα νερού υπό πίεση σε ένα υδροτροχό ή στροβιλοτροχό, έτσι ώστε το νερό που προσπίπτει στα πτερύγια να προκαλεί την περιστροφή του τροχού και την παραγωγή μηχανικής ενέργειας. Στους νερόμυλους, μεγάλοι ξύλινοι υδροτροχοί περιστρέφονται αργά ώστε να στρέφουν τις μυλόπετρες για το άλεσμα του σιταριού. Παρόμοιες αρχές χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση νερού, την κοπή ξύλων και την οδήγηση απλών μηχανών σε εργοστάσια. Σήμερα, ένας σύγχρονος στρόβιλος συνδέεται σε μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία στη συνέχεια μεταδίδεται στο σημείο όπου υπάρχει ζήτηση αυτής.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η μεγαλύτερη και πιο ώριμη εφαρμογή ανανεώσιμης ενέργειας, με περίπου 2.994TWh εγκατεστημένης ισχύος, τα οποία παρήγαγαν το 2004 πάνω από το 17% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως (17.000 TWh/έτος)(9).

Στη συνέχεια περιγράφονται τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ), εφόσον τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα εν γένει δεν θεωρούνται ως συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ. Γενικά, υπάρχει η αντίληψη ότι τα μεγάλα φράγματα μεταβάλλουν το οικοσύστημα, αφού εγκαθίστανται σε περιοχές φυσικών ρευμάτων και μειώνουν το οξυγόνο του νερού. Οι ταμιευτήρες είναι λίμνες αδρανούς ή λιμνάζοντος ύδατος, οπότε είναι αφιλόξενοι για τα ενδημικά είδη ψαριών. Κατάντη προκαλούν εναλλασσόμενες περιόδους λειψυδρίας ακολουθούμενες από ορμητικούς κυματισμούς που διαβρώνουν το έδαφος και τη βλάστηση.

Τα ΜΥΗΣ είναι κυρίως “συνεχούς ροής”, δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική συλλογή νερού και επομένως δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων, αν και όπου αυτά υπάρχουν ήδη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα είναι επιβλητικά. Δεν υφίσταται κάποια γενική διεθνής παραδοχή για τον ορισμό των ΜΥΗΣ, το ανώτερο όριο των οποίων ποικίλλει μεταξύ 2,5 και 15 MW σε διάφορες χώρες, αλλά γίνεται γενικώς αποδεκτή η τιμή των 15 MW, όπως συμβαίνει με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA).

Στα επόμενα, όπου γίνεται αναφορά σε ΜΥΗΣ θα εννοείται κάθε υδροηλεκτρικό σύστημα με ονομαστική ισχύ 15 MW ή μικρότερη. Αυτά μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε “μίνι υδροηλεκτρικά”, συνήθως οριζόμενα ως τα συστήματα εκείνα με ισχύ <500 kW, και σε “μικρο-υδροηλεκτρικά”, για τα σχήματα δυναμικού <100 kW. Οποιοσ ορισμός και αν χρησιμοποιηθεί για το μέγεθος, τα ΜΥΗΣ αποτελούν μια από τις πιο ήπιες προς το περιβάλλον μορφές παραγωγής ενέργειας, βασιζόμενα στη χρήση μιας μη ρυπογόνου ανανεώσιμης πηγής και απαιτώντας μικρές επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο.

Εξάλλου, έχουν το δυναμικό να επιδράσουν σημαντικά στην υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων καθώς, σε αντίθεση με πολλές άλλες ΑΠΕ, τα ΜΥΗΣ μπορούν γενικά να παράγουν ένα ποσό ηλεκτρισμού σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ανάλογα

με τη ζήτηση (δηλ. δεν απαιτούν συστήματα αποθήκευσης ή εφεδρείας), τουλάχιστον στις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες υφίσταται επαρκής ροή νερού, και σε κόστος πολλές φορές ανταγωνιστικό των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, ένας τυπικός ΜΥΗΣ των 5 MW υποκαθιστά 1400 τόνους/έτος ορυκτού καυσίμου, αποτρέπει την εκπομπή 16000 τόνων CO₂ και πάνω από 100 τόνων SO₂ ανά έτος, ενώ καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό περισσότερων από 5000 οικογενειών.

2.2. Σχεδιασμός των μικρών υδροηλεκτρικών

Κατά το σχεδιασμό των μικρών υδροηλεκτρικών απαιτούνται πολλά στάδια τεχνικών και οικονομικών μελετών για να προσδιοριστεί εάν μία θέση είναι κατάλληλη από τεχνικής και οικονομικής πλευράς. Η βιωσιμότητα του κάθε πιθανού έργου είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη θέση. Η παραγωγή ισχύος εξαρτάται από την παροχή και το ύψος της πτώσης του διαθέσιμου νερού. Το ποσό της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί εξαρτάται από την ποσότητα του διαθέσιμου νερού και τη μεταβλητότητα της ροής κατά τη διάρκεια του έτους.

Η οικονομικότητα μιας θέσης εξαρτάται από την ισχύ (δυναμικό) και την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από το έργο, εάν μπορεί να πωληθεί η ισχύς, και από την τιμή πώλησης της ισχύος. Γενικά, η αξία της ισχύος που παράγεται για κατανάλωση σε μια απομακρυσμένη κοινότητα είναι σημαντικά μεγαλύτερη απ' ό,τι για τα συστήματα που συνδέονται σε κεντρικό δίκτυο. Εντούτοις, οι απομακρυσμένες κοινότητες μπορεί να μην είναι σε θέση να χρησιμοποιούν όλη τη διαθέσιμη ενέργεια από τους ΜΥΗΣ ή να μην μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ενέργεια όταν αυτή είναι διαθέσιμη, λόγω εποχιακών μεταβολών στη ροή του νερού και στην ενεργειακή κατανάλωση.

Οι μελέτες σχεδιασμού είναι ουσιαστικά μια επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία συγκρίνονται συνεχώς τα κέρδη και τα κόστη του έργου. Ωστόσο, οι υπεύθυνοι ανάπτυξης πρέπει να προχωρήσουν στη λήψη μιας απόφασης για το κατά πόσο θα προβούν ή όχι σε μια πλήρη μελέτη σκοπιμότητας μέσω των ακόλουθων βημάτων:

1. Αναγνώριση της περιοχής.
2. Αξιολόγηση των διαθέσιμων για το σταθμό υδάτινων πόρων και, κατά συνέπεια, της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής του.
3. Προκαταρκτικός καθορισμός και αξιολόγηση του κόστους της εγκατάστασης.
4. Προκαταρκτική εκτίμηση των οικονομικών του έργου, μετά από διερεύνηση των εναλλακτικών επιλογών χρηματοδότησης, των επιχορηγήσεων που διατίθενται από τις εθνικές κυβερνήσεις ή από την Ε.Ε., των φορολογικών κινήτρων, κλπ.
5. Ανασκόπηση των ρυθμιστικών απαιτήσεων και των διοικητικών διαδικασιών.
6. Λήψη απόφασης για το εάν θα πραγματοποιηθεί ή όχι μια μελέτη σκοπιμότητας.

2.2.1 Διαστασιολόγηση ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής

Η Καμπύλη Διάρκειας Ροής (ΚΔΡ) παρουσιάζει το ποσοστό του χρόνου κατά τη διάρκεια του οποίου η απορροή γίνεται ίση ή υπερβαίνει συγκεκριμένες τιμές και παρέχει έναν τρόπο για τον γρήγορο προσδιορισμό της ποσότητας του διαθέσιμου υδάτινου πόρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από στροβίλους διαφορετικών μεγεθών. Αναφερόμενοι στο σχήμα 2.3.3, το οποίο αποτελεί την ΚΔΡ ενός ποταμού σε μια προτεινόμενη υδροηλεκτρική θέση, με διαφορετικούς στροβίλους, η διαθέσιμη

από τη ροή ισχύς (P) προφανώς μεταβάλλεται με το χρόνο, δεδομένου ότι μεταβάλλεται η παροχή Q .

Υποθέτοντας, καταρχήν, ένα συνολικό βαθμό απόδοσης του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού της τάξης του 0,81, η ισχύς P δίνεται από την εξίσωση:

$$P=8QH \quad (2.3.1)$$

όπου Q είναι η παροχή (m^3/s), και H είναι το καθαρό ύψος πτώσης (m). Εάν το ύψος πτώσης είναι σταθερό ή σχεδόν σταθερό, η εξίσωση (2.3.1) μπορεί να γραφτεί ως:

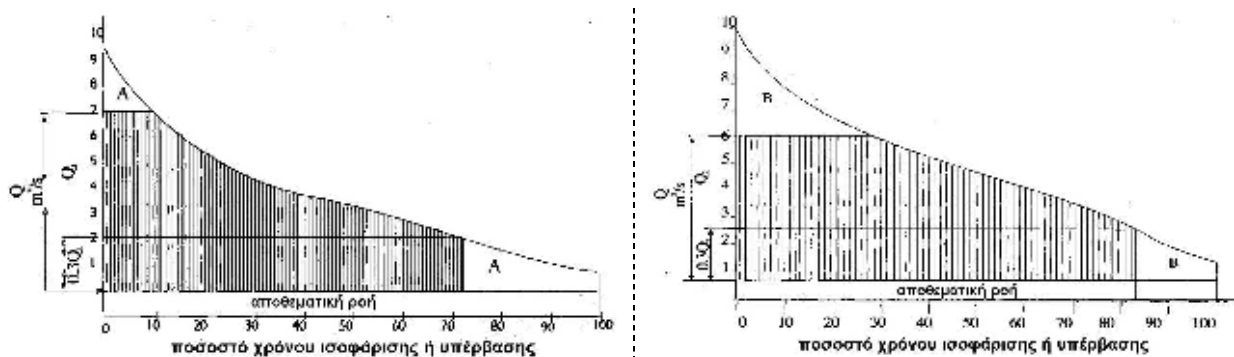
$$P=cQ \quad (2.3.2)$$

όπου c είναι μια σταθερά. Έτσι, κάθε συντεταγμένη της ΚΔΡ αντιπροσωπεύει ένα πιθανό δυναμικό ισχύος.

Δεν μπορεί όμως να αξιοποιηθεί όλη αυτή η ισχύς. Αρχικά, πρέπει να αφαιρεθεί από την ΚΔΡ η αποθεματική ροή, καθώς πρέπει να επιτρέπεται η συνέχιση της φυσικής ροής ανά πάσα στιγμή. Αυτή αντιστοιχεί στη μη γραμμοσκιασμένη ζώνη στη βάση της ΚΔΡ (σχήμα 2.3.3). Η υπόλοιπη περιοχή επάνω από αυτήν αποτελεί την ωφέλιμη ροή. Εάν επρόκειτο να εγκατασταθεί ένας στρόβιλος για την αξιοποίηση όλης αυτής της περιοχής, αυτός θα έπρεπε να είναι πολύ μεγάλος και ακριβός, παρότι θα λειτουργούσε στο μέγιστο δυναμικό του για πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Η ενέργεια που κερδίζεται, σε σύγκριση με κάποιο μικρότερο δυναμικό, δεν δικαιολογεί το επιπλέον κόστος του εξοπλισμού και των σωληνώσεων.

Υπάρχει ένας επιπλέον λόγος για την επιλογή μικρότερου δυναμικού, αφού κανένας στρόβιλος δεν μπορεί να λειτουργεί σε όλο το εύρος από τη μηδενική έως την ονομαστική του παροχή. Πολλοί μπορούν να λειτουργούν μόνο πάνω το 60% περίπου της ονομαστικής παροχής τους. Ακόμη και ο καλύτερος δεν μπορεί, υπό την έννοια αυτή, να χρησιμοποιείται κάτω από το ένα πέμπτο της ονομαστικής παροχής. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η ονομαστική παροχή που επιλέγεται, τόσο μεγαλύτερη είναι η διακοπή λειτουργίας στις χαμηλές παροχές.

Το σχήμα 2.3.3 απεικονίζει το γεγονός αυτό για ένα στρόβιλο του οποίου η διακοπή εκτιμάται στο 30% της ονομαστικής παροχής (ή σχεδιασμού). Οι περιοχές Α και Β είναι μη αξιοποιήσιμες, οπότε αν και ο σταθμός παραγωγής στην πρώτη περίπτωση έχει κατά 25% μεγαλύτερο δυναμικό από αυτόν της δεύτερης, είναι φανερό ότι παράγει ελάχιστα περισσότερη ενέργεια, με μια πολύ μεγαλύτερη επένδυση.



Σχήμα 2.3.3. Καμπύλες διάρκειας ροής για διαφορετικούς στρόβιλους(2)

2.2.2. Επιλογή θέσης και βασική διαμόρφωση

Δεδομένου ότι αναγκαίες απαιτήσεις για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι οι επαρκείς τιμές ύψους πτώσης και παροχής, η επιλογή της θέσης καθορίζεται από την ύπαρξη και των δύο αυτών χαρακτηριστικών. Καθόσον υπάρχουν τόσοι πολλοί αλληλοσχετιζόμενοι παράγοντες, είναι δύσκολο να καθοριστεί μια σαφής διαδικασία για την επιλογή μιας θέσης. Μια προκαταρκτική αναγνωριστική μελέτη θα πρέπει να περιλάβει τον καθορισμό του δυναμικού παραγωγής, την εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος, την αναγνώριση των απαιτούμενων εργασιών στο χώρο, τον προσδιορισμό των κρίσιμων ζητημάτων (περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί περιορισμοί), και μια προκαταρκτική μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά μπορούν να είναι είτε μεγάλου είτε μικρού ύψους πτώσης, ανάλογα με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της διαθέσιμης θέσης. Οι θέσεις μεγάλου ύψους πτώσης γενικά κοστίζουν λιγότερο για την ανάπτυξή τους από τις θέσεις μικρού ύψους πτώσης, αφού για την ίδια παραγωγή ισχύος η ροή μέσω του στρόβιλου και οι σχετικές υδραυλικές κατασκευές θα είναι μικρότερες. Σ' έναν ποταμό με μια συγκριτικά απότομη κλίση σ' ένα μέρος του ρου του, η υψομετρική διαφορά μπορεί να αξιοποιηθεί εκτρέποντας το σύνολο ή μέρος της ροής, και επιστρέφοντάς το στον ποταμό αφότου διέλθει από το στρόβιλο. Το νερό μπορεί να μεταφερθεί από την υδροληψία απευθείας στο στρόβιλο μέσω ενός καταθλιπτικού αγωγού.

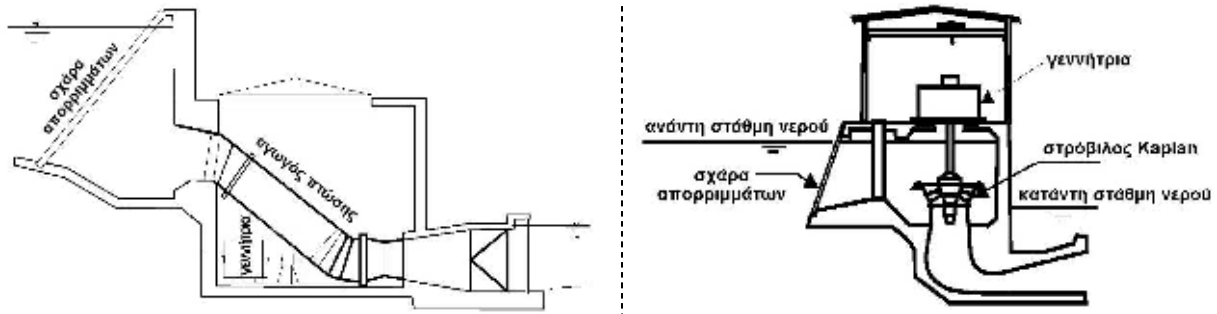
Δυστυχώς, οι καταθλιπτικοί αγωγοί είναι ακριβοί, έτσι μια φθηνότερη εναλλακτική λύση παρουσιάζεται στο σχήμα 2.3.2. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει ένα φράγμα ή έναν υδροφράκτη, ένα στόμιο εισόδου από τον ποταμό, και ένα ανοικτό κανάλι που εκτείνεται κατά μήκος της κοιλάδας του ποταμού καταλήγοντας σε μία περιοχή υδροληψίας, από όπου ένας σωλήνας κατάθλιψης άγει το νερό στο στρόβιλο στο σταθμό ισχύος. Εάν τα τοπογραφικά ή τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι δυσμενή, το ανοικτό κανάλι μπορεί να μην αποτελεί την καλύτερη λύση. Σ' αυτές τις συνθήκες, ένας σωλήνας υποπίεσης, αν και συνήθως ακριβότερος, μπορεί να αποτελέσει μια οικονομικότερη λύση.



Σχήμα 2.3.2.. Παράσταση ενός ΜΥΗ μεγάλου ύψους πτώσης(2)

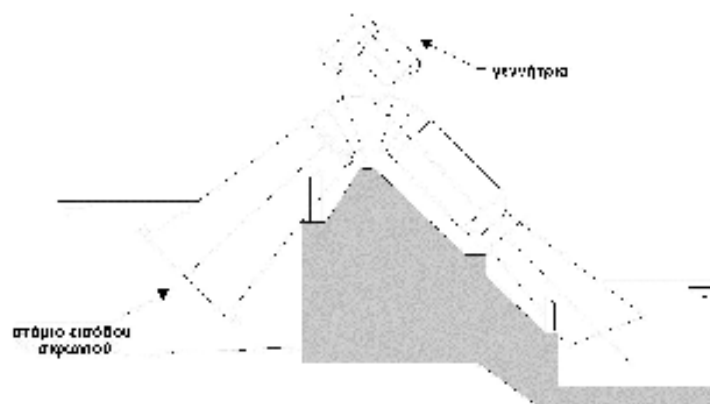
Όταν όλοι οι αγωγοί ισχύος, συμπεριλαμβανομένης της περιοχής υδροληψίας, είναι κατά κάποιο τρόπο καλυμμένοι, χρησιμοποιούνται φρεάτια εκτόνωσης για τη μείωση των πιθανών ξαφνικών έντονων διακυμάνσεων της πίεσης. Σε έργα μικρού ύψους πτώσης είναι δυνατές δύο διατάξεις. Η μία χρησιμοποιεί έναν υδροφράκτη εκτροπής και η δομή της (σχήμα 2.3.2.2 - αριστερά) είναι παρόμοια με την προαναφερθείσα για

τα μεγάλα ύψη πτώσης, παρόλο που το κανάλι είναι συνήθως μικρού μήκους όπως και ο αγωγός πτώσης (ή δεν υπάρχει καθόλου). Η άλλη διάταξη περιλαμβάνει ένα φράγμα με ενσωματωμένο στόμιο εισόδου και σταθμό ισχύος (σχήμα 2.3.2.2.δεξιά).



Σχήμα 2.3.2.2. Διατάξεις μικρών υδροηλεκτρικών χαμηλού ύψους πτώσης (2)

Μια άλλη δυνατότητα είναι να εγκατασταθεί ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής σε ένα υπάρχον συμβατικό φράγμα που έχει κατασκευαστεί για ποικίλες χρήσεις (έλεγχος ροής, άρδευση, απόσπαση ύδατος, κλπ.). Το νερό εισάγεται στο στρόβιλο μέσω του προκατασκευασμένου ως ενιαίο τμήμα της δομής του φράγματος αγωγού πτώσης ή, εάν το φράγμα δεν είναι πολύ υψηλό, μέσω ενός σιφωνικού στομίου εισόδου (σχήμα 2.3.2.3.). Στη δεύτερη περίπτωση, ο αγωγός πτώσης φέρεται επάνω από το φράγμα πριν πάρει κλίση προς τον στρόβιλο, ο οποίος μπορεί να εδράζεται είτε στην κορυφή του φράγματος είτε, συνηθέστερα, στην κατάντη πλευρά. Στις περισσότερες σιφωνικές εγκαταστάσεις το ύψος πτώσης κυμαίνεται από 1,8 έως 11 m, αν και υπάρχουν κάποια παραδείγματα με ύψη πτώσης έως και 30 m.



Σχήμα 2.3.2.3. Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής σε υπάρχον συμβατικό φράγμα(2)

2.4. Υδροστρόβιλοι

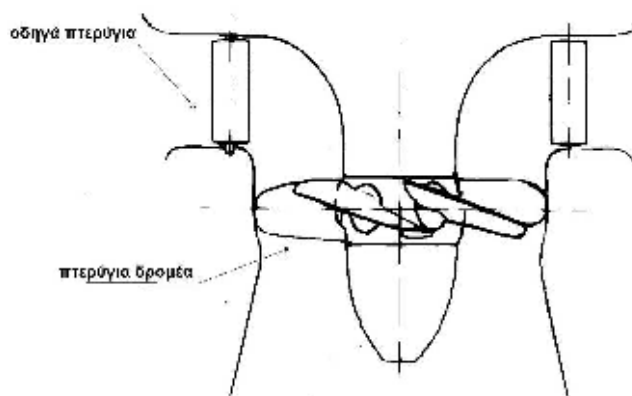
Όλες οι προαναφερθείσες δομές σχεδιάζονται για να μεταβιβάσουν το νερό στους στρόβιλους, όπου αξιοποιείται η μεταφερόμενη από το νερό ισχύς. Η οικονομική σκοπιμότητα ενός προτεινόμενου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής σε μία θέση με μια γνωστή καμπύλη διάρκειας ροής (ΚΔΡ) εξαρτάται πρωτίστως από τη σωστή επιλογή του υδροηλεκτρικού εξοπλισμού, η οποία αποτελεί μια επαναληπτική διαδικασία που εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τη μορφή της ΚΔΡ, την ποσότητα της αποθεματικής ροής, την αξία της ενέργειας, το κόστος του εξοπλισμού, την ευκολία χρήσης και την αξιοπιστία του.

Ένας υδροστρόβιλος είναι μια περιστρεφόμενη μηχανή που μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι στροβίλων, γνωστοί ως στρόβιλοι “ώσης” και “αντίδρασης”. Ο “στρόβιλος ώσης” μετατρέπει την δυναμική ενέργεια του νερού σε κινητική ενέργεια μιας δέσμης νερού η οποία εκρέει από ένα ακροφύσιο και προστίπτει επάνω στους κάδους ή τα πτερύγια του δρομέα. Ο “στρόβιλος αντίδρασης” χρησιμοποιεί την πίεση αλλά και την ταχύτητα του νερού για να αναπτύξει μηχανική ισχύ. Ο δρομέας κατακλύζεται πλήρως και τόσο η πίεση όσο και η ταχύτητα μειώνονται από την είσοδο προς την έξοδο.

Οι περισσότεροι υφιστάμενοι στρόβιλοι μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- στρόβιλοι τύπου Kaplan και έλικας,
- στρόβιλοι τύπου Francis,
- στρόβιλοι τύπου Pelton και άλλοι στρόβιλοι ώσης.

Οι στρόβιλοι Kaplan και οι τύπου έλικας είναι αξονικής ροής στρόβιλοι αντίδρασης που γενικά χρησιμοποιούνται για μικρά ύψη πτώσης (συνήθως κάτω από 16 m). Ο στρόβιλος Kaplan έχει ρυθμιζόμενα πτερύγια δρομέα και μπορεί να διαθέτει ή όχι ρυθμιζόμενα οδηγά πτερύγια (σχήμα 1.10). Εάν είναι ρυθμιζόμενα και τα πτερύγια του δρομέα και τα οδηγά πτερύγια ο στρόβιλος περιγράφεται ως “διπλής ρύθμισης”, ενώ εάν είναι σταθερά τα οδηγά πτερύγια τότε λέγεται “απλής ρύθμισης”.

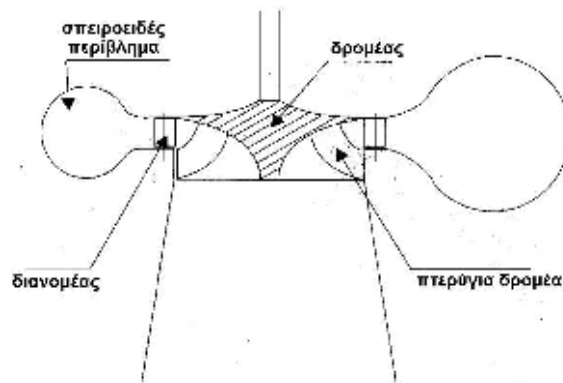


Σχήμα 1.10. Στρόβιλος τύπου Kaplan(2)

Στη συμβατική του έκδοση ο στρόβιλος Kaplan έχει ένα σπειροειδές περίβλημα (είτε από χάλυβα είτε από σιδηροπαγές σκυρόδεμα). Η ροή εισάγεται ακτινικά προς το εσωτερικό και εκτελεί μια στροφή ορθής γωνίας προτού εισέλθει στον δρομέα με αξονική κατεύθυνση. Όταν ο δρομέας έχει σταθερά πτερύγια, ο στρόβιλος είναι γνωστός ως τύπου έλικας. Οι στρόβιλοι έλικας μπορούν να έχουν κινητά ή σταθερά οδηγά πτερύγια. Οι μη ρυθμιζόμενοι στρόβιλοι τύπου έλικας χρησιμοποιούνται μόνο όταν τόσο η παροχή όσο και το ύψος πτώσης παραμένουν πρακτικώς σταθερά.

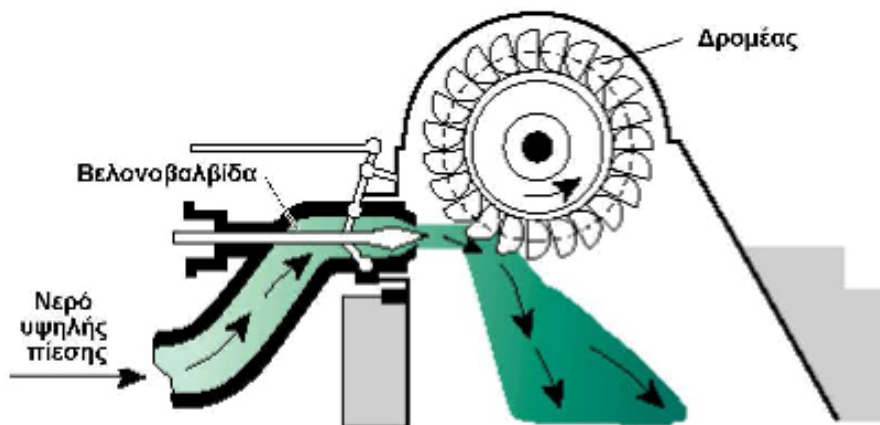
Από τους στροβίλους τύπου έλικας και Kaplan έχουν προκύψει οι βολβοειδείς και οι σωληνωτές μονάδες, όπου η ροή εισέρχεται και εξέρχεται με ελάχιστες αλλαγές στη διεύθυνση. Στο βολβοειδή στρόβιλο ο πολλαπλασιαστής και η γεννήτρια εγκλείονται μέσα σε ένα βολβό βυθισμένο στη ροή. Οι σωληνωτοί στρόβιλοι επιτρέπουν ποικίλες διαρρυθμίσεις, όπως μετάδοση κίνησης ορθής γωνίας, στροβίλους τύπου Straflo με αγωγούς σχήματος S, γεννήτριες με ιμαντοκίνηση, κλπ. Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης ορθής γωνίας αποτελούν μια πολύ ελκυστική λύση, αλλά κατασκευάζονται μόνο μέχρι ένα μέγιστο όριο της τάξης των 2 MW.

Οι στρόβιλοι Francis είναι στρόβιλοι αντίδρασης ακτινικής ροής, με σταθερά πτερύγια δρομέα και ρυθμιζόμενα οδηγά πτερύγια, που χρησιμοποιούνται για μεσαία ύψη πτώσης. Ο δρομέας αποτελείται από κάδους που διαμορφώνονται από σύνθετες καμπύλες. Ένας στρόβιλος Francis περιλαμβάνει συνήθως ένα χυτοσιδηρό ή χαλύβδινο σπειροειδές περίβλημα για τη διανομή του νερού γύρω από ολόκληρη την περίμετρο του δρομέα, και αρκετές σειρές πτερυγίων που καθοδηγούν και ρυθμίζουν την ροή του νερού προς το δρομέα. Στο σχήμα 1.11 δίνεται η σχηματική παράσταση του στρόβιλου αυτού του τύπου.

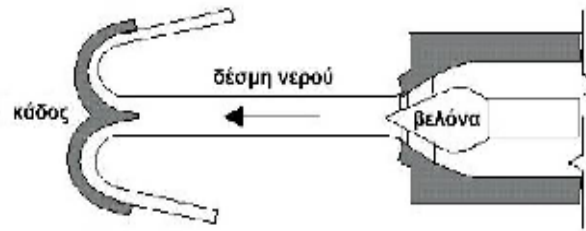


Σχήμα 1.11. Σχηματική παράσταση ενός στρόβιλου Francis(2)

Οι στρόβιλοι Pelton είναι στρόβιλοι ώσης με μία ή πολλαπλές δέσμες, καθεμία από τις οποίες εκρέει μέσα από ένα ακροφύσιο με μια βελονοβαλβίδα για τον έλεγχο της ροής. Αυτοί χρησιμοποιούνται για μεσαία και μεγάλα ύψη πτώσης. Το σχήμα 1.12 απεικονίζει έναν κατακόρυφο στρόβιλο Pelton και το σχήμα 1.13 τους άξονες των ακροφυσίων που κείνται στο ίδιο επίπεδο με τον δρομέα. Ορισμένοι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει ειδικούς τύπους μηχανών, με περιορισμένο εύρος παροχής και ισχύος, οι οποίοι όμως μπορεί να είναι συμφέροντες υπό ορισμένες συνθήκες.

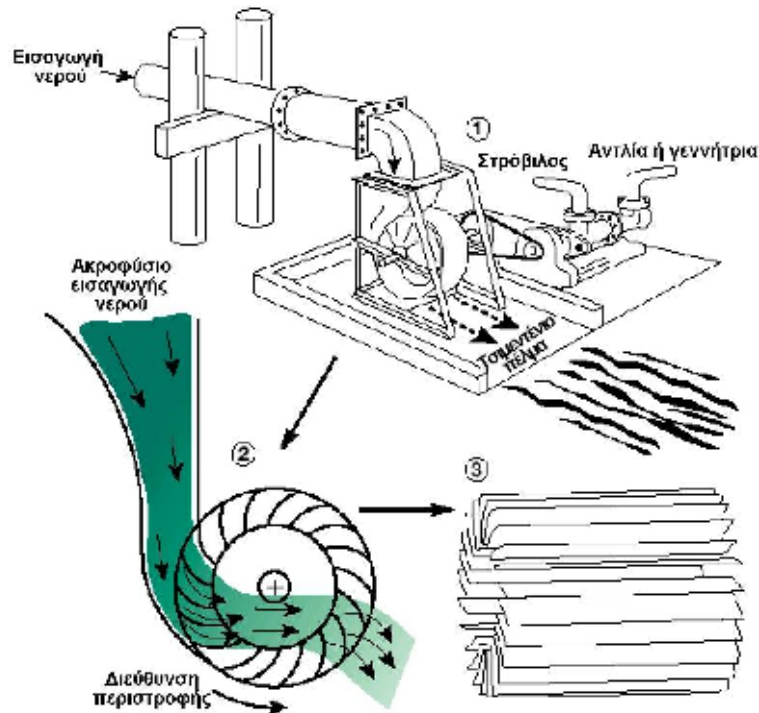


Σχήμα 1.12. Κατακόρυφος στρόβιλος Pelton(2)



Σχήμα 1.13. Η μορφή του κάδου ενός στροβίλου Pelton και ο άξονας του ακροφυσίου(2)

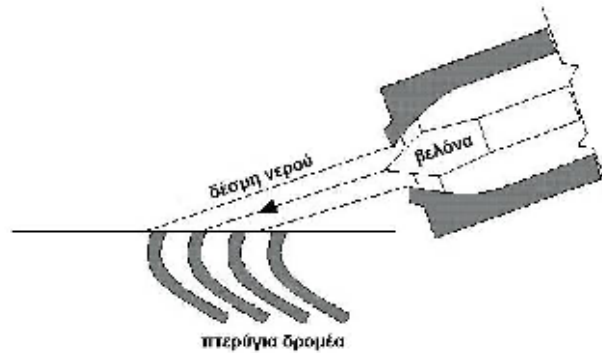
Ο στρόβιλος εγκάρσια ροής, συχνά καλούμενος και στρόβιλος Ossberger, από μια επιχείρηση που τον κατασκευάζει για παραπάνω από 50 χρόνια, ή στρόβιλος Michell (σχήμα 1.14) χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα υψών πτώσης επικαλύπτοντας αυτά των στροβίλων Kaplan, Francis και Pelton. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για ένα ρεύμα με μεγάλη παροχή και μικρό ύψος πτώσης.



**Σχήμα 1.14. (1) Ο στρόβιλος εγκάρσια ροής (Michell),
(2) Εγκάρσια τομή του στροβίλου,
(3) Διάταξη των πτερυγίων του στροβίλου εγκάρσια ροής
[Πηγή: Energy-wise Renewables – 4, EECA, Οκτώβριος 1997]**

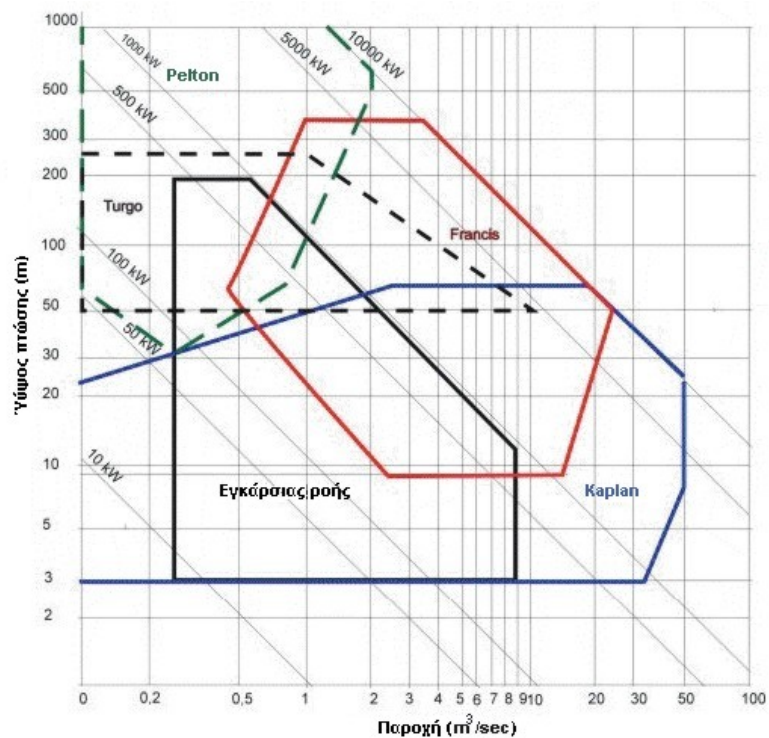
Ο στρόβιλος Turgo μπορεί να λειτουργεί σε ύψη πτώσης από 30 έως 300 m. Είναι στρόβιλος ώσης, όπως και ο Pelton, αλλά οι κάδοι του διαμορφώνονται διαφορετικά και η δέσμη του νερού προσπίπτει στο επίπεδο του δρομέα υπό γωνία 20°. Το νερό εισέρχεται στο δρομέα από τη μια πλευρά του δίσκου του και εξέρχεται από την άλλη (σχήμα 1.15). Η μεγαλύτερη ταχύτητα του δρομέα του Turgo, λόγω της μικρότερης διαμέτρου του έναντι των άλλων τύπων, καθιστά πιο πιθανή την άμεση σύζευξη του στροβίλου και της γεννήτριας. Πάντως, σε αντίθεση με έναν Pelton, το νερό που ρέει μέσω του δρομέα παράγει μια αξονική δύναμη, απαιτώντας την εγκατάσταση ενός

ωστικού εδράνου στον άξονά του. Ένας στροβίλος Turgo μπορεί να είναι κατάλληλος σε μεσαία ύψη πτώσης, όπου διαφορετικά θα χρησιμοποιούνταν στροβίλος Francis.



Σχήμα 1.15. Τα περύγια του δρομέα και η δέσμη του νερού σε ένα σρόβιλο Turgo(2)

Η επιλογή του τύπου, της γεωμετρίας και των διαστάσεων του στροβίλου εξαρτάται κυρίως από το ύψος πτώσης, την παροχή και την ταχύτητα του δρομέα. Στο σχήμα 1.16 απεικονίζονται τα εύρη λειτουργίας διάφορων τύπων στροβίλων συναρτήσει του ύψους πτώσης και της παροχής. Καθεαυτό το ύψος πτώσης αποτελεί το πρώτο κριτήριο στη επιλογή του τύπου του προς εγκατάσταση στροβίλου. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζεται το εύρος των υψών πτώσης που είναι κατάλληλα για τους διάφορους τύπους στροβίλων.



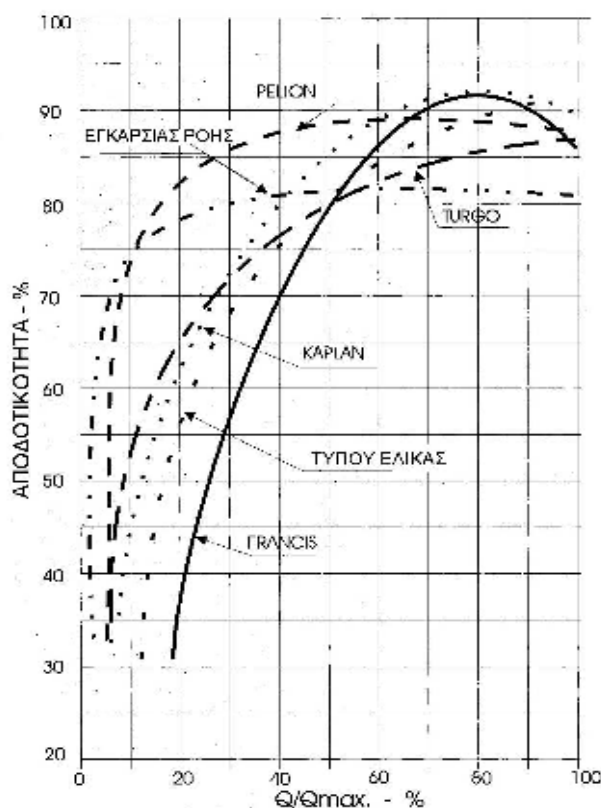
Σχήμα 1.16. Εύρος λειτουργίας των διάφορων τύπων στροβίλων(2)

Πίνακας 1.1. Εύρος υψών πτώσης(2)

Τύποι στροβίλων	Εύρος ύψους πτώσης (σε m)
Καρλαν και έλικας	$2 < H < 15$
Francis	$4 < H < 100$
Pelton	$30 < H < 1000$
Εγκάρσιας ροής	$1 < H < 150$
Turgo	$50 < H < 250$

Για το ίδιο ύψος πτώσης, είναι δυσκολότερη η κατασκευή ορισμένων στροβίλων απ' ό,τι άλλων, συνεπώς είναι και ακριβότεροι. Για παράδειγμα, στα μικρά ύψη πτώσης, ένας στρόβιλος τύπου έλικας είναι φθηνότερος από ένα στρόβιλο Καρλαν που έχει σχεδιασθεί για την ίδια ονομαστική παροχή. Σε ένα σχήμα μεσαίου ύψους πτώσης, ένας στρόβιλος εγκάρσιας ροής θα είναι φθηνότερος από έναν Francis, του οποίου ο δρομέας είναι πιο σύνθετος, αν και ο βαθμός απόδοσής του είναι μεγαλύτερος.

Όσον αφορά την παροχή, πρέπει να υπενθυμισθεί ότι οι στρόβιλοι δεν μπορούν να λειτουργούν από μηδενική ροή μέχρι την ονομαστική παροχή τους. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.17, το οποίο παρουσιάζει τη μέση αποδοτικότητα για διάφορους τύπους στροβίλων, η αποδοτικότητα ελαττώνεται απότομα κάτω από ένα ορισμένο ποσοστό της ονομαστικής παροχής. Από την άποψη αυτή, ο καλύτερος στρόβιλος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από το 1/6 της ονομαστικής παροχής του, ενώ πολλοί μπορούν να λειτουργήσουν μόνο επάνω από το 40% αυτής.



Σχήμα 1.17. Μέση αποδοτικότητα διάφορων τύπων στροβίλων(2)

Το εύρος των παροχών που πρέπει να χρησιμοποιούνται, συνεπώς και η παραγωγή ισχύος, κυμαίνεται αναλόγως εάν:

- A. η εγκατάσταση πρέπει να παρέχει ηλεκτρισμό σ' ένα μικρό δίκτυο, ή
- B. ο σταθμός έχει σχεδιαστεί για να συνδεθεί με ένα μεγάλο δίκτυο διανομής.
Στην πρώτη περίπτωση, πρέπει να επιλεγεί μια παροχή που να επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρισμού σχεδόν καθ' όλο το έτος. Στη δεύτερη, η ονομαστική παροχή πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να μεγιστοποιείται το καθαρό κέρδος από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Γεωθερμική Ενέργεια

2.1. Βασικές αρχές της γεωθερμίας

Γεωθερμική ισχύς είναι η θερμική (αρχικά) και η ηλεκτρική (σε δεύτερο στάδιο) ισχύς που παράγεται από την περιεχόμενη στη Γη θερμική ενέργεια (γεωθερμική ενέργεια). Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας από θερμοδυναμικής πλευράς βασίζεται στη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ μιας μάζας υπόγειου πετρώματος και νερού και μιας μάζας νερού ή αέρα στην επιφάνεια της γης. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας επιτρέπει την παραγωγή θερμικής ενέργειας που μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα είτε να μετατραπεί σε μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια.

Γενικά, οι θερμοκρασίες στη Γη αυξάνονται αυξανόμενου του βάθους, σε 200-1000°C στη βάση του φλοιού και πιθανώς μέχρι 3500-4500°C στο κέντρο της. Η θερμότητα που παράγει γεωθερμικές βαθμίδες προέρχεται από δύο πηγές, τη ροή θερμότητας από τον κατώτερο φλοιό και το μανδύα, και τη θερμική ενέργεια που παράγεται στον άνω φλοιό από τη ραδιενεργό διάσπαση ισοτόπων του ουράνιου, θορίου και καλίου. Εντούτοις, μερικά γρανιτικά πετρώματα στον άνω φλοιό έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ουράνιο και θόριο, παράγοντας έτσι αφύσικα μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας και αυξημένη ροή θερμότητας προς την επιφάνεια της γης.

Οι θερμικές βαθμίδες υπολογίζονται θεωρώντας ότι η θερμότητα κινείται προς την επιφάνεια της Γης μόνο με τη θερμική αγωγή μέσω στερεών πετρωμάτων. Εντούτοις, η θερμική ενέργεια μεταδίδεται επίσης προς την επιφάνεια με μετακίνηση τετηγμένων πετρωμάτων (μάγμα) και με την κυκλοφορία νερού μέσω επικοινωνούντων πόρων και ρωγμών. Αυτές οι διαδικασίες υπερθέτονται στις περιφερειακές βαθμίδες όπου επικρατεί η αγωγή και προκαλούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια της Γης. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από τέτοιες υψηλές θερμοκρασίες είναι οι βασικοί υποψήφιοι για γεωθερμική διερεύνηση και ανάπτυξη.

Η εμπορική διερεύνηση και ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας μέχρι σήμερα έχει εστιαστεί σε φυσικούς γεωθερμικούς ταμειυτήρες - όγκους πετρωμάτων με υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 350°C), αλλά και με υψηλό πορώδες (διάκενο πόρων, συνήθως γεμάτοι με νερό) και υψηλή περατότητα (δυνατότητα μεταφοράς ρευστού). Η θερμική ενέργεια αντλείται με γεωτρήσεις στους ταμειυτήρες. Η θερμότητα του πετρώματος μεταφέρεται με αγωγή στο ρευστό, το οποίο στη συνέχεια ρέει προς το φρέαρ και έπειτα προς την επιφάνεια της Γης.

Εντούτοις, οι φυσικοί γεωθερμικοί ταμειυτήρες αποτελούν ένα μικρό μόνο μέρος των άνω 10 km του γήινου φλοιού. Το υπόλοιπο αφορά πετρώματα με σχετικά χαμηλή περατότητα, η θερμική ενέργεια των οποίων δεν μπορεί να αντληθεί χωρίς την τεχνητή θραύση τους με εκρηκτικές ύλες ή υδροβολή. Έχουν γίνει πειράματα που

περιλαμβάνουν την τεχνητή θραύση θερμών πετρωμάτων και μπορεί κάποτε να αποδειχθεί οικονομικά εφικτή η εξαγωγή ενέργειας με την κυκλοφορία νερού μέσα από ένα δίκτυο τέτοιων τεχνητών καταγμάτων.

2.2.. Παραγωγή ηλεκτρισμού

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού έχει διαδοθεί λόγω διάφορων παραγόντων. Οι χώρες όπου επικρατούν οι γεωθερμικές πηγές επιθυμούν να αναπτύξουν τους ίδιους πόρους τους αντί του να εισάγουν καύσιμα για παραγωγή ηλεκτρισμού. Σε χώρες όπου διατίθενται πολλές εναλλακτικές πηγές για παραγωγή ηλεκτρισμού, περιλαμβανομένης της γεωθερμίας, αυτή προτιμάται καθώς δεν μπορεί να μεταφερθεί προς πώληση, ενώ μέσω αυτής επιτρέπεται η χρήση των συμβατικών καυσίμων για ανώτερους και καλύτερους σκοπούς από την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Επίσης, ο γεωθερμικός ατμός αποτελεί μια ελκυστική εναλλακτική λύση παραγωγής ηλεκτρισμού λόγω των περιβαλλοντικών οφελών και επειδή τα μεγέθη των μονάδων είναι μικρά (συνήθως κάτω των 100MW). Επιπλέον, οι γεωθερμικοί σταθμοί μπορούν να ανεγερθούν ταχύτερα από αυτούς που χρησιμοποιούν συμβατικά και πυρηνικά καύσιμα, οι οποίοι, για οικονομικούς λόγους, πρέπει να έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος. Εξάλλου, τα ηλεκτρικά συστήματα είναι πιο αξιόπιστα εάν οι πηγές τροφοδοσίας τους δεν συγκεντρώνονται σε ένα μικρό αριθμό από μεγάλες μονάδες.

Η διεργασία που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή ποικίλλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της γεωθερμικής πηγής. Σχεδόν όλες οι πηγές που έχουν ήδη εξερευνηθεί είναι του υδροθερμικού τύπου (ζεστό νερό υπό πίεση), η εκμετάλλευση των οποίων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Εάν η θερμοκρασία της πηγής είναι κάτω από 204°C, το γεωθερμικό φρέαρ εξοπλίζεται με αντλία που δημιουργεί ικανή πίεση στη γεωθερμική άλμη ώστε να διατηρείται ως ζεστό νερό υπό πίεση. Για τις άνω των 204°C πηγές η καταλληλότερη μέθοδος παραγωγής είναι η φυσική ροή από το φρέαρ, η οποία αποφέρει ένα ακαριαία ατμοποιούμενο μίγμα άλμης και ατμού.

2.3. Άμεση χρήση

Εξίσου σημαντική παγκοσμίως είναι και η άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, συχνά σε θερμοκρασίες ταμειυτήρων μικρότερες των 100°C. Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται άμεσα για θέρμανση κτιρίων (ανεξάρτητες κατοικίες, συγκροτήματα διαμερισμάτων, μέχρι ολόκληρες κοινότητες), δροσισμό κτιρίων (με χρήση μονάδων απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου), θέρμανση θερμοκηπίων και εδάφους, και για την παροχή ζεστού ή χλιαρού νερού για οικιακή χρήση, επεξεργασία προϊόντων (π.χ. την παραγωγή χαρτιού), καλλιέργεια οστρακοειδών και ψαριών, θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, και για θεραπευτικούς σκοπούς.

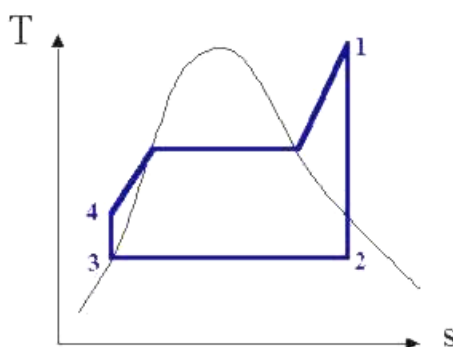
Οι γεωθερμικές πηγές παρέχουν σήμερα άμεσα αξιοποιήσιμη θερμική ισχύ πάνω από 12.000 MW σε περισσότερες από 30 χώρες παγκοσμίως. Οι κύριες θέσεις όπου γίνεται άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ευρώπη είναι η Ισλανδία (30% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως για θέρμανση χώρων), η λεκάνη του Παρισιού (νερό ~70°C χρησιμοποιείται για την τηλεθέρμανση των κοινοτήτων Melun, Creil και Villeneuve la Garenne), και η λεκάνη Pannonian στην Ουγγαρία.

2.4. Μέθοδοι ηλεκτροπαραγωγής ενέργειας από γεωθερμία

Τρεις είναι οι κύριοι τύποι των γεωθερμικών σταθμών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο τύπος του σταθμού καθορίζεται κυρίως από τη φύση της

γεωθερμικής πηγής της εν λόγω θέσης. Η διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής από μία γεωθερμική πηγή (ή από ατμό σε μία συμβατική εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής) περιλαμβάνει μια διεργασία γνωστή ως κύκλο Rankine. Ο κύκλος αυτός, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.3, περιλαμβάνει ένα λέβητα, στρόβιλο, γεννήτρια, συμπυκνωτή, υδραντλία τροφοδοσίας, πύργο ψύξης και υδραντλία ψύξης.

Κορεσμένος ή υπέρθερμος ατμός εισάγεται στο στρόβιλο (στάδιο 1) και εκτονώνεται ισεντροπικά μέχρι την πίεση εξόδου στο στάδιο 2. Έπειτα, ο ατμός συμπυκνώνεται υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία σε κεκορεσμένο υγρό (στάδιο 3). Η θερμότητα που απάγεται από τον ατμό στο συμπυκνωτή συνήθως μεταφέρεται στο νερό ψύξης. Έπειτα, το κεκορεσμένο υγρό ρέει μέσω της αντλίας, η οποία αυξάνει την πίεση στην πίεση του λέβητα (στάδιο 4), όπου το νερό θερμαίνεται κατ' αρχήν στη θερμοκρασία κορεσμού, βράζει και υπερθερμαίνεται, μέχρι το στάδιο 1. Κατόπιν επαναλαμβάνεται ολόκληρος ο κύκλος.



Σχήμα 5.3. Το διάγραμμα T-s του κύκλου Rankine(2)

Συνοψίζοντας, ένας σταθμός παραγωγής είναι απλά ένας κύκλος που διευκολύνει τη μετατροπή της ενέργειας από μία μορφή σε άλλη. Αν και το ενεργειακό περιεχόμενο του τελικού προϊόντος (ηλεκτρισμός) εκφράζεται συνήθως σε kWh, ο υπολογισμός της απόδοσης του σταθμού συχνά γίνεται σε μονάδες Btu (1 kWh είναι ενεργειακά ισοδύναμη με 3413 Btu). Ο σημαντικότερος υπολογισμός για ένα σταθμό παραγωγής αφορά το πόση από την τροφοδοτούμενη ενέργεια (καύσιμο) απαιτείται για να παραχθεί μια δεδομένη ποσότητα ηλεκτρισμού, και για να γίνει αυτός πρέπει να είναι γνωστή η αποδοτικότητα της μονάδας.

2.5 Πλεονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας

Οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει τη γεωθερμική ενέργεια για πολλούς αιώνες σε εφαρμογές όπως είναι η θέρμανση χώρων και νερού, το μαγείρεμα, και τα ιαματικά λουτρά. Ο πρώτος γεωθερμικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάστηκε το 1904 στο Larderello της Ιταλίας, είχε ονομαστική ισχύ 250 kW και χρησιμοποιούσε γεωθερμικό ατμό για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο δεύτερος γεωθερμικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '50 στο Wairakei της Νέας Ζηλανδίας, και ακολούθησαν τα Geysers της Καλιφόρνιας στη δεκαετία του '60. Σήμερα υπάρχει ένα δυναμικό 12.000 MW άμεσης χρήσης και πάνω από 8.000 MW ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμικές πηγές παγκοσμίως.

Για να γίνει αντιληπτή η συμμετοχή της γεωθερμικής ενέργειας, αναφέρεται ότι αυτό το δυναμικό αντιστοιχεί στο 0,4% περίπου του συνολικά εγκατεστημένου δυναμικού

παραγωγής παγκοσμίως. Οι κυριότεροι χρήστες της γεωθερμίας (άμεσα και έμμεσα) είναι οι ΗΠΑ, οι Φιλιππίνες, η Ιταλία, το Μεξικό, η Ισλανδία, η Ινδονησία, η Ιαπωνία και η Νέα Ζηλανδία. Στον πίνακα 5.4 εντοπίζεται η υφιστάμενη ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμία κατά σειρά μεγέθους ανά χώρα. Η ισχύς των 8.246 MW ηλεκτρικής ενέργειας του 1999 ήταν κατά 40% μεγαλύτερη από την εγκατεστημένη ισχύ το 1990.

Πίνακας 5.4. Παγκοσμίως εγκατεστημένο γεωθερμικό δυναμικό (σε MW_e) ανά χώρα

Χώρα	1990 MWe	1995 MWe	2000 MWe	2005 MWe
Argentina	0.67	0.67	0	0
Australia	0	0.17	0.17	0.2
Austria	0	0	0	1
China	19.2	28.78	29.17	28
Costa Rica	0	55	142.5	163
El Salvador	95	105	161	151
Ethiopia	0	0	8.52	7
France (Guadeloupe)	4.2	4.2	4.2	15
Germany	0	0	0	0.2
Guatemala	0	33.4	33.4	33
Iceland	44.6	50	170	322
Indonesia	144.75	309.75	589.5	797
Italy	545	631.7	785	790
Japan	214.6	413.71	546.9	535
Kenya	45	45	45	127
Mexico	700	753	755	953
New Zealand	283.2	286	437	435
Nicaragua	35	70	70	77
Papua New Guinea	0	0	0	39
Philippines	891	1227	1909	1931
Portugal (The Azores)	3	5	16	16
Russia (Kamchatka)	11	11	23	79
Thailand	0.3	0.3	0.3	0.3
Turkey	20.6	20.4	20.4	20.4
USA	2774.6	2816.7	2228	2544
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς	5831.72	6833.38	7974.06	9064.1

Πηγή: *International Geothermal Association - Ενημέρωση με στοιχεία δημοσιευμένα το 2009.*

Άλλες χώρες με παραγωγή μικρότερη από 20 MW είναι η Αυστραλία, η Αιθιοπία, η Γαλλία (Γουαδελούπη), η Πορτογαλία (Αζόρες), η Ρωσία και η Ταϊλάνδη. Οι πρώτοι γεωθερμικοί σταθμοί χρηματοδοτήθηκαν και λειτουργήθηκαν κυρίως από εθνικές υπηρεσίες ηλεκτρισμού σε όλο τον κόσμο, με εξαίρεση την Καλιφόρνια όπου η ανάπτυξη του πεδίου των Geysers υλοποιήθηκε από ιδιωτικές ηλεκτρικές εταιρείες. Με τη σημερινή διεθνή τάση για απελευθέρωση της ενεργειακής βιομηχανίας, ιδιώτες εγκαταστάτες έχουν αναμειχθεί αμεσότερα τόσο στην αξιολόγηση όσο και στην ανάπτυξη των πηγών. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την Ινδονησία και τις Φιλιππίνες.

Η αγορά κυριαρχείται από τις μονάδες ακαριαίου ατμού, αλλά κατά τα τελευταία δέκα χρόνια έχουν εγκατασταθεί πολλές μικρότερης κλίμακας μονάδες δυαδικού κύκλου, αλλά και αρκετές συνδυασμένες μονάδες (ακαριαίας ατμοποίησης/δυναμικού κύκλου). Η πλειοψηφία των γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής διεθνώς αποτελούν μονάδες βάσης, δηλαδή λειτουργούν 24 ώρες την ημέρα για 365 ημέρες το έτος. Θεωρώντας ένα συντελεστή φορτίου 80% και ένα μέσο κόστος του ατμού 5 cent ανά kWh, η γεωθερμική ισχύς κοστολογείται σε περίπου 3 δισεκατομμύρια US\$ ετησίως.

2.6. Προβλήματα παραγωγής και ρύπανσης

Στα κύρια προβλήματα κατά την παραγωγή γεωθερμικής ισχύος περιλαμβάνονται οι αποθέσεις μετάλλων, οι μεταβολές στις υδρολογικές συνθήκες και η διάβρωση του εξοπλισμού. Προβλήματα ρύπανσης προκύπτουν κατά το χειρισμό των γεωθερμικών αποβλήτων, τόσο του νερού όσο και του ατμού.

2.6.1. Αποθέσεις μετάλλων

Σε μερικά πεδία όπου επικρατεί το νερό μπορεί να υπάρξουν αποθέσεις μετάλλων από το ζέων γεωθερμικό ρευστό. Για παράδειγμα η απόθεση πυριτίου στα φρέατα προκάλεσε προβλήματα στο πεδίο του Salton Sea (Καλιφόρνια). Συχνότερα, μπορεί να περιοριστεί η ανάπτυξη ενός πεδίου από το σχηματισμό αποθέσεων ανθρακικών αλάτων ασβεστίου στα φρέατα ή στα πετρώματα της περιοχής, όπως για παράδειγμα συνέβη στην Τουρκία και τις Φιλιππίνες. Τα πεδία με ζεστά νερά και υψηλά ολικά ανθρακικά άλατα τελευταία αντιμετωπίζονται με καχυποψία. Κατά την απόρριψη των θερμών υγρών αποβλήτων στην επιφάνεια, η απόθεση πυριτίου στους αγωγούς και τους διαύλους του νερού μπορεί να προκαλέσει προβλήματα.

2.6.2. Υδρολογικές αλλαγές

Η εκτεταμένη παραγωγή από τα φρέατα αλλάζει τις τοπικές υδρολογικές συνθήκες. Η ελάττωση της πίεσης του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να προκαλέσει βρασμό στο νερό των πετρωμάτων (που οδηγεί σε μεταβολές των χαρακτηριστικών του ρευστού της γεώτρησης), τη διείσδυση κρύου νερού από τις παρυφές του πεδίου, ή μεταβολές στη χημεία του νερού λόγω των μειωμένων θερμοκρασιών και συγκεντρώσεων των αερίων. Μετά από την παρατεταμένη άντληση ζεστού νερού από πετρώματα μικρής αντοχής μπορεί να συμβεί τοπική γαιόχωση (μέχρι μερικά μέτρα) και να μειωθεί σε ένταση η αρχική φυσική θερμική δραστηριότητα. Κάποιες μεταβολές συμβαίνουν σε όλους τους τομείς και απαιτείται η καλή κατανόηση της γεωλογίας και της υδρολογίας ενός συστήματος προκειμένου να μπορέσει να συνταιριαστεί ο ρυθμός άντλησης της γεώτρησης με τη μακροπρόθεσμη δυνατότητα αυτής να παρέχει ρευστό.

2.6.3. Διάβρωση

Τα γεωθερμικά νερά προκαλούν την ταχεία διάβρωση των περισσότερων κραμάτων μετάλλων, αλλά αυτό δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα κατά τη χρήση τους εκτός από τις περιοχές όπου αντλούνται υψηλής θερμοκρασίας όξινα ύδατα (πολύ σπάνια), για παράδειγμα σε ενεργές ηφαιστειακές ζώνες. Το σύνηθες βαθύ γεωθερμικό νερό έχει σχεδόν ουδέτερο pH. Οι κυριότερες επιπτώσεις διάβρωσης μετάλλων που πρέπει να αποφεύγονται είναι η διάβρωση με στίγματα σουλφιδίου και χλωριδίου ορισμένων ανοξειδωτών και υψηλής αντοχής χαλύβων και η ταχεία διάβρωση των κραμάτων χαλκού. Το υδρόθειο, ή τα προϊόντα οξειδωσής του, προκαλεί επίσης την πιο ταχεία από την κανονική υποβάθμιση των οικοδομικών υλικών, π.χ. του σκυροδέματος, των πλαστικών, και των βαφών.

2.6.4. Ρύπανση

Από τις μη ηχομονωμένες γεωτρήσεις εκροής μπορεί να προκύψει υψηλό επίπεδο θορύβου (μέχρι 120 dB), ενώ οι εκτονώσεις των φρεάτων μπορεί να ψεκάσουν αλατούχα και πυριτιούχα ρευστά στα φυτά και τα κτίρια. Με την εφαρμογή ορθών πρακτικών μπορούν να μειωθούν οι επιδράσεις αυτές σε αποδεκτά επίπεδα. Οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, λόγω της χαμηλότερης αποδοτικότητάς τους, εκπέμπουν περισσότερους υδρατμούς ανά μονάδα ισχύος από τους σταθμούς με ορυκτά καύσιμα. Ο ατμός από τους σιγαστήρες των κεφαλών των φρεάτων και τους πύργους ψύξης των σταθμών μπορεί να προκαλέσει τοπικά μια αυξημένη τάση για σχηματισμό ομίχλης και χειμερινού πάγου.

Τα απόβλητα γεωθερμικά νερά που ελευθερώνονται σε υδάτινους διαύλους μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα θερμικής ρύπανσης, εκτός εάν αραιώνονται κατά 100:1 τουλάχιστο. Οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να έχουν τέσσερα κύρια ρεύματα αποβλήτων. Μεγάλοι όγκοι απορριπτόμενου ζεστού αλατούχου νερού παράγονται στα υδροθερμικά πεδία. Μη καθарός υδρατμός αναδύεται από τους πύργους ψύξης των σταθμών, οι οποίοι παράγουν επίσης μια ροή συμπυκνώματος που περιέχει ποικίλες συγκεντρώσεις αμμωνίας, σουλφιδίων, ανθρακικών αλάτων, και βορίου. Απόβλητα αέρια διαφεύγουν από τις εξόδους απαερίωσης των αντλιών.

Οι γεωθερμικοί ατμοί ποικίλουν ευρέως ως προς τα περιεχόμενα αέρια (συνήθως 0,1-5%), τα οποία είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, μεθάνιο και αμμωνία. Η απαγωγή του υδρόθειου μπορεί να προκαλέσει αντιδράσεις εάν δεν διασκορπίζεται επαρκώς, και σ' ένα μεγάλο γεωθερμικό σταθμό κοντά σε κοινότητες με χαμηλή ανοχή στις οσμές χρειάζεται μία μονάδα παγίδευσης του θείου (διεργασίας Stretford). Η επίπτωση της διασποράς των σουλφιδίων στα δέντρα και τα φυτά φαίνεται να είναι μικρή. Η χαμηλή συγκέντρωση ραδονίου στον ατμό (3-200 nanocuries/kg ή 0,1-7,4 kilobecquerels/kg), όταν διασκορπίζεται είναι απίθανο να έχει επιπτώσεις στην υγεία. Ο υδράργυρος των γεωθερμικών ρευστών (1-10 μg/kg) τελικά απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, αλλά οι δημιουργούμενες συγκεντρώσεις δεν είναι επικίνδυνες.

Η σύσταση των γεωθερμικών νερών ποικίλλει ευρέως. Στις πρόσφατες ηφαιστειακές περιοχές αυτά είναι συνήθως αραιά (< 0,5%) αλατούχα διαλύματα, αλλά τα νερά στις ιζηματογενείς λεκάνες ή τις ενεργές ηφαιστειακές περιοχές έχουν ιδιαίτερα μεγάλη συγκέντρωση σε άλμες. Σε σύγκριση με τα επιφανειακά, τα περισσότερα γεωθερμικά νερά περιέχουν υπερβολικές συγκεντρώσεις βορίου, φθοριδίων, αμμωνίας, πυριτίου, υδρόθειου και αρσενικού. Στα συνήθη αραιά γεωθερμικά νερά, οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων, π.χ. σιδήρου, μαγγανίου, μολύβδου, ψευδαργύρου, καδμίου και θαλλίου, σπάνια υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα για το πόσιμο νερό επίπεδα. Πάντως, οι συμπυκνωμένες άλμες μπορεί να περιέχουν ικανά επίπεδα βαρέων μετάλλων.

Λόγω της σύνθεσής τους, τα απόβλητα γεωθερμικά νερά ή συμπυκνώματα μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στις παροχές πόσιμου ή αρδευτικού νερού και την υδρόβια ζωή. Η αμμωνία μπορεί να αυξήσει την ανάπτυξη φυκιών στους υδάτινους διαύλους και να ευνοήσει τον ευτροφισμό τους, ενώ η εισχώρηση του βορίου στα αρδευτικά ύδατα μπορεί να έχει επιπτώσεις σε ευαίσθητα φυτά, όπως τα εσπεριδοειδή. Μικρές ποσότητες ιζήματος μεταλλικού σουλφιδίου, που περιέχουν αρσενικό, αντιμόνιο και υδράργυρο, μπορεί να συσσωρευτούν στα ιζήματα των ρυακιών και να προκαλέσουν ανεπιθύμητα υψηλές (πάνω από 0,5 ppm) συγκεντρώσεις υδραργύρου στα ψάρια.

2.6.5. Επανάγχυση

Το πρόβλημα της επιφανειακής διάθεσης μπορεί να αποφευχθεί με την επανάγχυση των απορριπτόμενων νερών ή συμπυκνωμάτων πίσω στα έγκατα μέσω φρεάτων απόρριψης. Η επανάγχυση του συμπυκνώματος ατμού εμφανίζει λίγα προβλήματα και εφαρμόζεται στην Ιταλία και τις ΗΠΑ. Μια πιο δύσκολη περίπτωση επανάγχυσης συνιστούν οι πολύ μεγαλύτεροι όγκοι του διαχωριζόμενου απόβλητου ζεστού νερού (περίπου 50 μετρικοί τόνοι ανά MW_e) στα πεδία υπερίσχυσης νερού.

Η απόθεση πυριτίου και ανθρακικών αλάτων μπορεί να προκαλέσει αποφράξεις στις σχισμές των πετρωμάτων, εάν δεν ικανοποιούνται οι κατάλληλες θερμοκρασιακές, χημικές και υδρολογικές συνθήκες στο βάθος απόρριψης. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να είναι απαραίτητη πριν την επανάγχυση η χημική επεξεργασία της άλμης. Η επιλεκτική επανάγχυση του νερού στο θερμικό σύστημα μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση των πιέσεων του υδροφόρου ορίζοντα και στην απόληψη περισσότερης θερμότητας από το πέτρωμα. Ένα επιτυχές σύστημα επανάγχυσης νερού λειτουργεί για αρκετά χρόνια στο Ahuachapan του Ελ Σαλβαδόρ.

Ηλιακή ενέργεια

2.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει ένα τεράστιο ποσό ενέργειας στη Γη. Το συνολικό ποσό ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο στην επιφάνεια της γης είναι ίσο με 10.000 φορές περίπου την ετήσια παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση. Κατά μέσο όρο, προσπίπτουν 1700 kWh σε κάθε τετραγωνικό μέτρο κάθε χρόνο. Το φως του ήλιου που φθάνει στην επιφάνεια της γης αποτελείται κυρίως από δύο συνιστώσες, συγκεκριμένα το άμεσο φως και το έμμεσο ή διάχυτο φως, το οποίο είναι το φως που έχει διασκορπιστεί από τα μόρια της σκόνης και του νερού στην ατμόσφαιρα.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες χρησιμοποιούν όχι μόνο την άμεση συνιστώσα του φωτός αλλά παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και με νεφροσκεπή ουρανό. Συνεπώς, αποτελεί παρεξήγηση ότι τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν μόνο με απόλυτη ηλιοφάνεια, οπότε δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε εύκρατα κλίματα. Αυτό δεν ισχύει, αφού τα Φ/Β χρησιμοποιούν τόσο τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία όσο και το άμεσο φως του ήλιου. Για να προσδιοριστεί το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής ενός Φ/Β σε μια συγκεκριμένη θέση, είναι σημαντικό να εκτιμηθεί η μέση συνολική ηλιακή ενέργεια που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια ενός έτους, αντί να γίνεται αναφορά στη στιγμιαία ακτινοβολία.

Μέσω των Φ/Β κυψελών, η ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Όταν το φως του ήλιου προσπίπτει σε μια κυψέλη παράγεται συνεχές ρεύμα (ΣΡ) και, θέτοντας ένα ηλεκτρικό φορτίο από την άλλη, το ρεύμα αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί. Πάντως, δεν μπορεί να μετατραπεί όλο το φως σε ηλεκτρισμό, καθώς οι Φ/Β κυψέλες χρησιμοποιούν κυρίως το ορατό φως. Μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας κείται στην υπέρυθη - ή θερμή - και την υπεριώδη ακτινοβολία, γεγονός που εξηγεί τις χαμηλές τιμές των θεωρητικών αποδοτικότητας μετατροπής (20-30%). Πρακτικές ατέλειες, π.χ. ανομοιογένειες, μπορούν να μειώσουν ακόμα περαιτέρω την απόδοση μιας Φ/Β κυψέλης.

Το ποσό της ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα Φ/Β στοιχείο σχετίζεται άμεσα με την ένταση της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει επάνω στην επιφάνεια μετατροπής. Έτσι, όσο μεγαλύτερος είναι ο διαθέσιμος ηλιακός πόρος, τόσο μεγαλύτερο είναι το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής. Για παράδειγμα, οι τροπικοί

προσφέρουν έναν καλύτερο πόρο για παραγωγή ηλεκτρισμού από αυτόν που είναι διαθέσιμος σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Εξάλλου, είναι προφανές ότι ένα Φ/Β σύστημα δεν παράγει ηλεκτρισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ είναι σημαντικό να μην σκιάζονται τα στοιχεία. Εάν απαιτείται ηλεκτρισμός πέρα από τις ώρες που υφίσταται το φως της ημέρας, ή εάν αναμένονται εκτεταμένες περιόδους κακοκαιρίας, είναι απαραίτητο κάποιο είδος συστήματος αποθήκευσης.

Προκειμένου να αποληφθεί όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ενέργεια, η Φ/Β κυψέλη πρέπει να προσανατολίζεται προς τον ήλιο. Εάν οι κυψέλες έχουν σταθερή θέση, πρέπει να βελτιστοποιηθεί ο προσανατολισμός τους ως προς το νότο και η γωνία κλίσης τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η βέλτιστη γωνία κλίσης κυμαίνεται σε ένα εύρος περίπου 15° του γεωγραφικού πλάτους της θέσης. Για παράδειγμα, η βέλτιστη γωνία κλίσης για τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα στη Δυτική Ευρώπη είναι περίπου 35° . Για περιοχές πλησιέστερα στον ισημερινό αυτή η γωνία κλίσης θα είναι μικρότερη, ενώ για περιοχές πλησιέστερα στους πόλους θα είναι μεγαλύτερη.

Μια απόκλιση της γωνίας κλίσης κατά 30 μοίρες από τη βέλτιστη γωνία θα οδηγήσει σε απώλειες μικρότερες από το 10% της μέγιστης παραγωγής. Τα Φ/Β στοιχεία είναι στην πραγματικότητα πιο αποδοτικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, οπότε για να εξασφαλιστεί ότι δεν υπερθερμαίνονται, είναι σημαντικό να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται στον αέρα να κινείται ελεύθερα γύρω από αυτά. Αυτό αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική θεώρηση σε τοποθεσίες που το μεσημέρι είθισται να εμφανίζονται εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες. Οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας ενός Φ/Β είναι οι σχετικά ψυχρές, φωτεινές και ηλιόλουστες ημέρες.

2.2 Ηλιακές κυψέλες

Οι ηλιακές κυψέλες είναι συσκευές που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια, είτε άμεσα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, είτε έμμεσα με αρχική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα ή χημική ενέργεια. Οι πιο κοινές μορφές των ηλιακών κυψελών βασίζονται στο φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο, κατά το οποίο το φως προσπίπτοντας σε μία ημιαγωγική διάταξη δύο στρωμάτων παράγει μία φωτο-τάση ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των στρωμάτων. Αυτή η τάση είναι ικανή να οδηγήσει ένα ρεύμα μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, παράγοντας με αυτόν τον τρόπο ωφέλιμο έργο.

2.2.1. Ιστορικό ανάπτυξης των ηλιακών κυψελών

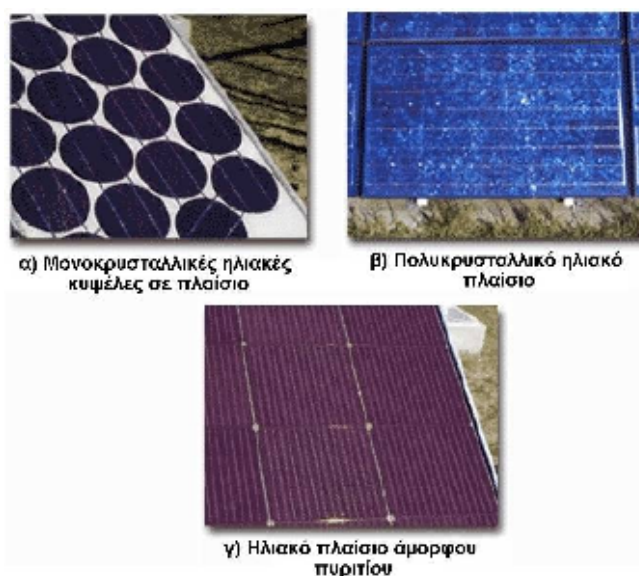
Αν και πρακτικά οι ηλιακές κυψέλες είναι διαθέσιμες μόνο από τα μέσα της δεκαετίας του '50, η επιστημονική έρευνα του φωτοβολταϊκού φαινομένου άρχισε το 1839, όταν ο Γάλλος επιστήμονας Henri Becquerel ανακάλυψε ότι θα μπορούσε να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα εστιάζοντας μια πηγή φωτός επάνω σε ορισμένα χημικά διαλύματα. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά σε ένα στερεό υλικό (σε αυτήν την περίπτωση το μεταλλικό σελήνιο) το 1877.

Το υλικό αυτό χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια στα φωτόμετρα, τα οποία όμως απαιτούσαν πολύ μικρά ποσά ισχύος. Προτού γίνει δυνατή η κατασκευή αποδοτικών ηλιακών κυψελών ήταν αναγκαία η βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών αρχών, η οποία οφείλεται στους Einstein (1905) και Schottky (1930). Το 1954, οι Chapin, Pearson και Fuller ανέπτυξαν μία ηλιακή κυψέλη πυριτίου που μετέτρεπε το 6% του προσπίπτοντος σε αυτό ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, και αυτό το είδος κυψέλης χρησιμοποιήθηκε από το 1958 σε εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως οι εν τροχιά διαστημικοί δορυφόροι.

Οι εμπορικά διαθέσιμες σήμερα ηλιακές κυψέλες πυριτίου μπορούν να μετατρέψουν σε ηλεκτρισμό το 18% περίπου του προσπίπτοντος σε αυτές ηλιακού φωτός, με κόστος κατά πολύ μικρότερο αυτού που είχαν πριν από τριάντα χρόνια. Τελευταία αναπτύχθηκε μια σειρά μεθόδων για την εφαρμοσμένη παραγωγή ηλιακών κυψελών πυριτίου (άμορφου, μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού), καθώς και κυψελών που κατασκευάζονται από άλλα υλικά με δυνατότητα εμπορικής εκμετάλλευσης, όπως είναι ο δισεληνιούχος ινδικός χαλκός (CuInSe_2), το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe), κλπ.

2.2.2. Μέθοδος παραγωγής ηλιακών κυψελών

Οι κυψέλες πυριτίου κατασκευάζονται με τη χρήση μονοκρυσταλλικών ή πολυκρυσταλλικών δισκίων ή λεπτών μεμβρανών. Τα μονοκρυσταλλικά δισκία κόβονται σε φέτες (πάχους περίπου 1/3 έως 1/2 mm) από μια μεγάλη μονοκρυσταλλική ράβδο που έχει θερμοανθεί περίπου σε 1400°C , η οποία είναι μια πολύ δαπανηρή διεργασία. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει μια σχεδόν τέλεια κρυσταλλική δομή (βλ. σχήμα 3.1.α). Τα πολυκρυσταλλικά δισκία κατασκευάζονται με μια διεργασία χύτευσης, κατά την οποία λειωμένο πυρίτιο χύνεται σε ένα καλούπι και αφήνεται να στερεοποιηθεί. Κατόπιν τεμαχίζεται σε δισκία (σχήμα 3.1.β).



Σχήμα 3.1. Ηλιακά πλαίσια

[Πηγή: <http://renewable.greenhouse.gov.au/technologies/pv/pv.html>]

Καθόσον τα πολυκρυσταλλικά δισκία κατασκευάζονται με χύτευση, η παραγωγή τους είναι αρκετά φθηνότερη, αλλά δεν είναι τόσο αποδοτικά όσο τα μονοκρυσταλλικά, λόγω ατελειών στην κρυσταλλική δομή που οφείλονται στη διεργασία της χύτευσης. Σχεδόν το ήμισυ του πυριτίου χάνεται ως σκόνη κοπής σ' αυτές τις δύο διεργασίες. Το άμορφο πυρίτιο, μία από τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης, παράγεται με την εναπόθεση πυριτίου από ένα αέριο αντιδραστήριο, όπως το σιλάνιο (SiH_4), επάνω σε ένα υπόστρωμα γυαλιού, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1..

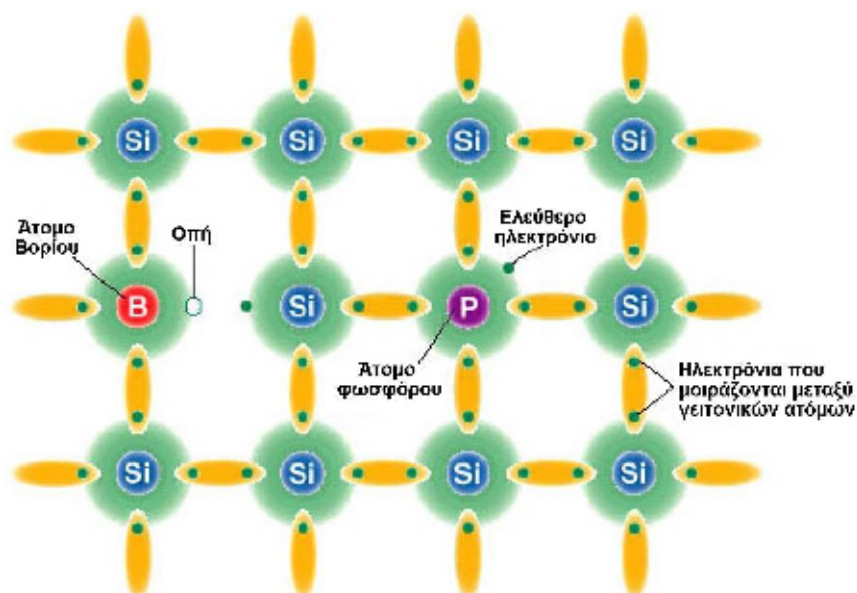
Ο τύπος ηλιακής κυψέλης υπό μορφή λεπτής μεμβράνης μπορεί να εφαρμοστεί ως μεμβράνη σε χαμηλού κόστους υποστρώματα, π.χ. γυαλί ή πλαστικό. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης περιλαμβάνουν το λεπτό πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, κυψέλες δισεληνιούχου ινδικού χαλκού / θειούχου καδμίου, τελλουριούχου καδμίου /

θειούχου καδμίου και αρσενιούχου γαλλίου. Οι κυψέλες αυτού του είδους διαθέτουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι η ευκολότερη απόθεση και συναρμολόγηση, η ικανότητα να εναποτίθενται επάνω σε φθηνά υποστρώματα ή υλικά οικοδομών, η ευκολία για μαζική παραγωγή, και η καταλληλότητά τους σε μεγάλες εφαρμογές.

Κατά την παραγωγή των ηλιακών κυψελών το πυρίτιο περιέχει άτομα πρόσμιξης τα οποία εισάγονται έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια περιοχή p-τύπου και μία n-τύπου, οπότε εμφανίζεται μια επαφή p-n. Η πρόσμιξη αυτή μπορεί να επιτευχθεί με διάχυση υπό υψηλή θερμοκρασία, κατά την οποία τα δισκία τοποθετούνται σε ένα φούρνο και το υλικό πρόσμιξης εισάγεται ως ατμός (υπάρχουν πολλές άλλες μέθοδοι πρόσμιξης του πυριτίου). Στην κατασκευή μερικών διατάξεων λεπτής μεμβράνης η εισαγωγή των προσμίξεων μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης των μεμβρανών ή των στρώσεων.

Ένα άτομο πυριτίου έχει 4 σχετικά αδύναμα δέσμια ηλεκτρόνια (σθένους), τα οποία συνδέονται με γειτονικά άτομα. Εάν αντικατασταθεί ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο που έχει 3 ή 5 ηλεκτρόνια σθένους, θα παραχθεί με τον τρόπο αυτό είτε ένας χώρος χωρίς κανένα ηλεκτρόνιο (μία σπή), είτε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο που μπορεί να κινείται πιο ελεύθερα από τα άλλα. Αυτό αποτελεί τη βάση της πρόσμιξης. Κατά τη πρόσμιξη p-τύπου η δημιουργία πλεοναζόντων σπών επιτυγχάνεται με ενσωμάτωση στο πυρίτιο ατόμων με 3 ηλεκτρόνια σθένους, συνήθως βορίου, ενώ στην πρόσμιξη n-τύπου η δημιουργία πρόσθετων ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση ενός ατόμου με 5 ηλεκτρόνια σθένους, συχνότερα φωσφόρου (σχήμα 3.2).

Από τη στιγμή που δημιουργείται μια επαφή p-n, κατασκευάζονται ηλεκτρικές επαφές στην εμπρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια της κυψέλης με εξάτμιση ή επιφανειακή εκτύπωση μετάλλου επάνω στο δισκίο. Το οπίσθιο μέρος αυτού μπορεί να καλυφθεί πλήρως από μέταλλο, αλλά το εμπρόσθιο πρέπει να έχει κάποια δομή πλέγματος ή λεπτές γραμμές μετάλλου, ειδάλλως το μέταλλο θα εμπόδιζε τον ήλιο να φθάσει στο πυρίτιο και δεν θα προέκυπτε οιαδήποτε παραγωγή από τα προσπίπτοντα φωτόνια.

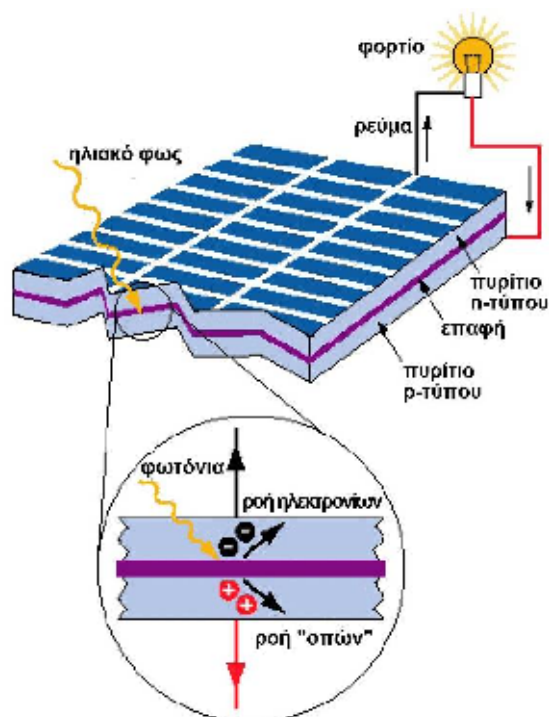


Σχήμα 3.2. Κρυσταλλικό πλέγμα πυριτίου με άτομα πρόσμιξης(2)

2.2.3. Λειτουργία των ηλιακών κυψελών

Για να γίνει αντιληπτή η λειτουργία μιας Φ/Β κυψέλης, πρέπει να κατανοηθεί η φύση τόσο του υλικού όσο και του ηλιακού φωτός. Οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από δύο τύπους υλικών, συνήθως πυρίτιο p-τύπου και n-τύπου. Σε συγκεκριμένα μήκη κύματος το φως είναι σε θέση να ιονίσει τα άτομα στο πυρίτιο, και το εσωτερικό πεδίο που παράγεται από την επαφή p-n διαχωρίζει μερικά από τα θετικά φορτία ("οπές") από τα αρνητικά φορτία (ηλεκτρόνια) μέσα στη φωτοβολταϊκή συσκευή.

Οι οπές παρασύρονται στο θετικό ή p-στρώμα και τα ηλεκτρόνια στο αρνητικό ή n-στρώμα. Παρότι τα αντίθετα φορτία έλκονται μεταξύ τους, τα περισσότερα από αυτά μπορούν να επανασυνδυαστούν μόνο εάν διέλθουν από ένα κύκλωμα έξωθεν του υλικού, εξαιτίας του εσωτερικού φράγματος δυναμικού. Έτσι, εάν κατασκευαστεί ένα κύκλωμα, όπως αυτό του σχήματος 3.3, είναι δυνατό να παραχθεί ηλεκτρική ισχύς από τις κυψέλες υπό φωτισμό, αφού τα ελεύθερα ηλεκτρόνια πρέπει να διέλθουν μέσω του φορτίου για τον επανασυνδυασμό τους με τις θετικές οπές.



Σχήμα 3.3. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε μια ηλιακή κυψέλη(2)

Η ποσότητα της διαθέσιμης ισχύος από μια Φ/Β συσκευή καθορίζεται από:

- τον τύπο και την επιφάνεια του υλικού,
- την ένταση του ηλιακού φωτός (έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία), και
- το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός.

Ο λόγος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από μια ηλιακή κυψέλη προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι γνωστός ως αποδοτικότητα της κυψέλης.

Οι ηλιακές κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου, για παράδειγμα, δεν μπορούν προς το παρόν να μετατρέψουν περισσότερο από 25% της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια, επειδή η ακτινοβολία στην υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος δεν διαθέτει αρκετή ενέργεια για να διαχωρίσει τα θετικά και αρνητικά φορτία στο υλικό. Οι ηλιακές κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδοτικότητα μικρότερη από

20% τη στιγμή αυτή, και οι κυψέλες άμορφου πυριτίου μόνο 10% περίπου, λόγω των μεγαλύτερων εσωτερικών απωλειών ενέργειας από αυτές του μονοκρυσταλλικού πυριτίου

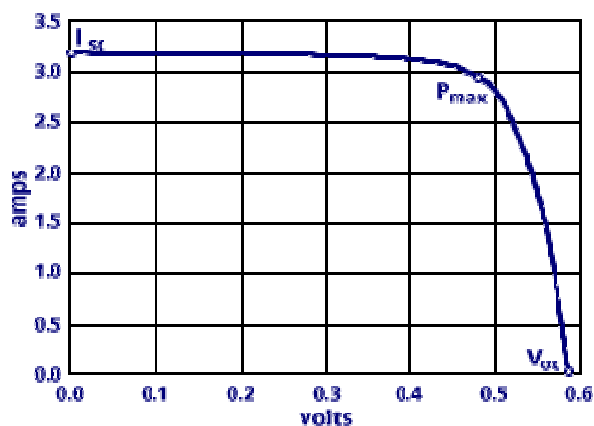
Για την ποσοτικοποίηση των επιδόσεων των ηλιακών κυψελών έχει διεξαχθεί πλήθος εργαστηριακών δοκιμών και έχουν καθιερωθεί κάποιες συνθήκες ως βιομηχανικά πρότυπα για τις δοκιμές, οι Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών (ΠΣΔ), συγκεκριμένα:

- Θερμοκρασία = 25°C,
- Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας = 1000 W/m²,
- Αέρια μάζα = AM 1,5.

Η αέρια μάζα αναφέρεται στο πάχος της ατμόσφαιρας το οποίο διαπερνά το ηλιακό φως και αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη των χαρακτηριστικών του διαθέσιμου φωτός, αφού οι ηλιακές κυψέλες αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Εάν ο ήλιος βρίσκεται κατ' ευθείαν από πάνω, η αέρια μάζα ισούται με 1.

Η ποσότητα του παραγόμενου ρεύματος εξαρτάται από την τάση, και η σχέση αυτή απεικονίζεται στην καμπύλη I-V της κυψέλης. Αυτή χρησιμοποιείται για να καθορισθεί η απόδοση της κυψέλης και για τη σύγκριση μεταξύ τους κυψελών υπό ορισμένες συνθήκες. Στο σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η καμπύλη I-V μίας κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου στις ΠΣΔ. Παρατηρείται ότι, αριστερά του γόνατος της καμπύλης το ρεύμα μεταβάλλεται ελάχιστα με μεγάλες μεταβολές της τάσης, ενώ στα δεξιά μεταβάλλεται σημαντικά με μικρές μεταβολές αυτής. Γι' αυτόν τον τύπο κυψέλης εν γένει ισχύουν:

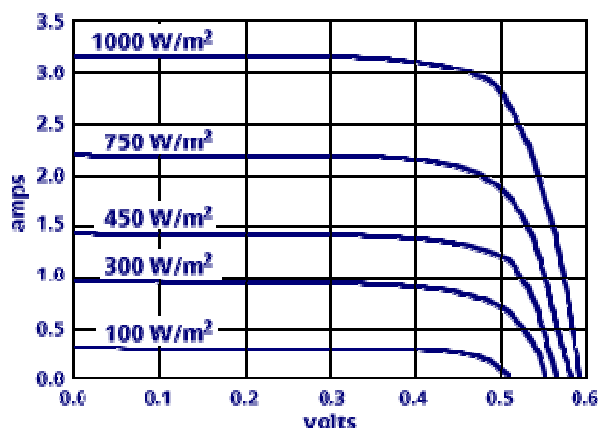
- I_{sc} (ρεύμα βραχυκυκλώματος) = 3,36 A,
- V_{oc} (τάση ανοιχτού κυκλώματος) = 0,6 V,
- P_{max} (σημείο μέγιστης ισχύος) = 1,5 W,
- I_{max} (ρεύμα στο P_{max}) = 3 A,
- V_{max} (τάση στο P_{max}) = 0,5 V.



Σχήμα 3.4. Η καμπύλη I-V μίας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου σε ΠΣΔ(2)

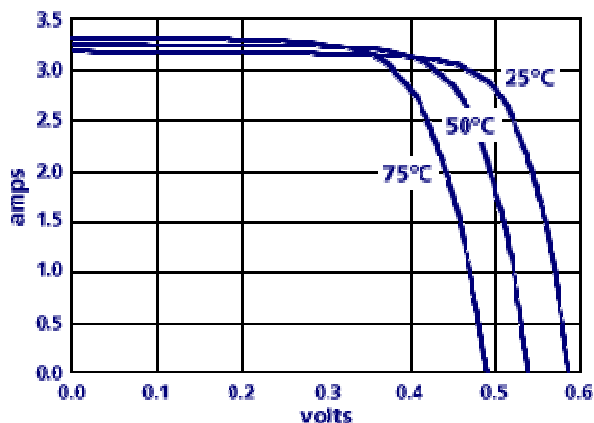
Η παραγόμενη ισχύς από την κυψέλη είναι σχεδόν ευθέως ανάλογη προς την ένταση του ηλιακού φωτός (για παράδειγμα, εάν υποδιπλασιαστεί η ένταση του ηλιακού φωτός θα υποδιπλασιαστεί και η παραγόμενη ισχύς). Ένα σημαντικό γνώρισμα των Φ/Β κυψελών είναι ότι η τάση της κυψέλης δεν εξαρτάται από το μέγεθός της, και παραμένει σχετικά σταθερή με τη μεταβολή της έντασης του φωτός. Εντούτοις, το

ρεύμα σε μια διάταξη είναι σχεδόν ευθέως ανάλογο προς την ένταση του φωτός και το μέγεθός της. Αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5. Παραγωγή ρεύματος και τάσης μιας ηλιακής κυψέλης υπό διαφορετικές εντάσεις φωτός(2)

Η παραγόμενη από μια ηλιακή κυψέλη ισχύς μπορεί να αυξηθεί αρκετά με τη χρήση ενός μηχανισμού παρακολούθησης της τροχιάς που να διατηρεί τη Φ/Β διάταξη απευθείας κάθετη προς τις ακτίνες του ήλιου, ή συγκεντρώνοντας το φως του ήλιου με τη βοήθεια φακών ή κατόπτρων. Εντούτοις, υπάρχουν όρια στη διαδικασία αυτή, λόγω της πολυπλοκότητας των μηχανισμών και της αναγκαίας ψύξης των κυψελών. Η παραγωγή ρεύματος είναι σχετικά σταθερή σε υψηλότερες θερμοκρασίες αλλά η τάση μειώνεται (κατά 0,0023 Volts περίπου για κάθε αύξηση ενός βαθμού Κελσίου), προκαλώντας έτσι τη μείωση της ισχύος με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το σχήμα 3.6 απεικονίζει τα χαρακτηριστικά μιας κυψέλης σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (οι άλλες συνθήκες παραμένουν ίδιες).



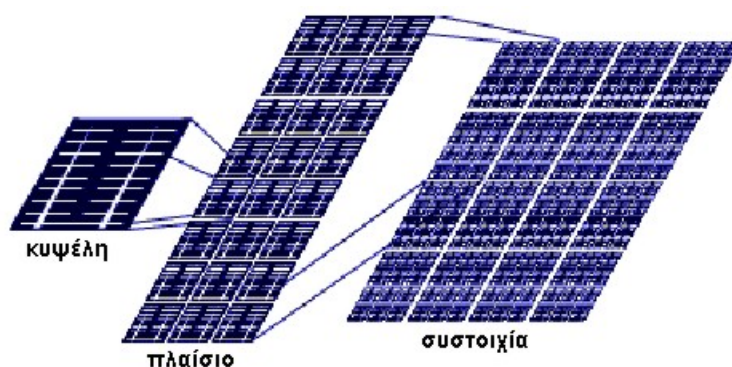
Σχήμα 3.6. Επίδραση της θερμοκρασίας στις καμπύλες I-V μιας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου(2)

2.3 Φ/β πλαίσια συστοιχίας

Ο όρος “συστοιχία” αναφέρεται συνήθως στις συνιστώσες που εξετάζονται σε αυτό το χώρο, συγκεκριμένα αφορά όλα τα πλαίσια ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, την καλωδίωση και τις διόδους τους, καθώς και τη βάση της συστοιχίας.

2.3.1. Συνιστώσες μιας Φ/Β συστοιχίας

Οι κυψέλες ομαδοποιούνται σε πλαίσια και τα πλαίσια συναθροίζονται για να διαμορφώσουν μια συστοιχία, όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.7. Ανάλογα με την εφαρμογή, η συστοιχία μπορεί να αποτελείται από μία κυψέλη, ένα πλαίσιο, ή πολλά πλαίσια.



Σχήμα 3.7. Συνιστώσες μιας Φ/Β συστοιχίας(2)

2.3.1.1. Η κυψέλη

Μια τυπική ηλιακή κυψέλη μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχει βαθύ μπλε χρώμα και ζυγίζει λιγότερο από 10 gr. Το μήκος και το πλάτος της είναι περίπου 10cm, ανάλογα με τον κατασκευαστή. Η μεμονωμένη κυψέλη παράγει, υπό βέλτιστες συνθήκες, κατά προσέγγιση 1,5 Watts στα 0,5 Volts. Από μόνο του αυτό δεν είναι πολύ χρήσιμο για τις περισσότερες ηλεκτρικές εφαρμογές. Προκειμένου να παραχθεί ωφέλιμη ισχύς, οι κυψέλες συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα, ενώ μερικές φορές κόβονται σε μικρότερα τεμάχια.

Η κοπή των κυψελών γίνεται για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος είναι για την αύξηση της τάσης. Εάν απαιτείται μόνο λίγο ρεύμα σε υψηλή τάση, τότε κόβοντας τις κυψέλες στη μέση και με την καλωδίωσή τους σε σειρά μπορεί να δημιουργηθεί ένα μικρό πλαίσιο. Κάθε κομμάτι θα παράγει την ίδια τάση με ολόκληρη την κυψέλη, αλλά με λιγότερο ρεύμα (για παράδειγμα, εάν μια κυψέλη κοπεί στη μέση, το κάθε ήμισυ θα παράγει περίπου 0,5 Volts και 1,5 Amps). Ο άλλος λόγος για την κοπή των κυψελών είναι για την αύξηση της πυκνότητας συσκευασίας τους.

Οι κυψέλες με εγκοπές δημιουργούν μη ωφέλιμη επιφάνεια στις γωνίες τους και αυτό μπορεί να αντιμετωπισθεί κόβοντας τις κυψέλες σε ορθογώνια παραλληλόγραμμα. Το ίδιο γίνεται μερικές φορές και σε εφαρμογές όπου είναι κρίσιμες οι επιδόσεις και ο χώρος περιορισμένος. Τα μειονεκτήματα της κοπής των κυψελών είναι ότι με αυτή τη διεργασία συχνά σπταλούνται τμήματα της κυψέλης, ενώ είναι ιδιαίτερα πιθανό ένα ποσοστό κυψελών να υποστεί βλάβη κατά την κοπή. Ο κατασκευαστής μπορεί να παρέχει δεδομένα για τις ακριβείς διαστάσεις και ανοχές συγκεκριμένων κυψελών του. Κατά τον υπολογισμό του συνολικού εμβαδού της κυψέλης είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ότι μερικές κυψέλες έχουν γωνίες με εγκοπές.

2.3.1.2. Συνδεσμολογία

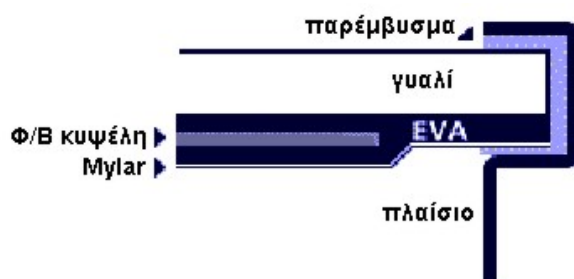
Οι κυψέλες συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους για να συστήσουν μια συνδεσμολογία, όπως συχνά ονομάζεται αυτή η διάταξη. Οι κυψέλες διασυνδέονται με συγκόλληση των ακροδεκτών τους από την κορυφή της μίας στη βάση της επόμενης. Αυτό γίνεται εν γένει εργοστασιακά με ειδικές μηχανές. Είναι σημαντικό να μην υφίστανται φθορές οι κυψέλες κατά τη διεργασία, να είναι ανθεκτικές οι συνδέσεις, και να διατηρείται το κατάλληλο διάστημα μεταξύ των κυψελών. Εάν οι κυψέλες ακουμπούν μεταξύ τους μπορεί να προκύψουν προβλήματα ηλεκτρικών βραχυκυκλωμάτων καθώς επίσης και προβλήματα σκίασης, ενώ αυξάνεται η πιθανότητα ραγίσματός τους. Τα υπερβολικά μεγάλα κενά μεταξύ των κυψελών σπαταλούν πολύτιμη επιφάνεια.

2.3.1.3. Πλαίσιο

Οι ηλιακές κυψέλες συνδέονται συνήθως σε σειρά, διαμορφώνοντας ένα σύνολο που ονομάζεται πλαίσιο. Το Φ/Β πλαίσιο εν γένει αποτελεί τη μικρότερη αυτοτελή μονάδα σε μια συστοιχία, καθώς είναι μία ομάδα κυψελών που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους και στη συνέχεια τοποθετηθεί σε ένα κέλυφος ως αυτόνομη μονάδα. Ο αριθμός των κυψελών ενός πλαισίου καθορίζεται συνήθως από τις ανάγκες τάσης του συστήματος και οι περισσότεροι κατασκευαστές παράγουν πλαίσια τα οποία διαστασιολογούνται σύμφωνα με τις τάσεις των χρησιμοποιούμενων μπαταριών. Ένα τυπικό πλαίσιο για φόρτιση μιας μπαταρίας 12 Volt έχει 33 έως 36 κυψέλες (πρέπει να παρέχει πάνω από 12 Volt για να φορτίσει τη μπαταρία). Σημειώνεται ότι η λέξη πλαίσιο μπορεί να αναφέρεται είτε σε ένα μόνο πλαίσιο είτε σε ένα σύνολο πλαισίων.

2.3.1.4. Ενθυλάκωση

Οι ηλιακές κυψέλες χρειάζονται προστασία και υποστήριξη. Για το λόγο αυτό σχεδόν πάντα τοποθετούνται σε κέλυφος, με κάποιο τρόπο που να τις προστατεύει και να τις μονώνει ηλεκτρικά. Στο σχήμα 3.8 παρουσιάζεται η εγκάρσια τομή ενός τυπικού πλαισίου που χρησιμοποιείται σε οικιακές ή απομονωμένες εφαρμογές, ή σε Φ/Β σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Τα περισσότερα πλαίσια ενθυλακώνονται σε κάποιο πολυμερές υλικό, όπως ο οξικός εστέρας αιθυλενίου-βινυλίου (EVA), το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται μεταξύ γυαλιού στην επάνω επιφάνεια και Mylar ή Tedlar στην κάτω. Οι ακμές σφραγίζονται με ένα στεγανωτικό παρέμβυσμα και υποστηρίζονται από ένα πλαίσιο. Έχουν γίνει επίσης κατασκευές από εύκαμπτα ελάσματα.



Σχήμα 3.8. Τομή ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πλαισίου(2)

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες που εξετάζονται κατά την επιλογή των υλικών για την ενθυλάκωση, με τη σημασία τους να εξαρτάται από την εφαρμογή. Τα πιο σημαντικά από τα χαρακτηριστικά της ενθυλάκωσης είναι τα εξής:

- **Ηλεκτρική ειδική αντίσταση**
Το υλικό πρέπει να είναι ηλεκτρικός μονωτής. Είναι σημαντικό να απομονωθεί η τάση της συστοιχίας και να προστατεύεται η συστοιχία από οιοσδήποτε εξωτερικές τάσεις.
- **Μετάδοση του φωτός**
Ιδανικά, η ενθουλάκωση δεν πρέπει να εμποδίζει το φως να προσεγγίσει τις κυψέλες.
- **Μετάδοση της θερμότητας**
Οι ηλιακές κυψέλες είναι αποδοτικότερες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι χρήσιμο να υπάρχει, εάν είναι δυνατό, ένα υλικό ενθουλάκωσης με υψηλή θερμική αγωγιμότητα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση της θερμότητας από τις κυψέλες.
- **Θερμική διαστολή**
Σε μερικές θέσεις η θερμοκρασία του πλαισίου είναι αρκετά χαμηλότερη του σημείου πήξης το χειμώνα και αρκετά επάνω από τους 40°C το καλοκαίρι. Είναι, επομένως, σημαντικό η ενθουλάκωση να μην συστέλλεται ή διαστέλλεται σημαντικά λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών.
- **Βάρος**
Για μερικές εφαρμογές, το βάρος αποτελεί έναν από τους παράγοντες επιλογής του υλικού ενθουλάκωσης.
- **Ανθεκτικότητα**
Πολλά πλαίσια τοποθετούνται σε εξωτερικό χώρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και υπόκεινται σε ανέμους, βροχές, ήλιο, χαλάζι, και χιόνια. Αυτά όμως αναμένεται να λειτουργήσουν για είκοσι τουλάχιστον έτη, οπότε το υλικό ενθουλάκωσης πρέπει να είναι ικανό να αντεπεξέλθει σε αυτές τις συνθήκες χωρίς σημαντικό βαθμό φθοράς.

2.3.1.5. Δίοδοι

Οι ηλιακές συστοιχίες μερικές φορές διαθέτουν διόδους φραγής και παράκαμψης. Αυτές είναι μικρές συσκευές που περιορίζουν την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος και αναλύονται περαιτέρω στο σχετικό με τη λειτουργία των συστοιχιών χωρίο.

2.3.1.6. Συστήματα έδρασης / παρακολούθησης

Μερικές συσκευές, όπως τα ηλιακά ρολόγια ή οι υπολογιστές χειρός, ενσωματώνουν την ηλιακή κυψέλη στην ίδια τη συσκευή. Με τις πρόσφατες εξελίξεις στα υλικά των ηλιακών κυψελών, αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως υλικά κατασκευής της στέγης των κτιρίων. Εντούτοις, οι περισσότερες εφαρμογές των Φ/Β χρειάζονται κάποια βάση για την υποστήριξη και τοποθέτησή τους. Οι βάσεις αυτές μπορεί να είναι από απλές κατασκευές για τη συγκράτηση ενός πλαισίου σε μια στέγη (πιθανώς με μόνιμη κλίση υπό κάποια γωνία), μέχρι σύνθετες διατάξεις παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου σε δύο άξονες. Η πολυπλοκότητα της βάσης στήριξης καθορίζεται από τις ανάγκες του συστήματος και το διαθέσιμο κεφάλαιο. Περαιτέρω πληροφορίες παρατίθενται στο χωρίο για τη λειτουργία των συστοιχιών.

2.3.2. Λειτουργία των Φ/Β συστοιχιών

Γενικά, ένα Φ/Β πλαίσιο ή μια συστοιχία επηρεάζεται από το περιβάλλον με τον ίδιο τρόπο που επηρεάζεται και μία Φ/Β κυψέλη. Η τάση μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία και το ρεύμα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η έκθεση στις ηλιακές ακτίνες.

2.3.2.1. Σύνδεση εν σειρά

Όταν ηλιακές κυψέλες (ή πλαίσια) συνδέονται εν σειρά, μπορεί να γίνει μια εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος της συνδεσμολογίας με τις μεθόδους που περιγράφονται στη συνέχεια. Αυτό προϋποθέτει ότι οι συνθήκες λειτουργίας για τις κυψέλες είναι οι ίδιες και ότι οι κυψέλες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά I-V.

▪ Ρεύμα

Το ρεύμα σε μία εν σειρά συνδεσμολογία κυψελών είναι το ίδιο σε κάθε σημείο της συνδεσμολογίας, ίδιο με αυτό που παράγεται από μία κυψέλη. Εάν μία κυψέλη με χαρακτηριστικά χαμηλού ρεύματος συνδεθεί σε μια συνδεσμολογία με άλλες κυψέλες που έχουν χαρακτηριστικά υψηλότερου ρεύματος, η συνδεσμολογία θα περιοριστεί στο ρεύμα της κυψέλης χαμηλού ρεύματος.

$$I_{\text{σειράς}} = (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \quad (3.1)$$

▪ Τάση

Η τάση σε μία συνδεσμολογία κυψελών είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων κάθε κυψέλης. Υποθέτοντας όμοιες κυψέλες, η τάση μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$V_{\text{σειράς}} = (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \quad (3.2)$$

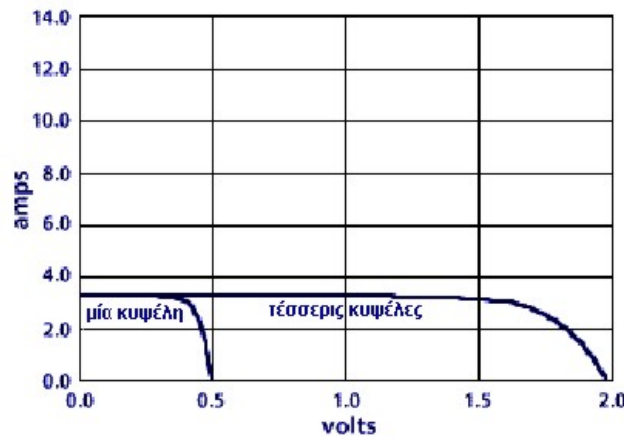
▪ Ισχύς

Η παραγόμενη ισχύς από μία συνδεσμολογία κυψελών ισούται με το ρεύμα της συνδεσμολογίας - σχέση (3.1) - πολλαπλασιαζόμενο με την τάση της σχέσης (3.2):

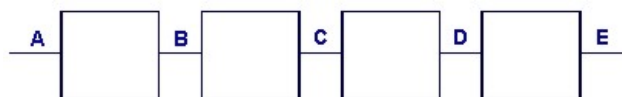
$$P_{\text{σειράς}} = I_{\text{σειράς}} \times V_{\text{σειράς}} \Rightarrow$$

$$P_{\text{σειράς}} = (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \times (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \quad (3.3)$$

Σημειώνεται ότι, μπορεί οι μεμονωμένες κυψέλες να λειτουργούν σε διαφορετικές τάσεις, αλλά κάθε μία κυψέλη θα λειτουργεί με το ίδιο ρεύμα όπως και οι άλλες στη συνδεσμολογία. Το σχήμα 3.9 παρουσιάζει το πώς συνδυάζονται τα χαρακτηριστικά I-V των μεμονωμένων κυψελών για να διαμορφώσουν την καμπύλη I-V της εν σειρά συνδεσμολογίας. Στο σχήμα 3.10 παρουσιάζεται μία εν σειρά συνδεσμολογία από τέσσερις κυψέλες και τα χαρακτηριστικά τάσης και ρεύματος αυτών.



Σχήμα 3.9. Τυπικές καμπύλες I-V για μία και τέσσερις κυψέλες συνδεδεμένες εν σειρά(2)



τάση μεταξύ A και B = 0.5 volts

A και C = 1.0 volts

A και D = 1.5 volts

A και E = 2.0 volts

ρεύμα στο A = B = C = D = E = 3.0 amps

Σχήμα 3.10. Τέσσερις ηλιακές κυψέλες συνδεδεμένες εν σειρά(2)

2.3.2.2. Σύνδεση παράλληλα

Εάν οι κυψέλες (ή τα πλαίσια) συνδεθούν παράλληλα, μπορεί να γίνει μία εκτίμηση του ρεύματος, της τάσης και της ισχύος τους με τις μεθόδους που περιγράφονται στη συνέχεια, υποθέτοντας και πάλι ότι οι συνθήκες λειτουργίας είναι οι ίδιες και ότι οι κυψέλες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά I-V.

▪ Ρεύμα

Το παραγόμενο ρεύμα από μια ομάδα κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα ισούται με το άθροισμα των μεμονωμένων ρευμάτων κάθε κυψέλης. Υποθέτοντας παρόμοιες κυψέλες, το ρεύμα μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$I_{\text{παράλληλα}} = (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \quad (3.4)$$

▪ Τάση

Η τάση μεταξύ δύο κόμβων μιας ομάδας κυψελών συνδεδεμένων εν παραλλήλω είναι ίση με την τάση κάθε κυψέλης:

$$V_{\text{παράλληλα}} = (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \quad (3.5)$$

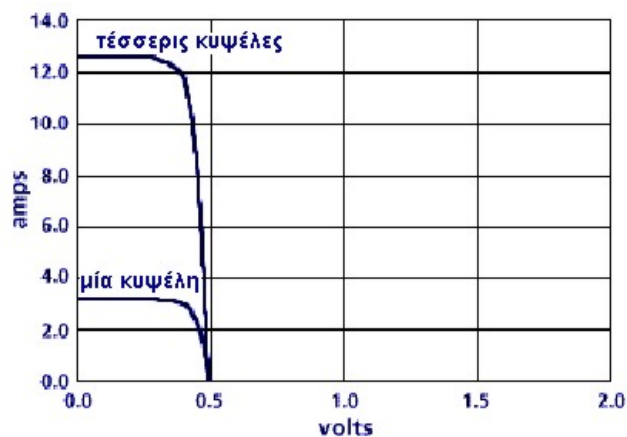
▪ Ισχύς

Η παραγόμενη ισχύς από κυψέλες εν παραλλήλω είναι ίση με το παράλληλο ρεύμα - εξίσωση (3.4) - πολλαπλασιασμένο με την παράλληλη τάση της εξίσωσης (3.5):

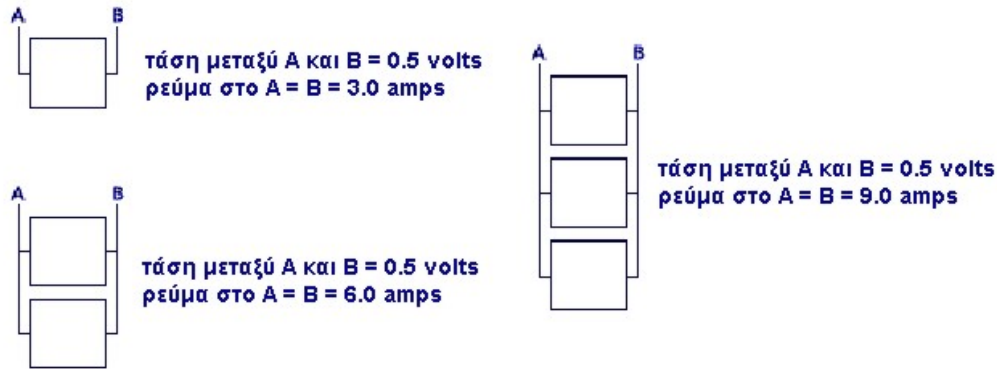
$$P_{\text{παράλληλα}} = I_{\text{παράλληλα}} \times V_{\text{παράλληλα}} \Rightarrow$$

$$P_{\text{παράλληλα}} = (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \times (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \quad (3.6)$$

Σημειώνεται ότι, όταν μια ομάδα κυψελών συνδέεται παράλληλα, οι μεμονωμένες κυψέλες μπορεί να παράγουν διαφορετικά ρεύματα, αλλά κάθε κυψέλη θα λειτουργεί στην ίδια τάση. Στο παρακάτω σχήμα 3.11 παρουσιάζεται το πώς συνδυάζονται τα χαρακτηριστικά I-V των μεμονωμένων κυψελών για να διαμορφώσουν την καμπύλη I-V της ομάδας των κυψελών εν παραλλήλω. Στο σχήμα 3.12 απεικονίζονται ομάδες κυψελών εν παραλλήλω και τα χαρακτηριστικά τάσης και ρεύματος αυτών.



Σχήμα 3.11. Καμπύλες I-V για μία και τέσσερις κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα



Σχήμα 3.12. Μία, δύο, και τρεις κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα

2.3.2.3. Δίοδοι

- *Δίοδοι παράκαμψης*

Οι δίοδοι παράκαμψης χρησιμοποιούνται για την προστασία των συνδεσμολογιών εν σειρά των κυψελών. Εν γένει, ένα πλαίσιο προσφέρεται από τον κατασκευαστή με ενσωματωμένη μια δίοδο παράκαμψης, η οποία συνδέεται παράλληλα με ολόκληρο το πλαίσιο. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, η δίοδος δεν κάνει τίποτα εκτός από το να καταναλώνει μία ελάχιστη ποσότητα ισχύος. Εάν σκιαστεί ή υποστεί βλάβη μέρος του πλαισίου, η δίοδος παράκαμψης εκτρέπει το ρεύμα μέσω αυτής και γύρω από το πλαίσιο. Χωρίς τη δίοδο, το πλαίσιο που σκιάζεται ή έχει υποστεί βλάβη διαχέει το ρεύμα υπό μορφή θερμότητας και τελικά καταστρέφεται.

- *Δίοδοι φραγής*

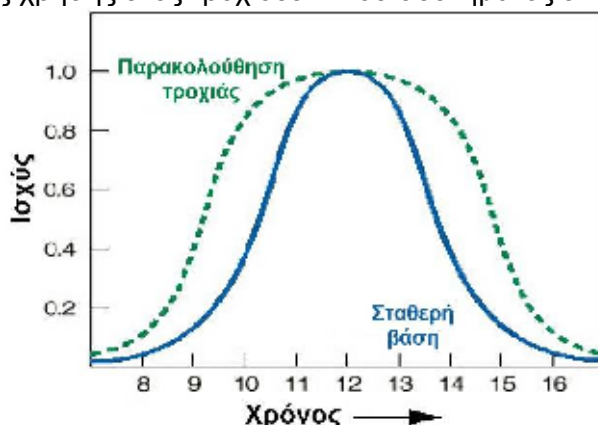
Οι δίοδοι φραγής εγκαθίστανται για να αποτρέψουν την αντιστροφή της ροής του ρεύματος προς τα πλαίσια. Μια δίοδος φραγής συνδέεται συνήθως εν σειρά μεταξύ της συστοιχίας και των μπαταριών. Αντ' αυτού, εάν ένας αριθμός συνδεσμολογιών συνδέονται εν σειρά, οι δίοδοι φραγής μπορούν να συνδεθούν εν σειρά με κάθε μία συνδεσμολογία. Ενίοτε ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στα Φ/Β συστήματα για τη ρύθμιση της ισχύος εξαλείφει την ανάγκη προσθήκης μιας διόδου φραγής.

2.3.2.4. Παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου

Ένα πλαίσιο το οποίο φέρεται κάθετα στις ακτίνες του ήλιου λαμβάνει περισσότερο φως από ένα άλλο που δεν είναι προσανατολισμένο προς τον ήλιο. Η πορεία του ήλιου στον ουρανό αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με την ημέρα του έτους. Αυτό σημαίνει ότι, για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας, πρέπει να είναι σε θέση να περιστραφεί για να ακολουθήσει την τροχιά του ήλιου. Τα σταθερά πλαίσια τοποθετούνται ώστε να αντικρίζουν τον ισημερινό υπό μια ορισμένη γωνία και δεν κινούνται. Αν και τα πλαίσια αυτά δεν μπορούν να παράγουν τόση ισχύ όσο τα πλαίσια με παρακολούθηση της τροχιάς, έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πιο οικονομικά και συντηρούνται ευκολότερα. Η πλειοψηφία των πλαισίων είναι σταθερά.

Σε μερικές περιπτώσεις, τα σταθερά πλαίσια ρυθμίζονται χειροκίνητα. Αυτό μπορεί να γίνει μερικές φορές το χρόνο ώστε να ληφθούν υπόψη οι εποχιακές αλλαγές της πορείας του ήλιου ή, ενίοτε, μερικές φορές την ημέρα. Με τη χειροκίνητη ρύθμιση των πλαισίων μπορεί να αποληφθεί ένα σημαντικό μέρος του φωτός που θα συλλεγόταν μέσω ενός συστήματος παρακολούθησης. Τα συστήματα αυτά μπορούν σχεδόν να διπλασιάσουν την παραγωγή μιας συστοιχίας (σχήμα 3.13), ενίοτε όμως απαιτείται

προσεκτική ανάλυση για να προσδιοριστεί εάν το αυξημένο κόστος και η μηχανική πολυπλοκότητα της χρήσης ενός τροchioδεικτικού συστήματος είναι συμφέρουσα.



Σχήμα 3.13. Παραγόμενη ισχύς από μία συστοιχία με και χωρίς σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου

Στην παρακολούθηση τροχιάς μονού άξονα τα πλαίσια κινούνται κατά μήκος ενός άξονα για να ακολουθούν την πορεία του ήλιου (σχ. 3.14 - αριστερά). Σχεδόν πάντα ακολουθείται η μεταβαλλόμενη ανύψωση του ήλιου στον ουρανό, αντί της κίνησής του από ανατολή προς δύση. Στην παρακολούθηση τροχιάς διπλού άξονα (σχ. 3.14 - δεξιά) τα πλαίσια κινούνται κατά μήκος δύο αξόνων. Μερικές συστοιχίες, όπως αυτές με συγκεντρωτικές κυψέλες, απαιτούν παρακολούθηση της τροχιάς σε δύο άξονες, επειδή οι κυψέλες χρησιμοποιούν μόνο την άμεση ακτινοβολία και η απόδοσή τους μειώνεται σημαντικά εάν δεν είναι ακριβώς κάθετες στις ακτίνες του ήλιου.



Σχήμα 3.14. Παρακολούθηση τροχιάς μονού άξονα (αριστερά) και συγκεντρωτικές κυψέλες με παρακολούθηση τροχιάς διπλού άξονα (δεξιά)
[Πηγή: <http://aurora.crest.org/pv/array/components/index.htm>]

2.4 Ενεργειακά ηλιακά συστήματα- Ηλιακός Θερμοσίφωνας

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα που ζεσταίνει νερό χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως για παράδειγμα στις χώρες της Μεσογείου και στην Ελλάδα.

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η απλούστερη και η γνωστότερη ηλιακή συσκευή. Κατά την λειτουργία του γίνεται εκμετάλλευση δυο φυσικών φαινομένων. Με την αρχή

του θερμοσίφωνου επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του νερού με φυσικό τρόπο χωρίς μηχανικά μέρη (αντλίες κλπ.) ενώ η θέρμανση του νερού γίνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στους συλλέκτες του.

2.4.1 Αρχή Λειτουργίας

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας κατά την λειτουργία του εκμεταλλεύεται το φυσικό φαινόμενο της ροής των ρευστών λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (διαφοράς πυκνότητας), γνωστό και σαν αρχή του θερμοσίφωνου. Έτσι πετυχαίνετε με φυσικό τρόπο χωρίς κυκλοφορητή (αντλία) συνεχής ροή του θερμαινόμενου μέσου, από το θερμότερο σημείο (ηλιακοί συλλέκτες) προς το ψυχρότερο (δεξαμενή νερού), μέχρις ότου τα δύο σημεία να αποκτήσουν παρόμοιες θερμοκρασίες. Για να είναι αυτό δυνατό πρέπει το ψυχρότερο σημείο να είναι ψηλότερα από το θερμότερο σημείο και για τον λόγο αυτό σε όλους τους ηλιακούς θερμοσίφωνες η δεξαμενή αποθήκευσης είναι πάντα ψηλότερα από τους ηλιακούς συλλέκτες.

Η συνολική απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα εξαρτάται κι απ' τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη νεφοκάλυψη και την αποτελεσματικότητα της θερμικής μόνωσης του συστήματος.

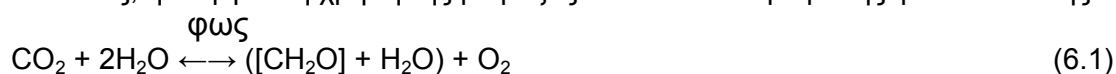
Ενέργεια Βιομάζας

2.1. Ορολογία

"Βιομάζα" είναι ένας επιστημονικός όρος για τη ζώσα ύλη, ειδικότερα κάθε οργανική ύλη που προέρχεται από τα φυτά ως αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής διεργασίας. Ο όρος βιομάζα επίσης χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα προϊόντα που προέρχονται από ζώντες οργανισμούς – ξύλο από τα δένδρα, φυτά συγκομιδής, μέρη φυτών και γεωργικά υπολείμματα, π.χ. κλαδιά, μίσχοι και φύλλα, καθώς και τα υδρόβια φυτά και τα ζωικά απόβλητα. Από την άποψη αυτή, τα ορυκτά καύσιμα, π.χ. ο άνθρακας και το πετρέλαιο, είναι στην πραγματικότητα απολιθωμένη βιομάζα.

Αν και η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως ως τροφή, χαρτί, ξυλεία και χημικά, τόσο αυτή όσο και τα υποπροϊόντα της μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πηγές για την κάλυψη πολλών ενεργειακών αναγκών. Η "βιοενέργεια", δηλ. η ενέργεια από βιομάζα, είναι αποθηκευμένη χημική ενέργεια και περιλαμβάνει κάθε στερεό, υγρό ή αέριο καύσιμο, οιαδήποτε ποσότητα ηλεκτρισμού ή ωφέλιμο χημικό παράγωγο που προέρχονται από οργανική ουσία, είτε άμεσα από τα φυτά είτε έμμεσα από φυτικής προέλευσης βιομηχανικά, εμπορικά ή αστικά απόβλητα, ή από γεωργικά και δασικά υπολείμματα. Έτσι, η βιοενέργεια μπορεί να προέρχεται από ένα μεγάλο εύρος πρώτων υλών και να παράγεται με ποικίλους τρόπους.

Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας φυτικής προέλευσης αρχικά προκύπτει από την ηλιακή ενέργεια μέσω μιας διεργασίας γνωστής ως φωτοσύνθεση [σχέση (6.1)]. Στη φύση, όλη η βιομάζα αποσυντίθεται στα στοιχειώδη μόριά της με απελευθέρωση θερμότητας. Κατά τις διεργασίες μετατροπής (π.χ. καύση), η βιομάζα απελευθερώνει την ενέργειά της, συχνά υπό μορφή θερμότητας, και ο άνθρακας επανοξειδώνεται σε CO₂ ώστε να αντικατασταθεί αυτό που απορροφήθηκε όσο αναπτυσσόταν το φυτό. Συνεπώς, η ενεργειακή χρήση της βιομάζας είναι το αντίστροφο της φωτοσύνθεσης.



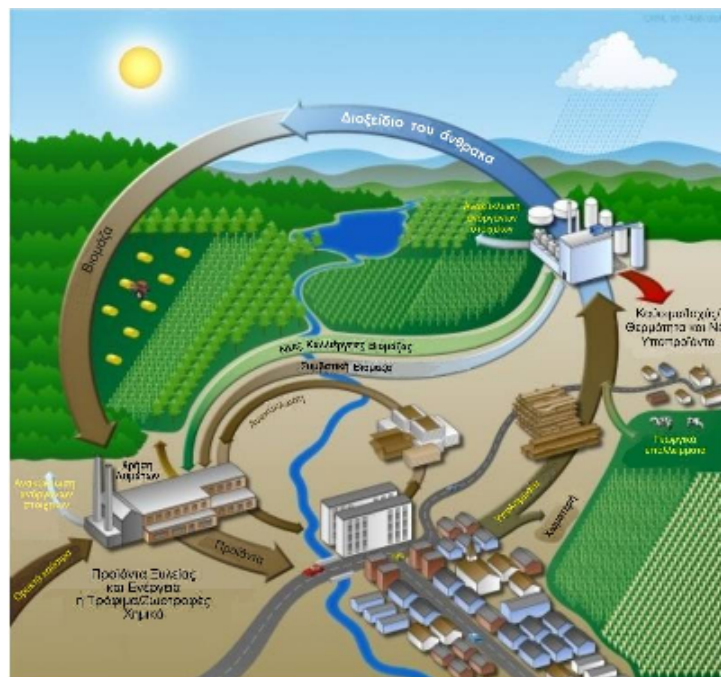
Θερμότητα

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Σημειώνεται ότι, σε ορισμένες χώρες (κυρίως στις ΗΠΑ), τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) δεν θεωρούνται ως βιομάζα, παρότι είθισται να καίγονται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, αν και το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των ΑΣΑ προέρχεται από φυτικές ουσίες και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία ενεργειακών συστημάτων ειδικής κατασκευής, τα ΑΣΑ περιέχουν επίσης έναν αριθμό πιθανά τοξικών υλικών, όπως κατεργασμένα με κρεόζωτο ξύλα, μπαταρίες που περιέχουν υδράργυρο, και άλλα βλαβερά προϊόντα.

Συνεπώς, στα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής ΑΣΑ πρέπει να αφαιρούνται τα υλικά αυτά από τις πρώτες ύλες πριν την καύση τους, ή να φιλτράρονται πολύ προσεκτικά τα καυσαέρια για την αποφυγή τοξικών εκπομπών. Η συνήθης βιομάζα δεν περιέχει τοξικά χημικά και, όταν χρησιμοποιείται σε σύγχρονα συστήματα ισχύος, παράγει λιγότερες εκπομπές από τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στα επόμενα χρησιμοποιείται ο όρος «απόβλητα» σε αντίθεση με την «αγνή» βιομάζα.

2.2. Ενεργειακός κύκλος της βιομάζας



Σχήμα 2.1. Σχηματική αναπαράσταση του ενεργειακού κύκλου της βιομάζας [Πηγή: BIN]

Η βιοενέργεια παράγεται σε κύκλο. Η αέναη χρήση των φυσικών ενεργειακών ροών μιμείται τους οικολογικούς κύκλους της Γης και ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στον αέρα, τους ποταμούς και τους ωκεανούς. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για τη δημιουργία της προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σ' αυτήν. Οι θρεπτικές ουσίες για τη δημιουργία της λαμβάνονται από το έδαφος και στη συνέχεια επιστρέφουν σ' αυτό. Τα υπολείμματα ενός σταδίου του κύκλου συνιστούν τις εισροές του επόμενου σταδίου, όπως φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 2.1.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία ανάπτυξης των φυτών (φωτοσύνθεση) και μετατρέπεται σε φυτική βιομάζα (δένδρα, χορτάρια, άλλες καλλιέργειες). Η βιομάζα συγκομιδής, μαζί με τα δασικά και γεωργικά υπολείμματα, μπορεί να μετατραπεί σε δομικά υλικά, χαρτί, καύσιμα, τρόφιμα, ζωοτροφή και άλλα προϊόντα, όπως χημικά φυτικής προέλευσης (κεριά, καθαριστικά, κλπ.). Μερικές καλλιέργειες μπορεί να φύονται για οικολογικούς σκοπούς, π.χ. για φιλτράρισμα των γεωργικών απορροών, σταθεροποίηση του εδάφους, δημιουργία καταφυγίων για τα ζώα, καθώς και για παραγωγή βιοενέργειας.

Η μονάδα επεξεργασίας στερεής βιομάζας (εργοστάσιο κάτω αριστερά) μπορεί να παράγει θερμότητα διεργασιών και ηλεκτρισμό. Τα οργανικά υποπροϊόντα και οι ανόργανες ουσίες από αυτήν μπορεί να επιστρέφονται στο έδαφος, ανακυκλώνοντας έτσι κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των φυτών, π.χ. κάλιο και φώσφορο. Επιλεγμένα αστικά απορρίμματα μπορούν να συνδυαστούν με δασικά και γεωργικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και καλλιέργειες βιομάζας για την τροφοδοσία μιας διαφορετικού τύπου κατεργασίας της βιομάζας. Η νέα αυτή μονάδα (βιοδιυλιστήριο - εργοστάσιο πάνω δεξιά) θα μπορούσε να παράγει ένα φάσμα προϊόντων, όπως καύσιμα, χημικά, νέα βιολογικά υλικά, και ηλεκτρισμό.

Ένα σημαντικό συμπαραγόμενο μερικών διεργασιών θα μπορούσαν να είναι οι ζωοτροφές. Αυτές οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας της βιομάζας θα εφάρμοζαν αποδοτικές μεθόδους ελαχιστοποίησης των αποβλήτων και θα ανακύκλωναν τις θρεπτικές ουσίες και τα οργανικά υλικά στο έδαφος, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό το κλείσιμο του κύκλου. Η πόλη στο κάτω μέρος του σχήματος αντιπροσωπεύει όλα τα προϊόντα της βιομάζας (τροφή, υλικά και ενέργεια) που χρησιμοποιούνται από τον ανθρώπινο πληθυσμό. Τα υπολείμματα από την πόλη (χαρτιά και ξυλεία, αστικά απορρίμματα, βοθρολύματα, κλπ.) υπόκεινται σε ανάκτηση υλικών και ενέργειας, και μερικά μπορούν να ανακυκλωθούν απευθείας σε νέα προϊόντα.

Καθ' όλο τον κύκλο, από τη βιομάζα απελευθερώνεται CO₂ πίσω στην ατμόσφαιρα – από τις μονάδες επεξεργασίας και από τις αστικές και αγροτικές κοινότητες – με λίγη ή καμία καθαρή προσθήκη άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Με τη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης των ενεργειακών καλλιεργειών ώστε να προστίθεται χούμος στο έδαφος, μπορεί να συμβεί μέχρι και κάποια καθαρή δέσμευση ή μακροπρόθεσμη καθήλωση του CO₂ στην ενόργανη ύλη του εδάφους. Η ενέργεια που τροφοδοτεί τον κύκλο και προνοεί για το ανθρώπινο γένος προέρχεται από τον ήλιο, και θα συνεχίσει τη δράση της αυτή για πολλές γενεές με σταθερό κόστος και χωρίς τον κίνδυνο εξάντλησής της.

2.3. Ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα (βιο-ισχύς)

Από πολλές απόψεις ο ηλεκτρισμός από βιομάζα είναι διαφορετικός από τις άλλες ΑΠΕ στο ότι η αρχική ενεργειακή πηγή περιλαμβάνει ένα πλήθος πρώτων υλών με ποικίλες ιδιότητες. Για την παραγωγή ισχύος από βιομάζα πρέπει να συνεργάζονται

δύο εντελώς διαφορετικού χαρακτήρα συστήματα, δηλαδή ένα σύστημα τροφοδοσίας που παράγει, συλλέγει και παραδίδει το καύσιμο, και ένας σταθμός που παράγει (και διαθέτει) τον ηλεκτρισμό.

Η χρήση της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία. Στις ΗΠΑ, η παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα αυξανόταν κατά 7% κάθε χρόνο μεταξύ του 1990 και 1994, φθάνοντας τις 59.000 GWh το 1994. Μια τέτοια εξέλιξη θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια βιομηχανία δυναμικότητας περίπου 30 GW, που θα παράγει 150.000 έως 200.000 GWh ηλεκτρισμού το 2020. Η ενέργεια από βιομάζα στην Ευρώπη σήμερα αντιστοιχεί στο 2% περίπου της συνολικής κατανάλωσης, και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προβλέπει ότι αυτή η τιμή θα φθάσει το 15% μέχρι το 2010.

Αντίθετα με τα άλλα συστήματα ΑΠΕ που απαιτούν ακριβές εξελιγμένες τεχνολογίες (όπως είναι τα φωτοβολταϊκά ηλιακά), η βιομάζα μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό με εξοπλισμό και σταθμούς ίδιου τύπου με αυτούς που τώρα λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα. Πολλές καινοτομίες στην ηλεκτροπαραγωγή με ορυκτά καύσιμα μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στη χρήση των καυσίμων από βιομάζα. Πάντως, εξαιτίας διάφορων παραγόντων που αναλύονται στη συνέχεια, η ανάπτυξη αυτής της ΑΠΕ δεν είναι η επιθυμητή.

Οι περισσότεροι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με βιομάζα που λειτουργούν σήμερα χαρακτηρίζονται από χαμηλές αποδοτικότητες του λέβητα και του θερμικού σταθμού, λόγω των ιδιοτήτων των καυσίμων αλλά και του μικρού μεγέθους των περισσότερων εγκαταστάσεων, ενώ είναι δαπανηρή και η κατασκευή τους. Για την κατασκευή των καλύτερων από τις μονάδες αυτές σήμερα απαιτούνται περίπου \$2.000 ανά εγκατεστημένο kW, με θερμική αποδοτικότητα περίπου 40%, ενώ οι μεγάλοι σταθμοί άνθρακα κοστίζουν περίπου \$1.500 ανά kW, με θερμική αποδοτικότητα 45%. Έτσι, η κύρια πρόκληση στη χρήση της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή είναι η ανάπτυξη πιο αποδοτικών και φθηνότερων συστημάτων.

Τα εξελιγμένα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα απαιτούν αναβάθμιση καυσίμου, βελτίωση της καύσης και του κύκλου, και καλύτερη επεξεργασία των καυσαερίων. Οι μελλοντικές τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής με βάση τη βιομάζα πρέπει να παρέχουν ανώτερη περιβαλλοντική προστασία με χαμηλότερο κόστος, συνδυάζοντας τις εξελιγμένες διαδικασίες προετοιμασίας, μετατροπής και καύσης της βιομάζας με τον καθαρισμό των καυσαερίων. Στα συστήματα αυτού του είδους περιλαμβάνονται η καύση ρευστοποιημένης κλίνης, η ενσωματωμένη αεριοποίηση της βιομάζας και οι αεριοστρόβιλοι με εξωτερική καύση βιομάζας.

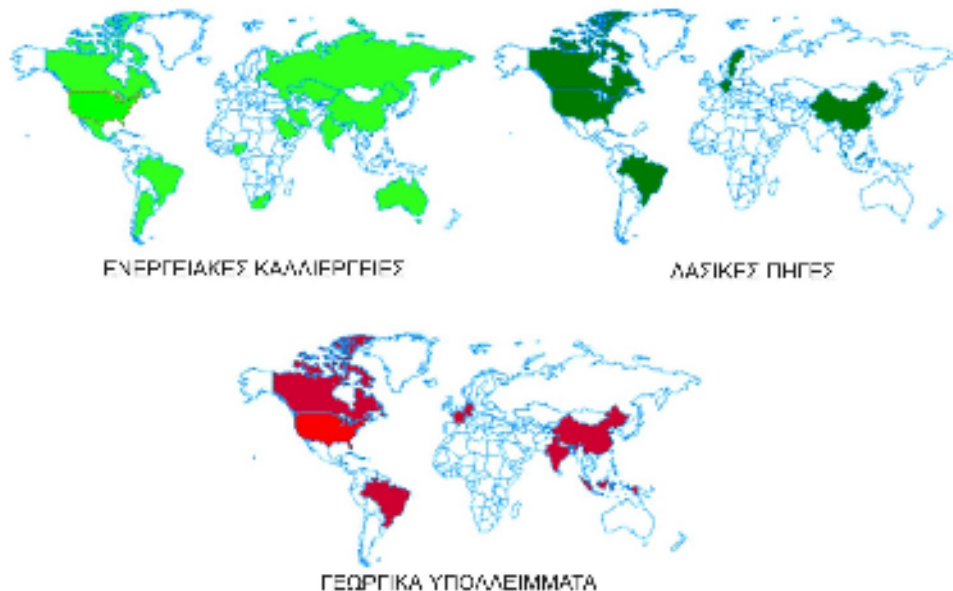
2.3.1 Πρώτες ύλες βιομάζας

Οι πρώτες ύλες βιομάζας που χρησιμοποιούνται, ή αξιολογείται η χρήση τους, για την τροφοδοσία των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

- ξύλο (δασικό ξύλο, υπολείμματα ξύλου, και λόχμες σύντομου κύκλου),
- γεωργικά υπολείμματα, που περιλαμβάνουν τη βαγάσση (ζαχαροκαλαμόσκη), τα υπολείμματα ελιάς, κελύφη ρυζιού και άχυρα,
- ενεργειακές καλλιέργειες (όπως είναι ο μίσκανθος, η φάλαρις και το αρούντο),
- απόβλητα, τα οποία περιλαμβάνουν τα αστικά στερεά απόβλητα, καύσιμο από σκουπίδια, λύματα και κοπριά.

Εκτός των αποβλήτων, το παγκόσμιο δυναμικό των πρώτων υλών «αγνής» βιομάζας παρουσιάζεται στο σχήμα 2.2 παρακάτω (σύμφωνα με το Υπ. Ενέργειας των ΗΠΑ).

Παγκόσμιοι Πόροι Βιοσχύος:
Ενεργειακό Δυναμικό άνω των 5 GW



Σχήμα 2.2. Χάρτης γεωγραφικής κατανομής των πρώτων υλών βιομάζας(2)

Σήμερα, οι πιο συμφέρουσες οικονομικά μορφές της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι τα υπολείμματα, δηλαδή τα οργανικά υποπροϊόντα τροφών, ινών, και δασικής παραγωγής. Συνήθως χρησιμοποιούνται το πριονίδι, τα κελύφη ρυζιού και η βαγάσση. Κοντά σε αστικά και βιομηχανικά κέντρα είναι επίσης συνήθη υλικά χαμηλού κόστους από υπολείμματα καθαρού ξύλου (άχρηστες παλέτες και κασόνια, υπολείμματα ξυλουργείων, κλπ.). Η χρήση των υπολειμμάτων βιομάζας ως καύσιμο μπορεί να αποτρέψει τις αγορές συμβατικών καυσίμων, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψής τους.

Στο μέλλον μπορεί να απαιτηθούν μεγαλύτερες ποσότητες καυσίμων βιομάζας για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Διάφοροι οργανισμοί παγκοσμίως μελετούν και αναπτύσσουν δένδρα και πόες ταχείας ανάπτυξης που θα μπορούσαν να καλλιεργούνται, κυρίως σε ακαλλιέργητες γεωργικές εκτάσεις, ειδικά για χρήση τους ως καύσιμα. Με την ανάπτυξη οικονομικά συμφερόντων ενεργειακών καλλιεργειών μπορούν να αυξηθούν κατά πολύ οι διαθέσιμες για ηλεκτροπαραγωγή ποσότητες βιομάζας. Έτσι, εάν φυτεύονταν ενεργειακές καλλιέργειες στο 4% περίπου των γαιών εντός μίας ακτίνας 80 km, θα μπορούσαν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες σε καύσιμα μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής με βιομάζα των 100 MW.

2.3.1.1. Υπολείμματα ξύλου

Το ξύλο είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο καύσιμο βιομάζας για παραγωγή θερμότητας και ισχύος. Οι πιο οικονομικές πηγές ξυλοκαυσίμων είναι συνήθως τα υπολείμματα ξύλου από τις βιομηχανίες (πριονίδια), τα άχρηστα ξύλινα προϊόντα ή τα υπολείμματα ξυλαποθηκών που προέρχονται από χωματερές, καθώς και τα αβλαβή θρύμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις. Πρόσφατες μελέτες στις ΗΠΑ

δείχνουν ότι οι ποσότητες των διαθέσιμων βιομηχανικών και αστικών υπολειμμάτων ξύλου υπερβαίνουν τα 39 εκατομμύρια τόνους ξηράς ουσίας ετησίως - αρκετές για να παράσχουν πάνω από 7.500 MW νέας βιο-ισχύος, ή για το διπλασιασμό της εγκατεστημένης ισχύος στις ΗΠΑ.

2.3.1.2. Πριονίδια

Τα υπολείμματα ξύλου από τη βιομηχανία χάρτου και πολτού, τα ξυλουργεία και άλλους βιομηχανικούς χρήστες ξύλου χρησιμοποιούνται συχνά για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Αυτά τα υπολείμματα είναι συνήθως πολύ καθαρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων ισχύος βιομάζας. Σε πολλές περιπτώσεις, τα πριονίδια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού εντός της εγκατάστασης όπου παράγονται.

2.3.1.3. Αστικά υπολείμματα ξύλου

Μεγάλες ποσότητες αστικών υπολειμμάτων ξύλου απορρίπτονται στις χωματερές, για παράδειγμα τα απαρχαιωμένα ξύλινα προϊόντα, οι σπασμένες ξύλινες παλέτες και κάσες, και τα ακατέργαστα καθαρά υλικά οικοδομών και κατεδαφίσεων. Τα υλικά αυτά μπορούν να εκτραπούν σε μονάδες ανάκτησης που διαχωρίζουν το καθαρό ξύλο από τα άλλα υλικά (π.χ. βαριά μέταλλα, συνήθως λόγω του χρώματος που μένει στο ξύλο). Το καθαρό ξύλο, με χαμηλή υγρασία μέχρι 5%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά ως καύσιμο βιομάζας και υλικά διαμόρφωσης ανοικτών χώρων.

2.3.1.4. Υπολείμματα δένδρων

Τα ξυλώδη υπολείμματα των κήπων αποτελούν μια άλλη μεγάλη πηγή ξύλου που προς το παρόν καταλήγουν στις χωματερές. Παρόμοια υλικά επίσης παράγονται από το κλάδεμα των δένδρων που βρίσκονται κοντά σε οδούς, σιδηροδρομικές γραμμές και ηλεκτρικά συστήματα (π.χ. γραμμές μεταφοράς του ρεύματος). Μερικές φορές, τα κλαδιά των δένδρων εισαγόμενα στο λίπασμα μετατρέπονται σε εδαφικό κάλυμμα, ή αλέθονται και χρησιμοποιούνται για επικάλυψη των χωματερών. Πάντως, σταθερό καταναλωτή αυτών των υλικών μπορούν να αποτελέσουν κάποια ενεργειακά έργα.

2.3.1.5. Δασικά υπολείμματα

Τα δασικά απόβλητα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δέντρα, νεκρά ξύλα, και άλλα μη εμπορικά δέντρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή ή ευπυρόβλητα δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, επίσης παρέχει μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βιοκαύσιμα. Εξαιτίας της διασποράς και της μακρινής τους θέσης, η ανάκτηση των υπολειμμάτων αυτών είναι αρκετά πιο δύσκολη και δαπανηρή από αυτή των αστικών υπολειμμάτων ξύλου.

2.3.1.6. Γεωργικά υπολείμματα

Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων συγκομιδής παράγονται κάθε χρόνο παγκοσμίως και μένουν αχρησιμοποίητες. Αυτά περιλαμβάνουν γεωργικά κατάλοιπα όπως άχυρα σιτηρών, στελέχη καλαμποκιού (φύλλα, μίσχοι και κότσαλα), κλαδέματα οπωρώνων, φλοιοί ρυζιού και βγαδάση. Τα υπολείμματα του καλαμποκιού μόνο μπορούν να

παράγουν πάνω από την τριπλάσια ποσότητα υπολειμμάτων που διατίθεται σήμερα από όλες τις μορφές των υπολειμμάτων ξύλου (εκτός των δασικών). Η γεωργική πρακτική συνήθως είναι τα υπολείμματα αυτά να επιστρέφονται στο χώμα, να καίγονται, να αφήνονται να αποσυντίθενται, ή να αποτελούν απόθεμα βοσκής.

Τα περισσότερα γεωργικά υπολείμματα δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιηθεί ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή. Ωστόσο, μπορούν να παράσχουν μια αξιόλογη πηγή βιομάζας εάν αναπτυχθούν υποδομές τροφοδοσίας που να τα αποδίδουν οικονομικά σε μονάδες ισχύος που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ως καύσιμα. Πράγματι, ένας αριθμός μελετών για τη γεωργία και τη βιομάζα έχουν καταλήξει στο ότι είναι δυνατό να αφαιρείται και να αξιοποιείται ένα μέρος των υπολειμμάτων των καλλιεργειών για παραγωγή ενέργειας, παρέχοντας μεγάλους όγκους υλικού χαμηλού κόστους. Αυτά τα υπολείμματα θα μπορούσαν να υποστούν επεξεργασία μετατροπής τους σε υγρά καύσιμα ή να καούν/αεριοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

2.3.1.7. Βαγάσση

Ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου για την εκχύμωσή του ονομάζεται βαγάσση. Αυτή συνηθίζεται να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζάχαρης ως καύσιμο για τη συμπαραγωγή ατμού (για την παραγωγή της ζάχαρης) και ηλεκτρισμού, για επιτόπια χρήση και πώληση στις εταιρείες ηλεκτρισμού. Το περιεχόμενο σε τέφρα συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 4-11% (του ξηρού βάρους), αλλά η θερμοκρασία τήξης της τέφρας είναι υψηλή. Ο κύριος παραγωγός ηλεκτρισμού από βαγάσση είναι οι ΗΠΑ, όπου τέτοιες εγκαταστάσεις συμπαραγωγής λειτουργούν στη Φλόριντα, τη Χαβάη, και τη Λουϊζιάνα. Η βαγάσση αποτελεί επίσης σημαντική ενεργειακή πηγή για μερικά κράτη όπως η Αυστραλία, το Πακιστάν, η Ινδία, η νήσος Reunion, η Ταϊλάνδη, και άλλα στην Αφρική, τη Νότια Ασία και τη Νότια Αμερική.

2.3.1.8. Φλοιοί ρυζιού

Το ρύζι είναι μετά το σιτάρι η δεύτερη πιο διαδεδομένη καλλιέργεια στον κόσμο ως προς την παραγόμενη ποσότητα και την καλλιεργούμενη έκταση, αποτελεί δε την κύρια τροφή για περισσότερο από το μισό του πληθυσμού της Γης. Οι φλοιοί είναι ένα κατάλοιπο της επεξεργασίας του ρυζιού (περίπου το 20% του ακατέργαστου ρυζιού είναι φλοιός). Αντί να πετιούνται οι φλοιοί μπορούν να χρησιμοποιούνται από τα εργοστάσια του ρυζιού για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού. Αυτό γίνεται ήδη σε αρκετές μονάδες στο Αρκάνσας, τη Λουϊζιάνα και την Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Σε χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Πακιστάν, η Ταϊλάνδη και το Βιετνάμ, όπου παράγεται ρύζι σε μεγάλες ποσότητες, οι φλοιοί του ρυζιού θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντική πηγή καυσίμου για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης σε ηλεκτρισμό και να υποκαταστήσουν τη χρήση και τις εισαγωγές των ορυκτών καυσίμων.

2.3.1.9. Άχυρο

Το άχυρο έχει χαμηλές θερμοκρασίες τήξης της τέφρας και μπορεί να γίνει κολλώδες σε θερμοκρασίες μέχρι 550-600°C. Η ενίοτε υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο, ειδικά στις παραθαλάσσιες περιοχές, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στους εναλλάκτες θερμότητας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπου σχετικά παραδείγματα έχουν εντοπιστεί σε μερικές μονάδες καύσης άχυρου στη Δανία. Η περιεκτικότητα σε χλώριο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ των παραθαλάσσιων περιοχών και αυτών της ενδοχώρας κατά ένα συντελεστή της τάξης του πέντε.

2.4. Ενεργειακές καλλιέργειες

Διάφοροι οργανισμοί διεθνώς, όπως εθνικά εργαστήρια, γεωργικοί και δασικοί όμιλοι, εταιρείες ηλεκτροπαραγωγής και άλλες κυβερνητικές υπηρεσίες, εργάζονται ώστε να καταστήσουν τις ενεργειακές καλλιέργειες βιώσιμη πηγή καυσίμου στο εγγύς μέλλον. Οι καλλιέργειες αυτές είναι φυτείες που αναπτύσσονται και καλλιεργούνται ειδικά για χρήση τους ως καύσιμα, και επιλέγονται προσεκτικά ώστε να αναπτύσσονται ταχέως, να είναι ανθεκτικές στην ξηρασία και τα παράσιτα, και να έχουν εύκολη συγκομιδή ώστε να επιτρέπουν ανταγωνιστικές τιμές όταν χρησιμοποιούνται ως καύσιμα.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν ταχεία αναπτύξεως δέντρα, θάμνους και πόες. Ως παραδείγματα ειδών υπό εξέταση αναφέρονται τα υβρίδια λεύκας, η ιτιά, το αρούντο και ο ευκάλυπτος. Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν σε αγροτικές εκτάσεις που δεν χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια τροφών, ζωοτροφών ή ινών. Αυτές περιλαμβάνουν γαίες που αποσύρονται από χρήση για λόγους ελέγχου των τιμών, και άλλες γεωργικές εκτάσεις που θεωρούνται ασύμφωρες για παραγωγή τροφίμων. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες, οι ενεργειακές απαιτούν λιγότερη συντήρηση και αγωγή με λιπάσματα και παρασιτοκτόνα.

Η περίοδος μεταξύ των συγκομιδών για τις ξυλώδεις ενεργειακές καλλιέργειες κυμαίνεται από 3 έως 10 έτη, ανάλογα με το είδος του δέντρου, και η περίοδος μεταξύ των φυτεύσεων μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 20 χρόνια. Πέρα από την αξία τους ως καύσιμα, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για το έλεγχο της διάβρωσης, την αναβάθμιση του εδάφους, και ως φυσικά φίλτρα για την παρεμπόδιση της διαφυγής των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος προς τους υδροφόρους ορίζοντες.

Εκτός των άλλων, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να επιφέρουν οικονομικά οφέλη στους γεωργούς. Ένα τυπικό σύγχρονο αγρόκτημα παράγει συνήθως μόνο ένα ή δύο κύρια εμπορεύσιμα προϊόντα, π.χ. καλαμπόκι, σόγια, γάλα ή κρέας. Το καθαρό εισόδημα της όλης επιχείρησης είναι συχνά ευάλωτο, μεταξύ των άλλων, στις διακυμάνσεις της ζήτησης της αγοράς, τα απρόσμενα έξοδα παραγωγής και τον καιρό. Καθώς οι τροφοδοτούμενες με βιομάζα μονάδες ηλεκτροπαραγωγής απαιτούν αρκετά σταθερή τροφοδοσία σε καύσιμο καθ' όλο το έτος, η ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να επιφέρει τη σταθεροποίηση του εισοδήματος των γεωργών που θα επιλέξουν να διευρύνουν το φάσμα της παραγωγής τους.

2.5. Απόβλητα

2.5.1. Βιομηχανικά απόβλητα

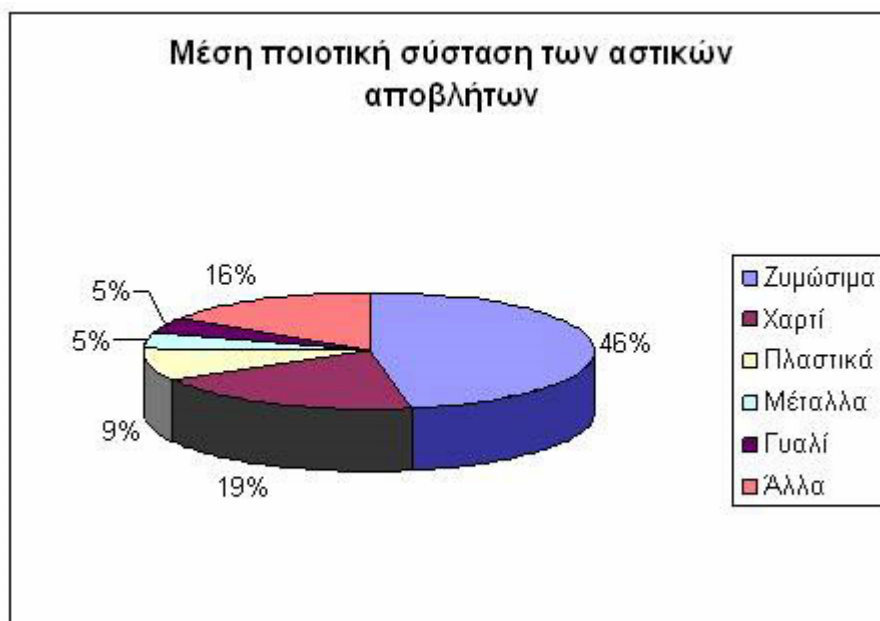
Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων και υποπροϊόντων παράγονται από τη βιομηχανία τροφίμων, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν ως ενεργειακές πηγές. Τα απόβλητα αυτά υλικά προέρχονται από όλους τους τομείς της βιομηχανίας αυτής, από την παραγωγή κρέατος μέχρι τη ζαχαροπλαστική. Τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν φλοιούς και υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, τρόφιμα που δεν ανταποκρίνονται στα πρότυπα ποιότητας, πολτό και ίνες από την εξαγωγή ζάχαρης και αμύλου, κατακάθια φίλτρων και καφέ. Αυτά συνήθως αποβάλλονται σε χώρους ταφής και η εταιρεία τροφίμων πληρώνει για την απόρριψή τους.

Ρεύματα υγρών αποβλήτων παράγονται από το πλύσιμο του κρέατος, των φρούτων και των λαχανικών, τη λεύκανση των φρούτων και των λαχανικών, το προ-μαγείρεμα των κρεάτων, πουλερικών και ψαριών, από εργασίες καθαρισμού και επεξεργασίας,

καθώς και από την οινοποίηση. Αυτά τα ρευστά απόβλητα περιέχουν ζάχαρα, άμυλα, και άλλες διαλυμένες και στερεές οργανικές ύλες, αλλά σε αραιή μορφή. Το δυναμικό να υποστούν τα βιομηχανικά αυτά απόβλητα αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου ή ζύμωση για την παραγωγή αιθανόλης υπάρχει, και ήδη υφίστανται αρκετά εμπορικά παραδείγματα μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια.

2.5.2. Αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ)

Κάθε χρόνο συλλέγονται εκατομμύρια τόνοι οικιακών αποβλήτων και το μεγαλύτερο μέρος τους απορρίπτεται σε χώρους ταφής. Η σύσταση των ΑΣΑ κυμαίνεται ανάλογα με τη θέση και τον τύπο της υπηρεσίας συλλογής. Έχει βρεθεί ότι η μέση σύσταση των ΑΣΑ στην Αυστραλία είναι 46% σηπτικά υλικά (σηπτόμενη οργανική ουσία), 24% χαρτί, 26% πλαστικό, γυαλί και μέταλλο, και 4% άλλα. Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003), στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως. Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το 1997, η μέση παραγωγή ανερχόταν σε 0,97 kg/κάτοικο/ημέρα και το 2001 ανήλθε σε 1,14 Kg/κάτοικο/ημέρα. Η ποσότητα αυτή αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων. Μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων ξεπερνά τους **6.000 τόνους/ημέρα**. Η πηγή βιομάζας σε αυτά τα ΑΣΑ αποτελείται από τα σηπτικά, το χαρτί και το πλαστικό, και κατά μέσο όρο είναι το 80% των συνολικά συλλεγόμενων ΑΣΑ. Η χαμηλότερη θερμογόνο δύναμή τους είναι εν γένει γύρω στα 8-12 GJ/τόνο.



Στο Διάγραμμα απεικονίζεται η μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003).

Τα ΑΣΑ μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με άμεση καύση ή μέσω φυσικής αναερόβιας χώνευσης στο χώρο ταφής τους. Στους χώρους ταφής, το αέριο που παράγεται από την φυσική αποσύνθεση των ΑΣΑ (περίπου 50% μεθάνιο και 50% διοξείδιο του άνθρακα) συλλέγεται από τα συσσωρευμένα υλικά και καθαρίζεται πριν να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

2.5.3.Ζωικά απόβλητα

Υπάρχει μια ποικιλία ζωικών αποβλήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές ενέργειας από βιομάζα. Οι πιο συνήθεις πηγές είναι οι κοπριές από τα χοιρινά, τα κοτόπουλα και τα βοοειδή (σε εκτροφεία), καθώς τα ζώα αυτά εκτρέφονται σε περιορισμένο χώρο παράγοντας μεγάλη ποσότητα αποβλήτων σε μικρή έκταση. Στο παρελθόν αυτά τα απόβλητα περισυλλέγονταν και πωλούνταν για λίπασμα ή απλά σκορπίζονταν στους αγρούς, αλλά η εισαγωγή αυστηρότερων ελέγχων για τις οσμές και τη μόλυνση του νερού επιβάλλει πλέον κάποια μορφή διαχείρισής τους. Αυτό παρέχει επιπλέον κίνητρα για τη μετατροπή των αποβλήτων σε ενέργεια.

Μια συνήθης μέθοδος μετατροπής αυτών των αποβλήτων υλικών είναι μέσω της αναερόβιας χώνευσης, η οποία περιγράφεται παρακάτω. Το προϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι ένα βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ή να καεί άμεσα για μαγειρική ή θέρμανση χώρων και νερού.

2.5.4.Αστικά λύματα

Τα αστικά λύματα αποτελούν μια πηγή ενέργειας βιομάζας που είναι αρκετά όμοια με τα άλλα ζωικά απόβλητα που αναφέρθηκαν παραπάνω, με τη μόνη διαφορά ότι αυτά υφίστανται επεξεργασία εδώ και πολλά χρόνια στις αναπτυγμένες χώρες. Ενέργεια μπορεί να εξαχθεί από τα αστικά λύματα μέσω της αναερόβιας χώνευσης για την παραγωγή βιοαερίου. Η παραμένουσα λάσπη μπορεί στη συνέχεια να αποτεφρωθεί ή να υποστεί πυρόλυση, ώστε να παραχθεί περισσότερο βιοαέριο και βιοέλαιο.

2.6. Τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής

2.6.1. Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας

Οι τεχνολογίες κύριας μετατροπής της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι η άμεση καύση, η αεριοποίηση και η πυρόλυση. Η άμεση καύση αντιστοιχεί στην οξείδωση της βιομάζας με περίσσεια αέρα, η οποία παρέχει θερμά καυσαέρια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού στους τομείς εναλλαγής θερμότητας των λεβήτων. Κατόπιν, ο ατμός χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή, εκτονούμενος μέσω ατμοστροβίλου σ' έναν κύκλο Rankine (σχήμα 2.3). Συνήθως, σ' έναν κύκλο ατμού συμπύκνωσης παράγεται μόνο ηλεκτρισμός, ενώ σ' έναν κύκλο ατμού με απομάστευση συμπαραγονται ηλεκτρισμός και ατμός.



Σχήμα 2.3. Σύστημα ατμοστροβίλου άμεσης καύσης(2)

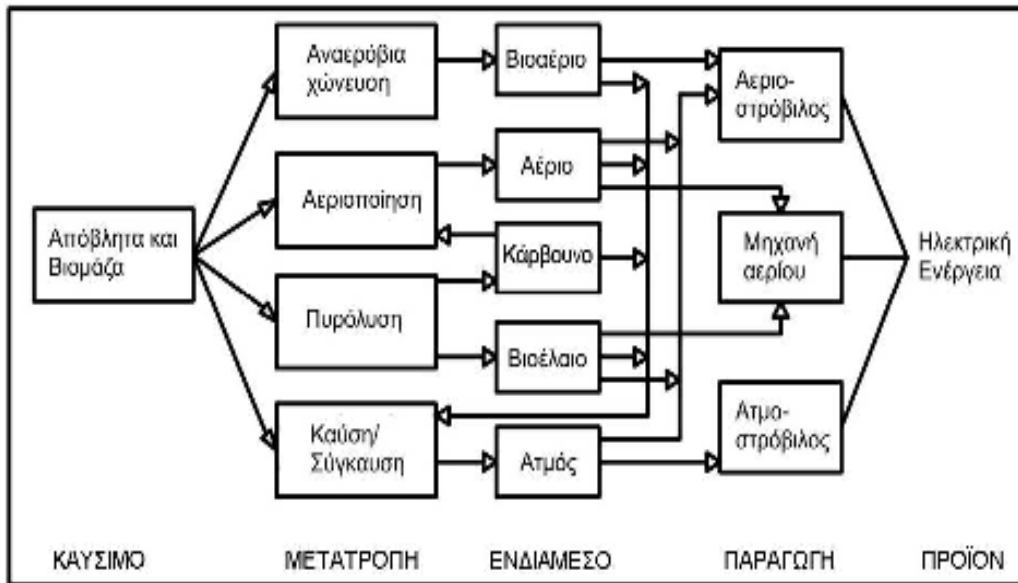
Στους κύκλους αεριοποίησης με βάση τον αέρα, η βιομάζα οξειδώνεται μερικώς με υποστοιχειομετρικές ποσότητες οξυγόνου, παρουσία ατμού, παρέχοντας ενέργεια για τη θερμική μετατροπή της υπόλοιπης βιομάζας σε αέρια και οργανικούς ατμούς. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τα καθαρισμένα αέρια της αεριοποίησης (αεριογόνο) τροφοδοτούνται απευθείας σ' ένα λέβητα ή στο θάλαμο καύσης ενός βιομηχανικού ή τροποποιημένου αεροπορικού στροβίλου. Στους κύκλους έμμεσης αεριοποίησης χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή θερμότητας, αντί για οξυγόνο, για να προσδώσει την ενέργεια για την αεριοποίηση με ατμό υψηλής θερμοκρασίας του οργανικού μέρους της βιομάζας σε ατμούς και αέρια.

Έμμεση θέρμανση εφαρμόζεται επίσης στις διεργασίες πυρόλυσης για τη μετατροπή της βιομάζας σ' ένα μίγμα αερίων και οργανικών ατμών. Ως πυρόλυση ορίζεται η θερμική καταστροφή των οργανικών υλικών εν απουσία οξυγόνου. Συνεπώς, τεχνικά, η έμμεση αεριοποίηση είναι μια διεργασία πυρόλυσης. Εν προκειμένω, εάν το κύριο προϊόν της πυρόλυσης είναι αέριο η διαδικασία θεωρείται αεριοποίηση, ενώ εάν είναι συμπυκνώσιμοι ατμοί η διαδικασία θεωρείται πυρόλυση. Συνήθως στις διεργασίες της πυρόλυσης δεν προστίθεται ατμός.

Όλες αυτές είναι τεχνολογίες θερμικής μετατροπής. Εξ άλλου, η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διεργασία με την οποία τα οργανικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο, ένα μίγμα μεθανίου (40-75% κατ' όγκο) και διοξειδίου του άνθρακα. Η διεργασία βασίζεται στην αποδόμηση των οργανικών μακρο-μορίων της βιομάζας από φυσικά υφιστάμενους πληθυσμούς βακτηρίων. Η βιομετατροπή λαμβάνει χώρα απουσία αέρα σε χωνευτήρες, δηλ. στεγανά δοχεία που παρέχουν ιδανικές συνθήκες ώστε τα βακτήρια να ζυμώσουν (χωνεύσουν) την οργανική ύλη σε βιοαέριο.

Κατά την αναερόβια χώνευση, μετατρέπονται σε βιοαέριο συνήθως το 30-60% των εισαγόμενων στερεών. Τα συμπαραγόμενα είναι ένα αχώνευτο υπόλειμμα (λάσπη) και διάφορες υδατοδιαλυτές ουσίες. Η αναερόβια χώνευση της εξαιρετικά υγρής βιομάζας και των αποβλήτων είναι μια καθιερωμένη και εμπορικά δοκιμασμένη τεχνολογία. Το βιοαέριο, είτε αυτούσιο είτε μετά από εμπλουτισμό του με CH₄, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και/ή ηλεκτρισμού μέσω μηχανών αερίου, ντίζελ ή διπλού καυσίμου, σε ισχείς μέχρι 10 MWe. Η μέση παραγωγικότητα είναι 0,2-0,3 m³ βιοαερίου ανά kg ξηρών στερεών.

Σήμερα, το 80% της παραγωγής βιοαερίου στις βιομηχανικές χώρες προέρχεται από εμπορικά εκμεταλλεύσιμους χώρους ταφής απορριμμάτων. Η παραγωγή και χρήση του αερίου καυσίμου που προκύπτει από τα ΑΣΑ μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική λύση για ηλεκτροπαραγωγή. Πάντως, στις περισσότερες περιπτώσεις, η ενέργεια που παράγεται στη διεργασία της χώνευσης αποτελεί υποπροϊόν της αφού, όπως και με την αποτέφρωση, κύριος στόχος είναι η επεξεργασία των αποβλήτων και όχι η παραγωγή ενέργειας. Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι παραπάνω τεχνολογίες κύριας μετατροπής της βιομάζας.



Σχήμα 2.4. Σύνοψη των οδών μετατροπής της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή(2)

3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΠΕ

Γενική Νομοθεσία για ΑΠΕ στην Ελλάδα

Εισαγωγικά

Η πρώτη προσπάθεια ουσιαστικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα σηματοδοτείται με την έκδοση του Ν.1559/85, ο οποίος δίνει για πρώτη φορά τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε ιδιώτες αυτοπαραγωγούς και σε ΟΤΑ (και, φυσικά, στη ΔΕΗ). Στην συνέχεια ιδρύεται το ΚΑΠΕ(Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) με βασικό σκοπό την προώθηση και υποστήριξη των παντός είδους δραστηριοτήτων ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) στη χώρα. Με το Νόμο 2244/94 ρυθμίζονται διάφορα θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμβατικά καύσιμα (κυρίως όσον αφορά στην αδειοδοτική τους διαδικασία) και δίνεται η δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ως ανεξάρτητοι, πλέον, παραγωγοί (δηλ. με αποκλειστικό σκοπό την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα ή το Δίκτυο). Ο Ν.2773/99 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθιερώνει επιπρόσθετα την άδεια παραγωγής. Με την ΥΑ 2000/2002(ΦΕΚ Β΄ 158/13.02.2002) η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θεσμοθετείται ως προϋπόθεση για την έναρξη της αδειοδοτικής διαδικασίας έργων ΑΠΕ. Με τον ΦΕΚ 663 Β/26.05.2006 καταβάλλεται προσπάθεια ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των χρονιζόντων προβλημάτων που παρατηρούνται στην περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων ΑΠΕ.

Η αδειοδοτική διαδικασία των έργων αυτών στηρίχθηκε και σε ένα πλήθος άλλων συναφών νόμων, προεδρικών διαταγμάτων, υπουργικών αποφάσεων, κλπ., που αφορούν κυρίως στο περιβαλλοντικό τμήμα της αδειοδότησης, καθώς και την επέμβαση σε δημόσιες (δασικές) εκτάσεις. Ενδεικτικά αναφέρονται ο Ν.3010/02 και η κατ' επιταγήν του εκδοθείσα Υπουργική Απόφαση 15393/2332/5.8.02 (Διαδικασία Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης), ο Ν.3028/02 (Περί Προστασίας Αρχαίων Μνημείων) και ο Ν.2941/01 (Απλούστευση Διαδικασιών Αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).

Παρακάτω ακόλουθη πίνακας με την υφιστάμενη γενική νομοθεσία όπου αφορά την παράγωγη ηλεκτρικής από ΑΠΕ.

Αριθμός	ΘΕΜΑ										
➤ Νέος Ν.3734/09 (ΦΕΚ Α' 8/28-1-09):	Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις										
➤ Ν.3468/06 (ΦΕΚ Α' 129/27-6-06):	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις										
➤ Ν. 2941/01 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 201/12-09-01):	Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ» και άλλες διατάξεις.										
➤ Ν. 2244/94 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 168/07-10-94):	Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις										
➤ Ν. 2773/99 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 286/22-12-99):	Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις										
➤ Ν. 2647/98 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 237/22-10-98):	Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις περιφέρειες και την αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις										
➤ Ν.1559/85(ΦΕΚ Α' 137)	Δίνει για πρώτη φορά τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε ιδιώτες αυτοπαραγωγούς και σε ΟΤΑ										
➤ Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761):	<p>Δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής» Η απόφαση αυτή τροποποιήθηκε από τις :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Αριθμός</th> <th>Θέμα</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ12230/3.8.99 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 1560/04-08-99):</td> <td>Τροποποίηση διαδικασίας έκδοσης αδειών εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ μη εγγυημένης ισχύος στα ηλεκτρικά συστήματα Κρήτης, Ρόδου και Κω της ΔΕΗ και λοιπές ρυθμίσεις</td> </tr> <tr> <td>➤ Υ.Α. 8860/11.5.1998 ΥΠΑΝ:</td> <td>Τροποποίηση διατάξεων της απόφασης του Υπουργού ΒΕΤ 8295/19.4.1995</td> </tr> <tr> <td>➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/51298/2.8.1996 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.08.1996):</td> <td>Τροποποίηση και αντικατάσταση διατάξεων καθώς και διόρθωση παροραμάτων της απόφασης του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας με αριθ.πρωτ. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995</td> </tr> <tr> <td>➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β 385/10.5.1995):</td> <td>Α. Διαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, τα καταβλητέα παράβολα καθώς και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια. Β. Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες</td> </tr> </tbody> </table>	Αριθμός	Θέμα	➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ12230/3.8.99 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 1560/04-08-99):	Τροποποίηση διαδικασίας έκδοσης αδειών εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ μη εγγυημένης ισχύος στα ηλεκτρικά συστήματα Κρήτης, Ρόδου και Κω της ΔΕΗ και λοιπές ρυθμίσεις	➤ Υ.Α. 8860/11.5.1998 ΥΠΑΝ:	Τροποποίηση διατάξεων της απόφασης του Υπουργού ΒΕΤ 8295/19.4.1995	➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/51298/2.8.1996 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.08.1996):	Τροποποίηση και αντικατάσταση διατάξεων καθώς και διόρθωση παροραμάτων της απόφασης του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας με αριθ.πρωτ. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995	➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β 385/10.5.1995):	Α. Διαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, τα καταβλητέα παράβολα καθώς και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια. Β. Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες
Αριθμός	Θέμα										
➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ12230/3.8.99 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 1560/04-08-99):	Τροποποίηση διαδικασίας έκδοσης αδειών εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ μη εγγυημένης ισχύος στα ηλεκτρικά συστήματα Κρήτης, Ρόδου και Κω της ΔΕΗ και λοιπές ρυθμίσεις										
➤ Υ.Α. 8860/11.5.1998 ΥΠΑΝ:	Τροποποίηση διατάξεων της απόφασης του Υπουργού ΒΕΤ 8295/19.4.1995										
➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/51298/2.8.1996 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.08.1996):	Τροποποίηση και αντικατάσταση διατάξεων καθώς και διόρθωση παροραμάτων της απόφασης του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας με αριθ.πρωτ. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995										
➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β 385/10.5.1995):	Α. Διαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, τα καταβλητέα παράβολα καθώς και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια. Β. Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες										

	διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης
<p>➤ Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.13129/2.8.96 ΥΠ.ΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.8.1996): Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.13129/2.8.96 ΥΠ.ΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.8.1996):</p>	Προσδιορισμός παραβάσεων και καθορισμός διαδικασίας επιβολής σχετικών κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής
➤ Οικ.5707/2007:	Κανονισμός αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ
➤ Οικ.21691/2006:	Οδηγίες εφαρμογής του Ν.3468
➤ Οικ.18359/2006	Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα
➤ Οικ.8311/2005	Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής ενέργειας
➤ Οικ.6296/2001:	Κανονισμός Άδειας διαχείρισης και εκμετάλλευσης του συστήματος
➤ Οικ.7890/2000:	Έγκριση κανονισμού προμηθειών της ΔΕΗ
➤ Οικ.17951/2000:	Κανονισμός Αδειών παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας
➤ ΥΑ 2000/2002 (ΦΕΚ Β' 158/13.02.2002)	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας
➤ ΥΑ 1726/2003(ΦΕΚ Β' 552/08.05.2003)	Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας»
➤ Οικ.12160/1999:	Διαδικασία επιλογής υποψήφιων ηλεκτροπαραγωγών από μικρά υδροηλεκτρικά
Σχετικά με Υδροηλεκτρικά έργα	
➤ Ν. 1739/1987 (Τεύχος ΦΕΚ Α 201/20-11-1987):	Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις
➤ Π.Δ. 256/1989 (Τεύχος ΦΕΚ Α 121/11.5.89):	Άδεια χρήσης νερού
➤ Υ.Α. Φ16/5813/17.5.89 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β 383/24.5.89):	Άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου, που δεν περιλαμβάνονται στον Δημόσιο τομέα και από φυσικά πρόσωπα
➤ Υ.Α. 12160/30.7.1999 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 1552/3.8.99):	Διαδικασία επιλογής υποψηφίων ηλεκτροπαραγωγών για έκδοση αδειών εγκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών έργων με τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού της χώρας
Σχετικά με την αξιοποίηση βιομάζας	
➤ Π.Δ. 126/1986 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 44/17-04-86):	Διαδικασία παραχώρησης της εκμετάλλευσης, συντήρησης και βελτίωσης των δασών που ανήκουν στο Δημόσιο και στα νομικά πρόσωπα του Δημοσίου τομέα στους δασικούς συνεταιρισμούς
Σχετικά με την αξιοποίηση Γεωθερμικών Πεδίων	
➤ Ν. 1475/84 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 131/11-09-1984):	Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού

<p>➤ Υ.Α. Δ-98/Φ261/31928/21-12-93 (Τεύχος ΦΕΚ Β' 958/31.12.1993)</p>	<p>Καθορισμός μισθώματος γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας για άμεση χρήση βάσει του καταναλισκόμενου θερμοενεργειακού δυναμικού του γεωθερμικού ρευστού</p>
--	--

Διαδικασία Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων(ΕΠΕ)

Εισαγωγή

Η διαδικασία Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΠΕ) καθιερώθηκε για πρώτη φορά στις Η.Π.Α. το 1970 με το νόμο για την Εθνική Περιβαλλοντική Πολιτική (National Environmental Policy Act - NEPA). Ο νόμος αυτός επηρέασε σημαντικά το σχεδιασμό και την αξιολόγηση των έργων στις Η.Π.Α. και οδήγησε πάνω από 75 χώρες στην υιοθέτηση ανάλογων νόμων και πολιτικών.

Από το 1970 που η διαδικασία ΕΠΕ καθιερώθηκε στις ΗΠΑ, ο θεσμός αυτός υιοθετήθηκε από πολλές χώρες παγκοσμίως (Καναδά το 1973, Αυστραλία το 1974, Δ. Γερμανία το 1975, Γαλλία το 1976, Ολλανδία το 1981, Ιαπωνία το 1984) και έγινε υποχρεωτικός στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) το 1985 με την Οδηγία 85/337/ΕΟΚ για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον. Η Οδηγία 85/337/ΕΟΚ (όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 97/11/ΕΟΚ) αποτέλεσε ένα από τα «κύρια κείμενα περιβαλλοντικής νομοθεσίας» της ΕΕ. Πρωταρχικός σκοπός των ΜΠΕ είναι να προσδιοριστούν οι σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αναπτυξιακών έργων και όπου είναι δυνατόν να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα άμβλυνσης προκειμένου να μειωθούν ή να εξαιρεθούν οι εν λόγω επιπτώσεις πριν από την λήψη απόφασης για την χορήγηση άδειας κατασκευής του έργου.

Η πρώτη αναφορά στην προστασία του περιβάλλοντος γίνεται στο άρθρο 24 του Συντάγματος και ειδικότερα στην παράγραφο 1 του άρθρου αυτού. Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων είχαν ήδη εκπονηθεί από την ΔΕΗ το 1977, χωρίς να υπάρχει νομική απαίτηση, ενώ οι προβλέψεις των νόμων 743/77, 947/79 και 1032/80 για την εκπόνηση ΜΠΕ δεν υλοποιήθηκαν. Ο Θεσμός των ΜΠΕ άρχισε να εφαρμόζεται στην Ελλάδα μετά το 1981 κατ' επιταγή του ΠΔ 1180/81 «περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει», βάσει του οποίου προβλέπονταν η σύνταξη ΜΠΕ για βιομηχανικές και συναφείς δραστηριότητες. Το 1982 εκπονήθηκαν ΜΠΕ για εξορυκτικές δραστηριότητες εντός δασικών εκτάσεων, όπως προβλέπεται από το Ν. 998/79 και ακολούθησαν ΜΠΕ για τουριστικές εγκαταστάσεις το 1987.

Ο βασικός νόμος που ορίζει τη διαδικασία ΕΠΕ στην Ελλάδα είναι ο Ν. 1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος (ΦΕΚ 160/Α/86), κατ' επιταγή του άρθρου 24 του Συντάγματος. Για την εφαρμογή του εκδόθηκαν οι ΚΥΑ 69269/5387/90 (ΦΕΚ 678/Β/90) για την κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και για το περιεχόμενο των ΜΠΕ και των Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών (ΕΠΜ), καθώς και η ΚΥΑ 75308/5512/90 (ΦΕΚ 691/Β/90) για τον καθορισμό τρόπου ενημέρωσης των πολιτών και φορέων εκπροσώπησής τους για το περιεχόμενο της ΜΠΕ των έργων και των δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2, άρθρο 6 του Ν. 1650/86. Από το 2002 μέχρι σήμερα έχουν τεθεί σε ισχύ και άλλες νομοθετικές ρυθμίσεις που αφορούν στην περιβαλλοντική αδειοδότηση δημόσιων και ιδιωτικών έργων και έργων ΑΠΕ τροποποιώντας ή αντικαθιστώντας την μέχρι τότε ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία.

3.1 Σχετική Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Αριθμός Οδηγίας	Θέμα
➤ 84/360/ΕΟΚ	Σχετικά με την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις, (Επίσημη Εφημερίδα, L188, 16.07.84).
➤ 85/337/ΕΟΚ	Για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον (Επίσημη Εφημερίδα L175, 05.07.85).
➤ 90/313/ΕΟΚ	Σχετικά με την ελεύθερη πληροφόρηση σε θέματα περιβάλλοντος (Επίσημη Εφημερίδα L158, 26.06.1990).
➤ 96/61/ΕΚ	Σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης, (Επίσημη Εφημερίδα L257, 10.10.96).
➤ 97/11/ΕΚ	Περί τροποποίησης της οδηγίας 85/337/ΕΟΚ για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον (Επίσημη Εφημερίδα L73, 14.03.97)
➤ 2001/42/ΕΚ	Σχετικά με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων, (Επίσημη Εφημερίδα L197, 21.07.2001).
➤ 2003/4/ΕΚ	Σχετικά με την πρόσβαση του κοινού σε περιβαλλοντικές πληροφορίες και για την κατάργηση της οδηγίας 90/313/ΕΟΚ (Επίσημη Εφημερίδα L41, 14.02.2003).
➤ 2003/35/ΕΚ	Σχετικά με τη συμμετοχή του κοινού στην κατάρτιση ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων που αφορούν το περιβάλλον και με την τροποποίηση όσον αφορά τη συμμετοχή του κοινού και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη, των οδηγιών 85/337/ΕΟΚ και 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου, (Επίσημη Εφημερίδα L156, 25.06.20030).

Οδηγία 85/337/ΕΟΚ

Σύμφωνα με την 85/337/ΕΟΚ, σε Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΠΕ) υποβάλλονται έργα και δραστηριότητες που προξενούν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Από αυτά όσα περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I αυτής υπόκεινται σε εκτίμηση, ενώ όσα περιλαμβάνονται στο Παράρτημα II υπόκεινται σε εκτίμηση μόνο εφόσον το κρίνουν τα Κράτη Μέλη.

Η Οδηγία αναφέρει ότι η εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων αφορά τόσο στις άμεσες όσο και στις έμμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο, στην πανίδα, στη χλωρίδα, στο έδαφος, στα ύδατα, στον αέρα, στο κλίμα, στο τοπίο, στην αλληλεπίδραση των προηγούμενων παραγόντων, καθώς και στα υλικά αγαθά και την πολιτιστική κληρονομιά. Επίσης, αναφέρει την υποχρέωση να δημοσιοποιείται η τελική απόφαση της Αρχής, καθώς και η υποχρέωση να λαμβάνονται υπόψη, εκτός από τις πληροφορίες του **κυρίου του έργου**, οι γνώμες των **συναρμοδίων Αρχών** και του **κοινού**, κατά την έκδοση της τελικής απόφασης. Τέλος, αναφέρεται η υποχρέωση των Κρατών Μελών να υπαγάγουν σε διαδικασία ΕΠΕ περιπτώσεις διασυνοριακής ρύπανσης.

Οδηγία 97/11/ΕΚ - Κυριότερες τροποποιήσεις της 85/337

1. Εισαγωγή της διαδικασίας οριοθέτησης του πεδίου μελετών (scoring), με στόχο τη διευκόλυνση της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ του κυρίου του έργου και της αρμόδιας αρχής και τη βελτίωση της ποιότητας της εκτίμησης.
2. Δημιουργία ευνοϊκότερων όρων για τις διαβουλεύσεις με το κοινό και τη διατύπωση της γνώμης του στην αρμόδια αρχή.
3. Σημαντική ενίσχυση - επαύξηση των Παραρτημάτων I και II της Οδηγίας 85/337

- με την προσθήκη νέων έργων και δραστηριοτήτων.
4. Επιλογή έργων του Παραρτήματος II που θα υποβληθούν υποχρεωτικά σε εκτίμηση (screening) είτε με τη θέσπιση συγκεκριμένων κριτηρίων, είτε με κατά περίπτωση εξέταση.
 5. Καθορισμός της διαδικασίας ενημέρωσης και συμμετοχής των αρχών των θιγόμενων κρατών στη διαδικασία ΕΠΕ, σε περίπτωση διασυνοριακής ρύπανσης.
 6. Εμπλουτισμός του Παραρτήματος III, ιδιαίτερα για το θέμα των εναλλακτικών λύσεων.
 7. Καθιέρωση της παρακολούθησης του εκτελεσθέντος σχεδίου, όσον αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον (monitoring). Έτσι, μετά την υλοποίηση δίνεται η δυνατότητα στις αρμόδιες αρχές διορθωτικής παρέμβασης μετά την υλοποίηση του σχεδίου, ώστε να περιοριστούν οι επιπτώσεις, αλλά και χρήσιμης εμπειρίας για τη διαδικασία εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο μέλλον.

3.2 Σχετική Ελληνική νομοθεσία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Αριθμός	Θέμα
➤ N. 1650/86 ΦΕΚ 160/A/86	Για την προστασία του περιβάλλοντος.
➤ Π.Δ. 1180/81 ΦΕΚ 293/A/6-10-81	Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγόμενων εις τα της ιδρύσεως βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει.
➤ ΚΥΑ 69269/5387/90 ΦΕΚ 678/B/25-10-90	Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), περιεχόμενο Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών και λοιπές συναφείς διατάξεις σύμφωνα με το Ν. 1650/86.
➤ ΚΥΑ 75308/5512/90 ΦΕΚ 691/B/2-11-90	Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης των πολιτών και φορέων εκπροσώπησης τους για το περιεχόμενο της ΜΠΕ των έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2, άρθρο 6 του Ν.1650/86.
➤ Π.Δ. 28/93 ΦΕΚ 9/5-2-93	Καθορισμός αρμοδιοτήτων που διατηρούνται από τον υπουργό και τις περιφερειακές Υπηρεσίες και Διανομαρχιακές Υπηρεσίες (εντάσσονται και οι προεγκρίσεις χωροθέτησης).
➤ ΚΥΑ 95209/94 ΦΕΚ 871/B/23-11-94	Μεταβίβαση αρμοδιότητας έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένες αρμοδιότητες και έργα της πρώτης (Α) κατηγορίας έργων και δραστηριοτήτων του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Νομάρχες.
➤ ΚΥΑ 1661/94 ΦΕΚ 786/B/20-10-94	Συμπλήρωση και τροποποίηση ΚΥΑ 69269/5387/90. Αφορά προδιαγραφές εκπόνησης ΜΠΕ και ΜΠΧ Τουριστικών Εγκαταστάσεων.
➤ ΚΥΑ 21631/95 ΦΕΚ 541/B/21-6-95	Ανάθεση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένα έργα και δραστηριότητες της πρώτης (Α) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών της Χώρας εξαιρουμένης της περιφέρειας Αττικής. Αφορά χοιροτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες.
➤ ΚΥΑ 24635/95 ΦΕΚ 755/B/31-8-95	Ανάθεση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένα έργα και δραστηριότητες της πρώτης (Α) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών της Χώρας εξαιρουμένης της περιφέρειας Αττικής. Αφορά Τουριστικές Μονάδες και Τουριστικές Κατασκηνώσεις.
➤ ΚΥΑ 82742/95 ΦΕΚ 821/B/25-9-95	Ανάθεση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένα έργα ή δραστηριότητες της πρώτης (Α) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών της Χώρας εξαιρουμένης της περιφέρειας Αττικής. Αφορά Βιολογικούς Καθαρισμούς.

Αριθμός	Θέμα
➤ ΚΥΑ 82743/95 ΦΕΚ 811/Β/20-9-95	Ανάθεση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένα έργα ή δραστηριότητες της πρώτης (Α) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών της Χώρας εξαιρουμένης της περιφέρειας Αττικής. Αφορά τα Έργα Οδοποιίας .
➤ ΚΥΑ 47159/96 ΦΕΚ 461/Β/17-6-96	Ανάθεση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένα έργα ή δραστηριότητες της πρώτης (Α) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών της Χώρας εξαιρουμένης της περιφέρειας Αττικής. Αφορά τα Λιμενικά Έργα .
➤ ΚΥΑ 84229/96 ΦΕΚ 906/Β/24-9-96	Ανάθεση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για ορισμένα έργα ή δραστηριότητες της πρώτης (Α) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών της Χώρας εξαιρουμένης της περιφέρειας Αττικής. Αφορά μικρά Υδροηλεκτρικά / Υδρευτικά Έργα .
➤ Ν. 3010 (ΦΕΚ 91/Α/2002)	«Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε.Ε. και 96/61 Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις».
➤ ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.:15393/2332 (ΦΕΚ 1022/Β/2002)	«Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν. 1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν. 3010/2002 περί εναρμόνισης του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε.Ε. και 96/61 Ε.Ε. κά. (Α'91)», καθώς και η διόρθωση σφάλματος αυτής (ΦΕΚ 1117/Β/2002).
➤ ΚΥΑ Αριθ. 25535/3281/2002 (ΦΕΚ 1463/Β/2002)	περί «Έγκρισης περιβαλλοντικών Όρων από το Γενικό Γραμματέα ...».
➤ ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.11014/703/Φ104 (ΦΕΚ 332/Β/2003)	«Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/1986 (Α'160) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/11/ΕΕ ... και άλλες διατάξεις Α'91».
➤ ΚΥΑ Αριθ. 37111/2021/03 (ΦΕΚ 1391/Β/2003)	«Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και των δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθρου 5 του 1650/86 "για την προστασία του περιβάλλοντος" όπως αντικαταστάθηκε με τις παραγράφους 2 και 3 του Ν.3010/02(3010 (ΦΕΚ 91/Α/2002))».

Αριθμός	Θέμα
➤ ΚΥΑ Αριθ. 1726 (ΦΕΚ 552/Β/2003)	«Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας».
➤ ΚΥΑ Αριθ. 13727/724 (ΦΕΚ 1087/Β/2003)	«Αντιστοίχιση των κατηγοριών των βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στα πολεοδομικά διατάγματα».
➤ ΥΑ Αριθ. 4881/19.5.2004 (ΦΕΚ 754/Β/2004)	«Ανάθεση αρμοδιοτήτων του Υπουργού Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων στους Υφυπουργούς Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων».
➤ ΚΥΑ Αριθ. 19500	«Τροποποίηση και συμπλήρωση της αντιστοίχισης των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία».
➤ ΚΥΑ Αριθ. ΕΥΠΕ οικ.	περί Συμπλήρωσης της ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.:15393/2332 (ΦΕΚ 1022/Β/2002),

129079 (ΦΕΚ 1409/Β/2004)	«Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν. 1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν. 3010/2002 περί εναρμόνισης του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε.Ε. και 96/61 Ε.Ε. κά. (Α'91)».
➤ Εγκύκλιος α.π. οικ. 122343/19-01-04	«Διευκρινήσεις σχετικά με θέματα ορισμού, κατάταξης και διαδικασιών κατά την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 1650/86, όπως τροποποιήθηκε από το Ν. 3010/2002», Γενική Δ/νση Περιβάλλοντος, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
➤ Εγκύκλιος α.π. οικ. 122859/02-02-2004	«Περιεχόμενο φακέλου για την εφαρμογή του άρθρου 13 της ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.:15393/2332 (ΦΕΚ 1022/Β/2002)», Γενική Δ/νση Περιβάλλοντος, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
➤ Εγκύκλιος α.π. οικ. 130884/26-02-2004	«Διευκρινήσεις σχετικά με τον Πίνακα 9 της ΚΥΑ 15393/2332/02».
➤ ΚΥΑ 145799/2005	Συμπλήρωση της ΚΥΑ Η.Π. 15393/2332/2002
➤ ΚΥΑ 104247 & 104248/25.05.2006(αντικ αθιστούν την 1726/2003)	- Διαδικασία ΠΠΕΑ και ΕΠΟ έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) - Περιεχόμενα, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία ΠΠΕ και ΜΠΕ έργων ΑΠΕ

Νόμος 1650/86

Ο θεσμικός νόμος που διέπει τα βασικά στοιχεία του χρόνου, του περιεχομένου και της διαδικασίας αξιολόγησης και έγκρισης των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων έργων και δραστηριοτήτων είναι ο Ν. 1650/86 για το περιβάλλον, ο οποίος αναφέρεται στις ΜΠΕ στο κεφάλαιο Β', «Περί προστασίας του περιβάλλοντος» από έργα και δραστηριότητες και ειδικότερα στα άρθρα 3,4,5 και 6 αυτού. Ειδικότερα:

- Το άρθρο 3 αναφέρεται στις «Κατηγορίες έργων και δραστηριοτήτων» που κατατάσσονται σε τρεις (3) μετά από απόφαση του Υπουργείου ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
 - ◆ Η Α' Κατηγορία περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που είναι πιθανό να προκαλέσουν σοβαρούς κινδύνους για το περιβάλλον.
 - ◆ Η Β' Κατηγορία περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που χωρίς να προκαλούν σοβαρούς κινδύνους ή οχλήσεις πρέπει να υποβάλλονται για την προστασία του Περιβάλλοντος σε γενικές προδιαγραφές, όρους και περιορισμούς που προβλέπονται από κανονικές διατάξεις.
 - ◆ Η Γ' Κατηγορία περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που προκαλούν ιδιαίτερα μικρό κίνδυνο ή όχληση ή υποβάθμιση στο Περιβάλλον.
- Το άρθρο 4 αναφέρεται στην «Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων» που απαιτείται για νέα έργα και δραστηριότητες ή επεκτάσεις υφισταμένων μετά από ΜΠΕ
- Το άρθρο 5 αναφέρεται στο «Περιεχόμενο και τη δημοσιοποίηση ΜΠΕ»
- Το άρθρο 6 αναφέρεται στον «Έλεγχο τήρησης Περιβαλλοντικών Όρων και τα ανταποδοτικά τέλη».

ΚΥΑ 69269/5387/90

Η ΚΥΑ 69269/5387/90 εναρμόνισε το ελληνικό δίκαιο με την οδηγία 85/337/ΕΟΚ και ενεργοποίησε το άρθρο 4 του Ν. 1650/86 για το περιβάλλον. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 69269/5387/90 τα έργα και οι δραστηριότητες χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες (Α' και Β'), εκ των οποίων η Κατηγορία Α' υποδιαιρείται σε δυο ομάδες. Οι ομάδες αυτές αντιστοιχούν στα Παραρτήματα Ι και ΙΙ της οδηγίας 85/337/ΕΟΚ, με την προσθήκη 2-3 κατηγοριών έργων στην ομάδα ΙΙ. Έτσι, η υπουργική απόφαση θέτει αυστηρότερους κανόνες ως προς το πεδίο εφαρμογής από την οδηγία, καθώς υποχρεώνει σε διαδικασία ΕΠΕ και όλα τα έργα και δραστηριότητες για τα οποία η

οδηγία ορίζει ότι κρίνουν κατά περίπτωση τα Κράτη-Μέλη αν υπόκεινται σε διαδικασία ΕΠΕ.

Προέγκριση χωροθέτησης: Η προέγκριση χωροθέτησης αφορά στην πραγματοποίηση νέων έργων ή δραστηριοτήτων ή στον εκσυγχρονισμό ή επέκταση υφισταμένων της Κατηγορίας Α' της ΚΥΑ 69269/5387/90 εφόσον επέρχονται ουσιαστικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Εξαιρούνται από τη διαδικασία προέγκρισης χωροθέτησης οι εξορυκτικές βιομηχανίες, βιομηχανικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται σε βιομηχανικές, μεταλλευτικές και λατομικές περιοχές κλπ.

Έγκριση περιβαλλοντικών όρων: Η διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αφορά: α) νέα έργα και δραστηριότητες και β) υφιστάμενα έργα/δραστηριότητες που εκσυγχρονίζονται ή επεκτείνονται, εφόσον επέρχονται ουσιαστικές διαφοροποιήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Νόμος 3010/2002

Με το νόμο αυτό διευρύνεται το πεδίο εφαρμογής του θεσμού της περιβαλλοντικής αδειοδότησης με επιπλέον έργα ή δραστηριότητες όπου θα απαιτείται εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Οδηγία 97/11 ΕΕ). Οι σημαντικότερες διαφοροποιήσεις είναι:

Άρθρο 1, αντικαθιστά το άρθρο 3 του Ν. 1650/86.

- Κατηγοριοποίηση έργων και δραστηριοτήτων, 3 κατηγορίες έργων (Α, Β, και Γ) με υποκατηγορίες.
- Ομάδες έργων έτσι ώστε οι μελέτες να εξειδικεύονται ανά ομοειδείς ενότητες έργων ή δραστηριοτήτων με αποτέλεσμα τον καλύτερο έλεγχο και τη διευκόλυνση της αποκέντρωσης των αρμοδιοτήτων - σαφή και συγκεκριμένα κριτήρια για την αποκέντρωση.
- Προστίθεται η διαδικασία κατάταξης εάν ένα έργο δεν περιλαμβάνεται στην ανωτέρω απόφαση εφόσον θεωρηθεί ότι θα έπρεπε να καταταγεί στην Α ή Β κατηγορία.
- Με ΥΑ μπορεί επίσης να καθορίζεται αντιστοιχία της κατάταξης σε κατηγορίες και υποκατηγορίες των βιομηχανικών και βιοτεχνικών έργων με τη διάκριση που αναφέρεται στις πολεοδομικές διατάξεις σε έργα υψηλής, μέσης και χαμηλής όχλησης (ΦΕΚ 1087Β/5-8-03).

Άρθρο 2, αντικαθιστά το άρθρο 4 του Ν. 1650/86.

Έργα Α κατηγορίας

Καταργείται η Π.Χ. και αντικαθίσταται με την Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ).
Δημοσιοποίηση θετικής γνωμοδότησης ή της αρνητικής απόφασης επί της ΠΠΕΑ.
Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ).

Έργα Β κατηγορίας

Περιβαλλοντική Έκθεση ή ΠΠΕΑ

Απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας διαβίβαση αρμοδιοτήτων για ορισμένα έργα σε Δήμους.

Έργα Γ κατηγορίας

Υποβολή δικαιολογητικών που τεκμηριώνουν τη συμμόρφωση με τις διατάξεις που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος.

Άρθρο 3, αντικαθιστά το άρθρο 5 του Ν. 1650/86.

Περιγραφή έργου:

- Περιγραφή στοιχείων περιβάλλοντος.
- Εντοπισμός και αξιολόγηση βασικών επιπτώσεων στο περιβάλλον.
- Περιγραφή μέτρων αντιμετώπισης των επιπτώσεων.
- Εναλλακτικές λύσεις και τεκμηρίωση επιλογής της προτεινόμενης.
- Απλή μη τεχνική περίληψη.
- Σύντομη αναφορά ενδεχόμενων δυσκολιών κατά την εκπόνηση της μελέτης.
- Δημοσιοποίηση της ΜΠΕ στο Ν.Σ.
- Ενημέρωση-Συμμετοχή κοινού (ΦΕΚ 1391B/29-9-03).
- Δημοσιοποίηση της απόφασης στο Ν.Σ.

ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.:15393/2332 (ΦΕΚ 1022/B/2002)

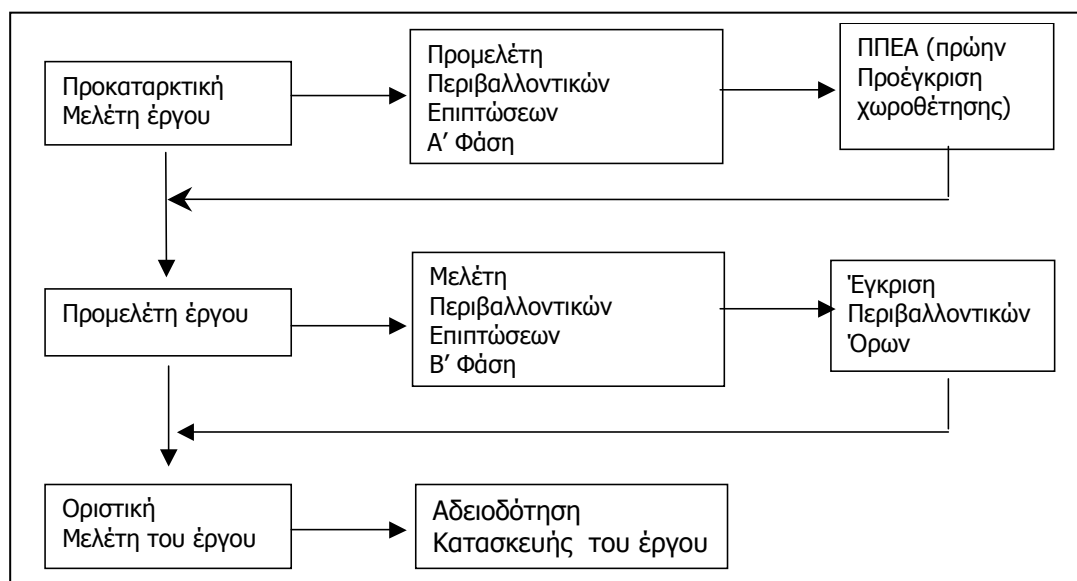
Σύμφωνα με την ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.:15393/2332 τα έργα και οι δραστηριότητες χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες (Α και Β). Ειδικότερα, τα έργα και οι δραστηριότητες της πρώτης (Α) και δεύτερης (Β) κατηγορίας του άρθρου 3 του Ν. 1650/86 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν. 3010/2002, υποδιαιρούνται στις υποκατηγορίες ένα (1) και δύο (2) για την πρώτη (Α) κατηγορία και στις υποκατηγορίες τρία (3) και τέσσερα (4) για τη δεύτερη (Β) κατηγορία σύμφωνα με τα κριτήρια που περιγράφονται στο εδάφιο 1 της παραγράφου 1 του άρθρου 1 του Ν. 3010/2002. Τα έργα και οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τις ΑΠΕ αναφέρονται στον πίνακα (εισαγωγικά νομοθετικό πλαίσιο ΑΠΕ) με την υφιστάμενη γενική νομοθεσία όπου αφορά την παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ανάλογα με την ομάδα που υπάγεται καθένα από αυτά (απόσπασμα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Ι του άρθρου 5 της ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.:15393/2332 και της τροποποίησης ΚΥΑ 145799/2005). Με την κατάταξη των έργων και δραστηριοτήτων σε ομάδες και κατηγορίες διευκολύνεται:

- Ο καθορισμός προδιαγραφών για τις μελέτες και προμελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και
- Ο έλεγχος και η αξιολόγηση των μελετών αυτών από τις αρμόδιες αρχές σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν. 3010/2002.

ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.11014/703/Φ104 (ΦΕΚ 332/B/2003)

Η ΚΥΑ Αριθ. Η.Π.11014/703/Φ104 (ΦΕΚ 332/B/2003) καθορίζει την διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/1986 (Α'160) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/11/ΕΕ ... και άλλες

διατάξεις Α'91». Για τα έργα ΑΠΕ εκδόθηκε και ίσχυσε μέχρι πρότινος η ΚΥΑ Αριθ. 1726 (ΦΕΚ 552/Β/2003), ενώ σήμερα για τα παραπάνω δηλ. Διαδικασίες και Περιεχόμενα Μελετών ισχύουν οι ΚΥΑ 104247 & 104248/25.05.2006.



Περιβαλλοντική Αδειοδότηση Έργων και Δραστηριοτήτων (χρονικά)

4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΕ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΠΕ

Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα τεχνολογίας φιλικής προς το περιβάλλον όπως έχουμε αναφερθεί και προηγούμενος είναι οι ΑΠΕ. Σε αυτές τις τεχνολογίες έχει γίνει διαχωρισμός σε ήπιες μορφές ενεργείας. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για εκείνες της ενέργειες που είναι ανανεώσιμες και δεν προξενούν σημαντικές βλάβες στο περιβάλλον και ταυτόχρονα δεν περικλείουν σημαντικούς κοινωνικούς κινδύνους. Σε αυτό τον όρο δεν μπορούμε να εντάξουμε τη υδροηλεκτρική, γεωθερμική και την ενεργεία από την καύση βιομάζας οι οποίες είναι μεν ανανεώσιμες αλλά ενίοτε προκαλούν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Τα πλεονεκτήματα των ηπίων μορφών ενεργείας σε σχέση με το πετρέλαιο τον άνθρακα και την πυρηνική ενέργεια έχουν λίγο πολύ αναφερθεί στις πιο πάνω σελίδες, εδώ θα γίνει μια μικρή αναφορά στα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα :

- Δεν υπάρχει κατ' αρχήν πρόβλημα εξάντλησής τους.
- Η χρήση τους προκαλεί γενικά μικρή βλάβη στο περιβάλλον.
- Προσφέρονται για την κατασκευή μικρών και αποκεντρωμένων μονάδων, κοντά στο τόπο κατανάλωσης, πράγμα σημαντικό για πολλές χώρες.
- Η παροχή τους είναι δεδομένη και δεν μπορεί να ελεγχθεί από πολιτικά και οικονομικά συμφέροντα.
- Είναι κατανεμημένες πολύ πιο ομοιόμορφα στο σύνολο του πλανήτη.
- Σε πολλές περιπτώσεις, η εκμετάλλευσή τους γίνεται με απλή και φτηνή τεχνολογία.

Τα μειονεκτήματα, που επιβαρύνουν οικονομικά την εκμετάλλευσή τους, είναι:

- Η παροχή των περισσότερων ήπιων πηγών είναι ασυνεχής και μεταβαλλόμενη. Πολλές φορές το μέγιστο της προσφοράς συμπίπτει με το ελάχιστο της ζήτησης. Η αποθήκευσή τους σε πρωτογενή μορφή δεν είναι δυνατή και χρειάζεται να αναπτυχθούν τρόποι αποθήκευσης σε δευτερογενή μορφή.
- Βρίσκονται πολύ διασκορπισμένες, γι' αυτό μόνο ένα μικρό μέρος τους είναι εκμεταλλεύσιμο.
- Η τεχνολογία για την αξιοποίησή τους, σε ορισμένες περιπτώσεις, ελέγχεται από πολιτικά και οικονομικά συμφέροντα.

Στην Ελλάδα, οι οικονομοτεχνικές συνθήκες για την αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας είναι πολύ ευνοϊκές, διότι:

- Η παροχή των περισσότερων ήπιων πηγών (ηλιοφάνεια, άνεμοι κ.λπ.) είναι σημαντική μια από τις πιο πλούσιες χώρες της Ευρώπης.
- Η τεχνολογία για την εκμετάλλευσή τους μπορεί, σε σημαντικό βαθμό, να αναπτυχθεί στη χώρα.
- Το πετρέλαιο είναι εισαγόμενο.
- Η γεωγραφική κατάτμηση της Ελλάδας είναι μεγάλη, άρα συμφέρει η κατασκευή μικρών σταθμών κοντά στο τόπο κατανάλωσης

Ανάλυση της εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα επιφέρει κάποιες επιπτώσεις στο περιβάλλον, μικρές ή μεγάλες, θετικές ή αρνητικές, άμεσες ή έμμεσες. Ειδικότερα οι δραστηριότητες που αφορούν τη χρήση φυσικών πόρων ή την κατασκευή τεχνικών έργων έχουν κατά κανόνα σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, οι οποίες μπορεί να πολλαπλασιαστούν ή να μειωθούν, ανάλογα με τις λύσεις που επιλέγονται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων. Η ύπαρξη των επιπτώσεων δεν απαιτεί να καταργηθούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ούτε όμως η αναγκαιότητα των έργων μπορεί να δικαιολογεί οποιαδήποτε επέμβαση στο περιβάλλον. Οι λύσεις πρέπει να αναζητούνται με περίσκεψη και προσεκτικά βήματα, με βάση κοινά αποδεκτούς στόχους, όπως οι ακόλουθοι, που θα έπρεπε να αποτελούν και κριτήρια αξιολόγησης των σχεδίων και προγραμμάτων:

- Η ανάπτυξη αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Η ποιότητα ζωής δεν σημαίνει μόνον αριθμητική αύξηση του εισοδήματος, αλλά συμπεριλαμβάνει "την πρόσβαση στους πόρους που είναι αναγκαίοι για μια αξιοπρεπή και υγιή διαβίωση, όπως η τροφή, το καθαρό νερό, η εκπαίδευση, η υγειονομική περίθαλψη και η πολιτική ελευθερία", σύμφωνα με τη διατύπωση διεθνών οργανισμών.
- Η αειφόρος χρήση των φυσικών πόρων, δηλαδή "η μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους της οικονομικής ανάπτυξης, υπό τον όρο διατήρησης της λειτουργικότητας και της ποιότητας των φυσικών πόρων διαχρονικά".
- Η ορθολογική και αντικειμενική αποτίμηση αφ' ενός μεν των επιπτώσεων μιας δραστηριότητας στο περιβάλλον και αφ' ετέρου των κοινωνικών συνεπειών που θα προκύψουν από αυτήν, ώστε να είναι δυνατή μια ουσιαστική σύγκριση κόστους/οφέλους.

Οι αρχές αυτές, που έχουν προέλθει όχι μόνον από τον οικολογικό χώρο, αλλά και από σημαντικούς οικονομολόγους και κοινωνιολόγους που αντιλαμβάνονται την αλληλεξάρτηση των προβλημάτων, είναι πια γενικώς αποδεκτές και έχουν

ενσωματωθεί σε διεθνή και ευρωπαϊκά κείμενα, όπως στη διακήρυξη του Ρίο, στην συνθήκη του Κιότο, στη συνθήκη του Μάαστριχ και στα πενταετή Προγράμματα για το Περιβάλλον της Ευρωπαϊκής Ένωσης με οδηγίες και νομούς όπως αναφέρονται στο κεφάλαιο 3.

Περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Οι ελάχιστες αναγκαίες πληροφορίες που πρέπει να περιέχονται σε μια Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) είναι γενικά οι εξής:

α) Περιγραφή του έργου

Περιγράφεται το προτεινόμενο έργο και οι δραστηριότητες σχετικά με αυτό. Δίνονται με ακρίβεια όλες οι πληροφορίες για την πιθανή επιρροή του στο περιβάλλον, καθώς και για το σκοπό του και την ανάγκη προώθησής του.

β) Περιγραφή του περιβαλλοντικού πλαισίου

Περιγράφεται το περιβάλλον της περιοχής που αφορά το έργο και ενδέχεται να επηρεαστεί απ' αυτό, άμεσα ή έμμεσα. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο τοπίο, στη χλωρίδα, στην πανίδα, στα ευαίσθητα οικοσυστήματα, στο έδαφος, στα νερά, στον αέρα, στους ενδεχόμενους θορύβους και οσμές, στις κλιματικές παραμέτρους, στους φυσικούς πόρους, στο δομημένο περιβάλλον με έμφαση στην αρχιτεκτονική κληρονομιά, στον ανθρώπινο πληθυσμό και στην οικονομική και κοινωνική κατάσταση, καθώς και στις σχέσεις ανάμεσα σε όλους αυτούς τους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

γ) Συνοπτική περιγραφή των δυνατών εναλλακτικών λύσεων

Γίνεται περιγραφή των υπαρκτών εναλλακτικών λύσεων.

δ) Εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Γίνεται εκτίμηση, σύμφωνα με ορισμένη μέθοδο, όλων των επιπτώσεων στο περιβάλλον, από κάθε μια εναλλακτική λύση του έργου. Είναι συνήθως απαραίτητη η διάκριση ανάμεσα στις επιπτώσεις που θα προκληθούν κατά τη φάση κατασκευής και κατά τη φάση λειτουργίας του έργου. Λαμβάνονται υπ' όψη και οι κοινωνικές, οικονομικές και πολιτιστικές πλευρές των επιπτώσεων.

ε) Συγκριτική εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εναλλακτικών λύσεων Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα σημεία που είναι κρίσιμα για την τελική επιλογή.

στ) Περιγραφή των επανορθωτικών μέτρων

Αναφέρονται τα μέτρα προληπτικής ή διορθωτικής δράσης, τα οποία προτείνονται για την αποφυγή, μείωση ή άρση των αρνητικών επιπτώσεων.

ζ) Μη τεχνική περίληψη των πληροφοριών της ΜΠΕ

Περιλαμβάνει απλοποιημένη περιγραφή της μελέτης, ώστε να γίνεται κατανοητή από τους μη ειδικούς

Κατηγορίες επιπτώσεων

Ο χαρακτηρισμός και η στάθμιση των επιπτώσεων αποτελούν το πιο κρίσιμο στάδιο της ΜΠΕ. Είναι σημαντικό να γίνει η ακριβέστερη δυνατή εκτίμηση των επιπτώσεων, τόσο ως προς τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά, όσο και ως ποσοτικές παραμέτρους,

όπου αυτό είναι εφικτό. Οι επιπτώσεις μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες, ανάλογα με τις πιο σημαντικές ιδιότητές τους, ως εξής:

Θετικές- Αρνητικές

Συνήθως, ένα έργο ή δραστηριότητα που χωροθετείται σε φυσικό χώρο επιφέρει διάφορες δυσμενείς αλλαγές ή γενικότερη υποβάθμιση του περιβάλλοντος, επομένως οι επιπτώσεις του θεωρούνται αρνητικές. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου η επέμβαση είναι θετική για το περιβάλλον, είτε διότι αυτός είναι ο στόχος της, είτε διότι το ωφελεί με έμμεσο τρόπο.

Μεγάλες-Μικρές

Οι επιπτώσεις χαρακτηρίζονται σε σχέση με το μέγεθος της επηρεαζόμενης περιοχής ή με τον αριθμό και τα προβλήματα των επηρεαζόμενων ανθρώπων ή με την ένταση του περιβαλλοντικού προβλήματος που δημιουργούν. Από την άποψη αυτή μια επίπτωση μπορεί να είναι μεγαλύτερης ή μικρότερης έκτασης και σημασίας.

Βραχυπρόθεσμες-Μακροπρόθεσμες

Ορισμένες επιπτώσεις μπορεί να εμφανιστούν από τα πρώτα στάδια κατασκευής ή λειτουργίας του έργου, ενώ άλλες επιπτώσεις υπάρχει το ενδεχόμενο να συμβούν μετά από μακρύ χρονικό διάστημα. Π.χ. η αύξηση ενός πληθυσμού φυτού η ζώου, λόγω εκτεταμένων αλλαγών στο οικοσύστημα, μπορεί να σημαίνει μακροπρόθεσμα την εξαφάνιση κάποιων άλλων, σπάνιων, ειδών της χλωρίδας ή της πανίδας.

Άμεσες-Έμμεσες

Άμεσες επιδράσεις είναι εκείνες που επιφέρουν οι ίδιες οι δραστηριότητες ενός έργου, ενώ έμμεσες επιδράσεις, είναι εκείνες που εμφανίζονται ως δευτερογενές αποτέλεσμα των πρώτων και είναι συνήθως μακροπρόθεσμες. Ας θεωρήσουμε π.χ. μια δραστηριότητα που περιλαμβάνει εκτεταμένη απομάκρυνση της βλάστησης από τις όχθες ενός ποταμού. Το περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζεται άμεσα είναι η διάβρωση του εδάφους. Η αλλαγή αυτή όμως μπορεί να προκαλέσει έμμεσες αλλαγές σε περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του νερού, όπως το διαλυμένο οξυγόνο, τα αιωρούμενα στερεά, τη συγκέντρωση νιτρικών, την κατανάλωση των υδρόβιων ειδών ή τον αριθμό των ατόμων κάθε είδους. Η συνεπαγόμενη υπερβολική ανάπτυξη των αλγών πιθανόν να οδηγήσει σε υψηλές τιμές BOD που με τη σειρά τους θα επηρεάσουν τις μορφές χρήσης των υδάτων από τον άνθρωπο, με αποτέλεσμα δυσμενείς κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Είναι φανερό ότι τέτοιου είδους διαδοχικές αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι απεριόριστες. Ο μελετητής πρέπει να έχει την ανάλογη πείρα, ώστε να ξέρει πότε να σταματήσει την ανίχνευση αυτών των αλληλεπιδράσεων, χωρίς βέβαια να παραλείψει κάποια σημαντική επίπτωση.

Αθροιστικές

Η εκτίμηση των επιπτώσεων πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη τις αθροιστικές επιπτώσεις όλων των προτεινόμενων δραστηριοτήτων σε κάθε περιβαλλοντική συνιστώσα. Μπορεί η συνολική επίπτωση να είναι πολύ δυσμενής, ενώ οι επί μέρους επιπτώσεις αμελητέες.

Συnergieτικές

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο συνεργισμό των επιπτώσεων. Η συνδυασμένη επίδραση δύο ή περισσότερων δραστηριοτήτων σ' ένα περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό ενδέχεται να είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την επίδραση που προκύπτει απλά ως άθροισμα των ξεχωριστών επιπτώσεων. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι 0,25 ppm διοξειδίου του θείου και 0,03 ppm όζοντος, ξεχωριστά, δεν προκαλούν καταστροφή των φύλλων του καπνού σε 2 ώρες, σε συνδυασμό όμως, επιφέρουν καταστροφή στο 40% των φύλλων.

Αναστρέψιμες-Μη αναστρέψιμες

Η δυνατότητα αποφυγής ή διόρθωσης μιας επίπτωσης είναι ένα σημείο εξαιρετικά σημαντικό. Μερικές επιπτώσεις είναι τελεσίδικες, όπως π.χ. η εξαφάνιση ενός ενδημικού είδους ή είναι αδύνατο να διορθωθούν μέσα στο χρονικό διάστημα στο οποίο εκτείνεται η πρόβλεψη της μελέτης, όπως π.χ. η διάβρωση του εδάφους ή η ερημοποίηση. Μια ανεπανόρθωτη περιβαλλοντική επίπτωση είναι κατ' αρχήν ασυμβίβαστη με την έννοια της αειφορίας και επιβαρύνει σοβαρά την περιβαλλοντική εικόνα του έργου. Η αντιστρεψιμότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, επομένως, πρέπει να παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιλογή των εναλλακτικών λύσεων, ανάμεσα στις οποίες είναι και η μηδενική. Η απαλλαγή του περιβάλλοντος από μια επίπτωση ενός έργου μπορεί να επιτευχθεί στις εξής περιπτώσεις:

- Επανόρθωση της επίπτωσης από δυνάμεις της φύσης, π.χ. βιοαποικοδόμηση ρύπων, οπότε η επίπτωση χαρακτηρίζεται ως αντιστρεπτή.
- Αποφυγή της επίπτωσης με κατάλληλες προληπτικές ενέργειες, π.χ. φροντίδα για προσεκτική χρήση εκσκαφικών μηχανημάτων, ώστε να μην τραυματιστεί το τοπίο, οπότε η επίπτωση χαρακτηρίζεται ως αντιμετωπίσιμη.
- Διόρθωση της επίπτωσης με κατάλληλες ενέργειες μετά το έργο, π.χ. φυτεύσεις των κατάλληλων ιθαγενών ειδών χλωρίδας για την επούλωση τραυμάτων του τοπίου, οπότε η επίπτωση χαρακτηρίζεται ως ανατάξιμη.

Όταν η επίπτωση δεν είναι ούτε αντιστρεπτή, ούτε αντιμετωπίσιμη, ούτε ανατάξιμη, τότε θεωρείται μη αναστρέψιμη.

4.1 Ειδικότερα Περιβαλλοντικά Θέματα Αιολικών Συστημάτων

Οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τις μονάδες αξιοποιήσεις αιολικής ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

- Οπτική όχληση - αισθητική ένταξη
- Θόρυβος
- Χλωρίδα – πανίδα
- Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Παράγοντες όπως το μέγεθος του αυλικού πάρκου, ο τύπος και το μέγεθος τις Α/Γ, το μέγεθος των συνοδευτικών έργων(π.χ. οδοποιίας) και τα χαρακτηριστικά του τόπου εγκατάστασης(π.χ. εγκατάσταση κοντά σε αισθητές περιοχές) παίζουν σημαντικό ρόλο στον βαθμό πίεσης στο περιβάλλον

Το σημαντικότερο θετικό στοιχείο από την ανάπτυξη- εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι η μείωση των ανθρωπογενών επιπτώσεων με την αντικατάσταση καύσης συμβατικών καύσιμων για ηλεκτροπαραγωγή. Οι σημαντικότερες ενδεχόμενες επιπτώσεις των αιολικών έχουν να κάνουν με την αισθητική ένταξη και τον θόρυβο και αυτές ανάλογα με τον τρόπο και τόπο οροθέτησης των Α/Γ.

Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να χαρακτηριστούν ως τοπικό χαρακτήρα και μπορούν να μειωθούν ή να αποφευχθούν με κατάλληλο σχεδιασμό του έργου (σταθμός και συνοδά έργα), αλλά και ιδιαίτερη προσοχή κατά την φάση κατασκευής και λειτουργίας του.

Εν συνεχεία θα αναλυθούν αυτές η ενδεχόμενες επιπτώσεις.

Οπτική όχληση – αισθητική ένταξη

Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινή αποδεκτοί κανόνες. Η οπτική όχληση επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου χώρου εγκατάστασης και εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων, ανάμεσα στους οποίους είναι και μερικοί οι όποιοι είναι υποκειμενικοί όπως

- Το φυσικό μέγεθος των Α/Γ
- Η απόσταση των Α/Γ από τον παρατηρητή
- Ο αριθμός και ο σχεδιασμός των Α/Γ
- Η διάταξη (διαρρύθμιση) του αιολικού πάρκου
- Η πυκνότητα του τοπικού πληθυσμού μέσα στην ζώνη της οπτικής επιρροής του αυλικού πάρκου
- Ο αριθμός των επισκεπτών της γύρω περιοχής
- Το είδος του τοπιού και η ύπαρξη εναλλακτικών «μη υποβαθμισμένων» περιοχών
- Οι καιρικές συνθήκες και η τοπική τοπογραφία (ειδική σχηματισμοί)
- Η στάση των ατόμων όσο αφορά στο τοπίο και το φυσικό κάλλος
- Η αντίληψη των ατόμων για το υπάρχον επίπεδο της οπτικής καλαισθησίας
- Η στάση των ατόμων έως προς την αιολική ενεργεία

Η οπτική όχληση σχετίζεται με το ύψος, το σχήμα, τη φόρμα, το χρώμα και τον αριθμό των Α/Γ. Η πραγματική επίδραση σε ότι αφορά στην οπτική όχληση εξαρτάται και από τον πληθυσμό, ο οποίος επηρεάζεται (δηλ. από τον αριθμό των παρατηρητών) και ειδικότερα από του κατοίκου και τους επισκέπτες της γύρω περιοχής. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των επιδράσεων αυτών εξαρτάται από τις κοινωνικές τάσεις και άλλους κοινωνικό-οικονομικούς παράγοντες.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η οπτική όχληση είναι κάτι το υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να μπου κοινά αποδεκτοί κανόνες. Κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργεια αποδέχεται την παρουσία Α/Γ σε κάποια περιοχή πολύ πιο εύκολα.

Η εμπειρία σχετικά με την ανάπτυξη αιολικών πάρκων έχει δείξει μειωμένη αίσθηση της οπτικής όχλησης εκεί όπου η τοπική κοινότητα είναι ευνοϊκά διατεθειμένη απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενεργείας και μπορεί να δει τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου έργου, είτε απευθείας χρησιμοποιώντας την αιολική ενεργεία, είτε βλέποντας του υπάρχοντες σταθμούς συμβατικών καύσιμων να αντικαθίστανται. Αντιστρόφως θεωρείτε ότι η οπτική επιβάρυνση είναι μεγαλύτερη εάν οι Α/Γ παραμένουν ανενεργές, καθώς ο παρατηρητής δεν βλέπει τη χρησιμότητα τους ή η κοινή γνώμη είναι εξαρχής αρνητική.

Η στάση των ανθρώπων μπορεί επίσης να επηρεάσει από την οικονομική και κοινωνική σχέση μεταξύ του αιολικού πάρκου, και της περιοχής που το φιλοξένει. Στη Δανία, αιολικά πάρκα που ανήκουν σε οργανισμού κοινής ωφέλειας ή ιδιώτες, δίνοντας έμφαση στην σπουδαιότητα του τοπικού ρολού ιδιοκτησίας και έλεγχου του αιολικού πάρκου.

Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παράγωγης ηλεκτρικής ενεργείας (π.χ. λιγνιτικού λαμβάνοντας υπόψη και την εκμετάλλευση του λιγνιτικού πεδίου) και ενός αντιστοίχου αιολικού πάρκου είναι σε όλους αυταπόδεικτο ότι η υποβάθμιση του τοπιού που προκύπτει από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό είναι εμφανώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που προκύπτει από την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Παρ' όλα αυτά, η θεά ενός αιολικού πάρκου από απόσταση είναι ένα γεγονός που απαιτεί προσπάθειες ενσωματώσεις- προσαρμογής των Α/Γ στο τοπίο, δεδομένης και της ιδιαιτερότητας κάθε τόπου εγκατάστασης.

Η μη ορθή μελέτη και εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου μπορεί να δημιουργήσει κάποια αισθητικά προβλήματα. Είναι αυτονόητο ότι κάθε εγκατάσταση αιολικού πάρκου πρέπει να συνοδεύεται από μελέτη που να εξασφαλίζει τη βέλτιστη

ενσωμάτωση των Α/Γ στο τοπίο. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η ενσωμάτωση της υποδομής που συνοδεύει τις Α/Γ στον περιβάλλοντα χώρο (μικρές κτιριακές εγκαταστάσεις, κολώνες κ.τ.λ.). Υπάρχει ήδη συσσωρευμένη πείρα και ιδιαίτερα θετικά παραδείγματα από όλο τον κόσμο. Σημειώνουμε εκ νέου ότι παρ' όλο που οι απόψεις περί αισθητικής είναι από κάποιο σημείο και πέρα υποκειμενικές, αν γίνει η σύγκριση ανάμεσα σε έναν πετρελαιϊκό ή λιγνιτικό σταθμό και ένα αιολικό πάρκο, είναι εμφανές ότι το τελευταίο υπερτερεί και αισθητικά.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ορισμένοι θεωρούν ότι οι Α/Γ αλλοιώνουν το φυσικό τοπίο, ενώ άλλοι τις θεωρούν κομψές και όμορφες και τις βλέπουν σαν σύμβολα ενός μέλλοντος με ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση.



Θόρυβος

Κάθε μηχανή που αποτελείται από κινούμενα μέρη παράγει αναπόφευκτα κάποιο θόρυβο και οι Α/Γ δεν αποτελούν εξαίρεση. Ο θόρυβος αυτός αποτελούσε σοβαρό μειονέκτημα στις πρώτες εμπορικές Α/Γ που χρησιμοποιήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Οι κατασκευαστές αναγνώρισαν πολύ γρήγορα τη σοβαρότητα προβλήματος και με συνεχή έρευνα πέτυχαν αλληπάλληλες και σημαντικές βελτιώσεις. Σήμερα πλέον μπορούμε να ισχυριστούμε με βεβαιότητα ότι οι Α/Γ είναι από τις πλέον αθόρυβες μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα επίπεδα ηχητικής «ρύπανσης» από αυτές είναι εξαιρετικά χαμηλά σε σχέση με το μέγεθος και τα επίπεδα ισχύος που παράγουν.

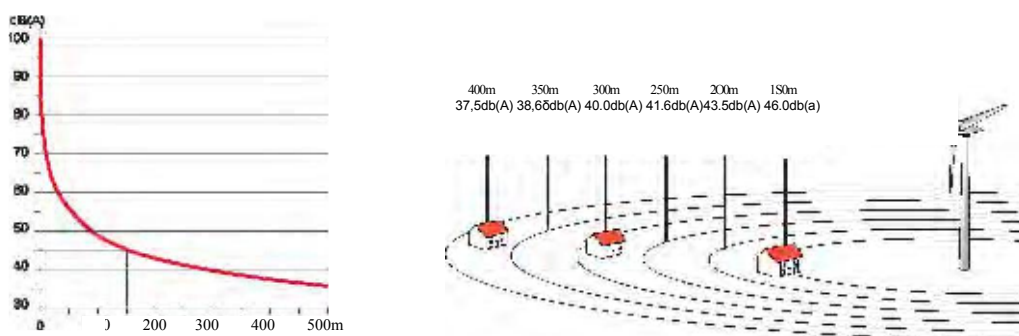
Στις Α/Γ, ο παραγόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε *δύο κατηγορίες*, ανάλογα με την προέλευσή του: *μηχανικός* και *αεροδυναμικός*.

Ο **μηχανικός** θόρυβος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κ.ά.). Ο **αεροδυναμικός** προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι σύγχρονες Α/Γ είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις γίνονται όλο και πιο αθόρυβες.

Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή, είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν πλέον ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδοντωτής) ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης, ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με

ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Αντίστοιχα, ο αεροδυναμικός αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, οι οποίοι δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωσή του.



Σχήμα: Απόσβεση θορύβου Α/Γ σε συνάρτηση με την απόσταση(7)

Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μια Α/Γ σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200m είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο περιβάλλον θορύβου μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500m από οικισμούς, το επίπεδο θορύβου γίνεται ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός οικιακού ψυγείου σε ένα σχετικά ήσυχο καθιστικό σπιτιού. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι Α/Γ, ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου πάνω σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε χαμηλού επιπέδου θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τη θέση των «οικοπέδων» που συνήθως εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα - σε κορυφογραμμές και μακριά από κατοικημένες περιοχές - μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν σημαντική αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των γεωγραφικών ορίων τους.

Ο πιο εύκολος και αποτελεσματικός τρόπος για να πεισθεί κανείς για το ζήτημα του θορύβου είναι μια επίσκεψη σε ένα αιολικό πάρκο μια μέρα που οι Α/Γ βρίσκονται σε κανονική λειτουργία. Πρέπει δε να αναφερθεί ότι πολλές φορές επισκέπτες σε αιολικά πάρκα, οι οποίοι έχουν διαβάσει υπερβολικά σχόλια στον Τύπο για το πρόβλημα του θορύβου, δηλώνουν ότι εκπλήσσονται για το πόσο ήσυχες είναι οι Α/Γ στην πραγματικότητα.

Χλωρίδα – πανίδα

Τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα, στη μεγάλη τους πλειονότητα, μέχρι σήμερα εγκαθίστανται σε ορεινές θέσεις με αραιή θαμνώδη βλάστηση, η οποία οφείλεται, ως ένα βαθμό, στις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες (δηλαδή στις υψηλές ταχύτητες του ανέμου). Η παρουσία υψηλής βλάστησης σε μια περιοχή (συστάδες δένδρων και δασώδεις εκτάσεις) δεν προσφέρεται για εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού, δεδομένου ότι επιβραδύνει τη ροή του ανέμου. Έτσι οι θέσεις αυτές κρίνονται μη ελκυστικές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Η συνηθέστερη χρήση γης στις θέσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι η βοσκή αιγοπροβάτων, η οποία δεν διαταράσσετε από τη λειτουργία των Α/Γ. Σε πολλές χώρες είναι συνήθης εικόνα η βοσκή αγελάδων σε χορτολιβαδικές εκτάσεις δίπλα σε Α/Γ. Σπανιότερα, στις θέσεις αυτές εντοπίζονται ίχνη εγκαταλελειμμένων καλλιεργειών μικρής απόδοσης. Άλλωστε, επειδή δεν απαιτείται περίφραξη της έκτασης για την εγκατάσταση των Α/Γ, καθόσον σύνολο του εξοπλισμού τους είναι απροσπέλαστο

και προστατευόμενο, όλες οι υφιστάμενες χρήσεις γης μπορούν να συνεχιστούν εκεί χωρίς εμπόδια.

Σε κάποιες κοινότητες έχουν εκφρασθεί φόβοι για διάβρωση του εδάφους από τα έργα εγκατάστασης αιολικών πάρκων και τη διάνοιξη οδών σε ορεινές περιοχές. Με σωστό προγραμματισμό και κατάλληλες τεχνικές επεμβάσεις τα πιθανά προβλήματα αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά. Αντίστοιχα προβλήματα αντιμετωπίζονται και κατά την εγκατάσταση χιονοδρομικών κέντρων σε ορεινές περιοχές. Η τεχνογνωσία για την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων μπορεί να εφαρμοσθεί και στην περίπτωση των αιολικών πάρκων.

Σε ότι αφορά στην πανίδα, τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές προσκρούουν σε κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Κύρια αιτία ανησυχίας στην περίπτωση μας είναι οι πιθανές θανατώσεις πουλιών από πρόσκρουση σε Α/Γ αλλά και σε εναέρια καλώδια και άλλες εγκαταστάσεις που πλαισιώνουν τα αιολικά πάρκα. Ως δευτερεύοντα προβλήματα αναφέρονται επίσης η υποβάθμιση των ενδιατημάτων των πουλιών και η ενόχλησή τους από την κατασκευή και τη λειτουργία των αιολικών πάρκων.

Οι πιθανές προσκρούσεις ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος των Α/Γ, την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων και πολλούς άλλους παράγοντες που συνδέονται με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους. Η σημασία του σωστού σχεδιασμού είναι πολύ σημαντική για την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων, Ωστόσο, στην πλειονότητα των αιολικών πάρκων οι αρνητικές επιπτώσεις τους στους πληθυσμούς των πουλιών είναι από πολύ μικρές έως αμελητέες.

Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι Α/Γ λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανός ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις Α/Γ προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανάκλασεων. Τα βασικότερα σήματα που μπορεί να επηρεασθούν είναι:

- Τηλεοπτικές μεταδόσεις.
- Συνδέσεις μικροκυμάτων, που χρησιμοποιούνται από μεγάλους οργανισμούς για επικοινωνίες.
- VHF Omni-directional Ranging (VOR), που χρησιμοποιείται στην αεροπλοΐα.
- Συστήματα προσγείωσης με όργανα (ILS), που χρησιμοποιούνται από αεροσκάφη κατά την προσέγγιση για προσγείωση.

Το πρόβλημα αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά Α/Γ που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων Α/Γ κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίταση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνο εφόσον διερευνηθεί κατά πόσο επηρεάζονται οι ραδιοτηλεπικοινωνιακές ή στρατιωτικές /αεροπορικές εγκαταστάσεις (Αριθμ. 1726 - ΦΕΚ552/Β/2003). Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικό κόστος από τον κατασκευαστή του αιολικού πάρκου με μια σειρά απλών

τεχνικών μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με τη συμβατότητα και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει να αναφερθεί, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των Α/Γ όχι μόνο δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία.

Όσο αφορά στις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, όπως φαίνεται και από την περιγραφή των τμημάτων της Α/Γ, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαν να «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 50-80m πάνω από το έδαφος. Για τον λόγο αυτόν δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της Α/Γ,

Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Στις νέες Α/Γ μεγάλης ισχύος ο μετασχηματιστής βρίσκεται στην άτρακτο, σε ύψος τουλάχιστον 60m από το έδαφος. Μπορούμε, λοιπόν, να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας η ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις Α/Γ δεν ευσταθούν.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται κωδικοποιημένα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αιολικής ενέργειας και τα γενικά μέτρα αντιμετώπισης που μπορούν να εφαρμοστούν.

Περιβαλλοντικά Θέματα Μονάδων Αιολικής Ενέργειας		
Θετικές επιδράσεις	Επιπτώσεις	Προτάσεις
Απουσία εκπομπών (CO₂, NO_x, SO₂)	Θόρυβος	Χρήση σύγχρονης τεχνολογίας Α/Γ (κατάλληλη σχεδίαση των πτερυγίων, ελάχιστη επιβάρυνση από μηχανικούς θορύβους). Τακτική συντήρηση των Α/Γ και του εξοπλισμού. Έγκαιρη εκτίμηση της επιβάρυνσης του πάρκου στο ακουστικό περιβάλλον. Μετρήσεις θορύβου κατά τη λειτουργία του πάρκου.
	Οπτική όχληση	Κατάλληλη χωροθέτηση των Α/Γ και του πάρκου γενικά (χρήση τεχνικής για εντοπισμό της Ζώνης Οπτικής όχλησης - Zone of Visual Impact, κατάλληλη επιλογή της μορφής των Α/Γ). Κατάλληλος χρωματισμός των Α/Γ συμβατός με το περιβάλλοντος περιοχής. Κατάλληλη επιλογή ρυθμού κίνησης των πτερυγίων.
	Ορνιθοπανίδα	Κατάλληλη χωροθέτηση Α/Γ και του πάρκου. Ενδελεχείς εξέταση στην περίπτωση που εντοπιστεί διάδρομος μετακίνησης πουλιών ή ενδιαιτήματα πανίδας.
	Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές	Χρήση κατάλληλων πτερυγίων (fiber blades).
	Χρήση γης	Διπλή χρήση της περιοχής (το 99% της περιοχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλες χρήσεις όπως π.χ. τη γεωργία ή τη βοσκή).
	Σύνδεση με το δίκτυο	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. αποκατάσταση περιοχής, επιλογή υπόγειων καλωδιώσεων υπέργειων εργασιών).
	Οδικό δίκτυο	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. χρήση του υφιστάμενου δικτύου όπου είναι εφικτό, κατάλληλη διάνοιξη δρόμων, αποκατάσταση πρανών και φυσικής βλάστησης, συντήρηση του οδικού δικτύου).

4.2 Ειδικότερα Περιβαλλοντικά Θέματα Φωταβολταϊκών Συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα έχουν αθόρυβη λειτουργία, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες, δυνατότητα αποθήκευσης της

παραγόμενης ενέργειας (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές) και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.

Οι ενδεχόμενες επιπτώσεις που μπορεί να έχει η χρήση και η τελική διάθεση των Φ/Β έχουν εξεταστεί ενδελεχώς εδώ και αρκετά χρόνια, αφού εκατομμύρια συστήματα βρίσκονται ήδη εγκατεστημένα σε όλο τον κόσμο. Οι επιπτώσεις διακρίνονται σε αυτές που αφορούν:

- Στη λειτουργική περίοδο των Φ/Β.
- Στην τελική διάθεση των Φ/Β μετά το πέρας του ωφέλιμου χρόνου ζωής τους (ο οποίος ανέρχεται σε 30 χρόνια περίπου).

Λειτουργική περίοδος Φ/Β

Κατά τη λειτουργία τους, τα Φ/Β δεν προκαλούν καμία περιβαλλοντική όχληση, αφού είναι αθόρυβα, δεν εκλύουν ρύπους και δεν παράγουν απόβλητα. Αντιθέτως, η εγκατάσταση Φ/Β συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος με την υποκατάσταση ρυπογόνων ενεργειακών πόρων. Επιπλέον, λόγω της φύσης των χρησιμοποιούμενων υλικών (τα οποία προσομοιάζουν σε κοινά δομικά υλικά), τα Φ/Β μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα στο κέλυφος των κτηρίων ή/και σε ελεύθερα οικοπέδα εντός οικισμών, χωρίς να δημιουργούν προβλήματα αισθητικής φύσης (βλ. περισσότερα στις τεχνικές προδιαγραφές). Αντίθετα μάλιστα, τα Φ/Β προσφέρονται για καινοτόμες και δημιουργικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές,

Πιθανή βλάβη στις συστοιχίες συσσωρευτών των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων είναι δυνατόν να προκαλέσει σχετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως έκρηξη, διαφυγή επικίνδυνων αερίων και ουσιών, Για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας βλάβης στις συστοιχίες συσσωρευτών, απαιτείται τακτικός έλεγχος των συσσωρευτών, αερισμός, ειδική ηλεκτρική εγκατάσταση στον χώρο των συσσωρευτών και αυτόματο σύστημα ανίχνευσης αερίων.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τυχόν απαιτήσεις για τη διάνοιξη δρόμων και επέκταση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζονται με τα μέτρα που συνήθως απαιτούνται κατά την κατασκευή και λειτουργία των δικτύων αστών.

Τελική διάθεση Φ/Β

Σε ότι αφορά στο στάδιο της **τελικής διάθεσης** των Φ/Β, αυτό αντιμετωπίζεται πλέον και νομοθετικά, μιας και είναι υποχρεωτική η ανακύκλωση των πλαισίων, των συσσωρευτών (εάν υπάρχουν) και των ηλεκτρονικών μερών του συστήματος. Ήδη, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, έχει δημιουργηθεί η πρώτη μονάδα ανακύκλωσης Φ/Β πλαισίων (στη Γερμανία), αν και ο μεγάλος όγκος «απορριμμάτων» προς ανακύκλωση αναμένεται μετά από δύο τουλάχιστον δεκαετίες.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται κωδικοποιημένα τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τα Φ/Β συστήματα και τα μέτρα αντιμετώπισης ανεπιθύμητων καταστάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν.

Περιβαλλοντικά Θέματα Φωταβολταϊκών Συστημάτων

Περιβαλλοντικά Θέματα Φωταβολταϊκών Συστημάτων		
Θετικές επιδράσεις	Επιπτώσεις	Προτάσεις
Αποφυγή εκπομπών CO ₂ .	Χρήση γης; απαίτηση μεγάλων εκτάσεων σε περίπτωση κεντρικών συστημάτων.	Κατάλληλη χωροθέτηση: Χρήση σε απομονωμένες περιοχές - αποφυγή ευαίσθητων οικολογικά περιοχών. Ενσωμάτωση σε μεγάλα κτήρια.

Απουσία θορύβου.	Αισθητική ένταξη.	Κατάλληλη χωροθέτηση: Ενσωμάτωση των Φ/Β ως δομικών στοιχείων του κτηρίου.
Απουσία μεγάλων καλωδιώσεων	Κατασκευαστική φάση (αναφέρεται σε μεγάλα συστήματα/Β).	Εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών τοποθέτησης. Αποκατάσταση του χώρου. Αποφυγή εγκατάστασης σε ευαίσθητες περιοχές.
	Χρήση τοξικών και εύφλεκτων υλικών (κατά τη διάρκεια της κατασκευής των στοιχείων).	Εφαρμογή βέλτιστων βιομηχανικών πρακτικών και κατάλληλης διάθεσης αποβλήτων. Τήρηση κανόνων υγιεινής και ασφαλείας.

Η Φ/Β τεχνολογία είναι μια από τις καθαρότερες και ασφαλέστερες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συνυπολογιζόμενη και της διαδικασίας κατασκευής των Φ/Β πλαισίων. Οι πρώτες ύλες κατασκευής Φ/Β στοιχείων και πλαισίων είναι κυρίως αδρανή υλικά, όπως πυρίτιο, γυαλί, αλουμίνιο κ.λπ.. Για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Φ/Β αποφεύγεται η έκλυση περίπου 0,9kg ρύπων στην ατμόσφαιρα, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αλλά και διοξειδίου του θείου (SO₂), μονοξειδίου του άνθρακα (CO), οξειδίων του αζώτου (NO_x) και υδρογονανθράκων, που θα εκπέμπονταν αν χρησιμοποιούνταν συμβατικά καύσιμα.

Τα οφέλη από τη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή των Φ/Β σε κτήρια είναι πολλαπλά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Με τη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή των Φ/Β σε κτήρια, θα αυξηθεί σημαντικά το ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β, συμβάλλοντας στην επίτευξη των στόχων του Κιότο για μείωση των εκπομπών που προκαλούντο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Μια σημαντική παράμετρος είναι η δέσμευση γης για τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς, όταν οι υποδομές γίνονται πάνω στο έδαφος (περίπου 16 στρέμματα ανά MWp). Η χρήση γης μπορεί να μειωθεί, όταν τα Φ/Β τοποθετούνται σε ύψος με χρήση κατακόρυφου άξονα στήριξης. Η χρήση γης αποφεύγεται πλήρως, όταν τα Φ/Β συστήματα εγκαθίστανται σε επιφάνειες κτιρίων. Εκτιμάται ότι το διαθέσιμο δυναμικό από την εκμετάλλευση κατάλληλων επιφανειών σε οροφές κτιρίων στην Ευρώπη ανέρχεται σε 600GWp. Στην Ελλάδα, η συνολική ηλιακά εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια σε οροφές κτιρίων εκτιμάται στα 80km².

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των Φ/Β είναι η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας. Άλλα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- Μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων (πάνω από 25 χρόνια).
- Αθόρυβη λειτουργία.
- Μη κινητά μέρη.
- Χαμηλό μεταφορικό κόστος.
- Μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.
- Δυνατότητα ενσωμάτωσης τους σε οροφές και προσόψεις κτηρίων ως κύρια δομικά στοιχεία, σε περίπτωση έλλειψης χώρου.
- Δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Η ανάπτυξη των Φ/Β εφαρμογών έχει πολλαπλά οφέλη για τους καταναλωτές, την εταιρεία ηλεκτρισμού και την εθνική οικονομία. Συγκεκριμένα έχουμε:

- Αξιοποίηση μιας εγχώριας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, που βρίσκεται σε αφθονία, με συμβολή στην ασφάλεια παροχής ενέργειας και στη μείωση των διακοπών ρεύματος.

- Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου στις ώρες των μεσημβρινών αιχμών, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο έλλειψης ή πολύ υψηλού κόστους αιχμής, όπου τα Φ/Β παράγουν το μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μείωση των απωλειών του δικτύου με την παραγωγή στον τόπο της κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο δίκτυο.
- Αύξηση του τουρισμού, λόγω καθαρότερου περιβάλλοντος και θετικής εικόνας των προορισμών με Φ/Β (οικολογικός τουρισμός), ιδιαίτερα στα νησιά.
- Κοινωνική προσφορά του παραγωγού/καταναλωτή και συμβολή του στη βιώσιμη ανάπτυξη.
- Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με έντονη συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.
- Ανάπτυξη βιομηχανικών δραστηριοτήτων, εντός και εκτός της χώρας στους κλάδους της κατασκευής Φ/Β, ανάπτυξης ηλεκτρονικών ισχύος και παραγωγής μπαταριών για Φ/Β εφαρμογές.
- Η ανάπτυξη των Φ/Β συμβάλλει επίσης στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Είναι χαρακτηριστικό ότι για κάθε νέο μεγαβάτ (MW) Φ/Β δημιουργούνται περίπου 50 νέες θέσεις εργασίας (20 στην κατασκευή Φ/Β και 30 στην εμπορία, εγκατάσταση και παροχή των συναφών υπηρεσιών).

Βιβλιογραφία

1. Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Ενρίορπλη μελετητική σύμβουλοι αναπτυξιακών και τεχνικών έργων ΑΕ Φεβρουάριος 2007.
2. Guide for the Training of Engineers in the Electricity Production Technologies from Renewable Energy Sources, ΚΑΠΕ, ECOLES DES MILES DE PARIS, ZREU. Αθήνα Αύγουστος 2001.
3. Παπακωσταντίνου Απόστολος (2004) Το νομικό καθεστώς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας νόμος και φύση.
4. ΚΑΠΕ (1997), Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας & Περιβάλλον, Οδηγός στα πλαίσια του προγράμματος «Ε.Π.Ε.3.4.6.»
5. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ <http://www.rae.gr/>
6. SelasEnergy <http://www.selasenergy.gr/>
7. Οδηγός ΥΠΑΝ «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις πάρκων αιολικής ενέργειας»
8. Οδηγός ΥΠΑΝ «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις φωτοβολταϊκής τεχνολογίας»
9. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/electricity.html>
10. Υπουργείο Ανάπτυξης :<http://www.ypan.gr/>
11. ΚΑΠΕ (1997), Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας & Περιβάλλον, Οδηγός στα πλαίσια του προγράμματος «Ε.Π.Ε.3.4.6.»
12. ΚΑΠΕ (1998). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Αιολική Ενέργεια, Πρόγραμμα ALTENER
13. ΚΑΠΕ (1998). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα, Πρόγραμμα ALTENER
14. ΚΑΠΕ (1998). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Πρόγραμμα ALTENER