

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.  
Επιβλέπων: ΗΡΑΚΛΗΣ ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ, Καθηγητής Εφαρμογών**

**ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ 100 kw**

**ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΔΡΙΤΣΑΣ  
33843**

**ΑΙΓΑΛΕΩ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2017**

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	1\
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b> .....	2
«Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ενέργεια» .....	2
1.1 Το ενεργειακό Πρόβλημα .....	2
1.2 Ενεργειακή ή οικονομική κρίση .....	9
1.3 Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου .....	12
1.4 Το Πρωτόκολλο του Κιότο .....	13
1.5 Πράσινη Οικονομία: Μια νέα μορφή Οικονομίας .....	21
1.6 Ανάπτυξη χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα και συνεργατική οικονομία .....	30
1.7 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ΑΠΕ .....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	42
«Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας –Φωτοβολταϊκά Συστήματα» .....	42
2.1 Ένταξη της ανανεώσιμης ενέργειας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας .....	42
2.2 Ηλιακή Ενέργεια .....	51
2.3 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο .....	54
2.4 Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Συστήματος .....	58
2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φ/Β Συστήματος .....	59
2.6 Τύποι Φ/Β Στοιχείων .....	59
2.7 Δομή και Λειτουργία Φ/Β Συστήματος .....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b> .....	66
«Inverters» .....	66
3.1 Εισαγωγή .....	66

3.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός μετατροπέα .....	67
3.3 Πλευρά εξόδου του μετατροπέα (Output Side) .....	68
3.4 Συνδεσμολογίες Inverter-Πάνελ .....	69
3.5 Δομές Φ/Β αντιστροφών .....	73
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b> .....	<b>77</b>
«Μελέτη Εγκατάστασης» .....	77
4.1 Εισαγωγή .....	77
4.2 Υπολογισμός Φ/Β μονάδας-Διαστασιολόγηση .....	77
4.3 Χωροταξική διάταξη των Βάσεων Επισκόπηση χώρου-Μελέτη σκίασης .....	78
4.4 Ομαδοποίηση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων .....	80
4.5 Διαστασιολόγηση καλωδιώσεων .....	82
4.6 Λοιπός Εξοπλισμός Καλωδίων .....	82
4.7 Εργασίες Διαμόρφωσης χώρου .....	84
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup></b> .....	<b>87</b>
«Κοστολόγηση Έργου» .....	87
5.1 Οικονομική Ανάλυση .....	87
5.2 Δυνατότητες Χρηματοδότησης .....	87
5.3 Κοστολόγηση έργου .....	88
Συμπεράσματα .....	93
Βιβλιογραφία .....	95

## Περίληψη

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή “ήπιες μορφές ενέργειας” είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η ενέργεια νερού, ηλιακή, αιολική, βιομάζα μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων Ως Α.Π.Ε. θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα). Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στη μελέτη εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού πάρκου 1000 KW. Η μελέτη περιλαμβάνει έρευνα σχετικά με την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης στον τομέα της ενέργειας, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - τη χρήση τους-, καθώς και τη βελτιστοποίηση της ολικής ακτινοβολίας που προσλαμβάνεται από την επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων και στη συνέχεια διαστασιολόγηση και καθορισμό των παραγόντων του προς εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

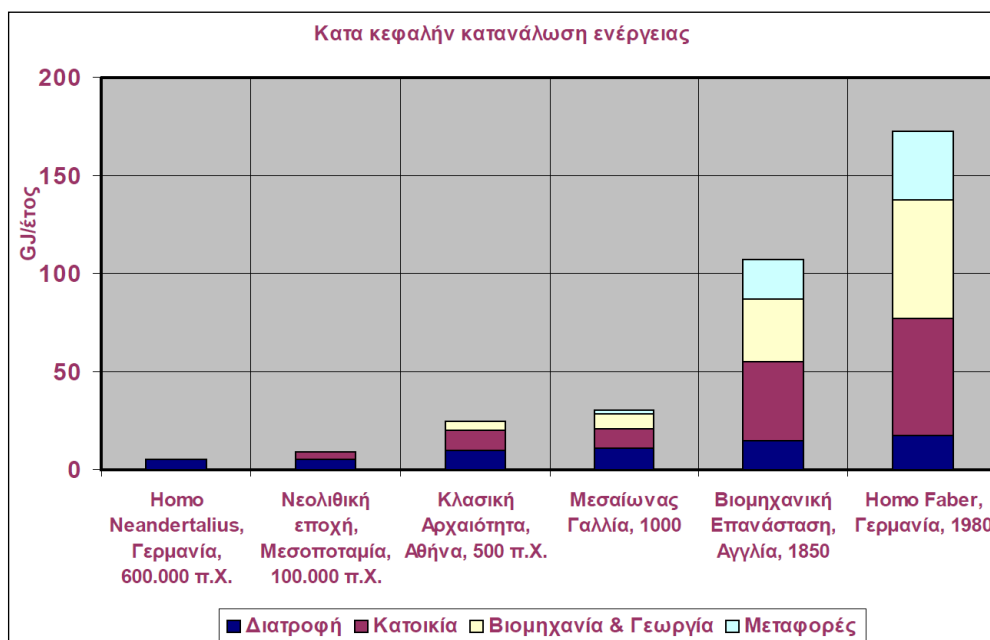
### «Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ενέργεια»

#### 1.1 Το ενεργειακό Πρόβλημα

«Ως Βιομηχανική Επανάσταση μπορεί να οριστεί η διαδικασία εκείνη, μέσω της οποίας η κοινωνία απέκτησε τον έλεγχο τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας, ασύλληπτων για τον προηγούμενο βουκολικό κόσμο, που βρίσκονταν ενσωματωμένες σε, ως τότε, νεκρή ύλη».

Ο ορισμός αυτός, παρ' ότι αναφέρεται σε μία συνιστώσα μόνο της Βιομηχανικής Επανάστασης, δίνει το στίγμα της σημασίας της έννοιας "ενέργεια" η οποία προσδιορίζει καθοριστικά την ποιότητα αν όχι την ίδια τη ζωή της ανθρώπινης κοινωνίας του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Σχήμα 1.1: Εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας



Πηγή: Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Παπαδόπουλος, 2002, Κεφ. 1., σελ.11.

Σχηματικά, και καθόλου υπερβολικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ύπαρξη και χρήση τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας, με τον τρόπο που αυτό συμβαίνει στις χώρες του αναπτυγμένου δυτικού κόσμου, σηματοδοτεί τη διαφορά ανάμεσα σ' αυτόν και τον αναπτυσσόμενο τρίτο κόσμο όσο και την ασύγκριτη εξέλιξη αυτού του ίδιου από την εποχή του Μεσαίωνα ως σήμερα. Αυτό αποτυπώνεται άλλωστε και στην ιστορική εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας, που φαίνεται στο Σχήμα 1.1 (Παπαδόπουλος, 2002).

Η Βιομηχανική Επανάσταση σηματοδοτεί την απαρχή της δημιουργίας του κράτους, της πόλης και της ζωής με τη σημερινή τους έννοια. Η μετάβαση από τη φεουδαρχία, τη ζωή στην ύπαιθρο και τις μικρές πόλεις-συναλλακτικά κέντρα στη βιομηχανική και τη μεταβιομηχανική κοινωνία, τις πόλεις-παραγωγούς και τον αστικό τρόπο ζωής, είναι μια από τις δραματικότερες και συντομότερα συντελεσθείσες αλλαγές στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι μεταβολές από την κλασική αρχαιότητα ως το Μεσαίωνα είναι πολύ λιγότερες απ' ό,τι αυτές ανάμεσα στον 18<sup>ο</sup> και τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Η περίοδος της Αναγέννησης και των ανακαλύψεων απέφερε πλούσιες γνώσεις, αλλά ελάχιστες πρακτικές διαφοροποιήσεις στην καθημερινή ζωή του ανθρώπινου γένους στο σύνολό του. Αντίθετα, η δημιουργία της βιομηχανίας και η εμφάνιση του καπιταλισμού και του κομμουνισμού, ως κυρίαρχα και αντιμαχόμενα οικονομικά και πολιτικοκοινωνικά συστήματα, σηματοδοτεί τη μετάβαση σε μία τελείως διαφορετική μορφή κοινωνικού βίου, αυτήν της βιομηχανικής κοινωνίας. Εξίσου ραγδαία, όμως, είναι και η αρνητική πλευρά αυτής της πορείας, όπως έχει αρχίσει να αποτυπώνεται με τη μορφή περιβαλλοντικών προβλημάτων, κυρίως την τελευταία εικοσαετία.

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας αποτέλεσε την περίοδο των εντονότερων μεταβολών που έχει καταγράψει ως τώρα η ιστορία ή, ακόμη, αποτέλεσε τον «αιώνα του εμφράγματος» εξαιτίας του ραγδαίου ρυθμού των γεγονότων. Το θέμα της ενέργειας παραμένει στο επίκεντρο του αιώνα αυτού, θα καθορίσει αναμφίβολα τις εξελίξεις του επόμενου και μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις διαφορετικές απόψεις (Παπαδόπουλος, 2002):

i. Της εξασφάλισης της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για την κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας.

- ii. Του κόστους αυτής της ενέργειας.
- iii. Των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της.

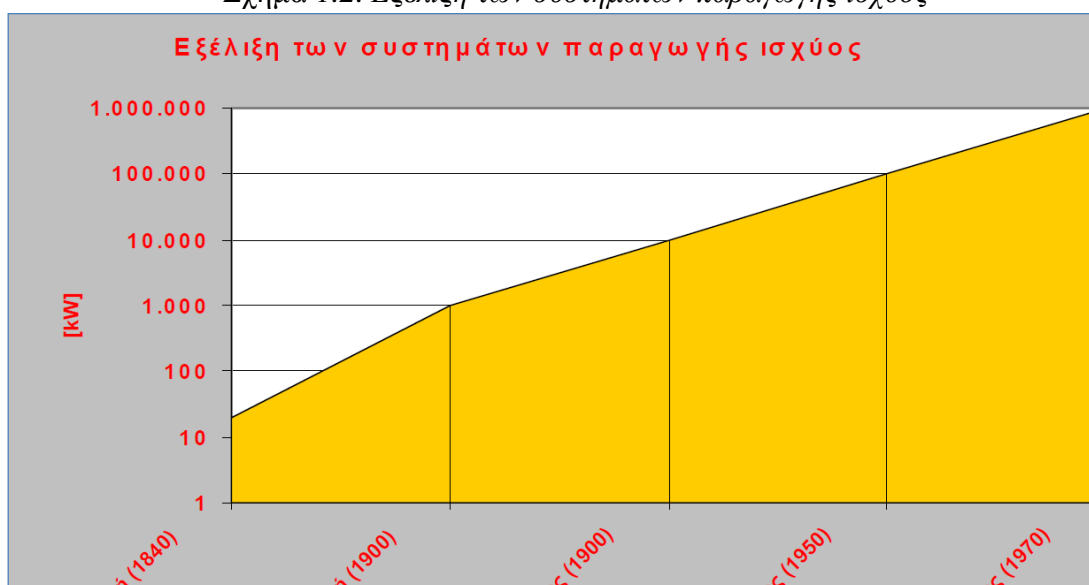
Αυτές οι τρεις απόψεις συνθέτουν ό,τι έχει γίνει ευρύτερα γνωστό με τον όρο «ενεργειακό πρόβλημα». Αποτελούν, επομένως, το απαραίτητο υπόβαθρο που πρέπει να αναλυθεί προτού κανείς μπορέσει να ασχοληθεί με το πρόβλημα της χρήσης και διαχείρισης ενεργειακών πόρων και της αξιολόγησης ενεργειακών συστημάτων.

Ωστόσο, η «ενέργεια», με την έννοια της διαθεσιμότητας ενεργειακών πόρων δεν επαρκεί από μόνη της. Προϋπόθεση για την ενεργειακή επάρκεια είναι η ύπαρξη του κατάλληλου συστήματος που θα μπορέσει να μετατρέψει τη διαθέσιμη ενέργεια σε ωφέλιμη ισχύ – κι αυτό έναντι ενός αποδεκτού κόστους.

Αυτό το τρίγωνο αποτελεί τον πυρήνα του μαθήματος της Οικονομικής Ανάλυσης Ενεργειακών Συστημάτων. Μπορούμε επομένως να ορίσουμε ως ενεργειακό σύστημα τη διάταξη εκείνη που μετατρέπει την οργανική ή ανόργανη ύλη σε μορφές ενέργειας μεταφέρσιμες, αποθηκεύσιμες και τελικά αξιοποιήσιμες υπό μορφή ισχύος από τον καταναλωτή, για την παραγωγή ωφέλιμου έργου (Παπαδόπουλος, 2002).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε την ανάπτυξη διαθέσιμης ισχύος με εκθετικό ρυθμό τους τελευταίους δύο αιώνες. Από το Σχήμα 1.2 που ακολουθεί, και στο οποίο η κλίμακα της ισχύος στον άξονα των y είναι λογαριθμική, προκύπτει ότι από το 1840 ως σήμερα η τυπική «μηχανή», το τυπικό ενεργειακό σύστημα παραγωγής ισχύος της εποχής του, αύξησε με σχεδόν γραμμικό τρόπο την ισχύ του από 1 σε 1.000.000 kW.

Σχήμα 1.2: Εξέλιξη των συστημάτων παραγωγής ισχύος



Πηγή: Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Παπαδόπουλος, 2002, Κεφ.1., σελ.13.

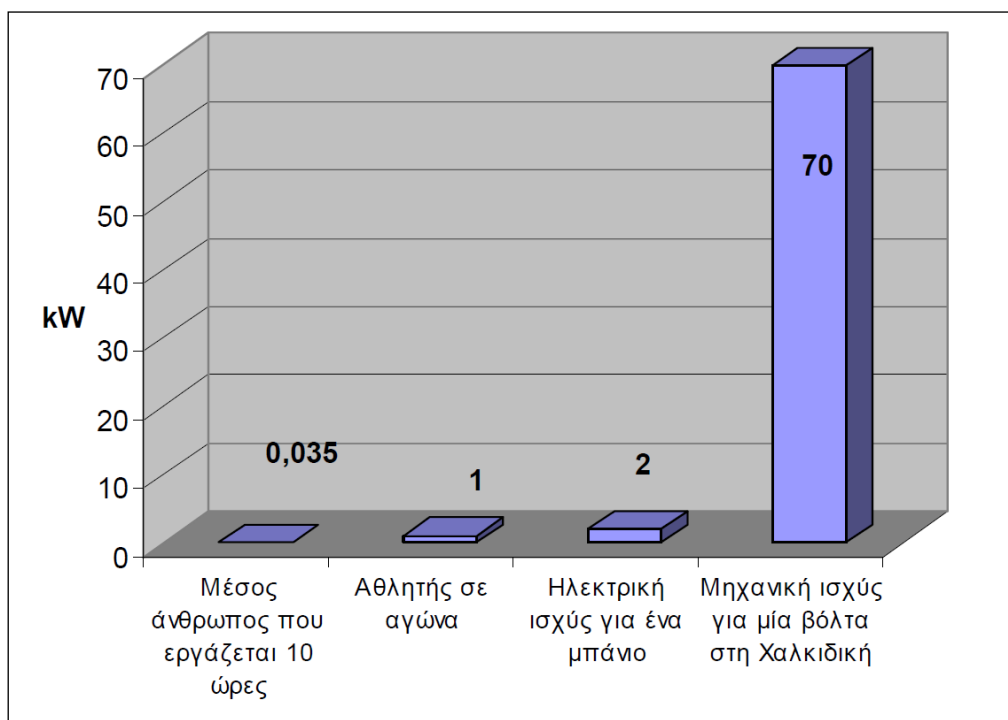
Κι αν η ισχύς του 1 kW φαίνεται, κατά τρόπο εύλογο, αμελητέα στον άνθρωπο του 2000 θα μπορούσαμε να την σεβαστούμε λίγο περισσότερο εξετάζοντας τη ισχύ του ανθρώπου σε σχέση με τις θεωρούμενες αυτονόητες απαιτήσεις της σύγχρονης ζωής μας, από τα στοιχεία που παρατίθενται στο Σχήμα 1.3 (Παπαδόπουλος, 2002).

Μπορεί κανείς να προσέξει ότι ο φυσιολογικός άνθρωπος αναπτύσσει στη διάρκεια της καθημερινής του εργασίας μια μέση ισχύ μόλις 0,035 kW. Ένας καλογυμνασμένος αθλητής αναπτύσσει στη διάρκεια της, σχετικά σύντομης, προσπάθειάς του την τριακονταπλάσια ισχύ του 1 kW. Η αύξηση της ισχύος είναι τεράστια, ωστόσο 1 kW απέδιδε η ατμομηχανή του 1840. Ταυτόχρονα, μια απλή διαδικασία όπως το καθημερινό μας μπάνιο απαιτεί ανάπτυξη ισχύος 2 kW, ή αλλιώς την ισχύ δύο αθλητών. Τέλος, η γρήγορη βόλτα ως τη Χαλκιδική απαιτεί ισχύ περίπου 70 kW. Αν επομένως περιγράψει κανείς τη διαθέσιμη ισχύ του 1 kW ως έναν ενεργειακό σκλάβο, τότε μπορούμε να κάνουμε τον εξής συλλογισμό: Η συνολική διαθέσιμη ισχύς που παρέχεται στους πολίτες μιας χώρας αποτελείται, εν πολλοίς, από το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και το σύνολο της ισχύος των οχημάτων μεταφοράς. Διαιρώντας αυτό το άθροισμα με τον πληθυσμό της χώρας προκύπτει η μέση κατά κεφαλήν διαθέσιμη ισχύς. Κι αν αυτήν την εκφράσουμε σε μονάδες kW μπορούμε να προσδιορίσουμε τον αριθμό των διαθέσιμων ενεργειακών σκλάβων. Έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσεις κανείς, από τα στοιχεία του Σχήματος 1.4, πόσους



ενεργειακούς σκλάβους έχει στη διάθεσή το ο μέσος Έλληνας, σε σχέση με τον μέσο πολίτη των ΗΠΑ ή τις Ινδίας (Παπαδόπουλος, 2002).

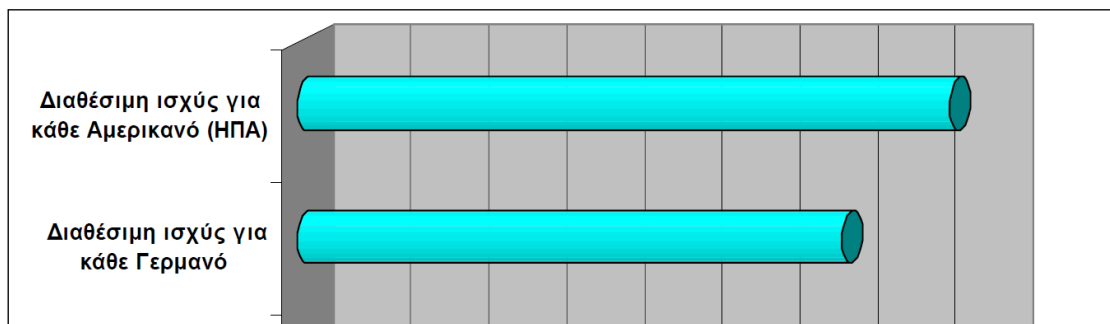
Σχήμα 1.3: Ανθρώπινη ισχύς και απαιτήσεις του ανθρώπου σε ισχύ



Πηγή: Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Παπαδόπουλος, 2002, Κεφ.1, σελ.13.

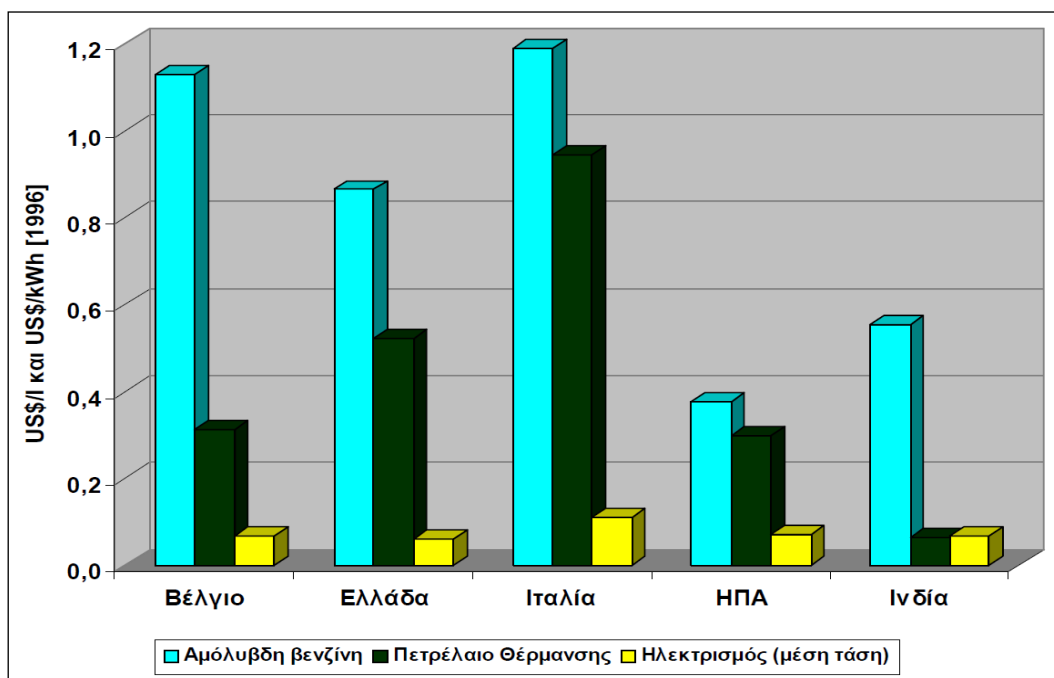
Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, το ενεργειακό σύστημα από μόνο του δεν επαρκεί. Απαιτείται η ύπαρξη του κατάλληλου ενεργειακού πόρου και βέβαια σε «λογικό» κόστος.

Σχήμα 1.4: Μέση διαθέσιμη κατά κεφαλήν ισχύς



Πηγή: Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Παπαδόπουλος, 2002, Κεφ.1., σελ.14.

Σχήμα 1.5: Τιμές διάθεσης ενέργειας

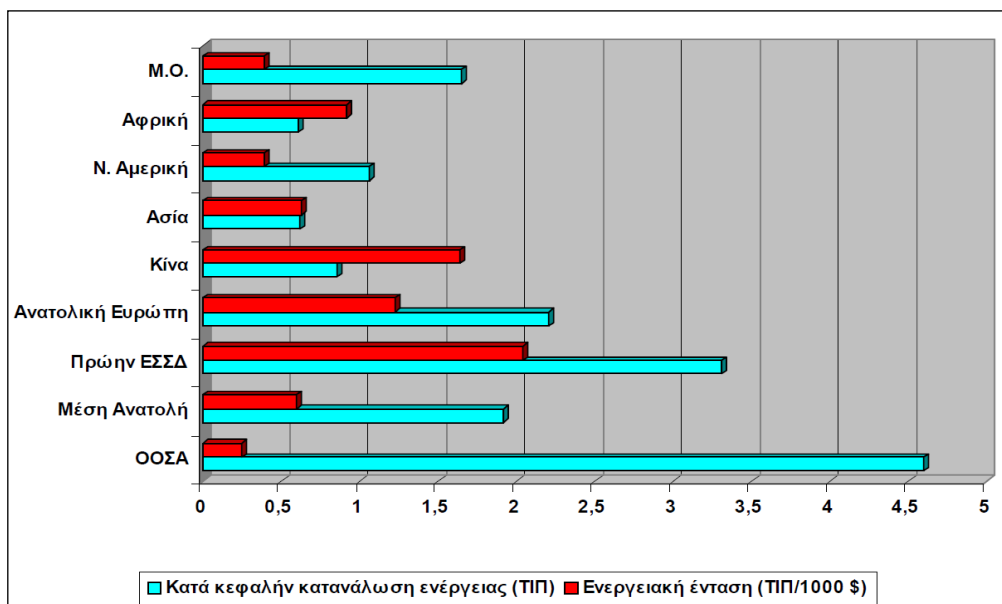


Πηγή: Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Παπαδόπουλος, 2002, Κεφ.1., σελ.15.

Παρατηρώντας τις τιμές διάθεσης αμόλυβδης βενζίνης, πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας στη μέση τάση σε πέντε χώρες του κόσμου (Σχήμα 1.5), και σε συνδυασμό με τα στοιχεία του προηγούμενου διαγράμματος (Σχήμα 1.4) μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι οι ΗΠΑ παρέχουν στους πολίτες τους όχι μόνο τους περισσότερους ενεργειακούς σκλάβους, αλλά και τη φθηνότερη ενέργεια. Αν μάλιστα αναλογιστεί κανείς ότι πρέπει να αναγάγει τις τιμές και βάσει του κατά κεφαλήν εισοδήματος, που στις ΗΠΑ είναι περίπου δυόμισι φορές υψηλότερο από την Ελλάδα, το οποίο με τη σειρά του είναι τρεις φορές υψηλότερο απ' ότι στην Ινδία, καταλήγει κανείς εύκολα στο συμπέρασμα ότι για τον μέσο Ινδό η ενέργεια είναι ουσιώδες αγαθό εν ανεπαρκεία, ελλείπει ισχύος και χρημάτων, ενώ για τον μέσο Αμερικανό είναι το πλέον αυτονόητο και προσιτό δεδομένο. Οι ευρωπαϊκές χώρες βρίσκονται, κατά τα ειωθότα, σε μία υψηλή μέση κατάσταση (Παπαδόπουλος, 2002)

Με αυτό το υπόβαθρο μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί η μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει τόσο έντονες διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6.

Σχήμα 1.6: Κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας και ενεργειακή ένταση



Πηγή: Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Παπαδόπουλος, 2002, Κεφ.1., σελ.16.

Η υψηλή κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας δεν αποτελεί, ωστόσο, από μόνη της τεκμήριο τεχνολογικής, κοινωνικής ή οικονομικής προόδου. Αντίθετα, μπορεί να αποτελεί ένδειξη ανεπάρκειας και σπατάλης, αφού σημασία δεν έχει να καταναλώνει κανείς ενέργεια, αλλά να παράγει με αυτήν ωφέλιμη έργο. Έτσι μπορούμε να δούμε το δείκτη ενεργειακής έντασης, που εκφράζει το λόγο της κατανάλωσης ενέργειας προς το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν μίας χώρας, ή αλλιώς το σύνολο των παραγομένων αγαθών και υπηρεσιών. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις χώρες της πρώην ΕΣΣΔ, με τα πολλά τεχνολογικά και οικονομικά προβλήματα, απαιτείται περίπου η δεκαπλάσια ποσότητα ενέργειας για την παραγωγή μιας μονάδας ΑΕΠ απ' ότι στις χώρες του ΟΟΣΑ. Το ζητούμενο επομένως είναι ο προσδιορισμός, καταρχήν, και η βελτίωση, στη συνέχεια, της ενεργειακής απόδοσης (Παπαδόπουλος, 2002).

## **1.2 Ενεργειακή ή οικονομική κρίση**

Οι "ενεργειακές κρίσεις" του 1973 και του 1979, θεωρούνται ως όρος ορόσημο στην ενεργειακή πολιτική. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα χρόνια του Β' παγκοσμίου πολέμου. Σχεδόν όλες οι χώρες που συμμετείχαν σε αυτόν αναγκάστηκαν να επιβάλλουν κατά τη διάρκειά του αυστηρούς περιορισμούς στην κατανάλωση πετρελαίου, άνθρακα και ηλεκτρικής ενέργειας. Ήταν μια κατάσταση που είχε σημαντικές επιπτώσεις στον τρόπο ζωής των ανθρώπων, ήταν όμως αναπόφευκτη και θεωρήθηκε φυσιολογική και αυτονόητη στα πλαίσια των πολεμικών προσπαθειών.

Για την περιγραφή της χρησιμοποιήθηκε ο όρος "ενεργειακή κρίση" ("energy crisis"), ανταποκρινόμενος εύστοχα στην έλλειψη καυσίμων. Από τότε έχει συνηθιστεί να αποκαλείται ενεργειακή κρίση η αιφνίδια μείωση της διαθέσιμης ή παρεχόμενης ενέργειας και ο όρος έγινε ευρύτατα γνωστός στην δεκαετία του 1970 με τις κρίσεις του 1973 και του 1979. Στις πρόσφατες αυτές περιπτώσεις, ωστόσο, δεν έπαψε να ρέει η ενέργεια. Επρόκειτο

περισσότερο για έναν προσωρινό περιορισμό της διάθεσής της εξαιτίας της αλματώδους αύξησης του κόστους της, που θα μπορούσε να αποδοθεί πιο εύστοχα με τον όρο "ενεργειακή ανεπάρκεια" ("energy shortage"). Ανεξάρτητα, όμως, από την ονοματολογία το φαινόμενο είναι πολύ παλαιότερο και υπήρξε σε κάποιες ιστορικές περιόδους τουλάχιστον τόσο έντονο όσο και στην εποχή μας (Παπαδόπουλος, 2002).

Όταν, στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα το πετρέλαιο άρχισε να διεκδικεί από τον άνθρακα τα πρωτεία στο χώρο των ενεργειακών πηγών, η μετάβαση από την ατμομηχανή στη μηχανή εσωτερικής καύσης υπήρξε μια ομαλή διαδικασία που ολοκληρώθηκε στο διάστημα μιας περίπου εικοσαετίας. Δεν ανέκυψε ποτέ πρόβλημα εξάντλησης του άνθρακα, παρά μόνο η προοπτική της εκμετάλλευσης μιας πιο αποδοτικής τεχνολογικής δυνατότητας και της χρήσης μιας πιο περιεκτικής πηγής ισχύος. Το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο του πετρελαίου και η ευκολία και ευελιξία της χρήσης του το καθιέρωσαν σύντομα ως την κυριότερη ενεργειακή πηγή. Η εξάρτηση από αυτό, υπό "φυσιολογικές" συνθήκες έγινε κοινή συνείδηση μερικές δεκαετίες αργότερα. Το χειμώνα του 1973 και το φθινόπωρο του 1979 δεν εξαντλήθηκε το πετρέλαιο, ούτε σταμάτησε η άντληση και η μεταφορά του στις χώρες της Ευρώπης, ενώ τα ελεύθερα διαθέσιμα αποθέματα φυσικού αερίου και άνθρακα υπερέβαιναν κατά πολύ τις ανάγκες αυτών των χωρών. Υπό αυτήν την έννοια οι "ενεργειακές κρίσεις" του 1973 και του 1979 δεν υπήρξαν ποτέ κρίσεις έλλειψης πρωτογενούς ενέργειας, παρά μόνο συνέπεια των απότομων αυξητικών μεταβολών στην τιμή των υγρών, και μόνο, καυσίμων στην παγκόσμια αγορά, λόγω οικονομικών και πολιτικών συγκυριών, όπως ήταν ο αραβο-ισραηλινός πόλεμος και η πτώση του καθεστώτος του Σάχη στο Ιράν. Ο αντίκτυπος των αυξήσεων αυτών στην οικονομία υπήρξε ιδιαίτερα σημαντικός, όπως μεγάλος ήταν κι ο πανικός που προκλήθηκε στην κοινή γνώμη ολόκληρου του δυτικού κόσμου μπροστά στην πιθανότητα και μόνο διακοπής της ροής του πετρελαίου, κι όχι αδικαιολόγητα.

Η οικονομική ανάπτυξη της μεταπολεμικής περιόδου βασίστηκε στην δεδομένη επάρκεια ενέργειας μιας συγκεκριμένης μορφής και τη συνεχή αύξηση της κατανάλωσής της από ολοένα και περισσότερα βιομηχανικά προϊόντα, κι όλα αυτά έναντι ενός ελάχιστου

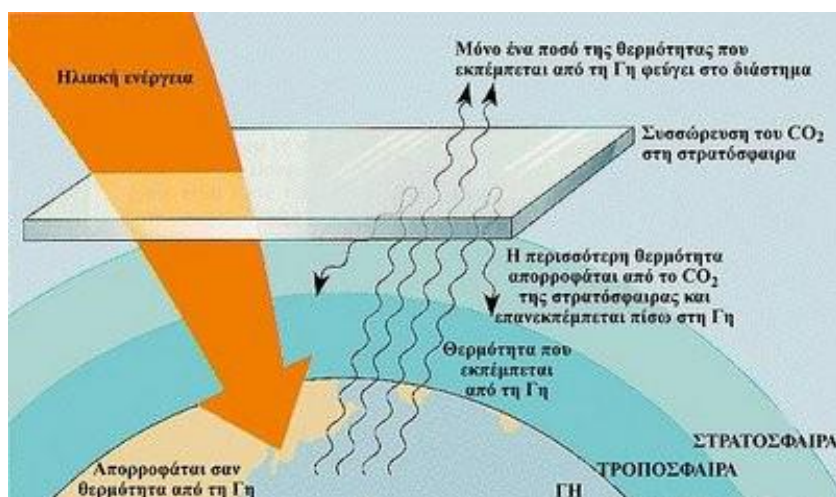
αντιτίμου: το βαρέλι του πετρελαίου στοίχιζε 2.60 \$ Η.Π.Α. το 1948 και 3.39 \$ το 1972. Σε σταθερές δε τιμές, με βάση το δείκτη των Η.Π.Α., το κόστος το 1972 ήταν μόλις 1.85 \$, είχε μειωθεί δηλαδή κατά σχεδόν 30% σε 25 χρόνια. Παρότι το ενεργειακό κόστος στην Ευρώπη ήταν συγκριτικά υψηλότερο απ' ό τι στις Η.Π.Α., δεν έπαυε σε απόλυτες τιμές να είναι σχετικά χαμηλό. Το χαμηλό αυτό κόστος συνέβαλε σημαντικά στην βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη στο διάστημα 1950-1970. Η αλματώδης αύξηση το 1973-74 και οι έντονες μεταβολές της στο διάστημα 1979-1985 καταδεικνύουν το μέγεθος του προβλήματος. Η κατάσταση εξομαλύνθηκε στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1980- 90 και το πετρέλαιο στοίχιζε περίπου 15-17 \$ το βαρέλι, σε σταθερές τιμές επομένως ήταν λίγο ακριβότερο από τα επίπεδα του 1972. Η πολύπλοκη δομή του προβλήματος, τουλάχιστον από την οικονομική άποψη, φάνηκε και με την κρίση του Περσικού κόλπου το 1990/91. Η τιμή του πετρελαίου σημείωσε αρχικά μια αύξηση από τα 16\$ στα 27\$, για να πέσει όμως, ξανά, σύντομα στα 17\$. Η ανακούφιση διαδέχτηκε τους φόβους για δραστικά περιοριστικά μέτρα. Στη συνέχεια, και μετά την πλήρη αποδυνάμωση του ΟΠΕΚ, η τιμή συνέχισε να μειώνεται, φτάνοντας στα τέλη του 1998 τα 11\$, τιμή που σε παρούσα αξία είναι περίπου 2,5\$, δηλαδή ελάχιστα υψηλότερη αυτής του 1972. Στη διετία 1999-2000 η τιμή του πετρελαίου παρουσίασε μια απότομη αύξηση ξεπερνώντας ξανά τα 34\$. Αποδείχτηκε, με κάθε επιφύλαξη λόγω του μικρού χρόνου που έχει παρέλθει, μικρής έντασης, κυρίως επειδή η διαφοροποίηση της αγοράς ενέργειας (εξαιτίας του φυσικού αερίου και της πυρηνικής ενέργειας) έχουν καταστήσει το αγαθό «πετρέλαιο» πολύ πιο ελαστικό ως προς τη ζήτησή του, σε σχέση με τη δεκαετία του 1970 (Παπαδόπουλος, 2002).

Οι πιθανές μελλοντικές εξελίξεις της τιμής του πετρελαίου αποτελούν έναν από τους δυσκολότερους τομείς των προβλέψεων, με αποτέλεσμα να συναντώνται πάρα πολλά, και συχνά εξαιρετικά διαφορετικά μεταξύ τους, σενάρια. Η ζωή του μέσου ανθρώπου το 2000 εξαρτάται άμεσα, σε καθημερινό επίπεδο και σε πολύ μεγάλο βαθμό από το πετρέλαιο, όχι όμως τόσο, όσο πριν από 20 χρόνια (Παπαδόπουλος, 2002).

### 1.3 Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου πρόκειται για ένα φυσικό φαινόμενο. Αυτό που αποτελεί απειλή για το πλανήτη μας είναι η υπερβολική εμφάνιση του φαινομένου, η οποία οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων. Έχει εξακριβωθεί ότι ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας (γνωστά και ως αέρια θερμοκηπίου), επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη Γη, ενώ αντίθετα απορροφούν και επανεκπέμπουν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της. Αυτή η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα συγκεκριμένα αέρια ονομάζεται «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Πρόκειται για ένα γεωφυσικό φαινόμενο ουσιώδες και απαραίτητο για την ύπαρξη, τη διατήρηση και της εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Χωρίς αυτόν τον μηχανισμό η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν περίπου κατά  $35^{\circ}\text{C}$  χαμηλότερη, δηλαδή περίπου  $-20^{\circ}\text{C}$  αντί για  $+15^{\circ}\text{C}$  που είναι σήμερα, και η ζωή θα ήταν αδύνατη, στη μορφή που τη γνωρίζουμε (Σχήμα 1.7)

Σχήμα 1.7: Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου



Πηγή: <https://www.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm>

Το εν λόγω φαινόμενο, στις φυσικές του διαστάσεις, δεν είναι επιβλαβές, αντίθετα έχει ζωτική σημασία για τη διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη στους  $15^{\circ}\text{C}$  περίπου. Το ανησυχητικό είναι η ενίσχυση του ως αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων αυξάνουν τη δυνατότητα της

ατμόσφαιρας να παγιδεύσει την υπέρυθρη ακτινοβολία της Γης. Η αύξηση αυτή οδηγεί στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και συνεπώς στην άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη. Τα αέρια εκείνα των οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα αυξάνονται σημαντικά λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης. Εμάς μας ενδιαφέρουν οι εκπομπές ρύπων που προκαλούνται από τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη χρήση της, άμεσα ή έμμεσα, δηλαδή από τον ενεργειακό τομέα.

## **1.4 Το Πρωτόκολλο του Κιότο**

### Το Πρωτόκολλο του Κιότο- Στόχοι και δεσμεύσεις

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στο Ρίο ντε Τζανέιρο, τον Ιούνιο του 1992. Η Ελλάδα παρεμπιπτόντως, κύρωσε νομοθετικά τη Σύμβαση αυτή τον Απρίλιο του 1994.<sup>1</sup> Στόχος της Σύμβασης είναι *“η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες”*.

Η Σύνοδος στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997 κατέληξε στον καθορισμό ενός νομικού εργαλείου για τον έλεγχο των εκπομπών, γνωστό και ως Πρωτόκολλο του Κιότο. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι (6) αερίων του

---

<sup>1</sup> Η Σύμβαση υπεγράφη από τη χώρα μας στις 12-06-1992 και κυρώθηκε με το Νόμο 2205/94 «Κύρωση Σύμβασης-Πλαισίου για τις κλιματικές μεταβολές» που δημοσιεύθηκε στο υπ' αριθ.60 Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβέρνησης, τεύχος Α της 15ης Απριλίου 1994. Η κατάθεση του εγγράφου επικυρώσεως στον Γενικό Γραμματέα του ΟΗΕ έλαβε χώρα στις 04-08-94 και η Σύμβαση-Πλαίσιο τέθηκε σε ισχύ ως προς τη χώρα μας σύμφωνα με τη διάταξη του άρθρου 23 παρ.2 αυτής, την 2α Νοεμβρίου 1994. Το Πρωτόκολλο του Κιότο υπεγράφη από την Ελλάδα στις 29 Απριλίου 1998 στη Νέα Υόρκη. Κατά την υπογραφή του Πρωτοκόλλου, η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη της κατέθεσαν κοινή δήλωση ότι «η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη αυτής θα ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνουν βάσει του άρθρου 3 παρ.1 του Πρωτοκόλλου, από κοινού, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 4».



θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (Βούλγαρη, 2002).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο καταφέρεται κατά των εκπομπών έξι αερίων θερμοκηπίου:

1. του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
2. του μεθανίου (CH<sub>4</sub>)
3. του πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O)
4. του υδροφθοράνθρακα (HFC)
5. του υπερφθοριωμένου υδρογονάνθρακα (PFC)
6. του εξαφθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>).

Κάθε χώρα διαπραγματεύθηκε τους στόχους της. Οι ΗΠΑ έθεσαν ως στόχο την μείωση κατά 7%, η Ρωσία την σταθεροποίηση στα επίπεδα του 1990 ενώ στην Αυστραλία επετράπη μια αύξηση κατά 8% των εκπομπών.

Κατά την υπογραφή του Πρωτοκόλλου τον Απρίλιο του 1998 στη Νέα Υόρκη η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη-μέλη της κατέθεσαν κοινή δήλωση ότι θα ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνουν βάσει του άρθρου 3 παράγραφος 1 του Πρωτοκόλλου από κοινού, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 4 που αναφέρεται στο προσδιορισμό για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Το Συμβούλιο συμφώνησε σχετικά με τις συμβολές του κάθε κράτους μέλους σε ότι αφορά τη δέσμευση που ανέλαβαν όλα τα κράτη για συνολική μείωση κατά 8% στο Συμβούλιο των Υπουργών Περιβάλλοντος της 15-16ης Ιουνίου 1998 (European Parliament, COP3, 1997). Στον Πίνακα 1.1 αποτυπώνεται ο προβλεπόμενος καταμερισμός ευθυνών ανά χώρα για το Πρωτόκολλο του Κιότο. ανά χώρα.

Πίνακας 1.1: Προβλεπόμενες μειώσεις των εκπομπών από το Πρωτόκολλο του Κιότο

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2008-2012	
Ευρωπαϊκή Ένωση (των 15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Πηγή: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8%, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Οι επιμέρους στόχοι παρουσιάζονται στο παρακάτω Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2: Καταμερισμός υποχρεώσεων ανά χώρα στην Ε.Ε. με βάση το Πρωτόκολλο του

Κιότο

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΕΕ			
Λουξεμβούργο	-28%	Γαλλία, Φινλανδία	0%
Γερμανία, Δανία	-21%	Σουηδία	+4%
Αυστρία	-13%	Ιρλανδία	+13%
Βρετανία	-12,5%	Ισπανία	+15%
Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	- 8%	<b>Ελλάδα</b>	<b>+25%</b>
Βέλγιο	- 7,5%	Πορτογαλία	+27%
Ιταλία	- 6,5%		
Ουγγαρία, Πολωνία, Ολλανδία	- 6%		

Πηγή: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

Όπως φαίνεται, στην Ελλάδα έχει επιτραπεί να αυξήσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% μέχρι το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Όμως, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέχρι το 2000 οι εκπομπές της χώρας μας είχαν ήδη αυξηθεί κατά 23,4%, ενώ σύμφωνα με τις προβλέψεις, η αύξηση των εκπομπών κατά το 2010 θα ανέρχεται στο +35,8%. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει οδυνηρές συνέπειες για τη χώρα μας, αφού σε μία τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα. Γι' αυτό και είναι επιτακτική η ανάγκη να προωθηθούν μέτρα που θα συμβάλλουν στην

εξοικονόμηση ενέργειας, στην ταχεία ανάπτυξη των καθαρών πηγών ενέργειας και εν τέλει στη μείωση των επικίνδυνων αερίων που αποσταθεροποιούν την ατμόσφαιρα της Γης και πυροδοτούν τις κλιματικές αλλαγές (ΥΠΕΚΑ, 2009, 2012).

#### Οι προβλεπόμενοι « Μηχανισμοί Ευελιξίας » του Πρωτοκόλλου

Το Πρωτόκολλο ορίζει τρεις μηχανισμούς οι οποίοι, βασιζόμενοι στη λειτουργία της αγοράς, έχουν στόχο να τονώσουν τη ποικιλία των μέσων που θα έχουν οι χώρες στη διάθεσή τους προκειμένου να τηρήσουν τους στόχους που περιλαμβάνουν οι δεσμεύσεις τους, εξασφαλίζοντας το μικρότερο δυνατό κόστος.

Στη Βόννη συμφωνήθηκε ότι οι λεγόμενοι «μηχανισμοί ευελιξίας» θα πρέπει να είναι συμπληρωματικοί των δράσεων που θα λαμβάνουν χώρα επί του εδάφους μιας χώρας Μέρους του Πρωτοκόλλου και να μην καταλήξουν οι μηχανισμοί αυτοί να αντικαταστήσουν τις εγχώριες δράσεις.

Οι τρεις μηχανισμοί ευελιξίας είναι (Βούλγαρη, 2002):

A. η ανταλλαγή εκπομπών στο πλαίσιο του διεθνούς εμπορίου εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Emissions Trading) ανάμεσα στις χώρες του Παραρτήματος 1( Annex I)

B. η από κοινού εφαρμογή προγραμμάτων (Joint Implementation) μέσα από διακρατικές συμφωνίες

Γ. οι μηχανισμοί καθαρής ανάπτυξης ( Clean Development Mechanisms)

*A. Η ανταλλαγή εκπομπών στο πλαίσιο του «εμπορίου ρύπανσης»*

Η ανταλλαγή εκπομπών μπορεί να σημαίνει αγορά ή πώληση ποσών εκπομπών ή «πόντων άνθρακα» ανάμεσα στις χώρες του Παραρτήματος I.

Μια χώρα που πιστεύει ότι θα πετύχει το στόχο του Πρωτοκόλλου και έχει αποδείξει τις προόδους που έχει κάνει, ή που έχει ήδη πετύχει τους στόχους της, μπορεί να “πουλήσει” το περίσσειμα που της απομένει για εκπομπές σε κάποια άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.

Το Πρωτόκολλο προβλέπει διεθνή εμπορία εκπομπών μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών, χωρίς ωστόσο να περιλαμβάνει υποχρέωση για συγκεκριμένο μέρος να συμμετέχει

σε τέτοιου είδους εμπορία. Δεν υπάρχει ρητή αναφορά σχετικά με τη συμμετοχή «φορέων» στο άρ.17, το οποίο αναφέρεται στην εμπορία εκπομπών.

Για να τεθεί σε λειτουργία το παγκόσμιο εμπόριο εκπομπών, απαιτείται ένας κάποιος βαθμός θεσμικών προϋποθέσεων που θα έχουν συσταθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, τα Μέρη που θα εφαρμόσουν το εμπόριο εκπομπών θα πρέπει να έχουν φροντίσει να δημιουργήσουν αξιόπιστα εθνικά συστήματα καταγραφής των εκπομπών και των καταβροθρών τους.

Οι επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν στο μηχανισμό αυτόν και η ύπαρξη θεσμικού πλαισίου με σταθερούς κανόνες είναι απαραίτητη (Βούλγαρη, 2002).

Κάθε εθνικό σύστημα καταγραφής εκπομπών που υποστηρίζεται από το εθνικό δίκαιο, θεωρείται ως ο πλέον αποτελεσματικός μηχανισμός που είναι σε θέση να λογοδοτήσει για τυχόν αλλαγές που προκύπτουν στα «ανατεθέντα ποσά εκπομπών», ως αποτέλεσμα του διεθνούς εμπορίου εκπομπών. Αναμένεται ότι τα Μέρη θα έχουν την ευκαιρία να μειώσουν το κόστος που συνεπάγεται η τήρηση των δεσμεύσεων για τις περικοπές, εάν βέβαια ο μηχανισμός του εμπορίου εκπομπών λειτουργήσει σωστά.

Η εμπορία εκπομπών δεν μειώνει τις εκπομπές από μόνη της. Απλώς παρέχει κίνητρα για την εξεύρεση της πλέον χαμηλού κόστους επίτευξης μείωσης εκπομπών.

*B.Η εφαρμογή προγραμμάτων μέσω διακρατικών συμφωνιών*

Πρόκειται για ένα εργαλείο πολιτικής που δίνει τη δυνατότητα στις χώρες του Παραρτήματος I να επιτύχουν το στόχο των περικοπών των εκπομπών τους λαμβάνοντας μια «πίσωση» εκπομπών στη περίπτωση που χρηματοδοτούν έργα και προγράμματα σε κάποια άλλη χώρα του ίδιου Παραρτήματος. Τα έργα υλοποίησης από κοινού μπορούν να αρχίσουν πριν από το 2008 χωρίς όμως να αποφέρουν πιστώσεις. Η διαθέσιμη πρακτική εμπειρία περιορίζεται μόνο σε μια πειραματική φάση καλούμενη «δραστηριότητες που υλοποιούνται από κοινού».

Θεωρείται ότι τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα θα πρέπει να διαδραματίσουν ένα εξέχοντα ρόλο στην εκκίνηση των έργων, μεταξύ άλλων με την εκχώρηση δανείων με ευνοϊκούς

όρους στον ιδιωτικό τομέα για έργα μηχανισμών καθαρής ανάπτυξης και υλοποίηση έργων από κοινού. Ακόμη, θα πρέπει να οργανωθεί συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Τράπεζα επενδύσεων και την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης.

#### *Γ. Οι μηχανισμοί «καθαρής ανάπτυξης»*

Στη περίπτωση των μηχανισμών καθαρής ανάπτυξης, μιλούμε για πιστώσεις εκπομπών που μπορούν να έχουν οι χώρες του Παραρτήματος I εάν αναλάβουν κάποιο έργο σε αναπτυσσόμενη χώρα. Το έργο θα επικεντρώνεται στην ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών ή στην διαχείριση δασών και στόχος είναι να βοηθηθούν οι αναπτυσσόμενες χώρες να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, να ετοιμασθούν για άλλες αναμενόμενες επιπτώσεις και να συμμετέχουν και αυτές στη διεθνή προσπάθεια για την επίτευξη της Αειφόρου Ανάπτυξης (Βούλγαρη, 2002)

Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι χώρες του Παραρτήματος I κερδίζουν “πόντους άνθρακα” που τους επιτρέπουν να αυξήσουν το δικό τους ισοζύγιο άνθρακα. Η πυρηνική ενέργεια δεν περιλαμβάνεται στους μηχανισμούς καθαρής ανάπτυξης και αυτό κατέστη σαφές από τη Σύνοδο στη Βόννη.

Ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης ελέγχεται και καθοδηγείται από τη Διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως Σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου και εποπτεύεται από το Διοικητικό Συμβούλιο του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης. Οι μειώσεις των εκπομπών από τέτοιες δραστηριότητες πιστοποιούνται από επιχειρησιακούς φορείς που ορίζει η Σύνοδος των Μερών (Βούλγαρη, 2002).

Λαμβάνεται μέριμνα για την εξασφάλιση της διαφάνειας, της αποτελεσματικότητας και του καταλογισμού ευθυνών μέσω του ανεξάρτητου ελέγχου και της διακρίβωσης των δραστηριοτήτων των έργων.

Θεωρείται ότι για να επιστευθεί η έναρξη των μηχανισμών καθαρής ανάπτυξης, οι αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει να ορίσουν τι σημαίνει Αειφόρος Ανάπτυξη γι' αυτές και να ορισθεί ακόμη ένας αριθμός κατηγοριών έργων ιδιαίτερα στο τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της συμπαραγωγής (Βούλγαρη, 2002).

Είναι αυτονόητο ότι η αξία των πιστώσεων εκπομπών που μια βιομηχανική χώρα θα αποκτά μέσω της συμμετοχής της στους μηχανισμούς καθαρής ανάπτυξης θα είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία των έργων καθαρής ανάπτυξης. Εάν η αξία δεν είναι σημαντική οι αποκτώμενες πιστώσεις δεν θα έχουν καμιά επίδραση στη λήψη εμπορικών αποφάσεων και δεν θα προσελκύσουν επαρκή ιδιωτικά κεφάλαια. Θα πρέπει επομένως, να βρεθεί μια λύση έτσι ώστε κανένας από τους μηχανισμούς ευελιξίας του Πρωτοκόλλου να μην βρεθεί σε μειονεκτική θέση έναντι των άλλων.

Κατά συνέπεια, δημιουργήθηκαν πολλά αντίπαλα στρατόπεδα με αποκλίνουσες απόψεις που προσπαθούσαν να τις επιβάλλουν και στα υπόλοιπα συμβαλλόμενα μέρη, κάνοντας το όλο εγχείρημα να φαντάζει ως μια εξίσωση για δυνατούς λύτες. Συγκεκριμένα, τα βασικά στρατόπεδα που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής:

- Ευρωπαϊκή Ένωση: αποτελείται από 25 μέλη, τα οποία συναντιούνται κατ' ιδίαν για να συμφωνήσουν σχετικά με τις κοινές θέσεις τους και αντιπροσωπεύεται από τη χώρα που έχει την προεδρία. Σημειώνεται ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πιο ενεργή ομάδα όσον αφορά στις διαπραγματεύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και πιέζει συνεχώς για τη λήψη αυστηρών μέτρων. Σημειώνεται ότι την περίοδο των διαπραγματεύσεων η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελούνταν από 15 κράτη μέλη, με αυτά όμως συμμάχησαν και τα 10 νέα μέλη της διεύρυνσης.
- «Λέσχη του Άνθρακα» (“Carbon Club”): περιλαμβάνει τις χώρες «JUSCANZ» (από τα αρχικά των χωρών Ιαπωνία, ΗΠΑ, Καναδάς, Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία στα Αγγλικά), τις χώρες μέλη του ΟΠΕΚ, τη Ρωσία και τη Νορβηγία, στις οποίες γενικά τα συμφέροντά τους θίγονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (είτε επειδή θα πρέπει να μειώσουν την παραγωγή τους είτε επειδή προτείνεται η στροφή προς διαφορετικά καύσιμα) και κατά συνέπεια αντιτίθενται στην καθιέρωση των δικαιωμάτων και στη λήψη αυστηρών μέτρων.
- Συμμαχία των Μικρών Νησιωτικών Κρατών (AOSIS): είναι ένας συνασπισμός περίπου 43 μικρών νησιωτικών κρατών, τα οποία είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Τα κράτη αυτά κινδυνεύουν να εξαφανιστούν από το χάρτη εξαιτίας του μικρού τους υψομέτρου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας και επομένως απειλείται

άμεσα η ίδια τους η επιβίωση. Οι χώρες της ομάδας αυτής ήταν μάλιστα οι πρώτες που πρότειναν ένα σχέδιο κειμένου κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων του πρωτοκόλλου του Κιότο ζητώντας μία μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της τάξης του 20% έως το 2005 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

➤ Λιγότερο αναπτυγμένες χώρες: πρόκειται για 48 χώρες, οι οποίες συμμετείχαν όλο και πιο ενεργά στη διαδικασία των διαπραγματεύσεων για την αλλαγή του κλίματος, συχνά για να υπερασπιστούν τα ιδιαίτερα συμφέροντά τους και την εύθραυστη οικονομία τους, όπως για παράδειγμα την παροχή μέτρων για να μπορέσουν να προσαρμοστούν στην αλλαγή του κλίματος και να μην είναι τόσο ευάλωτες.

➤ Ομάδα των 77 (G-77): πρόκειται για εκείνες τις αναπτυσσόμενες χώρες που είναι αναδυόμενες, όπως η Ινδία και η Κίνα, που θεωρούν ότι βρίσκονται σε τροχιά ανάπτυξης και ότι είναι εις βάρος τους να δεσμευτούν να περιορίσουν τις εκπομπές τους. Η δε απαίτηση των βιομηχανικών χωρών (που είναι κυρίως υπεύθυνες για τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως) να αντιμετωπιστούν επί ίσους όροις με τις αναπτυσσόμενες χώρες τους φαίνεται άδικη και παράλογη.

### Η συμμόρφωση των κρατών (Μερών) του Πρωτοκόλλου του Κιότο

Το άρθρο 18 του κειμένου του Πρωτοκόλλου του Κιότο κάνει λόγο για τις περιπτώσεις μη συμμόρφωσης, ο χειρισμός των οποίων είναι καίριας σημασίας προκειμένου για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου (European Parliament, COP3, 1997).

Αναφέρεται λοιπόν ότι θα ληφθεί μέριμνα για την εκπόνηση ενός ενδεικτικού πίνακα επιπτώσεων αφού εξετασθούν τα αίτια, το είδος, ο βαθμός και η συχνότητα της μη συμμόρφωσης. Οι όποιες διαδικασίες ή μηχανισμοί που συνεπάγονται δεσμευτικές επιπτώσεις εγκρίνονται με τροποποίηση του Πρωτοκόλλου.

Κατά την 3η Συνδιάσκεψη των Μερών, όπου και εκπονήθηκε το Πρωτόκολλο, τα κράτη – συμβαλλόμενα Μέρη δεν ήταν ακόμα έτοιμα να έλθουν σε μια ουσιαστική συμφωνία για τις επιπτώσεις και αυτό το θέμα θίχθηκε επιφανειακά θα λέγαμε. Ας μη παραβλέπουμε, όμως, το γεγονός ότι για πρώτη φορά μια περιβαλλοντικού περιεχομένου διεθνής συμφωνία θέτει

συγκεκριμένους ποσοτικά προσδιορισμένους στόχους και χρονοδιαγράμματα (European Parliament, COP3, 1997).

Αργότερα, κατά το δεύτερο μέρος της 6ης συνάντησης των Μερών, το καλοκαίρι του 2001 στη Βόννη, έγινε ένα βήμα παραπέρα στο θέμα της συμμόρφωσης. Αποφασίστηκε λοιπόν ότι, εάν ορισμένες χώρες στο τέλος του 2012 ακόμα εκπέμπουν περισσότερα αέρια από ότι θέτουν ως όριο οι στόχοι που έχουν αναλάβει, θα απαιτηθεί από αυτές να πραγματοποιήσουν περικοπές αυξημένες κατά ένα ποσοστό 30% και συνεπώς αυστηρότερες. Αυτό το είδος της ποινής θα επιβληθεί για τη περίοδο που θα ακολουθήσει την πρώτη δεσμευτική περίοδο και που θα αρχίσει το 2013

Η θέσπιση σθεναρών κανόνων συμμόρφωσης είναι αναγκαία για να εξασφαλισθεί αφενός μεν το κύρος του Πρωτοκόλλου, αφετέρου δε, για να εξασφαλισθεί η εμπιστοσύνη του επιχειρηματικού κόσμου, που θα θελήσει να επωφεληθεί από τους μηχανισμούς αγοράς που επιδιώκει να συστήσει το Πρωτόκολλο (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, COP3, 1997).

Κατά τη τελευταία Σύνοδο στο Μαρακές, οι Υπουργοί απέρριψαν τη περίπτωση επιβολής οικονομικής φύσεως προστίμων στα μη συμμορφούμενα Μέρη, και προβλέφθηκε η σύσταση Επιτροπής υπεύθυνης για τη συμμόρφωση, ο ρόλος και οι αρμοδιότητες της οποίας καθορίστηκαν με σαφήνεια (Βούλγαρη, 2002).

## **1.5 Πράσινη Οικονομία: Μια νέα μορφή Οικονομίας**

Ζούμε σε μια εποχή που, ενώ τα αποθέματα πετρελαίου ελαττώνονται, αυξάνεται ο ανταγωνισμός γι' αυτά που απομένουν. Αυτό εγείρει ερωτήματα σχετικά με το μέλλον μιας οικονομίας που είναι εξολοκλήρου εξαρτημένη από το πετρέλαιο, καθώς και οδηγεί σε ευρύτερη αναγνώριση της σημασίας που έχει η συνετή χρήση των περιορισμένων μας πόρων. Τούτο συνιστά το έτερο κίνητρο για την ανάπτυξη της πράσινης οικονομίας. Επιπλέον, οι πράσινοι οικονομολόγοι έχουν δείξει ιδιαίτερη ανησυχία για τον τρόπο με τον οποίο ένα οικονομικό σύστημα βασισμένο στον ανταγωνισμό έχει οδηγήσει σε διευρυνόμενες ανισότητες μεταξύ πλουσίων και φτωχών σε παγκόσμια ή εθνική κλίμακα, και την



αναπόφευκτη ένταση και τις συγκρούσεις που οι ανισότητες αυτές γεννούν (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 25-26).

### Γιατί η Πράσινη Οικονομία αποτελεί μια εναλλακτική μορφή Οικονομίας

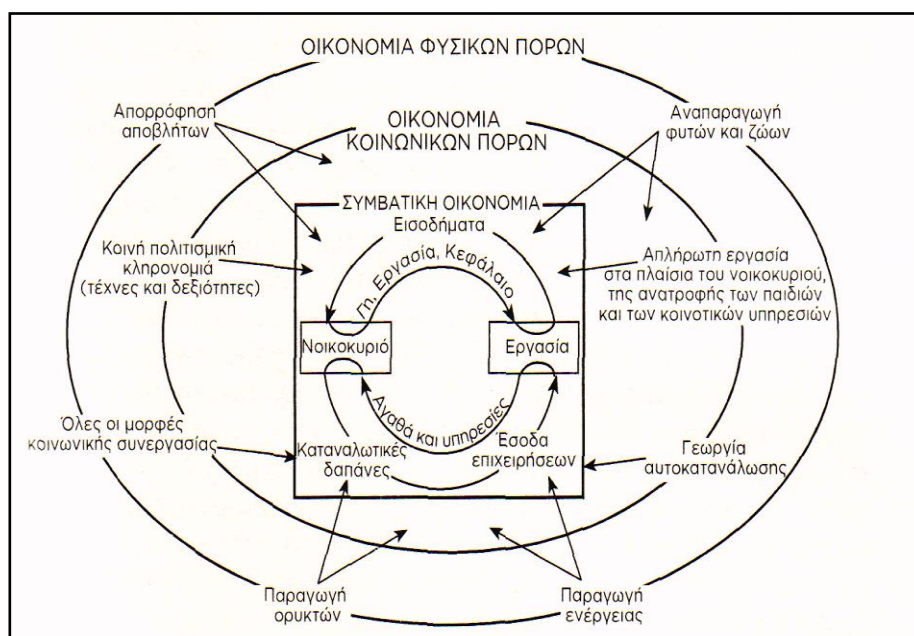
Η πράσινη οικονομία διαφέρει από το κυρίαρχο οικονομικό πρότυπο, όπως αυτό εξασκείται από τους πολιτικούς και διδάσκεται στα πανεπιστήμια, με τρεις βασικούς τρόπους (Molly Scott Cato, 2009, 2012, p. 30):

1. Ασχολείται κατά βάση με την κοινωνική δικαιοσύνη. Για τους ορθόδοξους οικονομολόγους, η «οικονομία της ευημερίας» είναι ένα διακοσμητικό στοιχείο, ένα ασήμαντο μέρος του κλάδου, που εξετάζεται μόνο επιφανειακά. Για έναν πράσινο οικονομολόγο, η ισότητα και η δικαιοσύνη πρέπει να βρίσκονται στο επίκεντρο των πράξεων μας και έχουν προτεραιότητα σε σχέση με άλλες έννοιες, όπως είναι για παράδειγμα η αποδοτικότητα. Πολλοί από τους συντελεστές της πράσινης οικονομίας έχουν εργαστεί για αρκετά χρόνια στον τομέα της αναπτυξιακής οικονομίας, αλλά ακόμη και αυτοί που δεν το έχουν κάνει ενδιαφέρονται εξίσου για τη δημιουργία μιας διεθνούς οικονομίας που θα ασχολείται με τα προβλήματα των ανθρώπων όλου του πλανήτη στον ίδιο βαθμό.
2. Η πράσινη οικονομία αναδύθηκε από τους περιβαλλοντικούς ακτιβιστές και τους πράσινους πολιτικούς, εξαιτίας μιας βαθύτερης ανάγκης. Αναπτύχθηκε από-τα-κάτω και από εκείνους που χτίζουν μια βιώσιμη οικονομία με πράξεις και όχι αφηρημένες θεωρίες.
3. Η πράσινη οικονομία δεν είναι προς το παρόν ένα ακαδημαϊκό μάθημα με αναγνωρισμένη θέση στα πανεπιστήμια. Ο λόγος γι' αυτό δεν είναι ότι η πράσινη οικονομία έχει λίγα να προσφέρει. Αυτό που μάλλον συμβαίνει είναι ότι η ακαδημαϊκή διαμάχη γύρω από την οικονομία και, ακόμη κι αν κάποιος διαφωνούν, ο ίδιος ο ρόλος του πανεπιστημίου έχουν συνδεθεί με το παγκοσμιοποιημένο οικονομικό σύστημα, η κυριαρχία του οποίου απειλεί το περιβάλλον. Τα κίνητρα

αυτού του συστήματος είναι ασύμβατα με την πράσινη οικονομία, εξού και η ένταση (Molly Scott Cato, 2009, 2012, p. 30).

Στο Σχήμα 1.8 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο η πράσινη οικονομία αντιλαμβάνεται τη συμβατική οικονομία ως μέρος ενός συστήματος κοινωνικών δομών, στο οποίο η οικονομική δραστηριότητα δεν παίζει και τόσο μεγάλο ρόλο. Για τους ορθόδοξους οικονομολόγους το μόνο κομμάτι του διαγράμματος που έχει σημασία είναι αυτό της «συμβατικής οικονομίας», το οποίο αποκαλούν «κυκλική ροή». Αγνοούν το κοινωνικό και περιβαλλοντικό υπόβαθρο μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται οι συναλλαγές ανάμεσα στην οικογένεια και την εργασία. Στην πραγματικότητα, όμως, αυτές οι συναλλαγές αποτελούν μέρος των κοινωνικών σχέσεων, που με τη σειρά τους είναι τμήμα ενός κλειστού συστήματος, του πλανήτη μας. Όταν αποτυγχάνουμε να αναγνωρίσουμε αυτές τις πολυσύνθετες αλληλεπιδράσεις, τα πράγματα βγαίνουν συνήθως εκτός πορείας. Το διάγραμμα επίσης απεικονίζει την εγγενή αδικία που υπάρχει στον τρόπο που κατανέμονται οι αμοιβές στην καπιταλιστική οικονομία, για την οποία έχει αξία μόνο ό,τι ανταλλάσσεται στη νομισματική οικονομία (Molly Scott Cato, 2009, 2012, p. 30, Hutchinson, Mellor & Olsen, 1973).

Σχήμα 1.8: Μια επέκταση της θεώρησης της οικονομίας πέρα από την «κυκλική ροή» των ορθόδοξων οικονομολόγων



Πηγή: F. Hutchinson, M. Mellor και W. Olsen (2002) *The Politics of Money: Towards Sustainability and Economic Democracy*, Λονδίνο: Pluto.

### Η ώρα για την Πράσινη Οικονομία

Για ένα μεγάλο διάστημα, οι συζητήσεις με θέμα την πολιτική και την οικονομία είχαν εγκλωβιστεί στην αδιέξοδη σύγκρουση ανάμεσα σε καπιταλισμό και κομμουνισμό και, καθώς ο κομμουνισμός τέθηκε εκτός αγώνα, η οικονομική μας ζωή οργανώθηκε επισήμως με βάση τον καπιταλισμό. Ακόμη και οι περιβαλλοντολόγοι δεν είναι εξολοκλήρου αποστασιοποιημένοι από αυτό τον μονομερή τρόπο σκέψης:

Πίνακας 1.3: Σχόλιο περί Πράσινης Οικονομίας

*Είτε σας αρέσει είτε όχι (αν και στη μεγάλη πλειονότητα των ανθρώπων αρέσει), αυτή τη στιγμή ο καπιταλισμός είναι ο μοναδικός πρωταγωνιστής της οικονομικής ζωής. Η δύναμη που οδηγεί τις αγορές να επεκταθούν σε όλους τους τομείς, κάθε οικονομίας, είναι ακατανίκητη. Επίσης, τα οφέλη από τη διαδικασία της παγκοσμιοποίησης που επιτελείται σήμερα προς το παρόν ξεπερνούν σε βαρύτητα τις απώλειες, όσο ουσιαστικές κι αν είναι αυτές οι απώλειες, όπως θα δούμε. Η προσαρμοστικότητα και ο εγγενής δυναμισμός που φέρουν τα οικονομικά συστήματα που βασίζονται στην αγορά και το κέρδος επιβεβαιώθηκαν κατ' επανάληψη. Είναι λίγοι εκείνοι που διαβάζουν αυτό το βιβλίο και δεν επωφελούνται άμεσα από τέτοιου είδους συστήματα<sup>2</sup>.*

Πηγή: Πράσινη Οικονομία, Molly Scott Cato, σ.38.

Τέτοιου είδους σχόλια φανερώνουν μια θλιβερή έλλειψη φαντασίας, λες και θα ήταν δυνατόν τα τόσο δημιουργικά και πολυμήχανα ανθρώπινα όντα να μπορούν να σκεφτούν μονάχα δύο ή, ακόμη χειρότερα, έναν τρόπο για να διευθετήσουν τις οικονομικές τους υποθέσεις. Στην πραγματικότητα, η θεωρία του «τέλους της ιστορίας» δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια επινόηση των κυρίαρχων δυνάμεων του νεοφιλελευθερισμού, η οποία με την

<sup>2</sup> J. Porritt (2006) *Capitalism as if the World Mattered*, Λονδίνο: Earthscan, σελ. xiv.

εμφάνιση της προκάλεσε την κατακραυγή των αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και εκείνων που αγωνίζονταν ενάντια στα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα που προκαλούνται από το υπάρχον οικονομικό σύστημα. Βέβαια, το θετικό στοιχείο που προκύπτει από την πτώση του κομμουνισμού και την κατάρρευση του δυϊστικού μοντέλου των μεταπολεμικών χρόνων είναι ότι υπάρχει πολύ μεγαλύτερη πνευματική ελευθερία, όσον αφορά τη συζήτηση διαφορετικών συστημάτων οικονομικής οργάνωσης. Η πράσινη οικονομία είναι μια εναλλακτική πρόταση στην οικονομία της αγοράς (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 38-40).

Αυτή η προσέγγιση πηγάζει από το γεγονός ότι οι πράσινοι αναγνωρίζουν τα όρια της ανάπτυξης, τα οποία συνδέονται άμεσα με τον τρόπο που κατανέμονται οι υπάρχοντες φυσικοί πόροι. Για αυτό τον λόγο, η δικαιοσύνη για την πράσινη οικονομία είναι εξίσου θεμελιώδης με την προστασία του πλανήτη. Πα πολλούς πράσινους, η ενασχόληση με την οικονομία γεννήθηκε από την ανησυχία τους για τη φτώχεια που μαστίζει τόσο τις πιο εύπορες χώρες της Δύσης όσο και τον αναπτυσσόμενο κόσμο (Stern, 2006).

Αυτό που πραγματικά ωθεί την πράσινη οικονομία στο επίκεντρο της πολιτικής σκηνής είναι η κλιματική αλλαγή. Μόλις τα τελευταία χρόνια, οι πολιτικοί άρχισαν να συλλαμβάνουν το μέγεθος της κατάστασης, καθώς συνειδητοποίησαν ότι έχουμε επέμβει στο ίδιο το σύστημα που συντηρεί τη ζωή στον πλανήτη. Καταλαβαίνοντας, επίσης, ότι το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής οφείλεται στην οικονομία, προέβησαν σε έρευνες όπως η «Έκθεση Stern για τα Οικονομικά της Κλιματικής Αλλαγής» στο Ηνωμένο Βασίλειο (Stern Review, *The Economics of Climate Change*). Αυτή η έκθεση είχε στόχο «τη διενέργεια μια εκτενούς έρευνας σχετικά με τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής, προκειμένου να κατανοήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος τη φύση των οικονομικών προκλήσεων και τον τρόπο που μπορούν αυτές να επιλυθούν τόσο στο Ηνωμένο Βασίλειο όσο και σε ολόκληρο τον κόσμο». Οι πράσινοι οικονομολόγοι έχουν μια μοναδική ευκαιρία να παρουσιάσουν την ισορροπημένη, ολιστική και φιλική προς το περιβάλλον προσέγγισή τους για την οικονομία, έτσι όπως διαμορφώθηκε μέσα στα τριάντα τελευταία χρόνια (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 38-40).

### Αξίες της Βιώσιμης Ανάπτυξης, δίχως χρηματική υπόσταση

Η οικονομία κατά κανόνα είναι εστιασμένη σε ένα μόνο είδος αξίας: την αξία του χρήματος. Μια από τις καθοδηγητικές αρχές της πράσινης οικονομίας είναι η τροποποίηση των οικονομικών, έτσι ώστε να συμπεριλάβουν μια πιο διευρυμένη αντίληψη του κόσμου και βαθύτερες αξίες. Η Αμερικανίδα οικοφεμινίστρια Starhawk έχει περιγράψει τρεις αρχές του οικοφεμινισμού: αυτές είναι: η ενότητα στην ποικιλομορφία, η αλληλοσύνδεση και η ενύπαρξη. Η πρώτη από τις τρεις αρχές περιγράφει την ανάγκη να σεβόμαστε τη διαφορετικότητα και να αντιμετωπίζουμε το όλον, μαζί με όλα τα διαφορετικά μέρη που το αποτελούν, σαν κάτι πολύτιμο. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο στην οικονομική σφαίρα, απαιτείται μια ποικιλία οργανωτικών και λειτουργικών μορφών και όχι το περιορισμένο επιχειρηματικό μοντέλο στο οποίο η οικονομία μας βασίζεται σήμερα. Η δεύτερη αρχή, η αλληλοσύνδεση, αφορά την πίστη ότι αναπόφευκτα όλα τα πράγματα που βρίσκονται πάνω σε αυτό τον πλανήτη συνδέονται μεταξύ τους. Σε αυτή την αρχή, που επιβεβαιώνεται και από την οικολογία, βασίζεται η ολιστική πολιτική. Όταν αυτή η αρχή απουσιάζει, έχουμε σαν αποτέλεσμα μια οικονομία όπου οι ανάγκες και οι επιθυμίες κάποιων ανθρώπων οδηγούν στον πόνο και τον θάνατο κάποιων άλλων, και ένα τέτοιο σύστημα οδηγεί πάντοτε στη σύγκρουση και τον πόλεμο. Η αρχή της «ενύπαρξης» είναι αναπόφευκτα κάπως πιο συγκεκριμένη (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 67-70).

Ίσως να κατανοηθεί καλύτερα η σημασία της μέσα από το παρακάτω απόσπασμα (Πίνακας 1.4), στο οποίο ο James Lovelock εξηγεί πώς συνέλαβε την υπόθεση της Γαίας (Lovelock, 2000):

Πίνακας 1.4: Απόσπασμα υπόθεσης σύλληψης της Γαίας

*Ξαφνικά, σαν σε αποκάλυψη, είδα τη Γη σαν ένα ζωντανό πλανήτη. Από εκείνη τη στιγμή, η προσπάθεια να γνωρίσω και να συναισθανθώ τον πλανήτη σαν μια ζωντανή και νοήμονα οντότητα, η οποία φροντίζει για την επιβίωση μας, ήταν το Δισκοπότηρο της δικής μου αναζήτησης. Τελείως ξαφνικά, σαν τον κεραυνό της φώτισης, με χτύπησε η ιδέα ότι για τη διατήρηση αυτής της ισορροπίας και της σταθερότητας, θα πρέπει να υπάρχει κάτι που να ρυθμίζει την ατμόσφαιρα... Ο νους μου ήταν έτοιμος, τόσο συναισθηματικά όσο και επιστη-*

μονικά και συνειδητοποιήσα απότομα πως με κάποιο τρόπο η ζωή ρυθμίζει το κλίμα και τη χημεία. Ξάφνου, εμφανίστηκε στο μυαλό μου η εικόνα της Γης, σαν η εικόνα ενός ζωντανού οργανισμού. Σε τέτοιες στιγμές, δεν υπάρχει ούτε χρόνος ούτε χώρος για ορθολογικές επεξηγήσεις όπως «φυσικά και δεν είναι ζωντανή - απλούστατα συμπεριφέρεται σαν να ήταν<sup>3</sup>» (Lovelock, 2000)

Πηγή: Πράσινη Οικονομία, Molly Scott Cato σελ.68.

Στον ακόλουθο Πίνακα 1.5 περιγράφονται συνοπτικά οι αξίες της Βιώσιμης Ανάπτυξης (Porritt, 2006):

Πίνακας 1.5: Αξίες της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Αναγνώριση της αλληλοσύνδεσης  
Αυτοδιάθεση  
Ποικιλομορφία και διαλλακτικότητα  
Συμπόνια για τους άλλους  
Προάσπιση της δικαιοσύνης  
Αναγνώριση των δικαιωμάτων των υπόλοιπων ζωντανών πλασμάτων  
Σεβασμός της ακεραιότητας των φυσικών συστημάτων  
Σεβασμός των δικαιωμάτων των μελλοντικών γενεών

Πηγή: J. Porritt (2006) Capitalism as is the Word Mattered, Λονδίνο: Earthscan, σ. 289

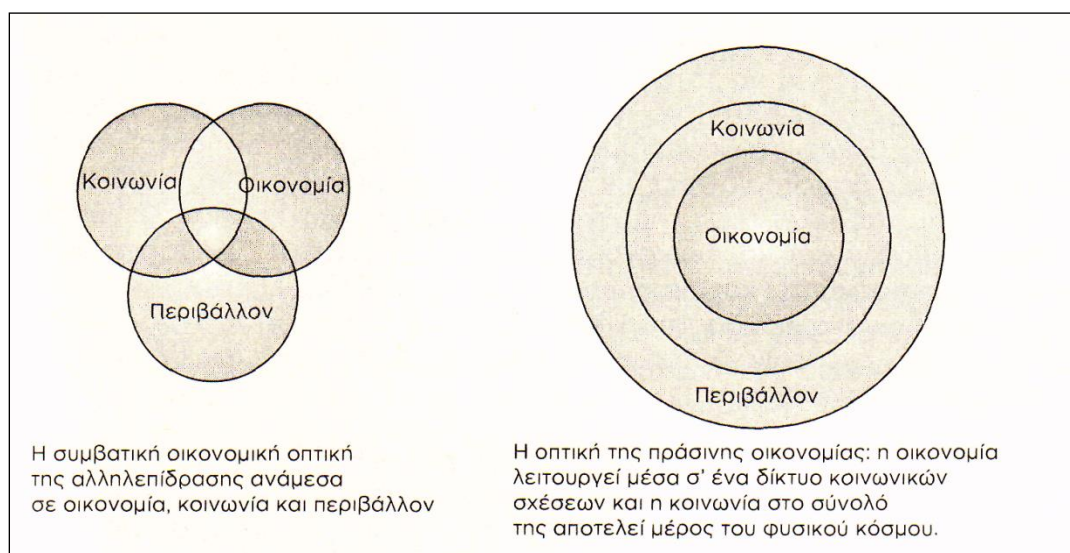
Υπάρχουν αρκετοί άνθρωποι, εξίσου αφοσιωμένοι στη δημιουργία μιας οικονομίας που θα σέβεται τον πλανήτη και όλα τα πλάσματα που απαρτίζουν τη ζωή στη γη, οι οποίοι σίγουρα θα αισθάνονται πολύ άβολα με αυτό το είδος γραφής. Αυτοί έχουν την τάση να εστιάζουν περισσότερο σε μια λογική συζήτηση σχετικά με το είδος των αξιών στις οποίες θα πρέπει να βασίζεται ένα τέτοιο είδος οικονομίας.

Σύμφωνα με την «αξιωματική βάση της πράσινης οικονομίας» του Lawson, είναι αδύνατον να εξαπλωνόμαστε επ' άπειρον σε έναν πεπερασμένο χώρο, είναι αδύνατον να

<sup>3</sup> J. Lovelock (2000) Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist, Οξφόρδη: Oxford University Press.

αντλούμε επ' άπειρον από πεπερασμένους φυσικούς πόρους, και τέλος τα πάντα συνδέονται μεταξύ τους.<sup>4</sup> Κατά την άποψη του, η εφαρμογή αυτών των αξιωμάτων θα επέτρεπε μια αρμονική ισορροπία ανάμεσα στην οικονομία και το οικοσύστημα. Οι αξίες που χρειαζόμαστε προκειμένου να χτίσουμε μια βιώσιμη οικονομία, σύμφωνα με τον Jonathan Porritt, παρατίθενται στο Σχήμα 1.9 (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 67-70, Porritt, 2006).

Σχήμα 1.9: Το τρία είναι ένα μαγικό νούμερο: επαναπροσδιορίζοντας τη σχέση ανάμεσα σε κοινωνία, οικονομία και περιβάλλον



Πηγή: Πράσινη Οικονομία, Molly Scott Cato σελ.69 Έμπνευση ιδέας από τη Jenneth Parker.

Το μοντέλο των τριών κύκλων (Σχήμα 1.9) μας βοηθά να κατανοήσουμε τη διαφορετική οπτική της οικονομίας που προκύπτει από μια σοβαρή αντιμετώπιση της βιώσιμης ανάπτυξης. Σύμφωνα με τη συμβατική οπτική (αριστερό μέρος της εικόνας), η οικονομία, το περιβάλλον και η κοινωνία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά δεν είναι αλληλένδετα. Το μέγεθος τους είναι το ίδιο, άρα και η σημασία τους. Εντούτοις, στην πραγματικότητα η οικονομία έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα στη λήψη αποφάσεων, η κοινωνία φέρει το κόστος

<sup>4</sup> R. Lawson (2007) «An overview of green economics», International Journal of Green Economics, 1/1-2:23-36:23

και το περιβάλλον πληρώνει το υψηλότερο τίμημα. Από αυτό το σχήμα γίνεται σαφής ο λόγος που οι οικονομολόγοι συνηθίζουν να αποκαλούν τις αρνητικές συνέπειες της διαδικασίας παραγωγής -για παράδειγμα τη μόλυνση από ένα πυρηνικό ενεργειακό σταθμό- «εξωτερικότητες» (externalities), αφού με βάση τη δική τους οπτική για τον κόσμο ό,τι συμβαίνει στο περιβάλλον και τους ανθρώπους του, συμβαίνει κάπου αλλού. Μπορεί να εξωθηθεί από τον κύκλο της οικονομίας για να το αντιμετωπίσει κάποιος άλλος. Από τη στιγμή που κάποιος συνειδητοποιεί πως αυτό το «κάπου αλλού» δεν υπάρχει, αρχίζει να βλέπει τα απορρίμματα που παράγει μέσα από όλες του τις οικονομικές δραστηριότητες με τελείως διαφορετικό τρόπο. Αυτό απεικονίζεται στο δεξί μέρος της εικόνας, όπου η κοινωνία αποτελεί μέρος του περιβάλλοντος και η οικονομία μέρος της κοινωνίας. Όμως από αυτό το σχήμα προκύπτει και μια άλλη ιδέα: η οικονομική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα εντός ενός δικτύου κοινωνικών σχέσεων. Αυτός είναι ο κόσμος έτσι όπως τον βλέπουν οι πράσινοι οικονομολόγοι (Πίνακας 1.6) (Porritt, 2006, Lawson, 2007):

Πίνακας 1.6: Ο κόσμος που βλέπουν οι Πράσινοι Οικονομολόγοι

*Η οικονομία είναι ένα υποσύστημα της ανθρώπινης κοινωνίας... η οποία με τη σειρά της είναι υποσύστημα του συνόλου της ζωής πάνω στη Γη (της βιόσφαιρας). Κανένα υποσύστημα δεν μπορεί να επεκταθεί πέρα από τη δυνατότητα του συνολικού συστήματος του οποίου αποτελεί μέρος<sup>5</sup>.*

Πηγή: Πράσινη Οικονομία, Molly Scott Cato σ.70.

### Πράσινη Ανάπτυξη: Από τη μεγιστοποίηση του κέρδους σε ένα όραμα συνεργασίας

*‘‘Η οικονομία της αυτάρκειας προσφέρει μια αποτελεσματική μέθοδο για την προαγωγή της βιωσιμότητας και τη διαχείριση των διαφόρων προβλημάτων. Προσφέρει μια στρατηγική για το πώς μπορεί κανείς να προφυλαχτεί από τις παγίδες και τις ψευδαισθήσεις του δύσκολου και γεμάτου κινδύνους μονοπατιού της παγκοσμιοποίησης. Σ’ έναν τέτοιο κόσμο, τι θα μπορούσε*

<sup>5</sup> J. Porritt (2006) Capitalism as if the World Mattered, Λονδίνο: Earthscan, σελ. 46.



να έχει περισσότερη αξία από μια καλή στρατηγική'' Surayud Chulanont, Πρωθυπουργός της Ταϊλάνδης

Οι πράσινοι οικονομολόγοι πάντοτε είχαν μια αρκετά θυελλώδη σχέση με την «ανάπτυξη», στην οποία συχνά αποδίδεται η ευθύνη για την περιβαλλοντική κρίση. Η αντίδραση των θερμότερων αντιπάλων της ιδέας, ειδικότερα στις απαρχές του περιβαλλοντικού κινήματος της δεκαετίας του 1970, ήταν η κατηγορηματική απόρριψη της, η απόσυρση σε μικρότερες κοινότητες ή ακόμη και αυτοσυντηρούμενες οικογένειες που ζούσαν από τη γη, χωρίς εξειδίκευση και χωρίς την παραμικρή επαφή με την «ανάπτυξη». Τα τελευταία χρόνια, οι πράσινοι έχουν υιοθετήσει δύο διαφορετικές αλλά συμπληρωματικές μεταξύ τους στάσεις απέναντι στο ζήτημα της ανάπτυξης. Σύμφωνα με την πρώτη, θα έπρεπε να έχουν μια πιο ρεαλιστική αντίληψη της «ανάπτυξης», κατανοώντας ότι αυτή η ιδέα απασχολεί πολλούς ανθρώπους οι οποίοι ενδιαφέρονται για την προστασία του πλανήτη εξίσου με αυτούς.

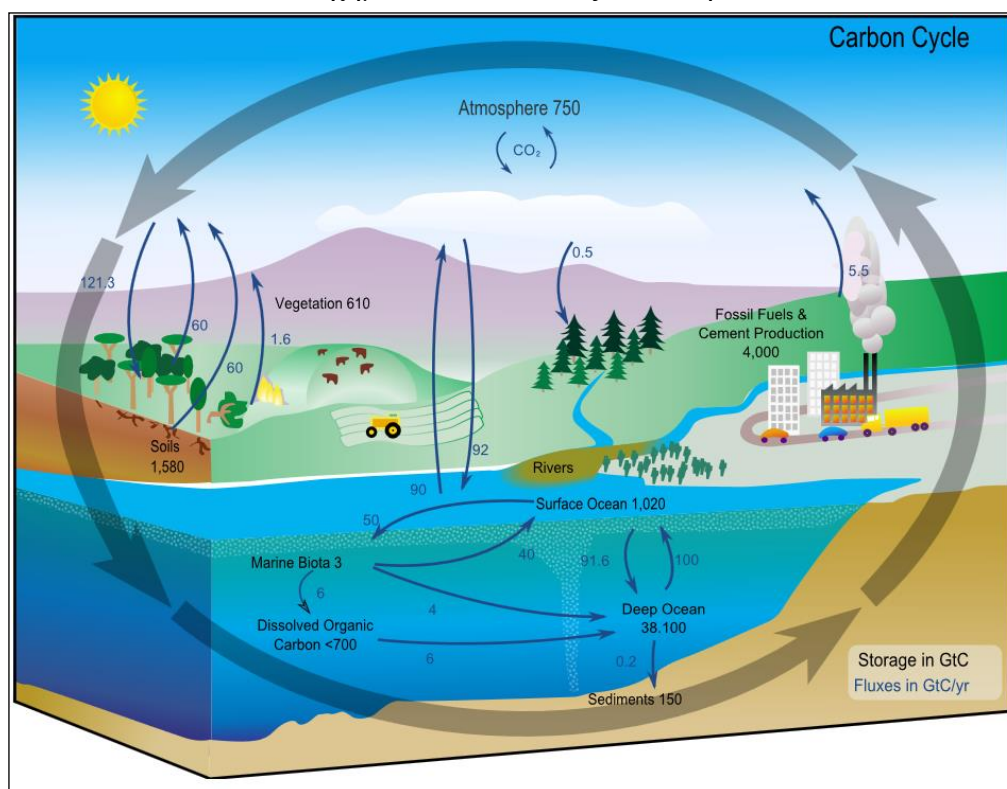
Θα μπορούσαν, λοιπόν, να επιτύχουν θετικότερο αποτέλεσμα αν συνεργάζονταν με αυτούς που απασχολούνται στον τομέα της βιομηχανίας και του εμπορίου, προκειμένου αυτοί να προβούν σε όσο το δυνατόν πιο βιώσιμες επιλογές, χωρίς να μεταβάλλουν ριζικά τη φύση του καπιταλισμού και τα μοντέλα ιδιοκτησίας και διακυβέρνησης που μεταχειρίζονται. Σύμφωνα με τη δεύτερη στάση, θα έπρεπε να διαχωρίσουν τη ζωή τους όσο περισσότερο γίνεται από το δυσλειτουργικό πρότυπο ανάπτυξης που κυριαρχεί στη σύγχρονη οικονομία, επιδιώκοντας να δημιουργήσουν ή να υποστηρίξουν εναλλακτικά μοντέλα οικονομικής οργάνωσης (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 133-134).

## **1.6 Ανάπτυξη χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα και συνεργατική οικονομία**

Η κλιματική αλλαγή θα παίξει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της πορείας που θα ακολουθήσει η οικονομία και οι επιχειρήσεις στο μέλλον. Έχουμε πλέον ξεπεράσει το επίπεδο της διατύπωσης θεωριών σχετικά με την κλιματική αλλαγή, καθώς τη βιώνουμε στην καθημερινότητα μας. Εντούτοις, δεν έχει ακόμη συνδεθεί η ανάγκη να μειώσουμε τις

εκπομπές CO<sub>2</sub> και ο τρόπος με τον οποίο διαχειριζόμαστε και κατευθύνουμε την οικονομία μας (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 145-148).

Σχήμα 1.10: Ο κύκλος του άνθρακα



Πηγή: Αυτή η εικόνα διατίθεται δωρεάν από το Wikimedia Commons

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Carbon\\_cycle-cute\\_diagram.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Carbon_cycle-cute_diagram.svg).

Σημείωση: Η εικόνα παρουσιάζει τη φυσική ανταλλαγή οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα ανάμεσα σε φυτά, ζώα και άλλα συστήματα μεταφοράς CO<sub>2</sub>. Αυτός ο κύκλος διαταράσσεται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Στο Σχήμα 1.10 απεικονίζεται ο κύκλος του άνθρακα, αυτή η φυσική διαδικασία με την οποία ο άνθρακας σταθεροποιείται στην ατμόσφαιρα για να απελευθερωθεί μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Αυτό το διάστημα είναι σύντομο στην περίπτωση των κοπαδιών που τρέφονται με γρασίδι και παρατεταμένο στην περίπτωση των ορυκτών καυσίμων. Η κλιματική αλλαγή είναι αποτέλεσμα της καύσης ορυκτών καυσίμων στα οποία ο άνθρακας

ήταν αποθηκευμένος για χιλιάδες χρόνια, με αποτέλεσμα έτσι να διαταράσσεται ο φυσικός κύκλος. Από τη σκοπιά της οικονομικής ανάπτυξης, το βασικό στοιχείο για να οικοδομηθεί μια βιώσιμη οικονομία είναι να κατανοήσουμε ότι υπάρχουν τρία κύρια συστήματα παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου που συνδέονται και αποτελούν μέρος των ευρύτερων οικονομικών μας δραστηριοτήτων: ο κύκλος της ανάπτυξης και του θανάτου των ζωντανών οργανισμών, η αλληλεπίδραση μας με τη γη μέσω της γεωργίας και η χρήση των ορυκτών καυσίμων. Από αυτά το τρίτο έχει το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης για την κατάρρευση του φυσικού μας συστήματος.

Στο Σχήμα 1.10, οποιαδήποτε οικονομική δραστηριότητα συνεισφέρει με κάποιο τρόπο στα βέλη που κατευθύνονται προς τα κάτω απορροφώντας CO<sub>2</sub> (όπως η φύτευση δέντρων) ή μειώνει το μέγεθος των βελών που κατευθύνονται προς τα πάνω ελαττώνοντας τις εκπομπές CO<sub>2</sub> (όπως η μετάβαση από το μοντέλο καλλιέργειας που βασίζεται στα ορυκτά καύσιμα στην οργανική καλλιέργεια) ανήκει σε τομείς που οφείλουν να αναπτυχθούν στο μέλλον (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 145-148.).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, υπάρχουν κάποιες δραστηριότητες -γεωργία και μεταφορές, αλλά ειδικότερα δραστηριότητες που εξαρτώνται από την καύση ορυκτών καυσίμων- που απελευθερώνουν CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Βέβαια, υπάρχουν και άλλες οικονομικές δραστηριότητες που σταθεροποιούν τον άνθρακα μεσοπρόθεσμα, όπως είναι η δασοκομία και η χρήση του ξύλου στην οικοδόμηση σπιτιών. Βάσει αυτών των δεδομένων θα ήταν εφικτό να γίνουν δύο προβλέψεις σχετικά με τη μελλοντική πορεία της βιομηχανίας: είναι αρκετά πιθανόν πως οι οικονομικοί τομείς που αυξάνουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> θα συρρικνωθούν, ενώ εκείνοι που έχουν ουδέτερη ή αρνητική επίδραση θα επεκταθούν. Έτσι, στον κατασκευαστικό τομέα θα παρατηρήσουμε την αντικατάσταση του τσιμέντου και άλλων ενεργοβόρων υλικών από το ξύλο και στη γεωργία την αντικατάσταση της βασισμένης στα ορυκτά καύσιμα καλλιέργειας από την οργανική καλλιέργεια. Επίσης, θα ευημερήσουν όλες οι επιχειρήσεις που θα δραστηριοποιούνται στον χώρο της ανακύκλωσης, ενώ αντιθέτως θα λιγοστεύουν εκείνες που ασχολούνται με την εξαγωγή πρώτων υλών και τη διάθεση απορριμμάτων (Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 145-148).

Στον Πίνακα 1.7 παρουσιάζονται εκείνοι οι τομείς που θα παρουσιάσουν αύξηση ή μείωση του μεγέθους τους, κατά τη μετάβαση μας σε μια οικονομία χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα.

Για να επιτύχουμε τη βιωσιμότητα, πρέπει να επαναφέρουμε την ισορροπία του κύκλου του άνθρακα και να μάθουμε να χρησιμοποιούμε τους φυσικούς πόρους με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπερβαίνουμε τη δυνατότητα του πλανήτη να τους αναπληρώσει. Αυτό μας οδηγεί στις αρχές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.8, οι οποίες προέρχονται από την ομάδα ερευνών Natural Step. Άλλοι πράσινοι οικονομολόγοι πιστεύουν πως θα έπρεπε να ανακαλύψουμε έναν τρόπο για να αποκαταστήσουμε μια νέα ισορροπία ανάμεσα στις επιταγές του κεφαλαίου και την περίοδο ανάπαυλας που χρειάζεται η γη, η οποία αποτελεί και την πηγή όλων των φυσικών πόρων (Douthwaite, 2007).

Πίνακας 1.7: Η εξέλιξη διαφόρων τομέων στην οικονομία χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα

<u>Τομείς που πιθανόν θα διευρυνθούν</u>	<u>Τομείς που πιθανόν θα συρρικνωθούν</u>
Οργανική καλλιέργεια	Εντατική καλλιέργεια
Κοινοτικά σχήματα ανανεώσιμης ενέργειας	Μεγάλοι ενεργειακοί σταθμοί ορυκτών καυσίμων και το Εθνικό Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
Ανακύκλωση	Διάθεση απορριμμάτων
Βιώσιμη οικοδόμηση με υλικά που σταθεροποιούν το CO <sub>2</sub> , όπως ξύλο, άχυρο κάνναβη	Οικοδόμηση με τσιμέντο και άλλα υλικά με υψηλό επίπεδο ενσωμάτωσης ενέργειας
Βιοκαύσιμα που προέρχονται από ανακυκλωμένα έλαια	Βιοκαύσιμα που προέρχονται από καλλιέργειες
Επιδιόρθωση και επισκευή	Βιομηχανίες εξόρυξης
	Πηγή: Πράσινη Οικονομία, Molly Scott Cato σελ. 147.

Πίνακας 1.8: Αρχές για την επίτευξη της Βιωσιμότητας σύμφωνα με το Natural Step

- Οι ουσίες που παράγονται από τον φλοιό της γης δεν μπορούν να αυξάνονται συστηματικά στη βιόσφαιρα.

- Οι ουσίες που παράγονται από την κοινωνία δεν μπορούν να αυξάνονται συστηματικά στη βιόσφαιρα.
- Η φυσική βάση ποικιλομορφίας και παραγωγικότητας της φύσης δεν πρέπει να υποβαθμίζεται
- Η χρήση των φυσικών πόρων για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών πρέπει να είναι δίκαιη και αποδοτική.

Πηγή: R. Douthwaite (2007) «The economics of responding to climate change», μελέτη για το Ινστιτούτο Ευρωπαϊκών Σχέσεων, Δουβλίνο.

Ο Charles Hall υποστηρίζει τη θέσπιση ενός νέου τρόπου μέτρησης της επενδυτικής αποδοτικότητας ο οποίος θα αντικαταστήσει την Απόδοση Απασχολούμενου Κεφαλαίου (ROCE – Return on Capital Expended), που αποτελεί έναν καθαρά κεφάλαιο-κεντρικό τρόπο μέτρησης<sup>6</sup> (Douthwaite, 2007, Molly Scott Cato, 2009, 2012, pp. 145-148).

Υπολόγισε πως στις ΗΠΑ το 1930, για κάθε μονάδα ενέργειας που επενδύονταν στην έρευνα πετρελαίου και την παραγωγή, παράγονταν σε αντάλλαγμα 100 μονάδες ενέργειας. Μέχρι το 1990 αυτός ο αριθμός είχε μειωθεί σε 11-18 μονάδες. Υπολόγισε πως για κάθε megajoule (μονάδα μέτρησης ενέργειας) πετρελαίου που εισήγαγαν οι ΗΠΑ το 1970, κέρδιζαν 30 MJ, αλλά μέχρι το 1980 η αναλογία είχε μειωθεί στο 3:1. Αυτός ο τρόπος μέτρησης μας βοηθά να καταλάβουμε πόσο αναποτελεσματική είναι η οικονομία μας. Αν ήμασταν πιο προσεκτικοί ως προς την ενέργεια που ξοδεύουμε στη διαδικασία παραγωγής, θα μπορούσε να εξασφαλιστεί ένα μέλλον χαμηλότερης κατανάλωσης άνθρακα.

## 1.7 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ΑΠΕ

Η ζήτηση ενέργειας και σχετικών υπηρεσιών για την κάλυψη της κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης και της βελτίωσης της ανθρώπινης ευημερίας και υγείας, αυξάνεται συνεχώς. Όλες οι κοινωνίες χρειάζονται ενεργειακές υπηρεσίες για την κάλυψη βασικών ανθρωπίνων αναγκών (π.χ. φωτισμός, μαγειρική, άνεση χώρου, μετακινήσεις και

<sup>6</sup> Βλ. λεπτομέρειες σε Douthwaite, «Economics of Responding».

επικοινωνία) και για την υποβοήθηση παραγωγικών διαδικασιών. Από το 1850 περίπου, η παγκόσμια χρήση ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακας, πετρέλαιο και αέριο) έχει αυξηθεί και κυριαρχήσει στον ενεργειακό εφοδιασμό, οδηγώντας σε μια ραγδαία ανάπτυξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) (IPCC, 2011b).

Οι εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου (ΑτΘ) που προέκυψαν από την παροχή ενεργειακών υπηρεσιών, έχουν συμβάλει σημαντικά στην ιστορική αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης ΑτΘ. Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης του IPCC (AR4) κατέληξε στο ότι “Το μεγαλύτερο μέρος της παρατηρούμενης αύξησης της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, είναι πολύ πιθανόν<sup>7</sup> να οφείλεται στην αύξηση της ανθρωπογενούς συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου” (IPCC, 1995, 2001, 2007).

Πρόσφατες πληροφορίες επιβεβαιώνουν ότι η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων ευθύνεται για την πλειοψηφία των ανθρωπογενών εκπομπών ΑτΘ<sup>8</sup>. Οι εκπομπές συνεχίζουν να αυξάνονται και η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> είχε ξεπεράσει τα 390 ppm, ή 39% άνω των προβιομηχανικών επιπέδων, έως τα τέλη του 2010 (IPCC, 2007, 2011a).

Υπάρχουν διάφορες επιλογές για τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ από το ενεργειακό σύστημα, καλύπτοντας ταυτόχρονα την παγκόσμια ζήτηση για ενεργειακές υπηρεσίες. Κάποιες από τις πιθανές επιλογές, όπως η διατήρηση και απόδοση ενέργειας, η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, οι ΑΠΕ, η πυρηνική ενέργεια και η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS), εξετάστηκαν στην AR4. Μια περιεκτική εκτίμηση οποιουδήποτε χαρτοφυλακίου επιλογών μετριασμού θα περιείχε μια εκτίμηση του σχετικού ενδεχομένου μετριασμού, καθώς και τη συνεισφορά του στη βιώσιμη ανάπτυξη και όλους

---

<sup>7</sup> Σύμφωνα με την επίσημη γλώσσα αβεβαιότητας που χρησιμοποιείται στην AR4, ο όρος “πολύ πιθανόν” αντιστοιχεί σε >90% εκτιμώμενη πιθανότητα εμφάνισης του συμβάντος.

<sup>8</sup> Η συμβολή των μεμονωμένων ανθρωπογενών εκπομπών ΑτΘ στις συνολικές εκπομπές το 2004, όπως αναγράφηκε στην AR4, σε ισοδύναμα CO<sub>2</sub> είναι: CO<sub>2</sub> από ορυκτά καύσιμα (56,6%), CO<sub>2</sub> από αποψίλωση δασών, αποσύνθεση βιομάζας κτλ. (17,3%), CO<sub>2</sub> από άλλους λόγους (2,8%), μεθάνιο (14,3%), νιτρικό οξύ (7,9%) και φθοριούχα αέρια (1,1%) [Σχήμα 1.1b, AR4, WG III, Κεφάλαιο 1. Για περαιτέρω πληροφορίες για τομεακές εκπομπές, συμπεριλαμβανομένου της δασοκομίας, δείτε το Σχήμα 1.3b και τις σχετικές υποσημειώσεις της Ειδικής Έκθεσης SRREN-IPCC.]

τους συναφείς κινδύνους και κόστη. Η έκθεση αυτή επικεντρώνεται στο ρόλο που μπορεί να παίζει η ανάπτυξη των τεχνολογιών ΑΠΕ στα πλαίσια τέτοιου χαρτοφυλακίου επιλογών μετριασμού (IPCC, 2005, 2007).

Εκτός των μεγάλων πιθανοτήτων μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, οι ΑΠΕ μπορούν να προσφέρουν περισσότερα οφέλη. Οι ΑΠΕ, αν εφαρμοστούν ορθά, μπορούν να συμβάλλουν στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη, στην πρόσβαση σε ενέργεια, σε ασφαλή ενεργειακό εφοδιασμό και στη μείωση του αρνητικού αντίκτυπου στο περιβάλλον και στην υγεία (IPCC, 2007, 2011a).

Σε πολλές περιπτώσεις, η αύξηση του μεριδίου χρήσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα θα χρειαστεί πολιτικές που θα επιφέρουν αλλαγές στο ενεργειακό σύστημα. Η ανάπτυξη τεχνολογιών ΑΠΕ έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και το μερίδιό τους εκτιμάται να αυξηθεί σημαντικά σύμφωνα με τα πιο φιλόδοξα σενάρια μετριασμού. Θα είναι αναγκαίες επιπρόσθετες πολιτικές για να προσελκύσουν τις απαραίτητες περαιτέρω επενδύσεις σε τεχνολογίες και υποδομές (IPCC, 2011a, 2011b).

#### Τεχνολογίες και αγορές ανανεώσιμης ενέργειας

Οι ΑΠΕ αποτελούν μια ετερογενή τάξη τεχνολογιών (Πίνακας 1.9). Διάφοροι τύποι ΑΠΕ μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική, θερμική και μηχανική ενέργεια, καθώς και να παράγουν καύσιμα ικανά να εξυπηρετούν πολλαπλές ανάγκες ενεργειακών υπηρεσιών. Κάποιες τεχνολογίες ΑΠΕ μπορούν να αναπτυχθούν σε σημείο χρήσης (αποκεντροποιημένες) σε αγροτικά και αστικά περιβάλλοντα, ενώ άλλες είναι πρωταρχικά ανεπτυγμένες σε μεγάλα (κεντροποιημένα) ενεργειακά δίκτυα. Παρόλο που ένας ολοένα και μεγαλύτερος αριθμός τεχνολογιών ΑΠΕ είναι τεχνολογικά ώριμος και αναπτύσσεται σε μεγάλη κλίμακα, άλλες τεχνολογίες είναι σε πιο πρώιμη φάση τεχνικής ωριμότητας και εμπορικής ανάπτυξης ή εξυπηρετούν εξειδικευμένες αγορές. Η παραγόμενη ενέργεια από τεχνολογίες ΑΠΕ μπορεί να είναι (i) μεταβλητή και –μέχρι ενός σημείου– απρόβλεπτη σε διάφορα χρονικά

διαστήματα (από λεπτά έως έτη), (ii) μεταβλητή αλλά προβλέψιμη, (iii) σταθερή, ή (iv) ελεγχόμενη (IPCC, 2011a, 2011b).

Πίνακας 1.9: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τεχνολογίες

Η Βιοενέργεια μπορεί να παραχθεί από διάφορες πρώτες ύλες βιομάζας, συμπεριλαμβανομένου των δασών, των γεωργικών και ζωικών υπολειμμάτων, τις φυτείες δασών γρήγορης ανάπτυξης, τις ενεργειακές καλλιέργειες, του οργανικού συστατικού των αστικών στερεών απόβλητων και άλλες οργανικές ροές αποβλήτων. Μέσω μιας πληθώρας διαδικασιών, οι πρώτες ύλες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία αέριων, υγρών ή στερεών καυσίμων. Το εύρος των τεχνολογιών βιοενέργειας είναι μεγάλο και η τεχνική ωριμότητα ποικίλλει σημαντικά. Κάποια παραδείγματα εμπορικά διαθέσιμων τεχνολογιών περιλαμβάνουν μικρούς και μεγάλους λέβητες, οικιακά συστήματα θέρμανσης με pellets και παραγωγή αιθανόλης από ζάχαρη και άμυλο. Οι προηγμένες μονάδες παραγωγής ενέργειας ολοκληρωμένου συνδυασμένου κύκλου εξαέρωσης από βιομάζα και τα καύσιμα μεταφορών από λιγνοκυτταρίνη είναι παραδείγματα τεχνολογιών που βρίσκονται σε προεμπορικό στάδιο, ενώ η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων από άλγη και κάποιες άλλες προσεγγίσεις βιολογικών μετατροπών βρίσκονται στο στάδιο έρευνας και ανάπτυξης (E&A). Οι τεχνολογίες βιοενέργειας βρίσκουν εφαρμογή σε κεντροποιημένα και αποκεντροποιημένα περιβάλλοντα, με την παραδοσιακή χρήση βιομάζας στις αναπτυσσόμενες χώρες να είναι η πιο διαδεδομένη εφαρμογή προς το παρόν.<sup>9</sup> Τυπικά η βιοενέργεια προσφέρει συνεχή ή ελεγχόμενη παραγωγή. Τα έργα βιοενέργειας βασίζονται συνήθως στην τοπική ή περιφερειακή διαθεσιμότητα παροχής καυσίμων, ωστόσο πρόσφατες εξελίξεις έδειξαν πως η στερεή

<sup>9</sup> Παραδοσιακή βιομάζα ορίζεται από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (ΔΟΕ) ως η κατανάλωση βιομάζας στον οικιστικό τομέα στις αναπτυσσόμενες χώρες και αναφέρεται στην συχνά μη αιεφόρα χρήση ξύλου, ξυλάνθρακα, αγροτικών υπολειμμάτων και ζωικών κοπριών στη μαγειρική και στη θέρμανση. Όλες οι υπόλοιπες χρήσεις βιομάζας ορίζονται ως σύγχρονες [Παράρτημα Ι της Ειδικής Έκθεσης IPCC].



βιομάζα και τα υγρά βιοκαύσιμα εμπορεύονται ολοένα και περισσότερο διεθνώς.

Η φωτοβολταϊκή ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται συνηθέστερα μέσω φωτοβολταϊκών γεννητριών που μετατρέπουν μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια ή με την συγκέντρωση των ηλιακών ακτίνων μέσω ηλιακών συλλεκτών για την επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών και τελικά η παραγωγή ηλιακής ενέργειας. Οι τεχνολογίες άμεσης ηλιακής ενέργειας αξιοποιούν την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών (PV) και συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας (CSP), για να παράγουν θερμική ενέργεια (θέρμανση ή ψύξη, μέσω παθητικών ή ενεργών μέσων), για να καλύψουν τις άμεσες ανάγκες φωτισμού, και πιθανόν για να παράγουν καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις μεταφορές και σε άλλους σκοπούς. Η τεχνολογική ωριμότητα των ηλιακών εφαρμογών κυμαίνεται από το στάδιο E&A (π.χ. καύσιμα που παράγονται από ηλιακή ενέργεια), στις σχετικά ώριμες (π.χ. CSP), έως και τις ώριμες (π.χ. παθητική και ενεργή ηλιακή θέρμανση και PV από πλακίδια πυριτίου). Πολλές, αλλά όχι όλες οι τεχνολογίες είναι σπονδυλωτές στη φύση, επιτρέποντας τη χρήση τους και σε κεντρικοποιημένα και σε αποκεντροποιημένα ενεργειακά συστήματα. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεταβλητή και έως ένα βαθμό απρόβλεπτη, ωστόσο το προσωρινό προφίλ παραγωγής ηλιακής ενέργειας ανταποκρίνεται σχετικά καλά στην ενεργειακή ζήτηση. Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας προσφέρει την επιλογή βελτίωσης του ελέγχου παραγωγής κάποιων τεχνολογιών, όπως την CSP και την άμεση ηλιακή θέρμανση.

Η Γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιεί την προσβάσιμη θερμική ενέργεια από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα αντλείται από γεωθερμικά αποθέματα μέσω δεξαμενών περισυλλογής ή άλλων μέσων. Τα αποθέματα που είναι από τη φύση τους θερμά και διαπερατά λέγονται υδροθερμικά αποθέματα, ενώ τα αποθέματα που είναι επαρκώς θερμά αλλά βελτιωμένα μέσω υδραυλικής διέγερσης, ονομάζονται ενισχυμένα γεωθερμικά συστήματα (EGS). Όταν βρεθούν στην επιφάνεια, τα υγρά διαφόρων θερμοκρασιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή πιο άμεσα σε εφαρμογές που απαιτούν θερμική ενέργεια, συμπεριλαμβανομένου της τηλεθέρμανσης ή

της χρήσης θερμότητας πιο χαμηλής θερμοκρασίας από ρηχές πηγές για γεωθερμικές αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Οι υδροθερμικές μονάδες παραγωγής ενέργειας και οι θερμικές εφαρμογές γεωθερμικής ενέργειας είναι ώριμες τεχνολογίες, ενώ τα έργα EGS βρίσκονται στην φάση επίδειξης και πιλοτικών προγραμμάτων, ενώ παράλληλα υποβάλλονται σε E&A. Όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ενέργειας αποφέρουν συνήθως συνεχή παραγωγή.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιεί την ενέργεια του νερού που κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα υψόμετρα, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υδροηλεκτρικά έργα περιλαμβάνουν φράγματα με δεξαμενές, έργα άνευ ταμιευτήρα και με ταμιευτήρα και καλύπτουν μια συνεχή κλίμακα έργων. Η ποικιλία αυτή δίνει στην υδροηλεκτρική ενέργεια την ικανότητα να καλύπτει μεγάλες αστικές κεντρικοποιημένες ανάγκες, καθώς και αποκεντροποιημένες αγροτικές ανάγκες. Οι υδροηλεκτρικές τεχνολογίες είναι ώριμες. Τα υδροηλεκτρικά έργα εκμεταλλεύονται μια πηγή που μεταβάλλεται προσωρινά. Ωστόσο, η ελεγχόμενη παραγωγή που παρέχεται από υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις που έχουν αποθέματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει τη μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και να βοηθήσει στην εξισορρόπηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν μεγάλες ποσότητες μεταβλητής παραγωγής ΑΠΕ. Η λειτουργία υδροηλεκτρικών αποθεμάτων συχνά αντικατοπτρίζει τις πολλαπλές τους χρήσεις, για παράδειγμα, πόσιμο νερό, άρδευση, έλεγχος πλημμύρων και ξηρασίας, πλοήγηση και ενεργειακό εφοδιασμό.

Η Ενέργεια των ωκεανών απορρέει από τη δυναμική, κινητική, θερμική και χημική ενέργεια του θαλασσινού νερού, η οποία μπορεί να μετατραπεί ώστε να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια, θερμική ενέργεια ή πόσιμο νερό. Διάφορες τεχνολογίες είναι δυνατές, όπως τεχνητά φράγματα για παλιρροιακά εύρη, υποθαλάσσιες τουρμπίνες για παλιρροιακά και ωκεάνια ρεύματα, εναλλάκτες θερμότητας για τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών και ένα πλήθος συσκευών που εκμεταλλεύονται την ενέργεια των κυμάτων και τον βαθμό αλμυρότητας. Οι ωκεάνιες τεχνολογίες, με εξαίρεση

τα παλιρροιακά φράγματα, βρίσκονται στη φάση επίδειξης και πιλοτικών προγραμμάτων και πολλές από αυτές απαιτούν περαιτέρω E&A. Κάποιες από τις τεχνολογίες έχουν μεταβλητά προφίλ παραγωγής ενέργειας με διαφορετικές βαθμίδες προβλεψιμότητας (π.χ. κύματα, παλιρροιακό εύρος και ρεύματα), ενώ άλλες έχουν σχεδόν συνεχή ή ακόμα και ελεγχόμενη λειτουργία (π.χ. θερμική ενέργεια των ωκεανών και βαθμός αλμυρότητας).

Η Αιολική ενέργεια χρησιμοποιεί την κινητική ενέργεια του κινούμενου αέρα. Η πρωταρχική εφαρμογή που σχετίζεται με τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μεγάλες ανεμογεννήτριες στη ξηρά (παράκτιες) ή στη θάλασσα ή σε γλυκό νερό (υπεράκτιες). Οι παράκτιες τεχνολογίες αιολικής ενέργειας ήδη κατασκευάζονται και αναπτύσσονται σε μεγάλη κλίμακα. Οι υπεράκτιες τεχνολογίες αιολικής ενέργειας έχουν μεγαλύτερο δυναμικό για συνεχή τεχνική πρόοδο. Η αιολική ενέργεια είναι και μεταβλητή και, σε κάποιο βαθμό, απρόβλεπτη, ωστόσο η εμπειρία και οι λεπτομερείς έρευνες από πολλές περιοχές έδειξαν ότι γενικά η ένταξη της αιολικής ενέργειας δε θέτει ανυπέρβλητους τεχνικούς φραγμούς.

Πηγή Ειδική Έκθεση SRREN –IPCC σελ. 4-5.

Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται πως οι ΑΠΕ οφείλονται για το 12,9% των συνολικών 492 Exajoules (EJ)<sup>10</sup> της παροχής πρωτογενούς ενέργειας το 2008 (Πίνακας 1.9 και Σχήμα 1.9). Ο μεγαλύτερος συνεισφέρων ΑΠΕ ήταν η βιομάζα (10,2%), με την πλειοψηφία (περίπου 60%) να είναι η παραδοσιακή βιομάζα που βρίσκει εφαρμογή στη μαγειρική και στη θέρμανση στις αναπτυσσόμενες χώρες, ωστόσο σημειώθηκε και ραγδαία αύξηση της σύγχρονης βιομάζας<sup>11</sup>. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αντιπροσώπευσε το 2,3%, ενώ άλλες πηγές ΑΠΕ απέφεραν 0,4%. Το 2008, η ΑΠΕ συνεισφερε περίπου το 19% της παγκόσμιας

<sup>10</sup> 1 Exajoule =  $10^{18}$  joules = 23,88 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Mtoe).

<sup>11</sup> Εκτός του 60% μεριδίου της παραδοσιακής βιομάζας, υπάρχει χρήση βιομάζας που εκτιμάται πως ανέρχεται στο 20 με 40% που δεν καταγράφεται στις επίσημες βάσεις δεδομένων πρωτογενούς ενέργειας, όπως η κοπριά, η μη καταγεγραμμένη παραγωγή ξυλάνθρακα, η παράνομη υλοτομία συγκέντρωση καυσόξυλων και η χρήση αγροτικών υπολειμμάτων.

παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (16% υδροηλεκτρική ενέργεια, 3% άλλες ΑΠΕ) και τα βιοκαύσιμα συνεισέφεραν το 2% της παγκόσμιας παροχής καυσίμων οδικών μεταφορών. Η παραδοσιακή βιομάζα (17%), η σύγχρονη βιομάζα (8%) και η ηλιακή θερμική και γεωθερμική ενέργεια (2%), συνολικά προμήθευσαν το 27% της παγκόσμιας ζήτησης για θερμότητα. Η συνεισφορά των ΑΠΕ στην παροχή πρωτογενούς ενέργειας ποικίλλει σημαντικά αναλόγως της χώρας και της περιοχής (IPCC, 2011a, 2011b).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας –Φωτοβολταϊκά Συστήματα»

#### 2.1 Ένταξη της ανανεώσιμης ενέργειας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας εξελίσσονται από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Σήμερα, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλουν σε κλίμακα και τεχνολογική εξειδίκευση από την συγχρονισμένη Ανατολική Διασύνδεση της Βόρειας Αμερικής έως τα μικρά αυτόνομα συστήματα πετρελαίου, με μερικά συστήματα, όπως στην Κίνα, να υφίστανται ραγδαία εξάπλωση και μετατροπή. Παρά τις διαφορές ωστόσο, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν και είναι σχεδιασμένα με κοινό στόχο την παροχή αξιόπιστης και οικονομικά αποδοτικής ηλεκτρικής ενέργειας. Μελλοντικά, η σπουδαιότητα των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί αν αυτά παρέχουν σύγχρονη ενέργεια, καθιστούν δυνατή τη μεταφορά ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις και προσφέρουν ενδεχόμενο τρόπο παροχής ενέργειας με χαμηλές εκπομπές άνθρακα (IPCC, 2011c).

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν πολλά σημαντικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις προκλήσεις ένταξης των ΑΠΕ. Η πλειοψηφία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν χρησιμοποιώντας εναλλασσόμενο ρεύμα (ΕΡ), με το οποίο η πλειοψηφία της παραγωγής είναι συγχρονισμένη και λειτουργεί σε συχνότητα 50 ή 60 Hz, αναλόγως της περιοχής. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρει κατά τη διάρκεια της ημέρας, εβδομάδας ή εποχής και εξαρτάται από τις ανάγκες των χρηστών ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνολική απόκλιση ζήτησης ταιριάζει με την απόκλιση σε χρονοδιαγράμματα και οδηγίες κατανομής για παραγωγή ώστε να διατηρεί συνεχώς μια ισορροπία ανάμεσα στην προσφορά και στη ζήτηση. Οι γεννήτριες και άλλοι πόροι των συστημάτων ενέργειας χρησιμοποιούνται για την παροχή ελέγχου ενεργής ισχύος για τη διατήρηση της συχνότητας του συστήματος και ελέγχου άεργου ισχύος για τη διατήρηση της τάσης εντός

συγκεκριμένων ορίων. Οι συνεχείς αποκλίσεις σε προσφορά και ζήτηση χειρίζονται με αυτόματο έλεγχο της παραγωγής μέσω υπηρεσιών που ονομάζονται ρύθμιση και παρακολούθηση φορτίου, ενώ οι αλλαγές που επέρχονται με το πέρασ ωρών έως ημερών χειρίζονται με κατανομή και προγραμματισμό παραγωγής (συμπεριλαμβανομένου της ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης της παραγωγής, που είναι γνωστό ως ένταξη μονάδων). Αυτή η συνεχής εξισορρόπηση είναι αναγκαία ανεξαρτήτως του μηχανισμού που χρησιμοποιείται για την επίτευξη της. Κάποιες περιοχές επιλέγουν οργανωμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας για να καθορίζουν ποιες μονάδες παραγωγής πρέπει να ενταχθούν και/ή πως πρέπει να κατανεμηθούν. Ακόμα και τα αυτόνομα συστήματα πρέπει να χρησιμοποιούν μεθόδους διατήρησης ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και ζήτησης (μέσω ελεγχόμενων γεννητριών, ελεγχόμενων φορτίων, ή αποθηκευτικών πόρων όπως οι συσσωρευτές) (IPCC, 2011a, IEA, 2006, 2010, 2011).

Εκτός της διατήρησης ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από την παραγωγή στη ζήτηση μέσω δικτύων μεταφοράς και διανομής με περιορισμένη ισχύ. Η εξασφάλιση διαθεσιμότητας επαρκούς παραγωγής και ισχύος δικτύου απαιτεί μακροχρόνιο σχεδιασμό. Ο σχεδιασμός συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας ενσωματώνει τη γνώση πως τα μεμονωμένα στοιχεία του συστήματος, συμπεριλαμβανομένου των στοιχείων παραγωγής και δικτύου, περιοδικά θα αποτύχουν (ένα απρόοπτο). Μπορεί να επιτευχθεί ένας στόχος αξιοπιστίας δημιουργώντας επαρκείς πόρους. Ένα σημαντικό μέτρο που χρησιμοποιήθηκε στον καθορισμό της συνεισφοράς παραγωγής -από ορυκτά καύσιμα ή ανανεώσιμη ενέργεια- για την κάλυψη του επιπέδου-στόχου αξιοπιστίας ονομάζεται εγγυημένη ισχύς.

Βάσει των χαρακτηριστικών των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, πολλά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ είναι σημαντικά για την ένταξη των ΑΠΕ στα ενεργειακά συστήματα. Συγκεκριμένα, η μεταβλητότητα και η προβλεψιμότητα (ή αβεβαιότητα) των ΑΠΕ παίζει ρόλο στον προγραμματισμό και στην κατανομή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, η τοποθεσία των πόρων ΑΕ είναι κατάλληλος δείκτης του αντίκτυπου στις ανάγκες για ηλεκτρικά δίκτυα και ο παράγοντας χωρητικότητας, η εγγυημένη ισχύς και τα

χαρακτηριστικά των μονάδων παραγωγής είναι δείκτες κατάλληλοι για συγκρίσεις, παραδείγματος χάρη με τη θερμική ενέργεια (ΚΑΠΕ, 2008, 2009).

Κάποιοι πόροι ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (ιδιαίτερα η ενέργεια των ωκεανών, η ηλιακή, φωτοβολταϊκή και αιολική ενέργεια) είναι μεταβλητοί και μόνο μερικώς κατανεμόμενοι: η παραγωγή από αυτούς τους πόρους μπορεί να μειωθεί αν χρειαστεί, αλλά η μέγιστη παραγωγή εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του πόρου ΑΠΕ (π.χ., παλιρροιακά ρεύματα, ήλιος ή άνεμοι). Η εγγυημένη ισχύς μπορεί να είναι μικρή αν η παραγωγή δεν είναι σωστά συνταιριασμένη με τις εποχές υψηλής ζήτησης. Επιπλέον, η μεταβλητότητα και η μερική προβλεψιμότητα κάποιων ΑΠΕ επιβαρύνει την κατανεμόμενη παραγωγή ή άλλους πόρους να διασφαλίσουν την ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης δεδομένου των αποκλίσεων στις ΑΠΕ (IPCC, 2011c).

Σε πολλές περιπτώσεις η μεταβλητότητα και η μερική προβλεψιμότητα είναι σε κάποιο βαθμό μετριασμένες από τη γεωγραφική ποικιλομορφία -οι μεταβολές και τα λάθη στις προβλέψεις δεν εμφανίζονται πάντα την ίδια χρονική στιγμή στην ίδια κατεύθυνση. Ωστόσο μια γενική πρόκληση για τις περισσότερες ΑΠΕ είναι πως οι ανανεώσιμοι πόροι βρίσκονται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, οπότε η συγκεντρωμένη παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να πρέπει να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις και να χρειαστεί επέκταση των δικτύων. Οι κατανεμόμενοι ανανεώσιμοι πόροι (συμπεριλαμβανομένου της υδροηλεκτρικής ενέργειας, της βιοενέργειας, της γεωθερμικής ενέργειας και της συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας με αποθήκευση θερμότητας) μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να προσφέρουν επιπλέον ευελιξία στην ένταξη άλλων ανανεώσιμων πόρων στο σύστημα και συχνά έχουν μεγαλύτερη εγγυημένη ισχύ (IPCC, 2011a, 2011c).

Μια πολύ συνοπτική περιγραφή των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών επιλεγόμενων τεχνολογιών παρατίθεται στον Πίνακα 2.1. (IPCC, 2011c).

Υπάρχει ήδη μεγάλη πείρα στη λειτουργία συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλα μερίδια ανανεώσιμων πόρων, ιδιαίτερα με υδροηλεκτρική και γεωθερμική ενέργεια. Η υδροηλεκτρική αποθήκευση και οι ισχυρές διασυνδέσεις βοηθούν στη διαχείριση διακυμάνσεων στις ροές των ποταμών. Το κόστος εξισορρόπησης για μεταβλητή παραγωγή

επέρχεται όταν υπάρχουν διαφορές μεταξύ της προγραμματισμένης παραγωγής (σύμφωνα με τις προβλέψεις) και της πραγματικής παραγωγής. Η μεταβλητότητα και η αβεβαιότητα αυξάνουν τις απαιτήσεις εξισορρόπησης. Συνολικά, η εξισορρόπηση αναμένεται να επιτυγχάνεται πιο δύσκολα καθώς η διείσδυση των μερικά κατανεμόμενων ΑΠΕ αυξάνεται. Οι έρευνες δείχνουν ξεκάθαρα πως ο συνδυασμός διαφόρων μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών και πόρων από ευρείες γεωγραφικές περιοχές θα είναι ωφέλιμος στην εξομάλυνση της μεταβλητότητας και της μείωσης της συνολικής αβεβαιότητας για τα ενεργειακά συστήματα.



Πίνακας 2.1: Σύνοψη χαρακτηριστικών ένταξης για επιλεγμένες τεχνολογίες ΑΠΕ.

Τεχνολογία	Μέγεθος μονάδας παραγωγής	Μεταβλητότητα: Χαρακτηριστική κλίμακα χρόνου για τη λειτουργία ενεργειακών συστημάτων	Κατανομή	Δυναμικό γεωγραφικής ποικιλότητας	Προβλεψιμότητα	Εύρος παράγοντα Χωρητικότητας	Εύρος εγγυημένης Ισχύος	Ενεργή ισχύς, Έλεγχος συχνότητας	Έλεγχος τάσης Λαργου ισχύος
	(MW)	Κλίμακα χρόνου	Βλέπε υποσημειώσεις	Βλέπε υποσημειώσεις	Βλέπε υποσημειώσεις	%	%	Βλέπε υποσημειώσεις	Βλέπε υποσημειώσεις
<b>Βιοενέργεια</b>	0.1–100	Εποχές (αναλόγως της διαθεσιμότητας βιομάζας)	+++	+	++	50–90	Όμοια με τη θερμική και ΣΠΗΘ	++	++
<b>Άμεση ηλιακή ενέργεια</b>	PV	0.004–100 Αρθρωτή	+	++	+	12–27	<25–75	+	+
	CSP με αποθήκευση θερμότητας*	50–250	Ωρες έως έτη	++	+**	++	35–42	90	++
<b>Γεωθερμική ενέργεια</b>		2–100	Έτη	+++	N/A	++	60–90	Όμοια με τη θερμική	++
<b>Υδροηλεκτρική ενέργεια</b>	Φυσική ροή	0.1–1,500	Ωρες έως έτη	++	+	++	20–95	0–90	++
	Αποθέματα	1–20,000	Μέρες έως έτη	+++	+	++	30–60	Όμοια με τη θερμική	++

<b>Ενέργεια των ωκεανών</b>	Παλιρροιακό εύρος	0.1–300	Ώρες έως ημέρες	+	+	++	22.5–28.5	<10%	++	++
	Παλιρροιακά ρεύματα	1–200	Ώρες έως ημέρες	+	+	++	19–60	10–20	+	++
	Κύματα	1–200	Λεπτά έως έτη	+	++	+	22–31	16	+	+
<b>Αιολική ενέργεια</b>		5–300	Λεπτά έως έτη	+	++	+	20-40 παράκτια, 30-45 υπεράκτια	5–40	+	++

Πηγή: Ειδική Έκθεση SRREN –IPCC, Τεχνική Περίληψη σελ.109.

\* Υπό την προϋπόθεση συστήματος συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας με έξι ώρες αποθήκευσης θερμότητας στις νοτιοδυτικές ΗΠΑ.

\*\* Σε περιοχές με άμεση ηλιακή ακτινοβολία (DNI) >2,000 kWh/m<sup>2</sup>/χρόνο (7,200 MJ/m<sup>2</sup>/χρόνο).

Σημειώσεις:

Μέγεθος μονάδας παραγωγής: εύρος τυπικής παροχής της μονάδας.

Χαρακτηριστικές κλίμακες χρόνου: χρονικές κλίμακες κατά τις οποίες λαμβάνει χώρα η μεταβλητότητα που είναι απαραίτητη για την ένταξη στο ενεργειακό σύστημα.

Κατανομή: βαθμός κατανομής της μονάδας: + χαμηλή μερική κατανομή, ++ μερική κατανομή, +++ κατανεμόμενη. Δυναμικό γεωγραφικής ποικιλομορφίας: ο βαθμός στον οποίο η τοποθεσία της τεχνολογίας μπορεί να μετριάσει τη μεταβλητότητα και να βελτιώσει την προβλεψιμότητα, χωρίς μεγάλη ανάγκη για επιπρόσθετο δίκτυο: +μέτριο δυναμικό, ++δυναμικό υψηλής ποικιλομορφίας.

Προβλεψιμότητα: Βαθμός ακρίβειας στον οποίο μπορεί να προβλεφθεί η παραγωγή της μονάδας σε σχετικές χρονικές κλίμακες για να βοηθήσει τη λειτουργία του ενεργειακού συστήματος: + μέτρια ακρίβεια πρόγνωσης (τυπικά <10% Ενεργού Τιμής (RMS) λάθους ονομαστικής ισχύος την επόμενη μέρα), ++ υψηλή ακρίβεια πρόγνωσης.

Έλεγχος συχνότητας ενεργούς ισχύος: τεχνολογικές δυνατότητες που επιτρέπουν τη μονάδα να συμμετάσχει στον έλεγχο ενεργούς ισχύος και στην απόκριση συχνότητας υπό φυσιολογικές συνθήκες (σταθερός ρυθμός, δυναμικό) και υπό συνθήκες βλάβης δικτύου (για παράδειγμα υποστήριξη ενεργούς ισχύος υπό συνθήκες βύθισης τάσης): + καλές πιθανότητες, ++ πιθανότητες πλήρους ελέγχου.

Έλεγχος τάσης και άεργου ισχύος: τεχνολογικές δυνατότητες που επιτρέπουν τη μονάδα να συμμετάσχει στον έλεγχο τάσης και άεργου ισχύος υπό φυσιολογικές συνθήκες (σταθερός ρυθμός, δυναμικό) και υπό συνθήκες βλάβης δικτύου (για παράδειγμα υποστήριξη άεργου ισχύος υπό συνθήκες βύθισης τάσης): +καλές πιθανότητες, ++πιθανότητες πλήρους ελέγχου (COM,2011).

Το βασικότερο ζήτημα είναι η σημασία των υποδομών δικτύου, και για τη μεταφορά ενέργειας από τη μονάδα παραγωγής στον καταναλωτή, αλλά και για την εξισορρόπηση μεγαλύτερων περιοχών. Η ενίσχυση των συνδέσεων εντός ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και η εισαγωγή επιπρόσθετων διασυνδέσεων με άλλα συστήματα μπορεί να μετριάσει άμεσα τον αντίκτυπο των μεταβλητών και αβέβαιων ΑΠΕ. Για τις περισσότερες ΑΠΕ απαιτείται επέκταση του δικτύου, ωστόσο το μέγεθος εξαρτάται από τον πόρο και την τοποθεσία των υπαρχόντων υποδομών δικτύου. Μεταξύ άλλων προκλήσεων θα είναι και η επέκταση των υποδομών δικτύου σε κλίμα δημόσιας αντίθεσης σε υπερυψωμένες δαπάνες

για υποδομές δικτύου. Γενικά, θα χρειαστούν τεράστιες αλλαγές στις μονάδες παραγωγής, στις υποδομές των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και στις λειτουργικές διαδικασίες για να γίνει η μετάβαση σε αυξημένη ανανεώσιμη παραγωγή διατηρώντας παράλληλα χαμηλό το κόστος και την περιβαλλοντολογική αποδοτικότητα. Οι αλλαγές αυτές θα απαιτήσουν μεγάλες επενδύσεις αρκετές εκ των προτέρων για να διατηρήσουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας αξιόπιστη και ασφαλή (IPCC, 2011a, 2011c).

Εκτός της βελτίωσης των υποδομών δικτύου, κι άλλες σημαντικές επιλογές ένταξης έχουν αναγνωριστεί μέσω λειτουργικής πείρας ή ερευνών (IPCC, 2011c):

Αυξημένη ευελιξία παραγωγής: Η αυξημένη διείσδυση των μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών προϋποθέτει μεγαλύτερη ανάγκη διαχείρισης της μεταβλητότητας και της αβεβαιότητας. Μεγαλύτερη ευελιξία απαιτείται από το μείγμα παραγωγής. Η παραγωγή παρέχει το μεγαλύτερο μέρος της υπάρχουσας ευελιξίας ενός ενεργειακού συστήματος ώστε να αντιμετωπίζει την αβεβαιότητα ξεκινώντας ή σταματώντας την παραγωγή ή τον κύκλο λειτουργίας όταν απαιτείται. Η ανάγκη για μεγαλύτερη ευελιξία μπορεί χρειαστεί επενδύσεις σε νέες ευέλικτες παραγωγές ή βελτιώσεις στις υπάρχοντες μονάδες παραγωγής ώστε να μπορούν να λειτουργούν με πιο ευέλικτο τρόπο.

Μέτρα ζήτησης: Παρόλο που τα μέτρα ζήτησης, από ιστορικής άποψης έχουν εφαρμοστεί μόνο για να μειώσουν τη μέση ζήτηση ή τη ζήτηση κατά τις περιόδους αιχμής, ενδεχομένως μπορούν να συνεισφέρουν στην κάλυψη των αναγκών που απορρέουν από την αυξημένη μεταβλητή ανανεώσιμη παραγωγή. Η ανάπτυξη των προηγμένων τεχνολογιών τηλεπικοινωνιών, με ευφυείς μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας συνδεδεμένους με τα κέντρα ελέγχου, προσφέρει το ενδεχόμενο πρόσβασης σε πολύ μεγαλύτερα επίπεδα ευελιξίας από τη ζήτηση. Οι χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να λάβουν κίνητρα και/ή να μειώσουν την κατανάλωση τους λόγω διαφορετικής τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικές ώρες, συγκεκριμένα με πιο ακριβές τιμές κατά περιόδους αυξημένης ζήτησης. Αυτή η μείωση της ζήτησης κατά τις περιόδους αυξημένης ζήτησης μπορεί να μετριάσει το αντίκτυπο της χαμηλής εγγυημένης ισχύος κάποιων τύπων μεταβλητής παραγωγής. Επιπλέον, η ζήτηση που μπορεί να περισταλεί γρήγορα και χωρίς προειδοποίηση

οποιαδήποτε στιγμή του έτους, μπορεί να προσφέρει αποθέματα, αντί να απαιτεί πόρους παραγωγής για να παρέχουν αυτό το απόθεμα. Η ζήτηση της οποίας η κάλυψη μπορεί να προγραμματιστεί οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας ή που αποκρίνεται σε πραγματικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να συμβάλλει στην ενδοημερήσια εξισορρόπηση, μετριάζοντας επομένως τις λειτουργικές προκλήσεις που αναμένονται να γίνονται ολοένα και δυσκολότερες με μεταβλητή παραγωγή (Κακαράς, 2005).

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας: Αποθηκεύοντας την ηλεκτρική ενέργεια όταν η ανανεώσιμη παραγωγή είναι υψηλή και η ζήτηση χαμηλή και παράγοντας την όταν η ανανεώσιμη παραγωγή είναι χαμηλή και η ζήτηση υψηλή, η περικοπή των ΑΠΕ μπορεί να μειωθεί και οι μονάδες βάσης φορτίου του συστήματος να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά. Η αποθήκευση μπορεί επίσης να ελαττώσει τη συμφόρηση μεταφοράς και να μειώσει, ή να καθυστερήσει, την ανάγκη αναβαθμίσεων των μεταφορών. Τεχνολογίες όπως οι συσσωρευτές ή οι σφόνδυλοι που αποθηκεύουν μικρότερες ποσότητες ενέργειας (λεπτά έως ώρες) θεωρητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ενέργειας σε ωριαίο χρονοδιάγραμμα για να ρυθμίζουν την ισορροπία προσφοράς και ζήτησης.

Βελτιωμένες μέθοδοι λειτουργίας/αγοράς και σχεδιασμού: Για την επιτυχή αντιμετώπιση της μεταβλητότητας και της αβεβαιότητας που σχετίζονται με μεταβλητές πηγές παραγωγής, οι προγνώσεις της παραγωγής τους μπορούν να συνδυαστούν με βελτιωμένες λειτουργικές μεθόδους για να καθορίσουν το απαιτούμενο απόθεμα για τη διασφάλιση της ισορροπίας παραγωγής-ζήτησης, καθώς και για βέλτιστο προγραμματισμό παραγωγής. Η λήψη αποφάσεων προγραμματισμού πιο κοντά στον πραγματικό χρόνο (π.χ., συντομότερος χρόνος κλεισίματος προσφορών στις αγορές) και πιο συχνά επιτρέπει νεότερες και πιο ακριβείς πληροφορίες να χρησιμοποιηθούν στην κατανομή φορτίου στις μονάδες παραγωγής. Η μετακίνηση σε περιοχές μεγαλύτερης εξισορρόπησης, ή μοιρασμένης εξισορρόπησης μεταξύ περιοχών, είναι επίσης επιθυμητή για μεγάλες ποσότητες μεταβλητής παραγωγής, λόγω των συνολικών οφελών των πολλαπλών κατανεμημένων ανανεώσιμων πηγών.

Συνοπτικά, οι ΑΠΕ μπορούν να ενταχθούν σε όλους τους τύπους συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας από μεγάλα διασυνδεδεμένα συστήματα ηπειρωτικής κλίμακας έως μικρά

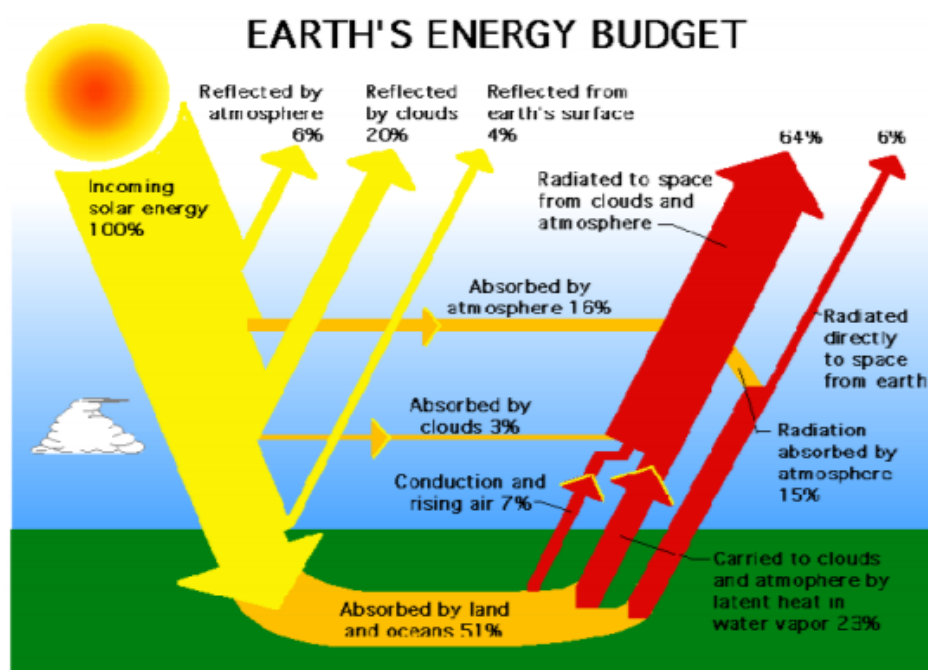
αυτόνομα συστήματα. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος, συμπεριλαμβανομένου των υποδομών δικτύου, των πρότυπων ζήτησης και της γεωγραφικής τους τοποθεσίας, του μείγματος παραγωγής, της δυνατότητα ελέγχου και επικοινωνίας σε συνδυασμό με την τοποθεσία, του γεωγραφικού αποτυπώματος, της μεταβλητότητα και προβλεψιμότητας των ανανεώσιμων πόρων, καθορίζουν τη κλίμακα της πρόκλησης ένταξης. Καθώς οι ποσότητες πόρων ΑΕ αυξάνονται, θα υπάρξει ανάγκη κατασκευής πρόσθετων υποδομών ηλεκτρικού δικτύου (μεταφορά και/ή διανομή). Οι μεταβλητοί ανανεώσιμοι πόροι, όπως οι άνεμοι, μπορεί να είναι πιο δύσκολοι στην ένταξη από ότι οι κατανεμόμενες ανανεώσιμες πηγές, όπως η βιοενέργεια, και με τα αυξανόμενα επίπεδα η διατήρηση της αξιοπιστίας γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη και δαπανηρή. Αυτές οι προκλήσεις και οι δαπάνες μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τη δημιουργία ενός χαρτοφυλακίου επιλογών που θα περιλαμβάνει διασυνδέσεις ηλεκτρικών δικτύων, την ανάπτυξη συμπληρωματικής ευέλικτης παραγωγής, μεγαλύτερες περιοχές εξισορρόπησης, υπο-ωριαίες αγορές, ζήτηση που μπορεί να ανταποκριθεί στη διαθεσιμότητα προσφοράς, τεχνολογίες αποθήκευσης και καλύτερη πρόγνωση, λειτουργία του συστήματος και μέσω σχεδιασμού (IPCC, 2011a, 2011c).

## **2.2 Ηλιακή Ενέργεια**

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης μια δεδομένη χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από την ένταση και την διεύθυνση πρόσπτωσης. Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της γης. Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετά από

διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία (Παπαζής, 1998).

Σχήμα 2.1: Σχηματική Απεικόνιση Ηλιακής Ενέργειας - Ακτινοβολίας



Πηγή: <http://solarenergynews.cybercivilian.com/category/solar-energy/>

Η γη δέχεται ετήσια ηλιακή ενέργεια με ακτινοβολία της τάξης του  $173 \times 10^{15}$  W. Σε ένα 24ωρο κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας της γης δέχεται κατά μέσο όρο 4-6 KWh ηλιακής ενέργειας με ακτινοβολία  $800-2500 \text{ KWh/m}^3$  ετησίως. Η ποσότητα αυτή είναι περίπου η διπλάσια από αυτή που θα μπορέσει ποτέ να ληφθεί από το σύνολο των μη ανανεώσιμων πηγών της Γης (πχ. Φυσικό αέριο, άνθρακα κτλ ) και περισσότερη από αυτή που καταναλώνει σήμερα ο άνθρωπος σε ένα χρόνο. Για αυτό κρίνεται σκόπιμη η πρακτική εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

1. την άμεση παραγωγή θερμότητας, με ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα. Αν η παραγόμενη θερμότητα είναι υψηλής θερμοκρασίας, τότε μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού και στη συνέχεια μηχανικής ενέργειας (με ατμοστρόβιλους). Η μηχανική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτή τη περίπτωση αναφερόμαστε σε θερμική παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια.

2. την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δύο τρόπους: θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η θερμική αξιοποίηση περιλαμβάνει συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα κυρίως για θέρμανση νερού και μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση ατμοστροβίλων.<sup>6</sup> Η δεύτερη εφαρμογή θα αναλυθεί λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.

Πλεονεκτήματα χρήσης της ηλιακής ενέργειας:

- Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές.
- Το φως του ήλιου είναι δωρεάν και διαθέσιμο σε όλο τον πλανήτη. Είναι ανανεώσιμη πηγή και δεν πρόκειται να εξαντληθεί.
- Η ηλιακή θερμική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί και να απελευθερώνεται αργά και σταδιακά.
- Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συστήματος είναι απλή. Η δε συντήρηση που απαιτεί είναι ελάχιστη, ενώ η ανθεκτικότητά τους φτάνει τα 25 και άνω έτη λειτουργίας.
- Πρόκειται για απλή και συμφέρουσα λύση καθώς με τη πάροδο του χρόνου τα ηλιακά συστήματα τείνουν να “πληρώνονται μόνα τους” (μέσος χρόνος αποπληρωμής 4 ετών).
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μηχανήματα μικρής κλίμακας όσο και μεγάλης.
- Είναι η εναλλακτική ενέργεια που φαίνεται ότι μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα στις ανάγκες του μέλλοντος.
- Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας είναι γενικώς αθόρυβα.
- Τα black-out είναι σπάνια.



- Πλεονάζουσα ενέργεια μπορεί να επανατροφοδοτήσει το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το κόστος δε μεταβάλλεται με τη πάροδο του χρόνου όπως συμβαίνει πχ με τα ορυκτά καύσιμα.
- Η ηλιακή τεχνολογία είναι μια καθ'όλα ώριμη, δοκιμασμένη και αξιόπιστη τεχνολογία.
- Είναι ιδανική για απομονωμένες περιοχές, μακριά από γεννήτριες.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ακόμα κι όταν έχει συννεφιά.
- Η ενέργεια δε χάνεται κατά τη μεταφορά από τα κεντρικά σημεία, όταν τα κατανεμημένα συστήματα βρίσκονται σε λειτουργία.
- Το πυρίτιο το οποίο χρησιμοποιείται για ημιαγωγούς είναι το δεύτερο σε αφθονία ορυκτό στο πλανήτη

### **2.3 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο**

Η άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική πραγματοποιείται με τα φωτοβολταϊκά κύτταρα των οποίων η λειτουργία βασίζεται στο "φωτοβολταϊκό φαινόμενο" ([www.europeangreencities.com](http://www.europeangreencities.com)). Η συγκεκριμένη τεχνολογία εμφανίστηκε το 1838 από ένα ζευγάρι Γάλλων επιστημόνων που εργαζόντουσαν για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω χημικών αντιδράσεων. Παρατήρησαν ότι εκθέτοντας την συσκευή που είχαν κατασκευάσει στο ηλιακό φως, αύξησαν την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Το 1954 τα εργαστήρια Bell ανακοίνωσαν τις εξελίξεις που μετέφεραν τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία από τα εργαστήρια στην καθημερινή πρακτική αξιοποίησης, την κατασκευή μίας μονής φωτοβολταϊκής κυψέλης από σιλικόνη (<http://air-sun.oopa.gr/systems.html>). Πρώτη φορά εφαρμόστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ. Η εξέλιξη της επέτρεψε τη μείωση του κόστους (~4% το χρόνο) στην παραγωγή ηλεκτρισμού από \$300 σε \$4 ανά Watt. Λόγω της σχετικά χαμηλής απόδοσής τους και του συνεπαγόμενου υψηλού συνολικού κόστους, τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκουν κυρίως εφαρμογή ως

μονάδες μικρής δυναμικότητας σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή.

#### Λειτουργία του φωτοβολταϊκού κυττάρου

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα ή φωτοβολταϊκές κυψέλες είναι κρυσταλλοδιόδοι οι οποίοι αποτελούνται από ημιαγωγούς (φτιαγμένους από ημιαγώγημα υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα της φωτοαγωγιμότητας, να απορροφούν δηλαδή φωτόνια και να μεταδίδουν την ενέργεια τους αυτή σε χωριστά ηλεκτρόνια). Το πυρίτιο είναι το πιο συχνό υλικό που χρησιμοποιείται στη κατασκευή ημιαγωγών για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους.

Ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο δημιουργείται με την τοποθέτηση ενός λεπτού στρώματος πυριτίου ενισχυμένου με φώσφορο, σε επαφή με ένα στρώμα από πυρίτιο ενισχυμένο με Βόριο (Παπαζήσης, 1998).

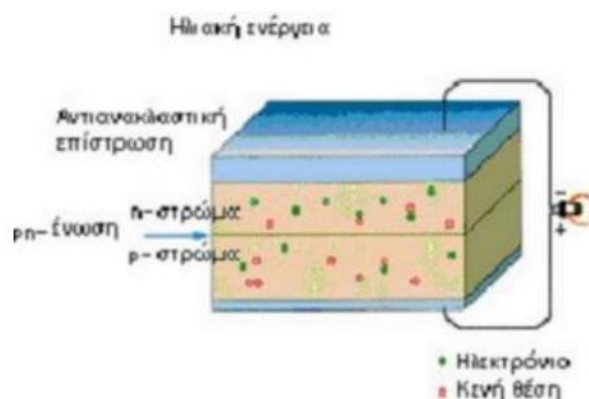
Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στο φωτοβολταϊκό κύτταρο, μέρος της ακτινοβολίας διεγείρει ηλεκτρόνια τα οποία μπορούν να κινούνται σχετικά ελεύθερα μέσα στον ημιαγωγό. Η εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου υποχρεώνει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια να κινηθούν προς συγκεκριμένη κατεύθυνση, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα του οποίου η ισχύς καθορίζεται από τη ροή των ηλεκτρονίων και την εφαρμοζόμενη τάση στο φωτοβολταϊκό κύτταρο.

Κάθε άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια κατανεμημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι δύο πρώτες είναι συμπληρωμένες με 2 και 8 άτομα αντίστοιχα. Η εξωτερική στοιβάδα περιλαμβάνει τα υπολειπόμενα 4 ηλεκτρόνια που συμμετέχουν σε δεσμούς με τα γειτονικά άτομα πυριτίου σχηματίζοντας την κρυσταλλική πυραμιδική δομή του καθαρού πυριτίου. Το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού καθώς δεν υπάρχουν ελεύθερα κινούμενα ηλεκτρόνια όπως στην περίπτωση του μεταλλικού πλέγματος. Όταν διοχετεύεται ενέργεια στο κρυσταλλικό πυρίτιο, κάποια ηλεκτρόνια διεγείρονται, σπάζουν τους δεσμούς τους και απομακρύνονται προς γειτονικά τους άτομα δημιουργώντας διαθέσιμες θετικά φορτισμένες "οπές" στη δομή του υλικού. Οι θέσεις αυτές καταλαμβάνονται από ηλεκτρόνια γειτονικών ατόμων και με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ροή ηλεκτρονίων μέσα στο υλικό. Ο αριθμός όμως των ηλεκτρονίων που μπορούν να κινηθούν είναι σημαντικά περιορισμένος για να χρησιμεύσει στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

Για το λόγο αυτό εισάγονται ετεροάτομα στην κρυσταλλική δομή, όπως π.χ. φωσφόρου. Η εξωτερική στοιβάδα του φωσφόρου έχει 5 ηλεκτρόνια εκ των οποίων τα 4 συμμετέχουν σε δεσμούς με τα γειτονικά άτομα πυριτίου, ενώ το πέμπτο συγκρατείται ηλεκτροστατικά από τα πρωτόνια του πυρήνα. Το συγκεκριμένο ηλεκτρόνιο απαιτεί σημαντικά χαμηλότερη ενέργεια ενεργοποίησης για να κινηθεί στο κρυσταλλικό πλέγμα. Σαν αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και γίνονται φορείς ηλεκτρικού ρεύματος που είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς του κρυσταλλικού πυριτίου. Η πρόσμιξη του κρυσταλλικού πυριτίου με άτομα φωσφόρου δημιουργεί ημιαγωγό τύπου N.

Όταν προστίθεται στο κρυσταλλικό πυρίτιο βόριο προκύπτουν ημιαγωγοί τύπου P. Το βόριο έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 3 ηλεκτρόνια που συμμετέχουν σε δεσμούς με άτομα πυριτίου. Επειδή σε κάθε άτομο απαιτούνται 8 ηλεκτρόνια για τη συμπλήρωση της εξωτερικής τους στοιβάδας, στην εξωτερική στοιβάδα του βορίου υπάρχουν διαθέσιμες 2 ελεύθερες θέσεις ηλεκτρονίων, δημιουργώντας αντίστοιχες θετικά φορτισμένες "οπές" στη δομή του υλικού. Η κατάληψη των οπών από ηλεκτρόνια γειτονικών ατόμων δίνει την εικόνα διάδοσής τους στο υλικό ή μεταφοράς θετικών φορτίων στην κρυσταλλική δομή του ημιαγωγού (Σχήμα 2.2).

Σχήμα 2.2: Φωτοβολταϊκό Σύστημα

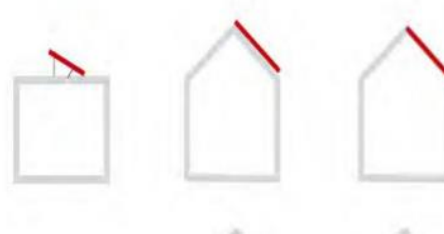
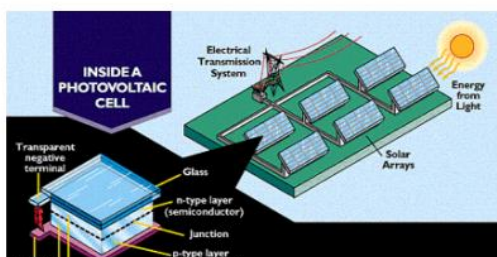


Πηγή: <http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi321.html>

Φέρνοντας σε επαφή τους ημιαγωγούς τύπου N και P σχηματίζεται ηλεκτρικό πεδίο. Τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N κινούνται προς τις κενές θέσεις του πυριτίου τύπου P για

να τις καλύψουν. Στην ένωση των δύο υλικών επιτυγχάνεται ισορροπία και δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα στις δύο πλευρές. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο P στο N αλλά όχι αντίστροφα. Όταν φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας, κατάλληλου μήκους κύματος, προσπίπτουν σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο διεγείρουν ηλεκτρόνια και τα ελευθερώνουν δημιουργώντας παράλληλα αντίστοιχες οπές. Κάθε φωτόνιο με αρκετή ενέργεια θα ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο και θα δημιουργήσει μια οπή. Αν αυτό συμβεί κοντά στο ηλεκτρικό πεδίο ή αν ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο και μια οπή βρεθούν κοντά στην ένωση P-N ημιαγωγών, το πεδίο θα εξαναγκάσει το ηλεκτρόνιο να πάει στον ημιαγωγό N και θα οδηγήσει την οπή στο πυρίτιο P. Αυτό προκαλεί μεγαλύτερη ανισορροπία στην ηλεκτρική ουδετερότητα και αν χρησιμοποιηθεί μία εξωτερική αγωγική οδός τα ηλεκτρόνια θα περάσουν μέσα από αυτή για να πάνε στην αρχική τους θέση από όπου το ηλεκτρικό πεδίο τα απομάκρυνε. Η ροή αυτή των ηλεκτρονίων δημιουργεί το ρεύμα, και το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί την τάση του ρεύματος. Το μέγιστο θεωρητικό ποσό ενέργειας που μπορεί να απορροφήσει ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο είναι περίπου το 25% της ενέργειας που δέχεται, αλλά το πιο συνηθισμένο ποσοστό είναι λιγότερο από 15%. Καθώς η ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δεν είναι μονοχρωματική, αποτελείται από φάσμα διαφορετικών μηκών κυμάτων, άρα και από φωτόνια διαφορετικών επιπέδων ενέργειας. Τα φωτόνια χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου δεν μπορούν να διεγείρουν ηλεκτρόνια του ημιαγωγού και απλώς διέρχονται μέσα από το φωτοβολταϊκό κύτταρο. Μόνο τα φωτόνια που μεταφέρουν μεγαλύτερη ή ίση ενέργεια από ένα συγκεκριμένο ποσό που εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το κύτταρο μπορούν να ελευθερώσουν ηλεκτρόνια. Η τεχνολογία των ημιαγωγικών υλικών επέτρεψε την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην παραγωγή ηλεκτρισμού, καθώς ενδεχόμενη χρήση αγωγικών υλικών, όπως τα μέταλλα, θα οδηγούσε μεν σε μεγαλύτερη ροή ηλεκτρονίων αλλά θα παρουσίαζε πολύ χαμηλή τάση πεδίου (Σχήμα 2.2).

Σχήμα 2.2: Φωτοβολταϊκά Συστήματα – Σχηματική Απεικόνιση



Πηγή: <http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi321.html>  
[http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv\\_guide\\_jan11.pdf](http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv_guide_jan11.pdf)

## 2.4 Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργήθηκαν τα Φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία είναι μία διαφορετική πηγή ενέργειας και τα οποία έχουν τα εξής παρακάτω χαρακτηριστικά:

- ✓ Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας , ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα , π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
- ✓ Είναι εύχρηστα. Σε μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- ✓ Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- ✓ Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- ✓ Μπορούν να επεκταθούν ανά πάσα στιγμή για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών.
- ✓ Έχουν αθόρυβη λειτουργία και μηδενικές εκπομπές ρύπων.
- ✓ Δεν έχουν κινητά μέρη και οι απαιτήσεις συντήρησής τους είναι σχεδόν μηδενικές.
- ✓ Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.

- ✓ Τέλος, η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη, όπου και να βρίσκεται αυτός είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων.

## 2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φ/Β Συστήματος

Πλεονεκτήματα:

- Επί τόπου παραγωγή - μείωση απωλειών μεταφοράς
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα
- Αρχιτεκτονικές εφαρμογές - ενσωμάτωση σε κτίρια
- Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
- Υψηλή αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (30 χρόνια)
- Ελάχιστη συντήρηση λόγω απουσίας κινούμενων μερών
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Εύκολη εγκατάσταση
- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό αρχικό κόστος και κατά συνέπεια
- Υψηλό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Απαίτηση μεγάλων επιφανειών (8-12 m<sup>2</sup> ανά kW)
- Μεταβλητότητα ηλιακής ακτινοβολίας Ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας ή διασύνδεσης με το δίκτυο διανομής

## 2.6 Τύποι Φ/Β Στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό παρασκευής, τη δομή του βασικού υλικού καθώς και τον τρόπο παρασκευής. Έτσι, έχουμε την παρακάτω κατηγοριοποίηση:

#### A. Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου <<μεγάλου πάχους

1) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (sc-Si). Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Αποτελούν τα πιο αποδοτικά φωτοβολταϊκά με αποδόσεις της τάξεως του 15%, το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος κατασκευής. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, έχει απόδοση πλαισίου 18,5%.

2) Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (mc-Si). Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα το φθηνότερο κόστος παραγωγής. Παρουσιάζουν όμως σε γενικές γραμμές μικρότερη απόδοση της τάξεως του 12%. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification) , η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.

3) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon-Si). Τα φωτοβολταϊκά αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλο υπόβαθρο. Σαν υπόβαθρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη γκάμα υλικών από δύσκαμπτα μέχρι ελαστικά με αποτέλεσμα να βρίσκει μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή

απόδοση του είναι του μικρότερη των κρυσταλλικών, περίπου 6%. Το φθηνό όμως κόστος κατασκευής τους τα κάνει ιδανικά σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται υψηλή απόδοση.

#### B. Φωτοβολταϊκα υλικά λεπτών επιστρώσεων,( thin film)

1) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS). Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παράλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

#### Φωτοβολταϊκό στοιχείο τύπου CIS

2) Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σ σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα



κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

3) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe). Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό χάσμα γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελούριου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό, κατάλληλο για ενσωμάτωση στα κτίρια (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

4) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs). Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το Αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό χάσμα 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

### Γ. Πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία

Μια άλλη κατηγορία είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που αποτελούνται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. - HIT (Heterojunction with Intrinsic Thinlayer). Τα πιο γνωστά εμπορικά πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού τα φωτοβολταϊκά αυτά έχουν τα παραπάνω πλεονεκτήματα, είναι ακριβότερα σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

### Δ. Άλλες Τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι: Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si), Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία.

## 2.7 Δομή και Λειτουργία Φ/Β Συστήματος

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα (Σχήμα 2.3.)

Σχήμα 2.3: Δομή Φ/Β Συστήματος



Πηγή: <http://www.hellenic-college.gr/works/helcolpedia/projects/energy/production/photovoltaic-kiratzis-2013.pdf>

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

1. Κρυσταλλικού Πυριτίου α) Μονοκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21%, β) Πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.<sup>2</sup>
2. . Λεπτών Μεμβρανών α) Άμορφου Πυριτίου, ονομαστικής απόδοσης ~7%, β) Χαλκοπυριτών CIS / CIGS, ονομαστικής απόδοσης από 7% έως 11%.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων: Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από:

(α) Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια με τη μηχανική υποστήριξη και πιθανόν ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.

(β) Μπαταρίες (υποσύστημα αποθήκευσης)- πλέον δεν χρησιμοποιούνται, εκτός σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις όπως είναι π.χ. οι Φάροι, διαφορετικά η σύνδεση του πάνελ γίνεται απευθείας με το υφιστάμενο δίκτυο της ΔΕΗ.

(γ) Καθορισμό ισχύος και συσκευή ελέγχου που περιλαμβάνει φροντίδα για μέτρηση και παρατήρηση.

(δ) Εφεδρική γεννήτρια. Η επιλογή του πώς και ποια από αυτά τα στοιχεία ολοκληρώνονται μέσα στο σύστημα εξαρτάται από ποικίλες εκτιμήσεις

Υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες συστημάτων, το διασυνδεδεμένο με το δίκτυο και το αυτόνομο. Η απλούστερη μορφή του δεύτερου εκ των δυο αποτελείται απλώς από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία μόνη της τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα ένα φορτίο οποτεδήποτε υπάρχει επαρκής φωτεινότητα. Αυτού του τύπου το σύστημα είναι κοινό σε εφαρμογές άντλησης. Σε άλλες περιπτώσεις το σύστημα περιέχει συνήθως μια φροντίδα για αποθήκευση ενέργειας από τις μπαταρίες. Συχνά συμπεριλαμβάνεται κάποια μορφή ρύθμισης της ισχύος, όπως στην περίπτωση που απαιτείται εναλλασσόμενο ρεύμα να εξέρχεται από το σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις το σύστημα περιέχει μια εφεδρική γεννήτρια. Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν σ' εκείνα στα οποία το δίκτυο ενεργεί απλώς ως μια βοηθητική τροφοδοσία (εφεδρικό δίκτυο) και εκείνα τα οποία ίσως λάβουν επίσης πρόσθετη ισχύ από τη Φ/Β γεννήτρια (αλληλοεπιδρώμενο δίκτυο). Μέσα στους Φ/Β σταθμούς όλη η παραγόμενη ισχύς τροφοδοτείται στο δίκτυο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### «Inverters»

#### 3.1 Εισαγωγή

Το κύριο στοιχείο κάθε ΦΒ συστήματος διασυνδεδεμένου με το δίκτυο είναι ο Φ/Β αντιστροφέας (inverter). Η κύρια λειτουργία του inverter είναι η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (Direct Current-DC), που παράγεται από την Φ/Β συστοιχία, σε εναλλασσόμενο ρεύμα (Alternating Current-AC), που παρέχει ισχύ στο δίκτυο. Στις μέρες μας η συμβολή της Φ/Β τεχνολογίας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή, όμως λόγω των συνεχώς μειούμενων τιμών των Φ/Β συστημάτων η τεχνολογία αυτή κερδίζει έδαφος, καθιστώντας τη Φ/Β βιομηχανία όλο και πιο επικρατή και αναπτυσσόμενη. Προκειμένου η Φ/Β τεχνολογία να καθιερωθεί και να αποτελέσει σημαντική πηγή ενέργειας στο μέλλον, είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί μείωση του κόστους παραγωγής των Φ/Β συστημάτων και παράλληλη αύξηση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας τους. Γνωρίζοντας ότι το κόστος των inverter αποτελεί περίπου το 15-25% του συνολικού κόστους ενός Φ/Β συστήματος και η λειτουργία τους είναι ένας πολύ σημαντικός γνώμονας για την αξιοπιστία του συστήματος, είναι προφανές ότι οποιεσδήποτε βελτιώσεις στα χαρακτηριστικά των inverter αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την εξέλιξη και το μέλλον των Φ/Β συστημάτων.

Για το λόγο αυτό αρχικά θα παρουσιάσουμε τα βασικά μεγέθη ενός inverter, τόσο στην πλευρά εισόδου όσο και στην πλευρά εξόδου του. Έπειτα θα αναφερθούμε στις βασικές λειτουργίες τις οποίες πραγματοποιεί κάθε inverter σε ένα Φ/Β σύστημα καθώς και στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί αυτός να συνδεθεί με τα Φ/Β πάνελ, ανάλογα με την περίπτωση. Τέλος θα μελετήσουμε τις πιο διαδεδομένες τοπολογίες inverter, τη λειτουργία και τους περιορισμούς της κάθε τοπολογίας καθώς και πώς γίνεται έλεγχος των διαφόρων μεγεθών ώστε να αποφευχθούν τυχόν σφάλματα.

### **3.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός μετατροπέα**

Αρχικά θα αναφερθούμε σε ορισμένα βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός inverter που χρειάζονται κυρίως για τη διαστασιολόγηση του συστήματος και την εκτίμηση της απόδοσής του.

#### Πλευρά εισόδου του μετατροπέα. ( Input side)

Επί της ουσίας πρόκειται για την πλευρά του μετατροπέα που συνδέεται με την έξοδο της φωτοβολταϊκής συστοιχίας, η οποία παρέχει ισχύ υπό DC τάση και ρεύμα. Έτσι λοιπόν τα μεγέθη που θα παραθέσουμε σε αυτήν την ενότητα αναφέρονται στην DC πλευρά της συσκευής, δηλαδή σε συνεχές ρεύμα και τάση.

#### Κατάσταση λειτουργίας

Ο μετατροπέας έχει ενσωματωμένες στην είσοδο του ηλεκτρονικές διατάξεις που επεξεργάζονται κατάλληλα το ρεύμα και την τάση εξόδου της Φ/Β συστοιχίας ώστε για κάθε χρονική στιγμή να απορροφάται η μέγιστη ισχύς από τη συστοιχία. Η παραγωγή και κατά συνέπεια η απορρόφηση μέγιστης ισχύος όπως είδαμε αντιστοιχεί στο MPP(Max Power Point) σημείο λειτουργίας. Με τη χρήση τέτοιων διατάξεων το σημείο λειτουργίας διατηρείται σταθερά στο MPP, προφανώς για τις εκάστοτε συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας. Η κατάσταση λειτουργίας του inverter επομένως λαμβάνεται να αντιστοιχεί πάντα στο MPP.

#### Ελάχιστη και μέγιστη MPP τάση

Οι δύο αυτές χαρακτηριστικές τιμές της τάσης ορίζουν ένα “παράθυρο τάσης”, με άνω και κάτω όριο τάσης, μέσα στο οποίο ο inverter δύναται να αναζητήσει το MPP. Όταν καθορίζουμε την τάση MPP εξόδου της Φ/Β συστοιχίας, αυτή θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στο “παράθυρο τάσης” του μετατροπέα.

Το MPP όπως είδαμε καθορίζεται από την ρεύμα IMPP και την τάση VMPP. Τα μεγέθη αυτά παρέχονται από τους κατασκευαστές των πλαισίων αλλά αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου όπου η θερμοκρασία λειτουργίας των κυττάρων λαμβάνεται 25°C. Στις πραγματικές συνθήκες όμως η θερμοκρασία λειτουργίας είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερη

και το MPP μετατοπίζεται. Έτσι μια καλή προσέγγιση για τον υπολογισμό του MPP της Φ/Β γεννήτριας ώστε να εξεταστεί αν αυτό βρίσκεται μέσα στο παράθυρο τάσης του inverter, είναι να λαμβάνεται η θερμοκρασία λειτουργίας τουλάχιστον 50 °C με 60 °C.

#### Μέγιστη τάση λειτουργίας

Είναι η απόλυτη μέγιστη DC τάση κάτω από οποιαδήποτε συνθήκες που μπορεί να δεχθεί στην είσοδό του ο μετατροπέας. Η μέγιστη τάση εξόδου της συστοιχίας δεν πρέπει να υπερβαίνει αυτή την τιμή. Πρέπει λοιπόν να εξετάζεται εάν η  $V_{oc}$  της συστοιχίας είναι μικρότερη από το συγκεκριμένο όριο τάσης.

#### Κατώφλι ισχύος (Power threshold)

Είναι η ελάχιστη ισχύς εισόδου που χρειάζεται ο inverter για να λειτουργήσει. Μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η ισχύς που καταναλώνει ο ίδιος ο inverter για τη λειτουργία του.

#### Μέγιστο φωτοβολταϊκό ρεύμα (IPVmax)

Είναι το απόλυτο μέγιστο αποδεκτό ρεύμα στην είσοδο του inverter. Για τη διαστασιολόγηση του συστήματος υπάρχει η απαίτηση το IMPP της συστοιχίας να είναι μικρότερο από την παραπάνω τιμή.

### **3.3 Πλευρά εξόδου του μετατροπέα (Output Side)**

Είναι η πλευρά του μετατροπέα που συνδέεται στο δίκτυο ή εν γένει στο φορτίο που τροφοδοτεί. Προφανώς στην πλευρά εξόδου έχουμε AC τάση και ρεύμα. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη επομένως που παρουσιάζονται σε αυτήν την ενότητα αναφέρονται στην AC πλευρά του μετατροπέα.

#### Ονομαστική ισχύς

Η ονομαστική ισχύς είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά μεγέθη ενός inverter και ορίζεται ως η ισχύς που μπορεί αυτός να παρέχει διαρκώς στο δίκτυο.

#### Ονομαστική AC τάση

Είναι η τάση υπό την οποία παρέχει την ονομαστική ισχύ του ο inverter στην έξοδό του. Εξαρτάται από την τάση του δικτύου για την οποία είναι σχεδιασμένος να συνδέεται ο inverter.

#### Ονομαστικό AC ρεύμα

Είναι το ρεύμα που δίνει στην έξοδο του ο inverter για ονομαστική ισχύ.

#### Μονοφασική ή τριφασική σύνδεση

Αναφέρεται στον τρόπο σύνδεσης του μετατροπέα στην έξοδο του. Συνήθως έχουμε μονοφασική σύνδεση για μετατροπείς μικρότερους των 3kW ενώ τριφασική σύνδεση για μεγαλύτερους μετατροπείς.

#### Απόδοση του μετατροπέα

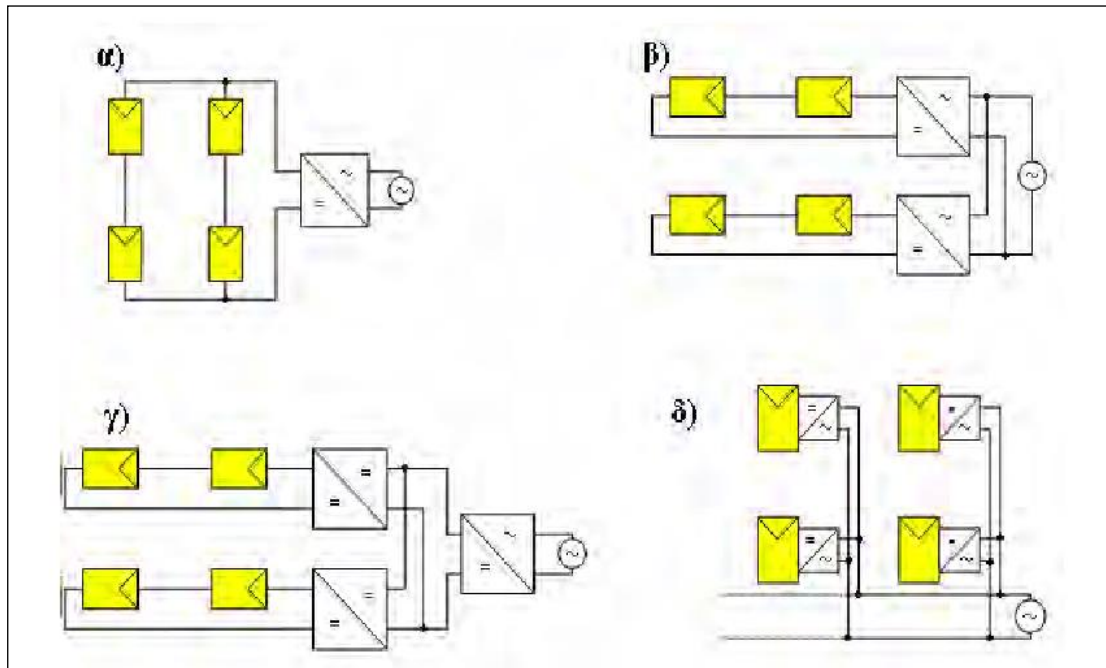
Είναι ο λόγος της ισχύος στην έξοδο του μετατροπέα προς την ισχύ στην είσοδό του. Γενικά οι μετατροπείς χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση (93%-98%) η οποία όμως εξαρτάται από την στιγμιαία ισχύ. Υπάρχει η απαίτηση ένας μετατροπέας να έχει μεγάλη απόδοση ακόμα και για μικρή ισχύ λειτουργίας, συγκεκριμένα 90%, για 10% της ονομαστικής του ισχύος. Σημειώνεται ότι οι κατασκευαστές δίνουν την “ευρωπαϊκή απόδοση”, η οποία περιγράφει την απόδοση της συσκευής για τη μέση παραγωγή ισχύος σε συνθήκες λειτουργίας ενός έτους

### **3.4 Συνδεσμολογίες Inverter-Πάνελ**

Θεωρώντας τους inverters και τα Φ/Β πλαίσια ως ένα σύστημα, υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1. Ως γνωστόν, πολλά πάνελ μπορούν να συνδεθούν σε σειρά δημιουργώντας μία αλυσίδα (string), ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη ισχύς εξόδου. Η τάση εξόδου για μία αλυσίδα από πάνελ μπορεί να είναι μεταξύ 150 και 1000 V στα σημερινά διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα. Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διέλθει μέσα από μία αλυσίδα, εξαρτάται από το μέγεθος των κυττάρων από τα οποία αποτελούνται τα πάνελ που σχηματίζουν αυτήν την αλυσίδα.

Σχήμα 3.1: Διαμορφώσεις Φ/Β συστημάτων





Για να επιτευχθεί ακόμα υψηλότερη ισχύς εξόδου από τα πάνελ, μπορούν να συνδεθούν αλυσίδες παράλληλα, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.α). Η συνολική ισοδύναμη Φ/Β γεννήτρια που προκύπτει με αυτόν τον τρόπο συνδέεται σε έναν κεντρικό inverter και για το λόγο αυτό οι inverters που χρησιμοποιούνται σε αυτόν τον τρόπο σύνδεσης καλούνται κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters). Είναι γεγονός ότι η διαμόρφωση αυτή, αν χρησιμοποιηθεί σε στέγες για μικρές εγκαταστάσεις, παρουσιάζει μειονεκτήματα όπως είναι η απώλεια ισχύος λόγω προσαρμογής (mismatching losses) μεταξύ των πάνελ ή των αλυσίδων και η απουσία ξεχωριστού MPPT για κάθε αλυσίδα. Έτσι σε περιπτώσεις διαφορετικού προσανατολισμού των πάνελ ή σε συνθήκες σκίασης, υπάρχει σημαντική απώλεια της συνολικής ισχύος που λαμβάνεται από την εγκατάσταση. Ωστόσο η διαμόρφωση αυτή έχει και πλεονεκτήματα τα οποία είναι υψηλότερη απόδοση του inverter, καθώς αυτός λειτουργεί σε υψηλότερα επίπεδα ισχύος σε σχέση με τους inverters που χρησιμοποιούνται στις υπόλοιπες διαμορφώσεις που θα αναλυθούν παρακάτω, πιο απλή δομή και μικρότερο κόστος.

Συνεπώς η διαμόρφωση με έναν κεντρικό inverter προτιμάται σε εγκαταστάσεις στις οποίες i) όλα τα πάνελ θα έχουν κοινό προσανατολισμό και ii) έπειτα από μελέτη σκίασης προκύπτει ότι τα πάνελ δε θα σκιάζονται. Τέτοιες εγκαταστάσεις γίνονται σε πάρκα και σε οροφές μεγάλων επιφανειών, όπου υπάρχει πολυτέλεια χώρου κι έτσι τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν με βέλτιστο τρόπο. Οι κεντρικοί inverters έχουν μεγάλο εύρος ισχύος, καθώς υπάρχουν μικροί inverters με ισχύ που ξεκινά από τα 6 kW, για Φ/Β εγκαταστάσεις οροφών ή Φ/Β πάρκα ισχύος 100 kW, αλλά και inverters ισχύος 10-100kW, για Φ/Β σταθμούς παραγωγής δεκάδων MW. Κατασκευάζονται κατά βάση με τριφασική τοπολογία πλήρους γέφυρας (με χρήση IGBTs) και μετασχηματιστές χαμηλής συχνότητας.

Όταν μελετάμε μία μικρή εγκατάσταση που πρόκειται να γίνει σε περιορισμένο χώρο, όπως στη σκεπή μίας κατοικίας, τα μειονεκτήματα της διαμόρφωσης με έναν κεντρικό inverter καθιστούν τη χρήση της διαμόρφωσης αυτής αρκετά περιοριστική. Ο λόγος είναι ότι προφανώς σε τέτοιες περιπτώσεις αφ' ενός δύσκολα επιτυγχάνεται κοινός προσανατολισμός για όλα τα πλαίσια και αφ' ετέρου κάποια από αυτά είναι πιθανό να σκιάζονται κάποια στιγμή της ημέρας. Σε τέτοιες περιπτώσεις λοιπόν συνίσταται η διαμόρφωση με αντιστροφείς σειράς (string inverters), όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.β). Στη διαμόρφωση αυτή δε γίνεται παράλληλη σύνδεση μεταξύ των αλυσίδων και κάθε αλυσίδα έχει δικό της inverter. Συνεπώς κάθε αλυσίδα είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες και έχει δικό της MPPT. Έτσι δύναται να ξεπεραστούν δυσκολίες σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο χώρο. Φυσικά τα πλαίσια κάθε αλυσίδας θα πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Η διαμόρφωση όμως με αντιστροφείς σειράς, των οποίων η ισχύς βρίσκεται στο εύρος 0.4-3 kW, μπορεί να παρουσιάσει το μειονέκτημα μικρότερης απόδοσης σε σχέση με τους κεντρικούς αντιστροφείς λόγω λειτουργίας σε μικρότερα επίπεδα ισχύος ως προς την ονομαστική, όπως περιγράψαμε παραπάνω. Οι inverters σειράς κατασκευάζονται συνήθως μονοφασικοί, λόγω των χαμηλών επιπέδων ισχύος στα οποία λειτουργούν, χωρίς αυτό να αποκλείει την ύπαρξη και τριφασικών inverter αλυσίδας. Μία πολύ κλασσική τοπολογία είναι αυτή της πλήρους γέφυρας, με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας στην AC πλευρά για γαλβανική

απομόνωση. Ωστόσο νέες εξελίξεις γίνονται, με κατασκευή χωρίς μετασχηματιστή και με τη χρήση τοπολογιών που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Μια τροποποίηση της διαμόρφωσης με inverters σειράς, αποτελεί η συνδεσμολογία του Σχήματος 3.1.γ) που χρησιμοποιεί inverters πολλαπλών σειρών (multistring inverters). Ο inverter πολλαπλών σειρών είναι ουσιαστικά ένας inverter σειράς με δύο ή τρεις εισόδους ο οποίος διαθέτει δικό του MPPT. Σε σχέση με τους inverters σειράς, οι inverters πολλαπλών σειρών πλεονεκτούν καθώς μπορούν να χειριστούν υψηλότερα επίπεδα ισχύος (1.5-6 KW) και επιπλέον η τάση που μπορούν να δεχτούν στην είσοδο ανήκει σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα (λόγω του επιπλέον σταδίου DC/DC μετατροπής, δίνοντας έτσι μία σχετική άνεση και ευχέρεια στη σχεδίαση του Φ/Β συστήματος και για να το λόγο αυτό είναι γενικά αποδεκτοί. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο inverter της SB5000TL της SMA ο οποίος έχει 2 εισόδους, με αποδεκτό εύρος από 125V έως 550V και μέγιστη ισχύ 5 kW. Το μειονέκτημα ωστόσο των inverter πολλαπλών σειρών είναι ότι λειτουργούν με 2 στάδια μετατροπής προκειμένου να παρέχουν ξεχωριστή λειτουργία στις εισόδους τους κι έτσι υπάρχει μεγαλύτερη απώλεια ισχύος. Έτσι οι inverters αυτής της κατηγορίας εμφανίζουν μικρότερη απόδοση σε σχέση με τους inverters αλυσίδας.

Εάν επιθυμούμε κάθε πάνελ να έχει τον δικό του MPPT, τότε προκύπτει η διαμόρφωση που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.δ) με κάθε inverter να έχει ως είσοδο την έξοδο ενός μόνο πλαισίου. Ένας τέτοιος inverter έχει χαμηλά επίπεδα ισχύος, της τάξης των 50-400 W και επομένως αρκετά μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τους inverters των συνδεσμολογιών που αναλύθηκαν παραπάνω. Επομένως είναι δυνατή η ενσωμάτωσή του ακόμα και στο σκελετό του πάνελ με το οποίο θα συνδέεται. Μία τέτοια διάταξη χαρακτηρίζεται ως “AC-πάνελ” η οποία, όπως μαρτυρά και η ονομασία της, μπορεί να συνδεθεί απ’ ευθείας με το δίκτυο εναλλασσόμενης τάσης. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός πως με τον τρόπο αυτό δε χρειάζονται DC καλώδια κι έτσι αποφεύγεται ο κίνδυνος εμφάνισης ηλεκτρικής εκκένωσης ή πυρκαγιάς εντός των καλωδίων αυτών. Παρ’ όλα αυτά, η μέθοδος ενσωμάτωσης ξεχωριστού inverter σε κάθε πλαίσιο δεν προτιμάται ιδιαίτερα, λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει: Καθώς το επίπεδο ισχύος του κάθε inverter είναι αρκετά χαμηλό, συνεπάγεται

πως κάθε μονάδα του συστήματος (πάνελ μαζί με inverter) θα έχει χαμηλή απόδοση και το σύστημα θα έχει αυξημένο κόστος, γεγονός που στις περισσότερες εφαρμογές επισκιάζει το πλεονέκτημα της παρουσίας ξεχωριστού MPPT σε κάθε πάνελ. Επιπλέον, το πακέτο πάνελ-inverter προϋποθέτει τεχνολογία που να προσφέρει ίσα προσδόκιμα ζωής και για το πάνελ και για τον inverter. Η σημερινή τεχνολογία των inverter όμως δεν μπορεί να τους εξασφαλίσει ίση διάρκεια ζωής με τα πάνελ και γι αυτό η ομαδοποίηση αυτών των δύο μπορεί μετά από κάποιο καιρό να οδηγήσει σε βλάβη του πάνελ. Όταν το πρόβλημα με την εξίσωση των προσδόκιμων ζωής επιλυθεί, η μέθοδος αυτή της ομαδοποίησης μπορεί να γίνει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα, λόγω των πλεονεκτημάτων της και της απλότητας που έχει στη χρήση και την εγκατάσταση. Εάν μάλιστα γίνει μαζική παραγωγή τέτοιων μονάδων, το μειονέκτημα της χαμηλής τους απόδοσης μπορεί να αντισταθμιστεί από το μειωμένο κόστος τους.

### **3.5 Δομές Φ/B αντιστροφών**

Για να γίνει πιο εύκολη η επεξήγηση των αναγκών, των δυνατοτήτων, αλλά και των περιορισμών των διάφορων τοπολογιών Φ/B αντιστροφών, θεωρείται σκόπιμο να γίνει μία παρουσίαση των βασικών λειτουργιών που επιτελεί ο inverter σε ένα Φ/B σύστημα. Κάνοντας προς λόγο μόνο για τις λειτουργίες που αφορούν τη μετατροπή ισχύος με τη βοήθεια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, αγνοώντας προς το παρόν άλλες λειτουργίες όπως η παρακολούθηση διαφόρων ηλεκτρικών μεγεθών και η ασφάλεια, οι 5 βασικές υπηρεσίες που προσφέρει ένας inverter είναι οι εξής:

Εύρεση του σημείου μέγιστης ισχύος της DC τάσης εισόδου (Max Power Point Tracking-MPPT): Ο inverter ελέγχει τη συνεχή τάση στην είσοδό του προκειμένου να οδηγεί τα Φ/B πλαίσια να λειτουργούν κάθε στιγμή στο σημείο μέγιστης ισχύος τους (MPP). Το σημείο αυτό διαφέρει κάθε φορά ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία, τις συνθήκες σκίασης και τη θερμοκρασία του κάθε πλαισίου για την εύρεσή του χρησιμοποιούνται εξελιγμένοι αλγόριθμοι. Για να είναι αποτελεσματική η διαδικασία MPPT, δεν αρκεί μόνο οι μέσες τιμές ρεύματος και τάσης να οδηγούνται προς το σημείο μέγιστης ισχύος, αλλά πρέπει να ληφθεί

υπ' όψιν και η συμπεριφορά σε υψηλές συχνότητες. Εάν η τοπολογία του εκάστοτε inverter εισάγει κάποια κυμάτωση τάσης στα Φ/Β τερματικά, η κυμάτωση αυτή πρέπει να κρατηθεί χαμηλή, ειδάλλως το σημείο λειτουργίας της Φ/Β συστοιχίας δε θα συμπίπτει συνεχώς με το σημείο μέγιστης ισχύος. Οι περισσότεροι αντιστροφείς αλυσίδας σχηματίζονται από τοπολογίες με ένα στάδιο (όπως η τοπολογία πλήρους γέφυρας) στις οποίες ο DC πλευρά είναι απευθείας συνδεδεμένος με τα πάνελ.

Ελέγχοντας το ρεύμα του δικτύου και συνεπώς την ισχύ που παρέχεται σε αυτό, η DC πλευρά μπορεί να επηρεαστεί αναλόγως.

Ωστόσο συναντώνται και τοπολογίες με ξεχωριστό στάδιο μετατροπής DC/DC για τη διαδικασία MPPT. Όλα αυτά θα αναλυθούν στη συνέχεια.

Αλλαγή του πλάτους της τάσης: Εάν το Φ/Β σύστημα παρέχει τάση η οποία είναι μικρότερη από την peak τιμή της τάσης του δικτύου, τότε ο inverter πραγματοποιεί αύξηση (boost) στην τάση είτε στην έξοδό του με τη χρήση μετασχηματιστή, είτε στην είσοδό του μέσω ενός σταδίου DC/DC μετατροπής (boost converter).

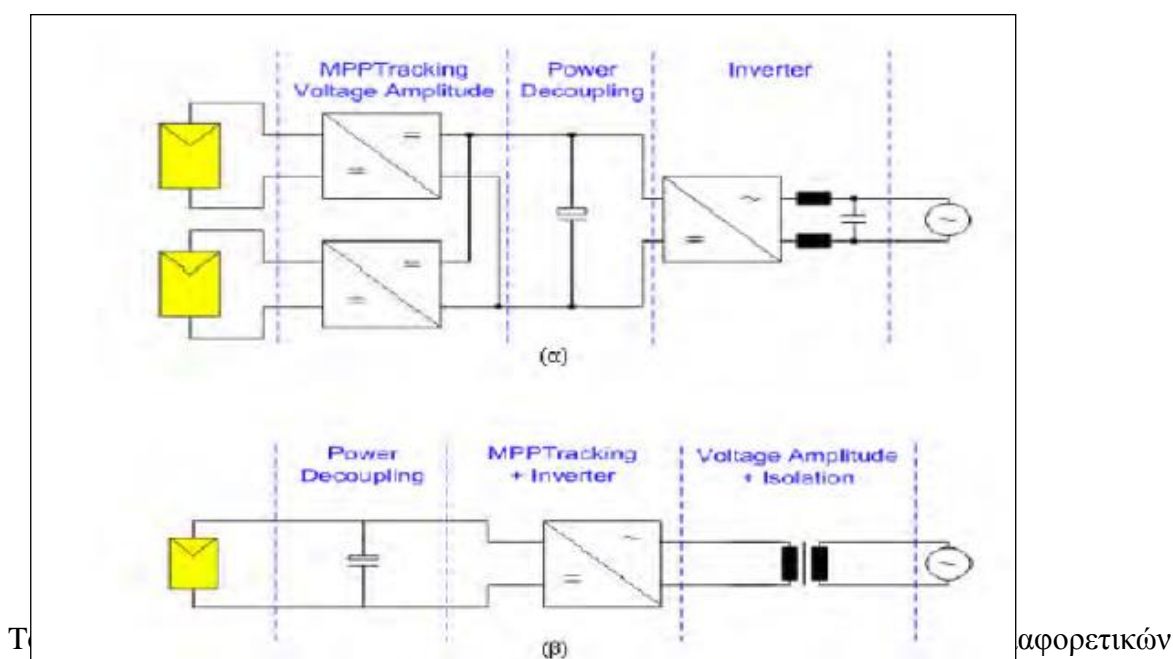
Διεπαφή της Φ/Β εγκατάστασης με το δίκτυο: Αυτή είναι η βασική λειτουργία ενός inverter. Οι inverters μπορεί να χρησιμοποιούν είτε την τοπολογία πλήρους γέφυρας με μετασχηματιστή στην AC πλευρά είτε άλλες τοπολογίες χωρίς μετασχηματιστή, όπως θα εξηγηθεί στη συνέχεια του Κεφαλαίου.

Αποσύζευξη ισχύος ανάμεσα στη DC πλευρά και την AC πλευρά: Οι διακυμάνσεις ισχύος μεταξύ DC και AC πλευράς του inverter πρέπει να πρέπει να αποκόπτονται μέσω μίας μονάδας αποθήκευσης ενέργειας. Οι πιο κοινές μονάδες αποθήκευσης είναι πυκνωτές με ηλεκτρολύτη, σχηματίζοντας τον DC σύνδεσμο.

Γαλβανική απομόνωση μεταξύ εισόδου και εξόδου: Μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μετασχηματιστή. Μία κλασική λύση είναι μετασχηματιστές που λειτουργούν με τη συχνότητα του δικτύου, οι οποίοι όμως έχουν αρκετά μειονεκτήματα, όπως μεγάλο βάρος, υψηλό κόστος, επιπλέον απώλειες και συντελεστή ισχύος μικρότερο της μονάδας κυρίως σε συνθήκες μικρού φορτίου όπως π.χ. μειωμένη ακτινοβολία. Έτσι νέες μέθοδοι υιοθετούν τη

χρήση μετασχηματιστών με υψίσυχη λειτουργία, καθώς μειώνεται το μέγεθος. Μία τρίτη προσέγγιση παραλείπει το μετασχηματιστή και κατ' επέκταση τη γαλβανική απομόνωση μεταξύ εισόδου και εξόδου του inverter.

Σχήμα 3.2: Παραδείγματα διαγραμμάτων σύνδεσης για inverters



inverter, δείχνει τις 5 βασικές λειτουργίες κάθε αντιστροφέα που μόλις αναλύσαμε. Ο αντιστροφέας πολλαπλών αλυσίδων του Σχήματος 3.2.α) χρησιμοποιεί 2 DC/DC μετατροπείς, για τη διασύνδεση του DC σύνδεσμο σε δύο ξεχωριστές DC εισόδους. Η διασύνδεση με το δίκτυο γίνεται χωρίς τη χρήση μετασχηματιστή και συνεπώς δεν υπάρχει γαλβανική απομόνωση μεταξύ εισόδου και εξόδου του inverter. Οι διαδικασίες της εύρεσης του MPP και της αλλαγής του πλάτους της τάσης γίνονται από τους DC/DC μετατροπείς. Ο DC σύνδεσμος που βρίσκεται ανάμεσα στο DC/DC στάδιο και στο DC/AC στάδιο πραγματοποιεί την αποσύζευξη ισχύος.

Στο Σχήμα 3.2.β) απεικονίζεται τη συνδεσμολογία ενός κλασσικού inverter αλυσίδας. Το διάγραμμα αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία, τον DC σύνδεσμο, έναν αντιστροφέα πλήρους γέφυρας και ένα μετασχηματιστή που λειτουργεί με τη συχνότητα του δικτύου. Ο μετασχηματιστής παρέχει αλλαγή πλάτους της τάσης και γαλβανική απομόνωση, ενώ η

διαδικασία MPPT γίνεται από τη γέφυρα του inverter. Μέσω του ελέγχου του AC ρεύματος, ελέγχεται η ισχύς που παρέχεται στο δίκτυο.. Εφ' όσον η τάση στα άκρα του συνδέσμου ισούται με την τάση της Φ/Β γεννήτριας, τυχόν κυμάτωση της τάσης πρέπει να κρατηθεί χαμηλή ώστε η διαδικασία MPPT να είναι αποτελεσματική.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### «Μελέτη Εγκατάστασης»

#### 4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε όλη τη διαδικασία της μελέτης της εγκατάστασης. Η διαδικασία αυτή αποτελείται από διάφορα στάδια, καθένα από τα οποία έχει μεγάλη σημασία για το τελικό αποτέλεσμα της εγκατάστασης. Τα στάδια αυτά με τη σειρά με την οποία μελετώνται είναι η επισκόπηση του χώρου, η μελέτη σκίασης, η χωροθέτηση, ο υπολογισμός και η διαστασιολόγηση της Φ/Β μονάδας με βάση τη χωροθέτηση που έχουμε κάνει, ο υπολογισμός των DC και AC καλωδιώσεων και των διατάξεων προστασίας και τέλος η κατασκευή αντικεραυνικής προστασίας εάν αυτό επιβάλλεται από τους αντίστοιχους κανονισμούς, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Τέλος, αφού η εγκατάσταση είναι για συνδεθεί στο δίκτυο και τεθεί σε λειτουργία, είναι απαραίτητος ο έλεγχος της ορθής λειτουργίας της με τη βοήθεια κατάλληλων μετρήσεων. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν διεξοδικά όλα τα στάδια με τη σειρά που αναφέρθηκαν, με τους υπολογισμούς και τις εκτιμήσεις που γίνονται σε καθένα από αυτά.

#### 4.2 Υπολογισμός Φ/Β μονάδας-Διαστασιολόγηση

##### Φ/Β συστοιχίες

Αρχικά θα προβούμε σε μια πρώτη εκτίμηση του συνολικού αριθμού των πάνελ που απαιτούνται για την κάλυψη της συνολικής ισχύος που θέλουμε να έχει η Φ/Β εγκατάσταση.

Η παρακάτω μελέτη αφορά την μελέτη υλοποίησης του φωτοβολταϊκού πάρκου 100.5 (kWp) σε ιδιόκτητο χώρο στον νομό Θεσσαλονίκης στην περιοχή της Σίνδου. Το πάρκο θα κατασκευαστεί με χρήση πλαισίων πολυκρυσταλλικού πυριτίου 250W τα οποία εδράζονται πάνω σε σταθερές βάσεις. Έτσι για το συγκεκριμένο έργο απαιτούνται  $100.500W/250W=402$  (τεμάχια φωτοβολταϊκών πλαισίων) ενώ η αντιστροφή της συνεχούς ισχύος γίνεται με την βοήθεια αντιστροφών χωρίς μετασχηματιστή τριφασικής ισχύος. Ο χώρος που θα



κατασκευαστεί το πάρκο έχει συνολική έκταση 19.856 m<sup>2</sup> τετραγωνικά μέτρα και ο χώρος που θα δεσμεύσουμε για το πάρκο είναι 1.600 m<sup>2</sup> τετραγωνικά μέτρα.

### Inverter

Η ονομαστική ισχύς της εγκατάστασης είναι 100.5 kWp. Στην εγκατάσταση για την επιλογή των αντιστροφών αποφασίστηκε η επιλογή 5 τεμαχίων τριφασικών αντιστροφών (inverter) ονομαστικής ισχύος 17 kWp και ονομαστικής ισχύος DC 17.410 W και 1 τριφασικό αντιστροφέα ονομαστικής ισχύος 10 kWp και ονομαστικής ισχύος DC 10.200 W. Με τον τρόπο αυτό θα ελαχιστοποιήσουμε τις απώλειες μεταφοράς στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος. Επιπλέον η επιλογή τριφασικού αναστροφέα μας εξασφαλίζει ισοκατανομή φορτίου στις φάσεις, ασχέτως του αριθμού των αντιστροφών (αν και ανισοκατανομή φορτίου έως 20% είναι αποδεκτή από την ΔΕΗ).

### **4.3 Χωροταξική διάταξη των Βάσεων Επισκόπηση χώρου-Μελέτη σκίασης**

Το πρώτο στάδιο για να αρχίσει η μελέτη ενός Φ/Β πάρκου είναι η διενέργεια αυτοψίας, δηλαδή η επίσκεψη στο διαθέσιμο χωράφι, η μέτρηση διαστάσεων και η μελέτη σκίασης με το κατάλληλο όργανο, ώστε να εκτιμήσουμε ποια είναι τα τμήματα του χωραφιού τα οποία δε σκιάζονται από γειτονικά αντικείμενα (κτίρια, δέντρα κ.τ.λ.) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, προκειμένου να αποφύγουμε απώλειες και φαινόμενα hot spot. Έτσι λαμβάνουμε εικόνες με τη βοήθεια κατάλληλου οργάνου σε διάφορα σημεία του χωραφιού που κρίνουμε απαραίτητο, στις οποίες προσομοιώνεται η σκίαση στο χώρο γειτονικά του σημείου για όλους τους μήνες του έτους. Σκοπός μας είναι με τη μέτρηση όσων σημείων χρειαστεί να εκτιμήσουμε το τμήμα εκείνο του χωραφιού στο οποία δε θα υπάρχει καθόλου σκίαση όλο το χρόνο, ώστε στο τμήμα αυτό να γίνει η εγκατάσταση.

Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή ενέργειας από τον Φ/Β σταθμό είναι τα φαινόμενα σκίασης. Έτσι λοιπόν θα πρέπει να τοποθετηθούν οι βάσεις σε τέτοια απόσταση η μια από την άλλη, ώστε να αποφεύγονται τα μεταξύ τους φαινόμενα σκίασης.

Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι κατά την δύση του ηλίου η σκιά ενός αντικειμένου εκτείνεται.

Η σωστή απόσταση μεταξύ των σειρών παίρνεται από τύπο  $L = (1,956 \cdot 2 \cdot \sin(30)) / \tan(a)$  και είναι 7,28 μέτρα, ώστε να μην υπάρχει σκίαση. Η απόσταση όμως που επιλέγουμε κυμαίνεται από τα 4,5 μέτρα έως τα 5 μέτρα λόγω ότι στην απόδοση του πάρκου έχουμε μεγαλύτερες απώλειες από τα μεγάλα μήκη των αγωγών παρά από το φαινόμενο της σκίασης.

Όπου:

L : η απόσταση μεταξύ των σειρών των πάνελ

$1,956 \cdot 2 \cdot \sin 30$  : το ύψος των πλαισίων επί τη γωνία κλίσης τους

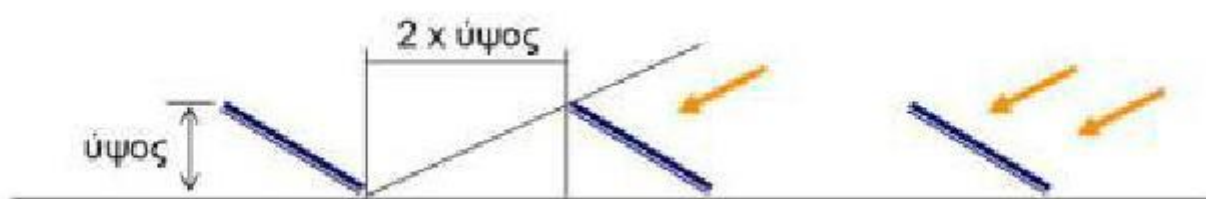
A : γωνία ύψους του ήλιου που είναι  $15,06^\circ$

Σχήμα 4.1: Απόσταση στοιχειοσειρών αποφυγή σκίασης μεταξύ των πλαισίων



Ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στην περίπτωση δεν υπάρχουν σκιάσεις φυσικών εμποδίων οπότε μας χρειάζεται μόνο η απόσταση μεταξύ των σειρών.

Σχήμα 4.2: Απόσταση διαδοχικών σειρών φωτοβολταϊκής εγκατάστασης



Η εγκατάσταση των πάνελ θα γίνει πάνω σε σταθερές βάσεις.

- Τοποθέτηση των πάνελ πάνω σε σταθερές βάσεις αλουμινίου..
- Προσανατολισμός των πάνελ είναι Νότιος με την βοήθεια των βάσεων.
- Η απόσταση μεταξύ των σειρών των βάσεων θα είναι 4,5 (m) μέτρα για την αποφυγή των σκιάσεων όπως είπαμε και παραπάνω.
- Για την στήριξη των βάσεων θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα οπλισμένο σε βάθος 40 cm κάτω από την γη

#### 4.4 Ομαδοποίηση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Στον ίδιο αναστροφέα φροντίζουμε να δημιουργούμε ομάδες με τον ίδιο αριθμό πλαισίων έτσι ώστε να έχουμε στα άκρα κάθε string την ίδια τάση. Να σημειώσουμε εδώ ότι υπάρχουν inverters στην αγορά, οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με δύο διαφορετικές σε αριθμό πλαισίων συστοιχίες.

Τα string που θα δημιουργήσουμε θα πρέπει να έχουν τάση στα άκρα τους (τάση ανοιχτού κυκλώματος) που να βρίσκεται εντός των ορίων λειτουργίας του αναστροφέα. Η τάση στα άκρα κάθε string προσπαθούμε να πλησιάζει κατά το δυνατό στα υψηλότερα όρια του εύρους λειτουργίας του αναστροφέα. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε καλύτερη απόδοση του συστήματος λαμβάνοντας υπόψη ότι η χαμηλότερη ακτινοβολία δημιουργεί χαμηλότερη τάση στα Φ/Β πλαίσια.

Βάσει των παραπάνω για το έργο το οποίο εξετάζουμε έχουμε να ομαδοποιήσουμε 5 αναστροφείς με 72 πλαίσια ο καθένας και 1 αναστροφέα με 42 πλαίσια. Επιλέγουμε λοιπόν για τους αναστροφείς με τα 72 πλαίσια, 4 strings των 18 πλαισίων σε σειρά και για τον αναστροφέα με τα 42 πλαίσια, 2 strings των 16 πλαισίων και 1 string των 10 πλαισίων σε σειρά. Η τάση στα άκρα των strings θα είναι  $18 \times 43,2 = 777,6$  V και  $16 \times 43,2 = 691,2$  V και  $10 \times 43,2 = 432$  V αντίστοιχα, η δε ένταση θα είναι  $4 \times 7,12 = 28,48$  A και  $2 \times 7,12 = 14,24$  και  $1 \times 7,12 = 7,12$  A.

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στην διαστασιολόγηση των καλωδιώσεων λαμβάνοντας υπ' όψιν την εγκατεστημένη ισχύ και την συνολική πτώση τάσεως η οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1.5%. Έτσι λοιπόν έχοντας σαν δεδομένα τα σημεία παραγωγής ενέργειας, και τους κόμβους που είναι οι υποπίνακες όπως και ο γενικός πίνακας.

Στην πρώτη στοιχειοσειρά των 72 πλαισίων έχουμε τάση 380 V (τριφασικοί αναστροφείς), ένταση 25,8 A ( $17000\text{W}/380\text{V} \times 1,732$ ) και μήκη 52 m.

Για τις επόμενες τέσσερις στοιχειοσειρές στις οποίες ισχύει ο ίδιος αριθμός πλαισίων ίδιας ισχύς, τάσης και έντασης εξόδου ισχύουν τα ίδια δεδομένα για τους υπόλοιπους τέσσερις αντιστροφείς.

Για την έκτη στοιχειοσειρά των 42 πλαισίων έχουμε τάση 380 V (τριφασικός αναστροφέας), ένταση 15,2 A ( $10000\text{W}/380\text{V} \times 1,732$ ) και μήκος 12 m.

Σε καμία από τις έξι στοιχειοσειρές δεν έχουμε αγωγούς DC επειδή το συνεχές ρεύμα οδεύει μέσω των καλωδιώσεων (strings) των πλαισίων.

## 4.5 Διαστασιολόγηση καλωδιώσεων

### Μήκη Αγωγών DC

- Στις στοιχειοσειρές 1 έως 5 με αριθμό πλαισίων 72 έχουμε (35,7 m) μήκος και διατομής (10 mm<sup>2</sup>)
- Στη στοιχειοσειρά 6 με αριθμό πλαισίων 42 έχουμε (20,8 m) μήκος και διατομής αγωγών (6 mm<sup>2</sup>)

### Μήκη Αγωγών AC

- Από στοιχειοσειρά 1 έως οικισμός πάρκου (52 m)
- Από στοιχειοσειρά 2 έως οικισμός πάρκου (45 m)
- Από στοιχειοσειρά 3 έως οικισμός πάρκου (36 m)
- Από στοιχειοσειρά 4 έως οικισμός πάρκου (28 m)
- Από στοιχειοσειρά 5 έως οικισμός πάρκου (20 m)
- Από στοιχειοσειρά 6 έως οικισμός πάρκου (12 m)

Το εσωτερικό δίκτυο των καλωδιώσεων του φωτοβολταϊκού σταθμού θα υλοποιηθεί με την εγκατάσταση τριφασικού συστήματος υπόγειων καλωδίων διατομής 25 mm<sup>2</sup> Cu για τους αγωγούς φάσεων, με αγωγό γης ή συγκεντρικά περιπλεγμένα συρματίδια Cu, μονώσεως XLPE με εξωτερικό μανδύα PVC, κατασκευασμένο σύμφωνα με την. Η εγκατάσταση του καλωδίου θα γίνει σύμφωνα με τις διατάξεις της ΔΕΗ. Τα καλώδια των φωτοβολταϊκών συστοιχιών θα πληρούν τις προδιαγραφές του κατασκευαστή για την χαμηλή τάση αυτών (συνεχής τάση).

## 4.6 Λοιπός Εξοπλισμός Καλωδίων

### Καλωδιώσεις περιμετρικού φωτισμού

Ενδεικτικό σύστημα περιμετρικού φωτισμού αποτελούμενο από:

- 4 προβολείς με φώτα οικονομίας
- 1 προβολέα με ανιχνευτή κίνησης

- 4 κοιλοδοκούς γαλβανιζέ 3 μέτρα

Καλωδιώσεις συστήματος καμερών

Ενδεικτικό σύστημα video-παρακολούθησης αποτελούμενο από:

- Ψηφιακό καταγραφέα 4 καμερών,
- 1 σκληρό δίσκο,
- 4 αδιάβροχες κάμερες 540 γραμμές ανάλυση, UPS, 3G router, οθόνη

#### Καλωδιώσεις συστήματος συναγερμού

Ενδεικτικό σύστημα συναγερμού αποτελούμενο από:

- Πίνακα συναγερμού,
- πληκτρολόγιο συναγερμού,
- σειρήνα εξωτερικού χώρου,
- 4 δέσμες 3 στοιχείων,
- τροφοδοτικό,
- μαγνητική επαφή βαρέως τύπου, μπουάτ

#### Καλωδιώσεις συστήματος τηλεπαρακολούθησης

Για το σύστημα τηλεπαρακολούθησης της λειτουργίας των αντιστροφών, ο κατασκευαστής προβλέπει την εν σειρά σύνδεση κεντρικής μονάδας ελέγχου που θα τοποθετηθεί εντός του οικίσκου με τους αντιστροφείς με καλώδιο UTP με σύστημα επεξεργασίας και μετάδοσης

#### Καλωδιώσεις μετεωρολογικού σταθμού

Για τον μετεωρολογικό έλεγχο του πάρκου προβλέπεται η τοποθέτηση και σύνδεση των ακόλουθων αισθητηρίων με την κεντρική μονάδα που θα τοποθετηθεί εντός του οικίσκου:

Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος, που θα τοποθετηθεί στον εξωτερικό χώρο του οικίσκου με καλωδίωση  $2 \times 1 \text{ mm}^2$ .

Αισθητήριο θερμοκρασίας φωτοβολταϊκών πλαισίων, που θα τοποθετηθεί στο πίσω μέρος στο πλησιέστερο φωτοβολταϊκό πλαίσιο με καλωδίωση  $2 \times 1 \text{ mm}^2$ . Αισθητήριο ηλιακής

ακτινοβολίας, που θα τοποθετηθεί παράλληλα με το πλησιέστερο φωτοβολταϊκό πλαίσιο με καλωδίωση  $2 \times 1 \text{ mm}^2$ .

#### Εγκατάσταση Οδεύσεων

Για την όδευση των καλωδίων θα τοποθετηθούν εγκάρσια πλαστικές σωληνώσεις PVC διαμέτρου  $\Phi 100$  τα οποία θα διατρέχουν κάτω από τις βάσεις, συλλέγοντας τα καλώδια των αντιστροφών και οδεύοντας τα προς τον χώρο όπου θα είναι εγκατεστημένος ο οικισμός. Τα κανάλια θα είναι αντίστοιχων μεγεθών έτσι ώστε να μπορεί με άνεση να οδεύσουν οι σωληνώσεις προστασίας των καλωδίων. Η στήριξη τους θα γίνει με το υπάρχον χώμα σε βάθος 30 με 40 cm περίπου.

### **4.7 Εργασίες Διαμόρφωσης χώρου**

#### Χωματουργικές εργασίες

Πριν από την έναρξη των εργασιών εγκατάστασης απαιτείται η διαμόρφωση του χώρου. Έτσι προχωρούμε με τη βοήθεια χωματουργικού μηχανήματος, αρχικά στην εκχέρσωση του χώρου εγκατάστασης όπως επίσης και στην εξομάλυνση του εδάφους ώστε να είναι εφικτή η κατασκευή. Στη συνέχεια προχωρούμε στην κατασκευή των βάσεων, την κατασκευή της περίφραξης και την κατασκευή του οικίσκου, την κατασκευή του τοιχίου της μετρητικής διάταξης της ΔΕΗ, τις βάσεις τοποθέτησης των υποπινάκων, την κατασκευή της βάσης του αλεξικέραυτου και την κατασκευή των ιστών στήριξης των καμερών, φωτισμού και αισθητήρων συναγερμού. Οι χωματουργικές εργασίες που χρειαστήκαμε ήταν σχετικά χαμηλής κλίμακας και αφορά την εξομάλυνση της κλίσης που είχε αρχικά ο χώρος της τάξης των 2m.

#### Συναρμολόγηση Βάσεων

Οι βάσεις συναρμολογούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Λόγω του χαμηλού ύψους τους, είναι δυνατή η εύκολη τοποθέτηση των πλαισίων σε πλήρως συναρμολογημένη βάση.

#### Κατασκευή οικοδομικού μέρους βάσεων

Για την κατασκευή των βάσεων αυτών ο κατασκευαστής των βάσεων προβλέπονται εκσκαφές μικρής κλίμακας. Στο κέντρο της βάσης όπου θα τοποθετηθεί ο αντιστροφέα και τοποθετούμε εύκαμπτους αγωγούς(σπιράλ) για την όδευση των καλωδίων έναν για τα ισχυρά και έναν για τα ασθενή ρεύματα (κύκλωμα τηλεπαρακολούθησης, αισθητήρια θερμοκρασίας πλαισίων και ηλιακής ακτινοβολίας). Στην συνέχεια τοποθετούμε τα μεταλλικά καλούπια και τον οπλισμό που ορίζει ο κατασκευαστής των σταθερών βάσεων. Με την ολοκλήρωση κατασκευάζουμε βάση ρίχνοντας σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 όπως ορίζεται στη στατική μελέτη των βάσεων.

#### Κατασκευή περίφραξης

Η περίφραξη θα κατασκευαστεί από πλέγμα γαλβανιζέ με άνοιγμα οπής 50X50 mm, πάχους 2.5 mm και ύψους 2 m. Η στήριξη θα γίνει με σωλήνες γαλβανιζέ 1 1/2" μήκους 3 m πακτωμένοι κατά 50 cm εντός της βάσεως. Στην απόληξη της θα είναι κεκλιμένη κατά 40<sup>ο</sup> με φορά προς το πάρκο.

Εκεί θα τοποθετηθούν τρεις σειρές αγκαθωτό σύρμα. Ανά δύο σωλήνες θα δημιουργούνται προεντάσεις χιαστί με σύρμα περιφράξεως. Σε κάθε αλλαγή διεύθυνσης, όπως και στα ευθύγραμμα τμήματα της περίφραξης και ανά 40m μήκους θα τοποθετηθούν κολώνες από κοιλοδοκό 120X120X6 mm και μήκους 3 m οι οποίοι θα τοποθετηθούν εντός πέλματος από σκυρόδεμακατηγορίας C16/20 0,3 m3.

#### Κατασκευή βάσης οικίσκου

Για την κατασκευή της βάσης του οικίσκου ακολουθείται η ίδια φιλοσοφία με την κατασκευή των βάσεων των πλαισίων. Επιλέγεται προκατασκευασμένος πολυεστερικός οικίσκος με τυποποιημένες διαστάσεις 1,50X2,20X2,40 μέτρα τοποθετημένος σε τσιμεντένια πλάκα με δυο φρεάτια όδευσης των καλωδιώσεων.

#### Κατασκευή βάσης αλεξικέρανου

Σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή του ιστού του αλεξικέρανου, κατασκευάζεται βάση διαστάσεων 1X1X1 m. Για την κατασκευή χρησιμοποιείται ο οπλισμός που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή του ιστού, κατασκευάζεται οξυλότυπος ώστε να εξέχει από το έδαφος 10 cm και τοποθετείται η αγκύρωση και το σκυρόδεμα.



#### Κατασκευή τοιχίου τοποθέτησης μετρητικής διάταξης

Η κατασκευή γίνεται σύμφωνα με το έντυπο επισκόπησης της ΔΕΗ. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα και δίπλα του κατασκευάζεται φρεάτιο για την όδευση των καλωδίων.

#### Εκτίμηση κόστους διασύνδεσης

Το υπάρχον δίκτυο μέσης τάσης βρίσκεται πλησίον του χώρου εγκατάστασης του Φωτοβολταϊκού Πάρκου και στο οποίο πρόκειται να διασυνδεθεί το Ηλιακό Πάρκο. Η απόσταση δεν υπερβαίνει τα 6 μέτρα. Σύμφωνα με την ΔΕΗ και σχετικής ενημέρωσης το κόστος διασύνδεσης αναμένεται να κυμανθεί στις 14000 ευρώ και στο οποίο θα συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

Γραμμή χαμηλής τάσης 6 μέτρα - νέο δίκτυο 3.000 €

Μετρητική διάταξη 5.000 € Μέτρα ζεύξης και

προστασίας 4.000 € Διάφορα – απρόβλεπτα 2.000 €

Σύνολο 14.000 €

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### «Κοστολόγηση Έργου»

#### 5.1 Οικονομική Ανάλυση

Η οικονομική βιωσιμότητα ενός ενεργειακού επενδυτικού σχεδίου αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την προσέλκυση επενδυτικού ενδιαφέροντος. Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζει το ρίσκο που πάντα συνεπάγεται μια επένδυση.

Η διαδικασία επιλογής ενός σχεδίου επένδυσης περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα στάδια:

- Το πρώτο είναι ο προσδιορισμός των εφικτών εναλλακτικών παραλλαγών του σχεδίου επένδυσης. Είναι σχέδια επενδύσεων τεχνικά ασυμβίβαστα, με την έννοια ότι η πραγματοποίηση του ενός αποκλείει την πραγματοποίηση των άλλων.
- Το δεύτερο, είναι η εκτίμηση της ροής των εσόδων και δαπανών που συνοδεύουν το έργο.
- Το τρίτο, είναι η αξιολόγηση των εναλλακτικών σχεδίων και η επιλογή ενός, το οποίο θα κατασκευασθεί.
- Το τέταρτο, είναι η παρακολούθηση και η καταγραφή των αποκλίσεων ως προς τις προβλέψεις, μετά την πραγματοποίησή του, για την άσκηση μιας θετικής κριτικής για το μέλλον.

Από όλα τα στάδια το πρώτο είναι ίσως το πιο σημαντικό, γιατί περιλαμβάνει την καταγραφή των εναλλακτικών σχεδίων και γενικότερα τις νέες ιδέες και τα νέα σχέδια για καρποφόρες επενδύσεις σε όλους τους τομείς.

#### 5.2 Δυνατότητες Χρηματοδότησης

Ένα από τα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο επενδυτής ενός ενεργειακού έργου είναι η εύρεση του κεφαλαίου για τη χρηματοδότηση του έργου.

Στους ανασταλτικούς παράγοντες συγκαταλέγονται το μεγάλο αρχικό κόστος, η μακρά περίοδος απόσβεσης της επένδυσης, το μεγάλο τεχνολογικό και λειτουργικό ρίσκο και η περιορισμένη γνώση των σύγχρονων τεχνολογιών.

### Κλασικές Μορφές Χρηματοδότησης

Στις κλασικές μορφές χρηματοδότησης περιλαμβάνονται:

- Η αυτοχρηματοδότηση, δηλαδή η χρήση ίδιων κεφαλαίων για τη χρηματοδότηση του έργου.
- Ο δανεισμός, ο οποίος παρουσιάζεται στον ισολογισμό της επιχειρησιακής μονάδας. Το μειονέκτημα από αυτή τη διαδικασία είναι ότι εμφανίζονται τα κέρδη της επιχείρησης μειωμένα.

## 5.3 Κοστολόγηση έργου

Στον Πίνακα 5.1 γίνεται αναλυτικά η κοστολόγηση (τιμή μονάδας και συνολική αξία) του έργου και περιγράφεται το σύνολο του εξοπλισμού που θα απαιτηθεί για την κατασκευή του.

Πίνακας 5.1: Κοστολόγηση έργου

Περιγραφή	Τιμή Μονάδας	Τμχ.	Αξία (σε €)
<b>ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</b>			
Φωτοβολταϊκός συλλέκτης ET-P672 250 ισχύος 250Wp πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρείας ET Solar Κίνας. Μήκος 1956 mm, Πλάτος 992 mm, Ύψος 50mm, Βάρος 23 kg. Θετική διακύμανση ισχύος 0...+5W. Πιστοποιητικά IEC 61215 Ed.2, IEC 61730, CE. 10 χρόνια εγγύηση προϊόντος. Γραμμική εγγύηση απόδοσης: τον πρώτο (1 <sup>ο</sup> ) χρόνο εγγύηση απόδοσης τουλάχιστον 97% της ονομαστικής ισχύος και στην εικοσιπενταετία (25-ετία) εγγύηση απόδοσης τουλάχιστον 81,2% της ονομαστικής ισχύος, δηλαδή μείωση ισχύος όχι παραπάνω από 0,70% ετησίως.	415,18	402	166.902,36
Τριφασικός μετατροπέας τάσης Sunny Tripower 17000TL της εταιρείας SMA Γερμανίας με ενσωματωμένο αγωγό υπέρτασης DC. Με οθόνη γραφικών και διεπαφή RS485. Ενσωματωμένος αποζεύκτης φορτίου DC, ESS. Συντελεστής απόδοσης max. 98,2%, Euro 97.8%.	4.858,50	5	24.292,5

Βάσεις στήριξης Φ/Β πάνελ από στοιχεία χάλυβα και αλουμινίου της εταιρείας Solarcube Γερμανίας τύπου KIVO-CR-3. . 20 χρόνια εγγύηση προϊόντος.			20.000
Μετρητική διάταξη περιβαλλοντικών δεδομένων Sunny SensorBox της εταιρείας SMA Γερμανίας, με ενσωματωμένα σένσορα ηλιακής ακτινοβολίας, σένσορα θερμοκρασίας Φ/Β πάνελ, σένσορα θερμοκρασίας περιβάλλοντος.	1		359
Σύστημα επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων Sunny WebBox της εταιρείας SMA Γερμανίας, για την επιτήρηση και τον εντοπισμό δυσλειτουργιών και σφαλμάτων μέσω της συνεχούς εποπτείας και παρακολούθησης των ενεργειακών καταγραφών και των ηλεκτρικών παραμέτρων.	1		515

#### **ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

Φρεάτια, σωλήνες, επικασσιτερωμένα καλώδια , ακροδέκτες, καλώδια ισχύος NYU, καλώδια επικοινωνίας LiYCY, σύστημα γείωσης με χαλκό 50mm<sup>2</sup>, ταινία

<b>ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ</b>			
<p>Περίφραξη 240m μήκος (απόσταση τουλάχιστον 5μ. από την περίφραξη έως τα πάνελ).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κεκαμένη σωλήνα γαλβανιζέ 1 1/2"X3,0 μ. ύψος</li> <li>• Συρματόπλεγμα 2,4mm (55X55)X2,0 μ. ύψος</li> <li>• Τοποθέτηση πασσάλων ανά 3,50 μ.</li> <li>• 3 σειρές ούγια</li> <li>• Πόρτα 5,00 μ.</li> <li>• Διάζωμα από σκυρόδεμα διαστάσεων 15x20 εκ.</li> </ul>			5000

<b>ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΧΩΡΟΥ</b>			
<p>Ενδεικτικό σύστημα συναγερμού αποτελούμενο από:</p> <p>Πίνακα συναγερμού, πληκτρολόγιο συναγερμού, σειρήνα εξωτερικού χώρου, 4 δέσμες 3 στοιχείων, τροφοδοτικό, μαγνητική επαφή βαρέως τύπου, μπουάτ</p>			1500
<p>Ενδεικτικό σύστημα video-παρακολούθησης αποτελούμενο από:</p>			

Εκτίμηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τα αποτελέσματα της τεχνικής μελέτης στην οποία έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας, των κλιματολογικών συνθηκών, των απωλειών του συστήματος όπως και η μορφολογία του εδάφους για την συγκεκριμένη περιοχή βρέθηκε ότι συνολική παραγωγή κατά έτος θα είναι **143.600 KWh**. Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι αυτή η παραγωγή έχει προκύψει με παραμέτρους απωλειών κατά 3% μεγαλύτερες για λόγους ασφαλείας.

Για να υπολογίσουμε την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος για τα επόμενα 20 χρόνια λειτουργίας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την φυσιολογική μείωση απόδοσης των πάνελ. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των πάνελ και λαμβάνοντας υπόψη ότι εγγυούνται 86% τουλάχιστον απόδοση στην ονομαστική τιμή peak μετά από 20 χρόνια έχουμε 0,7% μείωση κατά έτος.

Όπως σε κάθε επένδυση ,έτσι και στα φωτοβολταϊκά, προτού ληφθεί μια απόφαση εκκίνησης, θα πρέπει να λαμβάνονται μια πληθώρα παραγόντων που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό από την ανάληψη του ρίσκου που εμπεριέχει οποιαδήποτε επένδυση.

Παράγοντες όπως:

- Διάρκεια συμβολαίου αγοραπωλησίας
- Τιμή πώλησης
- Διακύμανση τιμής πώλησης
- Τραπεζική χρηματοδότηση
- Θεσμικό πλαίσιο
- Έτη απόσβεσης επένδυσης
- Φορολογία κερδών

## **Συμπεράσματα**

Σε μια αξιοσημείωτη αλλαγή από την κατάσταση πριν λίγα χρόνια, η Ελληνική κυβέρνηση έχει δεσμευτεί να κάνει πιο πράσινη της οικονομία της και έχει υιοθετήσει πολλές φιλόδοξες πολιτικές και μέτρα για να αυξήσει τη χρήση της ανανεώσιμης ενέργειας. Ο Νόμος 3851/2010 θέτει ευνοϊκό πλαίσιο συνθηκών για την εξάπλωση της ανανεώσιμης ενέργειας και ο δρόμος που ακολουθεί περιγράφεται στον Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας του 2010. Ο εθνικός στόχος για το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας στη μεικτή τελική κατανάλωση έως το 2020 ξεπερνά την απαίτηση της ΕΕ. Η πλήρωση του ξεχωριστού στόχου για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα βοηθήσει τη χώρα να απαλλάξει τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνθρακα. Στη χώρα αξίζουν συγχαρητήρια για τους νέους στόχους και πολιτικές της (IEA, 2006b, 2011b).

Τώρα η κυβέρνηση πρέπει να δουλέψει για να διασφαλίσει πως θα εκπληρωθούν οι στόχοι του 2020. Στον τομέα ηλεκτρισμού χρειάζονται μεγάλες επενδύσεις σε δίκτυα και παραγωγικό δυναμικό. Η Ελλάδα έχει αφθονία δυναμικού αιολικής ενέργειας και η κυβέρνηση προβλέπει πως το δυναμικό αιολικής ενέργειας θα αυξηθεί από τα 1,3 GW περίπου το 2010, στα 7,5 GW το 2020, πολύ περισσότερο από όλες τις άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας σε συνδυασμό.

Ο προσεκτικός σχεδιασμός είναι απαραίτητος για τη διασφάλιση της ομαλής ένταξης του νέου ανανεώσιμου δυναμικού ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο και τη διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας καθώς αυξάνεται το μερίδιο μεταβλητής παραγωγής. Ένα σημαντικό σημείο της ανάπτυξης αυτής είναι η σύνδεση των Ελληνικών νησιών με αφθονία αιολικού και ηλιακού δυναμικού στο ηπειρωτικό δίκτυο μεταφοράς. Θα είναι επίσης απαραίτητο να επεκταθεί το υδραυλικό δυναμικό και/ή το δυναμικό του φυσικού αερίου και να κατασκευαστούν περισσότερες διασυνδέσεις για την ισορρόπηση των αποκλίσεων στην παραγωγή αιολικής ενέργειας.

Πολλές άλλες χώρες του ΔΟΕ έχουν δει πολύ γρήγορη ανάπτυξη στο δυναμικό αιολικής ενέργειας, όπως η Ισπανία και η Γερμανία. Η Ελλάδα θα μπορούσε να στραφεί σε αυτές για



καθοδήγηση λόγω της εμπειρίας τους. Επίσης ο ΔΟΕ παροτρύνει την Ελλάδα, και άλλες χώρες μέλη του ΔΟΕ, να λάβουν υπόψη τις προτάσεις του χάρτη πορείας για την αιολική ενέργεια (βλέπε Πίνακα 5.36), όπου είναι εφικτό και σύμφωνα με τις εθνικές περιστάσεις (IEA, 2006b, 2011b).

## Βιβλιογραφία

### Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Βούλγαρη, Α., (2002). *Το Πρωτόκολλο του Κιότο και οι ελληνικές δεσμεύσεις*, Εργασία στο πλαίσιο της Εθνικής Σχολής Δημόσιας Διοίκησης, ΙΓ΄ Εκπαιδευτική Σειρά, Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης, Τμήμα Γενικής Διοίκησης, Αθήνα.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. COM (2011). *Χάρτης πορείας για τη μετάβαση σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών το 2050*, Βρυξέλλες, 8.3.2011, από την ιστοσελίδα European Parliament legislation: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/index\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/index_el.htm).
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (1997). *Διάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών (COP3) Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με τη στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στη Διάσκεψη του Κιότου Ιαπωνία για την αλλαγή του κλίματος Conference of the Parties (COP3)*, from European Parliament website: <http://www.europarl.europa.eu>
- Κακαράς, Ε., Δουκέλης, Α., Γιαννακόπουλος, Δ. & Κουμανάκος, Α. (2005) *Τεχνολογικές Δυνατότητες μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα*. Αθήνα, 3-6 Φεβρουαρίου 2005: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας [ΚΑΠΕ], (2008). *Ετήσια Έκθεση 2008*, Έκδοση 2008. Αθήνα: ΚΑΠΕ. Διαθέσιμη στην Ιστοσελίδα <http://www.cres.gr/kape/index.htm>, Οκτώβριος 2012.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας [ΚΑΠΕ], (2009). *Ετήσια Έκθεση 2009*, Έκδοση 2009. Αθήνα: ΚΑΠΕ. Διαθέσιμη στην Ιστοσελίδα <http://www.cres.gr/kape/index.htm>, Οκτώβριος 2012.
- Παπαδόπουλος, Μ. Α., (2002). *Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων*, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Α.Π.Θ - Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

- Παπαζής, Σ., (1998) . *Αξιολόγηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: προβλέψεις με εναλλακτικά σενάρια σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο*, Διδακτορική Διατριβή, 1998
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής [ΥΠΕΚΑ], 2009, *5<sup>η</sup> Εθνική Έκθεση για το Επίπεδο διείσδυσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 (Άρθρο 3 Οδηγίας 2001/77/ΕΚ)*, Έκδοση Σεπτέμβριος 2009. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ. Διαθέσιμο στην Ιστοσελίδα <http://www.ypeka.gr>, Οκτώβριος 2012.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής [ΥΠΕΚΑ], 2012, *Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός, Οδικός χάρτης για το 2050*, Έκδοση Μάρτιος 2012. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ. Διαθέσιμο στην Ιστοσελίδα <http://www.ypeka.gr>, Οκτώβριος 2012.

#### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- British Petroleum Company [BP]. (1986). *BP Statistical Review of World Energy*. London: BP.
- Deudney, D. & Flavin, C. (1983). *Renewable Energy: The Power to Choose*. London: W.W. Norton.
- Douthwaite, R., (2007). *The economics of responding to climate change*. Dublin: Μελέτη για το Ινστιτούτο Ευρωπαϊκών Σχέσεων.
- Ecological Economics. (2007). *Special Issue on Environmental Accounting*. vol.61, Issue4, pp. 589-724.
- Hutchinson, F., Mellor, M., & Olsen, W. (1973). *The Politics of Money: Towards Sustainability and Economic Democracy*. London: Pluto, pp. 161.
- International Energy Agency [IEA], 2006b, *Energy Policies of IEA Countries: Greece 2006 Review*. Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency [IEA], 2010, *World Energy Outlook, 2010 Edition*, Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency [IEA], 2011b, *Energy Policies of IEA Countries: Greece 2011 Review*. Paris: OECD/IEA.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (1995). *Second Assessment Climate Change 1995*, The IPCC completed its Second Assessment Report (SAR) in December 1995, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2001). *Third Assessment Report- Climate Change 2001*, This volume, which forms part of the Third Assessment Report (TAR), has been produced by Working Group III (WGIII) of the IPCC and focuses on the mitigation of climate change, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR4)*, Contribution of Working Group III to the B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds), United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2011a). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN)*, Working Group III – Mitigation of Climate Change, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2011b). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN) – Summary for Policy Makers*, This Summary for Policymakers was formally approved at the 11<sup>th</sup> Session of Working Group III of the IPCC. Abu Dhabi, United Arab Emirates, 5-8 May 2011: IPCC, pp. 1-24.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2011c). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN) – Technical Summary*, Working Group III – Mitigation of Climate Change, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, pp. 103-39.

Kammen, D.M. (2004). *Renewable energy options for the emerging economy: advances, opportunities and obstacles. Background paper for 'The 10-50 Solution: Technologies and Policies for a Low-Carbon Future*. Pew Center & NCEP Conference, Washington,

- D.C., March 25-26, 2004, available from <http://rael.berkeley.edu/old-site/kammen.pew.pdf>, July, 2012.
- Lawson, R., (2007). *An overview of green economics*. International Journal of Green Economics, 1/1-2:23-36:23.
- Lovelock, J.(2000). *Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist*. Oxford University Press.
- Ministry of the Environment and Climate Change, 2012, *Annual inventory submission under the convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and other gases for the year 1990-2010*, Edited April 2012. Athens: Ministry of the Environment and Climate Change.
- Molly Scott Cato. (2009). *Green Economics, An Introduction to Theory, Policy and Practice*. First publication by Earthscan in 2009, pp. 1-224.
- Molly Scott Cato. (2012). *Πράσινη Οικονομία, μετάφραση του πρωτοτύπου Green Economics, An Introduction to Theory, Policy and Practice*, Εισαγωγή- Επιστημονική επιμέλεια Νικητάκος Νικήτας. Αθήνα, Εκδόσεις Ι. Σιδέρης, pp. 25-40, 67-70, 133-134, 145-148.
- Murphy, J.M., D.M.H. Sexton, D.N. Barnett et al. (2004). Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations, *Nature* 430: 768 – 772.
- Papola T. S., (2007). *Employment Trends in India*, in Kaushik Basu (ed.), *The Oxford Companion to Economics in India*, New Delhi: Oxford University Press.
- Porritt, J., (2006). *Capitalism as is the Word Mattered*. London: Earthscan, pp. 289.
- Scotchmer, S. (1991). Standing on the shoulders of giants: cumulative research and the *patent law*, *Journal of Economic Perspectives* 5(1): 29-41, Winter. Reprinted in *The Economics of Technical Change* (1993): Mansfield, E. and E. Mansfield, (eds.), Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change, The Stern Review*. Cabinet Office – HM Treasury, from the National Archives gov.  
Website: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk>, July 2012.

Timberlake, L. (1987). *Only One Earth: Living for the Future*. London: BBC/Earthscan.

Zhang G.B., (2010), *Report on China's Energy Development for 2010*, Economic Science Press, Beijing.