

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΜΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ (FULL TIME MBA)



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ:
ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ
ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ



Ιφιγένεια Αποστόλου

Πειραιάς, 2018

Παράρτημα Β: Βεβαίωση Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή (δεύτερη) σελίδα στο σώμα της διπλωματικής εργασίας)

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς στη Διοίκηση Επιχειρήσεων MBA με τίτλο ΟΙ ΑΝΑΛΥΣΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΜΕΤΕΡΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγγραφεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή/τριας

Όνοματεπώνυμο

Α.Προστόλου Γεωργίου

Ημερομηνία

26/06/2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαφαινόμενη εξάντληση των κοιτασμάτων των συμβατικών καυσίμων του πλανήτη, σε συνδυασμό με τη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και τη βαθμιαία επιδείνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, οδήγησε τις σύγχρονες κοινωνίες να στραφούν προς την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι - πηγές ενέργειας, που υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται, αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις και η θαλάσσια κίνηση. Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναλυτική περιγραφή του κλάδου των ΑΠΕ στην Ελλάδα δίνοντας κυρίως έμφαση στις μορφές που αξιοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Δηλαδή, την αιολική, την υδροηλεκτρική, την ηλιακή ενέργεια και τη βιομάζα. Ταυτόχρονα καταγράφεται η συμβολή των ΑΠΕ στην οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνία. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά, η εξέλιξη, η υφιστάμενη κατάσταση και οι προοπτικές των ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στον ελλαδικό χώρο. Τέλος, πραγματοποιείται μια στατιστική ανάλυση για τον κλάδο ώστε να εκτιμηθούν και να παρουσιαστούν οι μελλοντικές αποδόσεις του. Με λίγα λόγια, παρουσιάζονται οι τελευταίες εξελίξεις και αποτυπώνεται η εικόνα σε μια Ελλάδα της κρίσης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κύριο Μ. Σφακιανάκη, τόσο για την ανάθεση της εργασίας, όσο και για τη συνεργασία, την καθοδήγηση και την πολύτιμη συμβολή του στην ολοκλήρωσή της. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Εξέλιξη Συνολικής Ζήτησης Ενέργειας _____	16
Γράφημα 2: Σενάριο εξέλιξης εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ _____	18
Γράφημα 3: Εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1965-2014 _____	23
Γράφημα 4: Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο _____	24
Γράφημα 5: Ποσοστό (%) στο Σύνολο της Εγκατεστημένης Ισχύος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο _____	25
Γράφημα 6: Κατανομή της μηνιαίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για τον Ιανουάριο του 2018. _____	25
Γράφημα 7: Εκπομπές CO ₂ από κατανάλωση και καύση ορυκτών καυσίμων στην Ελλάδα _____	26
Γράφημα 8: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ (2012-2017) _____	28
Γράφημα 9: Εγκατεστημένη ισχύς (MW) μονάδων ΑΠΕ _____	29
Γράφημα 10: Εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργεια (1987-2017) _____	49
Γράφημα 11: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από αιολική ενέργεια (2012-2017) _____	50
Γράφημα 12: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΜΥΗΕ (2012-2017) _____	57
Γράφημα 13: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα-βιοαέριο (2012-2017) _____	66
Γράφημα 14: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών (2007-2016) _____	75
Γράφημα 15: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκούς σταθμούς (2012-2017) _____	76
Γράφημα 16: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά στεγών (2012-2017) _____	77
Γράφημα 17: Γράφημα χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ _____	87
Γράφημα 18: Γράφημα αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ _____	88
Γράφημα 19: Γράφημα μερικών αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ _____	88
Γράφημα 20: Περιοδόγραμμα της χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ _____	89
Γράφημα 21: Γράφημα Αυτοσυσχετίσεων μετά τον καθορισμό του μοντέλου _____	91

Γράφημα 22: Γράφημα μερικών αυτοσυσχετίσεων μετά τον καθορισμό του μοντέλου	92
Γράφημα 23: Γράφημα προβλέψεων για το διάστημα 03/2018-02/2019	94
Γράφημα 24: Απεικόνιση της σύγκρισης των πραγματικών τιμών της χρονικής περιόδου 03/2018-02/2018 και των προβλεπόμενων της χρονικής περιόδου 03/2018-02/2019	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Προβλέψεις ΑΔΜΗΕ για την ετήσια συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας _____	16
Πίνακας 2: Σενάριο Διείσδυσης ΑΠΕ _____	18
Πίνακας 3: Εκτιμώμενες θέσεις ανά ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια _____	40
Πίνακας 4: Σύγκριση προτεινόμενων μοντέλων _____	90
Πίνακας 5: Έλεγχοι Καταλοίπων _____	90
Πίνακας 6: Έλεγχος παραμέτρων του μοντέλου $ARIMA(0,1,2)(1,1,2)_{12}$ _____	91
Πίνακας 7: Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ με τη χρήση του $ARIMA(0,1,2)(1,1,2)_{12}$ _____	93
Πίνακας 8: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ με της προηγούμενης περιόδου _____	95

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ανεμογεννήτρια με οριζόντιο άξονα _____	45
Εικόνα 2: Ανεμογεννήτρια Κάθετου Άξονα _____	46
Εικόνα 3: Συνιστώσες μιας τυπικής ανεμογεννήτριας _____	47
Εικόνα 4: Μικροϋδροηλεκτρικό Έργο _____	55
Εικόνα 5: Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα _____	62
Εικόνα 6: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) _____	64
Εικόνα 7: Προσθήκη ατόμων φωσφόρου και βορίου σε κρύσταλλο πυριτίου _____	71
Εικόνα 8: Φυσική απεικόνιση φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου _____	73

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	I
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	II
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	III
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	VI
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικειμενικός σκοπός	1
1.2 Μεθοδολογία	1
1.3 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας	1
1.4 Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας	2
2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	4
2.1 Εισαγωγή	4
2.2 Ιστορική αναδρομή – Συμφωνίες για ΑΠΕ σε διεθνές επίπεδο	5
2.3. Μορφές ΑΠΕ	7
2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ	13
2.5 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ	14
2.6 Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ	15
2.7 Φορείς Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	19
3. ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	23
3.1 Η Ενεργειακή Κατάσταση στην Ελλάδα	23
3.2 Εξέλιξη και αποτίμηση της τρέχουσας κατάστασης των ΑΠΕ στην Ελλάδα	26
3.3 Εξέλιξη Ελληνικού Θεσμικού Πλαισίου για τις ΑΠΕ	30
3.4 Οι προκλήσεις για την Ελληνική Ενεργειακή Πολιτική	33
3.5 Η μελλοντική πορεία του Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος	34
4. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	37
4.1 Συμβολή των ΑΠΕ στην οικονομική ανάπτυξη	37
4.2 Συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας	38
4.3 Συμβολή των ΑΠΕ στη δημιουργία θέσεων εργασίας	39
4.4 Τοπικά οφέλη από την ανάπτυξη των ΑΠΕ	40
4.5 Παράγοντες ρίσκου για έργα ΑΠΕ	41
4.6 Εμπόδια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ	43
5. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	44
5.1 Εισαγωγή	44
5.2 Ιστορικά Στοιχεία	44
5.3 Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών	45

5.4 Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών	48
5.5 Εξέλιξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα	48
6. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	51
6.1 Εισαγωγή	51
6.2 Ιστορικά στοιχεία	52
6.3 Λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων	52
6.4 Μικρά Υδροηλεκτρικά έργα	54
6.5 Εξέλιξη και προοπτικές των ΜΥΗΕ στην Ελλάδα	55
7. ΒΙΟΜΑΖΑ	59
7.1 Εισαγωγή	59
7.2 Ιστορικά στοιχεία	60
7.3 Χαρακτηριστικά της βιομάζας	60
7.4 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας	62
7.5 Βιοαέριο	63
7.6 Εξέλιξη και προοπτικές της βιομάζας στην Ελλάδα	64
8. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	68
8.1 Εισαγωγή	68
8.2 Ιστορικά στοιχεία	68
8.3 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	69
8.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα	72
8.5 Εξέλιξη και προοπτικές των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα	74
9. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ	78
9.1 Εισαγωγή	78
9.2 Ανάλυση Χρονοσειρών	79
9.3 Χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης	80
9.4 Η προσέγγιση Box-Jenkins	81
9.5 Ανάλυση χρονοσειρών με την μέθοδο Box-Jenkins	83
9.6 Πρόβλεψη συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ για το διάστημα Μάρτιος 2018 – Φεβρουάριος 2019	86
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	108

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικειμενικός σκοπός

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να αποτυπώσει την διαχρονική εξέλιξη καθώς και την παρούσα κατάσταση που επικρατεί στον κλάδο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα δίνοντας κυρίως έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αξιοποιούνται περισσότερο σήμερα για ηλεκτροπαραγωγή, δηλαδή την αιολική, την ηλιακή, την υδροηλεκτρική ενέργεια καθώς και την ενέργεια από βιομάζα/βιοαέριο, και μέσω της επεξεργασίας δεδομένων, να προβλεφθούν οι μελλοντικές αποδόσεις του κλάδου.

1.2 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία για να επιτευχθεί ο αντικειμενικός σκοπός της, βασίζεται σε τρεις οπτικές γωνιές:

- Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη συγκομιδή όλων εκείνων των πληροφοριών που απαιτούνται για τη σωστή παρουσίαση των ΑΠΕ.
- Στην παρουσίαση στατιστικών στοιχείων απόδοσης για τις ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια.
- Στην στατιστική ανάλυση των παραπάνω στοιχείων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων είναι το Statgraphics, ένα στατιστικό και οικονομετρικό πρόγραμμα εξαγωγής συμπερασμάτων και αποτελεσμάτων.

1.3 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την εξέλιξη και την πρόβλεψη των ενεργειακών μεγεθών στην Ελλάδα.

Στο παρόν κεφάλαιο (κεφάλαιο 1), παρουσιάζεται ο αντικειμενικός σκοπός, η μεθοδολογία, η διάρθρωση των κεφαλαίων που ακολουθούν καθώς και η σπουδαιότητα της δεδομένης μελέτης.

Στο κεφάλαιο 2, εξηγείται ο όρος των ΑΠΕ, οι προσπάθειες αξιοποίησής τους σε διεθνές επίπεδο, οι μορφές των ΑΠΕ που υπάρχουν ανά τον κόσμο και τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα που υπάρχουν. Έπειτα, περιγράφεται πως είναι

δυνατόν να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ καθώς και το πως προβλέπεται η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Τέλος, καταγράφονται οι αρμόδιοι φορείς αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 3, αρχικά γίνεται μια αναφορά στις διάφορες ενεργειακές πηγές από τις οποίες εξαρτάται η Ελλάδα. Στη συνέχεια, καταγράφεται η ανάπτυξη των ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια καθώς και η εξέλιξη του ελληνικού θεσμικού πλαισίου. Τέλος, αναφέρονται οι προκλήσεις και η μελλοντική πορεία του ελληνικού ενεργειακού συστήματος βάσει του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού.

Στο κεφάλαιο 4, παρουσιάζεται η συμβολή των ΑΠΕ στην οικονομική ανάπτυξη, στο ενεργειακό ισοζύγιο, στις θέσεις εργασίας και στα τοπικά οφέλη που προκύπτουν. Τέλος αναφέρονται οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι και τα εμπόδια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Στα κεφάλαια 5, 6, 7 και 8 παρουσιάζονται οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που έχουν υψηλό βαθμό εμπορικής ωριμότητας και χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα επιμέρους κεφάλαια περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, η εξέλιξη τους, η υφιστάμενη κατάσταση και οι προοπτικές τους στον ελλαδικό χώρο.

Στο κεφάλαιο 9, περιλαμβάνεται η θεωρητική προσέγγιση των χρονοσειρών, τα χαρακτηριστικά τους και η ανάλυσή τους, η περιγραφή της μεθόδου που χρησιμοποιείται για την προβλεπτική διαδικασία, η πρόβλεψη της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα για το διάστημα Μάρτιος 2018 – Φεβρουάριος 2019 και τέλος, η ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, διατυπώνονται τα συμπεράσματα σχετικά με τη συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, καθώς και προτάσεις στους τομείς που υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

1.4 Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας

Οι ΑΠΕ αποτελούν μείζον θέμα για την σύγχρονη κοινωνία. Είναι αναμφισβήτητο γεγονός, ότι γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική η ανάγκη για απεξάρτηση των χωρών από τα συμβατικά καύσιμα. Δεδομένης της σημαντικότητας της κατάστασης, με την παρούσα διπλωματική γίνεται προσπάθεια να καλυφθεί ένα σημαντικό κενό στη βιβλιογραφία. Επιπρόσθετα, επιδιώκεται να συνδυαστούν τα στατιστικά στοιχεία με την αναπτυξιακή δυναμικότητα του κλάδου. Από τη έρευνα στην ελληνική βιβλιογραφία

δεν υπάρχει κάποια ανάλογη προσέγγιση. Τα κέρδη θα είναι πολλαπλά τόσο για τον ερευνητή όσο και για τους αναγνώστες.

2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Εισαγωγή

Ένας εκ των βασικών πυλώνων στήριξης του σύγχρονου μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελεί η χρήση της ενέργειας. Αναμφίβολα, οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τις μετακινήσεις ανθρώπων ή προϊόντων, για την κάλυψη των αναγκών των νοικοκυριών σε φωτισμό και θέρμανση καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Η συνεχής βελτίωση του βιοτικού επιπέδου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αύξηση της ενεργειακής ζήτησης.

Στη σημερινή εποχή, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας πηγάει κυρίως από τις λεγόμενες Συμβατικές Πηγές Ενέργειας, δηλαδή θερμικές μονάδες που λειτουργούν με ορυκτούς πόρους, όπως το πετρέλαιο και τα παράγωγα του, τους στερεούς άνθρακες, το φυσικό αέριο και τα πυρηνικά. Με λίγα λόγια, η αξιοποιούμενη ενέργεια προκύπτει από εξώθερμη αντίδραση όπως είναι η καύση των πόρων αυτών μετατρέποντας την παραγόμενη θερμική ενέργεια σε άλλη μορφή. Ουσιαστικά πρόκειται για πλούσιους σε ποσότητα φυσικούς πόρους στο υπέδαφος του πλανήτη, οι οποίοι όμως στην κλίμακα χρόνου του ανθρώπινου είδους θεωρούνται εξαντλήσιμοι, δηλαδή η αναπλήρωσή τους είναι πολύ αργή. Η εντατική αξιοποίηση τους πέρα από τον κίνδυνο της γρήγορης εξάντλησής τους, αποδείχθηκε ότι έχει επιφέρει και επιβαρυντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα του ανθρώπου, δημιουργώντας μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι επιπτώσεις αυτές έχει διαπιστωθεί ότι τείνουν να λάβουν μη αναστρέψιμο χαρακτήρα, καθιστώντας αμφίβολη την επιβίωση των επόμενων γενεών.

Παρά ταύτα, η φύση διαθέτει μια πλειάδα άλλων πηγών ενέργειας άυλης μορφής, οι οποίες αξιοποιούνταν από την αρχαιότητα, για να καλύψουν διάφορες ενεργειακές τους ανάγκες, όπως ο άνεμος και το νερό. Αυτές οι μορφές ενέργειας ονομάζονται Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), επειδή συνδέονται με τον καθημερινό κύκλο της φύσης και κατ' επέκταση θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Στη σημερινή εποχή, εκτός από τον άνεμο και το νερό, σε αυτή την κατηγορία εντάσσεται ο ήλιος, η γεωθερμία και «παραβατικά» το αέριο από την βιοδιάσπαση των οργανικών υλικών από τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης.

Όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια

τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάσθηκε αρχικά μετά τις δυο πετρελαϊκές κρίσεις, του 1973 και του 1979, και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι ΑΠΕ ήταν ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή και ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως, λαμβάνονται υπόψιν στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα που θα επιτρέψουν την περαιτέρω αξιοποίηση τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση με την οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου επιδιώκεται το 20% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια να καλύπτεται από εναλλακτικές πηγές μέχρι το 2020.

2.2 Ιστορική αναδρομή – Συμφωνίες για ΑΠΕ σε διεθνές επίπεδο

Ιστορικά οι προσπάθειες αξιοποίησης των ΑΠΕ μπορούν να φανούν μέσω των διασκέψεων κορυφής όπου τέθηκαν στόχοι που αφορούν βασικά τη συνέχιση της ζωής στον πλανήτη και οι οποίοι δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς ριζικές αλλαγές στη δομή του παγκόσμιου ενεργειακού συστήματος. Το 1987 η Επιτροπή του Ο.Η.Ε. για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη κατέληξε στο συμπέρασμα πως απαιτείται να βρεθεί ένα νέο αναπτυξιακό μονοπάτι το οποίο να εγγυάται όχι μόνο την πρόοδο κάποιων ανθρώπων που κατοικούν σε ορισμένα μέρη του κόσμου, αλλά την πρόοδο των ανθρώπων όλου του πλανήτη στο διηνεκές. Η επιτροπή αυτή όρισε πως βιώσιμη ή αυτοσυντηρούμενη ή αειφορική ανάπτυξη είναι αυτή που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να μειώνει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών ανθρώπων να ικανοποιήσουν τις δικές τους (Βλάχου Α., 2001, σελ. 313). Το 1992 οι διασκέψεις

κορυφής στο Ρίο¹ και στο Γιοχάνεσμπουργκ² είχαν ως κύριο θέμα το μέλλον του πλανήτη και την βιώσιμη ανάπτυξη. Ταυτόχρονα με την «Ατζέντα 21³» ο ΟΗΕ, κάλεσε για νέες πολιτικές και προγράμματα που θα είχαν ως στόχο την αύξηση της συνεισφοράς περιβαλλοντικά ασφαλών ενεργειακών συστημάτων που είναι ταυτόχρονα αξιόπιστα και χαμηλού κόστους. Ιδιαίτερη μνεία έγινε στα ενεργειακά συστήματα που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ελάττωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, της μεταφοράς της, της διανομής της και της τελικής χρήσης της (Κορωνάιος Ι. Χ., 2012). Επιπροσθέτως, το Μάιο 2003, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε την Οδηγία 2003/30/ΕΚ (ΕΚ, 2003) σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές. Τα προτεινόμενα ποσοστά για τη διείσδυση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές ξεκινούν από το 2% για το 2005 και φτάνουν το 5,75% για το Δεκέμβριο του 2010 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2003α, Άρθρο 3). Στη Διεθνή Σύνοδο Κορυφής στην Κοπεγχάγη το 2009 επρόκειτο να αναζητηθεί μια παγκόσμια συμφωνία για τη μείωση των εκπομπών, η οποία θα αντικαθιστούσε και θα ενίσχυε τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο που λήγει το 2012. Δεν υπήρξε καμία δεσμευτική συμφωνία για βραχυπρόθεσμη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέχρι το 2020 και δεν υπήρξε δεσμευτική συμφωνία ούτε για τη θέσπιση μακροπρόθεσμου στόχου μείωσης των εκπομπών, ενώ ο αρχικός στόχος ήταν να συμφωνηθεί μείωση 50% μέχρι το 2050. Είναι δυνατόν, όμως, να καταγραφούν τέσσερα θετικά σημεία από τη σύνοδο. Για πρώτη φορά όλες οι χώρες που συμμετείχαν, δήλωσαν σε επίσημο κείμενο του ΟΗΕ ότι αναγνωρίζουν ως κοινό στόχο τους, τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς. Επίσης, για πρώτη φορά, όλες οι ανεπτυγμένες χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, εντάχθηκαν στο ίδιο διεθνές πλαίσιο μείωσης των εκπομπών τους η οποία και περιλαμβάνει μέθοδο επαλήθευσης. Επιπλέον, οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύτηκαν να συμβάλλουν με 8 κονδύλια ύψους 30 δις δολαρίων, στη στήριξη μέτρων περιορισμού των ρύπων στις αναπτυσσόμενες χώρες μόνο όμως για την περίοδο 2010-2012. Τέλος, οι αναπτυσσόμενες χώρες συμφώνησαν για πρώτη φορά να συμμετάσχουν στις προσπάθειες περιορισμού των κλιματικών αλλαγών και έδειξαν

¹ Στο Ρίο για πρώτη φορά συνδέθηκε η έννοια του περιβάλλοντος με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και αναγνωρίστηκε ότι «πρέπει να σταθεροποιηθεί η συγκέντρωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που δεν θα επηρεάζει το κλίμα».

² Στο Γιοχάνεσμπουργκ ο στόχος ήταν και πάλι να βρεθεί μια πρακτική φόρμουλα προώθησης της οικονομικής ανάπτυξης, που δεν θα απειλεί την περιβαλλοντική ισορροπία του πλανήτη.

³ Παγκόσμιο Πρόγραμμα Δράσης του ΟΗΕ που υιοθετήθηκε το 1992 για την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον. Αποσκοπεί στη διάσωση του πλανήτη που κινδυνεύει από την υπερεκμετάλλευση και παραμέληση του περιβάλλοντος και που μαστίζεται από τη φτώχεια και την υπανάπτυξη.

πρόθυμες να επιτρέψουν τη "διεθνή παρακολούθηση" των προσπαθειών τους (Ιστοσελίδα Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου). Κατά τη διάρκεια αυτών των τελευταίων ετών, οι υπεύθυνοι χάραξης ευρωπαϊκών πολιτικών έπρεπε να αντιμετωπίσουν διάφορες προκλήσεις στον τομέα της ενεργειακής πολιτικής: οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι αναπόφευκτες και η ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης διακυβεύεται λόγω της μεγάλης εξάρτησης από ενεργειακές εισαγωγές. Επιπλέον, η υφιστάμενη χρηματοπιστωτική και οικονομική κρίση θέτει σε κίνδυνο την οικονομική ανάπτυξη και την απασχόληση. Λαμβάνοντας υπόψη τις εξελίξεις αυτές, η οδηγία σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (2009/28/EK) αποτελεί ένα ιστορικό ορόσημο για την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Θέτοντας ως συνολικό στόχο το 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ-27 να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2020. Στο πλαίσιο των προσπαθειών τους, τα κράτη μέλη της ΕΕ-27 υποχρεώνονται δυνάμει της οδηγίας να διαμορφώσουν ένα Εθνικό σχέδιο δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια (ΕΣΔΑΕ) βάσει ενός υποδείγματος που παρέχεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2009).

2.3 Μορφές ΑΠΕ

Υπάρχουν αρκετές δυνατότητες κατάταξης των ΑΠΕ σε κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευσή τους, την πυκνότητά τους, το φορέα της ενέργειας. Χάριν συντομίας το παρόν κείμενο θα αρκестεί στην παρατήρηση ότι με εξαίρεση την παλιρροιακή ενέργεια των θαλασσών, που οφείλεται στην περιστροφή της Γης και την έλξη της από τους πλανήτες, όλες οι άλλες μορφές, έμμεσα ή άμεσα, αποτελούν παράγωγα της ηλιακής ενέργειας. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η γεωθερμία δεν είναι πραγματικά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (αφού είναι πεπερασμένη), αλλά μπορεί να θεωρηθεί ως τέτοια σε σχέση με τον ιστορικό χρόνο.

Στα είδη των ήπιων μορφών ενέργειας, επομένως, εντάσσονται οι εξής:

Αιολική Ενέργεια

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες.

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο

στάδιο, μέσω της πτερωτής, γίνεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευση του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη.

Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκά

Με το όρο Ηλιακή Ενέργεια νοείται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φως και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

1. Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών, σκουρόχρωμων δηλαδή επιφανειών καλά προσανατολισμένων στον ήλιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρησιμοποιείται για απλή οικιακή ή πιο

σύνθετη βιομηχανική χρήση, τελευταία δε ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων.

2. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.

3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους.

Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα Φ/Β κατατάσσονται σε:

- Αυτόνομα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου και εξολοκλήρου από την παραγωγή στην κατανάλωση.
- Διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

1. Μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες

Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής.

2. Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες

Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμειυτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή.

Ενέργεια από τους ωκεανούς

Οι ωκεανοί είναι δυνατόν να προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι αξιοποίησης της ενέργειας της θάλασσας:

1. Ενέργεια από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)

Η παλιρροϊκή ενέργεια αξιοποιείται εδώ και εκατοντάδες χρόνια, καθώς με τη δέσμευση των νερών των ποταμών από την παλίρροια, επιτυγχάνονταν η κίνηση των νερόμυλων. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240.000 κατοίκων.

2. Ενέργεια από τα κύματα:

Τα θαλάσσια κύματα είναι η μεταφορά ενέργειας από τα επιφανειακά κύματα του ωκεανού, και η σύλληψη της εν λόγω ενέργειας για να γίνει χρήσιμο το έργο - για παράδειγμα, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αφαλάτωσης ύδατος, ή την άντληση του νερού (σε δεξαμενές). Μια μηχανή που μπορεί να εκμεταλλευτεί την ενέργεια των κυμάτων είναι γενικά γνωστή ως μετατροπέας κυματικής ενέργειας (WEC). Η παραγωγή κυματικής ενέργειας, επί του παρόντος, δεν χρησιμοποιείται ευρέως ως εμπορική τεχνολογία, αν και υπήρξαν προσπάθειες να χρησιμοποιηθεί τουλάχιστον από το 1890. Το 2008, το πρώτο πειραματικό αγρόκτημα κυμάτων άνοιξε στην Πορτογαλία, στην Aguçadoura Wave Park.

3. Θερμοκρασιακές διαφορές του νερού της θάλασσας

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η τεχνολογία μετατροπής της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, χρησιμοποιεί σε πρώτη φάση το θερμό νερό για να ζεστάνει σε ειδικό θάλαμο μια ποσότητα υγρού που έχει χαμηλό σημείο βρασμού, όπως η αμμωνία ή ένα μείγμα αμμωνίας και νερού. Όταν το μείγμα αυτό βράσει, το αέριο που απελευθερώνεται δημιουργεί αρκετή πίεση ώστε να οδηγήσει έναν αεριοστρόβιλο ο οποίος παράγει την ενέργεια. Στη συνέχεια το αέριο αυτό παγώνει καθώς διέρχεται μέσα από το ψυχρό νερό του πυθμένα του ωκεανού.

Γεωθερμική Ενέργεια

Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ο ορισμός της γεωθερμίας είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Ανάλογα με τη θερμοκρασία, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές:

1. Η υψηλής ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Η μέσης ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).

3. Η χαμηλής ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η γεωθερμία δεν είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας αφού τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα περιλαμβάνει τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

Πρακτικά, υπάρχουν δυο τύποι βιομάζας:

1. Η βιομάζα προερχόμενη από υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα).
2. Η βιομάζα προερχόμενη από ενεργειακές καλλιέργειες ⁴ (ΚΑΠΕ, 2006).

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών.

⁴ Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, από φυτά που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά, όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων.

2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα εξής:

- Αποτελούν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στον περιορισμό της εξάρτησης των χωρών από εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους, προσδίδοντας στις χώρες την δυνατότητα: i) για βελτίωση της ενεργειακής ανεξαρτησίας της, ii) για ενίσχυση του εμπορικού ισοζυγίου (Εισαγωγές – Εξαγωγές), περιορίζοντας την εισαγωγή τους, και iii) για δημιουργία στρατηγικών αποθεμάτων στους εγχώριους ορυκτούς πόρους για την ασφάλεια της χώρας και των επόμενων γενεών.
- Οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.
- Έχουν σχετικά χαμηλό λειτουργικό κόστος ανεξάρτητο από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και πιο συγκεκριμένα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών.
- Συνεισφέρει στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων, όπως θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμίας.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

Παρόλα αυτά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν παύουν να έχουν όπως και κάθε τεχνολογία κάποια μειονεκτήματα:

- Ο συντελεστής απόδοσης είναι μικρός, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερος, και σε συνδυασμό με το κόστος επένδυσης τους καθίστανται πιο ακριβές από τις συμβατικές μονάδες.
- Αδυνατούν να καλύψουν ανά πάσα στιγμή την ζήτηση του συστήματος, διότι η λειτουργία τους σχετίζεται στενά με τις ημερήσιες και εποχιακές κλιματολογικές συνθήκες.

- Πιθανή δυσκολία εύρεσης κατάλληλων τοποθεσιών διότι δεν μπορούν να εγκατασταθούν παντού, παρά μόνο εκεί που οι κλιματολογικές και φυσικές συνθήκες το επιτρέπουν (πχ. περιοχές με αιολικά δυναμικά, ποτάμια κ.λ.π.)
- Όσον αφορά τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2.5 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ είναι τεχνολογικά αρκετά παλιά, καθώς η υδροδυναμική ενέργεια έχει μπει στη παγκόσμια ενεργειακή εικόνα περισσότερο από έναν αιώνα. Παρόλα αυτά, η συνεισφορά των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή έχει αποκτήσει βαρύνουσα σημασία, καθώς συμβάλει και στην αντιμετώπιση της παγκόσμιας κλιματικής μεταβολής.

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ(σύμφωνα με τον Ν 2773/1999) είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια η προερχόμενη από:

1. Την εκμετάλλευση Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή βιομάζας ή Βιοαερίου.
2. Την εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
3. Την εκμετάλλευση της Ενέργειας από την Θάλασσα.
4. Την εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.
5. Συνδυασμό των ανωτέρω.
6. Τη Συμπαραγωγή, με χρήση των Πηγών Ενέργειας, των (1) και (2) και συνδυασμό τους.

2.6 Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ

Η ανθρωπότητα παρουσιάζει μια ακόρεστη δίψα για ενέργεια. Οι παγκόσμιες απαιτήσεις για ισχύ έχουν τριπλασιαστεί από το 1950 και μετά, σε σημείο να χρησιμοποιούμαστε σήμερα ενέργεια ίση με 10.000 εκατομ. τόνους πετρελαίου την ημέρα. Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας, η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% έως το έτος 2020. Η πλειονότητα της ισχύος που λαμβάνεται προέρχεται από ορυκτά καύσιμα - κάρβουνο, φυσικό αέριο και ειδικά πετρέλαιο, το οποίο έχει καθιερωθεί ως η βασικότερη πηγή ενέργειας του πλανήτη.

Πιο συγκεκριμένα και όσον αφορά την Ελλάδα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι προβλέψεις για τη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας στο σύστημα που αποτυπώνονται στο Προκαταρκτικό Σχέδιο του Δεκαετούς Προγράμματος Ανάπτυξης (ΔΠΑ) του ΕΣΜΗΕ για την περίοδο 2019 – 2028, που έχει θέσει σε διαβούλευση ο ΑΔΜΗΕ.

Οι προβλέψεις του ΑΔΜΗΕ για την εξέλιξη της ζήτησης ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ κατά την επόμενη δεκαετία βασίζονται στα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης και σε δημοσιευμένες προβλέψεις που έχουν εκπονηθεί από άλλους αρμόδιους φορείς (μεσοπρόθεσμη εξέλιξη του ΑΕΠ, μακροπρόθεσμες προβλέψεις της ζήτησης κλπ), λαμβάνοντας υπόψη τυχόν διαθέσιμες προβλέψεις προμηθευτών.

Στη μελέτη του ΑΔΜΗΕ, αποτυπώνονται τρία σενάρια εξέλιξης της ζήτησης: “ΑΝΑΦΟΡΑΣ”, “ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ” και “ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ”.

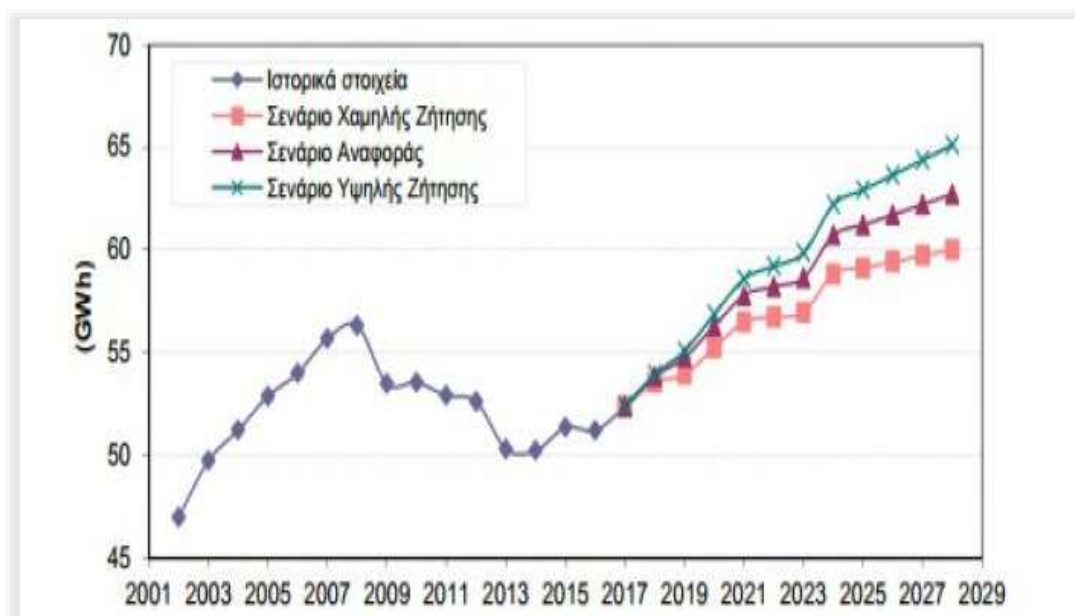
Ως σημείο αναφοράς και των τριών σεναρίων, λαμβάνεται η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ κατά το 2017, λαμβάνοντας υπόψη και τη διεσπαρμένη παραγωγή.

Οι προβλέψεις του ΑΔΜΗΕ σχετικά με την ετήσια συνολική καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης και της ζήτησης που εξυπηρετείται τοπικά από διεσπαρμένη παραγωγή ΑΠΕ) στο ΕΣΜΗΕ για την περίοδο 2018 – 2028, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα, ενώ απεικονίζονται γραφικά στο ακόλουθο σχήμα.

Πίνακας 1: Προβλέψεις ΑΔΜΗΕ για την ετήσια συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Σενάριο	ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
Έτος	(GWh)		
2018	53540	53850	53940
2019	53950	54770	55080
2020	55240	56300	56870
2021	56490	57790	58590
2022	56730	58220	59220
2023	56970	58650	59860
2024	58830	60720	62210
2025	59130	61220	62930
2026	59420	61720	63650
2027	59720	62220	64380
2028	60020	62720	65120

Γράφημα 1: Εξέλιξη Συνολικής Ζήτησης Ενέργειας



Πηγή: <http://www.admie.gr>

Πρέπει να σημειωθεί ότι από το 2018, στις προβλέψεις του ΑΔΜΗΕ που παρατίθενται στον πίνακα και απεικονίζονται στο σχήμα συμπεριλαμβάνεται και η ζήτηση των προς

διασύνδεση Κυκλάδων, ενώ από 2020 (μέσα του έτους) συμπεριλαμβάνεται η ζήτηση της Κρήτης που θα εξυπηρετείται μέσω του συνδέσμου ΕΡ. Από το 2024 και μετά, στις προβλέψεις του πίνακα και στο σχήμα περιλαμβάνεται το σύνολο της ζήτησης της Κρήτης (με την ολοκλήρωση του συνδέσμου ΣΡ το τέλος του 2023).

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η συνολική καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να επανέλθει στα επίπεδα του 2008 περί το 2022 (Σενάριο Αναφοράς). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η προβλεπόμενη εξέλιξη της συνολικής καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του σεναρίου ΑΝΑΦΟΡΑΣ του ΑΔΜΗΕ (αν δεν ληφθεί υπόψη η επιπλέον ζήτηση των νησιών που πρόκειται να διασυνδεθούν) από το 2019 και μετά αντιστοιχεί σε ένα μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 0.85%, ο οποίος είναι αρκετά χαμηλότερος από αυτόν της δεκαετίας 2000 – 2010 (2.17%). Ο αντίστοιχος μέσος ρυθμός αύξησης για το σενάριο ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ είναι 1.21%, ενώ για το σενάριο ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ είναι 0.49%.

Σε κάθε περίπτωση, αν λάβει κανείς υπόψη τον αριθμό των έργων που έχουν λάβει προσφορές σύνδεσης, ιδίως αυτών που διαθέτουν ΕΠΟ και δεσμευτικές προσφορές, το επενδυτικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των ΑΠΕ συνεχίζεται και μπορεί να οδηγήσει σε επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από την Πολιτεία για κάλυψη της ηλεκτρικής ζήτησης της χώρας κατά 40% από ΑΠΕ και μεγάλα υδροηλεκτρικά μέχρι το 2020, συμπεραίνει ο Διαχειριστής.

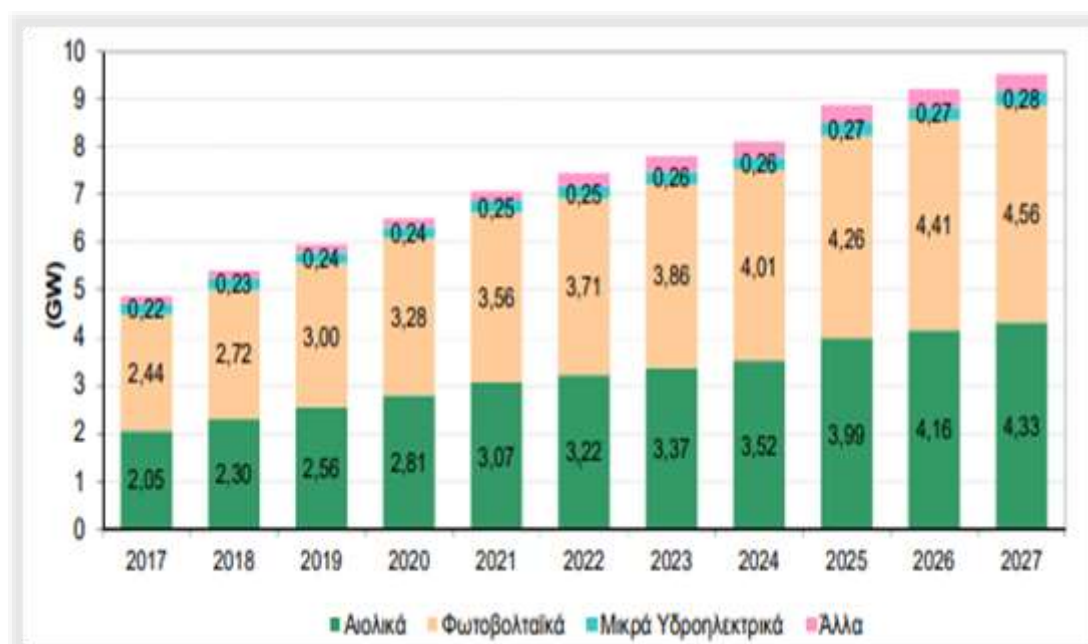
Στο σενάριο διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στο οποίο περιλαμβάνονται και οι ΑΠΕ των νησιών που θα διασυνδεθούν με το ΕΣΜΗΕ στον χρονικό ορίζοντα της μελέτης, ο ΑΔΜΗΕ προβλέπει διπλασιασμό της συνολικής ισχύος, από 4.872 MW σήμερα σε 9.538 MW το 2027. Διατηρεί σχεδόν στάσιμα τα μικρά υδροηλεκτρικά, εντάσσει τα ηλιοθερμικά (από το 2025 και έπειτα), διπλασιάζει τα φωτοβολταϊκά, υπερδιπλασιάζει τα αιολικά και σχεδόν τετραπλασιάζει την ισχύ από βιομάζα-βιοαέριο.

Στον πίνακα 2 που ακολουθεί περιγράφεται το Σενάριο Διείσδυσης των ΑΠΕ που έχει θεωρηθεί για τους σκοπούς αυτής της Μελέτης (στο οποίο περιλαμβάνονται και οι ΑΠΕ των νησιών που θα διασυνδεθούν με το ΕΣΜΗΕ στο χρονικό ορίζοντα της μελέτης) και απεικονίζεται γραφικά στο γράφημα 2.

Πίνακας 2: Σενάριο Διείσδυσης ΑΠΕ

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	(MW)										
Αιολικά	2047	2300	2555	2810	3065	3220	3370	3520	3990	4160	4330
Φωτοβολ- ταικά	2444	2720	3000	3280	3560	3710	3860	4010	4256	4406	4556
ΜΥΗΕ	223	228	237	242	247	252	257	262	267	272	277
Βιομάζα/ Βιοαέριο	58	62	66	70	100	150	200	200	200	200	200
ΣΗΘΥΑ	100	104	108	110	110	125	125	125	125	125	125
Ηλιοθερ- μικά									50	50	50
Σύνολο	4872	5414	5966	6512	7082	7457	7812	8117	8888	9213	9538

Γράφημα 2: Σενάριο εξέλιξης εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ



Πηγή: <http://www.admie.gr>

2.7 Φορείς Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να εξηγηθεί με ποιο τρόπο πραγματοποιείται η παραγωγή και πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καθώς επίσης και πως διατηρείται σε ισορροπία το Σύστημα. Γι' αυτό το λόγο παρουσιάζονται παρακάτω οι φορείς που είναι υπεύθυνοι.

ΑΔΜΗΕ ΑΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας): Η ίδρυση του εντάσσεται στο πλαίσιο της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της επιδίωξης να κυριαρχήσουν συνθήκες ανταγωνισμού στην παραγωγή, με σκοπό να αναλάβει το ρόλο του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) και ασκεί κυρίως τα καθήκοντα που περιλαμβάνουν την κυριότητα, τη συντήρηση, την εκμετάλλευση και ανάπτυξη του Συστήματος μεταφοράς, καθώς και τη συνεργασία με τους άλλους Διαχειριστές για την ευρωπαϊκή διασύνδεση υπό ενιαίους όρους.

ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας): Σκοπός της ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ είναι να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής, δηλαδή την λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης των καταναλωτών και γενικότερα όλων των χρηστών του δικτύου. Στόχος η τροφοδοσία, η ποιότητα της τάσης του ρεύματος και η βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης όπως η ανάπτυξη και η λειτουργία του Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας και των συστημάτων ηλεκτρισμού των μη συνδεδεμένων νησιών και η διασφάλιση ισότιμης πρόσβασης σε αυτά, όλων των καταναλωτών, παραγωγών και προμηθευτών.

ΛΑΓΗΕ ΑΕ (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας): Ιδρύθηκε για τη λειτουργία των Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου. Σκοπός του ΛΑΓΗΕ είναι να εφαρμόζει τους κανόνες λειτουργίας της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επιπρόσθετα ασκεί τις αρμοδιότητες ελέγχου των εμπορικών συναλλαγών και εκκαθάρισης της ημερήσιας αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. ΛΑΓΗΕ προβαίνει σε κάθε αναγκαία ενέργεια για την έγκαιρη και συντονισμένη δημιουργία της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας): Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) είναι η θεσμοθετημένη ανεξάρτητη αρχή (ν.2773/1999), στο πλαίσιο εναρμόνισης με τις Οδηγίες 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο. Κύρια αρμοδιότητά της να εποπτεύει την εγχώρια αγορά ενέργειας, εισηγούμενη προς τους

αρμόδιους φορείς της Πολιτείας τις αναγκαίες παρεμβάσεις ώστε να διαμορφωθεί το κατάλληλο μεταβατικό πλαίσιο λειτουργίας της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου για να οδηγηθεί με ομαλό τρόπο σε πιο αποτελεσματικές μορφές. Στη ΡΑΕ έχουν ανατεθεί γνωμοδοτικές αρμοδιότητες καθώς και παρακολούθησης και ελέγχου της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς, δηλαδή i) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ii) στο φυσικό αέριο. Περαιτέρω, η ΡΑΕ ανέλαβε συγκεκριμένες αρμοδιότητες σε σχέση με την αγορά των πετρελαιοειδών. Με τον ν.3851/2010 επήλθαν ουσιώδεις αλλαγές σε σχέση με το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τις ΑΠΕ καθώς και τις αρμοδιότητες της ΡΑΕ. Οι αλλαγές αυτές αφορούν τη διαδικασία αδειοδότησης των σταθμών ΑΠΕ. Έτσι, η ΡΑΕ ανέλαβε την ευθύνη χορήγησης αδειών παραγωγής, με το αρμόδιο υπουργείο να ασκεί τον έλεγχο της νομιμότητας των αποφάσεων της που καταργήθηκε με τον ν.4001/2011. Ο ρόλος της ΡΑΕ ως εθνικής ρυθμιστικής αρχής ενέργειας αναβαθμίστηκε από το 2011 με την ενίσχυση των αποφασιστικών αρμοδιοτήτων της σχετικά με τη ρύθμιση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, αρμοδιοτήτων που ανατέθηκαν σε αυτήν κατ' επιταγή της Τρίτης Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Δέσμης, η οποία και ανάγει τις εθνικές ρυθμιστικές αρχές ενέργειας σε «εγγυητές» της εύρυθμης λειτουργίας των ενεργειακών αγορών. Πιο συγκεκριμένα, το 2009 η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την Τρίτη Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Δέσμη (Third Energy Package), η οποία αποτελείται από:

- Την Οδηγία 2009/72/EK, «σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για την κατάργηση της οδηγίας 2003/54/EK».
- Την Οδηγία 2009/73/EK, «σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά φυσικού αερίου και την κατάργηση της οδηγίας 2003/55/EK».
- Τον Κανονισμό (ΕΚ) 713/2009, «για την ίδρυση Οργανισμού Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας».
- Τον Κανονισμό (ΕΚ) 714/2009, «σχετικά με τους όρους πρόσβασης στο δίκτυο για τις διασυνοριακές ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1228/2003».
- Τον Κανονισμό (ΕΚ) 715/2009, «σχετικά με τους όρους πρόσβασης στα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1775/2005».

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό δίκαιο, οι Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί τυγχάνουν άμεσης εφαρμογής από τα Κράτη-Μέλη, χωρίς την ανάγκη διαδικασίας ενσωμάτωσής τους στις εθνικές νομοθεσίες. Οι συγκεκριμένοι ως άνω Κανονισμοί τέθηκαν σε ισχύ τον

Μάρτιο 2011. Οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες 2009/72/EK και 2009/73/EK μεταφέρθηκαν στην ελληνική νομοθεσία με τον Νόμο 4001/2011, (ΦΕΚ Α' 179/22).

Επιγραμματικά οι Αρμοδιότητες της ΡΑΕ:

- Αξιολόγηση και απόφαση επί αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής.
- Αξιολόγηση και απόφαση επί αιτήσεων τροποποίησης, ανανέωσης, μεταβίβασης άδειας παραγωγής.
- Έκδοση βεβαιώσεων από τη Γραμματεία της ΡΑΕ για μεταβολή στοιχείων που δε συνιστούν τροποποίηση άδειας παραγωγής.
- Γνωμοδότηση για την έκδοση της ΥΑ «Κανονισμός αδειών Παραγωγής από ΑΠΕ και μέσω ΣΗΘΥΑ» (Α.5, παρ.3, ν.3468/2006 όπως ισχύει) .
- Έκδοση αποφάσεων για τον καθορισμό λεπτομερειών που αφορούν τεχνικά ζητήματα και ειδικότερα θέματα σχετικά με τη μέθοδο και τη διαδικασία αξιολόγησης των αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής.
- Έκδοση αποφάσεων για τον χαρακτηρισμό περιοχών με κορεσμένα δίκτυα και την διαπίστωση της δυνατότητας απορρόφησης ισχύος από ΑΠΕ σε αυτές, μετά από εισήγηση των αρμόδιων διαχειριστών (Α.3, παρ.5, ν.3468/2006 όπως ισχύει).
- Έλεγχος του Συστήματος Εγγυήσεων Προέλευσης από ΑΠΕ.
- Συνεργασία με ΥΠΕΚΑ για την ανά διετία σύνταξη της έκθεσης του Α.21 του ν.3468/2006 όπως ισχύει, για τη διεύθυνση των ΑΠΕ στο εθνικό ισοζύγιο.
- Λήψη απόφασης σχετικά με τις αριθμητικές τιμές των συντελεστών της μεθοδολογίας επιμερισμού του Ειδικού Τέλους (αρ. 143 παρ.2 περ.γ', ν. 4001).
- Γνωμοδότηση προς το ΥΠΕΚΑ για την προσαύξηση της τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτιο αιολικό σταθμό μέχρι 30% πριν την υπογραφή της οικείας σύμβασης πώλησης (Α.15, παρ. 17β του ν. 3851/2010)
- Παρακολούθηση έργων με άδεια παραγωγής.
- Σύνταξη πράξεων διαπίστωσης παράβασης και αποφάσεων για ανάκληση αδειών παραγωγής ή για την επιβολή άλλης διοικητικής κύρωσης σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.
- Εξαγωγή στατιστικών στοιχείων.
- Επεξεργασία και απόφαση επί αιτήσεων αναθεώρησης.
- Θεώρηση τοπογραφικών διαγραμμάτων και συνοπτικών τεχνικών μελετών στο πλαίσιο της έκδοσης άδειας εγκατάστασης.
- Τήρηση και δημοσιοποίηση μητρώου αδειών Χορήγηση στοιχείων (αντίγραφα φακέλων, γεωγραφικών δεδομένων κ.α.).

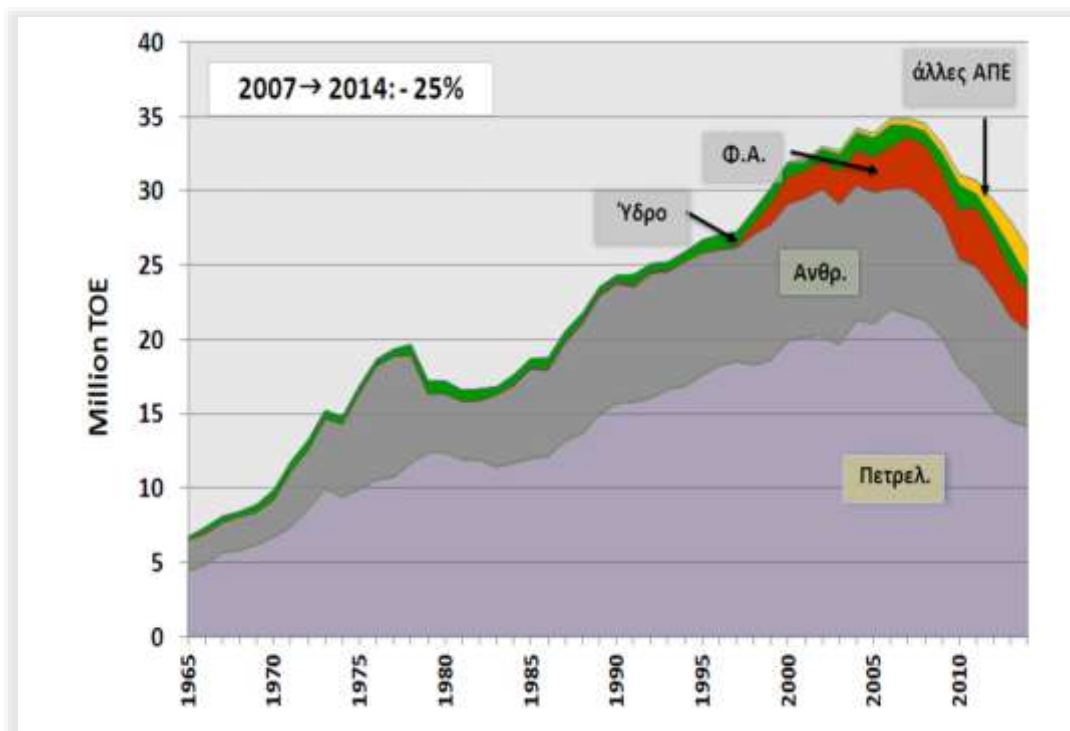
- Υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας περιοχών εγκατάστασης αιολικών σταθμών στο πλαίσιο εφαρμογής του ΕΠΧΣ ΑΠΕ(ΦΕΚ Β΄2464/03.12.2008). Δημιουργία κατάλληλου λογισμικού και αποτύπωση θέσεων και στοιχείων α/γ για κάθε έργο (αιτήσεις και α.π.).
- Διατύπωση ιστορικού και απόψεων επί αιτήσεων ακύρωσης αδειών παραγωγής έργων ΑΠΕ ενώπιον του ΣΤΕ και απαντήσεων σε επιστολές όχλησης της Ε.Ε για θέματα αδειοδότησης έργων ΑΠΕ .

3. ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.1 Η Ενεργειακή Κατάσταση στην Ελλάδα

Τα τελευταία 50 χρόνια στην Ελλάδα παρουσιάζεται μια αξιοσημείωτη αύξηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας από το 1965 μέχρι το 2014 απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Η ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα από το 1965 ως το 2014 πενταπλασιάστηκε, ενώ η αντίστοιχη αύξηση στον κόσμο κυμάνθηκε σε 2,7 και για την Ευρωπαϊκή Ένωση σε 1,8. Στην περίοδο 1997 με 2007, η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει αύξηση σχεδόν ίση με 25%, μεγαλύτερη από τη μέση αύξηση στον κόσμο.

Γράφημα 3: Εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1965-2014



Πηγή: BP statistical review, 2015

Η Ελλάδα εξαρτάται ενεργειακά από την εισαγωγή πετρελαίου, το οποίο συμμετέχει κατά 54% (2014) στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ποσοστό από τα μεγαλύτερα στην Ε.Ε. Αν και οι πηγές προέλευσης του πετρελαίου στα δύο διυλιστήρια της χώρας (ΕΛΠΕ και Motor Oil) ποικίλλουν, το Ιράν, η Ρωσία και η Σαουδική Αραβία αποτελούν τις χώρες από τις οποίες εισάγονται περίπου τα δύο τρίτα των συνολικών

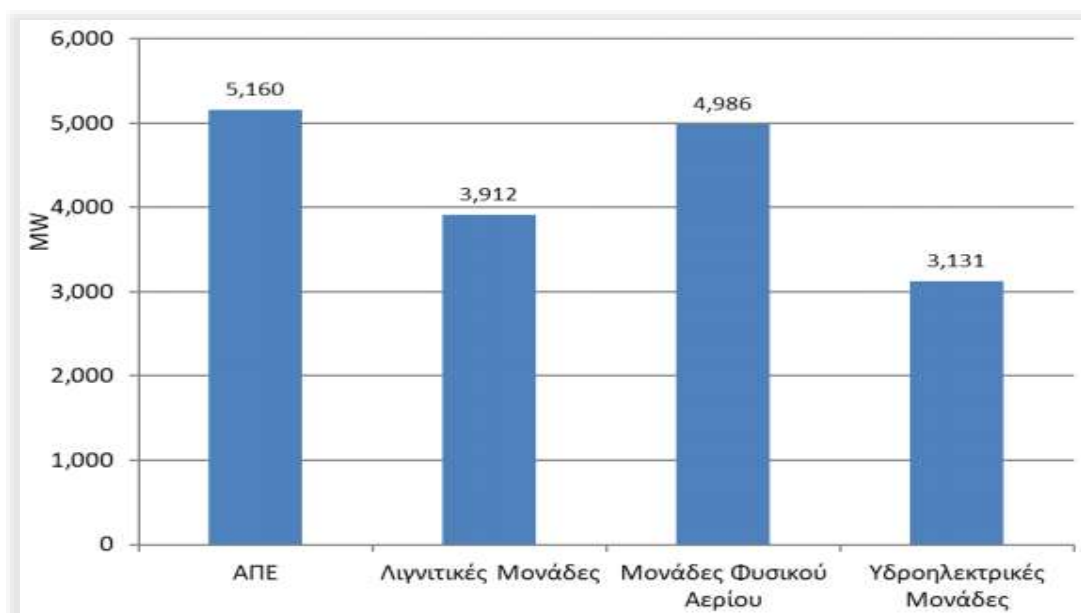
εισαγωγών αργού πετρελαίου. Η εγχώρια παραγωγή (κοίτασμα Πρίνου) καλύπτει ένα πολύ μικρό ποσοστό των αναγκών της χώρας.

Το 1996 το φυσικό αέριο άρχισε να διανέμεται στην Ελλάδα και έκτοτε παρουσιάζει σημαντική αύξηση μέχρι το 2011. Το 2014 συμμετείχε με ~10% στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας και ακολουθεί τη γενική τάση της κατανάλωσης ενέργειας με σημαντική πτώση τα τελευταία χρόνια. Το φυσικό αέριο εισάγεται κυρίως από τη Ρωσία και Αζερμπαϊτζάν με αγωγούς (οι μεγαλύτερες ποσότητες) και από την Αλγερία σε υγρή μορφή μέσω του σταθμού της Ρεβουθούσας.

Μόλις το 38% της καταναλισκόμενης ενέργειας παράγεται στη χώρα (πετρέλαιο και φυσικό αέριο είναι εισαγόμενες πρώτες ύλες). Ο λιγνίτης αποτελεί το μόνο εγχώριο ορυκτό καύσιμο και χρησιμοποιείται αποκλειστικά στην ηλεκτροπαραγωγή. Υψηλής ποιότητας άνθρακας και μικρές ποσότητες κοκ εισάγονται και χρησιμοποιούνται σε ορισμένες βιομηχανίες (τσιμεντοβιομηχανίες και μεταλλουργίες).

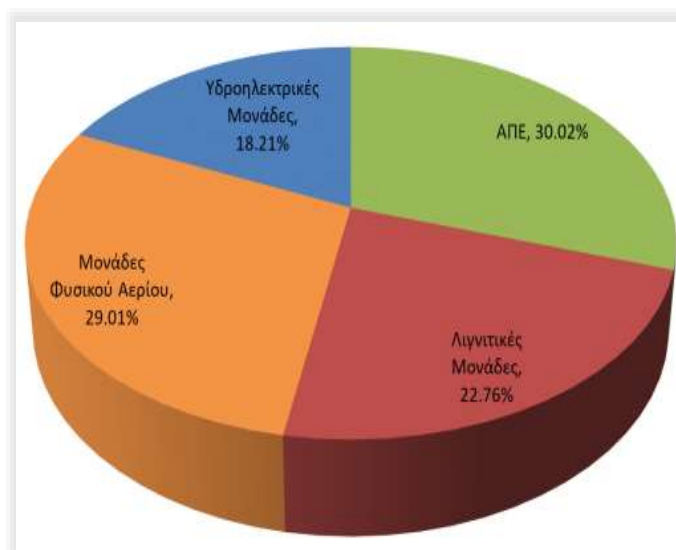
Όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας, ανέρχεται σε 17,188 MW (Γράφημα 4). Τα μερίδια που κατέχουν οι διάφορες ενεργειακές πηγές δίνονται στο Γράφημα 5. Τα τελευταία χρόνια, η συμμετοχή των μονάδων φυσικού αερίου αλλά και των ΑΠΕ έχει αυξηθεί σημαντικά, περιορίζοντας δραστικά τον κυρίαρχο ρόλο των λιγνιτικών μονάδων.

Γράφημα 4: Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο



Πηγή: <http://www.lagie.gr/>

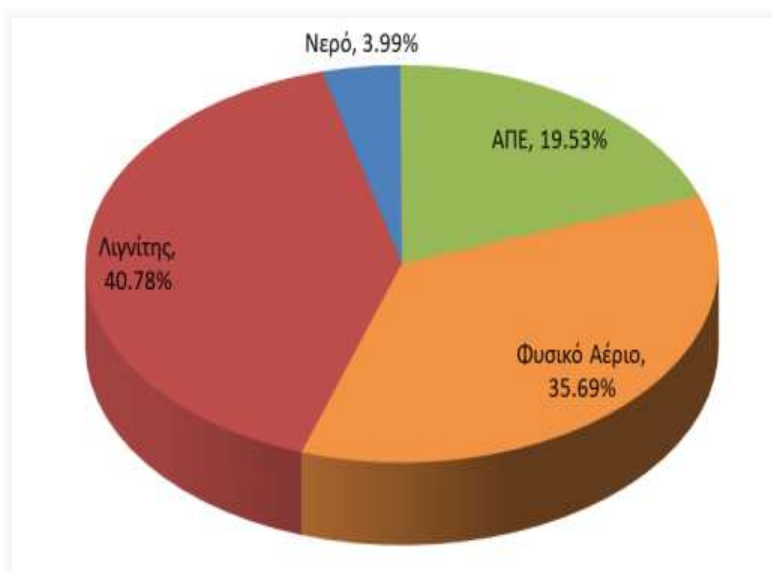
Γράφημα 5: Ποσοστό (%) στο Σύνολο της Εγκατεστημένης Ισχύος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο



Πηγή: <http://www.lagie.gr/>

Από την άλλη πλευρά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Ελλάδα το κυρίαρχο ορυκτό καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι ο λιγνίτης (~ 40%), ακολουθεί το φυσικό αέριο (~36%) και τις ΑΠΕ να ακολουθούν με περίπου 20% (Σχήμα 2.10).

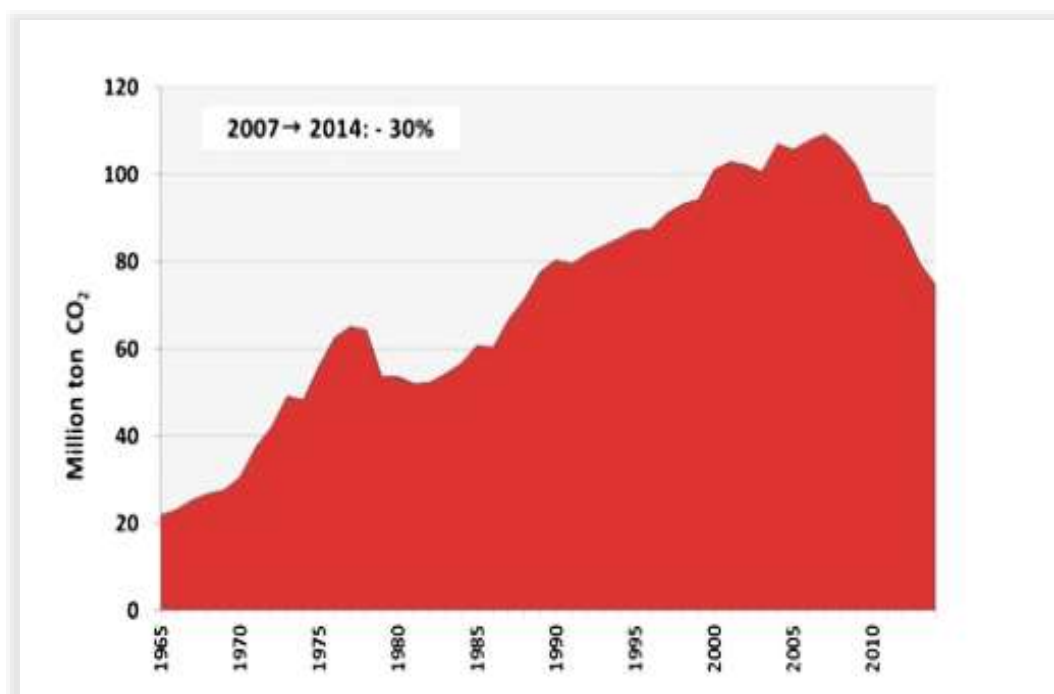
Γράφημα 6: Κατανομή της μηνιαίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για τον Ιανουάριο του 2018.



Πηγή: <http://www.lagie.gr/>

Οι εκπομπές CO₂ από την καύση των ορυκτών καυσίμων στη χώρα ακολουθούν κατά κανόνα την αύξηση ή τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, όπως απεικονίζεται στο Γράφημα 7. Η Ελλάδα βρίσκεται στην κορυφή των χωρών του ΟΟΣΑ στις εκπομπές CO₂ ανά μονάδα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και κύρια αιτία για αυτό το γεγονός αυτό είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται στην καύση ενός πτωχού άνθρακα, του λιγνίτη. Αλλαγές στο είδος του καυσίμου (διείσδυση του φυσικού αερίου) και αυξημένη απόδοση της ηλεκτροπαραγωγής μπορεί οδηγήσουν σε σημαντική μείωση τις εκπομπές του CO₂.

Γράφημα 7.: Εκπομπές CO₂ από κατανάλωση και καύση ορυκτών καυσίμων στην Ελλάδα



Πηγή: <http://www.lagie.gr>

3.2 Εξέλιξη και αποτίμηση της τρέχουσας κατάστασης των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η Ελλάδα εμφανίζει ένα υψηλό δυναμικό για αξιοποίηση των τεχνολογιών ΑΠΕ σε όλους τους τομείς τελικής κατανάλωσης, καθώς και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το δυναμικό αυτό για ηλεκτροπαραγωγή, τα τελευταία χρόνια και κυρίως από το 2006 και μετά, γίνεται προσπάθεια να αξιοποιηθεί με το βέλτιστο τρόπο υιοθετώντας μια σειρά από αλλαγές στο θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης και χρήσης

συστημάτων ΑΠΕ, αλλά και με την παράλληλη χρήση των απαραίτητων χρηματοδοτικών εργαλείων. Το θεσμικό πλαίσιο που αφορά τις ΑΠΕ αναλύεται στην επόμενη ενότητα.

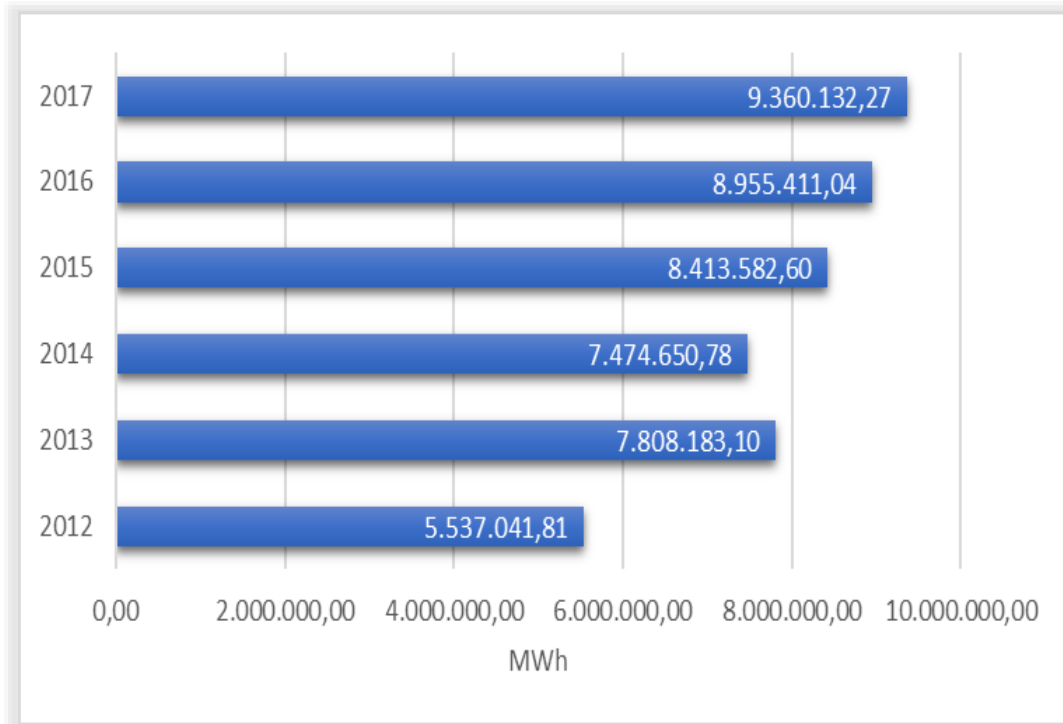
Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί σε τεχνολογίες με υψηλό βαθμό εμπορικής ωριμότητας (π.χ. αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκά, βιομάζα, μικρά υδροηλεκτρικά), οι οποίες έχουν προσελκύσει και υψηλό επενδυτικό ενδιαφέρον. Ιδιαίτερα, τα τελευταία χρόνια έντονο είναι το επενδυτικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας (κυρίως για Φ/Β), όπου ήδη φαίνονται σημαντικά αποτελέσματα και αυξημένο επίπεδο συμμετοχής της συγκεκριμένης τεχνολογίας στην ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ.

Παρά το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον και τα ευεργετικά οικονομικά κίνητρα για την εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή, ο ρυθμός ανάπτυξής τους δεν μπορεί να θεωρηθεί υψηλός, κυρίως λόγω καθυστερήσεων που υπήρξαν κυρίως στο παρελθόν στην αδειοδοτική διαδικασία και στο παρόν λόγω κυρίως της αβεβαιότητας των επενδυτών για τη βιωσιμότητα του μηχανισμού στήριξης των ΑΠΕ.

Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που τα τελευταία χρόνια έχουν υιοθετηθεί μια σειρά θεσμικών παρεμβάσεων που έχουν ως στόχο την επιτυχή αντιμετώπιση αυτών ακριβώς των προβλημάτων και τη δραστική μείωση του απαιτούμενου χρόνου για την ολοκλήρωση της αδειοδότησης και την εγκατάσταση των μονάδων. Την ίδια στιγμή έχει αρχίσει η διαδικασία αναμόρφωσης και ενίσχυσης του μηχανισμού στήριξης των ΑΠΕ, σε συνεργασία και με την ΕΕ, ώστε να αυξηθεί η επενδυτική εμπιστοσύνη για έργα ΑΠΕ στην Ελλάδα.

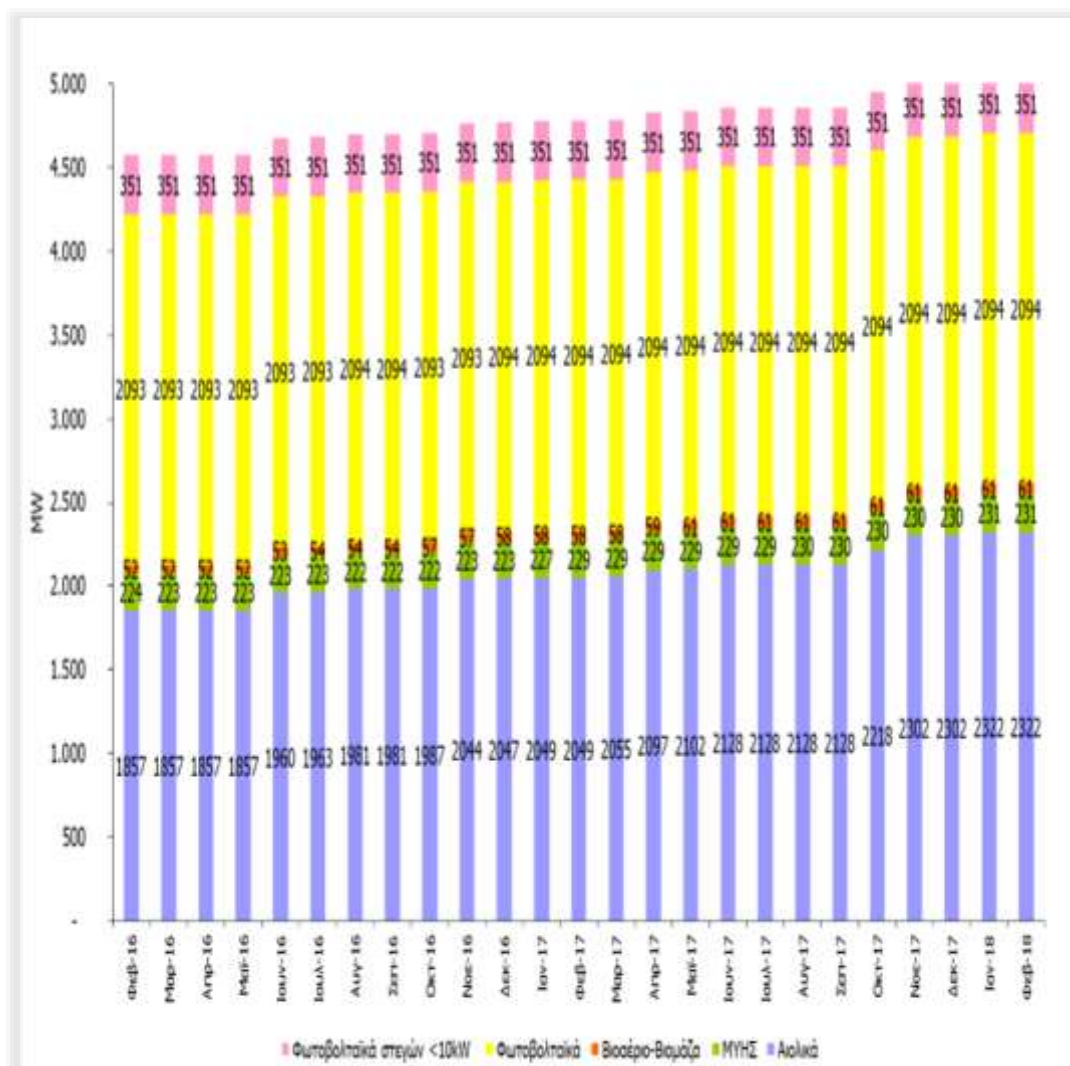
Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ (αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκά, βιομάζα-βιοαέριο, μικρά υδροηλεκτρικά) από το έτος 2012 μέχρι και το έτος 2017. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα στοιχεία του παρακάτω γραφήματος αφορούν την περίοδο μετά των μεταρρυθμίσεων που πάρθηκαν για τις ΑΠΕ. Από το γράφημα, λοιπόν, διαπιστώνεται ότι η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ έχει αυξητική τάση τα τελευταία έτη, με την πιο σημαντική αύξηση να επιτυγχάνεται το 2013.

Γράφημα 8: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ (2012-2017)



Επιπρόσθετα, στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται αναλυτικά η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων ΑΠΕ για την χρονική περίοδο Φεβρουαρίου 2016 έως Φεβρουαρίου 2018. Οι κύριες μονάδες ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα φωτοβολταϊκά στεγών <10 kW, τα φωτοβολταϊκά του διασυνδεδεμένου συστήματος, το βιοαέριο-βιομάζα, οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί και τα αιολικά. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι τα φωτοβολταϊκά στεγών και τα φωτοβολταϊκά του διασυνδεδεμένου συστήματος είναι στάσιμα, το βιοαέριο-βιομάζα και τα ΜΥΗΣ έχουν μια ελάχιστη αύξηση και τα αιολικά έχουν την μεγαλύτερη αύξηση.

Γράφημα 9: Εγκατεστημένη ισχύς (MW) μονάδων ΑΠΕ



Πηγή: <http://www.lagie.gr/>

Αντίθετα με το ενδιαφέρον και την υποστήριξη σε θεσμικό επίπεδο των έργων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή, η συνεισφορά των ΑΠΕ στη θερμική ενέργεια και στις μεταφορές με τη χρήση βιοκαυσίμων παραμένει σχετικά χαμηλή κυρίως λόγω της έλλειψης των κατάλληλων χρηματοδοτικών μηχανισμών. Η θερμική χρήση της βιομάζας και των θερμικών ηλιακών συστημάτων στον οικιακό τομέα και δευτερευόντως στη βιομηχανία και στον τριτογενή, έχουν διαχρονικά κατακτήσει ένα σημαντικό μερίδιο το οποίο όμως ουσιαστικά υπολείπεται σημαντικά του δυναμικού προς αξιοποίηση. Παράλληλα, η διείσδυση και χρήση και άλλων τεχνολογιών ΑΠΕ έχει καθυστερήσει σημαντικά (π.χ. χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας). Παρόμοια είναι και η κατάσταση ως προς τη συμμετοχή των βιοκαυσίμων στις μεταφορές, η οποία ακόμα κυμαίνεται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα (1%-2%), ενώ υπολείπεται η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης

προσέγγισης για τη βιώσιμη αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού από ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Πιο συγκεκριμένα και όσον αφορά το έτος 2017, η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ (χωρίς τις μονάδες ΣΥΘΗΑ) στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας διαμορφώθηκε σε 5.264 MW, συγκλίνοντας στον Ευρωπαϊκό μέσο όρο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αιολικά συμμετέχουν με 2.377 MW, τα μικρά υδροηλεκτρικά με 230 MW και οι μικρές μονάδες βιομάζας και βιοαερίου στα 59 MW. Τα φωτοβολταϊκά παραμένουν στα 2.228 MW και τα φωτοβολταϊκά στέγης στα 375 MW.

Σύμφωνα με την Eurostat η Ελλάδα το 2016 κατατάχθηκε στην 16η θέση ανάμεσα στα 28 κράτη-μέλη της Ε.Ε., με κριτήριο το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας. Το ποσοστό αυτό για τη χώρα εκτιμάται από την Eurostat πως άγγιξε το 15,2% το 2016, όταν ο ευρωπαϊκός μέσος όρος για την ίδια χρονιά άγγιξε το 17%.

3.3 Εξέλιξη Ελληνικού Θεσμικού Πλαισίου για τις ΑΠΕ

Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης περισσότερο από 30 χρόνια, συμμετέχει ως κράτος-μέλος σε όλες τις σύγχρονες Οδηγίες με θέμα τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ενώ παράλληλα βρίσκεται υπό την αιγίδα της Ένωσης, σε αρκετά κομβικά ιστορικά σημεία, όπως η συνδιάσκεψη στο Ρίο και το Πρωτόκολλο του Κιότο⁵. Έτσι, η εθνική νομοθεσία και τα σχέδια δράσης, εντάσσουν διαρκώς ένα μεγάλο τμήμα κοινοτικής πολιτικής, προσαρμοσμένο στα μέτρα, τις διαφοροποιήσεις και τις εκάστοτε συνθήκες της Ελλάδας.

Η πρώτη προσπάθεια προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα συνίσταται στην έκδοση του νόμου Ν.1559/85, «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις». Ο νόμος αυτός, υπήρξε η απαρχή της εισόδου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα, που οδήγησε σε μια μικρής κλίμακας νέα εγκατεστημένη ισχύ από την ΔΕΗ και την τοπική αυτοδιοίκηση (24 και 3 MW αντίστοιχα), χωρίς την συνεισφορά του ιδιωτικού τομέα. Στο νόμο αυτό,

⁵ Το Πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών (η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση αυτή, κάνοντάς την νόμο του Κράτους τον Απρίλιο του 1994). 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”.

έγινε μια αρχική συνοπτική «χαρτογράφηση» και «οριοθέτηση» του τοπίου, πάνω στην αδειοδότηση, στην εκμετάλλευση, στην παραγωγή και στη διάθεση των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας. Η προώθηση αυτή, συνεχίζεται με την ίδρυση του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) με σκοπό την προώθηση και την υποστήριξη δραστηριοτήτων ΑΠΕ.

Έπειτα, στην κατεύθυνση αυτή, ψηφίστηκαν οι παρακάτω νόμοι:

Νόμος Ν. 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»: Ο νόμος αυτός βασίζεται στον τότε αντίστοιχο γερμανικό νόμο (Stromeinspeisungsgesetz), και αποτέλεσε σημαντική βάση για την ανάπτυξη και την εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα. Αυτό επιτεύχθηκε με τον καθορισμό σταθερών τιμών πώλησης ανανεώσιμης ενέργειας, με την ανάλογη της χρονικής διαθεσιμότητας κλιμακωτή αποζημίωση, με την υποχρέωση στην ΔΕΗ να αγοράζει το πλεόνασμα ή το σύνολο, με διάφορους όρους στην αδειοδότηση και στην εγκατάσταση σταθμών αυτοπαραγωγής κ.α.

Νόμος Ν. 2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις»: Ο νόμος αυτός, σχεδόν δύο χρόνια μετά την αντίστοιχη κοινοτική Οδηγία (96/92/ΕΚ), ενσωματώνει αρκετά τμήματα, όπως η απελευθέρωση της αγοράς και η κρατική εποπτεία, η σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε), καθώς και ο προσδιορισμός αντικειμένου και λειτουργίας της. Εκτός αυτών, ο νόμος θέτει ένα πλαίσιο στο δίκτυο και την μεταφορά της ενέργειας, προσδιορίζοντας τη θέση της ΔΕΗ στο θέμα αυτό, ενώ παράλληλα διατηρεί το ευνοϊκό τιμολογιακό, αλλά και προτεραιότητας πρόσβασης στο δίκτυο, καθεστώς στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Νόμος Ν.2941/2001 «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ και άλλες διατάξεις»: Ο νόμος αυτός, αποτέλεσε σημαντική προσθήκη στην πληρότητα του νομοθετικού πλαισίου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, απλοποιώντας και διορθώνοντας αρκετά εκ των αδειοδοτικών προβλημάτων της εποχής στον τομέα αυτό. Κάποιοι εκ των βασικών αξόνων ήταν οι εξής:

- Οι «σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τα συνοδά αυτών έργα», συμπεριλαμβάνονται στις εξαιρέσεις του νόμου 2773/1999 για τα μεγάλα έργα υποδομής μέσα σε δάση ή δασικές περιοχές.
- «Για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά θεώρηση, που χορηγείται από την αρμόδια

πολεοδομική υπηρεσία». Σε αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται τα όποια έργα πολιτικού μηχανικού.

- Τα «έργα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε με το Σύστημα ή το Δίκτυο μπορεί να κατασκευάζονται από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο κάτοχο άδειας εγκατάστασης», με τις όποιες προδιαγραφές του Διαχειριστή Συστήματος και Δικτύου.

Νόμος Ν. 3017/2002 «Κύρωση του Πρωτόκολλου του Κιότο στην Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος»: Στο νόμο αυτό, έγινε η επίσημη επικύρωση από την Ελληνική Βουλή, των δεσμεύσεων που έλαβε η χώρα μερικά χρόνια νωρίτερα (περίπου 4 χρόνια), κατά την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με στόχο την αντιμετώπιση της επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής γενικότερα.

Νόμος Ν. 3175/2003 «Αξιοποίηση γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις»: Στον νόμο αυτό, πραγματοποιείται μια εξειδικευμένη προσπάθεια ενός βασικού, σύγχρονου για την εποχή, πλαισίου, πάνω στον τομέα της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα. Το πλαίσιο αυτό είναι συμβατό με το κοινοτικό δίκαιο και με αρκετές παγκόσμιες τακτικές και αναφέρεται σε τομείς όλου του εύρους της Γεωθερμικής Ενέργειας. Με ξεχωριστά άρθρα ορίστηκαν τα εξής:

- Δικαιώματα έρευνας και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού.
- Όροι και αρμοδιότητα εκμίσθωσης διαχείρισης γεωθερμικών πεδίων.
- Υποχρεώσεις και δικαιώματα μισθωτών γεωθερμικών πεδίων.
- Εκχώρηση μισθωτικών διαχωμάτων.
- Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών.
- Ποινικές και διοικητικές κυρώσεις.
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία.
- Ενεργειακά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης.
- Διανομή θερμικής ενέργειας σε τρίτους.

Νόμος Ν. 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις»: Στον νόμο αυτό, καταγράφεται ένα τμήμα του πλαισίου της αδειοδότησης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μόνο, αλλά και από υβριδικούς σταθμούς και την ένταξη αυτών στο Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κάθε μορφής, μπαίνει σε ένα τιμολογιακό πρότυπο, διαφοροποιημένο μερικώς, ανάλογα το αν απορροφάται στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ή τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Για τους επενδυτές

φωτοβολταϊκών σταθμών, στο συγκεκριμένο νομοσχέδιο, δίνονται συγκεκριμένα κίνητρα, με στόχο την διάδοση της Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα.

Νόμος Ν. 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής»: Με το νόμο αυτό γίνεται προσπάθεια περαιτέρω απλούστευσης και συντόμευσης της διαδικασίας αδειοδότησης νέων έργων ΑΠΕ με τον παραλληλισμό ορισμένων χρονοβόρων επιμέρους βημάτων και την κατάργηση άλλων, όπως η κατάργηση της Άδεια Παραγωγής για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς έως και 1 MW.

Τέλος, με την υπουργική απόφαση Υ.Α./Φ1/οικ.19598 (ΦΕΚ Β'1630/11.10.2010), καθορίστηκαν οι εθνικοί στόχοι για την διείσδυση των ΑΠΕ ως το 2020 (αναθεωρήσιμοι ανά διετία): i) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. ii) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%. iii) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

3.4 Οι προκλήσεις για την Ελληνική Ενεργειακή Πολιτική

Οι προκλήσεις για την εθνική ενεργειακή πολιτική συνάδουν σε πολύ μεγάλο βαθμό με εκείνες της Ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής και αφορούν:

- στην ασφάλεια ενεργειακού ανεφοδιασμού,
- στην αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν σχετικά με το περιβάλλον και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής,
- στη βιώσιμη ανάπτυξη και στην προστασία του καταναλωτή, καθώς και
- στη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.

Οι προκλήσεις που έρχεται να αντιμετωπίσει η χώρα για την ενεργειακή της πολιτική είναι ακόμα μεγαλύτερες αν συνυπολογιστούν οι επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης και η αβεβαιότητα των μελλοντικών οικονομικών συγκυριών.

Παράλληλα, πρέπει να συνυπολογιστεί το γεγονός ότι σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν συμφωνηθεί δεσμευτικοί ενεργειακοί στόχοι για τα Κράτη-Μέλη μέχρι το 2020, σε σχέση με τη διείσδυση των ΑΠΕ και τη μείωση των εκπομπών Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου ενώ, από το 2013 η ηλεκτροπαραγωγή επιβαρύνεται με το

συνολικό κόστος εκπομπών (παύει να ισχύει η δωρεάν διανομή δικαιωμάτων εκπομπών) και από το 2015 πρέπει όλες οι αγορές να πληρούν τα κριτήρια του «Μοντέλου Στόχου» (Target Model).

3.5 Η μελλοντική πορεία του Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος

Οι βασικοί άξονες κατεύθυνσης του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού είναι η μείωση της εξάρτησης από την εισαγόμενη ενέργεια, η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, η επίτευξη σημαντικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέχρι το 2050, καθώς και η προστασία του τελικού καταναλωτή. Ταυτόχρονα, η μηδενική αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας και η περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας συλλογής και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) αποτελούν με τη σειρά τους ουσιαστικές επιλογές στο πλαίσιο του σχεδιασμού.

Για το διάστημα μέχρι το 2020 οι κατευθυντήριες γραμμές έχουν ήδη υιοθετηθεί με το πρώτο Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ. Λαμβάνοντας υπόψιν το Σχέδιο, τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την περίοδο 2020-2050 καθώς και την εξέλιξη μιας σειράς βασικών παραμέτρων (οικονομική δραστηριότητα ανά κλάδο, διεθνείς τιμές καυσίμων, τιμές CO₂, επίπεδο χρήσης λιγνίτη, κ.α.) μελετήθηκαν τρία σενάρια ώστε να προσδιορισθούν και να αξιολογηθούν εναλλακτικά μέτρα και πολιτικές για την εκπλήρωση των Εθνικών και των Ευρωπαϊκών στόχων.

1. Το Σενάριο «Υφιστάμενων πολιτικών» (ΥΦ) υιοθετεί συντηρητική υλοποίηση των πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον, προβλέποντας μέτριο επίπεδο περιορισμού των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 (40% σε σχέση με το 2005) και μέτρια διείσδυση ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας.
2. Το Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» (ΜΕΑΠ) υιοθετεί την πολιτική μεγιστοποίησης της διείσδυσης των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (σε επίπεδο 100%), με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 60%-70% και ταυτόχρονη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές.
3. Το Σενάριο «Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους» (ΠΕΚ) έχει τις ίδιες παραδοχές με το Σενάριο ΜΕΑΠ όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ αλλά υπολογίζει το ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή ώστε να εξασφαλιστεί το ελάχιστο επενδυτικό κόστος.

Η μελλοντική εικόνα του ενεργειακού συστήματος όπως προκύπτει από τα δύο βασικά σενάρια ενεργειακής πολιτικής μπορεί να συνοψισθεί στα ακόλουθα σημεία:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005.
- Ποσοστό 85-100% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών.
- Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050.
- Σταθεροποίηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.
- Σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών.
- Αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 31% - 34% μέχρι το 2050.
- Κυρίαρχο μερίδιο του ηλεκτρισμού στις επιβατικές μεταφορές μικρής απόστασης (45%) και σημαντική αύξηση του μεριδίου των μέσων σταθερής τροχιάς.
- Σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα.
- Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων.

Το πρώτο κρίσιμο συμπέρασμα της ανάλυσης είναι ότι η προοπτική των υφιστάμενων πολιτικών (Σενάριο ΥΦ) οδηγεί σε περιορισμένη μείωση των εκπομπών CO₂ έως το 2050, που δεν συνάδει με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ούτε αποτελεί την βέλτιστη εξέλιξη του ενεργειακού τομέα.

Τα σενάρια νέας ενεργειακής πολιτικής (Σενάρια ΜΕΑΠ και ΠΕΚ), στα οποία κυριαρχεί η υψηλή διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση των εκπομπών CO₂ (κατά 60% με 70% σε σχέση με το 2005) με ταυτόχρονη μείωση της εισαγόμενης ενέργειας καθώς και της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων.

Για την προσέλκυση επενδύσεων ΑΠΕ στην Ελλάδα και γενικότερα στην Ευρώπη, οι κυβερνήσεις αρχικά υιοθέτησαν δύο μέτρα: α) το σύστημα της σταθερής τιμής αγοράς της παραγόμενης ενέργειας (Feed in Tariffs - FIT) και β) την κατά προτεραιότητα απορρόφηση της από την Ημερήσια Αγορά. Επιπλέον, στην προσπάθεια εξασφάλισης της αποδοχής των συγκεκριμένων επενδύσεων από τις τοπικές κοινωνίες, καθιερώθηκε η απόδοση μέρους των εσόδων πώλησης απευθείας στις τοπικές

κοινωνίες, μέσω των εμπλεκόμενων δήμων. Ως αρχική προσέγγιση, η προηγούμενη στρατηγική έφερε ουσιαστικά αποτελέσματα, ωστόσο όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην εγχώρια αγορά, η συγκεκριμένη πολιτική δημιουργεί σοβαρές στρεβλώσεις με αντίκτυπο τόσο στην ευστάθεια και ασφάλεια του εγχώριου συστήματος όσο και στην επίτευξη βέλτιστης τιμολογιακής πολιτικής, επιβαρύνοντας τελικά τον τελικό αποδέκτη που είναι ο καταναλωτής.

Δεδομένου ότι η αγορά των ΑΠΕ αποτελεί μια υποκατηγορία στη συνολική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σκόπιμο προτού γίνει αναφορά στις νέες τάσεις της αγοράς των ΑΠΕ, να γίνει μια συνοπτική επισκόπηση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (τρέχουσα και μελλοντική κατάσταση), έτσι ώστε να γίνει στη συνέχεια κατανοητή η αναγκαιότητα των θεσμοθετημένων αλλαγών και των προβλεπόμενων εξελίξεων στην συγκεκριμένη αγορά σε συνδυασμό πάντα με την προβλεπόμενη μετάβαση στο νέο μοντέλο της ηλεκτρικής αγοράς.

4. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

4.1 Συμβολή των ΑΠΕ στην οικονομική ανάπτυξη

Η χρήση της τεχνολογίας των ΑΠΕ δημιουργεί ένα νέο κλάδο της οικονομίας, την πράσινη οικονομία ή green economy. Η πράσινη οικονομία αφορά κάθε οικονομική δραστηριότητα, η οποία σχετίζεται με τη μείωση της χρήσεως των ορυκτών καυσίμων, τη μείωση της μόλυνσης και των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και της αύξησης της αποτελεσματικότητας της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, την ανακύκλωση υλικών και την ανάπτυξη και υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η δημιουργία της πράσινης οικονομίας και τα τεχνολογικά επιτεύγματα στο χώρο των ΑΠΕ πηγάζουν από τέσσερις κινητήριους παράγοντες:

- την προστασία και τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος,
- την οικονομική ανάπτυξη και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας,
- την εθνική ασφάλεια και
- την ηθική υποχρέωση του ανθρώπου απέναντι στις επόμενες γενιές, οι οποίες θα κατοικήσουν τον πλανήτη.

Μέσα από την πράσινη οικονομία αναδύεται και αναπτύσσεται η πράσινη επιχειρηματικότητα. Πρόκειται για μια αναδυόμενη μορφή οικονομικής δραστηριότητας, που βασίζεται πρωταρχικά σε ζωτικές ανάγκες που έχουν σχέση με την ποιότητα της ζωής και του περιβάλλοντος και αποτελεί έναν επιχειρηματικό κλάδο με μεγάλη ευρύτητα πεδίου. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής αφορούν στην εκμετάλλευση των προστατευόμενων περιοχών (π.χ. περιοχών Natura) ως πόλους πράσινης ανάπτυξης, στην παραγωγή και πώληση πιστοποιημένων προϊόντων των προστατευμένων αυτών περιοχών, στην παραγωγή και πώληση προϊόντων βιολογικής γεωργίας και κτηνοτροφίας, αλλά και στην ανάπτυξη της οικοξενάγησης και του οικότουρισμού (Ζήσης, 2003).

Στα εγχώρια πλαίσια, το συγκριτικό πλεονέκτημα της Ελλάδας στην πράσινη οικονομία και επιχειρηματικότητα έγκειται στο γεγονός ότι υπάρχει πλούσιο, γόνιμο φυσικό περιβάλλον και ευνοϊκή γεωγραφική θέση, καθώς επίσης και το πλεονέκτημά της όσον αφορά στις αιφορικές μορφές ενέργειας και ιδιαίτερα στην ηλιακή και την αιολική.

4.2 Συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας

Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι περιορισμένη σχετικά με άλλες ανεπτυγμένες χώρες. Αν και η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο αιολικό δυναμικό, υψηλή ηλιοφάνεια, πολλά διαθέσιμα γεωθερμικά πεδία και σημαντικούς υδάτινους πόρους, κατέχει μια από τις τελευταίες θέσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο σε ότι αφορά την αξιοποίησή τους. Έτσι το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας απέχει πολύ από τον ευρωπαϊκό στόχο. Η συμβολή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας είναι σταθερή και κυμαίνεται σε ποσοστό της τάξης του 8-9 %. Ο λόγος είναι ότι η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από ΑΠΕ οφείλεται κατά 70% στη βιομάζα που καταναλώνεται στον οικιακό τομέα και στα μεγάλα υδροηλεκτρικά που παραμένουν σε σταθερά ποσοστά και δεν επηρεάζονται από τα χρηματοδοτικά εργαλεία πολιτικής.

Η συνεισφορά των ΑΠΕ, αν αφαιρέσει κανείς τη βιομάζα στον οικιακό τομέα και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, παρουσιάζει μια σταθερά ανοδική πορεία λόγω των μέτρων οικονομικής υποστήριξης. Ωστόσο, η πορεία αυτή εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Η ανανεώσιμη ενέργεια, στην οποία οφείλεται αυτή η ανοδική τάση προέρχεται από τα αιολικά πάρκα, τα μικρά υδροηλεκτρικά, σε μικρό βαθμό από την βιομάζα, και ήδη γίνεται αισθητή η συνεισφορά των φωτοβολταϊκών.

Ειδικότερα από το 1990, όπου η εγκατεστημένη ισχύς στα αιολικά ήταν μόλις 1 MW, σημειώθηκε ικανοποιητική αύξηση, φθάνοντας στις αρχές του 2007 να λειτουργούν αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 745MW. Τα μικρά υδροηλεκτρικά την ίδια περίοδο έφταναν σε ισχύ τα 108MW από τα 43 MW της ΔΕΗ το 1997.

Παράλληλα, η παραγωγή θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ προέρχεται κυρίως από ενεργητικά ηλιακά συστήματα, θερμικές χρήσεις της βιομάζας και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Η μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανίας ηλιακών συλλεκτών κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει την Ελλάδα στην δεύτερη θέση σε εγκατεστημένη επιφάνεια συλλεκτών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κύρια παραγωγή θερμότητας από βιομάζα προέρχεται είτε από την καύση βιομάζας στον οικιακό τομέα είτε από υπολείμματα βιομάζας σε βιομηχανικές μονάδες κατεργασίας ξύλου τροφίμων, βάμβακος κ.λπ. όπου και χρησιμοποιείται για ίδιες ανάγκες.

Θα μπορούσε κανείς να πει ότι η ελληνική αγορά θερμότητας από ΑΠΕ είναι σε στάδιο εκκίνησης. Ένα προνομιακό πεδίο για τη θερμική διείσδυση των ΑΠΕ φαίνεται να είναι ο κτιριακός τομέας, σε συνδυασμό πάντοτε με την αναθεώρηση της εθνικής νομοθεσίας για τα κτίρια αυξημένης ενεργειακής αποδοτικότητας. Ωστόσο, η διείσδυση

των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο παραμένει η πιο χαμηλή σε σχέση με πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Το γεγονός αυτό αποτελεί κυρίως ευθύνη της ελληνικής πολιτείας, η οποία συχνά δεν αφογκράζεται την αναπτυσσόμενη αγορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο όταν σχεδιάζει τις πολιτικές για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Αντίθετα, πολλές φορές δημιουργεί η ίδια ανυπέβλητα εμπόδια στην ανάπτυξη αυτής της αγοράς. Η ελληνική πολιτεία δεν στάθηκε όσο ευέλικτη θα έπρεπε προκειμένου να υιοθετήσει νέα εργαλεία για την προώθηση ενός βιώσιμου και φιλικού προς το περιβάλλον ενεργειακού μοντέλου.

Το θεσμικό πλαίσιο παραμένει ακόμη ανεπαρκές ή ασαφές, ενώ η χρηματοδότηση των ΑΠΕ σκοντάφτει στις αγκυλώσεις του παρελθόντος. Πολλές εμπλεκόμενες υπηρεσίες σκέφτονται ακόμη με όρους της τελευταίας τριακονταετίας, ενώ κάποιες καινοτόμες τεχνολογίες και εργαλεία αντιμετωπίζονται ως εξωτερικά. Τη στιγμή που το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται τελικά στον κτιριακό τομέα δεν υπάρχουν ακόμη επαρκή κίνητρα για εξοικονόμηση και χρήση ΑΠΕ στα κτίρια. Ταυτόχρονα οι διάφορες ενεργειακές τεχνολογίες αντιμετωπίζονται σχεδόν πάντα με τα ίδια κριτήρια, ξεχνώντας ότι κάποιες απ' αυτές αφορούν μεγάλες ενεργειακές επενδύσεις και κάποιες άλλες από τη φύση τους ευνοούν πιο αποκεντρωμένες και μικρές εφαρμογές.

4.3 Συμβολή των ΑΠΕ στη δημιουργία θέσεων εργασίας

Εδώ και αρκετά χρόνια, έχει γίνει σαφές και έχει τεκμηριωθεί στην πράξη ότι οι ΑΠΕ συνεισφέρουν σημαντικά και στην ενίσχυση της απασχόλησης, ενώ δημιουργούν συγκριτικά περισσότερες θέσεις εργασίας από αυτές των ορυκτών καυσίμων που εκτοπίζονται.

Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας από την ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι διεθνώς μια πραγματικότητα, ωστόσο είναι γενικά δύσκολο να αποτιμηθεί με ακρίβεια η συμβολή των ΑΠΕ στην αύξηση της απασχόλησης, ειδικότερα δε, της κάθε τεχνολογίας ξεχωριστά. Επιπλέον τα δεδομένα δεν είναι στατικά αλλά αλλάζουν δυναμικά με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας αξιοποίησης των ΑΠΕ. Τα επιμέρους κόστη (κυρίως στην παραγωγή και δευτερευόντως στην εγκατάσταση και λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ) συνεχώς μειώνονται ενώ ταυτόχρονα η παραγωγικότητα των εργαζόμενων αυξάνεται.

Οι θέσεις εργασίας δημιουργούνται τόσο τοπικά (στον τόπο εγκατάστασης του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής) όσο και υπερτοπικά (ειδικά για την παραγωγή του εξοπλισμού). Για τον υπολογισμό συνεπώς των θέσεων εργασίας σε επίπεδο χώρας,

θα πρέπει να συνυπολογίσει κανείς το ποσοστό του εξοπλισμού που παράγεται σε εθνικό επίπεδο και δεν εισάγεται από τρίτη χώρα. Για τις ελληνικές συνθήκες, το εγχώριο μερίδιο στην παραγωγή εξοπλισμού (συνήθως επικουρικού, όπως βάσεις στήριξης, καλώδια, μετασχηματιστές, κ.λπ.) είναι της τάξης του 15%.

Τα νέα έργα των ΑΠΕ προσφέρουν πολλές θέσεις εργασίας, άμεσες και έμμεσες. Μια ενδεχόμενη αλλαγή κλίματος για νέες επενδύσεις άμεσα επηρεάζει και τις άμεσα προσφερόμενες θέσεις. Για παράδειγμα, το 2014 φαίνεται καθαρά η επίπτωση στην απασχόληση που είχε η αναστολή αδειοδότησης νέων έργων (η οποία ξεκίνησε τον Αυγ. 2012 και ίσχυσε έως τον Απρ. 2014). Η απασχόληση το 2013 βασίστηκε ουσιαστικά σε έργα που είχαν ωριμάσει αδειοδοτικά από παλιά και απλώς εκτελέστηκαν αυτή την περίοδο (Στέλιος Ψωμάς, 2015).

Ακόμα πολλά επαγγέλματα συσχετίζονται έμμεσα με τις ΑΠΕ οπότε δημιουργούνται θέσεις εργασίας για ηλεκτρολόγους, παραγωγούς και έμπορους καλωδίων, κατασκευαστές μεταλλικών βάσεων, εταιρίες αλουμινίου, μελετητές, τεχνίτες, εργολάβους κατασκευής δικτύων, εμπόρους συστημάτων ασφαλείας, μεσίτες, δικηγόρους, περιβαλλοντολόγους, λογιστές, γραμματείς, οικονομολόγους, εταιρίες marketing και αγρότες.

Πίνακας 3: Εκτιμώμενες θέσεις ανά ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια

Είδος ΑΠΕ	Εκτιμώμενες θέσεις εργασίας
Αιολική Ενέργεια	4000 – 5000
Ηλιακή Ενέργεια	2000 – 3000
Υδροηλεκτρική Ενέργεια	700 – 1000
Βιομάζα	400 – 500

Πηγή: <http://portal.tee.gr>

4.4 Τοπικά οφέλη από την ανάπτυξη των ΑΠΕ

Τα τοπικά οφέλη μπορεί να προκύψουν από την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ σε μια περιοχή. Τα οφέλη αυτά μπορούν να διακριθούν σε εκείνα που προκύπτουν από την είσπραξη του τέλους 3% επί της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας υπέρ του ΟΤΑ στον οποίο υπάρχει η εγκατάσταση και τα γενικότερα οφειλόμενα στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, αναμόρφωσης και ανάδειξης της περιοχής κλπ. (Μ. Παπαδόπουλος, Δ. Παπαχρήστου, 2010).

- Το τέλος υπέρ ΟΤΑ όπως σήμερα έχει διαμορφωθεί έχει οριστεί ως ποσοστό 3%, επί της, προ ΦΠΑ, τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στο Διαχειριστή του Συστήματος ή του Δικτύου ή των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Με το νέο νόμο απαλλάσσονται από την καταβολή του εν λόγω τέλους οι παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σύστημα ΑΠΕ σε κτίρια ή από Φ/Β συστήματα. Σημειώνεται ότι το ποσόν που προκύπτει από το τέλος αυτό, μπορεί προφανώς να είναι σημαντικό αν πρόκειται για εγκαταστάσεις μεγάλης σχετικά ισχύος, όπως είναι συχνά οι αιολικές ή ασήμαντο αν πρόκειται για εγκαταστάσεις μικρής σχετικά ισχύος όπως είναι συχνά των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι με το νέο νόμο ορίστηκε ένα ποσοστό αυτού του τέλους (το 33,33% το ειδικού τέλους υπέρ ΟΤΑ να αποδίδεται απ' ευθείας στους κατοίκους της περιοχής στην οποία θα εγκατασταθεί ο σταθμός ΑΠΕ, προφανώς θα συμβάλει στην αποδοχή της εγκατάστασης των ΑΠΕ από τους ίδιους κατοίκους της περιοχής, δεδομένου ότι το όφελος θα είναι πλέον ορατό στους λογαριασμούς του ρεύματος που θα πληρώνουν. Μπορεί επίσης να εξεταστεί και η αντικατάσταση του τέλους με την συμμετοχή των ΟΤΑ στις επιχειρήσεις των ΑΠΕ που γίνονται εντός των ορίων τους, με ορισμένο ποσοστό, πράγμα το οποίο θα αποτελούσε κίνητρο για την ανάπτυξη των Μικρών Υδροηλεκτρικών, ιδίως σε μικρούς ορεινούς Δήμους.
- Σε σχέση με το θέμα των θέσεων εργασίας που μπορεί να δημιουργούν τα έργα ΑΠΕ, αναφέρουμε ότι σύμφωνα με εκτιμήσεις της ΡΑΕ κατά την περίοδο της κατασκευής τους απασχολούνται, κατά μέσο όρο, 7 άτομα ανά MW, κατά δε την λειτουργία τους 2 άτομα ανά MW. Συνεπώς η εκτέλεση έργων ΑΠΕ (χωρίς Μεγάλα Υδροηλεκτρικά) στην Ήπειρο ύψους περί τα 250MW, όπως συνεπάγεται την μόνιμη απασχόληση 500 περίπου ατόμων σε μόνιμη βάση και 1750 κατά την περίοδο της κατασκευής. Αν δε ληφθεί υπόψη ότι ανά άμεσα απασχολούμενο άτομο δημιουργούνται δύο θέσεις εργασίας έμμεσα απασχολούμενων ατόμων, έπεται ότι η πραγματοποίηση των παραπάνω έργων ΑΠΕ μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα και στο θέμα της απασχόλησης ενισχύοντας σημαντικά την τοπική οικονομία.

4.5 Παράγοντες ρίσκου για έργα ΑΠΕ

Οι παράγοντες κινδύνου ή ρίσκου που μπορεί να αναστείλουν τις επενδύσεις στην Ελλάδα είναι οι εξής:

- Σταθερότητα της πολιτικής ανανεώσιμων: Η ελληνική νομοθεσία στον τομέα των ανανεώσιμων είναι αρκετά ρευστή με αποτέλεσμα να αλλάζουν αρκετά συχνά οι όροι και οι προϋποθέσεις στήριξης των επενδύσεων σε ανανεώσιμες. Η εμπειρία σε προώθηση φωτοβολταϊκών είναι πολύ μικρή και όχι ιδιαίτερα επιτυχής. Εξαιτίας των δημοσιονομικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η χώρα η κατάσταση γενικά δε θεωρείται και πολύ σταθερή. Οι επενδυτές ανησυχούν ότι εάν το κράτος βρεθεί σε κατάσταση αδυναμίας πληρωμών μπορεί δυνητικά να αναστείλει ή να μειώσει τις εγγυημένες τιμές και προς τους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας. Σε μια τέτοια περίπτωση οι μέχρι σήμερα επενδύσεις μπορεί να καταστούν ζημιογόνες. Αν και η περίπτωση μπορεί να θεωρηθεί ακραία πρέπει να σημειωθεί ότι στη σύμβαση που υπογράφεται για διασφάλιση της εγγυημένης τιμής για 20 χρόνια, αναφέρεται ρητά ότι σε περίπτωση πολέμου ή καταστροφής ή εθνικής ανάγκης ο διαχειριστής του δικτύου δύναται να αναστείλει τις πληρωμές προς τους παραγωγούς. Όσον αφορά την ανάπτυξη του αιολικού δυναμικού κύριος λόγος για τη μικρή ανάπτυξη μέχρι το 2001 ήταν το νομοθετικό καθεστώς και το μονοπωλιακό μοντέλο της οικονομίας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ανώτατο όριο επιδοτούμενων εγκαταστάσεων: Δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των εγκαταστάσεων που μπορούν να επιδοτηθούν μέσω του μηχανισμού των εγγυημένων τιμών.
- Διοικητική διαδικασία: Στην Ελλάδα, ο αριθμός των ανανεώσιμων εγκαταστάσεων που μπορούν να επιδοτηθούν περιορίζεται σε σημαντικό βαθμό λόγω της πολύ μεγάλης γραφειοκρατικής διαδικασίας. Επιπλέον, η διοικητική διαδικασία είναι πολύ πολύπλοκη και χρονοβόρα εξαιτίας του μη συντονισμού μεταξύ των υπουργείων που εμπλέκονται στις διαδικασίες για τις άδειες.
- Άλλοι λόγοι: Ακόμα, πολλές καθυστερήσεις σε έργα οφείλονται στην αδυναμία του δικτύου σε πολλές περιπτώσεις (π.χ. Εύβοια, Κρήτη) να υποστηρίξει επιπλέον εγκατεστημένη ισχύ, οι αντιδράσεις των κατοίκων κυρίως για θέματα οπτικής όχλησης και η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού έργων αιολικής ενέργειας στο δίκτυο. Τα προβλήματα των κοινωνικών αντιδράσεων από την ύπαρξη ανεμογεννητριών, εφόσον αυτά οφείλονται σε οπτική όχληση δεν αντιμετωπίζονται με ευκολία καθώς εξαρτώνται από την αισθητική του κάθε πολίτη. Ένας επενδυτής όμως, ο οποίος θα σχεδιάσει και θα τοποθετήσει τις ανεμογεννήτριες, αποφεύγοντας τις υπερβολές και τις μαζικές παρεμβάσεις στο τοπίο μιας περιοχής και με κατανόηση στις ιδιαιτερότητες των τοπικών κοινωνιών, θα αντιμετωπίσει και τα λιγότερα προβλήματα. Στο ήδη

προβληματικό περιβάλλον που περιγράφηκε για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα έχει προστεθεί το θέμα της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα, η οποία έχει δημιουργήσει προβλήματα στη χρηματοδότηση των υπό ανάπτυξη έργων, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση τους και, σε βάθος χρόνου, τη ματαίωση τους.

4.6 Εμπόδια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ

Γενικά, όμως, μπορεί να διατυπωθεί ότι τα εμπόδια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι κυρίως τα εξής:

- Οι χρονοβόρες διαδικασίες για την απόκτηση των πιστοποιητικών από τις διάφορες Δημόσιες Υπηρεσίες, οι οποίες σε ένα βαθμό οφείλονται στην έλλειψη του γενικότερου χωροταξικού σχεδιασμού. Ο χωροταξικός σχεδιασμός δεν υποκαθιστά βέβαια τις αναγκαίες ειδικές μελέτες που απαιτούνται για τον εντοπισμό και αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων, αλλά θα διευκολύνει σημαντικά τις αρμόδιες υπηρεσίες στην χορήγηση των σχετικών πιστοποιητικών.
- Η ελλιπής ενημέρωση των κατοίκων για την ανάγκη ανάπτυξης των ΑΠΕ, αλλά και τις επιπτώσεις των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στο περιβάλλον θέμα για το οποίο επίσης η ενημέρωση είναι ανεπαρκής. Είναι σήμερα δεδομένο ότι με τον ορθό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να περιοριστούν, αντίθετα δε μπορεί να υπάρξουν για τους κατοίκους της περιοχής οικονομικά και άλλα οφέλη.
- Στην αδυναμία των υφιστάμενων τοπικών δικτύων της ΔΕΗ να απορροφήσουν την ισχύ των ΑΠΕ και η ανάγκη ενισχύσεώς τους, η οποία είναι χρονοβόρα και δαπανηρή, όταν πρόκειται για επεκτάσεις δικτύων υψηλής τάσεως. Το πρόβλημα αυτό υπάρχει κυρίως στην Θράκη, την Εύβοια και την Λακωνία, όπου υπάρχει συγκέντρωση μεγάλου αιολικού δυναμικού.

5. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

5.1 Εισαγωγή

Η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους. Ο άνεμος είναι δυνατό να περιστρέφει ανεμότροχους, να προωθεί ιστιοφόρα πλοία ή να κινεί αντικείμενα, μπορεί δηλαδή η ενέργεια του να καταστεί εκμεταλλεύσιμη.

Η πηγή αυτής της ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη, ανανεούμενη συνεχώς, για αυτό και ονομάζεται ανανεώσιμη. Εάν υπήρχε η δυνατότητα με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη. Εντούτοις, υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν σε μια περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή της τιμή τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

5.2 Ιστορικά Στοιχεία

Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήδη από την αρχαιότητα. Μάλιστα, τόσο είχε εκτιμηθεί η σπουδαιότητα και η χρησιμότητα των ανέμων, ώστε ο ίδιος ο Δίας, κατά την Ελληνική μυθολογία είχε ορίσει ειδικό “διαχειριστή” των ανέμων, τον Αίολο, ο οποίος τους κατηύθυνε από τη μυθική νήσο του, την Αιολία. Εξάλλου, ο εγκλωβισμός των ανέμων στον ασκό του Αιόλου, κατά τον Όμηρο, δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν.

Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής, κυρίως στον αγροτικό τομέα, εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του αιώνα μας. Είναι η εποχή που εξαπλώνεται

ραγδαία η χρήση των συμβατικών καυσίμων και ο ηλεκτρισμός φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία.

Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώθηκε έντονα περί τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης που είχε εν τω μεταξύ ξεσπάσει. Από τότε, μέχρι σήμερα, υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου.

5.3 Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν αποκλειστικά μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- **Τις Ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα**, των οποίων ο δρομέας (ρότορας του μοτέρ) είναι τύπου έλικα και βρίσκεται σε θέση παράλληλη με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Ανεμογεννήτρια με οριζόντιο άξονα



- **Τις Ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα**, των οποίων ο δρομέας (ρότορας του μοτέρ) παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα, από τον τρόπο της κατασκευής τους, "πιάνουν" τον αέρα από κάθε κατεύθυνση. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα ποτέ όμως δεν φτάνουν την απόδοση μιας σωστά σχεδιασμένης ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, για αυτό και έχουν επικρατήσει οι τελευταίες. (Εικόνα 2).

Εικόνα 2: Ανεμογεννήτρια Κάθετου Άξονα



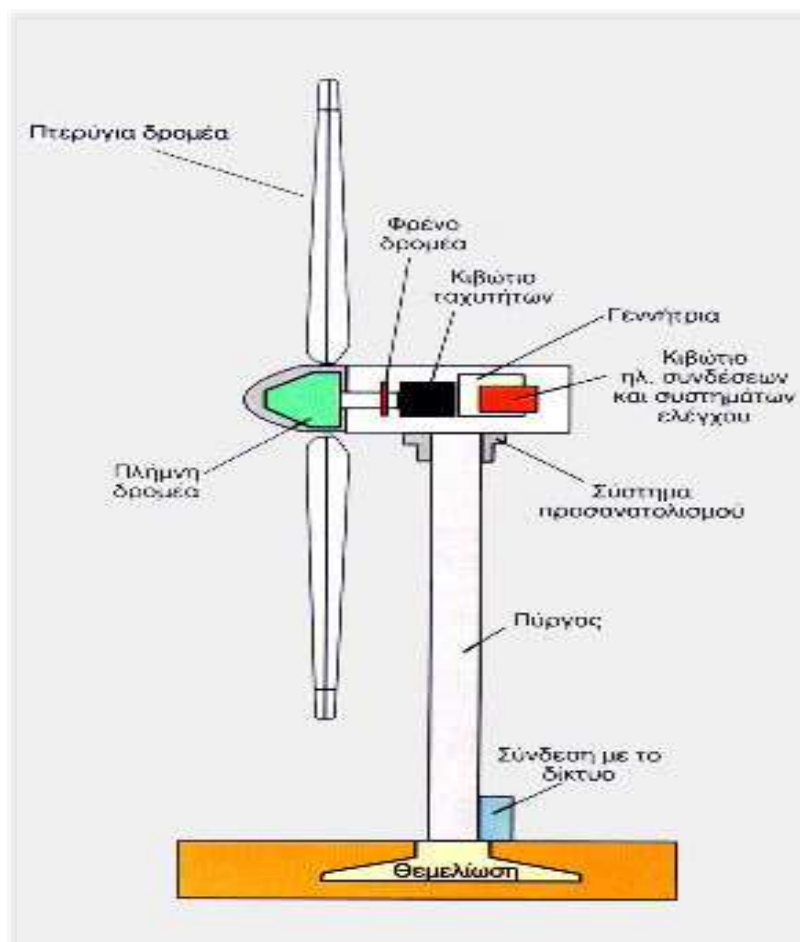
Οι συνιστώσες μιας τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα παρουσιάζονται στην Εικόνα 3. Γενικά, αυτή αποτελείται από:

- Το δρομέα, με δυο ή τρία πτερύγια συνήθως, πολύ σπάνια και με ένα, τα οποία κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη, είτε σταθερά είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον διαμήκη άξονα τους, μεταβάλλοντας το βήμα της πτερύγωσης.
- Τα σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της

ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

- Την ηλεκτρογεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική, με 4 ή 6 πόλους, η οποία συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού στροφών μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου.
- Τον πύργο, επάνω στον οποίο εδράζεται όλη η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός και, σπανίως, από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ το ύψος του είναι τέτοιο, ώστε ο δρομέας να δέχεται την αδιατάρακτη από το έδαφος ροή του ανέμου.
- Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.

Εικόνα 3: Συνιστώσες μιας τυπικής ανεμογεννήτριας



Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό της περιοχής όπου αυτή εγκαθίσταται. Το δε μέγεθος της είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει.

5.4 Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών

Σήμερα, η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια στον κόσμο βρίσκεται πλέον στη γερμανική πόλη Γκάιντολφ. Ο κεντρικός στύλος της έχει ύψος περίπου 178 μέτρα. Όταν προστεθεί σε αυτό το μήκος της λεπίδας, το συνολικό ύψος φτάνει τα 246,5 μέτρα. Η ανεμογεννήτρια αποτελεί μέρος ενός έργου τεσσάρων πύργων ύψους μεταξύ 155 και 178 μέτρων. Οι τέσσερις ανεμογεννήτριες θα παράγουν κατά μέσον όρο 10.500 μεγαβατώρες κάθε χρόνο. Ενδεικτικά, το μέσο νοικοκυριό του δυτικού κόσμου καταναλώνει λιγότερες από δέκα μεγαβατώρες ετησίως. Το έργο κόστισε περίπου 70 εκατομμύρια ευρώ και αναμένεται να προσφέρει απόδοση 6,5 εκατομμυρίων ευρώ ετησίως.

Η κατοχή της μεγαλύτερης ανεμογεννήτριας στον κόσμο δεν είναι απλώς ζήτημα εντυπώσεων, αλλά καλύτερων επιδόσεων. Όσο αυξάνεται το ύψος, τόσο αυξάνεται η παραγωγή καθαρής ενέργειας. Για κάθε επιπλέον μέτρο που προστίθεται στο ύψος της ανεμογεννήτριας, η ετήσια παραγωγή ενέργειας αυξάνεται κατά 0,5% έως 1%, ως αποτέλεσμα των μειωμένων αναταράξεων και των υψηλότερων ταχυτήτων των ανέμων.

Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών στο διάστημα της τελευταίας τριακονταετίας σημείωσε πραγματικό άλμα, αφού η απόδοση των μηχανών από τις αρχές του 1980 μέχρι σήμερα έχει σχεδόν διπλασιαστεί ενώ η ισχύς τους έχει εκατονταπλασιαστεί.

Ένας άλλος δείκτης που πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν είναι η διαθεσιμότητα των ανεμογεννητριών, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που αυτές είναι διαθέσιμες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, για παράδειγμα, η διαθεσιμότητα των αιολικών πάρκων αυξήθηκε από 60% το 1981 σε 95% το 1986. Σήμερα, οι περισσότερες εγκαταστάσεις λειτουργούν με διαθεσιμότητες πάνω από 98%, ενώ οι συντελεστές απόδοσης τους φθάνουν και ξεπερνούν σε μερικές περιπτώσεις το 40%, εξαρτώμενοι κυρίως από τη θέση εγκατάστασης τους.

Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 KWh είναι 40 μέτρα για τη διάμετρο του δρομέα και 40-50 μέτρα για το ύψος του πύργου, ενώ οι διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας τριών MW είναι 80 και 80-100 μέτρα, αντίστοιχα.

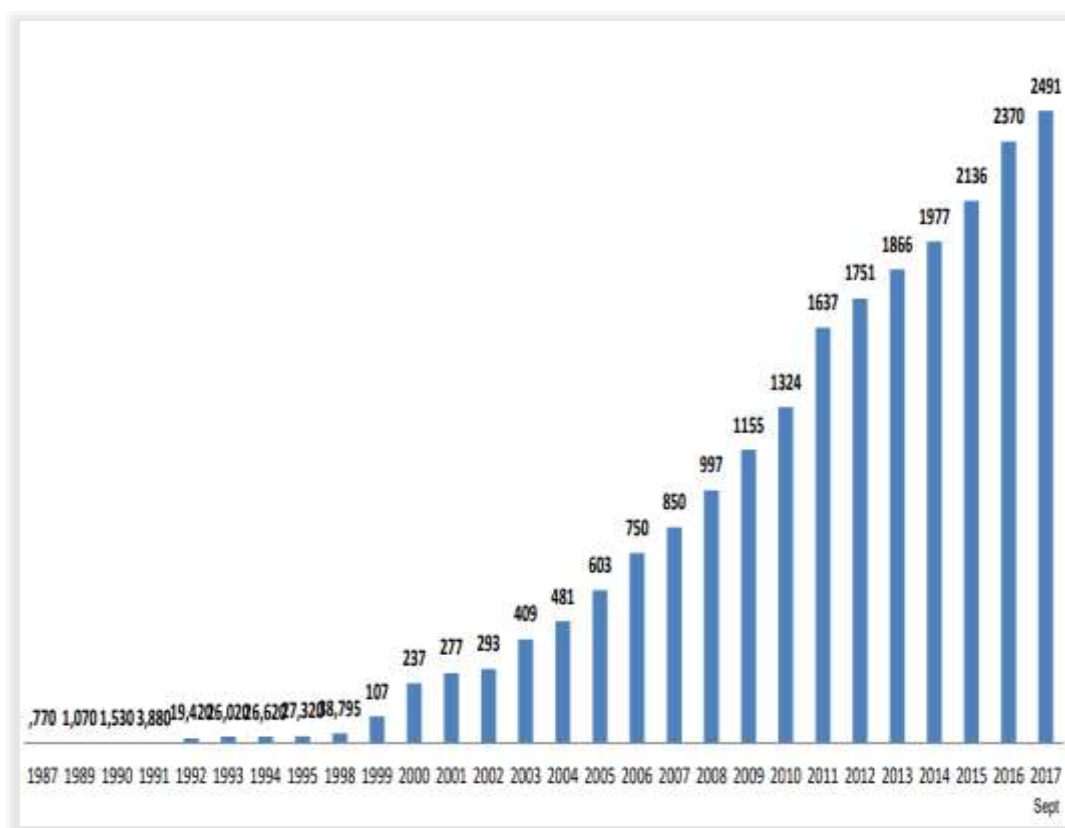
5.5 Εξέλιξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Εντυπωσιακή είναι η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στο πέρασμα των χρόνων. Αν και η Ελλάδα ήταν μια από τις πρώτες χώρες του κόσμου στις οποίες τοποθετήθηκαν

ανεμογεννήτριες, το 1986-87 (με ισχύ 0,8 MW), η συνέχεια δεν ήταν ανάλογη. Το 1990 η εγκατεστημένη αιολική ισχύς ήταν μόλις 1,5 MW, το 1991 3,9 MW, για να κλείσει η τελευταία δεκαετία του 20ού αιώνα με μόλις 106,8 MW το 1999. Μετά το 2000 άρχισε η πιο δυναμική περίοδος, με τοποθέτηση από 50 έως 100 MW το έτος, ενώ την τριετία 2005, 2006, 2007 τοποθετούνταν πάνω από 120-150 MW το έτος. Επενδυτικό μπουμ εν μέσω της κρίσης έγινε τη διετία 2010 (180 MW εγκαταστάθηκαν εκείνη τη χρονιά) και 2011, όπου τέθηκαν σε λειτουργία 310 MW αιολικής ενέργειας.

Στο γράφημα που ακολουθεί, αποτυπώνεται η εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος ανά έτος για τη χρονική περίοδο από το 1987 μέχρι το 2017.

Γράφημα 10: Εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργεια (1987-2017)



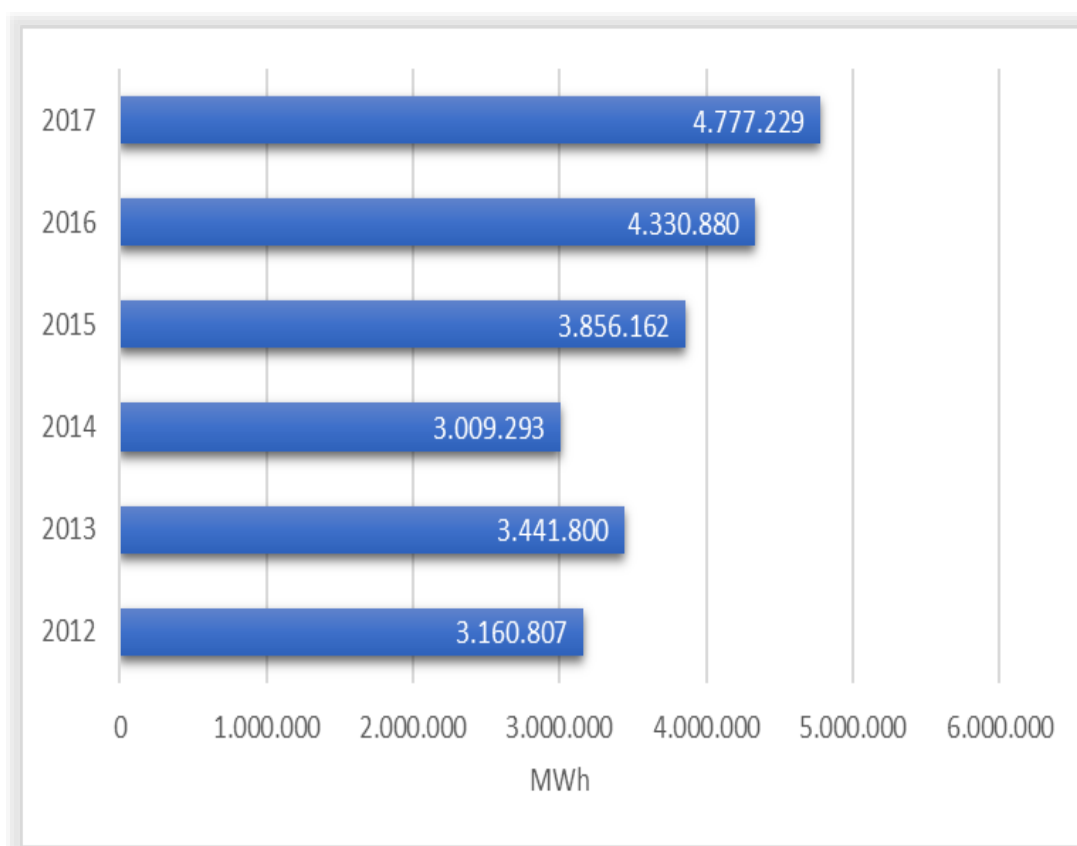
Πηγή: HWEA Wind Energy Statistics 2017

Δεδομένου ότι τα αιολικά αποτελούν ιδιαίτερα ανταγωνιστική τεχνολογία, η διείσδυση τους αναμένεται να είναι υψηλή, αυξάνοντας το ρυθμό διείσδυσης τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ) για το έτος 2016, η συνολική καθαρή αιολική ισχύς που εγκαταστάθηκε κατά το έτος 2016 ήταν 238,6 MW, το οποίο αποτελεί την δεύτερη

καλύτερη ετήσια επίδοση μετά το έτος 2011. Η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς έργων που βρισκόταν σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία είναι 2374,3 MW, εκ των οποίων τα 2053,1 MW αφορούν το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό σύστημα.

Επιπρόσθετα, στο παρακάτω γράφημα αποτυπώνεται η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από αιολική ενέργεια για τη χρονική περίοδο 2012 έως 2017. Από το γράφημα παρατηρείται ότι υπάρχει αυξητική τάση, αν εξαιρεθεί η χρονιά του 2014 όπου υπάρχει μείωση.

Γράφημα 11: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από αιολική ενέργεια (2012-2017)



Η προοπτική διείσδυση των αιολικών συνεπώς αναμένεται υψηλή, και αναμένεται να υπερβεί τα 1 GW την περίοδο 2017-2020.

6. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

6.1 Εισαγωγή

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων.

Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπινών παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας διαφέρει σημαντικά από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και γενικότερα στο άμεσο περιβάλλον.

Τα συστήματα μικρής κλίμακας τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υδροηλεκτρικές μονάδες λιγότερες των 30 MW χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ με σκοπό να θέσει σε λειτουργία τις τουρμπίνες παράγοντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς.

Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως, η ενέργεια που τελικώς παράγεται με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες

αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 10% των ενεργειακών αναγκών.

6.2 Ιστορικά στοιχεία

Από την εποχή της αρχαίας Αιγύπτου, οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει την ενέργεια σε ρέοντα ύδατα για τη λειτουργία μηχανημάτων και άλεσμα σιτηρών και καλαμποκιού. Ωστόσο, η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στις ζωές ανθρώπων κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα από ό, τι σε οποιαδήποτε άλλη στιγμή στην ιστορία. Η υδροηλεκτρική ενέργεια διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση των θαυμάτων της ηλεκτρικής ενέργειας και βοήθησε στην ώθηση της βιομηχανικής ανάπτυξης. Υδροηλεκτρική ενέργεια συνεχίζει να παράγει 24 τοις εκατό της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός χτίστηκε το 1882 στο Appleton του Wisconsin και παρήγαγε 12,5 kW, και παρείχε φως σε δύο χαρτοβιομηχανίες και ένα σπίτι. Υδροηλεκτρικά εργοστάσια ποικίλουν σε μέγεθος από αρκετές εκατοντάδες kW σε αρκετές εκατοντάδες MW, αλλά μερικοί υδροηλεκτρικοί σταθμοί έχουν ικανότητες μέχρι και 10.000 MW, και παρέχουν ηλεκτρισμό σε εκατομμύρια ανθρώπους. Σε παγκόσμιο επίπεδο, υδροηλεκτρικά εργοστάσια έχουν χωρητικότητα 675.000 μεγαβάτ ετησίως και παράγουν πάνω από 2,3 τρισεκατομμύρια-κιλοβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας, ισοδύναμη ενέργεια με 3,6 δισ. βαρέλια πετρελαίου.

Στην Ελλάδα, το πρώτο φράγμα κατασκευάστηκε στην αρχαία Αλυζία (μεταξύ 1ου και 5ου π.Χ. αιώνα). Το πρώτο σύγχρονο φράγμα ήταν του Μαραθώνα, το οποίο κατασκευάστηκε από την ΕΥΔΑΠ το 1931. Επίσης, το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε από τη ΔΕΗ ήταν εκείνο Λούρου, το 1954. Το Υπουργείο Γεωργίας άρχισε να ενδιαφέρεται για την κατασκευή φραγμάτων στη χώρα από τα μέσα της δεκαετίας του '60. Ορισμένα φράγματα επίσης κατασκευάστηκαν και από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

6.3 Λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων

Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες εκμεταλλεύονται τη φυσική διαδικασία του κύκλου του νερού.

Κάθε μέρα ο πλανήτης αποβάλλει μια μικρή ποσότητα νερού καθώς η υπεριώδης ακτινοβολία διασπά τα μόρια του νερού σε ιόντα. Ταυτόχρονα νέες ποσότητες νερού εμφανίζονται λόγω της ηφαιστειακής δραστηριότητας, έτσι ώστε η συνολική ποσότητα του νερού να διατηρείται περίπου σταθερή.

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Μία τουρμπίνα που είναι εγκατεστημένη σε μεγάλη μονάδα μπορεί να ζυγίζει μέχρι 172 τόνους και να περιστρέφεται με 90 rpm. Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες. Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στροβίλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής.

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής. Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Στη συνέχεια περιγράφονται τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ), εφόσον τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα εν γένει δεν θεωρούνται ως συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ.

6.4 Μικρά Υδροηλεκτρικά έργα

Τα ΜΥΗΣ είναι κυρίως “συνεχούς ροής”, δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή νερού και επομένως δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων, αν και όπου αυτά υπάρχουν ήδη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα είναι επιβοηθητικά. Δεν υφίσταται κάποια γενική διεθνής παραδοχή για τον ορισμό των ΜΥΗΣ, το ανώτερο όριο των οποίων ποικίλλει μεταξύ 2,5 και 25 MW σε διάφορες χώρες, αλλά γίνεται γενικώς αποδεκτή η τιμή των 10 MW, όπως συμβαίνει με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA).

Στα επόμενα, όπου γίνεται αναφορά σε ΜΥΗΣ θα εννοείται κάθε υδροηλεκτρικό σύστημα με ονομαστική ισχύ 10 MW ή μικρότερη. Αυτά μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε “μίνι υδροηλεκτρικά”, συνήθως οριζόμενα ως τα συστήματα εκείνα με ισχύ <500 kW, και σε “μικρό-υδροηλεκτρικά”, για τα σχήματα δυναμικού <100 kW. Όποιος ορισμός και αν χρησιμοποιηθεί για το μέγεθος, τα ΜΥΗΣ αποτελούν μια από τις πιο ήπιες προς το περιβάλλον μορφές παραγωγής ενέργειας, βασιζόμενα στη χρήση μιας μη ρυπογόνου ανανεώσιμης πηγής και απαιτώντας μικρές επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο.

Εξάλλου, έχουν το δυναμικό να επιδράσουν σημαντικά στην υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων καθώς, σε αντίθεση με πολλές άλλες ΑΠΕ, τα ΜΥΗΣ μπορούν γενικά να παράγουν ένα ποσό ηλεκτρισμού σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ανάλογα με τη ζήτηση (δηλ. δεν απαιτούν συστήματα αποθήκευσης ή εφεδρείας), τουλάχιστον στις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες υφίσταται επαρκής ροή νερού, και σε κόστος πολλές φορές ανταγωνιστικό των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, ένας τυπικός ΜΥΗΣ των 5 MW υποκαθιστά 1400 τόνους/έτος ορυκτού καυσίμου, αποτρέπει την εκπομπή 16000 τόνων CO₂ και πάνω από 100 τόνων SO₂ ανά έτος, ενώ καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό περισσότερες από 5000 οικογένειες.

Τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ) είναι η σύγχρονη μορφή των παραδοσιακών νερόμυλων. Τα ορεινά ΜΥΗΕ (περί το 80% των ΜΥΗΕ στην Ελλάδα) εκμεταλλεύονται την υψομετρική διαφορά μικρών υδατορευμάτων χωρίς δεξαμενές αποθήκευσης νερού με εκμετάλλευση της διαθέσιμης παροχής (run of the river) επιτρέποντας στις πλημμύρες να περνούν από την υδροληψία χωρίς αποθήκευση, τα δε ΜΥΗΕ με μικρή υψομετρική διαφορά σε μεγαλύτερα υδατορεύματα (το υπόλοιπο 20% στην Ελλάδα) έχουν συνήθως ένα πολύ μικρό ταμιευτήρα και δεν αλλοιώνουν ουσιαστικά τη γεωμορφολογία στη θέση υδροληψίας.

Εικόνα 4: Μικροϋδροηλεκτρικό Έργο



Κάθε εγκατεστημένο kW ΜΥΗΕ συμβάλλει ετησίως στην αποφυγή εκπομπής περίπου 5,4 τόνων CO₂ και άλλων ρύπων, αν η ισόποση ενέργεια παραγόταν με την καύση λιγνίτη.

Όλες οι αναπτυσσόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες στην Ευρώπη αλλά και στον κόσμο, στήριξαν την ανάπτυξη τους στα ΜΥΗΕ, αξιοποιώντας τα, πριν από οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Στην Ε.Ε. -27, σύμφωνα με τα στοιχεία του Ευρωπαϊκού Συνδέσμου Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ESHA) η μέση εγκατεστημένη ισχύς των έργων είναι 0,624 MW και η μέση ετήσια παραγωγή από κάθε μέσο έργο είναι περίπου 3,24 GWh/έτος. Το συνολικό τεχνικοοικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό της Ε.Ε. -27, ανέρχεται σε 25,8 GW περίπου με δυνατότητα παραγωγής περί τα 93.000 GWh/έτος, από το οποίο αξιοποιείται περίπου το 70% (με βάση στοιχεία του Δεκέμβρη του 2016).

6.5 Εξέλιξη και προοπτικές των ΜΥΗΕ στην Ελλάδα

Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, στις 31.12.2016 λειτουργούσαν στη χώρα 107 ΜΥΗΕ εγκατεστημένης ισχύος 223 MW, και σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΛΑΓΗΕ Α.Ε.

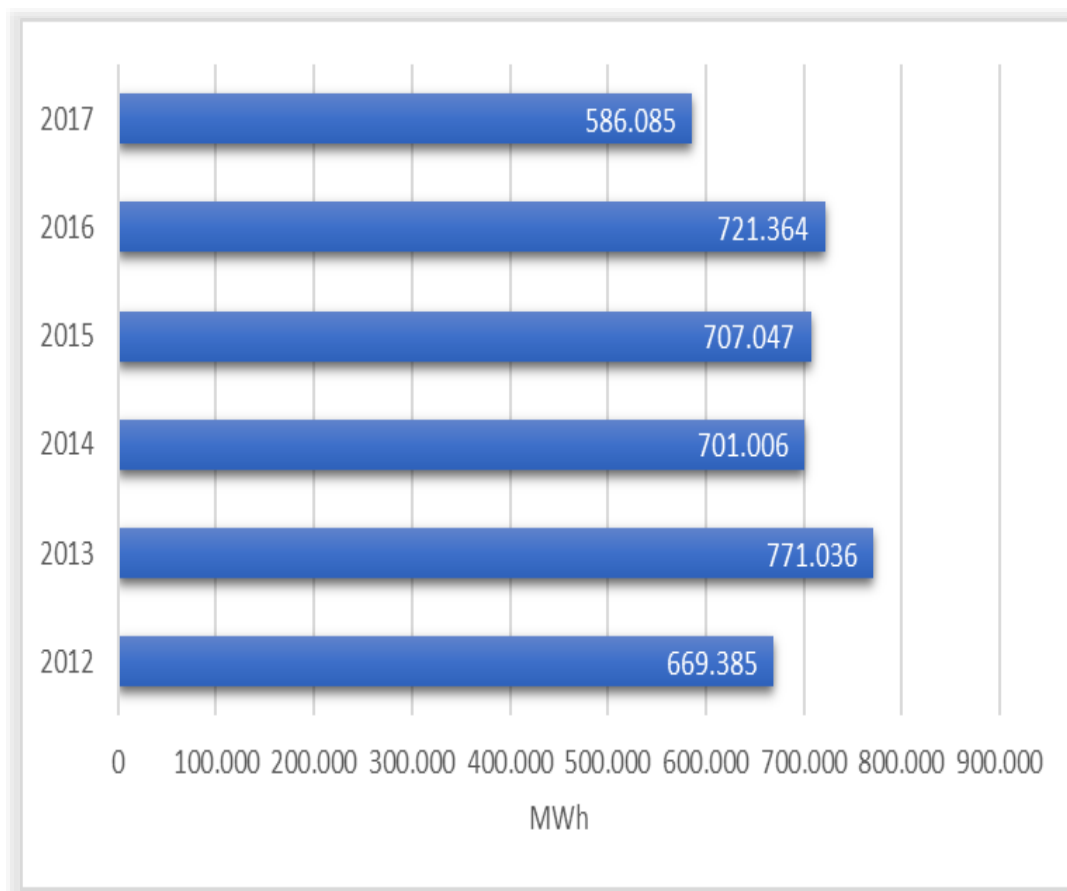
για όλο το έτος 2016, παρήχθησαν 722 GWh. Σύμφωνα με το Μηνιαίο Δελτίο του Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ&ΣΗΘΥΑ της ΛΑΓΗΕ ΑΕ (Ιανουάριος 2017), για το σύνολο της επικράτειας και για όλο το 2016:

- Τα ΜΥΗΕ κατέχοντας μόνο το 4,1% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος έργων ΑΠΕ συνεισέφεραν το 6,4% της συνολικά παραχθείσας από ΑΠΕ ενέργειας, ενώ αποζημιώθηκαν με ποσοστό ίσο με το 3,5% των συνολικών πληρωμών του Ειδικού λογαριασμού, με τιμή αποζημίωσης ίση μόλις με το ½ της μέσης τιμής αποζημιούμενης μεγαβατώρας για όλες τις ΑΠΕ, κάτι που παραμένει σταθερό για τα 4 τελευταία έτη.

Σχεδόν σταθερά ήταν τα μεγέθη για τα ΜΥΗΕ για όλο το 2016 με 1 μόνο νέο έργο να μπαίνει σε λειτουργία, ισχύος 0,745MW. Οι αιτίες είναι το απολύτως εχθρικό αδειοδοτικό πλαίσιο (κυρίως από το 2011 και μετά που ψηφίστηκε η Υ.Α. 196978/2011 (ΦΕΚ 518) με τα πρόσθετα κριτήρια χωροθέτησης των ΜΥΗΕ), οι λοιπές συγκυρίες των αποτελεσμάτων της κρίσης. Έτσι, ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος των ΜΥΗΕ, κυμάνθηκε τα τελευταία χρόνια στα πενιχρά επίπεδα του 1%-2% ετησίως τη στιγμή που η μεσοσταθμική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των άλλων ΑΠΕ ξεπέρασε το 20% ετησίως. Συγκεκριμένα ο ρυθμός αύξησης των ΜΥΗΕ από 65% και 16% τα έτη 2008 και 2009 αντίστοιχα, διαμορφώθηκε σε 8%, 4%, 4% και 3% τα έτη 2010 έως και 2013 αντίστοιχα, ενώ τα έτη 2014 και 2015 ήταν σχεδόν μηδενικός. Η ανάπτυξη των ΜΥΗΕ απέχει κατά πολύ και από τον ενδιάμεσο στόχο του 2014 και από τον τελικό στόχο που έχει τεθεί για την διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα το 2020. Συγκεκριμένα, το ποσοστό πλήρωσης του στόχου των ΜΥΗΕ ανέρχεται στο 64% για το 2020, τη στιγμή που τα αντίστοιχα ποσοστά για τα ΦΒ ανέρχονται σε 118% (υπερπλήρωση στόχου).

Στο παρακάτω γράφημα, φαίνεται αναλυτικά η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια για τα έτη 2012 έως 2017. Από το γράφημα διακρίνεται ότι το 2017 υπάρχει σημαντική πτώση στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα ΜΥΗΕ, παρόλο της ψήφισης του Ν. 4414 από το Ελληνικό Κοινοβούλιο, ο οποίος περιγράφεται διεξοδικά παρακάτω.

Γράφημα 12: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΜΥΗΕ (2012-2017)



Σύμφωνα με στοιχεία της EREF (διαδόχου της European Small Hydro Association - ESHA), το ποσοστό αξιοποίησης του διαθέσιμου μικροϋδροηλεκτρικού δυναμικού στην Ελλάδα βρίσκεται σήμερα στα επίπεδα του ~11%, τη στιγμή που τα αντίστοιχα μεγέθη για την Ευρώπη των 27 ανέρχονται σε επίπεδα μεγαλύτερα του 70% (σε κάποιες χώρες σε ποσοστά μεγαλύτερα του 90%). Αυτό καταδεικνύει το γεγονός ότι σε όλη την Ευρωπαϊκή ήπειρο αλλά και σε όλο τον κόσμο, η μικροϋδροηλεκτρική ενέργεια ήταν η πρώτη ανανεώσιμη πηγή που αναπτύχθηκε και αξιοποιήθηκε πριν προχωρήσει η ανάπτυξη των υπολοίπων ΑΠΕ, λόγω των προφανών πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας. Στην Ελλάδα, το σύνολο του τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου μικροϋδροηλεκτρικού δυναμικού, εκτιμάται περί τα 2.000 MW.

Στις 09.08.2016 ψηφίσθηκε από το Ελληνικό Κοινοβούλιο ο Νόμος 4414 «Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης – Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις». Σύμφωνα με τα άρθρα 3, 4, 5 και 7 του εν λόγω Νόμου, τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ) από την 1η

Ιανουαρίου 2017, τίθεται σε ισχύ καθεστώς στήριξης με τη μορφή Λειτουργικής Ενίσχυσης μέσω ανταγωνιστικής διαδικασίας υποβολής προσφορών.

Όμως, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι:

- Ο κλάδος των ΜΥΗΕ είναι ακόμη ελάχιστα αναπτυγμένος στην Ελλάδα.
- Η διείσδυση των ΜΥΗΕ στο ενεργειακό μίγμα υστερεί σημαντικά έναντι άλλων τεχνολογιών ΑΠΕ.
- Ο κλάδος των ΜΥΗΕ στην Ελλάδα εκπροσωπείται από πολύ λίγες εταιρείες, η συντριπτική πλειοψηφία των οποίων είναι Πολύ Μικρές Επιχειρήσεις (ΠΜΕ) της περιφέρειας, που δεν έχουν και δεν μπορούν να αποκτήσουν τεχνογνωσία «συμμετοχής σε ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών». Σε κάθε περίπτωση, η πρόσβαση μιας ΠΜΕ σε «ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών» θα αυξήσει το κόστος της ΠΜΕ, κάτι που θα οδηγήσει σε ακόμη μικρότερο ρυθμό υλοποίησης έργων και αυτό δεν εξασφαλίζει την έννοια του «ανταγωνιστικού».
- Τα ΜΥΗΕ είναι μοναδικά όσον αφορά στη θέση τους καθότι εξαρτώνται από αυτή, δεν είναι εναλλάξιμα μεταξύ τους, και δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε μεγαλύτερη κλίμακα (πχ επί 10) πέριξ μίας «καλής» θέσης, κάτι που γίνεται στις υπόλοιπες βασικές τεχνολογίες ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, Βιομάζα, Γεωθερμία). Οι ιδιαιτερότητές τους τα καθιστούν διακριτά το ένα από το άλλο και καθιστούν την ομαδοποίησή τους αποτυχημένη και μη εφικτή.
- Η διαφορετικότητα που προκύπτει από τη γεωγραφική θέση εγκατάστασης των έργων, η οποία είναι απόλυτα καθοριστική για την παραγωγή ενέργειας, σε βαθμό που εξ αρχής προκύπτει ζήτημα ισοτιμίας των συμμετεχόντων σε ένα γενικής φύσεως διαγωνισμό για προσφορά ισχύος, θα έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη συμμετοχή και την αύξηση των τιμών προσφοράς στο διαγωνισμό.
- Τα IRR των ΜΥΗΕ είναι αρκούντως ετερόκλητα και εξαρτώνται από την εκάστοτε θέση τους και από το κόστος σύνδεσης στο δίκτυο, που ποικίλει πάρα πολύ.
- Επειδή είναι πολύ λίγοι οι ιδιώτες παραγωγοί που θα λάβουν μέρος στη διαγωνιστική διαδικασία, η τιμή θα οδηγηθεί στο πάνω όριο της τιμής που θα τεθεί στον διαγωνισμό, κάτι που δε θα ευνοεί τη διαδικασία.

7. ΒΙΟΜΑΖΑ

7.1 Εισαγωγή

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται έμμεσα ή άμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο, το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.α.
- Τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.α.
- Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών. Όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού. Το πριονίδι κ.α.
- Το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευτική και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών.

Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:

<p>Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία ⇒ Βιομάζα + Οξυγόνο</p>
--

Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων

(πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.α.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγή ενέργειας δεν είναι νέα.

Σε αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

7.2 Ιστορικά στοιχεία

Η βιομάζα είναι η πρώτη πηγή ενέργειας που χρησιμοποιήσε ο άνθρωπος. Οι πρώτοι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά βιομάζα για καύσιμη ύλη. Η θερμότητα που απελευθερωνόταν κατά τη διάρκεια της καύσης, χρησιμοποιήθηκε από τους πρώτους ανθρώπους για να ζεσταθούν, να προφυλαχθούν (δηλαδή να φοβίσουν τα άγρια ζώα), να δουν το βράδι αλλά και να μαγειρέψουν. Αργότερα, η φωτιά χρησιμοποιήθηκε για να ψηθεί ο πηλός, να κατασκευαστούν αγγεία καθώς επίσης και να λιώσουν μέταλλα.

Αλλά και μέχρι σήμερα, πολλοί φτωχοί αγροτικοί πληθυσμοί, ιδίως της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα). Πέρασαν πολλά χρόνια μέχρι ο άνθρωπος να εκμεταλλευτεί και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως το νερό και τον άνεμο δημιουργώντας κυρίως ανεμόμυλους, υδρόμυλους και άλλες απλές μηχανικές κατασκευές.

7.3 Χαρακτηριστικά της βιομάζας

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι στην ουσία δευτερογενής ηλιακή ενέργεια, αφού όπως αναφέρθηκε η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης.

Η βιομάζα είναι η μοναδική φυσική πηγή ενέργειας με άνθρακα, η οποία έχει αποθέματα ικανά, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι πρώτες ύλες της βιομάζας χρειάζονται μόνο μια μικρή χρονική περίοδο για να αναπληρωθούν, γι' αυτό και η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Για τις διάφορες τελικές της χρήσεις βέβαια υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Δηλαδή, υπάρχει ο όρος «βιοίσχύς» ο οποίος περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες πηγές βιομάζας (π.χ. φυτικά

υπολείμματα, ζωικά απόβλητα) αντί για συνήθη ορυκτά καύσιμα (π.χ. λιγνίτης) με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή, ενώ υπάρχει και ο όρος «βιοκαύσιμα» ο οποίος αναφέρεται κυρίως στα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν τα πετρελαϊκά προϊόντα (π.χ. βενζίνη ή ντίζελ).

Η αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να γίνει με τη μετατροπή της σε διάφορα προϊόντα, μέσω διάφορων μεθόδων και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Επιπλέον, κατά την παραγωγή και μετατροπή της δεν προκαλούνται οικολογικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Από την άλλη, ως μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία (το οποίο έχει να κάνει με τις διάφορες πηγές προέλευσης), χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο εν συγκρίσει με τα ορυκτά καύσιμα (λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό), εποχιακή παραγωγή και μεγάλη διασπορά, που δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, κ.λπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Συνεπώς, το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει ακόμη λίγο υψηλό.

Εντούτοις, η συνεχής έρευνα και τεχνολογική πρόοδος κατέστησαν τις τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής και αξιοποίησης της βιομάζας εξαιρετικά ελκυστικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προοπτικές, μάλιστα, της βιοενέργειας καθίστανται συνεχώς μεγαλύτερες και πιο ελπιδοφόρες. Στις προηγμένες οικονομικά χώρες, αναμένεται να καλύπτει μελλοντικά μεγάλο τμήμα της ενεργειακής παραγωγής.

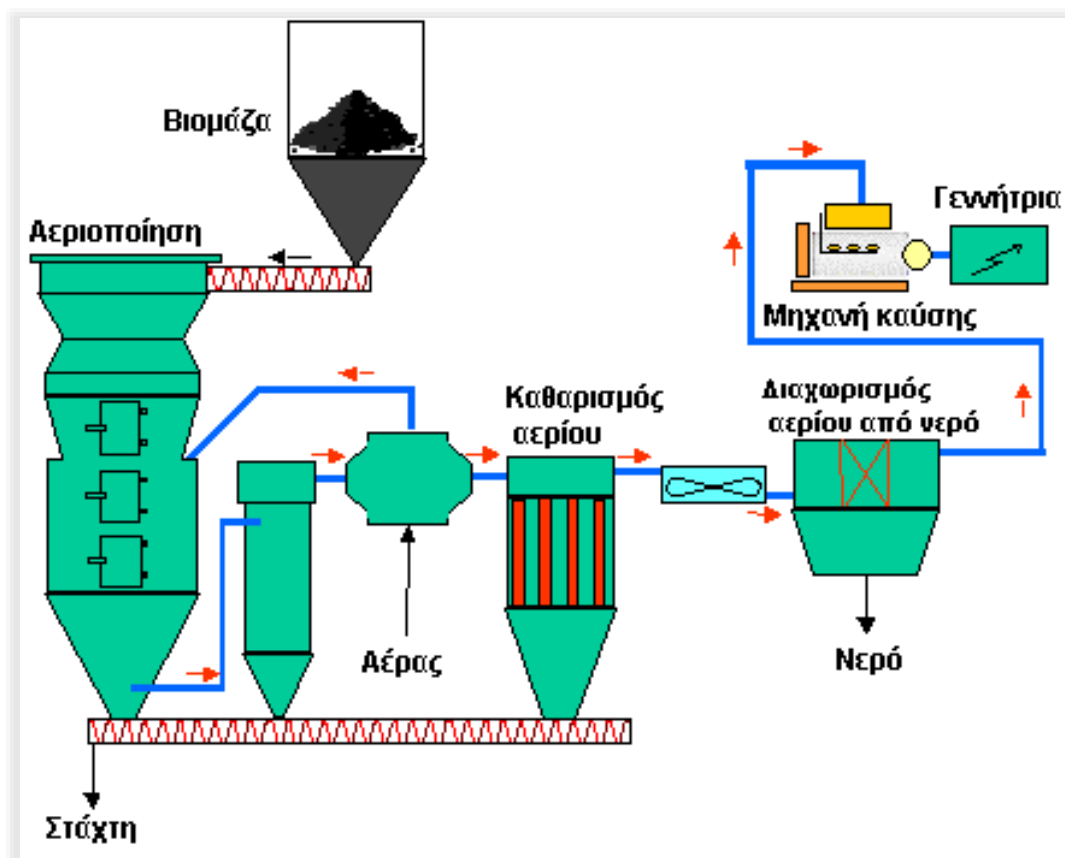
Η βιοενέργεια έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές διότι απευθύνεται και στους τρεις φορείς ενέργειας:

1. Παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος (Electricity)
2. Θέρμανση / ψύξη (Heat). Στην οικονομική ανάλυση που θα ακολουθήσει, δεν θα συμπεριληφθούν στοιχεία περί θέρμανσης, λόγω έλλειψης αξιόπιστων οικονομικών στοιχείων για παραγωγή θερμότητας από βιομάζα. Η μόνη αναφορά θα γίνει μέσω της διαδικασίας συμπαραγωγής (στην οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια), και στη μελέτη περίπτωσης του τελευταίου κεφαλαίου.
3. Βιοκαύσιμα (Fuels).

7.4 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας

Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού και κίνησης. Ανάλογα με την εκάστοτε διαθέσιμη πρώτη ύλη επιλέγεται και η κατάλληλη διεργασία για την βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση. Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για τη βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τις θερμοχημικές, τις βιοχημικές και τις χημικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση. Τέλος, η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τη μετεστεροποίηση.

Εικόνα 5: Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα



Πηγή: <http://www.cres.gr/>

Πιο συγκεκριμένα, οι μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας είναι η καύση που ως προϊόν της έχει την παραγωγή θερμότητας, η πυρόλυση η οποία είναι μια θερμική διαδικασία (450 με 600 βαθμούς Κελσίου) όπου γίνεται η αποικοδόμηση της βιομάζας με απουσία του οξυγόνου. Στην πυρόλυση, παράγονται το βιοέλαιο 70%, το βιοαέριο 15% και ο ξυλάνθρακας 15%. Επιπλέον, υπάρχει και η διαδικασία της αεριοποίησης της

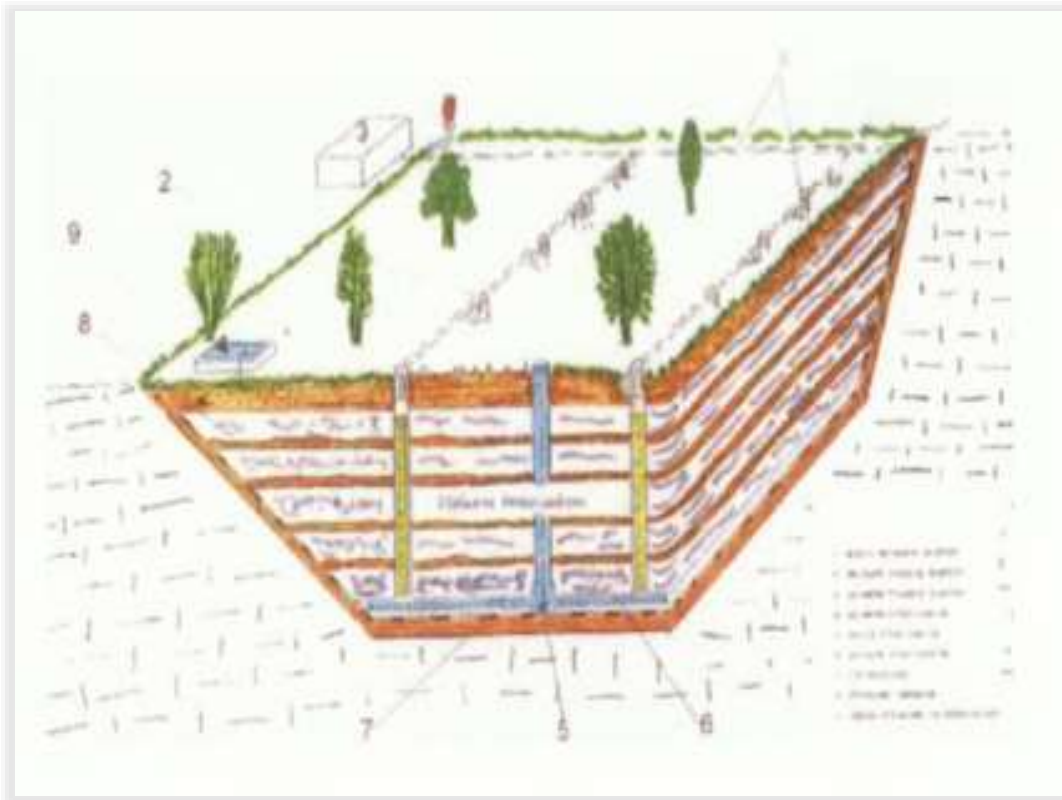
βιομάζας, όπου γίνεται η θερμική της αποικοδόμηση στους 750 με 850 βαθμούς Κελσίου, κατά την απουσία οξυγόνου. Τα παραγόμενα προϊόντα είναι το βιοαέριο, η πίσσα και ο ξυλάνθρακας. Όσον αφορά τα υγρά βιοκαύσιμα που προέρχονται από την επεξεργασία της βιομάζας είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη. Το βιοντίζελ παράγεται από φυτικά έλαια κυρίως με μετεστεροποίηση. Η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από την ζύμωση των αμυλούχων και σακχαρούχων συστατικών (αλκοολική ζύμωση).

Από τις παραπάνω διεργασίες, οι πιο ώριμες τεχνολογικά για ηλεκτροπαραγωγή, αλλά και η συχνότερα χρησιμοποιούμενες, είναι αυτή της καύσης στερεής βιομάζας και η καύση του βιοαερίου που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση.

7.5 Βιοαέριο

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν, επίσης, να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασίων, πτηνοτροφίων, βουστασίων, καθώς και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, απλούστερες ή συνθετότερες, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Σ' αυτές, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους. Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων, το βιοαέριο παράγεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), όπως φαίνεται στο Σχήμα 7. Η μάζα του μπορεί να αρχίσει μετά από το δεύτερο ή τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων αυτών και εξαρτάται από την ποσότητά τους. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του βιοαερίου που μαστεύεται εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα των αποτιθεμένων απορριμμάτων σε οργανικά υλικά, καθώς και από την ποιότητα του υλικού επικάλυψης των στρώσεων. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο στεγανό, ώστε να επιτυγχάνεται η αναερόβια χώνευση, εμποδίζοντας, ταυτόχρονα, την απαέρωση του παραγόμενου βιοαερίου.

Εικόνα 6: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)



Πηγή: <http://www.cres.gr/>

7.6 Εξέλιξη και προοπτικές της βιομάζας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, όπως και σε πολλούς άλλους τομείς δυστυχώς, έχει καθυστερήσει σημαντικά και στην αξιοποίηση του πλούσιου δυναμικού βιομάζας που διαθέτει. Εκτιμάται ότι η αξιοποίηση της τεχνικά εκμεταλλεύσιμης βιομάζας θα μπορούσε να ικανοποιήσει το ¼ των συνολικών αναγκών ηλεκτροδότησης της χώρας. Παρακάτω περιγράφεται η ελληνική πραγματικότητα.

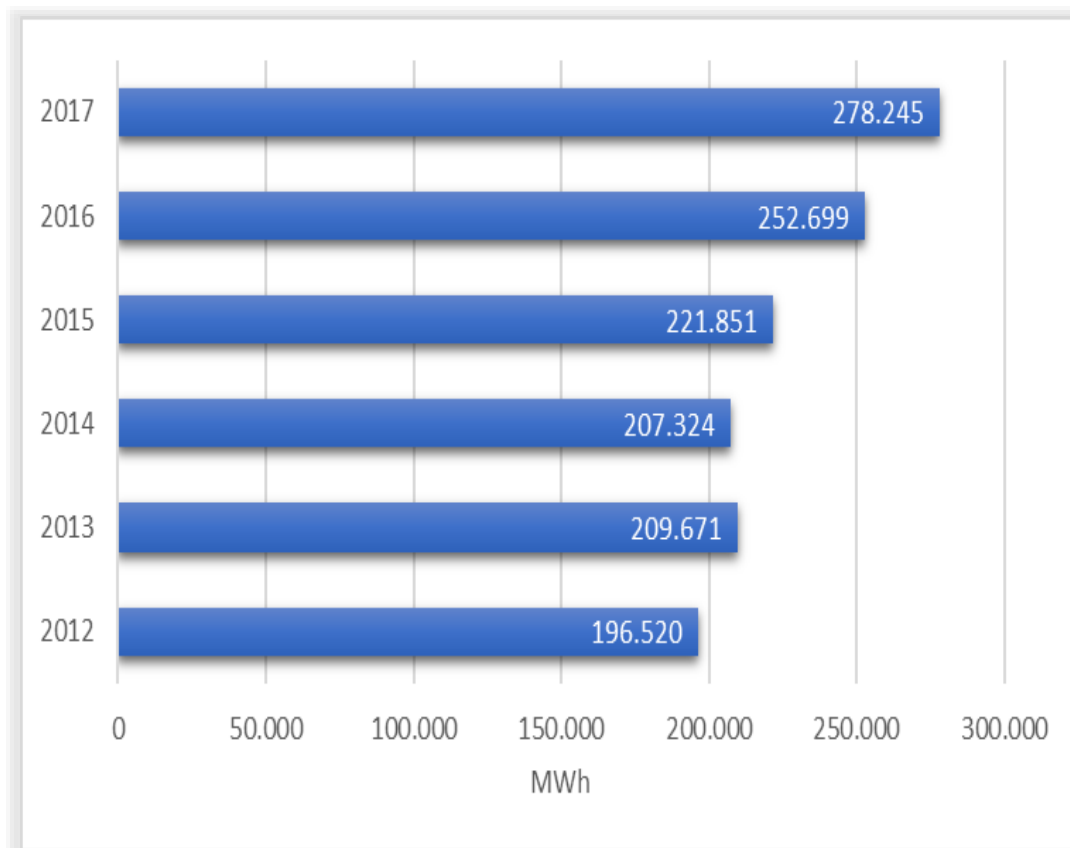
- Βιοαέριο: Υπολογίζεται ότι οι μονάδες ισχύος περί τα 50 MW, που σχετίζονται κυρίως με τη λειτουργία ΧΥΤΑ ή Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων βρίσκονται σε λειτουργία σήμερα.
- Υγρά Βιοκαύσιμα: Η Ελλάδα είναι από τις ελάχιστες χώρες της Ε.Ε. που δεν παράγεται βιοαιθανόλη, ενώ ακόμα και οι ποσότητες βιοντίζελ που παράγονται αφορούν πρώτης γενιάς βιοκαύσιμο.
- Στερεή Βιομάζα: Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι δεν υπάρχει στη χώρα μας καθόλου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στερεή βιομάζα –

φαινόμενο που απαντάται μόνο σε άλλα 2 (Κύπρος & Μάλτα) από τα 28 μέλη της Ε.Ε. Εκτός τη συμβατικής καύσης της στερεής βιομάζας, τεχνολογίες πολύ περισσότερο αποδοτικές ενεργειακά και περιβαλλοντικά, όπως είναι η αεριοποίηση της βιομάζας και η ενεργειακή αξιοποίηση του παραγόμενου syngas, βρίσκονται επίσης σε εμβρυακή κατάσταση στη χώρα μας.

- Πέλετ: Με δυναμικότητα που ξεπερνά τους 130.000 τόνους/έτος αλλά πραγματική παραγωγή το 2014 ίση με περίπου 36.000 τόνους, γίνεται φανερό πως υπάρχουν οι προϋποθέσεις για την περαιτέρω διεύρυνση των pellet στο ενεργειακό μίγμα της χώρας.
- Προηγμένα συνθετικά καύσιμα (Advanced synthetic fuels – Fischer Tropsch fuels): Η μετατροπή της βιομάζας σε συνθετικά καύσιμα (renewable diesel), αν και σχετικά νέα ως τεχνολογία, έχει αντλήσει με ταχύτατους ρυθμούς μεγάλο μέρος της ερευνητικής δραστηριότητας πανευρωπαϊκά, και θεωρείται το επόμενο μεγάλο στοίχημα για την βιομάζα τα προσεχή 10 χρόνια. Αν και στην Ε.Ε. υπάρχουν ήδη πιλοτικές μονάδες που λειτουργούν και εξετάζουν την βελτιστοποίηση των συνθετικών καυσίμων, στην Ελλάδα υπάρχει μόνο ερευνητική δραστηριότητα που απαιτεί ενίσχυση και στήριξη.

Πιο συγκεκριμένα, στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται αναλυτικά η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα-βιοαέριο για τα έτη 2012 έως 2017. Από το γράφημα συμπεραίνεται σε γενικές γραμμές ότι υπάρχει μια μικρή αυξητική τάση.

Γράφημα 13: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα-βιοαέριο (2012-2017)



Η βιομάζα αποτελεί μια σχετικά σύγχρονη μορφή ενέργειας, με ευοίωνες προοπτικές για την Ελλάδα, καθώς στη χώρα εντοπίζεται σημαντικό δυναμικό, τόσο σε γεωργικά όσο και δασικά υπολείμματα, τα οποία είναι διάσπαρτα και άμεσα διαθέσιμα.

Μερικές καλές ευκαιρίες για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιολογικής προέλευσης καύσιμα που υπάρχουν στην Ελλάδα, αφορούν στην καλύτερη ενεργειακή αξιοποίηση πάσης φύσεως βιοαποικοδομήσιμων υπολειμμάτων, αποβλήτων και λυμάτων. Σε πολλές περιπτώσεις αυτά απλά αφήνονται / απορρίπτονται στο περιβάλλον, με όλες τις αρνητικές συνέπειες μιας τέτοιας πρακτικής, ενώ σε άλλες η αξιοποίηση δεν είναι πλήρης. Πιο συγκεκριμένα:

- Σε μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες ή σε περιοχές όπου υπάρχουν συγκεντρωμένες περισσότερες μικρές, θα μπορούσαν να λειτουργήσουν αναερόβιοι χωνευτήρες για την παραγωγή βιοαερίου και εφαρμογές συμπαραγωγής, με προφανή οφέλη την εξοικονόμηση συμβατικά παραγόμενης ενέργειας, την παραγωγή εμπορεύσιμων παραπροϊόντων (π.χ. βελτιωτικών εδάφους) και την μείωση του επιβαρυντικού για το περιβάλλον

οργανικού φορτίου των απορριπτόμενων υλικών. Εδώ βέβαια έχει μεγάλη σημασία η προσοχή στην μελέτη και την κατασκευή της εγκατάστασης από εξειδικευμένο και έμπειρο εργολάβο και κατόπιν στην λειτουργία της από ανάλογων προσόντων προσωπικό.

- Τέλος, θα μπορούσε να ενταθεί η αξιοποίηση του βιοαερίου που παράγεται από τα απορρίμματα δεκάδων μικρότερων δήμων από αποκεντρωμένες μονάδες.

8. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

8.1 Εισαγωγή

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο και φτάνει ως τη Γη με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η κύρια πηγή ενέργειας γι' αυτήν, αφού συντελεί στη διατήρηση της θερμοκρασίας της, τροφοδοτεί τις άλλες πηγές ενέργειας και δίνει, μέσω της φωτοσύνθεσης, ζωή στα φυτά και, συνακολούθως, στα ζώα. Η ηλιακή ακτινοβολία, όμως, γίνεται και άμεσα αντιληπτή ως θερμότητα.

Έτσι, ο άνθρωπος από παλιά τη χρησιμοποίησε για να καλύψει κάποιες θερμικές ενεργειακές του ανάγκες. Μέχρι πριν μερικούς αιώνες, άλλωστε, οι θερμικές ήταν και οι σημαντικότερες χρήσεις της ενέργειας, γενικότερα.

Καθημερινά προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης μια τεράστια ποσότητα ηλιακής ενέργειας, η οποία, αν και αποτελεί ένα μικρό μόλις κλάσμα της ολικής ενέργειας που παράγεται από τον Ήλιο, εντούτοις είναι 20.000 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνεται σήμερα σε ολόκληρο τον κόσμο και με οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρική, μηχανική, θερμική κλπ.).

Η εκμετάλλευση της δυνατότητας αποδοτικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος απευθείας από την ηλιακή ενέργεια μπορεί να υποκαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής του, δίνοντας ταυτόχρονα λύση σε μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ήδη από τον περασμένο αιώνα, για την ακρίβεια το 1839, παρατηρήθηκε ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει τις ιδιότητες ορισμένων υλικών των ημιαγωγών. Αυτά, όταν φωτίζονται, μπορούν να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Εάν σε ένα κομμάτι ημιαγωγίμου υλικού (συνήθως εμπλουτισμένος κρύσταλλος πυριτίου), τοποθετηθούν δυο ηλεκτρόδια, στις άκρες των οποίων λαμβάνεται το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, η σχετικά απλή διάταξη που προκύπτει ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτό αποτελεί την κύρια συνιστώσα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως ονομάζεται το σύστημα που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

8.2 Ιστορικά στοιχεία

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο Φυσικό Alexandre Edmond Becquerel το 1839, ο οποίος ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό

ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Οι Αμερικάνοι Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου είχαν κάνει επίδειξη αυτού του φαινομένου. Η απόδοση σε αυτή την περίπτωση ήταν μόνο 1%. Το 1905, ο Albert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση του φωτονίου). Το 1949 οι Αμερικάνοι Shockley, Bardeen και Brattain ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγικών υλικών. Το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο με απόδοση κοντά στο 6% κατασκευάστηκε το 1956, ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο, το οποίο λειτουργούσε με απόδοση του 10%.

Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος πρόσφερε εξαιρετικές προοπτικές για την χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων. Το 1958, 108 ηλιακά κύτταρα είχαν σταλεί στο διάστημα για δοκιμή. Η σύνδεση σε σειρά άρχισε αργότερα σε μικρότερο αριθμό. Το 1970 η ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων για διαστημικές εφαρμογές ήταν 500 m². Η επίγεια χρήση ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '70, παίρνοντας δυναμική από την πετρελαϊκή κρίση του 1973-74 και δίνοντας ερεθίσματα για την εκπόνηση πληθώρας ερευνητικών μελετών. Η προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας ήταν να μειωθεί το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με την εύρεση νέων φθηνότερων υλικών.

Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν κομμάτι της καθημερινότητας. Το φάσμα των εφαρμογών τους κυμαίνεται από μικρής κλίμακας συστήματα σε ρολόγια και υπολογιστές τσέπης, μέχρι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και ισχύος. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 12% ως 18% σε συγκεκριμένες συνθήκες αναφοράς.

8.3 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

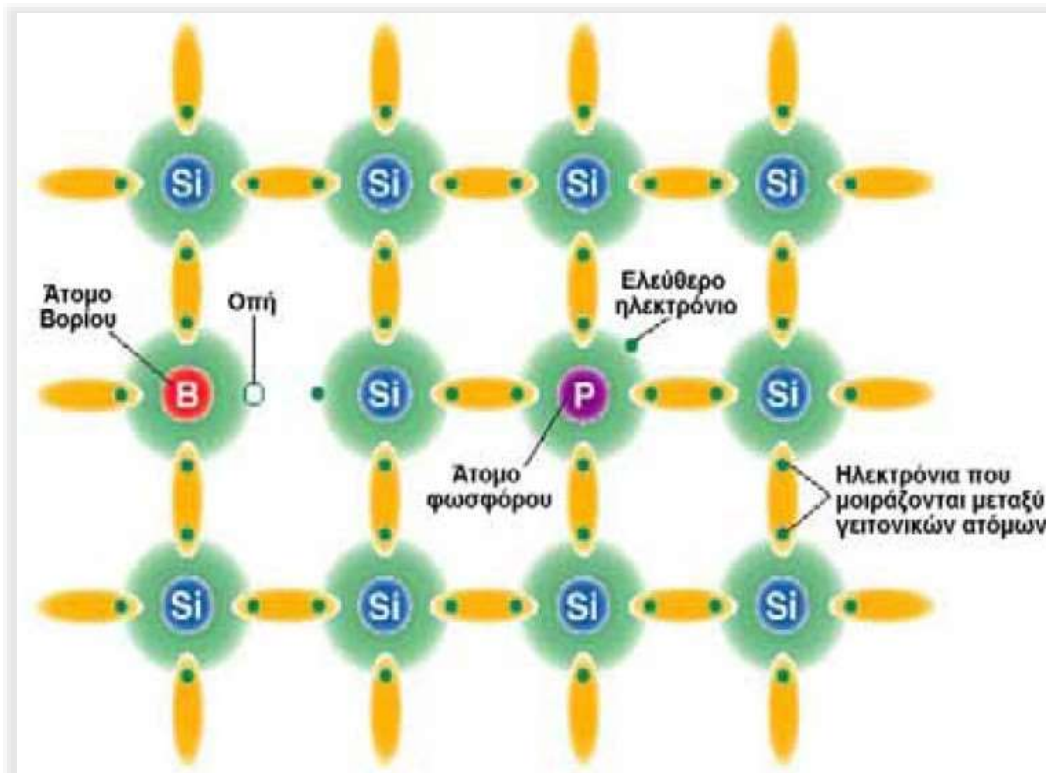
Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργειακά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια, τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Αυτά, όταν προσπίπτουν επάνω σε υλικό με ημιαγωγικές ιδιότητες, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια, που απορροφώνται, είναι και αυτά που προκαλούν την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος. Από την άλλη, τα φωτόνια με χαμηλή ενέργεια, που αντιστοιχούν στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία, την υπέρυθη, διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς καμία επίδραση.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κρυστάλλους πυριτίου, ένα φωτόνιο διεισδύει σ' ένα άτομο πυριτίου και εκδιώκει ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του, δημιουργώντας έτσι έναν κενό δεσμό, μία "οπή", στην τετραεδρική κρυσταλλική δομή. Το απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικά φορτίο, αρχίζει να κινείται μέσα στους κρυστάλλους αναζητώντας την οπή του, η οποία αποτελεί ένα θετικό φορτίο. Αλλά και η οπή "κινείται", με τη σειρά της, αλλάζοντας θέσεις κατ' αρχήν μ' ένα κοντινό ηλεκτρόνιο και εν συνεχεία εναλλάξ με άλλα, πια απομακρυσμένα από την αρχική της θέση.

Έτσι, το ηλεκτρόνιο και η οπή του θα διαχωρίζονταν για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, πριν ξαναενωθούν και απωλέσουν την ενέργεια του φωτός, υπό μορφή θερμότητας. Εάν, όμως, μερικά άτομα πυριτίου αντικατασταθούν στη μια πλευρά του κρυστάλλου με άτομα βορίου και στην άλλη με άτομα φωσφόρου, η μία πλευρά εμφανίζει σταθερά θετικά φορτία και η άλλη σταθερά αρνητικά. Η φόρτιση αυτή της κάθε πλευράς με αντίθετα φορτία οφείλεται στο διαφορετικό σθένος των ατόμων βορίου και Φωσφόρου, τόσο μεταξύ τους όσο και με αυτό των ατόμων πυριτίου.

Πράγματι, τα άτομα βορίου έχουν τρία ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, αντί για τέσσερα του πυριτίου. Έτσι, η δημιουργία δεσμού με τα άτομα του πυριτίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας οπής στον κρύσταλλο και, συνεπώς, ένα αντίστοιχο έλλειμμα αρνητικού φορτίου. Από την άλλη, τα άτομα του φωσφόρου έχουν πέντε ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους, με αποτέλεσμα να περισσεύει ένα ηλεκτρόνιο στο δεσμό τους με τα άτομα πυριτίου, το οποίο προκαλεί και την εμφάνιση αντίστοιχου αρνητικού φορτίου.

Εικόνα 7: Προσθήκη ατόμων φωσφόρου και βορίου σε κρύσταλλο πυριτίου



Στο σημείο επαφής των δύο αντιθέτως φορισμένων πλευρών δημιουργείται ένα πολύ μικρού πάχους ενεργειακό φράγμα όπου, λόγω της ισχυρής διαφοράς δυναμικού που εμφανίζεται εκεί, τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν από τη θετικά στην αρνητικά φορισμένη πλευρά, αλλά όχι και κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι και η βασική ιδιότητα ενός ημιαγωγού. δηλαδή να επιτρέπεται η κίνηση των ηλεκτρονίων μόνο κατά μία, προκαθορισμένη κατεύθυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και αυτά συσσωρεύονται στην αρνητικά φορισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορισμένη πλευρά του.

Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Εάν στις δύο πλευρές του συνδεθούν εξωτερικοί ακροδέκτες και το κύκλωμα κλείσει με την εγκατάσταση μίας ηλεκτρικής συσκευής, π.χ. ενός λαμπτήρα, τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στο κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, όπου παράγουν έργο, για να καταλήξουν στην άλλη πλευρά του κρυστάλλου και να ξανασυνδυσαστούν εκεί με τις οπές που άφησαν πίσω. Έτσι παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα με τη χρήση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο εξακολουθεί να προσπίπτει σ' αυτά ηλιακή ακτινοβολία, νέο ηλεκτρόνια ελευθερώνονται από την κατάσταση ηρεμίας τους, συνεχίζοντας την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα και κατά τις περιόδους συννεφιάς, ένα φωτοβολταϊκό

στοιχείο εξακολουθεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, έχοντας όμως κατά πολύ μειωμένη απόδοση. Από την άλλη μεριά, σε περιόδους καύσωνα η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ελαττώνεται επίσης αισθητά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά. Το τελευταίο αποτελεί και ένα σοβαρό μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

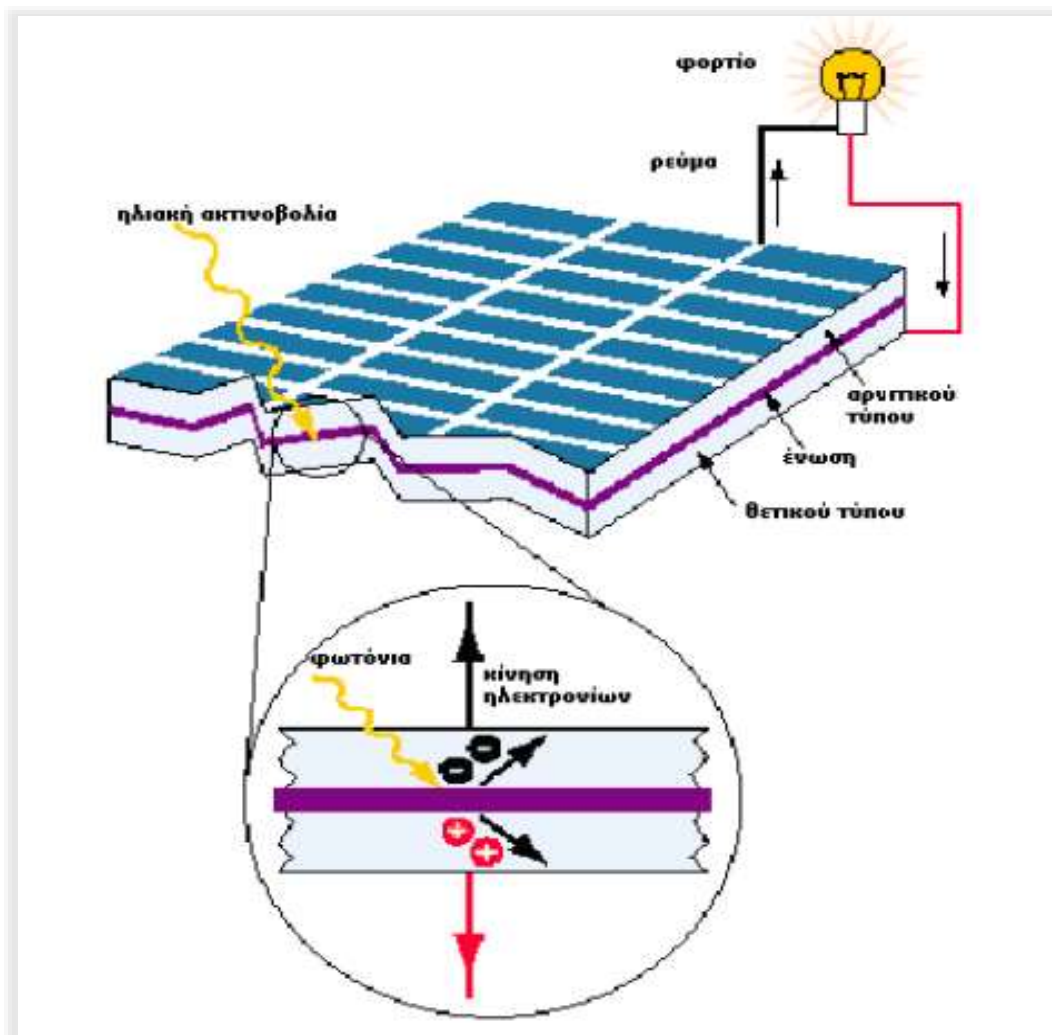
8.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι περιορισμένη. Για το λόγο αυτό, προκειμένου να παραχθεί μία σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία μαζί συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά, σχηματίζοντας έτσι μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, τα στοιχεία αυτά έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμα τους μεταλλικά ελάσματα ανωδιωμένου αλουμινίου και για λόγους προστασίας, είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό τζάμι και ειδικά μονωτικά πλαστικά. Η συνολική ηλεκτρική ισχύς μιας φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι ίση με το άθροισμα της ισχύος των φωτοβολταϊκών στοιχείων που την αποτελούν.

Πολλές φωτοβολταϊκές γεννήτριες, όταν συνδεθούν παράλληλα μεταξύ τους, σχηματίζουν μία φωτοβολταϊκή συστοιχία.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο κινητό σύστημα μπορεί να έχει από 15 έως 25% καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά πλαίσια όταν είναι τοποθετημένα σε σταθερό στηρίγματα.

Εικόνα 8: Φυσική απεικόνιση φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου



Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών συστοιχιών, οι οποίες όλες μαζί σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Αυτές διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο, στο διαθέσιμο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των φωτοβολταϊκών γεννητριών. Ειδικά κατά τις ώρες που η ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει μεγάλες τιμές, εάν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σκιάζουν το ένα το άλλο, υπάρχει μεγάλη πτώση στην απόδοση του συστήματος.

Έτσι, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές, με περίπου νότιο προσανατολισμό, και σε απόσταση μεταξύ τους τέτοια που να περιορίζεται η σκίαση στις πολύ πρώτες πρωινές ή τελευταίες απογευματινές ώρες. Η σκίαση που προκαλείται, και κατά συνέπεια η απόσταση που απαιτείται, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο αυξάνει η γωνία τοποθέτησης των πλαισίων. Το φαινόμενο σκίασης

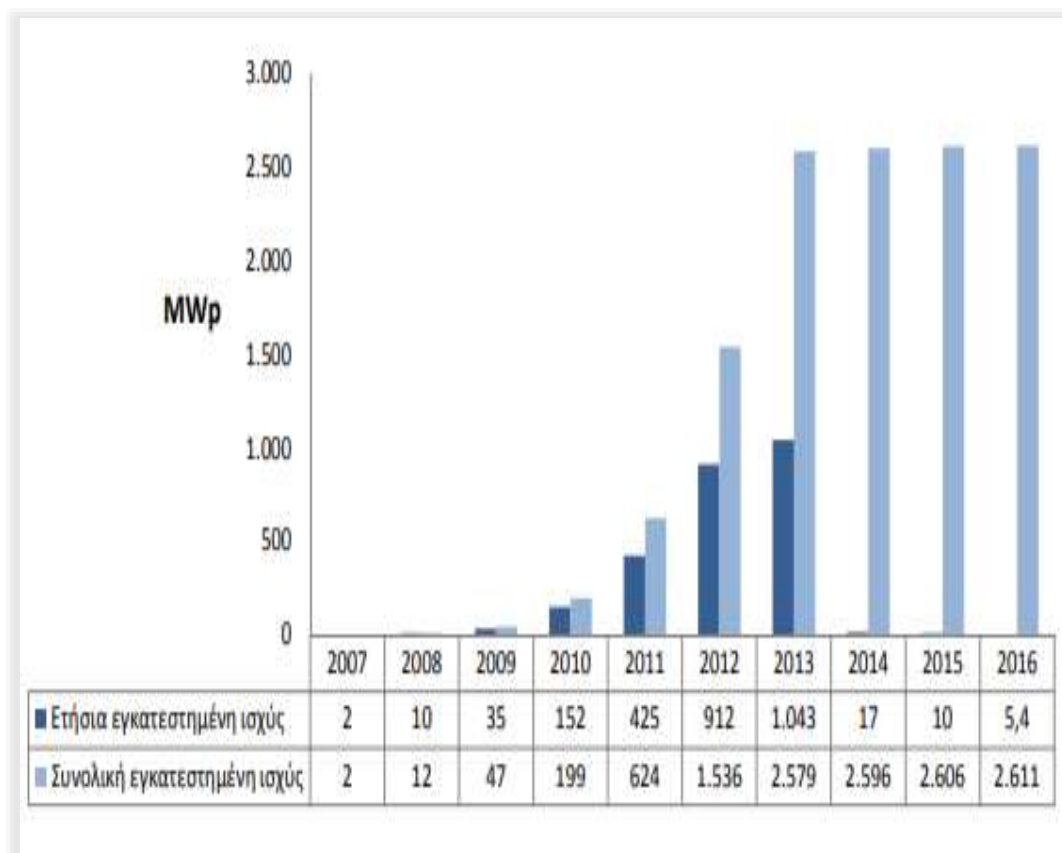
των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι εντονότερο το χειμώνα, οπότε ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα και, ως εκ τούτου, η σκιά του κάθε πλαισίου εκτείνεται σε σημαντικό μήκος.

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, όπως εξάλλου και τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται, παράγουν πάντοτε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης και, ανάλογα με την εφαρμογή, αυτό είτε χρησιμοποιείται απευθείας ως έχει, είτε μετατρέπεται σε ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης. Ανεξάρτητα, όμως, από την εφαρμογή, οι γεννήτριες συνδυάζονται και με άλλες κύριες ή βοηθητικές ηλεκτρονικές συσκευές, σχηματίζοντας τα λεγόμενα φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο κύριος διαχωρισμός των συστημάτων αυτών είναι σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα.

8.5 Εξέλιξη και προοπτικές των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα

Το ισχυρό ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας και κυρίως στις νοτιοανατολικές περιοχές της, δίνει ένα αδιαμφισβήτητο πλεονέκτημα στην πορεία της για την επίτευξη των στόχων για παραγωγή όλο και πιο καθαρής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο νόμος με τον οποίο δόθηκε η πρώτη ώθηση για την ανάπτυξή τους ήταν ο Ν. 3468/2006, οπότε και θεσπίστηκε ένα πρώτο σαφές νομοθετικό πλαίσιο για τις διαδικασίες και την προμωδότηση της ηλεκτροπαραγωγής από ηλιακή ενέργεια. Έκτοτε η εξέλιξη υπήρξε εντυπωσιακή. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για τα έτη 2007-2016, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έφτασε στα 2.611 MWp, καλύπτοντας το 7,05 % των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα νέα φωτοβολταϊκά συστήματα που εγκαταστάθηκαν εντός του τελευταίου έτους ανέρχονται σε 432, είναι συνολικής ισχύος 5.418,43 kWp και πρόκειται για συστήματα αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) που επιτρέπουν στον καταναλωτή να «αποθηκεύει» την περίσσεια ενέργειας εφόσον υπάρχει και η οποία δε χάνεται αλλά συμψηφίζεται με την καταναλισκόμενη για μια ορισμένη χρονική περίοδο.

Γράφημα 14: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών (2007-2016)



Πηγή: <http://helapco.gr>

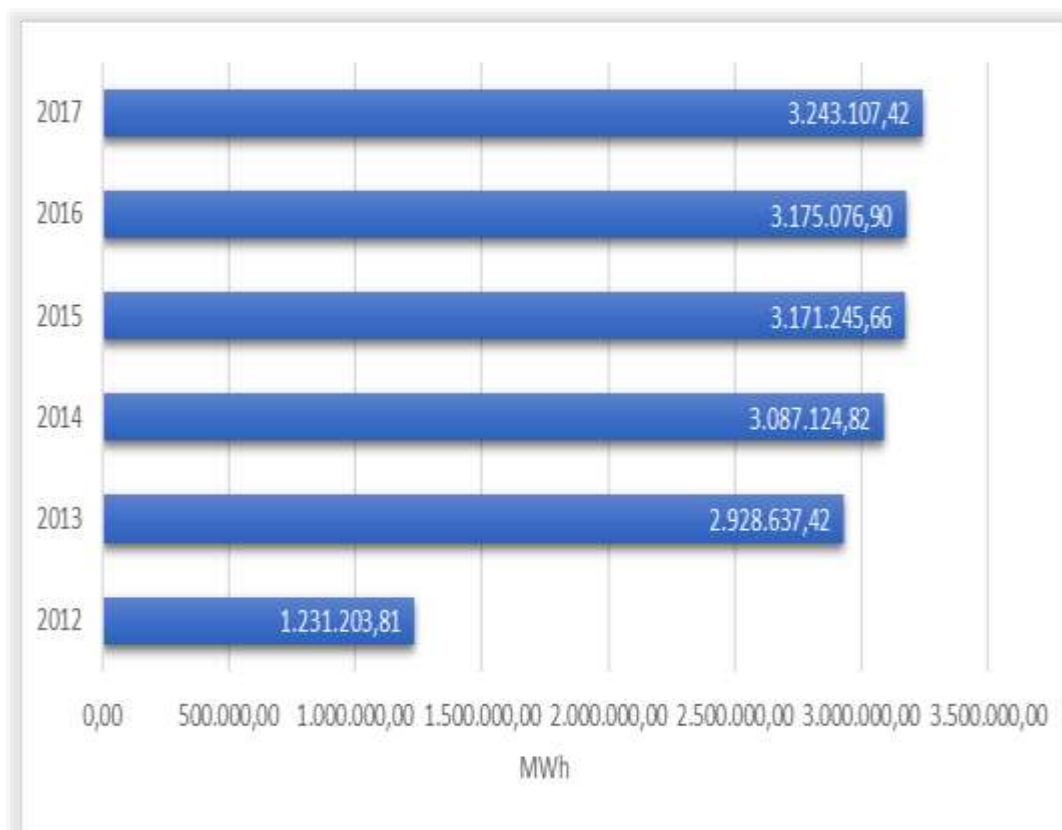
Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, τα 2014 ήταν μια κακή χρονιά για την αγορά των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, με το 2015 να συνεχίζεται η καθοδική πορεία και το 2016 να αποτελεί τη χειρότερη χρονιά, επαναφέροντας την αγορά στα επίπεδα του 2007, πριν σχεδόν αρχίσει η ανάπτυξή της. Η πτώση αυτή ήταν αποτέλεσμα των πολιτικών που ακολουθήθηκαν με σκοπό να διορθωθούν οι θεσμικές αστοχίες του παρελθόντος, καθώς και των capital controls που επιβλήθηκαν στην αγορά επηρεάζοντας αρνητικά τη ρευστότητά της και τις επενδύσεις γενικότερα.

Παρόλα αυτά, η προηγούμενη εντυπωσιακή ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων διατήρησε τη συμμετοχή τους στη συνολική κάλυψη των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια σε υψηλά επίπεδα και δη στο 7% για το 2014, στο 7,1% για το 2015 και στο 7,05% για το 2016.

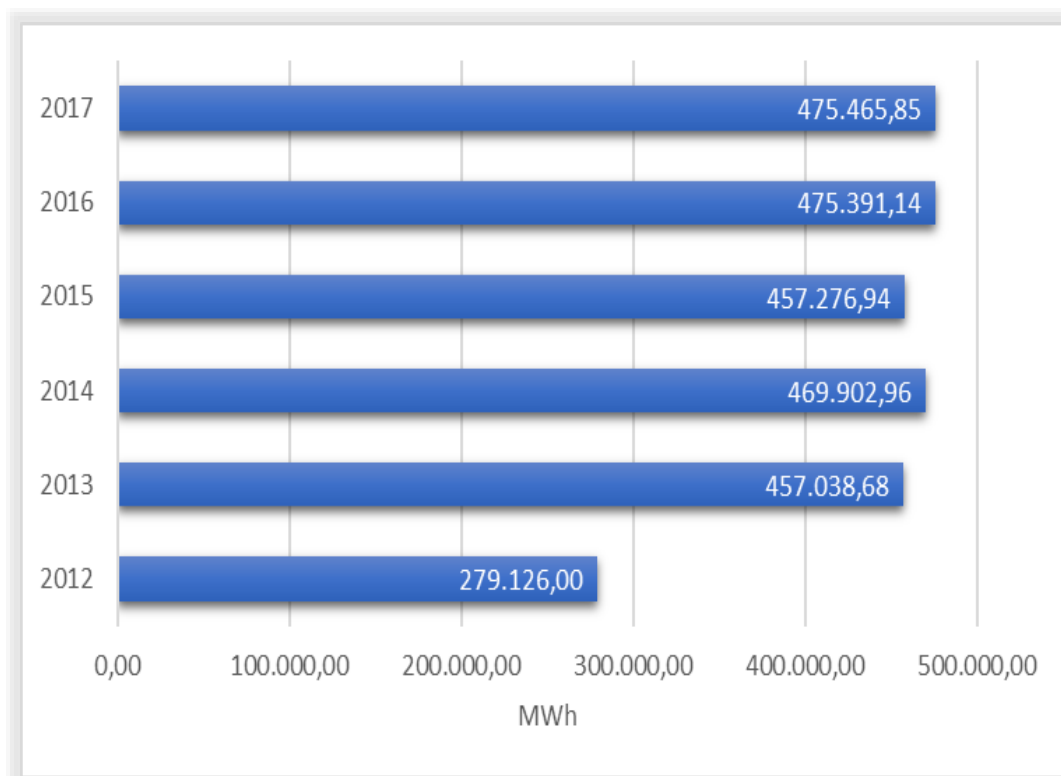
Τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ παραμένουν εντυπωσιακά, καθώς ανέρχονται σε 45,1% για το 2014, 41,3% για το 2015 και 39,1% για το 2016, στη δεύτερη θέση μετά την ηλεκτροπαραγωγή από αιολικές εγκαταστάσεις.

Πιο συγκεκριμένα, στα παρακάτω γραφήματα φαίνεται η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκούς σταθμούς (γράφημα 14) και η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά σε στέγες <10kW (γράφημα 15). Από τα παρακάτω γραφήματα παρατηρείται έντονα η αυξητική τάση που υπάρχει από το 2012 έως το 2013 και στις δυο περιπτώσεις, ενώ έπειτα του 2013 παρατηρείται ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κινείται σταθερά.

Γράφημα 15: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκούς σταθμούς (2012-2017)



Γράφημα 16: Συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά στεγών (2012-2017)



Γενικότερα, η Ελλάδα είναι μια από τις πιο ευνοημένες χώρες του πλανήτη από πλευράς ηλιοφάνειας και παρουσιάζει ευνοϊκότερες προϋποθέσεις για τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το βασικότερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων σήμερα, το οποίο αποτελεί τροχοπέδη για την επέκταση της χρήσης τους σε ευρεία κλίμακα, θεωρείται το υψηλό κόστος κτήσης τους, δηλαδή το σχετικά μεγάλο κεφάλαιο που απαιτείται να επενδυθεί για την αγορά των συστημάτων αυτού του είδους, σε συνδυασμό με το μεγάλο διάστημα απόσβεσης της σχετικής επένδυσης, έναντι της χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας. Αν και το κόστος εγκατάστασης των διαφόρων φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώνεται με ταχύ ρυθμό, δεν έχει ακόμα φτάσει σε επίπεδα τέτοια που να είναι βραχυπρόθεσμα ανταγωνιστικό άλλων, συμβατικών κυρίως, τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας.

9. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ

9.1 Εισαγωγή

Η πρόβλεψη της Συνολικής Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh) είναι απαραίτητη έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η διαχείριση και η ενσωμάτωση της στα σύγχρονα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Συνεπώς, ερευνητικά κέντρα και εταιρείες έχουν επενδύσει κατά τις τελευταίες δεκαετίες, στην ανάπτυξη των μεθόδων και των λειτουργικών εργαλείων, οδηγώντας σε μια πληθώρα μοντέλων πρόβλεψης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Με τον όρο μοντέλο θεωρείται μια μαθηματική αναπαράσταση της πραγματικότητας. Τα μοντέλα πρόβλεψης μπορούν να διακριθούν σε διάφορες κατηγορίες. Τα απλά μοντέλα, τα οποία βασίζονται στην κλιματολογία και σε μετρήσεις προηγούμενων ετών, ονομάζονται μοντέλα αναφοράς και είναι εύκολο να εφαρμοστούν. Τέτοια μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέτρα σύγκρισης. Επιπρόσθετα, υπάρχουν τα εξελιγμένα μοντέλα, τα οποία χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες: α) τα φυσικά μοντέλα⁶ και β) τα στατιστικά μοντέλα⁷. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός των παραπάνω μοντέλων (υβριδικά μοντέλα), αφού και οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή ακριβών προβλέψεων.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της Στατιστικής Ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε και η οποία βασίζεται στη χρήση χρονοσειρών καθώς επίσης και τα αποτελέσματα αυτής.

⁶ Τα φυσικά μοντέλα βασίζονται κατά κύριο λόγο στη χρήση αριθμητικών μοντέλων μετεωρολογικών προβλέψεων (Numerical Weather Prediction models, NWP), (π.χ. HIRLAM, GFS, DWD's Lokalmodell, UK MetOffice Model, SKIRON, κ.α.) τα οποία, εν γένει, αναπτύσσονται από μετεωρολόγους για την πρόβλεψη του καιρού σε περιοχές μεγάλης κλίμακας.

⁷ Τα στατιστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για την άμεση μετατροπή των μεταβλητών εισόδου σε ηλεκτρική ισχύ. Αυτό γίνεται με χρήση μοντέλων που λειτουργούν ως "μαύρα κουτιά", όπως είναι τα μοντέλα αυτοπαλινδρόμησης, τα νευρωνικά δίκτυα (ΝΔ), κ.α. Τα μοντέλα αυτά συνδυάζουν τις διάφορες εισόδους, όπως είναι η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία (τα οποία λαμβάνονται ως έξοδοι των μοντέλων NWP) με τρέχουσες (online) μετρήσεις ηλεκτρικής ισχύος των μονάδων ΑΠΕ, ταχύτητας ανέμου, ηλιακής ακτινοβολίας κ.τ.λ. Με τα μοντέλα αυτά είναι δυνατή ακόμη και η απευθείας πρόβλεψη της ηλεκτρικής ισχύος πολλών σταθμών ΑΠΕ σε μία περιοχή με χρήση των διαθέσιμων μεταβλητών εισόδου.

9.2 Ανάλυση Χρονοσειρών

Χρονοσειρά ονομάζεται μια σειρά τιμών που λαμβάνει μια μεταβλητή σε διαδοχικές χρονικές περιόδους. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών παρατηρήσεων στις περισσότερες περιπτώσεις είναι σταθερής διάρκειας. Σκοπός της διαχρονικής ανάλυσης μιας μεταβλητής είναι η περιγραφή της μέχρι τώρα διαχρονικής εξέλιξής της, καθώς και η πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς της.

Είναι λοιπόν μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών $X_t, t \in T$, όπου T είναι χρονική περίοδος ή υποσύνολο του χώρου και X_t είναι η παρατήρηση στο χρόνο t . Αν το T είναι συνεχές τότε η χρονοσειρά λέγεται συνεχής ενώ αν το T είναι διακριτό τότε η χρονοσειρά λέγεται διακριτή. Οι χρονοσειρές που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα μελέτη είναι οι διακριτές.

9.2.1 Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

Μια χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηρίζεται από γραμμικότητα (linearity) ή μη-γραμμικότητα (nonlinearity). Η γραμμικότητα του συστήματος σημαίνει πως οι μεταβλητές του συστήματος αλληλεπιδρούν γραμμικά, δηλαδή αν θα εκφράζαμε το σύστημα με αναλυτική μορφή όλοι οι όροι θα ήταν γραμμικοί ως προς τις μεταβλητές του συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση το σύστημα είναι μη-γραμμικό. Για τη χρονοσειρά αυτό σημαίνει πως για ένα γραμμικό σύστημα ορίζουμε την εξέλιξη της χρονοσειράς ως γραμμικό συνδυασμό των προηγούμενων παρατηρήσεων της χρονοσειράς.

Είναι συχνό φαινόμενο στις χρονοσειρές η μέση τιμή τους να παρουσιάζει μια αυξητική, ή φθίνουσα, τάση ή/και να έχει εναλλαγές μεταξύ αυξητικών φάσεων και φθίνουσών φάσεων, να παρουσιάζει δηλαδή μια κυκλικά επαναλαμβανόμενη δομή σε διαδοχικά χρονικά διαστήματα ή εποχές. Επίσης, από τη γραφική παράσταση μιας χρονοσειράς είναι δυνατόν να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν “ιδιάζουσες” τιμές (outliers), τιμές δηλαδή που βρίσκονται σε προφανή απόκλιση από τις υπόλοιπες. Οι τιμές αυτές ενδέχεται να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στην μοντελοποίηση μιας χρονοσειράς και ως εκ τούτου χρειάζονται ειδική μεταχείριση αφού όμως πρώτα προσδιοριστεί το αίτιο το οποίο τις προκάλεσε.

Με τον όρο στασιμότητα (Stationarity) εννοούμε ότι οι διακυμάνσεις των τιμών της χρονοσειράς δε διαφοροποιούνται με το χρόνο. Μια μη στάσιμη χρονοσειρά μπορεί να έχει τάσεις (trends), δηλαδή αλλαγές στη μέση τιμή της με το χρόνο, μπορεί επίσης να παρουσιάζει περιοδικότητα (periodicity), που όταν αναφέρεται σε συγκεκριμένες

περιόδους που σχετίζονται με φυσικές εποχές του έτους (μήνα, τρίμηνο, τετράμηνο) η οποία ονομάζεται και εποχικότητα (seasonality).

9.2.2 Συνιστώσες της χρονοσειράς

Η στατιστική ανάλυση των χρονοσειρών αποβλέπει στην ποσοτική μέτρηση και το διαχωρισμό των συνιστωσών που την αποτελούν. Για τη μελέτη της χρονοσειράς, ο διαχωρισμός των συνιστωσών είναι απαραίτητος καθώς κάποιες πρέπει να αφαιρεθούν ή να μελετηθούν ξεχωριστά.

- Η αφαίρεση της τάσης είναι απαραίτητη όταν πρέπει να μελετηθεί η συμπεριφορά της χρονοσειράς χωρίς αυτήν.
- Η κυκλική συνιστώσα έχει ιδιαίτερη σημασία ειδικά όταν πρόκειται για οικονομική δραστηριότητα και συνηθίζεται να μελετάται ανεξάρτητα.
- Η αφαίρεση της εποχικότητας διευκολύνει τη σύγκριση τιμών μια χρονοσειράς (πχ. μηνιαίων παρατηρήσεων).

Η μελέτη των συνιστωσών συμβάλλει στη μελέτη του παρελθόντος της χρονοσειράς και στην πρόβλεψη τη συμπεριφοράς της και τα μεγέθη αυτά όπως θα διαμορφωθούν στο μέλλον.

9.3 Χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης

Το μήκος του διαστήματος μεταξύ της χρονικής στιγμής κατά την οποία γίνεται η πρόβλεψη και της χρονικής στιγμής στην οποία αναφέρεται η πρόβλεψη ονομάζεται χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης (time frame). Όσο μεγαλώνει το χρονικό πλαίσιο τόσο δυσκολότερη γίνεται η λήψη μιας πρόβλεψης ως προς την ακρίβεια της προβλεπτικής ικανότητας.

Με βάση το μήκος τους, τα χρονικά πλαίσια μπορούν να είναι: άμεσα (immediate) με μήκος μικρότερο από ένα μήνα, βραχυπρόθεσμα (short-term) με μήκος 1-3 μήνες, μεσοπρόθεσμα (medium-term) με μήκος 3 μηνών έως 2 έτη , και μακροπρόθεσμα (long-term) με μήκος άνω των 2 ετών.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης μέσω χρονοσειρών είναι περισσότερο αποτελεσματικές όταν το περιβάλλον παραμένει σταθερό, καθώς βασίζονται στην υπόθεση ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν, γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συνήθως για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις.

9.4 Η προσέγγιση Box-Jenkins

Η προσέγγιση των Box-Jenkins στην ανάλυση χρονοσειρών είναι μια μέθοδος εύρεσης ενός υποδείγματος ARIMA που να παριστάνει ικανοποιητικά τη στοχαστική διαδικασία από την οποία προήλθαν τα δεδομένα, δηλαδή το δείγμα.

Η Box-Jenkins ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) τεχνική δίνει μορφή υποδείγματος στην πιο γενική μορφή σε μια διακριτή χρονοσειρά, ως συνάρτηση αυτοπαλινδρομούμενων όρων, κινούμενου μέσου και μιας σταθεράς. Περιλαμβάνει συγχρόνως στο εκτιμώμενο μοντέλο ένα τύπο εποχικού και ένα μη εποχικού παράγοντα και η γενική του μορφή συμβολίζεται ως:

$$\text{ARIMA}(p,d,q)(P,D,Q)s$$

Όπου:

- p : η τάξη αυτοπαλινδρόμησης του μη εποχικού παράγοντα
- d : η τάξη προς τα πίσω διαφορών του μη εποχικού παράγοντα
- q : η τάξη κινούμενου μέσου του μη εποχικού παράγοντα
- P : η τάξη αυτοπαλινδρόμησης του εποχικού παράγοντα
- D : η τάξη των προς τα πίσω διαφορών του εποχικού παράγοντα
- Q : η τάξη κινούμενου μέσου του εποχικού παράγοντα
- s : η εποχικότητα της χρονοσειράς

9.4.1 Το υπόδειγμα ARIMA(p,d,q)

Τα μοντέλα ARIMA συνδυάζουν τις ιδιότητες τριών διαφορετικών υπομοντέλων (υποσυστημάτων):

1. Αυτοπαλινδρόμησης (autoregression),
2. Ολοκλήρωσης (integration) και
3. Εξομάλυνσης με μετακινούμενο μέσο (moving average)

Παριστάνονται με 3 συντελεστές, που ο καθένας τους περιγράφει τα υπομοντέλα που αναφέρθηκαν.

Συγκεκριμένα, οι τρεις μορφές των παραμέτρων αυτού του υποδείγματος είναι:

1. παράμετρος αυτοπαλινδρόμησης (AR): οι p παράμετροι του αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος, ή τάξη αυτοπαλινδρόμησης του μη εποχικού παράγοντα,

2. βαθμός διαφορικού μετασχηματισμού (I): ο αριθμός d των διαφορών που απαιτούνται για να γίνει η σειρά στάσιμη ή η τάξη προς τα πίσω διαφορών του μη εποχικού παράγοντα (στάσιμες διαδικασίες χαρακτηρίζονται στις οποίες ότι ο μέσος, η διακύμανση και οι αυτοδιακυμάνσεις δεν εξαρτώνται από το χρόνο, δηλαδή ο μέσος και η διακύμανση παραμένουν σταθεροί) και
3. τάξη μετακινούμενου μέσου (MA): οι q παράμετροι του υποδείγματος κινητού μέσου ή η τάξη κινούμενου μέσου του μη εποχικού παράγοντα.

Μια ARIMA(p,d,q) διαδικασία μπορεί να διατυπωθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους και να πάρει τρεις διαφορετικές μορφές:

1. Ως συνάρτηση των παρελθουσών τιμών της και των τιμών του διαταρακτικού όρου, τρέχουσας και παρελθουσών. Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως εξίσωση διαφοράς (difference equation form).
2. Ως συνάρτηση των παρελθουσών τιμών της και της τρέχουσας τιμής του διαταρακτικού όρου. Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως η αντίστροφη μορφή (inverted form).
3. Ως συνάρτηση μόνο των τιμών του διαταρακτικού, τρέχουσας και παρελθουσών. Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως τυχαία διαταραχή (random shock form).

9.4.2 Εποχικό δείγμα SARIMA

Τα εποχικά υποδείγματα SARIMA (seasonal ARIMA models ή SARIMA models), είναι μια άλλη κατηγορία των υποδειγμάτων ARIMA. Το εποχικό μέρος ενός υποδείγματος ARIMA έχει την ίδια δομή με αυτή του μη-εποχικού υποδείγματος, δηλαδή μπορεί να έχει έναν παράγοντα AR, έναν παράγοντα MA και μια τάξη διαφορών.

Ένα εποχικό ARIMA υπόδειγμα ορίζεται σαν ένα υπόδειγμα ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q), όπου:

- P είναι ο αριθμός των εποχικών αυτοπαλίνδρομων όρων (SAR),
- D είναι ο αριθμός των εποχικών διαφορών, και
- Q είναι ο αριθμός των εποχικών όρων κινητού μέσου (SMA).

Για να εξακριβωθεί ένα εποχικό υπόδειγμα, το πρώτο βήμα είναι να καθορίσουμε αν είναι απαραίτητη ή όχι μια εποχική διαφορά μαζί με μια μη-εποχική διαφορά ή μπορεί και αντί αυτής. Εάν το εποχικό υπόδειγμα είναι δυνατό και σταθερό με το χρόνο, (για παράδειγμα ψηλά το καλοκαίρι και χαμηλά το χειμώνα), τότε πιθανόν να πρέπει να

χρησιμοποιηθεί μια εποχική διαφορά ανεξάρτητα με το αν χρησιμοποιηθεί μια μη-εποχική διαφορά.

9.5 Ανάλυση χρονοσειρών με την μέθοδο Box-Jenkins

9.5.1 Τα στάδια της μεθόδου

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τρία στάδια, την ταυτοποίηση (identification), την εκτίμηση (estimation), και το διαγνωστικό έλεγχο (diagnostic checking).

1ο Στάδιο: Ταυτοποίηση

Στο στάδιο αυτό:

- Επιλέγεται ένα δοκιμαστικό μοντέλο ικανό να μας δείξει αν υπάρχουν βασικά χαρακτηριστικά στη χρονοσειρά, όπως τάση και εποχικότητα.
- Γίνεται απεικόνιση της ίδιας της μεταβλητής της χρονοσειράς, όπως επίσης και απεικόνιση των συναρτήσεων συσχέτισης (Correlation Functions) (Αυτοσυσχέτισης (Autocorrelation, ACF) και μερικής(partial) αυτοσυσχέτισης).
- Καθορίζονται οι τιμές των p, d, q , δηλαδή καθορίζεται ο αριθμός d των διαφορών που απαιτούνται για να μετατραπεί η σειρά σε στάσιμη αν δεν είναι. Προσδιορίζεται στη συνέχεια η τάξη του υποδείγματος ARIMA, δηλαδή καθορίζεται η τάξη p της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας και η τάξη q της διαδικασίας κινητού μέσου. Ο προσδιορισμός τους βασίζεται στις δειγματικές απλές και μερικές αυτοσυσχετίσεις.

Αν μια μεταβλητή χαρακτηρίζεται από τάση, ο μέσος και ίσως και η διακύμανσή της θα μεταβάλλονται με το χρόνο, πράγμα που σημαίνει ότι η σειρά δεν είναι στάσιμη. Σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε τις πρώτες ή τις δεύτερες ή κ.τ.λ. διαφορές για να μετατραπεί η σειρά σε στάσιμη. Με τη μέθοδο των διαφορών επιδιώκουμε να εξαλείψουμε την τάση που υπάρχει σε μια χρονοσειρά σχηματίζοντας μια νέα χρονοσειρά από τις διαφορές μεταξύ διαδοχικών όρων. Έτσι, όταν η τάση είναι γραμμική, η χρονοσειρά που παράγεται έχει μηδενική τάση. Όταν η τάση είναι πολυωνυμική, η διαδικασία των διαφορών μεταξύ διαδοχικών όρων επαναλαμβάνεται μέχρι να εξαλειφθεί η τάση πλήρως.

2ο Στάδιο: Εκτίμηση

Γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου ύστερα από την προσαρμογή του στα δεδομένα. Ελέγχεται η σημαντικότητα των παραμέτρων, προβλέπεται το μέρος της

χρονοσειράς που χρησιμοποιείται γι' αυτό το σκοπό και γίνεται αποδοχή ή απόρριψη του μοντέλου.

3ο Στάδιο: Διαγνωστικός έλεγχος

Στο στάδιο αυτό ελέγχεται το πόσο καλά ταιριάζει το υπόδειγμα με τα δεδομένα, καθώς μπορεί κάποιο άλλο υπόδειγμα ARIMA να προσαρμόζεται καλύτερα.

Εφαρμόζονται στατιστικοί έλεγχοι για τη σημαντικότητα των παραμέτρων και τη συμπεριφορά των καταλοίπων και την τάξη του υποδείγματος.

Περιλαμβάνει τις διαδικασίες:

- υπολογισμού διαστημάτων εμπιστοσύνης στις διαδικασίες πρόβλεψης,
- τον υπολογισμό του τυπικού σφάλματος και άλλων στατιστικών μεγεθών με σκοπό την ποσοτική εκτίμηση της σημαντικότητας των συντελεστών του μοντέλου και
- τον έλεγχο της κανονικότητας των υπόλοιπων (residuals).

9.5.2 Επιλογή του κατάλληλου υποδείγματος

Για την επιλογή του κατάλληλου υποδείγματος υπάρχουν κάποια κριτήρια που χρησιμοποιούνται. Παρατηρούμε ότι αν αυξήσουμε την τάξη του υποδείγματος προσθέτοντας υστερήσεις είτε για το αυτοπαλίνδρομο τμήμα είτε για το τμήμα κινητού μέσου, θα μειώνεται το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων, αλλά ταυτόχρονα θα μειώνονται και οι βαθμοί ελευθερίας αφού εκτιμώνται περισσότερες παράμετροι. Ένα από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι το κριτήριο πληροφοριών Akaike (Akaike Information Criterion) ή αλλιώς AIC.

9.5.3 Αξιολόγηση του υποδείγματος

Για την αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας του υποδείγματος, υπάρχουν διάφορα κριτήρια. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Ρίζα του μέσου τετραγώνου του σφάλματος (Root Mean Square Error),
- Μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error) και
- Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error)

Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για να εξεταστεί κατά πόσο αξιόπιστα περιγράφεται η εξέλιξη της χρονοσειράς από τις διάφορες τεχνικές πρόβλεψης. Όσο μικρότερες είναι οι τιμές των παραπάνω δεικτών τόσο καλύτερη θεωρείται η πρόβλεψη.

9.5.4 Έλεγχος των καταλοίπων

Επειδή η διαδικασία πρόβλεψης ποτέ δεν απομακρύνει τελείως τον κίνδυνο, κρίνεται αναγκαίο στη διαδικασία για τη λήψη της πρόβλεψης να λαμβάνεται υπόψη η αβεβαιότητα που περικλείει η πρόβλεψη. Η πραγματική τιμή μια μεταβλητής εννοιολογικά συνδέεται με την πρόβλεψη σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Πραγματική τιμή} = \text{Τιμή πρόβλεψης} + \text{Σφάλμα πρόβλεψης}$$

Αν το εκτιμώμενο υπόδειγμα είναι το πιο κατάλληλο για τα δεδομένα που έχουμε, τότε τα κατάλοιπα θα πρέπει να μην αυτοσυσχετίζονται. Η μελέτη των αυτοσυσχετίσεων των καταλοίπων μπορεί να δείξει ότι υπάρχει ανεπαρκής προσαρμογή του υποδείγματος, όπως επίσης μπορεί να δείξει και τη μορφή των αναγκαίων τροποποιήσεων που πρέπει να πραγματοποιήσουμε έτσι ώστε το υπόδειγμα να είναι το κατάλληλο.

9.5.5 Έλεγχος της τάξης του υποδείγματος

Αυτός ο έλεγχος γίνεται με μια διαδικασία που ονομάζεται υπερπροσαρμογή (overfitting). Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία ο έλεγχος της καταλληλότητας του εκτιμημένου υποδείγματος γίνεται συγκρίνοντάς το με ένα άλλο υπόδειγμα μεγαλύτερης τάξης. Αν το εκτιμημένο υπόδειγμα είναι τελικά το καταλληλότερο για τα δεδομένα που έχουμε, θα πρέπει οι επιπλέον συντελεστές στα μεγαλύτερα υποδείγματα να μην είναι στατιστικά διαφορετικοί από το μηδέν.

Αν αυτοί οι συντελεστές δεν είναι μηδέν, τότε θα υπάρχει κάποιο άλλο υπόδειγμα που να είναι πιο κατάλληλο για τα δεδομένα μας, απ' ό,τι το εκτιμημένο.

9.5.6 Εγκυρότητα πρόβλεψης

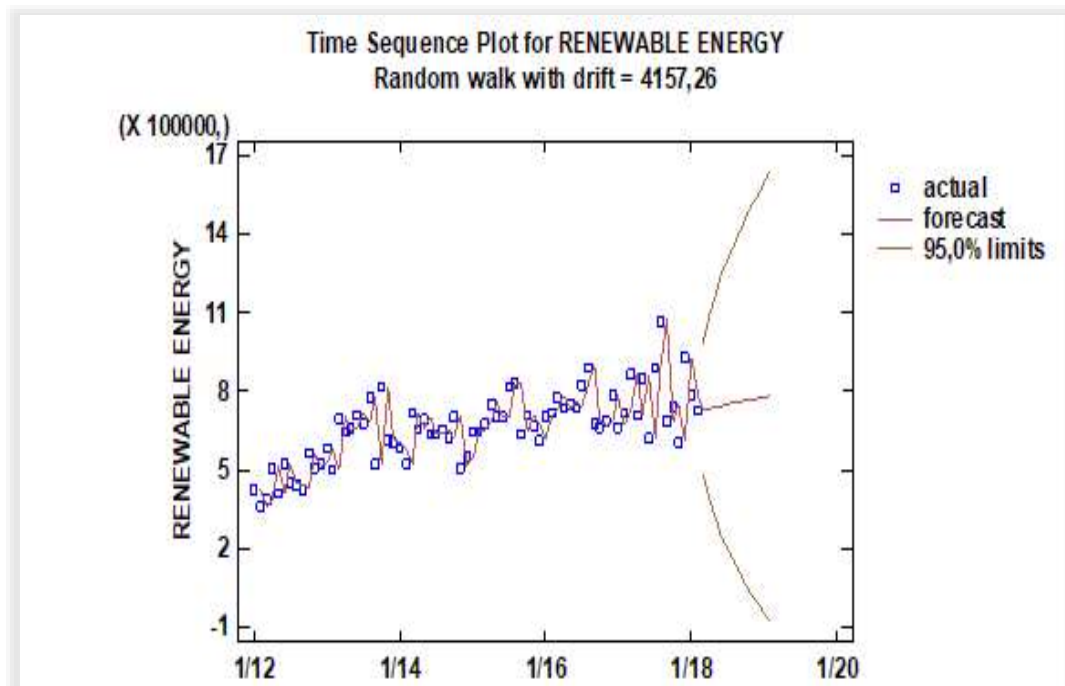
Για να είναι έγκυρη η πρόβλεψη πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Το διάστημα λήψης δεδομένων να είναι παρόμοιο με το διάστημα πρόβλεψης, δηλαδή να μη διαφέρουν οι συνθήκες που επηρεάζουν τις τιμές της μεταβλητής. Ειδικότερα τα πιο παλιά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι σε συνθήκες παρόμοιες με το διάστημα για το οποίο θα γίνει η πρόβλεψη.
- Η πρόβλεψη πρέπει να είναι πεπερασμένη σε πλήθος στοιχείων, καθώς όσο απομακρυνόμαστε από την τελευταία παρατήρηση αυξάνεται η αβεβαιότητα και το προβλεπόμενο διάστημα εμπιστοσύνης μεγαλώνει. Συνήθως η πρόβλεψη για να θεωρείται έγκυρη αντιστοιχεί σε μέγεθος στο 10% του μεγέθους του δείγματος δεδομένων.
- Τα δεδομένα πρέπει να είναι επαρκή σε πλήθος. Αν το δείγμα δεδομένων είναι πολύ μικρό αμφισβητείται η εγκυρότητα της πρόβλεψης.
- Τα δεδομένα πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους.
- Το μοντέλο πρέπει να είναι κατάλληλο για τα δεδομένα και να δίνει προβλέψεις κοντινές στις πραγματικές τιμές. Η εγκυρότητα εξασφαλίζεται μέσω ελαχιστοποίησης του σφάλματος, μέσω ελέγχων των αποκλίσεων των προβλέψεων με πραγματικές τιμές για διαστήματα που υπάρχουν γνωστά δεδομένα.

9.6 Πρόβλεψη συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ για το διάστημα Μάρτιος 2018 – Φεβρουάριος 2019

Στη συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ περιλαμβάνονται η αιολική ενέργεια, η ενέργεια από φωτοβολταϊκά του διασυνδεδεμένου συστήματος και φωτοβολταϊκά σε στέγες <10kW, η ενέργεια από μικρά υδροηλεκτρικά έργα και τέλος, η ενέργεια από βιομάζα-βιοαέριο. Συγκεκριμένα, τα μηνιαία δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν την χρονική περίοδο Ιανουαρίου 2012 έως και Φεβρουαρίου 2018, τα οποία εξάχθηκαν από τον φορέα ΛΑΓΗΕ, και είναι στο σύνολο τους 74 παρατηρήσεις. Όπως φαίνεται στο γράφημα της χρονοσειράς η συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ παρουσιάζει αυξητική τάση.

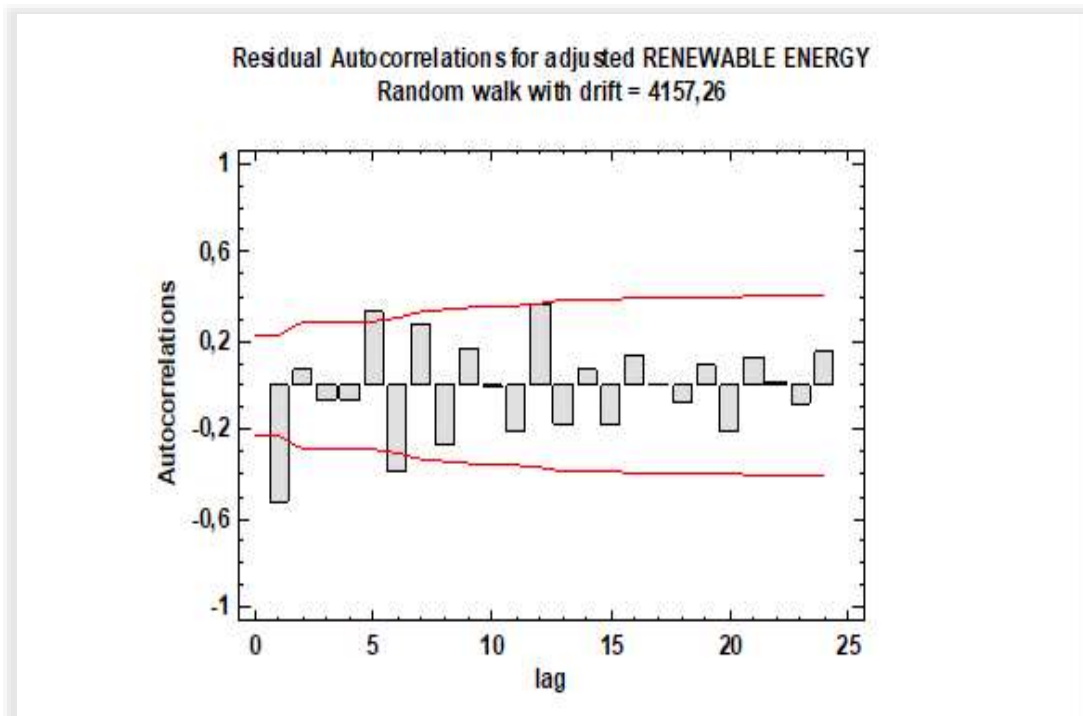
Γράφημα 17: Γράφημα χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ



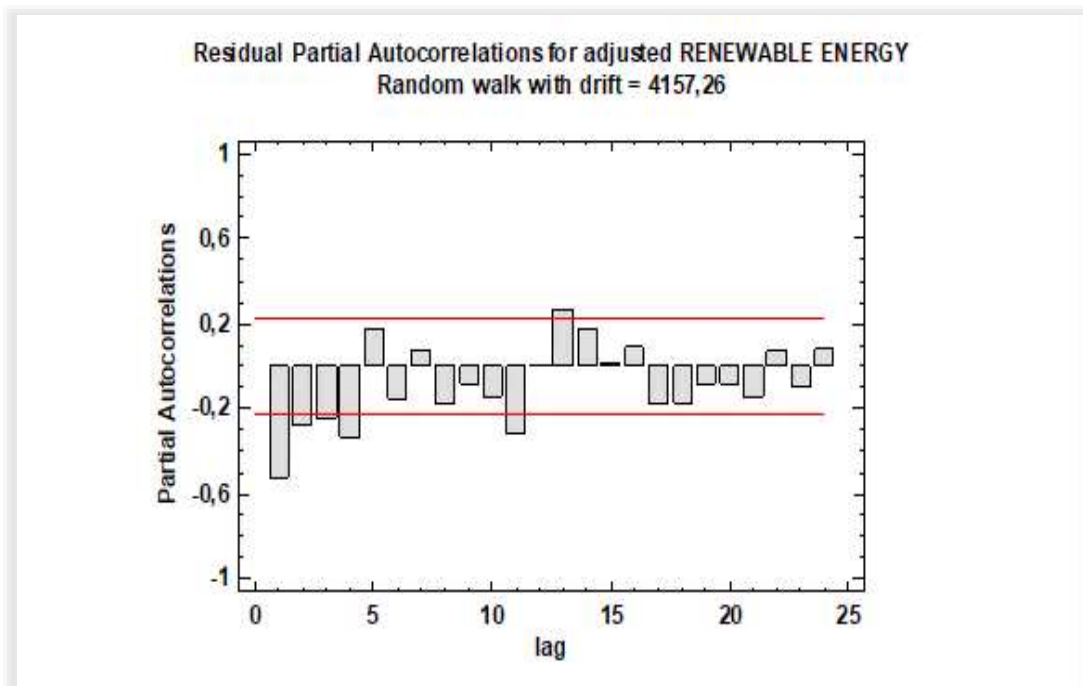
Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ανάλυση γίνεται για τη χρονική περίοδο 01/2012-02/2018, δηλαδή για ένα διάστημα που η Ελλάδα είναι σε οικονομική κρίση. Ωστόσο η κρίση δεν φαίνεται να επηρεάζει την παραγωγή των ΑΠΕ. Επιπλέον, οι παρεμβάσεις στο ρυθμιστικό πλαίσιο, οι οποίες αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, φαίνεται να έχουν λειτουργήσει ευνοϊκά για την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Στα γραφήματα αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF) που ακολουθούν παρατηρείται ότι στο 12μηνο η χρονοσειρά παρουσιάζει εποχικότητα, γεγονός που θα διαπιστωθεί και στο περιοδόγραμμα που ακολουθεί.

Γράφημα 18: Γράφημα αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ



Γράφημα 19: Γράφημα μερικών αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

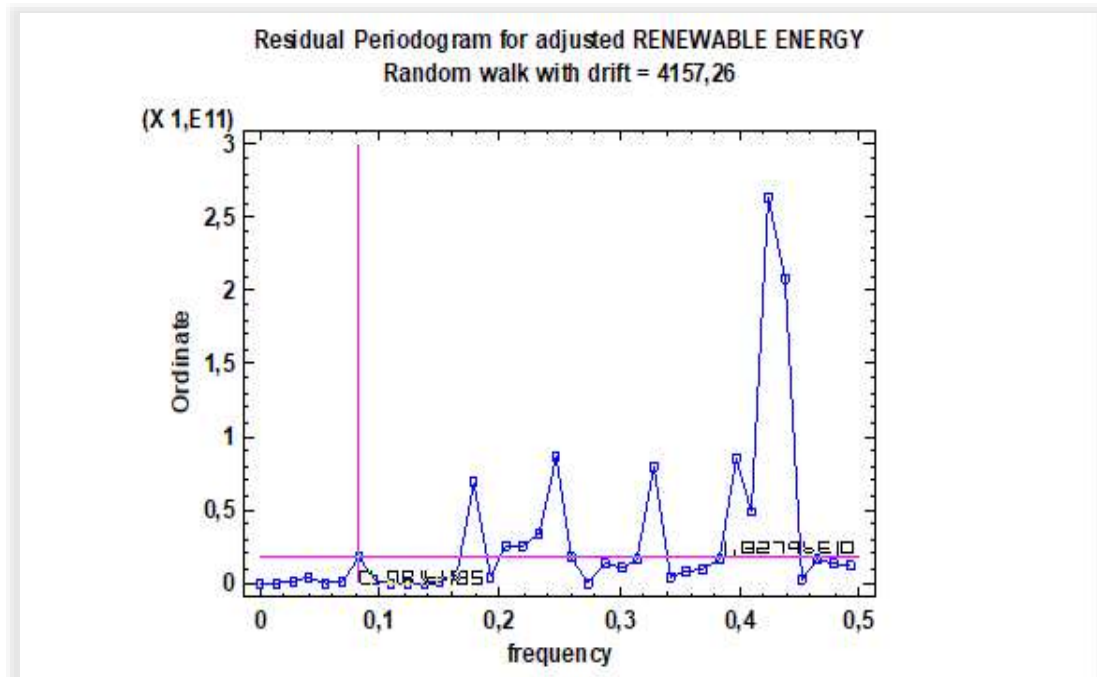


Οι μπάρες που προεξέχουν στο γράφημα ACF είναι 3 ενώ το στο PACF προεξέχουν 6. Το γεγονός αυτό καθορίζει το μέγιστο βαθμό των τάξεων των συντελεστών MA, SMA

και AR, SAR αντίστοιχα στο μοντέλο ARIMA που θα χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη.

Η χρονοσειρά είναι εποχική με εποχικότητα 12 μήνες, η οποία προσδιορίζεται από το περιοδόγραμμα ως εξής: $s = 1 / 0,081485$. Όπου 0,081485 η τετμημένη της πρώτης μεγάλης κορυφής κοντά στην πρώτη περίοδο.

Γράφημα 20: Περιοδόγραμμα της χρονοσειράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ



Αφού έχουν ελεγχθεί οι πρώτης τάξεως εποχικές διαφορές για την εξάλειψη της εποχικότητας, τα μοντέλα που θα εξεταστούν είναι τα παρακάτω:

(A) ARIMA(0,1,2) \times (1,1,2) $_{12}$

(B) Winters' exp. smoothing with alpha = 0,2117, beta = 0,0463, gamma = 0,2222

(C) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,111

(D) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,1594 and beta = 0,0442

(E) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,148

Πίνακας 4: Σύγκριση προτεινόμενων μοντέλων

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	69174,6	52572,7	7,90835	-3715,72	-1,31546
(B)	81502,8	63064,0	9,15059	-10963,8	-2,75051
(C)	102488,	81049,1	12,3285	2633,82	-0,51237
(D)	95388,7	76072,6	11,6601	-8037,98	-2,74655
(E)	99823,1	79684,6	12,0164	8199,8	0,299779

Το μοντέλο που προκρίνεται είναι το (A) ARIMA(3,0,3)x(2,1,1)₁₂ με σταθερά, έχοντας την μικρότερη τιμή RMSE (ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος), MAE (μέσο απόλυτο σφάλμα), MAPE (μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα), όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα.

Πίνακας 5: Έλεγχοι Καταλοίπων

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	69174,6	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	81502,8	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	102488	OK	OK	*	OK	OK
(D)	95388,7	OK	OK	*	OK	OK
(E)	99823,1	OK	OK	*	OK	OK

Εξετάζοντας τη συμπεριφορά των καταλοίπων παρατηρούμε ότι το μοντέλο (A) ARIMA(0,1,2)x(1,1,2)₁₂ με σταθερά, που προκρίθηκε έχει 5 OK στους πέντε ελέγχους καταλοίπων.

Οι έλεγχοι που γίνονται είναι οι παρακάτω:

- RUNS = Έλεγχος ρών πάνω και κάτω,
- RUNM = Έλεγχος ρών πάνω και κάτω από τη διάμεσο,
- AUTO = Box-Pierce έλεγχος για αυτοσυσχέτιση,
- MEAN = Έλεγχος διαφοράς μέσου στο 1ο και 2ο μισό και
- VAR = Έλεγχος διαφοράς διασποράς στο 1ο και 2ο μισό.

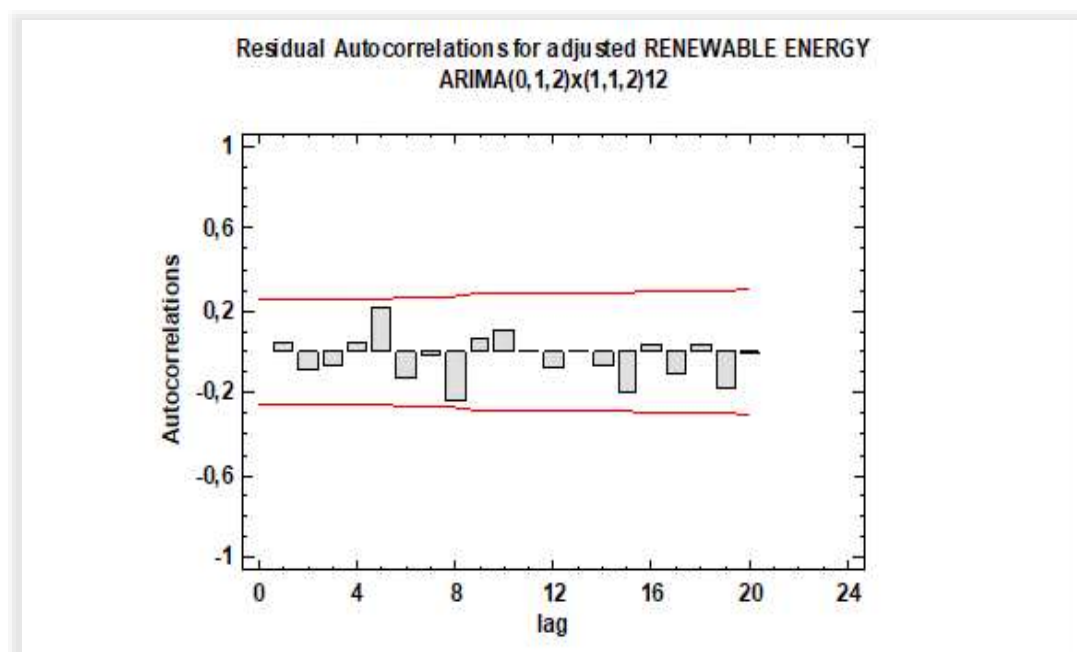
Το αποτέλεσμα των ελέγχων αυτών καθορίζει κατά πόσο είναι κατάλληλο ένα μοντέλο για τα δεδομένα. Τα 5 ΟΚ δείχνουν ότι το μοντέλο (A) που έχει επιλεγθεί είναι κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη, βάσει των δεδομένων που υπάρχουν. Στον παρακάτω πίνακα κρίνεται η σημαντικότητα των συντελεστών του προκρινόμενου μοντέλου πρόβλεψης. Οι συντελεστές με P-value μικρότερο από 0,10 είναι στατιστικά σημαντικοί, διάφοροι του μηδενός, σε βαθμό εμπιστοσύνης 95%. Παρατηρείται ότι τα p-value των συντελεστών είναι μικρότερα από 0,10 συνεπώς είναι στατιστικά σημαντικοί.

Πίνακας 6: Έλεγχος παραμέτρων του μοντέλου ARIMA(0,1,2)(1,1,2)¹²

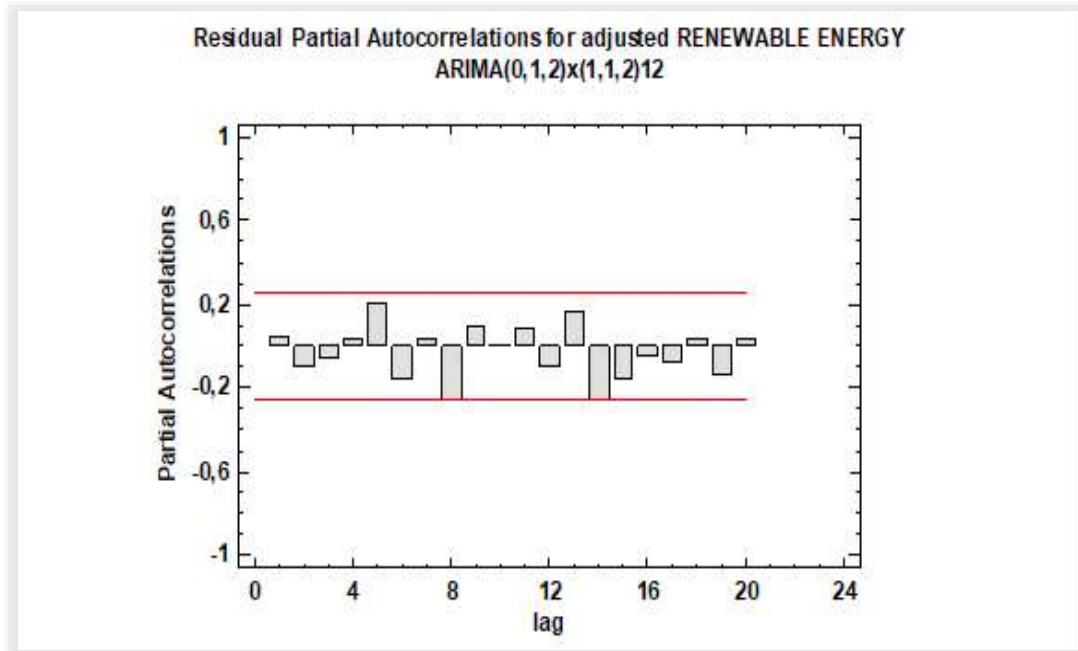
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
MA(1)	0,970546	0,121296	8,00146	0,000000
MA(2)	-0,374138	0,123189	-3,03711	0,003623
SAR(1)	1,24392	0,0389759	31,9151	0,000000
SMA(1)	1,66624	0,122142	13,6418	0,000000
SMA(2)	-0,565173	0,142977	-3,9529	0,000219

Επίσης στα γραφήματα αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης, όπως φαίνεται παρακάτω, όλες οι μπάρες έχουν προσαρμοστεί μέσα στην χοάνη.

Γράφημα 21: Γράφημα Αυτοσυσχετίσεων μετά τον καθορισμό του μοντέλου



Γράφημα 22: Γράφημα μερικών αυτοσυσχετίσεων μετά τον καθορισμό του μοντέλου



Βάσει των παραπάνω το μοντέλο είναι κατάλληλο για να υπολογιστούν οι προβλέψεις για το διάστημα Μάρτιος 2018 – Φεβρουάριος 2019. Οι προβλέψεις που δίνει το μοντέλο και το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

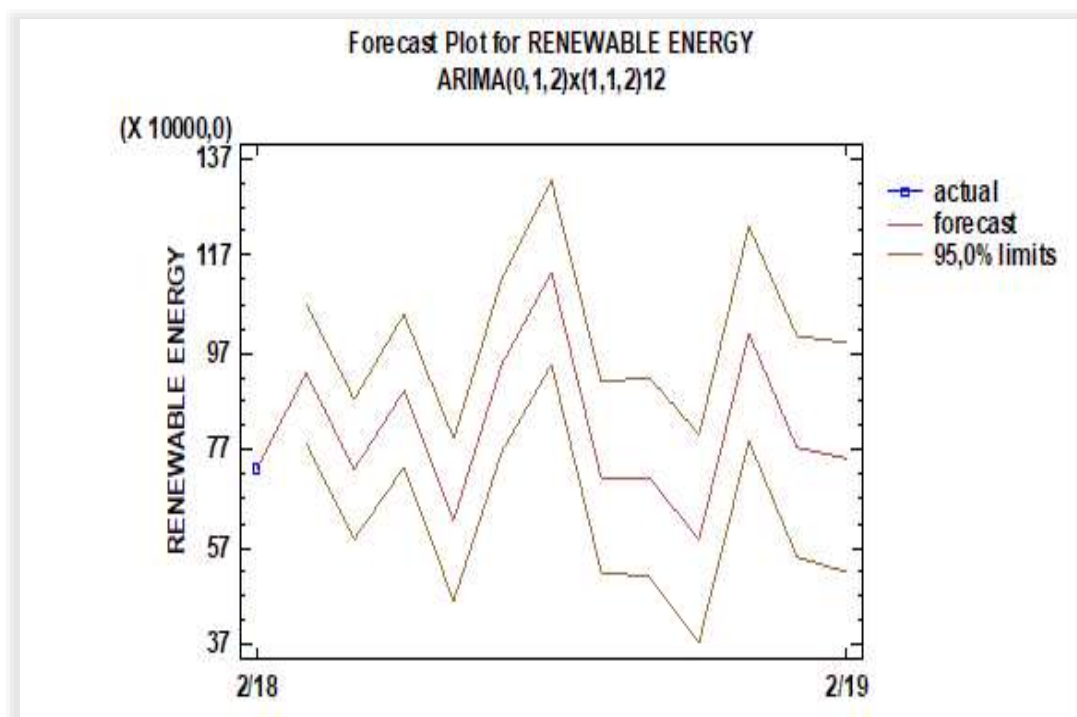
Πίνακας 7: Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ με τη χρήση του ARIMA(0,1,2)(1,1,2)¹²

	Πρόβλεψη	Διάστημα Εμπιστοσύνης 95,0%	
Μήνας	Κεντρική Τιμή	Κάτω Όριο	Άνω Όριο
3/18	928228	782819	1073640
4/18	730879	585407	876351
5/18	891127	734263	1047990
6/18	626947	459465	794429
7/18	944996	767530	1122460
8/18	1135660	948747	1322580
9/18	713399	517485	909313
10/18	713479	508964	917994
11/18	588723	375954	801491
12/18	1010840	790128	1231550
1/19	777217	548835	100560
2/19	754469	518667	990270

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι οι προβλέψεις για την επόμενη χρονική περίοδο προσομοιάζουν και σε τάσεις και σε χαρακτηριστικά με τις αντίστοιχες της χρονικής περιόδου 03/2017-02/2018 λόγω της εποχικότητας. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες αλλαγές στους επιμέρους μήνες.

Γενικότερα, λόγω των κλιματικών συνθηκών στην Ελλάδα παρατηρούνται αυξομειώσεις στις τιμές παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Έτσι είναι δεδομένο πως η παραγωγή των ΑΠΕ βασίζεται στην εποχικότητα. Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζονται γραφικά οι προβλεπόμενες τιμές που αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα.

Γράφημα 23: Γράφημα προβλέψεων για το διάστημα 03/2018-02/2019



Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι προβλεπόμενες με βάση το μοντέλο, μηνιαίες τιμές συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ για το χρονικό διάστημα Μαρτίου 2018 έως Φεβρουαρίου 2019 σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, οι τιμές παραγωγής για το χρονικό διάστημα Μαρτίου 2017 έως Φεβρουαρίου 2018 και η ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ των δυο αυτών περιόδων.

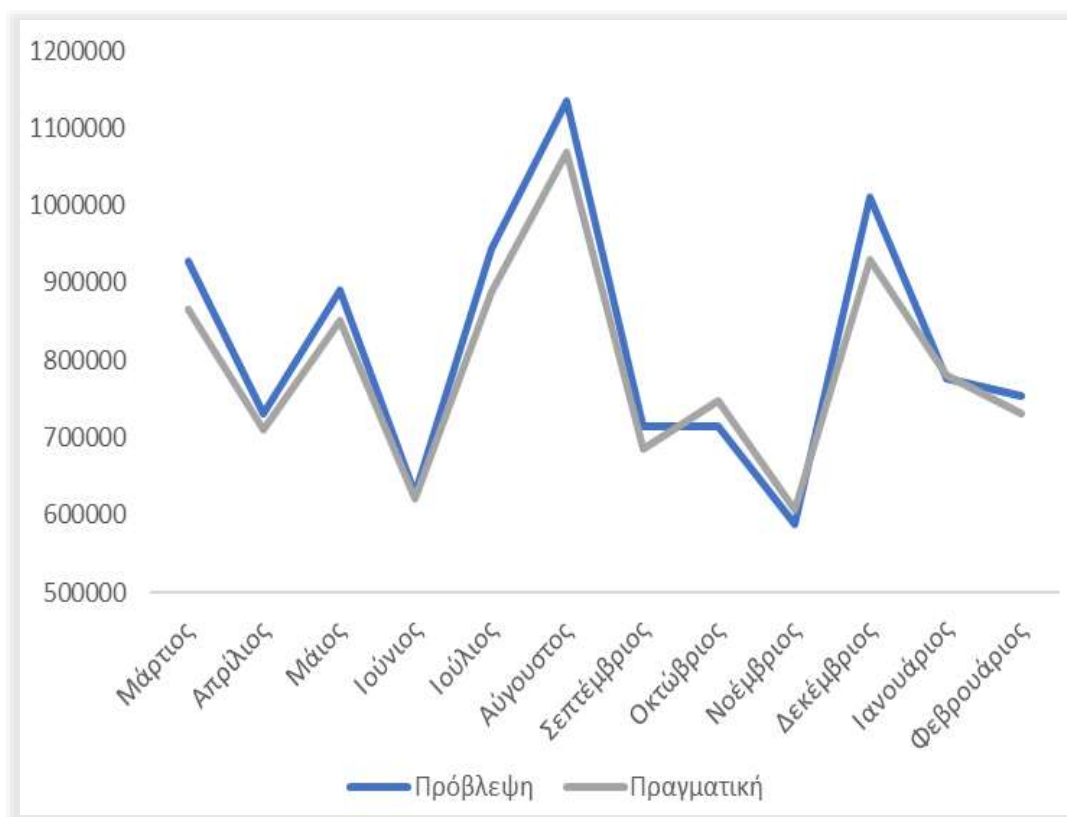
Πίνακας 8: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ με της προηγούμενης περιόδου

Μήνας	Πρόβλεψη 03/2018 – 02/2019	Παραγωγή 03/2017 – 02/2018	Μεταβολή %
3/18	928228	866510	7%
4/18	730879	710686	3%
5/18	891127	850301	5%
6/18	626947	620124	1%
7/18	944996	888856	6%
8/18	1135660	1068688	6%
9/18	713399	685833	4%
10/18	713479	747071	-5%
11/18	588723	607391	-3%
12/18	1010840	929417	8%
1/19	777217	781643	-1%
2/19	754469	730557	3%

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως θα συνεχιστεί η αυξητική τάση. Η ποσοστιαία αυξητική τάση φαίνεται στην τελευταία στήλη του παραπάνω πίνακα, όπου αν εξαιρεθεί η μικρή πτώση που υπάρχει τον Οκτώβριο, τον Νοέμβριο και τον Ιανουάριο, όλοι οι υπόλοιποι μήνες δείχνουν αύξηση στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, με την μεγαλύτερη αύξηση να σημειώνεται τον Δεκέμβριο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 2015 κι έπειτα, ο μήνας κατά τον οποίο επιτυγχάνεται η υψηλότερη παραγωγή είναι ο Αύγουστος και ο μήνας ο οποίος έχει την μεγαλύτερη αύξηση διαχρονικά είναι ο Δεκέμβριος. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τον μήνα Δεκέμβριο παρατηρείται πως το 2014 η συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ήταν 545.837 MWh ενώ τον Δεκέμβριο του 2017 έφτασε τις 929.417 MWh. Μιλώντας με ποσοστά, αν θεωρηθεί έτος βάσης το 2014, η αύξηση στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ για τον Δεκέμβριο είναι περίπου 70%.

Γράφημα 24: Απεικόνιση της σύγκρισης των πραγματικών τιμών της χρονικής περιόδου 03/2017-02/2018 και των προβλεπόμενων της χρονικής περιόδου 03/2018-02/2019



Όπως φαίνεται και από το παραπάνω γράφημα, η συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ θα είναι αυξημένη την περίοδο 03/2018 – 02/2019 σε σχέση με την περίοδο 03/2017 – 02/2018. Για την περίοδο που γίνεται η πρόβλεψη παρατηρείται ότι σε 9 από τους 12 μήνες η συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ θα είναι υψηλότερη σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες της προηγούμενης περιόδου. Σε ετήσιο ποσοστό μεταβολής, βάσει των ευρημάτων, υπολογίζεται ότι θα υπάρξει αύξηση της τάξεως του 3%.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η σημασία της ανωτέρας στατιστικής ανάλυσης όσο και των προβλέψεων αυτής η παρούσα μελέτη επεδίωξε να προσεγγίσει τις ΑΠΕ ανάμεσα σε τρία χρονικά επίπεδα αναφοράς. Πιο απλά, χρειάστηκε να αναφερθεί η εξέλιξη και η υφιστάμενη κατάσταση της Ελλάδας στον κλάδο των ΑΠΕ καθώς και ποιοι είναι οι επιδιωκόμενοι στόχοι για το μέλλον.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί για το 2020 φαίνεται ότι είναι πιο δύσκολοι από ποτέ καθώς όπως αντιλαμβάνεται κανείς τα νούμερα αυτά δεν είναι ιδιαίτερα αισιόδοξα σε σχέση με τις στοχοθετήσεις της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι για το 2020 όσον αφορά στη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μίγμα της χώρας δεν έχουν επιτευχθεί. Σύμφωνα με τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στη 13η ετήσια έκθεση «Νόμος και περιβάλλον στην Ελλάδα 2017», του WWF Ελλάς, το μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας το 2015 (τελευταία διαθέσιμα δεδομένα) ήταν 15,4% ενώ ο εθνικός στόχος για το 2020, βάσει του νόμου 3851/2010, είναι 20%. Αντιστοίχως, στην ηλεκτροπαραγωγή, είχαν συμμετοχή κατά 22,9%, όταν ο αντίστοιχος στόχος είναι 40%. Προκειμένου να επιτευχθεί ο τελευταίος στόχος απαιτείται προσθήκη άνω των 1 GW εγκατεστημένης ισχύος σε ετήσια βάση μέχρι τότε κάτι το οποίο σύμφωνα με το στατιστικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη φαντάζει εξαιρετικά δύσκολο.

Ταυτόχρονα, η Ε.Ε. στην συνεδρίαση της Κοπεγχάγης ανεβάζει ακόμη πιο ψηλά τον πήχη θέτοντας νέους στόχους: (i) μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005, (ii) ποσοστό 85-100% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών, (iii) συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050 και τέλος, (iv) αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 31% - 34% μέχρι το 2050.

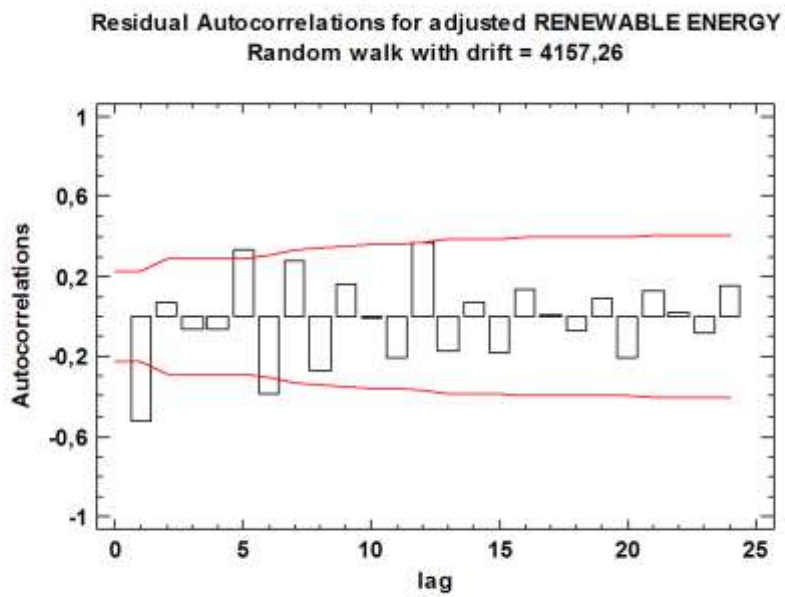
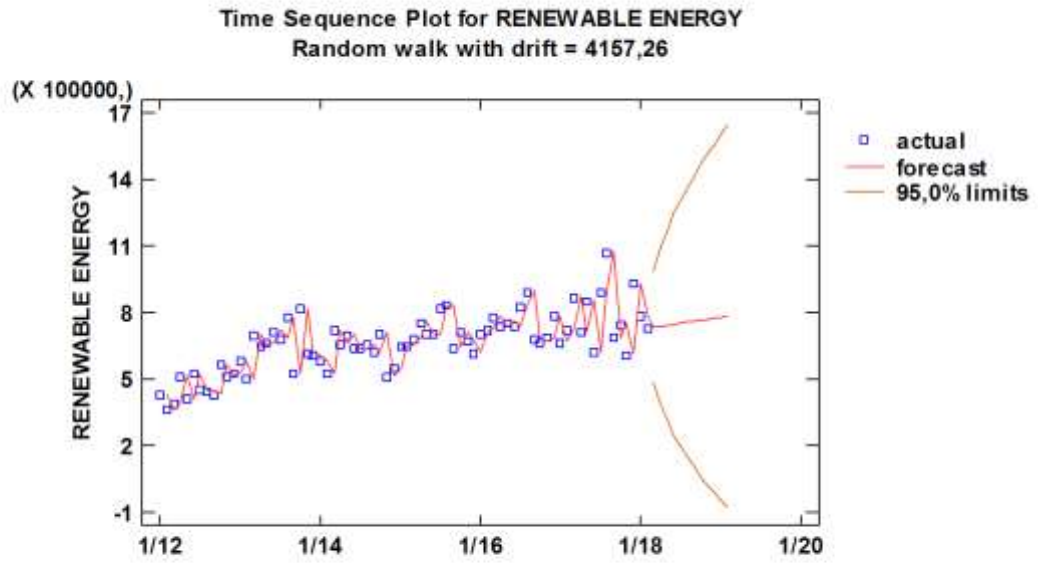
Τα υπό μελέτη μεγέθη, τα οποία αναλύθηκαν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, επηρεάζονται από ένα σύνολο παραγόντων, κάμποιοι από τους οποίους μεταβάλλονται ή δύνανται να μεταβληθούν μελλοντικά ώστε να δημιουργήσουν ένα ευνοϊκότερο πλαίσιο ανάπτυξης των ΑΠΕ. Δεδομένου αυτού, δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί το συμπέρασμα πως οι παραπάνω στόχοι είναι εξαιρετικά φιλοδοξοί.

Προκειμένου να υλοποιηθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί κρίνεται σκόπιμο να ληφθούν υπόψιν οι παρακάτω προτάσεις:

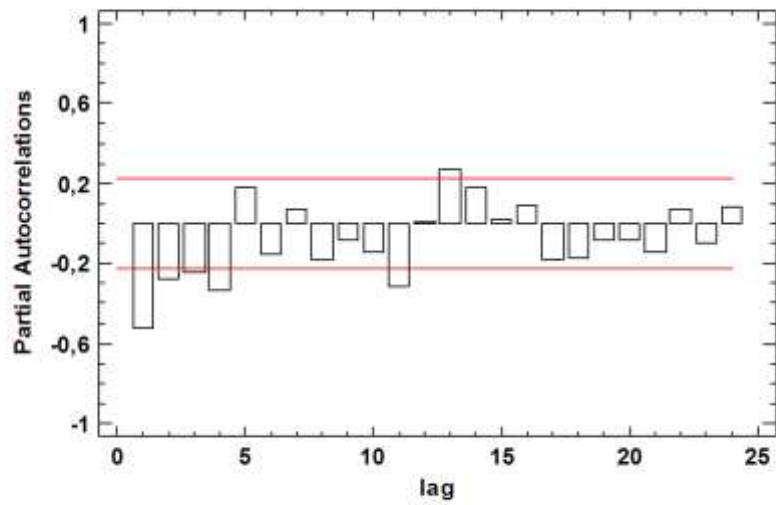
- Για να αξιοποιήσει το τεράστιο ανεκμετάλλευτο δυναμικό της η Ελλάδα, απαιτείται η θέσπιση ενός ολοκληρωμένου θεσμικού, ρυθμιστικού και τιμολογιακού πλαισίου.
- Απαιτείται μία ορθολογική τιμολόγηση της παραγόμενης πράσινης ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες και την ωριμότητα της κάθε τεχνολογίας.
- Εκσυγχρονισμό των προτεραιοτήτων ΑΠΕ, με ταχεία ολοκλήρωση των ώριμων και μη αμφιλεγόμενων έργων και προώθηση των θαλάσσιων αιολικών και την αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών.
- Σε κοινωνικό επίπεδο, η γνώση του πολίτη για τις νέες τεχνολογικές εφαρμογές από τις οποίες μπορεί να επωφεληθεί, ξεκινά από την διοχέτευση αυτής της γνώσης στα πανεπιστήμια και στα ερευνητικά κέντρα μέσω της αύξησης των απαραίτητων κονδυλίων για έρευνα και καινοτομία.

Γενικότερα, ο κλάδος των ΑΠΕ βρίσκεται μόλις στην αρχή της δημιουργίας του. Όλα δείχνουν, όπως και η παρούσα διπλωματική εργασία, ότι η ανάπτυξη του θα αποτελέσει κύριο χώρο επενδυτικού ενδιαφέροντος, πολιτικού προσανατολισμού και εν τέλει κοινωνικής απαίτησης.

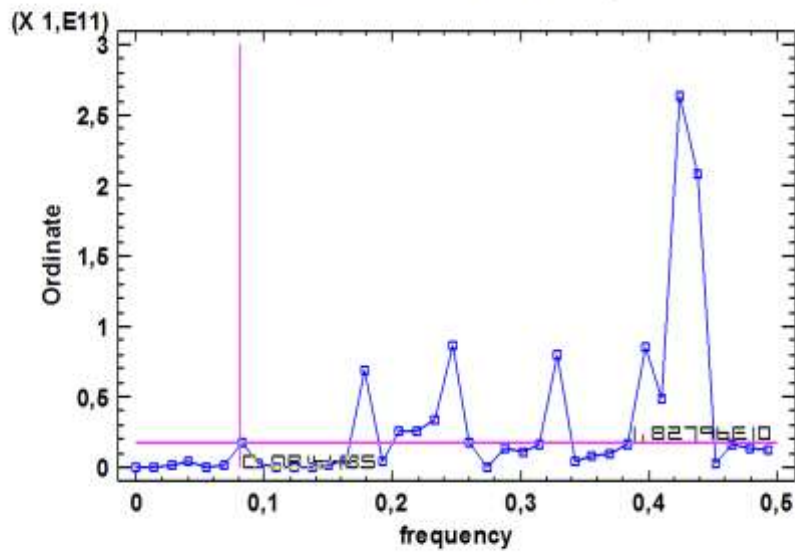
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Residual Partial Autocorrelations for adjusted RENEWABLE ENERGY
Random walk with drift = 4167,26



Residual Periodogram for adjusted RENEWABLE ENERGY
Random walk with drift = 4167,26



Forecasting - RENEWABLE ENERGY

Data variable: RENEWABLE ENERGY

Number of observations = 74

Start index = 1/12

Sampling interval = 1,0 month(s)

Length of seasonality = 12

Forecast Summary

Nonseasonal differencing of order: 1
 Seasonal differencing of order: 1
 Forecast model selected: ARIMA(0,1,2)x(1,1,2)₁₂
 Number of forecasts generated: 12
 Number of periods withheld for validation: 0

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
<i>Statistic</i>	<i>Period</i>	<i>Period</i>
RMSE	69174,6	
MAE	52572,7	
MAPE	7,90835	
ME	-3715,72	
MPE	-1,31546	

ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
MA(1)	0,970546	0,121296	8,00146	0,000000
MA(2)	-0,374138	0,123189	-3,03711	0,003623
SAR(1)	1,24392	0,0389759	31,9151	0,000000
SMA(1)	1,66624	0,122142	13,6418	0,000000
SMA(2)	-0,565173	0,142977	-3,9529	0,000219

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 5,26885E9 with 56 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 72586,8

Number of iterations: 14

The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of RENEWABLE ENERGY. The data cover 74 time periods. Currently, an autoregressive integrated moving average (ARIMA) model has been selected. This model assumes that the best forecast for future data is given by a parametric

model relating the most recent data value to previous data values and previous noise. Each value of RENEWABLE ENERGY has been adjusted in the following way before the model was fit:

- (1) Simple differences of order 1 were taken.
- (2) Seasonal differences of order 1 were taken.

You can select a different forecasting model by pressing the alternate mouse button and selecting Analysis Options.

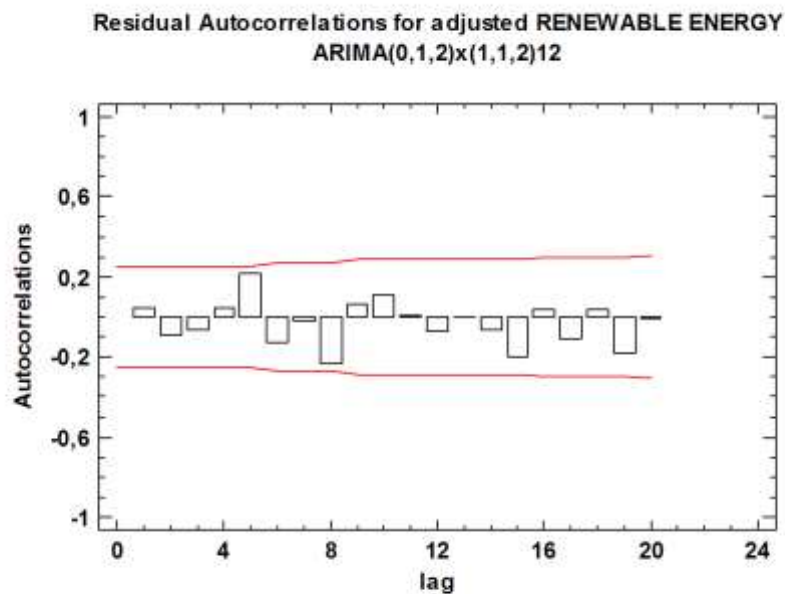
The output summarizes the statistical significance of the terms in the forecasting model. Terms with P-values less than 0,05 are statistically significantly different from

zero at the 95,0% confidence level. The P-value for the MA(2) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SAR(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SMA(2) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The estimated standard deviation of the input white noise equals 72586,8.

The table also summarizes the performance of the currently selected model in fitting the historical data. It displays:

- (1) the root mean squared error (RMSE)
- (2) the mean absolute error (MAE)
- (3) the mean absolute percentage error (MAPE)
- (4) the mean error (ME)
- (5) the mean percentage error (MPE)

Each of the statistics is based on the one-ahead forecast errors, which are the differences between the data value at time t and the forecast of that value made at time $t-1$. The first three statistics measure the magnitude of the errors. A better model will give a smaller value. The last two statistics measure bias. A better model will give a value close to 0.



Forecast Table for RENEWABLE ENERGY

Model: ARIMA(0,1,2)x(1,1,2)12

<i>Period</i>	<i>Data</i>	<i>Forecast</i>	<i>Residual</i>
1/12	427077,		
2/12	361533,		
3/12	384263,		
4/12	510035,		
5/12	409226,		
6/12	524015,		
7/12	448484,		
8/12	442693,		
9/12	431038,		
10/12	561682,		
11/12	511349,		
12/12	525647,		
1/13	580758,		
2/13	496740,	523602,	-26862,0
3/13	695417,	586404,	109014,
4/13	648025,	666760,	-18735,0
5/13	659966,	634720,	25245,2
6/13	713722,	712853,	868,884
7/13	680381,	672494,	7887,03
8/13	774004,	685958,	88045,7
9/13	524283,	636207,	-111924,
10/13	813531,	799930,	13601,1
11/13	617469,	679546,	-62077,0
12/13	603886,	725503,	-121617,
1/14	577291,	743816,	-166524,
2/14	521536,	613347,	-91811,2
3/14	717970,	690065,	27905,2
4/14	657428,	644747,	12681,3
5/14	698193,	652416,	45776,7
6/14	637161,	691603,	-54441,9
7/14	637652,	700927,	-63274,7
8/14	650879,	756974,	-106095,
9/14	617786,	530967,	86819,0
10/14	703327,	704334,	-1007,57
11/14	509591,	581535,	-71943,9
12/14	545837,	655738,	-109901,
1/15	642602,	590702,	51900,1
2/15	646584,	479023,	167560,
3/15	681741,	688003,	-6262,81
4/15	755199,	678778,	76421,6
5/15	701303,	729738,	-28434,3
6/15	699186,	693191,	5995,03
7/15	818883,	723476,	95407,3
8/15	830948,	795762,	35186,5
9/15	641027,	682196,	-41169,0
10/15	707341,	822211,	-114870,

11/15	671232,	610494,	60737,1
12/15	617536,	703131,	-85594,6
1/16	703616,	713662,	-10046,1
2/16	720741,	646617,	74124,4
3/16	775940,	759557,	16383,8
4/16	734896,	758440,	-23544,6
5/16	751522,	791916,	-40393,6
6/16	734654,	696274,	38379,5
7/16	828107,	822502,	5605,42
8/16	892578,	902803,	-10225,0
9/16	682232,	679502,	2729,94
10/16	665365,	750417,	-85051,8
11/16	685023,	625847,	59176,7
12/16	780736,	719786,	60950,5
1/17	665531,	731366,	-65835,5
2/17	719726,	742304,	-22578,0
3/17	866510,	811496,	55014,7
4/17	710686,	722766,	-12080,5
5/17	850301,	807046,	43255,1
6/17	620124,	689132,	-69008,3
7/17	888856,	886620,	2235,19
8/17	1,06869E6	961524,	107164,
9/17	685833,	682791,	3041,9
10/17	747071,	720245,	26825,4
11/17	607391,	661984,	-54593,6
12/17	929417,	893158,	36258,6
1/18	781643,	733703,	47939,5
2/18	730557,	771449,	-40892,1

		<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
3/18	928228,	782819,	1,07364E6
4/18	730879,	585407,	876351,
5/18	891127,	734263,	1,04799E6
6/18	626947,	459465,	794429,
7/18	944996,	767530,	1,12246E6
8/18	1,13566E6	948747,	1,32258E6
9/18	713399,	517485,	909313,
10/18	713479,	508964,	917994,
11/18	588723,	375954,	801491,
12/18	1,01084E6	790128,	1,23155E6
1/19	777217,	548835,	1,0056E6
2/19	754469,	518667,	990270,

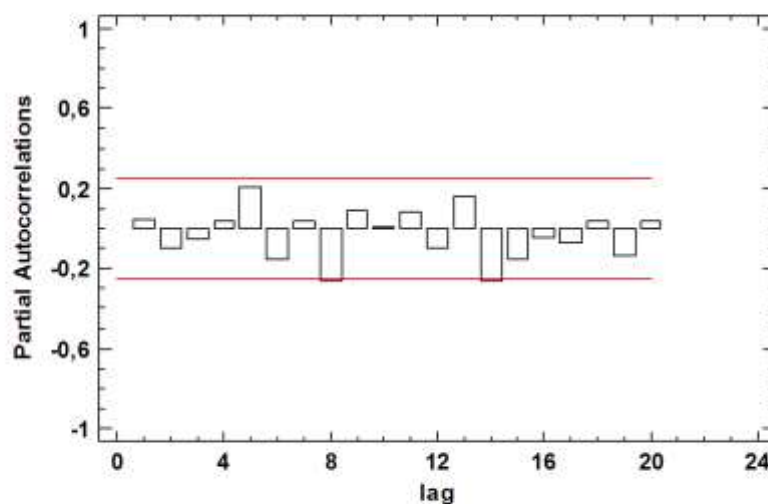
The StatAdvisor

This table shows the forecasted values for RENEWABLE ENERGY. During the period where actual data is available, it also displays the predicted values from the fitted model and the residuals (data-forecast). For time periods beyond the end of the series,

it shows 95,0% prediction limits for the forecasts. These limits show where the true data value at a selected future time is likely to be with 95,0% confidence, assuming the fitted model is appropriate for the data. You can plot the forecasts by selecting Forecast Plot from the list of graphical options.

You can change the confidence level while viewing the plot if you press the alternate mouse button and select Pane Options. To test whether the model fits the data adequately, select Model Comparisons from the list of Tabular Options.

Residual Partial Autocorrelations for adjusted RENEWABLE ENERGY
ARIMA(0,1,2)x(1,1,2)12



Model Comparison

Data variable: RENEWABLE ENERGY

Number of observations = 74

Start index = 1/12

Sampling interval = 1,0 month(s)

Length of seasonality = 12

Models

(A) ARIMA(0,1,2)x(1,1,2)12

(B) Winters' exp. smoothing with $\alpha = 0,2117$, $\beta = 0,0463$, $\gamma = 0,2222$

(C) Brown's quadratic exp. smoothing with $\alpha = 0,111$

(D) Holt's linear exp. smoothing with $\alpha = 0,1594$ and $\beta = 0,0442$

(E) Brown's linear exp. smoothing with $\alpha = 0,148$

Estimation Period

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>ME</i>	<i>MPE</i>
(A)	69174,6	52572,7	7,90835	-3715,72	-1,31546
(B)	81502,8	63064,0	9,15059	-10963,8	-2,75051
(C)	102488,	81049,1	12,3285	2633,82	-0,51237
(D)	95388,7	76072,6	11,6601	-8037,98	-2,74655
(E)	99823,1	79684,6	12,0164	8199,8	0,299779

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEAN</i>	<i>VAR</i>
(A)	69174,6	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	81502,8	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	102488,	OK	OK	*	OK	OK
(D)	95388,7	OK	OK	*	OK	OK
(E)	99823,1	OK	OK	*	OK	OK

Key:

RMSE = Root Mean Squared Error

RUNS = Test for excessive runs up and down

RUNM = Test for excessive runs above and below median

AUTO = Box-Pierce test for excessive autocorrelation

MEAN = Test for difference in mean 1st half to 2nd half

VAR = Test for difference in variance 1st half to 2nd half

OK = not significant ($p \geq 0,05$)

* = marginally significant ($0,01 < p \leq 0,05$)

** = significant ($0,001 < p \leq 0,01$)

*** = highly significant ($p \leq 0,001$)

The StatAdvisor

This table compares the results of five different forecasting models. You can change any of the models by pressing the alternate mouse button and selecting Analysis Options. Looking at the error statistics, the model with the smallest root mean squared error (RMSE) during the estimation period is model A. The model with the smallest mean absolute error (MAE) is model A. The model with the smallest mean absolute percentage error (MAPE) is model A. You can use these results to select the most

appropriate model for your needs.

The table also summarizes the results of five tests run on the residuals to determine whether each model is adequate for the data. An OK means that the model passes the test. One * means that it fails at the 95% confidence level. Two *'s means that it fails at the 99% confidence level.

Three *'s means that it fails at the 99,9% confidence level. Note that the currently selected model, model A, passes 5 tests. Since no tests are statistically significant at the 95% or higher confidence level, the current model is probably adequate for the data.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

1. Βλάχου Α., 2001. Περιβάλλον και φυσικοί πόροι, Οικονομική θεωρία και πολιτική, Τόμος Α. Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα.
2. Γληνού Γ., Χρισταντώνης Ν και Κουλούρης Κ. Παρουσίαση ΡΑΕ: “Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα: Παρούσα κατάσταση, κίνητρα, εμπόδια και προοπτικές”, 2008.
3. Ζήση Ι. (2003). ISBN 960-7284-18-6 «Το πράσινο επιχειρείν». Αθήνα: Υ.Πε.Χω.Δ.Ε, Παν. Δοι. Κο
4. Καλδέλλης Ι. Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας, Εκδόσεις: Σταμούλης, 1999.
5. ΚΑΠΕ. Ενέργεια και Πολίτης, 2005.
6. Κορωναίος Ι. Χ. 2012. Σύγγραμμα: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Περιβάλλον Και Αναπτυξη. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Διεπιστημονικό - Δια τμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.), Αθήνα 2012.
7. Κορωναίος Χ. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πανεπιστημιακές σημειώσεις Δ.Π.Μ.Σ. Ε.Μ.Π. “Περιβάλλον και Ανάπτυξη”, 2003.
8. Μουζιούρας Ν. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Εξέλιξη – Προβλέψεις, ΠΑΠΕΙ, 2010.
9. Μπάης Α. Ενέργεια και Περιβάλλον, 2003.
10. Παπαδάκης Μ., Τσίμπος Κ., Μουρελάτος Α., 1997, Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το λογισμικό Statgraphics, Εκδόσεις Σταμούλης.
11. Σφακιανάκης Μιχάλης, Μάρτιος 2002, Πρακτική Πληροφορική και Εφαρμογές, Πατάκης, Αθήνα.
12. Τσούτσος Θ. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Περιβάλλον, Πολυτεχνείο Κρήτης - Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, 2008.

Ξενόγλωσση

13. EIA, European International Association, (2009), World Energy Projections Plans.
14. EWEA. “Annual Report 2008”.
15. Greece Hellenic Association of Photovoltaic Companies (HELAPCO), The Greek PV Market Opportunities for investments in Greece Hellenic Association of Photovoltaic Companies (HELAPCO) September 2007, HELAPCO.
16. The Greek PV Market - Opportunities for investments in Greece - Hellenic Association of Photovoltaic Companies , September 2007, HELAPCO.
17. McKinsey Global Institute, May 2007, Curbing Global Energy Demand Growth: The energy productivity opportunity.
18. Murray C. European Photovoltaic Industry Association Global market outlook or photovoltaics until 2013, EPIA, 2009.

19. Toni Johnson, July 7, 2009, Economic Challenges for Climate Change Policy, <http://www.cfr.org/publication/16009/economic.challenges.for.climate.change.policy.html>
20. World Energy Outlook 2006, International Energy Agency, 2006.

Διαδικτυακές Πηγές

21. Energy Information Administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government, <http://www.eia.doe.gov/>
22. EEA, European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/>
23. EREC, European Renewable Energy Council, <http://www.erec.org/>
24. GWEC, Global Wind Energy Council, <http://www.gwec.net/>
25. Greek Energy 2017, https://issuu.com/citroniogr/docs/greek_energy_2017
26. Greek Energy 2016, https://issuu.com/citroniogr/docs/greek_energy_2016
27. WWF Ελλάς 2017, Νόμος και Περιβάλλον στην Ελλάδα, <https://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF-NOMO-2017-Sinopsi.pdf>
28. ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκειας Ισχύος για την περίοδο 2017-2027, http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS_DSS/AnaptixiSistimatos/Meleti_eparkeias_2017_2027.pdf
29. Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες, http://www.cres.gr/kape/education/web_dynitikoι%20xristes.pdf
30. Ελληνικός Σύνδεσμος Ηλεκτροπαραγωγών από ΑΠΕ <http://www.hellasres.gr/Greek/with-frames/my-index-01.htm>
31. Ελληνική Επιστημονική Ένωση Ενέργειας, <http://eletaen.gr/>
32. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2009. Οδηγία 2009/28/ΕΚ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ&2003/30/ΕΚ, <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:el:PDF>
33. ΔΕΣΜΗΕ, www.desmhe.gr
34. Διαδικτυακή πύλη ΑΠΕ, www.aenaon.net
35. ΚΑΠΕ, <http://www.cres.gr/cres/index.html>
36. ΛΑΓΗΕ, <http://www.lagie.gr/>
37. Μ. Παπαδόπουλος, Δ. Παπαχρήστου 2010, Ο εθνικός στόχος διεύθυνσης των ΑΠΕ για το 2020 και η συμβολή της Ηπείρου, http://mirc.ntua.gr/6th_conference/presentations/1_main_sessions/1st_session/PAPADOPOULOS%20M%20-%20PAPACHRISTOU%20D.pdf
38. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, ΡΑΕ, www.rae.gr

39. Στέλιος Ψωμάς 2015, Πόσες και ποιες θέσεις εργασίας δημιουργούνται από τις ΑΠΕ, <https://energypress.gr/news/poses-kai-poies-theseis-ergasias-dimioyrgoyntai-apo-tis-ape>
40. Υπουργείο Ανάπτυξης, www.ypan.gr
41. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, <http://www.helapco.gr>