



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Κρήτης
Τμήμα Ηλεκτρολογίας

Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας

«Επίπτωση της Διείσδυσης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων
στο Μη Διασυνδεδεμένο
Σύστημα Ηλεκτρικής Ενεργείας της Κρήτης»

Σπουδαστής:
Τσακρίδης Απόστολος

Εισηγητής:
Επικ. Καθηγητής Δρ. Κυμάκης Εμμανουήλ

Αριθμός Μητρώου:
3853

Ηράκλειο, Μάρτιος 2012

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δρ. Εμμανουήλ Κυμάκη για την δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ' βαθέων τον Διδάκτορα κ. Αντώνιο Τσικαλάκη για το πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την περάτωση της παρούσας εργασίας. Οι σημαντικές υποδείξεις και συμβουλές του με κατεύθυναν σ' ένα σωστό τρόπο σκέψης πάνω απ' όλα και μου προσέφεραν σημαντικά εφόδια για την μετέπειτα ζωή μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα, όλους του καθηγητές του Τεχνικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θέλω να εκφράσω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου. Πέραν όμως από την πολύτιμη αυτή στήριξη, μου έδωσαν όλα τα εφόδια ώστε να γίνω ένας σωστός Άνθρωπος και αυτό είναι κάτι που δεν μαθαίνεται, αλλά μεταδίδεται.

Περίληψη

Το νησί της Κρήτης, λόγω της γεωγραφικής του θέσης διαθέτει πλούσιο ηλιακό δυναμικό επομένως οι συνθήκες εκμετάλλευσης αυτής της πηγής ενέργειας είναι εξαιρετικές. Το γεγονός αυτό έχει απασχολήσει αρκετούς ιδιώτες που θέλουν να επενδύσουν σε εγκαταστάσεις Φωτοβολταϊκών Συστημάτων (ή Φ/Β), στο Αυτόνομο Ηλεκτρικό Δίκτυο του νησιού. Η συνολική αδειοδοτημένη ισχύς Φ/Β που έχει εγκρίνει η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) για το νησί ανέρχεται στα 88 MW εκ' των οποίων τα 55 MW έχουν ήδη εγκατασταθεί.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την αποτίμηση της παραγωγής της συνολικής αδειοδοτημένης ισχύος Φ/Β Συστημάτων σε ζητήματα που έχουν να κάνουν με την οικονομική και αξιόπιστη λειτουργία του αυτόνομου συστήματος του νησιού. Έτσι γίνεται μία παρουσίαση της μεθοδολογίας για την αποτίμηση της αξίας της παραγωγής Φ/Β Συστημάτων στο αυτόνομο Σ.Η.Ε. της Κρήτης και εξετάζονται οι πιθανές επιπτώσεις της αυξημένης συμμετοχής της παραγωγής τους στο σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής του νησιού.

Στις ημέρες υψηλής ζήτησης η μέση αξία της παραγωγής είναι 253 €/MWh και η αποφυγή αέριων ρύπων 924 kg/MWh. Σε κάποιες καλοκαιρινές ημέρες η αξία της παραγωγής μπορεί να φτάσει τα 392 €/MWh και μόνο σε αυτές τις ημέρες είναι συμφέρουσα αν συγκριθεί με την αποζημίωση για το 2012 των 0,35 €/kWh. Η μεγάλη τιμή της αξίας παρουσιάζεται λόγω της υψηλής αποφυγής πετρελαίου Ντήζελ καθώς αγγίζει τα 350 lt/MWh κατά μέσο όρο. Κατά το χαμηλό φορτίο αποφεύγεται η χρήση ακριβών μονάδων καθώς οι αεριοστρόβιλοι είναι συνήθως εκτός λειτουργίας. Έτσι η αξία της παραγωγής Φ/Β περιορίζεται μόνο στα 110,4 €/MWh.

Η λειτουργία των Φ/Β έχει σημαντική αξία για το Σύστημα της Κρήτης ειδικά κατά τη διάρκεια ημερών υψηλού φορτίου, αλλά η αξία αυτή αποδείχθηκε πως είναι μικρότερη από την τιμή αποζημίωσης.

Abstract

The island of Crete presents very favourable solar radiation conditions. This has created significant interest in the installation of Photovoltaics (PVs) in the Autonomous Power System of the island. Already 55 MW have been installed out of the 88 MW that have gained authorization by the Regulatory Authority of Greece.

This thesis aims to present the potential impact of the installation of all the PVs on the economic operation of the island of Crete. Initially, based on the dispersion of PVs all over the island, their production was estimated. Then, using the actual economic dispatch schedule of the power system of Crete for 2008 and an optimization algorithm based on Sequential Quadratic Programming, it was estimated what would have been the impact of this PV production on the economic operation of the power system of the island of Crete. The units that operated were only allowed to reduce their output in the most optimal way because of the PV production. The simulations focused on the days with highest and lowest daily consumption of each month so that various operational have been examined investigating the impact of PVs on the fuel consumption, cost savings and emissions avoidance. The key findings of the research are the following:

On days with high demand, gas Turbine units usually reduce their production, and in none of the days are the Diesel units affected. The diesel oil consumption is reduced on average 350 lt/MWh while the mazout (heavy fuel consumption) is reduced on average by 21 kg/MWh. During these days the economic value of PV production is about 253 €/MWh while the CO₂ avoidance is 924 kg/MWh. During the summer days of high demand the economic value of production can reach 392 €/MWh. It was only during these days that the economic value of PV production could have been higher than the remuneration tariff of 2012, i.e. 0,35 €/kWh.

For low demand days, the economic diesel units are affected, since there are not many units committed to reduce their output in favour of PVs. The diesel oil consumption is reduced on average 132 lt/MWh while the mazout is reduced on average by 76 kg/MWh. During these days the economic value of PV production is about 110,4 €/MWh while the CO₂ avoidance is 567 kg/MWh.

Therefore PV have both economic and environmental benefits but the economic benefits are lower than currently remunerated.

1 Περιεχόμενα

1	Περιεχόμενα	5
2	Εισαγωγή ορισμοί και σκοπός της εργασίας.....	8
2.1	Ορισμός Σ.Η.Ε.	8
2.1.1	Δομή λειτουργίας των Σ.Η.Ε.	8
2.1.2	Κατηγοριοποίηση των Σ.Η.Ε.....	9
2.1.3	Διανεμημένη Παραγωγή στα Σ.Η.Ε.	10
2.2	Τεχνολογίες Α.Π.Ε.....	12
2.2.1	Ηλιακή ενέργεια	12
2.2.2	Αιολική ενέργεια	14
2.2.3	Υδροηλεκτρικά.....	16
2.2.4	Βιομάζα	18
2.2.5	Γεωθερμική ενέργεια.....	20
2.2.6	Λιγότερο διαδεδομένες μονάδες Α.Π.Ε.....	21
2.3	Κατάσταση των Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε. της Ελλάδος.....	22
2.3.1	Οι Α.Π.Ε. στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.....	25
2.3.2	Συγκεντρωτικά στοιχεία εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν.....	26
2.3.3	Συγκεντρωτικά στοιχεία παραγωγής Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν.	28
2.3.4	Συγκεντρωτικά στοιχεία παραγωγής Α.Π.Ε. στο Νησί της Κρήτης.....	31
2.4	Σκοπός της Εργασίας	32
2.4.1	Δομή της εργασίας.....	33
3	Φωτοβολταϊκά και επιπτώσεις στο Δίκτυο	35
3.1	Ηλιακή ακτινοβολία.....	35
3.1.1	Ενεργειακή απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας	36
3.1.2	Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας	36
3.1.3	Η κίνηση του ήλιου σύμφωνα με τη θέση τοπικού παρατηρητή.....	38
3.1.4	Εξισώσεις περιγραφής κίνησης ήλιου	38
3.1.5	Το ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα.....	41
3.1.6	Το ηλιακό δυναμικό στην Κρήτη	42
3.2	Τεχνολογία Φ/Β	43
3.2.1	Υλικά Κατασκευής Φ/Β πλαισίων.....	43
3.3	Φωτοβολταϊκά πλαίσια και Ηλεκτρική μοντελοποίηση	49
3.3.1	Κυκλωματικό ισοδύναμο.....	49
3.3.2	Χαρακτηριστική I-V Φ/Β πλαισίου Παράγοντες-επίδρασης της απόδοσης του Φ/Β στοιχείου.....	50
3.3.3	Θερμοκρασιακή Επίπτωση	52
3.3.4	Επίδραση της σκίασης.....	53
3.3.5	Επίδραση της νεφοκάλυψης	55
3.3.6	Συνδεσμολογίες Φ/Β.....	56
3.4	Στήριξη Φ/Β.....	57
3.4.1	Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης.....	58
3.4.2	Στήριξη του συλλέκτη με δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (ηλιοτρόπια).....	59
3.5	Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Stand Alone).....	62
3.6	Φωτοβολταϊκά σε στέγες/όψεις κτιρίων	63
3.7	Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα Φ/Β.....	64
3.8	Μετατροπείς.....	65
3.8.1	Βασικοί ορισμοί – Σύμβολο	65
3.8.2	Διάκριση μετατροπέων	66
3.8.3	Αδρά Βήματα Επιλογής Του Κατάλληλου αντιστροφέα.....	68
3.8.4	Βαθμός απόδοσης αντιστροφέα.....	68
3.8.5	Αντιστροφείς για Φ/Β Συστήματα.....	69
3.9	Διασύνδεση Φ/Β στο Δίκτυο	71
3.9.1	Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (Grid-Connected)	71

3.9.2	Κανονισμοί Σύνδεσης Α.Π.Ε. στο Δίκτυο (Ελλάδα).....	73
3.9.3	Εξοπλισμός για την προστασία Φ/Β συστημάτων.....	78
3.10	Επιπτώσεις Διείσδυσης Φ/Β Συστημάτων	80
3.10.1	Εισαγωγή.....	80
3.10.2	Επιπτώσεις Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φ/Β Συστήματα σε Δίκτυα Διανομής.....	80
3.10.3	Περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη της ηλιακής ενέργειας	83
4	Μεθοδολογία αποτίμησης επιπτώσεων Φ/Β	87
4.1	Εισαγωγή.....	87
4.2	Περιγραφή αλγορίθμου.....	87
4.2.1	Μείωση της παραγωγής θερμικών μονάδων	87
4.2.2	Διάγραμμα ροής αλγορίθμου.....	89
4.3	Περιγραφή κώδικα.....	91
4.3.1	Βασικές υπορουτίνες	91
4.3.2	Γενικές καθολικές μεταβλητές	91
4.3.3	Τοπικές μεταβλητές ρουτίνας <i>Ecdis</i>	92
4.4	Ανάλυση λειτουργιών αλγορίθμου	92
4.4.1	Κύρια υπορουτίνα <i>Ecdis</i>	92
4.4.2	Αρχικοποίηση μεταβλητών	95
4.4.3	Αποσφαλμάτωση αρχείων	96
4.4.4	Υπολογισμός ικανότητας μονάδων	97
4.4.5	Υπολογισμός περιθωρίου εισαγωγής παραγωγής Φ/Β και αποκοπή από Α.Π.Ε.	98
4.4.6	Αποτελέσματα	99
4.4.7	Υπολογισμός μεταβλητών εξόδου.....	99
4.4.8	Εκτύπωση απεικόνιση αποτελεσμάτων.....	100
4.4.9	Αποθήκευση αρχείων εξόδου	100
5	Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης.....	103
5.1	Γενική περιγραφή του νησιού.....	103
5.2	Ιστορικά στοιχεία για το Σ.Η.Ε. του Νησιού.....	105
5.3	Γενικά χαρακτηριστικά για το Σ.Η.Ε. της Κρήτης	107
5.3.1	Γενικά για αυτόνομα Σ.Η.Ε.	107
5.3.2	Γενικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικού Δικτύου Κρήτης.....	107
5.3.3	Διασύνδεση Κρήτης και λοιπών Νησιών	108
5.4	Χαρακτηριστικά ζήτησης φορτίου.....	111
5.5	Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	112
5.5.1	Σταθμός Παραγωγής Λινοπεραμάτων.....	115
5.5.2	Σταθμός Παραγωγής Χανίων	116
5.5.3	Σταθμός Παραγωγής Λασιθίου.....	117
5.6	Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών μονάδων παραγωγής	118
5.6.1	Τεχνικοί περιορισμοί και ικανότητα παραγωγής.....	118
5.6.2	Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά παραμέτρων κόστους.....	120
5.7	Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	122
5.7.1	Υποσταθμοί	122
5.7.2	Γραμμές μεταφοράς.....	124
5.7.3	Μονογραμμικό διάγραμμα Ηλεκτρικού Δικτύου Κρήτης.....	126
5.8	Στοιχεία για τις μονάδες Α.Π.Ε. στο Νησί	127
5.8.1	Μικρά Υδροηλεκτρικά	127
5.8.2	Μονάδες παραγωγής Βιομάζας	128
5.8.3	Αιολικά Πάρκα	128
5.8.4	Φωτοβολταϊκά Συστήματα	135
6	Αποτελέσματα εφαρμογής.....	143
6.1	Χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου	143
6.1.1	Συγκριτικές τιμές ημερήσιας κατανάλωσης	144
6.2	Ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου	145
6.2.1	Διείσδυση Φ/Β συστημάτων στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.....	146

6.2.2	Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας.....	147
6.2.3	Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο.....	150
6.2.4	Χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.....	152
6.3	Ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.....	159
6.3.1	Διείσδυση Φ/Β στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης.....	160
6.3.2	Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας.....	161
6.3.3	Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο.....	164
6.3.4	Χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.....	166
6.3.5	Ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.....	174
6.4	Συνοπτικά αποτελέσματα χαρακτηριστικών ημερών.....	185
6.4.1	Παραγωγή Φ/Β στις χαρακτηριστικές ημέρες.....	185
6.5	Κατανάλωση καυσίμου.....	186
6.5.1	Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ.....	186
6.5.2	Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντήζελ.....	192
6.6	Κόστος καυσίμου.....	198
6.7	Αποφυγή εκπομπής ρύπων CO ₂	206
7	Συμπεράσματα Εργασίας.....	210
7.1	Συμπεράσματα.....	210
7.1.1	Επιπτώσεις Φ/Β στη συνολική διείσδυση Α.Π.Ε.....	210
7.1.2	Επιπτώσεις στην συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του Νησιού.....	212
7.1.3	Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου.....	216
7.1.4	Εξοικονόμηση κόστους παραγωγής.....	217
7.1.5	Μείωση εκπομπής ρύπων CO ₂	219
7.2	Προοπτικές Εργασίας.....	220
7.3	Γενικό Συμπέρασμα.....	221
8	Βιβλιογραφία.....	222

2 Εισαγωγή ορισμοί και σκοπός της εργασίας

2.1 Ορισμός Σ.Η.Ε.

Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (η Σ.Η.Ε.) μπορεί να επικαλεστεί ως το σύνολο των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού που έχει ως σκοπό τη παροχή ηλεκτρικής ισχύος με ασφαλή και αδιάλειπτο τρόπο σε δεδομένες περιοχές κατανάλωσης, οι οποίες αναφέρονται ως φορτία.

Συνεπώς, ένα Σ.Η.Ε. θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

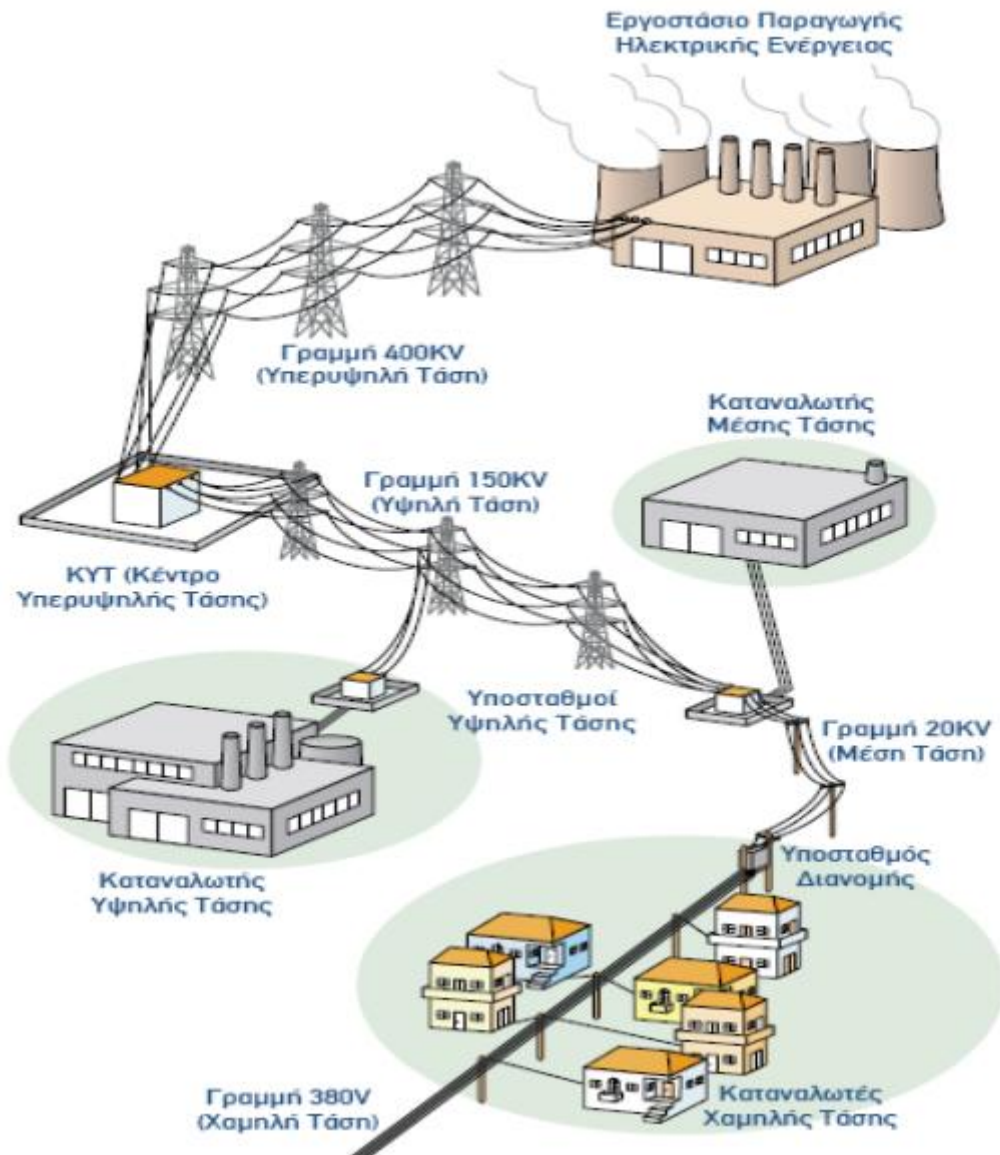
1. Κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας οποτεδήποτε χρειαστεί (kWh).
2. Κάλυψη της απαιτούμενης ζήτησης οποιασδήποτε ποσότητας ισχύος (kW).
3. Κάλυψη των ποιοτικών κριτηρίων της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
 - α. Σταθερή συχνότητα (με ονομαστική τιμή 50 Hz).
 - β. Τάση εντός προκαθορισμένων ορίων βάσει διεθνών προτύπων I.E.C.(International Electrotechnical Commission).
4. Κάλυψη των ανωτέρω με το ελάχιστο οικονομικό και οικολογικό κόστος.

2.1.1 Δομή λειτουργίας των Σ.Η.Ε.

Το Σ.Η.Ε. αποτελείται από ένα σύνολο εγκαταστάσεων και σταθερών μέσων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση των αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών (μεγάλου ή μικρού) σε ηλεκτρική ενέργεια. Το σύνολο των ανωτέρω εγκαταστάσεων μπορεί να ταξινομηθεί σε τρία επιμέρους υποσυστήματα, όπως:

1. Υποσύστημα ή Σύστημα Παραγωγής.
2. Υποσύστημα ή Σύστημα Μεταφοράς.
3. Υποσύστημα ή Σύστημα Διανομής.

Το **Σύστημα Παραγωγής** περιλαμβάνει τους Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Π.Η.Ε.), συμβατικούς ή ανανεώσιμους καθώς και τους Υποσταθμούς (Υ/Σ) ανυψώσεως της τάσης. Εν' συνεχεία, το **Σύστημα Μεταφοράς** περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών μεταφοράς υψηλής (Υ.Τ. 150kV) ή υπερυψηλής (Υ.Υ.Τ. 400kV) τάσης, τους Υ/Σ ζεύξης και τους Υ/Σ υποβιβασμού σε μέση τάση (Μ.Τ. 15/20kV). Συνεπώς, μέσω του Συστήματος Μεταφοράς πραγματοποιείται η διάχυση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τους Σταθμούς Παραγωγής στο φορτίο, ενώ το **Σύστημα Διανομής** περιλαμβάνει το λοιπό δίκτυο τροφοδοσίας της μέσης (15/20kV) και χαμηλής τάσης (Χ.Τ. 380V) προς του τελικούς **καταναλωτές**. Στην Εικόνα 2-1 φαίνεται σε σχηματική αναπαράσταση το Σ.Η.Ε. [1].



Εικόνα 2-1: Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

2.1.2 Κατηγοριοποίηση των Σ.Η.Ε.

Η μεγάλη ποικιλία της μορφολογίας του εδάφους έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την δημιουργία γεωγραφικά απομονωμένων περιοχών, οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως ανεξάρτητα «κομμάτια» μέσα σε ένα γενικότερο γεωγραφικό πλαίσιο. Τέτοια εδάφη είναι κυρίως τα νησιά, μικρού, μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, αλλά και αρκετές απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες ηπειρωτικές περιοχές. Η ανάγκη της ενεργειακής κάλυψης τέτοιων περιοχών αποτελεί ένα ξεχωριστό πεδίο έρευνας και εφαρμογής για την επιστήμη των Σ.Η.Ε. Η παραγωγή, η μεταφορά αλλά και ο έλεγχος των συγκεκριμένων συστημάτων παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις από τα αντίστοιχα, τα οποία αναπτύχθηκαν σε πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές.

Ο σημαντικότερος διαχωρισμός σύμφωνα με τη δομή λειτουργίας τους, είναι ο ακόλουθος:

- Αυτόνομα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Διασυνδεδεμένα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Ειδικότερα, ως **Αυτόνομα** Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας χαρακτηρίζονται τα συστήματα εκείνα, τα οποία βρίσκονται εγκατεστημένα σε νησιά ή γενικότερα σε απομονωμένες γεωγραφικές περιοχές, οι οποίες δεν έχουν την δυνατότητα διασύνδεσης με ένα ευρύτερο σύνολο συστημάτων. Η απομόνωση ενός δικτύου από ένα τέτοιο πλαίσιο «συνεργασίας», όπου συνυπάρχουν και αλληλοϋποστηρίζονται πολλά διαφορετικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μίας ουσιαστικά ανεξάρτητης και αυτόνομης ενεργειακής «νησίδας».

Μεταξύ και των δύο κατηγοριών Σ.Η.Ε. πρέπει να ικανοποιούνται πάντα δύο σημαντικοί λειτουργικοί παράμετροι, όπως η **ικανοποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου** και η **διατήρηση της συχνότητας**. Στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικά Σ.Η.Ε (άλλων Χωρών), σε αντίθεση με την περίπτωση των αυτόνομων δικτύων που η δυνατότητα αυτή δεν υπάρχει.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά πλεονεκτήματα ενός διασυνδεδεμένου συστήματος:

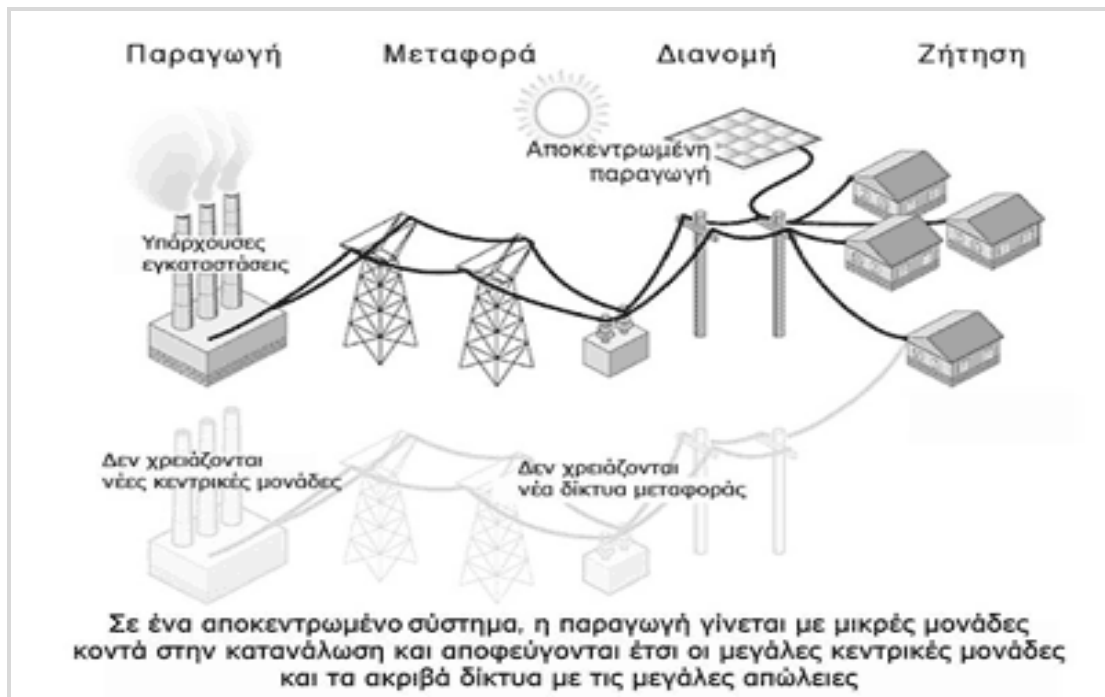
1. Μεγάλοι κεντρικοί Σταθμοί Παραγωγής που εξυπηρετούν ένα ευρύ γεωγραφικό και ποσοτικό φάσμα ηλεκτρικών φορτίων, σε αντίθεση με την αναγκαστική εγκατάσταση μικρών σταθμών παραγωγής σε κάθε ένα από τα επιμέρους απομονωμένα συστήματα, με άμεσο αποτέλεσμα την μείωση του ανοιγμένου (€/MW) κόστους εγκατάστασης για κάθε MW.
2. Υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης μεγαλύτερων και με μικρότερο κόστος λειτουργίας συμβατικών μονάδων παραγωγής, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας μέσω κεντρικών και πιο οικονομικών γραμμών μεταφοράς υπερυψηλής τάσης ($\geq 400\text{KV}$).
3. Υπάρχει μικρότερη ποσοστιαία ανάγκη της στρεφόμενης εφεδρείας, σε αντίθεση πάντα με τα απομονωμένα συστήματα, όπου η στρεφόμενη εφεδρεία είναι ένας από τους πλέον βασικούς παράγοντες της ομαλής και ασφαλούς τους λειτουργίας.
4. Υπάρχει διαφοροποίηση της ζήτησης φορτίου μεταξύ περιοχών κατά τη διάρκεια του έτους, συνεπώς απαιτείται μικρότερο πλεόνασμα εγκατεστημένης ισχύος για την κάλυψη του φορτίου μικρών χρονικών περιόδων αιχμής.
5. Υπάρχει διαφοροποίηση της ζήτησης φορτίου μεταξύ περιοχών (ετεροχρονισμός) κατά τη διάρκεια του 24ώρου, με αποτέλεσμα την εξομάλυνση της συνολικής εικοσιτετράωρης καμπύλης φορτίου.
6. Υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα διαχείρισης καταστάσεων εκτάκτων αναγκών και αντιμετώπισης ενδεχόμενων διαταραχών, λόγω διασύνδεσης αλλά και μικρής ποσοστιαίας επιρροής των σφαλμάτων στο συνολικό δίκτυο.

2.1.3 Διανεμημένη Παραγωγή στα Σ.Η.Ε.

Τα Σ.Η.Ε. τα τελευταία χρόνια έχουν υποστεί αλλαγές τόσο στη δομή όσο και στη λειτουργία τους. Μια βασική διαφοροποίηση αναμένεται να φέρει η νέα τάση της, «απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας» με σειρά νόμων και διατάξεων που θα οδηγήσουν στη παγκόσμια απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας προωθώντας τη βελτίωση της διαχείρισης και του τρόπου παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθεί η βελτίωση αυτή, απαιτείται δραματική αναμόρφωση ολόκληρης της βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να καταστεί δυνατή η εισαγωγή του πραγματικού ανταγωνισμού που θα οδηγήσει σε καλύτερη αποδοτικότητα και ταυτόχρονα χαμηλότερες τιμές για τον τελικό καταναλωτή.

Στο πλαίσιο της αναμόρφωσης των Σ.Η.Ε. γενικότερα, σημαντικό ρόλο καλείται να παίζει η Διανεμημένη Παραγωγή (ή Διάσπαρτη Παραγωγή ή Αποκεντρωμένη Παραγωγή) ηλεκτρικής ενέργειας. Διανεμημένη παράγωγη μπορεί να οριστεί η χρήση αυτόνομων ή διασυνδεδεμένων συστημάτων στο δίκτυο μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μικρής ή μεσαίας εγκατεστημένης

ισχύος κοντά με το σημείο κατανάλωσης. Η βασική διαφορά από το παραδοσιακό μοντέλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι οι μονάδες διανεμημένης παραγωγής συνδέονται είτε στο δίκτυο διανομής, είτε απευθείας στο επίπεδο χαμηλής τάσης του δικτύου, με συνέπεια να βρίσκονται πολύ κοντά με το καταναλωτή (π.χ. μέσα στα όρια μιας βιομηχανίας, ενός κτιρίου ή μιας μικρής κοινότητας όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2-2) [2]. Αυτή η ιδιαιτερότητα στη σύνδεση των μονάδων αυτών, είναι που καθορίζει το μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύος, η οποία εν γένει δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από περίπου 50 MW για τριφασικές και 50 kW για μονοφασικές καταναλώσεις. Η σύνδεση των μονάδων στο δίκτυο διανομής προσφέρει πολλαπλά οφέλη τόσο για τους καταναλωτές όσο και για το ίδιο το σύστημα.



Εικόνα 2-2: Διανεμημένη παραγωγή Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να χαρακτηριστούν ως μονάδες διανεμημένης παραγωγής. Όπως φαίνεται και στο Πίνακα 2-1 υπάρχουν δύο βασικές διαφοροποιήσεις. Είναι οι μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά και μη ανανεώσιμα καύσιμα και αυτές οι οποίες χρησιμοποιούν μόνο ανανεώσιμα καύσιμα (π.χ. βιομάζα) ή ανανεώσιμες φυσικές πηγές ενέργειας.

Στις μονάδες παραγωγής συμβατικών καυσίμων ανήκουν οι μικρές μηχανές εσωτερικής καύσης, οι αεριοστρόβιλοι, οι μικροστρόβιλοι και οι κυψέλες καυσίμου. Οι Α.Π.Ε. ανήκουν στις μονάδες που εκμεταλλεύονται την καθαρή και ανανεώσιμη ενέργεια και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Τέτοιες μονάδες παραγωγής, είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι μικρές ανεμογεννήτριες, η γεωθερμία, τα μικρά υδροηλεκτρικά, οι μικρές μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (Θερμικές ηλεκτρικές μονάδες, κ.τ.λ.)

Οι νέες αυτές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού από Α.Π.Ε., αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι των μονάδων διανεμημένης παραγωγής και πολλές από αυτές έχουν ήδη γίνει εμπορικά διαθέσιμες και οικονομικά βιώσιμες αναμένοντας μεγάλη περεταίρω βελτίωση τους στα επόμενα χρόνια. Στο Πίνακα 2-2 φαίνεται η εξέλιξη της διαθεσιμότητας των μονάδων διανεμημένης παραγωγής από Α.Π.Ε. στην Ελλάδα [3].

Μονάδες Διανεμημένης Παραγωγής	
Μονάδες με συμβατικά καύσιμα	Μονάδες με μη συμβατικά καύσιμα
Μονάδες εσωτερικής καύσης (ντήζελ)	Ανεμογεννήτριες
Αεριοστρόβιλοι	Μικρά Υδροηλεκτρικά
Μικροτουρμπίνες (νέας τεχνολογίας)	Φωτοβολταϊκά
Κυψέλες καυσίμου (νέας τεχνολογίας)	Λοιπές Α.Π.Ε.

Πίνακας 2-1: Οι τεχνολογίες των μονάδων Διανεμημένης Παραγωγής

Τεχνολογία	Εμπορικά διαθέσιμη	Αναδυόμενη τεχνολογία
Ανεμογεννήτριες	✓	
Φωτοβολταϊκά συστήματα	✓	
Μικρά Υδροηλεκτρικά	✓	
Βιομάζα	✓	
Γεωθερμία	✓	
Κυψέλες Καυσίμου	✓	✓
Ηλιοθερμικά	✓	✓
Ενέργεια από Κύματα		✓
Ενέργεια από Παλίρροια		✓

Πίνακας 2-2: Εξέλιξη και διαθεσιμότητα των Μονάδων Διανεμημένης Παραγωγής με Α.Π.Ε.

2.2 Τεχνολογίες Α.Π.Ε.

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι τεχνολογίες Α.Π.Ε. οι οποίες γίνονται εκμεταλλεύσιμες μέσα από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Η συστηματική αξιοποίηση τέτοιων ενεργειακών πόρων μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στο τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταδίδεται στη γη μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια καθαρή και πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, ικανή να καλύψει θεωρητικά τις ενεργειακές ανάγκες σε παγκόσμιο επίπεδο. Αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της αξιοποίησης των Α.Π.Ε. και αναμένεται να παίξει καθοριστικό ρόλο στο μέλλον της ηλεκτροπαραγωγής. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, αυτή μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών, οι οποίες αναφέρονται στην συνέχεια.

2.2.1.1 Ενεργητικά και Παθητικά ηλιακά Συστήματα

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να εφαρμοστεί με δύο τρόπους, δηλαδή είτε με άμεσο τρόπο (**ενεργητικά ηλιακά συστήματα**), είτε με έμμεσο τρόπο (**παθητικά ηλιακά συστήματα**).

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα:

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

- Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:

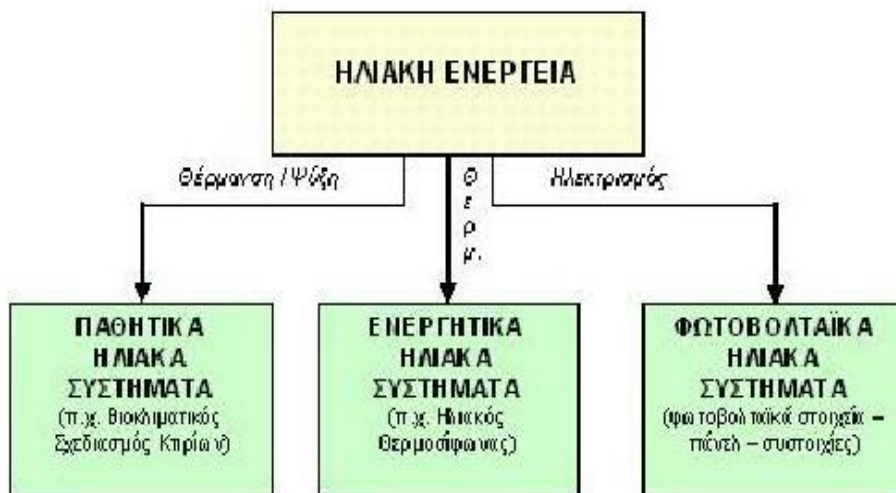
Τα ενεργητικά ή θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες, κλπ. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων όπως είναι ευρύτατα γνωστή σε όλους εφαρμόστηκε μέσω των ηλιακών θερμοσιφώνων. Αναφέρεται, ότι μόνο η εγκατεστημένη έκταση ηλιακών θερμοσιφώνων στην Ελλάδα είναι 3.282.200 m² (2.297,5 MWth).

2.2.1.2 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (ή Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να απορροφήσουν ηλεκτρική ισχύς από το ευρύτερο ηλεκτρικό δίκτυο (απομονωμένα σπίτια, φάρoi, κ.α.). Επίσης αναφέρεται ότι σε πολλές καθημερινές εφαρμογές που δεν απαιτούν υψηλή ηλεκτρική ισχύς, συναντάται η χρήση της Φ/Β τεχνολογίας όπως για παράδειγμα μικροί υπολογιστές, ρολόγια, φανάρια οδικών σημάτων, κ.α..

Η μέθοδος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας με Φ/Β, αποτελεί την κύρια τεχνολογία ανάπτυξης των Α.Π.Ε. και μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στο τομέα της διανεμημένης παραγωγής. Η παρούσα εργασία εστιάζεται στις επιπτώσεις της παραγωγής των μονάδων Φ/Β που μπορούν να επέλθουν σ' ένα ηλεκτρικό δίκτυο και γι' αυτό το λόγο η πιο λεπτομερή αναφορά τους γίνεται στο 3^ο Κεφάλαιο.

Το βασικό κοινό χαρακτηριστικό των προαναφερόμενων εφαρμογών είναι ότι η παραγωγή τους περιορίζεται κυρίως στις ώρες της ημέρας στις οποίες υπάρχει ηλιοφάνεια. Σε αντίθεση με τη αιολική ενέργεια υπάρχουν συγκεκριμένες και εκ' των προτέρων γνωστές περίοδοι στη διάρκεια ενός 24 ώρου κατά τις οποίες η παραγωγή είναι μηδενική. Στην Εικόνα 2-3 παρουσιάζεται σχηματικά ο διαχωρισμός των τριών εφαρμογών ηλιακής ενέργειας [4].



Εικόνα 2-3: Εφαρμογές ηλιακής ενέργειας

2.2.1.3 Ηλιο-θερμικά Συστήματα

Επίσης, μέσω της κατάλληλης εφαρμογής συστημάτων μπορεί να γίνει δυνατή η αξιοποίηση της θερμότητας που αναπτύσσεται μέσω των ηλιακών ακτίνων προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά τα συστήματα, αναφέρονται και ως Ηλιο-θερμικά Συστήματα.

Οι μέθοδοι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας ως θερμικής για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι:

1. Παραβολικά κάτοπτρα και συγκέντρωση της θερμικής ενέργειας σε σωλήνα με θερμοαπορροφητικό υλικό ώστε να παράγεται ατμός για να κινήσει ατμοστρόβιλο.
2. Παρόμοια με την μέθοδο 1 με τη βοήθεια ατμογεννήτριας με τη διαφορά ότι όλοι τα εγκατεστημένα κάτοπτρα συγκεντρώνουν τις ακτίνες σε έναν κεντρικό δέκτη από τον οποία παράγεται ο ατμός, παράδειγμα το εργοστάσιο εγκατεστημένης ισχύος των 45 MW στην Αίγυπτο.
3. Η χρήση ηλιακών δίσκων και η παραγωγή ενέργειας με τη βοήθεια μηχανής τύπου Stirling. Τέτοιου είδους εφαρμογή έχει γίνει από το εργαστήριο CESI στο Μιλάνο [5]. Οι μηχανές αυτού του τύπου παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμού απόδοσης χωρίς διακοπή της λειτουργίας ή μετατροπή των ρυθμίσεων του κινητήρα, μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λίγες ώρες φυσικό αέριο, καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών. Οι δύο πρώτες εφαρμογές χρησιμοποιούν σύγχρονη γεννήτρια ενώ η τρίτη χρησιμοποιεί ασύγχρονη γεννήτρια. Περισσότερες λεπτομέρειες για την τεχνολογία αυτή μπορούν να αναζητηθούν στην σχετική μελέτη [6].

2.2.2 Αιολική ενέργεια

Το παγκόσμιο δυναμικό αιολικής ενέργειας είναι τεράστιο. Μόνο το θεωρητικό δυναμικό σε τοποθεσίες με μέση ταχύτητα ανέμου τουλάχιστον 5 m/sec σε ύψος 10 μέτρων, ανέρχεται σε σύνολο τουλάχιστον 500.000 TWh ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση. Αυτό ισοδυναμεί σε 35 φορές περισσότερη ενέργεια από την παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου (ή Α/Π) δεν εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα ή άλλα αέρια που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα (μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α.), όπως συμβαίνει με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε όλη τη διάρκεια της χρήσης της, μία και μόνο ανεμογεννήτρια ισχύος 1,5 MW μπορεί να

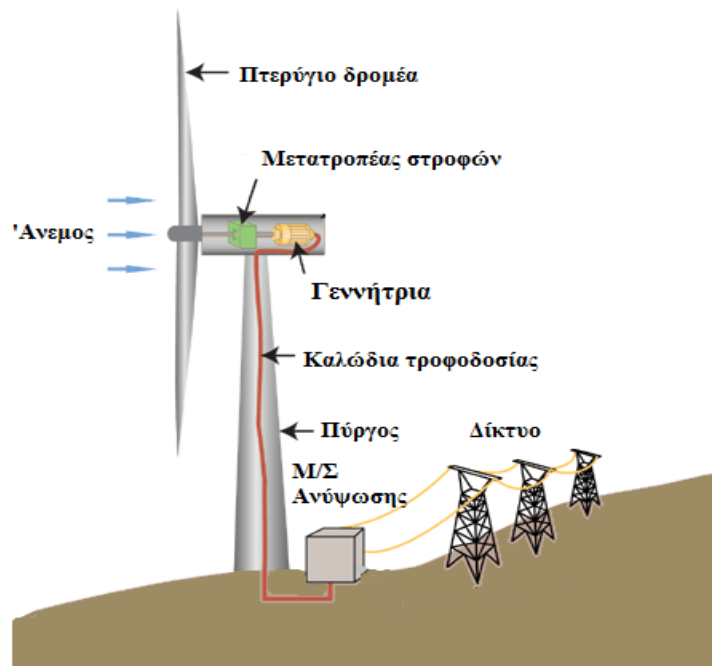
εξοικονομήσει περί τους 80.000 τόνους ορυκτού άνθρακα. Αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο δεν εντείνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά δεν υπάρχουν και αρνητικές συνέπειες στη δημόσια υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση

Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας έχει παρουσιάσει ραγδαία άνθηση τα τελευταία χρόνια. Ενώ η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ανερχόταν το 1998 σε λίγο περισσότερο από 10.000 MW συνολικά, το 2005 είχε ήδη φθάσει τα 60.000 MW. Το νούμερο αυτό αναμένεται να ανέβει στα 150.000 MW μέχρι το 2012. Το ένα τρίτο των εγκαταστάσεων αυτών βρίσκεται στη Γερμανία, το ένα τρίτο στην υπόλοιπη Ευρώπη, και το άλλο σε υπόλοιπες χώρες. Η Ευρώπη πρόκειται να παραμείνει η κινητήριος δύναμη στην παγκόσμια αγορά αιολικών για τα επόμενα 5 με 10 χρόνια. Η βασική αιτία αυτής της ραγδαίας ανάπτυξης είναι το ολοένα και χαμηλότερο κόστος της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, αλλά και οι αποφασιστικές πολιτικές προώθησης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Μάλιστα, το κόστος της σχετικής τεχνολογίας είναι πολύ κοντά σε εκείνο της παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, γεγονός που ανοίγει το δρόμο για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως.

Χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας, το ειδικό κόστος παραγωγής αιολικής ενέργειας έχει ήδη πέσει στο ήμισυ από το 1990, και αναμένεται ότι η απόκλιση μεταξύ του κόστους παραγωγής αιολικής ενέργειας και του κόστους ενέργειας από ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσει να μειώνεται.

Η Ελλάδα, είναι Χώρα που διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό όπως οι περιοχές, της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Ευβοίας και πολλών νησιών του Αιγαίου, όπου είναι εγκατεστημένα τα περισσότερα Α/Π και ανέρχονται σε 1.640,46 MW συνολικής εγκατεστημένης ισχύος σύμφωνα με πληροφοριακό δελτίο του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για το έτος του 2011 [7].

Η χωροθέτηση των Α/Π, γίνεται ύστερα από περιβαλλοντικές μελέτες ώστε να διασφαλίζεται η αρμονική συνύπαρξη των ανεμογεννητριών με το τοπίο της κάθε περιοχής, ενώ η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, έχει καταστήσει πρακτικά αθόρυβη τη λειτουργία τους. Στην Εικόνα 2-4 φαίνεται η τυπική σχηματική διάταξη μιας διασυνδεδεμένης Ανεμογεννήτριας με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στην Εικόνα 2-5 φαίνεται η όψη ενός Α/Π σε περιοχή της Κρήτης [8].



Εικόνα 2-4: Τυπική σχηματική διάταξη Ανεμογεννήτριας



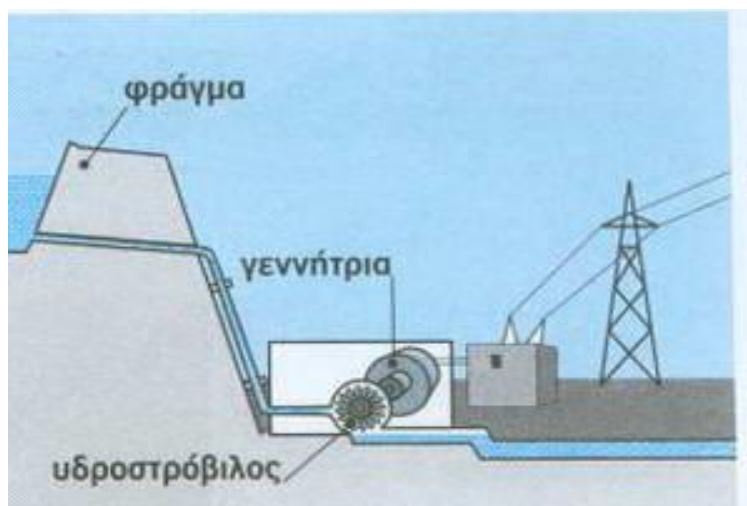
Εικόνα 2-5: Αιολικό Πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 13,20 MW στη Ξηρολίμνη Σητείας, Κρήτη

2.2.3 Υδροηλεκτρικά

Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση κατάλληλων μονάδων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Οι μονάδες παραγωγής αποτελούνται συνήθως από μια τεχνητή λίμνη που δημιουργείται από κάποιο φράγμα, μέσα στην οποία συγκεντρώνεται μεγάλη ποσότητα νερού. Το νερό, πέφτοντας από ύψος και με σημαντική παροχή, μπορεί να περιστρέψει τροχούς με πτερύγια (Υδροστρόβιλους). Με τη σειρά της, η περιστροφή αυτή μέσω μιας γεννήτριας παράγει ηλεκτρική ενέργεια, σε ειδικές εγκαταστάσεις που αναφέρονται και ως Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ή ΥΗ.Σ.). Στην Εικόνα 2-6 φαίνεται μια σχηματική αναπαράσταση ενός ΥΗ.Σ.[9].

Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν τέτοιες εγκαταστάσεις. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής, λόγω και της γρήγορης απόκρισης τέτοιου τύπου μονάδων.



Εικόνα 2-6: Σχηματική απεικόνιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΥΗ.Σ.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια ταξινομείται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Οι μεγάλης κλίμακας ΥΗ.Σ απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών ή τεχνητών λιμνών. Η μικρή κλίμακας υδροηλεκτρική ενέργεια διαφέρει σημαντικά από τη μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις αναφερθέντες απαιτήσεις.

Τα μικρής κλίμακας συστήματα (ή Μ.ΥΗ.Σ.), που είναι κυρίως «συνεχούς ροής», τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια. Έτσι, για τη λειτουργία τους δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων, που σε πολλές περιπτώσεις επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις στο τοπικό περιβάλλον. Υδροηλεκτρικές μονάδες μεγέθους το πολύ 30 MW (ανάλογα τη χώρα) χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται μονάδες Α.Π.Ε.. Στην Ελλάδα, με βάση το Ν.3468/2006 μικρά υδροηλεκτρικά τα έργα θεωρούνται αυτά που η εγκατεστημένη τους ισχύς δεν υπερβαίνει τα 10 MW.

Σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για το έτος 2011 [7], η εγκατεστημένη ισχύς των Μ.ΥΗ.Σ. στο Ε.Δ.Σ. ανέρχεται στα 205,33 MW και η ετήσια παραγωγή για το έτος 2011 έφτασε τις 580.628 MWh καλύπτοντας έτσι το 1,12% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Απ' την άλλη πλευρά τα υδροηλεκτρικά έργα μεγάλης κλίμακας της Δ.Ε.Η. απαριθμούνται από 17 μεγάλους ΥΗ.Σ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των 3.148,2 MW (το 22% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του Ε.Δ.Σ.). Η πραγματική μέση παραγωγή όλων των υδροηλεκτρικών, κυμαίνεται μεταξύ 3.500 έως 4.500 GWh ενέργεια που αντιστοιχεί περίπου στο 10% της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής της Χώρας. Στον Πίνακα 2-3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι 17 συνολικά μεγάλοι ΥΗ.Σ. του Ε.Δ.Σ. [10], ενώ στις Εικόνες 2-7 και 2-8 φαίνεται η όψη ενός μεγάλου ΥΗ.Σ. του συστήματος σε περιοχή της δυτικής Μακεδονίας και ένας Μ.ΥΗ.Σ. σε δυτική περιοχή της Στερεάς Ελλάδος [12].

Υδροηλεκτρικός Σταθμός	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Πλατανόβρυσης, π. Νέστος	116
Θησαυρού ισχύος, π. Νέστος	384
Άγρας ισχύος, π. Βόδας	50
Εδεσσαίου ισχύος, π. Εδεσσαίος	19
Ασωμάτων ισχύος, π. Αλιάκμονας	108
Σφηκιάς ισχύος, π. Αλιάκμονας	315
Πολύφυτου ισχύος, π. Αλιάκμονας	375
Κρεμαστών ισχύος, π. Αχελώος	437,2
Καστρακίου ισχύος, π. Αχελώος	320
Στράτου ισχύος, π. Αχελώος	156
Αώου ισχύος, π. Αώος	210
Πλαστήρα ισχύος, π. Ταυρωπός	129,9
Πουρναρίου Ι, π. Άραχθος	300
Πουρναρίου ΙΙ ισχύος, π. Άραχθος	33,6
Γκιώνας ισχύος, χωμάτινο	8,5
Λάδωνα ισχύος, π. Λάδωνα	70
Πλατανόβρυσης ισχύος, π. Νέστος	116

Πίνακας 2-2: Μεγάλοι ΥΗ.Σ. στο Ε.Δ.Σ., (άνω των 10 MW)



Εικόνα 2-7: ΥΗ.Σ. Σφηκιάς εγκατεστημένης ισχύος 315 MW, στο ποταμό του Αλιάκμονα



Εικόνα 2-8: Μ.ΥΗ.Σ. Στρατός II Αγρινίου, εγκατεστημένης ισχύος 6,3 MW, στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας

2.2.4 Βιομάζα

Μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, είναι η ενέργεια που αντλείται από τη βιομάζα. Βιομάζα μπορεί να επικαλεστεί οποιαδήποτε σχετικά νέα οργανική ύλη που προέρχεται από φυτά ως αποτέλεσμα της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η ενέργεια από βιομάζα αντλείται από φυτικό και ζωικό υλικό, όπως ξύλο από τα δάση, υπολείμματα από γεωργικές και δασικές διαδικασίες, και βιομηχανικά, ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα.

Η βιομάζα δεν είναι τα ορυκτά οργανικά υλικά (όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο) αντιθέτως η βιομάζα είναι φρέσκια οργανική ύλη που χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.) αφού υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας της και η μετατροπή της σε στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα. Ορισμένες τεχνολογικές εφαρμογές που προκύπτουν από κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας αναφέρονται παρακάτω:

- **Μικτή καύση βιομάζας.** Η μικτή καύση βιομάζας με ορυκτά καύσιμα (άνθρακα, λιγνίτη) προωθείται σε μεγάλο βαθμό, στις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής ενέργειας, με άμεσο στόχο διεύθυνση 10% επί της συνολικής τροφοδοσίας (με βάση τη θερμογόνο δύναμη του μίγματος) ενώ προβλέπεται μελλοντική διεύθυνση ως 35%.

- **Καύση βιομάζας.** Υποσχόμενα πεδία ανάπτυξης της τεχνολογίας αποτελούν: α) η καύση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίνη υψηλής απόδοσης που μπορεί να αξιοποιήσει μεγάλο εύρος μίγματος καυσίμων περιεκτικότητας μέχρι και 60% σε υγρασία, β) η καύση κονιορτοποιημένης βιομάζας σε κεραμικούς αεριοστροβίλους, η οποία αναμένεται να γίνει εμπορική στο άμεσο μέλλον σε κλίμακα 0,1-0,5 MW. Κατά τη συγκεκριμένη καύση παράγεται θερμότητα ή πεπιεσμένος ατμός, ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή χρήση βιομάζας ως καυσίμου σε μεγάλες μονάδες συμπαραγωγής σε περιοχές που η παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε κοντινούς καταναλωτές, η οποία μπορεί να αποδειχθεί οικονομικά ελκυστική.

- **Αεριοποίηση.** Διάφορες εφαρμογές αεριοποίησης βιομάζας έχουν ήδη πραγματοποιηθεί παγκόσμια με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με καύση σε λέβητες, μηχανές ντήζελ, αεριοστροβίλους ή μηχανές δίδυμου καυσίμου μετά την απομάκρυνση των σωματιδίων, της πίσσας και του νερού. Σε βιομηχανική κλίμακα η αεριοποίηση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίνη και η επακόλουθη καύση του παραγόμενου αερίου σε τυπικό λέβητα φαίνεται να είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος χρήσης βιομάζας, καθώς δεν απαιτούνται σοβαρές μετατροπές στους τυπικούς λέβητες ούτε καθαρισμός του αερίου (χαμηλό κόστος). Η συνδυασμένη καύση του αερίου με στερεά καύσιμα (κάρβουνο) είναι επίσης επιτεύξιμη. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών αεριοποίησης βιομάζας και συνδυασμένου κύκλου και την ανάκτηση θερμότητας ανοίγει τον δρόμο στη ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα με υψηλές αποδόσεις. Αποδόσεις σε παραγωγή ηλεκτρισμού 35-45% θεωρούνται εφικτές ενώ με συμπαραγωγή επιπλέον απόδοσης 30-50% μπορεί να επιτευχθεί με την μορφή ενθαλπίας χαμηλής θερμοκρασίας.

Τέλος η ανάπτυξη κυψελών καυσίμου επιτρέπουν την άμεση μετατροπή της χημικής ενέργειας του παραγόμενου αερίου σε ηλεκτρισμό επιτυγχάνοντας αποδόσεις της τάξης των 40-60%. Για κυψέλες που λειτουργούν σε υψηλή θερμοκρασία είναι εφικτή η αύξηση της απόδοσης με ανάκτηση θερμότητας. Αν και οι κυψέλες καυσίμου φαίνονται επαρκείς για παραγωγή ηλεκτρισμού σε εφαρμογές μικρής κλίμακας απαιτείται περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη και μείωση του κόστους για την ευρύτερη χρήση τους.

- **Πυρόλυση:** Τα τελευταία χρόνια η προσοχή έχει εστιαστεί στην παραγωγή πυρολυτικών λαδιών από βιομάζα, τα οποία είναι ευκολότερα στο χειρισμό και έχουν υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο (για τον ίδιο όγκο) από τη βιομάζα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμο σε λέβητες, μηχανές και στροβίλους. Ωστόσο τα λάδια έχουν κάποιες ανεπιθύμητες ιδιότητες, όπως χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, υψηλό ιξώδες και είναι ασταθή κατά τη θέρμανσή τους.

- **Υγρά βιοκαύσιμα:** Η αγορά των υγρών βιοκαυσίμων (βιοντήζελ, βιοαιθανόλη) για τις μεταφορές έχει αρχίσει πλέον να διαμορφώνεται και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παραγωγή βιοντήζελ στην Ευρώπη το 2000 εκτιμάται σε 500.000 τόνους κι η αντίστοιχη σε βιοαιθανόλη σε 190.000 τόνους. Τα κύρια εμπόδια για τη μεγαλύτερη διείσδυση των τεχνολογιών παραγωγής βιοντήζελ στην αγορά είναι το υψηλό κόστος παραγωγής του και η έλλειψη υποστηρικτικών φορολογικών ρυθμίσεων.

Η μείωση του κόστους παραγωγής τους, όμως αναμένεται να επιτευχθεί με τη βελτίωση των αποδόσεων των διεργασιών σε υγρό καύσιμο.

Το δυναμικό παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι τεράστιο. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η βιομάζα θα μπορούσε να αποδώσει 9% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας και 24% των ενεργειακών αναγκών μέχρι το 2020.

Στην Ελλάδα, οι κυριότερες εφαρμογές αφορούν σε παραγωγή θερμικής ενέργειας σε γεωργικές και δασικές βιομηχανίες, σε θέρμανση στον οικιακό τομέα, ενώ έχει ξεκινήσει και η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Έμφαση πρέπει να δοθεί στη χρήση βιομάζας σε μικτή καύση με λιγνίτη στις υφιστάμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η.. Ελκυστική προσέγγιση του θέματος αυτού αποτελεί μελλοντικά η χρήση ενεργειακών καλλιτεργειών στα υποβαθμισμένα εδάφη των λιγνιτωρυχείων για ανάπλαση τοπίου κι η ακόλουθη ενεργειακή αξιοποίησή τους με το λιγνίτη.

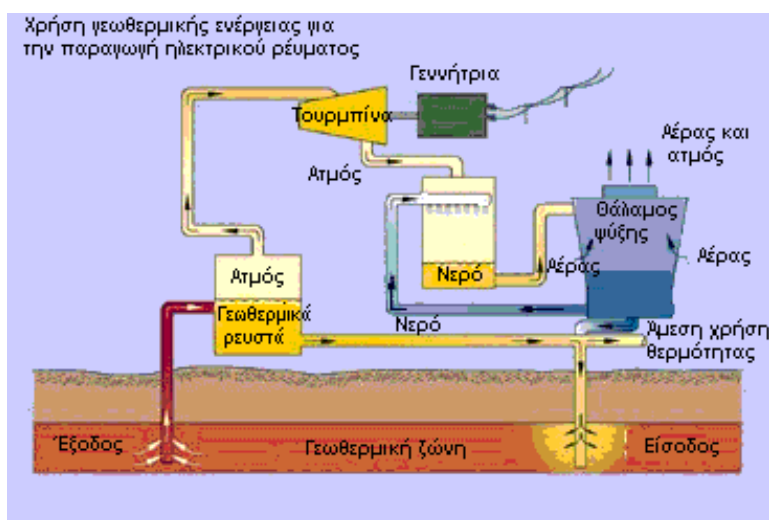
Σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για το έτος 2011, η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων παραγωγής από Βιομάζα-Βιοαέριο στο Ε.Δ.Σ. ανέρχεται σε 44,53 MW και η ετήσια παραγωγή για το έτος 2011 έφτασε τις 199.102 MWh.

2.2.5 Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25°C μέχρι 360°C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150°C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην Εικόνα 2-9 απεικονίζεται σχηματικά ένας Σ.Π.Η.Ε. με γεωθερμία [9]. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων.

Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια υπεδάφους της χώρας, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη), θα μπορούσε να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μία τέτοια εφαρμογή θα είχε χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων. Στη Λέσβο έχει δοθεί άδεια εγκατάστασης 8 MW για την κατασκευή εργοστασίου της Δ.Ε.Η. και έχουν γίνει γεωτρήσεις για τη θέρμανση θερμοκηπίων ενώ στην Κίμωλο λειτουργεί μονάδα αφαλάτωσης με γεωθερμία.



Εικόνα 2-9: Σχηματική απεικόνιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία

2.2.6 Λιγότερο διαδεδομένες μονάδες Α.Π.Ε.

Όπως στη κατηγορία των υδατοπτώσεων, που η άντληση ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, υπάρχουν μερικές κατηγορίες Α.Π.Ε. που είναι λιγότερο διαδεδομένες αλλά εξίσου αποτελεσματικές και οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

- Ενέργεια από παλίρροιες:

Το σύστημα αυτό λειτουργεί εκμεταλλεύόμενο τις άμπωτες και τις παλίρροιες στη θάλασσα, αλλά και στο χαμηλότερο τμήμα των ποταμών. Το εν λόγω σύστημα για την παραγωγή ενέργειας δεν είναι πολύ συνηθισμένο, ενώ οι γεννήτριες που χρειάζονται μπορεί να αποδειχθούν δαπανηρές ως προς την εγκατάσταση. Μακροπρόθεσμα, όμως, μπορούν να παράγουν φθηνότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Μεγάλης κλίμακας έργα παραγωγής ενέργειας από παλιρροϊκά κύματα, τα οποία συμβάλλουν στην παραγωγή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν στη Γαλλία, στη Ρωσία, στη Γερμανία και στη Σκωτία. Φυσικά και για τις κατασκευές για την παραγωγή ενέργειας από τις παλίρροιες υπάρχει λόγος ανησυχίας για τυχόν περιβαλλοντικές συνέπειες όπως στρέβλωση της θαλάσσιας περιοχή όπου γίνεται η εγκατάσταση ή κίνδυνο για ρύπανσης των ποταμών.

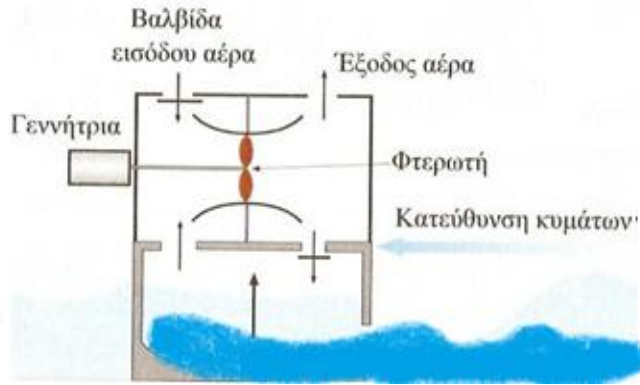
- Ενέργεια από θαλάσσια κύματα:

Η παραγωγή ενέργειας από κύματα, έχει αξιοποιηθεί σε συγκεκριμένες θέσεις, όπου το ύψος των κυμάτων και διάρκεια κυματισμού καθώς και η ταχύτητα θαλάσσιων ρευμάτων επιτρέπουν την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Ένα εντυπωσιακό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να εκμεταλλευτεί το συγκεκριμένο γεγονός είναι η διάταξη με την ονομασία Pelamis (είδος θαλάσσιου φιδιού) και φαίνεται στην Εικόνα 2-10. Η λειτουργία του βασίζεται σε μηχανές από μια σειρά κόκκινων μεταλλικών σωλήνων που επιπλέουν, συνδεδεμένες μεταξύ τους με κατεύθυνση ίδια με αυτή των κυμάτων. Τα κύματα ταξιδεύουν μέσα από τους σωλήνες, προκαλώντας τους ταλάντωση, και ένα υδραυλικό σύστημα εκμεταλλεύεται αυτήν την κίνηση για να παραγάγει ηλεκτρική ενέργεια ως και 0,75 MW.



Εικόνα 2-10: Το Pelamis σε λειτουργία. Το πρότυπο είναι τοποθετημένο στο European Marine Energy στο Orkney της Σκωτίας.

Ένας επιπλέον τρόπος άντλησης ενέργειας από τους υδάτινους πόρους γίνεται με τη χρήση της ενέργειας που παράγουν τα θαλάσσια κύματα. Αυτή η μάζα κινητικής ενέργειας μπορεί να αποθηκευτεί πολύ αποτελεσματικά. Ένας τρόπος για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας από θαλάσσια κύματα, γίνεται με τη χρήση κατάλληλων θαλάμων που εκμεταλλεύονται την ανυψωτική κίνηση του κυμάτων της θάλασσας για να πιάσουν τον αέρα προς ορισμένη κατεύθυνση μέσω αγωγών, με αποτέλεσμα να τίθενται σε περιστροφική κίνηση κατάλληλα πτερύγια, οδηγώντας σε λειτουργία μια γεννήτρια. Η σχηματική παράταξη ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται μέσω της Εικόνας 2-11.



Εικόνα 2-11: Σχηματική παράταξη συστήματος κίνησης ανεμογεννήτριας με συμπίεση του εσωτερικού αέρα σε διάταξη με αξιοποίηση του κυματισμού

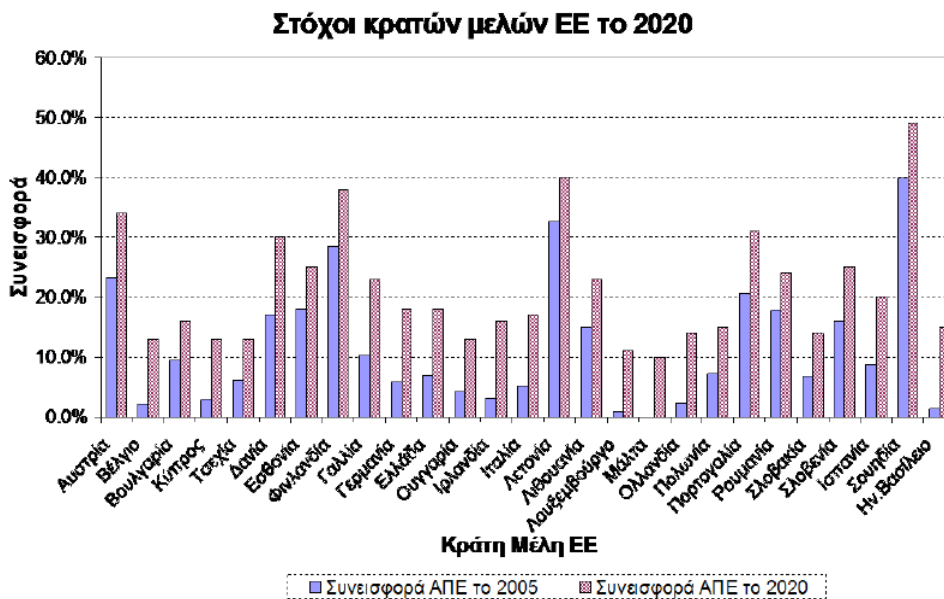
- Ενέργεια από ωκεανούς:

Η ενέργεια των ωκεανών, εκμεταλλεύσιμη ως θερμική ενέργεια, μπορεί να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (0,4-0,7 MW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Σαν μειονεκτήματα μπορεί να αναφερθεί το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

2.3 Κατάσταση των Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε. της Ελλάδος

Η συμμόρφωση της Ελλάδας, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) θα πρέπει ακολουθείται πιστά από τις Ευρωπαϊκές πολιτικές σχετικά με τη τήρηση του πρωτοκόλλου του Κιότο, όπως εκφράζεται από την οδηγία 2001/77/ΕΕ για την προώθηση των Α.Π.Ε. Ο στόχος της Χώρας είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. να αγγίξει το 29% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2020. Στην Εικόνα 2-12 παρουσιάζονται οι στόχοι των Κρατών που είναι μέλη της Ε.Ε. [11].



Εικόνα 2-12: Στόχοι Κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το 2020

Το μεγαλύτερο ηπειρώτικο κομμάτι της Χώρας καλύπτεται από το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ε.Δ.Σ.) και το υπόλοιπο από το Νησιωτικό Σύστημα που αποτελείται από τα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης εγκατεστημένης ισχύος στη Χώρα αποτελείται από τους Θερμικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας (Θ.Σ.Π.Η.Ε.). Στο Ε.Δ.Σ. το μεγαλύτερο κομμάτι της παραγόμενης ισχύος των εν' λόγω Σταθμών, καλύπτεται κυρίως από τη καύση εγχώριου λιγνίτη, και το υπόλοιπο από τη καύση πρώτων υλών όπως, άνθρακας, μαζούτ, νηξέλ και φυσικό αέριο. Στην Εικόνα 2-13 παρουσιάζεται η γραφική κατανομή των Σταθμών Παραγωγής στο χάρτη της Ελλάδος [12].



Εικόνα 2-13: Γραφική κατανομή Σταθμών Παραγωγής στο Σ.Η.Ε. της Ελλάδος.

Σήμερα στο Ε.Δ.Σ. η παραγωγή από Α.Π.Ε. βασίζεται σε μεγάλης κλίμακας ΥΗ.Σ. που διαχειρίζεται η Δ.Ε.Η. ενώ σημαντική είναι η αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των μονάδων Α.Π.Ε., από αιολική και ηλιακή ενέργεια, Μ.ΥΗ.Σ., βιομάζα και γεωθερμία. Στο Πίνακα 2-4 και 2-5 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων Α.Π.Ε. στο Ε.Δ.Σ., τα τελευταία τέσσερα χρόνια (2008 έως 2011). Ενδεικτικό είναι ότι, η μεγάλη προσφορά Α.Π.Ε. στο Ε.Δ.Σ. προέρχεται από Α/Π, ενώ εξαιρετικά χαρακτηριστικό γεγονός παρουσιάζει η μεγάλη αύξηση της παραγωγής μονάδων Φ/Β τη τελευταία τετραετία καθώς από το 2008 μέχρι και το 2011 η συνολική τους παραγωγή αυξήθηκε κατά 436 GWh, υπερσχύνοντας μάλιστα το 2011, την συνολική παραγωγή των υπαρχουσών Μ.ΥΗ.Σ. του συστήματος.

Επίσης, όπως φαίνεται στο Πίνακα 2-5, σημαντική είναι η συνεισφορά των Α.Π.Ε. και στα αυτόνομα Νησιωτικά Συστήματα της Χώρας. Στα νησιά του Αιγαίου υπάρχει αρκετά υψηλό δυναμικό αιολικής

και ηλιακής ενέργειας, οπότε αυτό το γεγονός αποδεικνύει και τη σημαντική προσφορά αυτών των μονάδων παραγωγής στα ευρύτερα Νησιωτικά Ηλεκτρικά Δίκτυα.

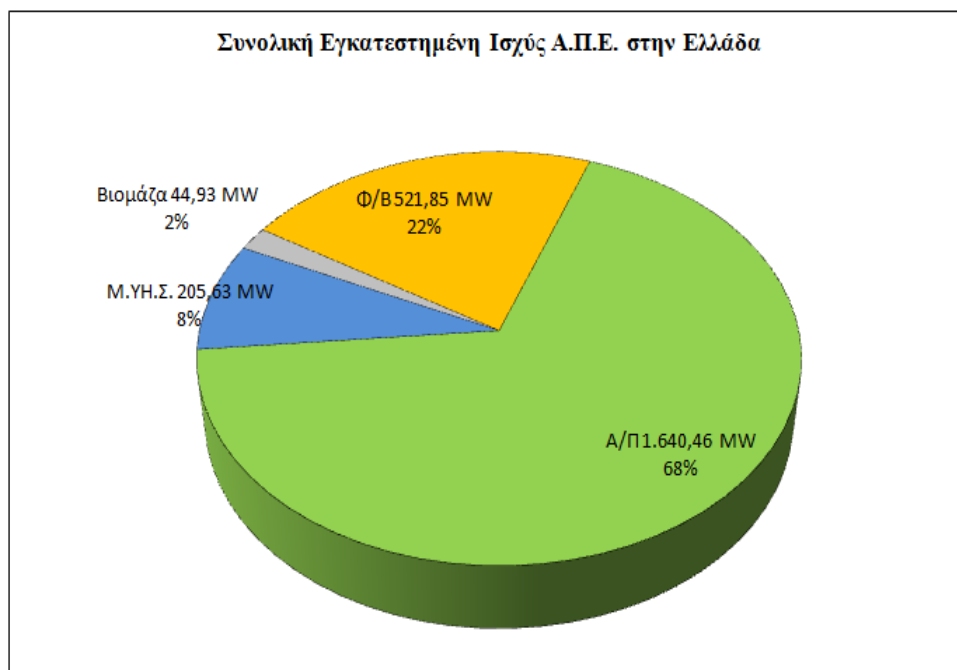
Με στοιχεία του 2011, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς Α.Π.Ε. ανέρχεται σε 2.412,87 MW. Το 68% της ισχύος παράγεται από αιολική ενέργεια, το 22% από ηλιακή ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο 10% από βιομάζα και υδροηλεκτρική ενέργεια. Στην Εικόνα 2-14 απεικονίζεται το ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. στην Ελλάδα για το συγκεκριμένο έτος.

Έτος	Αιολικά (GWh)	Μ.ΥΗ.Σ. (GWh)	Βιοαέριο Βιομάζα (GWh)	Φ/Β (GWh)	Σύνολο (GWh)	Διείσδυση (%)
2011	2.595	580,62	199,1	441,55	3.817,1	7,35
2010	2.061	753,49	193,9	131,95	3.140,3	5,99
2009	1.908	657,20	181,9	45,10	2.792,4	5,28
2008	1.661	324,93	176,7	5,09	2.167,8	3,81

Πίνακας 2-3: Στοιχεία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Μονάδων Α.Π.Ε. στο Ε.Α.Σ. για το 2008 έως και το 2011

	Αιολικά (MW)	Μ.ΥΗ.Σ. (MW)	Βιομάζα (MW)	Φ/Β (MW)
Ε.Α.Σ.	1.363,04	205,33	44,53	439,11
Δίκτυα Νησιών	277,42	0,3	0,4	82,74
Σύνολο	1.640,46	205,63	44,93	521,85

Πίνακας 2-5: Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς Α.Π.Ε. στη Ελλάδα για το 2011



Εικόνα 2-14: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς Α.Π.Ε. στην Ελλάδα για το έτος του 2011

Στην προώθηση όλων των προαναφερθέντων τεχνολογιών τη τελευταία δεκαετία, συντέλεσε σε μεγάλο βαθμό η χάραξη μιας συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής που ευνόησε στην εγκατάσταση και αξιοποίηση μονάδων παραγωγής Α.Π.Ε. Με τη θεσμοθέτηση του νομοθετικού πλαισίου για την «απελευθέρωση» της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δίνονται ευνοϊκά κίνητρα σε ιδιώτες, αλλά κυρίως σε επιχειρήσεις που σκοπεύουν να επενδύσουν στην κατασκευή Φ/Β και Α/Π.

Η διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ευρύτερο Εθνικό Ηλεκτρικό Δίκτυο μπορεί να οδηγήσει στην αποδοτικότερη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων, συμβάλλοντας έτσι στην οικονομία και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου της Χώρας.

2.3.1 Οι Α.Π.Ε. στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά

Η Ελλάδα είναι μια Χώρα με δεκάδες μικρά και μεγάλα νησιά που λειτουργούν απομονωμένα από το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, κυρίως λόγω της απόστασης τους από την Ηπειρωτική Χώρα. Ιδιαίτερα τα νησιά του Αιγαίου πελάγους, όπου σε αυτά κατοικούν περισσότερο από ένα εκατομμύριο άνθρωποι χωρίς τους τουρίστες που τα επισκέπτονται το καλοκαίρι. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά τα νησιά είναι περίπου 4% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ενώ η ετήσια ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται κατά 8%, σχεδόν το διπλάσιο της ετήσιας αύξησης της ζήτησης στην Ηπειρωτική Χώρα (4,2% αντίστοιχα).

Επιπλέον, η αύξηση της ετήσιας αιχμής όμως ο συντελεστής φορτίου και πολύ περισσότερο ο συντελεστής μέγιστου προς ελάχιστο είναι σημαντικά μεγαλύτερος από το Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Ο συντελεστής φορτίου στα μικρότερα νησιά μπορεί να είναι μικρότερος και από 30%, για παράδειγμα το Αγαθονήσι, Ανάφη κτ.λ., ενώ στα μεγαλύτερα και εκείνα τα οποία διαθέτουν κάποια μορφής βιομηχανία δεν υπερβαίνει το 60%. Το γεγονός αυτό οδηγεί και σε αυξημένη εγκατεστημένη ισχύ σε αυτά τα συστήματα σε σχέση με το μέσο τους φορτίο και αρκετές μονάδες να διατηρούνται σε ψυχρή εφεδρεία κατά τους χειμερινούς μήνες ανεβάζοντας το κόστος εκμετάλλευσης του συστήματος.

Με διαθέσιμα στοιχεία του 2011 η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (Μ.Δ.Ν.) ήταν 5,59 TWh, παρεχόμενη κυρίως από μονάδες που καταναλώνουν πετρέλαιο, ελαφρύ ή βαρύ, με μεγαλύτερο κόστος παραγωγής από ότι το Ε.Δ.Σ. Αυτό είναι το κυριότερο πρόβλημα για πολλά αυτόνομα νησιά, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και για πολλά άλλα νησιά παγκοσμίως, καθώς βασίζονται κυρίως στη κατανάλωση εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων με υψηλό κόστος μεταφοράς.

Το μέγεθος της ζήτησης ποικίλει ανάλογα με τη γεωγραφική έκταση του νησιού και μπορεί να είναι μεταξύ λίγων κιλοβάτ (kW) όπως στα Αντικύθηρα έως μερικών μεγαβάτ (MW), όπως η Κρήτη καθώς βάση των στοιχείων που δημοσιεύσει η Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών, η μέγιστη αιχμή ζήτησης που καταγράφηκε για το έτος 2010 στο νησί ήταν ίση με 631,80 MW.

Παραδείγματα Μη Διασυνδεδεμένων Νησιωτικών Συστημάτων (Μ.Δ.Ν.Σ.) είναι τα δίκτυα των νησιών όπως η Κρήτη, η Ρόδος και τα υπόλοιπα Δωδεκάνησα, η Λέσβος και τα υπόλοιπα νησιά του Βορείου Αιγαίου, τα νησιά των Κυκλάδων, τα Αντικύθηρα και άλλα μικρότερα τα οποία είναι Μη Διασυνδεδεμένα λόγω της μεγάλης απόστασης που έχουν από το Ε.Δ.Σ.. Επίσης Μ.Δ.Ν.Σ. θεωρούνται και τα συστήματα Πάρο-Νάξου, Κω-Καλύμνου καθώς είναι μη διασυνδεδεμένα με το Ηπειρωτικό δίκτυο. Τα δίκτυα των Ιονίων Νησιών δεν θεωρούνται Νησιωτικά Συστήματα αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία διασύνδεσης τους με το Ε.Δ.Σ..

Τα περισσότερα νησιά της Χώρας, διαθέτουν υψηλό ηλιακό και αιολικό δυναμικό και η εκμετάλλευσή τους μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην οικονομική λειτουργία των ευρύτερων Σ.Η.Ε.. Στα Μ.Δ.Ν. γίνεται εκμετάλλευση αυτού του δυναμικού από εγκατεστημένες μονάδες Α.Π.Ε. εκ' των οποίων η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους ανέρχεται περίπου στα 360,86 MW (η συνεισφορά της παραγωγής τους ανά Νησιωτικό Σύστημα παρουσιάζεται στην ακόλουθη υποενότητα).

Στα Μ.Δ.Ν., η Δ.Ε.Η. παραμένει ο ιδιοκτήτης και διαχειριστής των δικτύων μεταφοράς και διανομής, και έχει την υπευθυνότητα για την ανάπτυξη και συντήρηση των ευρύτερων Σ.Η.Ε.. Επίσης σαν αποκλειστικός προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας υποχρεούται να απορροφά την όλο το μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. εκτός, το «πλεόνασμα» αυτής, όταν και μόνο δεν υπάρχει η δυνατότητα απορρόφησης της από το ευρύτερο ηλεκτρικό δίκτυο.

Η σημαντική διείσδυση των Α.Π.Ε. στα νησιά εξαρτάται από:

- Την ύπαρξη τεχνολογίας που επιτρέπει την υψηλή διείσδυση των Α.Π.Ε. χωρίς επιπτώσεις στην ποιότητα του ηλεκτρικού δικτύου.
- Το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό του νησιού.
- Το κόστος του καυσίμου ανά παραγόμενη MWh και της συντήρησης των συμβατικών Σταθμών σε σχέση με την προτεινόμενη τεχνολογία Α.Π.Ε..
- Την δυνατότητα αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα τιμολόγια από τρίτους, οι οποίοι θα έχουν δυνατότητες «αποθήκευσης» ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τα μελλοντικά σχέδια ανάπτυξης του νησιού.
- Την προοπτική διασύνδεσης του νησιού με γειτονικά Νησιωτικά Δίκτυα ή με το Ε.Δ.Σ..

2.3.2 Συγκεντρωτικά στοιχεία εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν.. Στον Πίνακα 2-6 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς Α.Π.Ε. ανά Νησί για το έτος του 2011, σύμφωνα με το συνοπτικό πληροφοριακό δελτίο της Δ.Ε.Η. [13].

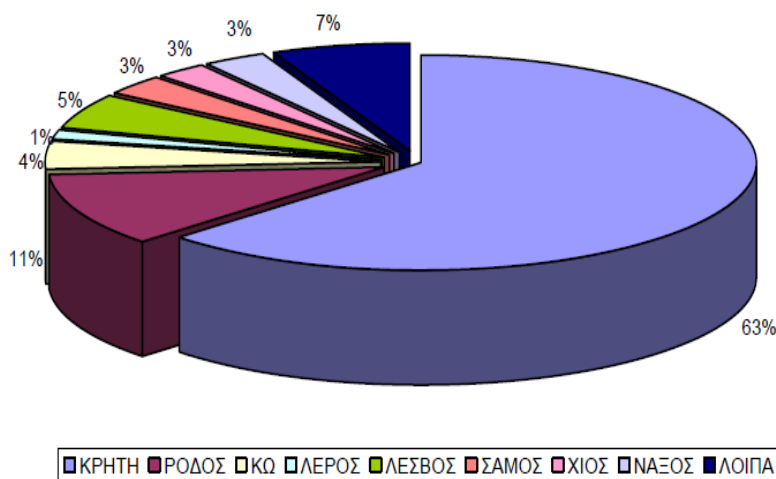
Νησί	Εγκατεστημένη Ισχύς Α/Π (MW)	Εγκατεστημένη Ισχύς Φ/Β (MW)	Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Α.Π.Ε. (MW)
Κρήτη*	173,94	57,84	231,78
Ρόδος	31,30	6,60	37,9
Κάρπαθος	1,23	0,56	1,79
Μήλος	2,65	0,32	2,97
Κως	11,20	2,12	13,32
Λέρος	4,00	0,40	4,4
Κάλυμνος	0,00	0,79	0,79
Λέσβος	14,55	4,37	18,92
Λήμνος	1,14	1,00	2,14
Σάμος	8,38	2,37	10,75
Χίος	7,15	2,85	10
Σύρος	2,84	0,57	3,41
Νάξος	8,76	1,15	9,91
Μύκονος	1,20	0,02	1,22
Υπόλοιπα**	9,08	1,78	10,86
Σύνολο	277,42	82,74	360,86
* Περιλαμβάνεται ένας Μ.Υ.Η.Σ. 0,3 MW και δύο Μονάδες Παραγωγής από Βιοαέριο 0,4 MW ** Σκύρος, Σύμη, Πάρος, Πάτμος, Ικαρία, Κύθνος, Σίφνος, Ψαρά, Ίος, Σχοινούσα, Κάσος, Αμοργός, Θήρα, Αστυπάλαια.			

Πίνακας 2-6: Συγκεντρωτικά στοιχεία Εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Σ. της Ελλάδας για το έτος 2011 (Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο της Δ.Ε.Η.)

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν. σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα ανέρχεται στα 360,86 MW. Τα Α/Π απαρτίζουν το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης ισχύος με 277,42 MW, ενώ οι Φ/Β Σταθμοί καλύπτουν αντίστοιχα το υπόλοιπο μέρος με 82,74 MW. Πρέπει να σημειωθεί ότι, ένας Μ.ΥΗ.Σ. εγκατεστημένης ισχύος 0,30 MW και δύο μονάδες παραγωγής από βιοαέριο εγκατεστημένης ισχύος 0,40 MW περιλαμβάνεται στο δυναμικό παραγωγής Α.Π.Ε. του νησιού της Κρήτης. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις μονάδες αυτές αναφέρονται στο 4^ο Κεφάλαιο.

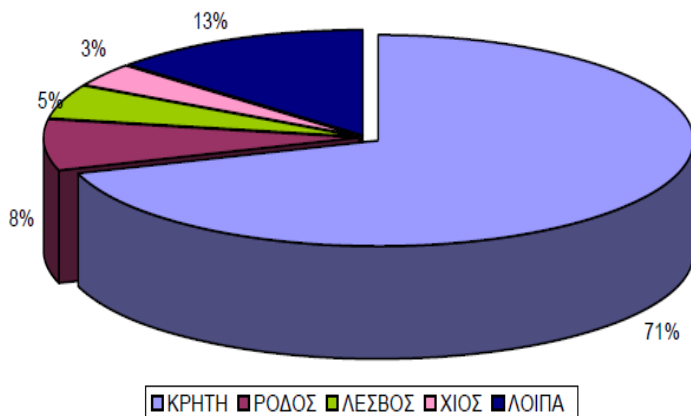
Οι Εικόνες 2-15 και 2-16 δικαιολογούν τα παραπάνω και παρουσιάζουν το ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος Α/Π και Φ/Β Σταθμών αντίστοιχα, στα Μ.Δ.Ν.. Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά και από τις δύο εικόνες, στο νησί της Κρήτης αντιστοιχεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε., τόσο σε Α/Π (με 63%), όσο και σε Φ/Β Σταθμούς (με 71%) αντίστοιχα. Το αμέσως μεγαλύτερο ποσοστό αποτελούν τα νησιά της Ρόδου, της Λέσβου και της Κω, ενώ για τα υπόλοιπα νησιά μοιράζεται το μικρότερο ποσοστό της υπόλοιπης εγκατεστημένης ισχύος Α/Π και Φ/Β Σταθμών αντίστοιχα.

85 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 277,42 MW



Εικόνα 2-15: Ποσοστό συνολικής εγκατεστημένης ισχύος από Α/Π στα Μ.Δ.Ν. το Δεκέμβριο του 2011(Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο της Δ.Ε.Η.).

1.091 Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (ΦΒ) Συνολικής Ισχύος 82,74 MW



Εικόνα 2-16: Ποσοστό συνολικής εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β Σταθμών στα Μ.Δ.Ν. το Δεκέμβριο του 2011 (Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο της Δ.Ε.Η.).

2.3.3 Συγκεντρωτικά στοιχεία παραγωγής Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν.

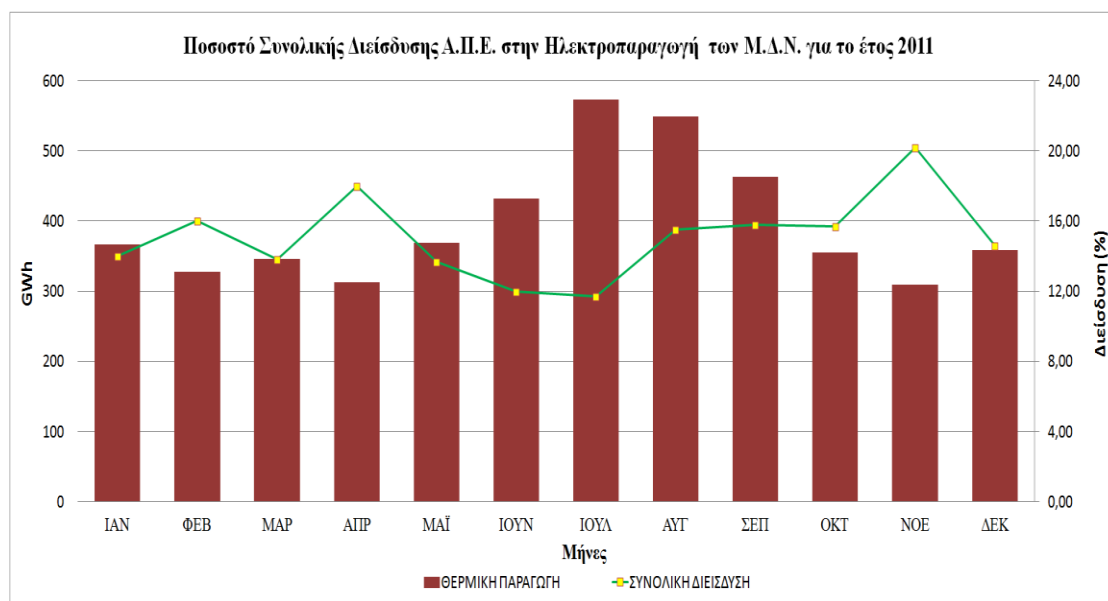
Στον Πίνακα 2-7 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της συνολικής παραγωγής Α.Π.Ε. όπως επίσης και το ποσοστό της συμμετοχής τους, στην συνολική θερμική παραγωγή των Μ.Δ.Ν.. Η μέση συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν. για το έτος 2011 είναι 14,8%, με το μεγαλύτερο ποσοστό της να προέρχεται από την παραγωγή Α/Π. Υψηλή συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. παρατηρείται τους μήνες Νοέμβριο με 20,2% και Απρίλιο με 18% αντίστοιχα, καθώς τότε συναντώνται και οι χαμηλότερες τιμές συνολικής θερμικής παραγωγής των Μ.Δ.Ν.. Αντίστοιχα, η χαμηλότερη διείσδυση Α.Π.Ε. εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο με 11,7%, όπου συναντάται η υψηλότερη τιμή της συνολικής θερμικής παραγωγής.

Μήνες	Παραγωγή Φ/Β (MWh)	Παραγωγή Α/Π (MWh)	Συνολική Παραγωγή Α.Π.Ε. (MWh)	Παραγωγή Θερμικών Μονάδων (MWh)	Ποσοστό Συμμετοχής Α.Π.Ε. στην Ηλεκτροπαραγωγή (%)
Ιανουάριος	3.954,73	55.786,68	59.809,25	366.433,77	14,0
Φεβρουάριος	4.713,67	59.007,42	63.758,77	327.145,28	16,0
Μάρτιος	4.960,40	50.466,02	55.536,15	346.041,24	13,8
Απρίλιος	8.083,22	60.704,25	68.888,70	313.194,29	18,0
Μάιος	9.927,37	48.337,77	58.326,13	368.389,36	13,7
Ιούνιος	11.615,83	47.135,29	58.819,23	432.552,03	12,0
Ιούλιος	13.838,13	62.163,30	76.061,53	573.387,04	11,7
Αύγουστος	14.303,79	86.614,01	100.980,5	549.238,65	15,5
Σεπτέμβριος	14.496,64	72.166,14	867.22,09	463.125,82	15,8
Οκτώβριος	11.044,66	54.944,43	66.047,70	355.074,88	15,7
Νοέμβριος	9.058,54	69.243,27	78.359,62	309.065,62	20,2
Δεκέμβριος	8.130,20	52.809,08	60.996,93	358.174,18	14,6
Σύνολο	114.127,18	719.377,66	834.306,60	4.761.822,16	14,8

Πίνακας 2-7: Συγκεντρωτικά στοιχεία μονάδων Α.Π.Ε. και Θερμικής Παραγωγής στα Μ.Δ.Ν. στο έτος του 2011 (Πληροφοριακό Δελτίο της Δ.Ε.Η.)

Εξαιρετικά σημαντικό είναι το γεγονός ότι, σε μήνα αυξημένης τουριστικής κίνησης, όπως το μήνα Αύγουστο όπου οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια είναι σαφώς υψηλότερες, η συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα έφτασε το ποσοστό του 15,5%.

Επίσης από το Πίνακα 2-7, ένα χρήσιμο στοιχείο που μπορεί ακόμα να παρατηρηθεί είναι η μέση ποσοστιαία συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή των Μ.Δ.Ν. μεμονωμένα από μονάδες παραγωγής Φ/Β και Α/Π. Από την τιμή της μέσης ετήσιας διείσδυσης Α.Π.Ε. (14,8%), περίπου το 2% καλύφθηκε από Φ/Β και το 12,8% από Α/Π. Το γεγονός ότι οι μονάδες Φ/Β συμμετέχουν έστω και με 2% του ποσοστού της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής των Μ.Δ.Ν. είναι κάτι που ασφαλώς πρέπει να σημειωθεί. Το ποσοστό συμμετοχής στην ηλεκτροπαραγωγή των Μ.Δ.Ν. απεικονίζεται και γραφικά μέσω της Εικόνας 2-17.



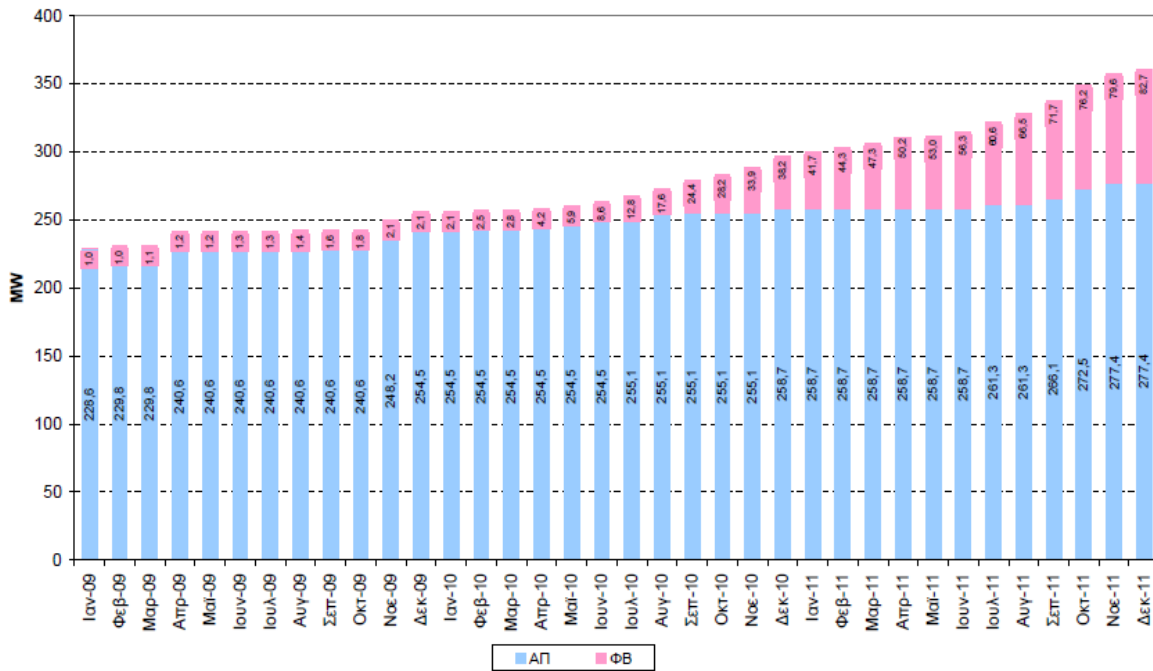
Εικόνα 2-17: Ποσοστό συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. στην Ηλεκτροπαραγωγή των Μ.Δ.Ν. για το έτος 2011.

Στη συνέχεια και στο Πίνακα 2-8 παρουσιάζεται το ποσοστό της συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. ανά νησί στο β' εξάμηνο του 2011. Το υψηλότερο ποσοστό διείσδυσης Α.Π.Ε. από τα περισσότερα νησιά καταγράφεται τον μήνα Νοέμβριο.

Νησί	ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ Α.Π.Ε. ΣΤΑ Μ.Δ.Ν. (%)					
	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Κρήτη	16,7	22,6	22,7	19,4	25,1	17,2
Ρόδος	6,9	5,9	4,5	7,5	9,5	9,1
Λέσβος	9,1	13,6	14,3	16,2	17,6	16,9
Κως –Λέρος	6,9	9,0	8,2	9,7	11,9	9,7
Κάλυμνος						
Λήμνος	1,8	2,5	2,9	4,2	3,3	2,7
Μήλος	10,6	16,1	21,3	18,0	21,1	17,3
Πάρος – Νάξος –Ιος - Σχοινούσα	10,6	17,1	18,8	32,3	36,6	26,1
Χίος – Ψαρά	7,0	12,0	11,1	13,3	12,7	10,0
Σύρος	4,1	6,5	6,5	5,2	8,3	4,7
Σάμος	12,0	18,2	18,2	22,2	26,5	18,0
Κάρπαθος	7,4	7,9	10,4	12,0	17,2	8,4
Μύκονος	2,1	3,6	4,6	5,9	9,3	6,2
Λοιπά Νησιά	1,5	2,2	2,5	2,7	3,4	2,6
Σύνολο	11,7	15,5	15,8	15,7	20,2	14,6

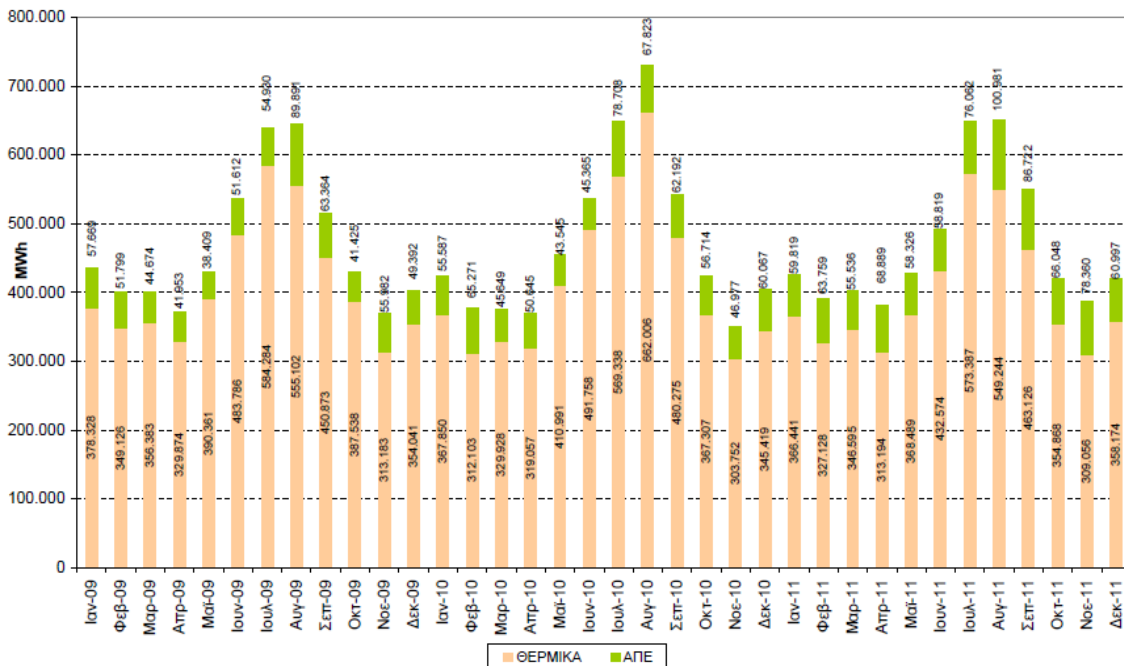
Πίνακας 2-8: Συγκριτικά στοιχεία Διείσδυσης Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν. στο Β' εξάμηνο του έτους 2011 (Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών, Δ.Ε.Η.)

Στην Εικόνα 2-18 απεικονίζεται η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν. από το έτος 2009 έως και το 2011. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι κατά το β' εξάμηνο του 2011 η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Φ/Β αυξήθηκε με μεγαλύτερο ρυθμό.



Εικόνα 2-18: Εγκατεστημένη ισχύς Μονάδων Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν. 2009-2011
(Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών)

Στην Εικόνα 2-19 απεικονίζεται η εξέλιξη της παραγωγής μονάδων Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν. από το έτος 2009 έως και το 2011. Οι μεγαλύτερες τιμές θερμικής παραγωγής και στα τρία έτη καταγράφονται στους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Ενδεικτική είναι η σημαντική συνεισφορά της παραγωγής μονάδων Α.Π.Ε. αυτού του μήνες.



Εικόνα 2-19: Παραγωγή Ενέργειας Μονάδων Α.Π.Ε. και θερμικής παραγωγής στα Μ.Δ.Ν. 2009-2011
(Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών)

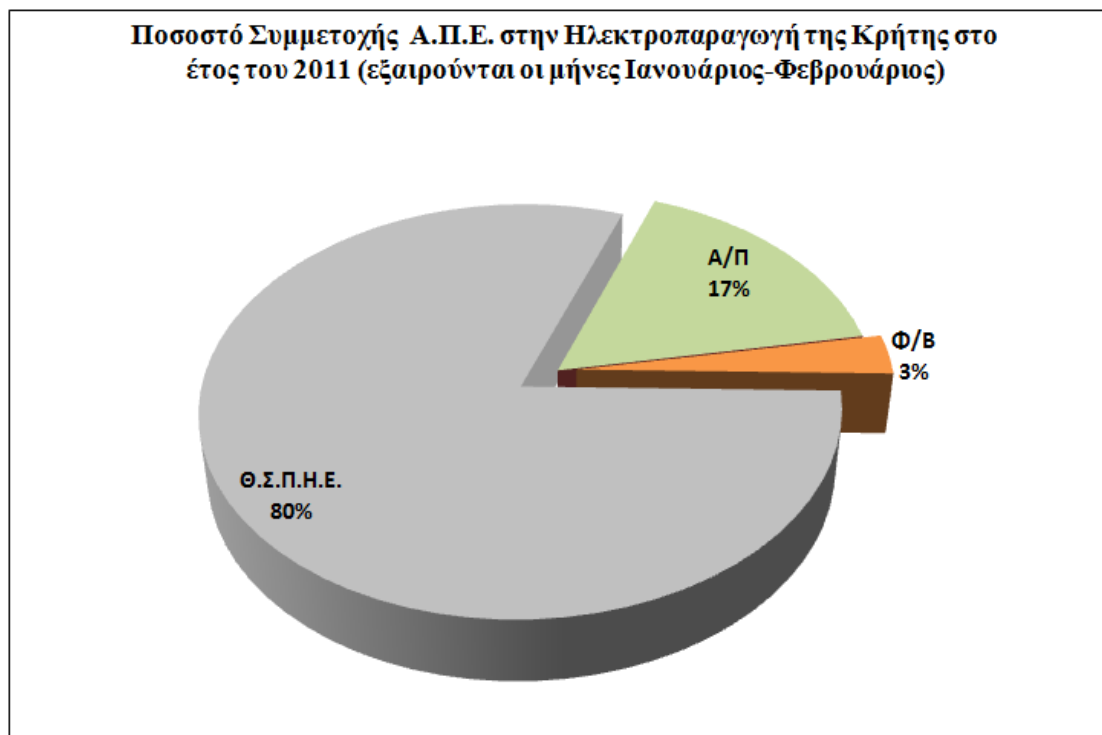
2.3.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία παραγωγής Α.Π.Ε. στο Νησί της Κρήτης

Το Νησιωτικό Δίκτυο της Κρήτης αποτελεί το επίκεντρο ενασχόλησης αυτής της εργασίας, οπότε σημαντικό ενδιαφέρον αποτελούν μεμονωμένα για το νησί, τα στοιχεία της παραγωγής Α.Π.Ε. και της συμμετοχής της, στην θερμική παραγωγή των υπάρχουσών μονάδων του συστήματος κατά τη διάρκεια του έτους. Στον Πίνακα 2-9 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία παραγωγής Α.Π.Ε. και θερμικής παραγωγής για το Μη Διασυνδεδεμένο Σ.Η.Ε. της Κρήτης.

Μήνες	Παραγωγή Φ/Β (MWh)	Παραγωγή Α/Π (MWh)	Παραγωγή Μ.ΥΗ.Σ. (MWh)	Συνολική Παραγωγή Α.Π.Ε. (MWh)	Παραγωγή Θερμικών Μονάδων (MWh)	Ποσοστό Συμμετοχής Α.Π.Ε. στην Ηλεκτροπαραγωγή της Κρήτης (%)
Ιανουάριος	3.136,52	36.136,52	67,84	40.180,83	-	-
Φεβρουάριος	3.462,76	40.762,22	37,68	44.262,66	-	-
Μάρτιος	3.877,42	34.039,76	109,73	38.026,89	178.692,65	17,54
Απρίλιος	6.200,28	39.757,57	101,23	46.059,08	159.142,87	22,44
Μάιος	7.429,13	33.047,30	60,99	40.537,42	185.644,09	17,92
Ιούνιος	8.744,62	32.154,76	68,11	40.967,49	210.953,04	16,26
Ιούλιος	10.455,91	43.616,43	60,11	54.132,44	270.349,85	16,68
Αύγουστος	10.672,81	61.689,57	62,71	72.425,09	248.206,03	22,58
Σεπτέμβριος	10.714,73	53.966,34	59,31	64.740,38	220.997,84	22,65
Οκτώβριος	7.509,52	36.209,98	58,61	43.778,11	182.288,26	19,36
Νοέμβριος	5.836,37	47.808,28	57,81	53.702,46	159.870,51	25,14
Δεκέμβριος	5.813,51	33.696,73	57,65	39.567,89	190.197,47	17,22
Σύνολο	77.254,28	415.986,72	696,26	493.937,25	2.006.342,61	19,75

Πίνακας 2-9: Συγκεντρωτικά στοιχεία μονάδων Α.Π.Ε. και Θερμικής Παραγωγής για το Μη Διασυνδεδεμένο Σ.Η.Ε. της Κρήτης, στους δέκα μήνες του 2011 (Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο της Δ.Ε.Η.)

Το νησί της Κρήτης όπως αναφέρεται και παραπάνω, διαθέτει το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. στα Μ.Δ.Ν.. Το ποσοστό της μέσης συνολικής διείσδυσης στην ηλεκτροπαραγωγή του νησιού είναι ίσο με 19,75%, από το οποίο το 16,6% περίπου προέρχεται από μονάδες Α/Π και το 3% από Φ/Β Σταθμούς. Αυτό το ποσοστό συμμετοχής της παραγωγής Φ/Β δικαιολογεί την σημαντική συνεισφορά τους στην ηλεκτροπαραγωγή παραγωγή του νησιού. Στην Εικόνα 2-20 απεικονίζεται το συνολικό ποσοστό της ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης για το έτος του 2011.



Εικόνα 2-20: Ποσοστό συμμετοχής Α.Π.Ε. στην Ηλεκτροπαραγωγή της Κρήτης στο έτος του 2011

2.4 Σκοπός της Εργασίας

Για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη, παρατηρείται η στροφή προς τις καθαρές πηγές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια από αυτές. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του αριθμού των Φ/Β Συστημάτων που συνδέονται στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διείσδυση των Φ/Β μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία των δικτύων διανομής, να μειώσει τη λειτουργία των θερμικών μονάδων, να λειτουργήσει επικουρικά στη μη υπερφόρτιση των μετασχηματιστών, κ.α.. Επιπλέον μπορεί να έχει αντίκτυπο στο περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία.

Έτσι λοιπόν, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της επίδρασης που πρόκειται να έχει η διείσδυση της διανεμημένης παραγωγής Φ/Β Συστημάτων, σ' ένα Μη Διασυνδεδεμένο Σύστημα με σχετικά υψηλή στάθμη διείσδυσης της παραγωγής Α.Π.Ε.. Ένα τέτοιο Σ.Η.Ε. είναι αυτό του νησιού της Κρήτης και του οποίου τα χαρακτηριστικά, το καθιστούν μοναδικό στην Ελλάδα.

Για την μελέτη της λειτουργίας του υπό εξέταση Σ.Η.Ε. χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά στοιχεία από το σύστημα S.C.A.D.A. του Κέντρου Κατανομής Φορτίου (Κ.Κ.Φ.) Κρήτης που σχετίζονται με την παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος και την αιολική παραγωγή, προκειμένου να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις της αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β η οποία ανέρχεται κατ' εκτίμηση στα 88 MW (εκτιμώμενη παραγωγή Φ/Β). Οι επιπτώσεις αυτές, έχουν να κάνουν κυρίως με την βέλτιστη και οικονομική λειτουργία των θερμικών μονάδων του συστήματος ως συνέπεια της μειωμένης παραγωγής τους. Μία ενδεχόμενη μείωση της παραγωγής των θερμικών μονάδων του συστήματος, μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση της κατανάλωσης του συμβατικού καυσίμου (Ντίζελ, Μαζούτ) που απαιτείται για την λειτουργία τους. Η επωφελούμενη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων επιφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη, καθώς το κόστος των εισαγόμενων καυσίμων στο νησί επιδρά ως αρνητικός παράγοντας.

Επομένως βάση των παραπάνω, εξετάζεται η μέση τιμή της αξίας ανά παραγόμενη μεγαβατώρα (€/MWh) λόγω της εξοικονόμησης του κόστους καυσίμου που προέκυψε από την μείωση της παραγωγής των θερμικών μονάδων για τις ώρες που υπήρξε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β. Έτσι λοιπόν,

εξετάζονται τα οφέλη που πρόκειται να έχει μία τέτοια συγκυρία, τα οποία μπορεί να διαφέρουν αναλόγως με τις καταστάσεις φόρτισης του συστήματος (μέγιστο φορτίο – ελάχιστο φορτίο). Επίσης, αναφέρεται ότι η μείωση της παραγωγής από τις θερμικές μονάδες του συστήματος μπορεί να συμβάλει στην ελάττωση των εκπεμπόμενων ρύπων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από τους Σταθμούς Παραγωγής του νησιού.

Επομένως εκτός από τα οικονομικά οφέλη που πρόκειται να επέλθουν έπειτα από μία τέτοια διαδικασία μεγάλη σημασία παρουσιάζουν και οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

2.4.1 Δομή της εργασίας

Η δομή της παρούσας εργασίας έχει ως εξής:

Το **3^ο Κεφάλαιο** επικεντρώνεται στις μονάδες Α.Π.Ε. που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια, αυτές είναι τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα και ο τρόπος εκμετάλλευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος τους, αποτέλεσε το κίνητρο ενασχόλησης της παρούσας εργασίας. Επομένως, μέσω του κεφαλαίου αυτού δίνεται έμφαση στην παρουσίαση της συγκεκριμένης τεχνολογίας Α.Π.Ε.. Αρχικά γίνεται μια παρουσίαση των κυριότερων και πιο διαδεδομένων τεχνολογιών Φ/Β Συστημάτων που υφίστανται τη δεδομένη χρονική κατάσταση. Επίσης γίνεται μία σχετική περιγραφή της διαστασιολόγησης τους και των προϋποθέσεων που απαιτούνται για την διασύνδεση των μονάδων Φ/Β με το ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης πραγματοποιείται μία επισκόπηση των υπάρχουσών εγκαταστάσεων στην Χώρα και ειδικά στις Νησιωτικές της περιοχές. Τέλος, περιγράφονται αναφορές που προέκυψαν από μελέτες άλλων εργασιών με θέμα τις πιθανές επιπτώσεις των Φ/Β στα Ηλεκτρικά Δίκτυα, ενώ ακόμα γίνονται σχετικές αναφορές στα οικονομικά, περιβαλλοντικά οφέλη που ενδεχομένως μπορούν να προκύψουν μέσω της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας από μονάδες παραγωγής Φ/Β.

Στο **4^ο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την αποτίμηση των επιπτώσεων της Φ/Β παραγωγής στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης. Με αυτό τον τρόπο εξετάστηκαν τα οφέλη της βελτιστοποίησης της λειτουργίας στην οικονομική κατανομή της παραγωγής από τις θερμικές μονάδες του συστήματος καθώς έγινε ο απολογισμός των διαθέσιμων δεδομένων λειτουργίας πριν και μετά την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο. Για την πραγματοποίηση του απολογισμού αυτού, κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη λογισμικού για την δυνατότητα της προσομοίωσης της λειτουργίας του υπό εξέταση συστήματος. Έτσι, περιγράφεται η μαθηματική θεμελίωση που αναπτύχθηκε, για την υλοποίηση του κατάλληλου αλγόριθμου με σκοπό την επίλυση της βέλτιστης οικονομικής λειτουργίας του συστήματος.

Στο **5^ο Κεφάλαιο** γίνεται μια ανασκόπηση του Μη Διασυνδεδεμένου Σ.Η.Ε. της Κρήτης και παρουσιάζονται τα δεδομένα της λειτουργίας του σύμφωνα με τα στοιχεία του έτους που εξετάζεται σε αυτήν την εργασία. Αρχικά δίνονται κάποια γενικά πληροφορικά στοιχεία του νησιού και έπειτα παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος όπως οι Σταθμοί Παραγωγής, οι Θερμικές Μονάδες Παραγωγής και το Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Τέλος, δίνονται λεπτομερή στοιχεία για τις εγκατεστημένες μονάδες Α.Π.Ε. ανά περιοχή του νησιού όπως επίσης και της χωροθέτησης Φ/Β συστημάτων ανά Νομό και Δήμο.

Στο **6^ο Κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που εκτελέστηκε βάση της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας για το Σ.Η.Ε. της Κρήτης. Η προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος πραγματοποιήθηκε για χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου με δεδομένα για το έτος του 2008. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων έχει να κάνει κυρίως με το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής των θερμικών μονάδων και τα οικονομικά οφέλη που προέκυψαν από την εξοικονόμηση

κατανάλωσης καυσίμου των υφιστάμενων θερμικών μονάδων του συστήματος ύστερα από την συνεισφορά των Φ/Β. Αναφέρεται ακόμα ότι βάση της σχετικής προσομοίωσης προέκυψε μία χαρακτηριστική ημέρα με «πλεόνασμα» παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος Α.Π.Ε., επομένως λόγω της ιδιαιτερότητας αυτής, αναλύθηκε περεταίρω στο κεφάλαιο αυτό. Τέλος, παρουσιάζονται τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα, λόγω του περιορισμού της λειτουργίας των θερμικών μονάδων από τη παραγωγή Φ/Β.

Τέλος, στο **7^ο Κεφάλαιο** συνοψίζονται τα συμπεράσματα της εργασίας, καθώς μέσω της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει η παραγωγή των αδειοδοτημένων Φ/Β στο Μη Διασυνδεδεμένο Σ.Η.Ε. της Κρήτης. Η αποτίμηση της εκτιμώμενης παραγωγής Φ/Β έδειξε ότι, κατά τις ημέρες υψηλής φόρτισης του συστήματος επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ακριβότερου καυσίμου, καθώς αυτό συντελεί στην οικονομικότερη λειτουργία των θερμικών μονάδων του συστήματος. Αντιθέτως με τις ημέρες υψηλής φόρτισης, στις ημέρες χαμηλής φόρτισης του συστήματος διαπιστώθηκε ότι η υψηλή διείσδυση των Φ/Β κάποιες φορές ενδέχεται να οδηγήσει τις μονάδες σε σημείο λειτουργίας που κρίνεται μη αποδοτικό για το σύστημα.

3 Φωτοβολταϊκά και επιπτώσεις στο Δίκτυο

3.1 Ηλιακή ακτινοβολία

Ο όρος «ηλιακή ενέργεια» χαρακτηρίζεται ως το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Γενικότερα, η ενέργεια που μεταδίδεται στην επιφάνεια της γης μέσω της **ηλιακής ακτινοβολίας** έχει ζωτική σημασία για την διατήρηση της ζωής στο πλανήτη και αποτελεί τη βάση για όλες σχεδόν τις άλλες μορφές ενέργειας. Για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα ή, υπό κατάλληλες συνθήκες, να οδηγήσουν στη δημιουργία πετρελαίου μετά από εκατομμύρια χρόνια. Η θερμότητα του ήλιου δημιουργεί θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ περιοχών και ανάπτυξη ανέμων η ενέργεια των οποίων χρησιμοποιείται στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες. Επιπλέον, ποσότητες νερού εξατμίζονται λόγω της θερμότητας του ήλιου, πέφτουν ως βροχή σε υψόμετρα και κατηφορίζουν προς τη θάλασσα, με δυνατότητα εκμετάλλευσης της δυναμικής τους ενέργειας σε υδροηλεκτρικές γεννήτριες. Στην Εικόνα 3-1 απεικονίζεται το ποσό της ηλιακής ενέργειας έτσι όπως φτάνει από τα όρια της ατμόσφαιρας μέχρι την επιφάνεια της Γης.

Από την ενέργεια η οποία φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας:

- Το 31% ανακλάται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της γης.
- Το 47% φθάνει μέχρι την επιφάνεια της γης.
- Το 23% συμβάλλει στη δημιουργία των ανέμων, των κυμάτων και γενικά ρυθμίζει το κλίμα.
- Οι ωκεανοί απορροφούν το 33 % της ενέργειας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.
- Η ξηρά απορροφά το 14% της ενέργειας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.
- Το 0,10% της ηλιακής ενέργειας απορροφάται από τα φυτά.

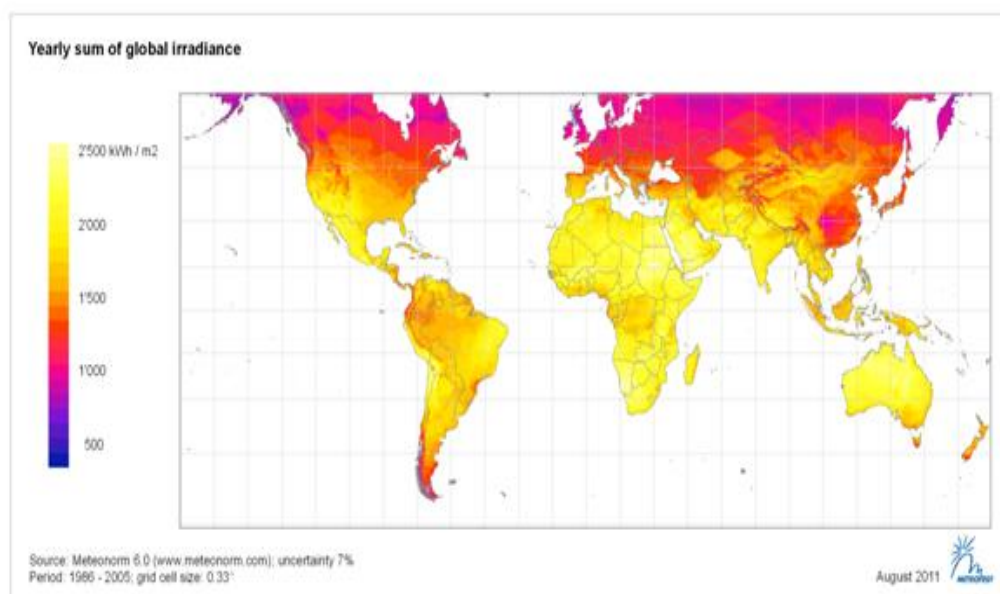


Εικόνα 3-1: Η ηλιακή ακτινοβολία στη Γη

3.1.1 Ενεργειακή απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση στη διάρκεια του χρόνου και της ημέρας. Η ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2) που φτάνει στην επιφάνεια της γης μέσα σε μια ημέρα, εξαρτάται από τη κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, από τη μέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των διάφορων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών αιωρημάτων της ατμόσφαιρας. Προκειμένου, όμως να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία σε διεθνή κλίμακα, οι μετρήσεις προσεγγίζονται με αισθητήρες (πυρανόμετρα), οι οποίοι τοποθετούνται με συλλεκτική επιφάνεια οριζόντια.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν, όλη την επιφάνεια του πλανήτη, κατά μέσο όρο κάθε τετραγωνικό μέτρο (m^2) δέχεται περίπου 4,2 kWh την ημέρα. Τα ποσοστά ενέργειας είναι υψηλότερα σε επιφάνειες όπως έρημοι όπου μπορούν να ξεπεράσουν τις 6 kWh/ m^2 την ημέρα. Στην Εικόνα 3-2 φαίνεται σε παγκόσμια κλίμακα η ετήσια ενεργειακή απολαβή, ολικής ηλιακής ακτινοβολία σε kWh/ m^2 [14].



Εικόνα 3-2: Ποσό ετήσιας ενεργειακής απολαβής ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε kWh/ m^2

3.1.2 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας

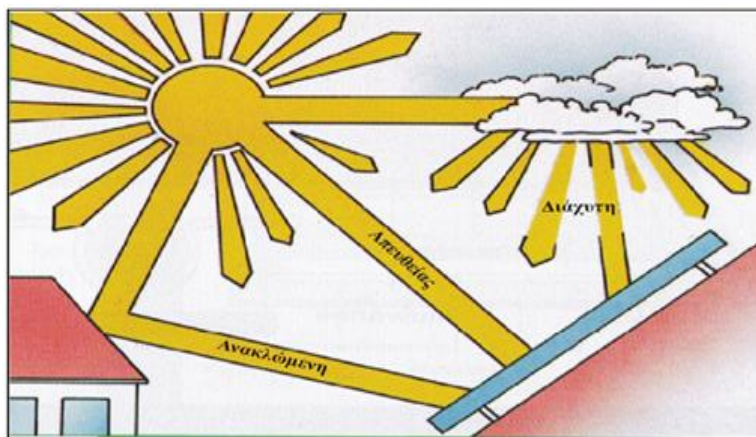
Σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης, φτάνουν δύο συνιστώσες του ηλιακού φωτός: η απευθείας, ή άμεση και η σκεδαζόμενη στα μόρια του αέρα, η οποία ονομάζεται διάχυτη. Πιο συγκεκριμένα:

- Η απευθείας ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης χωρίς σκέδαση στην ατμόσφαιρα.
- Η διάχυτη ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης με αλλαγμένη διεύθυνση, αφού έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα και ανάκλαση από το έδαφος. Επομένως, η διάχυτη ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης με τυχαίες διευθύνσεις από όλο τον ουράνιο θόλο.

Η απευθείας και η διάχυτη ακτινοβολία εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

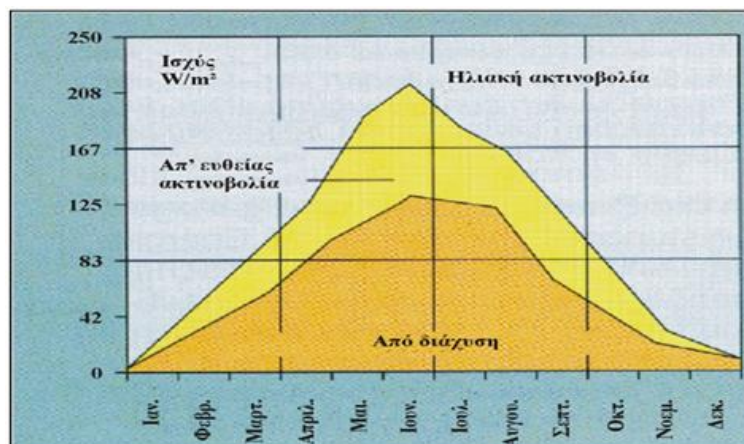
- Τη σύσταση-κατάσταση της ατμόσφαιρας, τη δεδομένη χρονική στιγμή (υγρασία και γενικά, τα αιωρήματα της ατμόσφαιρας).
- Την ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους.
- Τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων σ' ένα κεκλιμένο ή οριζόντιο επίπεδο, η οποία μεταβάλλεται καθώς αλλάζει το ύψος του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Αξίζει να σημειωθεί, πως σε μια κεκλιμένη επιφάνεια ένα τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προέρχεται και από αυτήν που ανακλάται διάχυτα από το έδαφος. Η διάχυτα ανακλώμενη εξαρτάται από τη μορφολογία και το χρώμα του εδάφους ή την επικάλυψη του (γρασίδι ή χιόνι) και την πυκνότητα των νεφών. Στην Εικόνα 3-3 φαίνεται σχηματικά, η απευθείας, η διάχυτη και η ανακλώμενη ακτινοβολία ως άθροισμα της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε μια συλλεκτική επιφάνεια [15].



Εικόνα 3-3: Απευθείας, διάχυτη και διάχυτα ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία

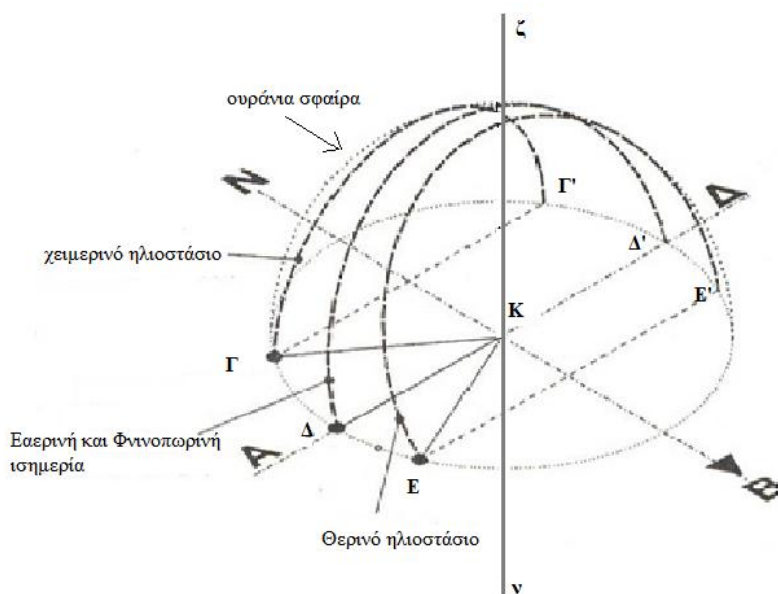
Τέλος, η προσπίπτουσα ακτινοβολία σε μια συλλεκτική επιφάνεια ή ένα κεκλιμένο επίπεδο, αποτελείται από την απευθείας, τη διάχυτη και τη διάχυτα ανακλώμενη από το έδαφος. Η συνολική αυτή ακτινοβολία αναφέρεται ως ολική ακτινοβολία. Στην Εικόνα 3-4 παριστάνεται γραφικά, η διακύμανση της απευθείας και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 , κατά τη διάρκεια ενός έτους [16].



Εικόνα 3-4: Διακύμανση της απευθείας και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε διάρκεια ενός έτους

3.1.3 Η κίνηση του ήλιου σύμφωνα με τη θέση τοπικού παρατηρητή

Ένας προσφιλής τρόπος για να περιγραφεί, η κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο, είναι να καθοριστεί το φαινόμενο αυτό από τη θέση του τοπικού παρατηρητή. Πιο συγκεκριμένα, ο παρατηρητής περιγράφει τα προηγούμενα, ως κίνηση του ήλιου γύρω απ' τη γη, που τη θεωρεί ακίνητη. Γι' αυτό, όλα τα αστέρια και οι πλανήτες φαίνονται να είναι τοποθετημένα σε μια τεράστια σφαίρα, την *ουράνια σφαίρα*, η οποία φαίνεται να περιστρέφεται γύρω απ' τη γη, με φορά αντίθετη της περιστροφής της γης. Στην Εικόνα 3-5 ο τοπικός παρατηρητής είναι στο κέντρο K , η κατακόρυφη του τόπου με κατεύθυνση προς τα επάνω, προσδιορίζει επί της ουράνιας σφαίρας, το Ζενίθ (ζ), του τόπου, ενώ το αντιδιαμετρικό σημείο λέγεται Ναδίρ (ν) του τόπου. Ο παρατηρητής βλέπει τον ήλιο να ανατέλλει, τη μέρα του χειμερινού ηλιοστασίου από το Γ και να δύει στο Γ' . Καθώς περνάνε οι μέρες, ο ήλιος αλλάζει κύκλο, η θέση μεσουράνησης αυξάνει, το σημείο ανατολής μετατοπίζεται ανατολικότερα και η δύση δυτικότερα. Έτσι, την ημέρα της ισημερίας (Εαρινή και Φθινοπωρινή) ο ήλιος ανατέλλει από το Δ και δύει στο Δ' . Τέλος, κατά το θερινό ηλιοστάσιο ο ήλιος ανατέλλει στη τροχιά του κύκλου από το E και δύει στο E' [17].



Εικόνα 3-5: Η κίνηση του ήλιου από σύστημα τοπικού παρατηρητή

3.1.4 Εξισώσεις περιγραφής κίνησης ήλιου

Η θέση του ήλιου από ένα ορισμένο σημείο μιας επιφάνειας της γης, για μια δεδομένη χρονική στιγμή, διαμορφώνει την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και μπορεί να προσεγγιστεί από κάποιες βασικές γωνίες, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

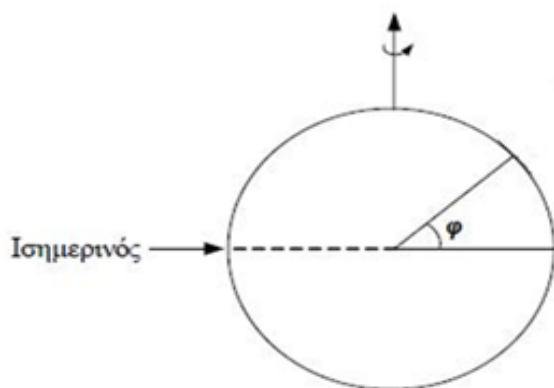
- Το γεωγραφικό πλάτος φ .
- Τη κλίση της επιφάνειας β .
- Τη γωνία αζιμούθιου γ .
- Την απόκλιση δ του ήλιου.
- Τη γωνία Ζενίθ θ_z .

- Την ωριαία γωνιά ω .
- Την ωριαία γωνιά δύσης ω_s .
- Τη γωνία πρόσπτωσης θ .

- Γεωγραφικό Πλάτος φ

Το γεωγραφικό πλάτος φ είναι η γωνιακή απόσταση ενός τόπου από τον Ισημερινό (Εικόνα 3-6). Σε περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου (όπως η Ελλάδα) αντιστοιχεί θετική τιμή γεωγραφικού πλάτους. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η συγκεκριμένη γωνία είναι:

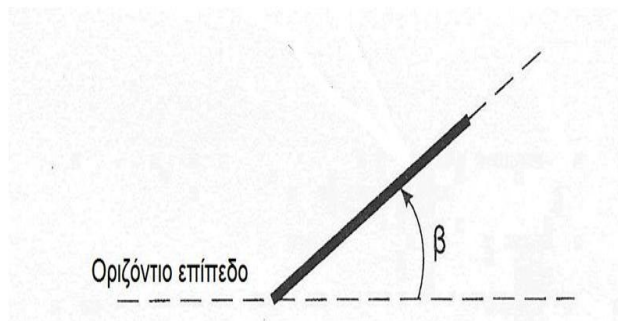
$$-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$



Εικόνα 3-6: Γωνία γεωγραφικού πλάτους φ .

- Κλίση Επιφάνειας β

Η κλίση β μιας επιφάνειας είναι η γωνία που σχηματίζει σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-7.



Εικόνα 3-7: Κλίση επιφάνειας β .

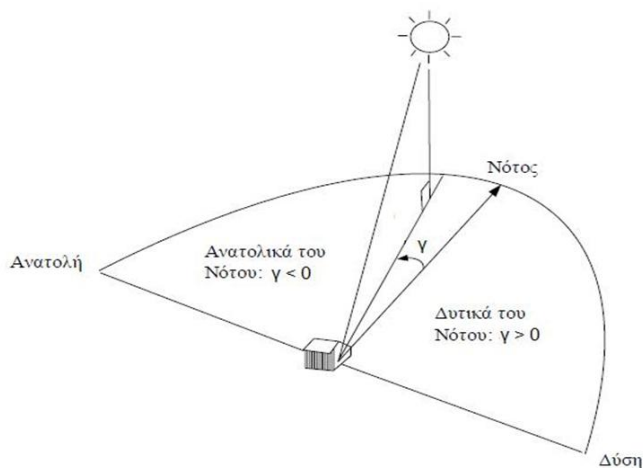
- Γωνία Αζιμούθιου γ

Η γωνία αζιμούθιου γ που περιγράφει την κατεύθυνση προς την οποία είναι στραμμένη μια επιφάνεια ως προς τον ορίζοντα. Στην Εικόνα 3-8 δείχνονται οι γωνίες προσδιορισμού της θέσης του ήλιου, μια ορισμένη στιγμή, με αναφορά ως προς την Ανατολή και ως προς τη Δύση.

Για τοποθεσίες του βόρειου ημισφαιρίου (όπως η Ελλάδα) ισχύουν οι παρακάτω περιπτώσεις:

- Για $\gamma = 0$, νότιος προσανατολισμός.

- Για $\gamma > 0$, δυτικός προσανατολισμός.
- Για $\gamma < 0$, ανατολικός προσανατολισμός.



Εικόνα: 3-8: Αζιμουθιακή γωνία γ

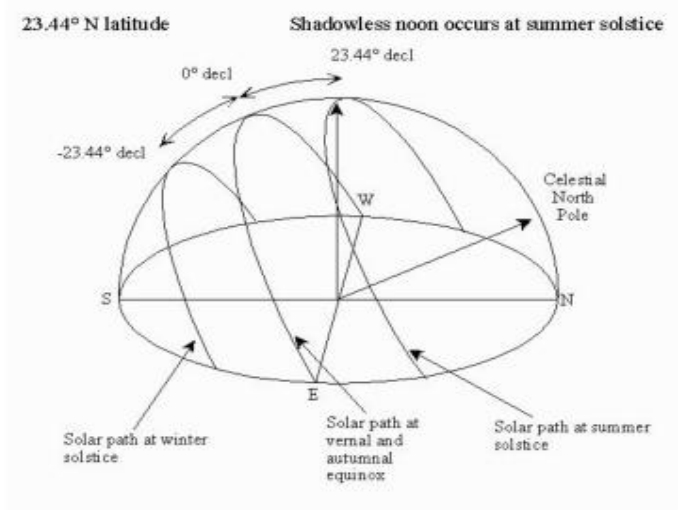
- Απόκλιση δ του ήλιου

Απόκλιση δ του ηλίου ορίζεται η γωνία ανάμεσα στην ευθεία ήλιου-γης και την προβολή της στο επίπεδο του ισημερινού (βλέπε Εικόνα 3-9).

- Η μέγιστη τιμή της, κατά το θερινό ηλιοστάσιο, είναι $23,45^\circ$.
- Η ελάχιστη τιμή της, κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο, είναι $-23,45^\circ$.

$$\delta = 23,45 * \sin \frac{360 * (284 + n)}{365} \quad (3-1)$$

Όπου n : η ημέρα του έτους.



Εικόνα 3-9: Ορισμός απόκλισης δ

3.1.5 Το ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα

Η Ελλάδα λόγω της ευνοϊκής γεωγραφικής της θέσης, παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου $1.400 \div 1.800 \text{ kWh/m}^2$ ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Στην Εικόνα 3-10, παρουσιάζεται το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας (σε kWh/m^2) ημερησίως.



Εικόνα 3-10 Ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα

Εκτός από την μέση ημερήσια ενέργεια από τον ήλιο σε μηνιαία ή ετήσια βάση, σε οριζόντιο επίπεδο, χαρακτηριστικό στοιχείο μιας περιοχής είναι η **ηλιοφάνεια** της. Αυτή εξαρτάται βεβαίως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από τη θέση και διαμόρφωση της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά πιθανόν ευνοούν την ανάπτυξη των νεφώσεων, με αποτέλεσμα τη μείωση των ηλιόλουστων ημερών. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος. Κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός στον ουρανό. Στην Ελλάδα η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, είναι η περιοχή της Ιεράπετρας στο νοτιοανατολικό μέρος της Κρήτης (3.101,5 ώρες ετησίως).

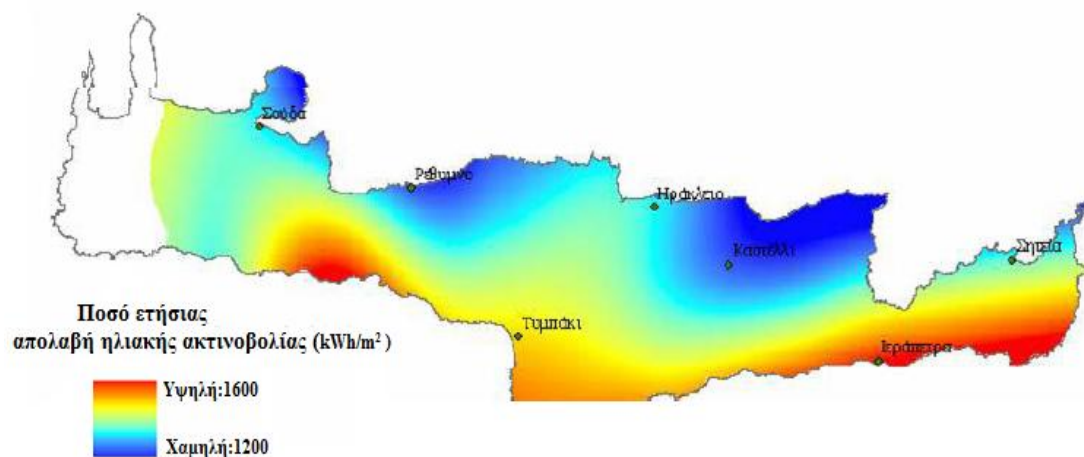
Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία (σε kWh/m^2) για διάφορες περιοχές της χώρας.

Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών επιλέγονται ώστε οι μετρήσεις να είναι αξιόπιστες και να μην επηρεάζονται από φυσικά εμπόδια ή τοπικά φαινόμενα που να αλλοιώνουν το αποτέλεσμα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, πως, για όποιες περιοχές δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από την πλησιέστερη περιοχή στην οποία παρατηρείται παρόμοια μορφολογία εδάφους (ορεινοί όγκοι, κ.α.) και παρόμοιος προσανατολισμός.

3.1.6 Το ηλιακό δυναμικό στην Κρήτη

Το ηλιακό δυναμικό της Κρήτης παρουσιάζεται εξαιρετικά πλούσιο, λόγω της δεδομένης γεωγραφικής θέσης του νησιού. Στην Εικόνα 3-11 φαίνεται μια σχηματική άποψη της Κρήτης με τις περιοχές που συγκεντρώνονται περισσότερο το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας (σε kWh/m²) [18].



Εικόνα 3-11: Το ηλιακό δυναμικό της Κρήτης

Στον Πίνακα 3-1 δίνονται οι μέσες τιμές μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για επτά πόλεις της Κρήτης [19]. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας συγκεντρώνεται στις περιοχές της Ιεράπετρας και του Τυμπακίου που βρίσκονται στο νοτιότερο σημείο του νησιού.

Μήνες	Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/m ²)						
	Πόλεις Κρήτης						
	Σούδα	Χανιά	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Σητεία	Τυμπακί	Ιεράπετρα
Ιανουάριος	65,0	62,0	62,0	65,6	66,5	73,4	73,0
Φεβρουάριος	81,7	80,0	81,0	81,6	83,0	90,5	89,0
Μάρτιος	130,7	124,0	119,0	125,0	128,0	137,5	137,0
Απρίλιος	166,5	167,0	164,0	166,5	165,2	169,0	174,0
Μάιος	208,5	212,0	211,0	207,3	207,4	207,8	210,0
Ιούνιος	221,9	220,0	218,0	222,4	223,2	222,9	220,0
Ιούλιος	228,5	225,0	223,0	227,1	227,1	228,7	224,0
Αύγουστος	209,3	205,0	204,0	207,0	207,5	209,8	205,0
Σεπτέμβριος	163,6	161,0	160,0	163,0	163,7	166,3	165,0
Οκτώβριος	116,3	111,0	106,0	117,3	119,3	127,2	125,0
Νοέμβριος	76,8	78,0	81,0	78,6	80,4	85,9	89,0
Δεκέμβριος	60,3	59,0	58,0	61,2	61,9	67,7	69,0
Μ.Ο.	144,1	142,0	140,5	143,5	144,4	148,9	148,3

Πίνακας 3-1: Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για επτά πόλεις της Κρήτης από τους σταθμούς της Ε.Μ.Υ.

3.2 Τεχνολογία Φ/Β

3.2.1 Υλικά Κατασκευής Φ/Β πλαισίων

3.2.1.1 Με βάση το πυρίτιο

Το υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β, είναι το πυρίτιο (Si), το οποίο στην άμμο περιέχεται με την μορφή του οξειδίου του πυριτίου (SiO_2). Το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται από υψηλή καθαρότητα (99.999%).

Το πυρίτιο, ανάλογα με την επεξεργασία του, δίνει **μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα** υλικά, από τα οποία παράγονται τα Φ/Β στοιχεία. Τα λεπτά υλικά είναι ένας τρόπος να μειωθεί το κόστος των Φ/Β πλαισίων και να αυξηθεί η απόδοσή τους. Εκτός από τη χρήση μικρότερης ποσότητας υλικού, ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι ολόκληρα πλαίσια μπορούν να κατασκευαστούν παράλληλα με τη διαδικασία απόθεσης. Αυτό είναι συμφέρον οικονομικά, αλλά επίσης πολύ απαιτητικό τεχνικά, επειδή η επεξεργασία χωρίς ατέλειες αφορά μεγαλύτερη επιφάνεια.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου, παρουσιάζονται παρακάτω:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125°C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα Φ/Β στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη των Φ/Β στοιχείων τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής. Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των Φ/Β στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

3.2.1.2 Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Αποτελούν την κλασική τεχνολογία Φ/Β. Το βασικό υλικό τους είναι μονοκρυσταλλικό πυρίτιο σε γυαλί και αποτελούν μία σύνθετη διαδικασία κατασκευής. Το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο (~300μm). Η απόδοση των μονοκρυσταλλικών στοιχείων του εμπορίου κυμαίνεται από ~21% έως ~24%, ενώ σε μορφή Φ/Β πλαισίων, μεταξύ 13% έως 18%. Χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος κατασκευής και οι τεχνικές ανάπτυξης τους επιβαρύνουν το περιβάλλον. Ακόμα λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους έχουν σχετικά μεγάλο βάρος και μη εύκαμπτη δομή. Στην Εικόνα 3-12 φαίνεται η μορφή ενός Φ/Β στοιχείου από κρυσταλλικό πυρίτιο.



Εικόνα 3-12: Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

3.2.1.3 Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Η διαφορά των Φ/Β στοιχείων πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι ως προς τη δομή, καθώς δεν έχουν την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή της αντίστοιχης τεχνολογίας του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα Φ/Β στοιχεία τέτοιας μορφής αποτελούνται από λεπτά επιστρώματα πάχους 10 έως 50μm. Έχουν τη δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών και συνήθως κόβονται σε τετραγωνικής μορφής στοιχεία. Γενικά, όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των κρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού Φ/Β στοιχείου, τόσο υψηλότερη είναι και η απόδοσή τους, η οποία μπορεί να κυμανθεί από ~17% έως 20%, σε εργαστηριακή μορφή πολυκρυσταλλικού στοιχείου και από 10% έως και 14%, σε βιομηχανική μορφή Φ/Β πλαισίου. Χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή χρονική σταθερότητα και το κόστος παρασκευής τους είναι χαμηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο του κρυσταλλικού πυριτίου. Στην Εικόνα 3-13 φαίνεται η μορφή ενός Φ/Β στοιχείου από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο.



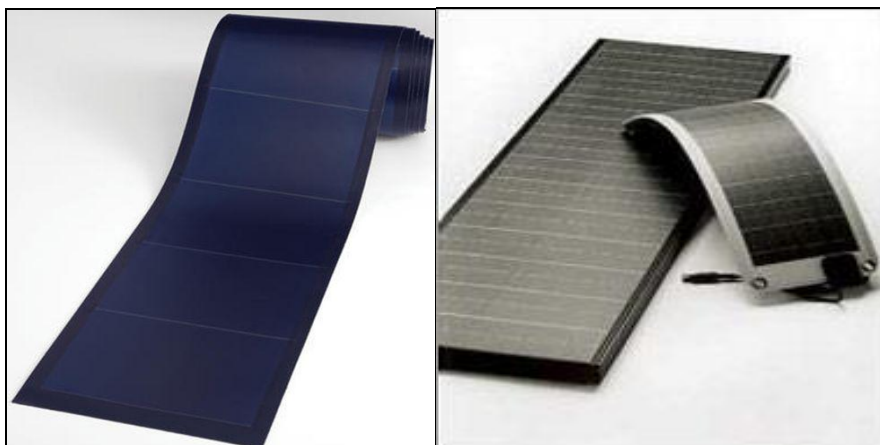
Εικόνα 3-13: Φ/Β στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

3.2.1.4 Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου (a-Si)

Ο χαρακτηρισμός άμορφο Φ/Β στοιχείο προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Τα συγκεκριμένα Φ/Β στοιχεία, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τα στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου. Η απόδοσή τους μειώνεται έντονα, στα αρχικά στάδια φωτισμού τους, στα επίπεδα 6% έως 8%. Σήμερα η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για τη παρασκευή σύνθετων Φ/Β στοιχείων με διαφορετικές ενώσεις δύο ή τριών στρωμάτων με διαφορετικό ενεργειακό χάσμα, με σκοπό την αύξηση του

αξιοποιήσιμου τμήματος του ηλιακού φάσματος. Για παράδειγμα, παρασκευάζονται Φ/Β στοιχεία από κράμα πυριτίου με άνθρακα και γερμάνιο, τριών επαφών με σταθεροποιημένη απόδοση ~13%. Το ιδιαίτερο κατασκευαστικό χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα δημιουργίας διαδοχικών Φ/Β στοιχείων σε μεγάλες επιφάνειες Φ/Β πλαισίων. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι, τα στοιχεία αυτά δίνουν την δυνατότητα κατασκευής εύκαμπτων Φ/Β πλαισίων.

Γενικότερα, το σημαντικότερο πλεονέκτημα για τα Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου, είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζονται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτούν στην αξιοποίηση της απόδοσης τους σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για τη παραγωγή της ίδιας ενέργειας, χρειάζονται σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Στην Εικόνα 3-14 παρουσιάζονται Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου με τεχνολογία λεπτής επίστρωσης.



Εικόνα 3-14: Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου τεχνολογίας λεπτών επιστρώσεων

3.2.1.5 Φ/Β στοιχεία λεπτής επίστρωσης (thin-film)

Τα Φ/Β στοιχεία λεπτής επίστρωσης αποτελούν μία νέα προσέγγιση Φ/Β τεχνολογίας καθώς αρκετή έρευνα έχει διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για την τελειοποίηση μεθόδων κατασκευής Φ/Β στοιχείων με ημιαγωγούς πάχους μόλις μερικών μικρομέτρων, με στόχο την επίτευξη μίας εύλογης απόδοσης με όσο το δυνατό μικρότερη χρήση ποσότητας πυριτίου. Τα συγκεκριμένα Φ/Β στοιχεία έχουν μικρότερη απόδοση από τα Φ/Β στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου και είναι της τάξεως του 5% έως 7,9%, αλλά με αρκετά χαμηλότερο κόστος, ώστε να τα καθιστά ανταγωνιστικά. Χαρακτηρίζονται από το έντονο σκούρο (σχεδόν μαύρο) χρώμα τους και έτσι διαφέρουν από το κλασικό μπλε χρώμα των υπολοίπων τεχνολογιών. Λόγω της διαφορετικής τεχνολογίας κατασκευής τους παρουσιάζουν μικρό βάρος και εύκαμπτη δομή.

3.2.1.6 Φ/Β στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon-Silicon)

Πρόκειται επίσης για μια σχετικά νέα τεχνολογία Φ/Β στοιχείων και η κατασκευής τους βασίζεται στη δημιουργία λεπτής ταινίας από τηγμένο υλικό. Προσφέρουν έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις «παραδοσιακές τεχνικές» κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών Φ/Β στοιχείων πυριτίου. Η απόδοσή τους, κυμαίνεται πλέον στο 12%-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 mm. Αποτελούν γενικά, μέθοδο υψηλού κόστους και, προς το παρόν, περιορισμένης βιομηχανικής παραγωγής.

3.2.1.7 Υβριδικά Φ/Β στοιχεία

Ένα υβριδικό Φ/Β στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. Ένα από τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά Φ/Β στοιχεία είναι τα Hybrid H.I.T. (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer) Φ/Β και κατασκευάζονται από την SANYO (Εικόνα 3-15). Αποτελούνται, από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές έως και 16,8% και το οποίο σημαίνει ότι χρειάζονται μικρότερη επιφάνεια για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ συμβατικών Φ/Β. Επίσης τα Φ/Β στοιχεία τους έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά Φ/Β στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό Φ/Β είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά Φ/Β πλαίσια.



Εικόνα 3-15: Υβριδικό H.I.T. Φ/Β πλαίσιο (της εταιρίας SANYO)

3.2.1.8 Λοιπές κατηγορίες

3.2.1.8.1 Φ/Β στοιχεία λεπτής επίστρωσης (άλλων υλικών)

Στη κατηγορία των Φ/Β στοιχείων λεπτών επιστρώσεων, εκτός των Φ/Β στοιχείων άμορφου πυριτίου, τα οποία σήμερα αποτελούν τα περισσότερο διαδεδομένα στο κόσμο, για τη κατηγορία αυτή, κατασκευάζονται Φ/Β στοιχεία και από άλλα ημιαγώγιμα υλικά, κυρίως με συνδυασμό μεταξύ τους. Ο συνδυασμός επιλέγεται έτσι ώστε να προκύπτει διάταξη με καλύτερη αξιοποίηση του ηλιακού φάσματος. Τα Φ/Β στοιχεία αυτά, παρά τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματά τους σε σχέση με το πυρίτιο (φασματική απόκριση, σταθερότητα απόδοσης, χαμηλό θερμοκρασιακό συντελεστή μέγιστης ισχύος κ.α.), εμφανίζουν ακόμη περιορισμένη χρήση, κυρίως, λόγω των δυσκολιών που συνδέονται με τη πολυπλοκότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται. Πάντως η συντελούμενη πρόοδος στο τομέα βελτίωσης των μεθόδων παρασκευής των Φ/Β στοιχείων

λεπτών επιστρώσεων ενισχύει τη πρόβλεψη για ισχυρή διείσδυση τους στην αγορά, πιθανότατα μέχρι το 2020 και μάλιστα σε ανταγωνιστικό βαθμό σε σχέση με το κρυσταλλικό πυρίτιο.

Οι κυριότερες υπάρχουσες τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων λεπτής επιστρώσεως διαφορετικών ημιαγωγικών υλικών, είναι:

- Τελουριούχου Καδμίου (CdTe).
- Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs).
- Δισεληνιούχου Ινδιούχου Χαλκού (CuInSe₂ ή CIS) ή Γαλλίου Δισεληνιούχου (CIGS).

3.2.1.8.2 Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μπορούν να προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-9%. Οι εργαστηριακές αποδόσεις των Φ/Β στοιχείων έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για Φ/Β στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι τοξικό υλικό και καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Επίσης προβληματίζει η έλλειψη του Τελουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι η ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (B.I.PV Building Integrated Photovoltaic).

3.2.1.8.3 Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

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

3.2.1.8.4 Δισεληνιούχου Ινδιούχου Χαλκού (CIS) / Γαλλίου Δισεληνιούχου (CIGS)

Αποτελεί μία από τις περισσότερο υποσχόμενες τεχνολογίες, καθώς τα Φ/Β στοιχεία λεπτών επιστρώσεων κατασκευάζονται από έναν συνδυασμό Χαλκού-Ινδίου-Δισεληνιούχου και Χαλκού-Γαλλίου-Δισεληνιούχου (κελιά CIGS). Τα συγκεκριμένα Φ/Β στοιχεία έχουν επιδείξει αποδόσεις της τάξης του 19,9%, που αποτελεί την υψηλότερη για Φ/Β στοιχεία λεπτής επίστρωσης.

3.2.1.9 Υπάρχουσες τεχνολογίες

Σύμφωνα με τις υπάρχουσες τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων που αναφέρθηκαν παραπάνω, σημαντικό ενδιαφέρον αποτελούν συνοπτικά τα στοιχεία τους σχετικά με τις μέγιστες

βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στο Πίνακα 3-2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αναφερθέντα στοιχεία.

Τύπος	Μέγιστη Απόδοση (%)
Μονοκρυσταλλικά	16,9
Πολυκρυσταλλικά	14,2
Thin film	7,9
Άμορφο Πυρίτιο	7,5
Ribbon Silicon	13,1
CIS	11
CdTe	9
GaAs	22
Υβριδικό HIT Φ/Β	16,8

Πίνακας 3-2: Μέγιστες βιομηχανικές αποδόσεις υπάρχουσών τεχνολογιών Φ/Β

3.2.1.10 Εν' εξελίξει τεχνολογίες

Η τεχνολογία των Φ/Β εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια ανά τον κόσμο παρουσιάζουν νέες καινοτομίες. Κάποιες από τις τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Φ/Β στοιχεία με οργανικά, πολυμερή υλικά (Εικόνα 3-16).
- Νανοκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία πυριτίου (nc-Si).



Εικόνα 3-16: Οργανικά Φ/Β στοιχεία

3.2.1.10.1 Φ/Β στοιχεία με οργανικά, πολυμερή υλικά

Μια ενδιαφέρουσα κατηγορία υλικών ως προς την πιθανή χρήση τους σε Φ/Β διατάξεις, είναι τα συζυγή πολυμερή (οργανικοί ημιαγωγοί) τα οποία συνδυάζουν τις οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες ενός κλασσικού ημιαγωγού με τις εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες ενός πολυμερούς. Οι σχετικές διατάξεις εναπόθεσης αναπτύσσονται συνήθως από διάλυμα με διάφορες απλές τεχνικές εναπόθεσης όπως με σταγόνες (drop casting), με φιγοκέντριση (spin-coasting) και με εκτύπωση (printing), τεχνικές που λειτουργούν σε θερμοκρασία δωματίου. Παράλληλα τα πολυμερή Φ/Β δεν εμπεριέχουν υγρά όπως τα αντίστοιχα ηλεκτροχημικά, υγρά τα οποία οδηγούν σε απαίτηση στρωμάτων από εύκαμπτα πλαστικά, επομένως μπορούν να κατασκευαστούν εύκαμπτα Φ/Β, τα οποία αναμένεται να οδηγήσουν στην ανάπτυξη πλήθους σχημάτων που θα επιτρέπουν την

εξοικονόμηση χώρου. Παρακάτω φαίνονται συνοψίζονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα των οργανικών Φ/Β:

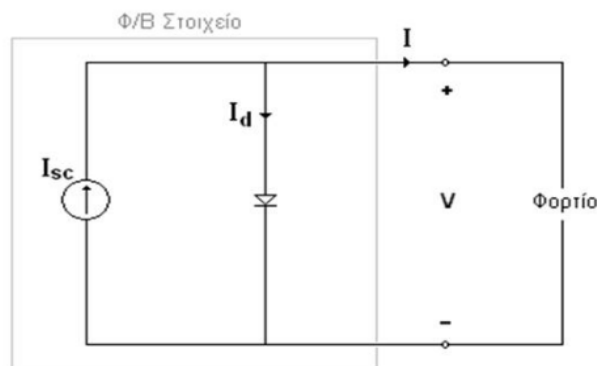
- ✓ Μηχανικώς εύκαμπτα και ελαφρά υλικά.
- ✓ Εναπόθεση σε εύκαμπτα υποστρώματα (πλαστικά) σε μεγάλες επιφάνειες.
- ✓ Δυνατότητα συντονισμού οπτικών ιδιοτήτων με χημική τροποποίηση.
- ✓ Επεξεργασία σε θερμοκρασία δωματίου.
- ✓ Χαμηλότερο κόστος κατασκευής.
 - Εναπόθεση με τεχνικές φυγοκέντρισης & ink-jet printing.
 - ✓ Πολυμερή υλικά πυριτίου (Poly-Si) Φ/Β.
 - ✓ Οργανικά Φ/Β.

Το κύριο εμπόδιο μέχρι και σήμερα για την εμπορική ανάπτυξη τους, είναι οι φτωχές αποδόσεις μετατροπής της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Έχουν αναφερθεί αποδόσεις μέχρι 6%, που είναι σχετικά χαμηλές σε σχέση με τις συμβατικές διατάξεις πυριτίου, όπου οι αποδόσεις της τάξης του 25% είναι εφικτές. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με αυτή την τεχνολογία μπορούν να αναζητηθούν [20].

3.3 Φωτοβολταϊκά πλαίσια και Ηλεκτρική μοντελοποίηση

3.3.1 Κυκλωματικό ισοδύναμο

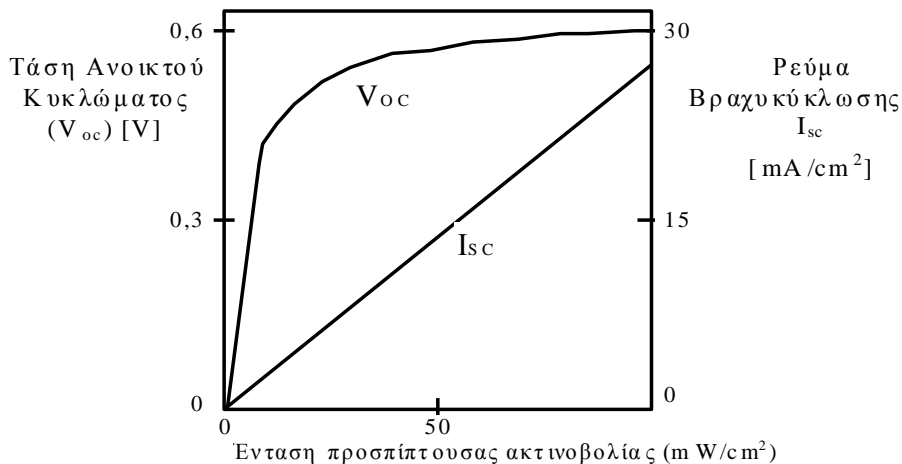
Το απλούστερο κυκλωματικό ισοδύναμο ενός Φ/Β στοιχείου αποτελείται από μία δίοδο συνδεδεμένη παράλληλα με μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, η ένταση της οποίας είναι ανάλογη της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Στην Εικόνα 3-17 φαίνεται το απλό ισοδύναμο κύκλωμα του Φ/Β στοιχείου.



Εικόνα 3-17: Απλό ισοδύναμο κύκλωμα Φ/Β στοιχείου

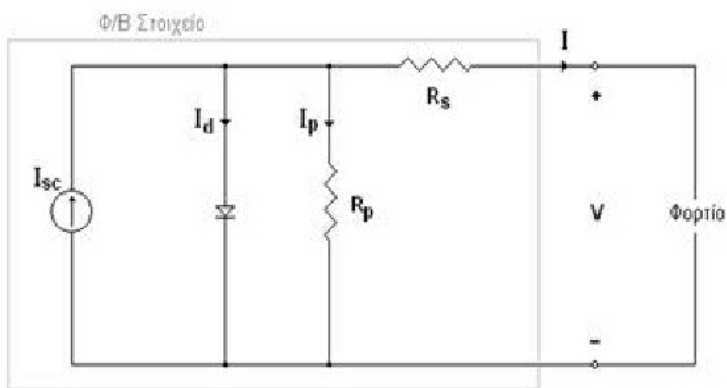
Γενικά, τα Φ/Β στοιχεία περιγράφονται από δύο χαρακτηριστικά ηλεκτρικά μεγέθη, όπως η τάση ανοικτοκύκλωσης V_{oc} , που είναι η τάση που επικρατεί στην έξοδο του Φ/Β στοιχείου όταν τα δύο άκρα του είναι ανοικτά και το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , που είναι το ρεύμα που διαρρέει το Φ/Β στοιχείο όταν τα δύο άκρα του βραχυκυκλωθούν. Επίσης, η ένταση του

ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη της ηλιακής ακτινοβολίας. Στην Εικόνα 3-18 παρουσιάζεται γραφικά, η εξάρτηση των μεγεθών V_{oc} και I_{sc} , από την ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 3-18: Εξάρτηση των μεγεθών V_{oc} και I_{sc}

Ωστόσο, ένα ακριβέστερο κυκλωματικό ισοδύναμο, ενός Φ/Β στοιχείου πρέπει να εμπεριέχει τις ηλεκτρικές αντιστάσεις των υλικών, όπως δίδεται στην Εικόνα 3-19.



Εικόνα 3-19: Αναλυτικό ισοδύναμο κύκλωμα φ/β στοιχείου

Το αναλυτικό κυκλωματικό ισοδύναμο περιλαμβάνει, την αντίσταση απωλειών διαρροής R_p του ρεύματος μεταξύ των άκρων του Φ/Β στοιχείου, η οποία τίθεται παράλληλα συνδεδεμένη, στα άκρα της διόδου και την αντίσταση απωλειών στο δρόμο της ροής του ρεύματος της διόδου, η οποία αντιπροσωπεύεται από αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά R_s με τη δίοδο.

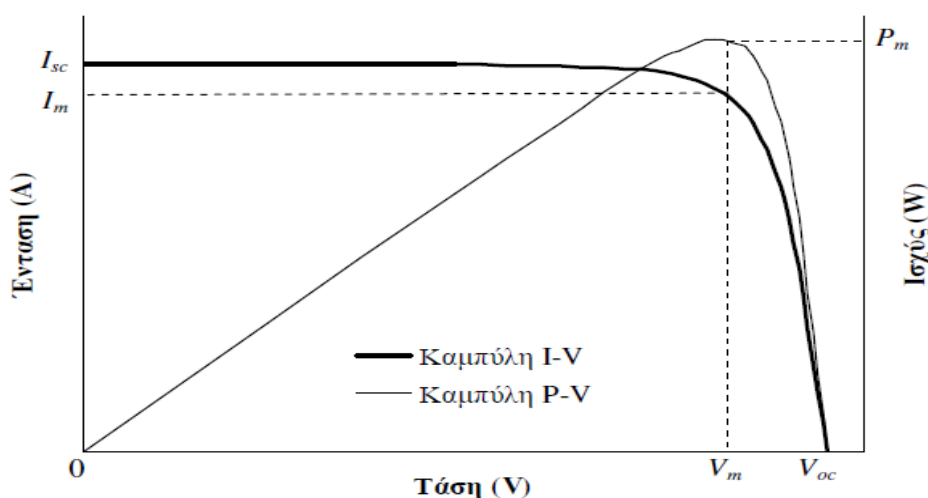
3.3.2 Χαρακτηριστική I-V Φ/Β πλαισίου Παράγοντες-επίδρασης της απόδοσης του Φ/Β στοιχείου

Η μορφή της χαρακτηριστικής I-V είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Εκτός όμως από την τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας, σημαντική παράμετρος επιρροής της συμπεριφοράς ενός Φ/Β πλαισίου και κατά συνέπεια της χαρακτηριστικής του,

είναι η θερμοκρασία. Γενικότερα, τα Φ/Β πλαίσια παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας επίδρασης της απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι οι συνθήκες σκίασης. Η έξοδος του πλαισίου μπορεί να μειωθεί δραματικά, ακόμα και όταν μόνο ένα από το σύνολο των στοιχείων είναι υπό σκιά. Το πρόβλημα της ανεπιθύμητης πτώσης τάσης στα εκάστοτε σκιασμένα στοιχεία ενός Φ/Β πλαισίου, αντιμετωπίζεται με την προσθήκη διόδων παράκαμψης, συνδεδεμένων παράλληλα με κάθε στοιχείο.

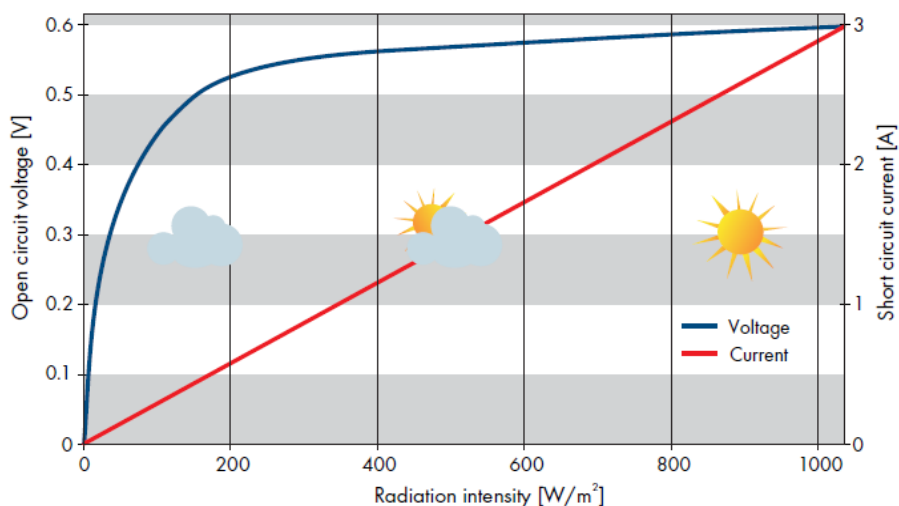
Το Φ/Β στοιχείο έχει μια αρκετά ασυνήθιστη συμπεριφορά ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτρικές πηγές, οι οποίες διατηρούν σταθερή περίπου τάση στην περιοχή της κανονικής τους λειτουργίας, η τάση των Φ/Β στοιχείων μεταβάλλεται ριζικά (και μη γραμμικά) σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα, ακόμα και εάν η ακτινοβολία που δέχονται παραμένει σταθερή. Η μεταβολή της τάσης V σε συνάρτηση με την ένταση I ενός Φ/Β στοιχείου ορίζει την καμπύλη I - V . Στην Εικόνα 3-20 απεικονίζεται μια τυπική καμπύλη I - V για ένα Φ/Β στοιχείο πυριτίου, καθώς και η αντίστοιχη καμπύλη P - V του Φ/Β στοιχείου που προκύπτει, όπου P είναι η ισχύς που αποδίδεται. Σε κατάσταση βραχυκύκλωσης του Φ/Β στοιχείου, η ένταση του ρεύματος παίρνει τη μέγιστή της τιμή I_{sc} , ενώ η τάση μηδενίζεται. Σε κατάσταση ανοιχτοκύκλωσης του Φ/Β στοιχείου, η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται, αλλά η τάση παίρνει τη μέγιστή της τιμή V_{oc} . Επομένως, στη βραχυκυκλωμένη και στην ανοιχτοκυκλωμένη κατάσταση η ισχύς P του Φ/Β στοιχείου μηδενίζεται. Στο υπόλοιπο τμήμα της καμπύλης I - V , η ισχύς είναι μεγαλύτερη του μηδενός (αφού $I > 0$ και $V > 0$), επομένως υπάρχει ένα σημείο στη λειτουργία ενός Φ/Β στοιχείου στο οποίο η αποδιδόμενη ισχύς P μεγιστοποιείται. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς συμβολίζεται με P_m και αντιστοιχεί σε ένα ορισμένο ζεύγος τιμών τάσης V_m και έντασης I_m . Είναι πολύ σημαντικό η λειτουργία ενός Φ/Β συστήματος να βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο μέγιστης ισχύος (maximum power point – M.P.P.) P_m , έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοσή του.



Εικόνα 3-20: Καμπύλες I - V και P - V ενός Φ/Β στοιχείου πυριτίου

Τα παραπάνω αφορούν συνθήκες σταθερής ισχύος της ακτινοβολίας που δέχεται το Φ/Β στοιχείο και σταθερής θερμοκρασίας του. Στην εικόνα 3-21 παρατηρείται ότι η μεταβολή της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας συνεπάγεται αντίστοιχη μεταβολή της τάσης

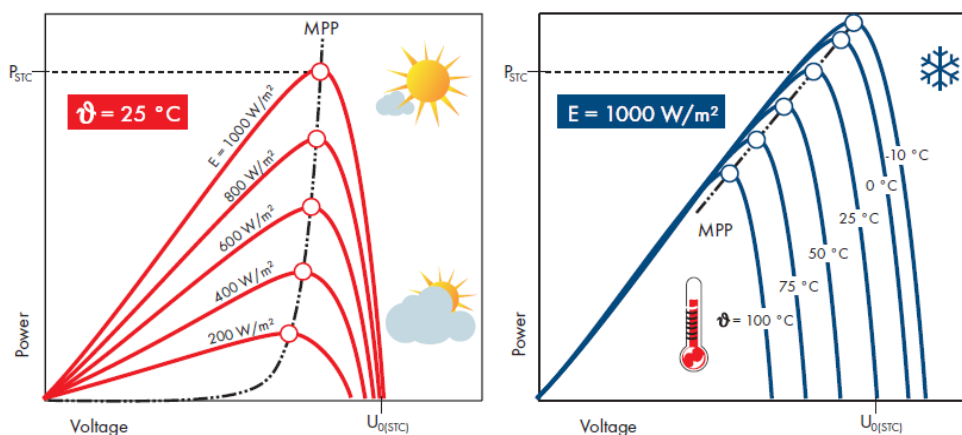
ανοιχτοκύκλωσης και της έντασης βραχυκύκλωσης από το μηδέν (για το σκοτάδι) μέχρι τις μέγιστες τιμές τους, για τη μέγιστη ένταση της ακτινοβολίας [21].



Εικόνα 3-21: Εξάρτηση της τάσης ανοιχτοκύκλωσης και του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία για ένα Φ/Β πλαίσιο πυριτίου

3.3.3 Θερμοκρασιακή Επίπτωση

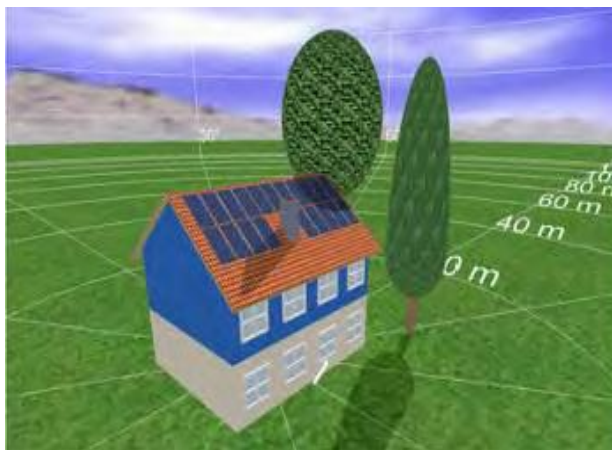
Με την αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται αισθητή μείωση της τάσης ανοιχτοκύκλωσης των Φ/Β στοιχείων. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι θα δημιουργείται πρόβλημα για τη διατήρηση της βελτιστοποίησης της παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από ένα ηλιακό Φ/Β στοιχείο κατά τη διάρκεια της ημέρας και των εποχών του έτους. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, τα Φ/Β συστήματα συνεργάζονται με μια διάταξη που ονομάζεται ανιχνευτής σημείου μέγιστης ισχύος (M.P.P. tracker), η οποία διατηρεί το σημείο λειτουργίας του Φ/Β συστήματος στο σημείο μέγιστης ισχύος υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Στην εικόνα 3-22 απεικονίζεται η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας στο M.P.P. Όπως παρατηρούμε, αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας και μείωση της θερμοκρασίας αυξάνουν την τάση M.P.P..



Εικόνα 3-22: Καμπύλες ισχύος Φ/Β: Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και εξάρτηση από τη θερμοκρασία του Φ/Β κελιού

3.3.4 Επίδραση της σκίασης

Η επίδραση της σκίασης, της έλλειψης δηλαδή ηλιακού φωτός, ανάγεται στην μερική ή ολική απώλεια δημιουργίας φωτορεύματος. Η σκίαση δημιουργείται συνήθως από την παρουσία φυσικών εμποδίων (π.χ. δένδρα, κτίρια, στύλοι κ.τλ.), ή από παροδικά (και μάλλον στοχαστικού χαρακτήρα) φαινόμενα (π.χ. σύννεφα). Στην εικόνα 3-23 φαίνεται ένα σχηματικό παράδειγμα σκίασης Φ/Β συστοιχιών από φυσικό εμπόδιο (δέντρο).

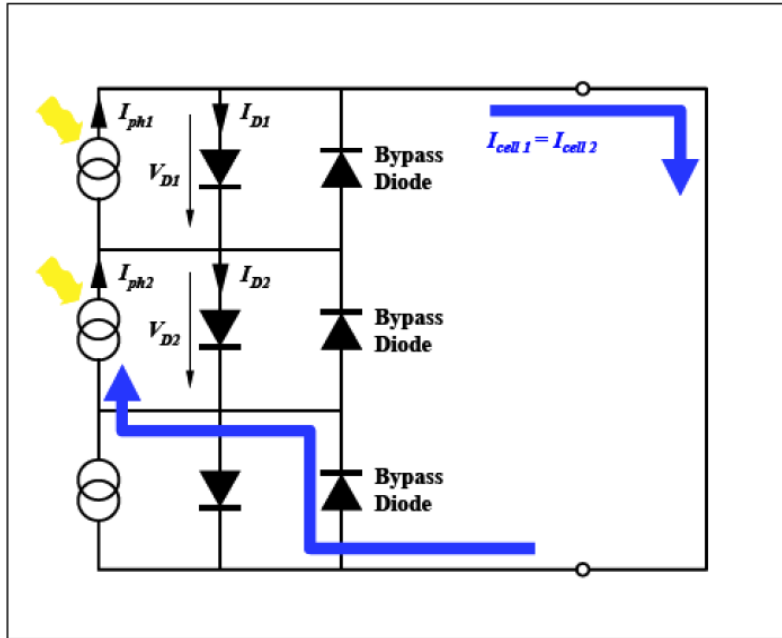


Εικόνα 3-23: Σκίαση Φ/Β συστοιχιών από φυσικό εμπόδιο (δέντρο)

Για τα τυπικά Φ/Β πλαίσια, που αποτελούνται συνήθως από 36 (ή 72) Φ/Β στοιχεία σε σειρά, η σκιασμένη κυψελίδα λειτουργεί ως μια μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια, που προσφέρουν οι υπόλοιπες. Παρατεταμένος σκιασμός της, σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπολοίπων κυψελίδων μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου του.

Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως κατάσταση «θερμής κηλίδας» (Hot spot) του Φ/Β στοιχείου. Για να αποτραπεί μια τέτοια εξέλιξη, το Φ/Β πλαίσιο εφοδιάζεται με διόδους, οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των εν σειρά συνδεδεμένων Φ/Β στοιχείων του πλαισίου, όπως το σχήμα της Εικόνας 3-24, επιτρέποντας τη χρησιμοποίηση του Φ/Β πλαισίου, ακόμα και αν κάποιο Φ/Β στοιχείο του υστερεί ή καταστραφεί. Αυτές οι διόδους ονομάζονται διόδους παράκαμψης. (Bypass diodes) και τοποθετούνται στο κιβώτιο συνδέσεων, που βρίσκεται στο πίσω μέρος του Φ/Β πλαισίου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διόδους παράκαμψης δεν προκαλούν απώλειες σε κανονικές συνθήκες όταν δεν διαρρέονται από ρεύμα. Επιπρόσθετα της προστασίας ενός ή περισσότερων Φ/Β στοιχείων που σκιάζονται, οι διόδους παράκαμψης επιτρέπουν τη ροή ρεύματος από ένα Φ/Β πλαίσιο σε μειωμένη βέβαια τάση και ισχύ.



Εικόνα 3-24: Δίοδος ρεύματος διαμέσου της διόδου παράκαμψης σε περίπτωση σκίασης ενός εκ' των τριών Φ/Β στοιχείων.






Αναφορικά με τη σκίαση, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η εγκατάσταση να βρίσκεται σε χώρο στον οποίο απουσιάζουν εμπόδια. Επιπλέον, για την αποφυγή σκιάσεων μεταξύ των συστοιχιών, ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-25:



$x > 2h$: ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

Εικόνα 3-25: Απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

Στην Εικόνα 3-26, παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές απώλειες ισχύος για διαφορετικές περιπτώσεις σκίασης, σε δύο ενδεικτικούς τύπους κυκλωμάτων. Σ' ένα κύκλωμα των εννέα πλαισίων (1string x 9modules) και σε τρία κυκλώματα των τριών πλαισίων (3strings x 3 modules).

Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	13,9%	-22,2%	-36,8%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

Εικόνα 3-26: Ενδεικτικές απώλειες ισχύος από σκίαση

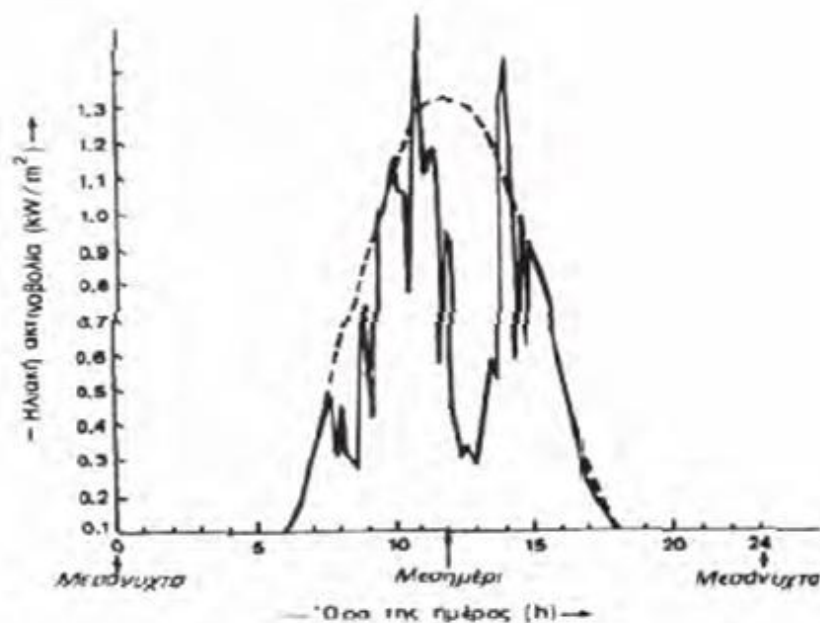
3.3.5 Επίδραση της νεφοκάλυψης

Η νεφοκάλυψη είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους απόδοσης ενός Φ/Β στοιχείου. Ανάλογα με το ποσοστό κάλυψης του ουρανού από σύννεφα κυμαίνεται και η απόδοση του Φ/Β, δηλαδή, όσο πιο αραιή είναι η νεφοκάλυψη που υπάρχει στον ουρανό τόσο πιο καλή είναι η απόδοση του Φ/Β, ενώ όταν ο ουρανός είναι καλυμμένος ολόκληρος από σύννεφα τότε η απόδοση του Φ/Β είναι πάρα πολύ μικρή.

Το πιο συνηθισμένο σύστημα καταγραφής της νεφοκάλυψης είναι σε όγδοα. Έτσι μηδέν όγδοα σημαίνει ότι ο ουρανός είναι τελείως καθαρός και οκτώ όγδοα σημαίνει ότι ο ουρανός είναι πλήρης καλυμμένος από σύννεφα.

Όταν ο ουρανός έχει σύννεφα, η μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης γίνεται ανώμαλη, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3-27. Οι παρατηρούμενες απότομες πτώσεις της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας οφείλονται στην παρεμβολή ενός νέφους που μετακινεί ο άνεμος.

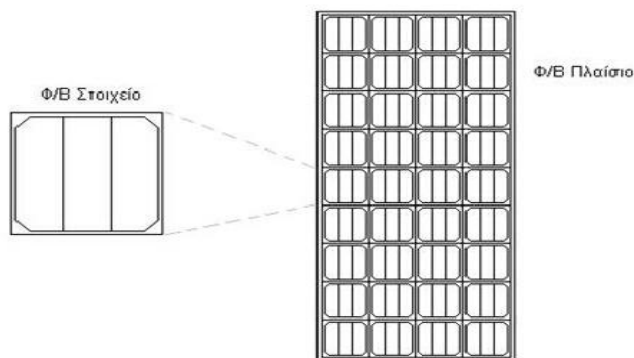
Επίσης, μπορούν να παρατηρηθούν, εξάρσεις που ξεπερνούν τις κανονικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες καθαρού ουρανού. Προφανώς στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα θα συμβαίνει αθροιστική επίδραση της άμεσης ακτινοβολίας από τον ήλιο, μέσα από ένα άνοιγμα των νεφών, και της ανακλώμενης από τα σύννεφα.



Εικόνα 3-27: Διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια των ωρών μιας ημέρας με μερική νέφωση. Η ασυνεχής καμπύλη δείχνει την αντίστοιχη διακύμανση για καθαρό ουρανό

3.3.6 Συνδεσμολογίες Φ/Β

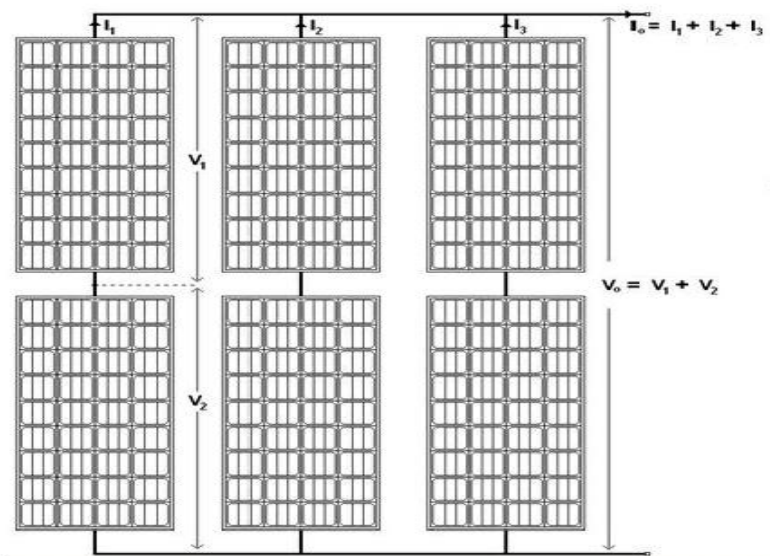
Οι μικρές τιμές τάσεων και ρευμάτων των Φ/Β στοιχείων δημιουργούν την ανάγκη σύνθεσης τους σε μεγαλύτερα συμπλέγματα, τα οποία ονομάζονται Φ/Β πλαίσια (Εικόνα 3-28), προκειμένου να αποδίδουν εκμεταλλεύσιμα ηλεκτρικά μεγέθη.



Εικόνα 3-28: Αναλυτικό ισοδύναμο κύκλωμα Φ/Β στοιχείου

Τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να συνδεθούν σε σειρά και παράλληλα, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό, κατά τρόπο ανάλογο της σύνδεσης των ηλεκτρικών πηγών. Η σύνδεση σε σειρά N , καθ' όλα όμοιων Φ/Β στοιχείων (σύνδεση του θετικού ηλεκτροδίου του ενός Φ/Β στοιχείου με το αρνητικό του επόμενου), οδηγεί σε σύστημα με ανάλογα πολλαπλάσια τάση ανοικτού κυκλώματος ($V_{\text{toc}}=N \cdot V_{\text{oc}}$). Το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το αντίστοιχο του ενός ($I_{\text{isc}}=I_{\text{sc}}$).

Η παράλληλη σύνδεση N όμοιων Φ/Β στοιχείων (σύνδεση των θετικών ηλεκτροδίων των Φ/Β στοιχείων όλων μαζί και ομοίως για τα αρνητικά ηλεκτρόδια) δίδει ένα σύνολο με την ίδια τάση ανοικτού κυκλώματος ($V_{toc}=V_{oc}$), ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσής του ισούται με N φορές το ρεύμα βραχυκύκλωσης εκάστου ($I_{tsc}=N*I_{sc}$). Αν τα συνδεόμενα Φ/Β στοιχεία έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά (I_{sc} και V_{oc}), τότε η συνολική διάταξη των N στοιχείων παρουσιάζει σημαντική απόκλιση από τις προηγούμενες τιμές. Στην Εικόνα 3-29 φαίνεται η σχηματική διάταξη μιας Φ/Β συστοιχίας εκ' της οποίας η διασύνδεση αποτελείται από έξι Φ/Β πλαίσια.



Εικόνα 3-29: Σχηματική διάταξη Φ/Β συστοιχίας

Προκειμένου να επιτευχθούν ακόμη υψηλότερες τιμές τάσης και ρεύματος και προφανώς υψηλότερη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ, τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται με την σειρά τους σε μεγαλύτερες μονάδες, οι οποίες ονομάζονται Φ/Β συστοιχίες.

3.4 Στήριξη Φ/Β

Οι τρόποι διάκρισης της στήριξης των συλλεκτών είναι οι ακόλουθοι:

1. Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης.
2. Στήριξη με δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (ηλιοτρόπια ή trackers).
 - Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα (ή μονοαξονικά συστήματα).
 - Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες (η διαξονικά συστήματα).

3.4.1 Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης.

Οι σταθερές βάσεις στήριξης των συλλεκτών αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης της συστοιχίας. Η αρχή σχεδιασμού τους, βασίζεται στο ότι, η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, θα πρέπει να είναι κάθετα στην επιφάνεια της συλλεκτικής επιφάνειας, κατά τις μεσημβρινές ώρες. Έτσι οι βάσεις αυτές κατασκευάζονται ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των συστοιχιών σε σταθερή γωνία κλίσης.

Η απουσία κινητών μερών κατά τη στήριξη της Φ/Β συστοιχίας, προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα μάλιστα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Στατικές συλλεκτικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται επίσης ενσωματωμένες σε κτίρια, όπως φαίνεται ενδεικτικά και στην Εικόνα 2-30.



Εικόνα 3-30: Εγκατεστημένες Φ/Β συστοιχίες με σταθερή γωνία κλίσης

Για τη συλλογή της μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας σε περιοχές του Βόρειου ημισφαιρίου (όπως η Ελλάδα) σε σταθερές συλλεκτικές επιφάνειες, πρέπει να ισχύει, ότι:

- ✓ Η βέλτιστη γωνία κλίσης σε όλη τη διάρκεια του έτους θα πρέπει, σύμφωνα με τη θεωρία, να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.
- ✓ Επειδή όμως η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην Ελλάδα το καλοκαίρι είναι μεγαλύτερη από αυτή του χειμώνα, με συνέπεια η βέλτιστη γωνία κλίσης να είναι περίπου $7^{\circ} \div 10^{\circ}$ μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.
- ✓ Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να είναι περίπου $10^{\circ} \div 15^{\circ}$ μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.
- ✓ Κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου, η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να είναι περίπου $10^{\circ} \div 15^{\circ}$ μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Αν στο έδαφος υπάρχει επιφάνεια με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης (π.χ. χιόνι) απαιτείται μεγαλύτερη κλίση.
- ✓ Ο βέλτιστος προσανατολισμός (αζιμούθιο) είναι νότιος, ενώ απόκλιση κατά $20^{\circ} \div 30^{\circ}$ από Νότο έχει μικρή επίδραση στην ετήσια συλλεγόμενη ενέργεια.
- ✓ Βάρος Φ/Β συστοιχιών με βάση στήριξης: $20-25 \text{ kg/m}^2$ (για έλεγχο της στατικότητας).

3.4.2 Στήριξη του συλλέκτη με δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (ηλιοτρόπια)

Η συνεχή παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της προσπάθειας κίνησης της συστοιχίας, κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε, να επιτυγχάνεται συνεχώς, η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τέτοιου είδους κατασκευές, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τις στατικές, παρέχοντας ωστόσο αυξημένη απόδοση που μπορεί να αυξηθεί κατά 25% έως και 50% τον χρόνο όπως εκτιμάται για την Ελλάδα σε σχέση με το σύστημα σταθερής κλίσης.

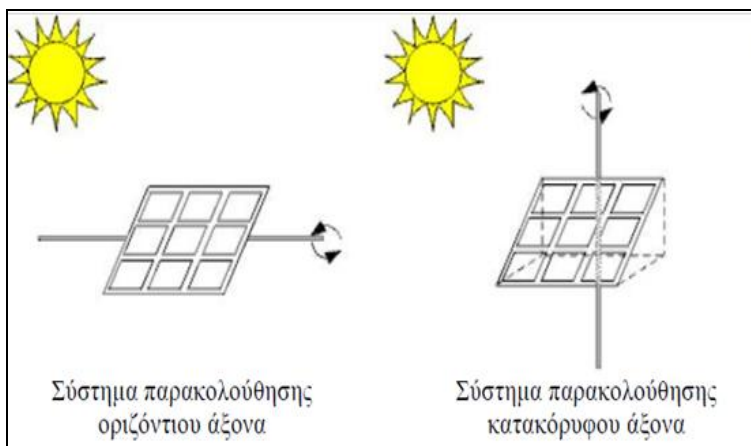
3.4.2.1 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα.

Τα συστήματα μονού άξονα δίνουν τη δυνατότητα στη συστοιχία να παρακολουθεί την πορεία του ήλιου από την Ανατολή στη Δύση. Η κίνηση αυτή επιτυγχάνεται με κατάλληλο μηχανισμό, γύρω από ένα άξονα. Όταν το ηλιοτρόπιο ολοκληρώσει την κίνηση του στο τέλος της ημέρας, ο συλλέκτης επιστρέφει σε θέση αναμονής. Στην Εικόνα 2-31 φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με ένα άξονα.

Τα συστήματα αυτά, διακρίνονται δύο περιπτώσεις περιστροφής του συλλέκτη:

- Σύστημα παρακολούθησης ή ηλιοτρόπιο οριζόντιου άξονα: Διακρίνονται σε αυτά με οριζόντιο άξονα κατά τη διεύθυνση Ανατολής-Δύσης και σε εκείνα με άξονα κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου. Στην δεύτερη περίπτωση, συνήθως δίδεται μια μικρή γωνία κλίσης στον άξονα, περίπου $5^{\circ} \div 10^{\circ}$, με το χαμηλότερο σημείο προς το Νότο. Στην Εικόνα 3-32 φαίνεται ένα ηλιοτροπικό σύστημα οριζόντιου άξονα
- Σύστημα παρακολούθησης ή ηλιοτρόπιο κατακόρυφου άξονα: Η περιστροφή γίνεται ως προς το κατακόρυφο άξονα, έτσι ώστε ο ήλιος να βρίσκεται στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κάθετη στο συλλέκτη, του οποίου η γωνία κλίσης παραμένει σταθερή κατά την ημερήσια κίνηση του. Στην Εικόνα 3-33 φαίνεται ένα ηλιοτροπικό σύστημα κατακόρυφου άξονα.

Τυπικά, τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. Γενικά το ενεργειακό κέρδος των ηλιοτροπικών συστημάτων είναι σημαντικό κατά τις αίθριες ημέρες, ενώ κατά τις συννεφιασμένες, το ενεργειακό πλεονέκτημα τους περιορίζεται.



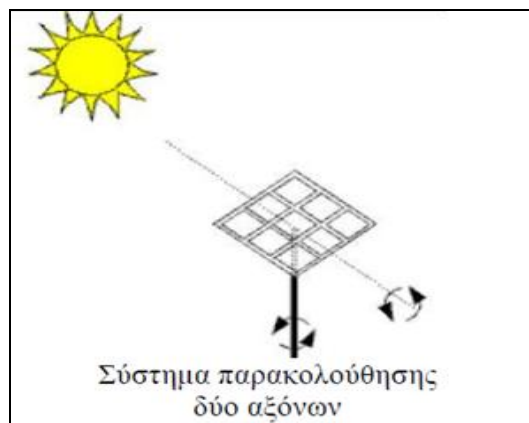
Εικόνα 3-31: Σχηματική αναπαράσταση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με ένα άξονα



Εικόνα 3-32 (Α) Εικόνα 3-33 (Β): Μονοαξονικά σύστημα παρακολούθησης (Α) οριζόντιου άξονα, (Β) κάθετου άξονα

3.4.2.1.1 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες.

Στα συστήματα διπλού άξονα, ο συλλέκτης προσανατολίζεται συνεχώς προς τον ήλιο, έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να προσπίπτουν κάθετα (ή σχεδόν κάθετα) στην επιφάνεια του. Έτσι λοιπόν, οι διατάξεις αυτές, κινούνται στον άξονα Νότου – Βορρά αναλόγως την εποχή. Η διάταξη με τη δύση του ήλιου, επιστρέφει σε θέση αναφοράς, που χαρακτηρίζεται από Νότιο προσανατολισμό και μικρή γωνία κλίσης, προκειμένου να προφυλαχθεί από πιθανό ισχυρό άνεμο, μέχρι την ανατολή του ηλίου. Στην Εικόνα 2-34 φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση συστήματος παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με δύο άξονες.



Εικόνα 3-34: Σχηματική αναπαράσταση συστήματος παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με δύο άξονες

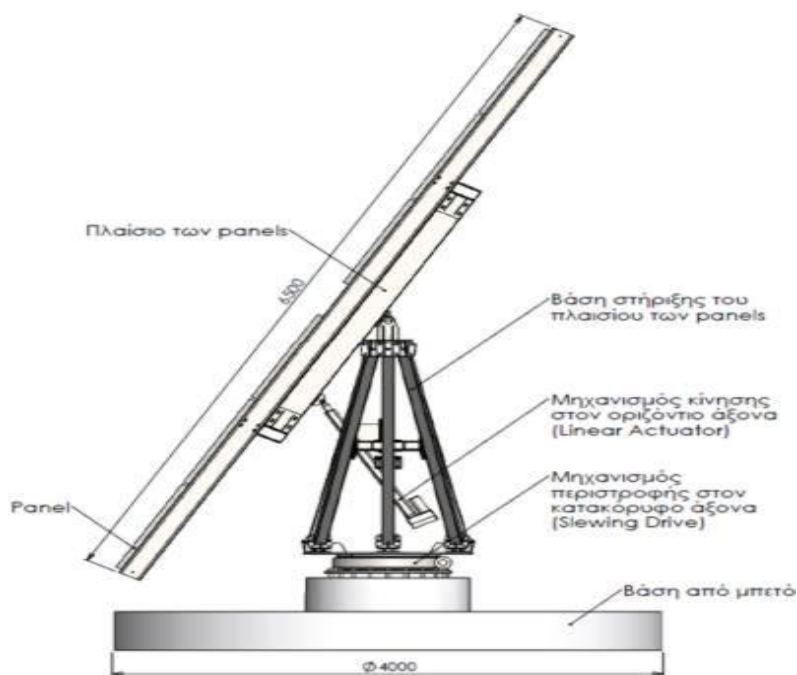
Η κίνηση των ηλιοτροπικών συστημάτων με δύο άξονες, επιτυγχάνεται συνήθως με ηλεκτρομηχανικά ή ηλεκτρο-υδραυλικά μέσα, αποτελούμενα από ηλεκτρικούς κινητήρες, είτε βηματικούς είτε κινητήρες συνεχούς περιστροφής, με μειωτήρες και έλεγχο στροφών, για το βέλτιστο προσανατολισμό. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια κίνησης της διάταξης προέρχεται από την παραγόμενη από τη συστοιχία, Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια. Μια τέτοια διάταξη παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου, χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερο βαθμό εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας παρέχοντας αυξημένη απόδοση μέχρι και της τάξεως του 25÷50%. Στην Εικόνα 3-35 μπορεί να φαίνεται χαρακτηριστικά η μηχανική κατασκευή μιας τέτοιας διάταξης.



Εικόνα 3-35: Οπίσθια όψη διαξονικού συστήματος tracker (της εταιρίας MechatronABEE)

Ωστόσο, μειονέκτημα μιας τέτοιας διάταξης, είναι η οικονομική επιβάρυνση για τη κατασκευή των μηχανολογικών και ηλεκτρονικών τμημάτων της καθώς και η έκθεση της συστοιχίας στο κίνδυνο καταστροφής, εξαιτίας ισχυρού ανέμου. Για το λόγο αυτό, σε συστήματα με μηχανική κίνηση για τον προσανατολισμό των συλλεκτών προς τον ήλιο, ελέγχεται η ταχύτητα του ανέμου (π.χ. με ανεμόμετρο), έτσι ώστε, στην περίπτωση ισχυρών ανέμων, οι συλλεκτικές επιφάνειες να

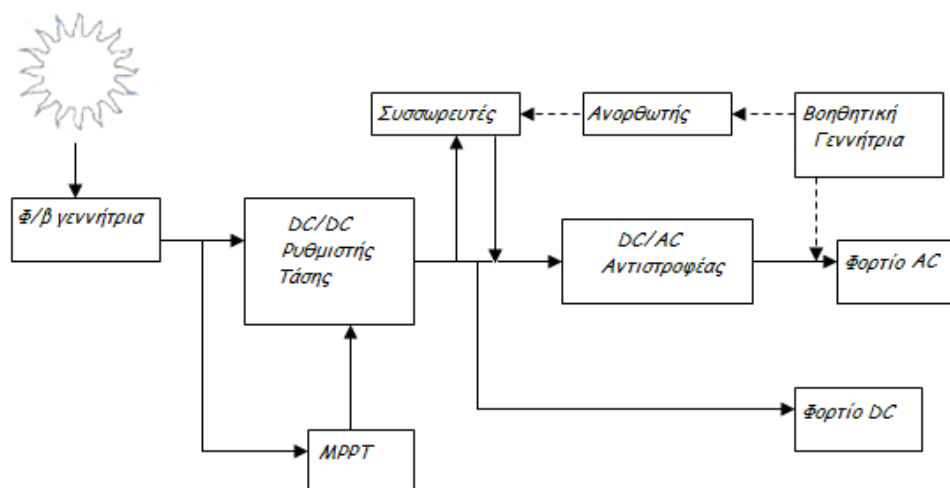
διατάσσονται οριζόντια καθώς έτσι επιτυγχάνεται μικρή μετωπική επιφάνεια προς τον άνεμο. Επιπλέον, το σημαντικό μέγεθος της κατασκευής (κατασκευές σημαντικού ύψους, που κυμαίνονται από 2,5 έως 10÷12 μέτρα αναλόγως τη κατασκευή) καθιστά πολυπλοκότερη και την έδραση. Συνήθως οι βάσεις στήριξης εδράζονται σε οπλισμένο σκυρόδεμα σημαντικού όγκου (από 2÷3 έως και περίπου 20÷30 κυβικά μέτρα (m^3) ώστε να εξασφαλίζεται η στατική τους επάρκεια. Το γεγονός αυτό, αυξάνει επίσης το κόστος εγκατάστασης της κατασκευής. Στην Εικόνα 2-36 φαίνεται η σχηματική διάταξη ενός διαξονικού συστήματος.



Εικόνα 3-36: Διαξονικό σύστημα παρακολούθησης του ήλιου

3.5 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Stand Alone)

Οι αυτόνομες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελούν τις συνηθέστερες εφαρμογές της Φ/Β τεχνολογίας. Είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, από τα οποία θα μπορούσαν να αντλούν συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια ή να στέλνουν την περίσσεια της παραγόμενης Φ/Β ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για περιοχές που βρίσκονται μακριά από το κεντρικό δίκτυο και στις οποίες η διασύνδεσή τους με αυτό θα απαιτούσε τεράστια οικονομικά κεφάλαια. Στην Εικόνα 3-37 φαίνεται το απλοποιημένο διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος



Εικόνα 3-37: Απλοποιημένο διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

Το βασικότερο συστατικό του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, στους ηλιακούς συλλέκτες της οποίας γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Έπειτα το αυτόνομο σύστημα περιλαμβάνει, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης και τον βαθμό της απαιτούμενης αξιοπιστίας, συσσωρευτές για την αποθήκευση της περίσσειας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανεπαρκής ή μηδενική, διατάξεις για την ρύθμιση και την μετατροπή της τάσης και τη ρύθμιση της ισχύος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος, άλλες διατάξεις προστασίας και ελέγχου και συχνά μία βοηθητική γεννήτρια, συνήθως ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που να λειτουργεί με καύση βενζίνης ή πετρελαίου ντήζελ για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστάσεων (συντήρηση ή βλάβη του συστήματος, τροφοδότηση πρόσθετων φορτίων, επικουρική λειτουργία σε απρόβλεπτα μεγάλες περιόδους χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας).

3.6 Φωτοβολταϊκά σε στέγες/όψεις κτιρίων

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα ειδικό πρόγραμμα για την εγκατάσταση μικρών Φ/Β συστημάτων στον οικιακό-κτιριακό τομέα (Εικόνα 3-38). Με το πρόγραμμα αυτό δίνονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε ο οικιακός καταναλωτής ή μία μικρή επιχείρηση που απασχολεί από 1 έως και 9 άτομα και έχει κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού έως 2 εκατ. € ετησίως, να κάνουν απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησαν και να έχουν ένα λογικό κέρδος για τις υπηρεσίες (ενεργειακές και περιβαλλοντικές) που παρέχουν στο δίκτυο.

Τα πλεονεκτήματα του προγράμματος αυτού είναι τα εξής:

- ✓ Δικαίωμα ένταξης έχουν τα Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου και τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα.
- ✓ Ισχύει για όλη την επικράτεια, δηλαδή, για το ηπειρωτικό και για το μη διασυνδεδεμένο σύστημα της Ελλάδος.
- ✓ Η τιμή πώλησης της KWh είναι συμφέρουσα (0,4718€/KWh για το 2012)

- ✓ Για τους οικιακούς μικροπαραγωγούς τα έσοδα από την πώληση δεν φορολογούνται καθώς και για τις πολύ μικρές επιχειρήσεις εφόσον τα κέρδη εμφανίζονται σε ειδικό λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού.
- ✓ Η γραφειοκρατία σε σχέση με τα Φ/Β πάρκα είναι ελάχιστη.



Εικόνα 3-38: Εγκατάσταση Φ/Β σε κεκλιμένη στέγη

3.7 Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα Φ/Β

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

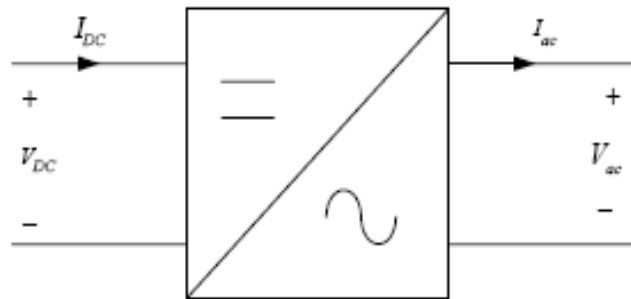
1. Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
2. Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
3. Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
4. Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
5. Είναι βαθμιδωτά συστήματα, δηλαδή μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
6. Λειτουργούν αθόρυβα, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
7. Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
8. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα είναι σήμερα συγκρίσιμο με το κόστος αιχμής ισχύος, που χρεώνει η εταιρεία ηλεκτρισμού τους πελάτες της.

3.8 Μετατροπείς

3.8.1 Βασικοί ορισμοί – Σύμβολο

Η διαχείριση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τη Φ/Β συστοιχία, απαιτεί την παρεμβολή κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων. Οι αντιστροφείς (ή μετατροπείς ή Inverters) αποτελούν τη βασικότερη ηλεκτρονική διάταξη μιας ολοκληρωμένης Φ/Β εγκατάστασης, καθώς είναι το ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος που μετατρέπει τη συνεχή τάση της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση (μονοφασική ή τριφασική). Στην Εικόνα 3-39 παρουσιάζεται το τυπικό σύμβολο του αντιστροφέα μαζί με τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά.



Εικόνα 3-39:Σύμβολο αντιστροφέα

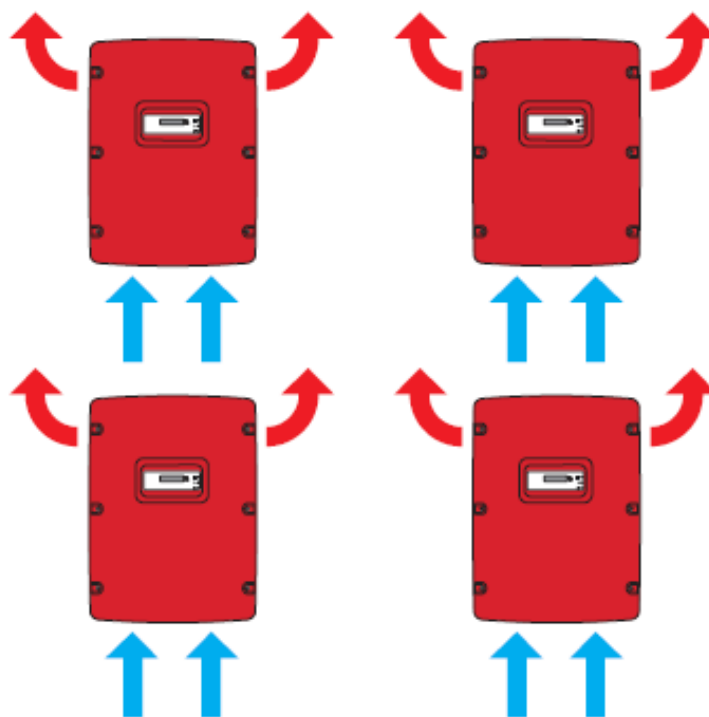
Μέσα στην ίδια διάταξη του αντιστροφέα μπορεί να περιέχεται και μετασχηματιστής ο οποίος στόχο έχει την προσαρμογή της τάσης εξόδου του (V_{out}) στα επίπεδα της επιθυμητής ονομαστικής τάσης του δικτύου (π.χ. ~230/400V). Επίσης, όπως περιγράφεται και στη συνέχεια, στους αντιστροφείς για Φ/Β, είναι δυνατόν να περιλαμβάνεται διάταξη ανάχνευσης της μέγιστης παραγωγής από την πηγή (M.P.P.T.). Παρόλα αυτά οι αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται στις Α.Π.Ε. είναι οι εξής:

- Φ/Β συστήματα με μετατροπείς:
 - 1) *Sunny Island* : Για αυτόνομα Φ/Β συστήματα σε συνδυασμό με συσσωρευτές
 - 2) *Sunny Central*: Για μεγάλους διασυνδεδεμένους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρισμού από Φ/Β Πάρκα
 - 3) *Sunny Boy*: Για εγκαταστάσεις μικρής ισχύος, κυρίως οικιακές εφαρμογές
 - 4) *Sunny Mini Central*: Για εγκαταστάσεις μεσαίας ισχύος (5-11 kW)
 - 5) *Sunny Tripower*: Για τριφασικούς μετατροπείς
 - 6) *Sunny Backup*: Για εφαρμογές παροχής εφεδρείας από Φ/Β.
- Κυψέλες Καυσίμου με μετατροπέα *Hydro Boy*.
- Μικρές Α/Γ που παράγουν ισχύ απευθείας σε DC με μετατροπέα *Windy Boy*.
- Σε μεγάλες Α/Γ σε κατάλληλους μετατροπείς για τη ρύθμιση της ισχύος μέσω μετατροπέων δικτύου για φιλικότερη λειτουργία.
- Σε διατάξεις μπαταριών για την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας προς το δίκτυο.

Θα πρέπει να αναφερθεί ακόμα ότι περισσότεροι αντιστροφείς της αγοράς είναι εξοπλισμένοι με συστήματα που επιτρέπουν την παρακολούθηση της λειτουργίας τους, την καταγραφή των

δεδομένων και της δυνατότητα επικοινωνίας ώστε να καταστεί δυνατή η τοπική και απομακρυσμένη παρακολούθηση της πραγματικής παραγωγής του Φ/Β Σταθμού. Ειδικά στην απομακρυσμένη παρακολούθηση, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές αντιστροφών δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης μέσω διαδικτύου από αντίστοιχες ιστοσελίδες, ώστε να είναι δυνατή η επισκόπηση της λειτουργίας από απόσταση και η αναφορά των ενδεχόμενων σφαλμάτων. Μία τέτοια ιστοσελίδα που δίνει την δυνατότητα αυτή είναι η εξής: www.sunnyportal.com.

Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η υψηλή τους απόδοση (ακόμα και σε χαμηλή ισχύ εισόδου), το μεγάλο εύρος θερμοκρασιακής λειτουργίας (-25°C έως $+60^{\circ}\text{C}$), και ο υψηλός βαθμός προστασίας τους από σκόνη και υγρασία (τυπική τιμή: IP65). Κατά την τοποθέτηση των αντιστροφών είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ο επαρκής αερισμός τους. Συγκεκριμένα, γύρω από τη συσκευή πρέπει να υπάρχουν αποστάσεις 300mm-500mm και, αν απαιτείται, χρήση τεχνητού εξαερισμού. Η τοποθέτηση των αντιστροφών που βελτιστοποιεί την απόρριψη της θερμότητάς τους δείχνεται η Εικόνα 3-40.



Εικόνα 3-40: Βέλτιστη διάταξη αντιστροφών για βελτιστοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητάς τους

3.8.2 Διάκριση μετατροπέων

Οι αντιστροφείς σύμφωνα με το επίπεδο και είδος της τάσης που παράγουν, διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες φαίνονται συνοπτικά στην Εικόνα 3-41 και είναι οι ακόλουθες:

1. Αντιστροφείς ανάλογα τον αριθμό της φασικής τους παροχής. Διακρίνονται σε :
 - Αντιστροφείς μίας φάσης (μονοφασικοί αντιστροφείς).
- Στις εφαρμογές Α.Π.Ε. χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς πλήρους γέφυρας. Τα τυπικά μεγέθη ισχύος σε Φ/Β εφαρμογές για τους μονοφασικούς αντιστροφείς, κυμαίνονται από 10kW-11kW.

- Αντιστροφείς τριών φάσεων (τριφασικοί αντιστροφείς).

Οι τριφασικοί αντιστροφείς χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ισχύος. Σκοπός τους είναι να παρέχουν μια τριφασική πηγή τάσης ή έντασης, όπου το πλάτος, η φάση και η συχνότητα να είναι ανά πάσα στιγμή ελεγχόμενα. Τα τυπικά μεγέθη ισχύος σε Φ/Β εφαρμογές για τους τριφασικούς αντιστροφείς μπορεί να κυμαίνονται από 6 kW-7kW έως και 1MW. Για Φ/Β εγκαταστάσεις μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, υπάρχουν κεντρικοί αντιστροφείς με δυνατότητα διασύνδεσης απευθείας στο επίπεδο της Μ.Τ. του δικτύου.

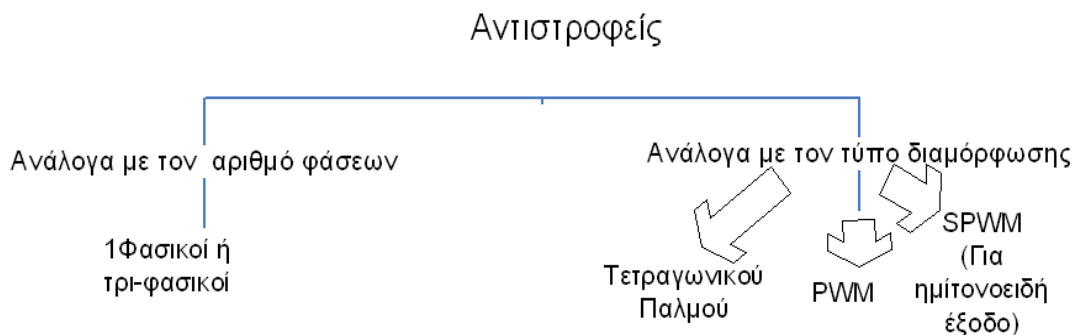
2. Αντιστροφείς ανάλογα με το τύπο διαμόρφωσης των παλμών τους στην έξοδο.

Ο αντιστροφέας, στη βασική του μορφή αποτελείται από κατάλληλη διάταξη ηλεκτρονικών διακοπών (ημιαγωγικών διακοπών) η συνδυασμένη λειτουργία των οποίων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τετραγωνικών παλμών διαδοχικά ορθών και αντεστραμμένων. Επιπρόσθετα, μια βελτιωμένη έκδοση των αντιστροφέων είναι αυτή που στην έξοδο του παράγει τάση που έχει τη μορφή διαμορφωμένου ημιτόνου. Πιο συγκεκριμένα, η κυματομορφή της τάσης που παράγεται μέσω του αντιστροφέα, πρέπει να διαμορφώνεται κατάλληλα από τους παλμούς των ημιαγωγικών διακοπών, ούτως ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά σε ημιτονοειδής κυματομορφή. Αυτό, επιτυγχάνεται μέσω των διαφόρων τεχνικών που εφαρμόζονται για τη διαμόρφωση των παλμών, του αντιστροφέα. Επομένως, οι αντιστροφείς διαχωρίζονται σε:

- Αντιστροφείς με διαμόρφωση τετραγωνικών παλμών
- Αντιστροφείς με διαμόρφωση του εύρους των παλμών (PWM).
- Αντιστροφείς με ημιτονοειδής διαμόρφωση του εύρους των παλμών (SPWM).

Οι τετραγωνικού παλμού είναι οι πιο απλοί αλλά η έξοδός τους έχει πολλές αρμονικές που είναι επιβλαβείς για τις ηλεκτρικές συσκευές. Έτσι χρησιμοποιούνται σε πολύ απλές κατασκευές για μικρή ισχύ και για «αναίσθητα» φορτία όπως οι λαμπτήρες πυράκτωσης κάποιο μικρό θερμικό φορτίο κ.λπ.

Έτσι η μέθοδος που εφαρμόζεται περισσότερο σε διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα, είναι αυτή της ημιτονοειδούς διαμόρφωσης του εύρους των παλμών (SPWM). Με τη συγκεκριμένη τεχνική διαμόρφωσης, επιτυγχάνεται μέσω του αντιστροφέα η παραγωγή μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής εξόδου στα επιθυμητά χαρακτηριστικά του δικτύου.



Εικόνα 3-41: Διάκριση αντιστροφέων

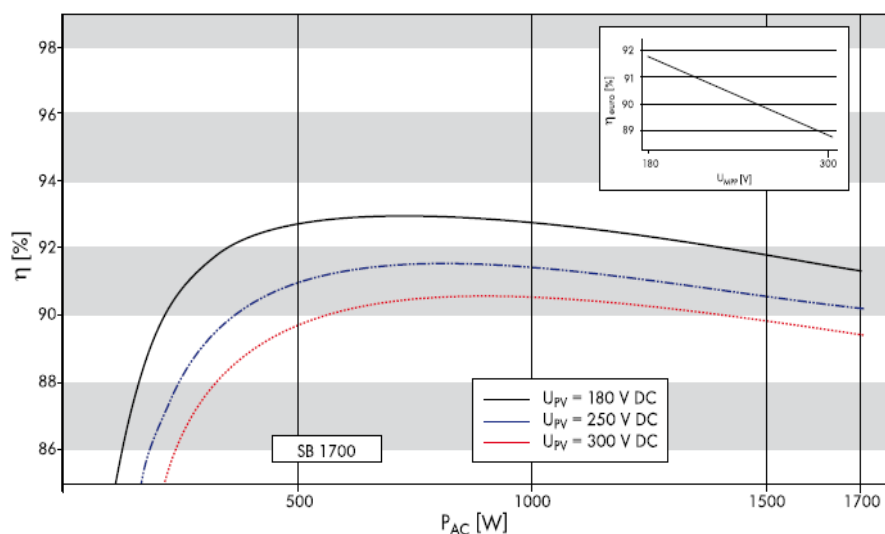
3.8.3 Αδρά Βήματα Επιλογής Του Κατάλληλου αντιστροφέα

Τα βήματα επιλογής του κατάλληλου αντιστροφέα είναι τα ακόλουθα:

1. Επιλέγεται το είδος της πηγής που πρόκειται να συνδεθεί (Μπαταρία, Φ/Β, Κυψέλη Καυσίμου ή Α/Γ). Συνήθως μία εταιρία έχει διαφορετικά μοντέλα για το κάθε ένα. Μάλιστα μπορεί να υπάρχουν να διαφορετικά μοντέλα για Φ/Β Πυριτίου και για Φ/Β λεπτού Υμενίου.
2. Επιλέγονται ανάλογα με το είδος της εφαρμογή, δηλαδή για διασυνδεδεμένη με το δίκτυο ή αυτόνομη εφαρμογή.
3. Υπολογίζεται αν απαιτείται από την εφαρμογή Μονοφασικός ή τριφασικός μετατροπέας.
4. Υπολογίζεται αν υπάρχει απαίτηση ενιαίου συστήματος για τις στοιχειο-σειρές.
5. Υπολογίζεται ο αριθμός των στοιχειο-σειρών που πρόκειται εγκατασταθούν (για να υπολογιστεί η τάση του μετατροπέα και ο αριθμός για παράδειγμα των Φ/Β πλαισίων)
6. Η εφαρμογή μου απαιτείται (από το διαχειριστή του δικτύου) για διόρθωση του συντελεστή ισχύος. Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται περισσότερο σε μεγάλους διασυνδεδεμένους Φ/Β Σταθμούς.

3.8.4 Βαθμός απόδοσης αντιστροφέα

Βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα, ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος εξόδου (AC) προς την ισχύ εισόδου (DC) του αντιστροφέα και εξαρτάται από την ισχύ και την τάση λειτουργίας του όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην Εικόνα 3-42.

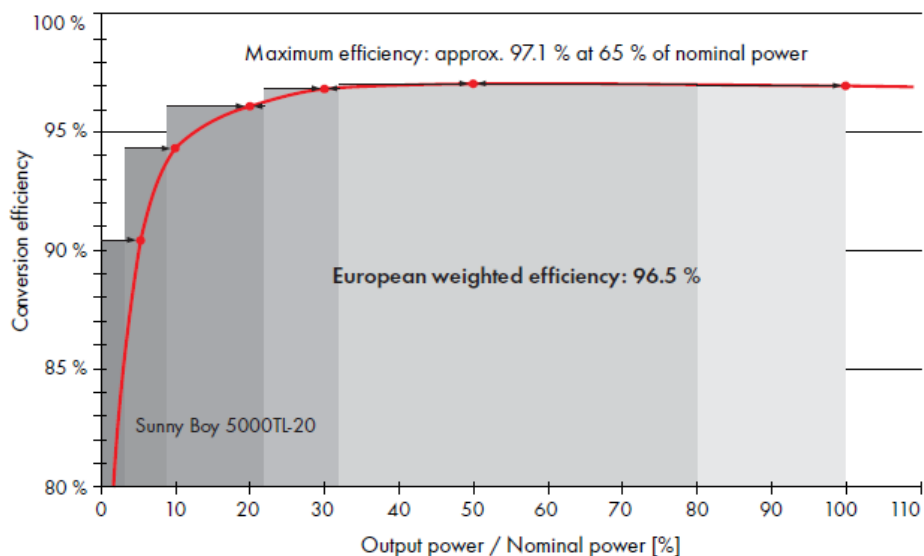


Εικόνα 3-42: Καμπύλη απόδοσης ανάλογα με την ισχύ εξόδου

Εκτός από το μέγιστο βαθμό απόδοσης, σε έναν αντιστροφέα ορίζεται και ο Ευρωπαϊκός διαβαθμισμένος βαθμός απόδοσης, που αξιολογεί τη συμπεριφορά ενός αντιστροφέα σε διάφορα συγκεκριμένα σημεία της καμπύλης απόδοσής του (Εικόνα 3-43), σύμφωνα με τη σχέση 3-2:

$$n_{euro} = 0.03 \cdot n_{5\% P_n} + 0.06 \cdot n_{10\% P_n} + 0.13 \cdot n_{20\% P_n} + 0.10 \cdot n_{30\% P_n} + 0.48 \cdot n_{50\% P_n} + 0.20 \cdot n_{100\% P_n} \quad (3-2)$$

Η τιμή του συντελεστή αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση δύο αντιστροφέων.



Εικόνα 3-43: Παρουσίαση του διαγράμματος απόδοσης ενός μετατροπέα σε συνδυασμό με τον Ευρωπαϊκό Βαθμό απόδοσης

Οι συνηθισμένες τιμές πλέον υπερβαίνουν το 90% και σε κάποιες περιπτώσεις μεγαλύτερων μετατροπέων αγγίζουν το 97%-98%. Γενικά συνίσταται το μέγεθος του αντιστροφέα να είναι στο 95-110% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β. Η υπό-λειτουργία του θα οδηγήσει σε χαμηλό βαθμό απόδοσης ενώ η πολύ χαμηλή ισχύς σε σχέση με την εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β θα οδηγήσει σε μη εκμετάλλευση της παραγωγής του Φ/Β.

3.8.5 Αντιστροφείς για Φ/Β Συστήματα

Οι αντιστροφείς για Φ/Β συστήματα μπορούν επίσης να διαχωριστούν σε:

- Απλοί μονοφασικοί αντιστροφείς χωρίς Μ/Σ. Αυτοί οι αντιστροφείς είναι οικονομικοί, αξιόπιστοι, βελτιστοποιούν ενιαία όλα τα Φ/Β και απαιτούν κοινή ονομαστική ισχύ εξόδου.
- Μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ. Εκτός από αυτά που ισχύουν για τους απλούς μονοφασικούς αντιστροφείς χωρίς Μ/Σ, οι μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ απαιτούν υψηλή τάση εισόδου και δίνουν τη δυνατότητα γαλβανικής απομόνωσης.
- Μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ υψηλής συχνότητας. Οι μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ υψηλής συχνότητας είναι μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση.
- Αντιστροφείς με δυνατότητα διαφορετικής ισχύος και τάσης εισόδου ανά στοιχείο-σειρά (multi-string). Οι αντιστροφείς multi-string επιτρέπουν τη σύνδεση στοιχείο-σειρών με διαφορετικό πλήθος Φ/Β, τη βελτιστοποίηση παραγωγής ανά στοιχείο-σειρά περιορίζοντας τις επιπτώσεις σκίασης, και την επεκτασιμότητα μίας από τις σειρές και έχουν υψηλή απόδοση.
- Αντιστροφείς ειδικά για συνεργασία με Φ/Β λεπτού υμενίου (thin film). Επιτρέπουν αυξημένη τάση.
- Τριφασικοί αντιστροφείς για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις (άνω των 10 kW).
- Αντιστροφείς με τη δυνατότητα παροχής αέργου ισχύος προς το δίκτυο.

- Κεντρικοί Αντιστροφείς για Φ/Β για μεγάλους Φ/Β Σταθμούς (ακόμη και για σύνδεση στη μέση τάση).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ο κύριος λόγος της χρήσης του Μ/Σ σε αντιστροφείς Φ/Β συστημάτων γίνεται, ώστε να επιτυγχάνεται η ηλεκτρική απομόνωση, της πλευράς της συνεχούς τάσης που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία στην είσοδο του αντιστροφέα, με την πλευρά της εναλλασσόμενης τάσης εξόδου του αντιστροφέα, που οδηγεί προς το ηλεκτρικό δίκτυο. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται και ως **γαλβανική απομόνωση** ανάμεσα στην DC είσοδο και στην AC έξοδο του αντιστροφέα.

Στο Πίνακα 3-3 παρουσιάζονται συνοπτικά κάποια από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για τις διατάξεις των αντιστροφέων με Μ/Σ και χωρίς Μ/Σ.

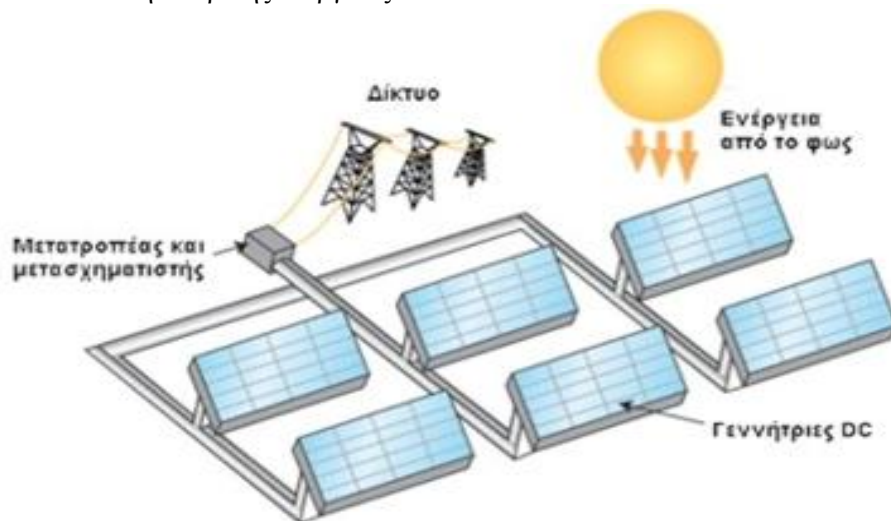
	Αντιστροφείς με Μ/Σ	Αντιστροφείς χωρίς Μ/Σ
Χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"> – Οι τάσεις εισόδου και εξόδου είναι γαλβανικά απομονωμένες – Ευρεία χρήση – Κυρίως χρήση σε υψηλότερα επίπεδα ισχύος 	<ul style="list-style-type: none"> – Η τάση της Φ/Β συστοιχίας πρέπει είτε να είναι σημαντικά υψηλότερη από το πλάτης της τάσης δικτύου, ή να χρησιμοποιηθούν DC/DC μετατροπείς ανύψωσης
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> – Ασφάλεια – Πολλά χρόνια λειτουργίας – Μείωση ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών 	<ul style="list-style-type: none"> – Μεγαλύτερη απόδοση (σε διατάξεις χωρίς DC/DC μετατροπείς) – Μικρότερος όγκος και βάρος
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> – Απώλειες μετασχηματιστή (μαγνητικές και ωμικές) – Αυξημένος όγκος και βάρος 	<ul style="list-style-type: none"> – Μεγαλύτερες απαιτήσεις ασφάλειας – Μεγαλύτερη ευαισθησία σε ασυμμετρίες – Μεταβολές του σημείου λειτουργίας

Πίνακας 3-3: Σύγκριση αντιστροφέων με Μ/Σ και χωρίς Μ/Σ

3.9 Διασύνδεση Φ/Β στο Δίκτυο

3.9.1 Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (Grid-Connected)

Η ενότητα αυτή αναφέρεται σε ορισμένα βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που απαρτίζουν ένα διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα με το δίκτυο. Ένα σύστημα τέτοιου τύπου αποτελείται βασικά από μια Φ/Β γεννήτρια (σύνολο Φ/Β πλαισίων) και μια μονάδα μετατροπής ισχύος (αντιστροφέας). Στην Εικόνα 3-44 φαίνεται η σχηματική παράσταση ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β Σταθμού με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

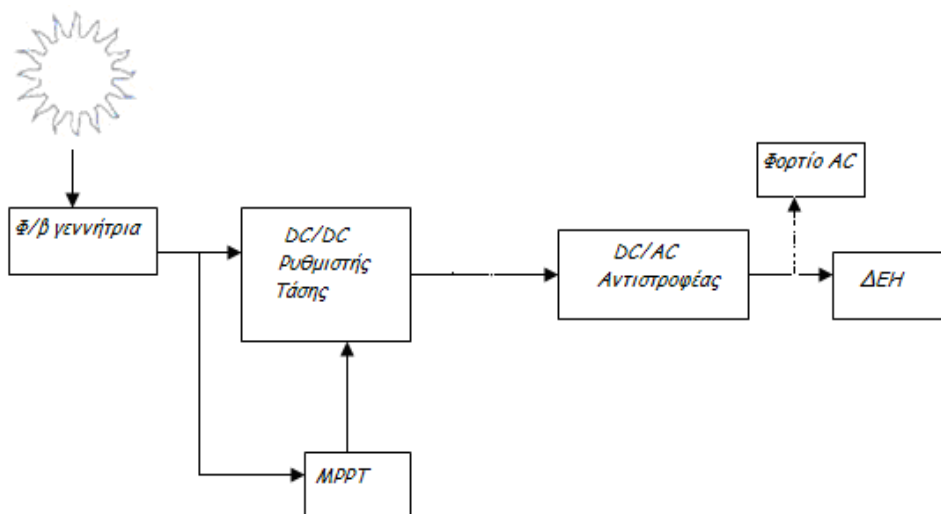


Εικόνα 3-44: Σχηματική παράσταση διασυνδεδεμένου Φ/Β σταθμού με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

Τα βασικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται σε μία ολοκληρωμένη μονάδα μετατροπής ισχύος είναι:

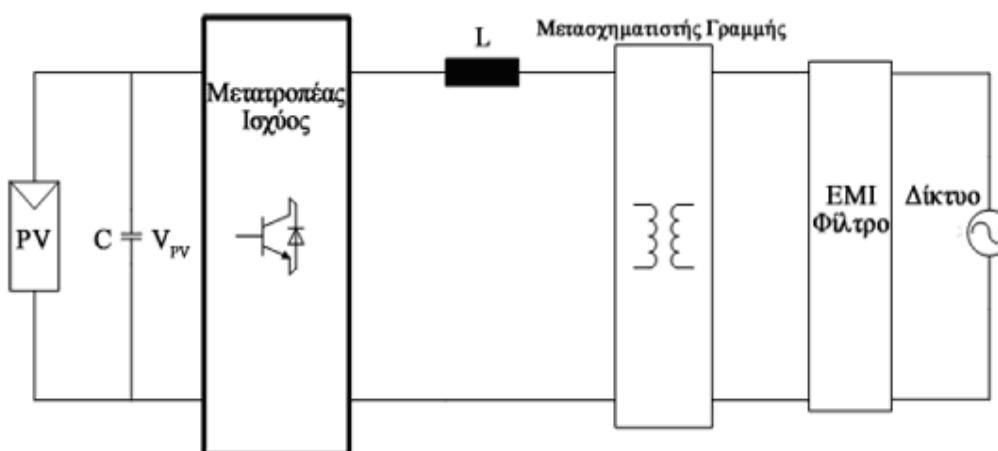
- Να έχει ενσωματωμένο μετασχηματιστή.
- Να έχει τη δυνατότητα εύρεσης σημείου μέγιστης παραγόμενης ισχύος (Maximum Power Point Tracker ή M.P.P.). Το σημείο αυτό δεν είναι σταθερό καθώς αλλάζει τόσο με την ηλιακή ακτινοβολία όσο και με τη θερμοκρασία. Από τη στιγμή λοιπόν που η τάση και το ρεύμα της Φ/Β συστοιχίας μεταβάλλονται με τις καιρικές συνθήκες ο αντιστροφέας θα πρέπει να μετακινεί το σημείο λειτουργίας του έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απορρόφηση ισχύος από τη Φ/Β συστοιχία. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος, του ανιχνευτή του σημείου μέγιστης ισχύος.
- Να προσφέρει γαλβανική απομόνωση.
- Να συμπεριλαμβάνει ρυθμιστή φόρτισης. Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια απλή ηλεκτρονική συσκευή που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών) του Φ/Β συστήματος.
- Να παρέχει δυνατότητα ελέγχου συχνότητας (για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις).

Έτσι βάση των παραπάνω στην Εικόνα 3-45 παρουσιάζεται το απλοποιημένο διάγραμμα ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος.



Εικόνα 3-45: Απλοποιημένο διάγραμμα διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος

Αντίστοιχα, το τυπικό μοντέλο του διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος στο δίκτυο φαίνεται από την Εικόνα 3-46. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει έναν πυκνωτή C , ένα πηνίο L , έναν Μ/Σ, ένα φίλτρο ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής EMI.I. (Electromagnetic Interference) και το δίκτυο.



Εικόνα 3-46: Τυπικό μοντέλο Φ/Β συστήματος διασυνδεδεμένου στο δίκτυο

Μετά τον αντιστροφέα παρατηρείται το πηνίο γραμμής L , που απαιτείται για τον έλεγχο του ρεύματος που εγχέεται στο δίκτυο. Ο αντιστροφέας περιλαμβάνει επίσης το Μ/Σ και το φίλτρο EMI.I.. Τα πρώτα Φ/Β συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για οικιακή χρήση περιελάμβαναν έναν μονοφασικό αντιστροφέα με έναν μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (Low Frequency ή L.F.) που τοποθετείται μεταξύ του αντιστροφέα και του δικτύου.

Αυτός ο μετασχηματιστής απαιτείται από όλους σχεδόν τους εθνικούς κανονισμούς και εγγυάται τη γαλβανική απομόνωση μεταξύ του δικτύου και των Φ/Β συστημάτων, παρέχοντας προστασία. Επιπλέον, παρέχει απομόνωση μεταξύ του φωτοβολταϊκού συστήματος και του εδάφους. Επίσης, εξασφαλίζει δεν εγχέεται συνεχές ρεύμα στο δίκτυο, γεγονός που θα μπορούσε να προκαλέσει κορεσμό στον μετασχηματιστή διανομής. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για

την αύξηση της τάσης εξόδου των αντιστροφών. Εντούτοις, οι Μ/Σ L.F. αυξάνουν το βάρος, το μέγεθος και το κόστος του Φ/Β συστήματος και μειώνουν την απόδοσή του.

Η εναλλακτική λύση είναι να αντικατασταθούν οι Μ/Σ L.F. με υψηλής συχνότητας (High Frequency- H.F.) Μ/Σ τοποθετημένους στο συνεχές τμήμα του αντιστροφέα. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται πάλι γαλβανική απομόνωση μεταξύ της Φ/Β γεννήτριας και του δικτύου. Οι μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας έχουν μικρότερο βάρος, μέγεθος και κόστος. Εντούτοις, είναι πιο πολύπλοκοι και καμιά ουσιαστική βελτίωση δεν παρατηρείται στη γενική απόδοση του συστήματος.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει καταστήσει πιθανό να παραληφθεί ο Μ/Σ χωρίς αντίκτυπο στα χαρακτηριστικά των συστημάτων όσον αφορά την ασφάλεια. Μερικές Χώρες, όπως η Γερμανία, επιτρέπουν τη χρήση αντιστροφών χωρίς μετασχηματιστή και άλλες σκέφτονται σοβαρά να αλλάξουν τους κανονισμούς προς αυτή την κατεύθυνση. Επομένως, είναι αρκετά πιθανό ότι πολλά από τα μελλοντικά Φ/Β συστήματα που είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο να μην περιλαμβάνουν Μ/Σ.

Τέλος, στο τυπικό μοντέλο παρατηρείται το EM.I. φίλτρο, το οποίο μειώνει την ανισορροπία μεταξύ των παρασιτικών χωρητικοτήτων του συστήματος, την ανισορροπία μεταξύ των τιμών των σύνθετων αντιστάσεων γραμμής (Z), την έλλειψη συγχρονισμού στη διακοπτική λειτουργία των δύο σκελών της γέφυρας πλήρους κύματος του αντιστροφέα, την ανισορροπία της συμπεριφοράς των διακοπτικών στοιχείων και τις καθυστερήσεις στην οδήγηση τους. Τα φαινόμενα αυτά κάνουν απαραίτητη τη χρήση φίλτρου EM.I.. Στην πραγματικότητα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή στο φάσμα υψηλής συχνότητας.

3.9.2 Κανονισμοί Σύνδεσης Α.Π.Ε. στο Δίκτυο (Ελλάδα)

3.9.2.1 Επίπεδο Σύνδεσης Α.Π.Ε στο Σύστημα

Για Σταθμούς Α.Π.Ε. εγκατεστημένης ισχύος έως 100 kWp η σύνδεση του Σταθμού γίνεται στην χαμηλή τάση (Χ.Τ.) ενώ για σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος πάνω από 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην μέση τάση (Μ.Τ.).

Ειδικά οι Φ/Β εγκαταστάσεις έως και 5kWp συνδέονται μονοφασικά με το δίκτυο Χ.Τ. ενώ έως 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην Χ.Τ. τριφασικά, και εφόσον ο Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο δίκτυο, το κόστος της σύνδεσης είναι περίπου 4.000 Ευρώ. Η αίτηση σύνδεσης στην Χ.Τ. γίνεται στο τμήμα διαχείρισης δικτύου στα τοπικά γραφεία της Δ.Ε.Η..

Για Φ/Β Σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος πάνω από 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην Μ.Τ., και εφόσον ο Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο δίκτυο, το κόστος της σύνδεσης είναι περίπου 15.000 Ευρώ. Η αίτηση σύνδεσης στην Μ.Τ. γίνεται στην Διεύθυνση Διαχείρισης Δικτύου στα κεντρικά γραφεία της Δ.Ε.Η. στην Αθήνα.

Με βάση την παράγραφο 1 του Άρθρου 11 του Ν.3468/2006 σε περίπτωση που η Φ/Β εγκατάσταση βρίσκεται κοντά στο δίκτυο υψηλής τάσης (Υ.Τ.) και η σύνδεση πρέπει να γίνει μέσω υποσταθμού Μ.Τ. προς Υ.Τ., που βρίσκεται εκτός του χώρου του σταθμού, ο κάτοχος της άδειας παραγωγής του συνδεδεμένου Σταθμού μπορεί να κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης, από τα όρια του Σταθμού μέχρι τα όρια του Συστήματος ή του Δικτύου, σύμφωνα με την παράγραφο 4 του Άρθρου 2 του Ν.2941/2001 και να αποκτά τη διαχείριση των έργων αυτών, σύμφωνα με όσα προβλέπονται στους αντίστοιχους Κώδικες Διαχείρισης. Για την απαλλοτρίωση ακινήτων ή τη σύσταση επ' αυτών εμπραγμάτων δικαιωμάτων υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής του συνδεδεμένου Σταθμού, με σκοπό την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, εφαρμόζονται

αναλόγως οι διατάξεις του Άρθρου 15 του Ν.3175/2003 (Φ.Ε.Κ. 207 Α'). Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται αναλόγως, υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής, οι διατάξεις της Παραγράφου 8 του Άρθρου 9 του Ν.2941/2001. Οι απαιτούμενες εγκρίσεις για την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, κατά τα προηγούμενα εδάφια, χορηγούνται σύμφωνα με τις αναλόγως εφαρμοζόμενες διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας που αφορούν τον Κύριο του Συστήματος ή του Δικτύου.

3.9.2.2 Τεχνικές Απαιτήσεις Σύνδεσης στο Σύστημα

Οι τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση Σταθμών Α.Π.Ε. με το σύστημα όπως καθορίζονται αυτές από τη Δ.Ε.Η. είναι:

- Οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας θα πρέπει να είναι οι εξής αναγραφόμενες του Πίνακα 3-4:

	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Τάση	-20% έως +15% της ονομαστικής	-20% έως +15% της ονομαστικής
Συχνότητα	+/- 0,5 Hz	από 51 Hz έως 47,5 Hz

Πίνακας 3-4: Προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας

Ιδιαίτερα τώρα για τις Φ/Β εγκαταστάσεις σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων, ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόξευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:

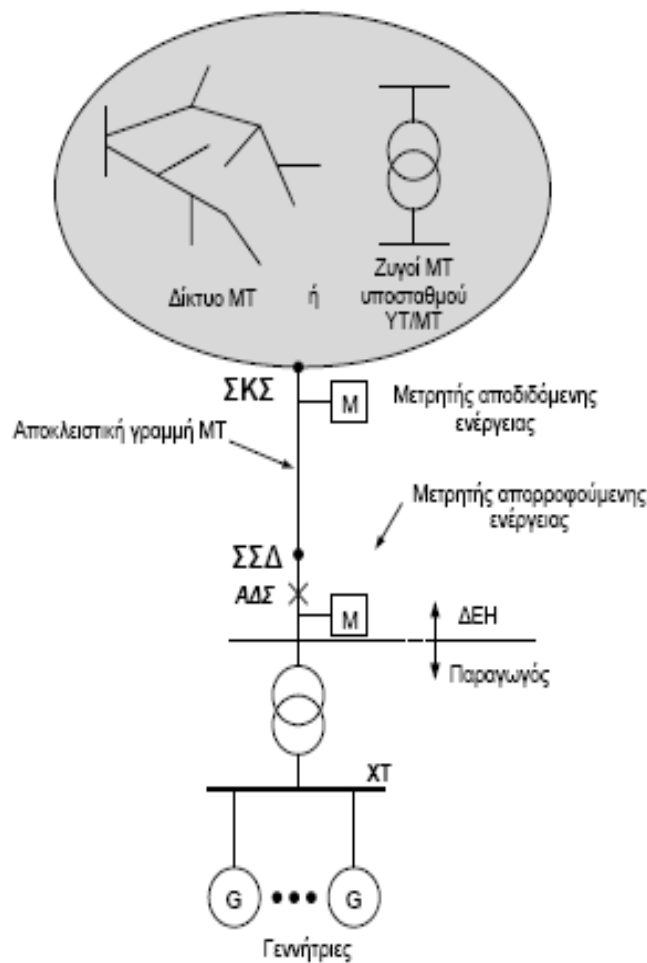
- θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 sec
- ανάξευξη του αντιστροφέα μετά από 3 min

Για τους Φ/Β Σταθμούς ισχύουν επίσης και άλλοι τεχνικοί περιορισμοί όπως:

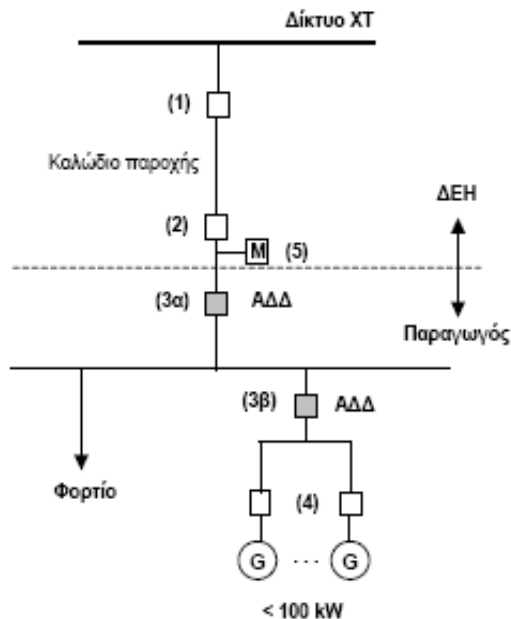
- Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Τ.Η.Δ.) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%.
- Εφόσον οι αντιστροφείς δεν διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης, η έγχυση συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να περιορίζεται στο 0,5% του ονομαστικού.
- Η προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης είναι υποχρεωτική. Στο αντίστοιχο πεδίο του εντύπου αίτησης θα περιγράφεται η ακολουθούμενη μέθοδος, η οποία θα είναι σύμφωνη με το πρότυπο V.D.E. 0126.
- Οι ανωτέρω προστασίες θα εμφανίζονται είτε στα τεχνικά εγχειρίδια των αντιστροφέων είτε στα πιστοποιητικά τους.
- Πρόβλεψη προστασίας απόξευξης του Σταθμού μέσω διατάξεων του αντιστροφέα ή με άλλο τρόπο, εις τρόπον ώστε ο σταθμός να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. (προς αποφυγή του φαινομένου της νησιδοποίησης) όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν των πιο πάνω ορίων:

- Εάν κατά τη λειτουργία του Φ/Β Σταθμού διαπιστωθούν προβλήματα αρμονικών, έγχυσης συνεχούς τάσεως στο Δίκτυο κ.λπ., θα πρέπει ο Παραγωγός να λάβει τα κατάλληλα μέτρα (π.χ. φίλτρα), που θα του υποδείξει η Δ.Ε.Η., προς άρση των προβλημάτων αυτών.

Στις Εικόνες 3-47 και 3-48 δείχνονται οι τυπικές συνδέσεις Α.Π.Ε. (συμβολίζονται ως G) στο δίκτυο Χ.Τ.. Στα σχήματα αυτά φαίνονται επίσης και το σημείο σύνδεσης με το δίκτυο (Σ.Σ.Δ.) που είναι το σημείο του δικτύου Μ.Τ. ή Χ.Τ. όπου συνδέονται οι εγκαταστάσεις του παραγωγού και βρίσκεται πάντοτε στην έξοδο των εγκαταστάσεων αυτών, αλλά και το σημείο κοινής σύνδεσης (Σ.Κ.Σ.) που είναι το πλησιέστερο προς τις εγκαταστάσεις του παραγωγού σημείο του δικτύου, στο οποίο συνδέεται (ή μπορεί να συνδεθεί μελλοντικά) άλλος καταναλωτής ή παραγωγός. Στην Εικόνα 3-48 φαίνεται επίσης και το σχήμα του αυτόματου διακόπτη διασύνδεσης (Α.Δ.Δ.).

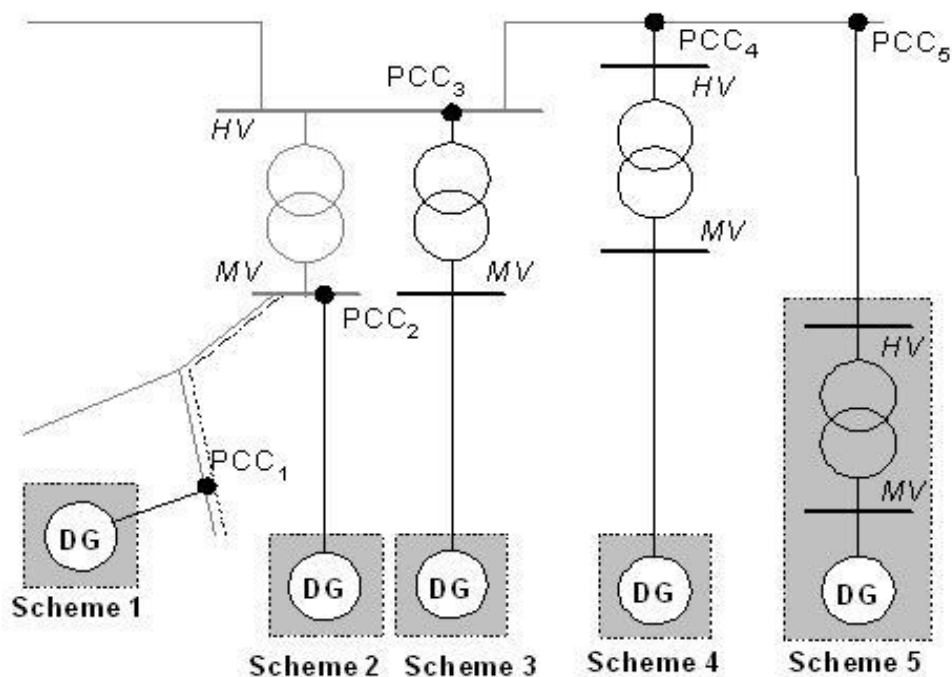


Εικόνα 3-47: Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε στο δίκτυο Χ.Τ.



Εικόνα 3-48:Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. στο δίκτυο Χ.Τ.

Στην Εικόνα 3-49 δείχνεται η τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. (συμβολίζονται με D.G.) στη Μ.Τ. (Μ.Υ.) αλλά και στην Υ.Τ. (Η.Υ.) μέσω Μ/Σ μέσης προς υψηλή τάση. Στο σχήμα αυτό φαίνονται επίσης και τα διάφορα σημεία κοινής σύνδεσης (P.C.C.).



Εικόνα 3-49: Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. στο δίκτυο μέσης (Μ.Υ.) αλλά και υψηλής (Η.Υ.) μέσω Μ/Σ μέσης προς Υ.Τ.

3.9.2.3 Ένταξη Σταθμών Α.Π.Ε. στο Σύστημα με Βάση το Νέο Νόμο 3468/2006

Σύμφωνα με το Άρθρο 9 του Ν.3468/2006 σχετικά με την Ένταξη σταθμών Α.Π.Ε. στο Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, για Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Α.Π.Ε. που συνδέονται με το Σύστημα ή το Δίκτυο, εκτός από το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εφόσον δεν τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια του Συστήματος ή του Δικτύου, ο αρμόδιος Διαχειριστής του Συστήματος ή του Δικτύου υποχρεούται, κατά την κατανομή του Φορτίου, να δίνει προτεραιότητα σε διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής, στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από Α.Π.Ε., ανεξάρτητα από την Εγκατεστημένη Ισχύ τους.

Στο σημείο αυτό αποσαφηνίζεται ποιος είναι ο Διαχειριστής του Συστήματος και ποιος ο Διαχειριστής του Δικτύου. Για την ηπειρωτική Ελλάδα δηλαδή το διασυνδεδεμένο Σύστημα Διαχειριστής του Συστήματος είναι ο Δ.Ε.ΣΜ.Η.Ε. ενώ Διαχειριστής του Δικτύου η Δ.Ε.Η. Για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (Μη Διασυνδεδεμένο Σύστημα) Διαχειριστής και του Συστήματος και του Δικτύου είναι η Δ.Ε.Η.

Σύμφωνα με το Άρθρο 10 του Ν.3468/2006 σχετικά με την Ένταξη σταθμών Α.Π.Ε. στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά ορίζεται, ότι ο αρμόδιος Διαχειριστής αυτών υποχρεούται να απορροφά, κατά προτεραιότητα, την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Σταθμό Α.Π.Ε. Παραγωγού ή Αυτοπαραγωγού.

Εκτός από την περίπτωση που αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.3.2.2. για τη σύνδεση Σταθμού στην Υ.Τ. μέσω υποσταθμού μέσης προς Υ.Τ., σύμφωνα με το Άρθρο 11 του Ν.3468/2006 σχετικά με τη Σύνδεση Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Α.Π.Ε. με το Σύστημα ή το Δίκτυο ορίζονται τα εξής:

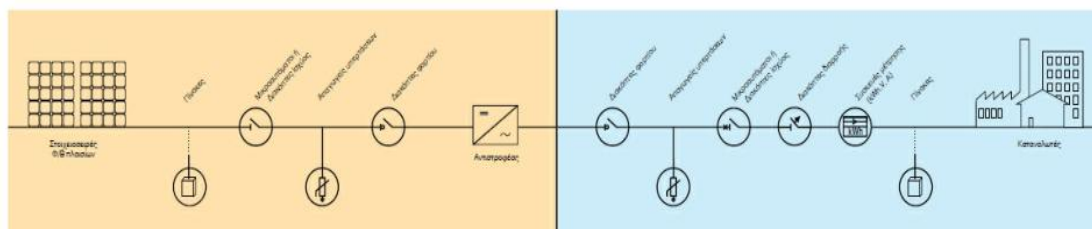
- Για την απαλλοτρίωση ακινήτων ή τη σύσταση επ' αυτών εμπραγμάτων δικαιωμάτων υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής του νεοσυνδεδεμένου Σταθμού, με σκοπό την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, εφαρμόζονται αναλόγως οι διατάξεις του Άρθρου 15 του Ν.3175/2003 (Φ.Ε.Κ. 207 Α'). Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται αναλόγως, υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής, οι διατάξεις της Παραγράφου 8 του Άρθρου 9 του Ν.2941/2001. Οι απαιτούμενες εγκρίσεις για την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, χορηγούνται σύμφωνα με τις αναλόγως εφαρμοζόμενες διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας που αφορούν τον Κύριο του Συστήματος ή του Δικτύου.
- Για την κατασκευή των έργων σύνδεσης, ο κάτοχος άδειας παραγωγής εκπονεί σχετική μελέτη, σύμφωνα με τους όρους και τις προδιαγραφές σύνδεσης που ορίζει ο αρμόδιος Διαχειριστής του Δικτύου (Δ.Ε.Η.), ο οποίος και εγκρίνει τη μελέτη αυτή. Πριν από την έγκριση της μελέτης, ο αρμόδιος Διαχειριστής γνωστοποιεί στον οικείο οργανισμό τοπικής αυτοδιοίκησης πρώτου βαθμού, τα βασικά στοιχεία της μελέτης που αφορούν τη χωροθέτηση των έργων σύνδεσης, για την ενημέρωση των ιδιοκτητών στα ακίνητα των οποίων πρόκειται να εγκατασταθούν τα έργα αυτά.
- Αν συνδεθεί και άλλος χρήστης με τα έργα σύνδεσης, η διαχείριση του τμήματος των έργων που χρησιμοποιούνται από αυτόν παραχωρείται, από τον κάτοχο της άδειας του σταθμού Α.Π.Ε., στον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος υπεισέρχεται στα σχετικά δικαιώματα και τις υποχρεώσεις. Στην περίπτωση αυτή, η κυριότητα του εδάφους που καταλαμβάνεται από τα έργα σύνδεσης του ανωτέρω τμήματος, καθώς και τα αντίστοιχα έργα σύνδεσης,

μεταβιβάζονται στον Κύριο του Δικτύου, ο οποίος καταβάλλει, για την κυριότητα του εδάφους, σχετικό αντάλλαγμα. Ο νέος χρήστης καταβάλλει στον κάτοχο της άδειας παραγωγής του συνδεδεμένου σταθμού αντάλλαγμα, το οποίο καθορίζεται και καταβάλλεται σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας για την υλοποίηση έργων επέκτασης για σύνδεση. Το αντάλλαγμα χρήσης του εδάφους που αναλογεί στα έργα σύνδεσης δεν καταβάλλεται, κατά τα ανωτέρω, αν κύριος του εδάφους είναι το Δημόσιο. Με τους Κώδικες Διαχείρισης του Συστήματος και του Δικτύου που προβλέπονται, αντίστοιχα, στις διατάξεις των Άρθρων 19 και 23 του Ν. 2773/1999, όπως ισχύει, καθορίζονται, μετά από εισήγηση του αρμόδιου Διαχειριστή και σύμφωνη γνώμη της Ρ.Α.Ε., η διαδικασία και τα κριτήρια καθορισμού του ανταλλάγματος που καταβάλλεται για τη μεταβίβαση της κυριότητας του εδάφους και των έργων σύνδεσης, καθώς και κάθε άλλο σχετικό θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια για την εφαρμογή των διατάξεων της παραγράφου αυτής. Με τους ίδιους Κώδικες καθορίζονται ο τύπος και το περιεχόμενο των συμβάσεων σύνδεσης Σταθμών Α.Π.Ε. με το Σύστημα ή το Δίκτυο και κάθε άλλο σχετικό θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια.

- Για τα Μη Διασυνδεδεμένα Συστήματα τώρα με την απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης με την οποία εγκρίνεται η Μελέτη Ανάπτυξης του Συστήματος σύμφωνα με την Παράγραφο 2 του Άρθρου 15 του Ν.2773/1999, καθορίζονται ο τρόπος κατασκευής και λειτουργίας των έργων διασύνδεσης Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού για τη σύνδεση, με το Σύστημα αυτό, σταθμών Α.Π.Ε., καθώς και ο επιμερισμός των σχετικών δαπανών, με βάση την Εγκατεστημένη Ισχύ των Σταθμών αυτών, σε σχέση με τη συνολική ικανότητα μεταφοράς της διασύνδεσης.

3.9.3 Εξοπλισμός για την προστασία Φ/Β συστημάτων

Κάθε εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων είναι μια επένδυση για το μέλλον. Η αποδοτικότητα μιας τέτοιας επένδυσης εξαρτάται από το μέγεθος και τη δυνατότητα παραγωγής της μονάδας, τη γεωγραφική της θέση και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Για αυτό το λόγο, τίθεται σαν απόλυτη προϋπόθεση η ολοκληρωμένη προστασία όλων των διασυνδεδεμένων εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων, καθώς οι πιθανότητες να πληγούν αυτές οι εγκαταστάσεις από φαινόμενα όπως μεταβατικές υπερτάσεις και ανάστροφα ρεύματα μπορούν να υπολογιστούν μόνο στατιστικά και κατά προσέγγιση. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η βασική δομή μιας εγκατάστασης Φ/Β με όλα τα απαραίτητα μέσα για την πλήρη προστασία της. Οι λειτουργίες των διακοπών ισχύος, των απαγωγέων υπερτάσεων (αντικεραυνικά) καθώς και των διακοπών φορτίου (απομόνωσης) συνδυαζόμενες μεταξύ τους δημιουργούν ένα αδιαπέραστο εμπόδιο ικανό να αποτρέψει επικίνδυνες βλάβες ή δυσλειτουργίες. Στην Εικόνα 3-50 φαίνεται η σύνδεση Φ/Β συστήματος με τον καταναλωτή.



Εικόνα 3-50: Σύνδεση Φ/Β συστήματος με τον καταναλωτή

3.9.3.1 Μικροαυτόματοι & Αυτόματοι διακόπτες ισχύος ανοιχτού ή κλειστού τύπου.

Οι μικροαυτόματοι και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος προστατεύουν μια ηλεκτρική εγκατάσταση από υπερφόρτιση ή βραχυκύκλωμα. Στο κύκλωμα συνεχούς τάσης του Φ/Β συστήματος (D.C. πλευρά), οι μικροαυτόματοι προστατεύουν κάθε στοιχείο-σειρά Φ/Β πλαισίων (string) από ρεύματα ανάστροφης φοράς καθώς επίσης και από την έγχυση εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.) στο κύκλωμα συνεχούς σε πιθανή βλάβη του αντιστροφέα (inverter). Κάθε στοιχείο-σειρά Φ/Β πλαισίων (ηλιακοί συλλέκτες) πρέπει να προστατεύεται ξεχωριστά ώστε να εξασφαλίζεται ο περιορισμός του σφάλματος μόνο σε εκείνη τη στοιχείο-σειρά που αντιμετωπίζει το πρόβλημα, επιτρέποντας την κανονική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την υπόλοιπη εγκατάσταση. Μετά τη διόρθωση του σφάλματος είναι εφικτή η επαναλειτουργία της στοιχείο-σειράς, είτε χειροκίνητα είτε με τηλεχειρισμό. Η ευκολία με την οποία μπορεί να απομονωθεί ηλεκτρικά, για λόγους συντήρησης ή επέκτασης, κάποιο μέρος του συστήματος, αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα.

3.9.3.2 Απαγωγείς υπερτάσεων

Τα Φ/Β πλαίσια και οι αντιστροφείς (inverters) είναι πολύ ευαίσθητα σε μεταβατικές υπερτάσεις και κρουστικά ρεύματα που προκαλούνται από κεραυνούς ή χειρισμούς μεγάλων διακοπών. Οι απαγωγείς υπερτάσεων (αντικεραυνικά), για κυκλώματα συνεχούς τάσης, περιορίζουν αυτές τις υπερτάσεις, προστατεύοντας τον εξοπλισμό και αποτρέποντας περαιτέρω ζημιές στην εγκατάσταση. Για το λόγο αυτό θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη, κατά τη διάρκεια σχεδιασμού μιας τέτοιας επένδυσης, ο κίνδυνος οικονομικών απωλειών λόγω ανεπαρκούς προστασίας.

3.9.3.3 Διακόπτες φορτίου κυκλωμάτων συνεχούς τάσης (DC)

Οι διακόπτες φορτίου κυκλωμάτων συνεχούς τάσης χρησιμοποιούνται για τη ζεύξη ή απόζευξη ενός κυκλώματος υπό φορτίο, με ονομαστική τάση λειτουργίας έως και 1200 V_{DC} για εγκαταστάσεις Φ/Β συστημάτων. Ο εύκολος χειρισμός τους διευκολύνει τις εργασίες συντήρησης ή επέκτασης ενός κυκλώματος, αυξάνοντας τη χρηστικότητα της εγκατάστασης και καθιστώντας τους μια άριστη επένδυση.

3.9.3.4 Διακόπτες φορτίου κυκλωμάτων εναλλασσόμενης τάσης (AC)

Οι διακόπτες φορτίου κυκλωμάτων εναλλασσόμενης τάσης χρησιμοποιούνται επίσης για τη ζεύξη ή απόζευξη ενός κυκλώματος υπό φορτίο. Ο εύκολος χειρισμός τους διευκολύνει τις εργασίες συντήρησης ή επέκτασης ενός κυκλώματος εναλλασσόμενης τάσης.

3.9.3.5 Διακόπτες διαρροής.

Οι διακόπτες διαρροής προστατεύουν το προσωπικό και τον εξοπλισμό μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης από ηλεκτροπληξία ή εκδήλωση πυρκαγιάς. Η ύπαρξη των διακοπών διαρροής στους πίνακες διανομής μιας εγκατάστασης είναι επιβεβλημένη.

3.9.3.6 Μετρητές ενέργειας.

Μετρούν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα Φ/Β σύστημα.

3.9.3.7 Πίνακες.

Οι πίνακες χρησιμοποιούνται τόσο στο κύκλωμα συνεχούς (D.C.) όσο και στο κύκλωμα εναλλασσόμενης (A.C.) τάσης. Συνιστάται να είναι κλάσης II και να διαθέτουν βαθμό προστασίας έναντι εισερχομένων σωματιδίων και υγρασίας IP65, όταν τοποθετούνται σε εξωτερικούς χώρους.

3.10 Επιπτώσεις Διείσδυσης Φ/B Συστημάτων

3.10.1 Εισαγωγή

Τα Φ/B συστήματα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη Διεσπαρμένη Παραγωγή Ενέργειας, η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας, που προσφέρεται από τα Φ/B συστήματα, σε συνδυασμό με την κατά μεγάλο ποσοστό απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης σε ένα νέο ενεργειακό τοπίο που αυτή τη στιγμή διαμορφώνεται στις αναπτυσσόμενες Χώρες. Έτσι σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/B συστήματα στα νέα ενεργειακά δεδομένα των Σ.Η.Ε., καθώς όπως προβλέπεται η διάδοση της παραγωγής από αυτές τις μονάδες θα αυξάνεται συνεχώς στο μέλλον.

3.10.2 Επιπτώσεις Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φ/B Συστήματα σε Δίκτυα Διανομής

3.10.2.1 Εισαγωγή

Η διασύνδεση των Φ/B συστημάτων με το δίκτυο μπορεί να αναβάλλει τις βελτιώσεις των γραμμών μεταφοράς και των Μ/Σ, να επεκτείνει τα διαστήματα συντήρησης εξοπλισμού, να μειώσει τις ηλεκτρικές απώλειες των γραμμών, και να βελτιώσει την αξιοπιστία των δικτύων διανομής στα Σ.Η.Ε. που εγκαθίστανται. Επίσης σημαντικές είναι και οι οικονομικές επιπτώσεις που μπορούν να επέλθουν καθώς η παραγωγή των Φ/B μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων από τις θερμικές μονάδες παραγωγής με συνέπεια στην οικονομικότερη λειτουργία τους.

3.10.2.2 Επιπτώσεις στους μετασχηματιστές ενός υποσταθμού

Η σύνδεση Φ/B συστημάτων με το δίκτυο αναβάλλει την αναβάθμιση του Μ/Σ του Υ/Σ καθώς τα Φ/B παράγουν ενέργεια και την παρέχουν στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ κατά τη διάρκεια της μέγιστης χρήσης. Το μειωμένο φορτίο των Μ/Σ οδηγεί σε μειωμένες θερμοκρασίες αυτού και τη μακρύτερη ζωή τους. Ένας πιο δροσερός Μ/Σ μπορεί να προσαρμόσει την πρόσθετη αύξηση φορτίων και να επιτρέψει την αναβολή της αγοράς ενός νέου Μ/Σ.

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Kerman της Καλιφόρνιας [22,23] η εγκατάσταση Φ/B ισχύος 0,5 MW οδήγησε στη μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας του Μ/Σ του υποσταθμού της περιοχής κατά 4°C στη διάρκεια μιας ημέρας με μεγάλη ζήτηση το έτος 1993. Η μείωση αυτή συνέβαλλε στην αύξηση της ποσότητας ισχύος που ρέει μέσα από τον Μ/Σ κατά 4,6% ή 0,46 MW στην ώρα αιχμής και στην αναβολή της αναβάθμισης του Μ/Σ του Υ/Σ, το κόστος της οποίας ανέρχεται σε 398.000 \$.

Επίσης σε μία άλλη εργασία [24] μελετήθηκε αν και κατά πόσο τα Φ/Β μπορούν να βοηθήσουν σε περιόδους που παρουσιάζεται αιχμή έναν κορεσμένο Υ/Σ στην περιοχή των Χανίων. Βάση λοιπόν δεδομένων στοιχείων για το έτος του 2001, παρατηρήθηκε πως ο αεριοστρόβιλος 1 Χανίων «αναγκάστηκε» να λειτουργήσει πολλές φορές προκειμένου να αντιμετωπίσει την αιχμή ζήτησης του Μ/Σ-2 του Υ/Σ Χανίων και να τον προστατεύσει από την υπερφόρτιση. Έτσι, διερευνήθηκε σε ποιο βαθμό τα αδειοδοτημένα Φ/Β των περιοχών που ανήκουν στον Υ/Σ Χανίων θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στον περιορισμό της ζήτησης του συγκεκριμένου Μ/Σ και επομένως να περιορίσουν την ανάγκη χρήσης της επίμαχης μονάδας. Μετά την προσφορά της Φ/Β ισχύος σε ώρες αιχμής παρατηρήθηκε ανακούφιση του Μ/Σ-2 στον συγκεκριμένο Υ/Σ, καθώς η φόρτιση του μεταβλήθηκε από 41,4 MW σε 40,8 MW. Επίσης η χρήση των Φ/Β στο συγκεκριμένο Υ/Σ θα οδηγούσε στην ένταξη οικονομικότερης μονάδας στο σύστημα για 78 ώρες και στο ενδεχόμενο καθυστέρησης κατά 21 εικοσάλεπτα της εκκίνησης του αεριοστρόβιλου 1 Χανίων. Οι δύο αυτές κινήσεις σε συνδυασμό με τη μείωση της παραγωγής των μονάδων του Σ.Η.Ε. Κρήτης θα επέφεραν 169.000 € μόνο για το β' εξάμηνο του 2001 και μόνο για τις ώρες λειτουργίας της επίμαχης μονάδας.

3.10.2.3 Επιπτώσεις στις απώλειες μεταφοράς και διανομής

Οι ηλεκτρικές απώλειες των γραμμών εμφανίζονται ως ροές ρεύματος μέσω των αγωγών και άλλων συσκευών του συστήματος μεταφοράς και διανομής. Το μέγεθος των απωλειών συσχετίζεται με τη ροή ρεύματος και την αντίσταση των συσκευών. Κατά συνέπεια, οι απώλειες γραμμών μπορούν να μειωθούν με τη μείωση είτε της αντίστασης είτε του ρεύματος. Η μείωση της αντίστασης απαιτεί την αντικατάσταση ή την προσθήκη εξοπλισμού ενώ η μείωση του ρεύματος απαιτεί τη μείωση της ζήτησης ή την εξυπηρέτηση ενός μέρους του φορτίου τοπικά με μία τεχνολογία όπως τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β.

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Kernan της Καλιφόρνιας, η εγκατάσταση Φ/Β ισχύος 0,5 MW οδήγησε στη μείωση των απωλειών του συστήματος, μείωση που αντιστοιχεί στο 6% της παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β και εξοικονόμηση 37.000 \$ κατά τη διάρκεια της ζωής των Φ/Β εγκαταστάσεων (καθαρή παρούσα αξία), ποσό στο οποίο δεν περιλαμβάνεται η εξοικονόμηση χρημάτων από την αναβολή αναβάθμισης του συστήματος.

Επίσης σε άλλη μελέτη [25] που πραγματοποιήθηκε για την επίδραση της σημαντικής εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β σε Υ/Σ Μέσης/Υψηλής τάσης στην Ιεράπετρα της Κρήτης για χαρακτηριστικές ημέρες που αφορούν άλλοτε περιπτώσεις καλοκαιρινής και χειμερινής ζήτησης και άλλοτε στοιχεία μέγιστης παραγωγής και μέγιστης διείσδυσης Φ/Β, παρατηρήθηκε ότι η εγκατάσταση Φ/Β συμβάλλει στη μείωση της φόρτισης των υπερφορτισμένων γραμμών. Την ώρα καλοκαιρινής αιχμής παρατηρείται μέγιστη μείωση που αντιστοιχεί στο 23,97% των αρχικών απωλειών, ενώ αντίστοιχα η ίδια μείωση αγγίζει αυτήν την ώρα τα 290 kW.

Η δε μέγιστη ωριαία ποσοστιαία μείωση ανέρχεται σε 78,57% των αρχικών απωλειών σε περιόδους υψηλής διείσδυσης. Σημειώνεται ακόμα ότι, παρόλο την έγχυση ισχύος από Φ/Β στο δίκτυο της Ιεράπετρας, παρατηρείται πολύ σπάνια αναστροφή της ροής ισχύος ενώ μειώνεται σημαντικά η φόρτιση των υπερφορτισμένων γραμμών ειδικά το καλοκαίρι που παρατηρείται μείωση φόρτισης από 85,5% σε 71,8%.

3.10.2.4 Διακύμανση τάσης στα σημεία σύνδεσης (voltage fluctuation)

Οποιαδήποτε έγχυση ισχύος στο δίκτυο διανομής προκαλεί ανύψωση της τάσης στο σημείο σύνδεσης του Φ/Β συστήματος με το δίκτυο. Το μεγαλύτερο πρόβλημα των Α.Π.Ε. είναι η μη σταθερή παραγωγή ισχύος λόγω της μεταβλητότητας των πηγών αυτών. Όσον αφορά τα Φ/Β συστήματα, το ποσό της ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα Φ/Β στοιχείο σχετίζεται άμεσα με την ένταση της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια μετατροπής. Αν λοιπόν η έξοδος των μονάδων υπόκειται σε μεγάλες αλλαγές σε σύντομο χρονικό διάστημα, λόγω της εξάρτησής τους από τις φυσικές συνθήκες, τότε ενδεχόμενα να προκληθεί και έντονη διακύμανση της τάσης στα σημεία σύνδεσης.

3.10.2.5 Βελτίωση προφίλ τάσεως

Η τάση σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου πρέπει να κυμαίνεται μέσα σε κάποια όρια για τη σωστή λειτουργία του δικτύου, τα οποία είναι συνήθως $\pm 10\%$ της οικονομικής τάσης (πρότυπα EN – 50160). Η ενσωμάτωση της διανεμημένης παραγωγής στο δίκτυο οδηγεί σε μια αύξηση της τάσης του δικτύου με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου διανομής. Αυτή η μεταβολή μπορεί να είναι ευπρόσδεκτη υπό συγκεκριμένες συνθήκες, αλλά μπορεί επίσης να επιφέρει δυσλειτουργία του δικτύου υπό άλλες συνθήκες.

Στην Ιεράπετρα, τα Φ/Β συμβάλλουν στη μείωση της μέγιστης πτώσης τάσης του ευρύτερου συστήματος διανομής κατά 0,6% (7% πριν και 6,4% μετά). Επίσης η ανύψωση της τάσης φτάνει το 1,2% (0,93511 p.u. πριν και 0,9471 p.u. μετά). Στο ζυγό της εξετάζουσας μελέτης παρατηρήθηκε ακόμα ανύψωση της τάσης ανά παραγόμενο MW που φτάνει το 0,28%.

Αντίστοιχα σε μία άλλη μελέτη διερευνήθηκε [3] η συμπεριφορά ενός ασθενούς αυτόνομου δικτύου όπως της Κύθνου, όταν αρκετές ανανεώσιμες πηγές, όπως τα Φ/Β και οι ανεμογεννήτριες ενσωματώθηκαν στα διάφορα σημεία του. Επίσης εξετάστηκαν ορισμένα σενάρια μεταξύ υπάρχουσας και επαυξημένης ισχύος Φ/Β (διπλασιασμός παραγωγής) σε εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης του συστήματος.

Οι εκτελούμενες προσομοιώσεις για ζητήματα μόνιμης κατάστασης του συστήματος, έδωσαν τα εξής αποτελέσματα:

- Για δίκτυο με χαμηλό φορτίο, η παρατηρηθείσα τάση ήταν σύμφωνα με τα όρια που ορίζονται από τα πρότυπα EN – 50160 ($\pm 10\%$).
- Εξετάζοντας τη κατάσταση σε υψηλό φορτίο, παρατηρήθηκε ότι η τάση ήταν κάτω από την ονομαστική τιμή (τα υψηλότερα ρεύματα φορτίου οδήγησαν σε μεγάλες πτώσεις τάσης). Οι συνεχείς αυξήσεις της ισχύος που εγχέεται από τα Φ/Β οδήγησαν σε μια βελτίωση της μορφής της τάσης κι το μέγεθος των πτώσεων τάσης μειώθηκε.

3.10.3 Περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη της ηλιακής ενέργειας

3.10.3.1 Περιβάλλον

3.10.3.1.1 Μείωση εκπομπής ρύπων

Τα Φ/Β, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με μηδενική ρύπανση. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συμβάλλει στη μείωση της παραγωγής ενέργειας που απαιτείται για την ικανοποίηση της ζήτησης των διαφόρων φορτίων με αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας καυσίμου που καταναλώνεται από τις διάφορες μονάδες παραγωγής και της εκπομπής ρύπων (CO₂, NO_x, SO₂) που παράγονται από τα διάφορα καύσιμα.

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και συγκεκριμένα στις πολιτείες Κολοράντο και Καλιφόρνια έδειξε ότι μια κιλοβατώρα παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου της τάξης των 6.000-9.000 kJ και της εκπομπής ρύπων CO₂ και NO_x της τάξης των 300-460 και 0.07-0.16g αντίστοιχα για την πολιτεία του Κολοράντο ενώ τα φωτοβολταϊκά της πολιτείας της Καλιφόρνια συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου και άνθρακα της τάξης των 2.400-8.100 kJ και 20-6.800 kJ αντίστοιχα και της εκπομπής ρύπων CO₂, NO_x, SO₂ της τάξης των 300-460, 0,07-0,16 και 0-1,1g αντίστοιχα. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων προσομοιώθηκε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις δύο αυτές πολιτείες με τη μεταβολή της διείσδυσης των φωτοβολταϊκών στις Δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής από 0 έως 10% με βήμα αύξησης 2%.

Στην Ελλάδα, υπολογίζεται ότι για κάθε μία ηλιακή κιλοβατώρα που παράγεται αποτρέπεται η έκλυση ενός κιλού διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό σημαίνει ότι αν η Ελλάδα εκπληρώσει τους στόχους της για την ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας έως το 2020 (700 MW Φ/Β), θα αποτρέπεται ετησίως η έκλυση περίπου 1.000.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε [26], η εγκατάσταση 2 MW από Φ/Β σε σχολεία της Αθήνας, προκάλεσε μια μείωση της ετήσιας εκπομπής CO₂, NO_x, SO₂ και σωματιδίων περίπου ίση με 1500-2500, 2-3,2, 5,5-12,8 και 0,9-2,5 τόνους αντίστοιχα.

Αντίστοιχα στη μελέτη για το νησί της Κύθνου, η εγκατάσταση ενός Φ/Β ισχύος 200 kW συνέβαλλε στη μείωση της ετήσιας εκπομπής CO₂, NO_x, SO₂ και σωματιδίων κατά 80.800-96.600, 26,4-31,6 και 39,2-47kg αντίστοιχα.

Τέλος, στην μελέτη της Ιεράπετρας φαίνεται πως τα Φ/Β που είναι εγκατεστημένα στην ευρύτερη περιοχή προκαλούν μια μείωση της εκπομπής των ρύπων CO₂ από τις θερμικές μονάδες έως και 1.060 kg ανά MWh που παράγεται από Φ/Β.

3.10.3.2 Οικονομικά οφέλη

3.10.3.2.1 Μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει σήμερα η Ελλάδα είναι η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, η οποία επιβαρύνει σημαντικά την εθνική οικονομία και κατ' επέκταση τους Έλληνες φορολογούμενους πολίτες. Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, τα εισαγόμενα καύσιμα και οι εισαγωγές ενέργειας κάλυψαν την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 40% για το έτος 2007. Η αύξηση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα αποτυπώνεται και στην οικονομική πορεία της Δ.Ε.Η., η οποία για το πρώτο εννεάμηνο του 2008 ανακοίνωσε ρεκόρ οικονομικών ζημιών. Μόνο για την αγορά εισαγόμενων καυσίμων και ενέργειας η Δ.Ε.Η. δαπάνησε 713,4 εκατομμύρια € επιπλέον σε σύγκριση με το πρώτο εννεάμηνο του 2007. Επομένως, η ανάπτυξη των Α.Π.Ε. θα συμβάλλει όχι μόνο στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και στην τόνωση της εθνικής οικονομίας.

3.10.3.2.2 Μείωση του κόστους καυσίμων

Τα τελευταία έτη παρατηρείται μια σημαντική αύξηση στις τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και σε μεγάλο βαθμό ευθύνεται η άνοδος των τιμών των εισαγόμενων καυσίμων και ενέργειας, δεν πρέπει να παραβλέψουμε και άλλους παράγοντες. Η λανθασμένη ενεργειακή στρατηγική που ακολουθείται ιστορικά (κατασκευή ολοένα και περισσότερων συμβατικών μονάδων, καμία πρόνοια για την εξοικονόμηση ενέργειας) έχει επιτείνει την αρνητική αυτή εξέλιξη. Σε όλα αυτά θα πρέπει να προστεθούν και οι πολιτικές εξελίξεις από το ευρωπαϊκό μέτωπο. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πακέτο για το Κλίμα και την Ενέργεια, από το 2013 οι βιομηχανίες ηλεκτροπαραγωγής στα περισσότερα ευρωπαϊκά κράτη (μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα) θα πρέπει να πληρώνουν για το 100% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Ρύπων. Η εξέλιξη αυτή σημαίνει ότι η Δ.Ε.Η. θα επιβαρύνεται ετησίως επιπλέον με 1,5 δις € (συντηρητική εκτίμηση). Αν και τα χρονικά περιθώρια είναι περιορισμένα, η Δ.Ε.Η. θα πρέπει να επενδύσει επιθετικά στις Α.Π.Ε. και επομένως στην ανάπτυξη Φ/Β συστημάτων και την εξοικονόμηση ενέργειας σε αντικατάσταση των ρυπογόνων συμβατικών μονάδων.

Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για το νησί της Κύθνου, η εγκατάσταση ενός Φ/Β ισχύος 100 kW συνέβαλλε στη μείωση του ετήσιου κόστους λειτουργίας θερμικών μονάδων στο νησί κατά 4.900 € περίπου, μείωση που αντιστοιχεί στο 0,93% του αρχικού κόστους ενώ η εγκατάσταση ενός Φ/Β ισχύος 200 kW συνέβαλλε στη μείωση του ετήσιου κόστους λειτουργίας θερμικών μονάδων στο νησί κατά 13.000 € περίπου, μείωση που αντιστοιχεί στο 2,49% του αρχικού κόστους. Έτσι εκτιμήθηκε ότι το Φ/Β μπορεί να προσφέρει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου σε ένα Νησιωτικό Σύστημα ειδικά αν μπορεί να μειώσει τις ώρες λειτουργίας των μονάδων Ντήζελ. Το οικονομικό όφελος είναι τόσο μεγαλύτερο όσο μεγαλύτερη είναι η μέση τιμή του καυσίμου και όσο συχνότερα αποφεύγεται η εκκίνηση μονάδων.

Συνοψίζοντας η συγκεκριμένη εργασία αναφέρει ότι με την τρέχουσα ευνοϊκή τιμολόγηση για την παραγωγή από Φ/Β από ιδιώτη παραγωγό, θα υπήρχε απώλεια εσόδων στο διαχειριστή η οποία θα έπρεπε να καλυφθεί είτε από κάποιου είδους χρηματοδότηση, κρατική ή αύξηση του κόστους για τους καταναλωτές είτε η τιμή του καυσίμου θα έπρεπε να ήταν πολλαπλάσια από εκείνη της τρέχουσας περιόδου. Για κανένα μήνα και για καμία από τις περιπτώσεις που

εξετάστηκαν στην μελέτη αυτή, η αξία παραγωγής του Φ/Β για τη Δ.Ε.Η. δεν ήταν μεγαλύτερη από την αποζημίωση του Φ/Β βάσει του Ν.3468/2006.

Στην περίπτωση της Ιεράπετρας η εγκατάσταση Φ/Β στην ευρύτερη περιοχή προκαλεί μείωση της παραγωγής στους Σταθμούς Παραγωγής των Λινοπεραμάτων και των Χανίων επηρεάζοντας τη λειτουργία κυρίως από των αεριοστροβλικών μονάδων, ενώ η επίδραση των Φ/Β στον Σταθμό Παραγωγής του Αθερινόλακκου είναι μηδενική. Τα οφέλη για την μελέτη αυτή, γίνονται σημαντικά αν τα Φ/Β είναι διασκορπισμένα στο δίκτυο. Έτσι, η μέγιστη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ ανά μεγαβατώρα ξεπέρασε τα 433 lt/MWh και τα 15.000 lt ημερησίως. Αντίστοιχα η μέγιστη ημερήσια μείωση της κατανάλωσης μαζούτ ξεπέρασε τα 10.150 kg και τα 310 kg/MWh. Η εξοικονόμηση χρημάτων με την μείωση παραγωγής στους Θερμικούς Σταθμούς παραγωγής προκύπτει εκτιμήθηκε περίπου έως και 300 €/MWh.

3.10.3.3 Κοινωνικά οφέλη

3.10.3.3.1 Διαφοροποίηση της συμπεριφοράς του παραγωγού – καταναλωτή

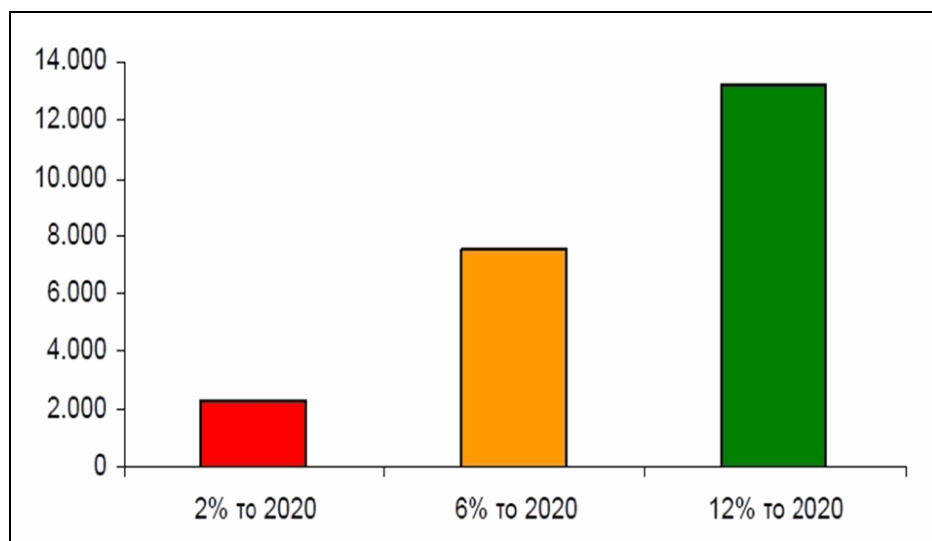
Η ανάπτυξη Φ/Β συστημάτων, έχει οδηγήσει σε μεταβολή της συμπεριφοράς των παραγωγών – καταναλωτών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας. Το να έχουν το δικό τους Φ/Β σύστημα, θα επηρεάσει τη συμπεριφορά τους ως προς την κατανάλωση ενέργειας καθώς θα μεγιστοποιήσουν το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχουν στο δίκτυο, μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωσή τους. Δίνοντας τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια, τον καθιστούν πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν έτσι στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Επιπλέον η συχνότερη παρατήρηση του μετρητή ενέργειας θα οδηγήσει στην εκδήλωση ενδιαφέροντος για το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται. Η μύηση του καταναλωτή στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας και η ενασχόλησή του με την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια του νοικοκυριού του τον οδηγεί στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας στοχεύοντας όχι μόνο στην εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος. Ένα παράδειγμα που υποστηρίζει αυτή τη θεωρία είναι η αύξηση της χρήσης συσκευών εξοικονόμησης ενέργειας (πχ. συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού) τα τελευταία χρόνια.

3.10.3.3.2 Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

Η στροφή προς την πράσινη επιχειρηματικότητα, με την αξιοποίηση των Α.Π.Ε., οδήγησε στην ανάπτυξη της πράσινης οικονομίας και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στο χώρο της ενέργειας. Τα Φ/Β είναι μια από τις λίγες ενεργειακές τεχνολογίες όπου η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα να έχει σημαντικό μερίδιο με εγχώρια παραγωγή. Ήδη στην παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών, στην εμπορία, εγκατάσταση και συντήρηση Φ/Β συστημάτων δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα πάνω από 200 εταιρείες με εκατοντάδες εργαζόμενους. Επιπλέον, δημιουργούνται μονάδες παραγωγής επικουρικού εξοπλισμού όπως βάσεις στήριξης, ηλιοστάτες (trackers), μπαταρίες, αντιστροφείς ισχύος. Σήμερα λειτουργούν 5 εργοστάσια παραγωγής φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα που σε πλήρη ανάπτυξη θα απασχολούν περίπου 1.000 άτομα [27].

Η νέα έκθεση «Εξελιγμένη Στρατηγική στις Ανανεώσιμες» που υποστηρίχθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή [28], υπολόγισε ότι η προώθηση των Α.Π.Ε. θα προσφέρει 2,5εκ. θέσεις έως το 2020.

Τουλάχιστον 55.000 άνθρωποι απασχολούνται στον τομέα των Φ/Β στη Γερμανία. Με συντηρητικούς υπολογισμούς ο αριθμός των εργαζομένων της Ε.Ε. στα Φ/Β αναμένεται να φτάσει τους 727.000 εργαζόμενους το 2020 και το 1,4 εκατομμύρια το 2030. Ανάλογα με το σενάριο υλοποίησης Φ/Β στην Ελλάδα, θα υπάρχει και ανάλογη κάλυψη θέσεων εργασίας. Στην Εικόνα 3-51 φαίνονται οι θέσεις πλήρους απασχόλησης στα Φ/Β το 2020 (τρία σενάρια διείσδυσης στο ενεργειακό ισοζύγιο).



Εικόνα 3-51: Θέσεις πλήρους απασχόλησης στα Φ/Β το 2020 (3 σενάρια διείσδυσης στο ενεργειακό ισοζύγιο)

4 Μεθοδολογία αποτίμησης επιπτώσεων Φ/Β

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η μεθοδολογία του αλγορίθμου έτσι όπως αυτή αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Μέσω της μεθοδολογίας αυτής, ακολουθήθηκε η εκτίμηση της αποτίμησης των επιπτώσεων Φ/Β, σ' ένα αυτόνομο ηλεκτρικό δίκτυο με σχετικά υψηλή στάθμη διείσδυσης Α.Π.Ε.. Για τη πραγματοποίηση της αποτίμησης αυτής, κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή του αλγορίθμου σε περιβάλλον λογισμικού MATLAB, μέσω του οποίου έγινε εφικτή και η εκτέλεση της απαραίτητης προσομοίωσης της λειτουργίας του υπό εξέταση Σ.Η.Ε.. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον η παραγωγή από Φ/Β σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να μειώσει τόσο την παραγωγή από τις υπάρχουσες συμβατικές μονάδες με αποτέλεσμα να τις οδηγήσει σε μη αποδοτικό σημείο λειτουργίας.

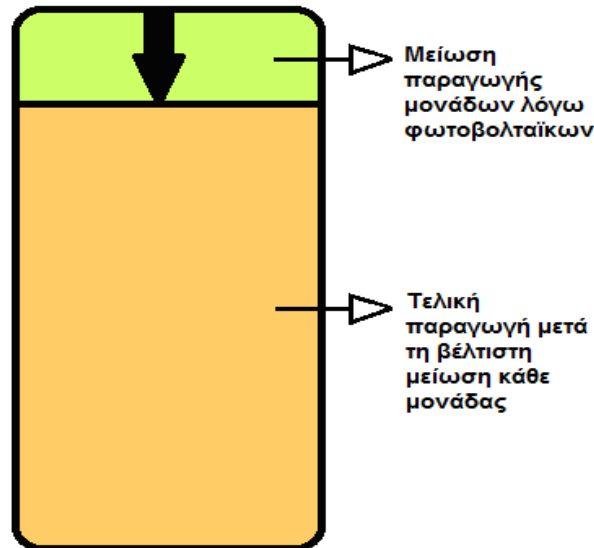
4.2 Περιγραφή αλγορίθμου

Σημειώνεται ότι για την εφαρμογή του αλγορίθμου, απαιτείται η γνώση τουλάχιστον, της χρονοσειράς ζήτησης φορτίου του υπό εξέταση συστήματος, της εκτιμώμενης παραγωγής Φ/Β και της παραγωγής από άλλες μονάδες Α.Π.Ε. (στην προκειμένη περίπτωση, της παραγωγής από Α/Π). Για τις τοπικές συμβατικές μονάδες παραγωγής απαιτείται επίσης, η χρονοσειρά της παραγωγής τους, διότι οι μονάδες που έχουν ενταχθεί ενδέχεται για κάποιους λόγους, (π.χ. παραγωγή αέργου ισχύος, αξιοπιστία κ.τ.λ.) να λειτουργούν σε ελαφρά διαφορετικό σημείο λειτουργίας από το βέλτιστο. σβέσης τους.

Έτσι λοιπόν, ο αλγόριθμος βάση της επίλυσης του προβλήματος της **οικονομικής κατανομής** (*economic dispatch*) μονάδων, μπορεί να υπολογίσει την βέλτιστη αναπλήρωση της παραγωγής των συμβατικών μονάδων για δεδομένη ένταξη μονάδων (*unit commitment*), με την παραγωγή από Φ/Β, σύμφωνα πάντα με τους περιορισμούς οι οποίοι ακολουθούν παρακάτω. Επιδιωκόμενος στόχος πάντα, είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους για το Σ.Η.Ε. του νησιού.

4.2.1 Μείωση της παραγωγής θερμικών μονάδων

Βάση της υπόθεσης που πραγματοποιήθηκε μέσω της εκτελούμενης προσομοίωσης της λειτουργίας του υπό εξέταση Σ.Η.Ε., όλο το μέρος της εκτιμώμενης παραγωγής Φ/Β θα προσφερθεί στο ευρύτερο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού. Επομένως, κατά τις ώρες παραγωγής των Φ/Β (ώρες ηλιοφάνειας), θα προκληθεί μία σταδιακή πτώση στη ζητούμενη ενέργεια από τους τοπικούς Σταθμούς Παραγωγής. Επιδιωκόμενος στόχος είναι, η βέλτιστη μείωση της παραγωγής κάθε θερμικής μονάδας του συστήματος προκειμένου να επιτυγχάνεται μέγιστο δυνατό όφελος για το σύστημα παραγωγής στις δεδομένες χρονικές συνθήκες. Η ιδιαιτερότητα της περίπτωσης αυτής είναι ότι, οι θερμικές μονάδες έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν μόνο την παραγωγή τους και όχι να την αυξήσουν. Στην Εικόνα 4-1 φαίνεται η γραφική αναπαράσταση του προβλήματος της οικονομικής κατανομής μονάδων.



Εικόνα 4-1: Γραφική αναπαράσταση προβλήματος οικονομικής κατανομής μονάδων

Στον εφαρμοζόμενο αλγόριθμο επιλύεται το πρόβλημα ελαχιστοποίησης της εξίσωσης $F(x,t)$ και εκφράζεται μαθηματικά στη σχέση (4-1):

$$F(x,t) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{gen_max_num} f(dpg(i,t) - x(i,t)) \quad (4-1)$$

Όπου:

- gen_max_num : ο αριθμός των συμβατικών μονάδων παραγωγής
- T : χρονική περίοδος για τη βελτιστοποίηση
- dpg : παραγωγή των μονάδων πριν τη βελτιστοποίηση (Στοιχεία Δ.Ε.Η.)
- x : διάνυσμα της μεταβολής της παραγωγής των μονάδων που προκύπτει μετά τη βελτιστοποίηση

Η συνάρτηση κόστους κατανάλωσης δίνεται από τη σχέση (4-2) και είναι της παρακάτω μορφής:

$$f(dpg(i,t) - x(i,t)) = (cubcoeff_i \cdot (dpg(i,t) - x(i,t))^3 + sqcoeff_i \cdot (dpg(i,t) - x(i,t))^2 + lincoeff_i \cdot (dpg(i,t) - x(i,t)) + constcoeff_i + start_up_i) \cdot fuel_cost \quad (4-2)$$

Για την σχέση (1-2) ισχύει, όπου:

- $cubcoeff_i$: Κυβικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg/MWh³)
- $sqcoeff_i$: Τετραγωνικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg/MWh²)
- $lincoeff_i$: Γραμμικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg/MWh)
- $constcoeff_i$: Σταθερός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg)
- $fuel_cost_i$: Κόστος κιλού ή λίτρου καυσίμου (αλλαγή ανά μήνα) για κάθε μία μονάδα (σε €/kg-lt)

Επομένως, το πρόβλημα βελτιστοποίησης βρίσκει το διάνυσμα x το οποίο ελαχιστοποιεί το κόστος για τη συνάρτηση (4-2).

Η λύση του προβλήματος πρέπει να είναι σύμφωνη με τους τεχνικούς περιορισμούς των μονάδων. Πιο συγκεκριμένα:

- Η μείωση στην παραγωγή των μονάδων θα πρέπει να τις οδηγεί σε λειτουργία εντός των ορίων τεχνικού ελαχίστου (4-3).
- Η μεταβολή της φόρτισης των μονάδων μεταξύ δύο διαδοχικών διαστημάτων θα πρέπει να ικανοποιεί τους περιορισμούς μεταβολής αύξησης (4-4) ή μείωσης (4-5) της φόρτισης σε κάθε μία εξεταζόμενη μονάδα.
- Οι μονάδες που λειτουργούν μπορούν μόνο να μειώσουν την παραγωγή τους και όχι να την αυξήσουν (4-6). Το βέλτιστο διάνυσμα μεταβολής της παραγωγής των μονάδων «x» θα αφαιρεθεί στο τέλος από τη συνολική παραγωγή.
- Η επιπρόσθετη παραγωγή θα πρέπει να είναι σε θέση να μην παραβιάζει τους περιορισμούς στρεφόμενης εφεδρείας (4-7).
- Οι μονάδες θα πρέπει να ικανοποιούν το σύνολο της ζήτησης του συστήματος (4-8). Η μεταβλητή **IN** αναφέρεται στις τελικά ενταγμένες μονάδες του συστήματος.

$$P_{g_i}^{\min} \leq dp_g(i,t) - x(i,t) \quad (4-3)$$

$$dp_g(i,t) - x(i,t) - dp_g(i,t-1) + x(i,t-1) \leq up_rate_i \quad (4-4)$$

$$dp_g(i,t-1) - x(i,t-1) - dp_g(i,t) + x(i,t) \leq down_rate_i \quad (4-5)$$

$$0 \leq x(i,t) \quad (4-6)$$

$$\sum_{i \in IN} P_{g_i}^{\max} - \sum_{i \in IN} (dp_g(i,t) - x(i,t)) \geq Spin_res(t) \quad (4-7)$$

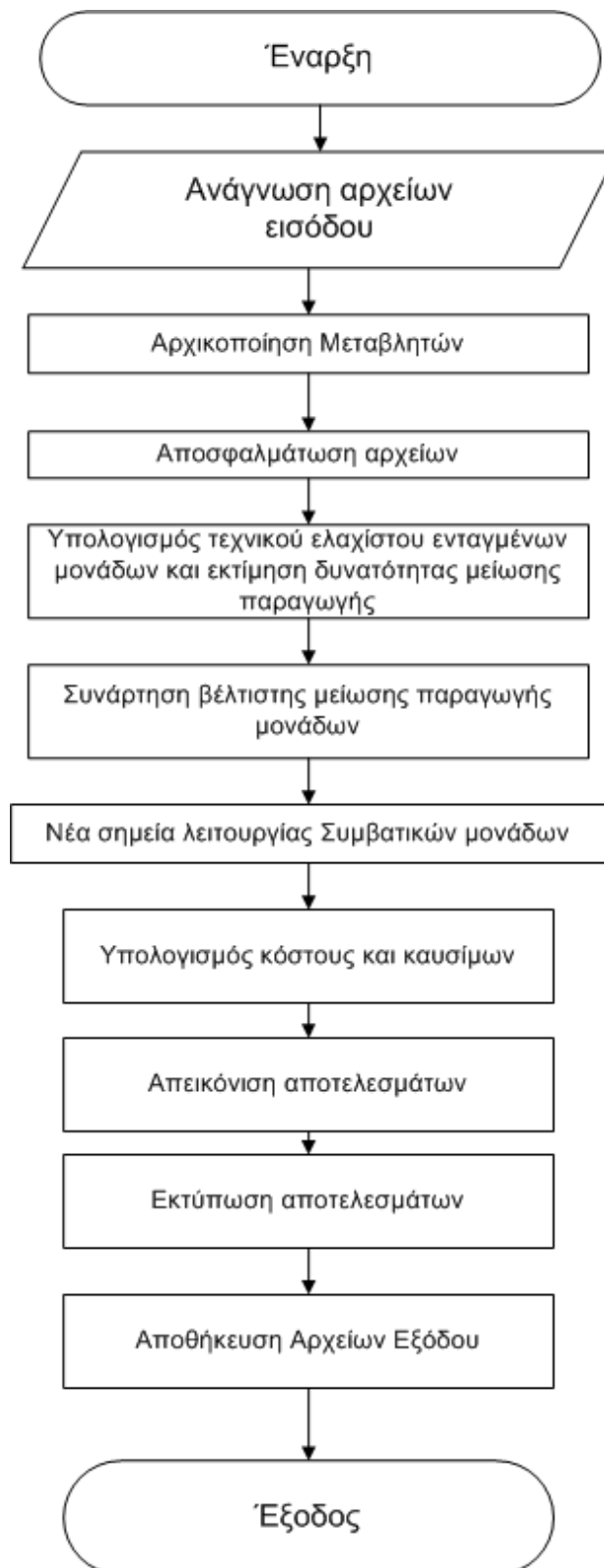
$$\sum_{i \in IN} (dp_g(i,t) - x(i,t)) = Demand(t) - WP(t) - PV(t) \quad (4-8)$$

Ο αλγόριθμος στην ουσία, δίνει την επιλογή στις ακριβές μονάδες του συστήματος να μειώσουν περισσότερο την παραγωγή τους λόγω της «εισόδου» των Φ/Β αν είναι αυτό δυνατόν και πάντα σύμφωνα με τους περιορισμούς.

4.2.2 Διάγραμμα ροής αλγορίθμου

Το παρακάτω διάγραμμα ροής του εφαρμοζόμενου αλγορίθμου φαίνεται στην Εικόνα 4-2 και παρουσιάζει γενικά την λογική της επίλυσης του προβλήματος. Ενδιαφέρει η τιμή του αθροίσματος των τεχνικών ελαχίστων των μονάδων παραγωγής έτσι ώστε από τη μείωση της ζήτησης να μην υπάρχει κίνδυνος παραβίασης του τεχνικού ελαχίστου.

Αφού προκύψει το διάνυσμα βελτιστοποίησης που περιγράφει τη βέλτιστη μείωση της παραγωγής των επί μέρους μονάδων, υπολογίζονται τα νέα σημεία λειτουργίας των μονάδων παραγωγής καθώς και η κατανάλωση καυσίμου και το κόστος λειτουργίας πριν και μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου. Τα αποτελέσματα μπορούν να απεικονίζονται στην οθόνη του τελικού χρήστη ενώ αποθηκεύονται και σε αρχεία τύπου .txt για δυνατότητα περαιτέρω αναλύσεων.



Εικόνα 4-2: Διάγραμμα ροής εφαρμοζόμενου αλγόριθμου

4.3 Περιγραφή κώδικα

Για την επίλυση του προβλήματος που περιγράφηκε παραπάνω αναπτύχθηκε λογισμικό σε περιβάλλον MATLAB με τη μορφή δομημένων συναρτήσεων, ούτως ώστε αυτό να μπορεί να εξελιχθεί ανά τμήμα ανάλογα με τις ανάγκες. Ως βήμα των προσομοιώσεων θεωρήθηκε διάστημα μίας ώρας. Το πρόγραμμα εκτελέστηκε για 24 διαφορετικές χρονικές περιόδους, βάση των πραγματικών δεδομένων ενεργειακής ζήτησης του συστήματος για το έτος 2008.

Πιο συγκεκριμένα μέσω του προγράμματος, προσομοιώθηκαν δώδεκα ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου και δώδεκα ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου, με δεδομένα που αντιστοιχούν σε κάθε μήνα ξεχωριστά, έτσι ώστε να υπάρχει ευκολία στη διαχείριση των αποτελεσμάτων και στη παρατήρηση της συμπεριφοράς του συστήματος ανά μήνα. Περισσότερες λεπτομέρειες, αναφορικά με την ανάλυση των σχετικών αποτελεσμάτων μπορούν να αναζητηθούν στο 6^ο Κεφάλαιο.

4.3.1 Βασικές υπορουτίνες

Όπως αναφέρθηκε αλγόριθμος έχει αναπτυχθεί σε περιβάλλον λογισμικού MATLAB και αποτελείται από τις παρακάτω ενότητες – υπορουτίνες:

- **Ecdis**: Κυρίως υπορουτίνα, υπεύθυνη τόσο για την ανάγνωση των δεδομένων εισόδου όσο και για τη δημιουργία αρχείων εξόδου και την κλήση των υπολοίπων συναρτήσεων.
- **Opt**: Αποτελεί την υπορουτίνα που χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση *optimization* του MATLAB και κατάλληλες παραμέτρους βελτιστοποιεί το κόστος για την ικανοποίηση της ισχύος που παρέχουν τα Α/Π.
- **cost_f**: Αποτελεί την συνάρτηση η οποία απαιτείται η βελτιστοποίηση από το χρήστη του προγράμματος. Στην προκειμένη περίπτωση τη συνάρτηση αυτή αποτελεί η εξίσωση 4-2.
- **confi**: Αποτελεί την υπορουτίνα που δίνει τους περιορισμούς τους προβλήματος.

4.3.2 Γενικές καθολικές μεταβλητές

Οι γενικές καθολικές μεταβλητές του εφαρμοζόμενου αλγόριθμου είναι οι ακόλουθες:

- **ld** : Αποθηκεύει τις τιμές του φορτίου από κάθε ζυγό και κάθε ώρα όπως διαβάζονται από το αρχείο ld.txt
- **load** : Αποθηκεύει για κάθε ώρα το συνολικό φορτίο του συστήματος.
- **p** : Αποθηκεύει τα στατικά χαρακτηριστικά για κάθε μονάδα όπως δίνονται από το αρχείο indat.txt
- **ramrat** : Αποθηκεύει την ρυθμό ανάληψης ή μείωσης φορτίου βάσει του αρχείου ramrates.txt
- **nodenum** : Ο αριθμός των ζυγών του συστήματος
- **time_interval** : Ο αριθμός των διαστημάτων στα οποία τρέχει ο αλγόριθμος
- **generation** : Η παραγωγή των μονάδων μετά τη λήξη του αλγορίθμου
- **l** : Δείκτης για τη μετακίνηση στις στήλες των πινάκων
- **gen_max_num** : Ο μέγιστος αριθμός των γεννητριών
- **total_reserves** : Ολική εφεδρεία συστήματος απαραίτητη για την αντιμετώπιση τυχόν εκτάκτων καταστάσεων, όπως απότομη αύξηση φορτίου ή μείωση ικανότητας παραγωγής κάποιας από τις ενταγμένες μονάδες για διάφορους λόγους
- **avail** : Πίνακας που αποθηκεύει τη διαθεσιμότητα κάθε μονάδας και για κάθε ώρα όπως δίνεται από το αρχείο availability.txt
- **dPg** : Πίνακας που δίνει την παραγωγή κάθε μονάδας και κάθε ώρας όπως δίνεται από το αρχείο dispatch_with_WP.txt
- **act** : Το άθροισμα των παραγωγών των μονάδων
- **time_int_set** : Πίνακας με τις ώρες που εφαρμόζεται ο αλγόριθμος

- *st* : Δείκτης για να μετακινούμαστε μέσα στο *time_set*
- *sum_dpg* : Το σύνολο της τρέχουσας παραγωγής των συμβατικών μονάδων
- *load_reg* : Το πλεόνασμα παραγόμενης ισχύος από τις συμβατικές μονάδες
- *stat* : Πίνακας που έχει 19 γραμμές και στήλες όσες και οι ώρες που εφαρμόζεται ο αλγόριθμος και δίνει την κατάσταση των μονάδων, αν είναι εντός ή όχι.
- *time_elapsed* : Χρόνος που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση του αλγορίθμου.
- *sum_in* : Η μέγιστη ικανότητα των ενταγμένων μονάδων στο σύστημα
- *diff* : Πίνακας που συγκρίνει τις τιμές του πίνακα *stat* μεταξύ της τρέχουσας και της επόμενης ώρας.
- *elleima* : Η απόκλιση του φορτίου από τη μέγιστη ικανότητα των μονάδων που είναι ενταγμένες.
- *extras* : Πίνακας ο οποίος φανερώνει ποιες μονάδες προτείνεται να εκκινήσουν μετά από τη διαδικασία υπόβελτιστοποίησης.
- *varos* : Συντελεστής βαρύτητας για τις μονάδες που είχαν ενταχθεί στο σύστημα, είτε για τις μονάδες που πρόκειται να ενταχθούν για το χρονικό διάστημα που εξετάζεται.
- *fuel_mazout* : Τα κιλά (kg) καυσίμου μαζούτ που κατανάλωσε το σύστημα για το χρονικό διάστημα που εξετάστηκε
- *fuel_diesel* : Αντίστοιχα για τα λίτρα (lt) καυσίμου ντίζελ που κατανάλωσε το σύστημα.
- *report* : Πληροφορείται ο χρήστης για κάθε ώρα εάν ο αλγόριθμος συνέκλινε ή όχι

4.3.3 Τοπικές μεταβλητές ρουτίνας *Ecdis*

Αυτές οι μεταβλητές απαντώνται μόνο στη ρουτίνα *ecdis*, ονομάζονται local μεταβλητές και είναι οι ακόλουθες:

- *Set* : Καθορίζεται ποιο θα είναι το τελευταίο σετ ωρών για το οποίο θα γίνει βελτιστοποίηση με τη βοήθεια της μεταβλητής *st*.
- *time_interval* : Το μήκος του χρονικού διαστήματος για το οποίο χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος.
- *load_shed* : Η τιμή της αποκοπής φορτίου.
- *fortisi* : Δίνει το ποσοστό του φορτίου επί της συνολικής ικανότητας παραγωγής.
- *act_gen* : Η μέγιστη ικανότητα των μονάδων που είναι διαθέσιμες αν αφαιρεθεί η εφεδρεία που λαμβάνεται για κάθε μία.
- *stat2* : Βοηθητική μεταβλητή που φανερώνει ποιες μονάδες για την τρέχουσα ώρα είχε εντάξει η Δ.Ε.Η. αν η τιμή του αντίστοιχου στοιχείου είναι 1.
- *posostosi* : Το ποσοστό της αποκοπής φορτίου κάθε Υ/Σ.
- *dP* : Η μεταβολή της φόρτισης των μονάδων λόγω της βελτιστοποίησης.

4.4 Ανάλυση λειτουργιών αλγορίθμου

4.4.1 Κύρια υπορουτίνα *Ecdis*

Η συγκεκριμένη υπορουτίνα είναι υπεύθυνη τόσο για την ανάγνωση των δεδομένων εισόδου του προγράμματος όσο και για τη δημιουργία των αντίστοιχων αρχείων εξόδου.

Στην κύρια υπόρουτίνα του αλγορίθμου εκτελούνται οι εξής διαδικασίες:

1. Ανάγνωση και αποσφαλμάτωση των αρχείων εισόδου.
2. Υπολογισμός της ικανότητας των μονάδων και της εφεδρείας του συστήματος .
3. Εξέταση για την εκκίνηση ή μη επιπλέον μονάδας.
4. Καταγραφή των αποτελεσμάτων που επιστρέφονται από τις συναρτήσεις που κλήθηκαν.
5. Υπολογισμός των τελικών αποτελεσμάτων τα οποία εκτυπώνει και αποθηκεύει σε αρχεία.

4.4.1.1 Ανάγνωση αρχείων εισόδου

Για την ανάγνωση των αρχείων εισόδου χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα αρχεία:

- I. Το αρχείο indat.txt, μέσω του οποίου περιλαμβάνονται τα στατικά στοιχεία των 27 συνολικά θερμικών μονάδων του συστήματος.

Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

- Pg_i^{\min} : Τεχνικό ελάχιστο μονάδας (σε MW). Μία μονάδα δεν μπορεί να λειτουργήσει κάτω από αυτό το όριο. Κατά συνέπεια δεν εκκινεί μονάδα αν βρισκόμαστε κάτω από το τεχνικό ελάχιστο.
- Pg_i^{\max} : Τεχνικό μέγιστο μονάδας (σε MW). Δεν μπορεί να υπερβεί η παραγωγή μιας μονάδας αυτήν την τιμή.
- $cubcoeff_i$: Κυβικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg/MWh³)
- $sqcoeff_i$: Τετραγωνικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg/MWh²)
- $lincoeff_i$: Γραμμικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg/MWh)
- $constcoeff_i$: Σταθερός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (σε kg)
- $fuel_cost_i$: Κόστος κιλού ή λίτρου καυσίμου (αλλαγή ανά μήνα) για κάθε μία μονάδα (σε €/kg-lt)
- $startup_cost_i$: Κόστος εκκίνησης μονάδας (σε €)
- $reserves_i$: Ποσοστό στρεφόμενης εφεδρείας για κάθε μονάδα (το τελευταίο προκύπτει από τη διαφορά της μέγιστης φόρτισης που παρατηρήθηκε στη μονάδα από το τεχνικό μέγιστο της μονάδας προς το τεχνικό μέγιστο από τα αρχεία καταγραφής της Δ.Ε.Η.) $reserves/P_{max}$ (MW/MW)

Η μορφή ενός τυπικού αρχείου indat.txt φαίνεται στην Εικόνα 4-3. Περισσότερες λεπτομέρειες που αφορούν τα περιεχόμενα του συγκεκριμένου αρχείου παρουσιάζονται σε σχετικό πίνακα στο 5^ο Κεφάλαιο.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια						
7	15	0.476	-11.824	378.937	0.001	0.4149	1489	0.01	200	2
4	6.3	17.377	-167.2	727.6	0.001	0.4149	464.24	0	200	1
7	15	0.476	-11.824	378.937	0.001	0.4149	1489	0.01	35	3
13	25	0.18	-8.053	355.088	0	0.4149	2600	0.01	60	4
14	25	0.092	-4.166	300.58	0	0.4149	1547	0.01	13.5	5
14	25	0.092	-4.166	300.58	0	0.4149	1547	0.07	27	6
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0	0.4149	192	0.03	38	7
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0	0.4149	192	0.03	20	8
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0	0.4149	139.27	0.03	0	9
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0.01	0.4149	139.27	0.03	0	10
3	15	2.48	-5.87	881.5	1.2	0.6982	179.11	0.03	0	11
3	15	2.48	-5.87	881.5	1.2	0.6982	179.1	0.03	0	12
5	41	0.0001	0.001	319	0	0.6982	15	0.01	0	13
3	13	0.0001	0.001	403	0	0.6982	11	0.01	0	14
5	27.5	0.0001	0.001	308	0	0.6982	14	0.01	0	15
11	62.5	0.001	0.01	145.54	5120	0.6962	192.01	0.01	0	16
11	62.5	0.001	0.01	145.64	5120	0.6962	230.41	0.01	0	17
3	14	0	0.01	267	2170	0.6962	38.4	0.1	0	18
3	18.8	0	0.01	219	2865	0.6962	460.83	0.005	0	19
5	28.1	0	0.01	275	3757	0.6962	307.22	0	0	20
2.51	58	0.001	0.01	227	5000	0.6962	0.1	0.011	0	21
2.41	58	0.001	0.01	227	5000	0.6962	0.1	0.021	0	22
5	28	0.0001	0.001	387	0	0.6962	15	0.01	0	23
22	50	0.017	-1.3	222.6	0.27	0.3919	270	0.01	0	24
22	50	0.017	-1.3	222.6	0.27	0.3919	270	0.01	0	25
22	43.4	-0.003	-0.958	282.91	0.8	0.3919	350	0.005	0	26
22	43.4	-0.003	-0.958	282.91	0.8	0.3919	350	0.005	0	27

Εικόνα 4-3: Ένα τυπικό αρχείο indat.txt.

- II. Στη συνέχεια φορτώνεται το αρχείο ld.txt με τα φορτία του συστήματος, ανά ζυγό για το υπό εξέταση χρονικό διάστημα όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι ανά 24ώρες. Οι τιμές του αρχείου αποθηκεύονται στον πίνακα με τη μεταβλητή *ild*.

- III. Ακολουθεί το αρχείο ramprates.txt του οποίου η πρώτη στήλη δίνει το ρυθμό μείωσης της φόρτισης της γεννήτριας σε μία ώρα *down_ratei* και η δεύτερη το ρυθμό ανάληψης φορτίου σε μία ώρα *upratei*. Η τιμή του αρχείου αποθηκεύεται στη μεταβλητή *ramrat*. Ο ρυθμός ανάληψης φορτίου για τις μονάδες του συστήματος φαίνεται στο Πίνακα 4-1.

A/A	Όνομα Μονάδος	<i>down_ratei</i> (MW/h)	<i>upratei</i> (MW/h)
1	ATM 1 ΛΙΝ	36	6
2	ATM 2 ΛΙΝ	10	10
3	ATM 3 ΛΙΝ	10	10
4	ATM 4 ΛΙΝ	60	10
5	ATM 5 ΛΙΝ	75	10
6	ATM 6 ΛΙΝ	75	10
7	DIESEL1 ΛΙΝ	92	11,3
8	DIESEL2 ΛΙΝ	92	11,3
9	DIESEL3 ΛΙΝ	92	11,3
10	DIESEL4 ΛΙΝ	92	11,3
11	AEP 1 ΛΙΝ	108	17,5
12	AEP 2 ΛΙΝ	108	17,5
13	AEP 3 ΛΙΝ	108	17
14	AEP 4 ΛΙΝ	108	36
15	AEP 5 ΛΙΝ	108	16
16	AEP 6 Σ.Κ	108	65
17	AEP 7 Σ.Κ	108	65
18	AEP 11 ΧΑΝ	60	50
19	AEP 12 ΧΑΝ	60	50

Πίνακας 4-1: Ρυθμός ανάληψης φορτίου από τις μονάδες

- IV. Το αρχείο availability.txt δίνει τη διαθεσιμότητα κάθε μίας μονάδας για κάθε χρονικό υπό-διάστημα του υπό εξέταση χρονικού διαστήματος. Οι τιμές σε αυτό το αρχείο είναι 0 ή 1 με την τιμή 1 να συμβολίζει την πλήρως διαθέσιμη μονάδα και την τιμή 0 να συμβολίζει τη μη διαθέσιμη μονάδα. Η μεταβλητή *avail* αποθηκεύει τις τιμές που περιέχει το αρχείο αυτό.
- V. Το αρχείο dispatch with WP.txt περιέχει την παραγωγή κάθε συμβατικής μονάδας για κάθε μία ώρα. Πηγή των στοιχείων αυτών, ήταν τα αρχεία καταγραφής των μονάδων της Κρήτης. Οι τιμές του αρχείου αποθηκεύονται στη μεταβλητή πίνακα *dPg*, που έχει γραμμές όσες και οι μονάδες και στήλες τις ώρες του 24 ωρου.
- VI. Το αρχείο PVs.txt περιέχει την παραγωγή των Φ/Β για κάθε βήμα της προσομοίωσης. Η παραγωγή αυτή προέρχεται από το σύνολο των αδειοδοτημένων Φ/Β σταθμών.
- VII. Το αρχείο WP_production.txt περιέχει την συνολική αιολική παραγωγή του Σ.Η.Ε. Κρήτης για κάθε βήμα της προσομοίωσης.
- VIII. Για το προγραμματισμό διακοπών καταναλωτών λόγω έλλειψης ικανότητας υπάρχει πλάνο ποσοστιαίας αποκοπής φορτίου ανάλογα με τον Υποσταθμό με βάση την ενέργεια που αυτός καταναλώνει. Έτσι το αρχείο pososta.txt περιλαμβάνει το ποσοστό απόρριψης φορτίου ανά υποσταθμό κατά τα πρότυπα της Δ.Ε.Η σε περίπτωση μη ικανότητας παραγωγής. Τα περιεχόμενα του αρχείου αφού διαιρεθούν με το 100 αποθηκεύονται στη μεταβλητή *posostosi*.

4.4.2 Αρχικοποίηση μεταβλητών

Στη συνέχεια αρχικοποιούνται οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν στους περαιτέρω υπολογισμούς και χωρίζονται τα διαστήματα της ημέρας στα οποία εφαρμόζεται ο αλγόριθμος κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει σαφή διευκρίνιση των απαιτούμενων δεδομένων. Έτσι η μεταβλητή - πίνακας *time_int_set* περιέχει τα διαστήματα ενός 24 ώρου. Το τελευταίο του στοιχείο είναι το νούμερο 25 και όχι το νούμερο 24 όπως θα περίμενε κανείς διότι παρακάτω διαπιστώνεται ότι παίρνει το κάθε χρονικό διάστημα τη διαφορά των διαδοχικών στοιχείων του πίνακα. Για να ληφθεί λοιπόν και η 24^η σειρά ώρα των δεδομένων πρέπει το τελευταίο στοιχείο του πίνακα να είναι το 25. Τα παραπάνω εκτελούνται βάση της ακόλουθης συναρτήσεως:

$$time_int_set=[1\ 5\ 9\ 13\ 17\ 21\ 25];$$

Η μεταβλητή *gen_max_num* δίνει το μέγιστο αριθμό των συμβατικών μονάδων που υπάρχουν στο σύστημα, στην προκειμένη περίπτωση είναι 27.

Η μεταβλητή *nodenum* δίνει τον αριθμό των ζυγών του συστήματος. Για την επίλυση του προβλήματος θεωρείται ότι όλο το φορτίο είναι συγκεντρωμένο σε έναν ζυγό, οπότε η τιμή της μεταβλητής *nodenum* είναι ίση με 1. Επειδή τα διαθέσιμα αρχεία περιλαμβάνουν ακαθάριστα φορτία, ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην οικονομική κατανομή και όχι στη βέλτιστη ροή φορτίου, αμελούνται οι απώλειες.

Η μεταβλητή *set* δίνει το υπόδιάστημα της ημέρας στο οποίο εφαρμόζεται ο αλγόριθμος.

Το 24ώρο χωρίζεται σε σετ των 4 ωρών μεγαλύτερο, ή μικρότερο ανάλογα με τα διαστήματα που ορίζουν οι τιμές του πίνακα *time_int_set*. Ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής *set* η *default* της τιμή για το τρέξιμο των 24 ωρών είναι $6(4 \cdot 6=24)$, υπάρχει η δυνατότητα έτσι, να επιλεγεί το διάστημα που πρόκειται να βελτιστοποιηθεί. Το μέγεθος του διαστήματος επιλέχθηκε να είναι ίσο με 4 για διάφορους λόγους.

Κατ' αρχήν υπάρχει ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος βελτιστοποίησης κόστους παραγωγής με δυναμικό τρόπο. Έτσι το χρονικό διάστημα το οποίο απαιτείται για κάθε μία μονάδα να αυξήσει την ισχύ της από την ελάχιστη ισχύ της στη μέγιστη θα δίνεται από τη σχέση:

$$NU_i = round\left(\frac{Pg_i^{MAX} - Pg_i^{\min}}{uprate_i \cdot \Delta t}\right) \quad (4-9)$$

Αντίστοιχα το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μείωση της ικανότητας μίας μονάδας από το τεχνικό της μέγιστο στο τεχνικό της ελάχιστο θα δίνεται από τη σχέση :

$$ND_i = round\left(\frac{Pg_i^{MAX} - Pg_i^{\min}}{downrate_i \cdot \Delta t}\right) \quad (4-10)$$

Εύκολα μπορεί να διαπιστωθεί ότι επιλέγοντας μία τιμή , $m > NO = \max_i(NU_i, ND_i)$, όλες οι μονάδες μπορούν να ενταχθούν πλήρως στο σύστημα. Επιλέγοντας κατά συνέπεια $m > 1$, όπου 1 είναι το μέγιστο εκ των *NU, ND* μπορούν όλες οι μονάδες να ικανοποιήσουν να λειτουργήσουν σε όλο το εύρος της ικανότητας παραγωγής τους. Έτσι οι περιορισμοί μεταβολής του φορτίου δεν επεκτείνονται σε διαστήματα μεγαλύτερα του NO. Περισσότερες λεπτομέρειες για το θέμα αυτό μπορούν να αναζητηθούν [29].

Επιλέχθηκε $m=4$ διότι σε διάστημα 4 ωρών μπορούν να εντοπιστούν οι διάφορες φάσεις της μεταβολής του φορτίου, χαμηλή φόρτιση , μέση φόρτιση, υψηλή φόρτιση για πρωί και βράδυ, καθώς

και οι μελλοντικές εκκινήσεις ή οι παρελθούσες σβέσεις των μονάδων. Έτσι σε περίπτωση έλλειψης ικανότητας παραγωγής σε κάποια ώρα να έχουν πλεονέκτημα στην εκκίνησή τους. Μεγαλύτερο χρονικό διάστημα θα είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση του χρόνου εκτέλεσης του αλγορίθμου, εκτιμάται κυβική αύξηση του χρόνου εκτέλεσης με την αύξηση του διανύσματος.

Οι μεταβλητές *cost*, *fuel_mazout*, *fuel_diesel* αρχικοποιούνται στην τιμή 0 για να υπολογιστεί η τιμή τους στη συνέχεια του προγράμματος. Στην πρώτη μεταβλητή αποθηκεύεται κόστος λειτουργίας του συστήματος, στη δεύτερη τα κιλά μαζούτ που καταναλώθηκαν και στην τρίτη τα λίτρα ντίζελ που καταναλώθηκαν για το θεωρούμενο χρονικό διάστημα ,αφού οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν έδιναν την ποσότητα καυσίμου σε MWh.

Η μεταβλητή *time_interval = time_int_set(st+1)-time_int_set(st)* , *st=1..6*, δίνει το χρονικό μέγεθος που περιλαμβάνεται σε κάθε set. Η μεταβλητή *st* καθορίζει τον αριθμό του σετ, *st=1..6*. Ο δείκτης *l* μεταβάλλεται για κάθε μία ώρα και για κάθε set στην οποία πραγματοποιείται η βελτιστοποίηση, ενώ ο δείκτης *l+time_int_set(st)-1*, δίνει την τρέχουσα ώρα του 24ώρου έτσι ώστε να ισχύει ότι:

$$t = l + \text{time_int_set}(st) - 1$$

Επίσης αρχικοποιούνται στο μηδέν οι παρακάτω μεταβλητές:

- *load_shed* : η αποκοπή φορτίων συστήματος.
- *total_reserves* : Η ολική εφεδρεία του συστήματος.
- *load* : Το ολικό φορτίο του συστήματος.
- *act_gen* : Η συνολική ικανότητα των διαθέσιμων μονάδων.
- *fortisi* : το ποσοστό του ολικού φορτίου προς την ικανότητα των μονάδων δηλαδή $\text{fortisi} = \text{load} / \text{act_gen}$.

4.4.3 Αποσφαλμάτωση αρχείων

Λόγω προβλημάτων του συστήματος τηλεμετρήσεων S.C.A.D.A. υπάρχουν περιπτώσεις που δεν καταγράφηκε η παραγωγή των μονάδων ή τα φορτία του συστήματος. Η ενότητα αυτή στοχεύει στην αντιμετώπιση τέτοιων φαινομένων.

Η μεταβλητή *sum_dpg* περιλαμβάνει το άθροισμα της παραγωγής των μονάδων που είναι ενταγμένες στο σύστημα. Κάθε ώρα το άθροισμα αυτό είναι διαφορετικό οπότε για κάθε ώρα αρχικοποιείται αυτή τη μεταβλητή στο μηδέν. Εάν δεν υπάρχει καταγραφή παραγωγών μονάδων τότε η μεταβλητή αυτή έχει την τιμή 0. Η λογική της αποσφαλμάτωσης των αρχείων εισόδου για τις μονάδες είναι η εξής:

Για κάθε μονάδα *i* και για κάθε χρονική στιγμή *t*

Εάν $dPg(i,t) < 0$

$$dPg(i,t) = 0$$

εάν $\text{sum_dpg}(t) \leq 0$ και $t=1$, τότε

$$dPg(i,t) = dPg(i,t+1).$$

$$\text{sum_dpg}(t) = \sum_{i=1}^{\text{gen_max_num}} dpg(i,t)$$

εάν $\text{sum_dpg}(t) \leq 0$ και $t > 1$, τότε

$$dPg(i,t) = (dPg(i,t+1) + dPg(i,t-1)) / 2.$$

Σημειώνεται ότι οι αρνητικές καταγραφές παραγωγής μηδενίζονται διότι είναι σφάλματα του αρχείου καταγραφής. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει καταγραφή για κάποια ώρα, τότε εάν αυτή είναι η πρώτη ώρα της ημέρας λαμβάνονται οι καταγραφές της επόμενης ώρας ειδάλλως λαμβάνεται το

ημιάθροισμα της παραγωγής της προηγούμενης και της επόμενης ώρας. Στην περίπτωση μηδενισμού του φορτίου κάποιου ζυγού ακολουθείται η ίδια τεχνική με παραπάνω.

Έτσι για κάθε κόμβο i και για κάθε χρονικό διάστημα t θα έχουμε

$$\begin{aligned} \text{Εάν } tld(i,t)=0 \text{ και } t=1, \text{ τότε} \\ tld(i,t) = tld(i,t+1). \\ \text{αλλιώς} \\ \text{εάν } tld(i,t) \leq 0 \text{ και } t > 1 \\ tld(i,t) = (tld(i,t+1) + tld(i,t-1))/2. \end{aligned}$$

$$load(t) = \sum_{i=1}^{nodenum} tld(i,t) \quad (4-11)$$

Στη συνέχεια τροποποιείται ο πίνακας tld , και αποθηκεύεται στη μεταβλητή-πίνακα $load$. Αν ο αριθμός των κόμβων είναι διάφορος της μονάδας ($1 \neq 0$), τότε αθροίζεται για κάθε ώρα κάθε γραμμή του πίνακα tld ώστε να προκύψει το συνολικό φορτίο της ώρας.

4.4.4 Υπολογισμός ικανότητας μονάδων

Από το αρχείο dispatch_with_WP.txt που περιέχονται οι παραγωγές των συμβατικών μονάδων μπορεί να διαπιστωθεί αν κάποια μονάδα είναι ή όχι ενταγμένη στο σύστημα, ενώ η μεταβλητή act_gen , δίνει το άθροισμα των τεχνικών μεγίστων των μονάδων που είναι διαθέσιμες αν αφαιρεθεί η επί μέρους στρεφόμενη εφεδρεία. Ο πίνακας $stat$ καταγράφει ποιες μονάδες είναι εντός και ποιες εκτός με κριτήριο τη σύγκριση της παραγωγής τους με το τεχνικό τους ελάχιστο.

Για κάθε μονάδα i και για κάθε χρονική στιγμή t

$$\begin{aligned} act_gen(t) &= 0 \\ stat(i,t) &= 1 \end{aligned}$$

$$\text{Εάν } dp_g(i,t) < P_{g_i}^{\min}, \text{ τότε}$$

$$stat(i,t) = 0$$

$$sum_in(t) = \sum_{i=1}^{gen_max_num} stat(t)_i \cdot (1 - reserves_i) \cdot P_{g_i}^{\max} \quad (4-12)$$

$$act_gen(t) = \sum_{i=1}^{gen_max_num} avail(t)_i \cdot (1 - reserves_i) \cdot P_{g_i}^{\max} \quad (4-13)$$

Αν η παραγωγή μίας μονάδας είναι πάνω από το τεχνικό της ελάχιστο τότε η μονάδα θεωρείται εντός και δε συμμετέχει στη διαδικασία του $unit\ commitment$. Στην αντίθετη περίπτωση συμμετέχει στη διαδικασία αυτή.

Η $stat2$ είναι βοηθητική μεταβλητή που καταγράφει τη κατάσταση των μονάδων πριν κληθεί το $unit\ commitment$ και αποθηκεύει την κατανομή των μονάδων που είχε γίνει όπως παρουσιάζεται στο αρχείο dispatch_with_WP.txt. Ο πίνακας $stat$ όπως φαίνεται παρακάτω τροποποιείται όταν καλείται η

διαδικασία υποβελτιστοποίησης, έτσι η διαφορά *stat-stat2* θα υποδεικνύει ποια επιπλέον μονάδα εκκίνησε και αθροίζεται το κόστος εκκίνησής της στο συνολικό κόστος λειτουργίας για την τρέχουσα ώρα.

Η μεταβλητή *sum_in* μας δίνει το άθροισμα των τεχνικών μέγιστων των μονάδων που έχουν ενταχθεί στο υπό εξέταση χρονικό διάστημα, αφού αφαιρεθεί πρώτα η στρεφόμενη εφεδρεία τους. Η τελευταία λαμβάνεται ως εξής :

Βρίσκεται από τα αρχεία καταγραφής της Δ.Ε.Η. η φόρτιση που αντιστοιχεί στο 95% του χρόνου λειτουργίας της μονάδας. Η υπολειπόμενη τιμή από την ικανότητα της θεωρείται ως η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος. Έτσι μπορεί να αναγνωρίζεται αν το φορτίο εξαντλεί την ικανότητα των ενταγμένων μονάδων. Επίσης είναι δυνατή η αναγνώριση της μέγιστης ικανότητας παραγωγής του συστήματος για κάθε ώρα.

4.4.5 Υπολογισμός περιθωρίου εισαγωγής παραγωγής Φ/Β και αποκοπή από Α.Π.Ε.

Αν και αναμένεται να είναι σημαντική η συνεισφορά των Φ/Β στο δίκτυο της Κρήτης από άποψης ισχύος, θεωρήθηκε ότι το πρόγραμμα ένταξης μονάδων που υλοποίησαν οι χειριστές του Κ.Κ.Φ. Κρήτης δε μεταβλήθηκε στις εκτελούμενες προσομοιώσεις. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι οι χειριστές θα διατηρούσαν στρεφόμενη εφεδρεία και για το σύνολο της παραγωγής από Φ/Β. Έτσι όχι μόνο δε μειώθηκε η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος εξαιτίας της «εισόδου» των Φ/Β στο δίκτυο της Κρήτης αλλά αυξήθηκε κιόλας.

Υπάρχει λοιπόν το ενδεχόμενο, σε περιόδους χαμηλού φορτίου, υψηλής αιολικής παραγωγής και ευνοϊκών συνθηκών ηλιοφάνειας, οι ενταγμένες μονάδες να χρειάζεται να μειώσουν το επίπεδο παραγωγής τους κοντά στο τεχνικό ελάχιστο. Προκειμένου λοιπόν να αποφευχθούν καταστάσεις λειτουργίας που μπορεί να παραβιάζουν τους τεχνικούς περιορισμούς των μονάδων και συγκεκριμένα την (1-3), πρέπει να εξεταστεί αν υπάρχει περιθώριο εισαγωγής Φ/Β παραγωγής και μέχρι ποιο επίπεδο χωρίς παραβίαση του τεχνικού ελαχίστου των ενταγμένων μονάδων στο εξεταζόμενο Σ.Η.Ε..

Αν το σύστημα δεν μπορεί να απορροφήσει την παραγωγή Α.Π.Ε. χωρίς να παραβιαστούν τα τεχνικά ελάχιστα των ενταγμένων μονάδων πρέπει να περιοριστεί η παραγωγή Α.Π.Ε. Έτσι για να προσδιοριστεί η τυχόν αποκοπή παραγωγής Α.Π.Ε. ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Αρχικά υπολογίζεται η δυνατότητα μείωσης της θερμικής παραγωγής η οποία αποθηκεύεται στη μεταβλητή *sum_red*. Για να προκύψει αυτή η τιμή αφαιρείται από το άθροισμα της τρέχουσας παραγωγής των μονάδων, μεταβλητή *sum_dpg*, το άθροισμα της ελάχιστης παραγωγής των ενταγμένων μονάδων που περιέχεται στη μεταβλητή *sum_min* και το άθροισμα της παραγωγής των μονάδων που δεν μπορούν να μεταβάλλουν την παραγωγή τους, μεταβλητή *sum_infl*. Η τελευταία αυτή πρόνοια έχει ληφθεί για τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες στα δεδομένα υπάρχουν με μονάδες με τιμή από το S.C.A.D.A. μικρότερη από το τεχνικό τους ελάχιστο. Αυτό μπορεί να συμβαίνει για παράδειγμα αν η μονάδα δεν δούλευε καθ' όλη τη διάρκεια της ώρας που εξεταζόταν.

Επομένως για το άθροισμα της μεταβλητής *sum_red* ισχύει:

$$sum_red(l+time_int_set(st)-1)=sum_dpg(l)-sum_min(l)-sum_infl(l);$$

Σε περίπτωση που η δυνατότητα μείωσης της παραγωγής *sum_red* είναι μικρότερη της τιμής της μεταβλητής *winds*, τότε μέσω της μεταβλητής *pv_diff* υπολογίζεται η τιμή της ισχύος της αποκοπής Α.Π.Ε. Εάν η τιμή αυτή προκύψει θετική τότε λόγω τεχνικών δυσκολιών (μεγάλος αριθμός διεσπαρμένων και μη ελεγχόμενων Φ/Β) η αποκοπή θα αφορά αιολική παραγωγή.

Επομένως θα ισχύει:

$$if\ sum_red(l+time_int_set(st)-1)<winds(l)$$

$$pv_diff(l+time_int_set(st)-1)=-sum_red(l+time_int_set(st)-1)+ winds(l)$$

Για την παρούσα εφαρμογή η μεταβλητή *winds* περιλαμβάνει την τιμή παραγωγής Φ/Β για το τρέχον διάστημα. Θα μπορούσε όμως να περιλαμβάνει κάποιο σχήμα αβεβαιότητας (τεχνητά αυξημένη παραγωγή) είτε, λόγω αύξησης παραγωγής από Α.Π.Ε. είτε, λόγω της μείωσης του φορτίου ή και συνδυασμού τους [29].

4.4.6 Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση της *opt*, εμφανίζεται μία αναφορά ελέγχου της διαδικασίας βελτιστοποίησης δηλαδή εάν η μέθοδος συνέκλινε, εξάντλησε τις επαναλήψεις ή δεν βρήκε εφικτή λύση.

4.4.7 Υπολογισμός μεταβλητών εξόδου

Για κάθε γεννήτρια *i* και για κάθε χρονική στιγμή *t* στο εξεταζόμενο διάστημα :

$$\begin{aligned} final_gen(i,t) &= dpg(i,t) + x(i,t); \\ dP(i,t) &= x(i,t) \end{aligned}$$

Εάν υπάρχει εφικτή λύση δηλαδή *report(t)=1* τότε

$$Cost(t) = cost(t-1) + cost_function(final_gen(i,t))$$

Για τις μονάδες 1 έως 10 (μαζούτ)

$$Fuel_mazout(t) = Fuel_mazout(t-1) + cost_function(final_gen(i,t))/p(i,7);$$

Για τις υπόλοιπες μονάδες (*diesel*)

$$Fuel_diesel(t) = Fuel_diesel(t-1) + cost_function(final_gen(i,t))/p(i,7);$$

Στο διάνυσμα *x* αποθηκεύεται η πρόσθετη παραγωγή που προκύπτει από τη διαδικασία βελτιστοποίησης. Η τελική παραγωγή κάθε μονάδας θα είναι το άθροισμα της ήδη καταγεγραμμένης παραγωγής της με την πρόσθετη παραγωγή που προκύπτει από τη διαδικασία βελτιστοποίησης. Η τιμή αυτή αποθηκεύεται στη μεταβλητή *final_gen*.

Έτσι η παραγωγή σε κάθε μονάδα θα μεταβληθεί κατά το ποσό που ορίζει το αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης και η τιμή αυτή αποθηκεύεται στη μεταβλητή *dP*.

Το τελικό κόστος για όλο το διάστημα της εφαρμογής βελτιστοποίησης θα είναι το κόστος που είχε προκύψει την προηγούμενη ώρα συν το κόστος λειτουργίας της τρέχουσας ώρας. Το τελευταίο είναι συνάρτηση του ύψους παραγωγής, της λειτουργίας ή μη των μονάδων –μονάδες οι οποίες δεν έχουν ενταχθεί στην παραγωγή δεν έχουν λειτουργικό κόστος και της εκκίνησης ή όχι των μονάδων. Αν μία μονάδα εκκίνησε την τρέχουσα ώρα πρέπει να συμπεριληφθεί το κόστος εκκίνησής της στο συνολικό κόστος. Εάν λειτουργεί μία μονάδα ή όχι την τρέχουσα ώρα δίνεται από την τιμή του πίνακα *stat* για την τρέχουσα μονάδα και ώρα. Εάν εκκίνησε μία μονάδα ή όχι τότε αυτό προκύπτει από την διαφορά *stat(i,t)-stat(i,t-1)*, οπότε αν για κάποια μονάδα *i* αυτή η τιμή είναι διάφορη της μονάδας τότε σημαίνει ότι η μονάδα εκκίνησε οπότε πρέπει να συμπεριληφθεί το κόστος εκκίνησης στο συνολικό κόστος λειτουργίας του συστήματος.

Επειδή το κόστος λειτουργίας των μονάδων συναρτάται άμεσα από τη κατανάλωση καυσίμων που αυτές χρησιμοποιούν, τότε η ποσότητα καυσίμων μαζούτ (kg) ή ντήζελ (lt), προκύπτει αν διαιρεθεί το κόστος λειτουργίας με την αντίστοιχη τιμή καυσίμου όπως δίνεται από την 7^η στήλη του πίνακα εισόδου *p*.

Η καταγραφή γίνεται μόνο για τις ώρες κατά τις οποίες το πρόβλημα της βελτιστοποίησης έχει λύση. Αντίθετα σε περίπτωση μη σύγκλισης του αλγορίθμου είτε λόγω σφάλματος στα δεδομένα εισόδου,

είτε λόγω ειδικής περίπτωσης στην καταγραφή των δεδομένων π.χ στιγμιαία υπερφόρτιση μονάδας, από την τιμή του αρχείου αναφοράς **report(t)** υπάρχει η δυνατότητα να εντοπιστεί ακριβώς σε ποια ακριβώς ώρα παρουσιάστηκε το πρόβλημα.

Πλεονέκτημα λοιπόν του αλγορίθμου είναι το ότι παρά τη μη σύγκλιση σε κάποια ανακύκλωση η διαδικασία εκτέλεσης συνεχίζεται χωρίς να επηρεάζεται από τις προηγούμενες καταστάσεις.

Το κόστος το οποίο θα δίνεται από την τιμή του **final_gen** λαμβάνεται υπ' όψιν μόνο όταν η τιμή αυτή είναι αποτέλεσμα εφικτής λύσης, γιατί όταν η διαδικασία της βελτιστοποίησης δώσει μήνυμα ότι το πρόβλημα δεν επιλύεται, τότε η τιμή της μεταβλητής **final_gen** δεν μπορεί να είναι αποδεκτή και επομένως ούτε και το κόστος που προκύπτει. Έτσι για την ώρα ή ώρες στις οποίες δεν υπάρχει εφικτή λύση ο χρήστης μπορεί να «τρέξει» χωριστά τις ώρες αυτές και αφού εντοπίσει το τυχόν σφάλμα, να καταγράψει το κόστος και τα καύσιμα για εκείνες τις ώρες και να το αθροίσει στο κόστος το οποίο έχει ήδη υπολογίσει.

4.4.8 Εκτύπωση απεικόνιση αποτελεσμάτων

Σε γραφήματα εκτυπώνονται οι τιμές των μεταβλητών **final_gen** και **dP** για κάθε χρονική στιγμή και κάθε μονάδα. Τα γραφήματα έχουν τη μορφή στοιβάς και ράβδων.

Από τη μορφή στοιβάς για τη μεταβλητή **final_gen** μπορεί να εκτιμηθεί μέσω του χρήστη το ύψος του φορτίου που καλούνται να ικανοποιήσουν οι μονάδες, ενώ από τη μορφή ράβδων να εκτιμηθεί ακόμη το ύψος παραγωγής κάθε μονάδας χωριστά.

Αντίστοιχα από τη μορφή στοιβάς για τη μεταβλητή **dP** μπορεί να εκτιμηθεί το ύψος του επιπλέον φορτίου που καλούνται να ικανοποιήσουν οι μονάδες, κατά συνέπεια και την παραγωγή των Α/Π ενώ από τη μορφή ράβδων να εκτιμηθεί η πρόσθετη παραγωγή κάθε μονάδας χωριστά και να εκτιμηθεί ποιες μονάδες έχουν μικρότερο διαφορικό κόστος λειτουργίας οπότε και είναι οικονομικότερο να αναλάβουν κάποια αύξηση του φορτίου.

Στο τέλος της διαδικασίας καταγράφεται ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης του αλγορίθμου Έτσι μπορεί ο χρήστης, εάν κρίνει σκόπιμο, να τροποποιήσει την ακρίβεια της μεθόδου ή τον αριθμό των επαναλήψεων προκειμένου να ελαττώσει το χρόνο σύγκλισης.

4.4.9 Αποθήκευση αρχείων εξόδου

Παράγονται έξι αρχεία με τα αποτελέσματα εξόδου τα οποία είναι και τα ακόλουθα:

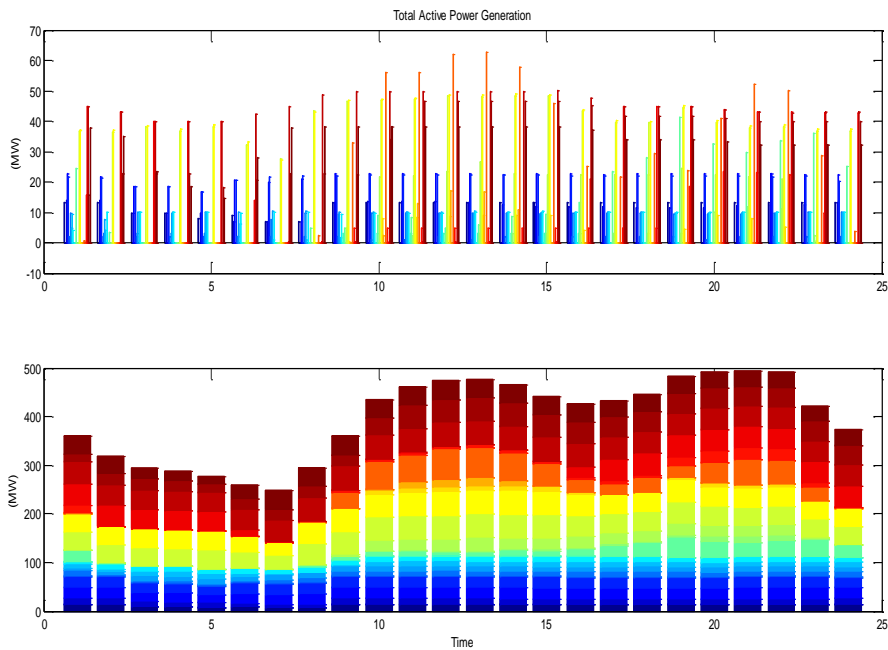
- **final_gen.txt** : Αρχείο με τα αποτελέσματα της τελικής παραγωγής, η οποία προκύπτει ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β.
- **dP.txt** : Αρχείο με τα αποτελέσματα της μεταβολής της παραγωγής ανά μονάδα (δηλαδή πόσο μείωσε τη παραγωγή της η κάθε μονάδα μετά την «είσοδο» των Φ/Β).
- **load_shed.txt** : Αρχείο απόρριψης φορτίου. Από τα αποτελέσματα αυτού του αρχείου μπορεί να δοθεί το χρονικό διάστημα στο οποίο υπάρχει η ανάγκη απόρριψης φορτίου και να δοθεί η δυνατότητα πιο ενδελεχούς μελέτης του συστήματος με τη βοήθεια προγράμματος ροής φορτίου ώστε να εξακριβωθεί αν απαιτείται μεγαλύτερη μείωση του φορτίου για να ικανοποιούνται περιορισμοί τάσης και άεργου ισχύος και να μελετηθεί η ευστάθειά του για τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας.
- **gen_res.txt** : Αρχείο με τα αποτελέσματα απαραίτητων στοιχείων για την παραγωγή Φ/Β. Από αυτό το αρχείο προκύπτουν συγκεκριμένα τα εξής αποτελέσματα:
 - Το ποσό της παραγόμενης ισχύος (MWh) που προέκυψε συνολικά από τις αντίστοιχες μονάδες Α.Π.Ε. (Φ/Β, Α/Π) του συστήματος και το οποίο για κάποιους λόγους ήταν αδύνατο να απορροφηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο.
 - Η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος (MWh) η οποία προήλθε από τα Φ/Β για ολόκληρη την ημέρα.
 - Η αξία της παραγόμενης ισχύος Φ/Β σε €/MWh.

- un_old.txt : Παραγωγή ανά σταθμό παραγωγής για κάθε μία ώρα της ημέρας πριν την «είσοδο» των Φ/Β.
- un_new.txt : Παραγωγή ανά σταθμό παραγωγής για κάθε μία ώρα της ημέρας μετά την «είσοδο» των Φ/Β. Σημειώνεται ότι, η σειρά εκτύπωσης των αποτελεσμάτων στα δύο τελευταία αρχεία είναι: Λινοπεράματα – Χανιά – Αθερινόλακκος.

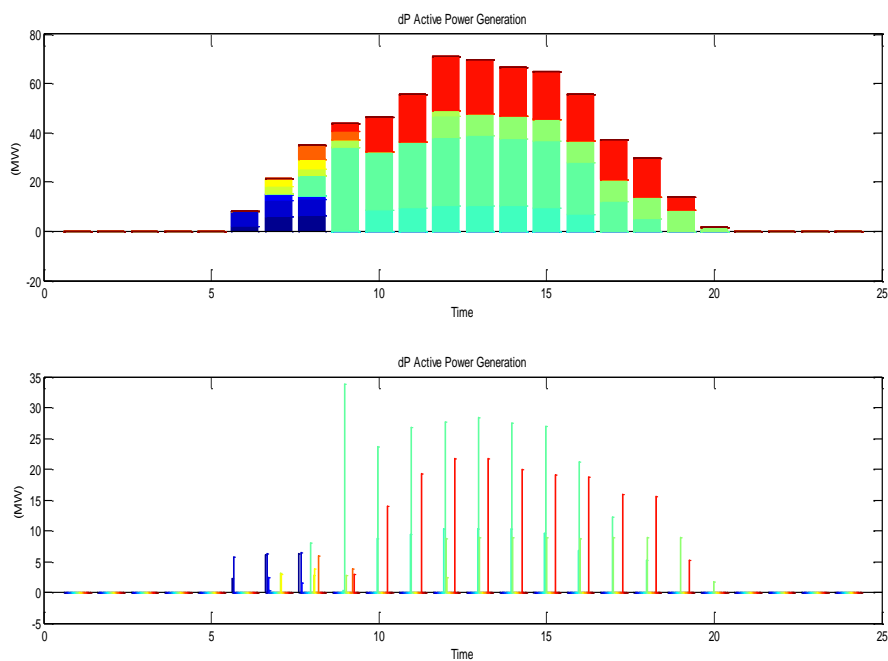
Ακόμα, εξάγονται το κόστος που εξοικονομήθηκε και τα αντίστοιχα κιλά των καυσίμων όπως και ότι άλλο χρειάστηκε για την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Εύκολα αυτά μπορούν να επεξεργαστούν από οποιοδήποτε πρόγραμμα για την εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με το MSexcel και παρουσιάζονται σε πίνακες και γραφήματα. Στον Πίνακα 4-2 παρουσιάζεται η αντιστοίχιση των αρχείων εξόδου του προγράμματος ανά αρχείο **.txt**, ενώ στις Εικόνες 4-4 και 4-5 παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση των αρχείων **final_gen** και **dP** αντίστοιχα.

Όνομα αρχείου .txt	Αποθήκευση αποτελεσμάτων εξόδου
final_gen.txt	Τιμές με 27 γραμμές x 24 στήλες, τελική παραγωγή ανά μονάδα σε MW
dP.txt	Τιμές με 27 γραμμές x 24 στήλες, αλλαγή παραγωγής ανά μονάδα σε MW
load_shed.txt	Απόρριψη φορτίου συστήματος σε 24 τιμές, MW
gen_res.txt	Αποκοπή παραγωγής Α.Π.Ε. σε MWh, ημερήσια παραγωγή Φ/Β σε MWh, αξία παραγωγής Φ/Β σε €/MWh
un_old.txt	Τιμές με 24 γραμμές x 3 στήλες, παραγωγή ανά εργοστάσιο πριν την είσοδο Φ/Β σε MW.
un_new.txt	Τιμές με 24 γραμμές x 3 στήλες, παραγωγή ανά εργοστάσιο μετά την είσοδο Φ/Β σε MW.

Πίνακας 4-2 : Αντιστοίχιση αποθηκευμένων αποτελεσμάτων ανά αρχείων .txt



Εικόνα 4-4: Γραφική απεικόνιση εκτυπωμένου αρχείου final_gen.txt



Εικόνα 4-5: Γραφική απεικόνιση εκτυπωμένου αρχείου dP.txt

5 Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης

5.1 Γενική περιγραφή του νησιού

Με συνολική έκταση 8.335 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ποσοστό που καλύπτει το 6.3% της συνολικής έκτασης της χώρας, η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί στην Ελλάδα και δεύτερο μεγαλύτερο (μετά τη Κύπρο) της Ανατολικής Μεσογείου. Επίσης έχει μήκος 260 χιλιόμετρα και ποικίλλει στο πλάτος με ένα μέγιστο 60 χιλιομέτρων (από το ακρωτήριο Δίον έως το ακρωτήριο Λίθινο), σε ένα ελάχιστο 12 χιλιόμετρα στον ισθμό Ιεράπετρας στην ανατολική Κρήτη.

Βρίσκεται περίπου 160 χιλιόμετρα νότια της Ελληνικής Ηπειρωτικής Χώρας εκτεινόμενη κατά διεύθυνση ανατολή - δύση και στο νοτιότερο φυσικό άκρο του Αιγαίου πελάγους. Βρέχεται στη βόρια πλευρά της από το Κρητικό πέλαγος και στη Νότια από το Λιβυκό πέλαγος ενώ η ακτογραμμή της περιβάλλεται από βαθύ γεωγραφικό διαμελισμό, παρουσιάζοντας πάνω από 1.000 χιλιόμετρα ακτών. Οι ακτές της Κρήτης περιβάλλονται από αρκετά μικρά νησιά, όπως η Γαύδος, η Ντία, το Κουφονήσι, το Γαϊδουρονήσι ή Χρυσή, οι Διονυσάδες, η Σπιναλόγκα και το Παξιμάδι, ορισμένα εκ' των οποίων είναι ακατοίκητα.

Η μορφολογία του νησιού χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών: την ζώνη με υψόμετρο 400 μέτρων και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200-400 μέτρων (μέση) και την χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200 μέτρα υψόμετρο. Οι δύο πρώτες ζώνες καταλαμβάνουν σχεδόν τα 3/5 της νήσου και αποτελούν μια συνεχή οροσειρά από τα δυτικά προς τα ανατολικά, διακοπτόμενη από μικρές κοιλάδες και φαράγγια. Η οροσειρά αυτή έχει έξι κορυφές που ξεπερνούν τα 2.000 μέτρα.

Ο πληθυσμός της Κρήτης, βάση της τελευταίας απογραφής που πραγματοποιήθηκε το 2011 ανέρχεται στις 621.340 κατοίκους. Οι περισσότεροι από αυτούς ζουν στις πέντε μεγαλύτερες πόλεις (Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Ιεράπετρα, Άγιος Νικόλαος). Τη διοικητική διάρθρωση του νησιού απαρτίζουν 4 νομαρχιακά διαμερίσματα. Στην Εικόνα 5-1 φαίνεται η γεωγραφική θέση των νομαρχιακών διαμερισμάτων του νησιού ενώ στο Πίνακα 5-1 παρουσιάζονται τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά κάθε Νομού ξεχωριστά [30]. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η πόλη του Ηρακλείου συγκαταλέγεται στη τέταρτη θέση των μεγαλύτερων Δήμων της Ελλάδος με πληθυσμό που αντιστοιχεί σε 173.450 κατοίκους.



Εικόνα 5-1: Γεωγραφική απεικόνιση των νομαρχιακών διαμερισμάτων της Κρήτης

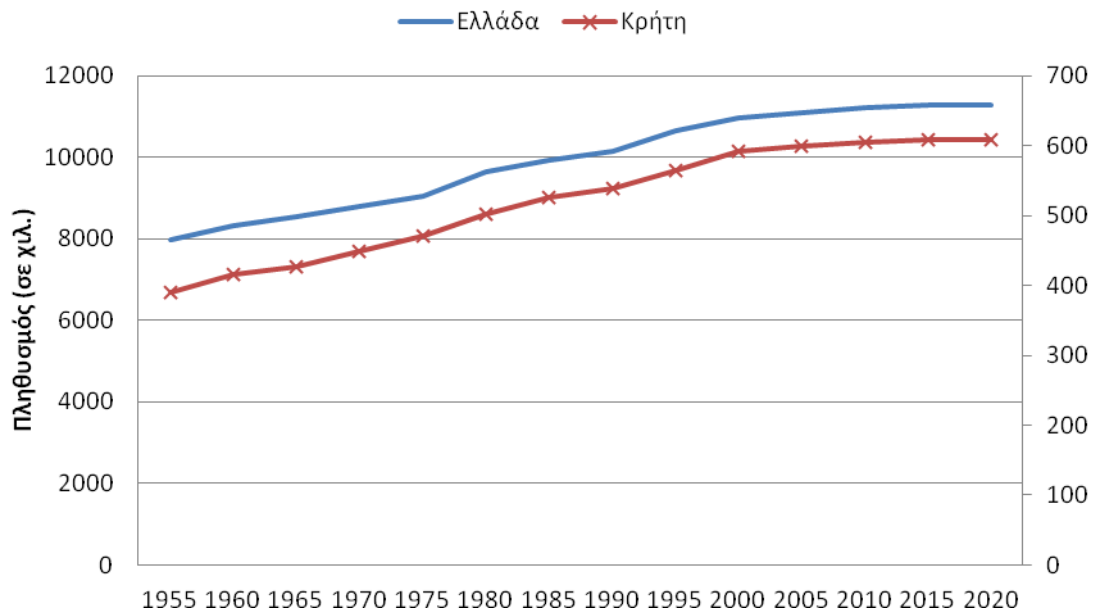
Νομαρχιακά διαμερίσματα Κρήτης	Πληθυσμός
Νομός Ηρακλείου	304.270
Νομός Χανίων	156.220
Νομός Ρεθύμνου	85.160
Νομός Λασιθίου	75.690

Πίνακας 5-1: Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά νομαρχιακών διαμερισμάτων της Κρήτης κατά την απογραφή του 2011

Ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού είναι από τους μεγαλύτερους πανελλαδικά ενώ υπερδιπλασιάζεται κατά τη θερινή περίοδο, λόγω τουριστών και παραθεριστών. Σύμφωνα με την επεξεργασία αποτελεσμάτων της τελευταίας απογραφής, όλες οι περιφέρειες της Ελληνικής επικράτειας παρουσίασαν μείωση ή σταθερότητα, με εξαίρεση την Κρήτη και το Νότιο Αιγαίο, όπου καταγράφηκε αξιοσημείωτη αύξηση. Η Κρήτη επίσης, είναι ένα νησί που εμφανίζει ιδιαίτερη τουριστική κίνηση. Το 15% των συνολικών αφίξεων, λιμένα και αερολιμένα, στη χώρα γίνονται μέσω της πόλης του Ηρακλείου. Είναι χαρακτηριστικό, πως το έτος του 2006 οι ναυλωμένες πτήσεις στο Ηράκλειο αριθμούσαν το 20% του συνόλου των πτήσεων ναύλωσης στη Χώρα και συνολικά, περισσότεροι από δύο εκατομμύρια τουρίστες επισκέφθηκαν την Κρήτη.

Η πρόσβαση των επισκεπτών στο νησί μπορεί να γίνει είτε αεροπορικώς μέσω του Διεθνούς Αερολιμένα Ηρακλείου (Νίκος Καζαντζάκης) και των Κρατικών Αερολιμένων Χανίων (Ιωάννης Δασκαλογιάννης) και Σητείας, είτε ακτοπλοϊκός μέσω των λιμένων Ηρακλείου, Σούδας, Ρεθύμνου, Αγίου Νικολάου, Σητείας Καστελίου Κισσάμου (Χανιά). Επίσης, τα δύο μεγαλύτερα λιμάνια του νησιού (Ηρακλείου και Σούδας) ανήκουν στα πιο σημαντικά λιμάνια της ανατολικής Μεσογείου και διακρίνονται μέσα στα δέκα Ελληνικά λιμάνια Εθνικής σημασίας, αποτελώντας κύρια πύλη εισόδου επιβατών και εμπορευμάτων συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της περιφερειακής Κρητικής και Εθνικής οικονομίας.

Έτσι, στο νησί της Κρήτης εξελίσσονται δύο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση μίας περιοχής. Ο πρώτος παράγοντας είναι η πληθυσμιακή εξέλιξη, ο οποίος λειτουργεί ως πολλαπλασιαστικός παράγοντας της ζήτησης και ο δεύτερος παράγοντας είναι η οικονομική κατάσταση μίας περιοχής, καθώς είναι γεγονός ότι η ενεργειακή ζήτηση ακολουθεί την εκάστοτε οικονομική εξέλιξη. Στην Εικόνα 5-2 παρουσιάζεται η πρόβλεψη της πληθυσμιακής εξέλιξης της Κρήτης βάση της αντίστοιχης πανελλαδικής εξέλιξης μέχρι το 2020.



Εικόνα 5-2: Πληθυσμιακή Εξέλιξη σύμφωνα με τα στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών

Κατά συνέπεια, οι δύο παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν έμμεσα την εξέλιξη της ζήτησης σε **ηλεκτρική ενέργεια** και αποτελούν αναμφίβολα ένα ξεχωριστό πεδίο έρευνας και διερεύνησης, σε τεχνικά ζητήματα που έχουν να κάνουν με τις ιδιαιτερότητες των αυτόνομων (ή μη διασυνδεδεμένων) Σ.Η.Ε. στα νέα ενεργειακά και τεχνολογικά δεδομένα.

5.2 Ιστορικά στοιχεία για το Σ.Η.Ε. του Νησιού

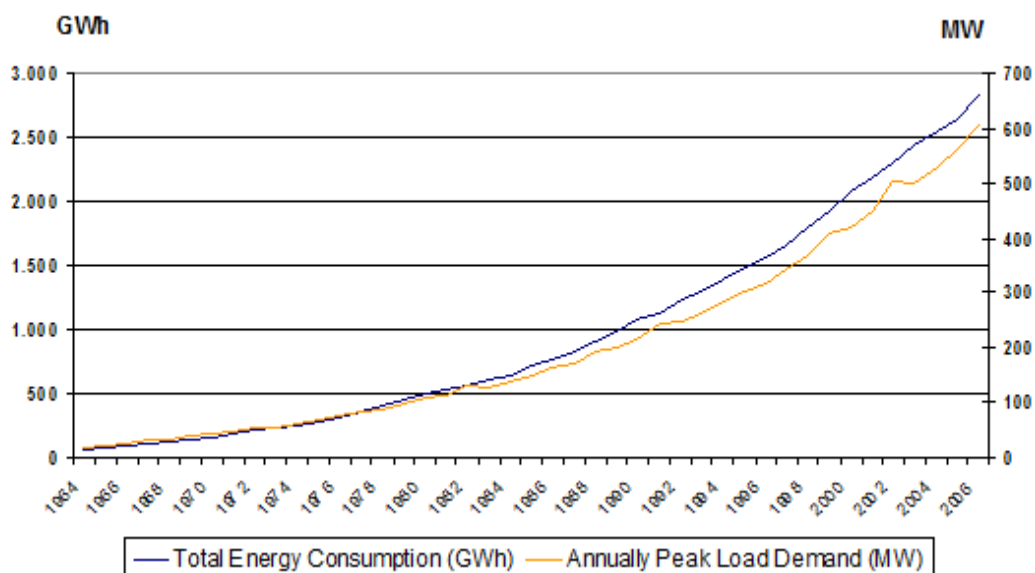
Οι διαχρονικές εξελίξεις του Σ.Η.Ε. της Κρήτης είναι αρκετά σημαντικές κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες. Στο γεγονός αυτό συντέλεσαν, οι γρήγοροι ρυθμοί ανάπτυξης του νησιού καθιστώντας νέες ενεργειακές απαιτήσεις οι οποίες αυξάνονται διαρκώς με ανάλογο ρυθμό ως και σήμερα.

Ο πρώτος ατμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής (Α.Η.Σ.) υπάρχει στα Λινοπεράματα Ηρακλείου και λειτουργεί από το 1965 ενώ ο επόμενος κατασκευάστηκε στη Ξυλοκαμάρα των Χανίων. Από τότε άρχισαν να λειτουργούν και άλλοι μικροί τοπικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και στις υπόλοιπες περιοχές της Κρήτης (κυρίως στις μεγάλες πόλεις). Επίσης, η βελτίωση του ηλεκτρικού δικτύου ολοκληρώθηκε με την αλλαγή των γραμμών μεταφοράς της Υ.Τ. από 15 kV σε γραμμές των 66 kV το 1966 και τελικά σε γραμμές (απλού και διπλού κυκλώματος) των 150 kV το 1979.

Ακόμα σημειώνεται ότι, ο έλεγχος λειτουργίας του συστήματος βασίζεται από το 1993 σε ένα on-line σύστημα S.C.A.D.A. (Εποπτικός Έλεγχος και Απόκτηση Δεδομένων) που είναι εγκατεστημένο στο Κέντρο Διανομής του Κατσαμπά, της πόλης του Ηράκλειου.

Μέχρι το 1971 η εγκατεστημένη ισχύς του νησιού προερχόμενη από συμβατικές κυρίως και υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής, ήταν 81 MW και η ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας 176 GWh. Ενώ 15 χρόνια αργότερα το 1986, έφθασε στα 209 MW και 769 GWh αντίστοιχα. Αυτή η ανάπτυξη του Σ.Η.Ε. της Κρήτης κατά την περίοδο 1971-86, συμβαδίζει με το Μέσο Όρο (Μ.Ο.) των ετήσιων ρυθμών ανάπτυξης, για την εγκατεστημένη ισχύ 6,5 % και για την παραγωγή ωφέλιμης ενέργειας 10,3 %. Όμως κατά την περίοδο αυτή ο Μ.Ο. των ετήσιων ρυθμών αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος υστερούσε κατά 4% ως προς τον αντίστοιχο ρυθμό αύξησης της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι κατά την περίοδο 1971-86 η ικανότητα παραγωγής του Σ.Η.Ε. δεν αυξανόταν ισοδύναμα. Πιο πρόσφατα, από το τέλος του 1986 ως το τέλος του 1996, η εικόνα περίπου αντιστράφηκε δηλαδή ο

Μ.Ο. των ετήσιων ρυθμών αύξησης του Σ.Η.Ε. της Κρήτης ήταν 8,4 % για την εγκατεστημένη ισχύ και 7,3 % για την παραγωγή ωφέλιμης ενέργειας. Σήμερα η παραγωγή ωφέλιμης ενέργειας έχει ξεπεράσει τις 3.000 GWh, γεγονός που δείχνει την ακμάζουσα πορεία της ζήτησης, στην διαχρονική εξέλιξη του συστήματος. Στο πίνακα 5-2 αντικατοπτρίζεται η διαχρονική εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος και της παραγόμενης ωφέλιμης ενέργειας μέχρι και το 2006.



Εικόνα 5-3: Διαχρονική εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος (MW) και της παραγόμενης ενέργειας (GWh) στο νησί της Κρήτης μέχρι και το 2006

Χαρακτηριστικό επίσης, είναι το γεγονός ότι η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του Σ.Η.Ε. της Κρήτης μεταξύ των ετών 1998 και 2008, δηλαδή σε μία δεκαετία, αυξήθηκε κατά 84%, ενώ η αύξηση αυτή μεταξύ των ετών 1988 και 2008, δηλαδή μέσα σε είκοσι χρόνια, έφθασε το 235%. Ακόμα αξίζει να αναφερθεί ότι, στο πρώτο τρίμηνο του 2009, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη παρουσίασε αύξηση της τάξης του 0,5% σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ελλάδα όπου η ζήτηση, μειώθηκε σημαντικά (Απόσπασμα από ομιλία Διευθύνοντος Συμβούλου της Δ.Ε.Η. Α.Ε. στις 3^η Μαΐου του 2009).

Αναφέρεται ακόμα, πως η αιολική ενέργεια στο νησί της Κρήτης, άρχισε να διαφαίνεται από τις αρχές του 1990, συντελώντας έτσι, καταλυτικό παράγοντα στη βελτίωση του ηλεκτροπαραγωγικού δυναμικού της περιοχής. Σε αυτό συνέβαλλε το γεγονός ότι η Κρήτη, όπως και τα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου (κυρίως Κυκλάδες), παρουσιάζει υψηλό αιολικό δυναμικό. Αλλά εκτός από αυτό, σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην ευρύτερη περιοχή, έπαιξαν και τα Ευρωπαϊκά προγράμματα στήριξης των Α.Π.Ε. καθώς και η μερική απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μέχρι τότε ήταν μονοπώλιο από την Δ.Ε.Η.. Ειδικά, μετά το 1994, με τον Ν.2244/94 δόθηκε η δυνατότητα σε ιδιώτες επενδυτές να εγκαταστήσουν τέτοια έργα με σταθερή τιμή αποζημίωσης (*feed-in tariff*), συντελώντας έτσι σπουδαίο ρόλο στο γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης αυτών των έργων. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι, στο νησί της Κρήτης όπως και στα υπόλοιπα νησιά της Χώρας ισχύει ειδικό καθεστώς της παρούσας νομοθεσίας. Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το υπάρχον αναπτυξιακό Ν.3851/2010 για τις Α.Π.Ε. ανέρχεται σε 99,45 €/MWh στα Μ.Δ.Ν. και αφορά την Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται από χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50 kW. (για μικρότερης ή ίσης των 50 kW η τιμή αλλάζει και ανέρχεται σε 250 €/MWh.)

Τα γεγονότα αυτά άλλαξαν σημαντικά το ενεργειακό καθεστώς του νησιού, συντελώντας έτσι στην ανάπτυξη των μονάδων διανεμημένης παραγωγής κυρίως από Α.Π.Ε., όπως αναφέρεται και στο 2^ο Κεφάλαιο.

5.3 Γενικά χαρακτηριστικά για το Σ.Η.Ε. της Κρήτης

5.3.1 Γενικά για αυτόνομα Σ.Η.Ε.

Στα αυτόνομα συστήματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει να καλύπτει κάθε στιγμή την ολόενα αυξανόμενη ζήτηση. Αυτό το γεγονός όμως, συνεπάγεται της παρουσίας ορισμένων ενεργειακών προβλημάτων, που αντιμετωπίζονται στο αυτόνομο Σ.Η.Ε. της Κρήτης αλλά και σε πολλά άλλα μικρότερα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα της Χώρας.

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Η μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο (ντήζελ, μαζούτ), σε σχέση με την ηπειρωτική Ελλάδα (υψηλό κόστος μεταφοράς).
- Οι υψηλοί ρυθμοί αύξησης ενεργειακής ζήτησης που οφείλονται στην αλματώδη ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου και του τουρισμού (ο ετήσιος ρυθμός αύξησης ενεργειακής ζήτησης, μέχρι πριν λίγα χρόνια ανερχόταν σε ποσοστό έως και 8%).
- Το υψηλό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της υπερλειτουργίας ορισμένων συμβατικών μονάδων παραγωγής με υψηλό κόστος λειτουργίας.

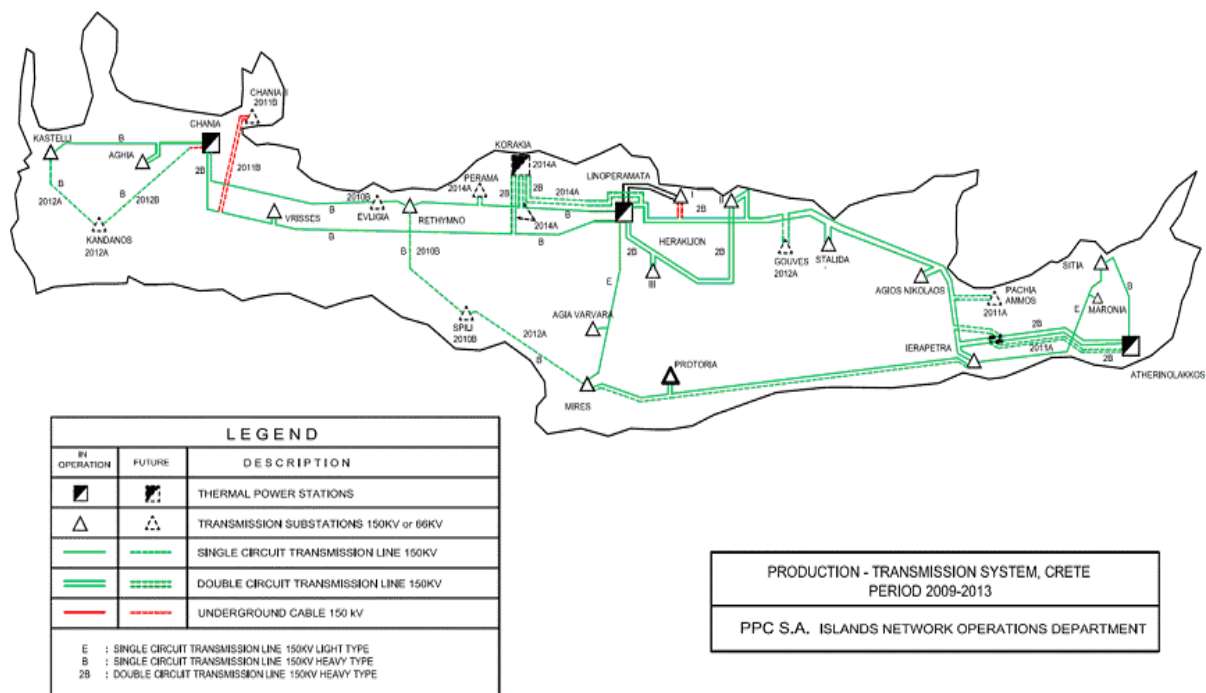
Σημαντικό ρόλο, στην αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων καλούνται να παίξουν οι μονάδες παραγωγής Α.Π.Ε. οι οποίες γι' αυτό το λόγω μάλιστα αποτελούν υψηλή προτεραιότητα για το νησί. Η Κρήτη λόγω της γεωγραφικής της θέσης, διαθέτει εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες για εκμετάλλευση παραγωγής μονάδων Α.Π.Ε. καθώς διαθέτει πλούσιο αιολικό και ηλιακό δυναμικό.

Οι μονάδες παραγωγής από Φ/Β και Αιολικούς σταθμούς, μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά με τις αντίστοιχες διαθέσιμες μονάδες συμβατικής παραγωγής, συμβάλλοντας έτσι:

- στην αυξανόμενη κατεύθυνση του δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής του νησιού,
- στην εξοικονόμηση μεγάλου μέρους της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων
- και τελικά, στη μείωση του υψηλού κόστους λειτουργίας παραγωγής των υφιστάμενων συμβατικών μονάδων παραγωγής.

5.3.2 Γενικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικού Δικτύου Κρήτης

Το Σ.Η.Ε. της Κρήτης είναι το μεγαλύτερο **αυτόνομο σύστημα** στην Ελλάδα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει το καθιστούν μοναδικό στην Χώρα ενώ ταυτόχρονα έχει όλα τα τεχνικά γνωρίσματα ενός αυτόνομου νησιωτικού συστήματος με όλα τα μειονεκτήματα που αυτά συνεπάγονται (αναφέρονται παρακάτω). Μια γεωγραφική απεικόνιση του αυτόνομου Σ.Η.Ε. της Κρήτης παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-4 [31].



Εικόνα 5-4:Χάρτης Ηλεκτρικού Συστήματος Κρήτης

Το Σ.Η.Ε. της Κρήτης παρουσιάζει συνοπτικά τα εξής ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά:

- Περιλαμβάνει τρεις Ατμοηλεκτρικούς Σταθμούς (Α.Η.Σ.) Παραγωγής.
- Διαθέτει συνολικά 27 εγκατεστημένες συμβατικές μονάδες.
- Δίκτυα γραμμών μεταφοράς Υ.Τ. (150 kV και 66 kV) και Μ.Τ. (20 kV).
- 17 Υποσταθμούς Υ.Τ.
- Κέντρο κατανομής Φορτίου (στον Υποσταθμό Ηράκλειο II) που χρησιμοποιεί σύστημα τηλεμέτρησης S.C.A.D.A. Η λειτουργία του, παρέχει, συνεχή επιτήρηση πραγματικού χρόνου του ηλεκτρικού δικτύου και της παραγόμενης ενέργειας των Αιολικών Πάρκων καθώς και τους απαιτούμενους τηλεχειρισμούς.
- Ένα μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό (Μ.ΥΗ.Σ.).
- Αιολικά Πάρκα με σημαντικό βαθμό διείσδυσης στο σύστημα.
- Μεγάλο αριθμό Φ/Β Σταθμών (καθώς αρκετοί έχουν αδειοδοτηθεί και οι μισοί περίπου έχουν εγκατασταθεί).

Συνεπώς, οι ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει το ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης, όπως η ποικιλομορφία των συμβατικών μονάδων παραγωγής, η στοχαστική συμπεριφορά των μονάδων Α.Π.Ε., η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση φορτίου, σε συνδυασμό με ότι αποτελεί ένα αρκετά μεγάλο αυτόνομο σύστημα, το καθιστούν ιδανικό σύστημα μελέτης και διερεύνησης των περαιτέρω δυνατοτήτων ανάπτυξης που αφορούν τη λειτουργία του [32].

5.3.3 Διασύνδεση Κρήτης και λοιπών Νησιών

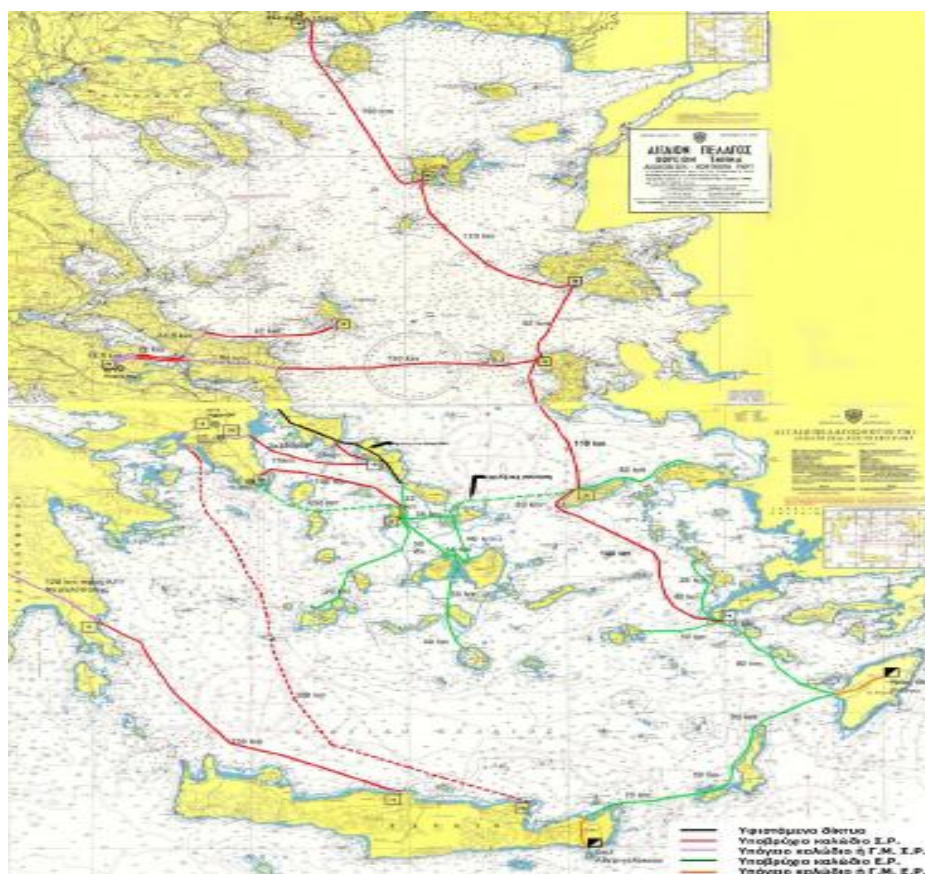
Η διασύνδεση της Κρήτης όπως και των υπολοίπων αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων με την Ηπειρωτική Χώρα, δεν είχε γίνει ακόμα εφικτή για τεχνικούς κυρίως λόγους.

Ωστόσο, η συνεχής ωρίμανση των νέων τεχνολογιών, κυρίως των DC συνδέσμων, η αποκτηθείσα εμπειρία από την επιτυχή εφαρμογή τους στη διασύνδεση Ελλάδας-Ιταλίας, αλλά και η συνεχώς αυξανόμενη σχετική δραστηριότητα που σημειώνεται τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα, με

τον σχεδιασμό ή και την κατασκευή αρκετών και σημαντικών διασυνδέσεων με DC συνδέσμους μεταξύ ηλεκτρικών συστημάτων Χωρών αλλά και διασύνδεση απομακρυσμένων νησιών (διασύνδεση Ιταλίας-Σαρδηνίας, Ισπανίας-Μαγιόρκα κ.α.) και αιολικών σταθμών με τα Ηπειρωτικά Συστήματα, επανέφεραν στο προσκήνιο το θέμα των διασυνδέσεων αυτόνομων νησιών με το Ηπειρωτικό Σύστημα και δημιούργησαν τις προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη ολοκλήρωση παρόμοιων έργων και στην Ελλάδα.

Η διασύνδεση των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων με το Ηπειρωτικό Σύστημα, αποτελεί αδιαμφισβήτητα ένα μακροπρόθεσμο σχεδιασμό ανάπτυξης και ενίσχυσης του συνολικού ηλεκτρικού δυναμικού της Χώρας. Αυτό το θέμα, έχει απασχολήσει συγκεκριμένα την Ρ.Α.Ε. η οποία είναι αρμόδια για τον μακροχρόνιο προγραμματισμό της ηλεκτροδότησης των μη διασυνδεδεμένων νησιών.

Στο πλαίσιο αυτό, ανατέθηκε στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ε.Μ.Π.) από τη Ρ.Α.Ε., η εκπόνηση δύο σχετικών μελετών, από τις οποίες η πρώτη, αναφέρεται στη διασύνδεση των νησιών των ανατολικών Κυκλάδων, ενώ η δεύτερη, αναφέρεται γενικότερα στις δυνατότητες διασύνδεσης σχεδόν του συνόλου των μη διασυνδεδεμένων νησιών του Αιγαίου και στην οποία εξετάζονται οι δυνατότητες διασύνδεσης της Κρήτης. Η συγκεκριμένη μελέτη επικαιροποιήθηκε το 2008 και εν' συνεχεία εκπονήθηκε από τη Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων της Δ.Ε.Η. μελέτη σκοπιμότητας για τη διασύνδεση της Κρήτης [33], στην οποία μελετάται η ανάπτυξη του ηλεκτρικού συστήματος του νησιού βάση της ενδεχόμενης διασύνδεσης με το Ηπειρωτικό Σύστημα. Στην Εικόνα 5-5 φαίνονται, οι σχεδιαζόμενες διασυνδέσεις στο Αιγαίο πέλαγος, βάση των σχετικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της Ρ.Α.Ε..



Εικόνα 5-5: Οι σχεδιαζόμενες διασυνδέσεις στο Αιγαίο πέλαγος

Σύμφωνα με τη σχετική μελέτη, πραγματοποιήθηκε η τεχνικοοικονομική ανάλυση του έργου της Διασύνδεσης της Κρήτης με το Ηπειρωτικό Σύστημα και η σύγκρισή του με άλλες εναλλακτικές λύσεις για την αυτόνομη ανάπτυξη του νησιού (χωρίς διασύνδεση), όπως η ανάπτυξη με βάση το πετρέλαιο (μαζούτ και ντίζελ) και η ανάπτυξη με βάση το υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquefied Natural Gas-L.N.G.) με εγκατάσταση θερματικού σταθμού L.N.G. σε επιλεγμένη τοποθεσία του νησιού (θέση Κορακιά-Γαληνών). Επίσης, στην εν' λόγω μελέτη εξετάστηκαν τα διάφορα εναλλακτικά σενάρια της Διασύνδεσης που έχουν σχέση με διαφορετικές παραμέτρους της (όπως ισχύς της Διασύνδεσης, διείσδυση Α.Π.Ε., εφεδρεία, εντάξεις και απεντάξεις μονάδων κ.λπ.) με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης από τεχνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής άποψης. Βασική παράμετρο της μελέτης αποτέλεσε και το ύψος της ισχύος των Α.Π.Ε. και ειδικότερα της αιολικής παραγωγής καθώς θεωρείται βέβαιη η ανάπτυξη της στο νησί. Έτσι, κρίθηκαν συγκεκριμένα τρία σενάρια διείσδυσης Α.Π.Ε. (50%, 75%, 100%, των σημερινών αναγκών αντίστοιχα). Σημειώνεται ότι τα τρία σενάρια διασύνδεσης διαφέρουν έναντι της αυτόνομης ανάπτυξης, καθώς είναι διαφορετικές οι τεχνικές δυνατότητες απορρόφησης του δικτύου σε κάθε περίπτωση.

Επομένως, με βάση τα παραπάνω διερευνήθηκαν τα τρία προτεινόμενα σενάρια διασύνδεσης. Για κάθε σενάριο διασύνδεσης καθορίστηκε αρχικά ο τρόπος διασύνδεσης του νησιού με το Ηπειρωτικό Σύστημα, δηλαδή ο τύπος του Συνδέσμου DC που πρόκειται να εγκατασταθεί και ακολούθως η διαμόρφωση του δικτύου Υ.Τ. 150kV επί του νησιού. Τα τρία σενάρια διασύνδεσης σύμφωνα με τη σχετική μελέτη είναι τα εξής:

1. Α – Σενάριο, διασύνδεση με Πελοπόννησο (2x350MW).
2. B1 – Σενάριο, διασύνδεση με Αττική (2x500MW).
B2 – Σενάριο, διασύνδεση με Αττική (1x500MW).
3. Γ – Σενάριο, διασύνδεση με Αττική (1x1000MW).

Από τα συμπεράσματα της σχετικής μελέτης εκτιμήθηκε τελικά ότι το Σενάριο Α αποτελεί τη βέλτιστη οικονομοτεχνική λύση, καθώς περιλαμβάνει ελάχιστο κόστος επένδυσης, ελάχιστο συνολικό κόστος και υψηλό συντελεστή εκμετάλλευσης καλωδίου (34%). Κύριο μειονέκτημα της λύσης αυτής είναι ότι εξαρτάται έντονα από την επέκταση του Συστήματος Υ.Τ. 400kV προς την Πελοπόννησο, (το μελλοντικό)Κ.Υ.Τ. Μεγαλόπολης είναι το μοναδικό σημείο σύνδεσης της Κρήτης στο Σύστημα, καθώς και το ότι δεν μεγιστοποιείται η ανάπτυξη Α.Π.Ε. στην Κρήτη. Ωστόσο, σε περίπτωση μελλοντικής ραγδαίας ανάπτυξης Α.Π.Ε. (ως και 2.500-3.000MW) είναι δυνατή η ενίσχυση της Διασύνδεσης Ηπειρωτικό Σύστημα - Κρήτη.

Τελικά, μέσω της σχετικής μελέτης που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της Ρ.Α.Ε., από το Σενάριο Α προτείνεται, η διασύνδεση της Κρήτης με την Πελοπόννησο μέσω υβριδικού συνδέσμου (αποτελούμενος από δύο αγωγούς Υ.Τ., ένα καλώδιο Μ.Τ. και δύο μετατροπείς σε κάθε άκρο του συνδέσμου) DC ικανότητας $2 \times 350\text{MW} = 700\text{MW}$ μήκους 370km, ο οποίος θα εκκινεί από το μελλοντικό σταθμό παραγωγής της Κορακιάς και θα φτάνει με υποβρύχιο καλώδιο μήκους 250 km έως τη Μονεμβασιά, όπου και θα συνεχίζει με εναέρια Γ.Μ. μήκους 120 km μέχρι το μελλοντικό Κ.Υ.Τ. Μεγαλόπολης. Επίσης μέσω της σχετικής μελέτης διευκρινίζεται, ότι στο σενάριο αυτό προβλέπεται η διατήρηση σημαντικής συμβατικής παραγωγής στο νησί σε ψυχρή εφεδρεία (σε ποσοστό 90% της ετήσιας αιχμής φορτίου), προκειμένου να είναι εφικτή η διασφάλιση της τροφοδότησής του σε όλες τις περιπτώσεις βλαβών, συμπεριλαμβανομένης και της απώλειας του συνδέσμου DC, δεδομένου ότι τα καλωδιακά του τμήματα έχουν κοινή όδευση, ενώ τα εναέρια αναρτώνται επί κοινού φορέα.

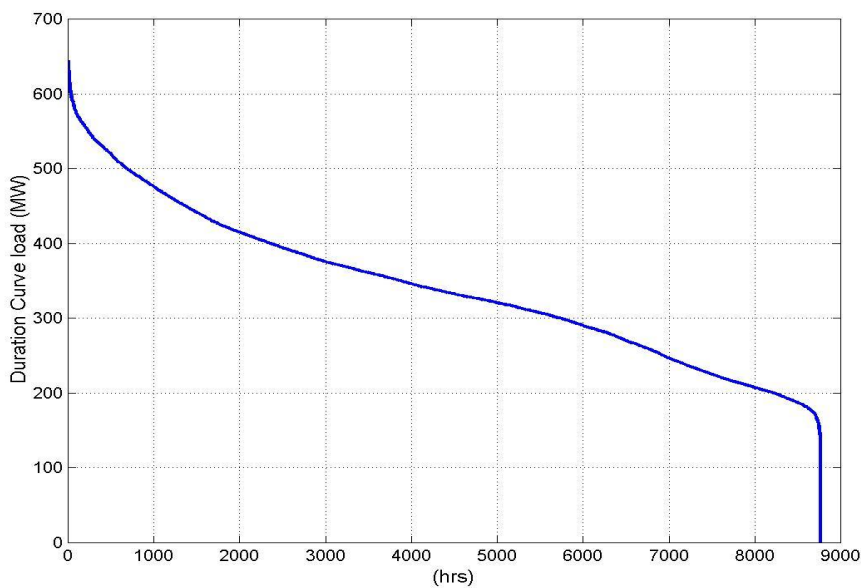
Στην Εικόνα 5-6 παρουσιάζεται το προτεινόμενο σενάριο, μέσω της σχετικής μελέτης των αναγκών της Ρ.Α.Ε. που αφορά τις δυνατότητες διασύνδεσης της Κρήτης με το Ηπειρωτικό Σύστημα.



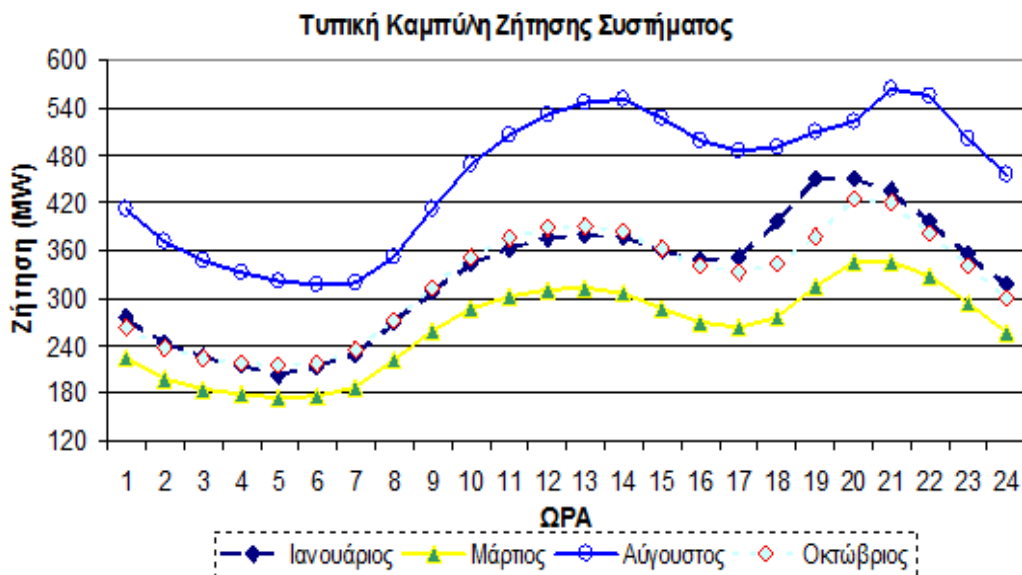
Εικόνα 5-6: Διασύνδεση της Κρήτης με το Ηπειρωτικό Σύστημα – προτεινόμενο σενάριο σχετικής μελέτης για τις ανάγκες της Ρ.Α.Ε.

5.4 Χαρακτηριστικά ζήτησης φορτίου

Το έτος που θεωρήθηκε για την προσομοίωση της παρούσας εργασίας, είναι το **2008**. Η συνολική ζήτηση φορτίου για το έτος αυτό, έφτασε τις **3,01 TWh**, η αιχμή της ζήτησης ήταν ίση με **644,9 MW** και σημειώθηκε την 9^η ημέρα του μήνα Ιουλίου στις 02:00 μ.μ.. Η καμπύλη διάρκειας φορτίου για το έτος 2008 παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-7 ενώ οι τυπικές καμπύλες ζήτησης για χαρακτηριστικές εποχές του ίδιου έτους παρουσιάζονται στην Εικόνα 5-8.



Εικόνα 5-7 Καμπύλη διάρκειας φορτίου για το Σ.Η.Ε. της Κρήτης το 2008



Εικόνα 5-8 Τυπικές καμπύλες ζήτησης για το Σ.Η.Ε. Κρήτης για διάφορους μήνες του έτους

Από την παραπάνω εικόνα είναι φανερό ότι, η ζήτηση φορτίου κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα κατά τους θερινούς μήνες, καθώς όπως φαίνεται το μήνα Αύγουστο σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές της ζήτησης. Αντίστοιχα, κατά την εποχή της Άνοιξης και συγκεκριμένα τον μήνα Μάρτιο παρουσιάζεται η χαμηλότερη τιμή ζήτησης του συστήματος.

5.5 Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ικανότητα που έχουν οι Σταθμοί Παραγωγής είναι να μετατρέπουν μια πρωτογενής μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι Σταθμοί Παραγωγής αποτελούνται από πολλές μονάδες που λειτουργούν παράλληλα. Σε κάθε μονάδα υπάρχει ένα ζεύγος κινητήριας μηχανής γεννήτριας που μετατρέπει τη πρωτογενή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Στο τομέα της παραγωγής, τα αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα (ντίζελ, μαζούτ) με σημαντικά υψηλή τιμή εισαγωγής που έχει ως άμεσο αποτέλεσμα το αυξημένο κόστος λειτουργίας τους.

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με την αποστολή τους:

- Σε Σταθμούς βάσης.
- Σε Σταθμούς αιχμής.

Οι σταθμοί βάσης λειτουργούν συνήθως για μεγάλα χρονικά διαστήματα (λειτουργία επί 24ωρου βάσεως) και καλύπτουν βασικές ανάγκες της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι σταθμοί αιχμής λειτουργούν σε ώρες μεγάλης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το Σ.Η.Ε. της Κρήτης διαθέτει συνολικά τρεις Α.Η.Σ. παραγωγής, τους οποίους και εκμεταλλεύεται κατάλληλα σύμφωνα με τις ανάγκες ζήτησης φορτίου του συστήματος. Οι ανάγκες ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια, δεν αναλογούν μόνο από ώρα σε ώρα κατά διάρκεια της ημέρας (όπως το φορτίο αιχμής των μεσημβρινών και βραδινών ωρών) αλλά και από εποχή σε εποχή (όπως η υψηλή ζήτηση στους θερινούς μήνες) κατά τη διάρκεια του έτους. Επομένως, από τις υπάρχουσες εγκατεστημένες θερμικές μονάδες των τριών σταθμών παραγωγής του νησιού, κάποιες από αυτές λειτουργούν, ως μονάδες βάσης του συστήματος και κάποιες ως μονάδες αιχμής. Επίσης, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Σταθμών Παραγωγής, πρέπει να είναι σε θέση να καλύπτει κάθε χρονική στιγμή, τις ανάγκες

ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες μπορεί διαφέρουν ακόμα και ανά περιοχή (πληθυσμιακή κατάσταση περιοχής).

Οι τρεις Σταθμοί Παραγωγής του νησιού διαθέτουν σχεδόν όλα τα είδη συμβατικών μονάδων που υπάρχουν. Η βασική διαφορά ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, είναι ο τύπος της καύσιμης ύλης που χρησιμοποιούν. Επομένως, υπάρχει μια ποικιλομορφία συμβατικών μονάδων παραγωγής, η οποία αποτελείτε συγκεκριμένα από τις εξής μονάδες:

- Ατμοστροβλικές Μονάδες (Μονάδες βάσης).
- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ή Μ.Ε.Κ. Ντήζελ (Μονάδες βάσης, κυμαινόμενου φορτίου).
- Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου (Μονάδες βάσης, κυμαινόμενου φορτίου).
- Αεριοστροβλικές Μονάδες (Μονάδες φορτίου αιχμής).

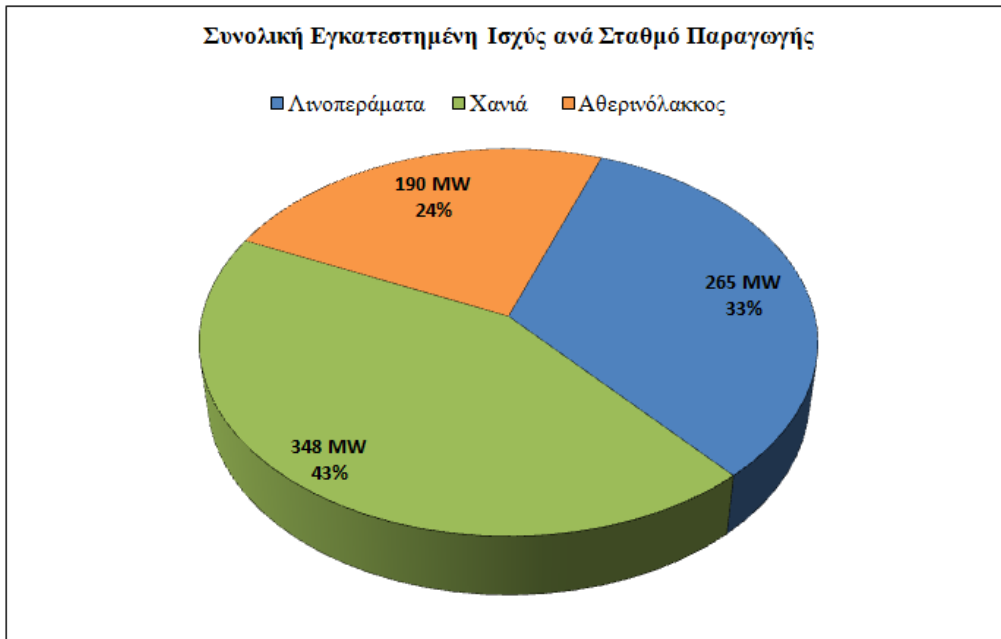
Στην συνέχεια, μέσω του Πίνακα 5-3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα στοιχεία ανά Σταθμό Παραγωγής. Από τα είδη των θερμικών μονάδων που περιλαμβάνονται στους τρεις Σταθμούς Παραγωγής του συστήματος μπορεί να προσδιοριστεί ουσιαστικά ο ρόλος της λειτουργίας τους στις ανάγκες ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Σταθμός Παραγωγής	Αεριοστρόβιλος	Ατμοστρόβιλος	Μηχανή Ντήζελ	Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW)
Ηρακλείου	5	6	4	-	265
Χανίων	6	-	-	1	348
Λασιθίου	-	2	2	-	190

Πίνακας 5-3: Συγκεντρωτικά στοιχεία Σταθμών Παραγωγής

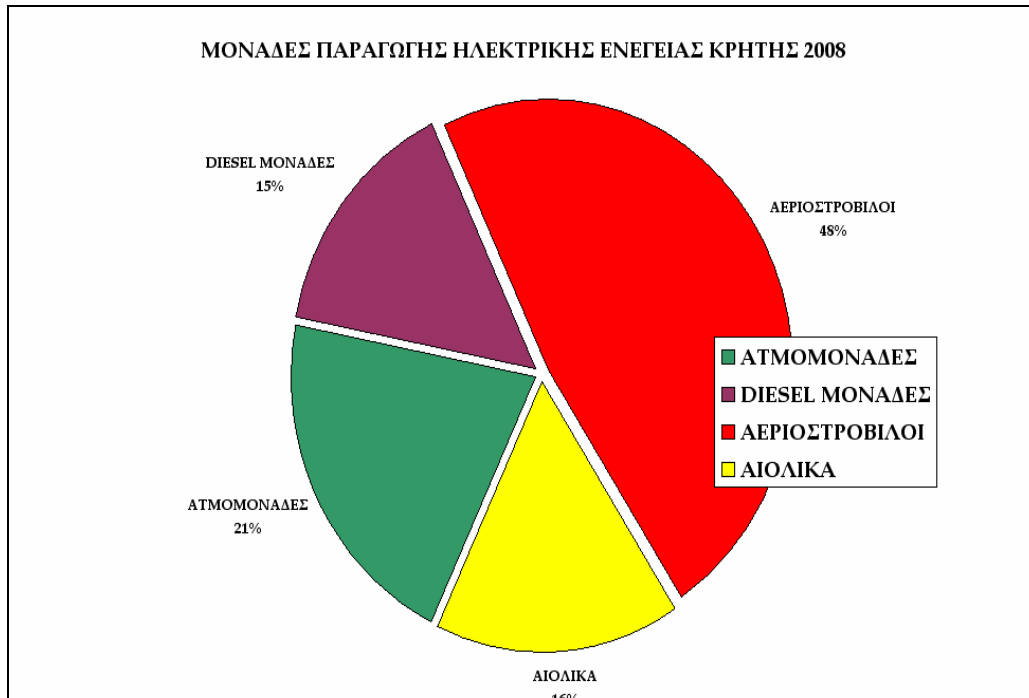
Το μεγαλύτερο μέρος (με 43%) της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος προερχόμενο από μονάδες θερμικής παραγωγής, βρίσκεται στο Σταθμό Παραγωγής των Χανίων και είναι της τάξεως των 348 MW. Ο συγκεκριμένος Σταθμός περιλαμβάνει τις περισσότερες αεριοστροβλικές μονάδες του συστήματος από τις οποίες, οι έξι λειτουργούν αυτόνομα, ενώ άλλες δύο λειτουργούν συνδυασμένα με μια ατμοηλεκτρική μονάδα (λειτουργία Συνδυασμένου Κύκλου).

Οι αεριοστροβλικές μονάδες είναι μονάδες μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος καθώς χρησιμοποιούνται ως μονάδες αιχμής. Επιπρόσθετα η μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου είναι η μεγαλύτερη θερμική μονάδα παραγωγής της Κρήτης και με τη συνεχή λειτουργία της, καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό ζήτησης φορτίου του συστήματος. Στην Εικόνα 5-9, απεικονίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς (σε MW) ανά Σταθμό Παραγωγής.



Εικόνα 5-9: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά Σταθμό Παραγωγής κατά το 2008

Αντίστοιχα στην Εικόνα 5-10 απεικονίζονται συγκεντρωτικά, τα ποσοστά εγκατεστημένης ισχύος ανά κατηγορία μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού, συμπεριλαμβανομένης και της αιολικής παραγωγής [34]. Το μεγαλύτερο ποσοστό (με 48%) εγκατεστημένης ισχύος κατά το έτος 2008 παρατηρείται από τις αεριοστροβιλικές μονάδες.



Εικόνα 5-10: Ποσοστό Εγκατεστημένης Ισχύος των Μονάδων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Κρήτης κατά το 2008

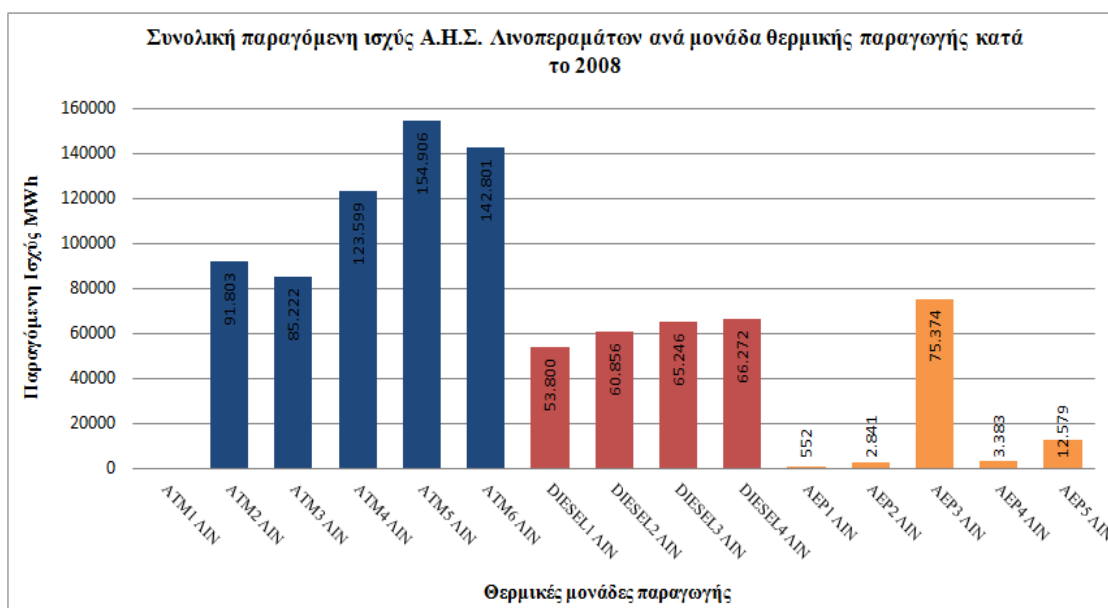
Τους Σταθμούς Παραγωγής διαχειρίζεται αποκλειστικά η Δ.Ε.Η. εκ' των οποίων οι δύο βρίσκονται κοντά στις δύο μεγαλύτερες πόλεις του νησιού (Ηράκλειο, Χανιά). Παρακάτω αναφέρονται τα βασικά στοιχεία των τριών Α.Η.Σ. Παραγωγής της Κρήτης.

5.5.1 Σταθμός Παραγωγής Λινοπεραμάτων

Στα Λινοπεράματα του Νομού Ηρακλείου, 6 χιλιόμετρα Δυτικά της πόλης του Ηρακλείου βρίσκεται ο Α.Η.Σ. Παραγωγής Λινοπεραμάτων. Ο Σταθμός Παραγωγής διαθέτει συνολικά, έξι ατμοστροβλικές μονάδες, τέσσερις Μ.Ε.Κ. Ντήζελ και πέντε αεριοστρόβλικές μονάδες. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στον υπάρχον Σταθμό Παραγωγής είναι περίπου **265 MW**. Στην Εικόνα 5-11 φαίνεται ο Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων, ενώ στην Εικόνα 5-12 παρουσιάζεται χαρακτηριστικά η συνολική παραγόμενη ισχύς (σε MWh) του Σταθμού, ανά μονάδα θερμικής παραγωγής κατά το έτος 2008.



Εικόνα 5-11: Ο Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων στο Ηράκλειο



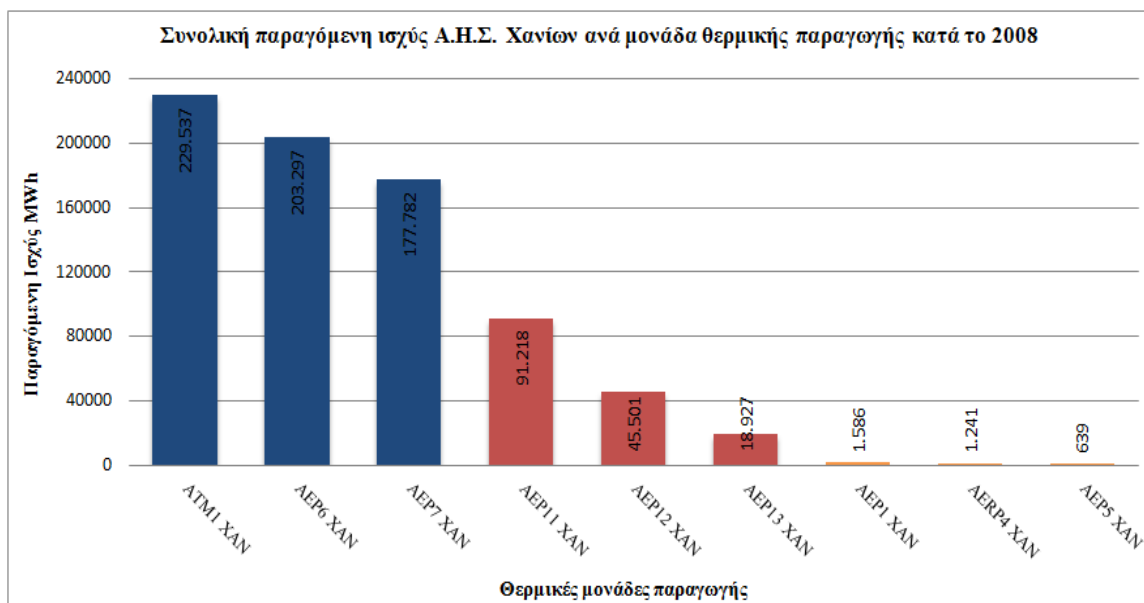
Εικόνα 5-12: Συνολική παραγόμενη ισχύς (MWh) ανά μονάδα θερμικής παραγωγής Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων κατά το 2008

5.5.2 Σταθμός Παραγωγής Χανίων

Στη Ξυλοκαμάρα του Νομού Χανίων, 6 χιλιόμετρα Ανατολικά της πόλης των Χανίων βρίσκεται ο Α.Η.Σ. Παραγωγής Χανίων. Ο Σταθμός Παραγωγής διαθέτει συνολικά έξι αεριοστροβλικές μονάδες και μια μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου η οποία αποτελείται από δύο αεριοστροβλικές μονάδες και μία ατμοηλεκτρική μονάδα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στο υπάρχον Σταθμό Παραγωγής είναι περίπου **348 MW**. Στην Εικόνα 5-13 φαίνεται ο Α.Η.Σ. της Ξυλοκαμάρας, ενώ στην Εικόνα 5-14 παρουσιάζεται χαρακτηριστικά η συνολική παραγόμενη ισχύς (σε MWh) του Σταθμού, ανά μονάδα θερμικής παραγωγής κατά το έτος 2008.



Εικόνα 5-13: Ο Α.Η.Σ. της Ξυλοκαμάρας στα Χανιά



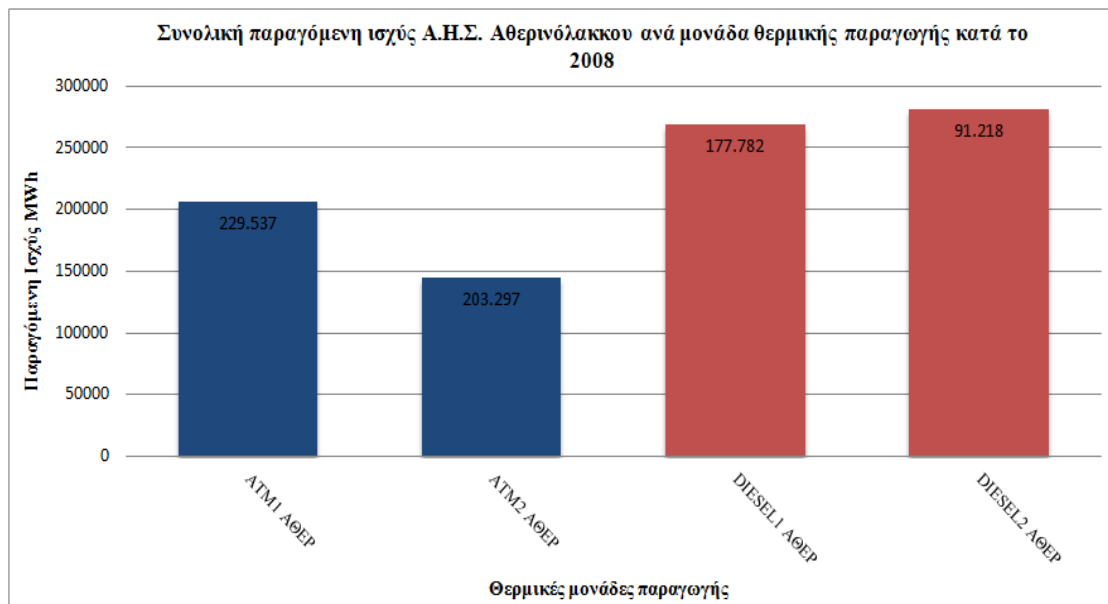
Εικόνα 5-14: Συνολική παραγόμενη ισχύς (MWh) ανά μονάδα θερμικής παραγωγής Α.Η.Σ. Χανίων κατά το 2008

5.5.3 Σταθμός Παραγωγής Λασιθίου

Στον Αθρινόλακκο του Νομού Λασιθίου, περίπου 25 χιλιόμετρα Νότια από τη πόλη της Σητείας βρίσκεται ο Α.Η.Σ. Παραγωγής Αθρινόλακκου. Ο Σταθμός Παραγωγής διαθέτει συνολικά δύο Μ.Ε.Κ. Ντήζελ και δύο ατμοστροβιλικές μονάδες. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στο υπάρχον Σταθμό είναι περίπου **190 MW**. Στην Εικόνα 5-15 φαίνεται ο Α.Η.Σ. του Αθρινόλακκου, ενώ στην Εικόνα 5-16 παρουσιάζεται χαρακτηριστικά η συνολική παραγόμενη ισχύς (σε MWh) του Σταθμού ανά μονάδα θερμικής παραγωγής κατά το έτος 2008.

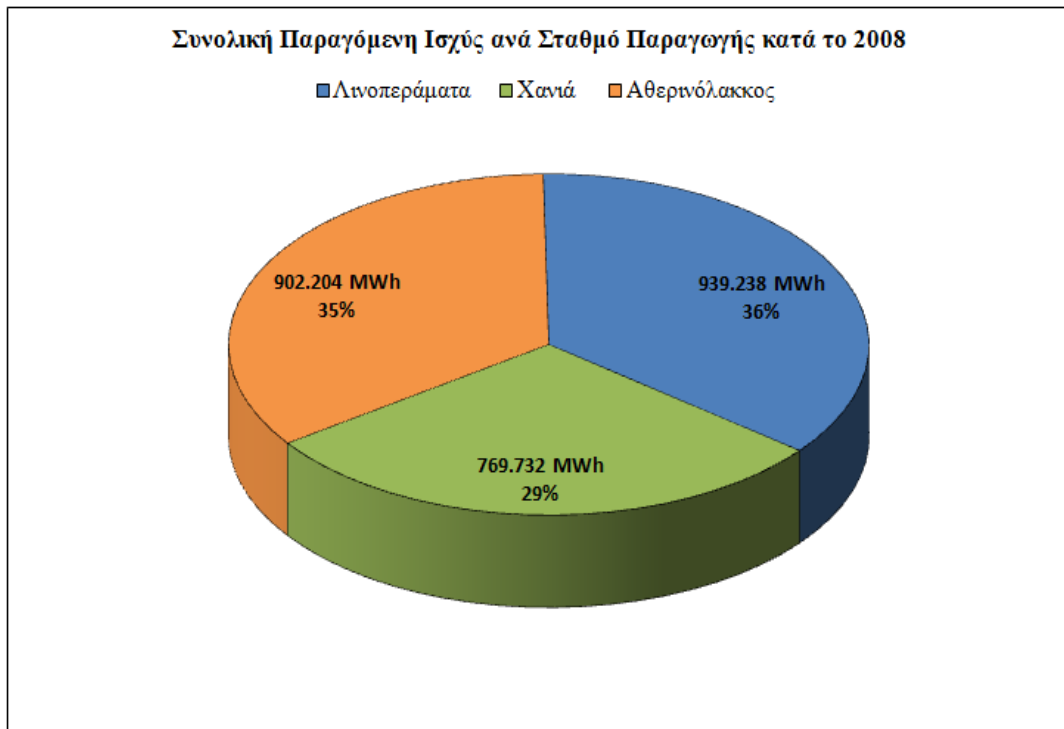


Εικόνα 5-15: Ο Α.Η.Σ. του Αθρινόλακκου στο Λασιθί.



Εικόνα 5-16: Συνολική παραγόμενη ισχύς (MWh) ανά μονάδα θερμικής παραγωγής Α.Η.Σ. Αθρινόλακκου κατά το 2008

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στην Εικόνα 5-17 φαίνεται η συνολική παραγόμενη ισχύς ανά Σταθμό Παραγωγής για το ίδιο έτος. Η συνολική παραγωγή του συστήματος όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα κατά μεγαλύτερο ποσοστό μοιράζεται από τους Σταθμούς Παραγωγής των Λινοπεραμάτων και του Αθρινόλακκου με ποσοστό 35% και 36% αντίστοιχα.



Εικόνα 5-17: Συνολική παραγόμενη ισχύς (MWh) ανά Σταθμό Παραγωγής κατά το 2008

5.6 Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών μονάδων παραγωγής

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των θερμικών μονάδων του νησιού, καθώς χρίζονται απαραίτητα στοιχεία για τις ανάγκες της προσομοίωσης που εκτελέστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Αρχικά, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, τα στοιχεία που αφορούν την ικανότητα παραγωγής και τους τεχνικούς περιορισμούς λειτουργίας των θερμικών μονάδων του συστήματος, ενώ στη συνέχεια δείχνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των παραμέτρων κόστους λειτουργίας τους.

5.6.1 Τεχνικοί περιορισμοί και ικανότητα παραγωγής

Οι παραπάνω συμβατικές μονάδες αν συγκριθούν μεταξύ τους, εκτός από τον τύπο της καύσιμης ύλης, διαφέρουν και σε άλλα χαρακτηριστικά. Οι διαφοροποιήσεις των μονάδων παραγωγής σημειώνονται καταρχήν σε τεχνικά χαρακτηριστικά της παραγόμενης ισχύος και έχουν να κάνουν με: τη ονομαστική τους ισχύ (ικανότητα παραγωγής), τη καθαρή τους ισχύ, την ισχύ σε υψηλές θερμοκρασίες (ισχύς θέρους) και την ελάχιστη δυνατή ισχύ (τεχνικό ελάχιστο). Επίσης υπάρχουν και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με τη λειτουργία των θερμικών μονάδων όπως, οι χρόνοι έναρξης και τερματισμού της λειτουργίας τους, η θερμοκρασία και η ταχύτητα λειτουργίας τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε μονάδα έχει τη δική της χρήση και το δικό της χρόνο λειτουργίας ανάλογα με τις απαιτήσεις του δικτύου. Έτσι, ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι το συνολικό κόστος των μονάδων αυτών, όπως είναι το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης τους.

Επίσης, κάθε μονάδα μπορεί να λειτουργήσει είτε αυτόνομα (ανοιχτού κύκλου) είτε σε συνδυασμό με κάποια άλλη (συνδυασμένου κύκλου). Για παράδειγμα στον Α.Η.Σ. Χανίων χρησιμοποιείται μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου αποτελούμενη από δύο αεριοστροβίλους και έναν αμμοστροβίλο (ΑΕΡ 6 Σ.Κ., ΑΕΡ 7 Σ.Κ. και ΑΤΜ 1 ΧΑΝ). Τέλος, αναφέρεται ότι οι αεριοστροβιλικές μονάδες ΑΕΡ 1 ΛΙΝ, ΑΕΡ 2 ΛΙΝ του Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων διατηρούνται σε λειτουργία ψυχρής εφεδρείας.

Στο Πίνακα 5-4 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των θερμικών μονάδων παραγωγής του Σ.Η.Ε. της Κρήτης κατά το έτος 2008.

	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΟΥΣ (MW)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (MW)	ΚΑΥΣΙΜΟ
Α.Η.Σ. ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ					
ATM 1 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	6	6	6	4	Μαζούτ
ATM 2 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	14	14	13	8	Μαζούτ
ATM 3 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	14	14	13	8	Μαζούτ
ATM 4 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	24	24	23	18	Μαζούτ
ATM 5 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	24	24	23	18	Μαζούτ
ATM 6 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	24	24	23	18	Μαζούτ
DIESEL 1 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	11	11	11	3	Μαζούτ
DIESEL 2 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	11	11	11	3	Μαζούτ
DIESEL 3 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	11	11	11	6	Μαζούτ
DIESEL 4 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	11	11	11	3	Μαζούτ
ΑΕΡ 1 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	15	15	13	3	Ντίζελ
ΑΕΡ 2 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	15	15	13	3	Ντίζελ
ΑΕΡ 3 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	43	43	41	5	Ντίζελ
ΑΕΡ 4 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	14	14	13	3	Ντίζελ
ΑΕΡ 5 ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	28	28	25	5	Ντίζελ
Α.Η.Σ. ΧΑΝΙΩΝ					
ΣΥΝΔΙΑΣΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	132	126	112	35	Ντίζελ
ΑΕΡ 1 ΧΑΝΙΩΝ	16	14	11	3	Ντίζελ
ΑΕΡ 4 ΧΑΝΙΩΝ	24	20	19	3	Ντίζελ
ΑΕΡ 5 ΧΑΝΙΩΝ	30	28	27	5	Ντίζελ
ΑΕΡ 11 ΧΑΝΙΩΝ	59	58	54	10	Ντίζελ
ΑΕΡ 12 ΧΑΝΙΩΝ	59	58	54	10	Ντίζελ
ΑΕΡ 13 ΧΑΝΙΩΝ	28	28	25	5	Ντίζελ
Α.Η.Σ. ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ					
DIESEL 1 ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ	51	50	50	35	Μαζούτ
DIESEL 2 ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ	51	50	50	25	Μαζούτ
ATM 1 ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ	44	43	44	22	Μαζούτ
ATM 2 ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ	44	43	44	22	Μαζούτ
ΣΥΝΟΛΟ	803	783	740	283	

Πίνακας 5-4: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμικών μονάδων παραγωγής του Σ.Η.Ε. της Κρήτης

5.6.2 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά παραμέτρων κόστους

Τα στοιχεία που αφορούν τα χαρακτηριστικά παραμέτρων κόστους των θερμικών μονάδων παραγωγής του συστήματος, είναι απαραίτητα στοιχεία της κύριας υπορουτίνας του εφαρμοζόμενου αλγορίθμου του οποίου η περαιτέρω ανάλυση παρουσιάζεται στο επόμενο Κεφάλαιο. Η γενική μορφή της εξίσωσης κατανάλωσης καυσίμου, δίνεται από μία σχέση τρίτου βαθμού και φαίνεται στην εξίσωση (5-1).

$$fi(x, t) = (cubcoeff_i \cdot x_i^3 + sqcoeff_i \cdot x_i^2 + lincoeff_i \cdot x_i + constcoeff_i + start_up_i) \cdot fuel_cost_i \quad (5-1)$$

Τα περιεχόμενα του Πίνακα 5-5 που ακολουθούν στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την ανάγνωση των αρχείων εισόδου του εφαρμοζόμενου αλγορίθμου της εργασίας και αποτελούν τα χαρακτηριστικά στοιχεία των παραμέτρων κόστους των θερμικών μονάδων του συστήματος.

Συμβολισμός μονάδων	cubcoeff _i (Kg/MWh ³)	sqcoeff _i (Kg/MWh ²)	lincoeff _i (Kg/MWh)	constcoeff _i (Kg-lt)	Τιμή καυσίμου fuel_cost _i (€/kg-lt)	Κόστος εκκίνησης startup_cost _i (€)
ATM 1 ΔΙΝ	17,377	-167,2	727,6	0,001	0,4149	1.489
ATM 2 ΔΙΝ	0,476	-11,824	378,937	0,001	0,4149	1.489
ATM 3 ΔΙΝ	0,476	-11,824	378,937	0,001	0,4149	1.489
ATM 4 ΔΙΝ	0,18	-8,053	355,088	0	0,4149	2.600
ATM 5 ΔΙΝ	0,092	-4,166	300,58	0	0,4149	1.547
ATM 6 ΔΙΝ	0,092	-4,166	300,58	0	0,4149	1.547
DIESEL1 ΔΙΝ	0,421	-8,378	230,368	0	0,4149	192
DIESEL2 ΔΙΝ	0,421	-8,378	230,369	0	0,4148	192
DIESEL3 ΔΙΝ	0,421	-8,378	230,368	0	0,4149	139,27
DIESEL4 ΔΙΝ	0,421	-8,378	230,369	0,01	0,4148	139,27
ΑΕΡ 1 ΔΙΝ	2,48	-5,87	881,5	1,2	0,6982	179,1
ΑΕΡ 2 ΔΙΝ	2,48	-5,87	881,5	1,2	0,6982	179,1
ΑΕΡ 3 ΔΙΝ	0,0001	0,001	319	0	0,6982	15
ΑΕΡ 4 ΔΙΝ	0,0001	0,001	403	0	0,6982	11
ΑΕΡ 5 ΔΙΝ	0,0001	0,001	308	0	0,6982	14
ΑΕΡ 6 Σ.Κ	0,001	0,01	145,54	5120	0,6962	192,01
ΑΕΡ 7 Σ.Κ	0,001	0,01	145,64	5120	0,6962	230,41
ΑΕΡ 1 ΧΑΝ	0	0,01	267	2170	0,6962	38,4
ΑΕΡ 4 ΧΑΝ	0	0,01	219	2865	0,6962	460,83
ΑΕΡ 5 ΧΑΝ	0	0,01	275	3757	0,6962	307,22
ΑΕΡ 11 ΧΑΝ	0,001	0,01	227	5000	0,6962	0,1
ΑΕΡ 12 ΧΑΝ	0,001	0,01	227	5000	0,6962	0,1
ΑΕΡ 13 ΧΑΝ	0,0001	0,001	387	0	0,6962	15
DIESEL1 ΑΘΕΡ	0,017	-1,3	222,6	0,27	0,3919	270
DIESEL2 ΑΘΕΡ	0,017	-1,3	222,6	0,27	0,3919	270
ATM 1 ΑΘΕΡ	-0,003	-0,958	282,91	0,8	0,3919	350
ATM 2 ΑΘΕΡ	-0,003	-0,958	282,91	0,8	0,3919	350

Πίνακας 5-5: Συγκεντρωτικός πίνακας παραμέτρων κόστους των θερμικών μονάδων του συστήματος(περιεχόμενα αρχείου (indat.txt))

5.7 Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

5.7.1 Υποσταθμοί

Υποσταθμός (Υ/Σ) γενικά ονομάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται μετασχηματισμός τάσης ή κατανομή ή η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με τη χρήση κατάλληλων μετασχηματιστών. Έτσι η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από σύγχρονες γεννήτριες μέσω των μετασχηματιστών, ανυψώνεται σε επίπεδο Υ.Τ. ώστε να μπορέσει να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις με τις δυνατόν λιγότερες απώλειες στη συνέχεια υποβιβάζεται στο επίπεδο Μ.Τ. για να γίνει τελικά η διανομή μέσω της Χ.Τ όπου είναι και το επιθυμητό επίπεδο της τάσης για τα φορτία κατανάλωσης.

Οι Υ/Σ ανάλογα με τη τάση τροφοδοσίας τους χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Σε **υποσταθμούς διανομής** και σε **υποσταθμούς μεταφοράς**. Οι Υ/Σ διανομής βρίσκονται στο επίπεδο της Μ.Τ. του δικτύου με σκοπό τον υποβιβασμό της τάσης στο σημείο κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα υποβιβάζουν τη Μ.Τ. των 15 ή 20 kV στη Χ.Τ. κατανάλωσης των 230/380 V. Οι Υ/Σ μεταφοράς βρίσκονται στο επίπεδο Υ.Τ. και ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν διακρίνονται σε:

- Υποσταθμούς ανυψώσεως: Βρίσκονται κοντά στο Σταθμό Παραγωγής. Προορισμός τους είναι η ανύψωση της τάσεως παραγωγής στην Υ.Τ. μεταφοράς του δικτύου.
- Υποσταθμούς υποβιβασμού: Σκοπός τους είναι ο υποβιβασμός της Υ.Τ. μεταφοράς των 150 ή 400 kV στη Μ.Τ. διανομής των 15 ή 20 kV.
- Υποσταθμούς ζεύξεως: Στους συγκεκριμένους Υ/Σ γίνεται μόνο η ζεύξη ηλεκτρικών κυκλωμάτων (στο επίπεδο Υ.Τ.) χωρίς απαραίτητα να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως. Ο κύριος εξοπλισμός τους είναι οι αποζεύκτες και οι ζυγοί μεταφοράς. Συνήθως όμως οι υποσταθμοί είναι μικτοί, δηλαδή ανυψώσεως και ζεύξεως συγχρόνως ή υποβιβασμού και ζεύξεως κ.λπ.

Στο ηλεκτρικό δίκτυο της Κρήτης βρίσκονται συνολικά 17 υποσταθμοί Υ.Τ./Μ.Τ.. Η εγκατεστημένη ισχύς μετασχηματισμού ανύψωσης της τάσης είναι 820.35MVA και υποβιβασμού της τάσης 810MVA. Όσο για τους Μ/Σ και ΑΜ/Σ ζεύξεως η συνολική τους ισχύς είναι ίση με 125 MVA. Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των Υ/Σ του Σ.Η.Ε. της Κρήτης μαζί με τα επίπεδα τάσεως των μετασχηματιστών τους. Στον Πίνακα 5-6 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των μετασχηματιστών αποκλειστικής σύνδεσης Α/Π ενώ στον Πίνακα 5-7 φαίνονται τα χαρακτηριστικά μετασχηματιστών υποβιβασμού της τάσεως. Επίσης στην Εικόνα 5-19 απεικονίζεται η ενεργειακή ζήτηση ανά Υ/Σ για το έτος του 2007 (οι Υ/Σ Αγίας Βαρβάρας και Μαρωνίας δεν συμπεριλαμβάνονται στην εικόνα).

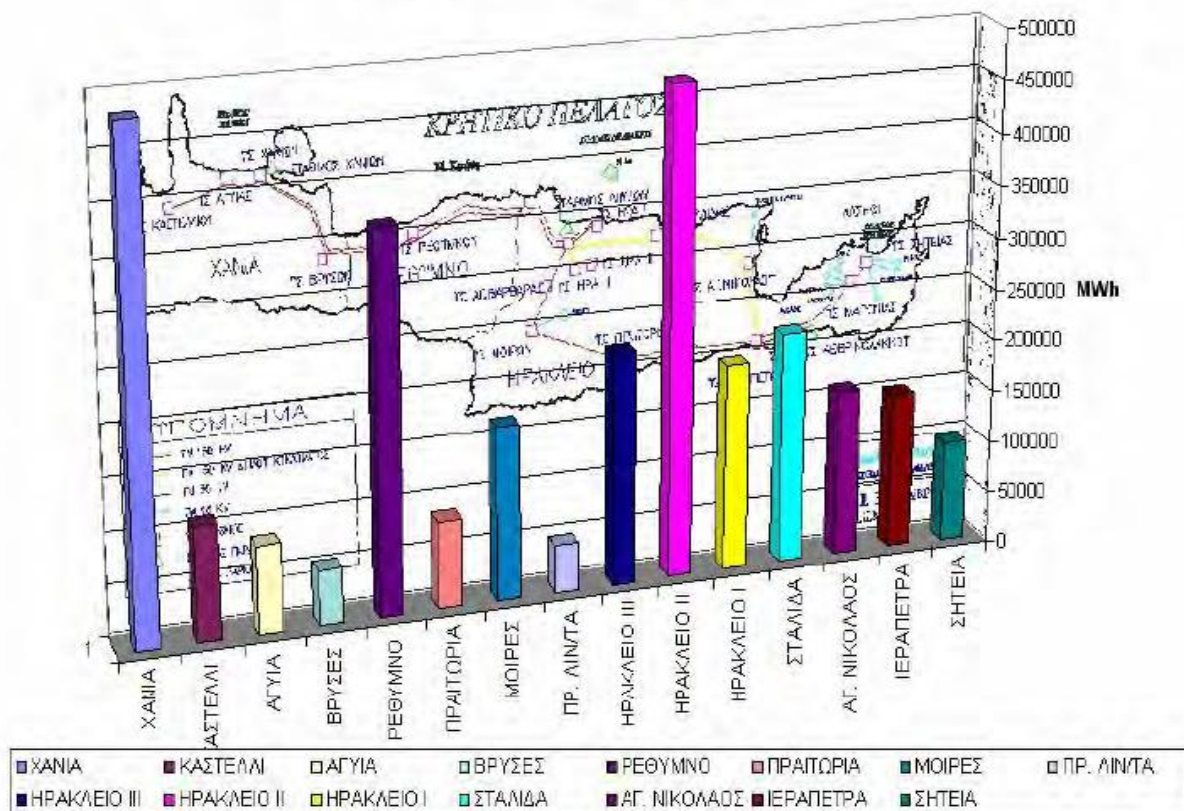
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΥΨΩΣΕΩΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MVA)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΑΣΗΣ (kV/kV)
ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	1x40	20/150
ΣΗΤΕΙΑ	1x50	20/150
ΜΑΡΩΝΙΑ	1x50	20/150

Πίνακας 5-6: Χαρακτηριστικά μετασχηματιστών αποκλειστικής σύνδεσης Αιολικών Πάρκων.

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (ΜVA)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΑΣΗΣ (kV/kV)
ΣΗΤΕΙΑ	2x12,50	150/20
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	2x25	150/20
ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	2x25	150/20
ΣΤΑΛΙΔΑ	2x25	150/20
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	2x25	150/20
ΜΟΙΡΕΣ	2x25	150/20
ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι (υπό αναβάθμιση)	2x25	66/20
ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	3x50	150/20
ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙΙ	2x50	150/20
ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ	1x25	150/20
ΡΕΘΥΜΝΟ	2x25	150/20
	1x50	150/20
ΧΑΝΙΑ	3x50	150/20
ΑΓΥΙΑ	2x50	150/20
ΒΡΥΣΕΣ	2x25	150/20
ΚΑΣΤΕΛΙ	2x25	150/20

Πίνακας 5-7 Χαρακτηριστικά μετασχηματιστών υποβιβασμού

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ 2007 ΑΝΑ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ



Εικόνα 5-18 Η ενεργειακή ζήτηση ανά Υποσταθμό του συστήματος της Κρήτης για το έτος 2007

5.7.2 Γραμμές μεταφοράς

Το δίκτυο μεταφοράς είναι η «ραχοκοκαλιά» ενός Σ.Η.Ε. Είναι υπεύθυνο για τη διασύνδεση των υφισταμένων σταθμών παραγωγής (συμβατικών και μη) με τα αστικά κέντρα, τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και τις λοιπές καταναλώσεις.

Οι γραμμές μεταφοράς του δικτύου της Κρήτης είναι γραμμές μεταφοράς Υ.Τ. των 150 και 66 kV αντίστοιχα. Αναλυτικότερα στοιχεία για τις γραμμές μεταφοράς ως προς τους ζυγούς σύνδεσης φαίνονται στο Πίνακα 5-8. Σημειώνεται ότι, στο τύπο της γραμμής όπου διακρίνεται ο αριθμός (2) αναφέρεται σε γραμμές διπλού κυκλώματος. Επίσης στα των γραμμών περιλαμβάνονται οι συνολικές τιμές των αντιστάσεων, των επαγωγικών αντιδράσεων και των χωρητικών ως προς γη ανά φάση, σε φυσικά μεγέθη και πολική την αντίστοιχη ονομαστική τάση της γραμμής.

ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ								
Ζυγός Αναχώρησης	Ζυγός Αφιξης	Ονομ. Τάση (kV)	Τύπος γραμμής	Μήκος (km)	Ικανότ. Φόρτισης (MVA)	R (Ω)	L (mH)	C (μ F)
ΧΑΝΙΑ	ΑΓΥΙΑ	150	Βαρέως	11,22	168,90	1,0938	15,0848	0,0978
ΑΓΥΙΑ	ΚΑΣΤΕΛΛΙ	150	Βαρέως	21,619	168,90	2,1075	29,0625	0,1885
ΒΡΥΣΕΣ	ΧΑΝΙΑ	150	Βαρέως	18,84	168,90	1,8288	23,4707	0,1750
ΒΡΥΣΕΣ	ΛΙΝΟΠΕΡ.	150	Βαρέως	80,501	168,90	7,8145	100,2874	0,7423
ΧΑΝΙΑ	ΡΕΘΥΜΝΟ	150	Βαρέως	52,603	168,90	5,1064	65,5324	0,4887
ΡΕΘΥΜΝΟ	ΛΙΝΟΠΕΡ	150	Βαρέως	46,741	168,90	4,5336	58,1818	0,4339
ΛΙΝΟΠΕΡ.	ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑ	150	Ελαφρώς	24,03	116,90	4,4055	34,1428	0,1978
ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑ	ΜΟΙΡΕΣ	150	Ελαφρώς	14,22	116,90	2,6070	20,2043	0,1171
ΜΟΙΡΕΣ	ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	150	Ελαφρώς	25,91	116,90	4,7429	36,7582	0,2130
ΠΡΑΙΤΩΡΙΑ	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	150	Ελαφρώς	54,40	116,90	9,9582	77,1766	0,4472
ΛΙΝΟΠΕΡ.	ΗΡΑΚΛ. (a)	66	Ελαφρώς	6,788	51,40	1,2430	8,6688	0,0615
ΛΙΝΟΠΕΡ.	ΗΡΑΚΛ.Ι (b)	66	Ελαφρώς	8,633	51,40	1,5903	11,0910	0,0787
ΛΙΝΟΠΕΡ.	ΗΡΑΚΛ.ΙΙΙ	150	Βαρέως (2)	10,67	168,90	5,0565	39,1882	0,2271
ΗΡΑΚΛ ΙΙΙ	ΗΡΑΚΛ ΙΙ	150	Βαρέως (2)	10,67	168,90	5,0565	39,1882	0,2271
ΛΙΝΟΠΕΡ.	ΗΡΑΚΛ.ΙΙ	150	Βαρέως (2)	19,202	168,90	1,8639	23,9206	0,1783
ΗΡΑΚΛ.ΙΙ	ΣΤΑΛΙΔΑ	150	Βαρέως (2)	19,963	168,90	7,4619	56,8655	0,3351
ΣΤΑΛΙΔΑ	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	150	Βαρέως (2)	28,847	168,90	5,2732	40,8679	0,2368
ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	150	Βαρέως (2)	80,319	168,90	3,8451	29,7995	0,1727
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	ΜΑΡΩΝΙΑΣ	150	Βαρέως	33,402	142,90	6,1193	47,4250	0,2754
ΜΑΡΩΝΙΑΣ	ΣΗΤΕΙΑΣ	150	Βαρέως	8,076	142,90	1,4795	11,4817	0,0664
ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚ.	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	150	Βαρέως (2)	37,148	168,90	6,8078	52,7609	0,3057
ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚ.	ΣΗΤΕΙΑ	150	Βαρέως	23,218	168,90	2,2530	28,9068	0,2156

Πίνακας 5-8:Στοιχεία Γραμμών Μεταφοράς Δικτύου Κρήτης

5.8 Στοιχεία για τις μονάδες Α.Π.Ε. στο Νησί

Σημαντικά είναι τα ποσοστά της εγκατεστημένης παραγωγής από μονάδες Α.Π.Ε. στη Κρήτη. Το πλούσιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό που διαθέτει το νησί, δίνει σημαντικά κίνητρα στους παραγωγούς που θέλουν να επενδύσουν σε εγκαταστάσεις Φ/Β και Αιολικών πάρκων. Στο Πίνακα 5-9 παρουσιάζονται συνοπτικά οι μονάδες Α.Π.Ε. που είναι διασυνδεδεμένες με το Σ.Η.Ε. της Κρήτης σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο της Δ.Ε.Η. για το έτος 2011.

Αιολικά (MW)	Μικρά Υδροηλεκτρικά (MW)	Βιοαέριο - Βιομάζα (MW)	Φ/Β (MW)	Σύνολο (MW)
173,95	0,3	0,4	55,62	230,26

Πίνακας 5-9: Σύνοψη μονάδων Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης κατά το έτος του 2011

5.8.1 Μικρά Υδροηλεκτρικά

Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις Μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών (Μ.ΥΗ.Σ), στη Κρήτη, αυτοί βρίσκονται στο Νομό Χανίων και συγκεκριμένα στην περιοχή της Αγυιάς και Αλμυρού.

Ο πρώτος Μ.ΥΗ.Σ. είναι ένας από τους παλαιότερους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της χώρας καθώς ξεκίνησε να λειτουργεί από το 1929. Ο Μ.ΥΗ.Σ. Αγυιάς, κατά την έναρξη λειτουργίας του, διέθετε τρεις μονάδες των 0,30 MW, των οποίων η συνολική ισχύς μπορούσε να φτάσει τα 0,90 MW έκαστος. Η λειτουργία του όμως έλαβε τέλος, καθώς στις 23 Μαΐου 2009 ολοκληρώθηκε η παραχώρηση του Μ.ΥΗ.Σ. Αγυιάς και των εκτάσεων του, στη Νομαρχία Χανίων με σκοπό την πλήρης περιβαλλοντική αναβάθμιση της ευρύτερης περιοχής.

Επομένως αυτή τη στιγμή ο μοναδικός Μ.ΥΗ.Σ. που βρίσκεται σε λειτουργία είναι στη περιοχή του Αλμυρού, στο δήμο Γεωργιούπολης. Ο εν' λόγω Σταθμός Παραγωγής αποτέλεσε το δεύτερο έργο εκμετάλλευσης υδροηλεκτρικής ενέργειας στο νησί καθώς ξεκίνησε να λειτουργεί από το 1954. Ο Μ.ΥΗ.Σ. Αλμυρού αξιοποιεί μέρος από τις απορροές των Λευκών Ορέων, οι οποίες συγκεντρώνονται στη λίμνη του Αλμυρού (Εικόνα 5-20). Διαθέτει μία μονάδα των 0,30 MW της οποίας η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας μπορεί να φτάσει και τις 1,25 GWh (Εικόνα 5-21). Αξίζει να σημειωθεί πως τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη του υδροηλεκτρικού έργου είναι ιδιαίτερα σημαντικά καθώς στην περιοχή του φράγματος έχει δημιουργηθεί υδροβιότοπος, ενώ η λειτουργία του Μ.ΥΗ.Σ. συμβάλλει στην αποφυγή εκπομπής ρύπων CO₂ κατά 1.250 τόνους ετησίως.



Εικόνες: 5-20(A) Εικόνα 5-21(B): (A) Λίμνη Αλμυρού και (B) Μονάδα παραγωγής Μ.ΥΗ.Σ. Αλμυρού

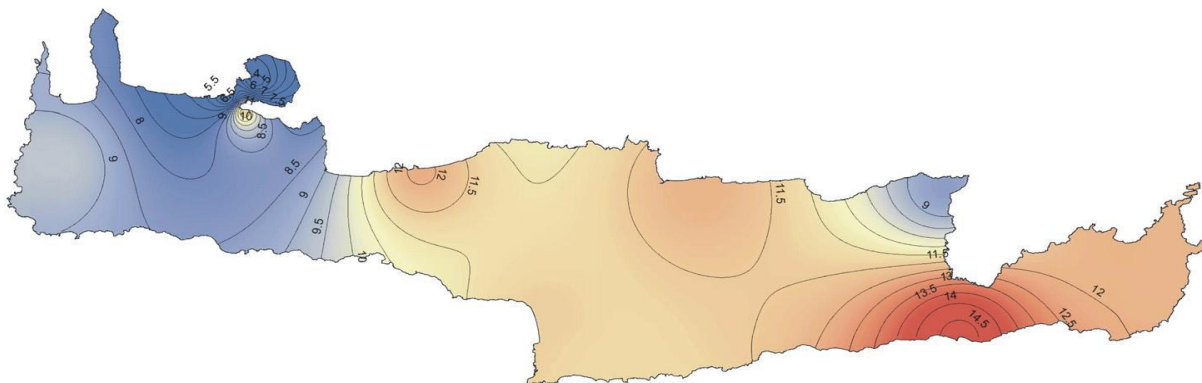
5.8.2 Μονάδες παραγωγής Βιομάζας

Οι δύο μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο βρίσκονται στους Βιολογικούς καθαρισμούς της Δημόσιας Επιχείρησης Ύδρευσης - Αποχέτευσης (Δ.Ε.Υ.Α) των Χανίων και του Ηρακλείου αντίστοιχα, συνεισφέροντας σημαντικά στην ικανοποίηση των εσωτερικών καταναλώσεων των μονάδων αυτών. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των συγκεκριμένων μονάδων παραγωγής από βιοαέριο είναι ίση με 0,40 MW.

5.8.3 Αιολικά Πάρκα

Ο αριθμός των εγκαταστάσεων από Αιολικά Πάρκα (Α/Π) στο νησί είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικός, ενώ επίσης υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τη δημιουργία ακόμη περισσότερων μονάδων αιολικής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού εμφανίζεται αρκετά υψηλό αιολικό δυναμικό. Στην Εικόνα 5-22 φαίνεται ο χάρτης αιολικού δυναμικού της Κρήτης καθώς και η ταχύτητα του ανέμου (m/s) σε ύψος 80 μέτρων η οποία κυμαίνεται αναλόγως με τη περιοχή [18].

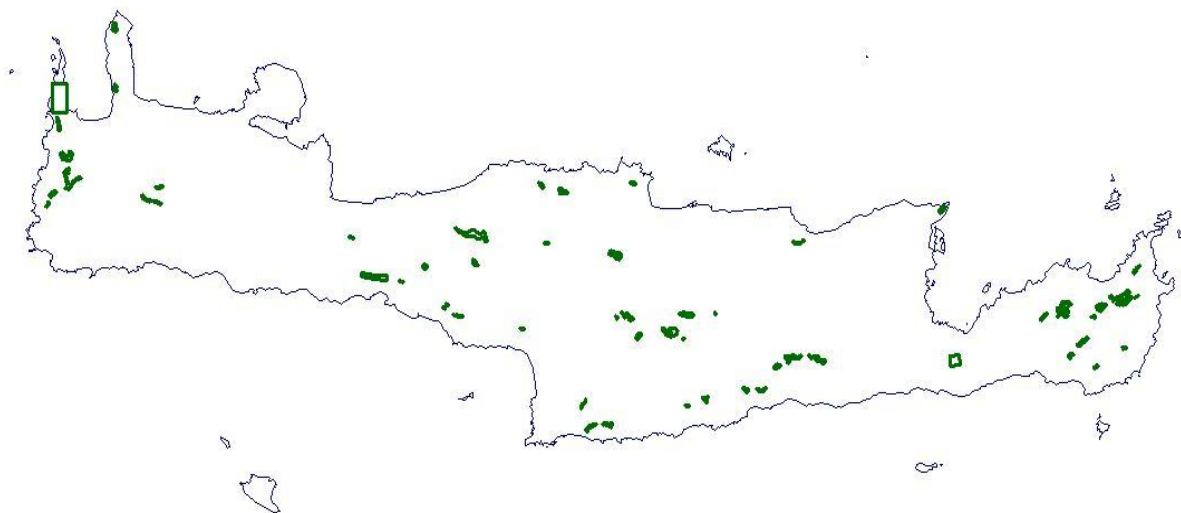
Wind speed at height of 80m in m/s



Εικόνα 5-22: Αιολικός χάρτης Κρήτης

Όπως φαίνεται και από τη παραπάνω εικόνα μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό εμφανίζεται σε περιοχές του Νομού Λασιθίου. Στην συντριπτική τους πλειονότητα οι εγκαταστάσεις Α/Π του νησιού βρίσκονται στην περιοχή της Σητείας καθώς οι ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή όπως, η υψηλή μέση ταχύτητα ανέμου σε συνδυασμό με μικρές διακυμάνσεις ταχύτητας και της

κατεύθυνσής του, αποτελούν εξαιρετικά ευνοϊκό παράγοντα υπένδυσης σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις. Στην Εικόνα 5-23 φαίνεται η γεωγραφική κατανομή χωροθέτησης αδειών για εγκαταστάσεις Α/Π, στο νησί της Κρήτης [35]. Σύμφωνα με την εικόνα του παρακάτω χάρτη, οι επενδύσεις αιολικής παραγωγής που πρόκειται να γίνουν εστιάζονται και στους τέσσερις Νομούς του νησιού. Σημειώνεται ακόμα ότι, οι υπάρχουσες εγκατεστημένες μονάδες Α/Π, ορισμένες ανήκουν στη Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες Α.Ε. και άλλες αποτελούν ιδιωτικές επενδύσεις ενώ, υπάρχει και ένα Α/Π το οποίο ανήκει σε φορέα της Τοπικής Αυτοδιοίκησης.



Εικόνα 5-23: Γεωγραφική κατανομή χωροθέτησης αδειών για εγκαταστάσεις Α/Π στο νησί της Κρήτης

Το πρώτο αιολικό πάρκο που κατασκευάστηκε στη Κρήτη ήταν από τη Δ.Ε.Η. στο Τοπλού Σητείας το 1993. Το αιολικό πάρκο Τοπλού αποτελείται σήμερα από 17 Ανεμογεννήτριες των 0,30 MW και από 3 ανεμογεννήτριες των 0,50 MW η κάθε μία με συνολική εγκαταστημένη ισχύ που ανέρχεται σε 6,6 MW. Η συνολική παραγωγή του, μέχρι σήμερα, ανέρχεται σε 145.000 MWh και η αποφυγή εκπομπής CO₂ στους 123.250 τόνους. Το αιολικό πάρκο Ξηρολίμνης αποτέλεσε το δεύτερο κατά σειρά έργο της Δ.Ε.Η. και βρίσκεται αρκετά κοντά στον Αθρινόλακκο, στην ομώνυμη περιοχή του Δήμου Ιτάνου της Σητείας, έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 13,2 MW δηλαδή 22 ανεμογεννήτριες ισχύος 0,60 MW η κάθε μία και η ετήσια παραγωγή του ανέρχεται σε 42.000 MWh.

Επίσης με τα παρόντα θεσμικά πλαίσια (συγκεκριμένα μετά το Νόμο 2244/94) το πρώτο ιδιωτικό αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε στη Σητεία του Νομού Λασιθίου από την κατασκευαστική εταιρία ΡΟΚΑΣ ΑΒ.Ε.Ε., εγκατεστημένης ισχύος 10 MW.

Σήμερα η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων στο νησί αντιστοιχεί σε 173,94 MW ενώ αναμένεται να φτάσει τα 200 MW μέσα στην επόμενη τετραετία. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Π σύμφωνα με το έτος 2011 ήταν ίση με 47.808,28 MWh και η συνεισφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην ικανοποίηση της ζήτησης για το ίδιο έτος αντιστοιχεί σε ποσοστό 15,71% περίπου.

Στο Πίνακες 5-10 και 5-11 παρουσιάζεται το σύνολο των αιολικών πάρκων της Κρήτης ανά Νομό μαζί με τις αναλυτικές πληροφορίες τους για το έτος 2011.

Νομός	Πάρκα	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Λασιθίου	14	98,90
Ηρακλείου	6	41,40
Ρεθύμνου	1	7,20
Χανίων	4	26,45

Πίνακας 5-10: Αιολικά Πάρκα της Κρήτης ανά Νομό

Σημειώνεται ακόμα ότι, έχει δρομολογηθεί η ανάπτυξη ενός νέου Α/Π όπου η εγκατεστημένη ισχύς του θα ανέρχεται στα 9,9 MW και θα ολοκληρωθεί μέσα στο έτος του 2012. Η θέση εγκατάστασης του έργου είναι στο Νοτικό - Κοπρινό του Δήμου Λάμπης στο Νομό Ρεθύμνου. Φορέας κατασκευής του έργου αποτελεί η Δ.Ε.Η. ΑΝΕΩΣΗΜΕΣ Α.Ε..

A/A	ΦΟΡΕΑΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	
1	Δ.Ε.Η. ΑΝΕΩΣΗΜΕΣ Α.Ε.	Ι.Μ. Τοπλού Σητείας Ν.Λασιθίου	17 X 0,30	5,10
			3 X 0,50	1,50
2	Δ.Ε.Η. ΑΝΑΣΕΩΣΗΜΕΣ Α.Ε.	Ξηρολίμνη Δ.Σητείας Ν.Λασιθίου	22 X 0,60	13,20
3	ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗ ΑΒΕΕ	Ξηρολίμνη (Αγριλίδια Μητάτου) Ν.Λασιθίου	30 X 0,60	18,00
4	ΑΕΟΛΟΣ Α.Ε.	Χανδράς Λεύκης Ν.Λασιθίου	18 X 0,55	9,90
5	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΡΥΩΝ Α.Ε.	Μαρωνιά Σητείας Ν.Λασιθίου	20 X 0,50	10,00
6	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΧΛΑΔΙΩΝ Α.Ε.	Μαρωνιά Σητείας Ν.Λασιθίου	20 X 0,50	10,00
7	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΝΕΜΟΕΣΣΑ Α.Ε.	Μαρωνιά Σητείας Ν.Λασιθίου	10 X 0,50	5,00
8	Ο.Α. ΣΗΤΕΙΑΣ Α.Ε.	Καμινάκια - Χορδάκι Ν. Λασιθίου	1 X 0,50	0,50
			1 X 0,30	0,30
			1 X 0,90	0,90
9	ΙWECO Α.Ε.	Μεγάλη Βρύση Ν. Ηρακλείου	9 X 0,55	4,95
10	ENERCON ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	Πλατύβολα Αχλαδίων, Δ.Σητείας Ν.Λασιθίου	5 X 0,50	2,50
11	ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Βρουχάς Ν.Λασιθίου	14 X 0,85	11,90
12	WRE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	Πλατύβολα Κρυών Δ.Σητείας Ν.Λασιθίου	4 X 0,75	3,00
13	ΔΟΜΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Βοσκερό Δ. Κρουσώνα Ν. Ηρακλείου	7 X 0,85	5,95
14	ΕΝΤΕΚΑ Α.Ε.	Ξηρολίμνη Ι Δ.Σητείας Ν.Λασιθίου	3 X 0,90	2,70
15	ΥΔΡΟΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Ρόβας Καστελίου Ν.Χανίων	11 X 0,85	9,35
16	ΙWECO ΧΩΝΟΣ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Χώνος Σητείας Ν.Λασιθίου	6 X 0,75	4,50
17	ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Ε.	Αγ. Βαρβάρα Ν. Ηρακλείου	17 X 0,85	14,45
18	ΜΟΙΡΩΝ Α.Ε. (ΑΝΤΙΣΚΑΡΙ)	Αντισκάρι Δ. Μοιρών Ν. Ηρακλείου	7 X 0,75	5,25
19	ΕΝVΙΤΕC Α.Ε.	Βάρδια Ν.Χανίων	9 X 0,60	5,40
20	ΕΝVΙΤΕC Α.Ε.	Βατάλι Ν. Χανίων	9 X 0,60	5,40
21	ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Αγ. Κύριλλος Δ. Γόρτυνας	8 X 0,90	7,20
22	ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Β.Ε.Ε.	Καλόγηρος Δ. Γαζίου Ν. Ηρακλείου	6 X 0,60	3,60
23	ΑΝΕΜΟΣ ΑΛΚΥΟΝΙΟΣ Α.Ε.Ε.	Προφήτης Ηλίας Ν.Χανίων	7 X 0,90	6,30
24	Δ.Ε.Η. ΑΝΕΩΣΗΜΕΣ Α.Ε.	Ακούμια, Δ. Λάμπης, Ν. Ρεθύμνου	8 X 0,90	7,20
ΣΥΝΟΛΟ				173,94

Πίνακας 5-11: Αιολικά Πάρκα στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης για το έτος 2011

Στην Εικόνα 5-24 και 5-25 φαίνεται η όψη δύο σημαντικών έργων Αιολικής Παραγωγής, στο Νομό Λασιθίου.



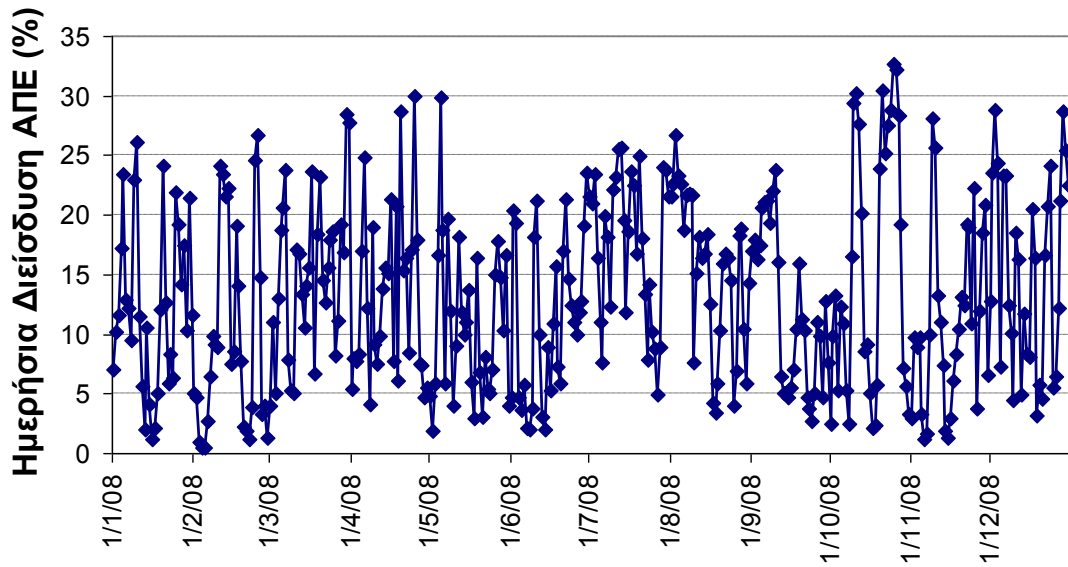
Εικόνα 5-24: Α/Π Ξηρολίμνης, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 13,20 MW της Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες Α.Ε., βρίσκεται στο Δήμο Ιτάνου Σητείας του Νομού Λασιθίου



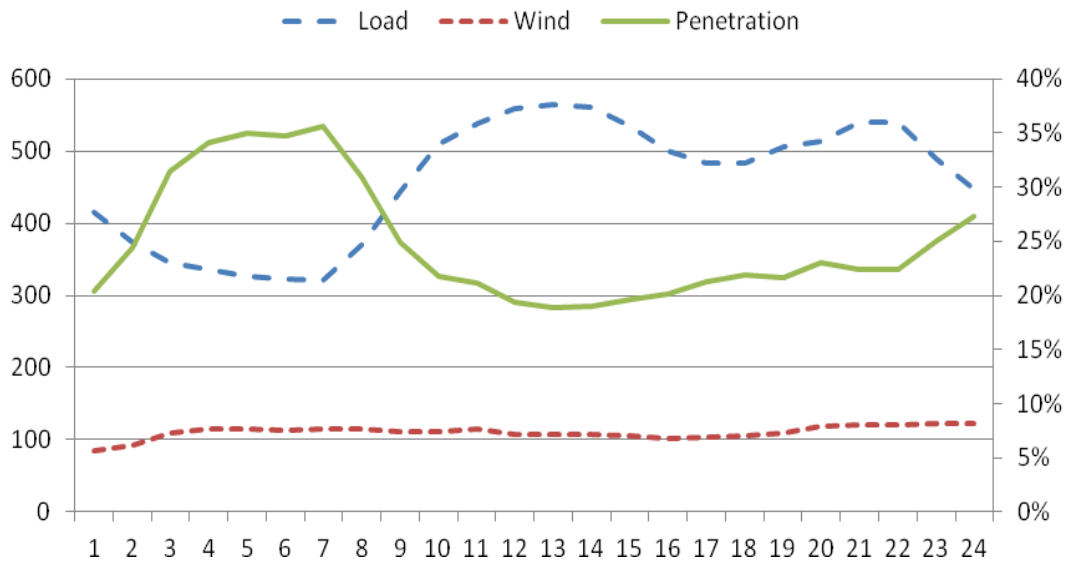
Εικόνα 5-25: Αιολικό Πάρκο συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 18 MW της ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ στη Ξηρολίμνη Σητείας (Αγριλίδια Μητάτου) του Νομού Λασιθίου

Με βάση την ανάλυση πραγματικών μετρήσεων κατά το έτος 2008, αξίζει να σημειωθεί ότι την περίοδο από 20 έως και 28 Οκτωβρίου τα Αιολικά πάρκα συνεισέφεραν το 27.6% της καταναλισκόμενης ενέργειας στο νησί. Συγκριτικά η μηνιαία παραγωγή Α/Π, φορτίου και διείσδυσης ανά μήνα παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-26. Ένα ενθαρρυντικό στοιχείο για την αξία των Α.Π.Ε. είναι η θετική συσχέτιση της αιολικής παραγωγής με τη ζήτηση καθώς τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο η αιολική διείσδυση υπερβαίνει το μέσο ετήσιο ποσοστό. Το

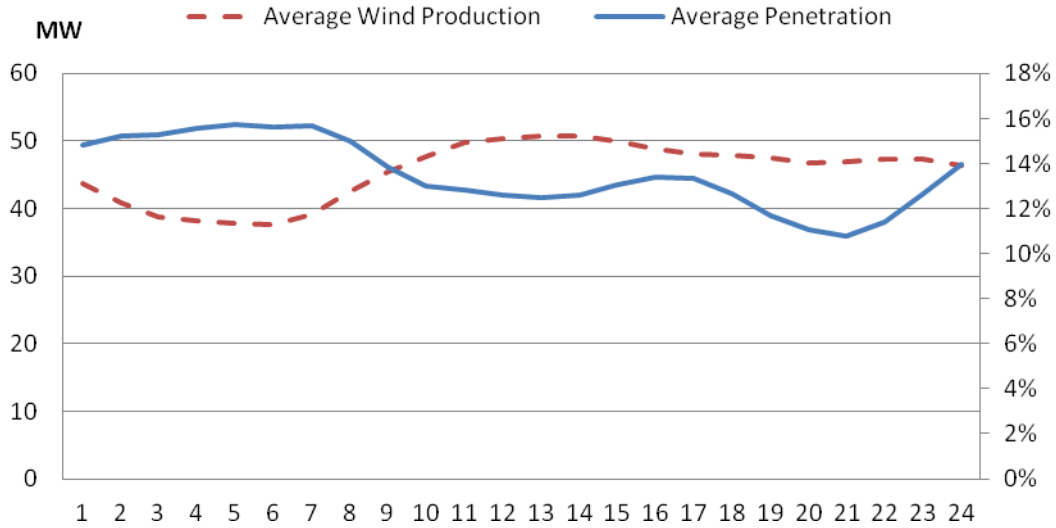
γεγονός αυτό απεικονίζεται χαρακτηριστικά στην Εικόνα 5-27 όπου για τις 29 Ιουλίου η ημερήσια αιολική παραγωγή ήταν 2,641 GWh ή 24% της ενέργειας που ζητήθηκε.



Εικόνα 5-26: Ημερήσια Διείσδυση Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε. Κρήτης

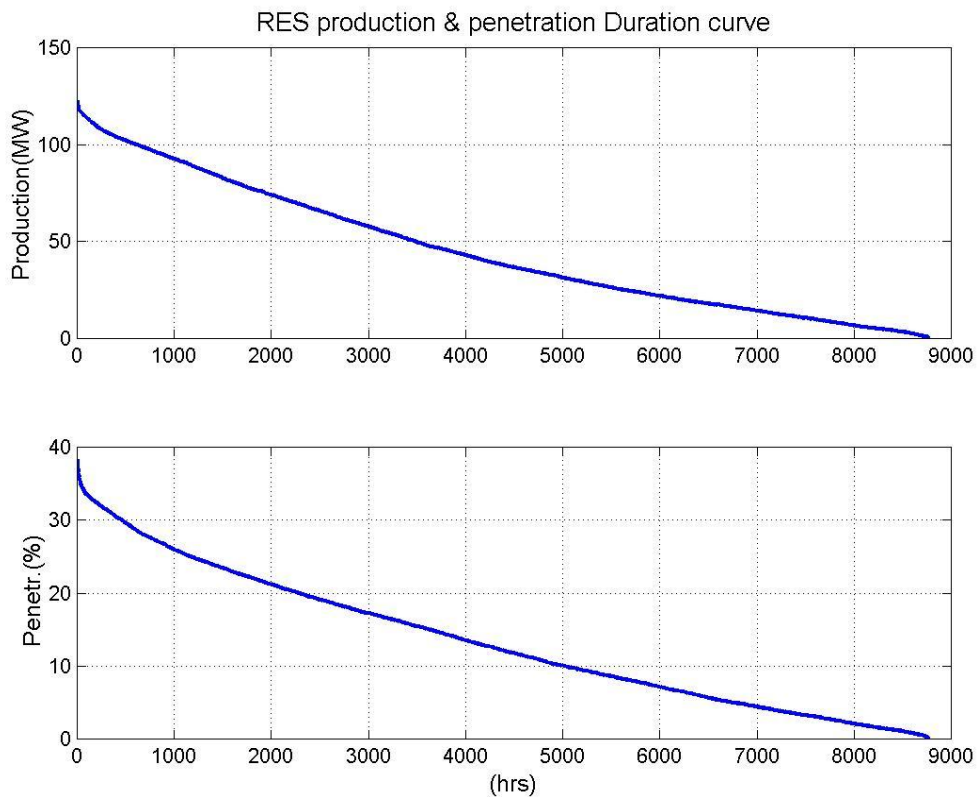


Εικόνα 5-27: Φορτίο και αιολική παραγωγή στις 29 Ιουλίου



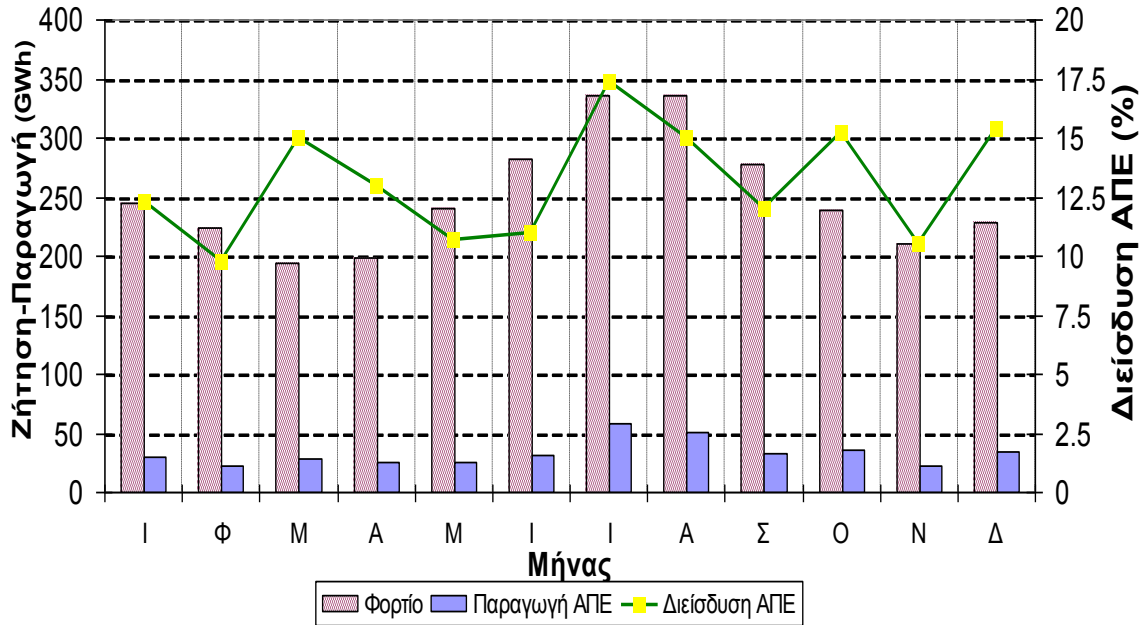
Εικόνα 5-28: Τυπική 24ωρη καμπύλη Αιολικής παραγωγής και διείσδυσης

Από το γράφημα της Εικόνας 5-28 απεικονίζεται η μέση ετήσια διείσδυση από αιολική ενέργεια κατά το ίδιο έτος. Σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα η μέση ετήσια διείσδυση αιολικής ενέργειας ήταν 13.36%. Η καμπύλη διάρκειας της αιολικής παραγωγής αλλά και της ωριαίας αιολικής διείσδυσης παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-29. Η ημέρα με τη μεγαλύτερη συμμετοχή των αιολικών πάρκων στο Ισοζύγιο του Σ.Η.Ε. Κρήτης ήταν η 25η Οκτωβρίου του 2008 με 32.64%.



Εικόνα 5-29: Καμπύλη διάρκειας παραγωγής από Α.Π.Ε. αλλά και διείσδυσης

Τέλος, στην Εικόνα 5-30 παρουσιάζεται η σύγκριση της μηνιαίας ζήτησης ενέργειας, της αιολικής παραγωγής αλλά και της συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. στο νησί για το έτος του 2008. Σύμφωνα με τα στοιχεία της εικόνας τον μήνα Ιούλιο παρατηρήθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. και το οποίο ανήλθε σε ποσοστό του 17,5%. Αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι το υψηλότερο ποσοστό συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. στο νησί συνέβη σε περίοδο μέγιστης ενεργειακής ζήτησης.



Εικόνα 5-30: Σύγκριση μηνιαίας ζήτησης ενέργειας, Αιολικής παραγωγής αλλά και Διείσδυσης Α.Π.Ε.

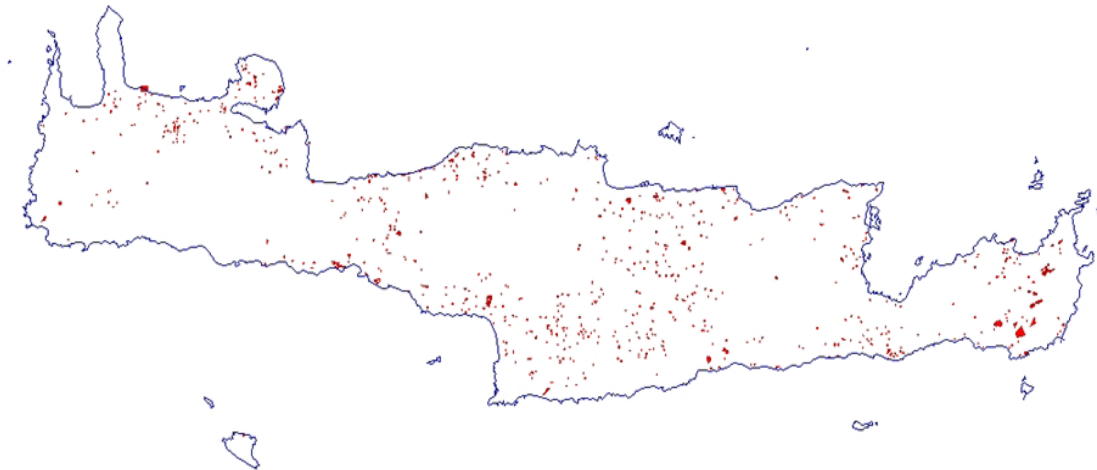
5.8.4 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Ο μεγάλος αριθμός Φ/Β εγκαταστάσεων που έχει αδειοδοτηθεί με το παρόν θεσμικό πλαίσιο (κυρίως του Ν.3468/2006) από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) πρόκειται να αλλάξει σημαντικά το ενεργειακό κατεστημένο του νησιού. Το σύνολο των αδειοδοτημένων έργων παρατίθενται ανά Νομό στο Πίνακα 5-12.

Νομός	Αριθμός Φ/Β Σταθμών	Αδειοδοτημένη Ισχύς Φ/Β (MW)
Λασιθίου	262	19,9
Ηρακλείου	501	35,91
Ρεθύμνου	241	18,26
Χανίων	200	14,75
Σύνολο	1.204	88,82

Πίνακας 5-12: Αδειοδοτημένη Ισχύς από Φ/Β στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης

Στην Εικόνα 5-31 φαίνεται μία γεωγραφική απεικόνιση της χωροθέτησης των αδειοδοτημένων εγκαταστάσεων Φ/Β στο νησί της Κρήτης. Από το πλήθος των αδειοδοτημένων έργων στη γεωγραφική έκταση των νησιού διαπιστώνεται ότι οι μονάδες παραγωγής Φ/Β αναμένεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στο τομέα της ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης.



Εικόνα 5-31: Χωροθέτηση αδειοδοτημένων εγκαταστάσεων Φ/Β στο νησί της Κρήτης

Επίσης σημαντικές είναι και οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις Φ/Β με το παλιό θεσμικό καθεστώς (της μη προμηδοτούμενης παραγόμενης kWh από Φ/Β. Κάποιες από τις κυριότερες εγκαταστάσεις Φ/Β Σταθμών στο νησί που η εγκατεστημένη τους ισχύς έχει υπερβεί τα 100 kW, παρουσιάζονται στο Πίνακα 5-13. Στην Εικόνα 5-32 και 5-33 φαίνεται η όψη δύο Φ/Β σταθμών που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

ΦΟΡΕΑΣ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ,	172
ΓΕΡΜΑΝΟΣ ΑΒΕΕ	166
ΛΕΥΚΟΣΙΔΗΡΟΥΡΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕΒΕ	126,7
ΑΓΓΕΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	135

Πίνακας 5-13: Κυριότεροι Φ/Β Σταθμοί στη Κρήτη με το παλιό θεσμικό καθεστώς



Εικόνα 5-32: Φ/Β Σταθμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 172 kWp της ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ στο Νομό Λασιθίου



Εικόνα 5-33: Φ/Β Σταθμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 135 kWp στο Νόμο Ηρακλείου

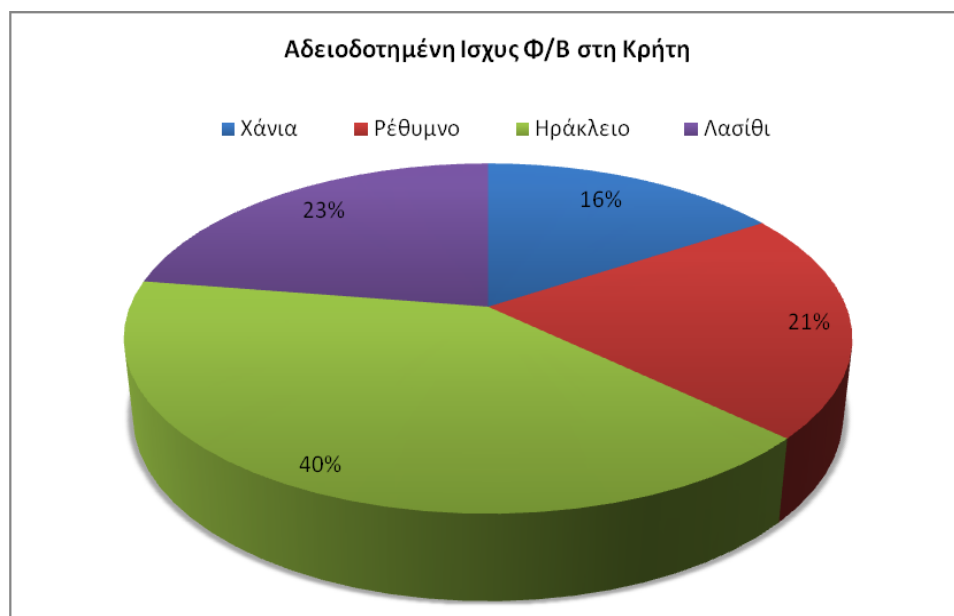
Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τωρινές εγκαταστάσεις στο νησί. Σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο που δημοσιεύεται η Δ.Ε.Η. για το μήνα Μάιο του 2011, η εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β ανά Νομό της Κρήτης ανέρχονταν σε αυτή που αναγράφεται στον Πίνακα 5-14.

Νομός	Εγκατεστημένη Ισχύς Φ/Β (MW)
Χανίων	4,88
Ρεθύμνου	7,56
Ηρακλείου	14,74
Λασιθίου	10,34
Σύνολο	37,52

Πίνακας 5-14: Εγκατεστημένη Ισχύς Φ/Β ανά Νομό της Κρήτης

Με τα πιο πρόσφατα στοιχεία της Δ.Ε.Η. η συνολική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β στο νησί για στο τέλος του έτους 2011 ανήλθε στα 57,84 MW (περιγράφεται αναλυτικά στο 2^ο Κεφάλαιο). Επομένως σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, το 65% της αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β στο νησί είναι είδη εγκατεστημένο.

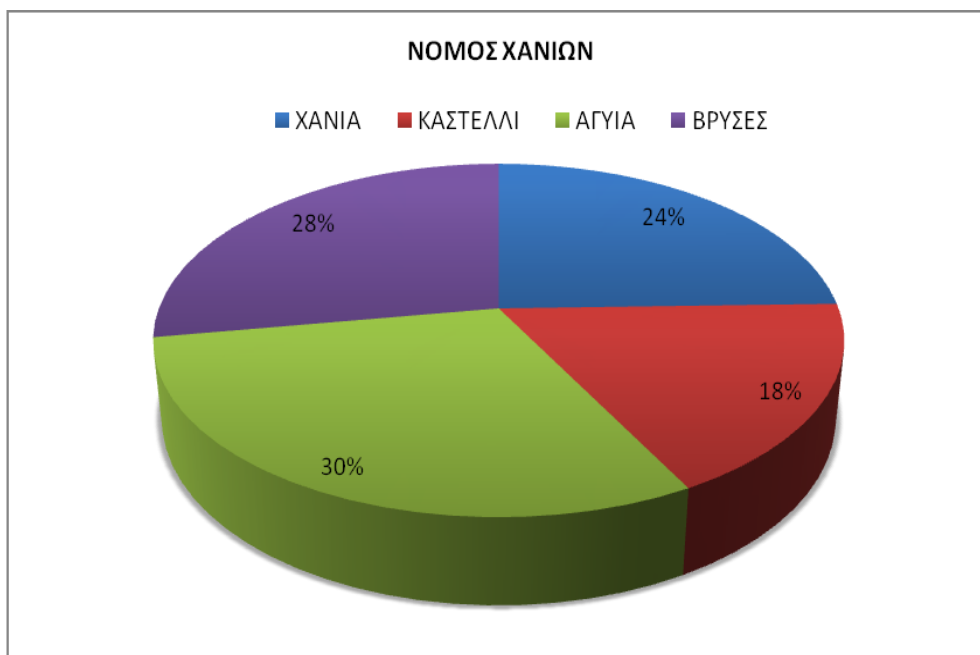
Έτσι σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν στα στοιχεία που ακολουθούν, καθώς φαίνονται αναλυτικά στοιχεία της κατανομής των αδειοδοτημένων Φ/Β ανά Δήμο στους Νομούς της Κρήτης. Στους Πίνακες 5-15, 5-16, 5-17, 5-18 αναγράφεται η κατανομή αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό των Νομών Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου (με τον Υ/Σ Αγ. Βαρβάρας να είναι εκτός) και Λασιθίου (με τους Υ/Σ Μαρωνίας να είναι εκτός) αντίστοιχα. Επίσης στην Εικόνα 5-34 φαίνεται το συνολικό ποσοστό αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β για κάθε Νομό της Κρήτης ενώ στις Εικόνες 5-35, 5-36, 5-37 απεικονίζεται το ποσοστό της αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό των Νομών Χανίων, Ηρακλείου και Λασιθίου (στο Νομό Ρεθύμνου υπάρχει ένας Υποσταθμός οπότε δεν υπάρχει αντίστοιχη εικόνα).



Εικόνα 5-34: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β στη Κρήτη

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (KW)
ΧΑΝΙΑ	Ακρωτήρι	2.639,3
	Χανιά	439,6
	Ελ.Βενιζέλου	239,6
	Σούδα	0
ΚΑΣΤΕΛΛΙ	Κίσσαμος	499,5
	Κολυμπάρι	1.306,28
	Μήθυμνα	320
	Ιναχώριο	80
	Πελεκάνος	180
ΑΓΥΙΑ	Νέα Κυδωνία	320
	Μουσούροι	1.974
	Πλατανιάς	839,9
	Βουκολιές	310
	Κάντανος	367,3
	Σέλινος	260
ΒΡΥΣΕΣ	Φρες	240
	Βάμος	690
	Σφακιά	1.840
	Γεωργιούπολη	260
	Κρυονερίδα	420
	Αρμένιοι	280
	Ασή Γωνιά	0

Πίνακας 5-15: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Χανίων



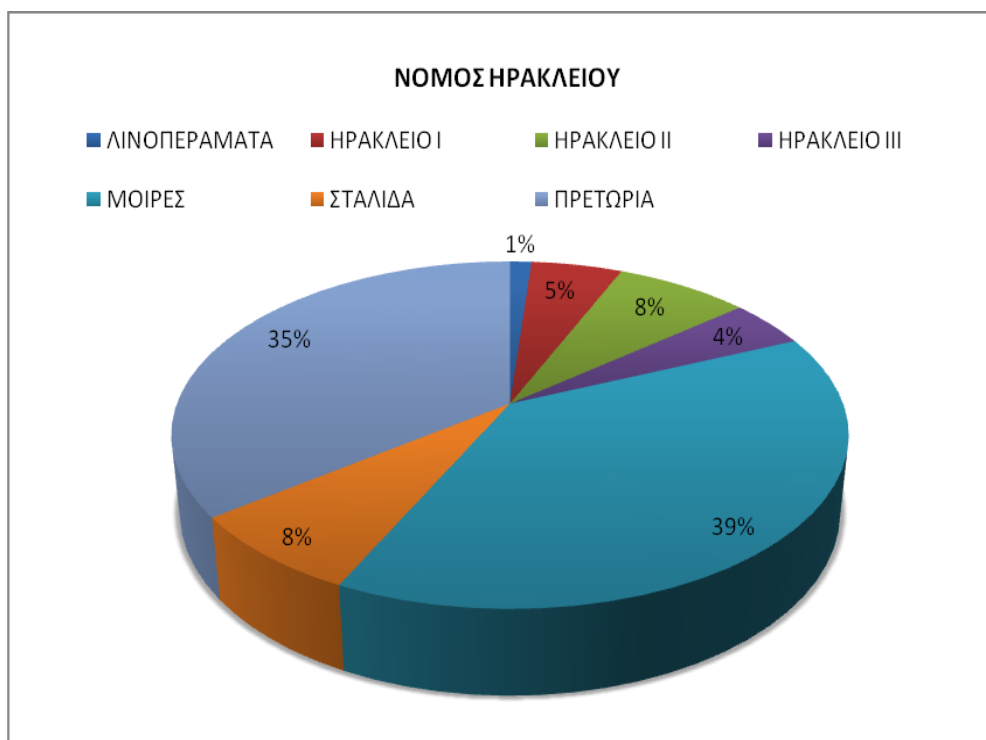
Εικόνα 5-35: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό στο Νομό Χανίων

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (KW)
ΡΕΘΥΜΝΟ	Ρέθυμνο	1.863,49
	Σύβριτος	660
	Λάμπης	4.240
	Φοινηκιά (Πλακιάς)	2.739
	Αρκάδι	1.702,89
	Γεροπόταμος	2.349,28
	Λάπα	80
	Νικηφόρος Φωκάς	1.480
	Κουλούκωνα	480
	Κουρήτες	2.320

Πίνακας 5-16: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Ρεθύμνου

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (KW)
ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ	Γάζι	420
ΗΡΑΚΛΕΙΟ I	Ηράκλειο	1.782,36
ΗΡΑΚΛΕΙΟ II	Αλικαρνασός	943,48
	Γούβες	1.186,64
	Επισκοπή	487
ΗΡΑΚΛΕΙΟ III	Αρχάνες	239,92
	Κρουσώνας	260
	Τέμενος	840
	Τετραχώρι	20
	Τύλισος	160
	Γοργολαϊνη	0
	Ανώγεια	20
	Μοίρες	3689,4
ΜΟΙΡΕΣ	Τυμπάκι	3.277,35
	Αγία Βαρβάρα	953
	Ζαρός	1120
	Ρούβας	160
	Γόρτυνα	4.099,98
	Χερσόνησος	1.079,35
ΣΤΑΛΙΔΑ	Μάλλια	260
	Καστέλλι	320
	Θράψανο	960
	Νίκος Καζαντζάκης	1.935,92
ΠΡΕΤΩΡΙΑ	Αστερουσίας	3.299,35
	Κόφινας	1.099,73
	Αρκαλοχώρι	5.841,55

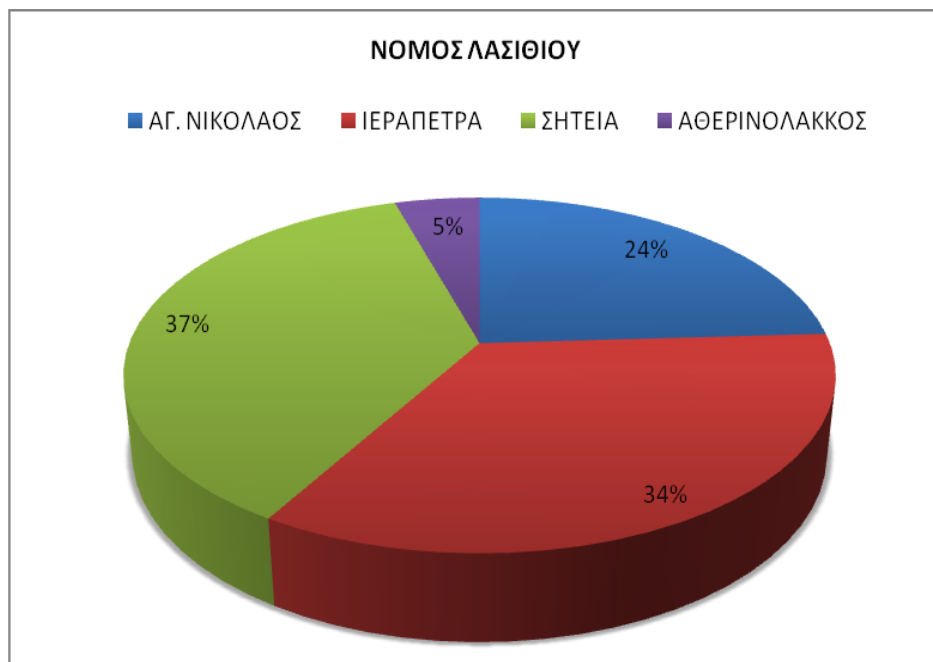
Πίνακας 5-17: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Ηρακλείου



Εικόνα 5-36: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό στο Νομό Ηρακλείου

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (KW)
ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ	Άγιος Νικόλαος	2.536,99
	Νεάπολη	1.105,34
	Οροπέδιο	372
	Βραχάσι	610
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	Ιεράπετρα	5.112,1
	Βιάννος	906
	Μακρύς Γιαλός	570
ΣΗΤΕΙΑ	Σητεία	5.716,53
	Ίτανος	1.360
ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ	Λεύκη	880

Πίνακας 5-18: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Λασιθίου



Εικόνα 5-37: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό στο Νομό Λασιθίου

6 Αποτελέσματα εφαρμογής

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο αυτό, προέκυψαν από τη συνολική ετήσια παραγωγή των εγκατεστημένων Θερμικών Μονάδων Παραγωγής του Σ.Η.Ε. της Κρήτης, σε χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, για το έτος **2008**. Σύμφωνα, με τα διαθέσιμα δεδομένα ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, έγινε η αποτίμηση της παραγωγής των αδειοδοτημένων Φ/Β συστημάτων ενώ παράλληλα διευρύνθηκε η επίδραση της στοχαστικής συμπεριφοράς τους, σε ζητήματα που αφορούν κυρίως την οικονομική και αξιόπιστη λειτουργική απόδοση των μη διασυνδεδεμένων Σ.Η.Ε..

6.1 Χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Αρχικά, παρουσιάζεται μια πρώτη εκτίμηση της ζήτησης του συστήματος, κατά τη διάρκεια του έτους 2008. Συγκεκριμένα, για κάθε μήνα του έτους ξεχωριστά, προσδιορίζονται οι εξής ημέρες:

- Ημέρες με την μέγιστη ζήτηση φορτίου.
- Ημέρες με την ελάχιστη ζήτηση φορτίου.

Η αποτίμηση της παραγωγής των αδειοδοτημένων Φ/Β συστημάτων, πραγματοποιήθηκε μέσω της προσομοίωσης των χαρακτηριστικών ημερών ζήτησης φορτίου. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται τα ακόλουθα μακροσκοπικά μεγέθη:

- Η συνολική παραγωγή από Φ/Β σε MWh.
- Το ποσοστό της ζήτησης του συνολικού φορτίου που καλύφθηκε από μονάδες Φ/Β (Ποσοστό διείσδυσης από Φ/Β).
- Ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β.
- Ημέρα με την ελάχιστη διείσδυση από Φ/Β.
- Ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής από Α.Π.Ε. σε MWh («πλεόνασμα» παραγωγής από Α.Π.Ε., λόγω της υψηλής διείσδυσης Φ/Β).
- Ο περιορισμός παραγωγής από Αιολικούς Σταθμούς λόγω, της μη δυνατότητας απορρόφησής της παραγόμενης ισχύος Α.Π.Ε. από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η αξία παραγωγής από Φ/Β ανά παραγόμενη MWh (σε € και €/MWh).

Όπως αναφέρεται παραπάνω, η συνεισφορά των Φ/Β συστημάτων, στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής του νησιού, έχει άμεση συνέπεια στην οικονομική και αξιόπιστη λειτουργική του απόδοση. Επομένως, για τις αντίστοιχες ημέρες ζήτησης φορτίου, ξεχωριστό πεδίο ερευνάς αποτελεί, η επίπτωση των Φ/Β συστημάτων, στην οικονομική και αποδοτική λειτουργία των εγκατεστημένων θερμικών μονάδων παραγωγής του Σ.Η.Ε. της Κρήτης.

Συνεπώς, μέσω της προσημείωσης χαρακτηριστικών ημερών ζήτησης φορτίου, εξετάστηκε:

- Η λειτουργία ανά τύπο Θερμικής Μονάδας Παραγωγής. (Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο Θερμικής Μονάδας Παραγωγής μετά και την «είσοδο» των Φ/Β).
- Η λειτουργία ανά Σταθμό Παραγωγής. (Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά Σταθμό Παραγωγής μετά και την «είσοδο» των Φ/Β).

Ακόμα, για την οικονομική ανάλυση της λειτουργίας των Θερμικών Μονάδων Παραγωγής του νησιού, εξετάστηκε η επωφελούμενη κατανάλωση καυσίμου λόγω συνεισφοράς των Φ/Β συστημάτων, όπως επίσης και το αντίκτυπο αυτής, στο κόστος της παραγόμενης MWh (€/MWh). Από τη προσημείωση χαρακτηριστικών ημερών ζήτησης φορτίου εξετάστηκαν συγκεκριμένα, οι παρακάτω περιπτώσεις:

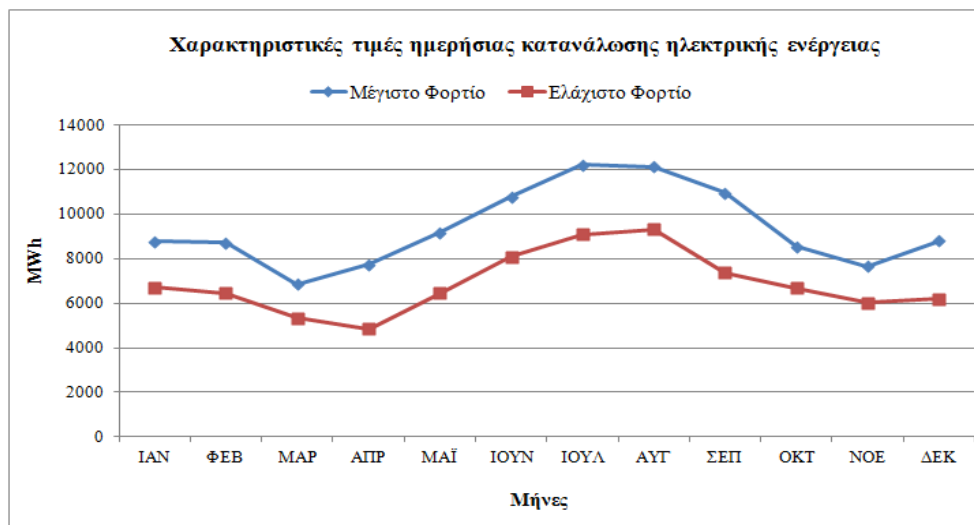
- Η μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ σε τόνους (Tn) και η μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ σε χιλιόλιτρα (klt), λόγω συνεισφοράς των Φ/Β.
- Η ποσοστιαία μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ και καυσίμου Ντίζελ, λόγω συνεισφοράς των Φ/Β.
- Η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ ανά παραγόμενη MWh (kg/MWh) και η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ ανά παραγόμενη MWh (lt/MWh), λόγω συνεισφοράς των Φ/Β.
- Η εξοικονόμηση κόστους καυσίμου σε ευρώ (€), λόγω συνεισφοράς των Φ/Β.
- Η εξοικονόμηση κόστους καυσίμου ανά παραγόμενη MWh (€/MWh), λόγω συνεισφοράς των Φ/Β.

Τέλος, παρουσιάζονται τα σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, έτσι όπως προκύπτουν από τη συνεισφορά των Φ/Β συστημάτων στο Σ.Η.Ε. του νησιού. Όπως αποδεικνύεται, οι σημαντικές ποσότητες εκπεμπόμενων ρύπων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), που προέρχονται από τους τοπικούς Σταθμούς Παραγωγής, μπορούν να μειωθούν σημαντικά από σταθμούς παραγωγής Α.Π.Ε. (Φ/Β Σταθμοί, Αιολικοί Σταθμοί). Από τη προσομοίωση χαρακτηριστικών ημερών ζήτησης φορτίου, εξετάστηκαν οι παρακάτω περιπτώσεις:

- Μείωση εκπομπής ρύπων CO₂ σε τόνους (Tn).
- Μείωση εκπομπής ρύπων CO₂ ανά παραγόμενη MWh (kg/MWh).

6.1.1 Συγκριτικές τιμές ημερήσιας κατανάλωσης

Αρχικά, παρουσιάζεται μια πρώτη ενδεικτική εικόνα αναφορικά με τη ζήτηση του συστήματος κατά το 2008. Έτσι, μέσω της Εικόνα 6-1 φαίνονται συγκριτικά για κάθε μήνα του έτους, οι χαρακτηριστικές τιμές ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο για τις ημέρες ελάχιστου φορτίου όσο και για τις ημέρες μέγιστου φορτίου.



Εικόνα 6-1: Χαρακτηριστικές τιμές ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2008

Αυτό που διακρίνεται από τις παραπάνω χαρακτηριστικές τιμές ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης είναι πως κατά τη θερινή περίοδο αυξάνεται σταδιακά η ενεργειακή ζήτηση και στις δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις, συγκεκριμένα από το μήνα Μάρτιο μέχρι το μήνα Σεπτέμβριο. Η αιχμή ενεργειακής ζήτησης του συστήματος παρουσιάζεται από τη χαρακτηριστική καμπύλη των ημερών μέγιστου φορτίου και είναι το μήνα Ιούλιο, ενώ η ελάχιστη ενεργειακή ζήτηση του συστήματος παρουσιάζεται από τη χαρακτηριστική καμπύλη των ημερών ελάχιστου φορτίου και είναι το μήνα Απρίλιο.

6.2 Ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Από την αποτίμηση της λειτουργίας του Σ.Η.Ε. της Κρήτης για το έτος 2008, καθορίστηκαν οι ημέρες με την υψηλότερη ενεργειακή ζήτηση. Στο Πίνακα 6-1 παρουσιάζονται οι ημερομηνίες μέγιστης ημερήσιας ζήτησης του συστήματος, χωριστά για κάθε μήνα του έτους.

Μήνας	Ημέρομ. μέγιστου φορτίου	Ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)
Ιανουάριος	29/01/2008	8.779,4
Φεβρουάριος	18/02/2008	8.702,1
Μάρτιος	01/03/2008	6.856,2
Απρίλιος	22/04/2008	7.729,0
Μάιος	29/05/2008	9.183,6
Ιούνιος	20/06/2008	10.780,3
Ιούλιος	09/07/2008	12.216,6
Αύγουστος	25/08/2008	12.138,0
Σεπτέμβριος	15/09/2008	10.938,0
Οκτώβριος	04/10/2008	8.545,2
Νοέμβριος	14/11/2008	7.652,8
Δεκέμβριος	31/12/2008	8.810,4

Πίνακας 6-1: Ημερομηνίες μέγιστης ζήτησης συστήματος

Μεγάλη αύξηση της ζήτησης παρατηρείται κατά τη θερινή περίοδο καθώς στις 09/07/2008 του μήνα Ιουλίου, εμφανίζεται η αιχμή της ζήτησης του συστήματος (12.216 MWh). Η ελάχιστη τιμή της ζήτησης όσον αφορά τις συγκεκριμένες ημέρες, παρατηρείται στις 01/03/2008 το μήνα Μάρτιο (6.856 MWh).

Επίσης, στο Πίνακα 6-2, παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή των αδειοδοτημένων Φ/Β συστημάτων στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστου φορτίου. Η μεγαλύτερη τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β, εμφανίζεται τον μήνα Ιούλιο (638,051 MWh) και η ελάχιστη τιμή το μήνα Δεκέμβριο (21,069 MWh). Επομένως, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Φ/Β συστήματα αναμένεται σε υψηλότερα επίπεδα κατά τις θερινές περιόδους καθώς είναι άμεσα εξαρτώμενη της ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια των δεδομένων κλιματολογικών συνθηκών κάθε εποχής.

Μήνας	Παραγωγή Φ/Β (MWh)
Ιανουάριος	80,236
Φεβρουάριος	343,400
Μάρτιος	233,440
Απρίλιος	498,750
Μάιος	500,670
Ιούνιος	620,920
Ιούλιος	638,051
Αύγουστος	364,000
Σεπτέμβριος	190,100
Οκτώβριος	391,620
Νοέμβριος	570,000
Δεκέμβριος	63,082

Πίνακας 6-2: Παραγωγή Φ/Β στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

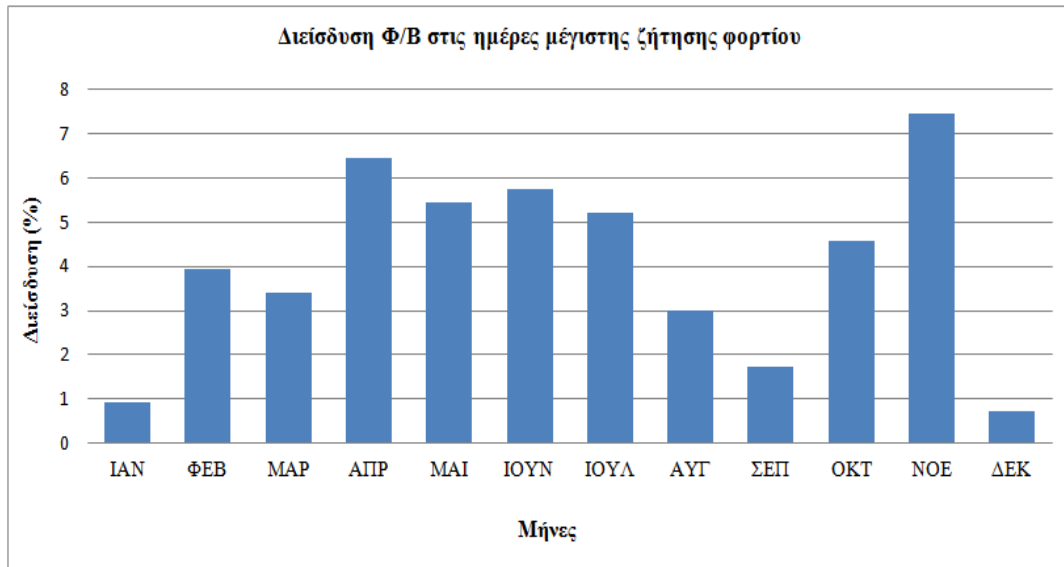
6.2.1 Διείσδυση Φ/Β συστημάτων στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Το ποσοστό της ζήτησης του συνολικού φορτίου που καλύφθηκε από μονάδες παραγωγής Φ/Β συστημάτων για τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φαίνεται στο Πίνακα 6-3. Επίσης οι παρακάτω τιμές διείσδυσης από Φ/Β, παρουσιάζονται αντίστοιχα στην Εικόνα 6-2.

Μήνας	Ποσοστό διείσδυσης Φ/Β (%)
Ιανουάριος	0,913
Φεβρουάριος	3,946
Μάρτιος	3,404
Απρίλιος	6,452
Μάιος	5,451
Ιούνιος	5,759
Ιούλιος	5,222
Αύγουστος	2,998
Σεπτέμβριος	1,737
Οκτώβριος	4,582
Νοέμβριος	7,448
Δεκέμβριος	0,715

Πίνακας 6-3: Διείσδυση Φ/Β στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Από τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα παρατηρείται πως στους μήνες χαμηλού σχετικά φορτίου εμφανίζονται τα μεγαλύτερα ποσοστά διείσδυσης από Φ/Β. Συγκεκριμένα, τους μήνες Απρίλιο (22/04/2008) με ποσοστό διείσδυσης ίσο με 6,452% και το Νοέμβριο (14/11/2008) με ποσοστό διείσδυσης ίσο με 7,448%. Αυτό συμβαίνει διότι, κατά τις περιόδους αυτές επικρατεί παράλληλα υψηλή ηλιοφάνεια με χαμηλότερες θερμοκρασίες απ' ότι τις θερινές περιόδους, οπότε οι συνθήκες είναι ιδανικές για την απόδοση λειτουργίας των Φ/Β συστημάτων. Τη χειμερινή περίοδο (Ιανουάριος, Δεκέμβριος,) είναι προφανές πως καταγράφεται το χαμηλότερο ποσοστό διείσδυσης με 0,913% και 0,715% αντίστοιχα.



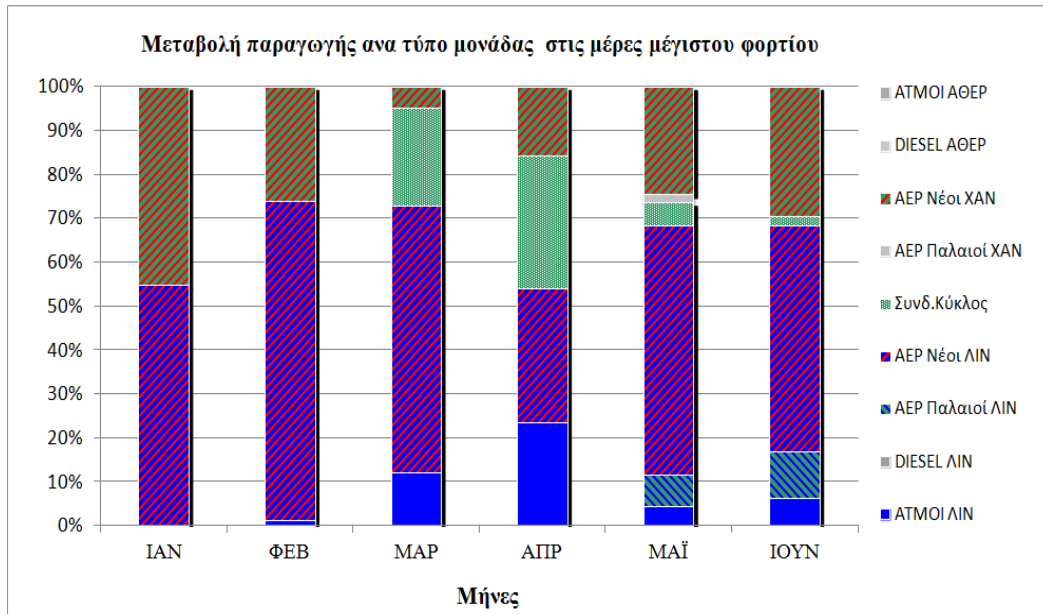
Εικόνα 6-2: Ποσοστό διείσδυσης Φ/Β συστημάτων στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

6.2.2 Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας

Η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής, έτσι όπως προκύπτει από τις εντεταγμένες θερμικές μονάδες στις ημέρες μέγιστου φορτίου αποτυπώνεται από τις Εικόνες 6-3, 6-4 και 6-5. Για τη απλούστερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων, οι θερμικές μονάδες που ανήκουν στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης κατηγοριοποιήθηκαν σε εννέα τύπους θερμικών μονάδων:

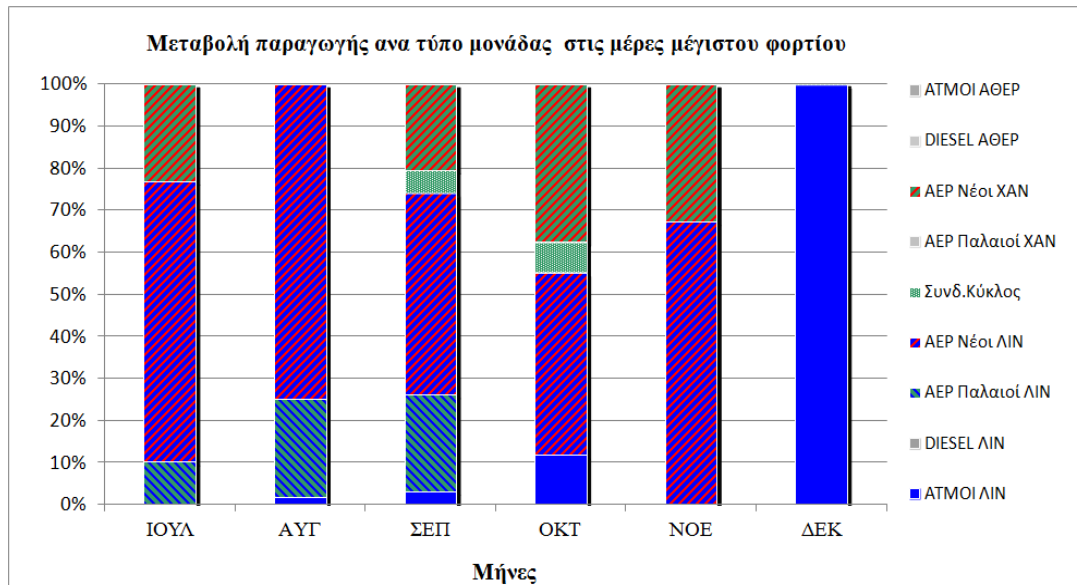
- ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ: Όλες οι μονάδες ατμού των Λινοπεραμάτων.
- ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ: Όλες οι μονάδες ντίζελ των Λινοπεραμάτων.
- ΑΕΡ Παλαιοί ΛΙΝ: Οι αεριοστροβιλικές μονάδες ΑΕΡ1 και ΑΕΡ2 των Λινοπεραμάτων.
- ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ: Οι αεριοστροβιλικές μονάδες ΑΕΡ3, ΑΕΡ4 και ΑΕΡ5 των Λινοπεραμάτων.
- Συνδ. Κύκλος: Μονάδες συνδυασμένου κύκλου ΑΕΡ6 και ΑΕΡ7 στα Χανιά.
- ΑΕΡ Παλαιοί ΧΑΝ: Οι αεριοστροβιλικές μονάδες ΑΕΡ1, ΑΕΡ4 και ΑΕΡ5 στα Χανιά.
- ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ: Οι αεριοστροβιλικές μονάδες ΑΕΡ11, ΑΕΡ12 και ΑΕΡ13 στα Χανιά.
- ΔΙΕΣΕΛ ΑΘΕΡ: Οι μονάδες ντίζελ ΔΙΕΣΕΛ1 και ΔΙΕΣΕΛ2 του Αθερινόλακκου.
- ΑΤΜΟΙ ΑΘΕΡ: Οι μονάδες ατμού ΑΤΜ1 και ΑΤΜ2 του Αθερινόλακκου.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας στο διάστημα των πρώτων έξι μηνών του έτους και αφορά τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.



Εικόνα 6-3: Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στο πρώτο εξάμηνο του έτους στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

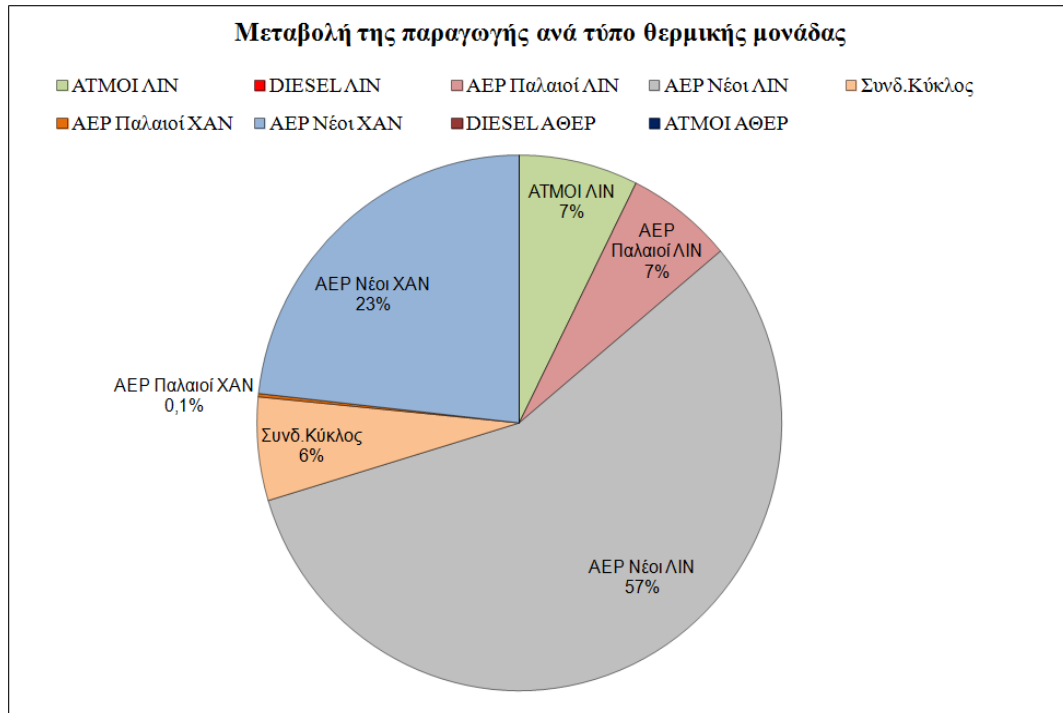
Σύμφωνα με την εικόνα 1-3, κατά μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο η μεταβολή της παραγωγής εμφανίζεται αποκλειστικά από τους ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ και ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ και με ένα ελάχιστο ποσοστό μεταβολής από τους ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ. Σε αντίθεση με τους δύο προηγούμενους μήνες και συγκεκριμένα τους μήνες, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής μεταβάλλεται επιπλέον και από τις μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου, ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ, ΑΕΡ Παλαιοί ΛΙΝ και ελάχιστα από τους ΑΕΡ Παλαιοί ΧΑΝ με αρκετά μεγάλο ποσοστό μεταβολής να παραμένει στους ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ και ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ.



Εικόνα 6-4: Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στο δεύτερο εξάμηνο του έτους στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Στο δεύτερο εξάμηνο του έτους, όπως φαίνεται από την Εικόνα 6-4, το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής, εξακολουθεί να προέρχεται από τις μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ και ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ με εξαίρεση το μήνα Δεκέμβριο όπου η μεταβολή της παραγωγής γίνεται

αποκλειστικά από τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ. Ακόμα παρατηρείται πως κατά τη θερινή περίοδο το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής καλύπτεται επιπρόσθετα από τις μονάδες ΑΕΡ Παλαιοί ΛΙΝ. Τέλος, διακρίνεται πως σε αντίθεση με τους μήνες Ιουλίου και Αυγούστου όπου παρατηρούνται τα υψηλότερα φορτία ζήτησης (αποκλειστική μεταβολή από αεριοστρόβιλους), τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο που υπάρχει σταδιακή ελάττωση του φορτίου ζήτησης εμφανίζεται επιπρόσθετα ένα μικρό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής από τον Συνδυασμένο Κύκλο και από τους ΑΜΤΟΙ ΛΙΝ.



Εικόνα 6-5: Συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκεντρωτική ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου έτσι όπως δείχνεται από την Εικόνα 6-5, είναι τα εξής:

- Στη μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου, παρατηρείται μικρό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής, καθώς καλύπτει το κυμαινόμενο φορτίο του συστήματος ενώ λειτουργεί επιπλέον και ως μονάδα βάσης.
- Από τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ, συμπεραίνεται ότι η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής, συμβαίνει σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Ειδικότερα το μήνα Απρίλιο με ποσοστό μεταβολής ίσο με 22% και το μήνα Δεκέμβριο με ποσοστό μεταβολής που φτάνει το 100%. Γενικότερα, οι μονάδες αυτές είναι μονάδες βάσης για αυτό και επηρεάζονται μόνο στο χαμηλό φορτίο. Ακόμα, σημειώνεται ότι, παρόλο το φθηνότερο καύσιμο (κατανάλωση Μαζούτ), που απαιτείται για τη λειτουργία τους, οι μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ δεν αποτελούν πλέον, τις πιο οικονομικές μονάδες του συστήματος.
- Άξιο σημείωσης είναι το γεγονός ότι, οι μονάδες ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ, είναι οι μοναδικές οι οποίες σε καμία των περιπτώσεων δεν παρουσιάζουν ποσοστό μεταβολής της παραγωγής τους. Οι μονάδες ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ, είναι μονάδες με μικρό ειδικό κόστος λειτουργίας

(κατανάλωση Μαζούτ) και είναι οι οικονομικότερες μονάδες του συστήματος. Επομένως, είναι οι πιο οικονομικά συμφέρουσες μονάδες για τη κάλυψη των αναγκών των φορτίων βάσης του συστήματος και γι' αυτό το λόγω δεν μεταβάλλουν τη φόρτιση τους.

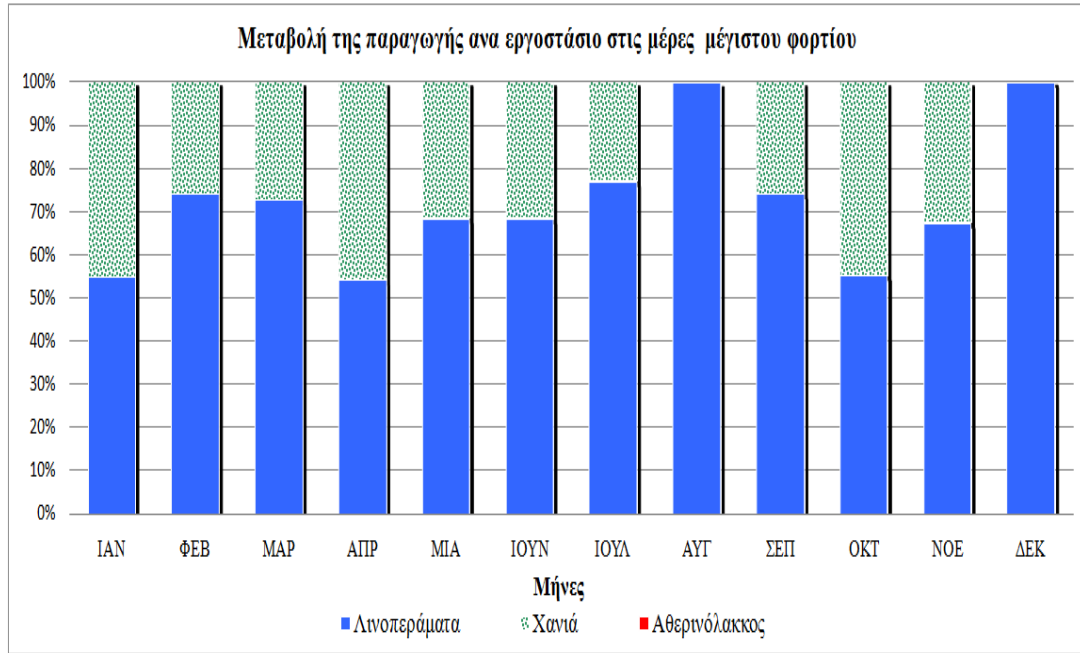
- Το 87,1% της συγκεντρωτικής ποσοστιαίας μεταβολής της παραγωγής, παρατηρείται από τις αεριοστροβιλικές μονάδες. Οι μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ αποτελούν το 23% του ποσοστού, οι μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ αποτελούν το 57%, οι ΑΕΡ Παλαιοί ΛΙΝ το 7% και οι ΑΕΡ Παλαιοί Χαν περίπου το 0,1% του ποσοστού αντίστοιχα. Γενικά, είναι μονάδες μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος και η εκκίνηση τους γίνεται πολύ γρήγορα, επομένως χρησιμοποιούνται ως μονάδες αιχμής. Τέλος, λόγω της κατανάλωσης υψηλού κόστους καυσίμου (Ντήζελ) έχουν πολύ μεγάλο ειδικό κόστος λειτουργίας (€/MWh) και κατά συνέπεια είναι οι ακριβότερες μονάδες του συστήματος. Συνεπώς, προκύπτει το συμπέρασμα ότι, οι αεριοστροβιλικές μονάδες αποτελούν τις ελκυστικότερες μονάδες του συστήματος για να μειώσουν την παραγωγή τους. Η αλήθεια είναι ότι, επειδή οι παλαιές αεριοστροβιλικές μονάδες, στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν τίθενται σε λειτουργία, η μείωση της παραγωγής προέρχεται από τις νέες αεριοστροβιλικές μονάδες οι οποίες είναι και οικονομικότερες.

6.2.3 Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο

Μια πιο σαφή εικόνα των αποτελεσμάτων, έχει να κάνει με τη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής, ανά σταθμό παραγωγής. Στο πίνακα 6-4 παρουσιάζεται η μεταβολή της παραγωγής (σε MWh) ανά εργοστάσιο για κάθε μήνα στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου. Αυτό που γίνεται εύκολα αντιληπτό είναι πως σε χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης του συστήματος η παραγωγή μεταβάλλεται στους δύο από τους τρεις σταθμούς παραγωγής του νησιού.

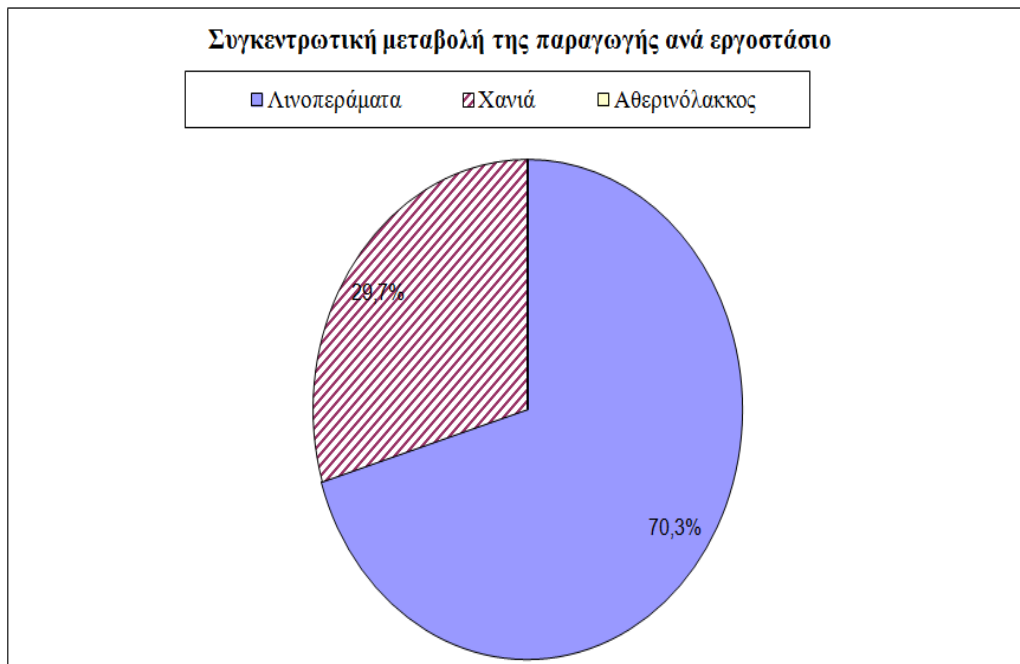
Μήνας	Λινοπεράματα (MWh)	Χανιά (MWh)	Αθερινόλακκος (MWh)
Ιανουάριος	43,96	36,27	0,00
Φεβρουάριος	254,01	89,39	0,00
Μάρτιος	169,65	63,79	0,00
Απρίλιος	269,18	229,57	0,00
Μάιος	342,21	158,46	0,00
Ιούνιος	423,63	197,28	0,00
Ιούλιος	490,55	147,50	0,00
Αύγουστος	364,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	140,70	49,40	0,00
Οκτώβριος	215,73	175,88	0,00
Νοέμβριος	383,30	186,70	0,00
Δεκέμβριος	63,07	0,01	0,00

Εικόνα 6-4: Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου



Εικόνα 6-6: Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής όπως φαίνεται στην Εικόνα 6-6, παρουσιάζεται στο σταθμό των Λινοπεραμάτων. Ειδικότερα, στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης των μηνών, Αυγούστου και Δεκεμβρίου παρατηρείται αποκλειστική μεταβολή της παραγωγής. Επομένως, αυτό που συμπεραίνεται είναι ότι, τις ημέρες με τα υψηλότερα και χαμηλότερα φορτία (Αύγουστος και Δεκέμβριος αντίστοιχα), ο σταθμός παραγωγής των Λινοπεραμάτων είναι ο μοναδικός που μεταβάλλει τη παραγωγή του.



Εικόνα 6-7: Συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Αυτό που συμπεραίνεται από τη συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου σύμφωνα με την Εικόνα 6-7, είναι ότι, ο σταθμός παραγωγής των Λινοπεραμάτων, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής, έναντι αυτού των Χανίων, διότι λειτουργεί κυρίως, ως σταθμός βάσης του συστήματος, επίσης όπως αναφέρεται και παραπάνω, σε υψηλές και χαμηλές ημέρες ζήτησης φορτίου (Αύγουστος, Δεκέμβριος) μεταβάλλει αποκλειστικά τη παραγωγή του. Εν' αντιθέσει, ο σταθμός παραγωγής των Χανίων, συμβάλει στα κυμαινόμενα φορτία του συστήματος (συνδυασμένος κύκλος) και λειτουργεί κυρίως ως σταθμός αιχμής (αεριοστρόβιλοι).

Τέλος, σημειώνεται ότι ο σταθμός παραγωγής του Αθερινόλακκου δεν εμφανίζει καθόλου ποσοστό μεταβολής της παραγωγής του στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, ο συγκεκριμένος σταθμός παραγωγής διαθέτει μονάδες με σχετικά μικρό λειτουργικό κόστος (κατανάλωση Μαζούτ).

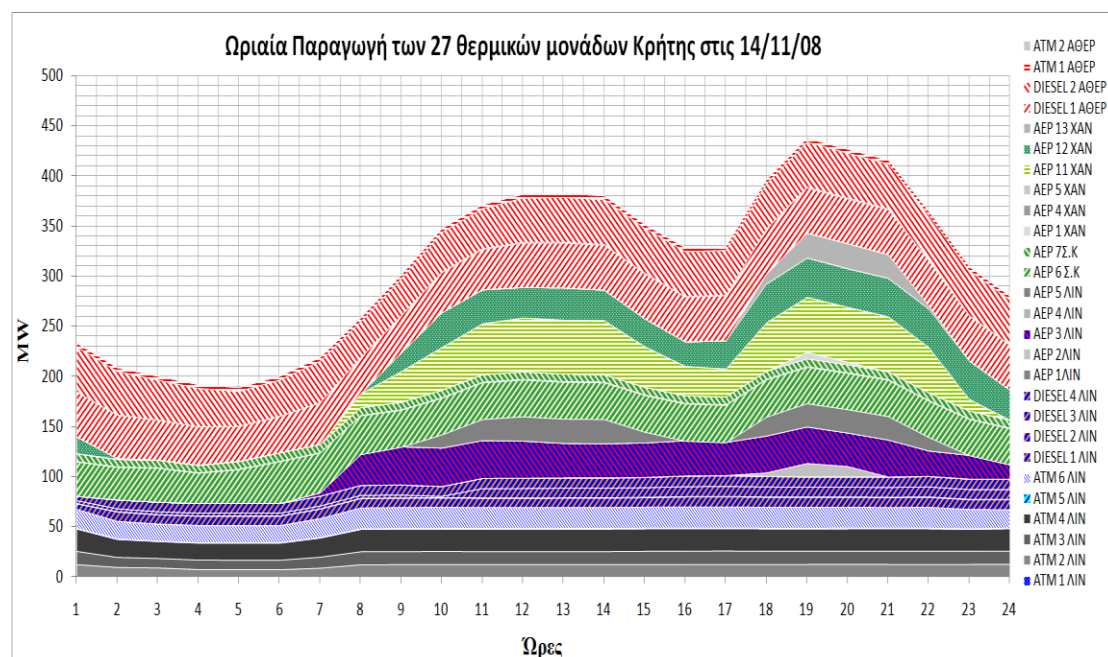
6.2.4 Χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

6.2.4.1 Ημέρα με τη υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β

Για την λεπτομερή ανάλυση της χαρακτηριστικής ημέρας με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β, γίνεται αρχικά μια απεικόνιση της συνολικής ζήτησης ισχύος των 27 θερμικών μονάδων του συστήματος για τις 14/11/2008, η οποία παρουσιάζεται από την Εικόνα 6-8.

Η συγκεκριμένη ημερομηνία συμπίπτει την ημέρα της Παρασκευής. Η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων εκείνη την ημέρα είναι ίση με 7.512,7 MWh. Η αιχμή της παραγωγής είναι 437,9 MW και παρουσιάστηκε το απόγευμα περίπου στις 07:00 μ.μ., ενώ η ελάχιστη τιμή της παραγωγής είναι 189,2 MW και συνέβη κατά τη πρωινή ώρα στις 05:00 π.μ..

Από την παρακάτω εικόνα ακόμα, μπορούν να παρατηρηθούν ποιές θερμικές μονάδες επί του συνόλου λειτούργησαν σε 24ωρη βάση και αποτελούν τις μονάδες βάσης του συστήματος για εκείνη την ημέρα.

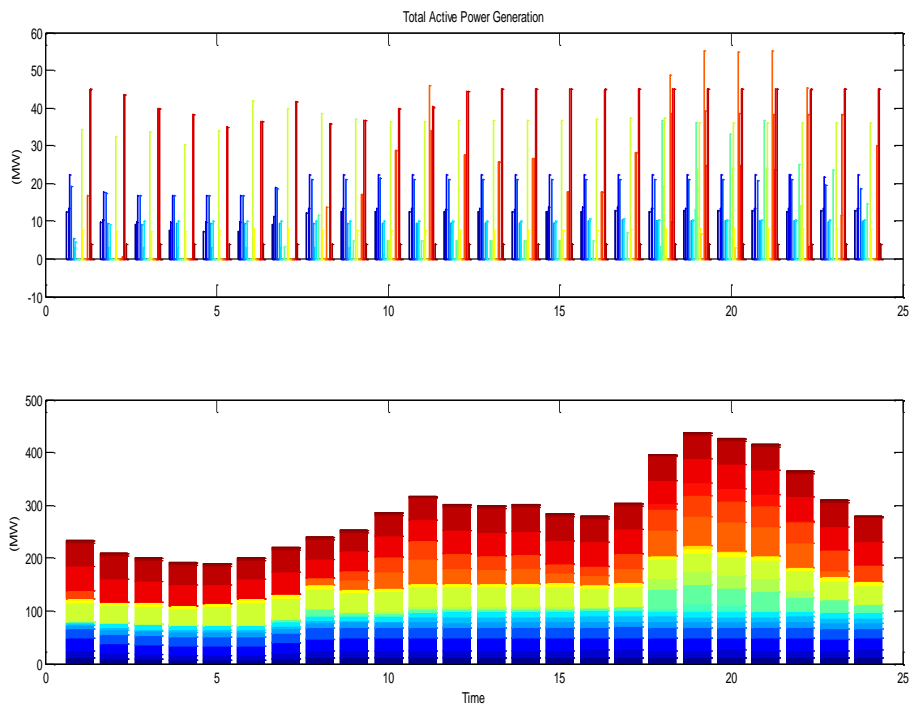


Εικόνα 6-8: Συνολική παραγωγή των Θερμικών Μονάδων του συστήματος στις 14/11/2008

Οι εικόνες που ακολουθούν, προκύπτουν από τα διαθέσιμα δεδομένα του συστήματος παραγωγής της Κρήτης και είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για την χαρακτηριστική ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β.

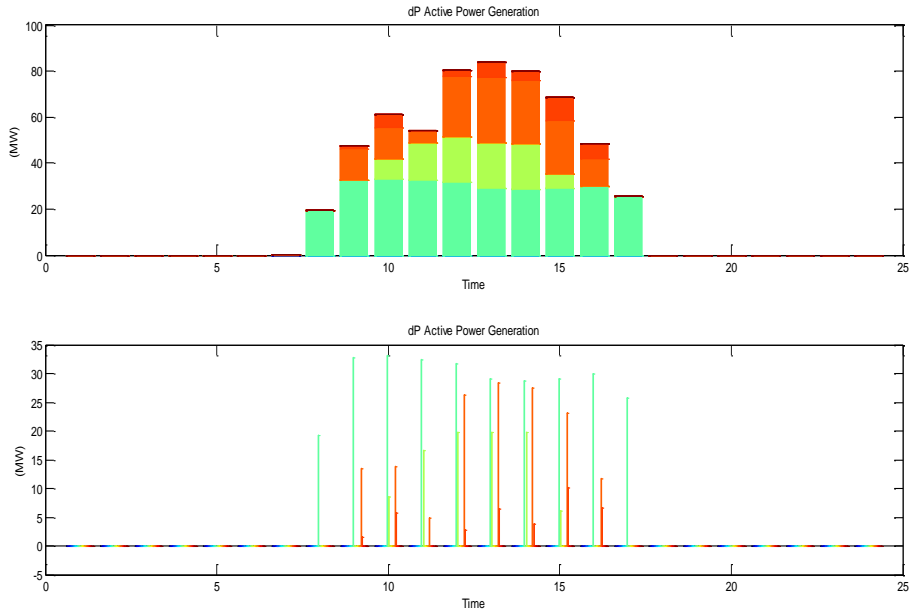
Στην εικόνα 6-9 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του νησιού ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο και η οποία προέκυψε για την ημέρα της υψηλότερης διείσδυσης από Φ/Β. Η περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνει τη τελική παραγωγή ανά θερμική μονάδα έτσι όπως προέκυψε μετά της «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, ενώ με την ίδια λογική, η περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος παρουσιάζει ουσιαστικά τη τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος.

Οι τρεις διαφορετικές αποχρώσεις συμβολίζουν τις αντίστοιχες θερμικές μονάδες ανά εργοστάσιο. Για παράδειγμα, οι μπλε αποχρώσεις συμβολίζουν το σταθμό παραγωγής Λινοπεραμάτων, οι κίτρινες αποχρώσεις συμβολίζουν το σταθμό παραγωγής των Χανίων και οι κόκκινες αποχρώσεις συμβολίζουν το σταθμό παραγωγής του Αθρινόλακκου.



Εικόνα 6-9: Η τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 14/11/2008

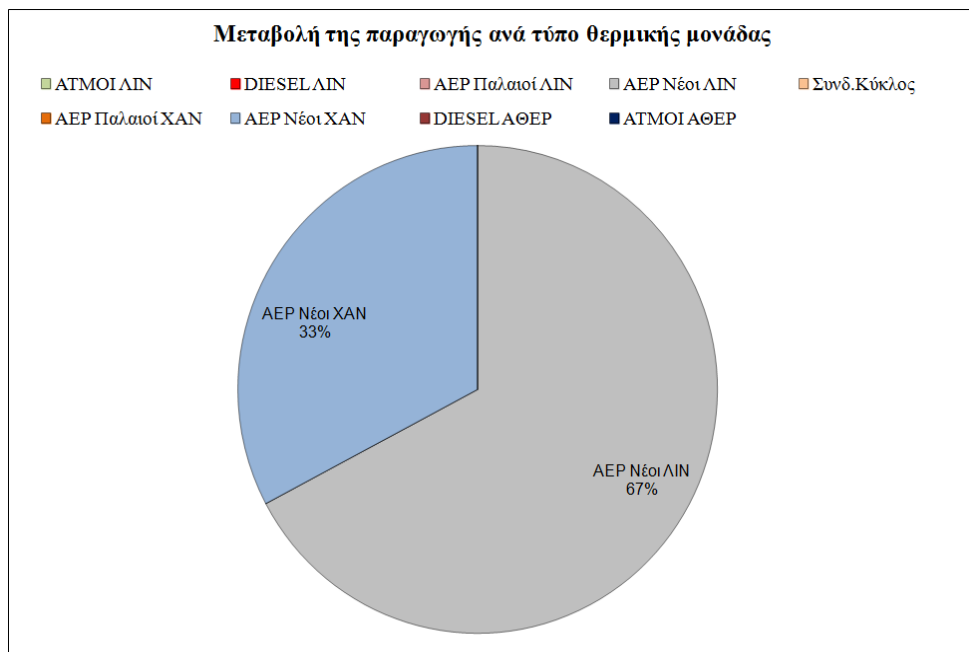
Επίσης στην εικόνα 6-10 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα βάση της συνολικής παραγωγής από Φ/Β στις 14/11/2008. Συγκεκριμένα, στη περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνεται χαρακτηριστικά τη συνολική παραγωγή από Φ/Β κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στη περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος αποτυπώνεται η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα για τις ώρες που υπήρχε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β.



Εικόνα 6-10: Η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 14/11/2008

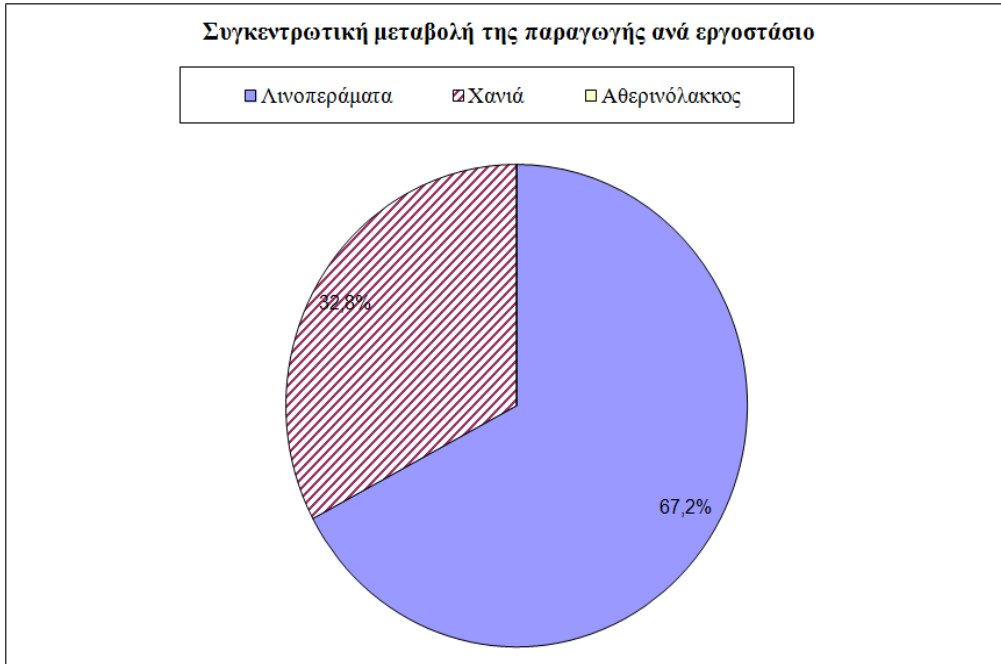
Από διαθέσιμα δεδομένα η ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β ήταν η 14η Νοεμβρίου με ποσοστό διείσδυσης 7,448% και αντίστοιχη ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ίση με 570,00 MWh. Η μέγιστη ωριαία παραγωγή από Φ/Β, η οποία όπως αναμενόταν κατά τις μεσημβρινές ώρες συνέβη στις 01:00 μ.μ. και ήταν ίση με 83,90 MW.

Αντίστοιχα, στις Εικόνες 6-11 και 6-12 συνοψίζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο, για την ημέρα υψηλότερης διείσδυσης Φ/Β. Οι εικόνες, που ακολουθούν δικαιολογούν τα γραφήματα της Εικόνας 6-10, καθώς είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 6-11: Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις 14/11/2008

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής στις 14/11/2008 εξαρτάται αποκλειστικά από τις νέες αεριοστροβλικές μονάδες του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων και των Χανίων αντίστοιχα. Επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα ότι κατά τις ώρες υψηλής διείσδυσης από Φ/Β οι μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ και ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ περιόρισαν τη παραγωγή τους, καθώς είναι μονάδες με μεγάλο ειδικό κόστος λειτουργίας, οπότε ο διαχειριστής του συστήματος για τις ώρες αυτές, εκμεταλλεύτηκε τις ώρες ηλιοφάνειας για να μειώσει την παραγωγή από ακριβές μονάδες.



Εικόνα 6-12: Συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις 14/11/2008

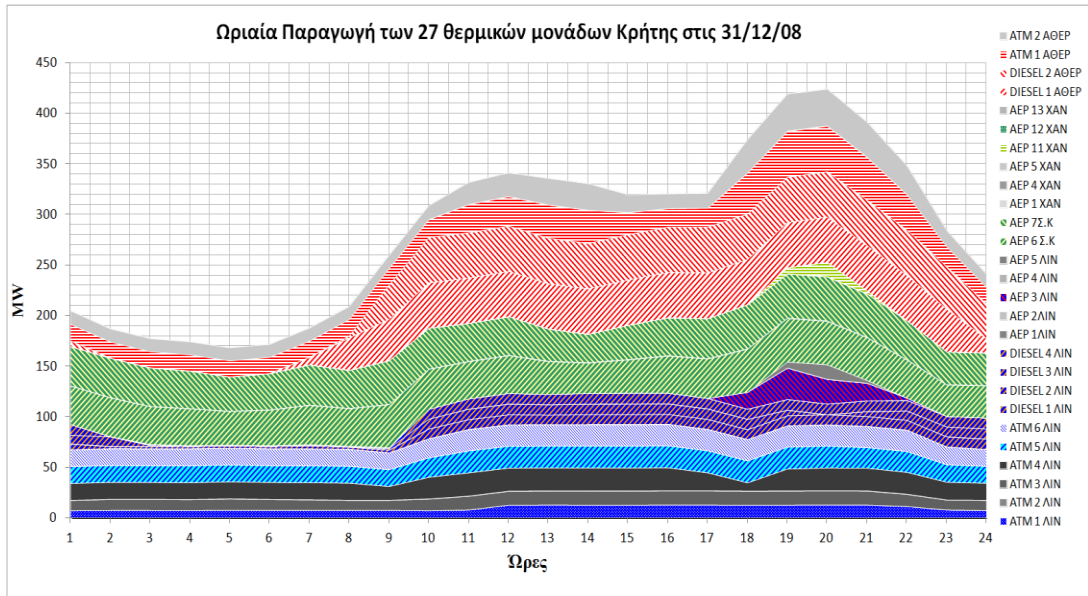
Τέλος, όπως δείχνεται από την παραπάνω εικόνα, ο σταθμός παραγωγής Λινοπεραμάτων παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής, έναντι αυτού των Χανίων, διότι οι αεριοστροβλικές μονάδες των Λινοπεραμάτων μετέβαλαν σε μεγαλύτερο ποσοστό τη παραγωγή τους από τις αντίστοιχες αεριοστροβλικές μονάδες των Χανίων, για τις ώρες υψηλής διείσδυσης Φ/Β.

6.2.4.2 Ημέρα με τη χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β

Αντίστοιχα, για την ημέρα με τη χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β, μια σαφή απεικόνιση της συνολικής παραγωγής των 27 θερμικών μονάδων παραγωγής στις 31/12/2008 δίνεται από την Εικόνα 6-13.

Η συγκεκριμένη ημερομηνία συμπίπτει την ημέρα της Τετάρτης. Η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων εκείνη την ημέρα ήταν ίση με 6.831,6 MWh. Η αιχμή της παραγωγής είναι 423,8 MW και παρουσιάστηκε το βράδυ περίπου στις 08:00 μ.μ., ενώ η ελάχιστη τιμή της παραγωγής είναι 168,5 MW αντίστοιχα και συνέβη κατά τη πρωινή ώρα στις 05:00 π.μ..

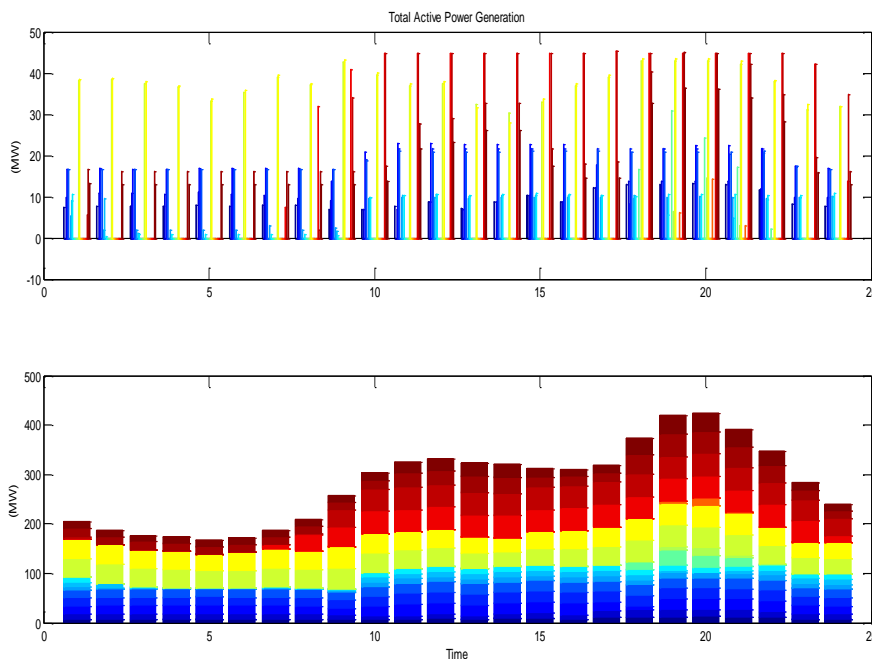
Από την παρακάτω εικόνα ακόμα, μπορούν να παρατηρηθούν ποιές θερμικές μονάδες επί του συνόλου λειτούργησαν σε 24ωρη βάση και αποτελούν τις μονάδες βάσης του συστήματος.



Εικόνα 6-13: Συνολική παραγωγή των Θερμικών Μονάδων του συστήματος στις 31/12/2008

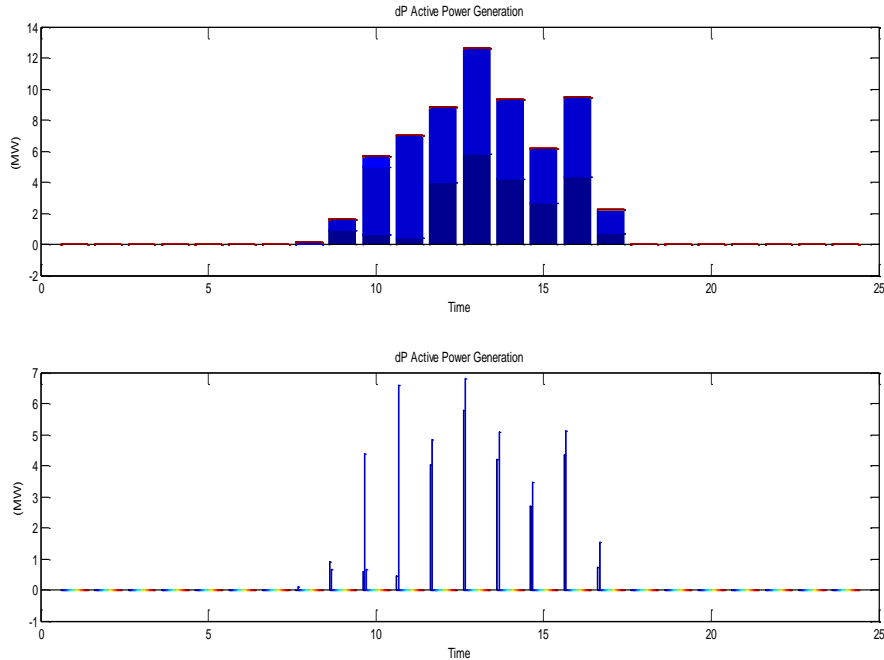
Οι εικόνες που ακολουθούν, προκύπτουν από τα διαθέσιμα δεδομένα του συστήματος παραγωγής της Κρήτης και είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για την χαρακτηριστική ημέρα με την χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β.

Στην Εικόνα 6-14 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του νησιού ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο και η οποία προέκυψε για την ημέρα της ελάχιστης διείσδυσης. Η περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνει τη τελική παραγωγή ανά θερμική μονάδα έτσι όπως προέκυψε μετά της «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, ενώ με την ίδια λογική, η περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος παρουσιάζει ουσιαστικά τη τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος.



Εικόνα 6-14: Η τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 31/12/2008

Επίσης στην εικόνα 6-15 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα βάση της συνολικής παραγωγής από Φ/Β στις 31/12/2008. Συγκεκριμένα, στη περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνεται χαρακτηριστικά τη συνολική παραγωγή από Φ/Β κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στη περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος αποτυπώνεται η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα για τις ώρες που υπήρχε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β.



Εικόνα 6-15: Η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 31/12/2008

Η ημέρα με τη χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β ήταν η 31η Δεκεμβρίου με ποσοστό διείσδυσης 0,715% και ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 61,082 MWh. Η μέγιστη ωριαία παραγωγή από Φ/Β, η οποία όπως αναμενόταν κατά τις μεσημβρινές ώρες συνέβη στις 13:00 μ.μ. και ήταν μόλις 12,60 MW.

Αντίστοιχα, στις Εικόνες 6-16 και 6-17 συνοψίζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο, για την ημέρα με τη χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β. Οι εικόνες, που ακολουθούν παρακάτω δικαιολογούν τα γραφήματα της Εικόνας 6-15 καθώς είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 6-16: Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις 31/12/2008

Η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής στις 31/12/2008, εμφανίζεται αποκλειστικά από τις μονάδες ATMOI LIN. Οπότε, σε μία χαρακτηριστική ημέρα ελάχιστης διείσδυση Φ/Β και σχετικά χαμηλής ζήτησης φορτίου, ο διαχειριστής του συστήματος, μεταβάλλει τη παραγωγή 100% στις ατμοηλεκτρικές μονάδες του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων. Επομένως, κατά τις ώρες της μεσημεριανής αιχμής, εκτιμάται ότι, οι μονάδες ATMOI LIN αύξησαν συνολικά τη παραγωγή τους.



Εικόνα 6-17: Μεταβολής της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις 31/12/2008

6.3 Ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

Από τα διαθέσιμα δεδομένα της λειτουργίας του Σ.Η.Ε. της Κρήτης κατά το έτος 2008, καθορίστηκαν επίσης οι ημέρες με τη χαμηλότερη ενεργειακή ζήτηση. Στο Πίνακα 6-5 παρουσιάζονται οι ημερομηνίες ελάχιστης ημερήσιας ζήτησης του συστήματος, χωριστά για κάθε μήνα του έτους.

Μήνας	Ημέρομ. ελάχιστου φορτίου	Ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)
Ιανουάριος	20/01/2008	6.705,2
Φεβρουάριος	24/02/2008	6.453,1
Μάρτιος	25/03/2008	5.326,3
Απρίλιος	13/04/2008	4.847,6
Μάιος	11/05/2008	6.455,1
Ιούνιος	15/06/2008	8.086,6
Ιούλιος	13/07/2008	9.091,5
Αύγουστος	03/08/2008	9.311,2
Σεπτέμβριος	21/09/2008	7.375,0
Οκτώβριος	26/10/2008	6.675,7
Νοέμβριος	23/11/2008	6.028,4
Δεκέμβριος	07/12/2008	6.181,3

Πίνακας 6-5: Ημερομηνίες ελάχιστης ζήτησης συστήματος

Αξίζει να σημειωθεί ότι η 13^η ημέρα του μήνα Απριλίου αποτελεί την ημέρα χαμηλότερης ζήτησης του συστήματος (4.847,6 MWh), ακόμα παρατηρείται ότι, όλες οι ημερομηνίες ελάχιστης ζήτησης φορτίου συμβαίνουν στις ημέρες της Κυριακής. Σταδιακή αύξηση της ζήτησης παρατηρείτε κατά τη θερινή περίοδο και συγκεκριμένα στις 03/08/2008, σημειώνεται η μέγιστη ζήτηση (9.091,5MWh) των αντίστοιχων χαρακτηριστικών ημερών.

Επίσης, στο Πίνακα 6-6, παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή των αδειοδοτημένων Φ/Β συστημάτων στις χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.

Μήνας	Παραγωγή Φ/Β (MWh)
Ιανουάριος	501,76
Φεβρουάριος	295,30
Μάρτιος	260,05
Απρίλιος	538,33
Μάιος	415,75
Ιούνιος	628,86
Ιούλιος	438,09
Αύγουστος	240,14
Σεπτέμβριος	394,31
Οκτώβριος	493,66
Νοέμβριος	524,10
Δεκέμβριος	195,97

Πίνακας 6-6: Παραγωγή Φ/Β συστημάτων στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Η μεγαλύτερη τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β, εμφανίζεται το καλοκαίρι και συγκεκριμένα στις 15/06/2008 (628,86 MWh) το μήνα Ιούνιο ενώ η ελάχιστη τιμή σημειώνεται όπως αναμένεται το χειμώνα στις 07/12/2008 (195,97 MWh) το μήνα Δεκέμβριο.

6.3.1 Διείσδυση Φ/Β στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης

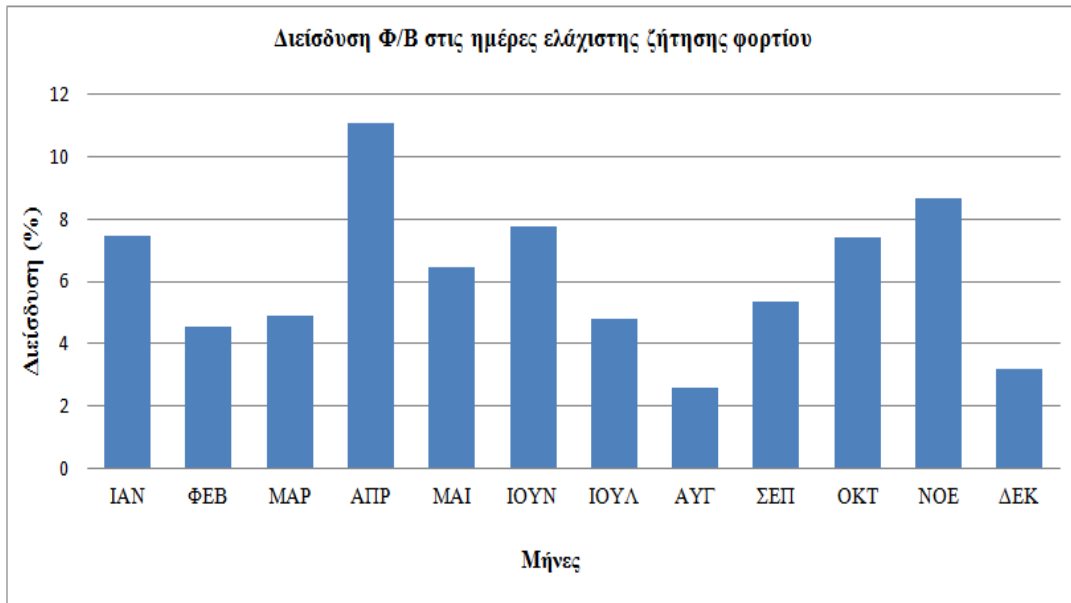
Το ποσοστό διείσδυσης Φ/Β στο Σ.Η.Ε. του νησιού, βάση του συνολικού φορτίου στις συγκεκριμένες ημέρες παρουσιάζεται στο Πίνακα 6-7. Επίσης στην Εικόνα 6-18 διακρίνεται η ποσοστιαία μεταβολή της διείσδυσης κατά τη διάρκεια του έτους.

Γενικά παρατηρείται ότι τα ποσοστά διείσδυσης των χαρακτηριστικών ημερών ελάχιστης ζήτησης φορτίου είναι κατά πολύ μεγαλύτερα από αυτά των αντίστοιχων ημερών μέγιστης ζήτησης φορτίου. Συγκριτικά, με τις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου όπου παρατηρείται μία μόνο ημέρα με ποσοστό διείσδυσης άνω του 7% (14/11/2008, με 7,448%), εδώ φαίνεται ότι το συγκεκριμένο ποσοστό διείσδυσης υπερβαίνεται χαρακτηριστικά από πέντε διαφορετικές ημέρες (Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος, Νοέμβριος) κατά τη διάρκεια του έτους.

Μήνας	Ποσοστό διείσδυσης Φ/Β (%)
Ιανουάριος	7,483
Φεβρουάριος	4,576
Μάρτιος	4,882
Απρίλιος	11,105
Μάιος	6,440
Ιούνιος	7,776
Ιούλιος	4,818
Αύγουστος	2,579
Σεπτέμβριος	5,346
Οκτώβριος	7,394
Νοέμβριος	8,693
Δεκέμβριος	3,170

Πίνακας 6-7: Διείσδυση Φ/Β στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

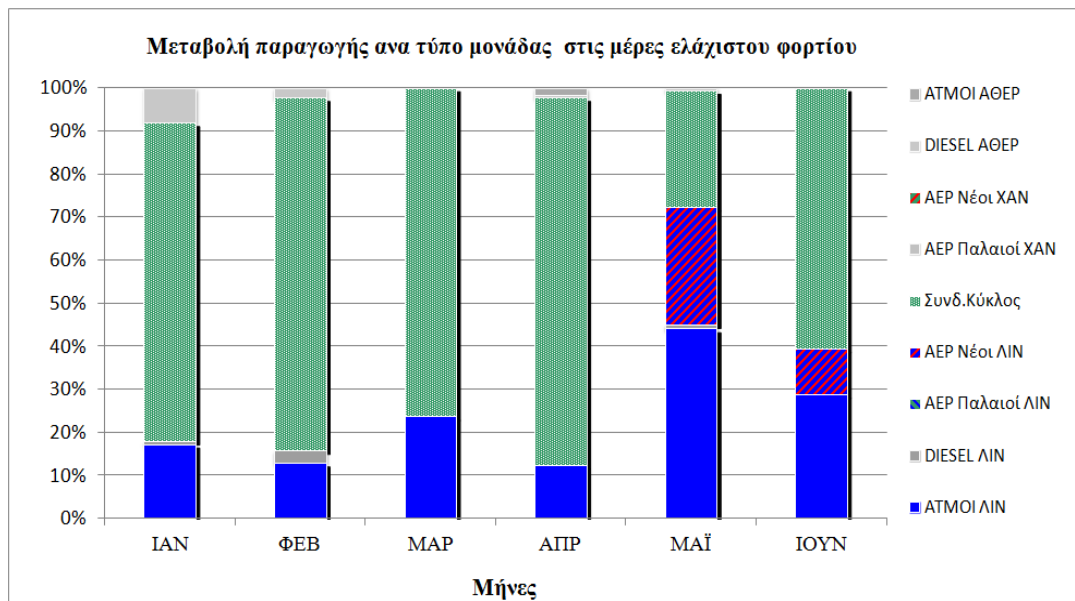
Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι, κατά τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο εμφανίζονται τα υψηλότερα ποσοστά διείσδυσης, συγκεκριμένα την 13^η ημέρα του Απριλίου σημειώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης του συστήματος με ποσοστό 11,105%. Χαρακτηριστικό γεγονός της συγκεκριμένης ημέρας είναι ότι, η υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β προκύπτει την ημέρα ελάχιστης ζήτησης φορτίου του συστήματος. Στην αντίθετη περίπτωση παρατηρείται ακόμα πως το χαμηλότερο ποσοστό διείσδυσης σημειώνεται την 3^η ημέρα του Αυγούστου με ποσοστό 2,579% και προκύπτει κατά την ημέρα της μεγαλύτερης ζήτησης φορτίου των χαρακτηριστικών ημερών.



Εικόνα 6-18: Ποσοστό διείσδυσης Φ/Β στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

6.3.2 Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας

Στην Εικόνα 6-19 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας στο διάστημα των πρώτων έξι μηνών του έτους και αφορά τις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.

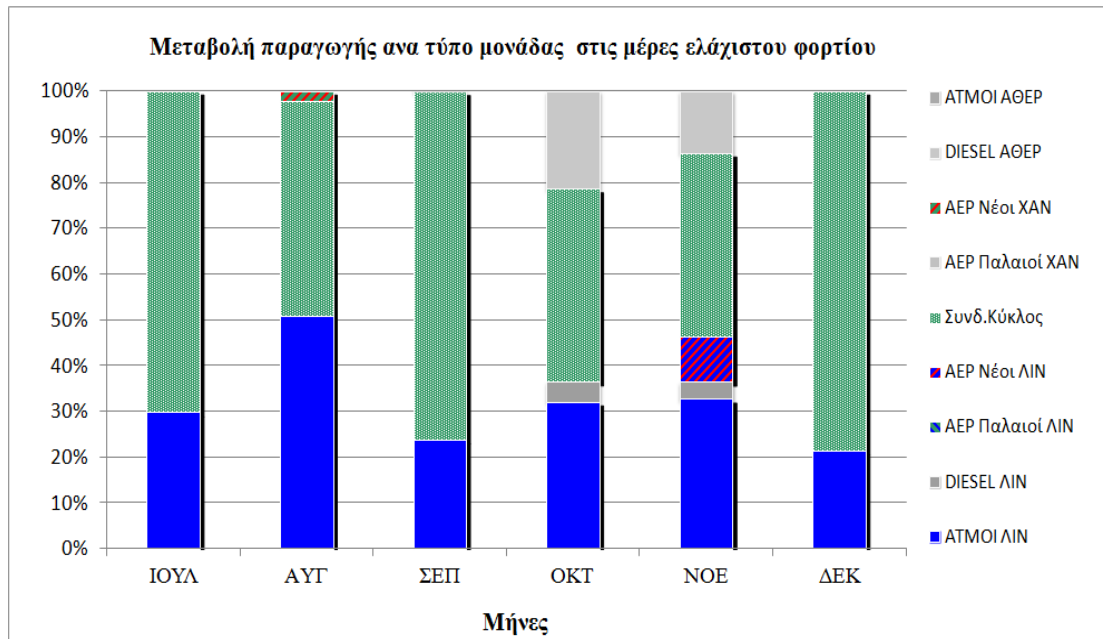


Εικόνα 6-19: Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στο πρώτο εξάμηνο του έτους στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.

Από τη παραπάνω εικόνα παρατηρείται ότι, η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής κατά τη διάρκεια των έξι μηνών εμφανίζεται από τη μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου και με μικρότερο ποσοστό να παρουσιάζεται από την μονάδα ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ. Αναφέρεται, επίσης πως οι συγκεκριμένες μονάδες παρουσιάζουν ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής τους και στους έξι μήνες ξεχωριστά.

Επίσης στους πρώτους τέσσερις μήνες που η ζήτηση είναι χαμηλότερη, οι μονάδες ΔΙΕΣΕΛ ΑΘΕΡ με μεγαλύτερο ποσοστό και οι ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ με μικρότερο ποσοστό παρουσιάζουν

μεταβολή της παραγωγής τους. Σε αντίθεση με τους προηγούμενους μήνες, όταν η ζήτηση παρουσιάζει σταδιακή αύξηση (Μάιος και Ιούνιος), τότε οι μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ εμφανίζουν ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγή τους.

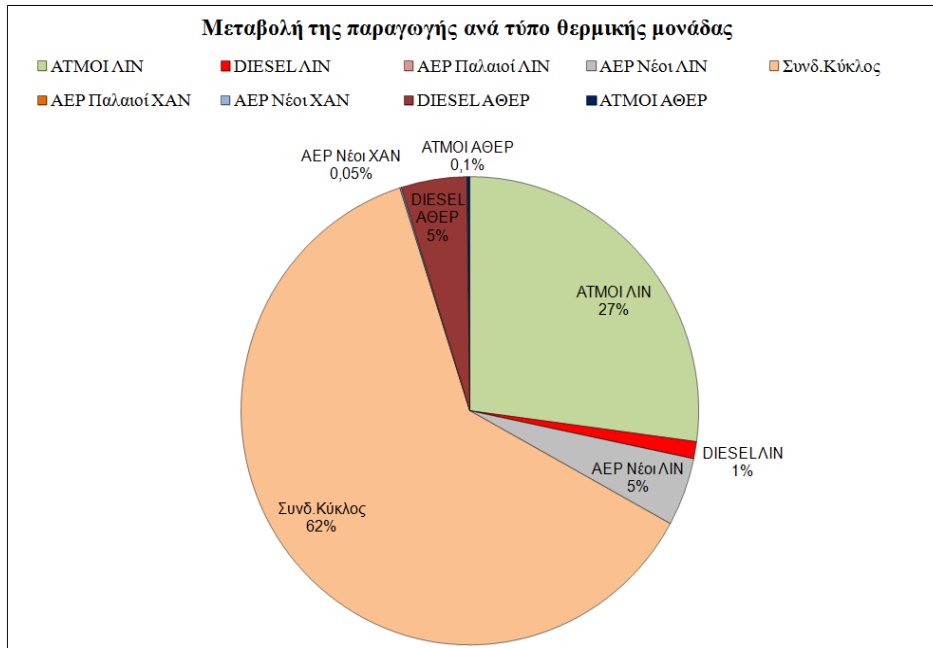


Εικόνα 6-20: Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στο δεύτερο εξάμηνο του έτους στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου, όπως φαίνεται από στην Εικόνα 6-20, το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής, εξακολουθεί να συμβαίνει από τις μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου και τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ. Αναφέρεται και εδώ, πως οι συγκεκριμένες μονάδες παρουσιάζουν ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής τους και στους έξι μήνες ξεχωριστά.

Επίσης τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο που η ζήτηση παρουσιάζει σταδιακή μείωση σε σχέση με τους θερινούς μήνες, εμφανίζονται σημαντικά ποσοστά μεταβολής της παραγωγής από τις μονάδες ΔΙΕΣΕΛ ΑΘΕΡ και ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ με μικρότερο ποσοστό αντίστοιχα.

Ακόμα, σημειώνεται πως οι ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ εμφανίζουν ελάχιστη ποσοστιαία μεταβολή στην ημέρα μέγιστη ζήτησης (Αύγουστος), ενώ μεγαλύτερο ποσοστό ποσοστιαίας μεταβολής αντίστοιχα εμφανίζεται από τις μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ τον μήνα Νοέμβριο.



Εικόνα 6-21: Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου έτσι όπως δείχνεται από την Εικόνα 6-21, είναι τα εξής:

- Στη μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου, παρατηρείται με 62% το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής, καθώς λειτουργεί ως μονάδα βάσης, του σταθμού παραγωγής των Χανίων, ενώ εξυπηρετεί ακόμα και τις ανάγκες κυμαινόμενου φορτίου του συστήματος. Επομένως σε χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης, ο Συνδυασμένος Κύκλος εκτιμάται ότι μειώνει συνολικά τη παραγωγή του διότι δεν υπάρχουν άλλες μονάδες παραγωγής για να το επιτύχουν.
- Το αμέσως μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής με 27%, παρατηρείται από τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ, καθώς λειτουργούν ως μονάδες βάσης του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων. Αντιθέτως, οι μονάδες ΑΤΜΟΙ ΑΘΕΡ του σταθμού παραγωγής του Αθρινόλακκου μετέβαλλαν σε πάρα πολύ μικρό ποσοστό τη παραγωγή τους, με 0,1% περίπου, γεγονός που δείχνει ότι οι ατμομονάδες του συγκεκριμένου σταθμού παραγωγής επηρεάστηκαν έστω και ελάχιστα σε σχέση με τις ημέρες μέγιστου φορτίου όπου κάτι ανάλογο δεν συνέβη σε καμία περίπτωση.
- Το συνολικό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής από τις μονάδες ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ και ΔΙΕΣΕΛ ΑΘΕΡ είναι 6%. Σε αντίθεση με τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου όπου δεν υπήρχε σε καμία περίπτωση ποσοστό μεταβολής από μονάδες Ντήζελ. Οι συγκεκριμένες μονάδες, λειτουργούν σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους πλην των περιόδων χαμηλής φόρτισης όπου και ζητείται η κράτησή τους. Συγκαταλέγονται, στις πιο οικονομικές μονάδες του συστήματος παραγωγής του νησιού. Επομένως, εκτιμάται πως, στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου, οι μονάδες αυτές αναγκάζονται να μειώσουν την παραγωγή τους, επειδή οι περιορισμοί των υπολοίπων μονάδων δεν το επιτρέπουν.

- Τέλος, το μικρότερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής εμφανίζεται από τις μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ με 5% και ελάχιστα από τις μονάδες ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ με 0,05%. Σε αντίθεση με τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου όπου το συνολικό ποσοστό μεταβολής απαρτίζεται από τις αεριοτροβλικές μονάδες (με ποσοστό 87,1%), σε αυτή τη περίπτωση διαπιστώνεται ότι, οι περισσότερες μονάδες από αυτές, με εξαίρεση το μικρό ποσοστό μεταβολής των μονάδων ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ δεν μετέβαλλαν τη παραγωγή τους. Αυτό το γεγονός οφείλεται στο ότι, οι αεριοστρόβλικές μονάδες όπως οι ΑΕΡ Παλαιοί ΛΙΝ και ΑΕΡ Παλαιοί ΧΑΝ λειτούργησαν ελάχιστα, ενώ οι υπόλοιπες από αυτές που παρουσίασαν αντίστοιχο ποσοστό μεταβολής εκτιμάται ότι περιόρισαν τη παραγωγή τους.

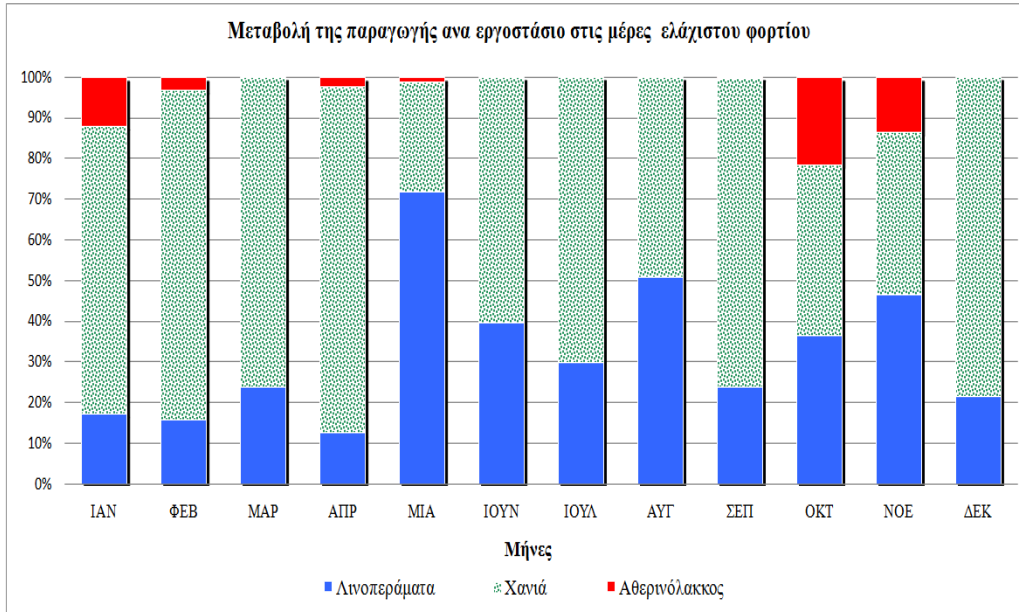
6.3.3 Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο

Μια πιο σαφή εικόνα των αποτελεσμάτων, έχει να κάνει με τη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής, ανά σταθμό παραγωγής. Στο Πίνακα 6-8 παρουσιάζεται η μεταβολή της παραγωγής (σε MWh) ανά εργοστάσιο χωριστά για κάθε μήνα του έτους, για τις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.

Μήνας	Λινοπεράματα (MWh)	Χανιά (MWh)	Αθερινόλακκος (MWh)
Ιανουάριος	86,31	355,03	60,41
Φεβρουάριος	46,02	239,87	9,4
Μάρτιος	61,50	198,55	0,00
Απρίλιος	66,77	459,56	12,00
Μάιος	298,51	112,09	5,13
Ιούνιος	247,76	381,09	0,00
Ιούλιος	130,05	308,03	0,00
Αύγουστος	122,02	118,11	0,00
Σεπτέμβριος	93,89	300,01	0,40
Οκτώβριος	179,85	207,90	105,90
Νοέμβριος	242,58	210,50	71,01
Δεκέμβριος	41,87	154,10	0,00

Πίνακας 6-8: Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο για κάθε μήνα στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

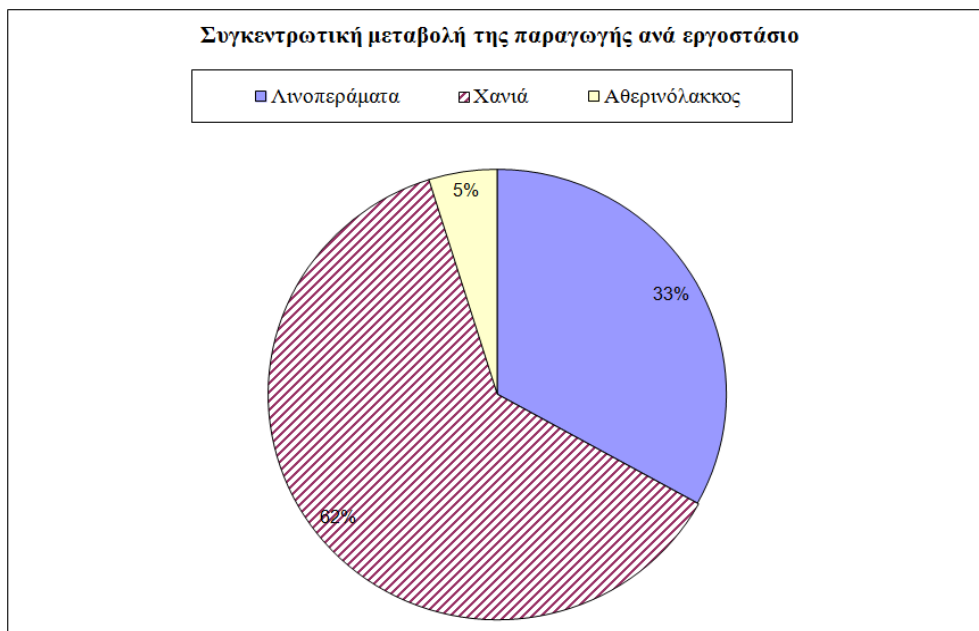
Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής όπως φαίνεται στην Εικόνα 6-21, παρουσιάζεται στο σταθμό των Χανίων. Αξίζει να σημειωθεί πως σε αντίθεση με τις ημέρες μέγιστης ζήτησης, που ο σταθμός του Αθερινόλακκου δεν εμφανίζει καθόλου ποσοστό μεταβολής της παραγωγής του, στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης παρατηρείται ότι εμφανίζει κάποιο μικρό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής, σε μήνες με μικρότερη ζήτηση στη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 6-21: Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

Όπως παρουσιάζεται στην παραπάνω εικόνα, ο σταθμός παραγωγής των Χανίων, εμφανίζει ετήσια, τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής. Αυτό συμβαίνει διότι η μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου του σταθμού παραγωγής των Χανίων στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης μεταβάλλει (εκτιμάται πως μειώνει) αρκετά το ποσοστό παραγωγής της, καθώς λειτουργεί ως μονάδα βάσης. Επίσης ο σταθμός παραγωγής των Λινοπεραμάτων μεταβάλλει κυρίως το ποσοστό παραγωγής του, από τις διαθέσιμες οικονομικές μονάδες (DIESEL LIN, ATMOI AΘEP). Τέλος ένα μικρότερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής παρουσιάζεται από το σταθμό παραγωγής του Αθερινόλακκου.

Αντίστοιχα, τα ίδια συμπεράσματα με τα παραπάνω ισχύουν για την Εικόνα 6-22, η οποία παρουσιάζει συγκεντρωτικά το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.



Εικόνα 6-22: Συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

6.3.4 Χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

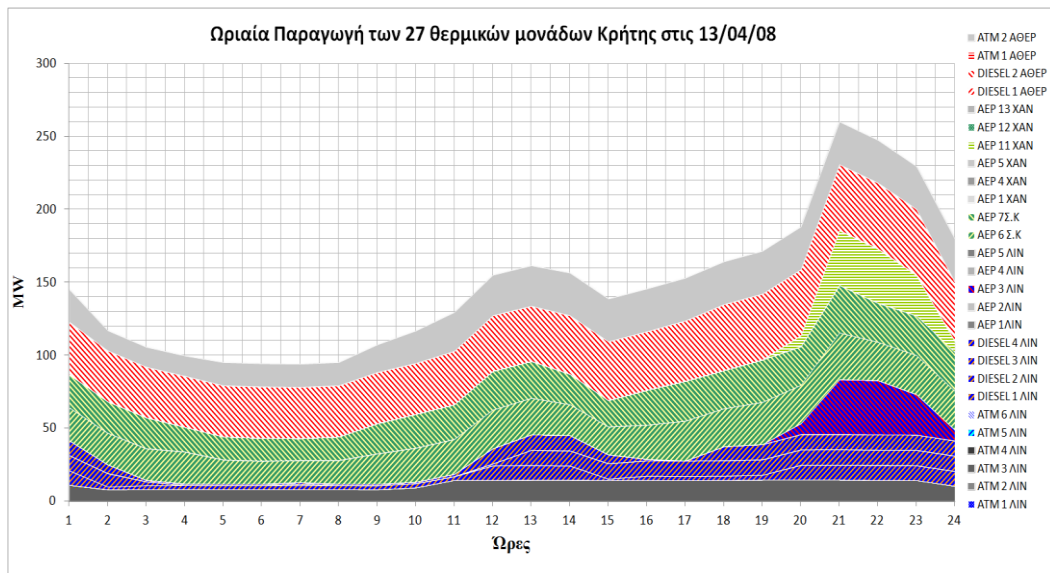
6.3.4.1 Ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β

Για την λεπτομερή ανάλυση της χαρακτηριστικής ημέρας με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β, γίνεται αρχικά μια απεικόνιση της συνολικής παραγωγής των 27 θερμικών μονάδων του συστήματος για τις 13/04/2008, η οποία παρουσιάζεται από την Εικόνα 6-23.

Σημειώνεται ότι, η ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β χρίζεται ως ημέρα περεταιίρω διερεύνησης καθώς, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας την ημέρα αυτή κυμαίνεται στα χαμηλότερα επίπεδα από τα αντίστοιχα, των άλλων χαρακτηριστικών ημερών ελάχιστης ζήτησης φορτίου. Η ημερομηνία αυτή, όπως αναμενόταν συμπίπτει την ημέρα της Κυριακής.

Η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων εκείνη την ημέρα είναι ίση με 3.758,9 MWh Η αιχμή της παραγωγής είναι 260,6 MW και παρουσιάστηκε κατά τη βραδινή ώρα περίπου στις 09:00 μ.μ., ενώ η ελάχιστη τιμή της παραγωγής είναι 120,4 MW και συνέβη κατά τη πρωινή ώρα στις 07:00 π.μ..

Από την παρακάτω εικόνα ακόμα, μπορούν να παρατηρηθούν ποιές θερμικές μονάδες επί του συνόλου λειτούργησαν σε 24ωρη βάση και αποτελούν τις μονάδες βάσης του συστήματος για εκείνη την ημέρα.



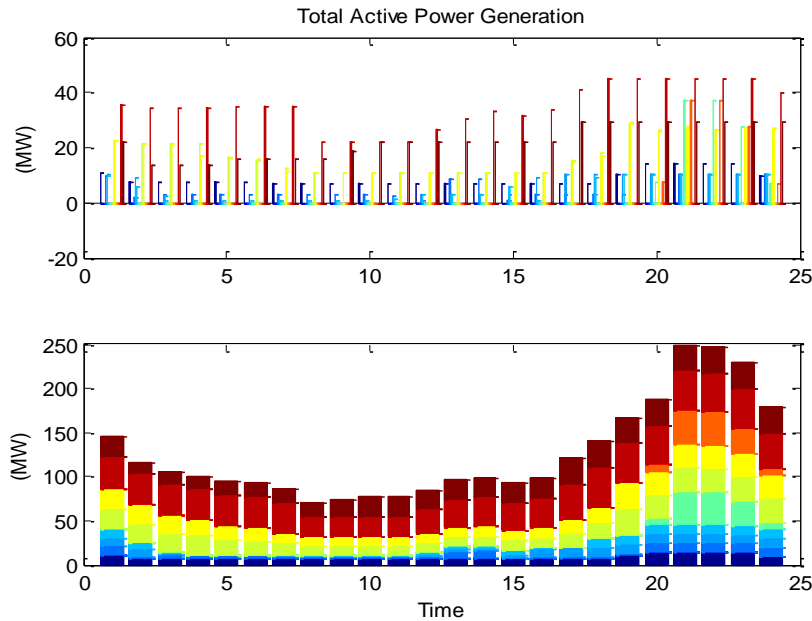
Εικόνα 6-23: Συνολική παραγωγή των Θερμικών Μονάδων του συστήματος στις 13/04/2008

Χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης ημέρας είναι ότι, οι ατμοηλεκτρικές μονάδες των Λινοπεραμάτων πλην της μονάδας ATM3 ΛΙΝ, είναι εκτός λειτουργίας σε όλες τις ώρες της ημέρας καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής καλύπτεται πλέον από τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου του σταθμού παραγωγής των Χανίων και από τις μονάδες DIESEL 1 και ATM 2 AΘEP του σταθμού παραγωγής του Αθερινόλακκου.

Οι εικόνες που ακολουθούν, προκύπτουν από τα διαθέσιμα δεδομένα του συστήματος παραγωγής της Κρήτης και είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για την χαρακτηριστική ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β.

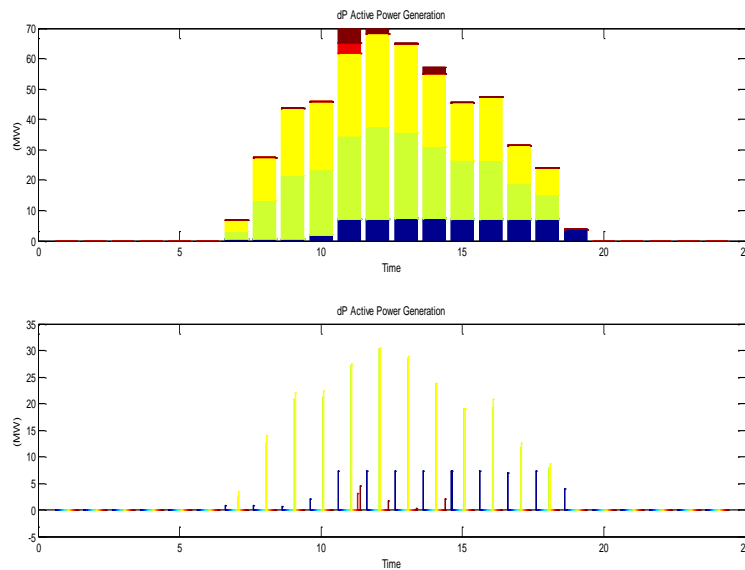
Στην Εικόνα 6-24 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του νησιού ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο και η οποία προέκυψε για την ημέρα της υψηλότερης διείσδυσης από Φ/Β. Η περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνει τη τελική παραγωγή ανά θερμική μονάδα έτσι όπως προέκυψε μετά

της «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, ενώ με την ίδια λογική, η περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος παρουσιάζει ουσιαστικά τη τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος.



Εικόνα 6-24: Η τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 13/04/2008

Επίσης, στην Εικόνα 6-25 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα βάση της συνολικής παραγωγής από Φ/Β για την ίδια ημέρα. Συγκεκριμένα, στη περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνεται χαρακτηριστικά τη συνολική παραγωγή από Φ/Β κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στη περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος αποτυπώνεται η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα για τις ώρες που υπήρχε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β.



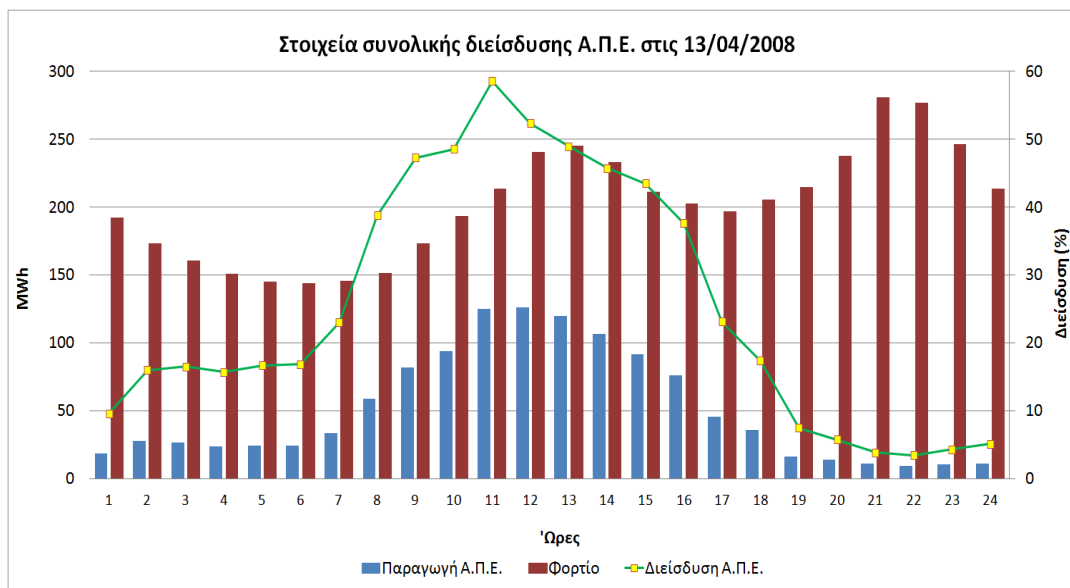
Εικόνα 6-25: Η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 13/04/2008

Από διαθέσιμα δεδομένα η ημέρα με την υψηλότερη διείσδυση από Φ/Β εμφανίστηκε την ημέρα της 13^{ης} Απριλίου, με ποσοστό 11,105% και αντίστοιχη ημερήσια παραγωγή που είναι ίση με 538,33 MWh. Η μέγιστη ωριαία παραγωγή από Φ/Β, η οποία όπως αναμενόταν κατά τις μεσημβρινές ώρες συνέβη στις 12:00 μ.μ. και είναι 69,90 MW.

Ακόμα, ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί για την ημέρα αυτή, είναι η μέγιστη ωριαία διείσδυση από Φ/Β, καθώς όπως φαίνεται η παραγωγή των μονάδων αυτών καθορίζει εν' προκειμένου και το μέγιστο ποσοστό συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. (από Φ/Β και Α/Π) στο Σ.Η.Ε. του νησιού.

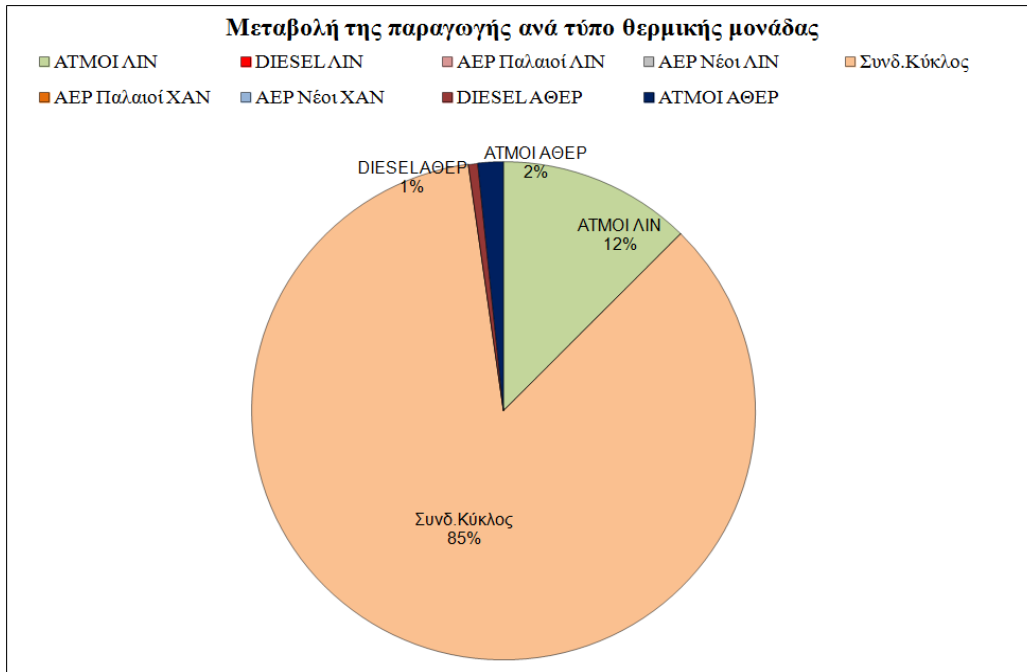
Η μέγιστη ωριαία διείσδυση από Φ/Β προέκυψε στις 11:00 π.μ. με ποσοστό διείσδυσης 32,670% και μέγιστη ωριαία παραγωγή από Φ/Β ίση με 69,80 MW. Επίσης το αξιοσημείωτο γεγονός της ίδιας ώρας είναι ότι, προέκυψε παράλληλα και η μέγιστη ωριαία διείσδυση αιολικής ενέργειας με ποσοστό 25,88% και αντίστοιχη αιολική παραγωγή ίση με 55,30 MW. Σημειώνεται ότι, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εκείνη την ώρα είναι 213,65 MW.

Στην Εικόνα 6-26 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. στις 13/04/2008. Από την παρακάτω εικόνα γίνεται φανερό ότι, η συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. κατά το διάστημα των ωρών 08:00 π.μ. και 05:00 μ.μ. είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Η μέγιστη συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. προέκυψε στις 11:00 π.μ. με ποσοστό 58,55% ενώ η μέγιστη συνολική παραγωγή Α.Π.Ε. εκείνη την ώρα είναι 125,10 MW.



Εικόνα 6-26: Στοιχεία συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. στις 13/04/2008

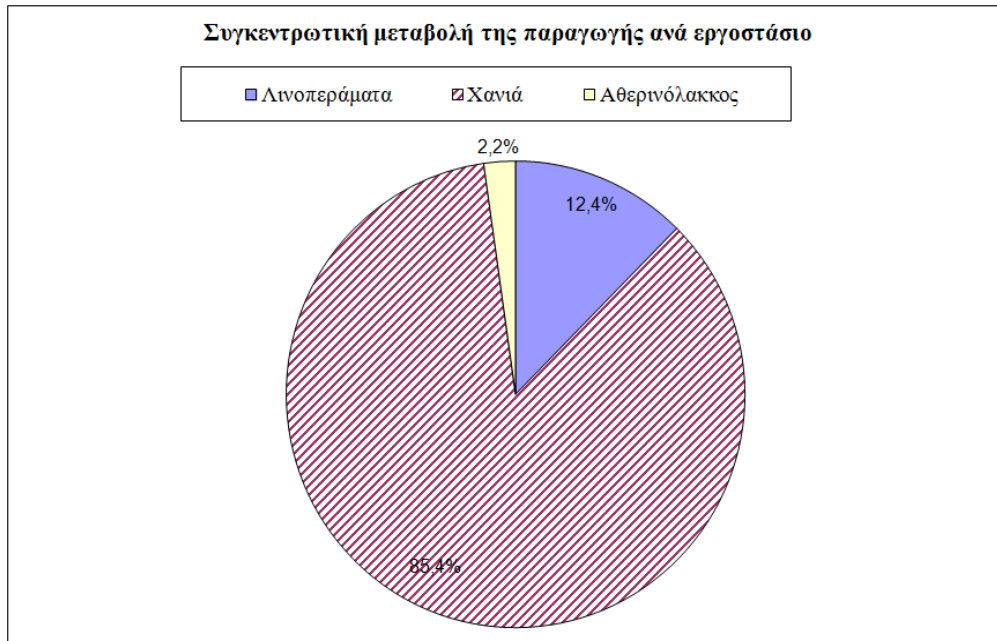
Αντίστοιχα, στις Εικόνες 6-27 και 6-28 συνοψίζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο, για την ημέρα υψηλότερης διείσδυσης Φ/Β. Οι εικόνες, που ακολουθούν παρακάτω δικαιολογούν τα γραφήματα της Εικόνας 6-25, καθώς είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 6-27: Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις 13/04/2008

Από την παραπάνω εικόνα, γίνεται φανερό ότι, το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής (με 85%) παρατηρείται στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου του σταθμού παραγωγής των Χανίων. Αυτό οφείλεται στο ότι, ο διαχειριστής του συστήματος κατά τις ώρες υψηλής διείσδυσης από Φ/Β περιόρισε κατά μεγάλο ποσοστό τη συνολική παραγωγή του συνδυασμένου κύκλου. Επίσης για τις ίδιες ώρες η παραγωγή των μονάδων ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ παρουσίασε ποσοστό μεταβολής ίσο με 12%. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως αν υπήρχε ακόμα μία διαθέσιμη μονάδα παραγωγής, ίσως να προέκυπτε ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. ή να μην επηρεάζονταν καθόλου οι άλλες μονάδες που επηρεάστηκαν. Έτσι, λόγω αδυναμίας περεταίρω μείωσης παραγωγής από τις υπόλοιπες μονάδες του συστήματος οι διαχειριστές αναγκάζονται να μειώσουν την παραγωγή από τις μονάδες του σταθμού παραγωγής του Αθρινόλακκου. Γι' αυτό κυρίως το λόγο προέκυψε ένα μικρό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής από τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΑΘΕΡ με 2% και DIESEL ΑΘΕΡ με 1% αντίστοιχα.

Αξίζει να αναφερθεί ακόμα ότι, κατά τις ώρες υψηλής διείσδυσης από Φ/Β (ώρες ηλιοφάνειας), καμιά αεριοστροβιλική μονάδα του συστήματος δεν τέθηκε σε λειτουργία. Αντιθέτως, κατά τις βραδινές ώρες (από τις 08:00 μ.μ. και μετά) οι αεριοστροβιλικές μονάδες ΑΕΡ 3 ΛΙΝ και ΑΕΡ 11 ΧΑΝ, τέθηκαν σε λειτουργία αυξάνοντας σταδιακά τη παραγωγή τους, καθώς το χρονικό διάστημα αυτό δεν υπήρχε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β.



Εικόνα 6-28: Συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις 13/04/2008

Όπως εξηγείται και παραπάνω, το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής επικεντρώνεται στο σταθμό παραγωγής των Χανίων και σε αντίθεση με τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου, παρατηρείται και μείωση της παραγωγής από το σταθμό παραγωγής του Αθερινόλακκου.

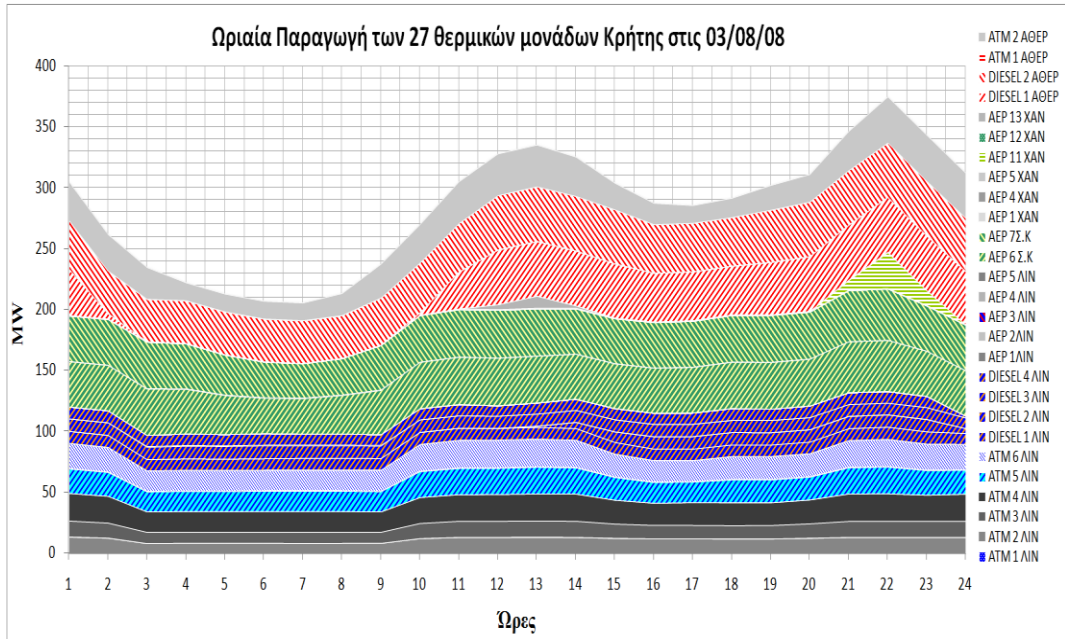
6.3.4.2 Ημέρα με τη χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β

Αντίστοιχα, για την ανάλυση της ημέρας με την χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β, γίνεται αρχικά μία απεικόνιση της συνολικής παραγωγής των 27 θερμικών μονάδων παραγωγής του συστήματος για τις 03/08/2008, η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 6-29.

Η παραπάνω ημερομηνία συμπίπτει την ημέρα της Παρασκευής. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα, ένα ακόμα χαρακτηριστικό αυτής της ημέρας είναι ότι, εμφανίζεται η μεγαλύτερη ζήτηση φορτίου, όσον αφορά τις χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης.

Η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων εκείνη την ημέρα είναι ίση με 6.825,1 MWh. Η αιχμή της παραγωγής είναι 375,3 MW και παρουσιάστηκε το βράδυ περίπου στις 10:00 μ.μ., ενώ η ελάχιστη τιμή της παραγωγής είναι 205,5 MW και συνέβη κατά τη πρωινή ώρα στις 07:00 π.μ..

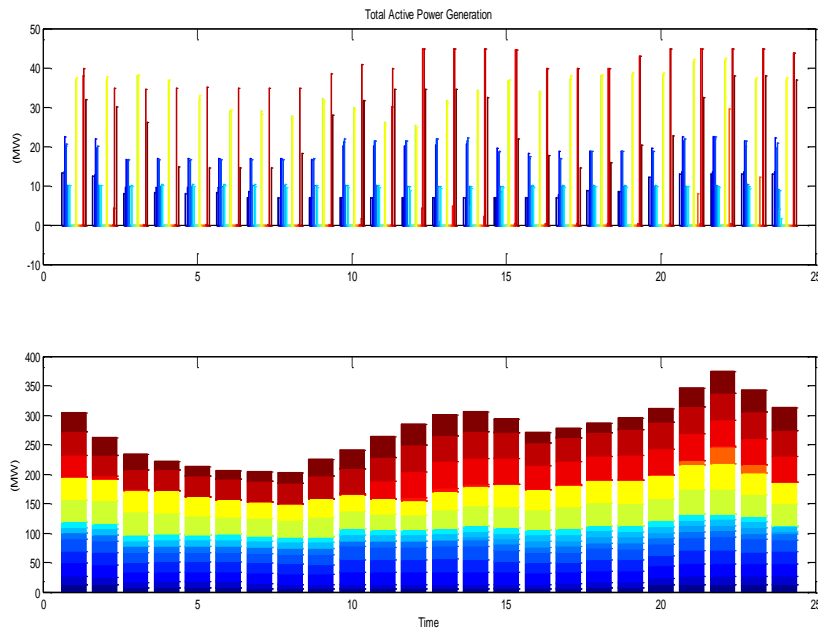
Ακόμα, από την παρακάτω εικόνα μπορούν να παρατηρηθούν ποιές θερμικές μονάδες επί του συνόλου λειτούργησαν σε 24ωρη βάση και οι οποίες αποτελούν τις μονάδες βάσης του συστήματος.



Εικόνα 6-29: Συνολική παραγωγή των Θερμικών Μονάδων του συστήματος στις 03/08/2008

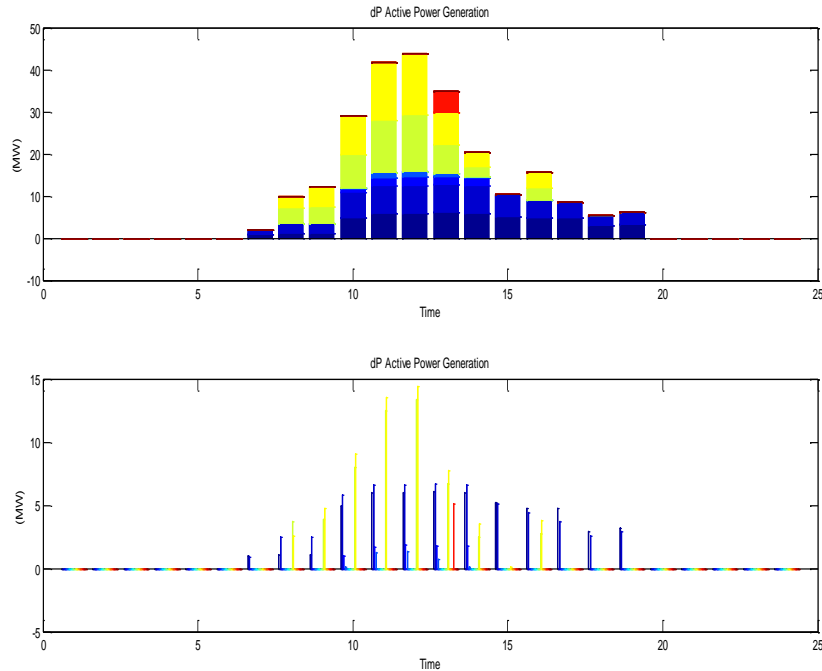
Οι εικόνες που ακολουθούν, προκύπτουν από τα διαθέσιμα δεδομένα του συστήματος παραγωγής της Κρήτης και είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για την χαρακτηριστική ημέρα με την χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β.

Στην εικόνα 6-30 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του νησιού ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο και η οποία προέκυψε για την ημέρα της χαμηλότερης διείσδυσης. Η περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνει τη τελική παραγωγή ανά θερμική μονάδα έτσι όπως προέκυψε μετά της «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, ενώ με την ίδια λογική, η περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος παρουσιάζει ουσιαστικά τη τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος.



Εικόνα 6-30: Η τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 03/08/2008

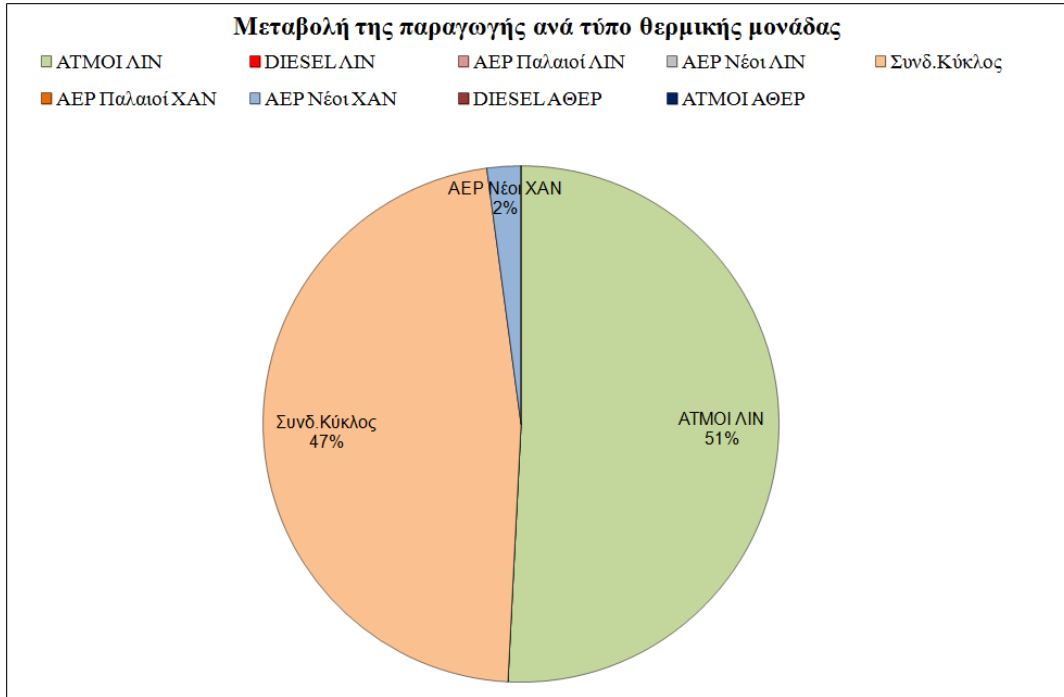
Επίσης, στην Εικόνα 6-31 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα βάση της συνολικής παραγωγής από Φ/Β για την ίδια ημέρα. Συγκεκριμένα, στη περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνεται χαρακτηριστικά τη συνολική παραγωγή από Φ/Β κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στη περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος αποτυπώνεται η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα για τις ώρες που υπήρχε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β.



Εικόνα 6-31: Η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 03/08/2008

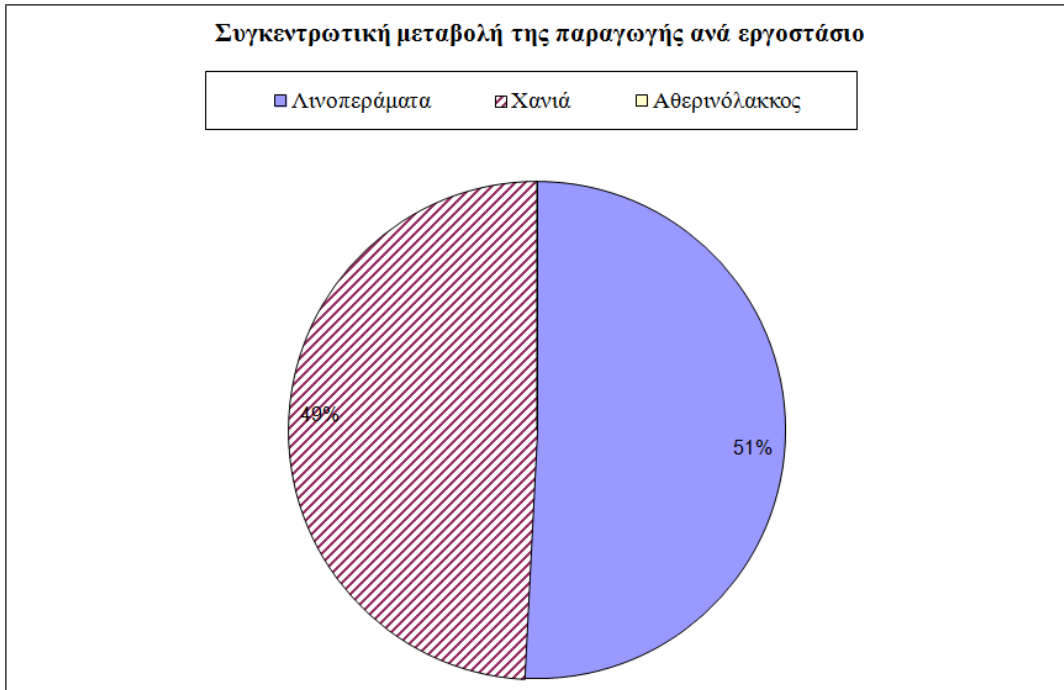
Από διαθέσιμα δεδομένα η ημέρα με την χαμηλότερη διείσδυση από Φ/Β εμφανίστηκε την 3^η ημέρα του Αυγούστου με ποσοστό 2,579 % και αντίστοιχη ημερήσια παραγωγή που είναι ίση με 240,14MWh. Η μέγιστη ωριαία παραγωγή από Φ/Β, η οποία όπως αναμενόταν κατά τις μεσημβρινές ώρες συνέβη στις 12:00 μ.μ. και είναι 43,70 MW.

Αντίστοιχα, στις Εικόνες 6-32 και 6-33 συνοψίζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο, για την ημέρα υψηλότερης διείσδυσης Φ/Β. Οι εικόνες, που ακολουθούν παρακάτω δικαιολογούν τα γραφήματα της Εικόνας 6-31, καθώς είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 6-32:Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις 03/08/2008

Σε σχέση τη χαρακτηριστική ημέρα μέγιστης ζήτησης φορτίου με ελάχιστη διείσδυση από Φ/Β, όπου το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής συνέβαινε μόνο από τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ, εδώ παρατηρείται ότι το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής μοιράζεται σχεδόν το ίδιο από τις μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου και ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ. Ακόμα, ένα μικρό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής με μόλις 2%, εμφανίζεται από τις μονάδες ΑΕΠ Νέοι ΧΑΝ καθώς οι ώρες λειτουργίας των μονάδων αυτών ήταν ελάχιστες.



Εικόνα 6-33: Συγκεντρωτική μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις 03/08/2008

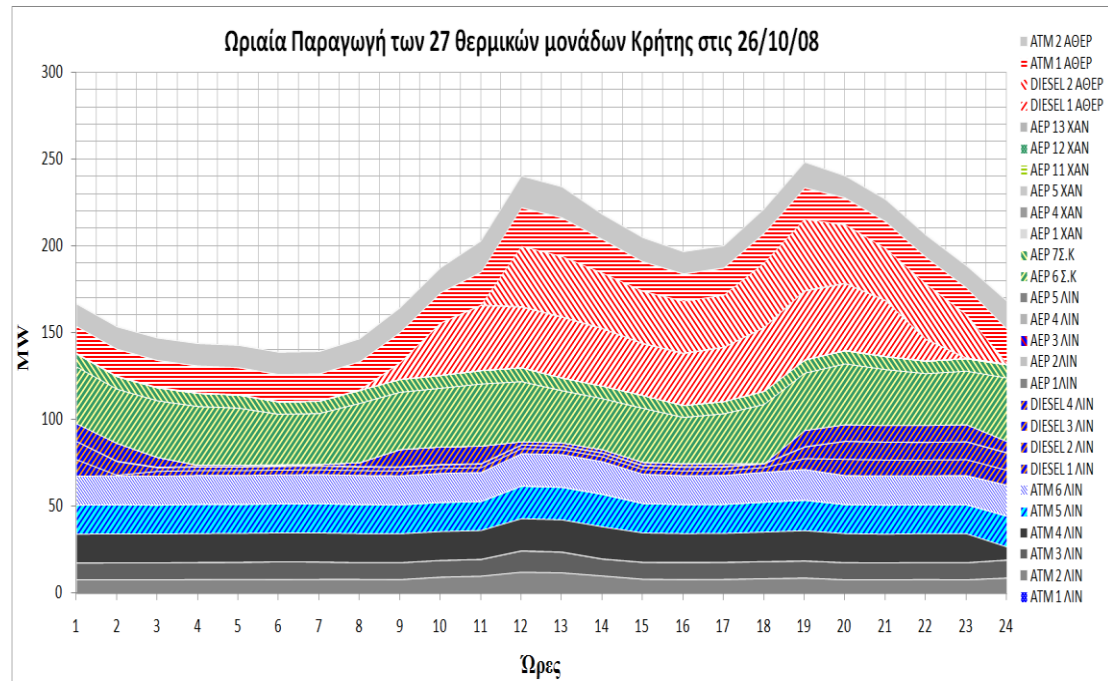
Σύμφωνα με την Εικόνα 6-33, τα ποσοστά μεταβολής της παραγωγής είναι σχεδόν το ίδιο μοιρασμένα από τους σταθμούς παραγωγής των Λινοπεραμάτων και των Χανίων αντίστοιχα. Όπως αναφέρεται παραπάνω, η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής που προκύπτει για την ημέρα χαμηλής διείσδυσης από Φ/Β, περιορίζει έστω και σε μικρότερο βαθμό τη λειτουργία δύο σημαντικών μονάδων που απαρτίζουν τη βασική παραγωγή των δύο αυτών σταθμών. Σαν τελευταία παρατήρηση που πρέπει να ειπωθεί είναι ότι παρόλο που τη συγκεκριμένη ημέρα η διείσδυση των Φ/Β κυμάνθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα, τα οικονομικά οφέλη ανά παραγόμενη MWh είναι σαφώς μεγαλύτερα σε σχέση με την αντίστοιχη ημέρα υψηλότερης διείσδυσης. Αυτό συνέβη διότι κατά την ημέρα χαμηλής διείσδυσης Φ/Β, περιορίστηκε έστω και ελάχιστα ένα μέρος της παραγωγής από τις ακριβές αεριοστροβιλικές μονάδες των Χανίων, εν' αντιθέσει με την περίπτωση υψηλότερης διείσδυσης που οι διαχειριστές αναγκάστηκαν να περιορίσουν την λειτουργία από φθηνές μονάδες του Αθρινόλακκου.

6.3.5 Ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.

Από τη προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε προέκυψε χαρακτηριστική ημέρα ελάχιστης ζήτησης φορτίου με ανάγκη αποκοπής της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από μονάδες Α.Π.Ε.. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης υποθέτεται ότι, το σενάριο αυτό συνέβαινε την ημέρα της 26^{ης} Οκτωβρίου του 2008. Επομένως η ιδιαιτερότητα αυτής της ημέρας, καθιστά την 26/10/2008 ως ημέρα περαιτέρω διερεύνησης.

6.3.5.1 Στοιχεία παραγωγής θερμικών μονάδων χωρίς την συνεισφορά Φ/Β

Για την λεπτομερή ανάλυση της ημέρας με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε., παρουσιάζεται αρχικά μέσω της Εικόνας 6-34, η συνολική παραγωγή των 27 θερμικών μονάδων του συστήματος.



Εικόνα 6-34: Συνολική παραγωγή των Θερμικών Μονάδων του συστήματος στις 26/10/2008

Η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων εκείνη την ημέρα ήταν ίση με 4.528,2 MWh. Η αιχμή της παραγωγής είναι ίση με 248,5 MW και παρουσιάστηκε το απόγευμα περίπου στις 07:00 μ.μ., ενώ η ελάχιστη τιμή της παραγωγής είναι 138,7 MW και συνέβη κατά τη πρωινή ώρα στις 06:00 π.μ..

Ακόμα, από την παραπάνω εικόνα μπορούν να παρατηρηθούν ποιές θερμικές μονάδες επί του συνόλου λειτουργούν σε 24ωρη βάση και οι οποίες αποτελούν τις μονάδες βάσης του συστήματος.

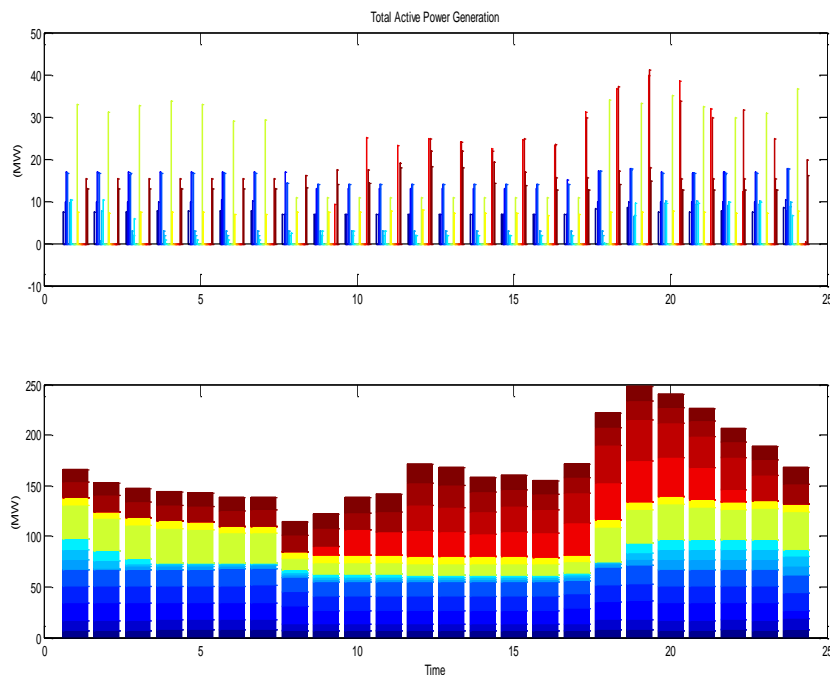
Σε αντίθεση με αντίστοιχες περιπτώσεις υψηλής ζήτησης φορτίου, τη συγκεκριμένη ημέρα παρατηρείται ότι υπάρχει μικρότερος αριθμός μονάδων που λειτουργούν σε 24ωρη βάση, ενώ πολλές μονάδες ακόμα δεν λειτουργούν καθόλου. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των μονάδων DIESEL ΛΙΝ, καθώς στην περίπτωση υψηλής ζήτησης λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό τουλάχιστον τρεις εξ' αυτών και ενίοτε και τέσσερις. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που αξίζει να σημειωθεί είναι πως στη διάρκεια της ημέρας καμία αεριοστροβλική μονάδα του συστήματος δεν τέθηκε σε λειτουργία.

6.3.5.2 Τελική παραγωγή μονάδων και στοιχεία διείσδυσης Φ/Β

Οι εικόνες που ακολουθούν, προέκυψαν από τα διαθέσιμα δεδομένα του συστήματος παραγωγής της Κρήτης και είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για την χαρακτηριστική ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής από Α.Π.Ε..

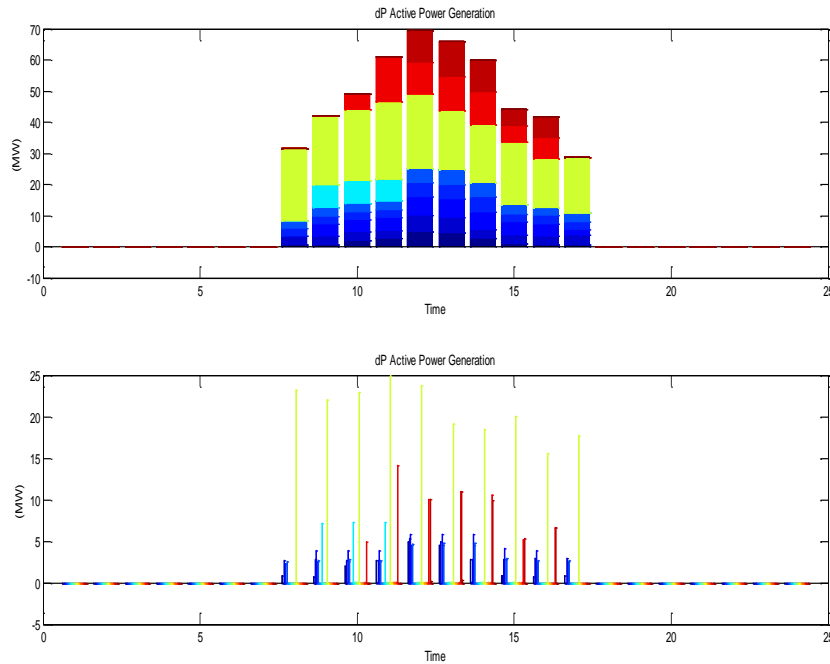
Στην Εικόνα 6-35 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του νησιού ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, καθώς σύμφωνα με το σενάριο προέκυψε αδυναμία απορρόφησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από Α.Π.Ε. στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού.

Η περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνει τη συνολική παραγωγή ανά θερμική μονάδα έτσι όπως προέκυψε μετά της «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, ενώ με την ίδια λογική, η περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος παρουσιάζει ουσιαστικά τη τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος.



Εικόνα 6-35: Η τελική παραγωγή των θερμικών μονάδων του συστήματος έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 26/10/2008

Επίσης, στην Εικόνα 6-36 παρουσιάζεται μέσω της προσομοίωσης, η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα βάση της συνολικής παραγωγής από Φ/Β για την ίδια ημέρα. Συγκεκριμένα, στη περιβάλλουσα του άνω γραφήματος φανερώνεται χαρακτηριστικά η συνολική παραγωγή από Φ/Β κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στη περιβάλλουσα του κάτω γραφήματος αποτυπώνεται η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα για τις ώρες που υπήρχε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β.

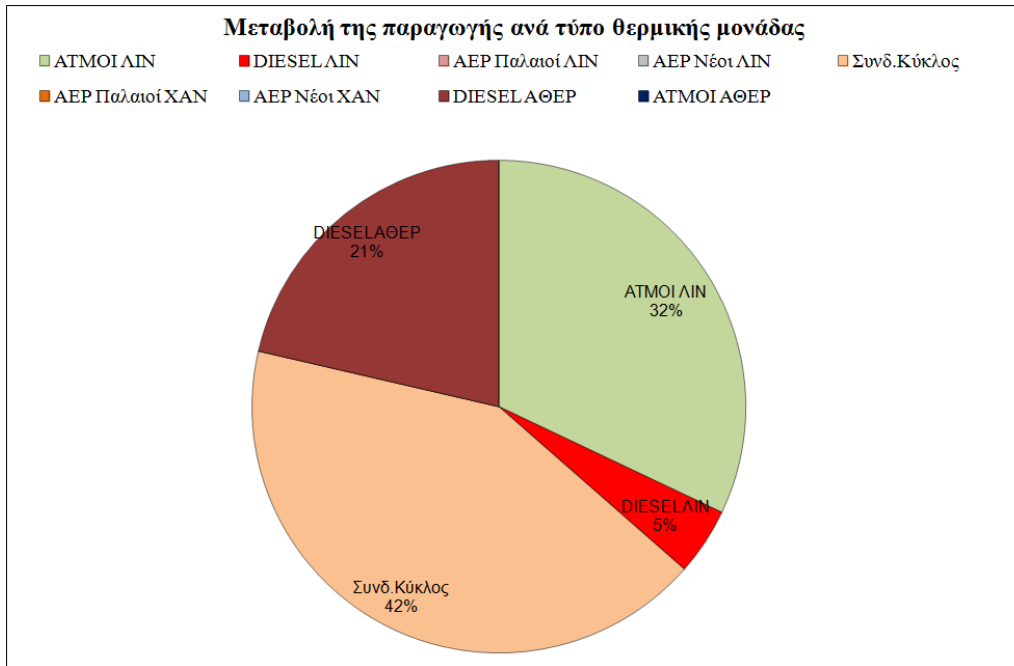


Εικόνα 6-36: Η μεταβολή της παραγωγής ανά θερμική μονάδα έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, βάση της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε για τις 26/10/2008

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης όπως είναι γνωστό, προέκυψε ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. η οποία εμφανίστηκε την 26^η ημέρα του Οκτώβρη. Η μέγιστη ωριαία παραγωγή από Φ/Β, όπως αναμενόταν συνέβη κατά τις μεσημβρινές ώρες και συγκεκριμένα στις 12:00 μ.μ. ενώ η αντίστοιχη ωριαία παραγωγή από Φ/Β είναι 69,50 MW.

6.3.5.3 Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας την ημέρα με αποκοπή

Στην Εικόνα 6-37 συνοψίζεται η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο, για την ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.. Η εικόνα, που ακολουθεί δικαιολογεί τα γραφήματα της Εικόνας 6-36, καθώς είναι αποτελέσματα της προσομοίωσης.



Εικόνα 6-37:Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο μονάδας στις 26/10/2008

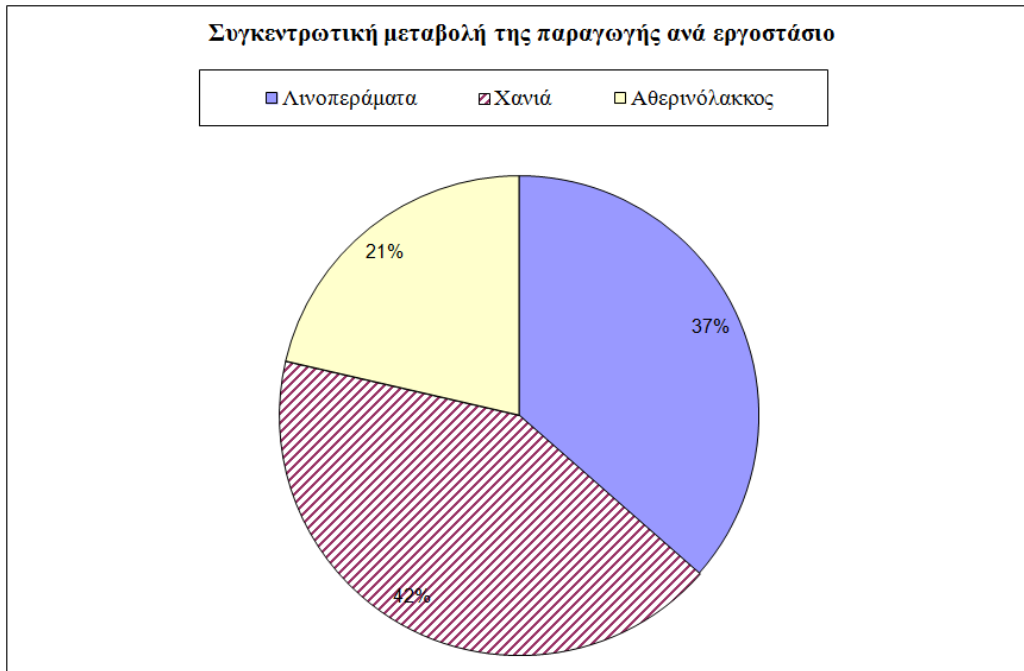
Σε σχέση με τα αποτελέσματα των προηγούμενων περιπτώσεων, που αφορούν τις ημέρες μέγιστης και ελάχιστης διείσδυσης από Φ/Β, η συγκεκριμένη ημερομηνία παρουσιάζει επίσης ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σχετικά με το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας.

Γενικότερα, παρατηρείται ότι σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ημέρες που εξετάστηκαν, στην περίπτωση αυτή (Εικόνα 6-37) εμφανίζεται ένα μοιρασμένο σχεδόν ποσοστό μεταβολής και από τους τρεις σταθμούς παραγωγής του νησιού. Πιο συγκεκριμένα, από το σταθμό παραγωγής των Χανίων η μονάδα συνδυασμένου κύκλου αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής με 42%, από το σταθμό παραγωγής των Λινοπεραμάτων ακολουθούν οι μονάδες ATMOI ΛIN με ποσοστό μεταβολής 32% και οι μονάδες DIESEL ΛIN με 5% αντίστοιχα. Τέλος, από το σταθμό παραγωγής του Αθρινόλακκου οι μονάδες DIESEL ΑΘEP εμφανίζουν σημαντικό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής που είναι ίσο με 21%. Πρέπει να σημειωθεί και εδώ ότι, λόγω αδυναμίας περαιτέρω μείωσης παραγωγής από τις υπόλοιπες μονάδες του συστήματος υποθέτεται ότι οι διαχειριστές αναγκάζονται να μειώσουν την παραγωγή από τις μονάδες του σταθμού παραγωγής του Αθρινόλακκου, οπότε γι' αυτό προέκυψε αυτό το ποσοστό μεταβολής και απ' το σταθμό αυτό.

Συνεπώς, από την χαρακτηριστική ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. εκτιμάται ότι, κατά τις ώρες διείσδυσης από Φ/Β, η συνολική παραγωγή και των τεσσάρων τύπων μονάδων θερμικής παραγωγής (ATMOI ΛIN, DIESEL ΛIN, ΣΥΝΔ.ΚΥΚΛΟΣ, DIESEL ΑΘEP) που παρουσίασαν ποσοστό μεταβολής της παραγωγής τους, περιορίστηκε σημαντικά.

6.3.5.4 Μεταβολή της παραγωγής ανά εργοστάσιο την ημέρα με αποκοπή

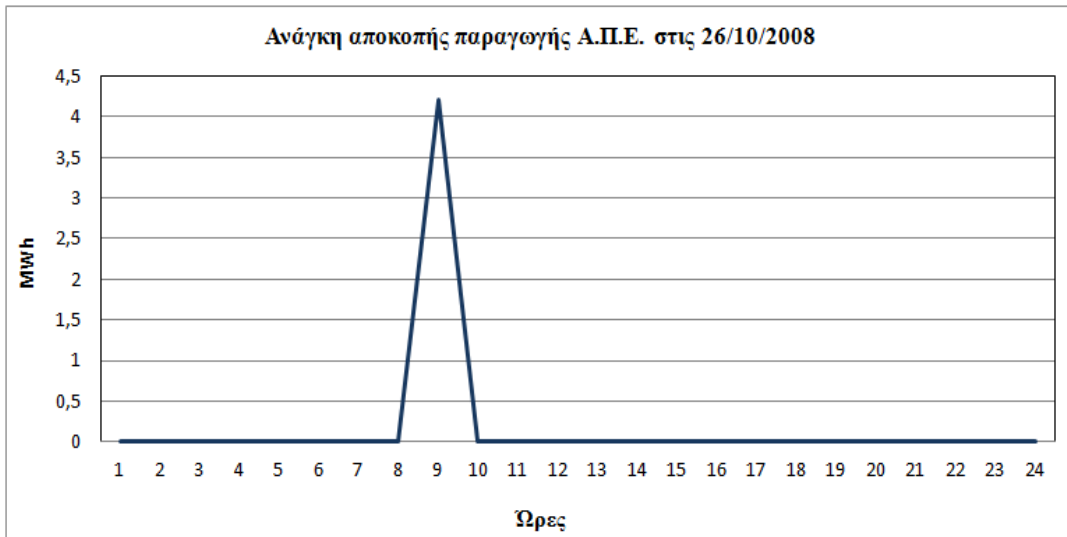
Όπως αναφέρεται και παραπάνω το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής μοιράζεται σχεδόν και από τους τρεις σταθμούς παραγωγής του νησιού. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την συγκεκριμένη ημέρα παρατηρήθηκε σημαντικό ποσοστό μεταβολής της παραγωγής και στον σταθμό παραγωγής του Αθερινόλακκου, κάτι που δεν συνέβαινε καθόλου στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Οπότε, σύμφωνα με την Εικόνα 6-38, το μεγαλύτερο ποσοστό μοιράζονται οι σταθμοί παραγωγής των Χανίων και των Λινοπεραμάτων ενώ το μικρότερο ποσοστό που απομένει μοιράζεται από τον αντίστοιχο σταθμό του Αθερινόλακκου.



Εικόνα 6-38: Ποσοστό συγκεντρωτικής μεταβολής της παραγωγής ανά εργοστάσιο στις 26/10/2008

6.3.5.5 Στοιχεία για τη χρονική στιγμή ανάγκης αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.

Στην Εικόνα 6-39 παρουσιάζεται η τιμή της αποκοπής της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από Α.Π.Ε., η οποία προέκυψε λόγω της υψηλής διείσδυσης Α.Π.Ε. στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού. Όπως φαίνεται από το γράφημα, προέκυψε ώρα της ημέρας με ανάγκη αποκοπής παραγόμενης ενέργειας Α.Π.Ε. η οποία εκτιμάται πως θα εκδηλωνόταν χρονικά στις 09:00 π.μ. της 26^{ης} Οκτωβρίου και υποθέτεται ότι θα ήταν συνολικά ίση με 4,20 MW. Σημειώνεται ακόμα ότι, η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά την ίδια χρονική στιγμή είναι 235,2 MW.



Εικόνα 6-39: Ανάγκη αποκοπής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. λόγω μη δυνατότητας απορρόφησης της, από το δίκτυο

Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι, οι μονάδες Α.Π.Ε. του συστήματος κατά τη χρονική στιγμή αυτής της ώρας υποθετικά, θα παρήγαγαν «πλεονάζουσα» ηλεκτρική ισχύς της τάξεως των 4,20 MW. Το ποσό της ενέργειας αυτής, εκτιμήθηκε σύμφωνα με τη προσομοίωση που έγινε ότι, είναι αδύνατο να απορροφηθεί από το ευρύτερο ηλεκτρικό δίκτυο, ενδεχομένως θα μπορούσε να αξιοποιηθεί με άλλο τρόπο, αν υπήρχαν για παράδειγμα διαθέσιμες μονάδες αποθήκευσης ενέργειας στο σύστημα (π.χ. αντλησιοταμίευση). Σε κάθε περίπτωση, το γεγονός και μόνο ότι παρουσιάστηκε έστω και υποθετικά ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγόμενης ενέργειας από Α.Π.Ε., δείχνει πως οι μονάδες αυτές στο σύνολο τους, δύναται να παράγουν υπεραρκετές ποσότητες ενέργειας.

6.3.5.6 Στοιχεία συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε.

Στο Πίνακα 6-9 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της διείσδυσης μονάδων Α.Π.Ε. τόσο για ολόκληρη την ημέρα (μέγιστη συνολική διείσδυση), όσο και για την χρονική στιγμή με ανάγκη αποκοπής της παραγόμενης ισχύος από αυτές τις μονάδες αντίστοιχα (μέγιστη ωριαία διείσδυση).

Μονάδες Α.Π.Ε.	Συνολική ημερήσια παραγωγή (MWh)	Ζήτηση ενέργειας στην ώρα αποκοπής (MW)	Παραγωγή στην ώρα αποκοπής (MW)	Συνολική ημερήσια διείσδυση (%)	Ωριαία διείσδυση στην ώρα αποκοπής (%)
Φ/Β	493,66	-	46,20	7,39	19,64
Ανεμογεννήτριες	2.147,50	-	70,80	32,17	30,10
Σύνολο	2.641,16	235,20	117	39,56	49,74

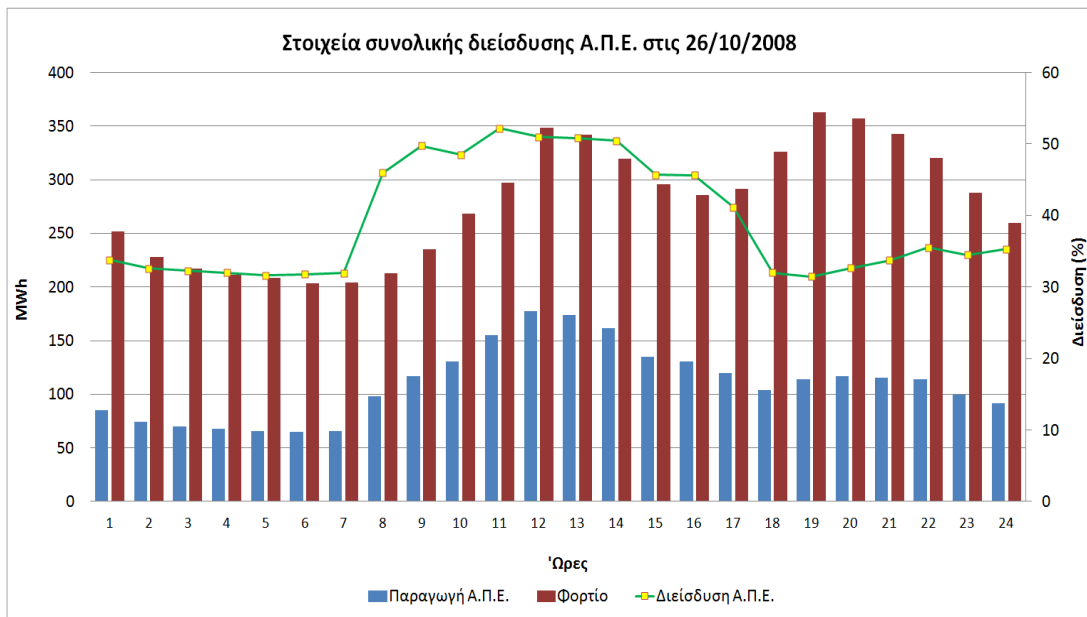
Πίνακας 6-9: Συγκεντρωτικά στοιχεία συνολικής και ωριαίας διείσδυσης (09:00 π.μ.) Α.Π.Ε. στις 26/10/2008

Σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα, το ποσοστό διείσδυσης από Φ/Β σύμφωνα με την ημέρα εκείνη είναι 7,394% και η αντίστοιχη ημερήσια παραγωγή είναι της τάξεως των 493,66 MWh, επίσης η συνολική παραγωγή από Φ/Β κατά την ώρα αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε., ισούται με 46,20 MW ενώ το ποσοστό μέγιστης ωριαίας διείσδυσης είναι ίσο με 19,64%.

Ακόμα, η συνολική αιολική παραγωγή για την ίδια ώρα αγγίζει τα 70,80 MW ενώ το ποσοστό μέγιστης ωριαίας διείσδυσης είναι ίσο με 30,10%. Σημειώνεται πως, η συνολική παραγωγή από μονάδες Α.Π.Ε. την ώρα της αποκοπής ανέρχεται στα 117 MW από τα 235,2 MW της συνολικής ωριαίας ζήτησης φορτίου. Επομένως εξάγεται το υποθετικό συμπέρασμα πως εκείνη την ώρα η συνολική παραγωγή Α.Π.Ε. κάλυψε κατά το ήμισυ (περίπου 50%) τις ανάγκες της συνολικής ζήτησης φορτίου όλου του νησιού.

Αντίστοιχα το ποσοστό της συνολικής διείσδυσης μονάδων Α.Π.Ε. την ίδια ώρα φτάνει τα επίπεδα του 49,74%, δικαιολογώντας χαρακτηριστικά και τα παραπάνω. Είναι εξίσου σημαντικό να αναφερθεί ότι το ποσοστό διείσδυσης από Φ/Β την ώρα εκείνη παρουσιάζεται ιδιαίτερα σημαντικό καθώς αγγίζει περίπου το 75% της ωριαίας διείσδυσης της αιολικής παραγωγής.

Η Εικόνα 6-40 βοηθάει στη καλύτερη απεικόνιση των όσων αναφερθήκαν προηγουμένως καθώς παρουσιάζει συγκεντρωτικά όλα τα στοιχεία της συνολικής διείσδυσης μονάδων Α.Π.Ε. στις 26/10/2008. Σε γράφημα δύο αξόνων απεικονίζεται, στα αριστερά η συνολική ημερήσια παραγωγή Α.Π.Ε. (σε MWh), όπως και η συνολική ζήτηση ενέργειας για τις ίδιες ώρες (σε MWh), ενώ στα δεξιά του γραφήματος απεικονίζεται σε ποσοστιαία κλίμακα η συνολικά διείσδυση Α.Π.Ε. στον ίδιο και πάλι χρονικό άξονα.



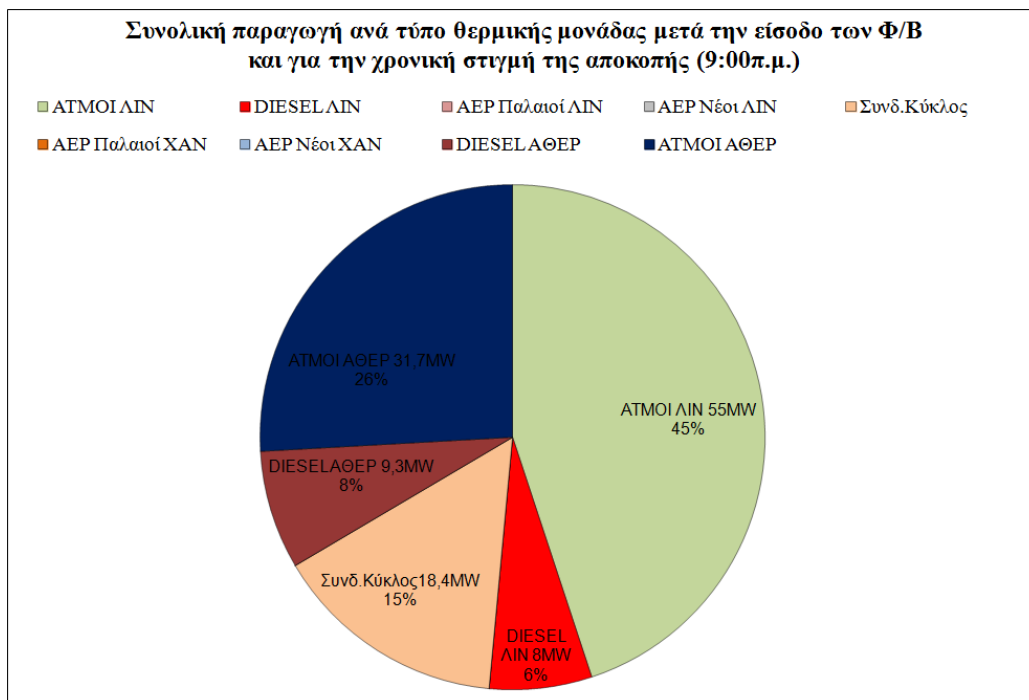
Εικόνα 6-40: Στοιχεία συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε. στις 26/10/2008

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται ότι, η συνεισφορά των Φ/Β στη συνολική διείσδυση μονάδων Α.Π.Ε. είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς κατά τις ώρες ηλιοφάνειας, συγκεκριμένα από τις 09:00 π.μ. μέχρι και τις 05:00 μ.μ. σημειώνονται τα μεγαλύτερα ποσοστά συνολικής διείσδυσης. Το γεγονός αυτό συμπίπτει στις ώρες της μεσημεριανής αιχμής της ζήτησης του συστήματος, πράγμα που αποδεικνύει ότι κατά τις ώρες αυτές, οι θερμικές μονάδες του συστήματος ελάττωσαν χαρακτηριστικά την συνολική παραγωγή τους.

Γενικότερα, τις ημέρες υψηλής διείσδυσης μονάδων Α.Π.Ε. η αποκοπή της παραγωγής εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τα Φ/Β, καθώς σύμφωνα με τα δεδομένα της προσομοίωσης, στις ώρες ηλιοφάνειας προέκυψαν τα μεγαλύτερα ποσοστά συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε..

6.3.5.7 Στοιχεία της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας στην ώρα αποκοπής

Στη συνέχεια, μέσω της Εικόνας 6-41 παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή (σε MW) ανά τύπο θερμικής μονάδας για την χρονική στιγμή με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.. Σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα ο σταθμός παραγωγής των Λινοπεραμάτων παρουσιάζει συνολικά το μεγαλύτερο ποσό της παραγωγής με τους ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ και ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ να αποτελούν με 63 MW, το 51% της συνολικής θερμικής παραγωγής του συστήματος την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αντίστοιχα, οι σταθμός παραγωγής του Αθρινόλακκου με 41 MW αποτελεί το 34% της συνολικής θερμικής παραγωγής του συστήματος, ενώ ο σταθμός παραγωγής των Χανίων με 18,4 MW (αποκλειστικά από μονάδα Συνδ. Κύκλου) αποτελεί το μικρότερο ποσοστό με 15% της συνολικής θερμικής παραγωγής. Από την τελευταία παρατήρηση που διατυπώθηκε αναφορικά με το σταθμό παραγωγής των Χανίων, πρέπει να σημειωθεί ότι το μικρό ποσοστό της παραγωγής (με 15%) που προέκυψε, οφείλεται στην ήδη σημαντικά μειωμένη παραγωγή της υπάρχουσας μονάδας του Συνδυασμένου Κύκλου.

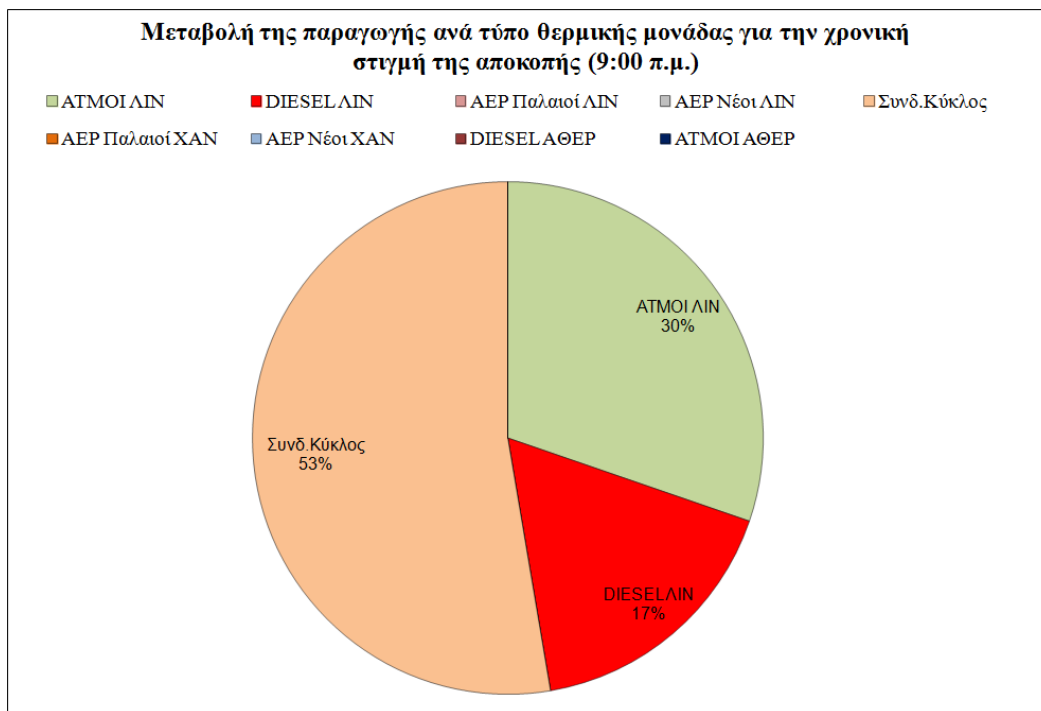


Εικόνα 6-41: Συνολική παραγωγή (MW) ανά τύπο θερμικής μονάδας έπειτα από την «είσοδο» των Φ/Β στο σύστημα και για την χρονική στιγμή με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.

Επίσης ένα άλλο γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι κατά την ώρα της αποκοπής, το μεγαλύτερο ποσοστό καλύπτεται από μονάδες βάσης των αντίστοιχων σταθμών παραγωγής (Συνδ. Κύκλος, ΑΤΜΟΙ ΑΘΕΡ, ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ) με περιορισμένη σαφώς λειτουργία και το υπόλοιπο ποσοστό καλύπτεται από τις μονάδες ΔΙΕΣΕΛ ΑΘΕΡ και ΔΙΕΣΕΛ ΛΙΝ εκ' των οποίων η παραγωγή είναι εξίσου περιορισμένη. Αναφέρεται και εδώ, ότι οι αεριοστροβιλικές μονάδες του συστήματος δεν τέθηκαν σε καμία των περιπτώσεων σε λειτουργία.

Στην ίδια λογική κυμαίνεται και η Εικόνα 6-42 στην οποία φαίνεται αντίστοιχα το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής έτσι όπως προέκυψε από την «είσοδο» των Φ/Β και παράλληλα στην ιδιαίτερη χρονική στιγμή της αποκοπής.

Όπως, αναφέρθηκε και παραπάνω στην χρονική στιγμή με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. οι μονάδα που επηρεάστηκε περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη μονάδα κατά τη λειτουργία της, ήταν η μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου των Χανίων, με ποσοστό μεταβολής της παραγωγής που είναι ίσο με 53%. Το υπόλοιπο ποσοστό μεταβολής, προέκυψε από τον σταθμό παραγωγής των Λινοπεραμάτων, με τις μονάδες ΑΤΜΟΙ ΛΙΝ να αποτελούν το 30% και τις μονάδες DIESEL ΛΙΝ το 17%. Αυτό που πρέπει να αναφερθεί, είναι πως για την ίδια ώρα, ο σταθμός παραγωγής του Αθερινόλακκου δεν άλλαξε καθόλου την παραγωγή του.



Εικόνα 6-42: Μεταβολή της παραγωγής ανά τύπο θερμικής μονάδας για την χρονική στιγμή με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.

6.3.5.8 Τεχνικά ελάχιστα και ικανότητα παραγωγής των θερμικών μονάδων που λειτούργησαν στην ώρα αποκοπής

Τέλος, στο Πίνακα 6-10 αναγράφονται ξεχωριστά, οι θερμικές μονάδες του συστήματος οι οποίες είχαν τεθεί σε λειτουργία κατά την ώρα της αποκοπής. Το άθροισμα των τεχνικών ελάχιστων των μονάδων θερμικής παραγωγής σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των θερμικών μονάδων είναι συνολικά 152 MW. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της υπόθεσης που γίνεται για συγκεκριμένη χρονική περίοδο (μίας ώρας) όπου εκδηλώθηκε η ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε., το άθροισμα των τεχνικών ελαχίστων υποθέτεται ότι ήταν μικρότερο εκείνη τη χρονική στιγμή γιατί οι μονάδες ήταν σε διαδικασία υπό εκκίνησης.

Επίσης, σημειώνεται ότι το σύνολο της ωριαίας παραγωγής των θερμικών μονάδων πριν την «είσοδο» των Φ/Β είναι ίσο με 164,40 MW και το ίδιο σύνολο παραγωγής έτσι όπως προέκυψε μετά την «είσοδο» των Φ/Β είναι ίσο με 122,44 MW. Ακόμα αναφέρεται ότι ικανότητα παραγωγής των εντεταγμένων μονάδων εκείνη την ώρα είναι συνολικά 400,04 MW.

Αυτό που γίνεται αντιληπτό από τον παρακάτω πίνακα είναι πως, στην ώρα της αποκοπής κάποιες μονάδες εκ' του συνόλου λειτούργησαν κάτω από το τεχνικό τους ελάχιστο. Αυτό μάλιστα μπορεί να φανεί και από τη σύνολο της τελικής παραγωγής των θερμικών μονάδων καθώς μετά και την «είσοδο» των Φ/Β προέκυψε ίση με 122,44 MW και προφανώς μικρότερη του 152 MW που είναι το σύνολο των τεχνικών ελαχίστων των εν' λειτουργία μονάδων.

A/A	Εντεταγμένες θερμικές μονάδες	Ικανότητα Παραγωγής (MW)	Τεχνικό ελάχιστο (MW)	Παραγωγή πριν τα Φ/Β (MW)	Τελική παραγωγή (MW)
1	ATM 2 ΛΙΝ	15,00	7,00	7,70	7,00
2	ATM 3 ΛΙΝ	15,00	7,00	9,80	7,00
3	ATM 4 ΛΙΝ	25,00	13,00	16,90	13,00
4	ATM 5 ΛΙΝ	25,00	14,00	16,60	14,00
5	ATM 6 ΛΙΝ	25,00	14,00	16,70	14,00
6	DIESEL 2 ΛΙΝ	11,08	3,00	3,00	3,00
7	DIESEL 3 ΛΙΝ	11,08	3,00	2,00	2,00
8	DIESEL 4 ΛΙΝ	11,08	3,00	10,20	3,04
9	AEP 6 Σ.Κ.	62,50	11,00	33,10	11,00
10	AEP 7 Σ.Κ.	62,50	11,00	7,40	7,40
11	DIESEL 1 ΑΘΕΡ	50,00	22,00	9,30	9,30
12	ATM 1 ΑΘΕΡ	43,40	22,00	17,50	17,50
13	ATM 2 ΑΘΕΡ	43,40	22,00	14,20	14,20
Σύνολο		400,04	152,00	164,40	122,44

Πίνακας 6-10: Στοιχεία τεχνικών ελαχίστων και ικανότητας παραγωγής των εντεταγμένων θερμικών μονάδων του συστήματος στην ώρα αποκοπής.

Συγκεκριμένα από τα αποτελέσματα της τελικής παραγωγής προέκυψε, σημαντική μείωση της παραγωγής από την μονάδα AEP 6 Σ.Κ. του Συνδυασμένου Κύκλου των Χανίων, καθώς η παραγωγή της μονάδας μειώθηκε κατά 22,10 MW. Επίσης, για την ίδια περίπτωση σημαντική μείωση της παραγωγής εμφανίστηκε και από την μονάδα DIESEL 4 ΛΙΝ των Λινοπεραμάτων, καθώς η παραγωγή της μονάδας μειώθηκε κατά 7,16 MW και επήλθε στα όρια του τεχνικού ελαχίστου της.

6.3.5.9 Ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α/Π

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, σε μία ενδεχόμενη ώρα με ανάγκη αποκοπής της παραγόμενης ισχύος από μονάδες Α.Π.Ε., η αποκοπή της «πλεονάζουσας» παραγόμενης ισχύος θα γίνει αποκλειστικά από τις από τις υπάρχουσες αιολικές μονάδες του συστήματος. Το ανάλογο γεγονός, θα ήταν αδύνατο πρακτικά να συμβεί από τις αντίστοιχες μονάδες Φ/Β του συστήματος, διότι είναι μονάδες στις οποίες δεν παρέχεται για τεχνικούς κυρίως λόγους αυτή τη δυνατότητα (δεν υπάρχει η δυνατότητα αυτή σε αντιστροφείς μικρής ισχύος), επίσης δεν παρακολουθούνται από το Κέντρο Κατανομής Φορτίου (Κ.Κ.Φ.) Κρήτης και επομένως δεν μπορούν να μεταβάλλουν την παραγωγή τους.

Αντίθετα, η διαχείριση των Α/Π, γίνεται από ένα σύστημα πραγματικού χρόνου μέσω του υποσυστήματος εποπτικού ελέγχου και συλλογής πληροφοριών S.C.A.D.A. (Supervisory Control And Data Acquisition) χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο επικοινωνίας υψηλής ασφάλειας από το κέντρο ελέγχου προς τις τερματικές μονάδες (Remote Terminal Units,

R.T.Us) που είναι εγκατεστημένες στους σταθμούς παραγωγής και στους υποσταθμούς. Έτσι, γίνεται δυνατή η παράλληλη παρακολούθηση της συνολικής ζήτησης ενέργειας του συστήματος και της συνολικής διείσδυσης Α.Π.Ε.. Βάση των δεδομένων αυτών και των τεχνικών χαρακτηριστικών των διαθέσιμων θερμικών μονάδων του συστήματος, όπως είναι τα τεχνικά ελάχιστα των μονάδων, οι διαχειριστές του συστήματος αποφασίζουν τον βέλτιστο τρόπο που θα καταναμηθούν τα τεχνικά ελάχιστα των εντεταγμένων μονάδων και διαμοιράζουν έτσι, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύς κάθε Α/Π, τη μέγιστη επιτρεπόμενη αιολική ισχύς το ίδιο σε όλα τα Α/Π του συστήματος. Αναφέρεται ακόμα, πως μέσω του υποσυστήματος S.C.A.D.A. η συγκεκριμένη διαδικασία εκτελείται κάθε πέντε λεπτά καθώς μέσω του κέντρου ελέγχου του συστήματος γίνεται η αποστολή των επιθυμητών τιμών παραγωγής (set – points), τα οποία είναι και τα μέγιστα επιτρεπτά όρια για κάθε Α/Π. Η επιθυμητή τιμή ισχύος εξόδου των μονάδων αυτών αποστέλλεται στα εκεί εγκατεστημένα R.T.Us και διαβιβάζεται στους ελεγκτές γεννητριών σταθμών παραγωγής (G.U.Cs).

Επομένως, σε ημέρα ενδεχόμενης αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. όπως την ημέρα της 26^{ης} Οκτωβρίου, το ποσό της «πλεονάζουσας» ενέργειας των 4,20 MWh, δεν θα μπορέσει να απορροφηθεί από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού και θα περιοριστεί αποκλειστικά από τις υπάρχουσες αιολικές μονάδες του συστήματος.

Πρέπει να σημειωθεί ακόμη ότι, αυτό το γεγονός προφανώς θα έχει άμεση επίπτωση στους παραγωγούς αιολικής ενέργειας, καθώς το ποσό της ενέργειας που δεν θα απορροφηθεί την ώρα της αποκοπής, δεν θα πουληθεί προς τη Δ.Ε.Η..

Βάση των παραπάνω διαπιστώνεται ότι, η αδυναμία ελέγχου του ρυθμού ροής της πρωτογενούς ενέργειας, αποτελεί ένα σοβαρό μειονέκτημα των Α.Π.Ε., δεδομένου ότι η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και καταναλώνεται ταυτόχρονα, ενώ η αποθήκευση της σε μεγάλες σχετικά ποσότητες είναι τεχνικά δύσκολη και με υψηλό οικονομικό κόστος. Το συγκεκριμένο μειονέκτημα αναδεικνύεται ιδιαίτερα κρίσιμο στις περιπτώσεις μεσαίων και μικρών αυτόνομων Σ.Η.Ε. (νησιωτικά ηλεκτρικά δίκτυα), όπου η παραγωγή από Α.Π.Ε. μπορεί να καλύπτει μεγάλο ποσοστό της ζητούμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς στα αυτόνομα Σ.Η.Ε. κρίνεται αναγκαία η έρευνα και αξιολόγηση δυνατοτήτων έστω και βραχυχρόνιας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Καταλήγοντας σε αυτήν τη ενότητα διαπιστώθηκε ότι σε ένα αυτόνομο ηλεκτρικό δίκτυο όπως είναι αυτό της Κρήτης, η παραγόμενη «πλεονάζουσα» ηλεκτρική ισχύς που προέρχεται από τη συνολική παραγωγή Α.Π.Ε. ενδέχεται να προκαλέσει ανά χρονικές περιόδους ανάγκη αποκοπής της παραγωγής από τις ευρύτερες αιολικές μονάδες του νησιού.

Αντ' αυτού του γεγονότος θα μπορούσε εναλλακτικά να εκτιμηθεί ένα σενάριο το οποίο πιθανότατα θα συνέβαινε. Σε μία ανάλογη περίπτωση αποκοπής, οι μονάδες που είχαν ήδη ξεκινήσει ή ήταν στη διαδικασία εκκίνησής τους θα καθυστερούσαν να εκκινήσουν προκειμένου να «χωρέσει» η Φ/Β παραγωγή. Έτσι για παράδειγμα η μονάδα DIESEL 4 ΛΙΝ του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων δε θα ξεκινούσε τη λειτουργία της και με αυτό το τρόπο, η εφεδρεία του συστήματος θα μειωνόταν κατά 11 MW, έχοντας όμως παραπάνω παραγωγή από τα Φ/Β σε σχέση με προηγούμενως, αφού θα υπήρχε και η δυνατότητα από το δίκτυο απορρόφησης αυτής της παραπάνω ενέργειας. Επομένως, με αυτό τον τρόπο θα επιτυγχάνονταν η αποφυγή της ενδεχόμενης αποκοπής και ταυτόχρονα θα μειωνόταν το σχετικό κόστος.

6.4 Συνοπτικά αποτελέσματα χαρακτηριστικών ημερών

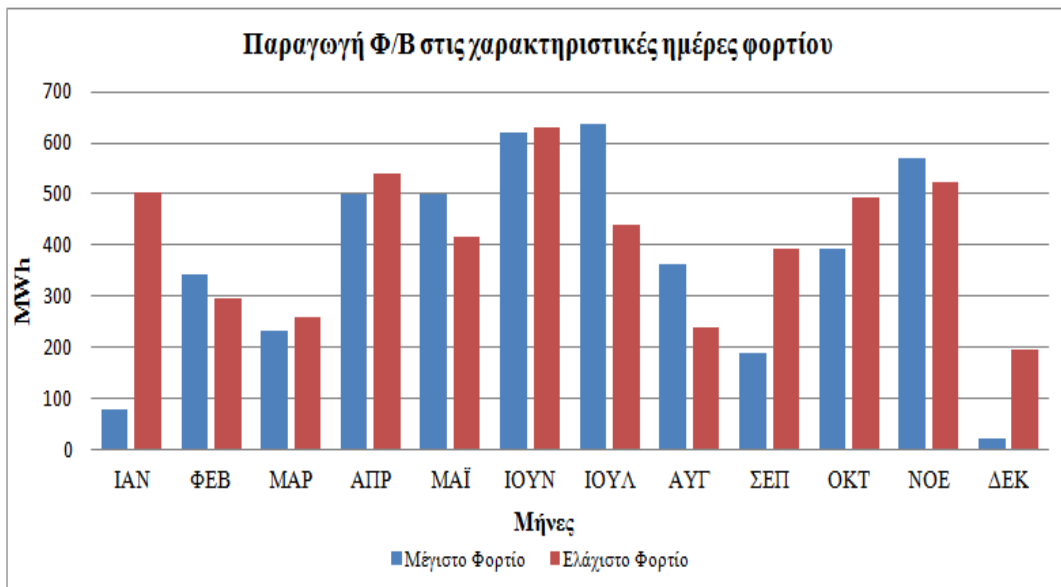
6.4.1 Παραγωγή Φ/Β στις χαρακτηριστικές ημέρες

Στο πίνακα 6-11 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της μέσης παραγόμενης MWh από Φ/Β, στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης και στο ελάχιστης ζήτησης φορτίου.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση τιμή παραγωγής Φ/Β (MWh)
Μέγιστο φορτίο	374,522
Ελάχιστο φορτίο	410,526

Πίνακας 6-11: Μέσος όρος της παραγωγής από Φ/Β στις χαρακτηριστικές ημέρες φορτίου

Αντίστοιχα, στην Εικόνα 6-43 παρουσιάζεται αναλυτικά η παραγωγή Φ/Β στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, για τους 12 μήνες του υπό εξέταση έτους. Με βάση αυτά τα δεδομένα, προκύπτουν και τα ποσοστά διείσδυσης των Φ/Β στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, τα οποία εν' γένει είναι υψηλότερα στις ημέρες ελάχιστου φορτίου, και μάλιστα εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές τους, στους μήνες, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Ιανουάριο.



Εικόνα 6-43: Παραγωγή Φ/Β στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

6.5 Κατανάλωση καυσίμου

6.5.1 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ

Στον Πίνακα 6-12 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της εξοικονόμησης κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ σε τόνους (Tn), των αντιστοιχών θερμικών μονάδων παραγωγής του συστήματος στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου. Τα αποτελέσματα της εξοικονόμησης προέκυψαν από τη διαφορά της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ μεταξύ των αποτελεσμάτων κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ χωρίς συνεισφορά Φ/Β και με συνεισφορά από Φ/Β.

Μήνας	Κατανάλωση μαζούτ χωρίς συνεισφορά Φ/Β (Tn)		Κατανάλωση μαζούτ με συνεισφορά Φ/Β (Tn)		Εξοικονόμηση μαζούτ (Tn)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	551,79	406,08	551,79	384,35	0,00	21,73
Φεβρουάριος	485,89	377,47	484,60	365,64	1,29	11,83
Μάρτιος	452,55	344,71	444,34	327,57	8,21	17,14
Απρίλιος	530,58	166,93	496,46	147,22	34,12	19,71
Μάιος	461,91	614,15	455,50	561,87	6,41	52,28
Ιούνιος	634,82	616,02	623,96	564,74	10,86	51,28
Ιούλιος	759,95	658,72	759,95	621,92	0,00	36,80
Αύγουστος	749,71	683,90	747,93	649,15	1,78	34,75
Σεπτέμβριος	685,42	618,65	683,74	592,75	1,68	25,90
Οκτώβριος	762,56	524,73	749,49	480,79	13,07	43,94
Νοέμβριος	556,18	504,63	556,18	456,87	0,00	47,76
Δεκέμβριος	615,79	484,05	597,26	472,24	18,52	11,81
Σύνολο	7.247,15	6.000,04	7.151,22	5.625,11	95,94	374,93

Πίνακας 6-12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα κατανάλωσης και εξοικονόμησης μαζούτ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου παρατηρείται μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου μαζούτ σε σχέση με τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου και μάλιστα σε όλες τις χαρακτηριστικές ημέρες του χρόνου με εξαίρεση τον μήνα Απρίλιο.

Η μεγάλη διαφορά εξοικονόμησης καυσίμου μαζούτ στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου επιτυγχάνεται διότι, ο διαχειριστής του συστήματος εκμεταλλεύεται σε μεγάλο βαθμό τις οικονομικότερες μονάδες που καταναλώνουν μαζούτ λόγω χαμηλής σχετικά ενεργειακής ζήτησης και έτσι, η λειτουργία των ακριβών μονάδων ντήζελ είναι ελάχιστη. Οπότε, οι μονάδες από Φ/Β συνεισέφεραν περισσότερο στις θερμικές μονάδες που λειτούργησαν κατά τις ημέρες αυτές.

Έτσι με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση από τις οικονομικότερες μονάδες που καταναλώνουν καύσιμο μαζούτ καθώς οι μονάδες αυτές αποδίδουν σημαντικό μέρος της παραγωγής τους κατά τις ημέρες ελάχιστης φόρτισης.

Στο Πίνακα 6-13 παρουσιάζεται η μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ σε τόνους, έτσι όπως αυτή προέκυψε μετά την διείσδυση των Φ/Β, τόσο για το μέγιστο όσο και

για το ελάχιστο φορτίο. Όπως φαίνεται από το παρακάτω πίνακα η μέση εξοικονόμηση καυσίμου μαζούτ στις ημέρες ελάχιστου φορτίου είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς αγγίζει τους 31,2 τόνους.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (Tn)
Μέγιστο φορτίο	7,99
Ελάχιστο φορτίο	31,24

Πίνακας 6-13: Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ (σε Tn) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου.

Στη συνέχεια, στο Πίνακα 6-14 δείχνεται η ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ, στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, για κάθε μήνα ξεχωριστά, ενώ στον Πίνακα 6-15 παρουσιάζεται ενδεικτικά η μέση τιμή ποσοστιαίας μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ, τόσο για το μέγιστο όσο και για το ελάχιστο φορτίο.

Μήνας	Μεταβολή κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (%)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	0,00	5,35
Φεβρουάριος	0,26	3,13
Μάρτιος	1,81	4,97
Απρίλιος	6,43	11,80
Μάιος	1,38	8,51
Ιούνιος	1,71	8,32
Ιούλιος	0,00	5,58
Αύγουστος	0,24	5,08
Σεπτέμβριος	0,24	4,18
Οκτώβριος	1,71	8,37
Νοέμβριος	0,00	9,46
Δεκέμβριος	3,00	2,43

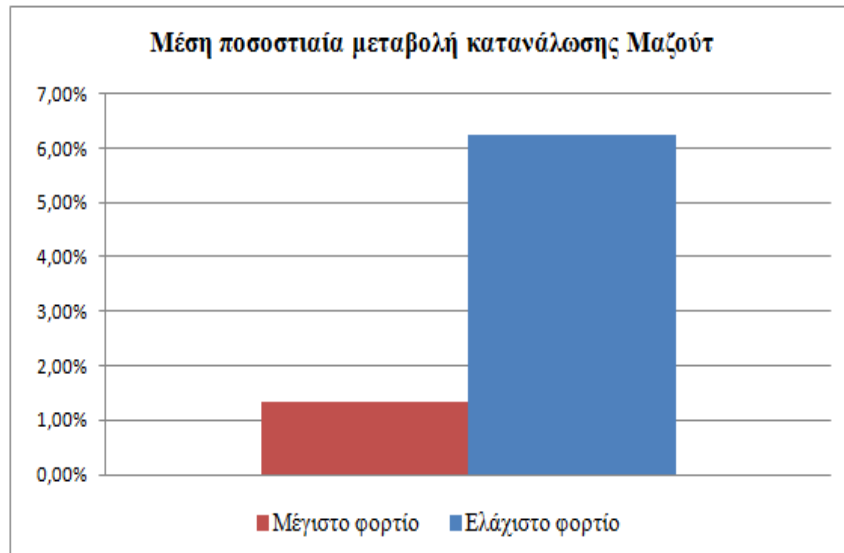
Πίνακας 6-14: Ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης μαζούτ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Από το παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η ποσοστιαία μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου κυμαίνεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα, ιδιαίτερα στις ημέρες που προέκυψε υψηλή διείδυση Φ/Β και συγκεκριμένα στις χαρακτηριστικές ημέρες των μηνών Απριλίου, Ιουνίου, Οκτωβρίου και Νοεμβρίου (από 8,32% μέχρι και 11,80%).

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση τιμή μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (%)
Μέγιστο φορτίο	1,32
Ελάχιστο φορτίο	6,25

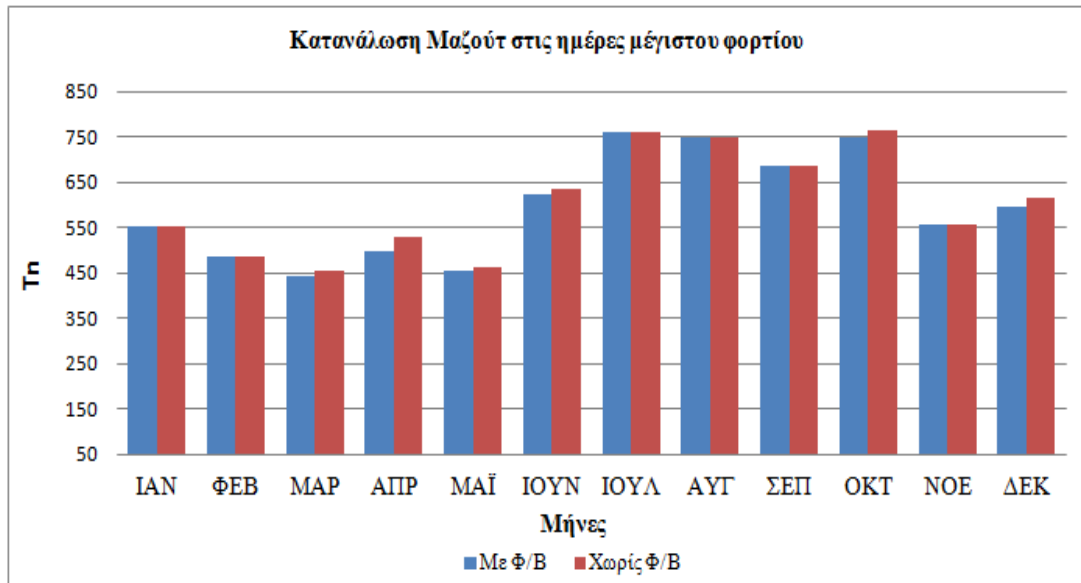
Πίνακας 6-15: Μέση τιμή ποσοστιαίας μεταβολής της κατανάλωσης μαζούτ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Το μεγαλύτερο ποσοστό μέσης μεταβολής ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, εμφανίζεται όπως και στις παραπάνω περιπτώσεις, στις χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης, με ποσοστό 6,25%. Στην ίδια λογική με το παραπάνω πίνακα, κυμαίνεται και η γραφική αναπαράσταση της Εικόνας 6-44.



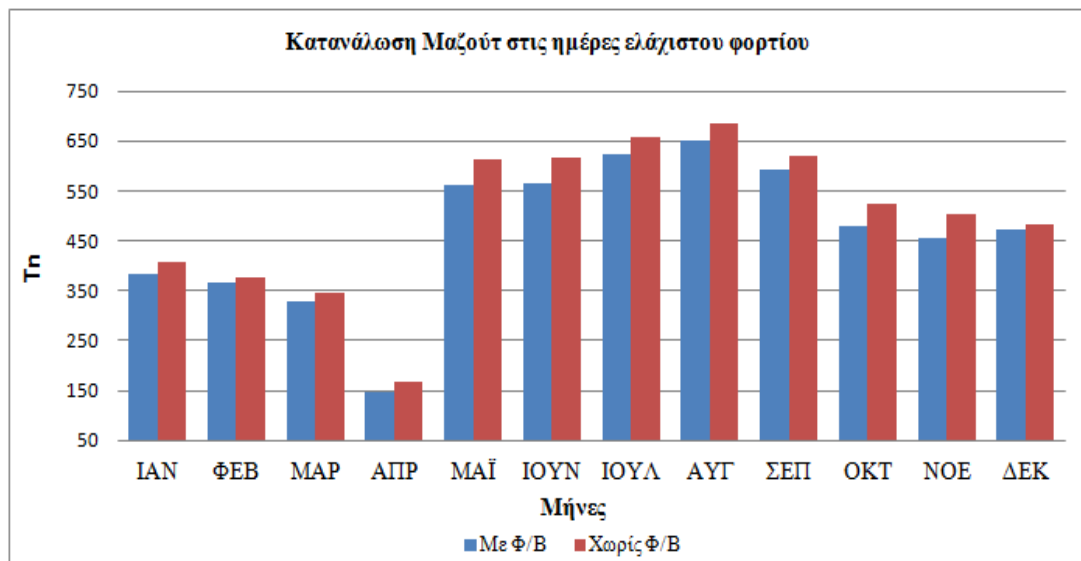
Εικόνα 6-44: Μέση ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης μαζούτ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Στις Εικόνες 6-45 και 6-46 συνοψίζονται εν' ολίγοις τα παραπάνω αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η πρώτη εξ' αυτών παρουσιάζει την κατανάλωση καυσίμου μαζούτ στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου, ανά μήνα, τόσο με τη συνεισφορά από Φ/Β όσο και χωρίς. Κατά τις χαρακτηριστικές ημέρες των μηνών Απριλίου, Ιουνίου και Οκτωβρίου παρατηρείται η μεγαλύτερη εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ για τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου. Αυτό το γεγονός οφείλεται στην αυξημένη διείσδυση των Φ/Β εκείνες τις ημέρες.



Εικόνα 6-45: Κατανάλωση καυσίμου μαζούτ στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Αντίστοιχα, στη δεύτερη εικόνα παρουσιάζεται η κατανάλωση καυσίμου μαζούτ στις ημέρες ελάχιστου φορτίου, ανά μήνα, τόσο με χρήση Φ/Β όσο και χωρίς. Σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχει σημαντική μείωση της κατανάλωσης σε όλους τους μήνες του χρόνου.



Εικόνα 6-46: Κατανάλωση καυσίμου μαζούτ στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

6.5.1.1 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ ανά παραγόμενη MWh

Στον Πίνακα 6-16 φαίνεται η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ (σε kg/MWh), στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, ξεχωριστά για κάθε μήνα, ενώ στον Πίνακα 6-17 παρουσιάζεται ενδεικτικά η μέση τιμή εξοικονόμησης της κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ (σε Kg / MWh), τόσο για το μέγιστο όσο και για το ελάχιστο φορτίο.

Μήνας	Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (kg/MWh)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	0,00	43,31
Φεβρουάριος	3,76	40,06
Μάρτιος	35,17	65,91
Απρίλιος	68,41	36,61
Μάιος	12,80	125,75
Ιούνιος	17,49	81,54
Ιούλιος	0,00	84,00
Αύγουστος	4,89	144,71
Σεπτέμβριος	8,84	65,68
Οκτώβριος	33,37	89,01
Νοέμβριος	0,00	91,13
Δεκέμβριος	293,43	60,26

Πίνακας 6-16: Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ (σε kg/MWh) από την συνεισφορά Φ/Β σε χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

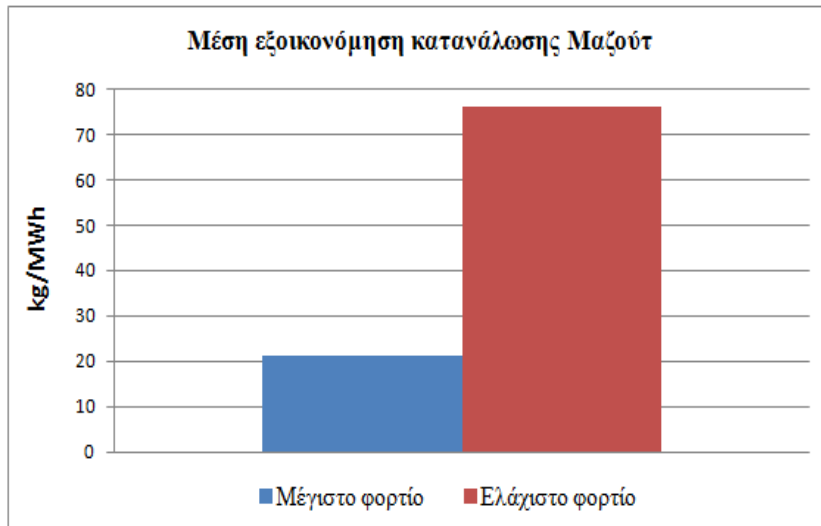
Η εξοικονόμηση καυσίμου μαζούτ ανά παραγόμενη MWh μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 144,71 kg/MWh, όπως την χαρακτηριστική ημέρα ελάχιστης ζήτησης φορτίου του μήνα Αυγούστου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς τους θερινούς μήνες η κατανάλωση συμβατικών καυσίμων είναι κατά πολύ αυξημένη σε σχέση με τις υπόλοιπες εποχές του έτους.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (kg/MWh)
Μέγιστο φορτίο	21,34
Ελάχιστο φορτίο	76,10

Πίνακας 6-17: Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (σε kg/MWh), σε χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου.

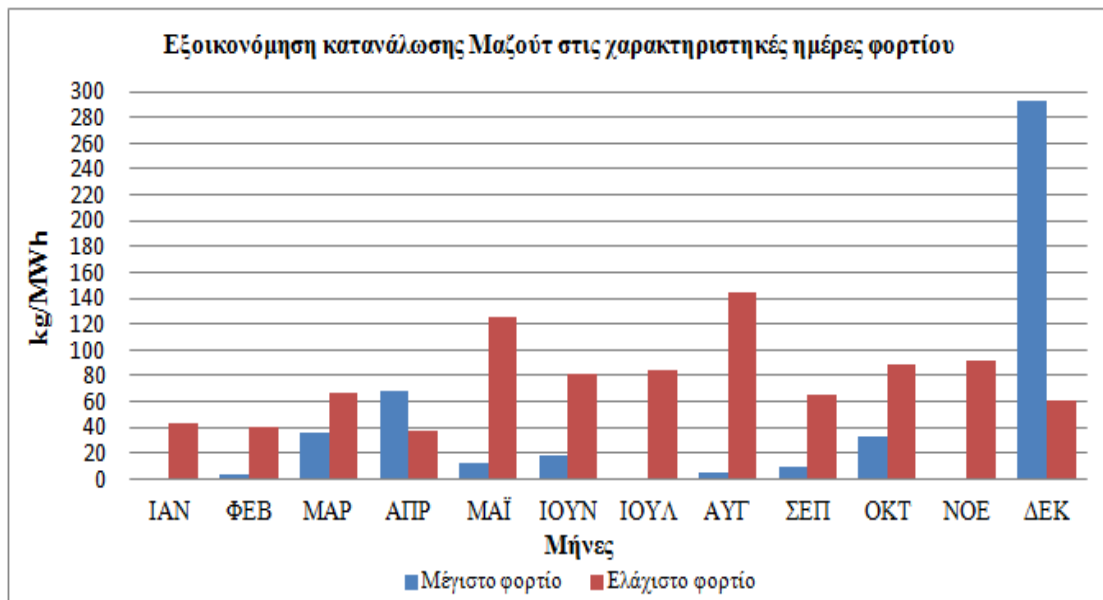
Η μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ ανά παραγόμενη MWh παρουσιάζεται κατά πολύ μεγαλύτερη στις χαρακτηριστικές ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου, κάτι που αποτυπώνεται φανερά και από την Εικόνα 6-47.

Αυτό συμβαίνει διότι, κατά τις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου η εξοικονόμηση επιτυγχάνεται κυρίως μέσω των ατμοηλεκτρικών και νηζελοηλεκτρικών μονάδων που καταναλώνουν φθηνότερο καύσιμο μαζούτ, επομένως με αυτό τον τρόπο περιορίζεται σημαντικά η λειτουργία της μονάδας του συνδυασμένου κύκλου.



Εικόνα 6-47: Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Μαζούτ (σε kg/MWh), στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Τέλος, στην Εικόνα 6-48 παριστάνεται γραφικά η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ (σε kg/MWh) έτσι όπως αυτή προκύπτει λόγω της συνεισφοράς των Φ/Β, συγκριτικά για τις ημέρες μέγιστου και ελάχιστου φορτίου. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου, συνολικά και για τους δώδεκα μήνες αποτυπώνεται στις ημέρες ελαχίστου φορτίου. Εξάίρεση με τα παραπάνω, αποτελούν οι μήνες Δεκεμβρίου και Απριλίου στους οποίους παρουσιάζεται μεμονωμένα μεγαλύτερη εξοικονόμηση κατανάλωσης Μαζούτ στις ημέρες μέγιστης ζήτησης.



Εικόνα 6-48: Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ (σε kg/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου.

6.5.2 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντήζελ

Στον Πίνακα 6-18 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της εξοικονόμησης κατανάλωσης καυσίμου ντήζελ σε χιλιόλιτρα (klt), των αντιστοιχών θερμικών μονάδων παραγωγής του συστήματος στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου. Τα αποτελέσματα της εξοικονόμησης προέκυψαν από τη διαφορά της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου ντήζελ μεταξύ των αποτελεσμάτων κατανάλωσης καυσίμου ντήζελ χωρίς συνεισφορά Φ/Β και με συνεισφορά από Φ/Β.

Μήνας	Κατανάλωση Ντήζελ χωρίς συνεισφορά Φ/Β (klt)		Κατανάλωση Ντήζελ με συνεισφορά Φ/Β (klt)		Εξοικονόμηση καυσίμου Ντήζελ (klt)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	1.583,07	904,86	1.555,07	840,65	28,00	64,21
Φεβρουάριος	1.439,46	878,42	1.339,24	840,94	100,22	37,48
Μάρτιος	1.180,87	830,02	1.125,23	800,59	55,64	29,43
Απρίλιος	1.153,01	1.064,41	1.062,74	993,59	90,27	70,82
Μάιος	1.572,26	868,19	1.377,25	814,49	195,01	53,70
Ιούνιος	2.157,37	1.191,86	1.892,04	1.041,84	265,33	150,02
Ιούλιος	2.244,94	1.055,12	1.973,37	1.009,29	271,57	45,83
Αύγουστος	2.490,36	1.017,15	2.296,18	998,27	194,18	18,88
Σεπτέμβριος	2.106,98	1.126,64	2.001,25	1.081,86	105,73	44,78
Οκτώβριος	1.268,15	624,12	1.166,62	573,26	101,53	50,86
Νοέμβριος	1.468,48	688,37	1.303,94	626,65	164,54	61,72
Δεκέμβριος	1.015,04	798,44	1.015,04	775,50	0,00	22,94
Σύνολο	19.679,99	11.047,60	18.107,97	10.396,93	1.572,04	650,67

Πίνακας 6-18: Συνοπτικά αποτελέσματα κατανάλωσης καυσίμου Ντήζελ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου παρατηρείται σαφώς μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου ντήζελ σε σχέση με τις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου. Μοναδική εξαίρεση στα προηγούμενα αποτελούν οι χαρακτηριστικές ημέρες των μηνών Ιανουαρίου και Δεκεμβρίου καθώς η εξοικονόμηση καυσίμου ντήζελ είναι μεγαλύτερη στις ημέρες ελάχιστου φορτίου.

Η μεγάλη διαφορά εξοικονόμησης καυσίμου ντήζελ στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου επιτυγχάνεται λόγω της μεγάλης συνεισφοράς των Φ/Β στις μονάδες κατανάλωσης καυσίμου ντήζελ, καθώς αποτελούν ακριβές μονάδες και λειτουργούν στις ώρες της ημέρας που η ζήτηση είναι υψηλή (αιχμές φορτίου). Επομένως, με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ακριβού καυσίμου από μονάδες που λειτουργούν στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.

Ο πίνακας 6-19 παρουσιάζει τη μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου ντήζελ σε χιλιόλιτρα (klt), έτσι όπως αυτή προκύπτει από την διείσδυση των Φ/Β, τόσο για το μέγιστο όσο και για το ελάχιστο φορτίο. Όπως, επιβεβαιώνεται και από το παραπάνω πίνακα, η μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντήζελ παρουσιάζεται κατά πολύ μεγαλύτερη στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (kl)
Μέγιστο φορτίο	131,001
Ελάχιστο φορτίο	54,222

Πίνακας 6-19: Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (σε kl) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Στη συνέχεια, μέσω του Πίνακα 6-20, δείχνεται η ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ, στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, για κάθε μήνα ξεχωριστά, ενώ στο Πίνακα 6-21 παρουσιάζεται ενδεικτικά η μέση τιμή ποσοστιαίας μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ, τόσο για το μέγιστο όσο και για το ελάχιστο φορτίο.

Μήνας	Μεταβολή κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (%)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	1,77	7,09
Φεβρουάριος	6,96	4,26
Μάρτιος	4,71	3,54
Απρίλιος	7,83	6,65
Μάιος	12,40	6,18
Ιούνιος	12,29	12,58
Ιούλιος	12,09	4,34
Αύγουστος	7,79	1,85
Σεπτέμβριος	5,02	3,97
Οκτώβριος	8,00	8,15
Νοέμβριος	11,20	8,96
Δεκέμβριος	0,00	2,87

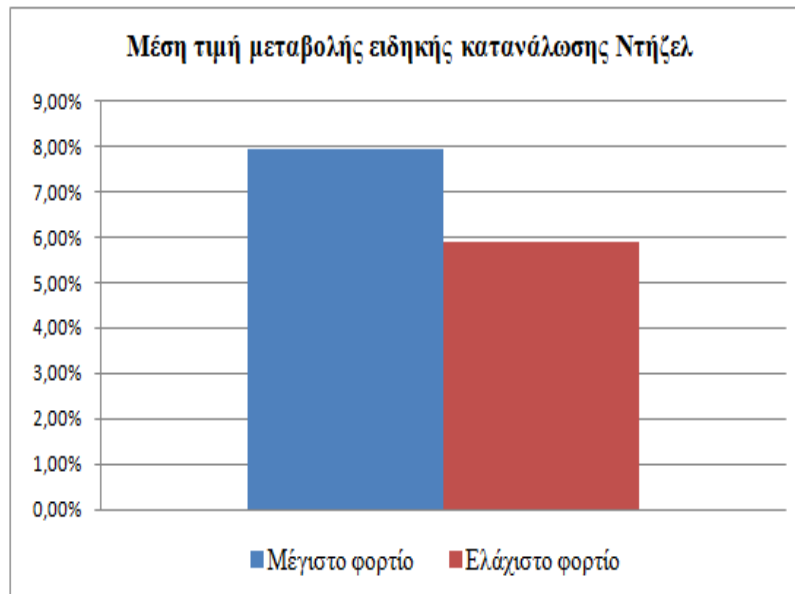
Πίνακας 6-20: Ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα, στις ημέρες μεγίστου φορτίου παρατηρούνται τα υψηλότερα ποσοστά μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ. Ειδικότερα, στους μήνες Μαΐου, Ιουνίου και Ιουλίου τα ποσοστά μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου κυμαίνονται στα υψηλότερα επίπεδα (μέχρι και 12,40%) καθώς αυτούς τους μήνες σημειώθηκε σημαντική παραγωγή Φ/Β.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση τιμή μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (%)
Μέγιστο φορτίο	7,98
Ελάχιστο φορτίο	5,89

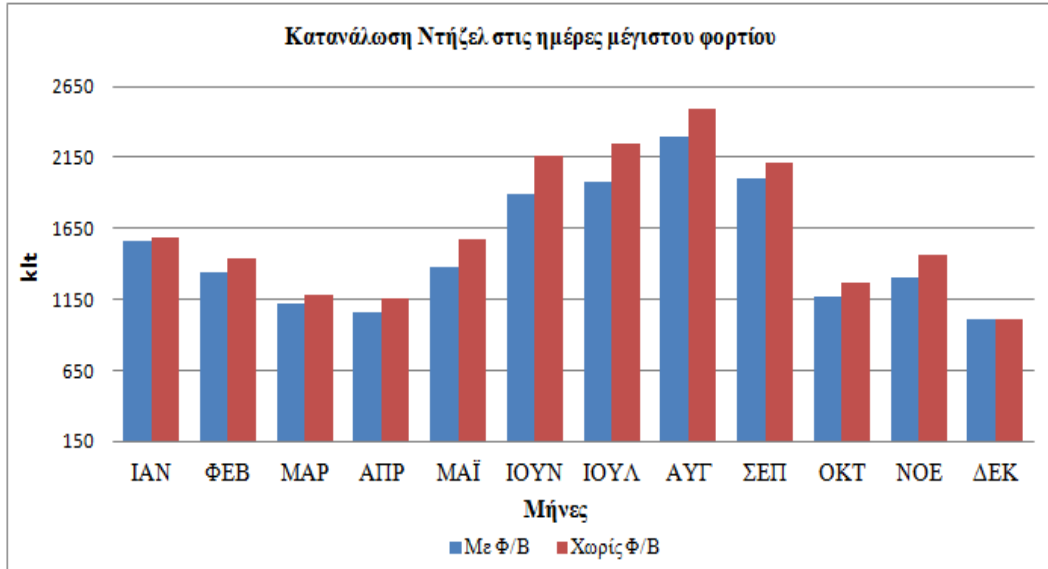
Πίνακας 6-21: Μέση τιμή ποσοστιαίας μεταβολής κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Το μεγαλύτερο ποσοστό μέσης μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ εμφανίζεται όπως και στις παραπάνω περιπτώσεις, στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης καυσίμου, με 7,98%. Αξίζει να σημειωθεί, πως σε αντίθεση με τη περίπτωση της μέσης κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ, η μέση μεταβολή κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ εμφανίζει σημαντικά ποσοστά και στις δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις ζήτησης φορτίου. Στην ίδια λογική με το παραπάνω πίνακα κυμαίνεται και η γραφική αναπαράσταση της Εικόνας 6-49.



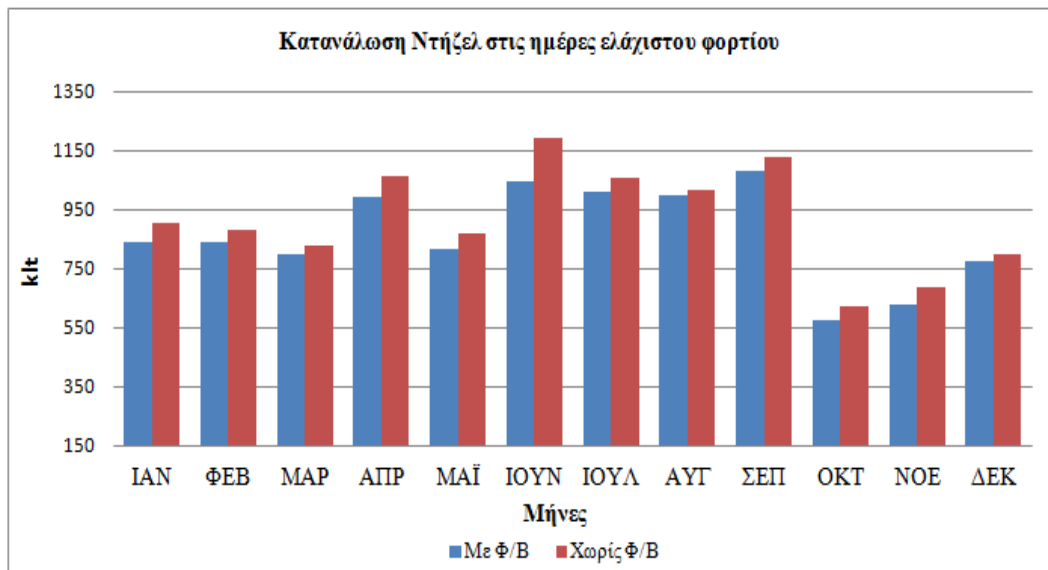
Εικόνα 6-49: Μέση τιμή μεταβολής ειδικής κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Όπως και στην περίπτωση κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ, έτσι και στις Εικόνες 6-50 και 6-51 συνοψίζονται εν' ολίγοις τα παραπάνω αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η πρώτη εξ' αυτών παρουσιάζει την κατανάλωση καυσίμου ντίζελ στις ημέρες μέγιστου φορτίου, ανά μήνα, τόσο με χρήση Φ/Β όσο και χωρίς. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι σε όλους σχεδόν τους μήνες πλην του Δεκεμβρίου υπάρχει σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ και ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες.



Εικόνα 6-50: Κατανάλωση καυσίμου Ντίζελ στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου

Αναφορικά με την κατανάλωση καυσίμου ντίζελ στις μέρες ελάχιστου φορτίου, παρατηρείται πως η εικόνα είναι αντίστοιχη, με τη διαφορά ότι οι επιμέρους διαφορές κατανάλωσης ντίζελ ανά μήνα είναι μικρότερες σε αυτήν την περίπτωση.



Εικόνα 6-51: Κατανάλωση καυσίμου Ντίζελ στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου

6.5.2.1 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ ανά παραγόμενη MWh

Αντίστοιχα, ο Πίνακας 6-22 παρουσιάζει την εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ (σε lt/MWh) λόγω της συνεισφοράς των Φ/Β, στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, ξεχωριστά για κάθε μήνα, ενώ στον Πίνακα 6-23 φαίνεται ενδεικτικά η μέση τιμή εξοικονόμησης της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ (σε lt / MWh), τόσο για το μέγιστο όσο και για το ελάχιστο φορτίο.

Μήνας	Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (lt/MWh)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	348,97	127,97
Φεβρουάριος	291,85	126,92
Μάρτιος	238,35	113,17
Απρίλιος	180,99	131,55
Μάιος	389,50	129,16
Ιούνιος	427,32	238,56
Ιούλιος	425,62	104,61
Αύγουστος	533,46	78,62
Σεπτέμβριος	556,18	113,57
Οκτώβριος	259,26	103,03
Νοέμβριος	288,67	117,76
Δεκέμβριος	0,00	117,06

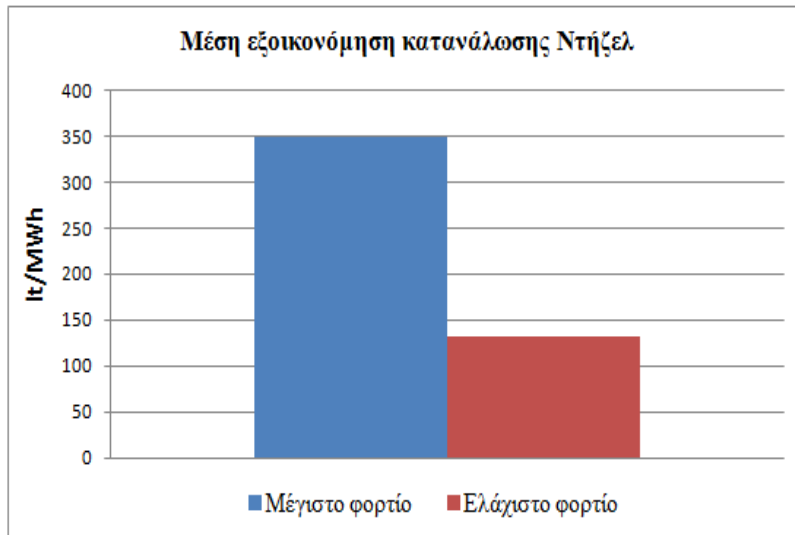
Πίνακας 6-22 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (σε lt/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (lt/MWh)
Μέγιστο φορτίο	349,783
Ελάχιστο φορτίο	132,080

Πίνακας 6-23 Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (σε lt/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

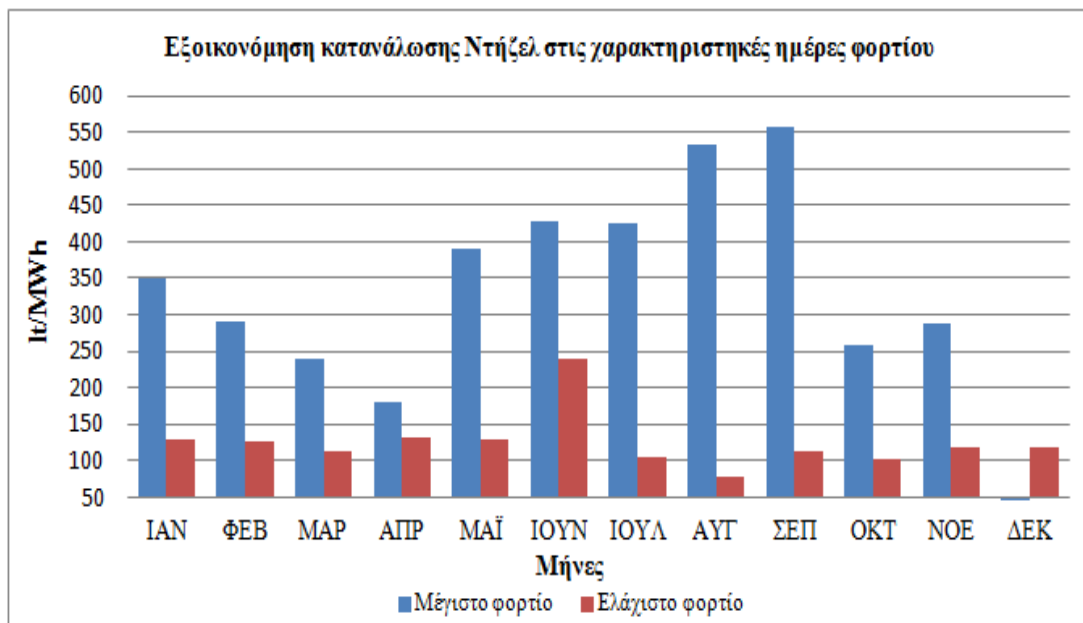
Όπως φαίνεται και από τους δύο παραπάνω πίνακες, η μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ ανά παραγόμενη MWh, είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτήν στο ελάχιστο φορτίο, κάτι το οποίο αποτυπώνεται φανερά τους θερινούς μήνες, καθώς η μέση εξοικονόμηση καυσίμου ντίζελ ανά παραγόμενη MWh είναι σαφώς υψηλότερη καθώς μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 556,18 lt/MWh, όπως συμβαίνει στη χαρακτηριστική ημέρα μέγιστης ζήτησης φορτίου για το μήνα Σεπτέμβριο. Αυτό το γεγονός φανερώνει την καθοριστική σημασία των Φ/Β στην εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ στις περιόδους που η ζήτηση είναι αυξημένη, όπως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Η μέση εξοικονόμηση ανά παραγόμενη MWh αποτυπώνεται γραφικά μέσω της Εικόνας 6-52. Η μεγαλύτερη μέση εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στο μέγιστο φορτίο έναντι του ελάχιστου φορτίου, φανερώνει τον τρόπο με τον οποίο ο διαχειριστής του συστήματος εκμεταλλεύεται τα Φ/Β για να περιορίσει την κατανάλωση ακριβού καυσίμου ντίζελ από τις ακριβότερες μονάδες θερμικής παραγωγής που διαθέτει στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.



Εικόνα 6-52: Μέση εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (σε It/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Τέλος, στην Εικόνα 6-53 παριστάνεται γραφικά η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ (σε It/MWh) έτσι όπως αυτή προκύπτει λόγω της συνεισφοράς των Φ/Β, συγκριτικά για τις ημέρες μέγιστου και ελάχιστου φορτίου. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου, συνολικά και για τους δώδεκα μήνες αποτυπώνεται στις ημέρες μέγιστου φορτίου. Εξαιρέση με τα παραπάνω, αποτελεί οι μήνες Δεκέμβριος καθώς είναι ο μοναδικός μήνας που εμφανίζει μεγαλύτερη εξοικονόμηση κατανάλωσης ντίζελ στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης.



Εικόνα 6-53 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου Ντίζελ (σε It/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Ιδιαίτερα σημαντικό γεγονός είναι πως η μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου ντίζελ ανά παραγόμενη MWh εμφανίζεται κατά τους θερινούς μήνες.

6.6 Κόστος καυσίμου

Στο Πίνακα 6-24 παρουσιάζεται το κόστος (σε €) της κατανάλωσης καυσίμου με και χωρίς την συνεισφορά των Φ/Β, καθώς και η αντίστοιχη εξοικονόμηση.

Συνολικά επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση κόστους καυσίμου και στις δύο περιπτώσεις των χαρακτηριστικών ημερών, με μεγαλύτερη στις ημέρες μέγιστου φορτίου. Αυτό συμβαίνει διότι, στις ημέρες μέγιστου φορτίου εξοικονομείται μεγαλύτερο ποσοστό καυσίμου που είναι ίσο με 7,98% από τις μονάδες που καταναλώνουν ακριβό καύσιμο ντήζελ, έναντι του φθηνότερου καυσίμου μαζούτ με ποσοστό 1,32%.

Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί ότι τα ποσοστά μείωσης κόστους στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, σε αρκετούς μήνες ξεπερνούν το 10% στις ημέρες μέγιστου φορτίου, όπως για παράδειγμα, τον μήνα Ιούνιο εξοικονομούνται περίπου 190.000 € από τα 1.543.800 €. Αντίστοιχα, για τις ημέρες ελάχιστου φορτίου τα ποσοστά είναι ελαφρώς μικρότερα, αλλά και πάλι υπάρχουν περιπτώσεις που αγγίζουν το 10% (για παράδειγμα, τον μήνα Νοέμβριο).

Μήνας	Κόστος καυσίμου χωρίς συνεισφορά Φ/Β (€)		Κόστος καυσίμου με συνεισφορά Φ/Β (€)		Εξοικονόμηση κόστους καυσίμου (€)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	1.234.833,11	668.744,65	1.215.310,56	618.519,32	19.522,55	50.225,33
Φεβρουάριος	1.043.561,52	658.860,19	973.091,26	628.373,90	70.470,26	30.486,29
Μάρτιος	877.586,07	614.158,35	835.338,35	586.494,19	42.247,72	27.664,16
Απρίλιος	879.360,30	664.639,87	802.216,47	607.831,99	77.143,83	56.807,88
Μάιος	1.172.464,13	711.157,26	1.033.740,01	652.355,13	138.724,12	58.802,13
Ιούνιος	1.543.880,12	872.473,95	1.354.265,99	796.725,36	189.614,13	75.748,59
Ιούλιος	1.637.946,10	836.995,56	1.448.434,78	789.723,60	189.511,32	47.271,96
Αύγουστος	1.792.188,52	848.006,21	1.655.874,02	820.406,86	136.314,50	27.599,35
Σεπτέμβριος	1.520.379,12	866.319,65	1.445.893,77	824.343,57	74.485,35	41.976,08
Οκτώβριος	985.797,11	542.647,04	909.575,68	495.091,23	76.221,43	47.555,81
Νοέμβριος	1.123.299,62	583.676,51	1.008.507,23	525.086,58	114.792,39	58.589,93
Δεκέμβριος	794.498,03	658.429,43	786.811,04	637.511,21	7.686,99	20.918,22
Σύνολο	14.605.793,72	8.526.108,67	13.469.059,16	7.982.462,94	1.136.734,59	543.645,73

Πίνακας 6-24: Συνοπτικά αποτελέσματα κόστους καυσίμου στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Μήνας	Μέση τιμή αξίας σε MWh χωρίς συνεισφορά Φ/Β (€/MWh)		Μέση τιμή αξίας σε MWh με συνεισφορά Φ/Β (€/MWh)		Εξοικονόμηση κόστους MWh (€/MWh)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	156,82	131,36	155,93	134,78	243,31	100,09
Φεβρουάριος	139,53	135,37	136,37	137,45	205,21	103,23
Μάρτιος	133,37	141,61	131,62	143,86	180,97	106,38
Απρίλιος	136,06	134,73	134,50	138,31	154,67	105,52
Μάιος	160,94	120,88	152,37	119,32	277,07	141,43
Ιούνιος	152,18	125,34	142,19	125,82	305,37	120,45
Ιούλιος	152,81	123,89	143,68	125,00	297,01	107,90
Αύγουστος	153,78	124,25	146,67	124,59	374,49	114,93
Σεπτέμβριος	145,77	131,00	141,20	132,56	391,82	106,45
Οκτώβριος	121,81	119,84	118,11	122,72	194,63	96,33
Νοέμβριος	149,51	119,51	145,26	120,44	201,39	111,79
Δεκέμβριος	116,29	138,82	116,24	140,20	121,86	106,74
Μέση τιμή	144,52	128,36	139,47	129,81	252,93	110,35

Πίνακας 6-25: Μέση τιμή της αξίας ανά παραγόμενη MWh (€/MWh) λόγω της εξοικονόμησης κόστους καυσίμου, στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

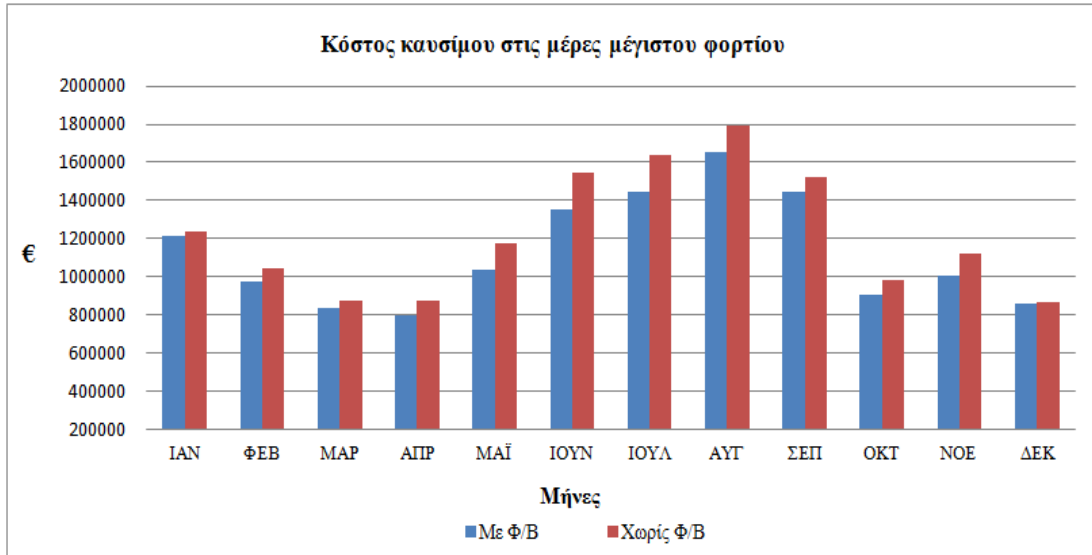
Οι παραπάνω ενδεικτικές τιμές εξοικονόμησης καυσίμου, έχουν άμεσο αντίκτυπο στη μείωση του μέσου κόστους θερμικών μονάδων, ως αποτέλεσμα της συνεισφοράς των Φ/Β. Η μέση τιμή της αξίας της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται σύμφωνα με το Πίνακα 6-25 είναι ίση με 252,93 €/MWh στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου και 110,35 €/MWh στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως οι αντίστοιχες μέσες τιμές, είναι ενδεικτικές τιμές της μέσης αξίας της παραγόμενης MWh από τις θερμικές μονάδες του νησιού, κατά τη διάρκεια των ωρών της ημέρας που υπάρχει αντίστοιχη παραγωγή από Φ/Β.

Όπως είναι φανερό από το παραπάνω πίνακα, η μέση τιμή της αξίας της παραγόμενης MWh από τις θερμικές μονάδες του συστήματος, είναι σαφώς μεγαλύτερη στις ημέρες μέγιστου φορτίου απ' ό τι στις ημέρες ελάχιστου φορτίου. Η μέση τιμή της αναφερθείσας αξίας στις ημέρες μέγιστου φορτίου ανέρχεται στα 144,52 €/MWh, ενώ στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η αντίστοιχη μέση τιμή είναι ασφαλώς μικρότερη και ανέρχεται στα 128,36 €/MWh. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τις ημέρες μέγιστου φορτίου η συνολική κατανάλωση καυσίμου και ειδικά του ακριβού καυσίμου ντήζελ είναι κατά πολύ μεγαλύτερη καθώς οι ανάγκες της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυξημένες.

Επίσης, από τα αποτελέσματα του Πίνακα 6-25 φαίνεται και η μείωση της μέσης τιμής της αξίας της παραγόμενης MWh από τις θερμικές μονάδες του συστήματος ύστερα από την «είσοδο» των Φ/Β. Αυτό που γίνεται φανερό είναι ότι, η μέση τιμή της αξίας μειώθηκε κατά 5,05 €/MWh στις ημέρες μέγιστου φορτίου, καθώς όπως εξηγήθηκε και παραπάνω στις ημέρες αυτές η εξοικονόμηση ακριβότερου καυσίμου ήταν μεγαλύτερη. Αντιθέτως στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η αντίστοιχη μέση τιμή δεν μειώθηκε και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι προέκυψαν ημέρες που οι μονάδες οδηγήθηκαν σε λιγότερο αποδοτικό σημείο λειτουργίας λόγω των Φ/Β.

Όπως γίνεται φανερό από το παραπάνω πίνακα, το μέσο κόστος εξοικονόμησης στις ημέρες μέγιστης ζήτησης είναι περισσότερο από το διπλάσιο του αντίστοιχου κόστους των ημερών ελάχιστης ζήτησης φορτίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, τις ημέρες μέγιστης ζήτησης επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ακριβότερου καυσίμου ντήζελ απ' ό τι τις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου που επιτυγχάνεται εξοικονόμηση φθηνότερου καυσίμου μαζούτ. Αυτός, σίγουρα είναι και ο επιδιωκόμενος στόχος των διαχειριστών του συστήματος καθώς η κατανάλωση ακριβού καυσίμου ντήζελ είναι κατά πολύ υψηλότερη στις ημέρες μέγιστης ζήτησης.

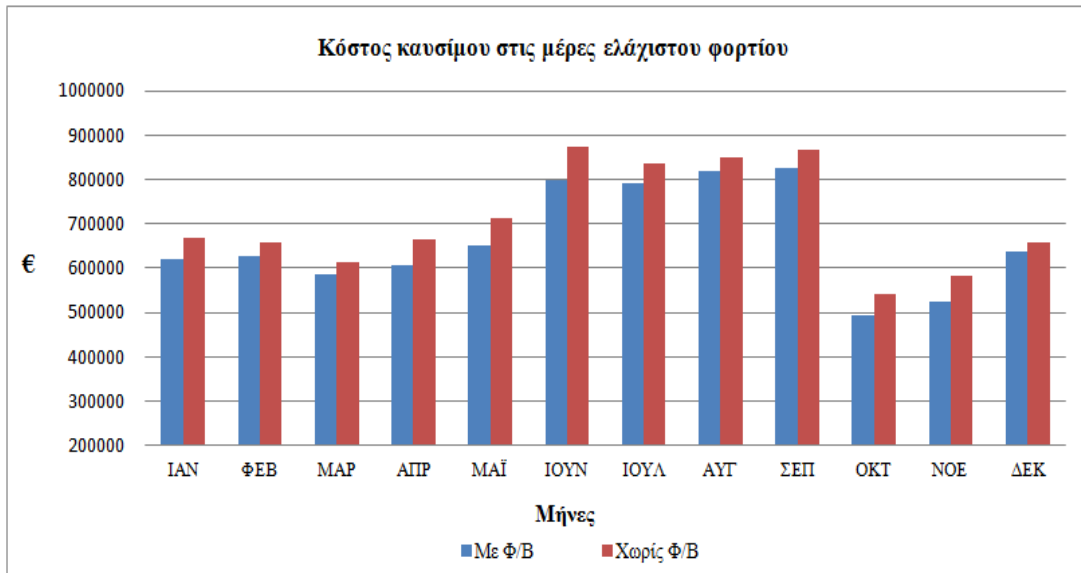
Με βάση τα δεδομένα του πρώτου κατά σειρά πίνακα, προκύπτουν και τα ακόλουθα γραφήματα. Το κόστος καυσίμου σε ευρώ, με και χωρίς Φ/Β στις ημέρες μέγιστου φορτίου, για τους δώδεκα μήνες του χρόνου, φαίνεται στην Εικόνα 6-54.



Εικόνα 6-54:Συνολικό κόστος καυσίμου στις ημέρες μέγιστου φορτίου

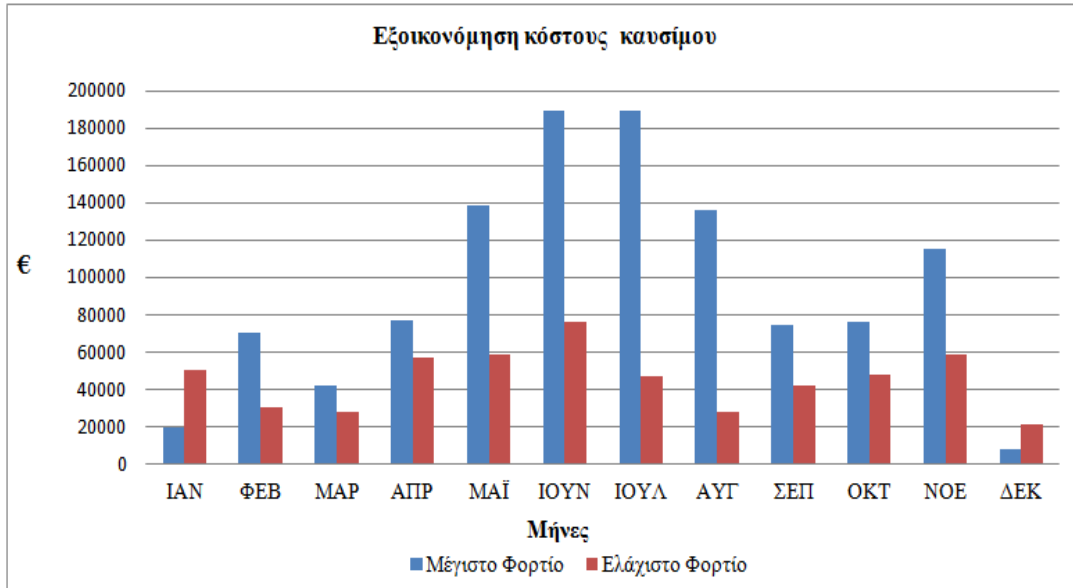
Όπως είναι σαφές, η μείωση στο κόστος είναι σημαντική σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους και ιδίως τους θερινούς μήνες. Εξαιρέση στα προηγούμενα αποτελούν, οι μήνες Δεκεμβρίου και του Ιανουαρίου, καθώς τότε προέκυψαν και χαμηλότερα ποσοστά διείσδυσης Φ/Β.

Αντίστοιχα στην Εικόνα 6-55 παρουσιάζονται τα ίδια αποτελέσματα για τις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου. Όπως και στην παραπάνω περίπτωση έτσι και εδώ η μείωση του κόστους είναι σημαντική σε όλους τους μήνες του έτους.



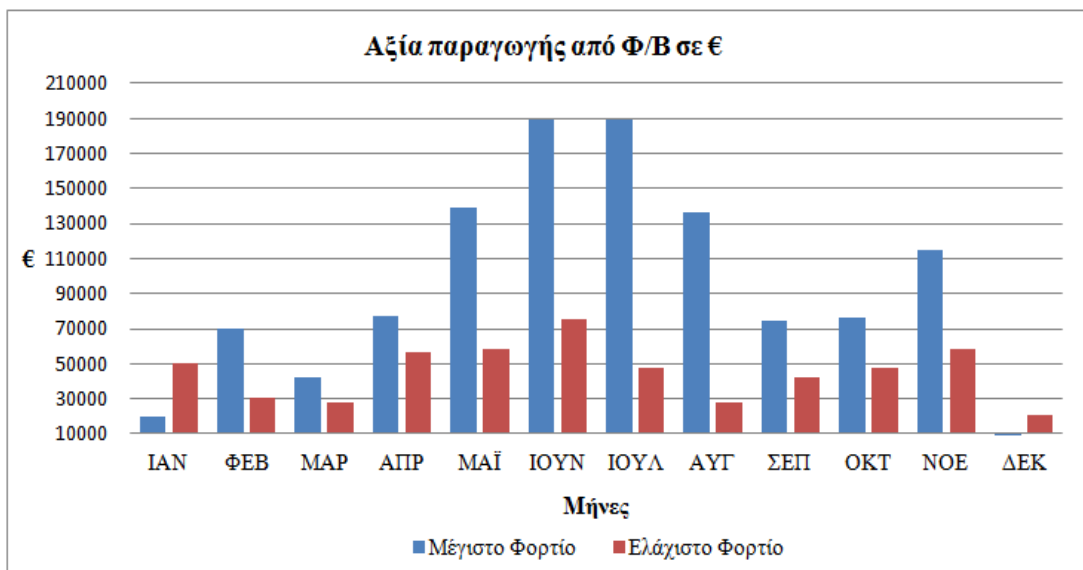
Εικόνα 6-55: Συνολικό κόστος καυσίμου στις ημέρες ελάχιστου φορτίου

Η συνολική εξοικονόμηση χρημάτων σε ευρώ, από τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου απεικονίζεται στην Εικόνα 6-56. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτεύχθηκε στους θερινούς μήνες, και στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστου φορτίου.



Εικόνα 6-56: Εξοικονόμηση κόστους καυσίμου στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να αντικατοπτριστούν με τα αποτελέσματα της Εικόνας 6-57, καθώς δείχνεται αντίστοιχα η αξία παραγωγής Φ/Β σε ευρώ, στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου. Από τη σύγκριση των Εικόνων 6-56 και 6-57 φανερώνεται χαρακτηριστικά η συσχέτιση της αξίας παραγωγής των Φ/Β με την αντίστοιχη εξοικονόμηση κόστους καυσίμου από Φ/Β καθώς αυτά συνεπάγονται άμεσα μεταξύ τους.



Εικόνα 6-57: Αξία παραγωγής Φ/Β σε €, στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Στο Πίνακα 6-26 παρουσιάζεται συνοπτικά η αξία παραγωγής από Φ/Β, στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης, τόσο σε ευρώ (€), όσο και σε ευρώ ανά MWh (€/MWh), για τους 12 μήνες του 2008. Όπως φαίνεται από τον πίνακα, η αξία σε χρήματα είναι πολύ σημαντική, ιδιαίτερα τις ημέρες μέγιστου φορτίου, καθώς τους θερινούς μήνες αγγίζει τις 190.000 €. Στις ημέρες ελάχιστου φορτίου από την άλλη μεριά, η αξία παραγωγής κατανέμεται με πιο ομοιόμορφο τρόπο κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ τον Ιούνιο ξεπερνάει τις 75.000 €.

Μήνας	Αξία παραγωγής από Φ/Β (€)		Αξία παραγωγής από Φ/Β (€/MWh)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	19.522,46	50.225,17	243,31	100,09
Φεβρουάριος	70.470,14	30.486,18	205,21	103,23
Μάρτιος	42.247,50	27.663,60	180,97	106,37
Απρίλιος	77.143,65	56.807,81	154,67	105,52
Μάιος	138.723,64	58.802,02	277,07	141,43
Ιούνιος	189.614,06	75.748,07	305,37	120,45
Ιούλιος	189.510,71	47.272,10	297,01	107,90
Αύγουστος	136.314,36	27.599,29	374,49	114,93
Σεπτέμβριος	74.485,17	41.975,88	391,82	106,45
Οκτώβριος	76.221,39	44.261,16	194,63	96,33
Νοέμβριος	114.792,30	58.589,66	201,39	111,79
Δεκέμβριος	7.686,98	20.918,03	121,86	106,74

Πίνακας 6-26: Συνοπτικά αποτελέσματα παραγωγής Φ/Β

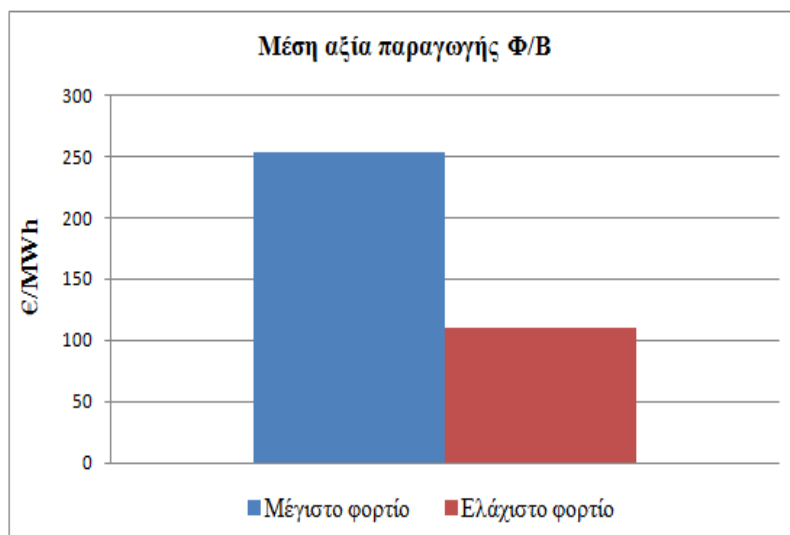
Αναφορικά με την αξία σε ευρώ ανά παραγόμενη MWh, η εικόνα είναι αντίστοιχη. Τις ημέρες μέγιστου φορτίου η αξία φτάνει να αγγίξει και τα 400 €/MWh, ενώ τις ημέρες ελάχιστου φορτίου κυμαίνεται περίπου στα 100 €/MWh για όλους τους μήνες του έτους.

Με βάση τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, ο Πίνακας 6-27 φανερώνει τη μέση τιμή της αξίας ανά παραγόμενη MWh από Φ/Β.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση αξία παραγωγής από Φ/Β (€/MWh)
Μέγιστο φορτίο	252,93
Ελάχιστο φορτίο	110,35

Πίνακας 6-27: Μέση τιμή της αξίας από την παραγωγή Φ/Β (σε €/MWh), στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

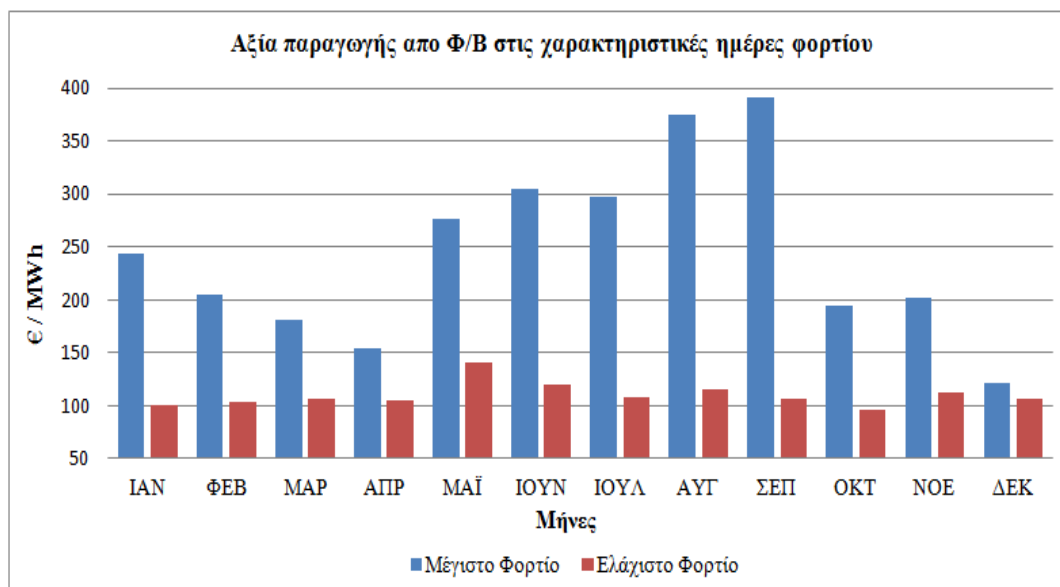
Συνολικά, η μέση αξία παραγωγής από Φ/Β σε €/MWh είναι ίση με 252,93 €/MWh για τις ημέρες μέγιστου φορτίου και 110,35 €/MWh για τις ημέρες ελάχιστου φορτίου. Ανάλογη είναι και η εικόνα που αποτυπώνεται μέσω της Εικόνας 6-57.



Εικόνα 6-57: Μέση τιμή της αξίας από την παραγωγή Φ/Β (σε €/MWh), στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει εν' μέσω των αποτελεσμάτων είναι ότι, η μέση αξία της παραγόμενης MWh από Φ/Β είναι υψηλότερη (παραπάνω της διπλάσιας τιμής) στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου. Επομένως η αξία της παραγόμενης MWh από Φ/Β είναι αμέσως εξαρτώμενη των αναγκών που απαιτούνται για τη κάλυψη της ζήτησης φορτίου.

Τα παραπάνω αποτελέσματα, απεικονίζονται χαρακτηριστικά από την Εικόνα 6-58. Πιο συγκεκριμένα φανερώνεται ότι, η αξία παραγωγής από Φ/Β (σε € και €/MWh) είναι σημαντικότερη τις ημέρες μέγιστου φορτίου, και δη τους καλοκαιρινούς μήνες.



Εικόνα 6-58: Αξία παραγωγής Φ/Β ανά παραγόμενη MWh (€/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

6.7 Αποφυγή εκπομπής ρύπων CO₂

Στο Πίνακα 6-28 παρουσιάζονται τα περιβαλλοντικά οφέλη που προέκυψαν από την συνεισφορά των Φ/Β στην μείωση των εκπομπών CO₂ από τις υπάρχουσες θερμικές μονάδες παραγωγής. Η μεγαλύτερη μείωση εκπομπών CO₂ προκύπτει τις ημέρες μέγιστου φορτίου, και περισσότερο τους θερινούς μήνες, καθώς η μείωση φτάνει σχεδόν στους 700 τόνους (το μήνα Ιούνιο συγκεκριμένα).

Μήνας	Μείωση εκπομπής CO ₂ (Tn)	
	Ημερ. μέγιστου φορτίου	Ημερ. ελάχιστου φορτίου
Ιανουάριος	68,46	226,53
Φεβρουάριος	249,17	129,49
Μάρτιος	162,31	126,80
Απρίλιος	329,89	236,23
Μάιος	497,31	298,59
Ιούνιος	683,48	530,89
Ιούλιος	663,99	229,81
Αύγουστος	480,47	157,36
Σεπτέμβριος	263,89	192,37
Οκτώβριος	290,06	264,96
Νοέμβριος	402,30	303,74
Δεκέμβριος	59,28	93,88
Σύνολο	4.150,61	2.790,66

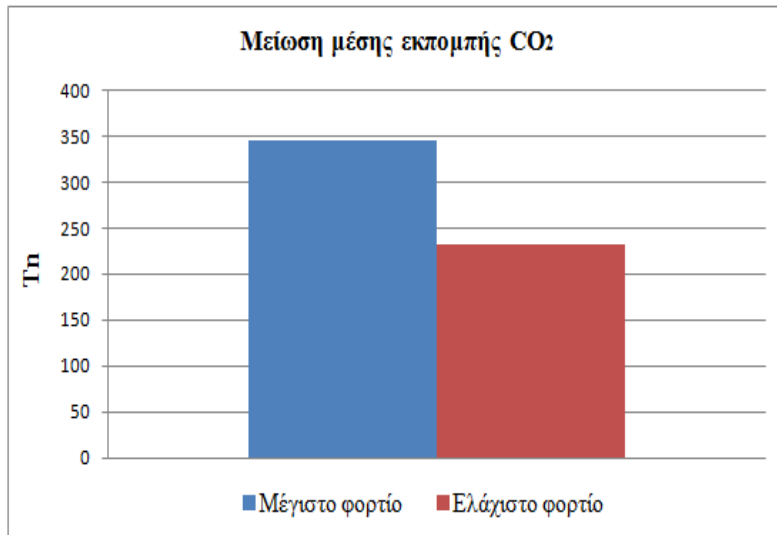
Πίνακας 6-28: Μείωση εκπομπής CO₂ (σε τόνους) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, λόγω συνεισφοράς των Φ/Β

Η μέση μείωση εκπομπής ρύπων CO₂ σε τόνους, στο μέγιστο και στο ελάχιστο φορτίο, συνοψίζεται στον Πίνακα 6-29. Όπως φαίνεται, τα μεγαλύτερα οφέλη παρατηρούνται στο μέγιστο φορτίο.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μείωση μέσης εκπομπής CO ₂ (Tn)
Μέγιστο φορτίο	345,884
Ελάχιστο φορτίο	232,554

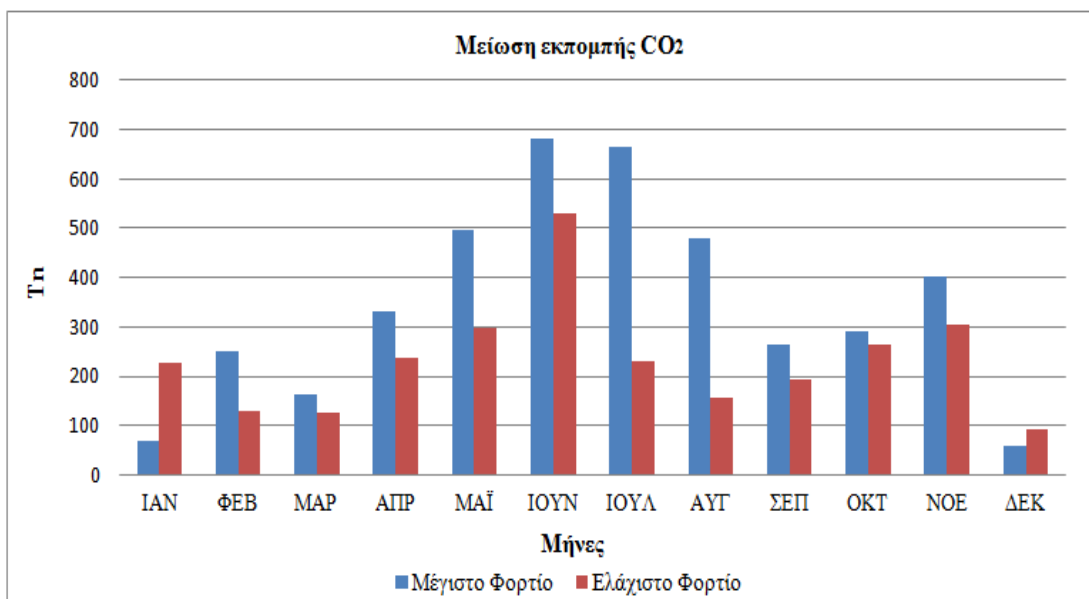
Πίνακας 6-29: Μείωση μέσης εκπομπής CO₂ σε τόνους (Tn), στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Στην ίδια λογική, η Εικόνα 6-59 παριστάνει γραφικά τη μεγαλύτερη μείωση μέσης εκπομπής ρύπων CO₂ στις χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.



Εικόνα 6-59: Μείωση μέσης εκπομπής CO₂ σε τόνους (Tn), στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Στην Εικόνα 6-60 που ακολουθεί, απεικονίζεται η μείωση εκπομπής ρύπων από CO₂ σε τόνους, ύστερα από την συνεισφορά των Φ/Β. Σημαντική μείωση εκπομπών παρουσιάζεται στους θερινούς μήνες καθώς η προκύπτει και η υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου, ενώ σημαντικές επίσης είναι και οι ποσότητες των τόνων που εξοικονομούνται και στις ημέρες που η ζήτηση ενέργειας δεν είναι αυξημένη αλλά η διείσδυση από Φ/Β είναι αρκετά υψηλή (Απρίλιος, Νοέμβριος).

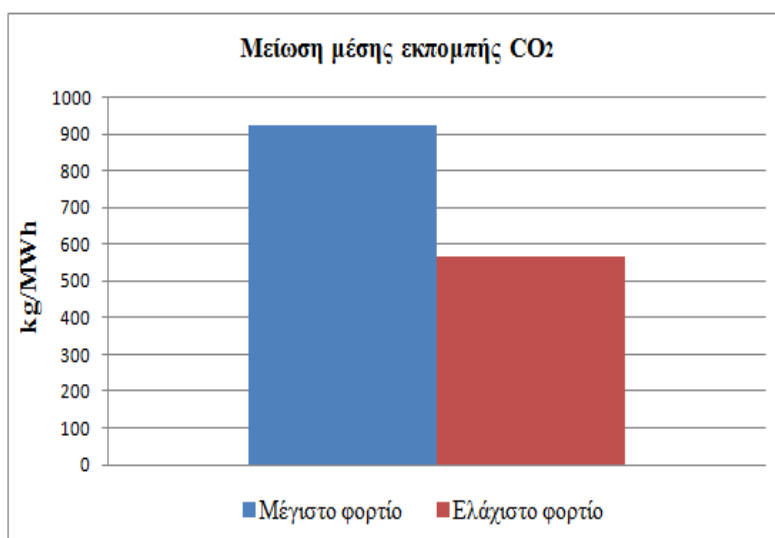


Εικόνα 6-60: Μείωση εκπομπής CO₂ (σε τόνους) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, λόγω συνεισφοράς των Φ/Β

Αντίστοιχη εικόνα λαμβάνεται και αναφορικά με τη μείωση εκπομπών μετρούμενη σε kg/MWh (Πίνακας 6-30). Στις ημέρες μέγιστου φορτίου, παρατηρείται κατά μέσο όρο μείωση που φτάνει τα 923,53 kg ανά παραγόμενη MWh, ενώ για τις ημέρες ελάχιστου φορτίου η τιμή είναι 566,47 kg. Τα ίδια αποτελέσματα παρουσιάζονται επίσης γραφικά, μέσω της Εικόνας 6-61.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μέση μείωση εκπομπής CO ₂ (kg/MWh)
Μέγιστο φορτίο	923,533
Ελάχιστο φορτίο	566,479

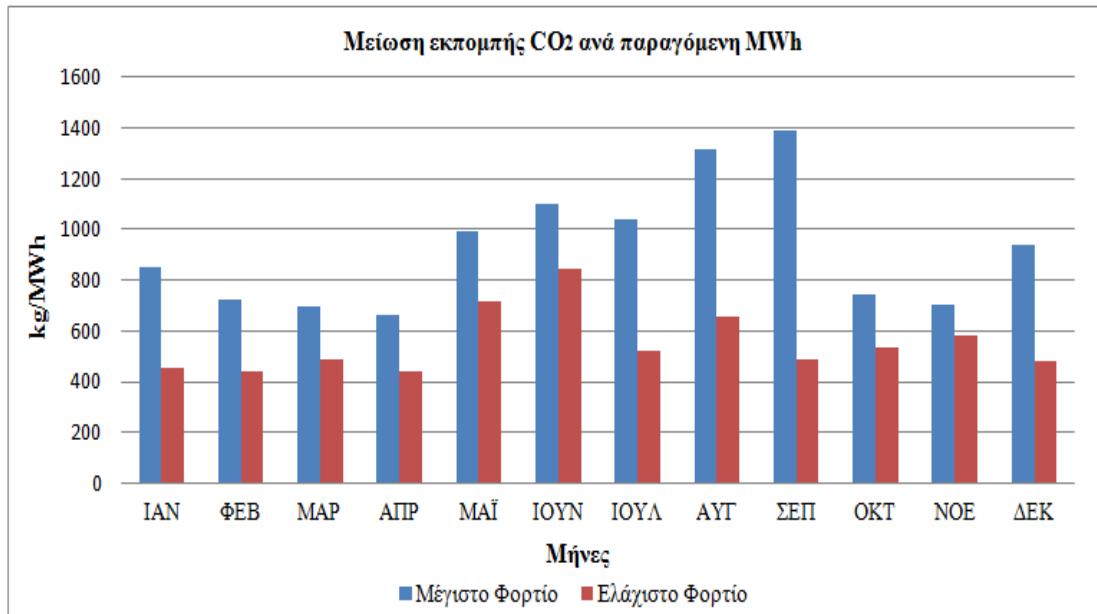
Πίνακας 6-30: Μέση μείωση εκπομπής CO₂ ανά παραγόμενη MWh (kg/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου



Εικόνα 6-61: Μείωση μέσης εκπομπής CO₂ ανά παραγόμενη MWh (kg/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου

Τα παραπάνω αποτελέσματα, απεικονίζονται χαρακτηριστικά από την Εικόνα 6-62. Αυτό που φαίνεται από τη παρακάτω εικόνα είναι ότι, η μείωση εκπομπής ρύπων (kg/MWh), είναι σημαντικότερη τις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου, και ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη θερινή περίοδο η κατανάλωση καυσίμου είναι αυξημένη.

Συνεπώς προκύπτει το συμπέρασμα ότι, σε ημέρες αυξανόμενης ζήτησης φορτίου τα Φ/Β συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου, με συνέπεια να αποφέρουν άμεσα περιβαλλοντικά οφέλη, στη μείωση εκπομπής ρύπων από CO₂.



Εικόνα 6-62: Μείωση εκπομπής CO₂ ανά παραγόμενη MWh (kg/MWh) στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης φορτίου, λόγω συνεισφοράς των Φ/Β

7 Συμπεράσματα Εργασίας

7.1 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν μέσω αυτής της εργασίας αφορούν κυρίως τις επιπτώσεις που πρόκειται να επιφέρει η αδειοδοτημένη ισχύς των 88,8 MW από μονάδες παραγωγής Φ/Β στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης. Σύμφωνα λοιπόν με την αποτίμηση της παραγωγής και για δεδομένα στοιχεία λειτουργίας του συστήματος για το έτος 2008, εκτιμήθηκαν οι παρακάτω επιπτώσεις:

1. Επιπτώσεις Φ/Β στην συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. του συστήματος.
2. Επιπτώσεις στην λειτουργία των Σταθμών Παραγωγής.
3. Επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμου των θερμικών μονάδων.
4. Οικονομικές επιπτώσεις.
5. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι πέντε αυτοί παράγοντες συσχετίζονται έμμεσα με το παράγοντα της μεταβολής της παραγωγής των θερμικών μονάδων του συστήματος, καθώς όπως παρατηρήθηκε μετά από την «είσοδο» των Φ/Β στο δίκτυο, η λειτουργία των μονάδων ως ένα βαθμό περιορίστηκε. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι βάση της υπόθεσης που λήφθηκε για την πραγματοποίηση της παρούσας προσομοίωσης, κρίθηκε σκόπιμο η ένταξη των μονάδων να μην μεταβληθεί. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι οι διαχειριστές του συστήματος διατηρήσαν την στρεφόμενη εφεδρεία και για το σύνολο της παραγωγής από Φ/Β. Έτσι όχι μόνο δε μειώθηκε η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος εξαιτίας της «είσόδου» των Φ/Β στο δίκτυο της Κρήτης αλλά αυξήθηκε κιόλας. Επομένως σε μία ενδεχόμενη ημέρα χαμηλής φόρτισης του συστήματος και ταυτόχρονα υψηλής συνολικής παραγωγής Α.Π.Ε. οι θερμικές μονάδες θα αναγκαστούν να μειώσουν επίπεδο παραγωγής τους κοντά στο τεχνικό τους ελάχιστο.

Από τα στοιχεία των αποτελεσμάτων λοιπόν διαπιστώθηκε ότι η συνολική παραγόμενη ισχύς από Φ/Β θα οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και επομένως στην εξοικονόμηση του δεδομένου λειτουργικού κόστους των θερμικών μονάδων του συστήματος. Επίσης η επερχόμενη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου θα έχει άμεση επίπτωση και στο περιβάλλον, καθώς όπως παρατηρήθηκε η μείωση εκπομπής ρύπων CO₂ προς την ατμόσφαιρα προέκυψε σημαντική.

7.1.1 Επιπτώσεις Φ/Β στη συνολική διείσδυση Α.Π.Ε.

Έτσι, για τη πρώτη εκτίμηση της παραγωγής των Φ/Β, κρίνεται αναγκαίο να αποσαφηνιστούν τα πιθανά ποσοστά συμμετοχής της παραγωγής τους στο δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής του νησιού στις εξετάζουσες ημέρες ζήτησης του συστήματος (μέγιστο φορτίο, ελάχιστο φορτίο).

- Το μήνα Απρίλιο παρουσιάζεται ημέρα ελάχιστου φορτίου με το μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης Φ/Β στο σύστημα. Το ποσοστό αυτό καλύπτει το 11,1% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής. Χαρακτηριστικό γεγονός κατά τη διάρκεια αυτής της ημέρας είναι ότι η μέγιστη ωριαία διείσδυση Φ/Β θα ξεπερνούσε κατά 10,8% την αντίστοιχη μέγιστη ωριαία

διείσδυση της αιολικής παραγωγής. Έτσι, η συνολική ωριαία διείσδυση Α.Π.Ε. προέκυψε με ποσοστό 58,5%. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι, η μισή και πλέον συνολική ωριαία ζήτηση του συστήματος ενδεχομένως θα μπορούσε να εξυπηρετηθεί από μονάδες Α.Π.Ε.. Παράλληλα όμως, λόγω της αδυναμίας περαιτέρω μείωσης παραγωγής από τις υπόλοιπες μονάδες του συστήματος η παραγωγή μειώθηκε αναγκαστικά από φθηνότερες μονάδες του συστήματος όπως οι ΑΤΜΟΙ ΑΘΕΡ και ΔΙΕΣΕΛ ΑΘΕΡ καθώς η μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου είχε μειώσει κατά 85% τη παραγωγή της. Σε αυτή τη περίπτωση αξίζει να σημειωθεί πως αν υπήρχε ακόμα μία διαθέσιμη μονάδα παραγωγής, ίσως να προέκυπτε ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. ή να μην επηρεάζονταν καθόλου οι άλλες μονάδες που επηρεάστηκαν. Επομένως μία σχετικά υψηλή διείσδυση Φ/Β στις περιόδους χαμηλής φόρτισης του συστήματος ενδέχεται να προκαλέσει αναγκαστική μείωση της παραγωγής σε μονάδες με μικρότερο κόστος λειτουργίας.

- Αυτό που πιθανότατα θα μπορούσε να συμβεί στην ημέρα υψηλότερης διείσδυσης Φ/Β, υποθετικά συνέβηκε την 26η ημέρα του μήνα Οκτωβρίου. Το συνολικό ποσοστό διείσδυσης Φ/Β εκείνη την ημέρα ήταν 7,4%. Η μέγιστη ωριαία διείσδυση Φ/Β προέκυψε 19,6% ενώ το ποσοστό της αντίστοιχης αιολικής διείσδυσης 30,1%. Έτσι η συνολική διείσδυση Α.Π.Ε. του συστήματος θα έφτανε το 49,7% δηλαδή σχεδόν το 50% της συνολικής ζήτησης του συστήματος. Σε αυτή τη περίπτωση η υψηλή διείσδυση Φ/Β σε συνδυασμό με την αντίστοιχη διείσδυση Α/Π στο σύστημα προκάλεσε ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.. Το ποσό της παραγόμενης ισχύος που θεωρήθηκε ότι πρέπει να αποκοπεί προέκυψε ίσο με 4,2 MW καθώς όπως εκτιμήθηκε δεν υπήρχε η δυνατότητα απορρόφησης του από το δίκτυο την δεδομένη χρονική στιγμή. Σε αυτή την δεδομένη στιγμή παρατηρήθηκε ότι αρκετές από τις διαθέσιμες μονάδες παραγωγής είχαν ξεκινήσει ήδη τη λειτουργία τους και άλλες ήταν υπό διαδικασία εκκίνησής. Γι' αυτό το λόγο η κατάσταση λειτουργίας στην οποία προήλθαν τη δεδομένη χρονική στιγμή της αποκοπής ανάγκασε τις περισσότερες μονάδες να μειώσουν το επίπεδο της παραγωγής τους στο τεχνικό τους ελάχιστο και να μην υπάρχει περιθώριο απορρόφησης παραγωγής από Α.Π.Ε..
- Σε αντίθεση με τις χαρακτηριστική ημέρα ελάχιστου φορτίου και υψηλής διείσδυσης Φ/Β, στην ημέρα μέγιστου φορτίου δεν προκλήθηκαν παρόμοιες καταστάσεις. Τα υψηλότερο ποσοστό διείσδυσης Φ/Β στις ημέρες μέγιστου φορτίου προέκυψε τον μήνα Νοέμβριο και ήταν ίσο με 7,4%. Σε αυτή την περίπτωση οι θερμικές μονάδες που μείωσαν την παραγωγή τους ήταν εξολοκλήρου οι μονάδες με το ακριβότερο κόστος λειτουργίας. Έτσι η το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής παρατηρήθηκε από τις νέες αεριοστροβιλικές μονάδες του συστήματος που είναι οι ΑΕΡ Νέοι ΛΙΝ και ΑΕΡ Νέοι ΧΑΝ. Αντιθέτως οι φθηνότερες μονάδες ντήζελ του συστήματος αξιοποιήθηκαν πλήρως για την κάλυψη των υψηλών αναγκών ζήτησης καθώς δεν μετέβαλαν σε καμία περίπτωση την παραγωγή τους.
- Συνοψίζοντας, διαπιστώθηκε ότι σε ημέρες χαμηλής φόρτισης του συστήματος οι μονάδες παραγωγής Φ/Β ενδέχεται να οδηγήσουν σε αναγκαστική αποκοπή της παραγωγής Α.Π.Ε.. Σε μία τέτοια περίπτωση το ποσό της «πλεονάζουσας» ισχύος θα περιοριστεί αποκλειστικά από τις υπάρχουσες αιολικές μονάδες του συστήματος. Αυτό το γεγονός προφανώς θα έχει άμεση επίπτωση στους παραγωγούς αιολικής ενέργειας του νησιού, αφού δεν θα

απορροφηθεί από το δίκτυο καθώς δεν θα υπάρχει η δυνατότητα εκμετάλλευσης του και επομένως δεν θα αποζημιωθεί από την Δ.Ε.Η.. Αυτό το γεγονός πιθανότατα θα μπορούσε να αποφευχθεί αν υπήρχε η δυνατότητα διαθέσιμων μονάδων αποθήκευσης ενέργειας στο σύστημα (π.χ. αντλιοσταμμίευση). Έτσι με αυτό τον τρόπο θα επιτυγχανόταν η αποφυγή της ενδεχόμενης αποκοπής και ταυτόχρονα θα μειωνόταν το σχετικό κόστος λειτουργίας των υφιστάμενων θερμικών μονάδων. Εναλλακτικά σε μία τέτοια περίπτωση οι μονάδες που είχαν ξεκινήσει ή ήταν στη διαδικασία εκκίνησης τους, θα καθυστερούσαν να εκκινήσουν προκειμένου να εισαχθεί εξολοκλήρου η Φ/Β παραγωγή και έτσι θα υπήρχε η δυνατότητα από το δίκτυο απορρόφησης της παραπάνω ενέργειας που διαφορετικά θα αποκοπτόταν. Για πιο λεπτομερή ανάλυση του ενδεχόμενου της αποκοπής θα μπορούσε να εξεταστεί και η καθυστέρηση εκκίνησης μονάδας, κάτι τέτοιο όμως θα απαιτούσε δυναμικές προσομοιώσεις για τον έλεγχο της δυναμικής ασφάλειας του συστήματος.

7.1.2 Επιπτώσεις στην συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων του Νησιού

Με την αποτίμηση των δεδομένων της προσομοίωσης μπορούν να εξακριβωθούν οι συνέπειες της μεταβολής της παραγωγής από τις θερμικές μονάδες του συστήματος λόγω των Φ/Β, συγκριτικά στις δύο χαρακτηρίστηκες καταστάσεις ζήτησης του συστήματος. Οι συνέπειες αυτές παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον επίσης και σε περιπτώσεις υψηλής και χαμηλής διείσδυσης Φ/Β, όπως ακόμα και σε μία ενδεχόμενη περίπτωση με ανάγκη αποκοπής Α.Π.Ε..

7.1.2.1 Επίδραση στη λειτουργία των θερμικών μονάδων

Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής, είναι φανερό ότι οι θερμικές μονάδες που επηρεάζουν την λειτουργία τους μετά την ένταξη των Φ/Β στο δίκτυο διαφέρουν, ανάλογα με τη ζήτηση του συστήματος ή το ποσοστό συμμετοχής των Φ/Β στην ηλεκτροπαραγωγή του νησιού. Στον Πίνακα 7-1 φαίνονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της ποσοστιαίας μεταβολής ανά κατηγορία θερμικής μονάδας στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Συγκεντρωτικό Ποσοστό Μεταβολής της Παραγωγής (%)			
	ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ	ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΝΤΗΖΕΛ	ΑΤΜΟΙ
Μέγιστο φορτίο	87	6	0	7
Ελάχιστο φορτίο	5	62	6	27

Πίνακας 7-1: Συγκεντρωτικά στοιχεία ποσοστιαίας μεταβολής ανά κατηγορία θερμικής μονάδας

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικά για τις ημέρες μέγιστης και ελάχιστης ζήτησης φορτίου τα συμπεράσματα της ποσοστιαίας μεταβολής της παραγωγής των θερμικών μονάδων του συστήματος:

- Στις ημέρες μέγιστου φορτίου οι ακριβές αεριοστροβλικές μονάδες αποτελούν τις ελκυστικότερες μονάδες του συστήματος για να μειώσουν την παραγωγή τους καθώς το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής ανέρχεται στο 87,1%, αντιθέτως στις ημέρες ελάχιστης

ζήτησης φορτίου κάτι τέτοιο δεν συνέβη διότι η λειτουργία των μονάδων αυτών ήταν έτσι και αλλιώς περιορισμένη.

- Στις ημέρες ελάχιστου φορτίου το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής προέρχεται από την μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου και είναι ίσο με 62%. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την αναγκαιότητα της συνολικής μείωσης της παραγωγής από αυτήν την μονάδα καθώς όπως εκτιμήθηκε δεν υπάρχουν άλλες μονάδες παραγωγής για να το επιτύχουν. Σημειώνεται ότι στις ημέρες μέγιστου φορτίου η αναγκαιότητα αυτή δεν υπάρχει διότι η μείωση της παραγωγής επιτυγχάνεται από τις ακριβές αεριοστροβλικές μονάδες.
 - Στην ίδια λογική με την προηγούμενη παράγραφο, οι ατμοηλεκτρικές μονάδες του συστήματος αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής της παραγωγής τους στις ημέρες ελάχιστου φορτίου, με ποσοστό 27,1%.
 - Τέλος, οι μονάδες Ντίζελ του συστήματος δείχνουν να επηρεάζονται στις ημέρες ελάχιστου φορτίου. Αυτό συνέβη διότι οι τεχνικοί περιορισμοί των μονάδων που ήταν είδη σε λειτουργία δεν το επιτρέπουν οπότε η παραγωγή μειώνεται αναγκαστικά από τις διαθέσιμες μονάδες Ντίζελ. Αντιθέτως, στις ημέρες μέγιστου φορτίου οι μονάδες Ντίζελ δεν μετέβαλαν σε καμία περίπτωση τη φόρτιση τους διότι είναι οι πιο οικονομικές μονάδες του συστήματος και έτσι δεν υπάρχει η αναγκαιότητα μείωσης της παραγωγής τους.
- Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα σημαντικά οφέλη της εκμετάλλευσης της παραγωγής των Φ/Β προκύπτουν στις ημέρες **μέγιστου φορτίου**, καθώς η μεταβολή της παραγωγής προήλθε από τις ακριβές αεριοστροβλικές μονάδες του συστήματος. Στις ημέρες ελάχιστου φορτίου τα οφέλη δεν είναι αντίστοιχα διότι οι τεχνικοί περιορισμοί των μονάδων οδήγησαν σε αναγκαστική μείωση της παραγωγής από οικονομικές μονάδες (π.χ. μονάδες Ντίζελ).

7.1.2.1.1 Μεταβολή της παραγωγής των θερμικών μονάδων σε χαρακτηριστικές ημέρες διείσδυσης Φ/Β

Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν μεμονωμένα οι ημέρες με την υψηλότερη διείσδυση Φ/Β τόσο για το μέγιστο φορτίο όσο και για το ελάχιστο φορτίο. Στους Πίνακες 7-2 και 7-3 συνοψίζονται συγκεντρωτικά τα στοιχεία της ποσοστιαίας μεταβολής ανά κατηγορία θερμικής μονάδας τόσο για τις χαρακτηριστικές ημέρες διείσδυσης Φ/Β όσο και για την ιδιαίτερη ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε..

Χαρακτηριστικές ημέρες	Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής στις υψηλότερες ημέρες διείσδυσης Φ/Β (%)			
	ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΟΙ	ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΝΤΗΖΕΛ	ΑΤΜΟΙ
Μέγιστου φορτίου	100	0	0	0
Ελάχιστου φορτίου	0	85	1	14

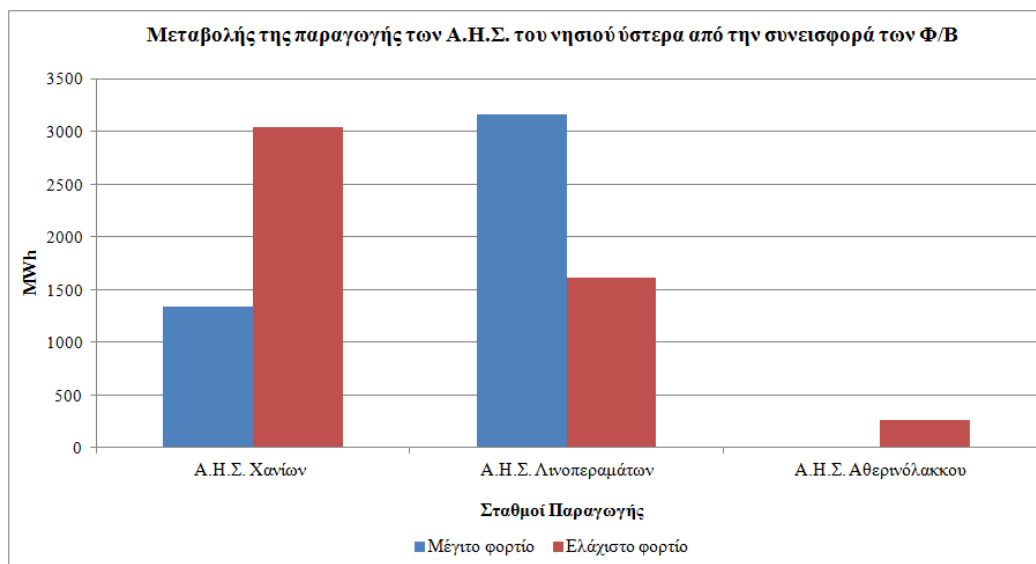
Πίνακας 7-2: Συγκεντρωτική ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά κατηγορία θερμικής μονάδας στις ημέρες με την υψηλότερη διείσδυση Φ/Β

Χαρακτηριστική ημέρα	Ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής στην ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε. (%)			
	ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ	ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΝΤΗΖΕΛ	ΑΤΜΟΙ
Αποκοπής	0	42	26	32

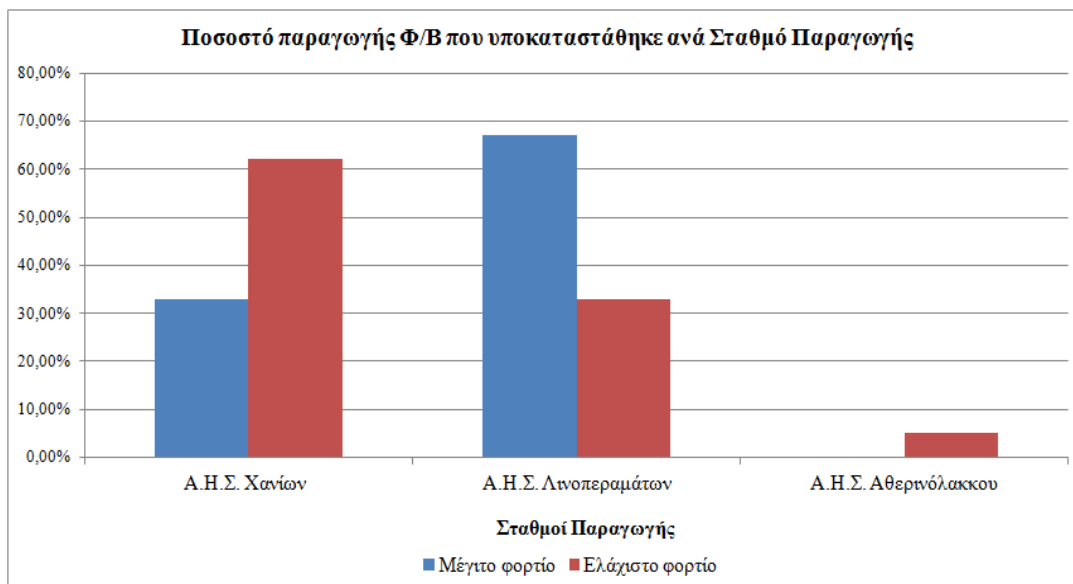
Πίνακας 7-3: Συγκεντρωτική ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής ανά κατηγορία θερμικής μονάδας στην ημέρα με ανάγκη αποκοπής της παραγωγής Α.Π.Ε.

7.1.2.2 Επίδραση Φ/Β στο ενεργειακό ισοζύγιο

Η συνεισφορά της εκτιμώμενης παραγωγής Φ/Β διαφέρει ανάλογα με το Σταθμό Παραγωγής του νησιού. Αυτό το γεγονός ενδεχομένως θα έχει άμεση επίδραση στο ενεργειακό ισοζύγιο της περιοχής, καθώς η μεταβολή της τρέχουσας παραγωγής, στη δεδομένη ενεργειακή ζήτηση πιθανόν μεταβάλλει τη ροή ισχύος του συστήματος. Στην Εικόνα 7-1 παρουσιάζεται η μεταβολή της παραγωγής των Σταθμών Παραγωγής ύστερα από την συνεισφορά των Φ/Β ενώ στην Εικόνα 7-2 φαίνεται το ποσοστό παραγωγής Φ/Β που υποκατέστησε τη μεταβολή αυτή.



Εικόνα 7-1: Μεταβολή της παραγωγής των Σταθμών Παραγωγής του νησιού λόγω της συνεισφοράς των Φ/Β



Εικόνα 7-2: Ποσοστό παραγωγής Φ/Β που υποκαταστάθηκε ανά Σταθμό Παραγωγής

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα γραφήματα των παραπάνω εικόνων είναι τα εξής:

- Η ροή ισχύος του συστήματος ισχυροποιείται και στις δύο περιπτώσεις ζήτησης από την ανατολική πλευρά του νησιού (Α.Η.Σ. Αθερινόλακκου) μέχρι και τον Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων. Αυτό συνέβη διότι ο Α.Η.Σ. του Αθερινόλακκου στις ημέρες μέγιστου φορτίου δεν μετέβαλε καθόλου τη παραγωγή του, ενώ και στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η αντίστοιχη μεταβολή ήταν ελάχιστη. Έτσι το σημαντικό μέρος της παραγωγής των Φ/Β εκτιμάται ότι επίδρασε περισσότερο στην παραγωγή των δύο Α.Η.Σ. του νησιού που βρίσκονται δυτικότερα.
- Στις ημέρες μέγιστου φορτίου η μεταβολή της παραγωγής του Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων σε σχέση με την αντίστοιχη μεταβολή του Α.Η.Σ. των Χανίων, είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η μεταβολή της παραγωγής του συγκεκριμένου Α.Η.Σ. αντιστοιχεί σε 3.160 MWh και αποτελεί έτσι το 67,2% της συνολικής ποσοστιαίας μεταβολής της παραγωγής του νησιού. Στην ίδια περίπτωση η μεταβολή της παραγωγής του Α.Η.Σ. των Χανίων αντιστοιχεί σε 1.334 MWh, που είναι και το 32,8% της συνολικής ποσοστιαίας μεταβολής. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ο Α.Η.Σ. στα Λινοπεράματα απορροφά εξολοκλήρου την παραγωγή Φ/Β του ευρύτερου Νομού και το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής των Νομών Χανίων και Ρεθύμνου που αποτελούν το 37% της συνολικής παραγωγής των Φ/Β της Κρήτης. Επομένως, στις ημέρες μέγιστου φορτίου η ροή ισχύος του συστήματος ισχυροποιείται από τη δυτική πλευρά του νησιού μέχρι και τον Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων.
- Στις ημέρες ελάχιστου φορτίου το σκηνικό αυτό αλλάζει, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής Φ/Β επιδρά στον δυτικό Α.Η.Σ. των Χανίων. Έτσι η μεταβολή της παραγωγής του συγκεκριμένου Α.Η.Σ. αντιστοιχεί σε 3.045 MWh και αποτελεί το 62% της συνολικής ποσοστιαίας μεταβολής της παραγωγής του νησιού. Στην ίδια περίπτωση η μεταβολή της παραγωγής του Α.Η.Σ. των Λινοπεραμάτων αντιστοιχεί σε 1.617 MWh, που είναι και το 33% της συνολικής ποσοστιαίας μεταβολής. Επίσης σημειώνεται και εδώ ότι, ο Α.Η.Σ. στα Χανιά απορροφά εξολοκλήρου την παραγωγή Φ/Β των Νομών Χανίων και Ρεθύμνου και

σαφέστατα υπερβαίνει την παραγωγή των Φ/Β της δυτικής Κρήτης. Επομένως, στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η ροή ισχύος του συστήματος ισχυροποιείται από την ανατολική προς την δυτική πλευρά του νησιού.

- Επομένως, αναλόγως με τις συνθήκες φόρτισης του συστήματος, η ροή ισχύος είτε μεταβάλλεται από ανατολικά προς τον Α.Η.Σ. Χανίων είτε από δυτικά προς τον Α.Η.Σ. Λινοπεραμάτων. Πάντα όμως, παρουσιάζεται ενισχυμένη από το Νομό Λασιθίου προς τα δυτικά, αφού ο Α.Η.Σ. Αθρινόλακκου αλλάζει ελάχιστα την παραγωγή του και μόνο στις ημέρες ελάχιστου φορτίου.

7.1.3 Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου είναι συνέπεια της μειωμένης παραγωγής των θερμικών μονάδων στις ώρες που υπήρξε αντίστοιχη παραγωγή Φ/Β. Στον Πίνακα 7-4 φαίνονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία εξοικονόμησης καυσίμου στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης του συστήματος. Γενικότερα παρατηρείται ότι μεγαλύτερη εξοικονόμηση της μέσης κατανάλωσης ακριβότερου καυσίμου ντίζελ ανά παραγόμενη μεγαβατώρα επιτυγχάνεται στις ημέρες μέγιστου φορτίου και είναι 349,78 lt/MWh, ενώ αντίστοιχα μεγαλύτερη εξοικονόμηση της μέσης κατανάλωσης φθηνότερου καυσίμου μαζούτ επιτυγχάνεται στις ημέρες ελάχιστου φορτίου και είναι 76,10 kg/MWh.

- Η εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου ντίζελ στις ημέρες μέγιστου φορτίου παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 556,18 lt/MWh. Αντίστοιχα τα οφέλη της ίδιας εξοικονόμησης καυσίμου μπορεί να παρουσιάζονται μικρότερα στις ημέρες ελάχιστου φορτίου καθώς η λειτουργία των ακριβών μονάδων που καταναλώνουν ντίζελ ήταν σε μεγάλο βαθμό περιορισμένη, αλλά μπορούν να χαρακτηριστούν και σε αυτή τη περίπτωση ευνοϊκά, όπως για παράδειγμα την ημέρα του μήνα Ιουλίου όπου το ποσοστό μεταβολής καυσίμου ντίζελ παρατηρήθηκε στο 12,58% και η αντίστοιχη εξοικονόμηση κατανάλωσης ανά παραγόμενη μεγαβατώρα ήταν 238 lt/MWh.
- Στη περίπτωση της κατανάλωσης καυσίμου μαζούτ η μέση εξοικονόμηση της κατανάλωσης ανά παραγόμενη μεγαβατώρα στις ημέρες ελάχιστου φορτίου παρατηρείται κατά 70% μεγαλύτερη από τις ημέρες μέγιστου φορτίου. Επομένως είναι σε μεγαλύτερο βαθμό αυξημένη απ' ότι στη περίπτωση της αντίστοιχης σύγκρισης εξοικονόμησης καυσίμου ντίζελ μεταξύ των ημερών μέγιστου και ελάχιστου φορτίου.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Εξοικονόμηση καυσίμου			
	Συνολική εξοικονόμηση Μαζούτ (Tn)	Μέση εξοικονόμηση Μαζούτ (kg/MWh)	Συνολική εξοικονόμηση Ντίζελ (klt)	Μέση εξοικονόμηση Ντίζελ (lt/MWh)
Μέγιστου φορτίου	95,94	21,34	1.572,04	349,78
Ελάχιστου φορτίου	374,93	76,10	650,67	132,08

Πίνακας 7-4: Συγκεντρωτικά στοιχεία εξοικονόμησης καυσίμου στις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης του συστήματος

7.1.4 Εξοικονόμηση κόστους παραγωγής

Τα οικονομικά οφέλη της παραγόμενης μεγαβατώρας από τις θερμικές μονάδες του νησιού έχουν άμεση συσχέτιση με τις επιπτώσεις στην εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου. Έτσι λοιπόν, τα σημαντικά οικονομικά οφέλη της θερμικής παραγωγής του συστήματος προέκυψαν στις ημέρες μέγιστου φορτίου καθώς τότε εξοικονομήθηκαν οι μεγαλύτερες ποσότητες ακριβού καυσίμου ντήζελ. Στον Πίνακα 7-5 φαίνονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία αξίας της παραγωγής Φ/Β.

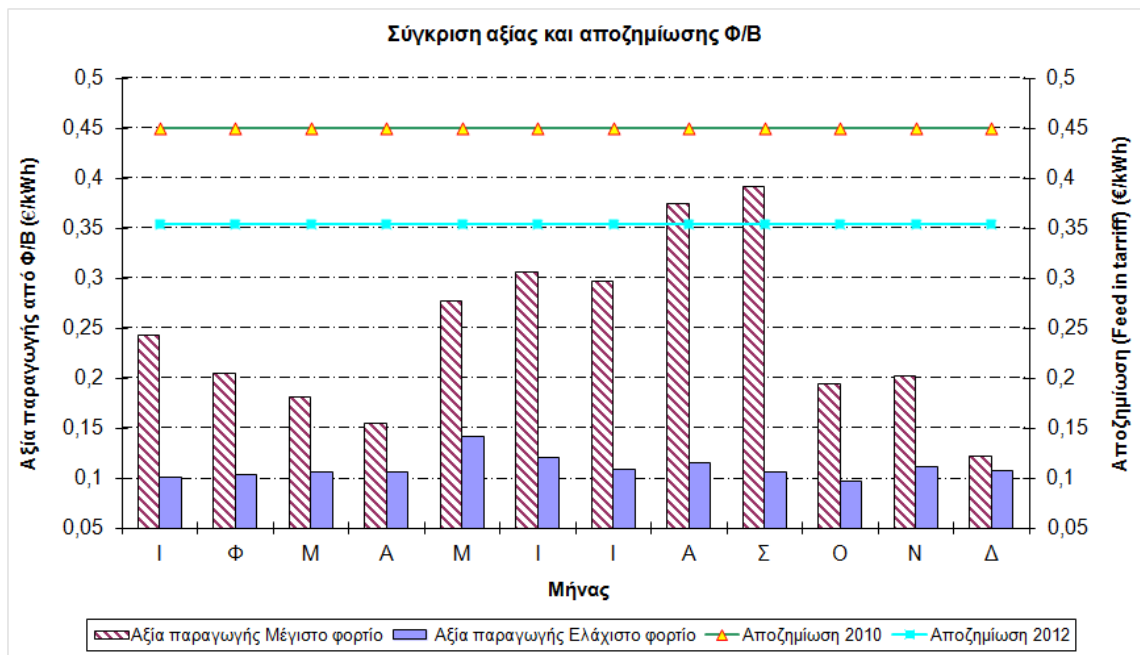
- Η συνολική εξοικονόμηση κόστους καυσίμου για το σύνολο των ημερών μέγιστου φορτίου παρατηρείται κατά 52% μεγαλύτερη των αντίστοιχων ημερών ελάχιστου φορτίου. Η συνολική εξοικονόμηση καυσίμου που προέκυψε στις ημέρες μέγιστου φορτίου και συγκεκριμένα στους θερινούς μήνες Ιούνιο και Ιούλιο ξεπερνά το ποσό των 189.000 € ξεχωριστά και για τις δύο χαρακτηριστικές ημέρες. Αντίστοιχα στις ημέρες ελάχιστου φορτίου το υψηλότερο ποσό εξοικονόμησης ανέρχεται σχεδόν σε 75.748 € και παρατηρείται το μήνα Ιούλιο.
- Η μέγιστη αξία των Φ/Β ανά παραγόμενη μεγαβατώρα στις ημέρες μέγιστου φορτίου ανήλθε στα 391 €/MWh ενώ στις ημέρες ελάχιστου φορτίου σε 141,43 €/MWh αντίστοιχα.
- Η μέση τιμή της αξίας της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται είναι ίση με 252,93 €/MWh στις ημέρες μέγιστης ζήτησης φορτίου και 110,35 €/MWh στις ημέρες ελάχιστης ζήτησης φορτίου.
- Όσον αφορά το κόστος της παραγόμενης μεγαβατώρας από τις θερμικές μονάδες του νησιού, εξετάστηκε η σύγκριση της μέσης τιμής του κόστους παραγωγής τους, χωρίς συνεισφορά Φ/Β και με συνεισφορά Φ/Β. Επομένως διαπιστώθηκε ότι, η μέση τιμή του κόστους παραγωγής των θερμικών μονάδων μειώθηκε κατά 5,05 €/MWh στις ημέρες μέγιστου φορτίου, καθώς εκείνες τις ημέρες η εξοικονόμηση ακριβότερου καυσίμου ήταν μεγαλύτερη. Αντιθέτως στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η αντίστοιχη μέση τιμή δεν μειώθηκε και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι προέκυψαν ημέρες που οι μονάδες οδηγήθηκαν σε λιγότερο αποδοτικό σημείο λειτουργίας λόγω των Φ/Β.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Αξία παραγωγής Φ/Β			
	Μέγιστη αξία (€)	Μέγιστη αξία (€/MWh)	Μέση αξία (€)	Μέση αξία (€/MWh)
Μέγιστου φορτίου	189.614,13	391,82	94.727,70	252,93
Ελάχιστου φορτίου	75.748,59	141,43	45.029,08	110,35

Πίνακας 7-5: Συγκεντρωτικά στοιχεία αξίας της παραγωγής Φ/Β

7.1.4.1 Κόστος αποζημίωσης από τη Δ.Ε.Η. λαμβάνοντας υπ' όψιν την τιμή αποζημίωσης

Τα αποτελέσματα της εργασίας συγκρίθηκαν με την τιμή της αποζημίωσης για τις Α.Π.Ε.. Επομένως με βάση τον αναπτυξιακό Ν.3851/2010 για τις Α.Π.Ε. έγινε η σύγκριση δύο διαφορετικών ετών τιμολόγησης. Η σύγκρισή αυτή αφορά το τιμή της κιλοβατώρας για το έτος 2010 η οποία ανέρχεται σε 0,45 €/kWh και για το έτος 2012 όπου η αντίστοιχη τιμή ανέρχεται σε 0,35 €/kWh. Στην Εικόνα 7-3 φαίνεται η σύγκριση της αξίας της παραγωγής Φ/Β για τις ημέρες μέγιστου και ελάχιστου φορτίου του συστήματος με τη τιμή της αποζημίωσης για τις Α.Π.Ε. στο έτος του 2010 και του 2012.



Εικόνα 7-3: Σύγκριση αξίας της παραγωγής Φ/Β για τις χαρακτηριστικές ημέρες ζήτησης με την τιμή της αποζημίωσης για τις Α.Π.Ε. στο έτος του 2010 και του 2012

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα είναι τα εξής

- Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη τιμή της αποζημίωσης για τις Α.Π.Ε. και για τα δύο έτη που αφορούν τη σύγκριση της με την αξία παραγωγής των Φ/Β, προκύπτει το αρχικό συμπέρασμα ότι, με εξαίρεση τις δύο χαρακτηριστικές ημέρες μέγιστου φορτίου που αφορούν την τιμολόγηση το 2012, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις ο ιδιώτης παραγωγός Φ/Β αποζημιώνεται περισσότερο από αυτό που προσφέρει με την αξία της παραγωγής του στην Δ.Ε.Η..
- Όπως παρατηρήθηκε και από τα αποτελέσματα της εφαρμογής, στις ημέρες μέγιστου φορτίου η αξία της παραγωγής των Φ/Β είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αξία στις ημέρες ελάχιστου φορτίου. Επομένως με την σύγκριση της τιμής της αποζημίωσης και για τα δύο έτη, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η παραγωγή των Φ/Β στις ημέρες μέγιστου φορτίου επέφερε οικονομικά οφέλη αλλά όχι τόσα όσα αποζημιώνεται.
- Με βάση τη τιμολόγηση της κιλοβατώρας για το 2010, παρατηρείται ότι σε κάθε περίπτωση ο ιδιώτης παραγωγός Φ/Β αποζημιώνεται σε όλους τους μήνες του έτους περισσότερο από

την αντίστοιχη αξία παραγωγής που προσφέρει στη Δ.Ε.Η.. Στη καλύτερη περίπτωση, η αξία παραγωγής των Φ/Β μπόρεσε σε ημέρα μέγιστου φορτίου κατά το μήνα Σεπτέμβριο να φτάσει μέχρι και τα 0,39 €/kWh, ενώ το κόστος αποζημίωσης για το έτος αυτό είναι 0,45 €/kWh. Επομένως, το κόστος αποζημίωσης για τις Α.Π.Ε. στο έτος του 2010 δεν προέκυψε σε καμία περίπτωση ελκυστικό.

- Αντίστοιχα με βάση την ίδια τιμολόγηση για το έτος 2012 το κόστος αποζημίωσης δεν παρατηρείται και πάλι ελκυστικό σχεδόν για όλους του μήνες του έτους. Εξαιρέση, στα προηγούμενα αποτελούν δύο χαρακτηριστικές ημέρες κατά τη θερινή περίοδο και συγκεκριμένα των μηνών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου, όπου το κόστος αποζημίωσης προέκυψε ιδιαίτερα ελκυστικό. Στην περίπτωση αυτή η αξία παραγωγής των Φ/Β και στις δύο χαρακτηριστικές ημέρες υπερβαίνει την τιμή της αποζημίωσης των 0,35 €/kWh, επιφέροντας έτσι καθαρό κέρδος.
- Στις ημέρες ελάχιστου φορτίου η μέση αξία παραγωγής Φ/Β παρατηρείται στα 0,11 €/kWh. Η σύγκριση αυτής της τιμής, με το κόστος αποζημίωσης δείχνει ότι η μέση αξία παραγωγής Φ/Β είναι υπο-τετραπλάσια της αντίστοιχης τιμολόγησης το 2010 και αντιστοίχως υπο-τριπλάσια το 2012. Επομένως, το κόστος της αποζημίωσης είναι σε κάθε περίπτωση υψηλό. Στις ημέρες μέγιστου φορτίου η μέση αξία παραγωγής Φ/Β παρατηρείται στα 0,25 €/kWh, εξακολουθεί όμως να είναι σημαντικά μικρότερη από το τιμολόγιο αποζημίωσης τόσο του 2010 όσο και του 2012 με την εξαίρεση των δύο θερινών ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

7.1.5 Μείωση εκπομπής ρύπων CO₂

Η μειωμένη κατανάλωση καυσίμων έχει άμεση επίπτωση και στο περιβάλλον. Τα οικολογικά οφέλη από τη μείωση εκπομπής ρύπων CO₂ που ενδεχομένως θα προέκυπταν και στις δύο περιπτώσεις των ημερών ζήτησης του συστήματος είναι αρκετά ενθαρρυντικά. Στον Πίνακα 7-6 φαίνονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία μείωσης εκπομπής ρύπων CO₂. Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής προέκυψαν τα παρακάτω:

- Η συνολική μείωση εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ είναι μεγαλύτερη στις ημέρες μέγιστου φορτίου καθώς έφτασε συνολικά τους 4.150 τόνους, ενώ αντίστοιχα η μείωση αυτή στο ελάχιστο φορτίο είναι 2.790 τόνους.
- Η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ προς την ατμόσφαιρα ξεπέρασε τους 683 τόνους σε ημέρα μέγιστου φορτίου και τους 530 τόνους σε ημέρα ελάχιστου φορτίου. Συγκριτικά τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι σαφώς μεγαλύτερα στις ημέρες μέγιστου φορτίου καθώς η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ σε τόνους είναι μεγαλύτερη κατά 32,7%.
- Επίσης, η σχετική σε τόνους μείωση παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον και ανά παραγόμενη μεγαβατώρα των θερμικών μονάδων καθώς στις ημέρες μέγιστου φορτίου, παρατηρήθηκε κατά μέσο όρο μείωση 923,53 kg/MWh, ενώ για τις ημέρες ελάχιστου φορτίου 566,47 kg/MWh αντίστοιχα.

Χαρακτηριστικές ημέρες	Μείωση εκπομπής ρύπων CO ₂	
	Συνολική μείωση (Tn)	Μέση μείωση (kg/MWh)
Μέγιστου φορτίου	4.150,61	923,533
Ελάχιστου φορτίου	2.790,66	566,479

Πίνακας 7-6:Συγκεντρωτικά στοιχεία μείωσης εκπομπής ρύπων CO₂

7.2 Προοπτικές Εργασίας

Οι μελέτες που θα μπορούσαν να εξεταστούν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε σε αυτήν την εργασία αφορούν οποιοδήποτε αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα και θα μπορούσαν να είναι οι ακόλουθες:

- Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σχετικό νησιωτικό σύστημα με υψηλή στάθμη διείσδυσης Α.Π.Ε. και έτσι να αναλογιστούν οι αντίστοιχες πιθανές επιπτώσεις.
- Επίσης η μεθοδολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί για την αποτίμηση της παραγωγής οποιασδήποτε μονάδας παραγωγής Α.Π.Ε. με μικρές προσαρμογές.
- Μπορούν να μελετηθούν ακόμη και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής Α.Π.Ε. ή εξοικονόμησης ενέργειας.
- Για το Σ.Η.Ε. που εξετάστηκε, θα μπορούσαν να διερευνηθούν επίσης για ορισμένες χρονικές περιόδους του έτους (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο) και διάφορα επίπεδα φόρτισης, οι μεταβολές της ροής ισχύος στις γραμμές του συστήματος εξαιτίας της επίδρασης των Φ/Β. Κάτι τέτοιο θα απαιτούσε προσομοιώσεις πραγματικών δεδομένων, μέσω προγραμμάτων, όπως Matlab, Power World, κλπ., θα συνέβαλε όμως, στην εκτίμηση των επιπτώσεων των Φ/Β στις απώλειες του συστήματος και την εκτίμηση για τα επίπεδα τάσης του δικτύου.
- Παρατηρήθηκε σε μία περίπτωση χαμηλού φορτίου το ενδεχόμενο αποκοπής παραγωγής από Α.Π.Ε. μετά την είσοδο των Φ/Β. Αναλύσεις με τη βοήθεια πιθανοτικών μεθόδων θα μπορούσαν να υποδείξουν πόσο συχνό αναμένεται να είναι το φαινόμενο αυτό, υπό ποιες λειτουργικές συνθήκες αναμένεται είτε με την θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β είτε με μεγαλύτερη.
- Ένα σημαντικό ζήτημα που θα μπορούσε να εξεταστεί είναι κατά πόσο θα μπορούσαμε με ασφάλεια να εντάξουμε λιγότερες μονάδες στο σύστημα μας από αυτές που είχαν ενταχθεί την περίοδο μελέτης. Σε μία τέτοια περίπτωση θα είχαμε σημαντικά οφέλη λόγω της αποφυγής του σταθερού κόστους λειτουργίας των μονάδων και ενδεχόμενη μείωση της πιθανής αποκοπής παραγωγής από Α.Π.Ε.. Μία τέτοια μελέτη θα απαιτούσε προσομοιώσεις και δυναμικής ασφάλειας σε ενδεχόμενο διαταραχών.

- Οι προσομοιώσεις δυναμικής ασφάλειας παρουσία Φ/Β θα ήταν χρήσιμες για την διαπίστωση υπό ποιες συνθήκες θα μπορούσαν τα Φ/Β να βελτιώσουν ή να χειροτερεύσουν τα επίπεδα δυναμικής ασφάλειας ως προς κάποιες προεπιλεγμένες διαταραχές όπως η απόλεια (trip) μονάδας παραγωγής.

7.3 Γενικό Συμπέρασμα

Το γενικό συμπέρασμα της αποτίμησης της λειτουργίας των αδειοδοτημένων Φ/Β στο νησί της Κρήτης, είναι ότι, η επιπρόσθετη παραγωγή Φ/Β σε κάποιες παραμέτρους άλλοτε επιδρά ευνοϊκά προς το σύστημα και άλλοτε όχι. Διαπιστώθηκε έτσι ότι, τα Φ/Β μπορούν να προσφέρουν στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου σε ένα νησιωτικό σύστημα ειδικά αν υπάρχει η δυνατότητα μείωσης της λειτουργίας των ακριβών μονάδων που καταναλώνουν ντίζελ. Το οικονομικό όφελος είναι ελκυστικότερο όσο μεγαλύτερη είναι η μέση τιμή εξοικονόμησης καυσίμου και όσο συχνότερα αποφεύγεται η εκκίνηση των ακριβών μονάδων (αεριοστροβιλικές μονάδες).

Από την οικονομική ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι τα Φ/Β επιφέρουν οικονομικά οφέλη αλλά όχι τόσο όσο αποζημιώνονται. Γενικότερα παρατηρήθηκε ότι η μέση αξία των Φ/Β στις μέρες υψηλού φορτίου είναι 0,25€/kWh ενώ στις μέρες χαμηλού φορτίου είναι 0,11€/kWh. Μόνο με την τιμή αποζημίωσης του τέλους του 2012 για τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο σε υψηλό φορτίο η αξία παραγωγής από Φ/Β υπερβαίνει την τιμή αποζημίωσης. Για το υψηλό φορτίο η τιμή αυτή είναι ευαίσθητη στο κόστος αγοράς του πετρελαίου ντίζελ καθώς μονάδες που καταναλώνουν το συγκεκριμένο καύσιμο μεταβάλλουν την παραγωγή τους.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι μεγαλύτερα στις ημέρες υψηλού φορτίου, λίγο μικρότερα από 1kg CO₂/kWh που παράγουν τα Φ/Β.

Η συνολική παραγωγή που μπορεί να προέλθει από Φ/Β μπορεί να επιδράσει στη φόρτιση κάποιων γραμμών καθώς όπως παρατηρήθηκε αναλόγως με τις συνθήκες ζήτησης του συστήματος η φόρτιση της γραμμής Λινοπεράματα – Χανιά λόγω των Φ/Β, άλλοτε μπορεί να ισχυροποιηθεί από δυτικά προς τον Α.Η.Σ. των Λινοπεραμάτων και άλλοτε από ανατολικά προς τον Α.Η.Σ. των Χανίων. Εν' αντιθέσει με τους δύο Α.Η.Σ. που αναφέρθηκαν, η μεταβολή της παραγωγής του ανατολικού Α.Η.Σ. στον Αθρινόλακκο παρατηρήθηκε από ελάχιστη ως και μηδενική. Επομένως η παραγωγή Φ/Β της ανατολικής Κρήτης ισχυροποιείται σε κάθε περίπτωση μέχρι και τον Α.Η.Σ. των Λινοπεραμάτων.

Τέλος υπό συγκεκριμένες συνθήκες χαμηλού φορτίου, η υψηλή παραγωγή από Α/Π ενδέχεται να αυξήσει την αποκοπή παραγωγής από Α.Π.Ε.. Το ενδεχόμενο αυτό θα μπορούσε να αποτραπεί αν υπήρχε η δυνατότητα αποφυγής ένταξης μονάδων παραγωγής. Η περεταίρω διερεύνηση του ενδεχομένου αυτού θα απαιτούσε και δυναμικές προσομοιώσεις γεγονός που δεν εμπίπτει στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.

8 Βιβλιογραφία

- 1 «Χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία», Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας/Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα 2005, διαθέσιμο: <http://www.gscp.gr>.
- 2 Διαθέσιμο: <http://energy.sia-partners.com>.
- 3 Αλέξανδρος Α. Κουρκούτάς «Αποτίμηση αξίας παραγωγής από Φωτοβολταϊκό Πάρκο - Εφαρμογή στο νησί της Κύθνου», Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π., Αθήνα 2009.
- 4 Σταυρακάκης Γεώργιος, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Σημειώσεις.
- 5 Cesi EuroDish solar Generator, DISPOWER Project Highlight no 8, Διαθέσιμο: www.dispower.org.
- 6 Γκοράκης Αντώνης «Μελέτη, προσομοίωση και βελτιστοποίηση λειτουργίας ηλιοθερμικού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Κεντρική Ελλάδα», Πολυτεχνείο Κρήτης.
- 7 ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε., Μηνιαία Δελτία Α.Π.Ε., διαθέσιμο: <http://www.desmie.gr/ape-sithya/miniaia-deltia-ape/>.
- 8 ΔΕΗ Ανανεώσιμες, διαθέσιμο: <http://www.ppcr.gr/Home.aspx?C=2>.
- 9 Εργασία στα μαθήματα: Τεχνολογία-Πληροφορικής Με θέμα: Εναλλακτικές Πηγές Ενέργειας, διαθέσιμο: http://lyk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2006-2007/tech_plir_A/EnalPE07.htm.
- 10 Διαθέσιμο: <http://energeiakozani.blogspot.com>.
- 11 Ζωή Ν. Βροντίση, Διπλωματική Εργασία «Τεχνοοικονομική ανάλυση της ανάπτυξης Αιολικής Ενέργειας στις διασυνδεδεμένες Κυκλάδες» Ε.Μ.Π., Αθήνα 2006.
- 12 Διαθέσιμες συνοπτικές πληροφορίες ανά Σταθμό, διαθέσιμο: <http://www.dei.gr>.
- 13 Δελτία Τύπου της Δ.Ε.Η., διαθέσιμο: <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=37304&nt=19>.
- 14 METEONORM software by Meteotest, διαθέσιμο: <http://meteonorm.com/>.
- 15 Σεμιναριακός κύκλος «Σύγχρονες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ενσωμάτωσης Α.Π.Ε. σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις», Ηράκλειο 2011, διαθέσιμο: <http://www.reetrofit.eu/content.php>.
- 16 Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, διαθέσιμο: <http://www.cres.gr>.
- 17 Ι.Ε. Φραγκιαδάκης, «Φωτοβολταϊκά Συστήματα» 3^η Έκδοση 2009, εκδόσεις ΖΗΤΗ Θεσσαλονίκη
- 18 ARTEMIS SAIKAKISDIRECTOR, SCIENCE & TECHNOLOGY PARK OF CRETE, FORTH Seminar: “Renewable Energies and Energy efficiency in European islands” La Laguna, Tenerife, Feb 11, 2011.
- 19 ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών» Α' έκδοση, Αθήνα 2010.
- 20 Emmanuel Kymakis, Chapter 9. Photovoltaic Devices based on Carbon Nanotubes and Related Structures, διαθέσιμο: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527629930.ch9/summar>
- 21 Μέλη Ομάδας Εργασίας: Μωσής Δαμανίδης, Η.Μ., Γεώργιος Κατσαρός, Δρ. Η.Μ., Ματθαίος Τόλης Η.Μ., Φώτιος Στεργιόπουλος Η.Μ., «Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων», Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας, ΤΕΕ, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη 2011.

-
- 22 B. Chowdhury, A. Sawab, “Evaluating the value of Distributed Photovoltaic Generations in Radial Distribution Systems”, IEEE Trans on Energy Conversion, Vol 11, No 3, September 1996, pp595-600
- 23 Hoff T, Shugar DS. “The value of grid-support photovoltaic’s to substation transformers”, In Proc. of the Solar’94 conference, San Jose, 1994
- 24 Νούλης Κωνσταντίνος, «Μείωση Αιχμής σε Κορεσμένους Υποσταθμούς Συνδυασμός Φωτοβολταϊκών και Μπαταριών», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Χανιά 2011
- 25 Νικόλαος Λαποκωνσταντάκης «Επίδραση Σημαντικής Εγκατεστημένης Ισχύος Φωτοβολταϊκών Σε Υποσταθμό Υψηλής/Μέσης Τάσης» Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2011
- 26 Δημήτρης Μ. Ανδρουλάκης «Μείωση Εκπομπής Ρύπων από την Εγκατάσταση Φ/Β στα Σχολικά Συγκροτήματα της Αττικής» Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π., Αθήνα 2006.
- 27 Δρ. Αλέξανδρος Ζαχαρίου «Επενδύσεις Φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα Στόχοι – Οφέλη – Εμπόδια, Συνέδριο «Ενέργεια: Σημερινή εικόνα-σχεδιασμός-προοπτικές», Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), ΤΕΕ, 8-10 Μαρτίου 2010, πηγή:
http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_zahariou.pdf
- 28 Ενεργειακές Πολιτικές των Χωρών του ΔΟΕ, Ελλάδα 2006, πηγή:
http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/greece_greek.pdf
- 29 Antonis G. Tsikalakis, Nikos D. Hatziaargyriou, Yiannis A. Katsigiannis, Pavlos S. Georgilakis, «Impact of wind power forecasting error bias on the economic operation of autonomous power systems», J.Wind Energy, Vol. 12 Issue 4, pp 315 – 331, May 2009.
- 30 Ελληνική Απογραφή 2011, διαθέσιμο:
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AE%2011> .
- 31 Asimakopoulou, G.E., Voumvoulakis, E.M.; Dimeas, A.L., Hatziaargyriou, N.D., «Impact of large-scale integration of intelligent meters to the operation of the power system of Crete», διαθέσιμο: <http://ieeexplore.ieee.org>
- 32 Αναφορά άρθρου Κ. Ιωάννη Στεφανάκη «CRETE: An ideal Case Study for Increased Wind Power Penetration in Medium Sized Autonomous Power Systems».
- 33 Ομάδα Εργασίας ΡΑΕ, ΔΕΣΜΗΕ, ΔΕΗ «Μελέτη Ανάπτυξης του Ηλεκτρικού Συστήματος της Κρήτης Διασύνδεση με το Ηπειρωτικό Σύστημα Εκτενής Περίληψη», Αθήνα 2011.
- 34 Αντιόπη Γιγαντίδου Τομεάρχης Λειτουργίας Κέντρων Ελέγχου Συστημάτων Μεταφοράς, Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών «Ηλεκτρική Ενέργεια στη Κρήτη».
- 35 Dr Emmanuel Karapidakis - Laboratory of Renewable Energy Source - TEIC Greece «Sustainable Energy Planning for Autonomous Power System of Crete».