

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΩΣ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ**

Απόστολος Δ. Παφίλης

Εξεταστική επιτροπή:

Κωνσταντίνος Καλαϊτζάκης, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Γεώργιος Σταυρακάκης, Καθηγητής

Αντώνιος Τσικαλάκης, Διδάσκων Π.Δ 407/80

Χανιά, Αύγουστος 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Κωνσταντίνου Καλαϊτζάκη, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στην ηλεκτρική ζήτηση των εγκαταστάσεων της Πολυτεχνειούπολης.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον καθηγητή κ. Γεώργιο Σταυρακάκη για την συμμετοχή του στην επιτροπή εξέτασης.

Θα ήθελα επίσης να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Αντώνη Τσικαλάκη, μέλος της εξεταστικής επιτροπής, τόσο για την καθοριστική συμβολή του ώστε να υλοποιηθεί αυτή η διπλωματική εργασία, όσο και για την υποστήριξη και την εμπιστοσύνη που έδειξε στις δυνατότητες μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών του Πολυτεχνείου Κρήτης καθώς και όλους τους υπαλλήλους αυτής για την παροχή απαραίτητων στοιχείων που αφορούν τις εγκαταστάσεις και άλλα τεχνικά θέματα της Πολυτεχνειούπολης.

Τέλος θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Δημήτρη και Βάσω, και την αδερφή μου Ελένη, για την απεριόριστη αγάπη και υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Δεν υπάρχουν λόγια να περιγράψουν την αγάπη και την ευγνωμοσύνη μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια είναι όλο και εντονότερη η τάση απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρισμού με αποτέλεσμα την δημιουργία μιας αγοράς στην οποία οι πελάτες-καταναλωτές έχουν το δικαίωμα να επιλέγουν τον προμηθευτή-παραγωγό τους, δημιουργώντας έτσι ανταγωνισμό στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο πλαίσιο της αγοράς αυτής, γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη η ανάγκη διείσδυσης των μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής – τόσο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας όσο και των μονάδων που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα – για παραγωγή ενέργειας τοπικά με σκοπό την άμεση εξυπηρέτηση των φορτίων.

Η ένταξη των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη αναβάθμισης των δικτύων, με σκοπό την συνεργασία των μεγάλων εργοστάσιων παραγωγής ενέργειας με τις τοπικές μονάδες για την αμφίδρομη ανταλλαγή ενέργειας και εξυπηρέτηση των καταναλωτών. Στο πλαίσιο αυτό γίνονται ερευνητικές προσπάθειες για την ανάπτυξη «Ευφυών δικτύων»(Smart Grids), δομές οι οποίες αποτελούν την βάση για τα μελλοντικά Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Μια τέτοια δομή αποτελεί και το Μικροδίκτυο, το οποίο είναι ένα δίκτυο χαμηλής ή μέσης τάσης στο οποίο συνδέονται μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, ελεγχόμενα φορτία και μονάδες αποθήκευσης έτσι ώστε αυτό να παρουσιάζεται στο ανάντη δίκτυο ως μια ενιαία οντότητα. Κύριο χαρακτηριστικό του μικροδικτύου είναι ότι μπορεί να λειτουργεί τόσο διασυνδεδεμένο με το ανάντη δίκτυο, όσο και απομονωμένο.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη της επίδρασης των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στην ηλεκτρική συμπεριφορά των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης. Αρχικά παρουσιάζεται μια εκτίμηση για το μέγεθος των ηλεκτρικών και θερμικών/ψυκτικών φορτίων των διαφόρων κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης. Η συνέχεια της μελέτης περιλαμβάνει την διαστασιολόγηση του μεγέθους των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής (μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας) που απαιτείται να εγκατασταθούν για κάλυψη των φορτίων αυτών. Έπειτα μελετάται η λειτουργία των προτεινόμενων προς εγκατάσταση μονάδων σε δομή μικροδικτύου, και εξάγονται συμπεράσματα που αφορούν την οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης καθώς και την συμβολή της στην μείωση του ηλεκτρικού φορτίου και την αποφυγή εκπομπής αέριων ρύπων. Για την προσομοίωση της λειτουργίας των μονάδων υλοποιήθηκε – με την χρήση του προγράμματος MATLAB – αλγόριθμος ο οποίος κάνει την ένταξη των μονάδων χρησιμοποιώντας κυρίως οικονομικά κριτήρια.

ABSTRACT

Recently, there is an intensive tendency to deregulate the energy market, thus creating a market in which costumers-consumers have the right to choose their own supplier-producer, creating -by this way- competition in the electricity sector. Under this regulated market is becoming increasingly necessary the penetration of Distributed Generation(DG) units – both Renewable Energy Sources as well as units using conventional fuels – in order to produce energy locally for immediate serving the loads.

The integration of Distributed Generation units in the electricity market, results in the need of upgrading the existing networks, in order to achieve the cooperation of large power plants with local units for exchanging energy and serving the costumers. For this purpose, research efforts are made to develop «Smart Grids», structures which are the basis for future Power Systems. Such a structure is the Microgrid, a network of low or medium voltage in which DG units, controllable loads and storage devices are interconnencted in such a way to appear as a controlled entity in the distribution grid. A microgrid can operate either interconnected or isolated from the main distribution grid.

In this thesis we study the impact of Distributed Generation in the electrical behavior of Technical University of Crete (TUC). An estimate of the size of the electrical and heating/cooling loads of the various building on the TUC campus is made as a first step. Subsequently, the dimensioning of the required DG units (Renewable Energy Sources and Cogeneration systems) is performed in order to serve such loads. The rest of the study includes the function of the proposed – for installation – units as a microgrid structure, drawing conclusions regarding the financial operation of the plant and its contribution to reducing the electrical load and avoiding emission of air pollutants. In order to simulate the operation of the installed units was implemented an algorithm, using the MATLAB program.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
Κεφάλαιο 1	18
ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	18
1.1 Διεσπαρμένη Παραγωγή	19
1.2 Συμπαράγωγή και Τρι-παραγωγή	27
1.3 Δομές ελέγχου διεσπαρμένης παραγωγής – Μικροδίκτυα και VPP	32
1.4 Δομή της Εργασίας – Παραδοχές.....	35
Κεφάλαιο 2.....	37
Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ.....	37
2.1 Το Πολυτεχνείο Κρήτης.....	37
2.2 Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης	38
2.3 Κλιματολογικά δεδομένα και δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρισμού στο Πολυτεχνείο Κρήτης.....	40
2.4 Ανάλυση ζήτησης ηλεκτρισμού σε τελικές χρήσεις	45
2.5 Κατανομή κατανάλωσης πετρελαίου	51
2.6 Συνολικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο Πολυτεχνείουπολης και καμπύλες διάρκειας θερμικού φορτίου	56
2.7 Διαστασιολόγηση Εγκατάστασης Μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής.....	68
Κεφάλαιο 3.....	77
Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ.....	77
3.1 Γενικά για την λειτουργία του Αλγορίθμου	77
3.2 Πως λειτουργεί ο αλγόριθμος ένταξης μονάδων	78
Κεφάλαιο 4.....	88
ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	88
4.1 Σενάριο Πρώτο : Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση	89
4.2 Σενάριο Δεύτερο : Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση	99
4.3 Σενάριο Τρίτο : Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση	110
4.4 Σενάριο Τέταρτο : Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση.....	116

4.5 Σενάριο Πέμπτο : Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.....	127
4.6 Σενάριο Έκτο : Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.....	139
4.7. Σενάριο Έβδομο : Διερεύνηση οφέλους από την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων ΣΗΘ που αφορούν το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας και το Ζ.Ν.Χ.	149
Κεφάλαιο 5.....	159
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	159
5.1 Βασικά Συμπεράσματα	159
5.2 Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.....	173
Αναφορές-Βιβλιογραφία	175

EΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1 Ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου για το έτος 2003.....	41
Διάγραμμα 2.2 Ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας για το έτος 2003.....	42
Διάγραμμα 2.3 Ποσοστό ηλεκτρικής κατανάλωσης της Πολυτεχνειούπολης επί της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού του Υποσταθμού Χανίων	44
Διάγραμμα 2.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο ημέρας του Ιανουαρίου.....	47
Διάγραμμα 2.5 Ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση ψύξη ανά μήνα, σε σχέση με την ανά μήνα συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού	50
Διάγραμμα 2.6 Μηνιαίο θερμικό φορτίο του λέβητα Ζ.Ν.Χ. της Φοιτητικής Λέσχης.....	53
Διάγραμμα 2.7 Κατανάλωση πετρελαίου από τον λέβητα Ζ.Ν.Χ της Φοιτητικής Λέσχης.....	53
Διάγραμμα 2.8 Μηνιαίο θερμικό φορτίο του λέβητα Ζ.Ν.Χ. της Φοιτητικής Εστίας.....	54
Διάγραμμα 2.9 Κατανάλωση πετρελαίου από τον λέβητα Ζ.Ν.Χ της Φοιτητικής Εστίας.....	54
Διάγραμμα 2.10 Θερμικό φορτίο προερχόμενο από την λειτουργία των λεβήτων θέρμανσης της Πολυτεχνειούπολης.....	55
Διάγραμμα 2.11 Θερμικό φορτίο – προερχόμενο από την καύση πετρελαίου - ανά ομάδα κτιρίων.....	56
Διάγραμμα 2.12 Κατανάλωση θερμικής/ψυκτικής ενέργειας ανά ομάδα κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης.....	57
Διάγραμμα 2.13 Ημερήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά τύπο ημέρας του μήνα Μαρτίου	59
Διάγραμμα 2.14 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών.....	60
Διάγραμμα 2.15 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών	60
Διάγραμμα 2.16 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ.....	61
Διάγραμμα 2.17 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ	62
Διάγραμμα 2.18 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ.....	63
Διάγραμμα 2.19 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ	63
Διάγραμμα 2.20 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΑ.....	64
Διάγραμμα 2.21 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΑ	65
Διάγραμμα 2.22 Καμπύλη θερμικού φορτίου του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας	66
Διάγραμμα 2.23 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας....	66
Διάγραμμα 2.24 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου Επιστημών από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ.....	70
Διάγραμμα 2.25 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΠΕΡ από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ.....	72
Διάγραμμα 2.26 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΧΟΠ από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ.....	73
Διάγραμμα 2.27 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΠΑ από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ.....	74
Διάγραμμα 2.28 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ.....	75
Διάγραμμα 2.29 Καμπύλη διάρκειας φορτίου για τους λέβητες ΖΝΧ	75
Διάγραμμα 3.1 Λογικό διάγραμμα συνάρτησης lagrange	83
Διάγραμμα 3.2 Λογικό διάγραμμα αλγορίθμου	85

Διάγραμμα 3.3 Διάγραμμα που εκτυπώνεται από το πρόγραμμα και απεικονίζει την αρχική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας – για μια ημέρα - και την κατανομή αυτής στην ζήτηση ενέργειας για κλιματισμό ανά κτίριο.....	86
Διάγραμμα 3.4 Διάγραμμα που εκτυπώνεται από το πρόγραμμα και απεικονίζει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας – για μια ημέρα – πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	87
Διάγραμμα 4.1 Καμπύλη διάρκειας της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Πολυτεχνείου Κρήτης	89
Διάγραμμα 4.2 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με μέση ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ.....	89
Διάγραμμα 4.3 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Ιουνίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ	91
Διάγραμμα 4.4 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας για μια Κυριακή του Ιουνίου – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ.....	92
Διάγραμμα 4.5 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Μαΐου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ	93
Διάγραμμα 4.6 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική ζήτηση των Σαββατοκύριακων του Μαΐου.....	94
Διάγραμμα 4.7 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας	95
Διάγραμμα 4.8 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση	95
Διάγραμμα 4.9 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής.....	96
Διάγραμμα 4.10 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση.....	98
Διάγραμμα 4.11 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με μέση κατανάλωση.....	98
Διάγραμμα 4.12 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ.....	99
Διάγραμμα 4.13 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ.....	100
Διάγραμμα 4.14 Ποσοστό μείωσης κόστους αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για τον μήνα Φεβρουάριο, για τις περιπτώσεις διείσδυσης της τυπικής και υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ ...	101
Διάγραμμα 4.15 Ποσοστό μείωσης εκπομπών CO ₂ για τον μήνα Φεβρουάριο, για τις περιπτώσεις διείσδυσης της τυπικής και υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ	101
Διάγραμμα 4.16 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Ιουνίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ.....	102

Διάγραμμα 4.17 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας μιας Κυριακής – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Μαΐου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ.....	104
Διάγραμμα 4.18 Ποσοστό μείωσης κόστους αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Μάιο, για τα διάφορα σενάρια παραγωγής των ΑΠΕ	104
Διάγραμμα 4.19 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Σεπτεμβρίου πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ.....	105
Διάγραμμα 4.20 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των διαφόρων ημερών του Σεπτεμβρίου	106
Διάγραμμα 4.21 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας του Σεπτεμβρίου, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής.....	106
Διάγραμμα 4.22 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας	107
Διάγραμμα 4.23 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής.....	107
Διάγραμμα 4.24 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση	108
Διάγραμμα 4.25 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με υψηλή κατανάλωση	109
Διάγραμμα 4.26 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ	109
Διάγραμμα 4.27 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Δεκεμβρίου πριν και μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ.....	110
Διάγραμμα 4.28 Ποσοστό διείσδυσης της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας	111
Διάγραμμα 4.29 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Μαΐου πριν και μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ	112
Διάγραμμα 4.30 Ποσοστιαίο οικονομικό όφελος από την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου.....	112
Διάγραμμα 4.31 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής.....	113
Διάγραμμα 4.32 Ποσά περίσσειας ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.....	114
Διάγραμμα 4.33 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.....	114
Διάγραμμα 4.34 Μέγιστη περίσσεια ισχύος - ανά ώρα - από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση	115
Διάγραμμα 4.35 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με χαμηλή κατανάλωση.....	115
Διάγραμμα 4.36 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με μέση ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Μαρτίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ ...	116

Διάγραμμα 4.37 Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με μέση ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Ιουλίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	118
Διάγραμμα 4.38 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας.....	120
Διάγραμμα 4.39 Κατανάλωση πετρελαίου τις καθημερινές ημέρες του έτους με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, πριν και μετά την εγκατάσταση των μονάδων ΣΗΘ	121
Διάγραμμα 4.40 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ	121
Διάγραμμα 4.41 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγωγής ενέργειας.	123
Διάγραμμα 4.42 Κατώτερες τιμές πώλησης περίσσειας ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο ώστε να υπάρχει οικονομικό όφελος για την εγκατάσταση	123
Διάγραμμα 4.43 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση -, πριν και μετά την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ, θεωρώντας τιμές πώλησης της ενέργειας τις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία.....	125
Διάγραμμα 4.44 Ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας όπως προκύπτουν από το APX για το έτος 2003.....	126
Διάγραμμα 4.45 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση - πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, κάνοντας χρήση ακραίων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	126
Διάγραμμα 4.46 Οικονομικό όφελος από την πώληση της περίσσειας ενέργειας, υποθέτοντας ακραίες τιμές πώλησης.....	127
Διάγραμμα 4.47 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Μαρτίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ	128
Διάγραμμα 4.48 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Ιουλίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ	130
Διάγραμμα 4.49 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας διάφορα σενάρια παραγωγής από τα ΑΠΕ	132
Διάγραμμα 4.50 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας.....	133
Διάγραμμα 4.51 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	133
Διάγραμμα 4.52 Κατανάλωση πετρελαίου τις καθημερινές ημέρες του έτους με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, πριν και μετά την εγκατάσταση των μονάδων ΣΗΘ.....	134
Διάγραμμα 4.53 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ	134
Διάγραμμα 4.54 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγωγής ενέργειας	136

Διάγραμμα 4.55 Κατώτερες τιμές πώλησης περίσσειας ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο – σε περίοδο υψηλής κατανάλωσης - ώστε να υπάρχει οικονομικό όφελος για την εγκατάσταση	136
Διάγραμμα 4.56 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ, θεωρώντας τιμές πώλησης της ενέργειας τις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία.....	137
Διάγραμμα 4.57 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, κάνοντας χρήση ακραίων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	138
Διάγραμμα 4.58 Οικονομικό όφελος από την πώληση της περίσσειας ενέργειας, υποθέτοντας ακραίες τιμές πώλησης.....	139
Διάγραμμα 4.59 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Μαρτίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ	140
Διάγραμμα 4.60 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Ιουλίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ	141
Διάγραμμα 4.61 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Σεπτεμβρίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ	143
Διάγραμμα 4.62 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας.....	144
Διάγραμμα 4.63 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας διάφορα σενάρια παραγωγής	145
Διάγραμμα 4.64 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ	145
Διάγραμμα 4.65 Ποσά περίσσειας ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση	146
Διάγραμμα 4.66 Μέγιστη περίσσεια ισχύος - ανά ώρα - από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.....	146
Διάγραμμα 4.67 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγωγής ενέργειας	147
Διάγραμμα 4.68 Κόστος λειτουργίας τις καθημερινές ημέρες του έτους – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ, θεωρώντας τιμές πώλησης της ενέργειας τις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία.....	147
Διάγραμμα 4.69 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, κάνοντας χρήση ακραίων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	148
Διάγραμμα 4.70 Οικονομικό όφελος από την πώληση της περίσσειας ενέργειας, υποθέτοντας ακραίες τιμές πώλησης.....	149
Διάγραμμα 4.71 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ	150

Διάγραμμα 4.72 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Ιουνίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ ...	152
Διάγραμμα 4.73 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση.....	153
Διάγραμμα 4.74 Σύγκριση οφέλους της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, με την διείσδυση μόνο των μονάδων ΑΠΕ.....	155
Διάγραμμα 4.75 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση	156
Διάγραμμα 4.76 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ).....	156
Διάγραμμα 4.77 Σύγκριση οφέλους της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας - για τις καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση -, με την περίπτωση διείσδυσης μόνο των μονάδων ΑΠΕ.....	157
Διάγραμμα 4.78 Σύγκριση οφέλους από την μείωση της αιχμής λόγω της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας - για τις καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση -, με την περίπτωση διείσδυσης μόνο των μονάδων ΑΠΕ	157
Διάγραμμα 5.1 Ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη επί της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού	160
Διάγραμμα 5.2 Μείωση εκπομπών λόγω της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική ζήτηση των καθημερινών ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση	161
Διάγραμμα 5.3 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ	162
Διάγραμμα 5.4 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.....	163
Διάγραμμα 5.5 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση	164
Διάγραμμα 5.6 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	165
Διάγραμμα 5.7 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στις καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	165
Διάγραμμα 5.8 Διάγραμμα που απεικονίζει την αρχική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας – για μια ημέρα - και την κατανομή αυτής στην ζήτηση ενέργειας για κλιματισμό ανά κτίριο	166
Διάγραμμα 5.9 Ζήτηση αιχμής της Πολυτεχνειούπολης πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	166
Διάγραμμα 5.10 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους –με μέση ηλεκτρική κατανάλωση -πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ	167
Διάγραμμα 5.11 Ποσά περίσσειας ενέργειας καθημερινών ημερών του έτους, ανάλογα με την ημερήσια κατανάλωση και το μέγεθος της παραγωγής	168

Διάγραμμα 5.12 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση	169
Διάγραμμα 5.13 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στις καθημερινές ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	170
Διάγραμμα 5.14 Ποσά περίσσειας ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση	170
Διάγραμμα 5.15 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση	171
Διάγραμμα 5.16 Σύγκριση οφέλους της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, με την διείσδυση μόνο των μονάδων ΑΠΕ.....	172

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1 Προσεγγιστικά στοιχεία για την επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα κτίρια του Π.Κ.	38
Πίνακας 2-2 Χαρακτηριστικά των λεβήτων θέρμανσης που βρίσκονται εγκατεστημένοι στους χώρους του Π.Κ.	38
Πίνακας 2-3 Ψυκτική/Θερμική ισχύς κλιματιστικών ομάδων ανά ομάδα κτιρίων	39
Πίνακας 2-4 Πίνακας ημερών κατά τις οποίες το Πολυτεχνείο δεν λειτουργεί	40
Πίνακας 2-5 Μέση μηνιαία θερμοκρασία στην περιοχή όπου βρίσκεται εγκατεστημένη η Πολυτεχνειούπολη	41
Πίνακας 2-6 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου	41
Πίνακας 2-7 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή όπου βρίσκεται το Π.Κ.	42
Πίνακας 2-8 Βαθμοήμερες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης	43
Πίνακας 2-9 Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την Πολυτεχνειούπολη(στοιχεία για το έτος 2010)	44
Πίνακας 2-10 Εκπεμπόμενοι ρύποι από την καύση πετρελαίου σε λέβητες θέρμανσης	45
Πίνακας 2-11 Ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο ημέρας του μήνα Ιανουαρίου	46
Πίνακας 2-12 Ηλεκτρική ισχύς κλιματιστικών μονάδων	48
Πίνακας 2-13 Συντελεστής χρησιμοποίησης κλιματιστικών μονάδων	49
Πίνακας 2-14 Ώρες λειτουργίας και εκτιμώμενο μέγεθος μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης για κλιματισμό	50
Πίνακας 2-15 Εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρισμού για θέρμανση/ψύξη ανά ομάδα κτιρίων	51
Πίνακας 2-16 Εκτιμώμενο θερμικό/ψυκτικό φορτίο – προερχόμενο από ηλεκτρισμό – ανά ομάδα κτιρίων	51
Πίνακας 2-17 Μέση θερμοκρασία νερού δικτύου (θ_C)	52
Πίνακας 2-18 Κατανάλωση πετρελαίου και θερμικό φορτίο που προκύπτει από την καύση αυτού	55
Πίνακας 2-19 Σύνολο καταναλισκόμενης θερμικής/ψυκτικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης	57
Πίνακας 2-20 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο Επιστημών	61
Πίνακας 2-21 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ	62
Πίνακας 2-22 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ	64
Πίνακας 2-23 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ	65
Πίνακας 2-24 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας	67
Πίνακας 2-25 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο Επιστημών	70
Πίνακας 2-26 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΗΠΕΡ	71
Πίνακας 2-27 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΗΧΟΠ	72
Πίνακας 2-28 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΠΔ	73
Πίνακας 2-29 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας	74
Πίνακας 2-30 Χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για παραγωγή Ζ.Ν.Χ.	76

Πίνακας 2-31 Τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων για εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ ...	76
Πίνακας 3-1 Μορφή του πίνακα Process_Timeseries.....	79
Πίνακας 3-2 Συγκεντρωμένα τα χαρακτηριστικά των μονάδων ΣΗΘ που χρησιμοποιούνται.....	80
Πίνακας 3-3 Εκπεμπόμενοι ρύποι από τις μονάδες ΣΗΘ ανά kWh που παράγεται	80
Πίνακας 3-4 Στιγμιότυπο του πίνακα που δημιουργείται «ιδεατά» από την συνάρτηση lagrange	82
Πίνακας 4-1 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου	90
Πίνακας 4-2 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Φεβρουαρίου.....	90
Πίνακας 4-3 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Φεβρουαρίου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ.....	90
Πίνακας 4-4 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου	91
Πίνακας 4-5 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Ιουνίου	92
Πίνακας 4-6 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουνίου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ.....	92
Πίνακας 4-7 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου.....	93
Πίνακας 4-8 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Μαΐου.....	94
Πίνακας 4-9 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαΐου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ.....	94
Πίνακας 4-10 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ.....	97
Πίνακας 4-11 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου.....	99
Πίνακας 4-12 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου.....	100
Πίνακας 4-13 Οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον Φεβρουάριο...	101
Πίνακας 4-14 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου	102
Πίνακας 4-15 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Ιουνίου	103
Πίνακας 4-16 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον Ιούνιο	103
Πίνακας 4-17 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουνίου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ.....	103
Πίνακας 4-18 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου.....	103
Πίνακας 4-19 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Σεπτεμβρίου.....	105
Πίνακας 4-20 Οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον Σεπτέμβριο, λόγω της διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ	105

Πίνακας 4-21 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ.....	108
Πίνακας 4-22 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Δεκεμβρίου.....	111
Πίνακας 4-23 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου	111
Πίνακας 4-24 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαΐου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ.....	113
Πίνακας 4-25 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	117
Πίνακας 4-26 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου.....	117
Πίνακας 4-27 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαρτίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	118
Πίνακας 4-28 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ.	119
Πίνακας 4-29 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου.....	119
Πίνακας 4-30 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουλίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	120
Πίνακας 4-31 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	122
Πίνακας 4-32 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	128
Πίνακας 4-33 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα Μάρτιο.....	129
Πίνακας 4-34 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου	129
Πίνακας 4-35 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαρτίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	130
Πίνακας 4-36 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου , υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	130
Πίνακας 4-37 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου	131
Πίνακας 4-38 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα Ιούλιο.....	131

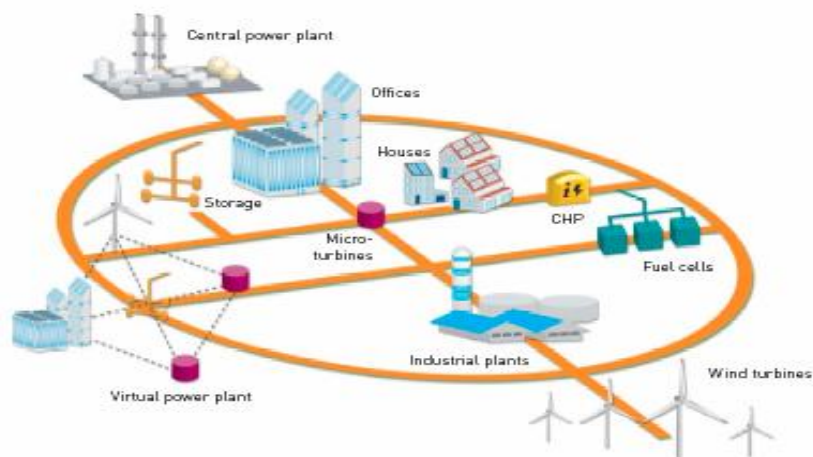
Πίνακας 4-39 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουλίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	131
Πίνακας 4-40 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα Φεβρουαρίου	132
Πίνακας 4-41 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	135
Πίνακας 4-42 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου , υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	140
Πίνακας 4-43 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου.....	141
Πίνακας 4-44 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαρτίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	141
Πίνακας 4-45 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου , υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ	142
Πίνακας 4-46 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου.....	142
Πίνακας 4-47 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουλίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.....	142
Πίνακας 4-48 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Σεπτεμβρίου.....	143
Πίνακας 4-49 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX) στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου	150
Πίνακας 4-50 Οικονομικά δεδομένα από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ZNX) για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου.....	151
Πίνακας 4-51 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Φεβρουαρίου – εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX).....	151
Πίνακας 4-52 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX) στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου	152
Πίνακας 4-53 Οικονομικά δεδομένα από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ZNX) για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου	152
Πίνακας 4-54 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουνίου– εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX)	153
Πίνακας 4-55 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX).....	154

Πίνακας 5-1 Μέγιστες ποσότητες περίσσειας παραγωγής ενέργειας	173
---	-----

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Στις μέρες μας, η ανάγκη για αξιοποίηση των τοπικών πηγών παραγωγής και βελτίωση της αποδοτικότητας των δικτύων και της παραγωγής με την βοήθεια της συμπαραγωγής, είναι μερικοί μόνο από τους λόγους που έχουν συνεισφέρει στην ανάπτυξη της τοπικής παραγωγής κοντά στα κέντρα κατανάλωσης παράλληλα με την απομακρυσμένη παραγωγή και την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την αναδόμηση που παρατηρείται στη δομή και την λειτουργία των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας και κυρίως των Δικτύων διανομής, η εκτίμηση της επιστημονικής κοινότητας όπως παρουσιάζεται στην πλατφόρμα των «Ευφυών Δικτύων», (Smart Grids) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής[1] είναι ότι η τρέχουσα δομή των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας έχει εξυπηρετήσει τις ανάγκες για ηλεκτρισμό ικανοποιητικά, αλλά θα είναι ανεπαρκής στο μέλλον. Τότε τα δίκτυα θα πρέπει να μπορούν να διασφαλίζουν την ασφαλή και βιώσιμη παροχή ηλεκτρισμού στην Ευρώπη, αξιοποιώντας τις νέες τεχνολογίες και με συμμόρφωση στις επιταγές των νέων πολιτικών και το ευμετάβλητο επιχειρησιακό περιβάλλον για την δομή των νέων δικτύων. Το όραμα αυτό για την νέα δομή των δικτύων παρουσιάζεται στην εικόνα 1.1. Σε αυτήν φαίνεται ότι θα εξακολουθούν να υπάρχουν μεγάλα συγκροτήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και τώρα και μεγάλα αιολικά πάρκα τα οποία θα τροφοδοτούν τους καταναλωτές όπως και στις μέρες μας. Η αλλαγή έγκειται στο γεγονός ότι αυτές οι κεντρικές μονάδες παραγωγής θα συνεργάζονται με τις τοπικές μονάδες παραγωγής οι οποίες μπορούν να ικανοποιούν τη θερμική και ηλεκτρική ζήτηση ανταλλάσσοντας, όποτε είναι δυνατόν, ενέργεια με το ανάντη δίκτυο, είτε μεταφέροντας περίσσεια θερμικής ενέργειας σε όμορους καταναλωτές διαφορετικών τύπων, οικιακών, εμπορικών και βιομηχανικών. Συνάμα κάποιες από τις μονάδες τοπικής παραγωγής μπορούν να συνεργάζονται μεταξύ τους ώστε να αποτελούν ένα ιδεατό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Virtual Power Plant), το οποίο αν και θα διαθέτει διαφορετικού τύπου μονάδες παραγωγής θα μπορεί να συμπεριφέρεται ως μια οντότητα απέναντι στο ανάντη ευρισκόμενο δίκτυο.



Εικόνα 1.1 Το όραμα της Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Ευφυών Δικτύων για τα δίκτυα του μέλλοντος

1.1 Διεσπαρμένη Παραγωγή

1.1.1 Ορισμός

Σύμφωνα με την IEEE η διεσπαρμένη παραγωγή είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες παραγωγής σημαντικά μικρότερες σε ισχύ από τις μονάδες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να είναι εφικτή η σύνδεσή τους σχεδόν σε κάθε σημείο ενός ΣΗΕ. Σύμφωνα με άλλους ορισμούς, μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής θεωρούνται οι σχετικά μικρές σε ισχύ μονάδες, οι οποίες μπορούν να παρέχουν ισχύ σε ένα σπίτι ή μια επιχείρηση, χρησιμοποιώντας είτε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε καύσιμα όπως το φυσικό αέριο ή το ελαφρύ πετρέλαιο Diesel.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της διεσπαρμένης παραγωγής συνοψίζονται στα εξής στοιχεία :

- α) Όχι κεντρικά σχεδιαζόμενη και αναπτυσσόμενη παραγωγή (από την εταιρία ηλεκτρισμού ή κάποιον άλλον διαχειριστή)
- β) Δεν υπάρχει κεντρικός προγραμματισμός λειτουργίας των μονάδων από τον διαχειριστή του συστήματος.
- γ) Η ισχύς των μονάδων που εγκαθίστανται δεν υπερβαίνει τα 50-100MW αλλά συνήθως είναι της τάξης λίγων εκατοντάδων kW.
- δ) Είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο Διανομής ανάλογα με το πώς ορίζεται για κάθε υπό μελέτη σύστημα.

Οι λόγοι που οδηγούν στην εγκατάσταση διεσπαρμένης παραγωγής αντικατοπτρίζοντας και τα πιθανά οφέλη τόσο για τους ιδιοκτήτες τους όσο και για το συνδεδεμένο σύστημα συνοψίζονται στους παρακάτω άξονες :

- α) Η ύπαρξη εγκατεστημένης ισχύος για παροχή εφεδρείας σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας ή και για ψαλιδισμό αιχμών του καταναλωτή και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με τα αντίστοιχα οικονομικά οφέλη.
- β) Η ανάγκη για αυξημένη αξιοπιστία και βελτίωση της παρεχόμενης ποιότητας ισχύος σε τοπικό επίπεδο είναι ικανή να οδηγήσει στην απόφαση εγκατάστασης μιας τοπικής μονάδας.

γ)Ως εναλλακτική μέθοδος της επέκτασης του δικτύου και μείωσης των απωλειών του καθώς το απαιτούμενο φορτίο εξυπηρετείται τοπικά.

δ)Βελτίωση του συντελεστή χρησιμοποίησης των δικτύων δεδομένου ότι πλέον περιορίζονται οι απαιτήσεις για την υπέρ-διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων για την αντιμετώπιση μικρών σε διάρκεια αιχμών.

ε)Υποστήριξη δικτύου με βοηθητικές υπηρεσίες όπως i)η παροχή έργου ισχύος και υποστήριξης τάσης ii)η παροχή παραγωγής με γρήγορη απόκριση για αποφυγή διακοπής και κατανάλωσης και iii)δυνατότητα επανεκκίνησης μετά από διακοπή. Αυτές οι βοηθητικές υπηρεσίες μπορεί να παρέχονται κάθε μια χωριστά ή περισσότερες από μια ταυτόχρονα.

στ)Η εκμετάλλευση Συνδυασμένης Παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού η οποία γίνεται σε τοπικό επίπεδο.

ζ)Ο μικρός χρόνος εγκατάστασης των μονάδων και τα χαμηλά αρχικά κόστη κεφαλαίου που απαιτούνται σε σχέση με την κατασκευή μεγάλων σταθμών παραγωγής.

η)Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων ειδικά αν χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και επειδή χρησιμοποιούνται περισσότερο εξευγενισμένα καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο. Συνάμα η εκμετάλλευση της συμπαραγωγής που αυξάνει την αποδοτικότητα της πρωτογενούς ενέργειας μπορεί να συμβάλλει στον σκοπό αυτό.

Παρά τους παραπάνω λόγους, υπάρχουν διάφορα πιθανά προβλήματα από την περαιτέρω διεύρυνση της εγκατάστασης διεσπαρμένης παραγωγής στα δίκτυα διανομής τα οποία συνοψίζονται ως εξής :

α)Το απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο για την εγκατάσταση της Διεσπαρμένης παραγωγής είναι σχετικά μικρό, λόγω του μικρού μεγέθους, αλλά είναι σημαντικό το υψηλό αρχικό οικονομικό κόστος ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος.

β)Όχι σπάνια, περιορισμός των επιλογών των καυσίμων σε περισσότερο εξευγενισμένα καύσιμα από το πετρέλαιο, προκειμένου να περιορίζεται η όχληση σε τοπικό επίπεδο. Τέτοιου είδους καύσιμα ενδέχεται να απαιτούν επέκταση δικτύων μεταφοράς ή απλά να μην είναι διαθέσιμα στην περιοχή εγκατάστασης.

γ)Τεχνικά ζητήματα και προκλήσεις από την σύνδεση των πηγών αυτών στο δίκτυο διανομής και την αλλαγή της ροής ισχύος σε αυτό, όπως

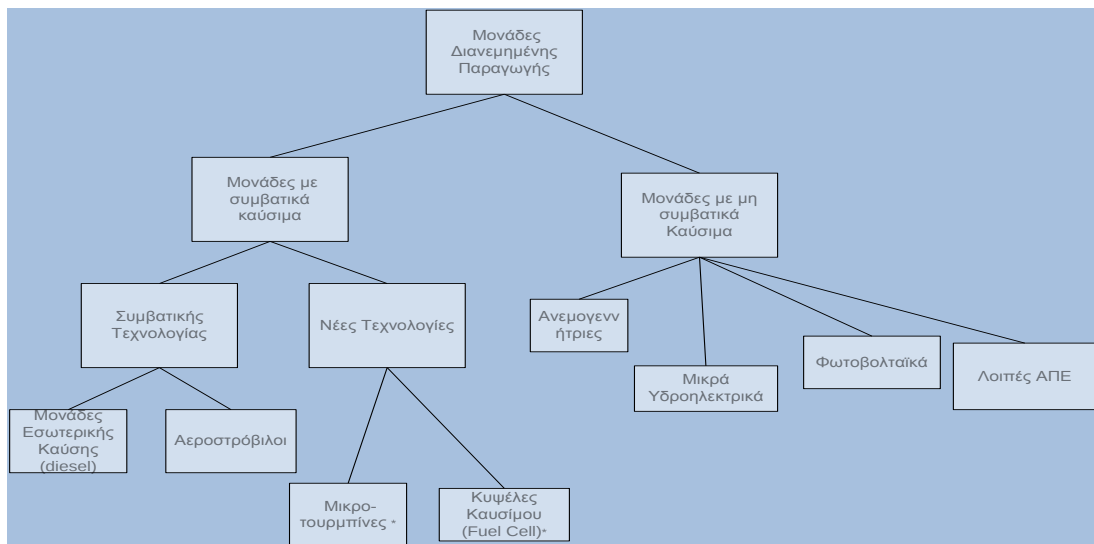
- η μεταβολή των μεθόδων προστασίας του δικτύου που στα περισσότερα σημερινά δίκτυα διανομής προβλέπει την μονόδρομη παροχή ισχύος
- αναγκαιότητα για μείωση των εκπεμπόμενων αρμονικών ρεύματος και τάσης εξαιτίας του σημαντικού αριθμού εγκαταστάσεων μετατροπών ηλεκτρονικών ισχύος
- η μεταβολή των χαρακτηριστικών των βραχυκυκλωμάτων του δικτύου και η δημιουργία υπερτάσεων και υποτάσεων κατά την είσοδο και έξοδο των μονάδων
- η επίδραση στην υποδομή παροχής φυσικού αερίου σε περίπτωση μεγάλης επέκτασης της Διεσπαρμένης παραγωγής

δ)Θέματα ρυθμιστικά για την αγορά ενέργειας όταν περιλαμβάνεται διεσπαρμένη παραγωγή, όπως

- η αποζημίωση όχι μόνο της παρεχόμενης ενέργειας από τις τοπικές μονάδες αλλά και η αποζημίωση για τις βοηθητικές υπηρεσίες που οι μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής προσφέρουν
- ο σχεδιασμός, εγκατάσταση και ιδιοκτησία μιας Διεσπαρμένης ενεργειακής πηγής
- η οργάνωση πολλών πηγών και καταναλώσεων σε δομή Μικροδικτύου
- το ποσοστό επιδότησης αν χρειάζεται για την μεγαλύτερη διάχυση τέτοιων πηγών στα σύγχρονα ΣΗΕ

1.1.2 Τεχνολογίες μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής

Οι κυριότερες τεχνολογίες μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής δίνονται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα. Είναι φανερό ότι μπορούν να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες ομάδες, στις μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά και μη ανανεώσιμα καύσιμα και στις μονάδες οι οποίες χρησιμοποιούν ανανεώσιμα καύσιμα (πχ βιομάζα) ή απλά μετατρέπουν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 1.2 Τεχνολογίες μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής

1.1.2.1 Μονάδες με συμβατικά καύσιμα

Για τις μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής με συμβατικά καύσιμα, το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι το φυσικό αέριο, όπου είναι διαθέσιμο, ή πετρέλαιο diesel. Για διαφορετικό καύσιμο, άνθρακα, λιγνίτη ή πυρηνική ενέργεια τα μεγέθη εγκατάστασης είναι πολύ μεγαλύτερα, επομένως τέτοιου είδους μονάδες δεν εμπίπτουν στην διεσπαρμένη παραγωγή.

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι παλινδρομικές μηχανές με κύριο εκπρόσωπο τις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.), οι αεροστροβιλικές μονάδες, οι μικρό-τουρμπίνες, οι ατμολέβητες και οι κυψέλες καυσίμου. Μικροί ατμοστροβίλοι κυρίως από τοπικές μονάδες συμπαραγωγής και μικροί αεριοστροβίλοι επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά η διεξόδυσή τους αναμένεται να είναι σημαντικά μικρότερη.

Οι μονάδες που καταναλώνουν συμβατικά καύσιμα μπορούν να διακριθούν σε Συμβατικής Τεχνολογίας και Νέων τεχνολογιών. Στις μονάδες Νέων τεχνολογιών, οι οποίες ονομάζονται έτσι επειδή χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία, το καύσιμο είναι στις περισσότερες περιπτώσεις το φυσικό αέριο.

Όσον αφορά την κατανάλωση καυσίμου από τις μονάδες αυτές αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά δεδομένα :

α)τύπος καυσίμου

β)κόστους καυσίμου (χρηματικές μονάδες/lit)

γ)καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου(lit/h) η οποία συνήθως ακολουθεί την παρακάτω τετραγωνική μορφή

$$sq_coeff * P^2 + lin_coeff * P + const_coeff$$

όπου sq_coeff τετραγωνική παράμετρος κόστους (lit/kWh²)

lin_coeff γραμμική παράμετρος κόστους (lit/kWh)

$const_coeff$ σταθερός όρος κόστους

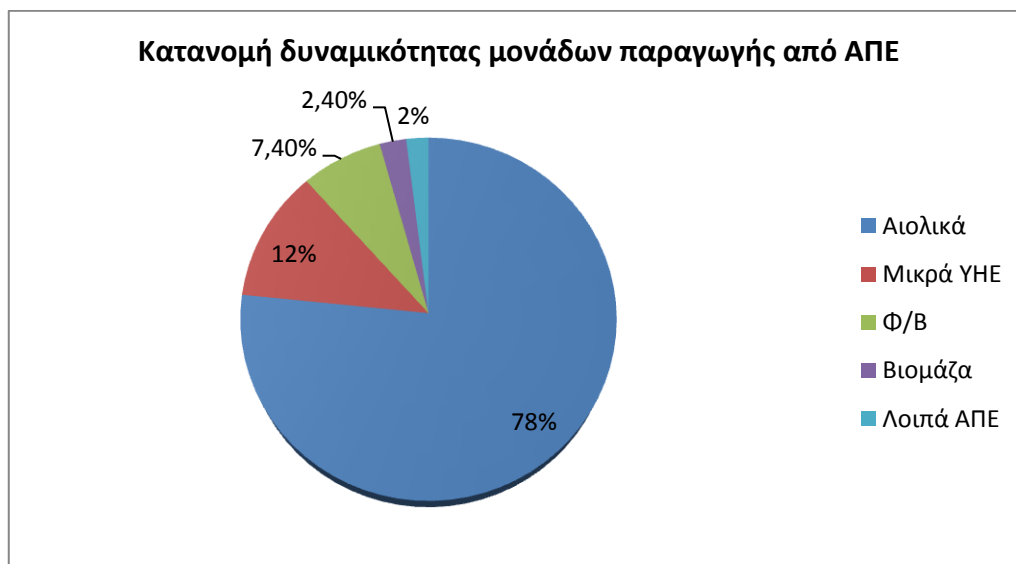
P παραγόμενη ισχύς από την μονάδα(kW)

Προκειμένου να εξαχθεί η καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου, αν δεν είναι πλήρως διαθέσιμη, απαιτούνται τουλάχιστον δεδομένα από την ειδική κατανάλωση της μονάδας για διαφορετικά σημεία λειτουργίας, ώστε με μαθηματικές μεθόδους να υπολογιστούν οι σχετικές παράμετροι.

Για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μονάδων που καταναλώνουν κάποιο από τα συμβατικά καύσιμα, χρειάζονται δεδομένα κυρίως για τους ρύπους CO_2, NO_x, SO_x και σωματίδια, υπό την μορφή kg/kWh ή στην μορφή kg/kg καυσίμου που καταναλώνεται.

1.1.2.2 Αιολική ενέργεια και Ανεμογεννήτριες

Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις πλέον διαδεδομένες «καθαρές» πηγές ενέργειας, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην χώρα μας η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων αυτή την στιγμή ανέρχεται στα 1300MW, αποτελώντας το 78% των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα ΑΠΕ.[2]



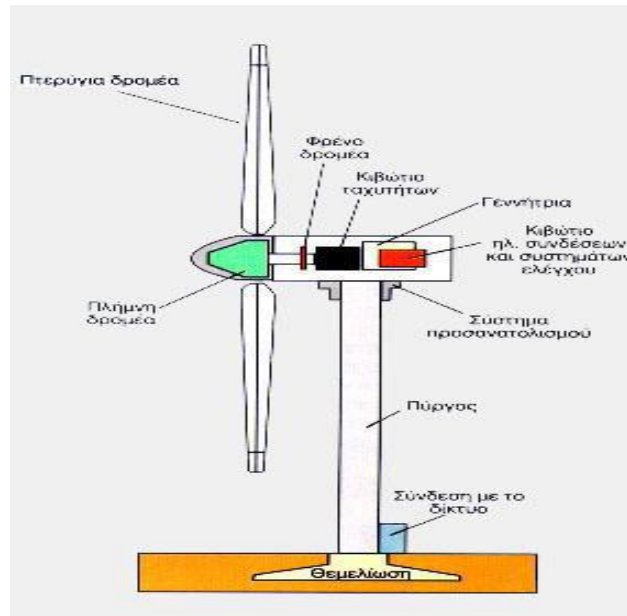
Εικόνα 1.3 Κατανομή δυναμικότητας μονάδων παραγωγής από ΑΠΕ

Η σημαντική συμβολή της αιολικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως, έχει οδηγήσει στην ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας γύρω από τις ανεμογεννήτριες, εκτοξεύοντας το μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύς αυτών σε μεγέθη που φτάνουν τα 5MW.

Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες

- Οριζόντιου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι ελικοειδής και βρίσκεται παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου
- Κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος με την επιφάνεια του εδάφους

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, συνήθως με δύο ή τρία περύγια, είναι και ο πιο διαδεδομένος τύπος ανεμογεννήτριας που κυκλοφορεί αυτή την στιγμή. Τα μέρη μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

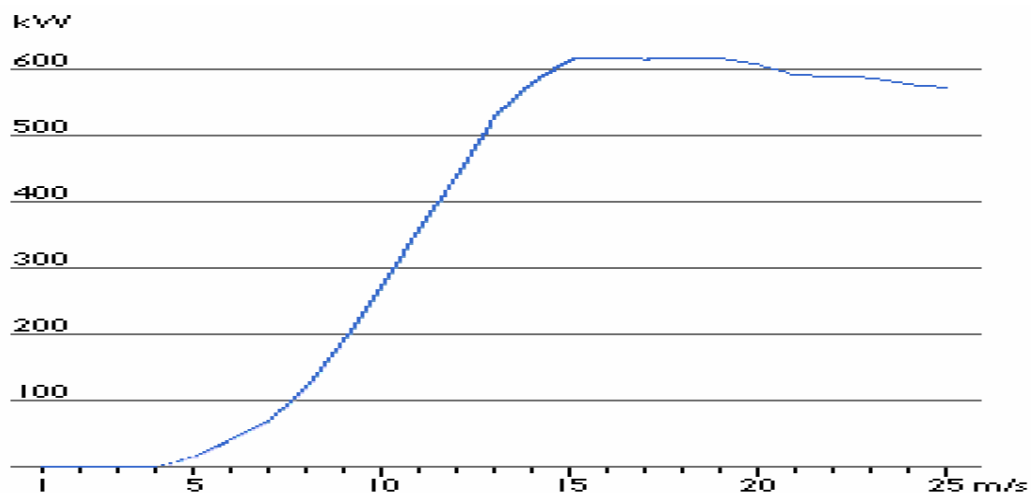


Εικόνα 1.4 Δομή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Η επιλογή της κατάλληλης ανεμογεννήτριας γίνεται με γνώμονα τρία βασικά στοιχεία :

- α) την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών
- β) την εκτίμηση των διαστάσεων της αιολικής μηχανής
- γ) την ισχύ της αιολικής μηχανής

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της και από την ταχύτητα του ανέμου. Η παρακάτω εικόνα δείνει πως μεταβάλλεται η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς, μιας Α/Γ ισχύος 600kW, για διάφορες τιμές ταχύτητας του ανέμου.

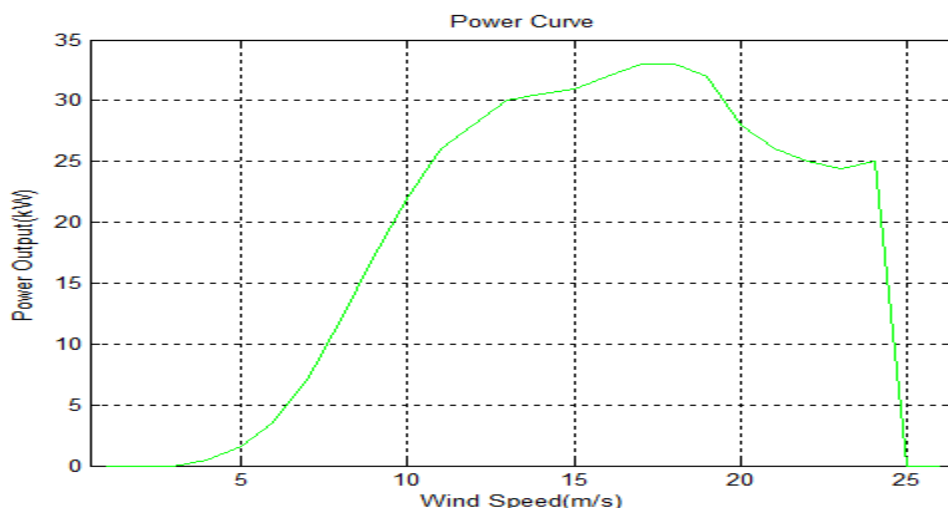


Εικόνα 1.5 Καμπύλη ισχύος μια Α/Γ με εγκατεστημένη ισχύ 600kW

Το κόστος εγκατάστασης Α/Γ είναι κυμαίνεται μεταξύ 900-1300€/kW αλλά για Α/Γ ισχύος μικρότερης των 100kW μπορεί να φτάσει τα 2500€/kW.

1.1.2.2.1 Μικρές Ανεμογεννήτριες

Σε αντίθεση με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που κατά κανόνα συναντώνται σε αιολικά πάρκα, οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι απλουστευμένα συστήματα μικρού μεγέθους που κάνουν προσιτή την ηλεκτρική παραγωγή, τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη της αιολικής παραγωγής στο ευρύτερο κοινό. Τα μεγέθη τους ποικίλουν, ξεκινώντας από οικιακής εγκατάστασης Α/Γ με διάμετρο μικρότερης του ενός μέτρου και ισχύος μικρότερης του ενός kW, μέχρι Α/Γ διαμέτρου 20 μέτρων και ισχύος 50kW.



Εικόνα 1.6 Καμπύλη ισχύος-ταχύτητας για τυπική μικρή Α/Γ

Στον νέο νόμο για τις ΑΠΕ που βρίσκεται σε ισχύ από τον Ιούνιο του 2010, γίνεται για πρώτη φορά ειδική μνεία για την κατηγορία των μικρών ανεμογεννητριών. Σύμφωνα λοιπόν με τον νόμο 3851/2010[3] για τις ανεμογεννήτριες ισχύος 50kW προβλέπεται ειδική επιδοτούμενη τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που αγγίζει σχεδόν την τριπλάσια τιμή σε σχέση με τα μεγάλα αιολικά και πιο συγκεκριμένα τα 250€/MWh. Επιπλέον προβλέπεται μια απλουστευμένη αδειοδοτική διαδικασία καθώς εξαιρούνται από την απαίτηση για λήψη άδειας παραγωγής, λειτουργίας και εγκατάστασης, μια διαδικασία σύνθετη και χρονοβόρα που είναι υποχρεωτική για τις μεγάλες εγκαταστάσεις ΑΠΕ.

Ενδεικτικά, αξίζει να αναφέρουμε ότι μια μικρή Α/Γ της τάξης των 50kW είναι ικανή να παράγει ενέργεια που αντιστοιχεί σε Φ/Β συστήματα της τάξης των 100-120kW.

1.1.2.3 Ηλιακή ενέργεια και Φωτοβολταικά Συστήματα

Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από τον ήλιο, ο οποίος αποτελεί την πλέον πλούσια και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας. Από την συνολική ηλιακή ενέργεια που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας, μόνο το 47% φτάνει μέχρι την επιφάνεια της γης.

Η ηλιακή ενέργεια έχει τόσο θερμικές όσο και φωτοβολταικές εφαρμογές. Η πρώτη εφαρμογή συνίσταται στην συλλογή της ηλιακής ενέργειας, με χρήση ηλιακών συλλεκτών, για την παραγωγή θερμότητας και κυρίως για την θέρμανση του νερού. Στην δεύτερη εφαρμογή, η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δύο μεθόδους :

α)Φωτοβολταικά Συστήματα

β)Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Η αρχή λειτουργίας των Φ/Β συστημάτων στηρίζεται στην μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό με την βοήθεια ημι-αγωγικών υλικών τα οποία ενεργοποιούνται στο φάσμα του ηλιακού φωτός. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι τα εξής :

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμα και σε πολύ μικρή κλίμακα.
- Είναι εύχρηστα και σε μικρή κλίμακα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας(υβριδικά συστήματα)
- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, αφού παράγουν ηλεκτρισμό με μόνη ύλη το ηλιακό φως.
- Απαιτούν μικρή συντήρηση, καθώς δεν έχουν κινούμενα μέρη.
- Δεν μολύνουν το περιβάλλον, καθώς δεν απαιτείται καύσιμο για να λειτουργήσουν και δεν παράγουν υποπροϊόντα. Επίσης κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα υλικά(γυαλί, αλουμίνιο, πυρίτιο), έχουν αθόρυβη λειτουργία και μηδενικές εκπομπές ρύπων.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (25 έτη) και υψηλή αξιοπιστία.
- Προσφέρουν ευελιξία καθώς μπορούν ανά πάσα στιγμή να επεκταθούν για να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες.
- Παρέχουν ενεργειακή αυτονομία, κυρίως σε περιοχές όπου το δίκτυο της ΔΕΗ είναι οικονομικά ασύμφορο να φτάσει.

Η μεγάλη ευελιξία των Φ/Β Συστημάτων επιτρέπει την λειτουργία τους σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες :

α)Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β συστήματα, στα οποία η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταικά τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία, και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, εφόσον υπάρχει, διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο

β)Αυτόνομα Φ/Β συστήματα, τα οποία είναι μικρά Φ/Β συστήματα εγκατεστημένα σε εξοχικές κατοικίες, φάρους, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα, τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα

γ)Υβριδικά Φ/Β συστήματα, τα οποία προκύπτουν όταν τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα συνδυαστούν και με άλλες ανανεώσιμες ή συμβατικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας



Εικόνα 1.7 Φωτοβολταικό πάρκο

Η προβλεπόμενη ισχύς εξόδου μιας Φ/Β εγκατάστασης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων και οι :

α)θέση του ηλίου ως προς την θέση εγκατάστασης του Φ/Β πλαισίου.

β)γωνία κλίσης των Φ/Β, η οποία θα πρέπει να είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου εγκατάστασης.

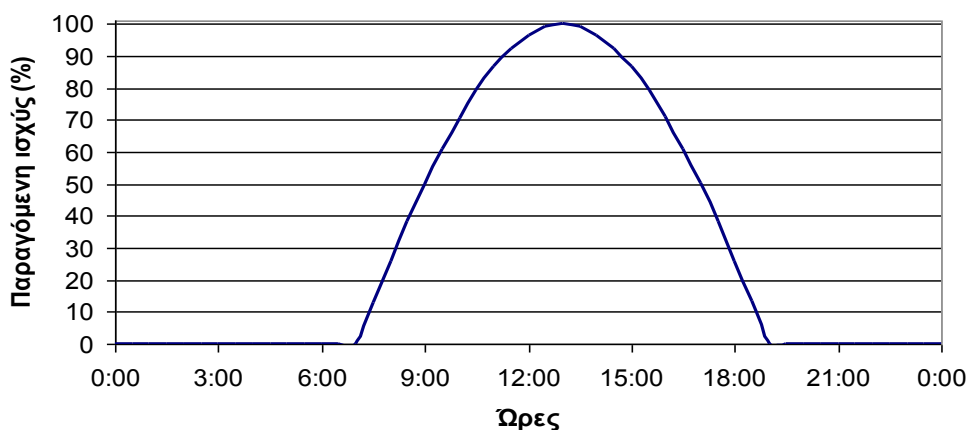
γ)προσανατολισμό της εγκατάστασης των Φ/Β ως προς τον ορίζοντα, με τον νότιο προσανατολισμό να προτιμάται.

δ)απόδοση μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

ε)συντελεστής καθαρότητας των Φ/Β πλαισίων, καθώς τυχόν ρύπανσή τους επηρεάζει την απόδοσή τους.

Η ιδανική καμπύλη εξόδου ενός φωτοβολταϊκού δίνεται στο παρακάτω γράφημα.

Ιδανική Καμπύλη Εξόδου Φ/Β



Εικόνα 1.8 Ιδανική καμπύλη εξόδου Φ/Β

Το κόστος εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού κυμαίνεται μεταξύ 4200-5000€/kW.Οι εφαρμογές τους είναι ποικίλες, ειδικά σε απομακρυσμένα σημεία αλλά χρησιμοποιούνται ευρέως και σε μορφή πάρκων ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν σε κτίρια, είτε στην οροφή είτε ακόμα και σε τοίχους.



Εικόνα 1.9 Εγκατάσταση Φ/Β σε στέγη

1.2 Συμπαράγωγή και Τρι-παραγωγή

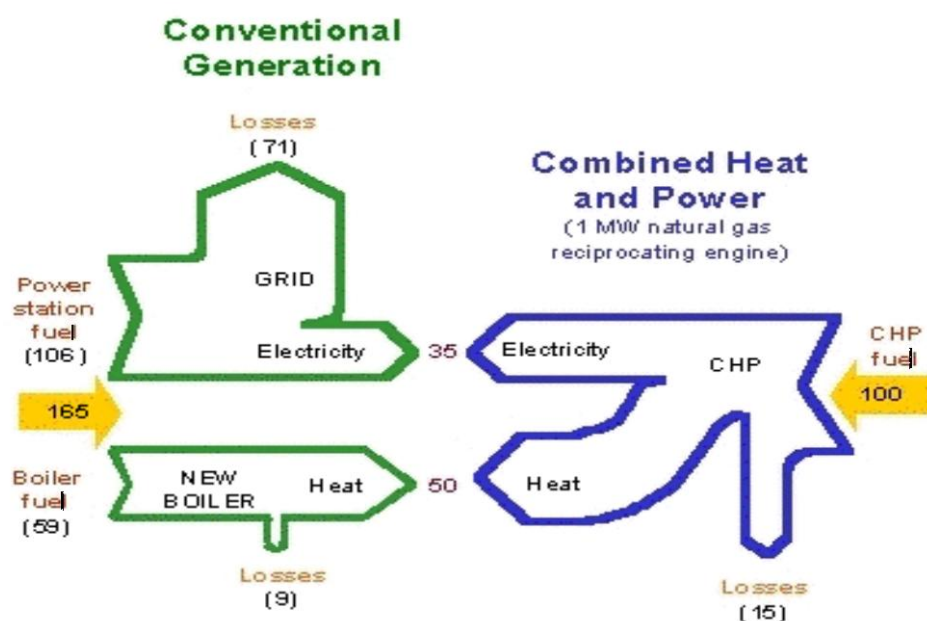
1.2.1 Γενικά για την συμπαράγωγή

Με τον όρο συμπαράγωγή εννοούμε την συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας βασίζεται στην βελτίωση του συνολικού βαθμού απόδοσης, που είναι μεγαλύτερος στην περίπτωση της συμπαράγωγής από την χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή ποικίλων τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Λόγω των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων έχουν αναπτυχθεί νέες διατάξεις των συστημάτων ΣΗΘ που τα καθιστούν οικονομικά συμφέροντα σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών.

Η συμβατική παραγωγή ενέργειας είναι από την φύση της μη αποδοτική, αφού μετατρέπεται μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων σε ωφέλιμη ενέργεια. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Έτσι γίνεται μια προσπάθεια από τις αναπτυγμένες κυρίως χώρες να μετατραπεί η τρέχουσα κατάσταση από την «σπάταλη» σε μια πιο αποδοτική χρήση του καυσίμου. Συγκρίνοντας την απόδοση της χωριστής παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού παρατηρούμε ότι οι απώλειες στην περίπτωση της συμπαράγωγής ελαττώνονται δραστικά, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1.10 Σύγκριση βαθμού απόδοσης συμπαράγωγής με χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

Τα βασικά πλεονεκτήματα της ΣΗΘ συνοψίζονται στα εξής σημεία :

- α)Αύξηση αποδοτικότητας των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων
- β)Μείωση κατανάλωσης ενέργειας
- γ)Μείωση εκπομπών CO_2
- δ)Βελτιστοποίηση παροχής ενέργειας προς τους καταναλωτές

ε) Ωφελεί σημαντικά την εθνική οικονομία καθώς

- i. Αποτελεί σημαντική ευκαιρία για την προώθηση αποκεντρωμένων λύσεων ηλεκτροπαραγωγής
- ii. Μειώνει τις πιθανότητες blackout
- iii. Μειώνει την εξάρτηση από εισαγωγές ενέργειας
- iv. Δημιουργεί συνθήκες ανταγωνισμού στην ηλεκτροπαραγωγή

Οι εφαρμογές συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού σήμερα στην Ελλάδα αφορούν

α) το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας

β) τον βιομηχανικό τομέα

γ) τον εμπορικό-κτιριακό τομέα

δ) τον γεωργικό τομέα

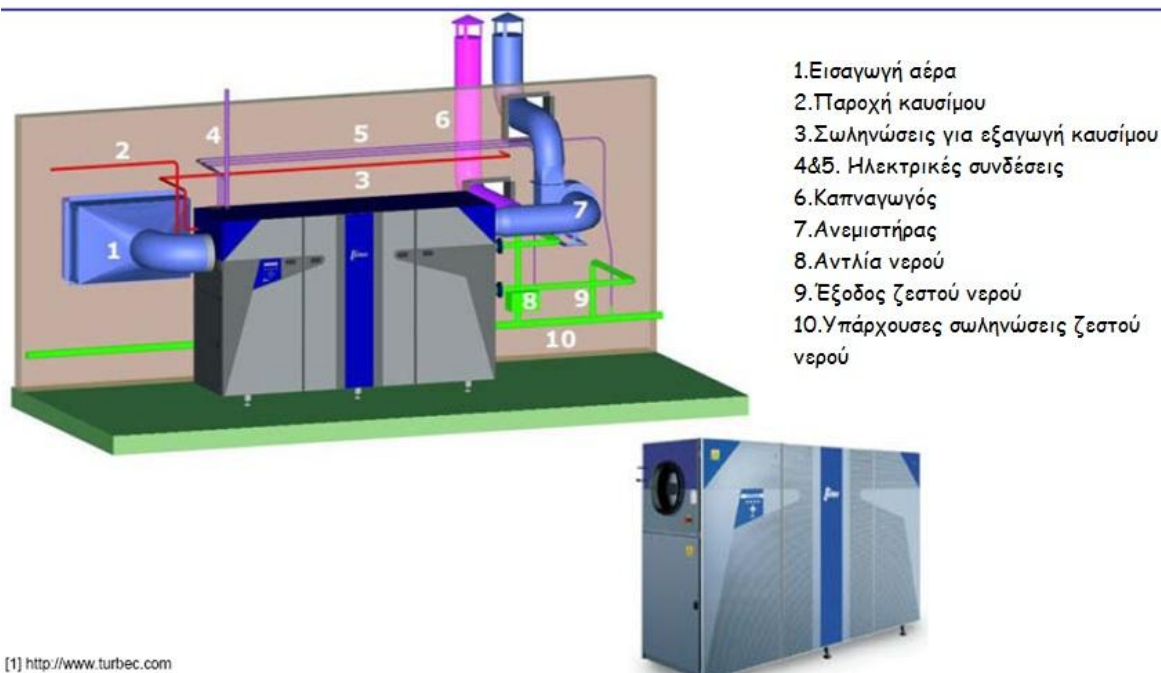
Όσον αφορά τους τρόπους λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής, αυτοί διακρίνονται σε 4 κατηγορίες :

α) παραγωγή θερμότητας ίση με το απαιτούμενο θερμικό φορτίο

β) παραγωγή ηλεκτρισμού ίσου με το απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο

γ) μικτός τρόπος, δηλαδή παρακολούθηση άλλοτε του θερμικού και άλλοτε του ηλεκτρικού φορτίου

δ) πλήρης κάλυψη του θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου σε κάθε χρονική στιγμή



Εικόνα 1.11 Τυπικό διάγραμμα μιας μονάδας συμπαραγωγής

1.2.2 Τρι-παραγωγή και ψύκτες απορρόφησης

1.2.2.1 Ψύκτες απορρόφησης

Οι ψύκτες απορρόφησης ταιριάζουν ιδανικά με τα συστήματα τρι-παραγωγής. Η σημαντικότερη λειτουργίας τους έγκειται στο γεγονός ότι αλλάζουν δραματικά το θερμικό και ηλεκτρικό προφίλ ενός κτιρίου, μεταφέροντας την ζήτηση ψύξης από το ηλεκτρικό φορτίο στο θερμικό. Αυτή η μεταφορά μπορεί να αποβεί εξαιρετικά συμφέρουσα για αγορές με ωριαία χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας ή υψηλή χρέωση ηλεκτρικής ισχύος και μεγάλες ανάγκες σε ψύξη χώρων, αφού οδηγεί σε επιπεδοποίηση της ημερήσιας καμπύλης ηλεκτρικού φορτίου. Αυτό συνεπάγεται μείωση κόστους χρέωσης ισχύος και ενέργειας, αποφυγή του σημαντικού κόστους μεγάλης παροχής και του συνοδευτικού αυτής εξοπλισμού, και την αποκλειστική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας για την εξυπηρέτηση των καθαρά ηλεκτρικών καταναλώσεων.

Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν θερμότητα αντί για μηχανικό έργο για να παράγουν ψύξη. Συγκρινόμενοι με τους μηχανικούς ψύκτες, οι ψύκτες απορρόφησης έχουν μικρό συντελεστή επίδοσης (COP Coefficient of Performance, ο οποίος ισούται με τον λόγο της ωφέλιμης ψυκτικής ισχύς της μονάδας προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ή θερμική). Παρόλα αυτά οι ψύκτες απορρόφησης μπορούν να μειώσουν δραματικά τα έξοδα λειτουργίας καθώς τροφοδοτούνται με χαμηλού ως μηδενικού κόστους ενέργεια. Υπάρχουν δύο ειδών ψύκτες απορρόφησης :

α)Οι ψύκτες μονής ενέργειας

β)Οι ψύκτες διπλής ενέργειας

Σε ερευνητικό επίπεδο βρίσκονται και οι ψύκτες τριπλής ενέργειας. Οι διπλής ενέργειας έχουν μεγαλύτερη απόδοση κατά 40% σε σχέση με τους μονής αλλά είναι κατά τρεις φορές ακριβότεροι από τους μονής ενέργειας. Οι μονής ενέργειας επιπλέον έχουν μικρότερο όγκο και καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ψυκτών απορρόφησης συνοψίζονται στα παρακάτω στοιχεία :

Πλεονεκτήματα :

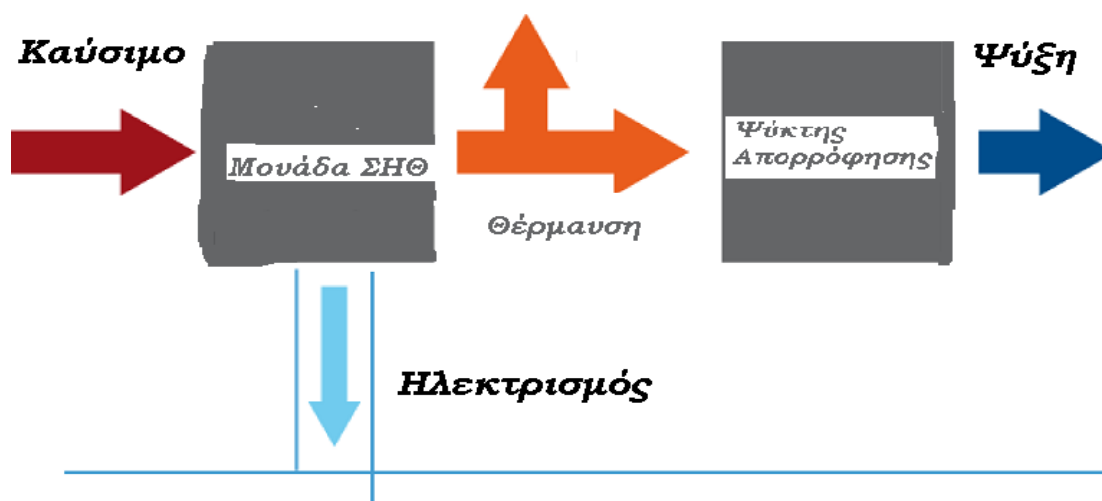
- Η μη χρήση ψυκτικών μέσων που επιβαρύνουν το περιβάλλον CFC's, HCFC's, HFC's με αποτέλεσμα η επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου να είναι χαμηλή
- Οι πολύ χαμηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις
- Τα μικρότερα κόστη λειτουργίας και συντήρησης σχετικά με την ηλεκτροκίνητη ψύξη
- Τα λιγότερα κινούμενα μέρη, που συνεπάγεται μειωμένο κόστος συντήρησης και μεγάλη αξιοπιστία
- Τα μικρά επίπεδα θορύβου και δονήσεων
- Η εύκολη επέκταση της ικανότητας δροσισμού ενός κτιρίου ιδίως όταν δεν μπορεί να γίνει αναβάθμιση της ηλεκτρικής εγκατάστασης εύκολα
- Η μικρότερη ανασφάλεια σε καθεστώς πλήρους απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Μειονεκτήματα :

- Ο χαμηλός βαθμός απόδοσής τους (i)μονοβάθμιος κύκλος απορρόφησης COP=0.7 ii) διβάθμιος κύκλος απορρόφησης COP=1.25)
- Η υψηλή απορριπτόμενη θερμότητα
- Το μεγαλύτερο μέγεθος μηχανής
- Το υψηλό κόστος επένδυσης ανά ψυκτικό kW σε σχέση με τους συμβατικούς ηλεκτρικούς ψύκτες
- Η μικρότερη ευελιξία σε διακυμάνσεις του ψυκτικού φορτίου
- Ο μεγάλος χρόνος εκκίνησης
- Το μειωμένο εύρος εφαρμογών

1.2.2.2 Γενικά για την τρι-παραγωγή

Η διαφορά της τρι-παραγωγής με την απλή συμπαραγωγή έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί μια απλή μονάδα συμπαραγωγής να παράγει θερμότητα και ψύξη ταυτόχρονα, ή μόνο ψύξη κατά την θερινή περίοδο. Τυπικά παράγεται θερμότητα η οποία με την βοήθεια ενός ψύκτη απορρόφησης μετατρέπεται σε κρύο νερό ή πάγο για το κύκλωμα του κλιματισμού. Ένα τυπικό διάγραμμα αυτής της λειτουργίας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.12 Τυπικό διάγραμμα τρι-παραγωγής

Είναι κατανοητό ότι τα οφέλη είναι πολλαπλά για τον κάτοχο της συγκεκριμένης μονάδας καθώς θα μπορεί να την αξιοποιεί όλες τις εποχές του χρόνου.

1.2.3 Φυσικά μεγέθη μονάδων Συμπαραγωγής και Τρι-παραγωγής

Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται ορισμένα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν την ενεργειακή συμπεριφορά των μονάδων συμπαραγωγής και τρι-παραγωγής[4].

1.2.3.1 Ηλεκτρική Απόδοση, Ρυθμός Κατανάλωσης ενέργειας Καυσίμου & Εισερχόμενη Ισχύς Καυσίμου

Η Ηλεκτρική Απόδοση και ο Ρυθμός Κατανάλωσης Ενέργειας Καυσίμου (Heat Rate) [KJ/h] είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα και συνδέονται με την σχέση:

$$n_{e,net} = \frac{3600}{\text{Heat Rate}} \quad (1)$$

Όπου:

η_{net} : η καθαρή ηλεκτρική απόδοση (καθαρός αριθμός)

Heat Rate: ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας καυσίμου (MJ/h)

Η Εισερχόμενη Ισχύς Καυσίμου HI (Heat Input) [kW,(LHV)] συνδέεται με το καθαρό ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης με την σχέση:

$$n_{e,net} = \frac{P_{e,net}}{HI} \quad (2)$$

Όπου:

$P_{e,net}$: η καθαρή ηλεκτρική ισχύς της μονάδας (μείον την ιδιοκατανάλωσή της)

$\eta_{e,net}$: η καθαρή ηλεκτρική απόδοση

HI : η εισερχόμενη ισχύς καυσίμου σε kW

1.2.3.2 Καθαρή παραγόμενη θερμικής ισχύς από μονάδα συμπαραγωγής

Η καθαρή θερμική απόδοση του CHP δίδεται από την σχέση :

$$n_{th,net} = \frac{Q_{avg}}{HI} \quad (3)$$

Όπου:

$\eta_{th,net}$: η καθαρή απόδοση σε θερμότητα του CHP

Q_{avg} : η μέση καθαρή θερμική ισχύς σε kW

HI : Heat Input (εισερχόμενη ισχύς καυσίμου) σε kW

Δεν ισούται με την καθαρή θερμική ή ψυκτική ισχύ στο χώρο αφού μεσολαβεί εναλλάκτης θερμότητας και ψύκτης απορρόφησης αντίστοιχα.

1.2.3.3 Συνολικός βαθμός απόδοσης συστήματος συμπαραγωγής

Η συνολική καθαρή απόδοση ενός συστήματος συμπαραγωγής δίνεται από την σχέση:

$$n_{net} = n_{e,net} + n_{th,net} = \frac{P_{e,net} + Q_{avg}}{HI} \quad (4)$$

Όπου:

$\eta_{e,net}$: η καθαρή ηλεκτρική απόδοση της μηχανής ($P_{e,net} / HI$)

$\eta_{th,net}$: η καθαρή θερμική απόδοση της μηχανής (Q_{avg} / HI)

$P_{e,net}$: η καθαρή αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς στους ακροδέκτες της γεννήτριας

Q_{avg} : η θερμική ισχύς στην έξοδο του εναλλάκτη

HI : Heat Input (εισερχόμενη ισχύς καυσίμου) σε kW

1.2.3.4 Τεχνικά ελάχιστα και μέγιστα μονάδων

Τα τεχνικά ελάχιστα και μέγιστα μιας μονάδας παραγωγής ανταποκρίνονται στα παρακάτω:

$P_{min\ e,net}$ Τεχνικό ελάχιστο μονάδας σε (kW). Μία μονάδα δεν μπορεί να λειτουργήσει κάτω από αυτό το όριο. Κατά συνέπεια δεν εκκινεί μονάδα αν βρισκόμαστε κάτω από το τεχνικό ελάχιστο. Θα ληφθεί ίσο με το 30% της ονομαστικής ικανότητας παραγωγής.

$P_{max\ e,net}$ Τεχνικό μέγιστο μονάδας σε (kW). Δεν μπορεί να υπερβεί η παραγωγή μιας μονάδας αυτήν την τιμή. Θα ληφθεί ίσο με το 100% της ονομαστικής ικανότητας παραγωγής.

1.2.3.5 Κατανάλωση καυσίμου και κόστος καυσίμου

Η καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου(lt/h) είναι συνήθως τετραγωνικής μορφής :

$$sq_coeff * P^2 + lin_coeff * P + const_coeff \quad (5)$$

όπου sq_coeff τετραγωνική παράμετρος κόστους (lt/kWh²)

lin_coeff γραμμική παράμετρος κόστους (lt/kWh)

$const_coeff$ σταθερός όρος κόστους

P παραγόμενη ισχύς από την μονάδα(kW)

Το κόστος καυσίμου δίνεται από το γινόμενο της ωριαίας ποσότητας καυσίμου που καταναλώθηκε και της τιμής του καυσίμου :

$$Fuel_Cost = Fuel_Price * (sq_coeff * P^2 + lin_coeff * P + const_coeff) \quad (6)$$

1.2.3.6 Λόγος Ηλεκτρισμού προς Θεμότητα(Power To Heat Ratio)

$$PHR = \frac{P_{e,net}}{Q_{avg}} \quad (7)$$

1.3 Δομές ελέγχου διεσπαρμένης παραγωγής – Μικροδίκτυα και VPP

Η εγκατάσταση μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης τάσης (Μ.Τ.) και χαμηλής τάσης (Χ.Τ.) αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς συμβάλλοντας δραστικά στην αποφυγή νέων εγκαταστάσεων μεταφοράς και διανομής. Όμως, η αντιμετώπιση του ελέγχου στα παθητικά δίκτυα, που στόχου είχαν την μεταφορά της ισχύος από την κεντρική παραγωγή στους καταναλωτές, δεν μπορεί να είναι σύμφωνα με την λογική «fit and forget»[5]. Επιπροσθέτως δεν μπορεί πλέον η διεσπαρμένη παραγωγή να θεωρείται ως «αρνητικό» φορτίο και απλώς εξοικονομητής καυσίμου, καθώς αυτού του είδους η συμπεριφορά δημιουργεί σημαντικά λειτουργικά προβλήματα στα δίκτυα μεταφοράς, επιβαρύνει τις αγορές εξισορρόπησης και οδηγεί σε ανάσχεση της περαιτέρω εγκατάστασης μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής. Από την άλλη, οι καταναλωτές απαιτούν μεγαλύτερη αξιοπιστία και καλύτερη ποιότητα ισχύος η οποία είναι δύσκολο να επιτευχθεί με την παρούσα διάταξη των δικτύων μεταφοράς και διανομής και την ανεξέλεγκτη εγκατάσταση μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής.

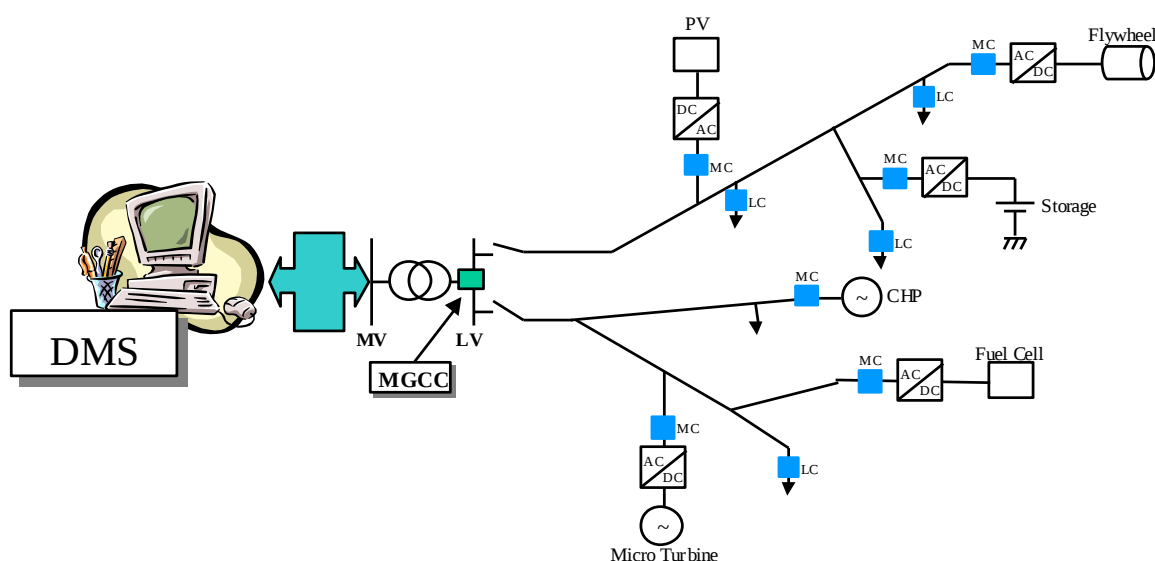
Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθούν ολοένα και περισσότερα οφέλη για τα Συστήματα Ηλεκτρική Ενέργειας από την σύνδεση της διεσπαρμένης παραγωγής, απαιτούνται ευέλικτες τεχνικές και πρωτότυπες τεχνικές ελέγχου, εκμεταλλευόμενες τις δυνατότητες που παρέχονται από τις μεθόδους διασύνδεσης των μικροπηγών. Η αρμονική συνεργασία της κεντρικής και διεσπαρμένης παραγωγής σε μορφή ολοκληρωμένης διαχείρισης μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη νέων δομών ΣΗΕ, όπως είναι τα μικροδίκτυα και τα ιδεατά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.

1.3.1 Μικροδίκτυα

Τα μικροδίκτυα είναι δίκτυα διανομής κυρίως Χαμηλής Τάσης και δευτερευόντως, κυρίως στην Ιαπωνία Μέσης Τάσης, τα οποία περιλαμβάνουν σημαντικό αριθμό μικρών μονάδων παραγωγής(μικρό-τουρμπίνες, φωτοβολταϊκά, μικρές ανεμογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου κτλ) ισχύος από λίγα kW μέχρι 2-3MW, συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και ελεγχόμενων

φορτίων. Το βασικό γνώρισμα αυτών των δικτύων είναι ο συντονισμένος έλεγχος τους, ώστε τελικά να εμφανίζονται στο ανάντη δίκτυο ως μια ενιαία οντότητα με το δικό της αποκεντρωμένο σύστημα ελέγχου το οποίο δεν επιβαρύνει τα συστήματα ελέγχου του ανάντη ευρισκόμενου δικτύου με τον έλεγχο κάθε μιας μονάδας χωριστά. Ένα άλλο εξίσου βασικό όσο και πρωτοποριακό γνώρισμα των μικροδικτύων είναι η δυνατότητά τους να λειτουργούν όχι μόνο διασυνδεδεμένα με το ανάντη δίκτυο MT, συνήθους λειτουργία, αλλά και απομονωμένα (νησιδοποιημένα), όταν διακοπεί η σύνδεση με το κύριο δίκτυο, με οργανωμένο και ελεγχόμενο τρόπο παρέχοντας στους καταναλωτές αυξημένη αξιοπιστία και βελτιωμένα επίπεδα ποιότητας ισχύος. Αυτή η δυνατότητα βεβαίως απαιτεί εξελιγμένες υποδομές προστασίας, ελέγχου και τηλεπικοινωνιών, προκειμένου να είναι σε θέση να απομονώσουν το μικροδίκτυο και να παράσχουν σταθερή και αυτόνομη λειτουργία.

Έτσι λοιπόν ένα μικροδίκτυο για το ανάντη ευρισκόμενο δίκτυο του αντιμετωπίζεται τόσο από άποψη αγοράς όσο και από τεχνική άποψη σαν ένα ενιαίο φορτίο ή σαν μια ενιαία παραγωγή η οποία με τα κατάλληλα οικονομικά κίνητρα μπορεί να προσφέρει και κάποιες βοηθητικές υπηρεσίες στο δίκτυο διανομής ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής ακόμα και τοπικού επιπέδου. Οι καταναλωτές που βρίσκονται συνδεδεμένοι στο μικροδίκτυο μπορούν όχι μόνο να ικανοποιήσουν τις ηλεκτρικές και θερμικές τους ανάγκες όπως και πριν, αλλά και να απολαύσουν υψηλότερα επίπεδα αξιοπιστίας, καλύτερη ποιότητα ισχύος με εξομαλυσμένη καμπύλη τάσης και να επιτύχουν ακόμα και ευνοϊκότερους οικονομικά όρους για την ικανοποίηση των αναγκών τους. Η γενική δομή ενός μικροδικτύου και η θέση του σε σχέση με το σύστημα διαχείρισης των δικτύων διανομής (Distribution Management Systems) DMS, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1.13 Ένα τυπικό μικροδίκτυο και η διασύνδεσή του με το Σύστημα Ελέγχου της Διανομής

Τα δίκτυα αυτά μπορούν να προσφέρουν σημαντικά οικονομικά, λειτουργικά, και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα μεγιστοποιώντας τα αναμενόμενα περιβαλλοντικά και λειτουργικά πλεονεκτήματα της διεσπαρμένης παραγωγής και αναμένεται να αποτελέσουν βασικές συνιστώσες των μελλοντικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Μερικά από τα βασικά οφέλη που προσφέρουν τα μικροδίκτυα συνοψίζονται παρακάτω :

- α) Επιτρέπουν την ανάπτυξη του «πράσινου» ηλεκτρισμού
- β) Επιτρέπουν μεγαλύτερη συμμετοχή στην επένδυση της παραγωγής μικρής κλίμακας

- γ) Προωθούν τον ανταγωνισμό στην παραγωγή και προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας
- δ) Συμβάλλουν στην μείωση των περιβαλλοντικών πόρων που χρησιμοποιούνται από την κεντρική παραγωγή
- ε) Προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία στην παροχή
- στ) Συνεισφέρουν στην μείωση των απωλειών, καθώς τροφοδοτούν τοπικά τα φορτία τους
- ζ) Παρέχουν καλύτερο συντονισμό της θερμικής και ηλεκτρικής παραγωγής και χρήσης, αυξάνοντας την συνολική ενεργειακή απόδοση (χρήση Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)

1.3.2 Ιδεατό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας (Virtual Power Plant)

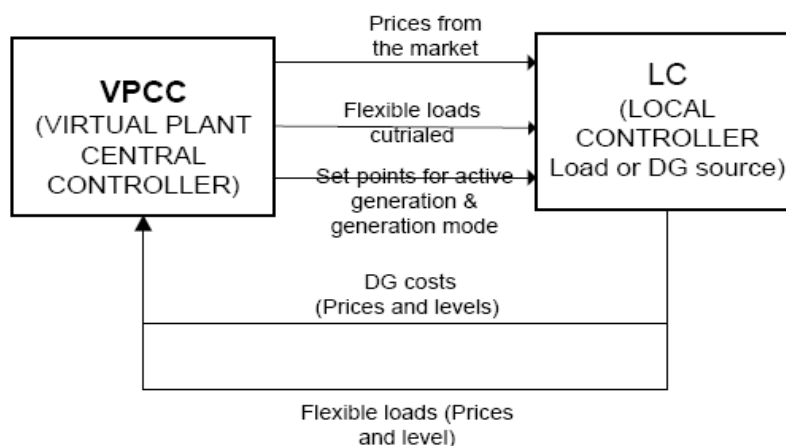
Ένα ιδεατό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας (VPP) είναι ένα σύμπλεγμα εγκαταστάσεων μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής (όπως για παράδειγμα μονάδες ΣΗΘ, Α/Γ, Φ/Β Συστήματα κ.α) η συντονισμένη λειτουργία των οποίων πραγματοποιείται από έναν κεντρικό φορέα ελέγχου. Οι μονάδες που αποτελούν το VPP δεν είναι απαραίτητα εγκατεστημένες στο ίδιο δίκτυο, αλλά η λειτουργία τους μπορεί να συντονίζεται χρησιμοποιώντας κατάλληλη δικτυακή υποδομή, προκειμένου να λειτουργήσουν σαν μια ενιαία οντότητα[6]. Για παράδειγμα, ένα ιδεατό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας θα μπορούσαν να αποτελέσουν όλα τα πανεπιστήμια της Κρήτης, εγκαθιστώντας μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής τοπικά σε κάθε ίδρυμα και συντονίζοντας την λειτουργία τους.

Ο έλεγχος ενός VPP μπορεί να γίνεται με κεντρικό (centralized) ή αποκεντρωμένο (decentralized) τρόπο.

Οι αρχές για την λειτουργία ενός VPP υπό κεντρικό έλεγχο βασίζονται σε έναν κεντρικό χειριστή, τον Virtual Power Central Controller (VPCC), ο οποίος δεν είναι απαραίτητα εγκατεστημένος σε κάποια από τις περιοχές εγκατάστασης των μονάδων παραγωγής. Η λειτουργία του χειριστή αυτού συνίσταται στην προσπάθεια βελτιστοποίησης του ενεργειακού εφοδιασμού των μελών που αποτελούν το VPP επιλέγοντας ποιες από τις εγκατεστημένες μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής θα λειτουργήσουν καθώς και ποια φορτία θα εξυπηρετούνται κάθε χρονική στιγμή. Οι εντολές, που στέλνονται προς τους Local Controllers (LC), είναι απλές ενέργειες ελέγχου (ON/OFF) και δίνονται ανάλογα με την αναμενόμενη ηλεκτρική και θερμική/ψυκτική ζήτηση του κάθε «σημείου εγκατάστασης», τα χαρακτηριστικά των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής, και τις τιμές αγοράς ηλεκτρισμού και καυσίμων.

Μια τέτοια λειτουργία προϋποθέτει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του LC και του VPCC. Οι LC στέλνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα πληροφορίες που αφορούν το κόστος λειτουργίας τους ή/και την προσφορά τους για περιορισμό των ευέλικτων φορτίων. Ο VPCC λαμβάνει υπόψιν του τις πληροφορίες αυτές και στέλνει στους LC's τις τιμές αγοράς καθώς και πληροφορίες για το σημείο λειτουργίας τους. Αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφασιστεί η τιμή πάνω από την οποία θα πρέπει να κοπούν τα ευέλικτα φορτία, καθώς και την ποσότητα της παραγωγής από τις μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει αυτήν ακριβώς την επικοινωνία των controllers για ανταλλαγή πληροφοριών κατά τον κεντρικό τρόπο ελέγχου ενός VPP.



στην ταυτόχρονη περίπτωση διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κάλυψη των φορτίων της Πολυτεχνειούπολης.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την λειτουργία των προτεινόμενων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και δίνονται προτάσεις περαιτέρω έρευνας με σκοπό μια οικονομικά βιώσιμη επένδυση.

1.4.2 Παραδοχές

Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες παραδοχές που έγιναν κατά την διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προέρχονται από το αρχείο της Τεχνικής Υπηρεσίας του Π.Κ. και αναφέρονται στο έτος 2010.
- Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατανάλωση πετρελαίου για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης προέρχονται από το αρχείο της Τεχνικής Υπηρεσίας του Π.Κ. και αναφέρονται στο έτος 2009.
- Λόγω έλλειψης μηνιαίων ή/και ημερήσιων καταναλώσεων για τα παραπάνω δεδομένα, αναπτύχθηκε μέθοδος δημιουργίας αυτών στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.
- Τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από κατάλληλα όργανα μέτρησης εγκατεστημένα εντός της Πολυτεχνειούπολης και αναφέρονται στο έτος 2003.
- Τα στοιχεία που αφορούν στις εγκατεστημένες κλιματιστικές μονάδες και τους λέβητες πετρελαίου προέρχονται από την Τεχνική Υπηρεσία του Π.Κ.
- Λόγω έλλειψης θερμικών/ψυκτικών καταναλώσεων αναπτύχθηκε μέθοδος υπολογισμού των φορτίων αυτών στα πλαίσια της εργασίας, αξιοποιώντας τα στοιχεία που αφορούν τις κλιματιστικές μονάδες των κτιρίων
- Για τους διάφορους υπολογισμούς κόστους που πραγματοποιούνται στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται οι εξής τιμές :

α)χρέωση ενέργειας 0,09412 €/kWh

β)χρέωση ισχύος 4,3497 €/kW

γ)τιμή πετρελαίου(diesel) 0,83€/lt

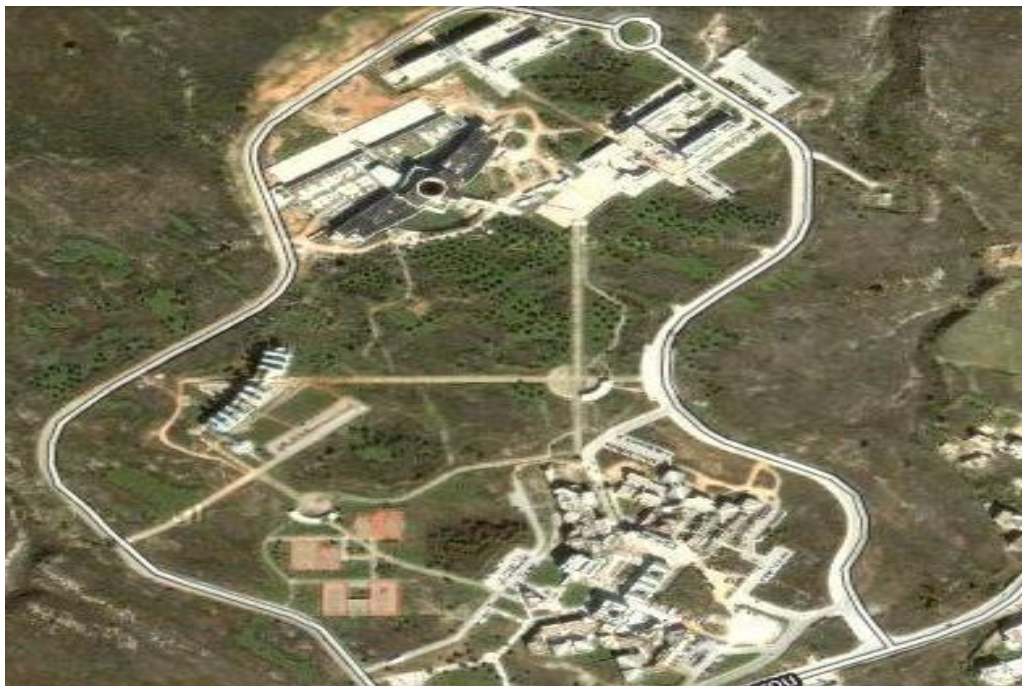
Κεφάλαιο 2

Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Παρουσιάζεται το συμβατικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης που χρησιμοποιείται από τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αξιοποιήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία για την κατανάλωση ηλεκτρισμού και συμβατικών καυσίμων(πετρελαίου θέρμανσης), για την εκτίμηση των θερμικών-ψυκτικών αναγκών των κτιρίων και την μοντελοποίηση του προβλήματος μας. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου γίνεται η διαστασιολόγηση των μονάδων ΑΠΕ που απαιτούνται για την κάλυψη μέρους της ηλεκτρικής ζήτησης της Πολυτεχνειούπολης, αλλά και των μονάδων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας που χρειάζονται για την κάλυψη του θερμικού/ ψυκτικού φορτίου των κτιρίων.

2.1 Το Πολυτεχνείο Κρήτης

Το Πολυτεχνείο Κρήτης ιδρύθηκε το 1977 στα Χανιά και δέχτηκε τους πρώτους φοιτητές το 1984. Η Πολυτεχνειούπολη είναι κτισμένη στα Κουνουπιδιανά Ακρωτηρίου σε απόσταση 7 χιλιομέτρων ΒΑ της πόλης των Χανίων, και καταλαμβάνει έκταση 3.000 στρεμμάτων περίπου. Στον χώρο αυτό στεγάζονται οι αίθουσες διδασκαλίας των τεσσάρων από τα πέντε συνολικά τμήματα του Πολυτεχνείου, η φοιτητική εστία, η φοιτητική λέσχη, η βιβλιοθήκη, καθώς και διάφορες άλλες διοικητικές υπηρεσίες του Π.Κ.



Εικόνα 2.1 Πανοραμική άποψη των κτιριακών εγκαταστάσεων της Πολυτεχνειούπολης, εικόνα από δορυφόρο

Από την παραπάνω εικόνα, είναι δυνατόν να διαιρεθούν οι εγκαταστάσεις της Πολυτεχνειούπολης σε πέντε ομάδες κτιρίων, ανάλογα με την τοποθέτησή τους στον χώρο. Οι πέντε αυτές ομάδες είναι οι εξής :

α)το κτίριο Επιστημών

β) τα κτίρια ΜΗΠΕΡ

γ)τα κτίρια ΜΗΧΟΠ

δ)τα κτίρια ΜΠΔ και

ε)το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας.

ΟΜΑΔΑ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ(τ.μ.)
ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	17400
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΠΕΡ	3884
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΧΟΠ	8110
ΚΤΙΡΙΑ ΜΠΔ	23045
ΚΤΙΡΙΟ ΦΟΙΤ. ΕΣΤΙΑΣ	3950

Πίνακας 2-1 Προσεγγιστικά στοιχεία για την επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα κτίρια του Π.Κ.

2.2 Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης

2.2.1 Εγκατεστημένοι λέβητες και κλιματιστικές μονάδες

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης περιλαμβάνει τόσο την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από το δίκτυο της ΔΕΗ χρησιμοποιώντας κλιματιστικές μονάδες, όσο και την καύση πετρελαίου θέρμανσης από τους λέβητες που είναι εγκατεστημένοι στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης και είναι επιφορτισμένοι με την κάλυψη μέρους των θερμικών αναγκών των κτιρίων. Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει στοιχεία για τους λέβητες πετρελαίου που βρίσκονται εγκατεστημένοι εντός της Πολυτεχνειούπολης(τα στοιχεία προέρχονται από την Τεχνική Υπηρεσία του Π.Κ.)

ΜΟΝΑΔΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ(kcal/h)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ(kg/h)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
Λέβητας Θέρμανσης	Εστία	380000	28	07:00-14:00 και 17:30-23:00
Λέβητας Ζ.Ν.Χ	Εστία	200000	17,8	00:00-24:00
Λέβητας Θέρμανσης	ΜΗΧΟΠ	200000	20	07:00-21:00
Λέβητας Θέρμανσης	ΜΗΧΟΠ	200000	20	07:00-21:00
Λέβητας Θέρμανσης	ΜΠΔ	450000	42,6	08:00-16:30
Λέβητας Ζ.Ν.Χ	Φοιτητική Λέσχη(ΜΠΔ)	50000	3,13	00:00-24:00
Λέβητας Θέρμανσης	Φοιτητική Λέσχη(ΜΠΔ)	700000	71,5	07:00-14:00 και 17:30-21:30
Λέβητας Θέρμανσης	Φοιτητική Λέσχη(ΜΠΔ)	700000	71,5	07:00-14:00 και 17:30-21:30

Πίνακας 2-2 Χαρακτηριστικά των λεβήτων θέρμανσης που βρίσκονται εγκατεστημένοι στους χώρους του Π.Κ.

Σύμφωνα και πάλι με στοιχεία της Τεχνικής Υπηρεσίας, στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης υπάρχουν εγκατεστημένες οι εξής κλιματιστικές μονάδες(ανά ομάδα κτιρίων):

α)Μια Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος 850 kW για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου Επιστημών

β)Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες συνολικής ψυκτικής/θερμικής 400 kW για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

γ) Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος 800 kW για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

δ)Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες και μικρά κλιματιστικά συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος 1300 kW για το κτίριο ΜΠΔ. Συγκεκριμένα αναφέρονται μια κεντρική μονάδα 55kW στο ξύλινο αμφιθέατρο Α2, κεντρική μονάδα 30 kW στο κτίριο της παλιάς βιβλιοθήκης, κεντρική μονάδα 118,4 kW στο κτίριο Δ1 της καινούργιας βιβλιοθήκης και 600 συνολικά μικρά κλιματιστικά ψυκτικής ισχύος 1,5 kW το κάθε ένα.

ΟΜΑΔΑ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΨΥΚΤΙΚΗ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(kW)
ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	850
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΠΕΡ	400
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΧΟΠ	800
ΚΤΙΡΙΑ ΜΠΔ	1300
ΣΥΝΟΛΟ	3350

Πίνακας 2-3 Ψυκτική/Θερμική ισχύς κλιματιστικών ομάδων ανά ομάδα κτιρίων

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στους πίνακες 2.2 και 2.3, το κτίριο Επιστημών και τα κτίρια ΜΗΠΕΡ χρησιμοποιούν αποκλειστικά ηλεκτρισμό για τον κλιματισμό τους, ενώ τα κτίρια ΜΗΧΟΠ και ΜΠΔ καταναλώνουν τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και πετρέλαιο θέρμανσης για να καλύψουν τις θερμικές/ψυκτικές ανάγκες τους. Το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας θερμαίνεται κατά την διάρκεια του χειμώνα καταναλώνοντας πετρέλαιο θέρμανσης.

2.2.2 Ημέρες και ώρες λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών και των θερμικών φορτίων των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης πρέπει να λάβουμε υπ'όψιν τις ημέρες και ώρες λειτουργίας των κτιρίων, και κατά συνέπεια των κλιματιστικών μονάδων.

Οι μονάδες λειτουργούν όλες τις ημέρες του έτους, εκτός από τις επίσημες αργίες και τις Κυριακές. Τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο) λειτουργούν για θέρμανση τις ώρες 08:00-14:00 και 16:00-20:00, ενώ τους καλοκαιρινούς (Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο) λειτουργούν τις ώρες 08:00-20:00.Ειδική περίπτωση αποτελούν οι 20 τελευταίες μέρες του Ιουλίου και οι 20 πρώτες του Αυγούστου, όπου τα κλιματιστικά λειτουργούν από τις 10:00 έως τις 14:00, καθώς αυτές οι μέρες αποτελούν την περίοδο των καλοκαιρινών διακοπών όποτε και παρατηρείται ιδιαίτερα χαμηλή συγκέντρωση πληθυσμού στους χώρους της Πολυτεχνειούπολης.

ΑΡΓΙΕΣ/ΜΕΡΕΣ ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
Χριστούγεννα	24/12 έως 06/01
Εορτή Τριών Ιεραρχών	30/01
Καθαρά Δευτέρα	07/03(για το έτος 2011)
Εθνικές Εορτές	25/03 και 28/10
Πάσχα	25/04 έως 07/05
Πρωτομαγιά	01/05
Δεκαπενταύγουστος	15/08
Πολυτεχνείο	17/11
Όλες οι Κυριακές του έτους	

Πίνακας 2-4 Πίνακας ημερών κατά τις οποίες το Πολυτεχνείο δεν λειτουργεί

Για τους εγκατεστημένους λέβητες οι μέρες λειτουργίας συμπίπτουν με τις μέρες λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Εξαίρεση αποτελούν οι λέβητες που εξυπηρετούν το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας, οι οποίοι και λειτουργούν καθ' όλη την διάρκεια του χειμερινού εξαμήνου. Οι ώρες κατά τις οποίες λειτουργεί ο κάθε λέβητας φαίνονται στον πίνακα 2.2.

2.3 Κλιματολογικά δεδομένα και δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρισμού στο Πολυτεχνείο Κρήτης

Για την δημιουργία ενός συνόλου μηνιαίων, ημερήσιων και ωριαίων καταναλώσεων των κτιρίων του Πολυτεχνείου Κρήτης, έτσι ώστε να είμαστε σε θέση στην συνέχεια να εκτιμήσουμε τις μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τις μονάδες Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας που θα χρειαστούν για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων, στηριχτήκαμε στις μετρήσεις κλιματολογικών δεδομένων του έτους 2003 που προέρχονται από το RES_House που βρίσκεται εγκατεστημένο εντός της Πολυτεχνειούπολης. Για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ και πετρελαίου θέρμανσης τα στοιχεία προέκυψαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Π.Κ και αναφέρονται στα έτη 2010 και 2009 αντίστοιχα.

2.3.1 Κλιματολογικά Δεδομένα

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε στοιχεία για την μέση μηνιαία θερμοκρασία(τόσο κατά την διάρκεια ολόκληρης της ημέρας όσο και για το διάστημα εκείνο της ημέρας κατά το οποίο λειτουργούν οι κλιματιστικές μονάδες), την μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου και την μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία, όπως αυτά προκύπτουν από τα διαθέσιμα δεδομένα για το έτος 2003. Οι μετρήσεις για την ταχύτητα του ανέμου προέκυψαν από ανεμόμετρο το οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο σε ύψος 15 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους.

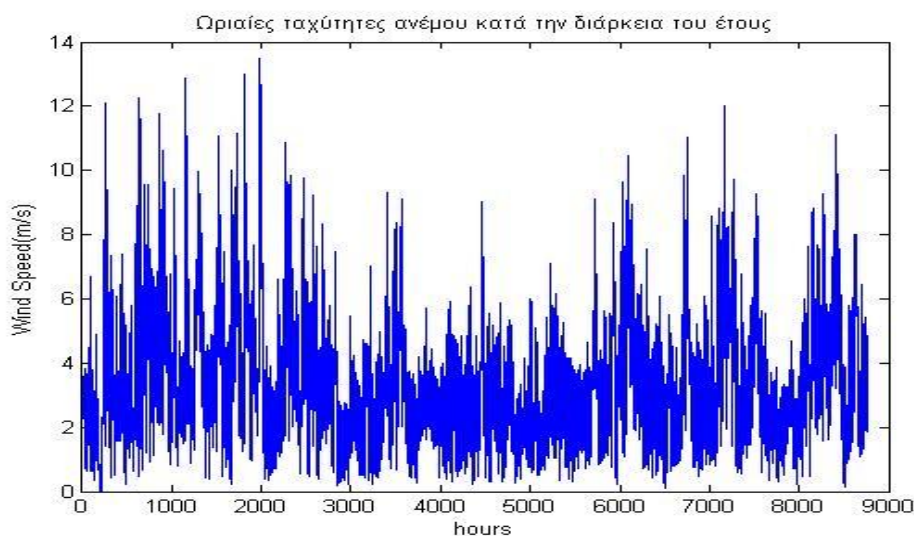
ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΘ'ΟΛΗ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ (°C)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ(°C)
Ιανουάριος	14,73	15,22
Φεβρουάριος	11,12	11,66
Μάρτιος	13,28	13,82
Απρίλιος	16,31	17,23
Μάιος	22,72	23,99
Ιούνιος	26,92	28,28
Ιούλιος	28,31	29,21
Αύγουστος	28,67	29,56
Σεπτέμβριος	25,44	26,48
Οκτώβριος	24,68	25,51
Νοέμβριος	18,48	18,88
Δεκέμβριος	13,85	14,02

Πίνακας 2-5 Μέση μηνιαία θερμοκρασία στην περιοχή όπου βρίσκεται εγκατεστημένη η Πολυτεχνειούπολη

ΜΗΝΑΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ANEMOY(m/s)
Ιανουάριος	3,427
Φεβρουάριος	4,583
Μάρτιος	4,16
Απρίλιος	4,038
Μάιος	2,911
Ιούνιος	2,596
Ιούλιος	2,624
Αύγουστος	2,710
Σεπτέμβριος	3,631
Οκτώβριος	3,737
Νοέμβριος	2,852
Δεκέμβριος	4,071

Πίνακας 2-6 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τις ωριαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου καθ'όλη την διάρκεια του έτους.

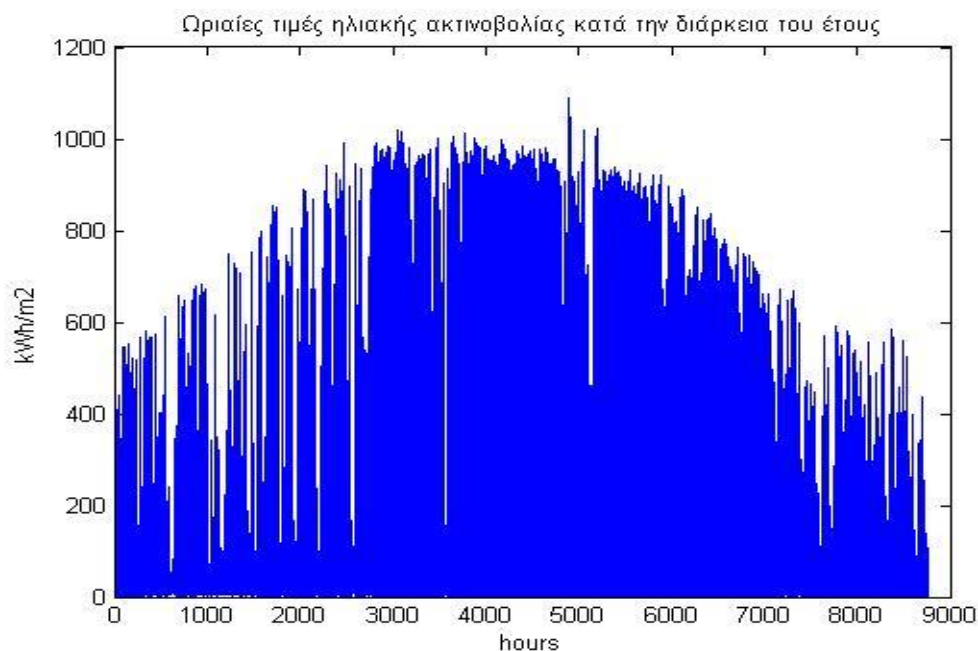


Διάγραμμα 2.1 Ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου για το έτος 2003

ΜΗΝΑΣ	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(kWh/m ²)
Ιανουάριος	93,605
Φεβρουάριος	97,497
Μάρτιος	142,663
Απρίλιος	205,561
Μάιος	296,285
Ιούνιος	329,068
Ιούλιος	313,903
Αύγουστος	283,960
Σεπτέμβριος	233,702
Οκτώβριος	172,166
Νοέμβριος	101,686
Δεκέμβριος	85,783

Πίνακας 2-7 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή όπου βρίσκεται το Π.Κ.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τις ωριαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια του έτους. Από αυτό παρατηρείται η μεγάλη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, γεγονός το οποίο θα προσπαθήσουμε να εκμεταλλευτούμε με την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων αρκετά μεγάλης ισχύος στον χώρο της Πούτεχνειούπολης.



Διάγραμμα 2.2 Ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας για το έτος 2003

Από τις μετρήσεις και τα στοιχεία τα οποία παρατίθενται στους παραπάνω πίνακες, παρατηρούμε αρκετά υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης, σε αντίθεση με τις σχετικά χαμηλές ταχύτητες του ανέμου στην ίδια περιοχή.

2.3.2 Βαθμοημέρες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης

Έχοντας διαθέσιμα τα ωριαία δεδομένα για την θερμοκρασία εξωτερικού χώρου, υπολογίζουμε τις βαθμοημέρες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης για τους χειμερινούς και τους καλοκαιρινούς μήνες αντίστοιχα.

Η μέθοδος των βαθμοημερών θέρμανσης και των βαθμοωρών ψύξης είναι μια από τις πιο διαδεδομένες και απλές μεθόδους για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης για την

θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων αντίστοιχα. Οι βαθμομέρες θέρμανσης (και ψύξης αντίστοιχα) είναι ένα μέγεθος που μπορεί να «ποσοτικοποιήσει» το πόσο «σχετικό κρύο» («σχετική ζέστη» αντίστοιχα) έκανε σε μια περιοχή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα[7]. Ουσιαστικά εκφράζουν για μια χρονική διάρκεια το πόσο απείχε η θερμοκρασία από μια θερμοκρασία βάσης και για πόση ώρα. Ορίζοντας λοιπόν την θερμοκρασία βάσης ως την θερμοκρασία κάτω (πάνω αντίστοιχα) από την οποία απαιτείται να ενεργοποιηθεί η θέρμανση (ψύξη) ενός κτιρίου, έχουμε ένα μέγεθος που περιγράφει ποσοτικά την ανάγκη για θέρμανση (ψύξη) στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ιδιαίτερης σημασίας για την αξιοπιστία της μεθόδου αυτής, είναι η σωστή επιλογή της θερμοκρασίας βάσης, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη κτιρίου.

Η εξίσωση υπολογισμού των βαθμομερών θέρμανσης DD είναι η :

$$DD = \sum_{1}^N (T_{av} - T_a)$$

όπου N είναι ο αριθμός των ημερών για κάθε μήνα, T_{av} είναι η θερμοκρασία αναφοράς ($^{\circ}C$) η οποία στην περίπτωση μας έχει τεθεί στους $20^{\circ}C$, και T_a η ωριαία θερμοκρασία περιβάλλοντος. Κατά τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης λαμβάνονται υπ' όψιν μόνο οι περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες η θερμοκρασία T_a δεν υπερβαίνει την θερμοκρασία αναφοράς T_{av} .

Ομοίως, η εξίσωση υπολογισμού των βαθμοωρών ψύξης CDH είναι η :

$$CDH = \sum_{1}^N (T_{ai} - T_{av})$$

όπου N είναι ο αριθμός των ημερών για κάθε μήνα, T_{av} είναι η θερμοκρασία αναφοράς ($^{\circ}C$) η οποία στην περίπτωση μας έχει τεθεί στους $24^{\circ}C$, και T_a η ωριαία θερμοκρασία περιβάλλοντος. Κατά τον υπολογισμό των βαθμοωρών ψύξης λαμβάνονται υπ' όψιν μόνο οι περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες η θερμοκρασία T_{ai} υπερβαίνει την θερμοκρασία αναφοράς T_{av} .

Χρησιμοποιώντας τώρα τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα και με την εφαρμογή των δύο παραπάνω εξισώσεων υπολογίζω τις βαθμομέρες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης για το σύνολο των μηνών. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

ΜΗΝΑΣ	ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΒΑΘΜΟΩΡΕΣ ΨΥΞΗΣ
Ιανουάριος	943,557
Φεβρουάριος	2046,589
Μάρτιος	1497,25
Απρίλιος	778,071
Μάιος	223,033
Ιούνιος	1360,4
Ιούλιος	1595,6
Αύγουστος	1657,72
Σεπτέμβριος	857,868
Οκτώβριος	737,936
Νοέμβριος	476,935
Δεκέμβριος	1187,757
ΣΥΝΟΛΟ	13362,716

Πίνακας 2-8 Βαθμομέρες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης

Η χρησιμότητα των βαθμοημερών θέρμανσης και βαθμοωρών ψύξης στην εργασία μας θα αναδειχθεί στην συνέχεια του κεφαλαίου, καθώς θα χρησιμοποιηθούν τόσο για την εκτίμηση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων όσο και για την εξαγωγή των καμπυλών διάρκειας φορτίου.

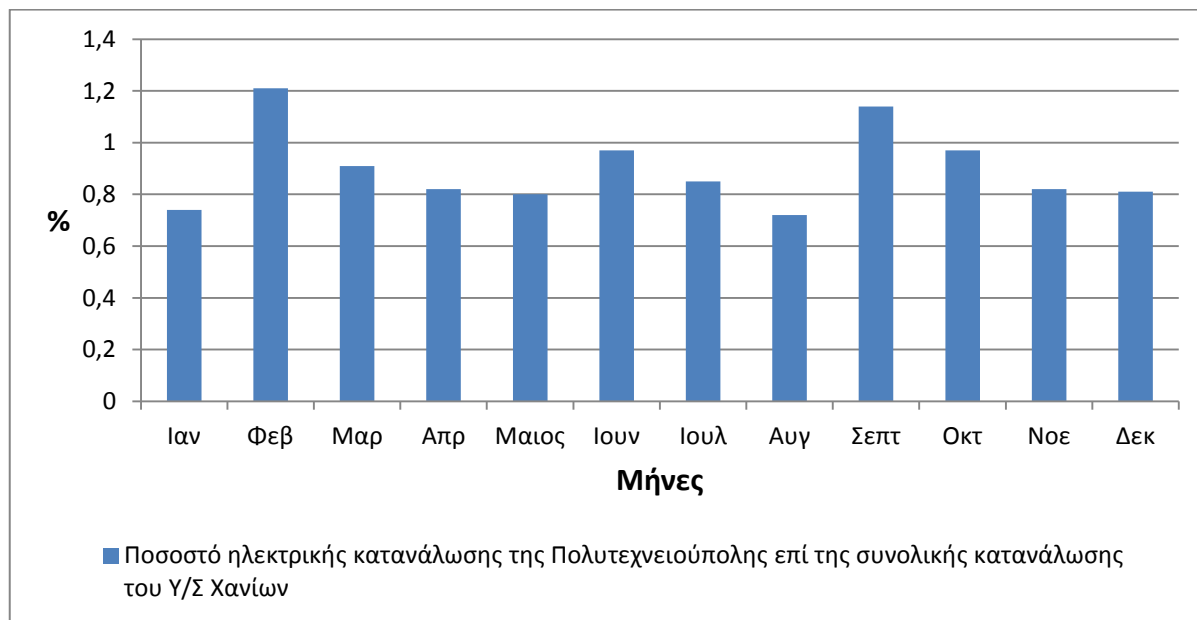
2.3.3 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας και Πετρελαίου Θέρμανσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία για την μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρισμού για το έτος 2010.

ΜΗΝΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)
Ιανουάριος	303.240
Φεβρουάριος	428.400
Μάρτιος	335.160
Απρίλιος	272.160
Μάιος	279.720
Ιούνιος	383.880
Ιούλιος	393.960
Αύγουστος	357.000
Σεπτέμβριος	446.040
Οκτώβριος	346.920
Νοέμβριος	272.160
Δεκέμβριος	314.160
ΣΥΝΟΛΟ	4.132.800

Πίνακας 2-9 Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την Πολυτεχνειούπολη (στοιχεία για το έτος 2010)

Το διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζει το ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της Πολυτεχνειούπολης για το έτος 2010 επί της συνολικής κατανάλωσης του Υ/Σ Χανίων για το ίδιο έτος. Στην συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής του Υ/Σ Χανίων το ποσοστό κατανάλωσης από μέρους της Πολυτεχνειούπολης ανέρχεται στο 0,89%.



Διάγραμμα 2.3 Ποσοστό ηλεκτρικής κατανάλωσης της Πολυτεχνειούπολης επί της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού του Υποσταθμού Χανίων

Οι ρύποι που εκπέμπονται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον Υ/Σ Χανίων αποτελούν αντικείμενο έρευνας στο[8].

Η συνολική κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των κτιρίων ανέρχεται στα 69650 λίτρα ετησίως. Και η καύση πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκαλεί την εκπομπή αέριων ρύπων, η ποσότητα των οποίων δίνεται στον πίνακα παρακάτω.

CO ₂ (gr/kWh)	SO(gr/kWh)	NO _x (gr/kWh)	Particles(gr/kWh)
373,73	0,25	1,55	0,34

Πίνακας 2-10 Εκπεμπόμενοι ρύποι από την καύση πετρελαίου σε λέβητες θέρμανσης

2.4 Ανάλυση ζήτησης ηλεκτρισμού σε τελικές χρήσεις

2.4.1 Μέθοδος δημιουργίας ημερήσιων καμπυλών κατανάλωσης ηλεκτρισμού

Για την καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος, είναι προτιμότερο να δουλέψουμε με ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρισμού και θερμότητας αντίστοιχα. Λόγω όμως έλλειψης ωριαίων καταναλώσεων ηλεκτρισμού ακολουθήθηκε η παρακάτω μέθοδος:

Έχοντας στην διάθεσή μας τις μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρισμού για το σύνολο των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης(πίνακας 2.9), υιοθετήσαμε μια μέθοδο προκειμένου να εξάγουμε τις ημερήσιες καμπύλες κατανάλωσης για τρεις διαφορετικούς τύπους ημέρας, μια για τις καθημερινές ημέρες της εβδομάδας, μια για τα Σάββατα και μια για τις Κυριακές. Αυτός ο διαχωρισμός των ημερών σε τρεις διαφορετικούς τύπους επιλέχθηκε κυρίως για δύο λόγους :

α) λόγω του ότι η συγκέντρωση κόσμου είναι μειωμένη τα Σαββατοκύριακα σε σχέση με τις καθημερινές ημέρες της εβδομάδας και

β) εξαιτίας της μη λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων τις Κυριακές, γεγονός που κάνει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας να διαφέρει τα Σάββατα από τις Κυριακές.

Η μέθοδος αυτή στηρίχθηκε σε στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρισμού κτιρίων του ΕΜΠ, τα οποία παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά(πχ. ώρες λειτουργίας) με τα κτίρια του Πολυτεχνείου Κρήτης. Αρχικά, υπολογίζουμε για κάθε μήνα του έτους χωριστά, τι ποσοστό της μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρισμού των κτιρίων αντιστοιχεί στις καθημερινές, στα Σάββατα και τις Κυριακές αντίστοιχα, εκμεταλλευόμενοι τα στοιχεία από τα κτίρια του ΕΜΠ[6].Στην συνέχεια, ανάλογα με τον αριθμό των ημερών του μήνα που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο ημέρας(έχουμε 3 διαφορετικούς τύπους ημέρας- καθημερινές, Σάββατα και Κυριακές-) υπολογίζουμε την «μέση» ημερήσια κατανάλωση για κάθε τύπο ημέρας και για όλους τους μήνες. Τέλος κατανέμουμε στις 24 ώρες κάθε ημέρας την ενέργεια που υπολογίσαμε πως αντιστοιχεί σε κάθε τύπο ημέρας, υπολογίζοντας το ποσοστό της ζήτησης για κάθε ώρα βασιζόμενοι και πάλι στα στοιχεία των κτιρίων του ΕΜΠ. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε 12(μήνες)*3(διαφορετικοί τύποι ημέρας)=36 διαφορετικές καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης.

Στην συνέχεια παραθέτουμε ένα παράδειγμα που δείχνει την εφαρμογή της μεθόδου που αναπτύξαμε παραπάνω: Για τον μήνα Ιανουάριο, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού της Πολυτεχνειούπολης ανέρχεται στις 303240 kWh.Ακολουθώντας την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε παραπάνω, υπολογίστηκε πως το 79,2% (240043,356 kWh) της κατανάλωσης αντιστοιχεί στις καθημερινές ημέρες του μήνα (21 για το έτος 2010),το 11,04%(33477,7kWh) στα Σάββατα(5 ημέρες για το 2010), ενώ το υπόλοιπο 9,76% (29717,5kWh) αντιστοιχεί στις Κυριακές (5 ημέρες για το 2010).

Άρα, μια «μέση» καθημερινή ημέρα του μήνα Ιανουαρίου καταναλώνονται 11430,636kWh ενώ μία «μέση» Σαββατιάτικη και Κυριακάτικη ημέρα του ίδιου μήνα καταναλώνονται 6695,54kWh και 5943,5kWh αντίστοιχα.

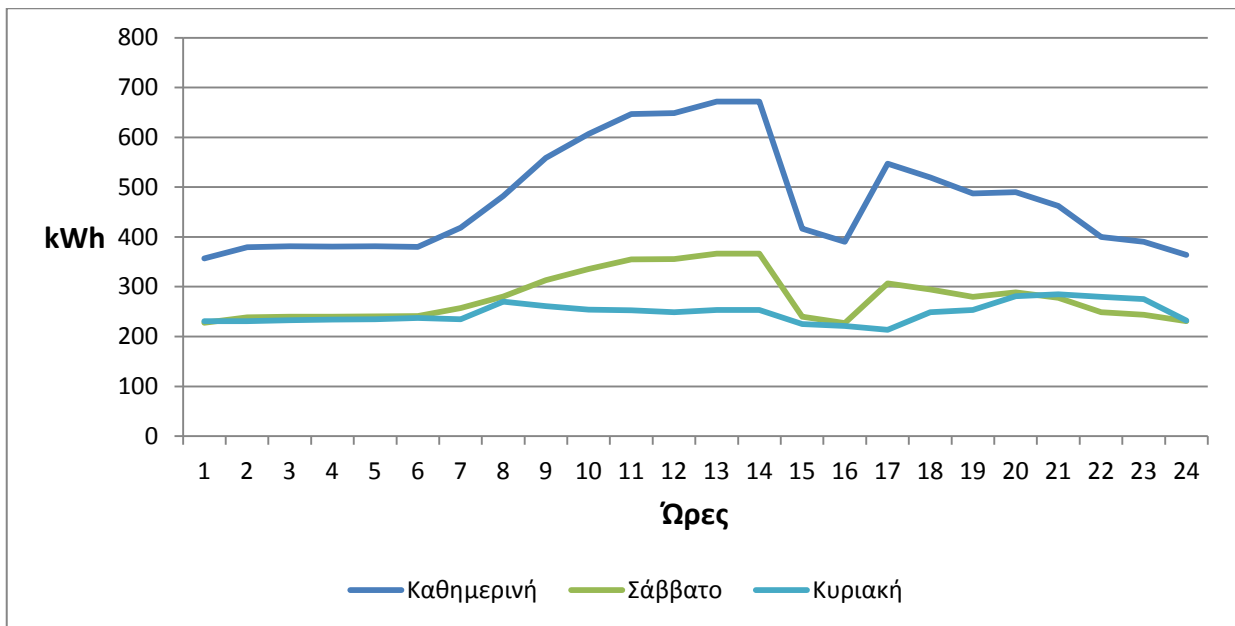
Επομένως, έχοντας την «μέση» κατανάλωση για κάθε τύπο ημέρας, καθώς και τι ποσοστό της ζήτησης πηγαίνει σε κάθε τύπο ώρας και τύπο ημέρας, παράγουμε τρεις διαφορετικές καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης για τον μήνα Ιανουάριο.

ΩΡΑ	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ(kWh)	ΣΑΒΒΑΤΟ(kWh)	ΚΥΡΙΑΚΗ(kWh)
00:00-01:00	356,743	227,429	230,859
01:00-02:00	379,029	238,392	230,722
02:00-03:00	381,317	240,109	233,046
03:00-04:00	380,744	240,087	233,798
04:00-05:00	381,317	240,611	234,686
05:00-06:00	380,173	240,946	237,420
06:00-07:00	418,477	257,041	235,028
07:00-08:00	481,936	280,523	270,076
08:00-09:00	558,545	313,278	260,872
09:00-10:00	606,567	335,631	253,781
10:00-11:00	646,587	354,803	252,853
11:00-12:00	648,874	355,263	249,020
12:00-13:00	671,742	366,398	253,291
13:00-14:00	671,742	366,775	253,086
14:00-15:00	416,868	239,926	225,047
15:00-16:00	389,998	227,012	221,425
16:00-17:00	547,110	306,957	213,498
17:00-18:00	519,669	294,525	248,9
18:00-19:00	487,082	279,518	253,102
19:00-20:00	489,940	288,791	281,142
20:00-21:00	462,498	277,928	284,751
21:00-22:00	399,611	248,941	279,783
22:00-23:00	390,464	243,834	275,226
23:00-00:00	363,603	230,820	232,089

Πίνακας 2-11 Ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο ημέρας του μήνα Ιανουαρίου

Ακολουθώντας την ίδια μέθοδο, δημιουργήσαμε αντίστοιχα καμπύλες για κάθε μήνα του έτους.

Οι καμπύλες ηλεκτρικής κατανάλωσης των τριών διαφορετικών τύπων ημερών για τον μήνα Ιανουάριο παρατίθενται παρακάτω και σε μορφή γραφικής παράστασης. Παρατηρούμε, όπως είναι φυσιολογικό, μια σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού τις ώρες λειτουργίας των γραφείων (08:00-14:00) στις καθημερινές και τα Σάββατα, ενώ η καμπύλη κατανάλωσης τις Κυριακές είναι σχετικά ομαλοποιημένη κατά την διάρκεια της ημέρας.



Διάγραμμα 2.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο ημέρας του Ιανουαρίου

2.4.2 Μεθοδολογία υπολογισμού θερμικού/ψυκτικού φορτίου

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων που απαιτούνται για την ετήσια κάλυψη του κλιματισμού των κτιριακών εγκαταστάσεων που βρίσκονται εντός της Πολυτεχνειούπολης. Η μέθοδος που θα αναλυθεί στην συνέχεια της συγκεκριμένης παραγράφου αφορά μόνο τα κτίρια εκείνα τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό για να καλύψουν τις θερμικές/ψυκτικές ανάγκες τους.

Έχοντας όλα τα στοιχεία για τις υπάρχουσες κλιματιστικές μονάδες διαθέσιμα από τον πίνακα 2.3, υπολογίζουμε την συνολική ηλεκτρική ισχύ των μονάδων αυτών. Για απλοποίηση των υπολογισμών υποθέτουμε ότι η θερμική και η ψυκτική ισχύς των εγκατεστημένων κλιματιστικών μονάδων συμπίπτει (στην πραγματικότητα η θερμική και ψυκτική ισχύς των συγκεκριμένων μονάδων διαφέρουν ελάχιστα και έτσι μπορούμε να στηρίξουμε την παραπάνω υπόθεση), και εισάγουμε την έννοια του βαθμού αποδοτικότητας COP (Coefficient Of Performance), ο οποίος κυμαίνεται από 2,5-5 ανάλογα με την τεχνολογία και ερμηνεύεται ως εξής: **για κάθε 1kW ηλεκτρικής ισχύος που καταναλώνει, η μονάδα αποδίδει 2,5-5kW θέρμανσης ή ψύξης.**

Επειδή δεν ήταν δυνατόν να πάρουμε μετρήσεις για τον ακριβή βαθμό αποδοτικότητας του κάθε κλιματιστικού, υιοθετούμε για κάθε τύπο κλιματιστικών, ανάλογα με την τεχνολογία του, μια τιμή για τον COP. Έτσι για τις κλιματιστικές μονάδες του κτιρίου Επιστημών και των κτιρίων του ΜΗΠΕΡ, υποθέτουμε COP ίσο με 4 (ενεργειακή κλάση A), καθώς πρόκειται για καινούργιες εγκαταστάσεις τελευταίας τεχνολογίας. Οι κλιματιστικές μονάδες των κτιρίων ΜΗΧΟΠ είναι αρκετά παλαιότερες, και για αυτές υποθέτουμε COP ίσο με 3,2 (ενεργειακή κλάση B). Όσον αφορά τα κτίρια του ΜΠΔ, υποθέτουμε COP ίσο με 4 για τις μονάδες που είναι εγκατεστημένες στην καινούργια βιβλιοθήκη, 3 (ενεργειακή κλάση C) για τα μισά σπλίτ (300) και 3,5 (ενεργειακή κλάση B) για τα υπόλοιπα 300 σπλίτ (τα μισά έχουν αντικατασταθεί πρόσφατα με αντίστοιχα νεότερης τεχνολογίας και άρα είναι λογικό να είναι πιο αποδοτικά), και COP 3 για τις μονάδες του ξύλινου αμφιθεάτρου και της παλαιάς βιβλιοθήκης καθώς και για τις υπόλοιπες κλιματιστικές μονάδες.

Συγκεντρωτικά η ψυκτική/θερμική ισχύς των μονάδων ανά ομάδα κτιρίων δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΟΜΑΔΑ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΨΥΚΤΙΚΗ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(kW)	ΨΥΚΤΙΚΗ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(BTU/h)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(kW)
ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	850	725080,2	212,5
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΠΕΡ	400	341214,2	100
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΧΟΠ	800	853035,5	250
ΚΤΙΡΙΑ ΜΠΔ	1300	1371681,1	402
ΣΥΝΟΛΟ	3350	3291011	964,5

Πίνακας 2-12 Ηλεκτρική ισχύς κλιματιστικών μονάδων

Προκειμένου να εκτιμήσουμε το θερμικό και ψυκτικό φορτίο, είναι αναγκαίο να υπολογίσουμε το σύνολο των ωρών ανά μήνα όπου υπάρχει ανάγκη για κλιματισμό, είτε πρόκειται για ψύξη, είτε για θέρμανση. Για τον σκοπό αυτό, ορίζουμε την θερμοκρασία άνεσης, τόσο για τους καλοκαιρινούς όσο και για τους χειμερινούς μήνες.

Η θερμοκρασία άνεσης για τους χειμερινούς μήνες ορίστηκε στους 20°C , και είναι η θερμοκρασία εξωτερικού χώρου κάτω από την οποία υπάρχει ανάγκη για θέρμανση των κτιρίων. Με αυτό τον τρόπο ορίζουμε το $\Delta\theta = 20 - \theta_{out}$.

Αντίστοιχα για τους καλοκαιρινούς μήνες, η θερμοκρασία άνεσης ορίστηκε στους 24°C , και αντιστοιχεί στην θερμοκρασία εξωτερικού χώρου πάνω από την οποία υπάρχει ανάγκη για ψύξη. Έτσι ορίζεται το $\Delta\theta = \theta_{out} - 24$.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε μια βάση η οποία περιέχει τις διαφορές θερμοκρασιών για όλες τις ώρες κάθε μήνα και από την οποία μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια τον αριθμό των ωρών ανά μήνα κατά τις οποίες γίνεται χρήση των κλιματιστικών μονάδων της Πολυτεχνειούπολης. Το άθροισμα αυτό των ωριαίων θερμοκρασιών κάθε μήνα, αντιστοιχεί στις βαθμοημέρες θέρμανσης για τον χειμώνα και τις βαθμοώρες ψύξης για το καλοκαίρι, τις οποίες έχουμε υπολογίσει σε προηγούμενη παράγραφο στο κεφάλαιο αυτό, και συνδέονται άμεσα με το μέγεθος του θερμικού/ψυκτικού φορτίου κάθε μήνα.

Για να εκτιμήσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για κλιματισμό, δουλεύουμε ξεχωριστά για τους καλοκαιρινούς και τους χειμερινούς μήνες. Έχοντας λοιπόν ως δεδομένο την ψυκτική ισχύ του συνόλου των κλιματιστικών για τις 4 αυτές ομάδες κτιρίων, την διαφορά θερμοκρασίας με βάση την οποία επιλέχθηκε η συνολική ισχύς των εγκατεστημένων κλιματιστικών (10 βαθμοί Κελσίου από την τεχνική περιγραφή του κτιρίου Επιστημών για τους καλοκαιρινούς μήνες) και τις ωριαίες διαφορές θερμοκρασιών για όλες τις ημέρες του χρόνου από τα κλιματολογικά δεδομένα για το 2003, αναπτύχθηκε μια μέθοδος υπολογισμού του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων[9].

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα εφαρμόζουμε τον τύπο $Q = U \cdot A \cdot (T_{in} - T_{out})$ για όλες τις ομάδες κτιρίων και για όλες τις ώρες εκείνες στις οποίες λειτουργούν οι κλιματιστικές μονάδες, όπου T_{in} η επιθυμητή θερμοκρασία άνεσης την οποία έχουμε ορίσει και αντιστοιχεί στους 24 βαθμούς Κελσίου για το καλοκαίρι, T_{out} η μέση ωριαία εξωτερική θερμοκρασία και A η συνολική επιφάνεια της κάθε ομάδας κτιρίων σε τετραγωνικά μέτρα (βλέπε πίνακα 2.1 παραπάνω). Αντίστοιχα, από τον τρόπο με τον οποίο έγινε η διαστασιολόγηση γνωρίζουμε ότι ο παραπάνω τύπος μου δίνει $Q_{εγκ} = U \cdot A \cdot (10)$, όπου $Q_{εγκ}$ αντιστοιχεί στην συνολική εγκατεστημένη

ισχύ για την κάθε ομάδα κτιρίων[10].(πχ για το κτίριο επιστημών το $Q_{εγκ}$ αντιστοιχεί στα 850 kW, πίνακας 2.12)

Διαιρώντας κατά μέλη κάθε φορά τις 2 παραπάνω εξισώσεις που έχουμε υπογραμμίσει και εφαρμόζοντας για κάθε μέρα του έτους χωριστά(ανάλογα λοιπόν με τις διαφορές θερμοκρασιών για κάθε ημέρα), λαμβάνουμε μια καλή προσέγγιση του μεγέθους της ψυκτικής ζήτησης για κάθε ώρα λειτουργίας. Το άθροισμα όλων των ωριαίων αποτελεσμάτων Q για όλες τις ώρες λειτουργίας των μονάδων ανά μήνα, μας δίνει το ψυκτικό φορτίο για κάθε μήνα. Το πηλίκο $(T_{in}-T_{out})/10$ εκφράζει στην ουσία τον «συντελεστή χρησιμοποίησης» των κλιματιστικών μονάδων κατά την διάρκεια της ημέρας στην οποία οι μονάδες αυτές λειτουργούν.

Η ίδια μεθοδολογία, με μια μικρή διαφοροποίηση, χρησιμοποιείται και για τον υπολογισμό του απαιτούμενου θερμικού φορτίου, του συνόλου δηλαδή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων του Πολυτεχνείου κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός πως για τον χειμώνα θεωρούμε πως η διαστασιολόγηση έγινε με την διαφορά θερμοκρασίας $(T_{in}-T_{out})$ στους 20 βαθμούς Κελσίου και θερμοκρασία αναφοράς τους +3 βαθμούς Κελσίου[10].(αντί για τους 0 βαθμούς Κελσίου). Επομένως, στην περίπτωση αυτή, για κάθε ώρα λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων, η κατά μέλη διαίρεση της εξίσωσης $Q=U*A*(T_{in}-T_{out})$, όπου T_{in} η επιθυμητή θερμοκρασία άνεσης την οποία εγώ έχω ορίσει και αντιστοιχεί στους 20βαθμούς Κελσίου για τον χειμώνα, T_{out} η μέση ωριαία εξωτερική θερμοκρασία και A η συνολική επιφάνεια της κάθε ομάδας κτιρίων σε τετραγωνικά μέτρα, με την $Q_{εγκ}=U*A*(20-3)$ μας δίνει την εκτίμηση για την ωριαία θερμική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Το άθροισμα των ωριαίων Q για όλες τις ώρες λειτουργίας των μονάδων ανά μήνα, μας δίνει το συνολικό θερμικό φορτίο για κάθε μήνα. . Το πηλίκο $(T_{in}-T_{out})/17$ εκφράζει στην ουσία τον «συντελεστή χρησιμοποίησης» των κλιματιστικών μονάδων κατά την διάρκεια της ημέρας στην οποία οι μονάδες αυτές λειτουργούν.

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ(%)
Ιανουάριος	28,17
Φεβρουάριος	50,8
Μάρτιος	36,6
Απρίλιος	21,81
Μάιος	19,63
Ιούνιος	46,12
Ιούλιος	54,98
Αύγουστος	60,3
Σεπτέμβριος	31,3
Οκτώβριος	38,35
Νοέμβριος	18,14
Δεκέμβριος	33,41

Πίνακας 2-13 Συντελεστής χρησιμοποίησης κλιματιστικών μονάδων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου που αναπτύχθηκε παραπάνω, τόσο συγκεντρωτικά για το σύνολο των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης(πίνακας 2.14), όσο και αναλυτικά για την κάθε ομάδα κτιρίων(ο πίνακας 2.15 περιλαμβάνει την ηλεκτρική κατανάλωση ενώ ο πίνακας 2.16 την θερμική/ψυκτική κατανάλωση για κάθε κτίριο).

Από τον πίνακα 2.14 παρατηρούμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες, ένα μεγάλο ποσοστό της ηλεκτρικής κατανάλωσης των κτιρίων οφείλεται στην ανάγκη κλιματισμού των χώρων που καταλαμβάνουν τα κτίρια του Πολυτεχνείου Κρήτης.

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ /ΨΥΞΗ(kWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ(%)
Ιανουάριος	21	197	53521,81	17,65
Φεβρουάριος	24	237	116111,62	27,10
Μάρτιος	24	239	84385,81	25,18
Απρίλιος	21	204	42920,25	15,77
Μάιος	20	114	21586,47	7,72
Ιούνιος	26	295	131221,19	34,18
Ιούλιος	27	188	104632,82	26,56
Αύγουστος	25	172	100041,8	28,02
Σεπτέμβριος	26	274	82687,55	18,54
Οκτώβριος	26	200	71172,38	20,51
Νοέμβριος	23	150	26238,36	9,64
Δεκέμβριος	21	210	67662,51	21,54
ΣΥΝΟΛΟ	284	2480	902182,57	

Πίνακας 2-14 Ωρες λειτουργίας και εκτιμώμενο μέγεθος μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης για κλιματισμό



Διάγραμμα 2.5 Ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση ψύξη ανά μήνα, σε σχέση με την ανά μήνα συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού

ΜΗΝΑΣ	ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ(kWh)	ΜΗΠΕΡ(kWh)	ΜΗΧΟΠ(kWh)	ΜΠΔ(kWh)
Ιανουάριος	11792	5549,18	13872,94	22307,69
Φεβρουάριος	25581,88	12038,53	30096,32	48394,89
Μάρτιος	18592	8749,18	21872,94	35171,69
Απρίλιος	9456,25	4450	11125	17889
Μάιος	4755,96	2238,1	5595,25	8997,16
Ιούνιος	28910,84	13605,1	34012,75	54692,5
Ιούλιος	23052,85	10848,4	27121	43610,57
Αύγουστος	22041,35	10372,4	25931	41697,05
Σεπτέμβριος	18217,84	8573,1	21432,75	34463,86
Οκτώβριος	15680,8	7379,2	18448	29664,38
Νοέμβριος	5780,87	2720,41	6801,03	10936,05
Δεκέμβριος	14907,5	7015,29	17538,24	28201,48
ΣΥΝΟΛΟ	198770,14	93538,89	233847,22	376026,32

Πίνακας 2-15 Εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρισμού για θέρμανση/ψύξη ανά ομάδα κτιρίων

ΜΗΝΑΣ	ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ(kWh)	ΜΗΠΕΡ(kWh)	ΜΗΧΟΠ(kWh)	ΜΠΔ(kWh)
Ιανουάριος	47168	22196,72	44393,408	72499,9925
Φεβρουάριος	102327,52	48154,12	96308,224	157283,3925
Μάρτιος	74368	34996,72	69993,408	114307,9925
Απρίλιος	37825	17800	35600	58139,25
Μάιος	19023,84	8952,4	17904,8	29240,77
Ιούνιος	115643,36	54420,4	108840,8	177750,625
Ιούλιος	92211,4	43393,6	86787,2	141734,3525
Αύγουστος	88165,4	41489,6	82979,2	135515,4125
Σεπτέμβριος	72871,36	34292,4	68584,8	112007,545
Οκτώβριος	62723,2	29516,8	59033,6	96409,235
Νοέμβριος	23123,48	10881,64	21763,296	35542,1625
Δεκέμβριος	59630	28061,16	56122,368	91654,81
ΣΥΝΟΛΟ	795080,56	374155,56	748311,104	1222085,54

Πίνακας 2-16 Εκτιμώμενο θερμικό/ψυκτικό φορτίο – προερχόμενο από ηλεκτρισμό – ανά ομάδα κτιρίων

2.5 Κατανομή κατανάλωσης πετρελαίου

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων που καλύπτονται με την καύση πετρελαίου θέρμανσης. Η μέθοδος που αναπτύσσουμε στην συνέχεια αυτής της παραγράφου λαμβάνει υπόψη τόσο το μέγεθος, όσο και τις ώρες λειτουργίας της και τον ρυθμό κατανάλωσης καυσίμου της κάθε μονάδας.

Αρχικά, διαχωρίζουμε τους λέβητες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης(Z.N.X.) από τους λέβητες που χρησιμοποιούνται με σκοπό την θέρμανση των κτιρίων.

2.5.1 Λέβητες Ζεστού Νερού Χρήσης(Z.N.X.)

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 2.2, έχουμε δύο λέβητες ζεστού νερού χρήσης στο Πολυτεχνείο, έναν για την Φοιτητική Λέσχη (50.000 kcal με κατανάλωση 3,13kg/h και απόδοση 89%) και έναν για την Φοιτητική Εστία (200.000kcal με κατανάλωση 20kg/h και απόδοση 89%).

Ο μαθηματικός τύπος ο οποίος υπολογίζει το απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d (kWh/day) για Z.N.X[7] είναι ο :

$$Q_d = V_d * \frac{c}{3600} * p * \Delta T$$

όπου V_d το φορτίο σε lt/day

$p=1$ kg/lt και αναφέρεται στην πυκνότητα του νερού

$c=4,18$ kJ/(kg*K) ειδική θερμότητα

ΔT : η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του Z.N.X. και του νερού του δικτύου

Ως θερμοκρασία για το Z.N.X. θα πάρουμε τους 47.5 βαθμούς Κελσίου, ενώ για τις διάφορες θερμοκρασίες του νερού δικτύου θα χρησιμοποιήσουμε τις μέσες μηνιαίες τιμές όπως αυτές προκύπτουν από το TO-TEE[7], τις οποίες παραθέτουμε στον παρακάτω πίνακα.

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)
Ιανουάριος	14,2
Φεβρουάριος	13,4
Μάρτιος	13,7
Απρίλιος	15,4
Μάιος	17,8
Ιούνιος	20,9
Ιούλιος	23,0
Αύγουστος	24,1
Σεπτέμβριος	23,6
Οκτώβριος	21,7
Νοέμβριος	19,0
Δεκέμβριος	16,1

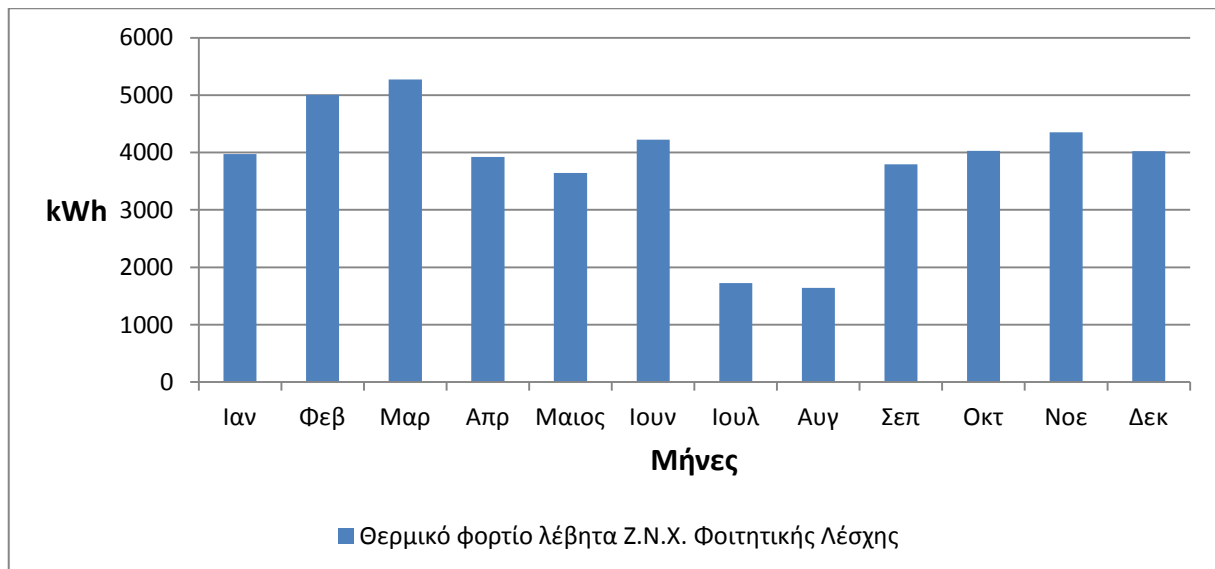
Πίνακας 2-17 Μέση θερμοκρασία νερού δικτύου (°C)

2.5.1.1 Λέβητας Z.N.X. Φοιτητικής Λέσχης

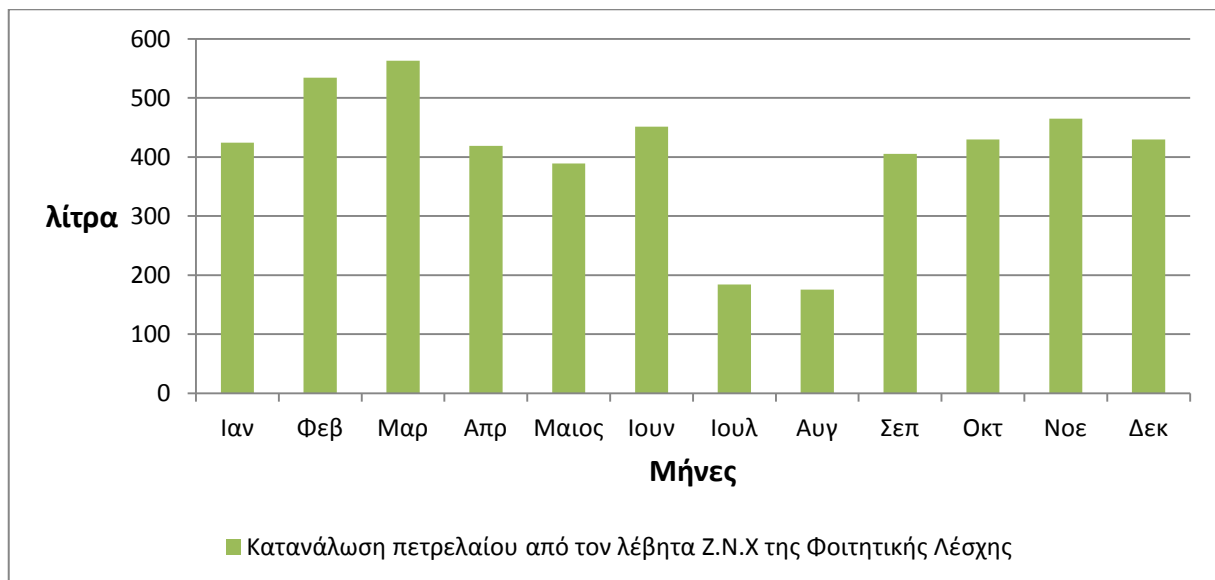
Η λέσχη λειτουργεί συνολικά 333 ημέρες τον χρόνο, παραμένοντας κλειστή τις ημέρες που δεν λειτουργεί το Πολυτεχνείο(βλέπε πίνακα 2.4).Από αυτές τις 333 ημέρες λειτουργίας, τις 209 (καθημερινές)εξυπηρετεί κατά μέσο όρο 650 άτομα ημερησίως, τις 84(Σαββατοκύριακα) 350 άτομα κατά μέσο όρο ενώ τις υπόλοιπες 40(καλοκαιρινή περίοδος η οποία περιλαμβάνει τις 20 τελευταίες ημέρες του Ιουλίου και τις 20 πρώτες του Αυγούστου) εξυπηρετεί 80 άτομα ημερησίως.(Τα στοιχεία για τον αριθμό των ατόμων που γευματίζουν στην λέσχη προήλθαν από συνομιλίες με το προσωπικό της λέσχης)

Η κατανάλωση Z.N.X. είναι 8lt ανά άτομο την ημέρα[7].Στην συνέχεια, για κάθε μήνα χωριστά, ανάλογα με τις ημέρες λειτουργίας, υπολογίσαμε το θερμικό φορτίο Q_d (kWh/day) για Z.N.X, κάνοντας χρήση της εξίσωσης και των τιμών που αναφέρουμε παραπάνω. Έπειτα, έχοντας υπολογίσει το θερμικό φορτίο για κάθε μήνα, και λαμβάνοντας υπόψιν την απόδοση του λέβητα(89%) υπολογίζουμε την κατανάλωση πετρελαίου για τον λέβητα Z.N.X. της Φοιτητικής Λέσχης.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για το ανά μήνα θερμικό φορτίο και την ανά μήνα κατανάλωση πετρελαίου του λέβητα Z.N.X της Λέσχης παρουσιάζονται γραφικά στην συνέχεια.



Διάγραμμα 2.6 Μηνιαίο θερμικό φορτίο του λέβητα Ζ.Ν.Χ. της Φοιτητικής Λέσχης



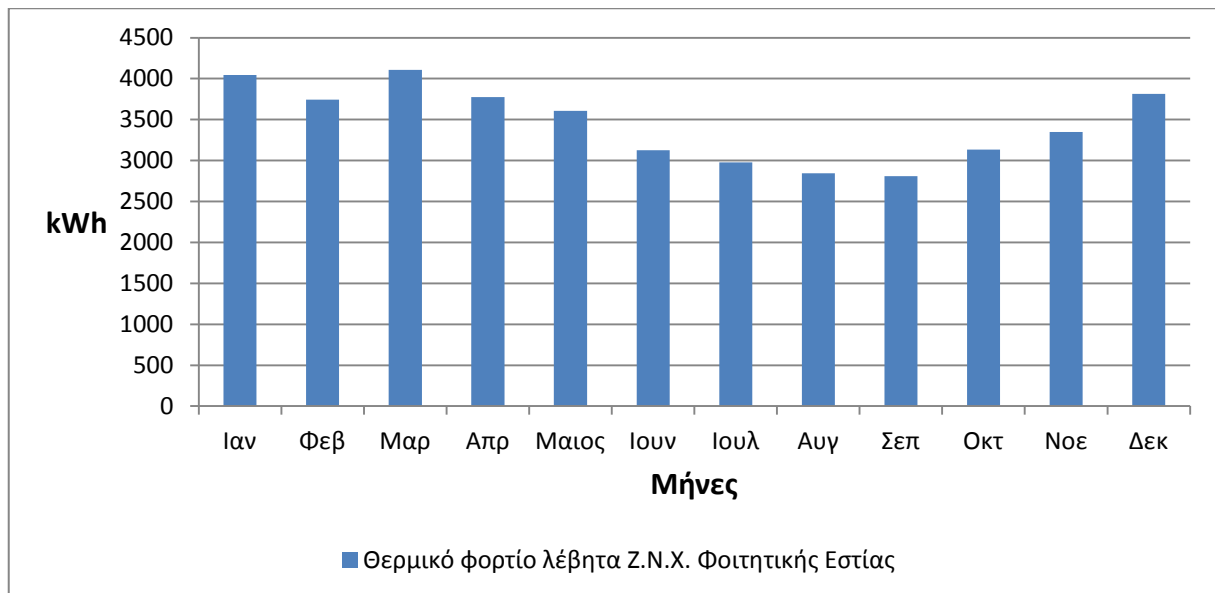
Διάγραμμα 2.7 Κατανάλωση πετρελαίου από τον λέβητα Ζ.Ν.Χ της Φοιτητικής Λέσχης

Από το διάγραμμα 2.6 διαπιστώνουμε ότι το ετήσιο θερμικό φορτίο του λέβητα της Φοιτητικής Λέσχης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης ανέρχεται στα 45607kWh. Για τον σκοπό αυτό καταναλώνονται ετησίως 4870 λίτρα πετρελαίου.

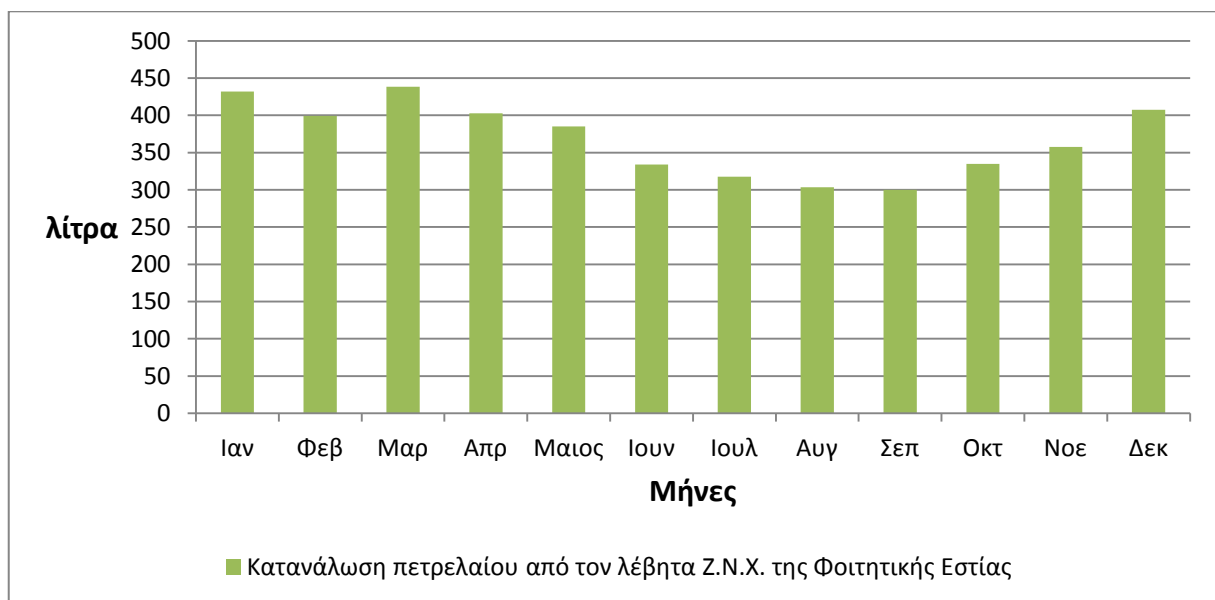
2.5.1.2 Λέβητας Ζ.Ν.Χ Φοιτητικής Εστίας

Η εστία του Π.Κ. φιλοξενεί 75 φοιτητές συνολικά, και λειτουργεί 365 ημέρες τον χρόνο, δηλαδή καθ'όλη την διάρκεια του έτους. Η κατανάλωση Ζ.Ν.Χ για την εστία ανέρχεται σε 45lt ανά άτομο την ημέρα([7]) και επομένως το συνολικό φορτίο είναι $V_d=3375 \text{ lt/day}$.

Χρησιμοποιώντας και πάλι την εξίσωση για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου Q_d και τις μέσες μηνιαίες τιμές νερού δικτύου από τον πίνακα 2.16,υπολογίσαμε το μηνιαίο θερμικό φορτίο και την μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου για τον λέβητα Ζ.Ν.Χ. της Φοιτητικής Εστίας(89% απόδοση).



Διάγραμμα 2.8 Μηνιαίο θερμικό φορτίο του λέβητα Z.N.X. της Φοιτητικής Εστίας



Διάγραμμα 2.9 Κατανάλωση πετρελαίου από τον λέβητα Z.N.X της Φοιτητικής Εστίας

Αντίστοιχα, το ετήσιο θερμικό φορτίο του λέβητα της Φοιτητικής Εστίας που χρησιμοποιείται για Z.N.X ανέρχεται στα 41329,7kWh, για την παραγωγή των οποίων καταναλώνονται ετησίως 4412 λίτρα πετρελαίου.

Επομένως, η συνολική κατανάλωση πετρελαίου για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ανέρχεται στα $4869,13 + 4412,07 = 9281,2$ λίτρα, ποσότητα η οποία αντιστοιχεί στο 13,32% του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως από τους υπάρχοντες λέβητες της Πολυτεχνειούπολης για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του Π.Κ.

Η συνολική κατανάλωση πετρελαίου στο Π.Κ. ανέρχεται στα 69650lt , επομένως τα 60368,8lt που απομένουν(και αντιστοιχούν σε 635390,84kWh ΑΘΔ) καταναλώνονται για θέρμανση των κτιρίων.

2.5.2 Λέβητες Θέρμανσης

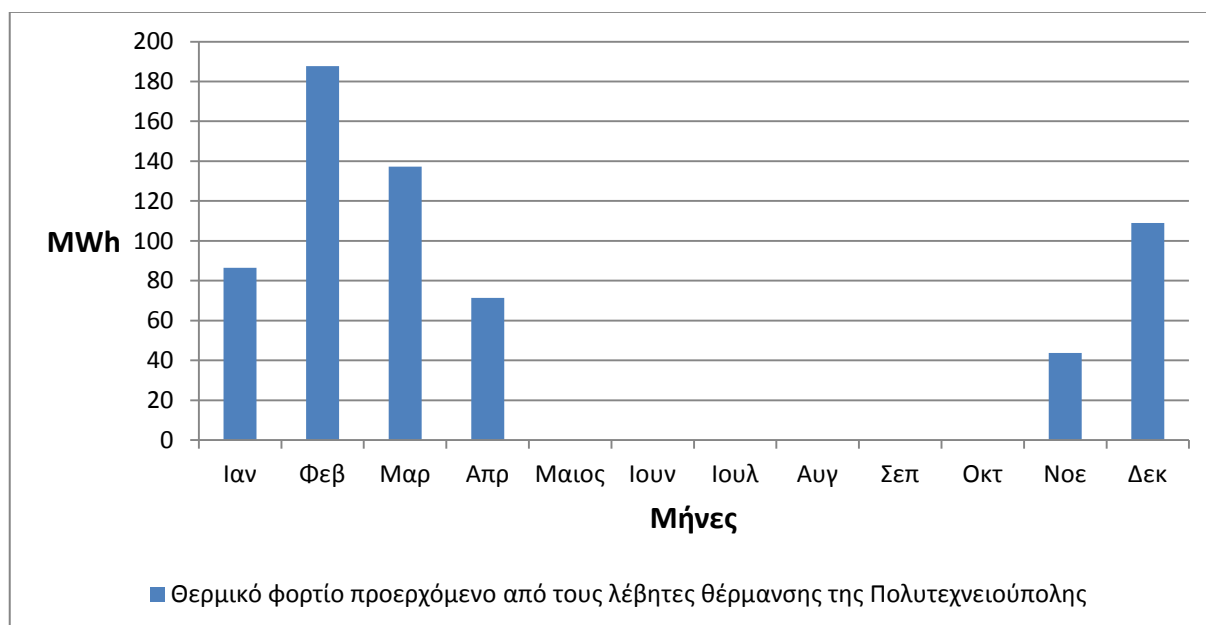
Από τον πίνακα 2.2 παρατηρούμε ότι οι ομάδες κτιρίων που χρησιμοποιούν πετρέλαιο για την θέρμανση τους είναι τα κτίρια ΜΠΔ, τα κτίρια ΜΗΧΟΠ και το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας. Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις για την ποσότητα του πετρελαίου που καταναλώνουν οι λέβητες που αντιστοιχούν σε κάθε κτίριο, χρησιμοποιούμε την εξής μεθοδολογία για να κατανείμουμε την κατανάλωση πετρελαίου σε κάθε μήνα από τους 6 του χειμερινού εξαμήνου και σε κάθε ομάδα κτιρίων.

Αρχικά, ανάλογα με τις βαθμοημέρες θέρμανσης που έχουμε υπολογίσει και αντιστοιχούν σε κάθε μήνα και με τις ώρες λειτουργίας των λεβήτων ανά μήνα, κατανείμουμε και την ανάλογη ποσότητα πετρελαίου στους 6 χειμερινούς μήνες. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά της επιθυμητής εσωτερικής θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου από την εξωτερική θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ανάγκη για θέρμανση του χώρου, άρα τόσο μεγαλύτερη η κατανάλωση πετρελαίου για να καλυφθούν οι θερμικές ανάγκες του χώρου. Ανάλογα με την ποσότητα πετρελαίου που καταναλώνεται ανά μήνα, υπολογίζεται και η ποσότητα ενέργειας που προέρχεται από την καύση αυτού. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στην ενέργεια που απαιτείται για να καλυφθούν οι θερμικές ανάγκες των κτιρίων.

Στον παρακάτω πίνακα περιέχονται τα στοιχεία για την ανά μήνα κατανάλωση πετρελαίου και το αντίστοιχο θερμικό φορτίο που εξυπηρετείται.

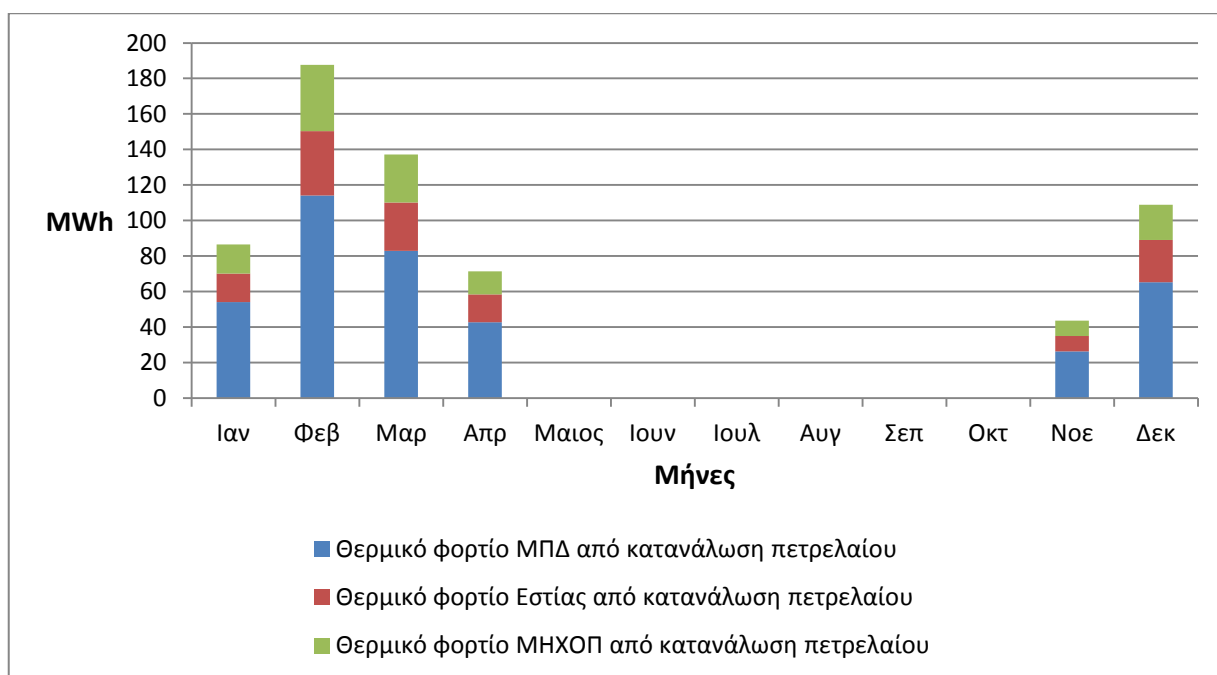
ΜΗΝΑΣ	ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ(lt)	ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (kWh)
Ιανουάριος	62,5	8222,23	86540,23
Φεβρουάριος	165,2	17826,9	187630,95
Μάρτιος	108,95	13039,66	137244,41
Απρίλιος	50,77	6779,42	71354,43
Νοέμβριος	21,32	4153,37	43714,85
Δεκέμβριος	77	10347,21	108905,97
ΣΥΝΟΛΟ	485,74	60368,8	635390,84

Πίνακας 2-18 Κατανάλωση πετρελαίου και θερμικό φορτίο που προκύπτει από την καύση αυτού



Διάγραμμα 2.10 Θερμικό φορτίο προερχόμενο από την λειτουργία των λεβήτων θέρμανσης της Πολυτεχνειούπολης

Στην συνέχεια, έχοντας την μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου(πίνακας 2.18), αξιοποιούμε τα στοιχεία που έχουμε για την θερμική ισχύ, την απόδοση των λέβητων και τις ώρες λειτουργίας αυτών για να μπορέσουμε να κατανείμουμε την μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου στις διάφορες ομάδες κτιρίων. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η απλή αναλογική, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική ισχύς του λέβητα, και όσο περισσότερες ώρες λειτουργεί κατά την διάρκεια της ημέρας τόσο μεγαλύτερη θα είναι η κατανάλωση πετρελαίου από τον λέβητα αυτό. Αθροίζοντας εν συνεχεία τις καταναλώσεις για όλους τους λέβητες που εξυπηρετούν την κάθε ομάδα κτιρίων και κάνοντας την μετατροπή σε ποσότητα προσφερόμενης ενέργειας από την καύση του πετρελαίου καταλήγουμε στο θερμικό φορτίο που χρειάζεται κάθε ομάδα κτιρίων για να καλύψει τις θερμικές της ανάγκες. Τα αποτελέσματα για το ανά ομάδα κτιρίων –προερχόμενο από καύση πετρελαίου-θερμικό φορτίο παρουσιάζονται στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.11 Θερμικό φορτίο – προερχόμενο από την καύση πετρελαίου - ανά ομάδα κτιρίων.

2.6 Συνολικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο Πολυτεχνειούπολης και καμπύλες διάρκειας θερμικού φορτίου

Συνδυάζοντας τα στοιχεία που προκύπτουν από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη με τα αντίστοιχα για την κατανάλωση πετρελαίου, καταλήγουμε στο συνολικό απαιτούμενο φορτίο για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης κατά την διάρκεια του έτους.

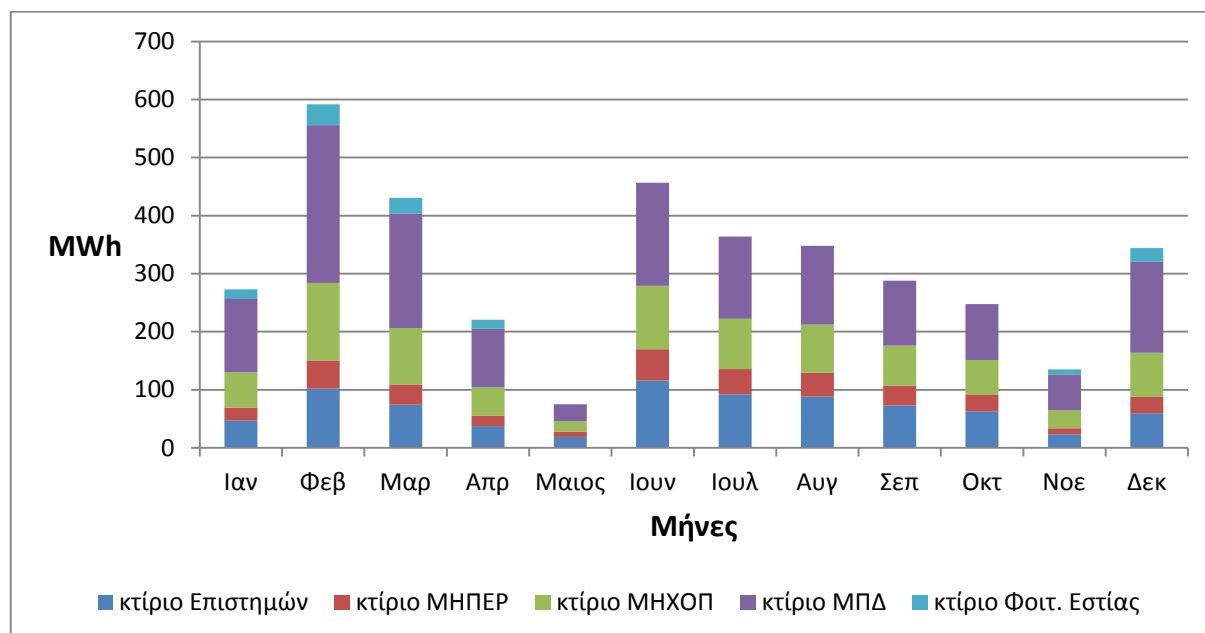
2.6.1 Συνολικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο Πολυτεχνειούπολης

Το σύνολο της μηνιαίας καταναλισκόμενης ενέργειας για την Πολυτεχνειούπολη παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΙΚΗ/ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ(kWh)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟ ΚΑΥΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ/ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
Ιανουάριος	186258,1205	86540,23	272798,3505
Φεβρουάριος	404073,2565	187630,95	591704,2065
Μάρτιος	293666,1205	137244,41	430910,5305
Απρίλιος	149364,25	71354,43	220718,68
Μάιος	75121,81		75121,81
Ιούνιος	456655,185		456655,185
Ιούλιος	364126,5525		364126,5525
Αύγουστος	348149,6125		348149,6125
Σεπτέμβριος	287756,105		287756,105
Οκτώβριος	247682,835		247682,835
Νοέμβριος	91310,5785	43714,85	135025,4285
Δεκέμβριος	235468,338	108905,97	344374,308
ΣΥΝΟΛΟ	3139632,764	635390,84	3775023,604

Πίνακας 2-19 Σύνολο καταναλισκόμενης θερμικής/ψυκτικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης

Η παρακάτω γραφική παράσταση απεικονίζει τον καταμερισμό του συνόλου της θερμικής/ψυκτικής ενέργειας που καταναλώνεται από την Πολυτεχνειούπολη στην κάθε ομάδα κτιρίων.

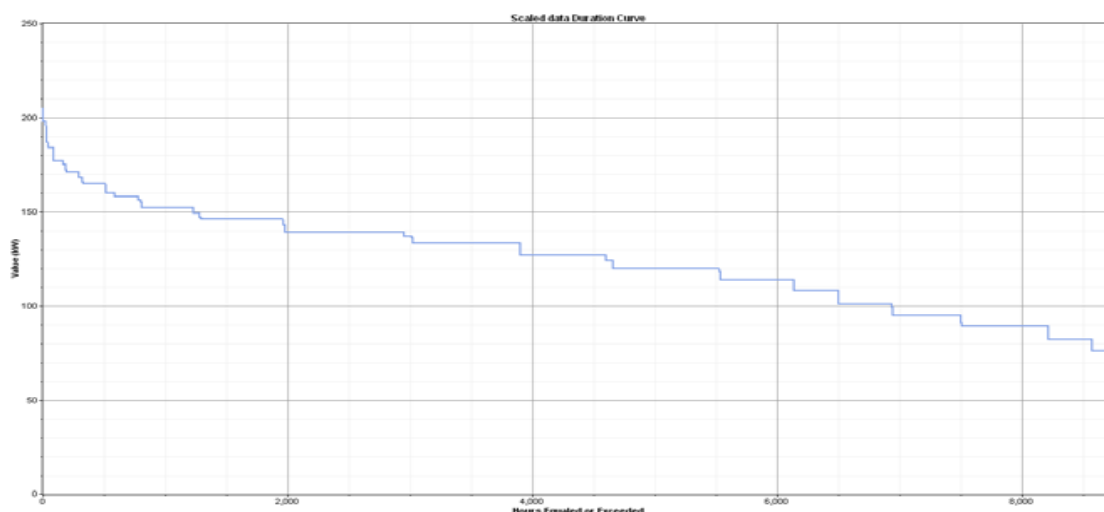


Διάγραμμα 2.12 Κατανάλωση θερμικής/ψυκτικής ενέργειας ανά ομάδα κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης

2.6.2 Καμπύλες διάρκειας φορτίου

2.6.2.1 Ορισμός καμπύλης διάρκειας φορτίου

Καμπύλη φορτίου ενός συστήματος είναι η γραφική παράσταση που απεικονίζει την ζητούμενη ισχύ συναρτήσει του χρόνου. **Καμπύλη διάρκειας φορτίου** είναι το διάγραμμα που δίνει διατεταγμένες κατά μειούμενη σειρά τις τιμές του φορτίου συναρτήσει του ποσοστού του χρόνου στον οποίο το φορτίο έχει μια συγκεκριμένη τιμή, και παρέχει σημαντική πληροφορία για την χρονική διάρκεια κατά την οποία το φορτίο υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή[11]. Οι καμπύλες διάρκειας φορτίου είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την διαδικασία διαστασιολόγησης και ένταξης των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γιατί κάνουν σαφή τον διαχωρισμό μεταξύ του φορτίου βάσης και των αιχμών του συστήματος.



Εικόνα 2.2 Παράδειγμα καμπύλης διάρκειας φορτίου

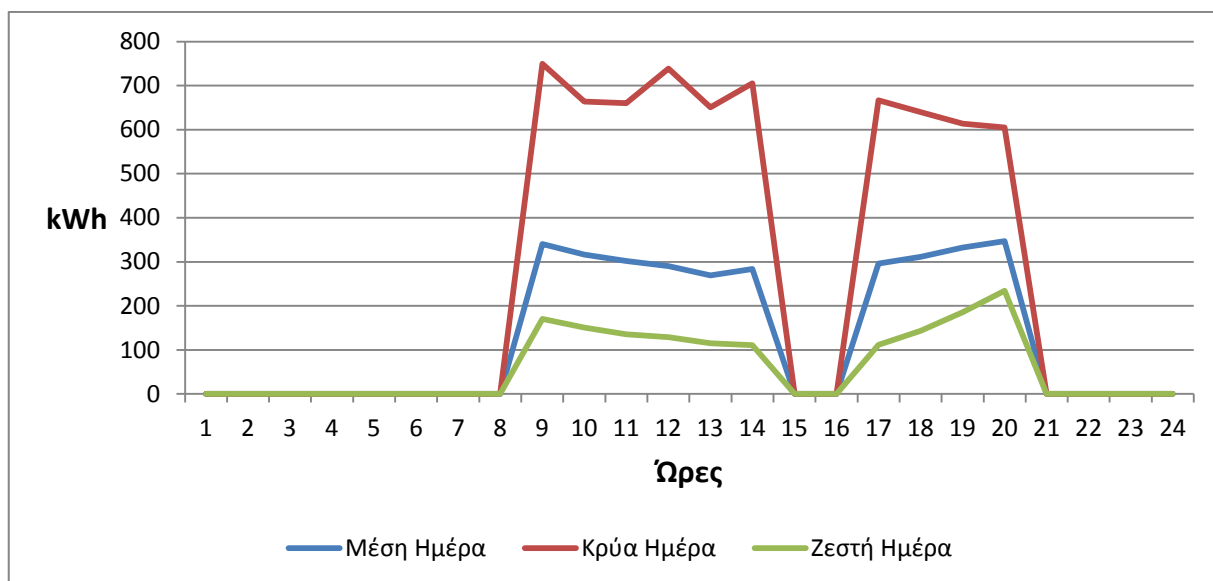
2.6.2.2 Μέθοδος σχεδιασμού καμπυλών διάρκειας φορτίου

Έχοντας πλέον στην διάθεσή μας τα στοιχεία για την μηνιαία κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά ομάδα κτιρίων και τον αριθμό των ημερών του μήνα στις οποίες υπάρχει ανάγκη για θέρμανση μπορούμε να κατανείμουμε την καταναλισκόμενη ενέργεια στις διάφορες ημέρες του μήνα κάνοντας χρήση των βαθμοημερών θέρμανσης. Όσο περισσότερες είναι οι βαθμοημέρες θέρμανσης για μια συγκεκριμένη μέρα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη θέρμανσης των κτιρίων για την ημέρα αυτή άρα μεγαλύτερη θα είναι και η ενέργεια που καταναλώνεται για τον σκοπό αυτό σε σχέση με μια ημέρα με λιγότερες βαθμοημέρες θέρμανσης. Με την παραπάνω λογική υπολογίζουμε την ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση των κτιρίων κάθε ημέρα του χειμερινού εξαμήνου, και εν συνεχεία, ανάλογα με την διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας υπολογίζονται και οι ωριαίες ποσότητες ενέργειας.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα με σκοπό να κάνει την παραπάνω μέθοδο πιο κατανοητή : Τον Μάρτιο, το κτίριο Επιστημών καταναλώνει συνολικά 47168 kWh θερμικής ενέργειας για θέρμανση και το σύνολο των βαθμοημερών θέρμανσης για τον μήνα αυτό ανέρχεται στις 943,557 (βλέπε πίνακα 2.8). Από τα αναλυτικά στοιχεία για τον υπολογισμό των βαθμοημερών θέρμανσης παρατηρούμε ότι στην «μέση» ημέρα του Μαρτίου το σύνολο των βαθμοημερών θέρμανσης ανέρχεται στις 62,16 ενώ για την πιο κρύα και την πιο ζεστή ημέρα του ίδιου μήνα οι βαθμοημέρες θέρμανσης ανέρχονται στις 134,83 και 29,85 αντίστοιχα. Επομένως, με βάση το ποσοστό επί τις εκατό του συνόλου των βαθμοημερών θέρμανσης για τον μήνα αυτό, μια τυπική

ημέρα του Μάρτη χρειάζονται περίπου 3087,6 kWh για να καλυφθούν οι θερμικές ανάγκες του κτιρίου Επιστημών, ενώ για την πιο κρύα και την πιο ζεστή ημέρα του ίδιου μήνα απαιτούνται 6693,12 kWh και 1487,36kWh αντίστοιχα. Κατανέμοντας τις ημερήσιες αυτές ποσότητες ενέργειας στις ώρες που λειτουργεί ο μηχανισμός θέρμανσης του κτιρίου, δηλαδή στο διάστημα από τις 08:00 έως τις 14:00 και από τις 16:00 έως τις 20:00 , με βάση την διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της κάθε ημέρας, καταλήγουμε σε ένα προφίλ ζήτησης θερμικής ενέργειας για κάθε ημέρα.

Το επόμενο γράφημα παρουσιάζει την ωριαία κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την «μέση», την κρύα και την πιο ζεστή ημέρα του Μάρτη.



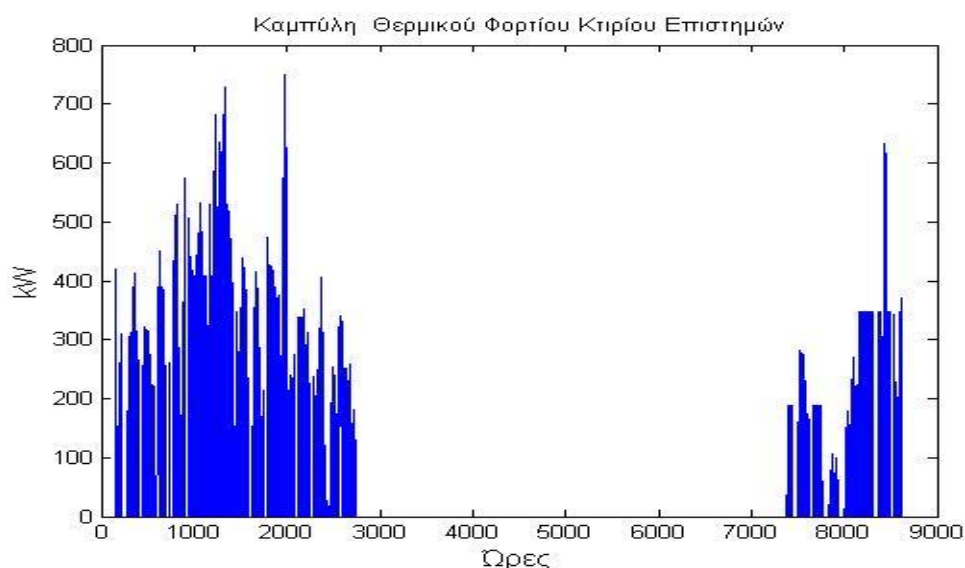
Διάγραμμα 2.13 Ημερήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά τύπο ημέρας του μήνα Μαρτίου

Η ίδια διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω ακολουθείται για όλους τους μήνες και τις ημέρες του χειμώνα όπου υπάρχει ανάγκη θέρμανσης, με σκοπό την δημιουργία των καμπυλών διάρκειας θερμικού φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων, με την βοήθεια των οποίων θα γίνει στην συνέχεια η διαστασιολόγηση των μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας που θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της Πολυτεχνειούπολης.

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής παρουσιάζονται στην συνέχεια, στα διαγράμματα που ακολουθούν, για κάθε ομάδα κτιρίων του Π.Κ.

2.6.2.2.1 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών

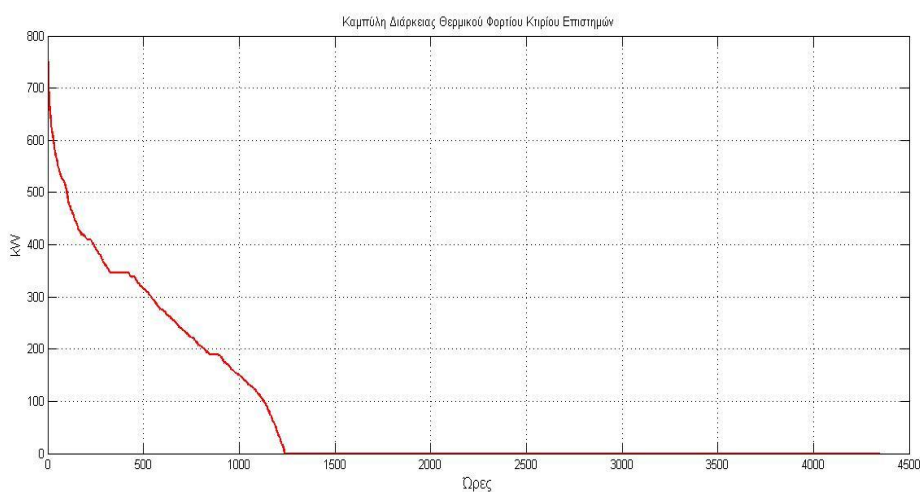
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών, στο οποίο φαίνεται ο συνολικός χρόνος του έτους σε ώρες κατά τον οποίο το κτίριο έχει ανάγκη θέρμανσης και το μέγεθος της θερμικής ενέργειας την οποία «ζητάει» ανά ώρα, σε kW.



Διάγραμμα 2.14 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών

Από αυτό το διάγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε την αυξημένη ζήτηση θερμικού φορτίου κατά την διάρκεια των μηνών Φεβρουαρίου (745h-1416h), Μαρτίου (1417h-2160h), και Δεκεμβρίου(8017h-8590h).Το διάστημα από Μάιο έως Οκτώβριο (2881h-7296h) το θερμικό φορτίο είναι μηδέν, καθώς τους μήνες αυτούς υπάρχει ανάγκη μόνο για ψύξη.

Ταξινομώντας τα ωριαία δεδομένα κατανάλωσης του παραπάνω διαγράμματος σε φθίνουσα σειρά καταλήγουμε στην καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών.



Διάγραμμα 2.15 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών

Από την καμπύλη διάρκειας παρατηρούμε ότι η μέγιστη ζήτηση θερμικής ενέργειας για το κτίριο αυτό ανέρχεται στα 749,78kW, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης συνολικά 1235 ώρες το χρόνο, ενώ το μέσο φορτίο ανέρχεται στα 278,9kW.

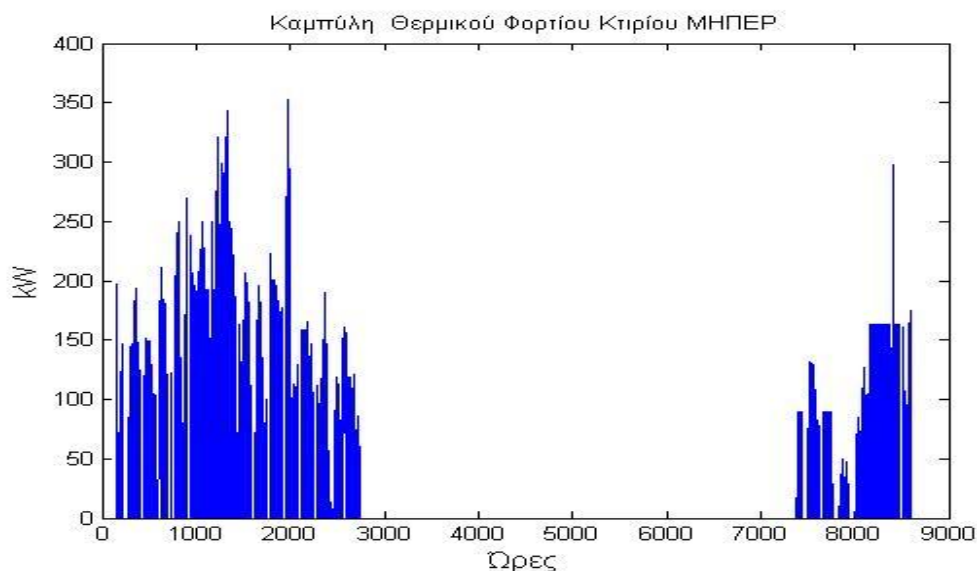
Στον παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά στοιχεία για την διάρκεια του φορτίου όπως προκύπτουν από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών, τα οποία όπως θα δούμε παρακάτω είναι χρήσιμα για την διαστασιολόγηση των απαιτούμενων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου αυτού.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ(hours)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΩΡΩΝ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ(kW)
37	3%	579,2
62	5%	538,75
124	10%	466,1
309	25%	356,85
618	50%	268,84
926	75%	174,53
1112	90%	107,58
1173	95%	64,64
1198	97%	42,2

Πίνακας 2-20 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο Επιστημών

2.6.2.2 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

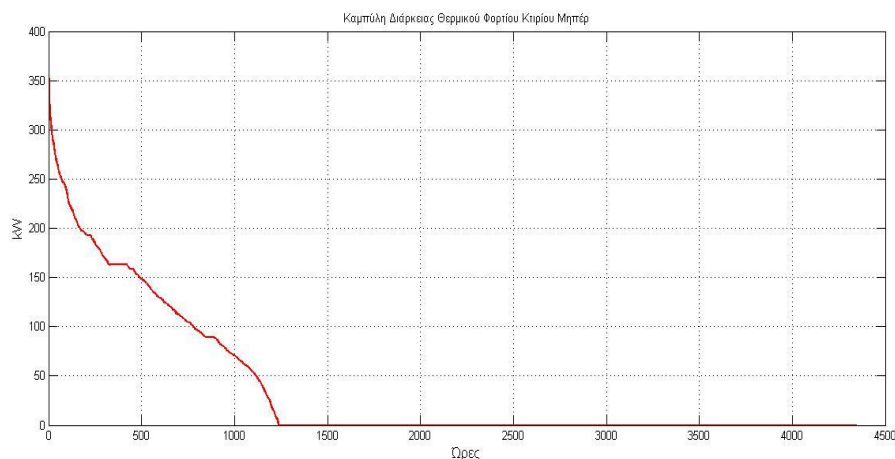
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ, το οποίο απεικονίζει τον συνολικό χρόνο του έτους σε ώρες κατά τον οποίο το κτίριο έχει ανάγκη θέρμανσης και το μέγεθος της θερμικής ενέργειας την οποία «ζητάει» ανά ώρα, σε kW.



Διάγραμμα 2.16 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι όπως και στο κτίριο Επιστημών, έτσι και στο ΜΗΠΕΡ η ζήτηση θερμικού φορτίου είναι αρκετά υψηλή κατά την διάρκεια των μηνών Φεβρουαρίου, Μαρτίου και Δεκεμβρίου. Το διάστημα από Μάιο έως Οκτώβριο (2881h-7296h) το θερμικό φορτίο είναι μηδέν, καθώς τους μήνες αυτούς υπάρχει ανάγκη μόνο για ψύξη.

Η καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου υλοποιείται ταξινομώντας τα ωριαία δεδομένα κατανάλωσης του παραπάνω διαγράμματος σε φθίνουσα σειρά.



Διάγραμμα 2.17 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

Από την καμπύλη διάρκειας παρατηρούμε ότι η μέγιστη ζήτηση θερμικής ενέργειας για το κτίριο αυτό ανέρχεται στα 352,84kW, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης συνολικά 1235 ώρες το χρόνο, και το μέσο φορτίο ανέρχεται στα 131,25 kW.

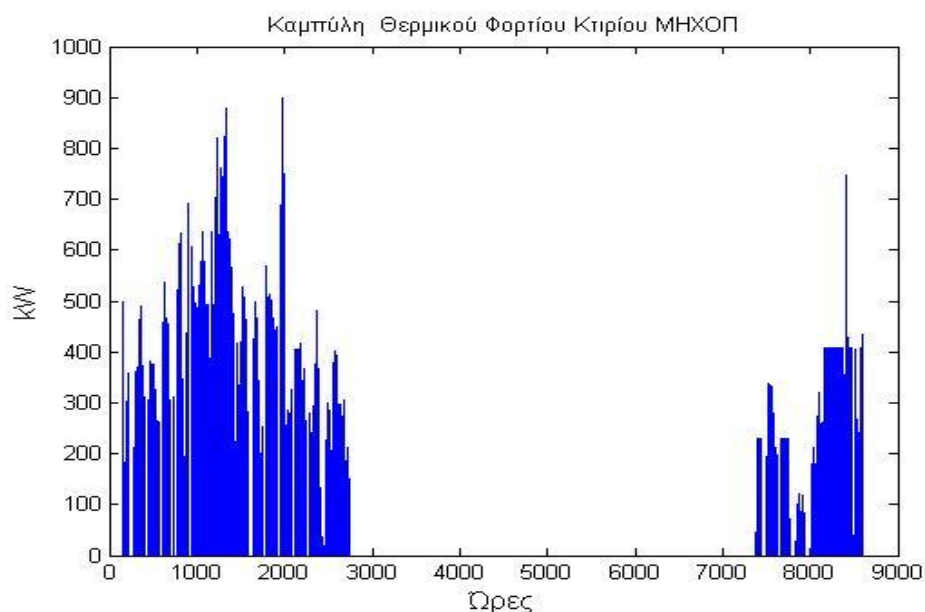
Στον πίνακα 2.21 δίνονται αναλυτικά στοιχεία για την διάρκεια του φορτίου όπως προκύπτουν από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ, τα οποία όπως θα δούμε παρακάτω είναι χρήσιμα για την διαστασιολόγηση των απαιτούμενων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου αυτού.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ(hours)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΩΡΩΝ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΤΙΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ(kW)
37	3%	272,58
62	5%	253,53
124	10%	219,33
309	25%	167,93
618	50%	126,5
926	75%	88,15
1112	90%	50,63
1173	95%	30,42
1198	97%	19,85

Πίνακας 2-21 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

2.6.2.2.3 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

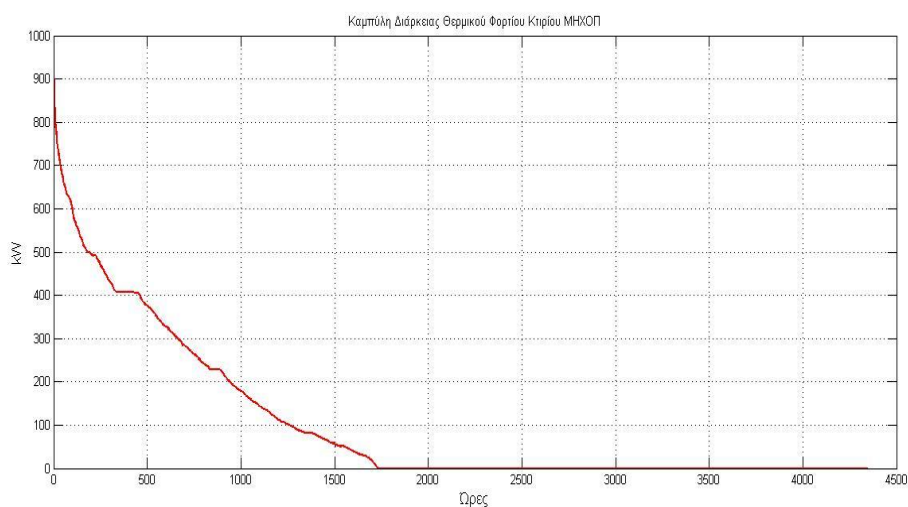
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ. Στον οριζόντιο άξονα φαίνεται ο συνολικός χρόνος του έτους σε ώρες κατά τον οποίο το κτίριο έχει ανάγκη θέρμανσης ενώ στον κατακόρυφο άξονα το μέγεθος της θερμικής ενέργειας την οποία «ζητάει» ανά ώρα, σε kW.



Διάγραμμα 2.18 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

Παρατηρούμε ότι η ζήτηση θερμικού φορτίου είναι αρκετά υψηλή κατά την διάρκεια των μηνών Φεβρουαρίου, Μαρτίου και Δεκεμβρίου. Το διάστημα από Μάιο έως Οκτώβριο (2881h-7296h) το θερμικό φορτίο είναι μηδέν, καθώς τους μήνες αυτούς υπάρχει ανάγκη μόνο για ψύξη.

Ταξινομώντας τα ωριαία δεδομένα κατανάλωσης του παραπάνω διαγράμματος σε φθίνουσα σειρά καταλήγουμε στην καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το ΜΗΧΟΠ.



Διάγραμμα 2.19 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

Από την καμπύλη διάρκειας παρατηρούμε ότι η αιχμή της ζήτησης θερμικής ενέργειας για το κτίριο αυτό ανέρχεται στα 900,35kW, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης συνολικά 1735 ώρες το χρόνο και το μέσο φορτίο ανέρχεται στα 257,5 kW.

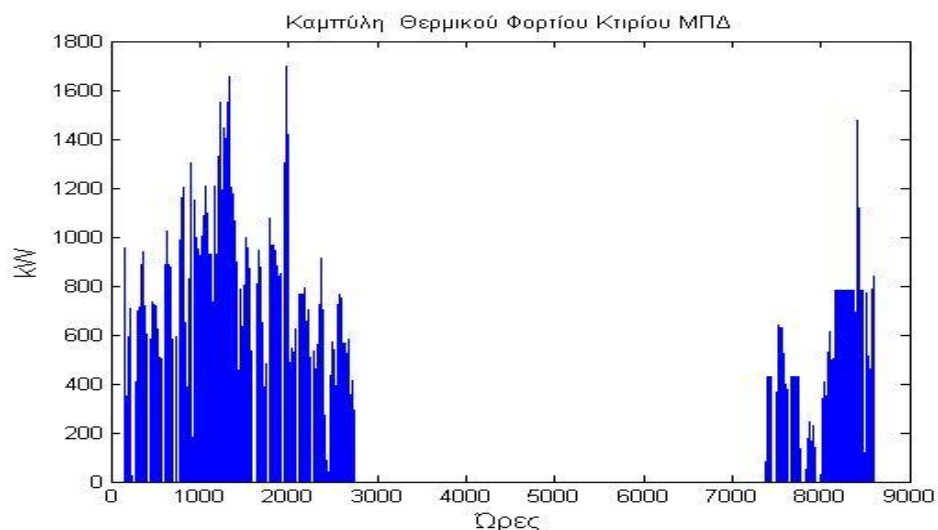
Στον παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά στοιχεία για την διάρκεια του φορτίου όπως προκύπτουν από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ, τα οποία όπως θα δούμε παρακάτω είναι χρήσιμα για την διαστασιολόγηση των απαιτούμενων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου αυτού.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ(hours)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΩΡΩΝ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ(kW)
52	3%	662,21
87	5%	620,97
174	10%	506,1
434	25%	405,7
868	50%	228,5
1301	75%	88,65
1562	90%	48,1
1648	95%	30,67
1683	97%	23,7

Πίνακας 2-22 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

2.6.2.2.4 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ

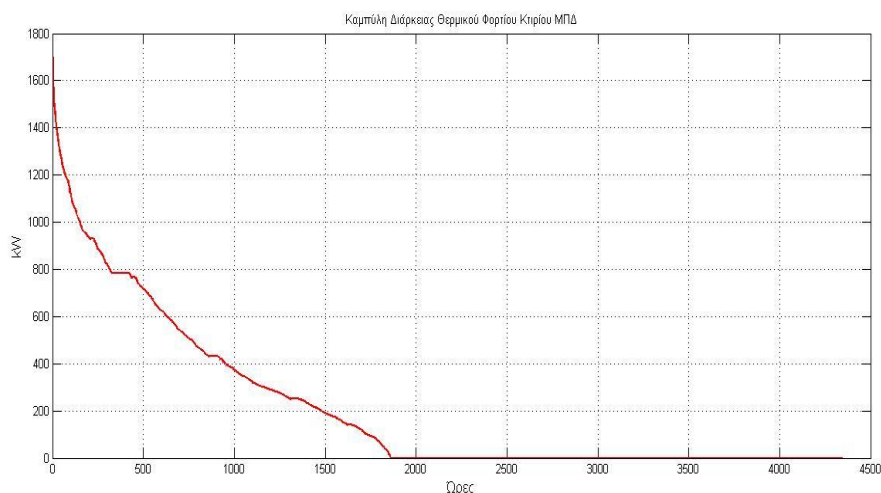
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ. Στον οριζόντιο άξονα φαίνεται ο συνολικός χρόνος του έτους σε ώρες κατά τον οποίο το κτίριο έχει ανάγκη θέρμανσης ενώ στον κατακόρυφο άξονα το μέγεθος της θερμικής ενέργειας την οποία «ζητάει» ανά ώρα, σε kW.



Διάγραμμα 2.20 Καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ

Παρατηρούμε ότι η ζήτηση θερμικού φορτίου είναι αρκετά υψηλή κατά την διάρκεια των μηνών Φεβρουαρίου, Μαρτίου και Δεκεμβρίου. Το διάστημα από Μάιο έως Οκτώβριο (2881h-7296h) το θερμικό φορτίο είναι μηδέν, καθώς τους μήνες αυτούς υπάρχει ανάγκη μόνο για ψύξη.

Η καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.21 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ

Από την καμπύλη διάρκειας παρατηρούμε ότι η αιχμή της ζήτησης θερμικής ενέργειας για το κτίριο αυτό είναι πολύ υψηλή και ανέρχεται στα 1699,12kW, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του κτιρίου για συνολικά 1860 ώρες το χρόνο και το μέσο φορτίο ανέρχεται στα 491,98 kW.

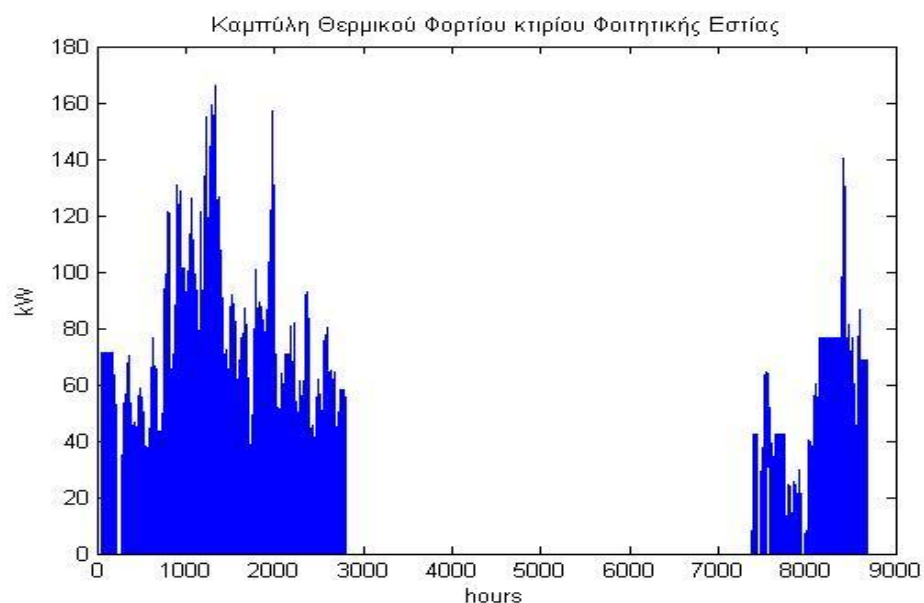
Στον επόμενο πίνακα δίνονται αναλυτικά στοιχεία για την διάρκεια του φορτίου όπως προκύπτουν από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ, τα οποία όπως θα δούμε παρακάτω είναι χρήσιμα για την διαστασιολόγηση των απαιτούμενων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου αυτού.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ(hours)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΩΡΩΝ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ(kW)
56	3%	1241,11
93	5%	1149,59
186	10%	950,54
465	25%	750,77
930	50%	418,77
1395	75%	234
1674	90%	130,81
1767	95%	87,66
1804	97%	63,52

Πίνακας 2-23 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο ΜΠΔ

2.6.2.2.4 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας

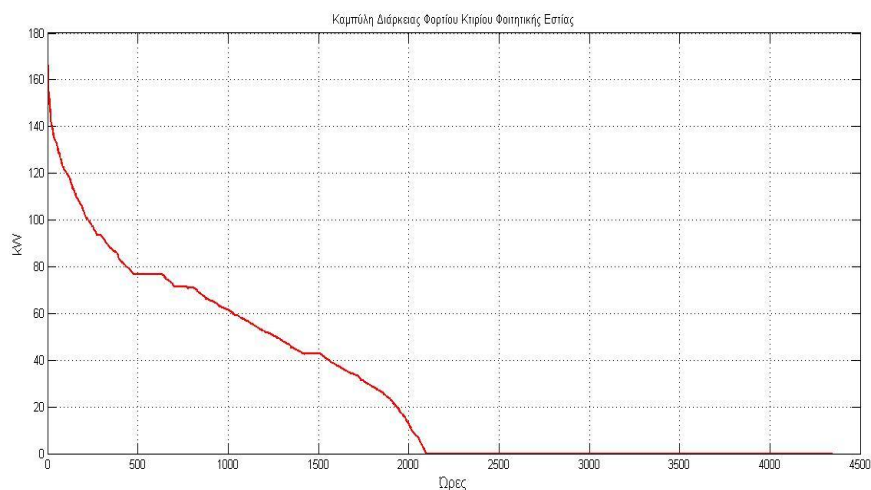
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη θερμικού φορτίου για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας, το χρησιμοποιεί μόνο πετρέλαιο θέρμανσης για να καλύψει τις θερμικές του ανάγκες. Στο διάγραμμα φαίνεται ο συνολικός χρόνος του έτους σε ώρες κατά τον οποίο το κτίριο έχει ανάγκη θέρμανσης και το μέγεθος της θερμικής ενέργειας την οποία «ζητάει» ανά ώρα, σε kW.



Διάγραμμα 2.22 Καμπύλη θερμικού φορτίου του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας

Από το διάγραμμα θερμικού φορτίου της Εστίας παρατηρούμε ότι η ζήτηση θερμικής ενέργειας είναι αρκετά υψηλή κατά την διάρκεια των μηνών Φεβρουαρίου, Μαρτίου και Δεκεμβρίου, ενώ είναι πολλές και οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του κτιρίου. Το διάστημα από Μάιο έως Οκτώβριο (2881h-7296h) το θερμικό φορτίο είναι μηδέν, καθώς τους μήνες αυτούς υπάρχει ανάγκη μόνο για ψύξη.

Η καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο της φοιτητικής Εστίας φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.23 Καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας

Από την καμπύλη διάρκειας παρατηρούμε ότι η αιχμή της ζήτησης θερμικής ενέργειας για το κτίριο της φοιτητικής Εστίας ανέρχεται στα 166,16kW, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του κτιρίου για 2090 ώρες το χρόνο και το μέσο φορτίο ανέρχεται στα 60,97 kW.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά στοιχεία για την διάρκεια του φορτίου όπως προκύπτουν από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου για το κτίριο της φοιτητικής Εστίας, τα οποία όπως θα δούμε παρακάτω είναι χρήσιμα για την διαστασιολόγηση των απαιτούμενων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου αυτού.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ(hours)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΩΡΩΝ ΟΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ(kW)
63	3%	128,6
105	5%	120,3
209	10%	101,5
523	25%	76,7
1045	50%	59,2
1568	75%	39
1881	90%	24,15
1985	95%	14,4
2027	97%	8,8

Πίνακας 2-24 Ποσοτικά στοιχεία από την καμπύλη διάρκειας φορτίου για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας

2.7 Διαστασιολόγηση Εγκατάστασης Μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής

2.7.1 Διαστασιολόγηση και Εγκατάσταση μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης

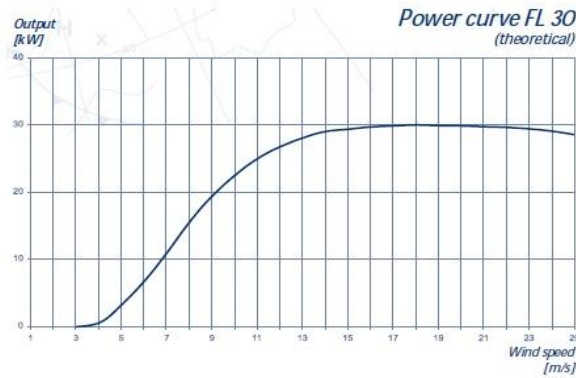
Για την διαστασιολόγηση των προς εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ, που θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη μέρους της ηλεκτρικής ζήτησης του φορτίου της Πολυτεχνειούπολης, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο HomerEnergy, το οποίο είναι κατάλληλο για σχεδιασμό και ανάλυση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας[12].

Για τον σκοπό της διαστασιολόγησης δημιουργήθηκε ένα καινούργιο project στο οποίο κατασκευάσαμε το δικό μας σύστημα, το οποίο περιλάμβανε το φορτίο μας, τα 36 διαφορετικά προφίλ ημερών που δημιουργήσαμε με την μέθοδο που αναλύθηκε στην παράγραφο 2.4.1, και τον εξής εξοπλισμό : ανεμογεννήτριες τύπου fuhrlander 30 με ισχύ 30kW AC, φωτοβολταϊκά στοιχεία καθώς και μετατροπείς DC-AC(converters).Το όλο σύστημα επιλέχθηκε να είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο. Στην συνέχεια εισάγαμε τα δεδομένα που είχαμε συγκεντρώσει για την μέση ταχύτητα του ανέμου και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, με σκοπό να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε την ενέργεια που θα μπορέσουμε να παράγουμε από τις μονάδες ΑΠΕ. Στόχος των μονάδων ΑΠΕ είναι η παραγωγή τους να μπορέσει να συμβαδίσει με τις επιταγές της Συνθήκης του Κιότο, την κάλυψη δηλαδή του 20% της ετήσιας ζήτησης του φορτίου της Πολυτεχνειούπολης. Αυτός είναι και ο μόνος περιορισμός που προστέθηκε στον σχεδιασμό του συστήματός μας.

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις διαφόρων σεναρίων για την λειτουργία του συστήματός μας, μέσω του Homer, και καταλήξαμε στο εξής αποτέλεσμα: **4 Ανεμογεννήτριες τύπου fuhrlander 30 με συνολική ισχύ 120 kW και Φ/Β στοιχεία συνολικής ισχύος 450kW επαρκούν για να καλύψουν το 20% του συνολικού ηλεκτρικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης, το οποίο ανέρχεται στα 4.132.800 kWh ετησίως. Απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία των Φ/Β στοιχείων είναι η χρήση μετατροπέων DC/AC συνολικής ισχύος 450kW με υψηλό βαθμό απόδοσης.**

Πιο συγκεκριμένα, οι ανεμογεννήτριες που αποφασίσαμε να εγκαταστήσουμε παράγουν 88.072 kWh ετησίως, λειτουργώντας 6.492 ώρες τον χρόνο, ενώ τα φωτοβολταϊκά μας δίνουν 746.190 kWh τον χρόνο, λειτουργώντας για συνολικά 4.383 ώρες ετησίως. Παρά τις λιγοστές ώρες κατά την διάρκεια του έτους, - περίπου τις μισές - που λειτουργούν τα Φ/Β μας συστήματα, λόγω της μεγάλης έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης κατά την διάρκεια του έτους η παραγωγή ενέργειας είναι αρκετά υψηλή. Αντίθετα, το χαμηλό αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης έχει ως αποτέλεσμα την μικρή παραγωγή ενέργειας από την χρήση των ανεμογεννητριών, αν και οι μονάδες αυτές βρίσκονται σε λειτουργία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Χαρακτηριστικά ο συντελεστής χρησιμοποίησής(capacity factor) των Α/Γ είναι 8,38%, ενώ για τα Φ/Β Συστήματα ανέρχεται στο 18,93%.

Ο συγκεκριμένος τύπος ανεμογεννήτριας (fuhrlander 30 της εταιρίας Fuhrlander) επιλέχθηκε για να ικανοποιήσει τους περιορισμούς πολεοδομίας που εισέρχονται λόγω της γεωγραφικής θέσης που είναι εγκατεστημένη η Πολυτεχνειούπολη, καθώς το συνολικό ύψος του πύργου στήριξης(18 μέτρα) της δεν παραβιάζει τους περιορισμούς αυτούς. Η καμπύλη ισχύος του συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννήτριας δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.3 Καμπύλη ισχύος του επιλεγμένου προς εγκατάσταση τύπου ανεμογεννήτριας

Όσον αφορά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στο χώρο της Πολυτεχνειούπολης, για την πλήρη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προτείνεται η κατασκευή ενός «πρότυπου Φ/Β πάρκου». Το Φ/Β πάρκο θα έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 450kW, και μπορεί να υλοποιηθεί κάνοντας χρήση συνολικά 2570 Φ/Β γεννητριών τύπου NT-R5E3E (της εταιρίας Sharp) ονομαστικής ισχύος 175W, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Κάθε τέτοια Φ/Β γεννήτρια έχει εμβαδόν $1,3m^2$.

Τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν επί μεταλλικής κατασκευής τύπου Solar Gigant II (της εταιρίας Conergy) η οποία έχει σχεδιαστεί ειδικά για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε ελεύθερες εκτάσεις. Κάθε τέτοια μεταλλική βάση διαθέτει επιφάνεια $45m^2$, επιτρέποντας την τοποθέτηση ως και 34 Φ/Β γεννητριών του επιλεγμένου τύπου. Το ελάχιστο ύψος από το έδαφος στο οποίο μπορεί να τοποθετηθεί η Solar Gigant II είναι 0,8μέτρα, αποτρέποντας έτσι την σκίαση από τα φυτά. Παρέχει επίσης γωνία κλίσης για τα Φ/Β πλαίσια από 15 ως 40 μοίρες.

Απαιτούνται συνολικά 76 τέτοιου τύπου μεταλλικές βάσεις για την τοποθέτηση όλων των Φ/Β πλαισίων. Η συνολική έκταση που θα χρειαστεί για την ανάπτυξη ενός τέτοιου πάρκου εντός του χώρου της Πολυτεχνειούπολης υπολογίζεται στα $5000m^2$. ($3420m^2$ απαιτούνται για την τοποθέτηση των μεταλλικών κατασκευών που περιέχουν τα Φ/Β πλαίσια και πρόβλεψη για ελεύθερους διαδρόμους ανάμεσα τους, για εύκολη πρόσβαση σε κάποιο Φ/Β στοιχείο σε περίπτωση βλάβης κτλ)

Απαραίτητη για την ορθή λειτουργία και την όσο το δυνατόν αποδοτικότερη εκμετάλλευση της παραγόμενης από τα Φ/Β στοιχεία ενέργειας είναι η χρησιμοποίηση μετατροπέων AC/DC.

Περισσότερες λεπτομέρειες για την επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης των μονάδων ΑΠΕ στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης παρουσιάζονται στην διπλωματική του Δημήτριου Ρούτση με θέμα «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Εφαρμογές τους στο σχεδιασμό Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας».

2.7.2 Διαστασιολόγηση Μονάδων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας(ΣΗΘ)

Η διαστασιολόγηση των προς εγκατάσταση μονάδων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας θα γίνει με βάση το απαιτούμενο θερμικό φορτίο. Με βάση λοιπόν τις καμπύλες διάρκειας θερμικού φορτίου και τους πίνακες που αναλύουν την ζήτηση του θερμικού φορτίου για τις επιμέρους ομάδες κτιρίων που παραθέτουμε στην προηγούμενη ενότητα(παράγραφος 2.6) αυτού του κεφαλαίου, επιλέγουμε τις μονάδες ΣΗΘ που απαιτούνται για την κάλυψη του θερμικού φορτίου κάθε κτιρίου. Η επιλογή των μονάδων ΣΗΘ γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ ανά κτίριο να μπορεί να ικανοποιήσει ανά πάσα στιγμή το απαιτούμενο θερμικό φορτίο. Κατά την διαδικασία της διαστασιολόγησης θα χρησιμοποιήσουμε μονάδες ΣΗΘ της εταιρίας TEDOM, λόγω διαθεσιμότητας μονάδων της επιθυμητής ισχύος[13].

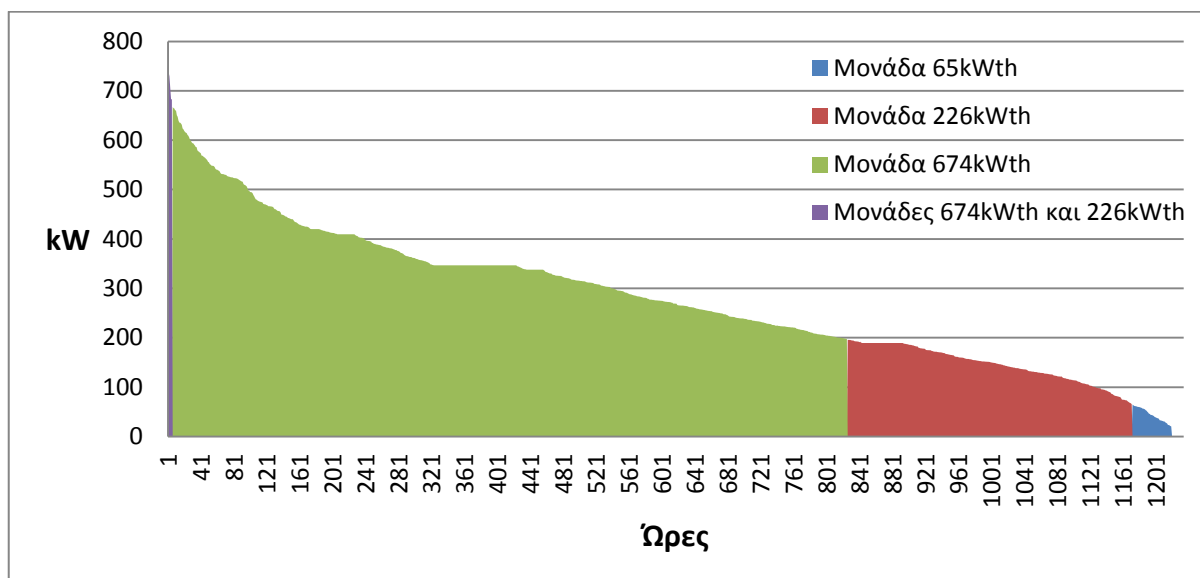
2.7.2.1 Διαστασιολόγηση μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο Επιστημών

Από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου του κτιρίου Επιστημών (διάγραμμα 2.15) παρατηρούμε ότι η αιχμή ζήτησης θερμικής ενέργειας ανέρχεται στα 749,78 kW, το μέσο φορτίο στα 278,9 kW ενώ το ελάχιστο στα 20kW.Με βάση τα στοιχεία αυτά επιλέγουμε την εγκατάσταση τριών μονάδων ΣΗΘ για να μπορέσουμε να καλύψουμε επαρκώς την ζήτηση θερμικής ενέργειας οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η ονομαστική θερμική ισχύς των επιλεγμένων μονάδων-για το κτίριο Επιστημών- καθώς και άλλα τεχνικά στοιχεία αυτών παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)
M44	65	19,5	44	0,677
L150	226	65	150	0,664
D580	674	202,2	580	0,86

Πίνακας 2-25 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο Επιστημών

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η αναμενόμενη λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου.



Διάγραμμα 2.24 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου Επιστημών από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ

Παρατηρούμε ότι η μονάδα ονομαστικής θερμικής ισχύος 674kW είναι αυτή η οποία θα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του θερμικού του κτιρίου Επιστημών, λειτουργώντας για περίπου 830 ώρες κατά την διάρκεια του «εξαμήνου θέρμανσης», και για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως μονάδα βάσης. Οι άλλες δύο μονάδες είναι αυτές που καλύπτουν το φορτίο όταν η μονάδα βάσης δεν μπορεί να λειτουργήσει λόγω τεχνικών περιορισμών.

Με τις μονάδες ΣΗΘ που προτάθηκαν για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου Επιστημών και την προσθήκη ψύκτη απορρόφησης με βαθμό αποδοτικότητας (COP) ίσο με 1,25 επιτυγχάνεται και η κάλυψη μεγάλου μέρους του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός των τριών μονάδων ΣΗΘ και του ψύκτη απορρόφησης προσφέρει μέγιστη ψυκτική ισχύ ίση με 1206,25kW την στιγμή που η αιχμή ζήτησης ψυκτικού φορτίου για το κτίριο Επιστημών ανέρχεται στα 1250,9 kW.

Η μικρή αυτή διαφορά ανάμεσα στην αιχμή της ζήτησης του ψυκτικού φορτίου και στην μέγιστη ψυκτική παραγωγική ικανότητα των μονάδων ΣΗΘ θα μπορούσε να εξαλειφθεί ανεβάζοντας απλά την θερμοκρασία άνεσης- που ορίστηκε στους 24°C στην παράγραφο 4.2 αυτού του κεφαλαίου- κατά 0,4°C. Όπως γίνεται κατανοητό μια τέτοια κίνηση όπως η αύξηση της θερμοκρασίας άνεσης, της θερμοκρασίας δηλαδή πάνω από την οποία απαιτείται κλιματισμός των κτιρίων, κατά 1-2°C θα οδηγούσε σε τεράστια ποσά εξοικονόμησης ενέργειας.

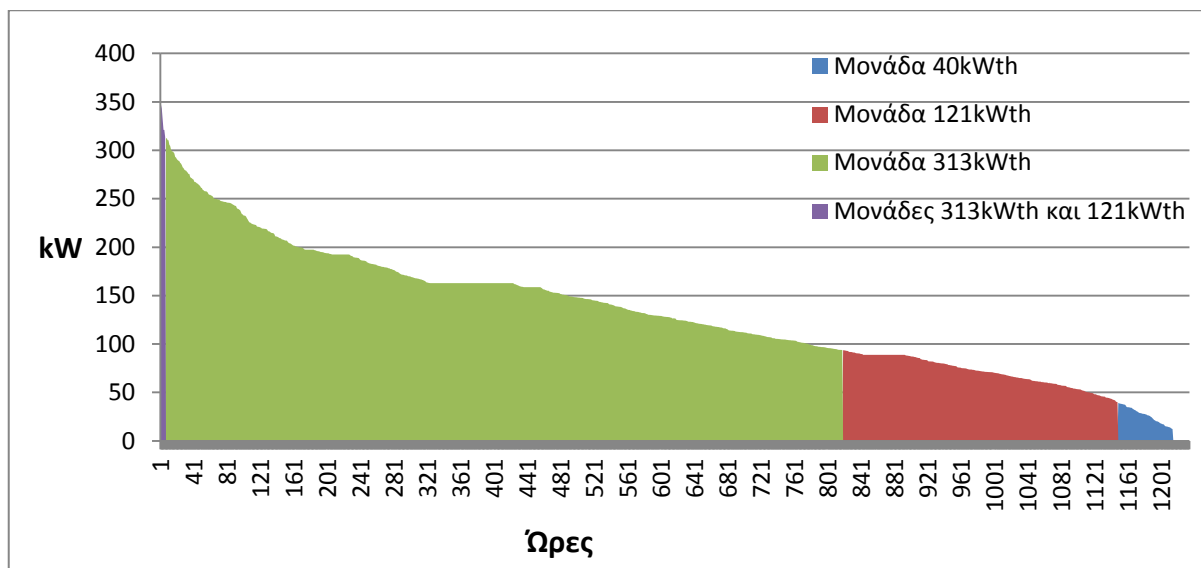
2.7.2.2 Διαστασιολόγηση μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

Από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΠΕΡ (διάγραμμα 2.17) παρατηρούμε ότι η αιχμή ζήτησης θερμικής ενέργειας ανέρχεται στα 352,84 kW, το μέσο φορτίο στα 131,25 kW ενώ το ελάχιστο στα 12kW. Με βάση τα στοιχεία αυτά επιλέγουμε την εγκατάσταση τριών μονάδων ΣΗΘ για να μπορέσουμε να καλύψουμε επαρκώς την ζήτηση θερμικής ενέργειας οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η ονομαστική θερμική ισχύς των επιλεγμένων μονάδων-για το κτίριο ΜηΠερ- καθώς και άλλα τεχνικά στοιχεία αυτών παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)
	40	12	20	0,5
T80	121	40	80	0,661
C190	313	93,9	190	0,607

Πίνακας 2-26 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η αναμενόμενη λειτουργία των επιλεγμένων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΠΕΡ.



Διάγραμμα 2.25 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΠΕΡ από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ

Παρατηρούμε ότι η μονάδα ονομαστικής θερμικής ισχύος 313kW είναι αυτή η οποία θα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του θερμικού του κτιρίου ΜΗΠΕΡ, λειτουργώντας για περίπου 820 ώρες κατά την διάρκεια του «εξαμήνου θέρμανσης», και για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως μονάδα βάσης. Οι άλλες δύο μονάδες είναι αυτές που καλύπτουν το φορτίο όταν η μονάδα βάσης δεν μπορεί να λειτουργήσει λόγω τεχνικών περιορισμών.

Με τις μονάδες ΣΗΘ που προτάθηκαν για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του ΜηΠερ και την προσθήκη ψύκτη απορρόφησης με βαθμό αποδοτικότητας (COP) ίσο με 1,25 επιτυγχάνεται και η κάλυψη του συνόλου του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου. Η αιχμή του ψυκτικού φορτίου του συγκεκριμένου κτιρίου ανέρχεται στα 588,67kW, την στιγμή που οι προτεινόμενες για εγκατάσταση μονάδες ΣΗΘ σε συνδυασμό με την προσθήκη του ψύκτη απορρόφησης μπορούν να προσφέρουν συνολική ψυκτική ισχύ ίση με 592,5kW.

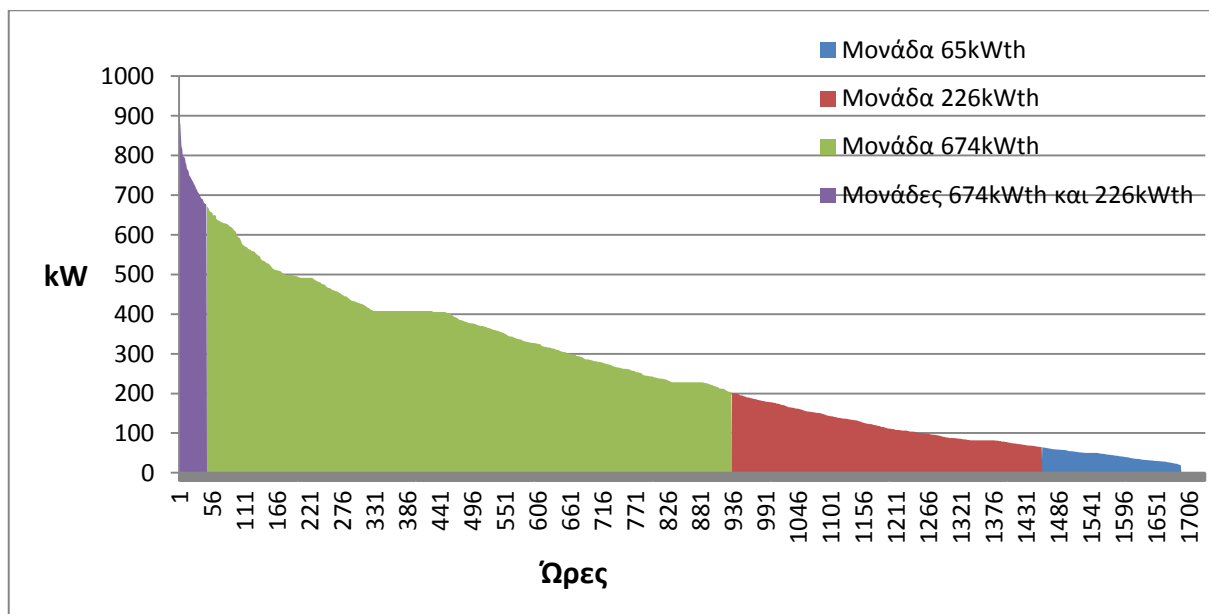
2.7.2.3 Διαστασιολόγηση μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

Από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΧΟΠ (διάγραμμα 2.19) παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή ζήτησης θερμικής ενέργειας ανέρχεται στα 900,35 kW, το μέσο φορτίο στα 257,5 kW ενώ το ελάχιστο στα 19,5kW. Με βάση τα στοιχεία αυτά επιλέγουμε την εγκατάσταση τριών μονάδων ΣΗΘ για να μπορέσουμε να καλύψουμε επαρκώς την ζήτηση θερμικής ενέργειας οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η ονομαστική θερμική ισχύς των επιλεγμένων μονάδων-για το κτίριο ΜηχΟΠ- καθώς και άλλα τεχνικά στοιχεία αυτών παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)
M44	65	19,5	44	0,677
L150	226	65	150	0,664
D580	674	202,2	580	0,86

Πίνακας 2-27 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

Στο διάγραμμα 2.25 απεικονίζεται η αναμενόμενη λειτουργία των επιλεγμένων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΧΟΠ.



Διάγραμμα 2.26 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΧΟΠ από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι η μονάδα ονομαστικής θερμικής ισχύος 674kW είναι αυτή η οποία θα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του θερμικού του κτιρίου ΜΗΧΟΠ, λειτουργώντας για περίπου 940 ώρες κατά την διάρκεια του «εξαμήνου θέρμανσης», και για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως μονάδα βάσης. Οι άλλες δύο μονάδες είναι αυτές που καλύπτουν το φορτίο όταν η μονάδα βάσης δεν μπορεί να λειτουργήσει λόγω τεχνικών περιορισμών.

Με τις τρεις μονάδες ΣΗΘ που προτάθηκαν για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του ΜΗΧΟΠ και την προσθήκη ψύκτη απορρόφησης με βαθμό αποδοτικότητας (COP) ίσο με 1,25 επιτυγχάνεται και η κάλυψη του συνόλου της ψυκτικής ζήτησης του κτιρίου. Η αιχμή του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου ΜΗΧΟΠ ανέρχεται στα 1177,32kW, την στιγμή που οι προτεινόμενες για εγκατάσταση μονάδες ΣΗΘ σε συνδυασμό με την προσθήκη του ψύκτη απορρόφησης μπορούν να προσφέρουν συνολική ψυκτική ισχύ ίση με 1206,25kW.

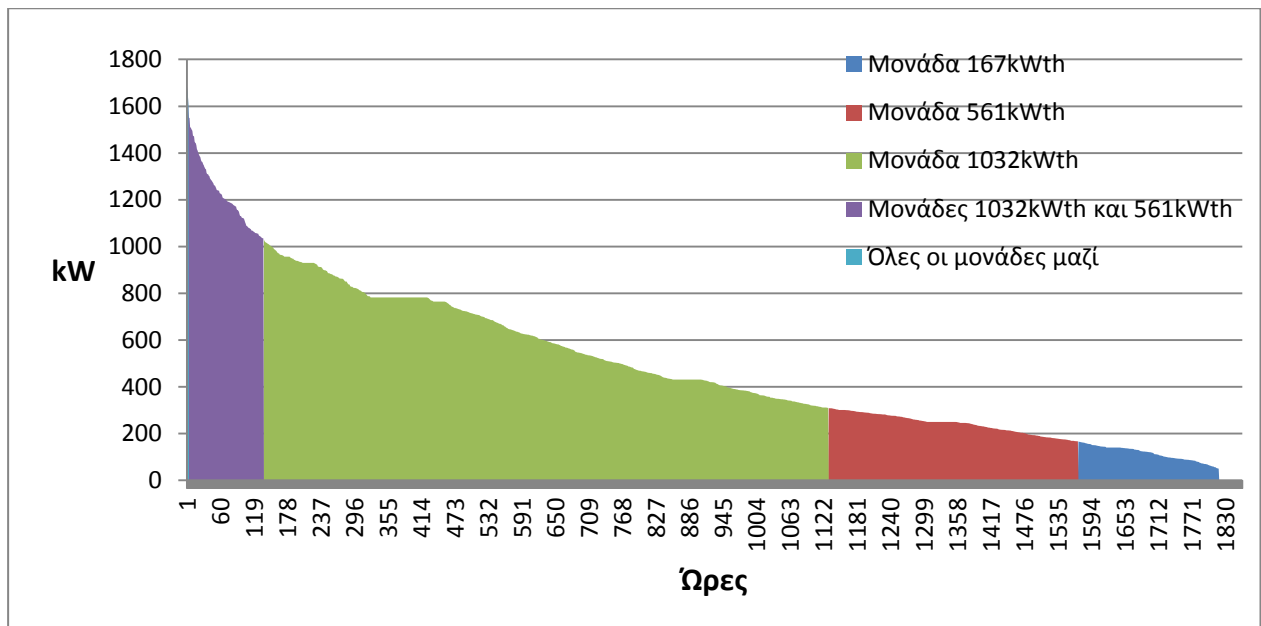
2.7.2.4 Διαστασιολόγηση μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΠΔ

Από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΠΔ(διάγραμμα 2.21) παρατηρούμε ότι η αιχμή ζήτησης θερμικής ενέργειας ανέρχεται στα 1699,12 kW, το μέσο φορτίο στα 491,98kW ενώ το ελάχιστο στα 49kW. Με βάση τα στοιχεία αυτά επιλέγουμε την εγκατάσταση τριών μονάδων ΣΗΘ για να μπορέσουμε να καλύψουμε επαρκώς την ζήτηση θερμικής ενέργειας οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η ονομαστική θερμική ισχύς των επιλεγμένων μονάδων-για το κτίριο ΜΠΔ- καθώς και άλλα τεχνικά στοιχεία αυτών παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)
T100	167	50	100	0,599
C400	561	167	395	0,664
C770	1032	309,6	770	0,746

Πίνακας 2-28 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο ΜΠΔ

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η αναμενόμενη λειτουργία των επιλεγμένων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΠΔ.



Διάγραμμα 2.27 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου ΜΠΔ από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ

Από το διάγραμμα 2.26 παρατηρούμε ότι η μονάδα ονομαστικής θερμικής ισχύος 1032kW είναι αυτή η οποία θα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του θερμικού του κτιρίου ΜΠΔ, λειτουργώντας για περίπου 1140 ώρες κατά την διάρκεια του «εξαμήνου θέρμανσης», και για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως μονάδα βάσης. Οι άλλες δύο μονάδες είναι αυτές που καλύπτουν το φορτίο όταν η μονάδα βάσης δεν μπορεί να λειτουργήσει λόγω τεχνικών περιορισμών.

Με τις μονάδες ΣΗΘ που προτάθηκαν για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του ΜΠΔ και την προσθήκη ψύκτη απορρόφησης με βαθμό αποδοτικότητας (COP) ίσο με 1,25 επιτυγχάνεται και η κάλυψη του συνόλου της ψυκτικής ζήτησης του κτιρίου. Η μέγιστη τιμή ζήτησης ψυκτικής ενέργειας για το ΜΠΔ ανέρχεται στα 1922,7kW, την στιγμή που οι προτεινόμενες για εγκατάσταση μονάδες ΣΗΘ σε συνδυασμό με την προσθήκη του ψύκτη απορρόφησης μπορούν να προσφέρουν συνολική ψυκτική ισχύ ίση με 2200kW.

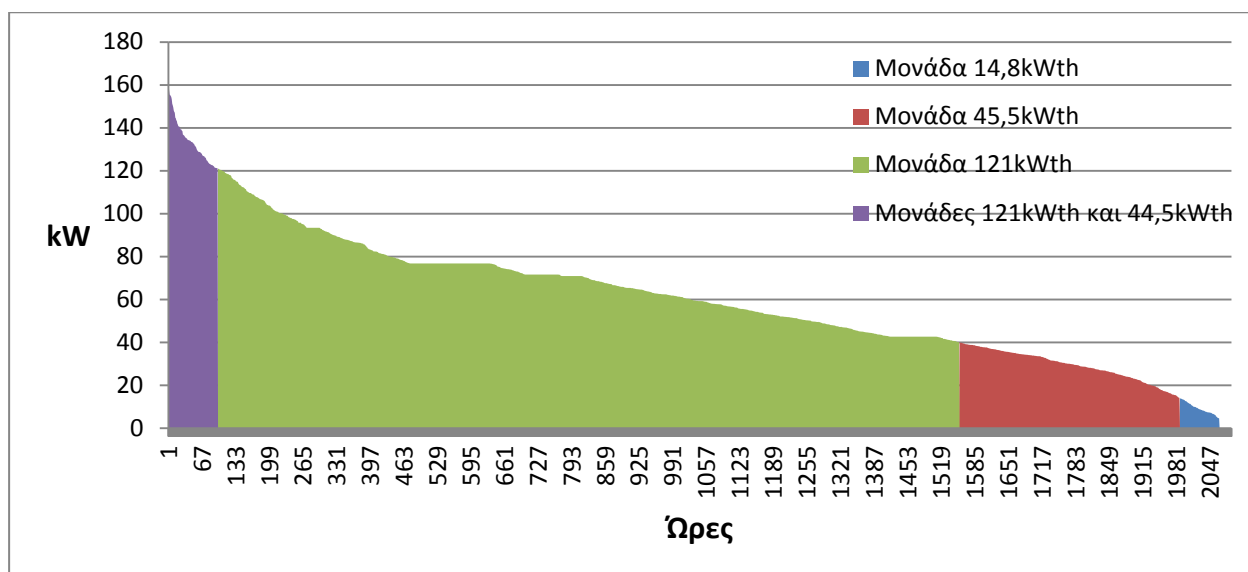
2.7.2.5 Διαστασιολόγηση μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας

Από την καμπύλη διάρκειας θερμικού φορτίου του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας (διάγραμμα 2.23) παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή ζήτησης θερμικής ενέργειας ανέρχεται στα 166,16 kW, το μέσο φορτίο στα 61 kW ενώ το ελάχιστο στα 4,8kW. Με βάση τα στοιχεία αυτά επιλέγουμε την εγκατάσταση τριών μονάδων ΣΗΘ για να μπορέσουμε να καλύψουμε επαρκώς την ζήτηση θερμικής ενέργειας οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η ονομαστική θερμική ισχύς των επιλεγμένων μονάδων-για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας- καθώς και άλλα τεχνικά στοιχεία αυτών παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)
	14,8	4,4	5,5	0,372
S22	45,5	14	22	0,484
T80	121	40	80	0,661

Πίνακας 2-29 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η αναμενόμενη λειτουργία των επιλεγμένων μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας.

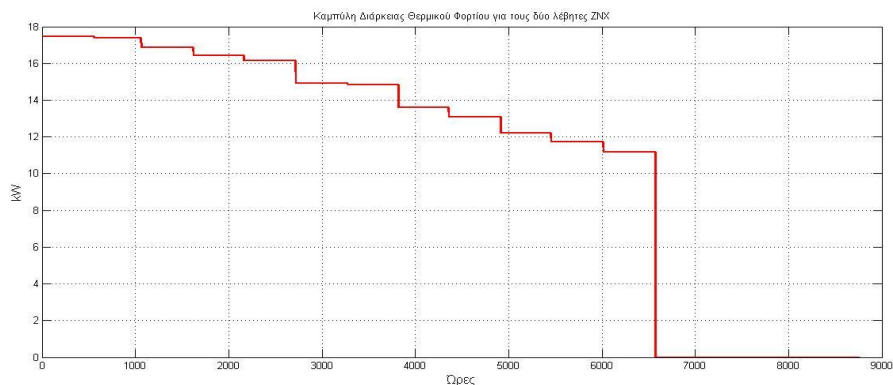


Διάγραμμα 2.28 Κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας από τις προτεινόμενες μονάδες ΣΗΘ
 Παρατηρούμε ότι η μονάδα ονομαστικής θερμικής ισχύος 121kW είναι αυτή η οποία θα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του θερμικού του κτιρίου της Εστίας, λειτουργώντας για περίπου 1550 ώρες κατά την διάρκεια του «εξαμήνου θέρμανσης», και για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως μονάδα βάσης. Οι άλλες δύο μονάδες είναι αυτές που καλύπτουν το φορτίο όταν η μονάδα βάσης δεν μπορεί να λειτουργήσει λόγω τεχνικών περιορισμών.

2.7.2.6 Διαστασιολόγηση μονάδων ΣΗΘ για παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

Από την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την κατανομή της κατανάλωσης του πετρελαίου στους λέβητες Ζ.Ν.Χ της Φοιτητικής Λέσχης και της Φοιτητικής Εστίας στην παράγραφο 2.5.1 αυτού του κεφαλαίου, και την αποτίμηση του αντίστοιχου θερμικού φορτίου προκύπτουν τα ακόλουθα στοιχεία : Για τον λέβητα Ζ.Ν.Χ. της Λέσχης, το μέγιστο ημερήσιο θερμικό φορτίο για παραγωγή Ζ.Ν.Χ. ανέρχεται στις 205,98 kWh/ημέρα και αντιστοιχεί σε μια καθημερινή ημέρα του μήνα Φεβρουαρίου, ενώ η αιχμή του φορτίου ανέρχεται στα 11,4kW. Αντίστοιχα, για τον λέβητα Ζ.Ν.Χ της Φοιτ. Εστίας, το μέγιστο θερμικό φορτίο ανέρχεται στις 133,63 kWh/ημέρα με την αιχμή του να φτάνει τα 7,42kW.

Η καμπύλη διάρκειας φορτίου για τους δύο λέβητες Ζ.Ν.Χ. που βρίσκονται εγκατεστημένοι στην Πολυτεχνειούπολη, δίνονται στο επόμενο γράφημα.



Διάγραμμα 2.29 Καμπύλη διάρκειας φορτίου για τους λέβητες ΖΝΧ

Για την αντικατάσταση των δύο αυτών λεβήτων, προτείνεται η εγκατάσταση δύο μικρών μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας ίδιου τύπου, με μέγιστη θερμική ισχύ εξόδου 14,8 kW, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οποίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)
	14,8	4,4	5,5	0,372

Πίνακας 2-30 Χαρακτηριστικά προτεινόμενων μονάδων ΣΗΘ για παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

Με την λειτουργία αυτών των μονάδων αυτών επιτυγχάνεται πλήρης κάλυψη του θερμικού φορτίου για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης στα κτίρια στα οποία απαιτείται, και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια λειτουργίας τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη μέρους της ζήτησης ηλεκτρισμού των κτιρίων.

Το σύνολο των μονάδων που προτείνονται να εγκατασταθούν ανά ομάδα κτιρίων για την κάλυψη των θερμικών αναγκών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΜΑΔΑ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWth)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ(kWel)	Power to Heat Ratio(PHR)	Συνολικός Βαθμός Απόδοσης(%)
C770	ΜΠΑ	1032	770	0,746	87,1
C400	ΜΠΑ	561	395	0,664	86,5
T100	ΜΠΑ	167	100	0,599	86,6
D580	ΜΗΧΟΠ	674	580	0,86	88,2
L150	ΜΗΧΟΠ	226	150	0,664	87,4
M44	ΜΗΧΟΠ	65	44	0,677	84,5
D580	Επιστημών	674	580	0,86	88,2
L150	Επιστημών	226	150	0,664	87,4
M44	Επιστημών	65	44	0,677	84,5
C190	ΜΗΠΕΡ	313	190	0,607	85,6
T80	ΜΗΠΕΡ	121	80	0,661	85,1
	ΜΗΠΕΡ	40	12	0,5	86,6
T80	Εστία	121	80	0,661	85,1
S22	Εστία	45,5	22	0,484	87,2
	Εστία	14,8	5,5	0,372	88
	Εστία(ZNX)	14,8	5,5	0,372	88
	Λέσχη(ZNX)	14,8	5,5	0,372	88

Πίνακας 2-31 Τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων για εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ

Συνολικά χρειάστηκαν 17 μονάδες για την κάλυψη του θερμικού φορτίου των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης, η ηλεκτρική ισχύς των οποίων ανέρχεται στα 3,2MW(3213,5kW) και η θερμική στα 4,38MW(4375kW).

Κεφάλαιο 3

Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύουμε την λειτουργία του αλγόριθμου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πρόκειται για έναν αλγόριθμο ο οποίος κάνει ένταξη των διαθέσιμων μονάδων παραγωγής ενέργειας, με σκοπό την όσο το δυνατόν οικονομικότερη κατανομή της ισχύος στις μονάδες αυτές.

3.1 Γενικά για την λειτουργία του Αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος μας εξετάζει το πρόβλημα της οικονομικής ένταξης των μονάδων παραγωγής σε διάστημα μιας ημέρας με ωριαίο βήμα.

Έχοντας χωρίσει τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης σε 5 μεγάλες ομάδες κτιρίων(βλέπε παράγραφο 2.1) και καταλήξει στις απαραίτητες - για την κάλυψη του θερμικού/ψυκτικού φορτίου – μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας(βλέπε παράγραφο 2.7), εισάγουμε στον αλγόριθμό μας:

- την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για την κάλυψη των κλιματιστικών φορτίων όσο και την κατανάλωση πετρελαίου για θέρμανση, ανά ομάδα κτιρίων, με βάση τα δεδομένα που υπολογίστηκαν στις παραγράφους 2.4 και 2.5.
- τις ποσότητες πετρελαίου που προορίζονται για κάλυψη άλλων αναγκών, όπως για παράδειγμα η παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης, καθώς και η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την Πολυτεχνειούπολη.
- κάποια άλλα χαρακτηριστικά που αφορούν την κάθε ομάδα κτιρίων, όπως για παράδειγμα ο Βαθμός Αποδοτικότητας (COP) των κλιματιστικών που βρίσκονται εγκατεστημένα στα κτίρια.
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων μονάδων παραγωγής ενέργειας, αλλά και ωριαία δεδομένα για την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου, με σκοπό την πρόβλεψη της ωριαίας παραγόμενης ενέργειας από τις μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που προτάθηκαν για εγκατάσταση(βλέπε παράγραφο 2.7).
- στοιχεία για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων προς την ατμόσφαιρα ρύπων για το σύστημα της Κρήτης.

Ο αλγόριθμος πραγματοποιεί, με βάση το θερμικό/ψυκτικό φορτίο της κάθε ομάδας κτιρίων και την κατανάλωση πετρελαίου για την παραγωγή ZNX, την ένταξη των μονάδων ΣΗΘ για κάλυψη του φορτίου αυτού(thermally driven), με μοναδικό γνώμονα την οικονομικότερη λειτουργία της εγκατάστασης μας. Πέρα από το σημείο λειτουργίας της κάθε ενταγμένης μονάδας, ο αλγόριθμος υπολογίζει την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται κάθε ώρα λειτουργίας της έκαστης μονάδας καθώς και την ωριαία κατανάλωση πετρελαίου ανά ομάδα

κτιρίων, αλλά και την ωριαία ποσότητα ενέργειας που παράγεται από τα προτεινόμενα για εγκατάσταση φ/β συστήματα και τις ανεμογεννήτριες. Σαν έξοδο εμφανίζει το νέο σενάριο ηλεκτρικής ενέργειας για την υπό εξέταση ημέρα, δηλαδή την νέα ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αγοραστεί από το διασυνδεδεμένο δίκτυο για να μπορέσει να καλύψει τις απαιτήσεις του το Πολυτεχνείο Κρήτης, και το σύνολο του πετρελαίου που καταναλώνεται για την κάλυψη των θερμικών/ψυκτικών φορτίων των κτιρίων. Υπολογίζει επίσης το κόστος που απαιτείται για την κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών/ψυκτικών φορτίων της Πολυτεχνειούπολης, τόσο πριν όσο και μετά την διείσδυση της παραγωγής των προς εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.

3.2 Πως λειτουργεί ο αλγόριθμος ένταξης μονάδων

3.2.1 Οι είσοδοι του αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος δέχεται σαν είσοδο τους εξής πίνακες δεδομένων :

Measured_Timeseries: Πίνακας 24x2 ο οποίος περιέχει ωριαία δεδομένα για την ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του συνόλου της Πολυτεχνειούπολης, και την ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου. Οι τιμές του πίνακα αλλάζουν ανάλογα με τον τύπο ημέρας και τον μήνα που εξετάζουμε.

Process_Timeseries: Πίνακας 24x12 ο οποίος περιέχει ωριαία δεδομένα για

α) την ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό ανά ομάδα κτιρίων και

β) την ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου για θέρμανση ανά ομάδα κτιρίων, καθώς και ωριαία δεδομένα κατανάλωσης πετρελαίου για ZNX.

Ο πίνακας αυτός έχει την μορφή που φαίνεται στον πίνακα 3.1. Οι τιμές του πίνακα αλλάζουν ανάλογα με τον τύπο ημέρας και τον μήνα που εξετάζουμε.

Meteo_Timeseries : Πίνακας 24x2 ο οποίος περιέχει το ποσοστό της ωριαίας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου για την περιοχή της Πολυτεχνειούπολης σε διάστημα μιας ημέρας, σε σχέση με την μέγιστη παρατηρούμενη τιμή για όλο το έτος. Οι τιμές του πίνακα αλλάζουν ανάλογα με τον μήνα που εξετάζουμε.

Environmental_Data : Πίνακας 24x4 ο οποίος περιέχει τιμές εκπομπής ρύπων (CO₂, SO_x, NO_x και σωματίδια) ανά kWh παραγόμενης ενέργειας για το δίκτυο της Κρήτης[8]. Οι τιμές του πίνακα αλλάζουν ανάλογα με τον μήνα που εξετάζουμε.

Commodity_Prices : Πίνακας 1x2 ο οποίος περιέχει τις τιμές αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh (0,09412€/kWh) και πετρελαίου ανά λίτρο (0,83€/λίτρο). Οι τιμές του πίνακα αυτού παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα από τον τύπο ημέρας και τον μήνα που εξετάζουμε.

DG_Epist, DG_Mhxor, DG_Mhper, DG_Mpd, DG_Estia : Πίνακες 3x15 οι οποίοι περιέχουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και άλλα στοιχεία για τις μονάδες ΣΗΘ που χρησιμοποιούνται για κάθε ομάδα κτιρίων αντίστοιχα. Οι τιμές των πινάκων αυτών παραμένουν σταθερές, ανεξαρτήτως των τιμών των υπολοίπων εισόδων.

DG_APE : Πίνακας 2x3 ο οποίος περιέχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά για τις μονάδες ΑΠΕ(φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες). Οι τιμές του πίνακα παραμένουν σταθερές, ανεξαρτήτως των τιμών των υπολοίπων εισόδων.

DG_ZNX : Πίνακας 2x15 ο οποίος περιέχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και άλλα στοιχεία για τις μονάδες ΣΗΘ που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ZNX. Οι τιμές του πίνακα παραμένουν σταθερές, ανεξαρτήτως των τιμών των υπολοίπων εισόδων.

COP : Πίνακας 5x1 ο οποίος περιέχει τον βαθμό αποδοτικότητας των κλιματιστικών που βρίσκονται εγκατεστημένα στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης. Οι τιμές του πίνακα παραμένουν σταθερές, ανεξαρτήτως των τιμών των υπολοίπων εισόδων.

DieselEff : Μεταβλητή η οποία δηλώνει την θερμογόνο δύναμη του καυσίμου(πετρελαίου).

Ζήτηση Ηλεκτρική ς Ενέργειας για κλιματισμό του Επιστημών (kWh)	Κατανάλωση Πετρελαίου για Θέρμανση του Επιστημών (lt)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για κλιματισμό του Μηχοπ (kWh)	Κατανάλωση Πετρελαίου για Θέρμανση του Μηχοπ (lt)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για κλιματισμό του Μηπερ (kWh)	Κατανάλωση Πετρελαίου για Θέρμανση του Μηπερ (lt)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για κλιματισμό του ΜΠΑ (kWh)	Κατανάλωση Πετρελαίου για Θέρμανση του ΜΠΑ (lt)	Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για κλιματισμό της Εστίας (kWh)	Κατανάλωση Πετρελαίου για Θέρμανση της Εστίας (lt)	Κατ/ση πετρελαίο υ για ZNX της Εστίας (lt)	Κατ/ση πετρελαί ου για ZNX της Λέσχης (lt)

Πίνακας 3-1 Μορφή του πίνακα Process_Timeseries

Όνομα Μονάδας	Θερμικό Τεχνικό Ελάχιστο (kW)	Μέγιστη Θερμική Ισχύς Εξόδου (kW)	Μέγιστη Ηλεκτρική Ισχύς Εξόδου (kW)	PHR (Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα)	Cons_coeff (lt)	Lin_coeff (lt/kWh)	Sq_coef (lt/kWh ²)	Κόστος Έναρξης (lt)	Κόστος Σβέσης (lt)	Κτίρια όπου εγκαθίσταται ο κάθε τύπος μονάδας
C770	309,6	1032	770	0,746	52,54	0,1143	0,00003	10	5	ΜΠΔ
C400	167	561	395	0,664	35,88	0,082	0,0001	6	3	ΜΠΔ
T100	50	167	100	0,599	7,4355	0,1399	0,0001	4	2	ΜΠΔ
D580	202,2	674	580	0,86	22	0,1526	0,00006	7	3,5	Επιστημών, ΜΗΧΟΠ
L150	65	226	150	0,664	8,6	0,153	0,00003	3	1,5	Επιστημών, ΜΗΧΟΠ
M44	19,5	65	44	0,677	4,2	0,1182	0,0004	2	1	Επιστημών, ΜΗΧΟΠ
C190	93,9	313	190	0,607	18	0,103	0,0001	5	2,5	ΜΗΠΕΡ
T80	40	121	80	0,661	1,36	0,1561	0,00007	2,5	1,25	ΜΗΠΕΡ
	12	40	20	0,5	4,7725	0,114	0,0005	1,2	0,6	ΜΗΠΕΡ, Εστία
S22	14,8	45,5	22	0,484	3,33	0,0831	0,00007	1,5	0,75	Εστία
	4,4	14,8	5,5	0,372	1,5	0,963	0,0006	0,62	0,31	Εστία, ZNX

Πίνακας 3-2 Συγκεντρωμένα τα χαρακτηριστικά των μονάδων ΣΗΘ που χρησιμοποιούνται

Για την κάλυψη των ψυκτικών/θερμικών φορτίων του συνόλου των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης, χρησιμοποιούνται συνολικά 17 μονάδες ΣΗΘ.

Οι τιμές των εκπεμπόμενων ρύπων για τις μονάδες ΣΗΘ που χρησιμοποιούν πετρέλαιο (diesel) δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

CO ₂ (gr/kWh)	SO(gr/kWh)	NO _x (gr/kWh)	Particles(gr/kWh)
738,15	0,19	1,556	0,4

Πίνακας 3-3 Εκπεμπόμενοι ρύποι από τις μονάδες ΣΗΘ ανά kWh που παράγεται

3.2.2 Βασική λειτουργία του αλγορίθμου – Ένταξη μονάδων και υπολογισμός του σημείου λειτουργίας τους

Η βασική λειτουργία του αλγορίθμου συνίσταται στην οικονομικότερη ένταξη των μονάδων παραγωγής ενέργειας και στον υπολογισμό του σημείου λειτουργίας της κάθε μονάδας.

Αρχικά, αξιοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα *Meteo_Timeseries* και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων ΑΠΕ του πίνακα *DG_APE* υπολογίζει την ποσότητα ενέργειας που παράγεται ανά ώρα από τις μονάδες αυτές. Το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στον πίνακα *Output_APE* έναν πίνακα 24x3. Στην πρώτη στήλη αποθηκεύεται η παραγωγή των φ/β συστημάτων, στην δεύτερη η παραγωγή από την λειτουργία των ανεμογεννητριών και στην τρίτη στήλη το άθροισμα αυτών.

$$\text{Output_APE}(t) = \sum_{i=1}^2 \text{Meteo_Timeseries}(i) * \text{Power}(i) \quad (1)$$

όπου $t=1:24$ και αντιστοιχεί στις ώρες της ημέρας, και $\text{Power}(i)$ η ισχύς των Φ/Β συστημάτων και των ανεμογεννητριών αντίστοιχα

Στην συνέχεια, με βάση τα δεδομένα από τον πίνακα *Process_Timeseries* και τον πίνακα *COP* υπολογίζει την ωριαία θερμική/ψυκτική ζήτηση για κάθε ομάδα κτιρίων, αλλά και το ωριαίο θερμικό φορτίο που απαιτείται για την παραγωγή ZNX για τα κτίρια της Φοιτητικής Λέσχης και της Εστίας. Η ζήτηση, που υπολογίζεται με τον τρόπο που δείχνει το παρακάτω τμήμα κώδικα, αποθηκεύεται στον πίνακα *DemandBuild1*, έναν πίνακα 24x7, όπου η κάθε μια από τις πρώτες πέντε στήλες του πίνακα αναφέρεται αντίστοιχα στην ζήτηση μιας ομάδας κτιρίων, ενώ οι τελευταίες δύο αναφέρονται στο θερμικό φορτίο για παραγωγή ZNX.

$$\begin{aligned} \text{DemandBuild1}(t, 1) &= \text{ProcessTimeseries}(t, 1) * \text{COP}_{\text{Build}(1)} \\ &+ \text{ProcessTimeseries}(t, 2) * \text{DieselEff} \end{aligned} \quad (2)$$

όπου $t=1:24$, $\text{DemandBuild1}(t, 1)$ η θερμική/ψυκτική ζήτηση σε kW για την πρώτη ομάδα κτιρίων την ώρα t , και $\text{COP}_{\text{Build}(1)}$ ο βαθμός αποδοτικότητας των κλιματιστικών της συγκεκριμένης ομάδας κτιρίων.

Ο νέος αυτός πίνακας *DemandBuild1*, μαζί με τους πίνακες στους οποίους περιέχονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων ΣΗΘ που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμικών φορτίων των κτιρίων αποτελούν την είσοδο στην συνάρτηση *lagrange*, η οποία αποτελεί και το κυρίως τμήμα του αλγορίθμου μας. Η κλήση της συνάρτησης *lagrange* από το πρόγραμμα μας γίνεται με την παρακάτω γραμμή κώδικα.

`[Output_kWth_Epist,min_Cons_Epist]=lagrange(DemandBuild1(:,1),DG_Epist);`

Η συνάρτηση αυτή δέχεται κάθε φορά σαν είσοδο την ζήτηση θερμικής/ψυκτικής ενέργειας για κάθε μια ομάδα κτιρίων(μια στήλη κάθε φορά από τον πίνακα *DemandBuild1*), μαζί με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων ΣΗΘ και εκτελεί τις εξής λειτουργίες :

Για κάθε τιμή ζήτηση ενέργειας του 24ώρου που δέχεται σαν είσοδο, υπολογίζει την συνολική κατανάλωση πετρελαίου των διαθέσιμων μονάδων παραγωγής δοκιμάζοντας όλους τους δυνατούς συνδυασμούς λειτουργίας των μονάδων. Όπως γίνεται αντιληπτό, κάποιοι συνδυασμοί μονάδων οδηγούν σε μη εφικτές λύσεις, όταν για παράδειγμα το άθροισμα των μεγίστων εξόδων των μονάδων είναι μικρότερο από το ζητούμενο φορτίο, ή αντίθετα όταν το άθροισμα των

ελαχίστων εξόδων των μονάδων είναι μεγαλύτερο από το ζητούμενο φορτίο. Για κάθε εφικτό συνδυασμό μονάδων, ο αλγόριθμος πραγματοποιεί οικονομική κατανομή του απαιτούμενου φορτίου στις μονάδες που λειτουργούν χρησιμοποιώντας την μέθοδο επαναλήψεων λάμδα[11]. Από την κατανομή του φορτίου στις διαθέσιμες μονάδες κάθε συνδυασμού και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων, το πρόγραμμα υπολογίζει την συνολική κατανάλωση πετρελαίου για κάθε εφικτό συνδυασμό. Η κατανάλωση πετρελαίου για κάθε μονάδα, εφόσον η μονάδα παράγει ισχύ, υπολογίζεται με βάση τον τύπο :

$$Fuel_Consumption(t)=sq_coeff * P_{th}^2(t) + lin_coeff * P_{th}(t) + const_coeff \quad (3)$$

όπου $P_{th}(t)$ η παραγόμενη θερμική ισχύς της μονάδας μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, και sq_coeff , lin_coeff , $const_coeff$ οι όροι της καμπύλης κατανάλωσης καυσίμου, οι τιμές των οποίων για κάθε χρησιμοποιούμενη μονάδα παρατίθενται στον πίνακα 3.2.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία για τους διάφορους συνδυασμούς μηχανών κρατούνται σε έναν πίνακα ο οποίος έχει την μορφή του πίνακα 3.4 .

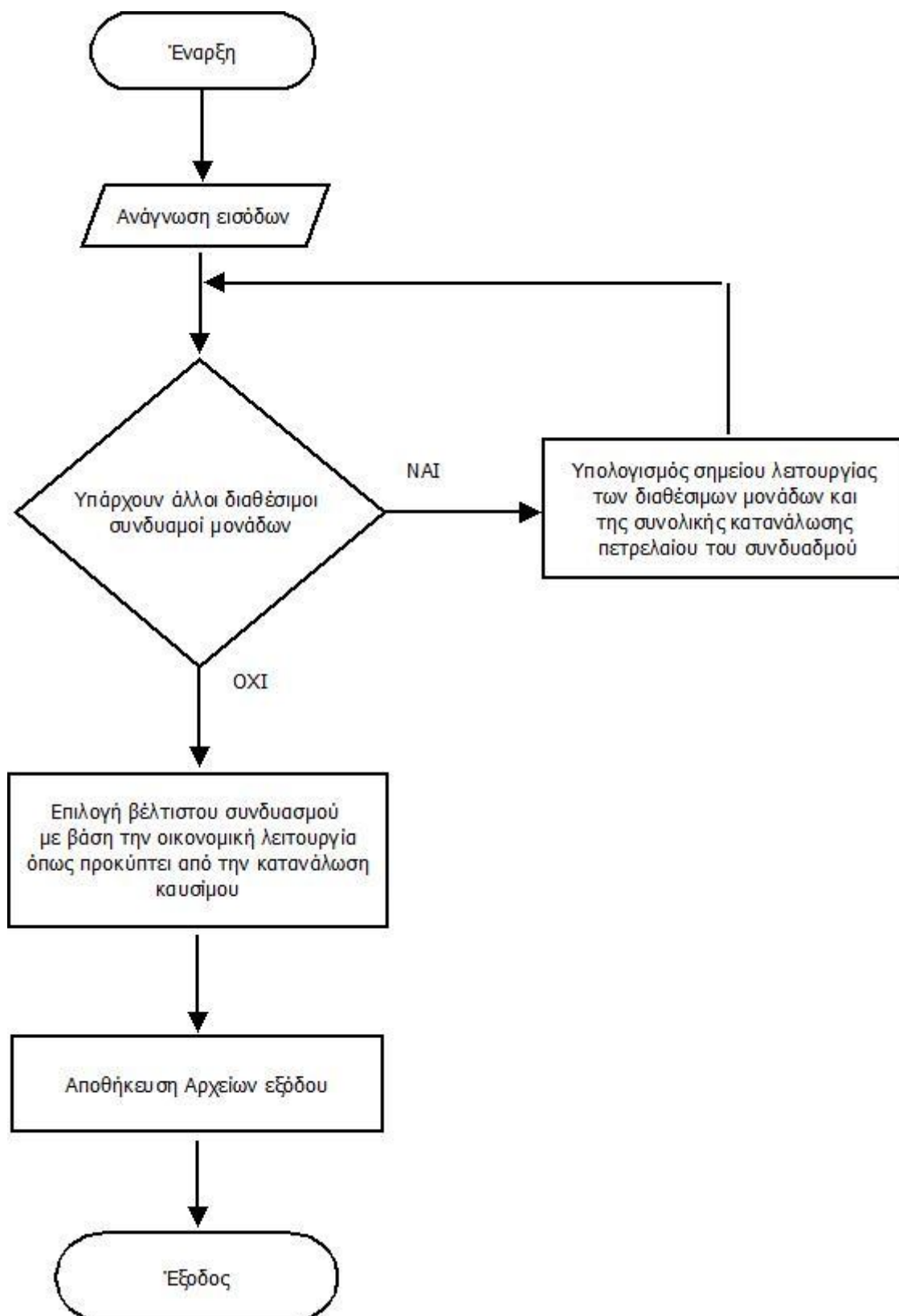
Κατάσταση Μονάδων			Όρια Ισχύος Συνδυασμού(kW)		Έξοδος Μονάδων(kW)			Συνολική κατανάλωση πετρελαίου(lt)
Mov1	Mov2	Mov3	P_{max}	P_{min}	P_1	P_2	P_3	-
OFF	OFF	OFF						
OFF	OFF	ON						
OFF	ON	OFF						
ON	OFF	OFF						
OFF	ON	ON						
ON	OFF	ON						
ON	ON	OFF						
ON	ON	ON						

Πίνακας 3-4 Στιγμιότυπο του πίνακα που δημιουργείται «ιδεατά» από την συνάρτηση lagrange

Στόχος του αλγορίθμου μας είναι η οικονομικότερη κατανομή του απαιτούμενου φορτίου στις διαθέσιμες μονάδες, και για τον λόγο αυτό επιλέγει για κάθε ώρα όπου υπάρχει ζήτηση θερμικής/ ψυκτικής ενέργειας, τον συνδυασμό των μονάδων ο οποίος απαιτεί την μικρότερη κατανάλωση πετρελαίου για την κάλυψη του ζητούμενου φορτίου. Δημιουργούνται λοιπόν δύο καινούργιοι πίνακες, ο Output_kWth ο οποίος είναι 24x4 και περιέχει την ωριαία ισχύ εξόδου για κάθε μονάδα -του επιλεγμένου συνδυασμού - που βρίσκεται σε λειτουργία , και ο πίνακας min_Cons ο οποίος είναι 24x1 και περιλαμβάνει την ωριαία κατανάλωση πετρελαίου των μονάδων. Οι δύο αυτοί πίνακες είναι που επιστρέφονται από την συνάρτηση lagrange στο κύριο μέρος του προγράμματος μας.

Η lagrange καλείται συνολικά 5 φορές(όσες είναι δηλαδή οι ομάδες κτιρίων) στο πρόγραμμα μας, εκτελώντας ακριβώς την ίδια λειτουργία που περιγράφηκε παραπάνω για κάθε ομάδα κτιρίων, δεχόμενη κάθε φορά την αντίστοιχη χρονοσειρά ζήτησης θερμικής/ψυκτικής ενέργειας της εκάστοτε ομάδας κτιρίων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκατεστημένων μονάδων ΣΗΘ.

Η λειτουργία της συνάρτησης lagrange συνοψίζεται στο ακόλουθο λογικό διάγραμμα :



Διάγραμμα 3.1 Λογικό διάγραμμα συνάρτησης lagrange

Όσον αφορά την κατανάλωση πετρελαίου για την παραγωγή ZNX, αυτή υπολογίζεται για τα δύο κτίρια που απαιτούν ZNX- αφού αρχικά υπολογιστεί το σημείο λειτουργίας της κάθε μονάδας σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις - χρησιμοποιώντας τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα DemandBuild1 και τα στοιχεία των μονάδων του πίνακα DG_ZNX.

$$Output_kWth_ZNX(t, 1) = DemandBuild1(t, 6) \quad (4)$$

$$Output_kWth_ZNX(t, 2) = DemandBuild1(t, 7) \quad (5)$$

όπου $t=1:24$, $Output_kWth_ZNX(t, 1)$ και $Output_kWth_ZNX(t, 2)$ το σημείο λειτουργίας των μονάδων ΣΗΘ για παραγωγή ZNX την ώρα t , και $DemandBuild1(t, 6)$ και $DemandBuild1(t, 7)$ το απαιτούμενο θερμικό φορτίο για ZNX της Φοιτητικής Λέσχης και της Εστίας αντίστοιχα.

Έχοντας ήδη υπολογίσει το σημείο λειτουργίας της κάθε μονάδας ΣΗΘ για κάθε ώρα λειτουργίας της μέσα στο εξεταζόμενο 24ώρο, υπολογίζεται στην συνέχεια την ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται από κάθε μονάδα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο λόγος $PowerToHeatRatio(PHR)$ της κάθε μονάδας. Η παραγόμενη από τις μονάδες ΣΗΘ ηλεκτρική ενέργεια, αποθηκεύεται – για κάθε ομάδα κτιρίων – σε έναν πίνακα 24×4 με όνομα $Output_kWel$.

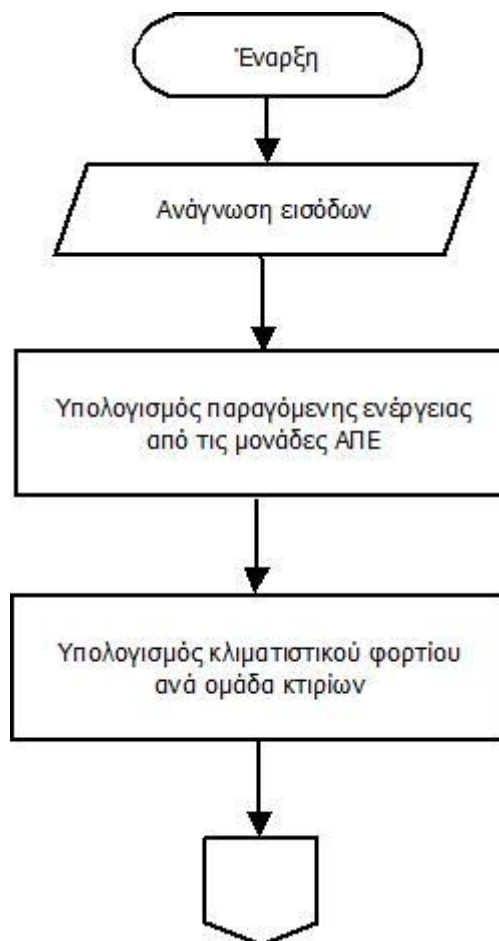
$$Output_kWel_Epist = \sum_{i=1}^3 Output_kWel_Epist(i) \quad (6)$$

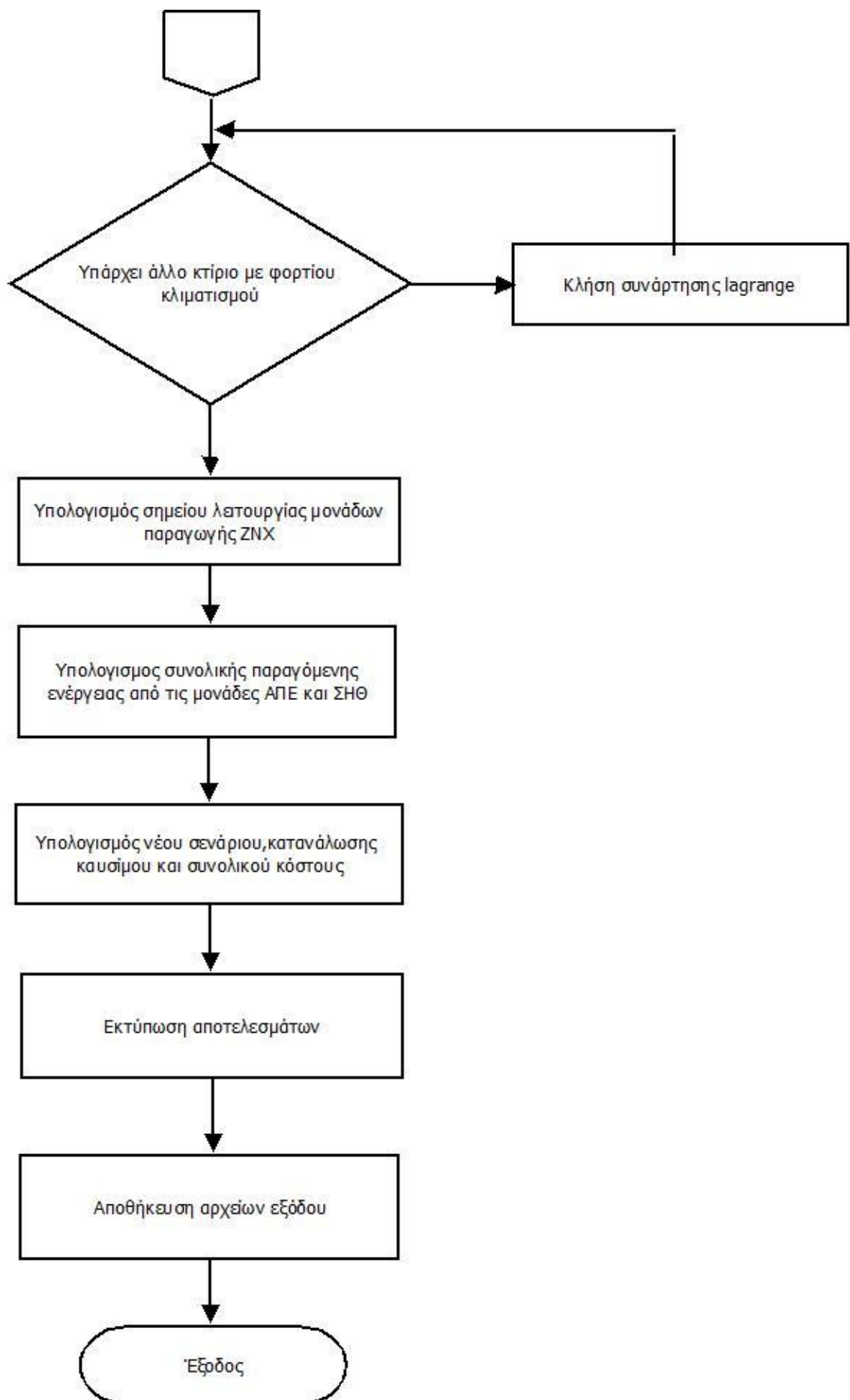
όπου

$$Output_kWel_Epist(i) = Output_kWth_Epist(i) * PHR(i) \quad (7)$$

και $PHR(i)$ ο λόγος ηλεκτρισμού-θερμότητας της αντίστοιχης μονάδας ΣΗΘ.

Το λογικό διάγραμμα του αλγορίθμου δίνεται στο ακόλουθο σχήμα :





Διάγραμμα 3.2 Λογικό διάγραμμα αλγορίθμου

3.2.3 Αρχεία εξόδου και υπολογισμοί

Έχοντας υπολογίσει με την βοήθεια της διαδικασίας που περιγράφηκε παραπάνω το σημείο λειτουργίας της κάθε μονάδας παραγωγής ενέργειας, το πρόγραμμα μας εκτελεί τους ακόλουθους υπολογισμούς και βγάζει ως αποτέλεσμα τους αντίστοιχους πίνακες :

α) Την ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως άθροισμα της ενέργειας που παράγεται από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και της ενέργειας που παράγεται κατά την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ. Το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στον πίνακα Electricity_Produced.

β) Το νέο σενάριο ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για το σύνολο της Πολυτεχνειούπολης, όπως αυτό προκύπτει μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αρχική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η νέα αυτή ζήτηση, που αποθηκεύεται στον πίνακα ElectricityScenario προκύπτει αφαιρώντας από την αρχική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται στην πρώτη στήλη του πίνακα Measured_Timeseries την συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ (πίνακας Electricity Produced) καθώς και την ποσότητα της αρχικής ηλεκτρικής ζήτησης η οποία καταναλωνόταν για θέρμανση.

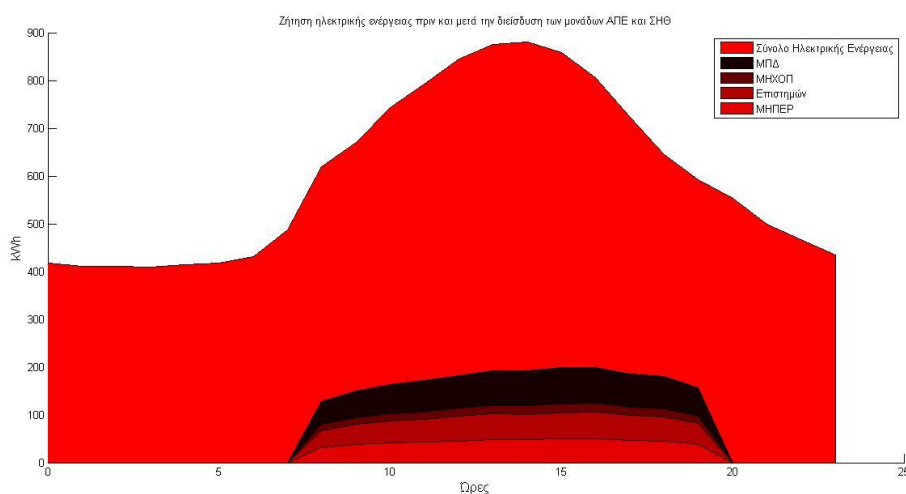
γ) Την νέα ωριαία κατανάλωση πετρελαίου για την κάλυψη του απαιτούμενου θερμικού/ψυκτικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης, η οποία αποθηκεύεται στον πίνακα OilScenario.

δ) Το συνολικό κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και κατανάλωσης πετρελαίου για το σύνολο της Πολυτεχνειούπολης τόσο πριν (πίνακας Cost_Before) όσο και μετά (πίνακας New_Cost) την εγκατάσταση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ. Ο υπολογισμός του κόστους γίνεται σύμφωνα με τις τιμές που περιέχονται στον πίνακα Commodity_Prices.

ε) Τους εκπεμπόμενους προς το περιβάλλον ρύπους (CO_2 , SO, NO_x , Σωματίδια) τόσο πριν (πίνακας Emissions_Before) όσο και μετά (πίνακας New_Emissions) την εγκατάσταση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.

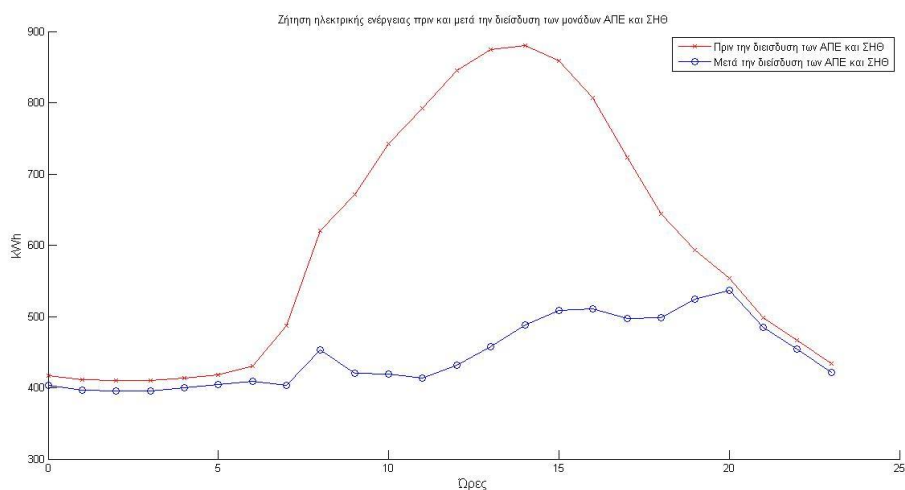
Εκτός των παραπάνω αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα παίρνουμε και τα εξής γραφήματα :

α) Ένα γράφημα το οποίο παρουσιάζει την συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας πριν την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ και το ποσοστό αυτής που καταναλώνεται για τον κλιματισμό της κάθε ομάδας κτιρίων.



Διάγραμμα 3.3 Διάγραμμα που εκτυπώνεται από το πρόγραμμα και απεικονίζει την αρχική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας – για μια ημέρα - και την κατανομή αυτής στην ζήτηση ενέργειας για κλιματισμό ανά κτίριο.

β) Ένα γράφημα το οποίο απεικονίζει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της Πολυτεχνειούπολης πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ



Διάγραμμα 3.4 Διάγραμμα που εκτυπώνεται από το πρόγραμμα και απεικονίζει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας – για μια ημέρα – πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Κεφάλαιο 4

ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα προχωρήσουμε σε εφαρμογή του αλγορίθμου και θα μελετήσουμε τα οφέλη από την λειτουργία των προτεινόμενων προς εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ και ΑΠΕ στους χώρους της Πολυτεχνειούπολης. Στα πρώτα τρία σενάρια εξετάζουμε μόνο την περίπτωση της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ που προτάθηκαν για εγκατάσταση στο κεφάλαιο 2. Υποθέτουμε διάφορα σενάρια ημερήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης (τυπική- υψηλή- χαμηλή), τα οποία αντίστοιχα απεικονίζουν και την ζήτηση θερμικού/ψυκτικού φορτίου κατά την διάρκεια της ημέρας, και ανάλογη διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ (τυπική- υψηλή- χαμηλή) και εξετάζουμε διάφορους συνδυασμούς αυτών, με σκοπό την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την βιωσιμότητα της προτεινόμενης επένδυσης. Τα επόμενα σενάρια συνδυάζουν τόσο την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ όσο και την λειτουργία των προτεινόμενων για εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων της Πολυτεχνειούπολης. Τα αποτελέσματα που εξάγονται αφορούν τόσο τα οικονομικά οφέλη από την ένταξη των μονάδων ΣΗΘ και ΑΠΕ, όσο και την συνεισφορά αυτών στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Συνοπτικά τα σενάρια τα οποία πραγματοποιήθηκαν είναι τα εξής :

1. Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση
2. Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση
3. Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση
4. Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση
5. Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση
6. Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

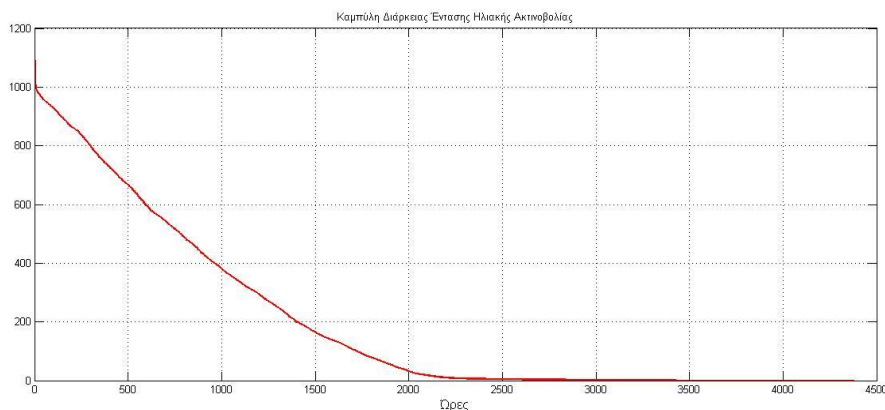
Στα σενάρια στα οποία γίνεται λόγος για ταυτόχρονη διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική ζήτηση της Πολυτεχνειούπολης, αναλύονται τα εξής σενάρια για την οικονομική αποτίμηση της προτεινόμενης εγκατάστασης:

1. Διερεύνηση οικονομικού οφέλους από την πώληση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ χρησιμοποιώντας ως τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας την τιμή αγοράς αυτής από το δίκτυο της ΔΕΗ(net metering)
2. Διερεύνηση οικονομικού οφέλους από την πώληση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ χρησιμοποιώντας τιμές πώλησης όπως αυτές ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

3. Διερεύνηση μέγιστου οικονομικού οφέλους από την πώληση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ χρησιμοποιώντας ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας

4.1 Σενάριο Πρώτο : Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε τυπική ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση (βλέπε παράγραφο 2.4.1) και τυπική παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, όπως αυτή προκύπτει από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα- ηλιακή ακτινοβολία και μέση ταχύτητα ανέμου- (βλέπε παράγραφο 2.3.1)

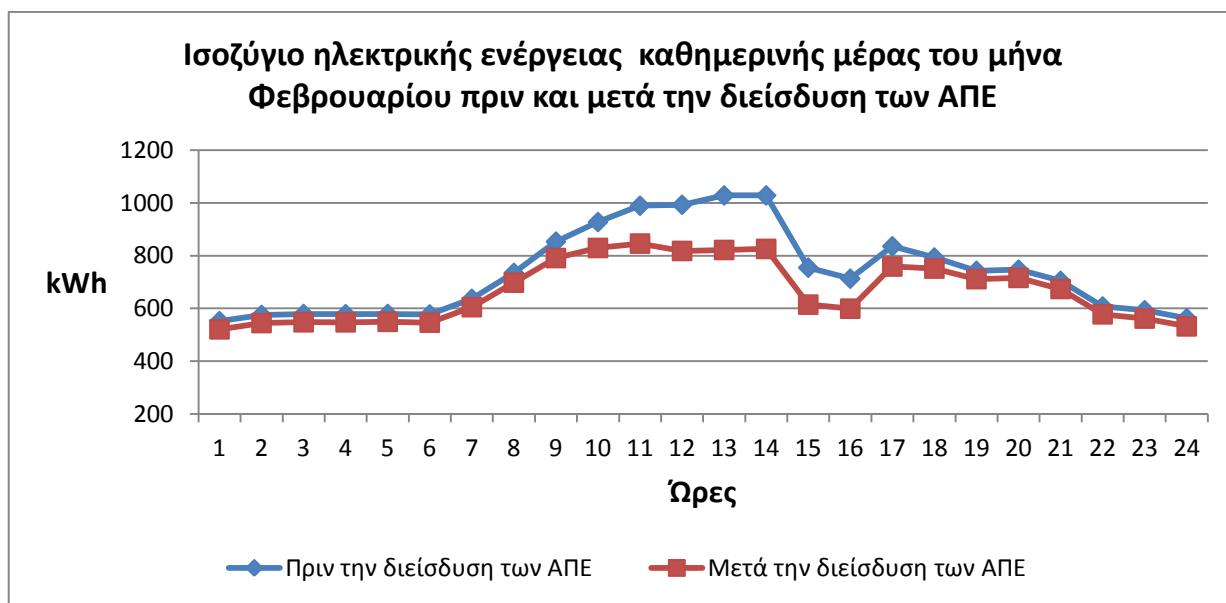


Διάγραμμα 4.1 Καμπύλη διάρκειας της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Πολυτεχνείου Κρήτης

Στην συνέχεια παρατίθενται αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις εφαρμογής για τυπικές ημέρες διαφόρων μηνών του έτους, οι οποίες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

4.1.1 Χειμερινός μήνας με μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την επίδραση της διείσδυσης των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο για μια τυπική καθημερινή ημέρα του Φεβρουαρίου.



Διάγραμμα 4.2 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με μέση ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

Παρατηρούμε σχετική μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται από το δίκτυο της ΔΕΗ για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, κυρίως στο διάστημα μεταξύ 10πμ και 4μμ, καθώς και μετατόπιση της αιχμής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται αναλυτικά στοιχεία, όπως αυτά προκύπτουν από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ, για τους διάφορους τύπους ημερών(καθημερινές, Σάββατα, Κυριακές) του Φεβρουαρίου.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	1699,506	9,61%	206,734(1μμ)	20,1%(1μμ)	1028,43	845,98
Σάββατο	1699,506	16,84%	206,734(1μμ)	38,45%(1μμ)	548,16	405,91
Κυριακή	1699,506	19,83%	206,734(1μμ)	53,7%(1μμ)	419,628	388,73

Πίνακας 4-1 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου

Από τα στοιχεία του πίνακα 4.1 παρατηρούμε ότι τα Σαββατοκύριακα, όπου η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι μικρότερη από τις καθημερινές ημέρες του μήνα, η παραγωγή των ΑΠΕ καλύπτει σχεδόν το 20% της ημερήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης.

Από τα νέα δεδομένα εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο που προκύπτουν μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ, υπολογίζονται τα οικονομικά οφέλη και η μείωση των εκπεμπόμενων προς την ατμόσφαιρα ρύπων για τον κάθε τύπο ημέρας του Φεβρουαρίου, με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν από το [8]. Το καθαρό κέρδος αναφέρεται στο όφελος που αποκτάμε λόγω της κάλυψης μέρους του ηλεκτρικού φορτίου από την παραγωγή των ΑΠΕ.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)
Καθημερινή	1664,65	1504,69	159,96
Σάββατο	949,63	789,67	159,96
Κυριακή	806,42	646,46	159,96

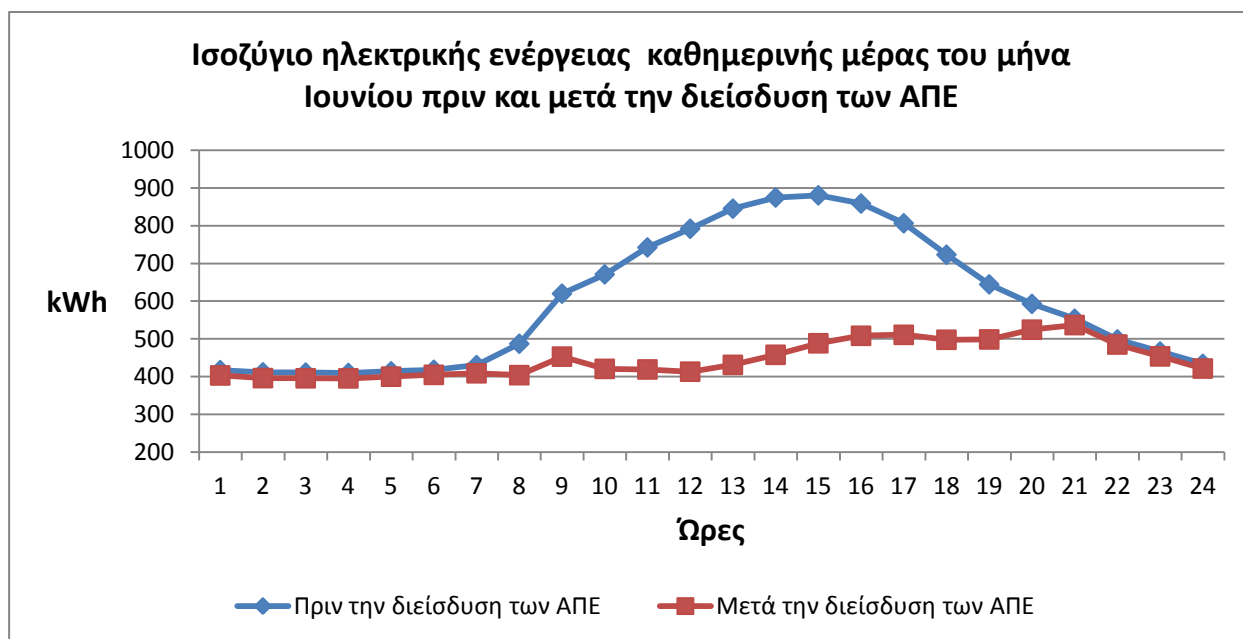
Πίνακας 4-2 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Φεβρουαρίου

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	9,75%	9,67%	9,7%	9,75%
Σάββατο	17,16%	17%	17,07%	17,16%
Κυριακή	20,17%	19,95%	20,05%	20,17%

Πίνακας 4-3 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Φεβρουαρίου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ

4.1.2 Καλοκαιρινός μήνας με μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Αντίστοιχα στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η επίδραση της διείσδυσης των ΑΠΕ στην ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τον Ιούνιο(τυπική καθημερινή ημέρα).



Διάγραμμα 4.3 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Ιουνίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

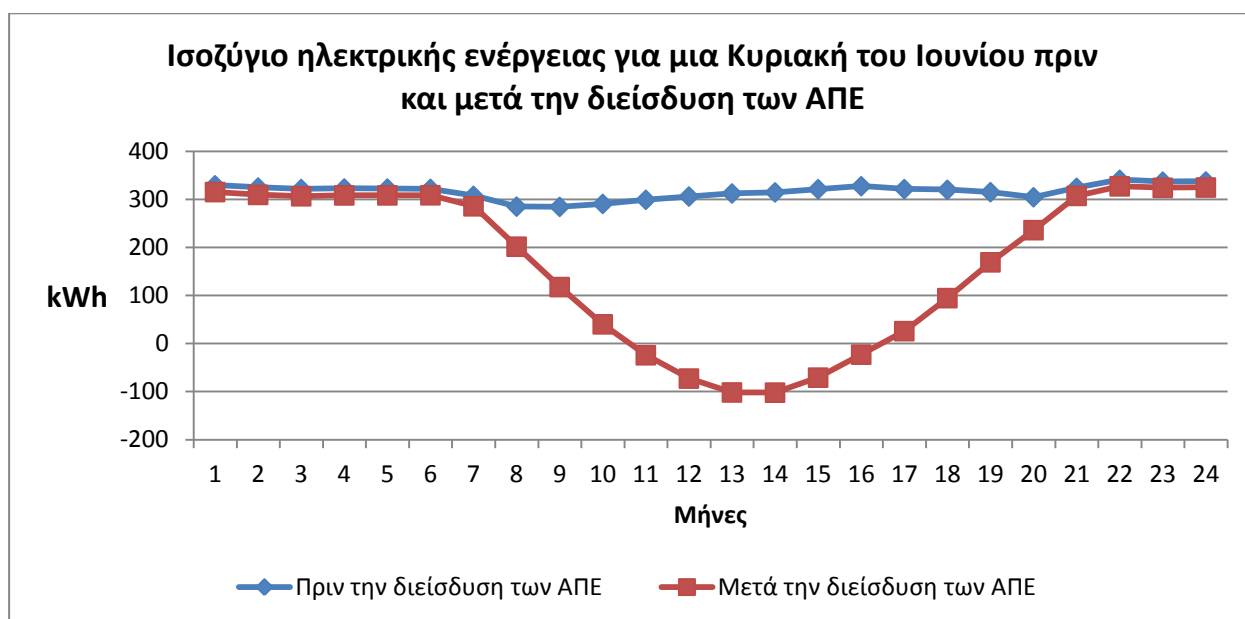
Από το διάγραμμα 4.3 παρατηρούμε ότι η διείσδυση των ΑΠΕ προκαλεί σημαντική μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται από το δίκτυο της ΔΕΗ για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, η οποία για αρκετές ώρες φτάνει το 45%-49%. Παρατηρούμε επίσης μετατόπιση της αιχμής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και σημαντική μείωση της τιμής αυτής από τα 880,67kW που ήταν πριν την διείσδυση των ΑΠΕ στα 536,65kW.

Το αρκετά υψηλό ποσοστό κάλυψης της κατανάλωσης από τις μονάδες ΑΠΕ για τον συγκεκριμένο μήνα, όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του πίνακα 4.4, οφείλεται κυρίως στην υψηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας την περίοδο αυτή, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή παραγωγή ενέργειας από τα εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3676,542	25,52%	416,837(2μμ)	49%(1μμ)	880,67	536,65
Σάββατο	3676,542	40,2%	416,837(2μμ)	90,72%(1μμ)	473,11	354,14
Κυριακή	3676,542	43,2%	416,837(2μμ)	100++%(11μμ-4μμ)	341,22	327,60

Πίνακας 4-4 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου

Παρατηρούμε ότι τις Κυριακές η παραγωγή των ΑΠΕ κατά την διάρκεια των ωρών 11πμ-4μμ υπερβαίνει την τιμή ζήτησης για τις ώρες αυτές, γεγονός που μας δίνει την δυνατότητα πώλησης της περίσσειας της ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.



Διάγραμμα 4.4 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας για μια Κυριακή του Ιουνίου – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η μέγιστη διείσδυση φτάνει στο 132% της ζήτησης (1μμ-2μμ). Οι αρνητικές τιμές αντιστοιχούν στην περίσσεια της παραγωγής των ΑΠΕ και το μέγεθός αυτής ανέρχεται στις 392,95kWh, δηλαδή το 10,7% της συνολικής παραγωγής από τα ΑΠΕ. Η μέγιστη τιμή ισχύος που μπορεί να διοχετευθεί προς το δίκτυο ανά ώρα ανέρχεται στα 101,8kW και η ελάχιστη στα 22,67kW.

Τα οικονομικά οφέλη – ανά ημέρα - από την διείσδυση των ΑΠΕ για τον μήνα Ιούνιο παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)
Καθημερινή	1355,73	1009,69	346,04
Σάββατο	860,82	514,78	346,04
Κυριακή	715,39	406,34	309,05

Πίνακας 4-5 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Ιουνίου

Τις Κυριακές το κέρδος μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο αν συνυπολογιστεί στο καθαρό κέρδος το όφελος που προκύπτει σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, τις ώρες που εμφανίζεται περίσσεια παραγωγής από τις μονάδες μας.

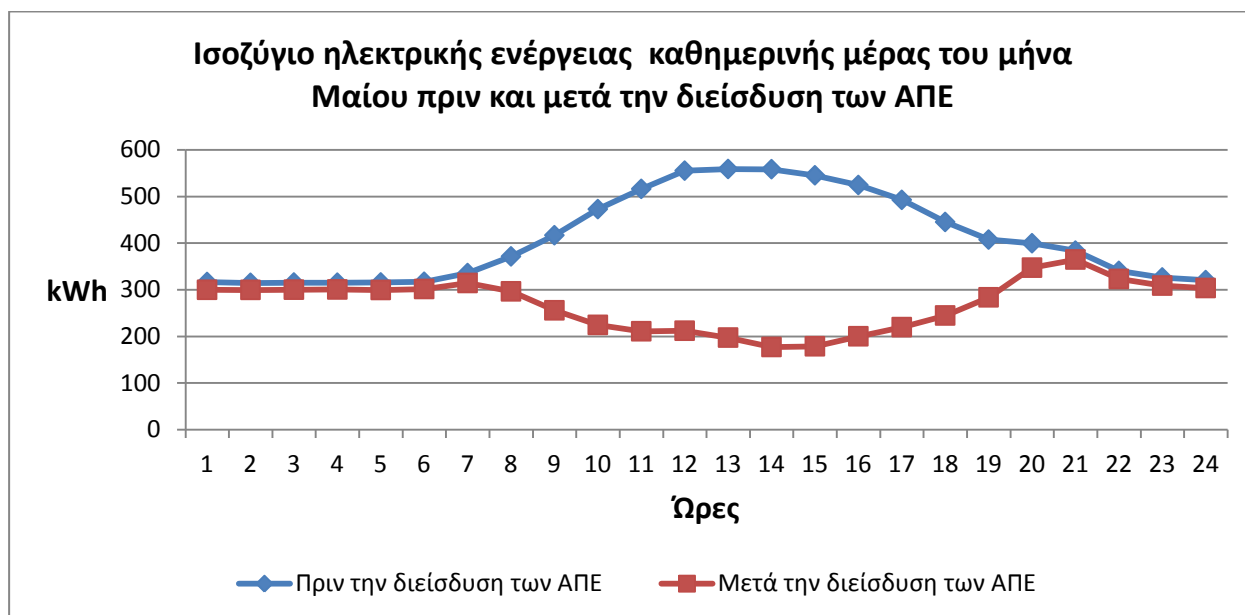
Αντίστοιχα η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων που πετυχαίνουμε για τον συγκεκριμένο μήνα. Οι εκπομπές ρύπων σε gr/kWh παραγόμενης ισχύος προκύπτουν από το [8].

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	27,35%	27,36%	27,35%	27,35%
Σάββατο	43,84%	43,85%	43,84%	43,84%
Κυριακή	50,5%	50,52%	50,52%	50,52%

Πίνακας 4-6 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουνίου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ

4.1.3 Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση ημέρας με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο Μάιος, καθώς είναι ο μήνας κατά τον οποίο πετυχαίνουμε την μεγαλύτερη διείσδυση της παραγωγής από ΑΠΕ.



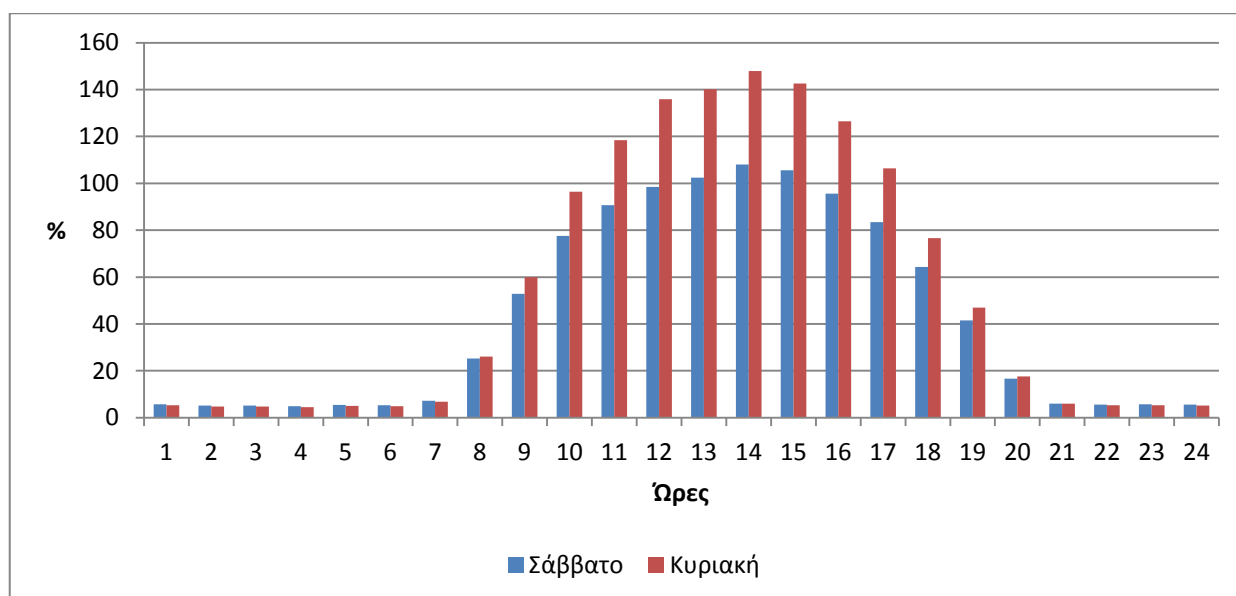
Διάγραμμα 4.5 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Μαΐου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

Η υψηλή διείσδυση της παραγωγής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στον μήνα αυτό οφείλεται τόσο στην αρκετά αυξημένη παραγωγή ενέργειας από τις μονάδες ΑΠΕ, όσο και στην σχετικά χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (για τυπικές μέρες) που παρατηρείται αυτόν τον μήνα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3401,986	34,49%	381,329(2μμ)	68,29%(2μμ)	558,8	364,66
Σάββατο	3401,986	44,37%	381,329(2μμ)	100++%(1μμ-3μμ)	353,16	301,66
Κυριακή	3401,986	40,78%	381,329(2μμ)	100++%(11μμ-5μμ)	332,82	315,36

Πίνακας 4-7 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου

Από τον πίνακα 4.7 παρατηρούμε ότι τις καθημερινές ημέρες του Μαΐου η κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από την παραγωγή των ΑΠΕ φθάνει στο 34,49% της συνολικής κατανάλωσης, ενώ το ποσοστό αυτό γίνεται ακόμα μεγαλύτερο τα Σαββατοκύριακα, κατά την διάρκεια των οποίων η παραγωγή των ΑΠΕ υπερβαίνει την τιμή ζήτησης για αρκετές ώρες, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα, με αποτέλεσμα την ύπαρξη περίσσειας ενέργειας για διοχέτευση προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Η μέγιστη τιμή ισχύος που μπορεί να διατεθεί προς το δίκτυο- ανά ώρα - αυτόν τον μήνα ανέρχεται στα 123,62kW.



Διάγραμμα 4.6 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική ζήτηση των Σαββατοκύριακων του Μαΐου

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)
Καθημερινή	928,47	608,28	320,19
Σάββατο	709,78	394,85	314,93
Κυριακή	656,07	388,5	267,57

Πίνακας 4-8 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τοπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Μαΐου

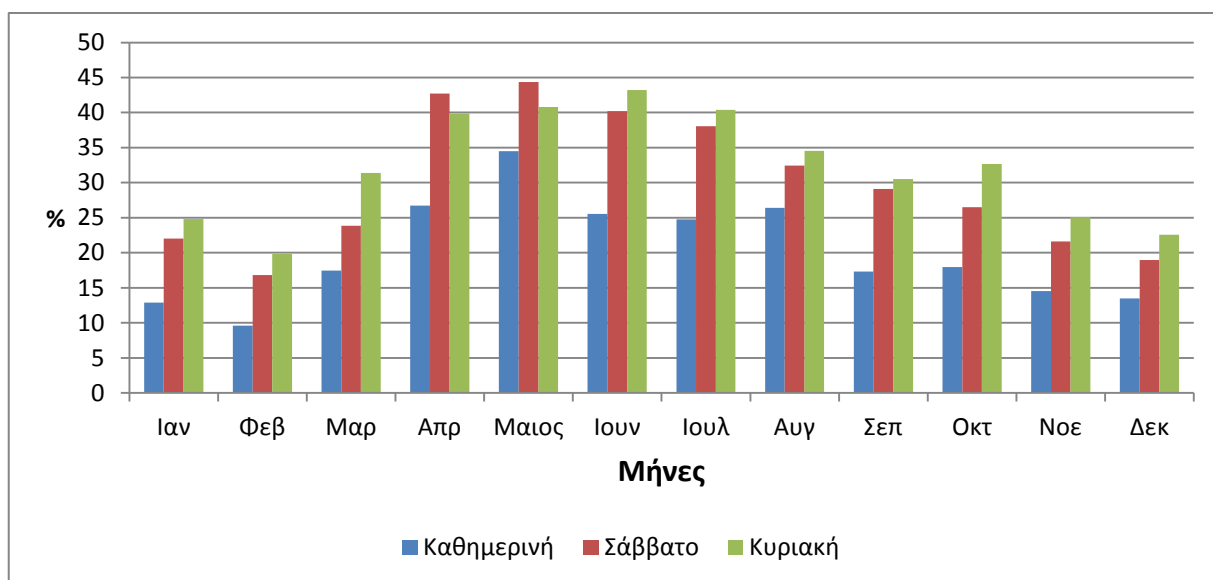
Τα καθαρά κέρδη από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.8, μπορούν να αυξηθούν σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας της παραγωγής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Επιπροσθέτως, επιτυγχάνεται και σε αυτό το χρονικό διάστημα σημαντική μείωση στις εκπομπές ρύπων, η οποία φθάνει το 35,7% τις καθημερινές και το 46-47,5% τα Σαββατοκύριακα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	35,73%	35,86%	35,78%	35,78%
Σάββατο	46,81%	47,02%	46,9%	46,9%
Κυριακή	47,32%	47,55%	47,43%	47,43%

Πίνακας 4-9 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαΐου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ

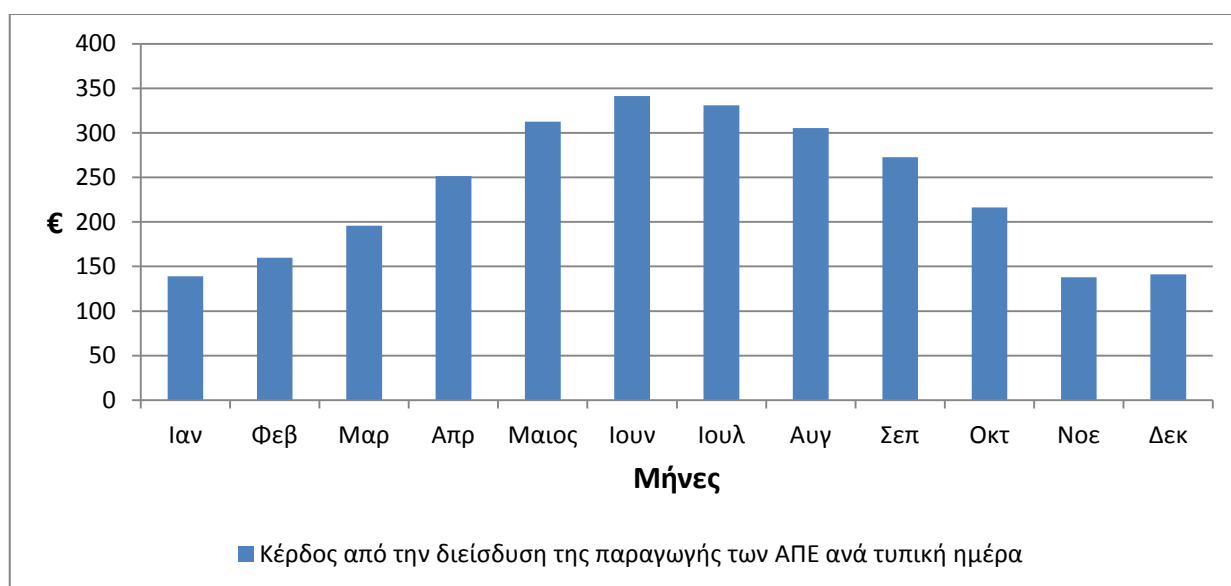
4.1.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Στην συνέχεια παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν και απεικονίζουν την συνεισφορά της παραγόμενης από τα ΑΠΕ ενέργειας στην μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθεύεται η Πολυτεχνειούπολη από το διασυνδεδεμένο δίκτυο, σε διάστημα ενός έτους.



Διάγραμμα 4.7 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας

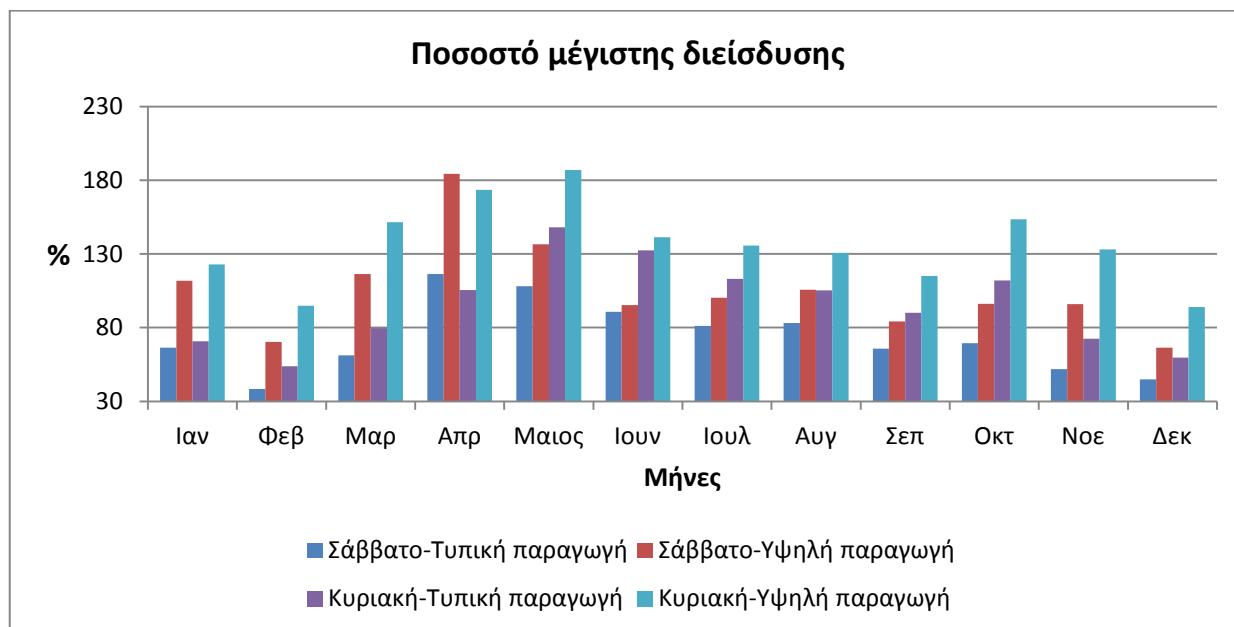
Το ποσοστό διείσδυσης για κάθε μέρα, αντιστοιχεί και στο ποσοστιαίο οικονομικό όφελός που αποκτούμε από την διείσδυση των ΑΠΕ, χωρίς να συνυπολογίσουμε τα οικονομικά οφέλη από την περίπτωση πώλησης της πλεονάζουσας παραγόμενης ενέργειας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα καθαρά οικονομικά οφέλη από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ, για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση.



Διάγραμμα 4.8 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Το οικονομικό όφελος από την τυπική παραγωγή των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για μια «τυπική» ημέρα του έτους ανέρχεται στα 233,56€, ενώ το μέγιστο όφελος μπορεί να ξεπεράσει τα 340€, όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα 4.8

Στο διάγραμμα 4.9 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ που παρατηρούνται κατά την διάρκεια του έτους.



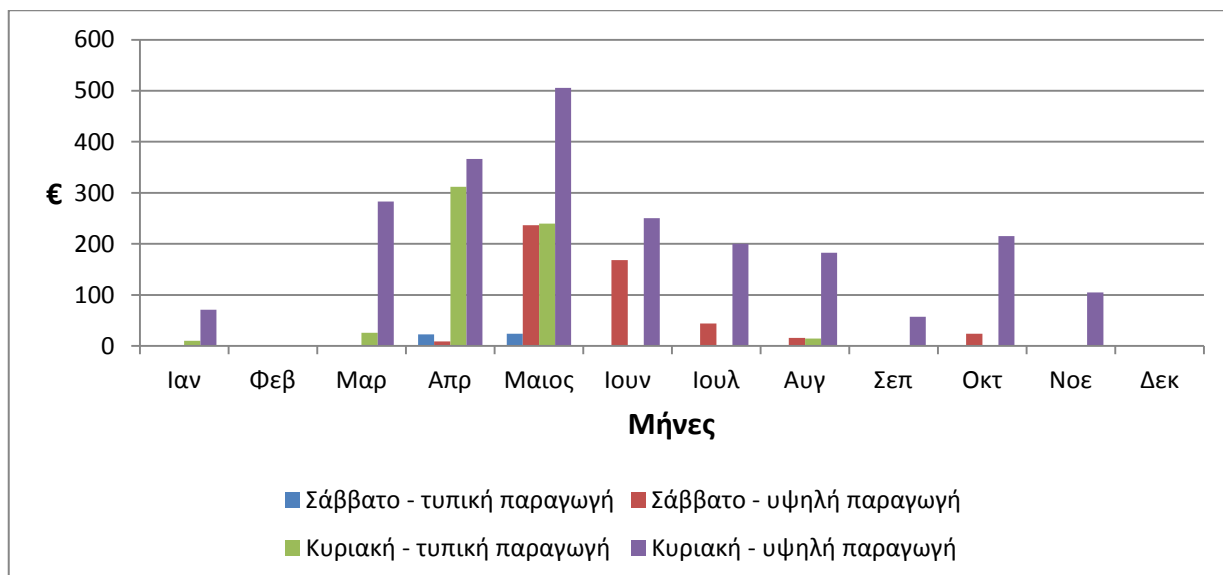
Διάγραμμα 4.9 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής.

Όταν το ποσοστό υπερβαίνει το 100% έχουμε περίσσεια παραγωγής, την οποία μπορούμε να εκμεταλλευτούμε διοχετεύοντας την στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της υψηλής παραγωγής, η ενέργεια που παράγεται από τα ΑΠΕ υπερκαλύπτει την ζήτηση τόσο τα Σάββατα όσο και τις Κυριακές αρκετούς μήνες του έτους, ενώ στην περίπτωση της τυπικής παραγωγής αυτό συμβαίνει κυρίως τις Κυριακές κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών κυρίως μηνών. Τα ποσά της ενέργειας που μπορούν να διατεθούν προς πώληση στο διασυνδεδεμένο δίκτυο -ανά τύπο ημέρας- και ανάλογα με την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ παρουσιάζονται στην συνέχεια στον πίνακα 4.10.

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (kW)	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (kW)
Ιανουάριος	Σάββατο	0	0	28,44	28,44
	Κυριακή	0	0	197,64	57,68
Μάρτιος	Σάββατο	0	0	68,96	53
	Κυριακή	0	0	748,8	152,7
Απρίλιος	Σάββατο	55,96	39,45	779,02	204,61
	Κυριακή	22,53	14,77	915,88	179,95
Μάιος	Σάββατο	55,97	28,49	591,6	129,01
	Κυριακή	559,05	123,62	1247,85	224,14
Ιούνιος	Κυριακή	392,95	101,8	595,95	130,18
Ιούλιος	Σάββατο	0	0	1,44	1,44
	Κυριακή	102,49	45,83	487,75	130,39
Αύγουστος	Σάββατο	0	0	34,76	26,13
	Κυριακή	36,93	19,34	443,32	112,49
Σεπτέμβριος	Κυριακή	0	0	145,17	58,77
Οκτώβριος	Κυριακή	59,4	30,19	572,54	136,52
Νοέμβριος	Κυριακή	0	0	284,88	83
Μέγιστη περίσσεια ενέργειας	Κυριακή του μήνα Μαΐου	559,05	123,62	1247,85	224,14

Πίνακας 4-10 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ

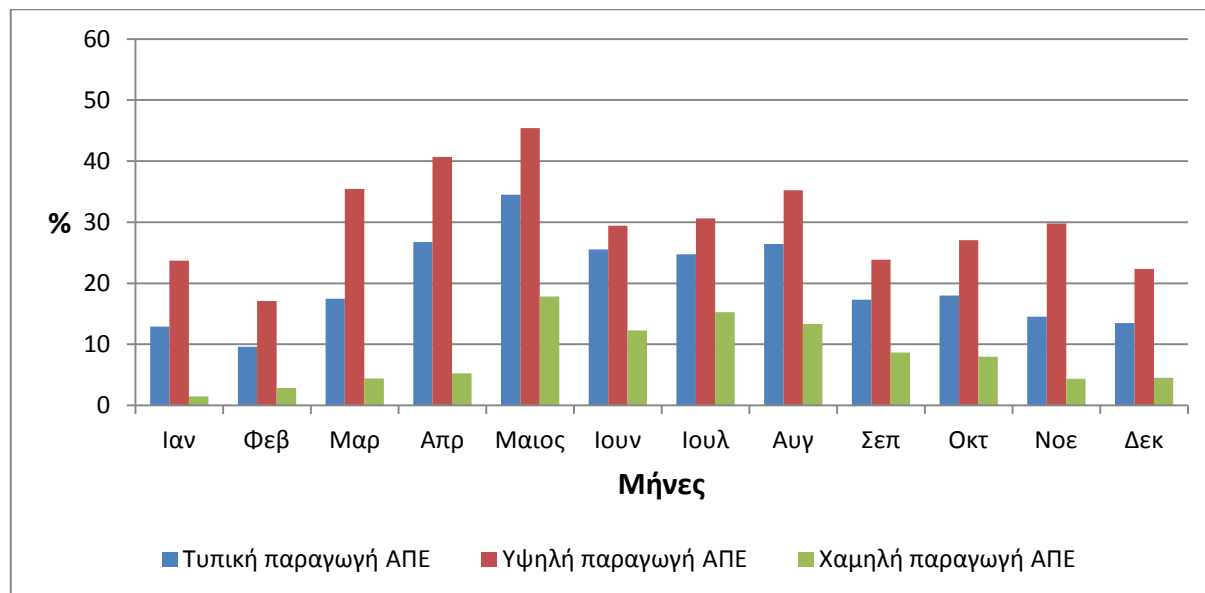
Σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης και υποθέτοντας τιμές πώλησης παραγωγού ή αυτοπαραγωγού, όπως αυτές ορίζονται από τον νόμο υπ' αριθμόν 3851/2010[3] (0,45€/kWh για ενέργεια παραγόμενη από Φ/Β Συστήματα και 0,25€/kWh για ενέργεια παραγόμενη από αιολική πηγή), το οικονομικό όφελος που αποκομίζουμε ανά τύπο ημέρας παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.10 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Η πώληση λοιπόν της περίσσειας ενέργειας μπορεί να αποφέρει όφελος ως και 505€ ημερησίως, ανάλογα πάντα με την ποσότητα που διοχετεύεται προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Αν πάλι η τιμή πώλησης της περίσσειας ενέργειας κυμαινόταν στα επίπεδα της τιμής αγοράς αυτής από το δίκτυο της ΔΕΗ, τότε το όφελος θα μειωνόταν σημαντικά, με το μέγιστο ημερήσιο όφελος να ανέρχεται στα 117,45€.

Το διάγραμμα 4.11 απεικονίζει το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο προφίλ της ηλεκτρικής κατανάλωσης της Πολυτεχνειούπολης για τις τυπικές καθημερινές μέρες των διαφόρων μηνών, για διαφορετικά σενάρια παραγωγής ενέργειας από τις μονάδες ΑΠΕ. Η υψηλή παραγωγή των ΑΠΕ αναφέρεται στην ημέρα με την μέγιστη ηλιοφάνεια και ένταση ανέμου, ενώ η χαμηλή αντιστοιχεί στην ημέρα με την ελάχιστη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και ταχύτητας ανέμου.



Διάγραμμα 4.11 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με μέση κατανάλωση

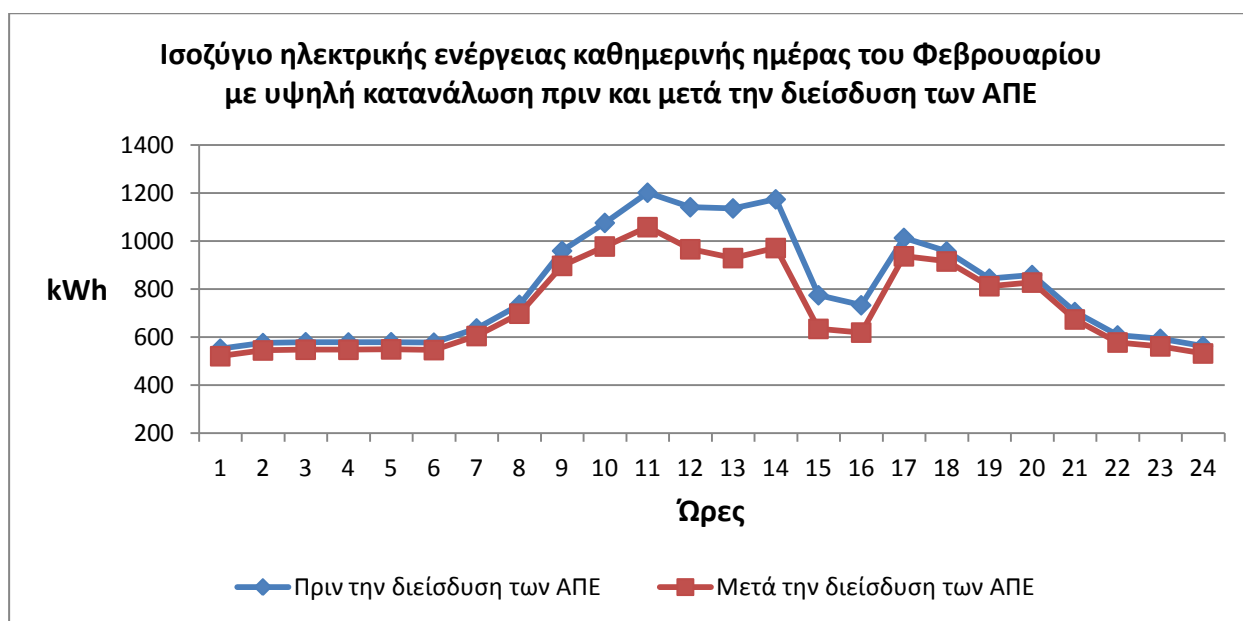
4.2 Σενάριο Δεύτερο : Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση και εξετάζουμε διάφορες περιπτώσεις παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ, όπως αυτές προκύπτουν από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα- ηλιακή ακτινοβολία και μέση ταχύτητα ανέμου-. Η υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση προκύπτει ως συνάρτηση της υψηλής ζήτησης θερμικής/ψυκτικής ενέργειας, πρόκειται δηλαδή για τις πολύ κρύες ημέρες του χειμώνα και αντίστοιχα τις πολύ ζεστές ημέρες των καλοκαιρινών μηνών. Εστιάζουμε την προσοχή μας κυρίως στις περιπτώσεις μέσης και υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ.

Στην συνέχεια παρατίθενται περιπτώσεις εφαρμογής που απεικονίζουν την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες διαφόρων μηνών του έτους κατά τις οποίες παρατηρείται ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2.1 Χειμερινός μήνας με υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει την μεταβολή στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο για μια καθημερινή ημέρα του Φεβρουαρίου με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της επίδρασης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ.



Διάγραμμα 4.12 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

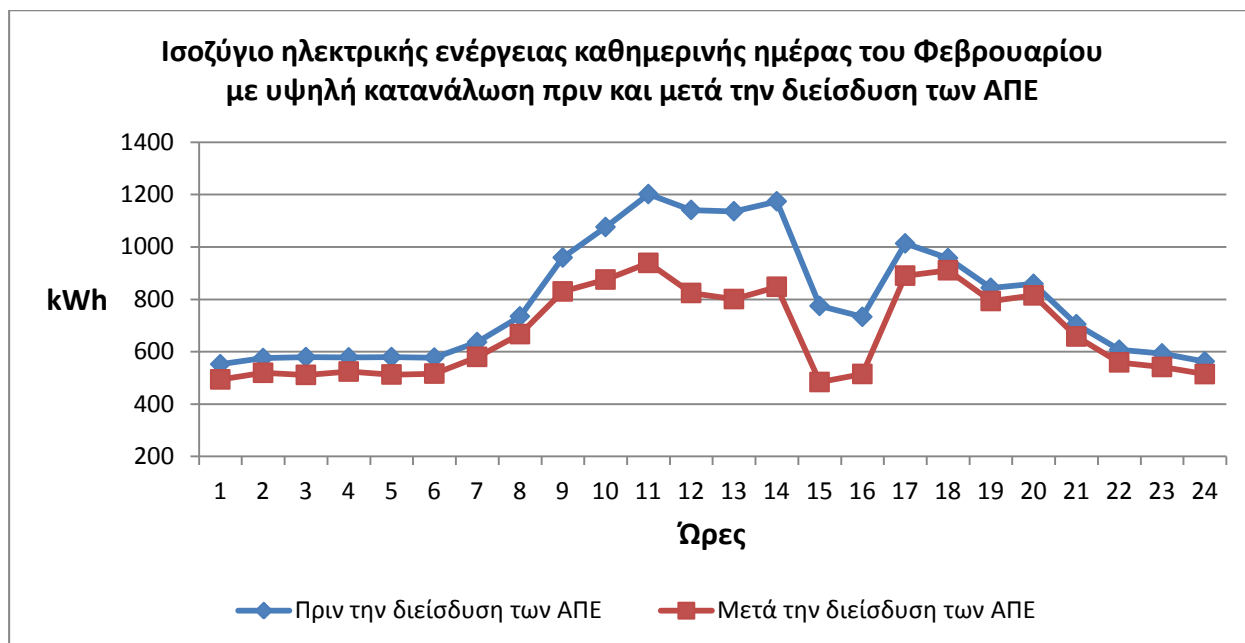
Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται αναλυτικά στοιχεία, όπως αυτά προκύπτουν από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ, για τους διάφορους τύπους ημερών(καθημερινές, Σάββατα, Κυριακές) του Φεβρουαρίου.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	1699,506	8,88%	206,734(1μμ)	18,2%(1μμ)	1201,58	1058,06
Σάββατο	1699,506	15,71%	206,734 (1μμ)	34,96%(1μμ)	636,14	492,61
Κυριακή	1699,506	19,84%	206,734 (1μμ)	52,91%(2μμ)	419,63	388,73

Πίνακας 4-11 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου

Από το διάγραμμα 4.12 και την αναλυτική παρουσίαση των στοιχείων στον πίνακα 4.11 παρατηρούμε ότι αν και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα ΑΠΕ είναι αρκετά ικανοποιητική, λόγω της ιδιαίτερα υψηλής κατανάλωσης της συγκεκριμένης ημέρας δεν επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της εισαγόμενης - από το δίκτυο της ΔΕΗ - ενέργειας.

Ωστόσο σημαντική διείσδυση των ΑΠΕ στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται από την υψηλή παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, όπως αυτή απεικονίζεται στο διάγραμμα 4.13.



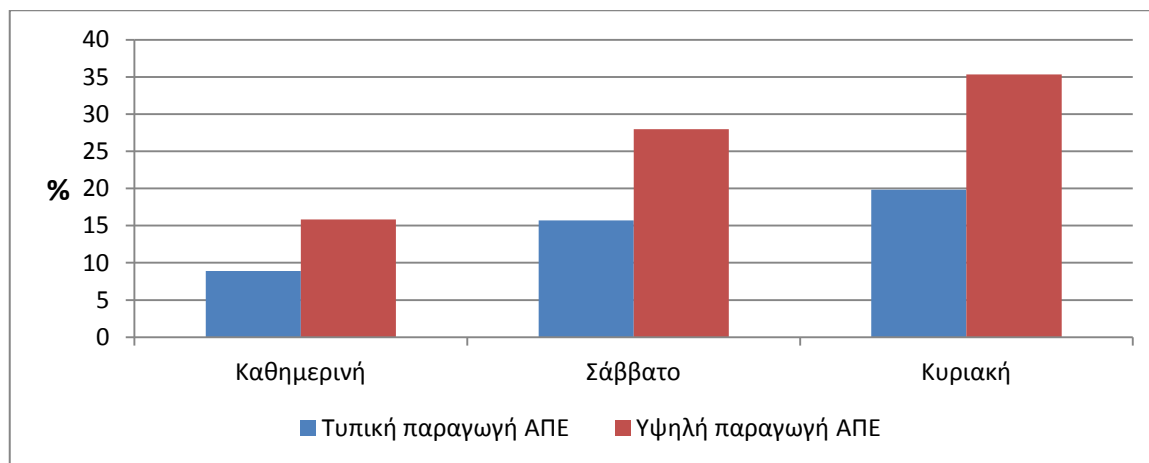
Διάγραμμα 4.13 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε σημαντική μείωση της ενέργειας που ζητείται από το δίκτυο της ΔΕΗ, κυρίως στο διάστημα από τις 11πμ έως τις 4μμ, ως αποτέλεσμα της διείσδυσης της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ, ενώ εξίσου σημαντική είναι και η μείωση της αιχμής ζήτησης. Πιο αναλυτικά τα στοιχεία που περιγράφουμε φαίνονται στον πίνακα 4.12.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3028,296	15,82%	335,383(1μμ)	37,51%(3μμ)	1201,58	938,77
Σάββατο	3028,296	27,99%	335,383(1μμ)	68,72%(3μμ)	636,14	474,84
Κυριακή	3028,296	35,34%	335,383(1μμ)	94,74%(3μμ)	419,63	372,68

Πίνακας 4-12 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου

Το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει τις διαφορές που προκύπτουν στο κόστος αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας – ανά τύπο ημέρας - για τις διαφορετικές περιπτώσεις παραγωγής ενέργειας από τα ΑΠΕ(τυπική και υψηλή) για το παράδειγμα του Φεβρουαρίου.



Διάγραμμα 4.14 Ποσοστό μείωσης κόστους αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για τον μήνα Φεβρουάριο, για τις περιπτώσεις διείσδυσης της τυπικής και υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ

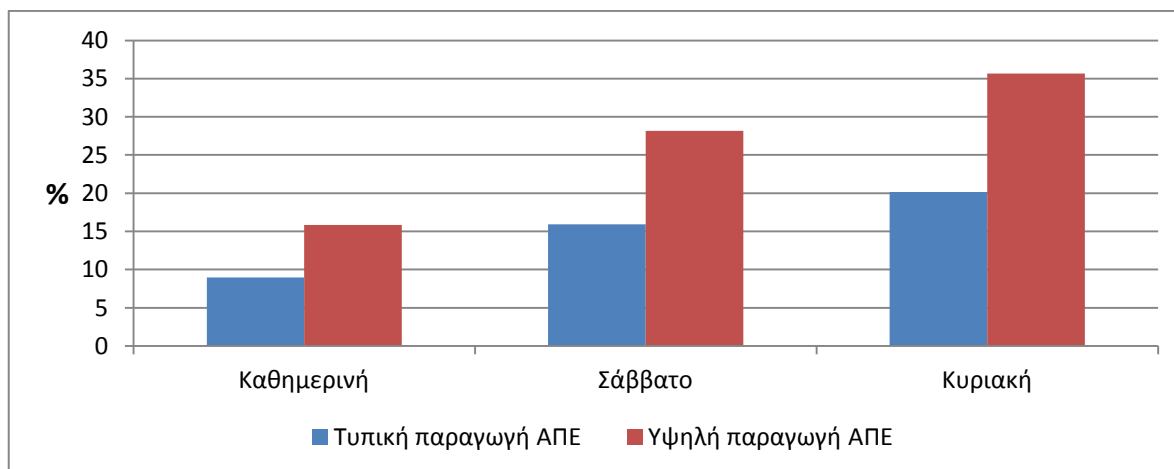
Παρατηρούμε ότι το κέρδος από την μείωση του κόστους αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχεδόν διπλάσιο στην περίπτωση υψηλής παραγωγής ΑΠΕ σε σχέση με την περίπτωση της τυπικής.

Στην περίπτωση όμως των ημερών υψηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης αποκτάμε οικονομικό όφελος και από την μείωση της αιχμής ζήτησης. Υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ, η τιμή της ζήτησης αιχμής είναι κατά 11,95% μικρότερη σε σχέση με πριν, όπως μπορούμε να δούμε και από τον πίνακα 4.11, ενώ στην περίπτωση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ η μείωση της αιχμής φτάνει το 21,87%(πίνακας 4.12). Το μέγιστο κέρδος λοιπόν από την μείωση της αιχμής για τον Φεβρουάριο μπορεί να φτάσει στα 977,39€(πίνακας 4.13)

Κόστος αιχμής πριν την διείσδυση των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της τυπικής παραγωγής ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της υψηλής παραγωγής ΑΠΕ(€)
4468,67	3934,92	3491,28	533,75	977,39

Πίνακας 4-13 Οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον Φεβρουάριο

Στην συνέχεια, το διάγραμμα 4.15 παρουσιάζει την επίδραση της διείσδυσης των ΑΠΕ στην μείωση των εκπομπών CO₂, για τον Φεβρουάριο.

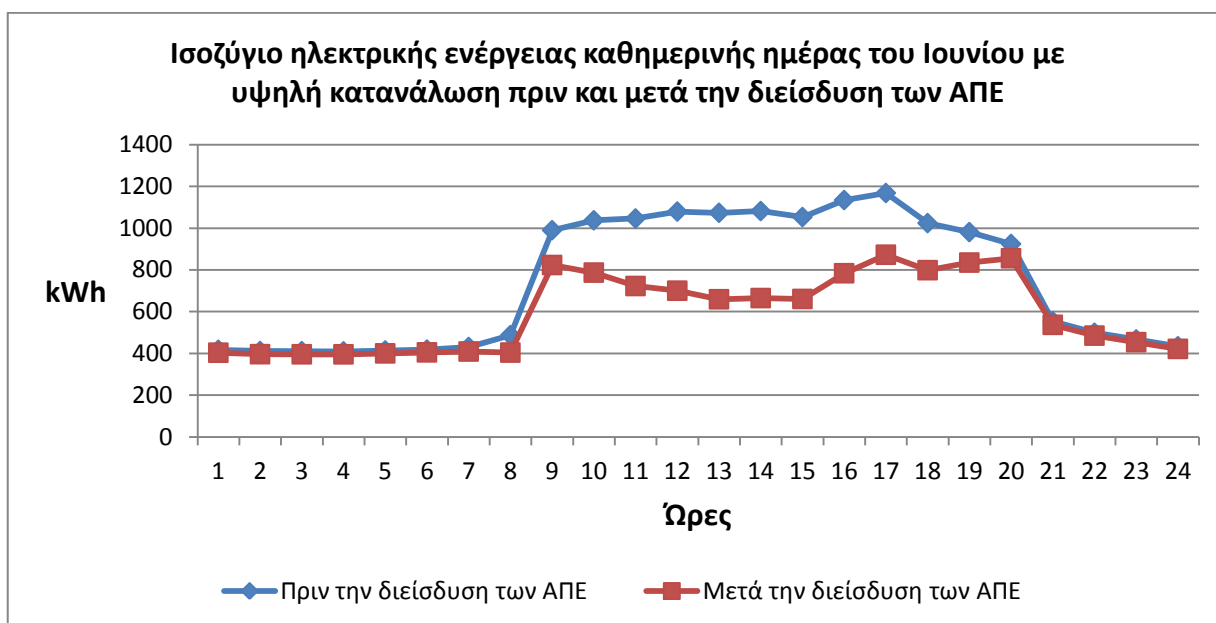


Διάγραμμα 4.15 Ποσοστό μείωσης εκπομπών CO₂ για τον μήνα Φεβρουάριο, για τις περιπτώσεις διείσδυσης της τυπικής και υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ

Το ποσοστό μείωσης στην εκπομπή των υπόλοιπων ρύπων(NO_x, SO και σωματιδίων) είναι ανάλογο με αυτό του CO₂.

4.2.2 Καλοκαιρινός μήνας με υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Αντίστοιχα στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η επίδραση της διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τον Ιούνιο (καθημερινή ημέρα με υψηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας).



Διάγραμμα 4.16 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Ιουνίου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

Από το διάγραμμα 4.16 παρατηρούμε ότι η παραγόμενη από τα ΑΠΕ ενέργεια προκαλεί μεγάλη μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται από το δίκτυο της ΔΕΗ για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, κυρίως στο διάστημα από τις 10 πμ έως τις 5μμ όπου η παραγωγή των ΑΠΕ υπερβαίνει το 25% της ηλεκτρικής ζήτησης, καθώς και σημαντική μείωση της αιχμής.

Το ποσοστό της διείσδυσης των ΑΠΕ σε μια καθημερινή ημέρα του Ιουνίου με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο αν λάβουμε την περίπτωση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ, όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 4.14.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	4235,841	23,6%	445,22(2μμ)	41,16%(2μμ)	1168,18	845,06
Σάββατο	4235,841	38,8%	445,22 (2μμ)	78%(2μμ)	630,51	458,18
Κυριακή	4235,841	47,89%	445,22 (2μμ)	100++% (10πμ-5μμ)	337,34	332,12

Πίνακας 4-14 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου

Τα οικονομικά οφέλη από την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ για τον Ιούνιο παρουσιάζονται στον πίνακα 4.15, ενώ στον πίνακα 4.16 παρουσιάζεται το κέρδος που προκύπτει από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα αυτό.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)
Καθημερινή	1688,943	1290,266	398,677
Σάββατο	1027,425	628,748	398,677
Κυριακή	715,39	372,803	342,587

Πίνακας 4-15 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Ιουνίου

Κόστος αιχμής πριν την διείσδυση των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της τυπικής παραγωγής ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της υψηλής παραγωγής ΑΠΕ(€)
4339,37	3241,3	3139,1	1098,07	1200,27

Πίνακας 4-16 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον Ιούνιο

Αντίστοιχα επιτυγχάνεται και σημαντική μείωση στην εκπομπή ρύπων(υπολογιζόμενοι με βάση στοιχεία από το [8]).

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SOx(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NOx(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	21,75%	21,76%	21,75%	21,75%
Σάββατο	36,33%	36,35%	36,33%	36,33%
Κυριακή	50,5%	50,52%	50,51%	50,51%

Πίνακας 4-17 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουνίου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ

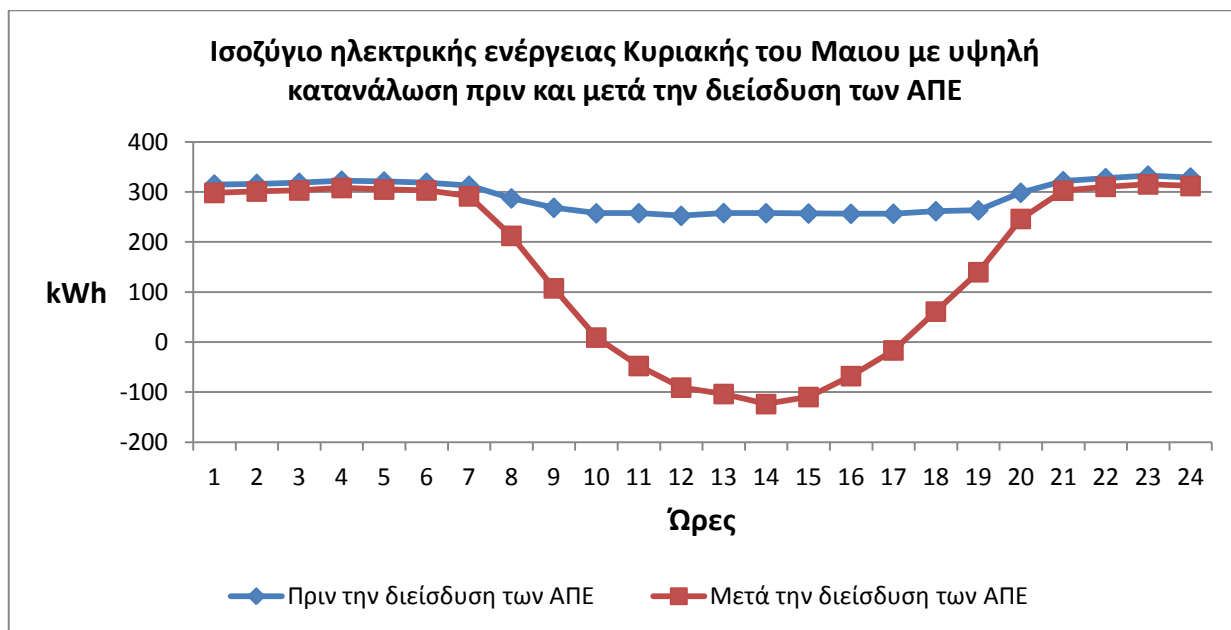
4.2.3 Κάποιες ενδιαφέρουσες περιπτώσεις ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μήνες Μάιος και Σεπτέμβριος όσον αφορά στην διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ στο προφίλ των υψηλών ημερησίων καταναλώσεων τους. Ο Μάιος είναι ο μήνας κατά τον οποίο επιτυγχάνουμε την μεγαλύτερη διείσδυση, όπως ακριβώς συνέβη και στην περίπτωση των τυπικών ημερησίων καταναλώσεων.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3401,986	28,04%	381,329(2μμ)	45,64%(3μμ)	843,85	476,48
Σάββατο	3401,986	38,73%	381,329(2μμ)	73,25%(2μμ)	520,57	310,43
Κυριακή	3401,986	40,78%	381,329(2μμ)	100++%(11πμ-5μμ)	332,82	315,36

Πίνακας 4-18 Στοιχεία για την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου

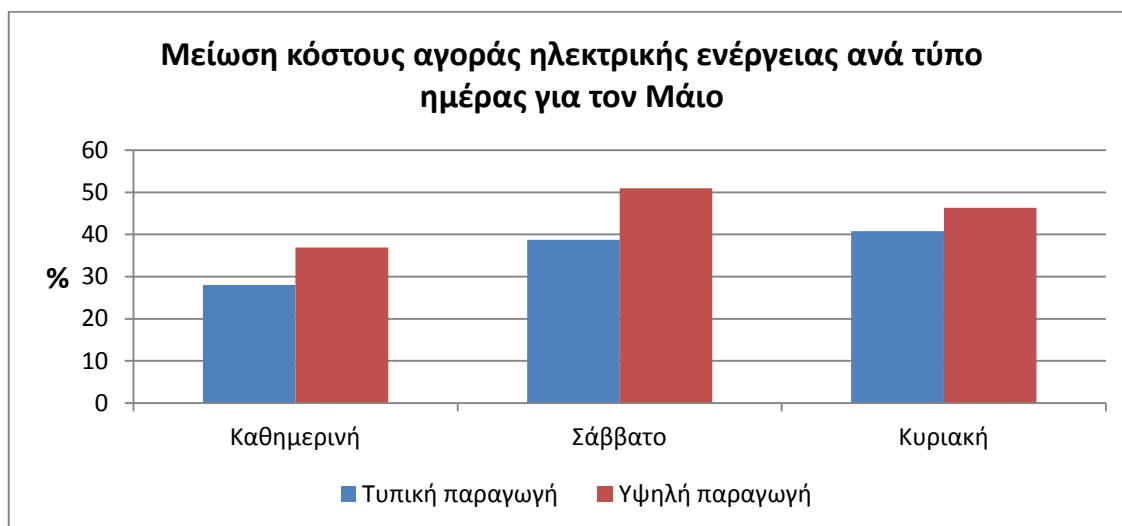
Από τον πίνακα 4.18 με τα στοιχεία για την διείσδυση των ΑΠΕ στην υψηλή κατανάλωση των διαφόρων ημερών του Μαΐου, παρατηρούμε ότι τις Κυριακές η παραγωγή των ΑΠΕ υπερκαλύπτει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της Πολυτεχνειούπολης.



Διάγραμμα 4.17 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας μιας Κυριακής – με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – του μήνα Μαΐου πριν και μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

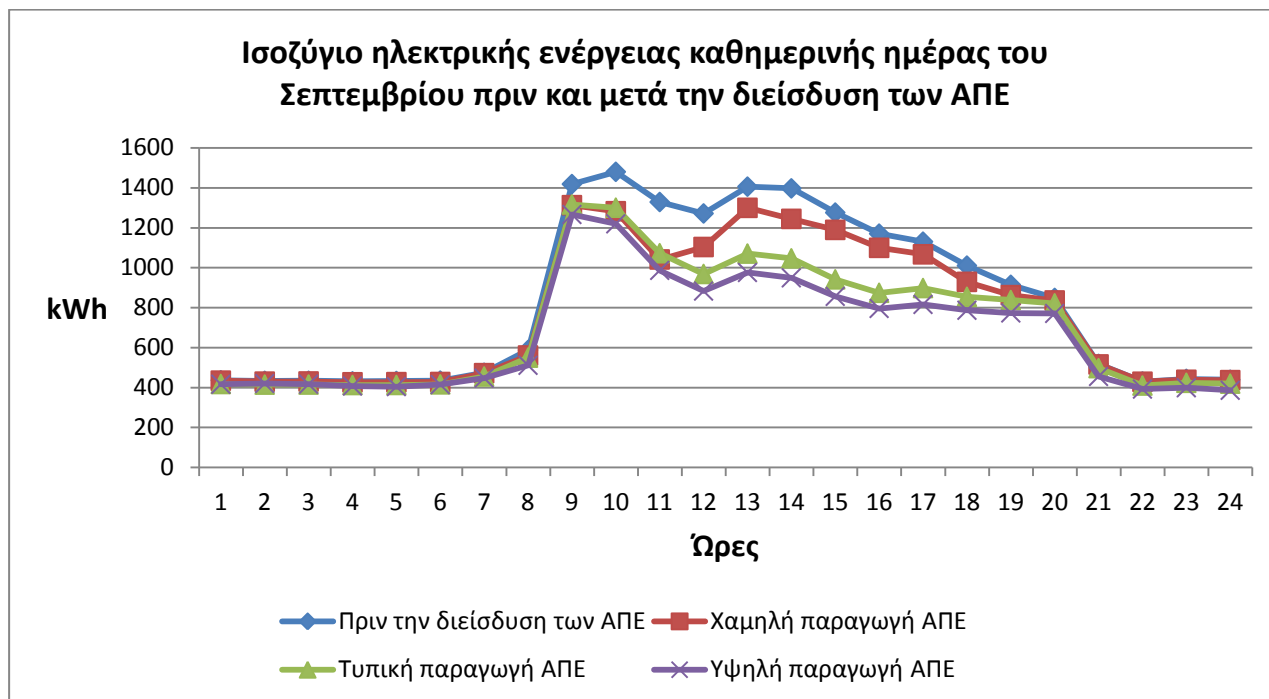
Από το διάγραμμα 4.17 παρατηρούμε ότι για αρκετές ώρες η διείσδυση από τα ΑΠΕ φτάνει ως και το 140-148% της ζήτησης για τις ώρες αυτές (1μμ-3μμ). Οι αρνητικές τιμές ζήτησης αντιστοιχούν στην περίσσεια της παραγωγής των ΑΠΕ. Από το παράδειγμα αυτό παρατηρούμε ότι ακόμα και στην περίπτωση ημερών με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ μας δίνει την δυνατότητα πώλησης ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Στην περίπτωση δε της διείσδυσης της υψηλής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ, η τιμή ισχύος που διοχετεύεται προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο υπερβαίνει τα 224kW.

Το καθαρό ποσοστό μείωσης του κόστους για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας τον Μάιο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Και από αυτό το γράφημα γίνεται αντιληπτό ότι η υψηλή παραγωγή των ΑΠΕ στην ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μεγιστοποιεί τα οφέλη της επιλογής μας.



Διάγραμμα 4.18 Ποσοστό μείωσης κόστους αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Μάιο, για τα διάφορα σενάρια παραγωγής των ΑΠΕ

Ο Σεπτέμβριος είναι ο μήνας με την μεγαλύτερη ηλεκτρική κατανάλωση τόσο συνολικά, όσο και ανά τύπο ημέρας και ο μήνας στον οποίο παρατηρείται η αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας καθ'όλη την διάρκεια του έτους για την Πολυτεχνειούπολη.



Διάγραμμα 4.19 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Σεπτεμβρίου πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ

Παρατηρούμε ότι φυσιολογικά η εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα από την αύξηση της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ. Η αιχμή πριν την διείσδυση των ΑΠΕ ήταν της τάξης των 1480,34kW(10πμ) ενώ με την συμμετοχή των ΑΠΕ πέφτει στις 1316,84kW(9πμ, περίπτωση τυπικής παραγωγής), δηλαδή μόλις 11,04% χαμηλότερη.

Τα οικονομικά κέρδη από την τυπική παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, αλλά και από την μείωση της ζήτησης αιχμής του Σεπτεμβρίου παρουσιάζονται στους πίνακες 4.19 και 4.20 αντίστοιχα.

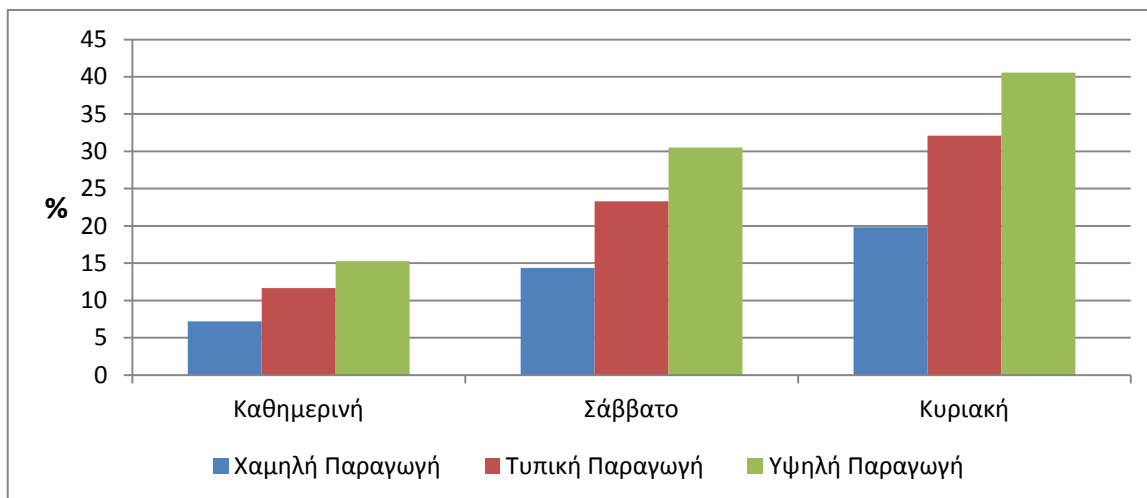
ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ(€)	ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)
Καθημερινή	1896,596	1623,925	272,671
Σάββατο	1170,48	897,809	272,671
Κυριακή	893,152	620,481	272,671

Πίνακας 4-19 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του Σεπτεμβρίου

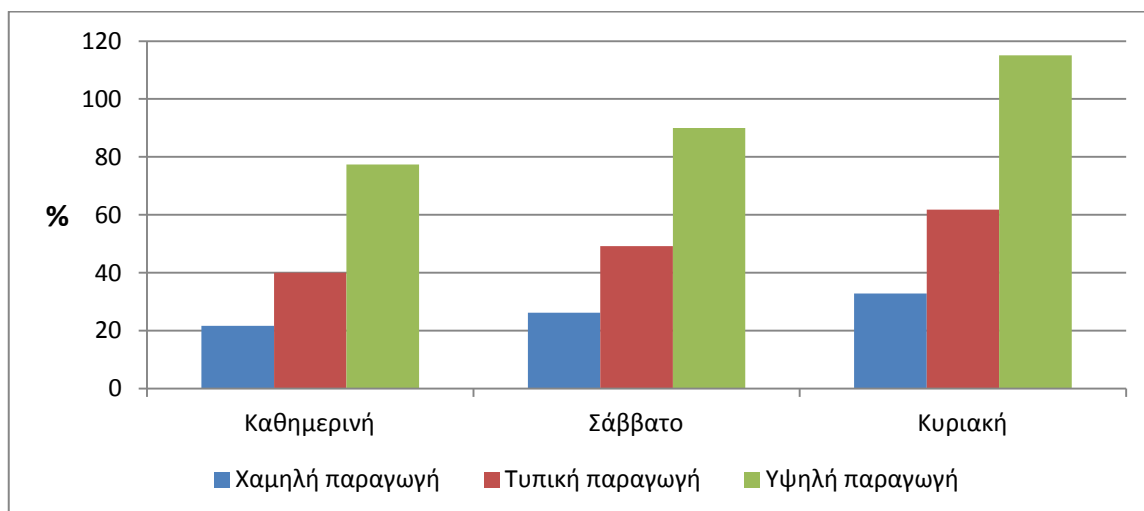
Κόστος αιχμής πριν την διείσδυση των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση των ΑΠΕ(€)	Κέρδος(€)
5576,2	4960,33	615,87

Πίνακας 4-20 Οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον Σεπτέμβριο, λόγω της διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ

Τα παρακάτω διαγράμματα(4.20 και 4.21) απεικονίζουν το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στην μείωση της εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, ανάλογα με το μέγεθος της διείσδυσης, καθώς και την μέγιστη διείσδυση που επιτυγχάνεται ανά τύπο ημέρας για τον Σεπτέμβριο.



Διάγραμμα 4.20 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των διαφόρων ημερών του Σεπτεμβρίου

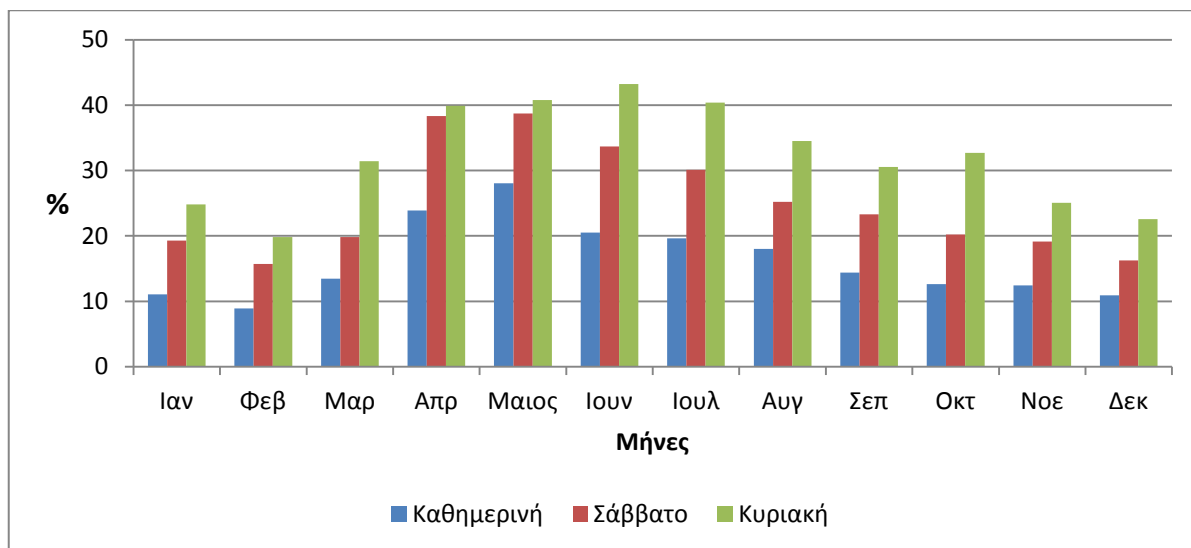


Διάγραμμα 4.21 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας του Σεπτεμβρίου, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής

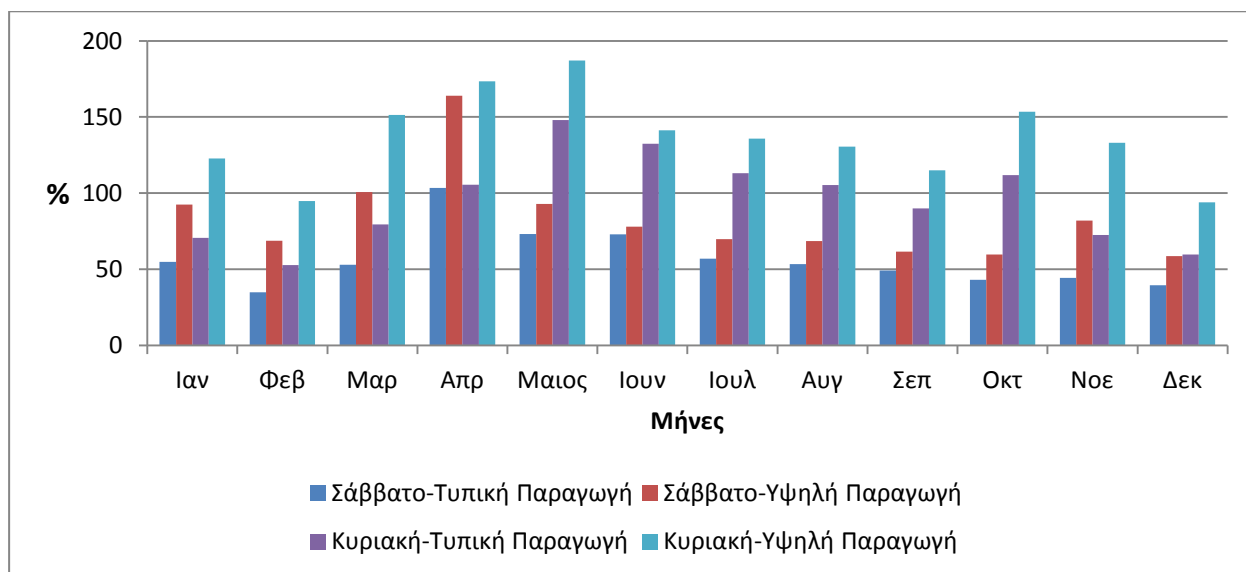
Παρατηρούμε ότι η μέγιστη διείσδυση τις καθημερινές υπερβαίνει κατά πολύ το ποσοστό μείωσης της αιχμής. Αυτό οφείλεται αποκλειστικά στην χαμηλή παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ κατά την ώρα που παρατηρείται η αιχμή του συστήματος. Σε περιπτώσεις όπου η διείσδυση υπερβαίνει το 100%(Κυριακές με υψηλή διείσδυση ΑΠΕ) υπάρχει δυνατότητα πώλησης της περίσσειας ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

4.2.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν και απεικονίζουν την συνεισφορά της παραγόμενης από τα ΑΠΕ ενέργειας στην μείωση της εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο, υποθέτοντας υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση, σε διάστημα ενός έτους.



Διάγραμμα 4.22 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας
 Το ποσοστό διείσδυσης για κάθε μέρα, αντιστοιχεί και στο ποσοστιαίο οικονομικό όφελός που αποκτούμε από την διείσδυση των ΑΠΕ, χωρίς να συνυπολογίσουμε τα οικονομικά οφέλη από την περίπτωση δικαιώματος πώλησης της πλεονάζουσας παραγόμενης ενέργειας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ακραίες διεισδύσεις της παραγωγής των ΑΠΕ που παρατηρούνται κατά την διάρκεια του έτους για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.



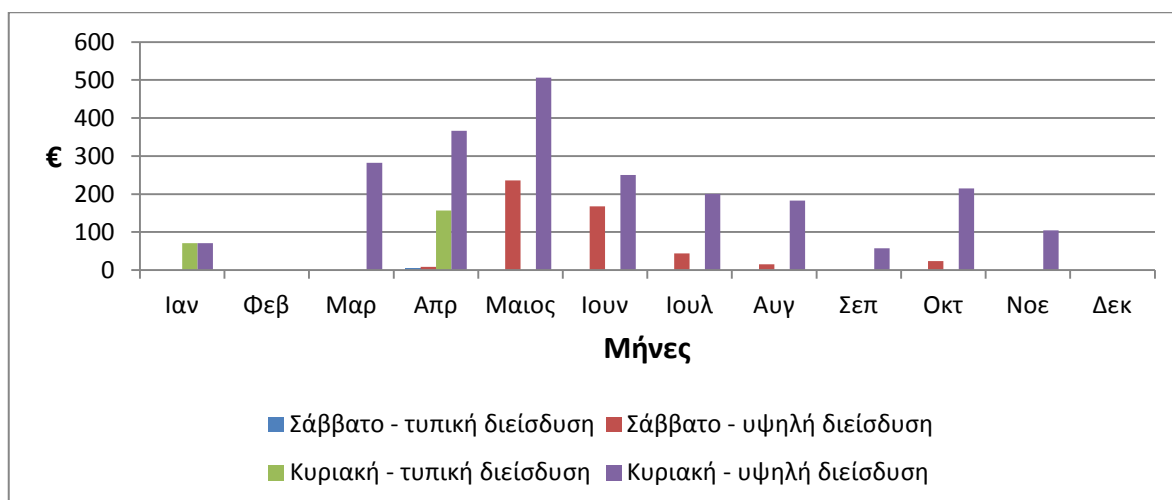
Διάγραμμα 4.23 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής
 Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της υψηλής παραγωγής, η ενέργεια που παράγεται από τα ΑΠΕ υπερκαλύπτει την ζήτηση τα Σαββατοκύριακα αρκετούς μήνες του έτους, ενώ στην περίπτωση της τυπικής παραγωγής αυτό συμβαίνει κυρίως τις Κυριακές κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών κυρίως μηνών. Τα ποσά της ενέργειας που μπορούν να διατεθούν προς πώληση στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, ανά τύπο ημέρας, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (kW)	ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (kW)
Ιανουάριος	Κυριακή	0	0	197,64	57,68
Μάρτιος	Σάββατο	0	0	3	3
	Κυριακή	0	0	748,8	152,69
Απρίλιος	Σάββατο	9,44	9,44	391	174,61
	Κυριακή	22,53	14,78	915,88	179,95
Μάιος	Κυριακή	559,06	123,62	1247,85	224,14
Ιούνιος	Κυριακή	392,95	101,8	595,95	130,18
Ιούλιος	Κυριακή	102,49	45,83	487,75	130,39
Αύγουστος	Κυριακή	36,93	19,34	443,33	112,49
Σεπτέμβριος	Κυριακή	0	0	145,17	58,77
Οκτώβριος	Κυριακή	59,4	30,19	572,54	136,53
Νοέμβριος	Κυριακή	0	0	284,88	83
Μέγιστη περίσσεια ενέργειας	Κυριακή του μήνα Μαΐου	559,06	123,62	1247,85	224,14

Πίνακας 4-21 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ

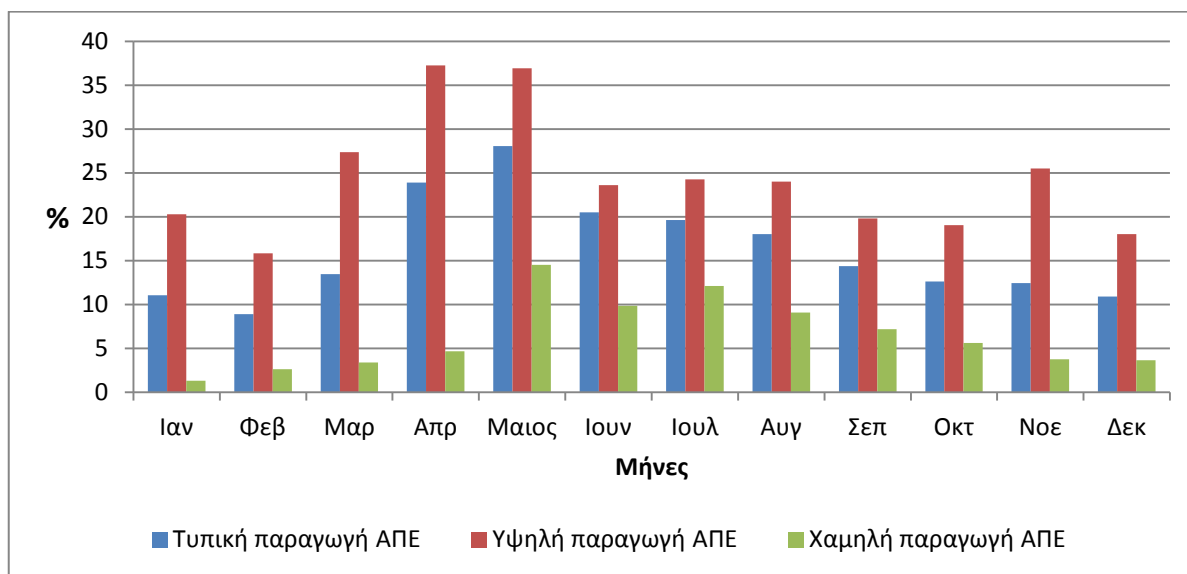
Όπως είναι φυσιολογικό, τα ποσά ενέργειας που πλεονάζουν στην περίπτωση των υψηλών ημερήσιων ηλεκτρικών καταναλώσεων είναι ελαφρώς μικρότερα σε σχέση με τα αντίστοιχα της περίπτωσης τυπικών ηλεκτρικών καταναλώσεων, καθώς είναι μεγαλύτερο το ποσοστό της παραγωγής των ΑΠΕ που χρησιμοποιείται για την κάλυψη της ηλεκτρικής ζήτησης στην πρώτη περίπτωση.

Αντίστοιχα, τα κέρδη από την περίπτωση πώλησης των ποσοτήτων αυτών προς το ανάντη δίκτυο παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί. Οι τιμές πώλησης της παραγόμενης από τις μονάδες ΑΠΕ ενέργειας είναι αυτές που ορίζονται από τον νόμο 3851/2010[3].



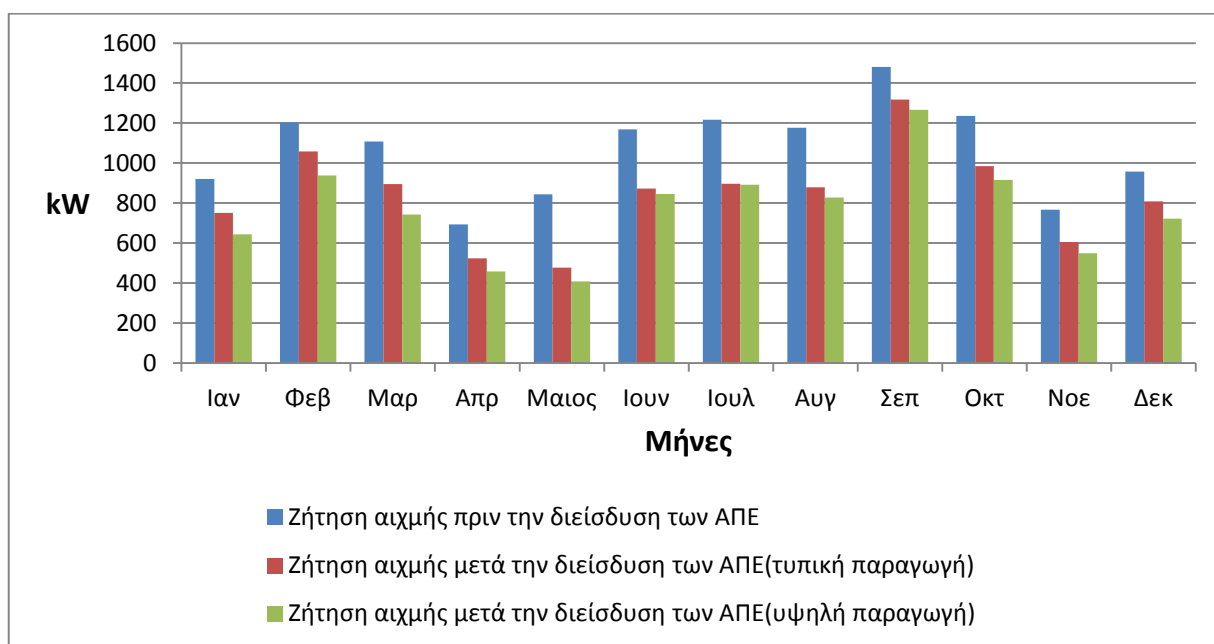
Διάγραμμα 4.24 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Το διάγραμμα 4.25 απεικονίζει το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο προφίλ της ηλεκτρικής κατανάλωσης της Πολυτεχνειούπολης για καθημερινές μέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων μηνών, για τα διάφορα σενάρια παραγωγής.



Διάγραμμα 4.25 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με υψηλή κατανάλωση

Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η μείωση της ζήτησης αιχμής που επιτυγχάνεται για την Πολυτεχνειούπολη, τόσο στην περίπτωση της τυπικής όσο και στην περίπτωση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ.



Διάγραμμα 4.26 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν μήνες του έτους, όπως ο Μάιος, όπου με την συνεισφορά της υψηλής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ μπορούμε να επιτύχουμε μείωση της αιχμής ως και 50%, ενώ και η ζήτηση αιχμής του έτους – η οποία παρατηρείται τον Σεπτέμβριο – μειώνεται ως και 14,45%.

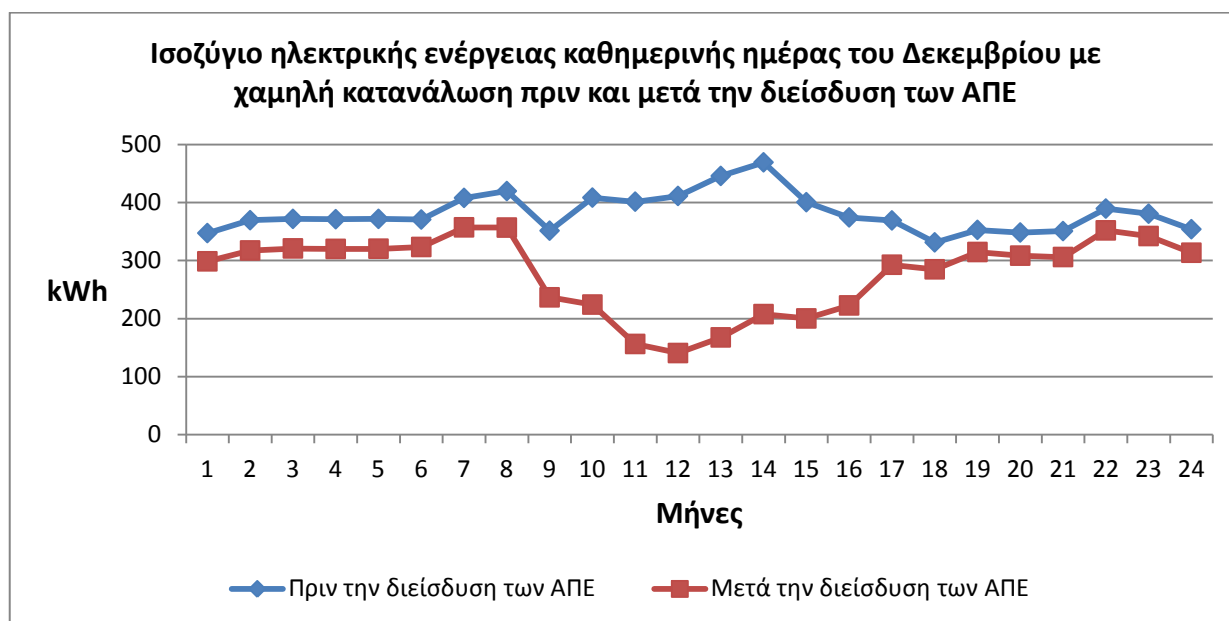
4.3 Σενάριο Τρίτο : Διείσδυση μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση και εξετάζουμε διάφορες περιπτώσεις παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ, όπως αυτές προκύπτουν από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα για το Πολυτεχνείο Κρήτης. Η χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση προκύπτει με βάση την χαμηλή ζήτηση θερμικής/ψυκτικής ενέργειας, εξετάζουμε δηλαδή στο σενάριο αυτό τις πιο ζεστές ημέρες του χειμώνα και αντίστοιχα τις πιο «δροσερές» ημέρες του καλοκαιριού. Εστιάζουμε κυρίως στην περίπτωση της υψηλής παραγωγής καθώς αναμένουμε μεγάλο ποσοστό κάλυψης της χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης στο συγκεκριμένο σενάριο, αλλά και μεγάλη ποσότητα περίσσειας ενέργειας από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ.

Στην συνέχεια αναλύουμε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμογής που απεικονίζουν αυτήν ακριβώς την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες διαφόρων μηνών του έτους κατά τις οποίες παρατηρείται ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

4.3.1 Χειμερινός μήνας με χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την επίδραση της υψηλής παραγωγή των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για μια καθημερινή ημέρα του Δεκεμβρίου με χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.



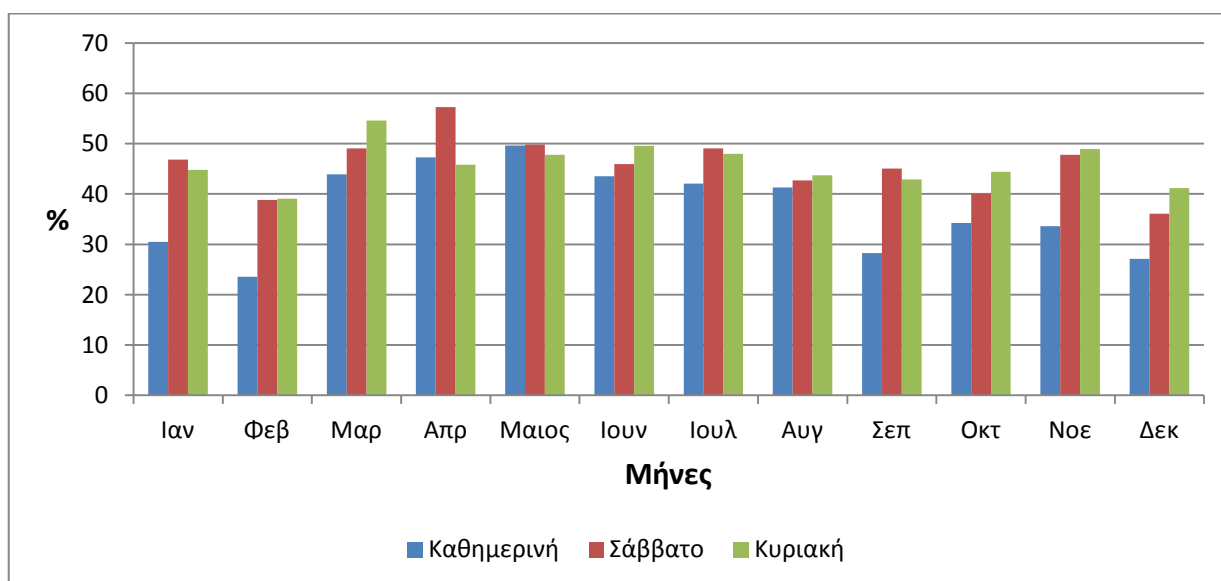
Διάγραμμα 4.27 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Δεκεμβρίου πριν και μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ

Παρατηρούμε ότι η διείσδυση της υψηλής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ έχει σημαντική επίδραση στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας καθ'όλη την διάρκεια της ημέρας αλλά κυρίως μεταξύ 9πμ και 4μμ, διάστημα στο οποίο παρατηρείται και η αιχμή ζήτησης η οποία ανέρχεται στα 469,14kW. Έτσι η αιχμή ζήτησης μετατοπίζεται από τις 2μμ στις 7πμ, με την νέα τιμή να είναι κατά 23,87% μικρότερη της προηγούμενης και να ανέρχεται στα 357,16kW. Η μέγιστη διείσδυση που πετυχαίνουμε κατά την διάρκεια του 24ώρου φτάνει το 65,8%(12μμ) ενώ η συνολική παραγωγή από τα ΑΠΕ καλύπτει το 27,1% της ημερήσιας κατανάλωσης.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	2483,490	27,09%	278,126(1μμ)	65,8%(12μμ)	469,14	357,16
Σάββατο	2483,490	36,05%	278,126(1μμ)	88,04%(12μμ)	338,8	251,10
Κυριακή	2483,490	41,19%	278,126(1μμ)	100++%(12μμ-1μμ)	287,84	246,16

Πίνακας 4-22 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Δεκεμβρίου

Αντίστοιχα υψηλά είναι τα ποσοστά μείωσης της εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση καθ'όλη την διάρκεια του έτους λόγω της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 4.28.



Διάγραμμα 4.28 Ποσοστό διείσδυσης της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας

Η επίδραση αυτή της παραγωγής των ΑΠΕ στο προφίλ των διαφόρων ημερών του έτους έχει σημαντική συμβολή κυρίως στο κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς εξοικονομούνται σημαντικά ποσά, αλλά και στην μείωση των εκπεμπόμενων προς το περιβάλλον ρύπων.

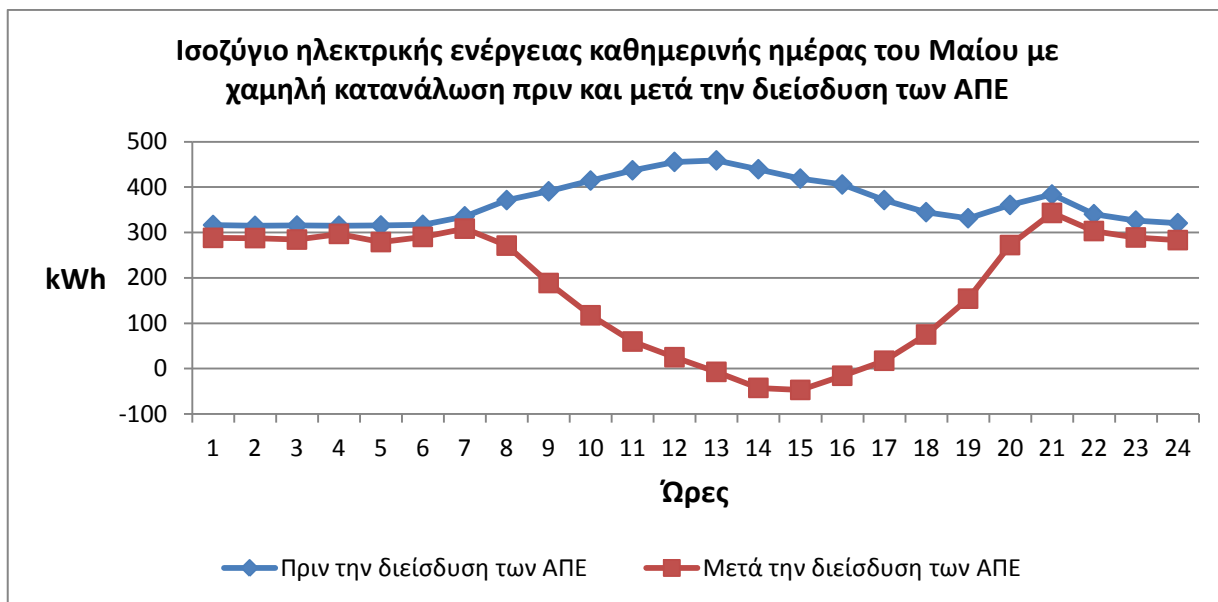
4.3.2 Καλοκαιρινός μήνας με χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Στον πίνακα 4.23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υψηλής παραγωγής στους διάφορους τύπους ημερών του Μαΐου.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ(kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	4479,014	49,62%	481,851 (2μμ)	100++%(3μμ-6μμ)	458,93	343,07
Σάββατο	4479,014	49,81%	481,851 (2μμ)	100++%(10μμ-6μμ)	320,76	280,07
Κυριακή	4479,014	47,81%	481,851 (2μμ)	100++%(10μμ-6μμ)	299,54	272,29

Πίνακας 4-23 Στοιχεία για την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου

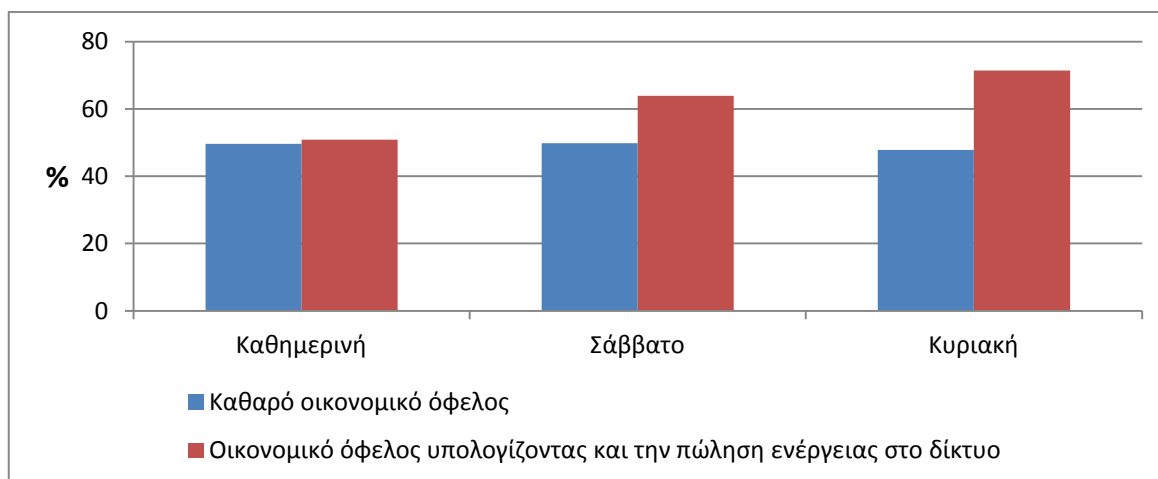
Παρατηρούμε ότι για όλους τους τύπους ημερών, το ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει το 50%, ενώ όλες τις ημέρες του Μαΐου υπάρχουν ώρες όπου η παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ υπερκαλύπτει την ζήτηση, με αποτέλεσμα την δημιουργία περίσσειας ενέργειας. Παράλληλα σημειώνεται και μείωση της τιμής της ζήτησης αιχμής ως και 25,25%. Η μεγάλη κάλυψη της ζήτησης από τις μονάδες παραγωγής φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα, όπου παρουσιάζεται η μεταβολή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για μια καθημερινή ημέρα με χαμηλή κατανάλωση.



Διάγραμμα 4.29 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Μαΐου πριν και μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ

Μία τέτοια ημέρα υπάρχει δυνατότητα διοχέτευσης στο δίκτυο ενέργειας ίση με 112kWh, ποσό που αντιστοιχεί στην περίσσεια παραγωγής στο διάστημα μεταξύ 3μμ και 6μμ. Η ποσότητα περίσσειας παραγωγής ενέργειας για τους άλλους τύπους ημερών αγγίζει την 1MWh και 1,5MWh τα Σάββατα και τις Κυριακές αντίστοιχα.

Στο διάγραμμα 4.30 παρουσιάζονται τόσο το καθαρό οικονομικό όφελος από την υψηλή διείσδυση των ΑΠΕ, όσο και το συνολικό όφελος που προκύπτει συνυπολογίζοντας την πώληση της περίσσειας ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. (υποθέτουμε τιμή πώλησης της kWh ίση με τιμή αγοράς)



Διάγραμμα 4.30 Ποσοστιαίο οικονομικό όφελος από την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαΐου

Από αυτό το γράφημα γίνεται αντιληπτό ότι η δυνατότητα πώλησης της περίσσειας ενέργειας στο δίκτυο μπορεί να αυξήσει έως και 25% το οικονομικό όφελος από την παραγωγή των ΑΠΕ.

Εξίσου υψηλή είναι και η μείωση στην εκπομπή των ρύπων που επιτυγχάνουμε, καθώς αποφεύγεται η εκπομπή του 51,5% των ρύπων που απελευθερώνονταν στο περιβάλλον πριν την εγκατάσταση και συμμετοχή των μονάδων ΑΠΕ στην κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων.

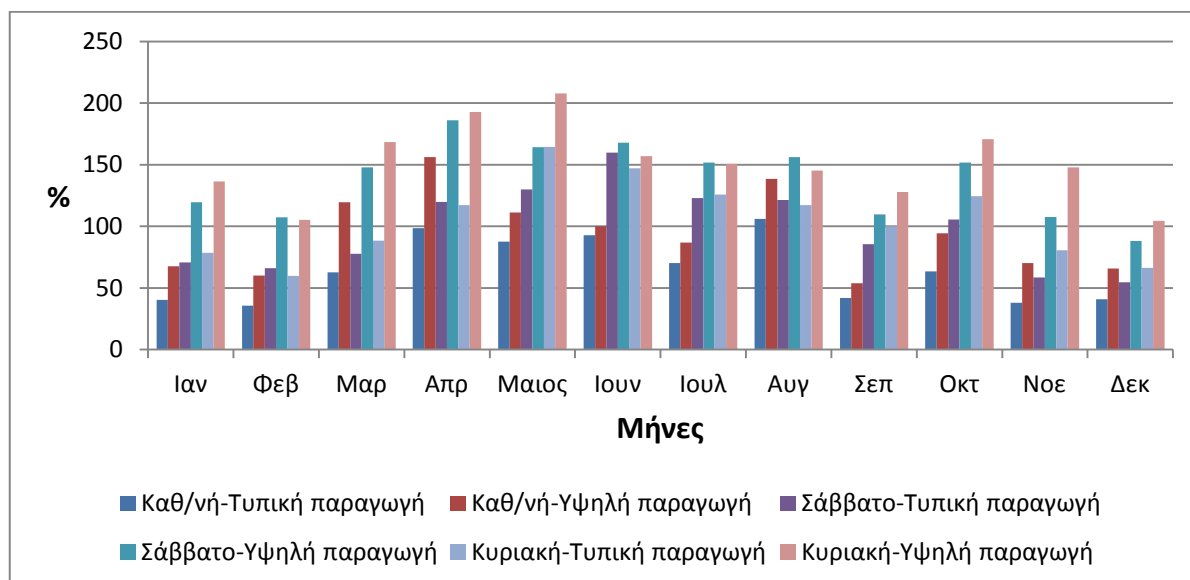
ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	51,52%	51,71%	51,6%	51,6%
Σάββατο	51,7%	51,89%	51,79%	51,79%
Κυριακή	51,5%	51,65%	51,6%	51,6%

Πίνακας 4-24 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαΐου - εξαιτίας της διείσδυσης των ΑΠΕ

4.3.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

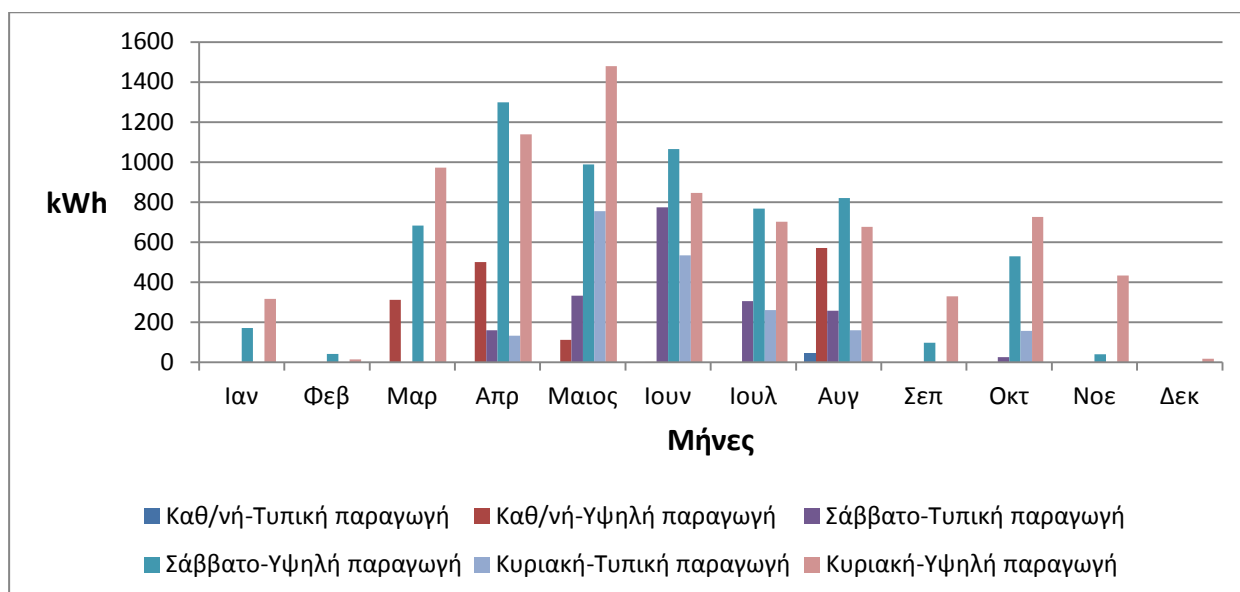
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν και απεικονίζουν την συνεισφορά της παραγόμενης από τα ΑΠΕ ενέργειας στην μείωση της ηλεκτρικής ζήτησης για την Πολυτεχνειούπολη, στις ημέρες με χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των ακραίων τιμών διείσδυσης της υψηλής αλλά και της τυπικής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ, καθώς παρατηρούνται υψηλά ποσοστά κάλυψης της ζήτησης ακόμα και στις καθημερινές ημέρες των διαφόρων μηνών, γεγονός που δεν συναντάμε στα σενάρια υψηλής και τυπικής ηλεκτρικής κατανάλωσης.



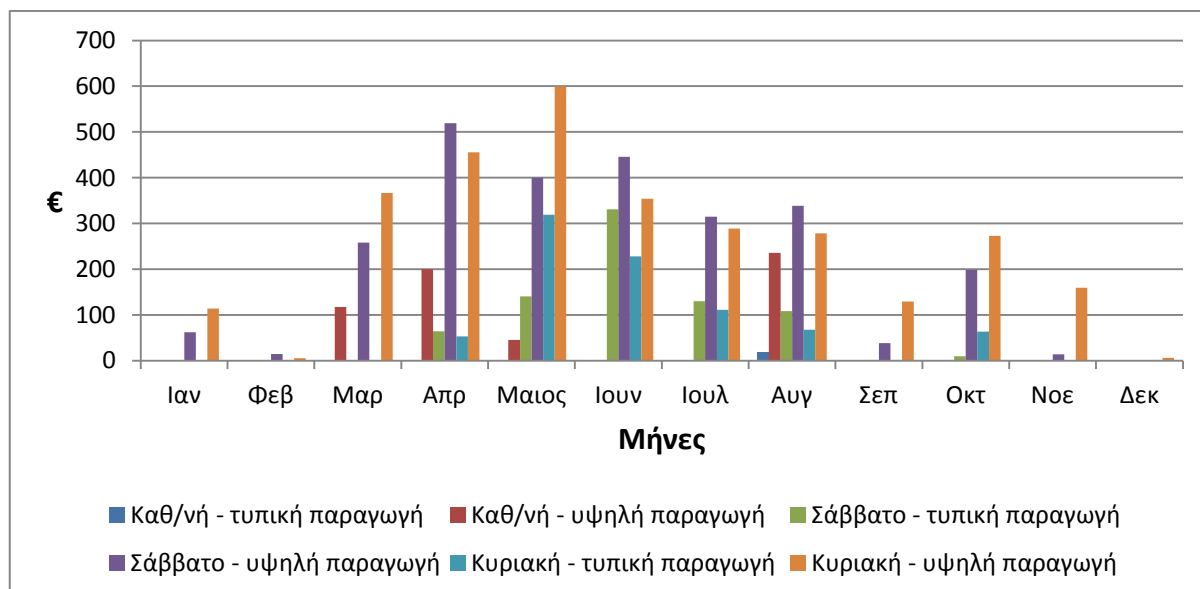
Διάγραμμα 4.31 Ποσοστό μέγιστης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων τύπων ημέρας με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής

Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει τα ποσά ενέργειας που περισσεύουν από την παραγωγή των ΑΠΕ ανά μήνα, για την περίπτωση της τυπικής και της υψηλής διείσδυσης.



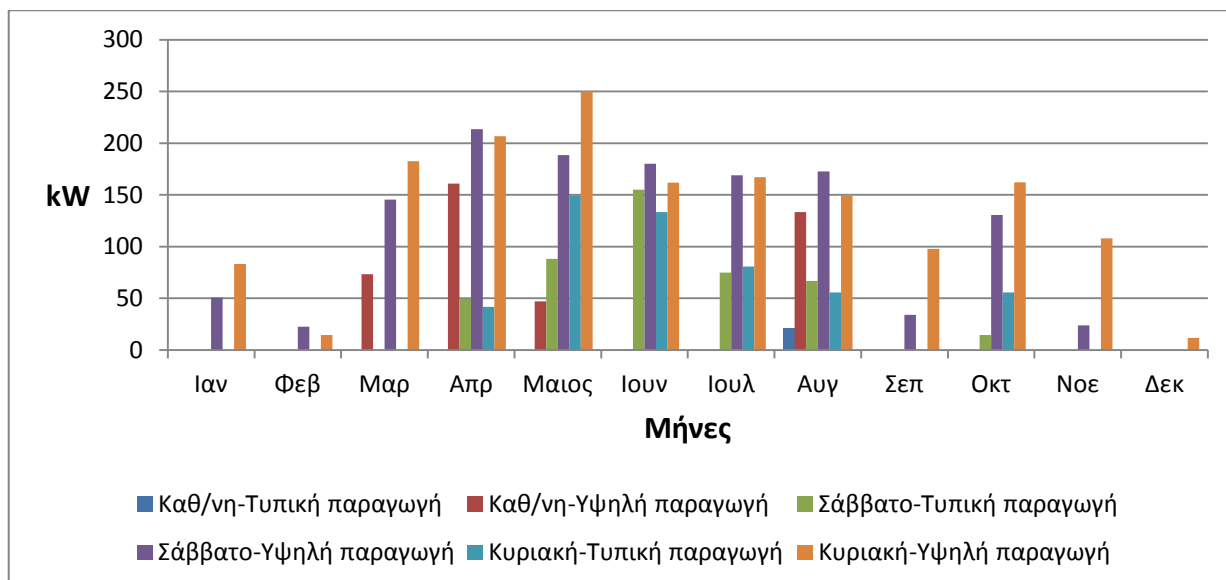
Διάγραμμα 4.32 Ποσά περίσσειας ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Από το διάγραμμα 4.32 παρατηρούμε ότι σε περιόδους χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης και υψηλής παραγωγής ΑΠΕ υπάρχει σχεδόν πάντα, και κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες περίσσεια ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι σε περίπτωση δυνατότητας πώλησης της περίσσειας αυτής προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο, επωφελείται σημαντικά – κυρίως οικονομικά(διάγραμμα 4.33) - τόσο η εγκατάστασή μας, όσο και ο Υ/Σ της πόλης των Χανίων, ο οποίος την περίοδο του καλοκαιριού παρουσιάζει και την μεγαλύτερη ζήτηση.



Διάγραμμα 4.33 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

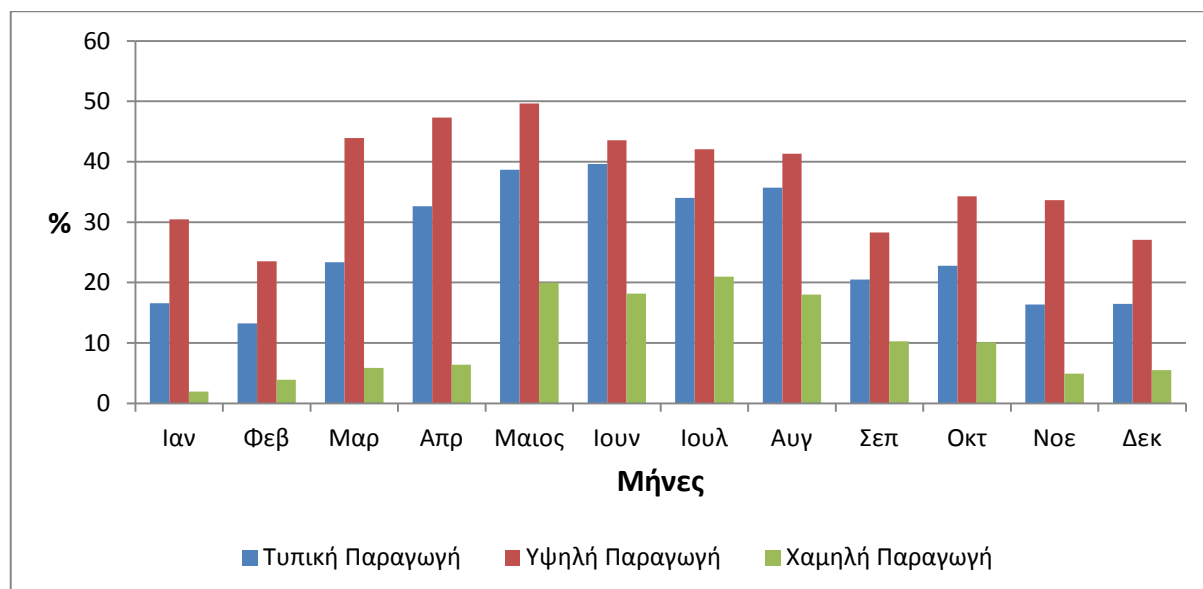
Το μέγιστο ημερήσιο όφελος που μπορεί να προέλθει από την πώληση της ενέργειας ανέρχεται στα 600€, έχοντας υποθέσει τιμές πώλησης παραγωγού ή αυτοπαραγωγού, όπως ορίζονται στον νόμο 3851/2010(0,45€/kWh για Φ/Β και 0,25€/kWh για αιολικά).



Διάγραμμα 4.34 Μέγιστη περίσσεια ισχύος - ανά ώρα - από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι το μέγιστο ποσό περίσσειας ισχύος από την λειτουργία των ΑΠΕ αντιστοιχεί στα 250kW(Κυριακή του Μαΐου με υψηλή παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ).

Το διάγραμμα 4.35 απεικονίζει το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο προφίλ της ηλεκτρικής κατανάλωσης της Πολυτεχνειούπολης για καθημερινές μέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων μηνών, υποθέτοντας διάφορα σενάρια παραγωγής.



Διάγραμμα 4.35 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με χαμηλή κατανάλωση

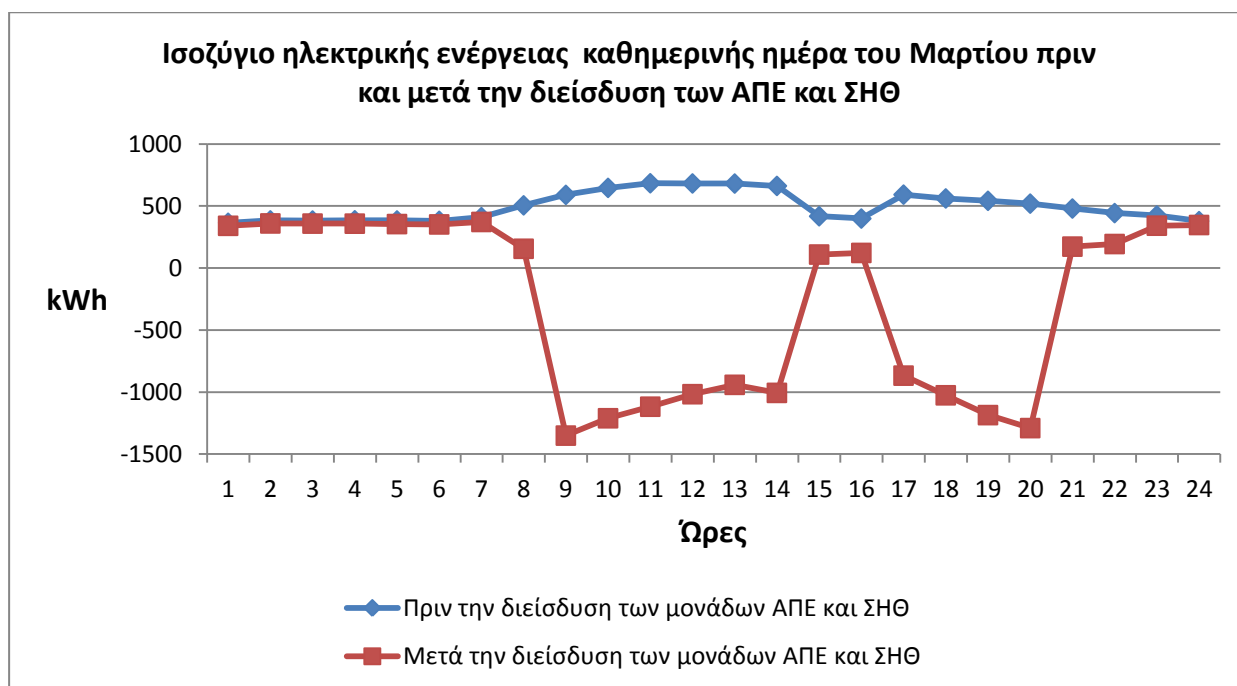
4.4 Σενάριο Τέταρτο : Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε τυπική ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση (βλέπε παράγραφο 2.4.1), συμμετοχή των προτεινόμενων για εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ στην κάλυψη του θερμικού/ψυκτικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης, καθώς και τυπική παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, όπως αυτή προκύπτει από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα- ηλιακή ακτινοβολία και μέση ταχύτητα ανέμου- (βλέπε παράγραφο 2.3.1). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο νέο ημερήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας, το οποίο προκύπτει ως άθροισμα του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και του κόστους του πετρελαίου που απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων παραγωγής ενέργειας (μονάδες ΣΗΘ). Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η ποσότητα της περίσσειας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την ταυτόχρονη λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.

Οι περιπτώσεις εφαρμογής που αναλύουμε στην συνέχεια παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

4.4.1 Χειμερινός μήνας με μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την εισαγόμενη, από το διασυνδεδεμένο δίκτυο, ηλεκτρική ενέργεια για μια τυπική καθημερινή ημέρα του μήνα Μαρτίου, τόσο πριν όσο και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.



Διάγραμμα 4.36 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με μέση ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Μαρτίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Από το διάγραμμα 4.36 γίνεται σαφές ότι η διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση κατά πολύ μεγάλο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ, καθώς για πολλές ώρες κατά την διάρκεια της ημέρας η παραγωγή των μονάδων μας υπερκαλύπτει την ζήτηση. Επιπροσθέτως, μειώνεται η αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 45,5%,

μετατοπίζοντας την νέα αιχμή τις πρώτες πρωινές ώρες. Οι αρνητικές τιμές αντιστοιχούν στην περίσσεια της ενέργειας που προκύπτει από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	2079,42	15475,607	66,92%	1554,583	683,807	371,715
Σάββατο	2079,42	8262,113	63,63%	757,617	456,714	280,124
Κυριακή	2079,42	2775,765	41,93%	278,696	322,708	242,713

Πίνακας 4-25 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Η μεγάλη ποσότητα παραγωγής ενέργειας που παρατηρείται τόσο τις καθημερινές όσο και τα Σάββατα του Μαρτίου, οφείλεται κυρίως στον ηλεκτρισμό που παράγουν οι μονάδες ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ωρών που αυτές λειτουργούν. Ως αποτέλεσμα της υψηλής αυτής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχουμε το υψηλό ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων μας στην αγορά ηλεκτρισμού για τις μέρες αυτές, όπως διαπιστώνεται εύκολα από τον πίνακα 4.25, αλλά και την δυνατότητα διοχέτευσης μεγάλης ποσότητας ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Από τις 15475,607kWh που παράγουν συνολικά οι μονάδες μας μια τυπική καθημερινή ημέρα, το 71,1%, δηλαδή οι 11103,2kWh μπορούν να διατεθούν για πώληση προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο, με την μέγιστη τιμή ισχύος προς διοχέτευση για αυτόν τον τύπο ημέρας να ανέρχεται στα 1350,76kW.

Στον πίνακα 4.26 παρουσιάζονται τα κόστη αγοράς ενέργειας και πετρελαίου για την κάλυψη του ηλεκτρικού αλλά και του θερμικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης για τον Μάρτιο.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1120,404	455,368	1575,772	370,651	3286,154	3656,805
Σάββατο	820,965	274,618	1095,583	298,555	1644,533	1943,088
Κυριακή	623,019	93,868	716,887	361,764	191,472	553,236

Πίνακας 4-26 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου

Παρατηρούμε ότι η αυξημένη «συμμετοχή» της παραγόμενης – από τις προτεινόμενες προς εγκατάσταση μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ – ενέργειας στην κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου γίνεται με κόστος περίπου 2-2,5 φορές μεγαλύτερο σε σχέση το κόστος της υπάρχουσας εγκατάστασης. Η μεγάλη αυτή διαφορά στο κόστος, οφείλεται αφενός στην κατά πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση πετρελαίου που απαιτείται από τις μονάδες ΣΗΘ προκειμένου να μπορέσουν να καλύψουν το σύνολο της θερμικής ζήτησης της Πολυτεχνειούπολης για τις συγκεκριμένες μέρες, αφετέρου στην αρκετά υψηλή τιμή του συγκεκριμένου καυσίμου(0,83€/λίτρο).Ακόμα και με αυτά τα δεδομένα όμως, το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας τις ημέρες αυτές, θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά σε περίπτωση δυνατότητας πώλησης των μεγάλων ποσών ενέργειας που παράγουμε στο διασυνδεδεμένο δίκτυο(η περίπτωση αυτή διερευνάται στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, στην παράγραφο 4.4.4). Αντίθετα από τις άλλες ημέρες, την Κυριακή, ημέρα

όπου το θερμικό φορτίο είναι μικρό και απαρτίζεται από την ζήτηση του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας και την παραγωγή ΖΝΧ για την Εστία και την Λέσχη, παρατηρείται μειωμένο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης μας σε σχέση με πριν.

Όσον αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους από την λειτουργία της νέας εγκατάστασης, αυτοί υπολογίζονται με βάση τα στοιχεία των εκπεμπόμενων ρύπων από το δίκτυο της Κρήτης[8] και τα στοιχεία εκπομπών που παρουσιάζονται στους πίνακες 2.10(ρύποι από καύση πετρελαίου) και 3.3(ρύποι από λειτουργία μονάδων ΣΗΘ).

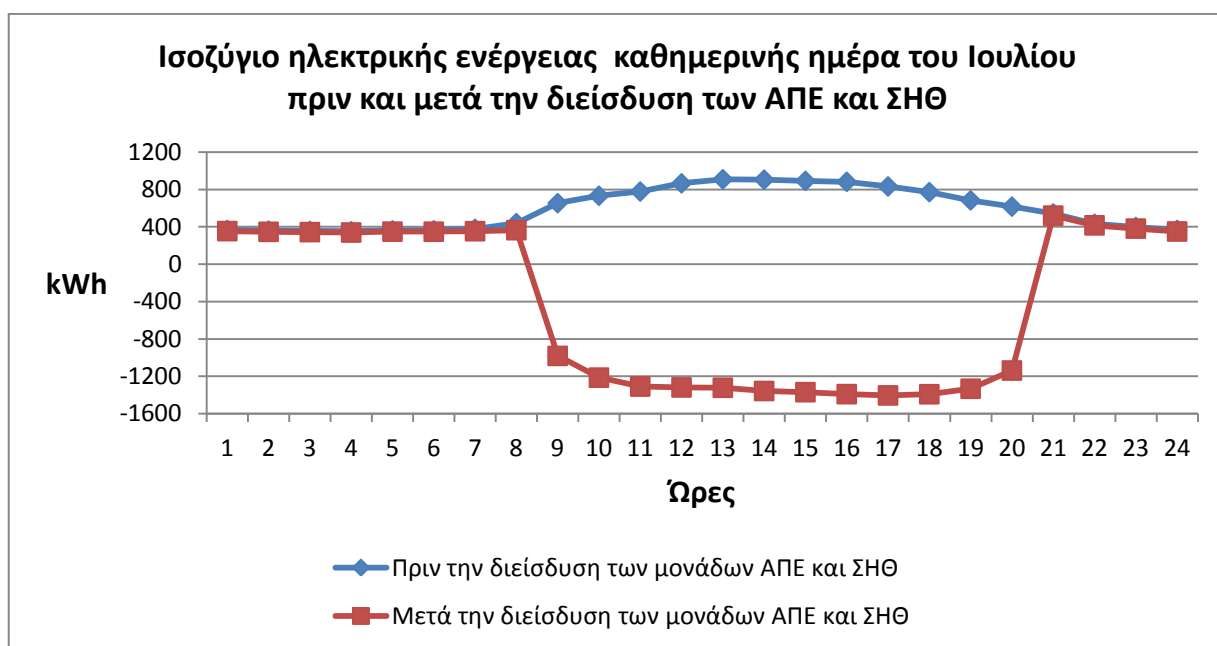
ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	39,88%	54,99%	42,03%	40%
Σάββατο	43,11%	56,36%	46,06%	44,15%
Κυριακή	38,14%	44,57%	42,44%	41,11%

Πίνακας 4-27 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαρτίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Παρατηρούμε ότι η συμμετοχή των μονάδων ΣΗΘ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συντελεί στην σημαντική μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, ελαττώνοντας τις εκπομπές σε ποσοστό 40%-56%.

4.4.2 Καλοκαιρινός μήνας με μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Στο διάγραμμα 4.37 παρουσιάζεται η επίδραση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, για μια τυπική καθημερινή ημέρα του μήνα Ιουλίου.



Διάγραμμα 4.37 Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με μέση ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Ιουλίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Παρατηρούμε ότι με την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική ζήτηση, η Πολυτεχνειούπολη κατορθώνει να καλύψει από μόνη της, με την δική της παραγωγή, τις ανάγκες της για αρκετές ώρες μέσα στην ημέρα. Μερίδιο στην μείωση της εισαγόμενης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, έχει και η υποκατάσταση της ηλεκτροκίνητης ψύξης από την παραγωγή των μονάδων ΣΗΘ. Ταυτόχρονα, επειδή αυτές τις ώρες η παραγωγή των μονάδων είναι πολύ μεγαλύτερη από την τιμή ζήτησης ηλεκτρισμού, έχει την δυνατότητα να προμηθεύει

με σημαντικά ποσά ενέργειας το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Ενδεικτικά η περίσσεια της παραγόμενης ενέργειας για μια καθημερινή ημέρα του Ιουλίου ανέρχεται στις 15526,85kWh, με την μέγιστη τιμή ισχύος να ανέρχεται στα 1404kW.

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση για τον μήνα Ιούλιο, καθώς και το κόστος αγοράς ενέργειας και πετρελαίου για την κάλυψη των ηλεκτρικών και ψυκτικών αναγκών των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης για τον ίδιο μήνα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3530,541	19230,52	68,62%	1741,773	909,938	520,737
Σάββατο	3530,541	10628,946	61,2%	1006,406	496,991	357,983
Κυριακή	3530,541	3609,018	41,1%	405,5	378,29	359,37

Πίνακας 4-28 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1341,773	16,628	1358,401	421,012	3856,484	4277,496
Σάββατο	872,852	16,628	889,48	338,689	1860,021	2198,71
Κυριακή	799,064	16,628	815,692	470,671	60,247	530,918

Πίνακας 4-29 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου

Από τους πίνακες 4.28 και 4.29 παρατηρούμε ότι η υψηλή διείσδυση της παραγόμενης από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρισμού, η οποία φθάνει το 68,62% και 61,2% τις καθημερινές και τα Σάββατα αντίστοιχα, έχει ως αποτέλεσμα αυξημένο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας. Η μεγάλη αυτή αύξηση του κόστους στις ημέρες αυτές οφείλεται κυρίως στην μεγάλη ποσότητα πετρελαίου που σπαταλείται για την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ. Το κόστος αυτό βέβαια μπορεί να μειωθεί σημαντικά, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι μόνο το 19,26% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας τις καθημερινές χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών, ενώ το υπόλοιπο 80,74% μπορεί να διατεθεί προς πώληση στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Τα Σάββατα το διαθέσιμο προς πώληση ποσό ενέργειας αντιστοιχεί στο 75,2% της συνολικής παραγωγής.

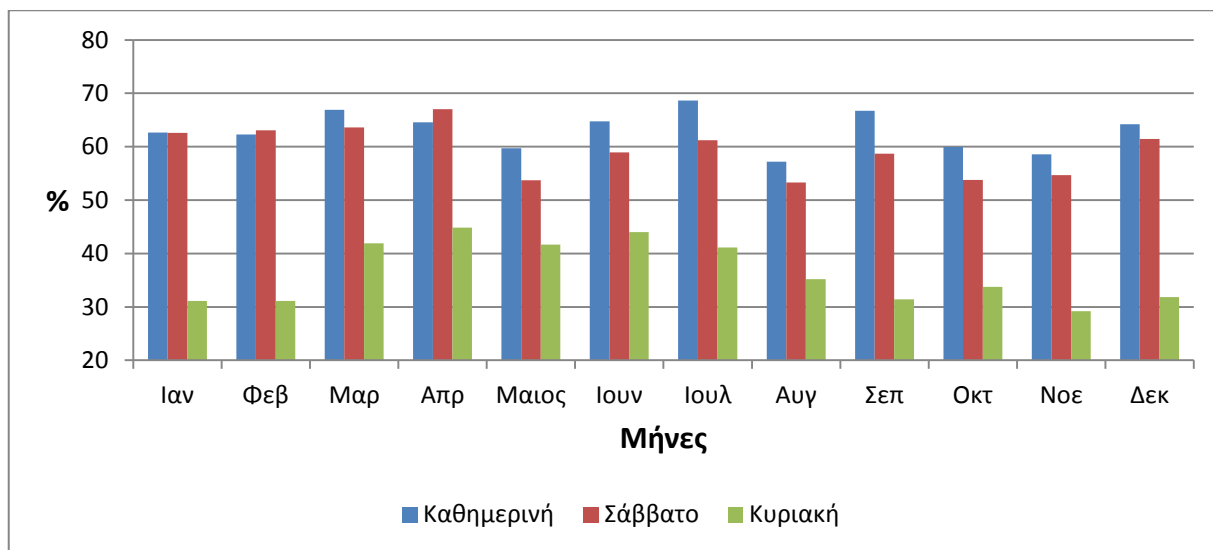
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μείωσης της εκπομπής ρύπων της νέας εγκατάστασης(πίνακες 2.10 και 3.3) συναρτήσεως των ρύπων που εκπέμπονται με το υπάρχον σύστημα κάλυψης των ηλεκτρικών και ψυκτικών αναγκών[8].

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	49,78%	58,7%	46,07%	45,75%
Σάββατο	52,66%	59,84%	49,87%	49,58%
Κυριακή	45,48%	46,37%	45,92%	45,79%

Πίνακας 4-30 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουλίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

4.4.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση της διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

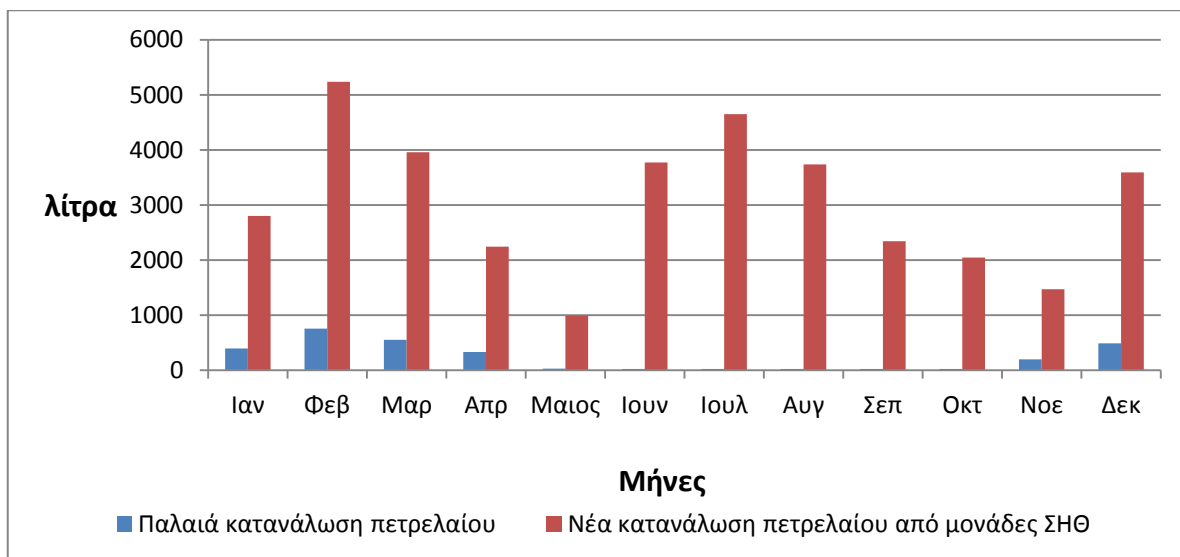
Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν και απεικονίζουν την συνεισφορά της παραγόμενης από τα ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργειας στην μείωση της εισαγόμενης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, σε διάστημα ενός έτους.



Διάγραμμα 4.38 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας

Το διάγραμμα 4.38 απεικονίζει την διείσδυση της παραγόμενης από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την Πολυτεχνειούπολη για τις διάφορες ημέρες και μήνες του έτους. Η διείσδυση της παραγωγής των μονάδων υπερβαίνει το 60% σχεδόν όλες τις καθημερινές ημέρες και τα Σάββατα του έτους, ενώ τις Κυριακές φτάνει το 30%-45%.

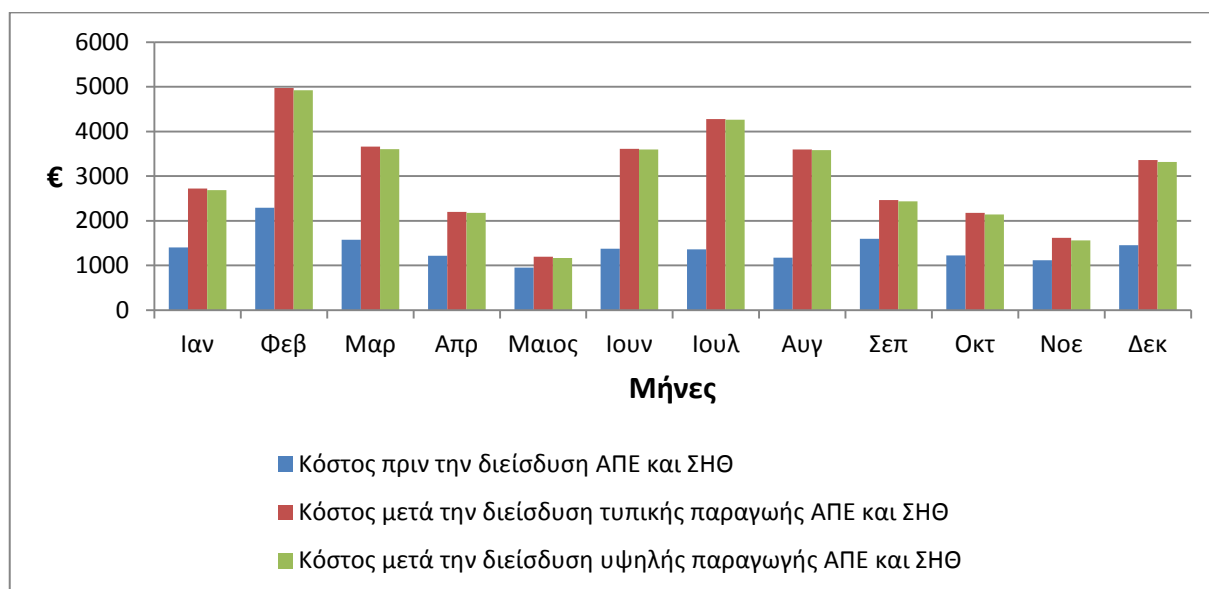
Η υψηλή αυτή διείσδυση της παραγωγής των προς εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Η αύξηση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αυξημένη κατανάλωση πετρελαίου από τις μονάδες ΣΗΘ για την κάλυψη των θερμικών/ψυκτικών αναγκών των κτιρίων, σε σχέση με την κατανάλωση πετρελαίου από το υπάρχον συμβατικό σύστημα. Η διαφορά στην ποσότητα πετρελαίου που καταναλώνει η Πολυτεχνειούπολη πριν και μετά την εγκατάσταση των προτεινόμενων μονάδων αποτυπώνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.39 Κατανάλωση πετρελαίου τις καθημερινές ημέρες του έτους με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, πριν και μετά την εγκατάσταση των μονάδων ΣΗΘ

Η τεράστια διαφορά στην κατανάλωση πετρελαίου που παρατηρείται τους καλοκαιρινούς μήνες, σχετίζεται με τον τρόπο κάλυψης των κλιματιστικών φορτίων για τους μήνες αυτούς. Το υπάρχον συμβατικό σύστημα καλύπτει τα φορτία των μηνών αυτών κάνοντας χρήση κλιματιστικών μονάδων που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια (βλέπε κεφάλαιο 2) σε αντίθεση με τις προτεινόμενες προς εγκατάσταση μονάδες που καταναλώνουν πετρέλαιο για τον σκοπό αυτό.

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την αύξηση του κόστους λειτουργίας της νέας εγκατάστασης για τις καθημερινές ημέρες του έτους, θεωρώντας δύο διαφορετικά σενάρια παραγωγής ενέργειας από τις μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.



Διάγραμμα 4.40 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Παρατηρούμε ότι το κόστος κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών/ψυκτικών φορτίων αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό, ειδικά σε ορισμένες περιπτώσεις καλοκαιρινών κυρίως μηνών σημειώνεται τριπλασιασμός του ημερήσιου κόστους. Η μεγάλη διαφορά του κόστους λειτουργίας που προκύπτει από το διάγραμμα 4.40 μπορεί να καλυφθεί, εν μέρει, από την

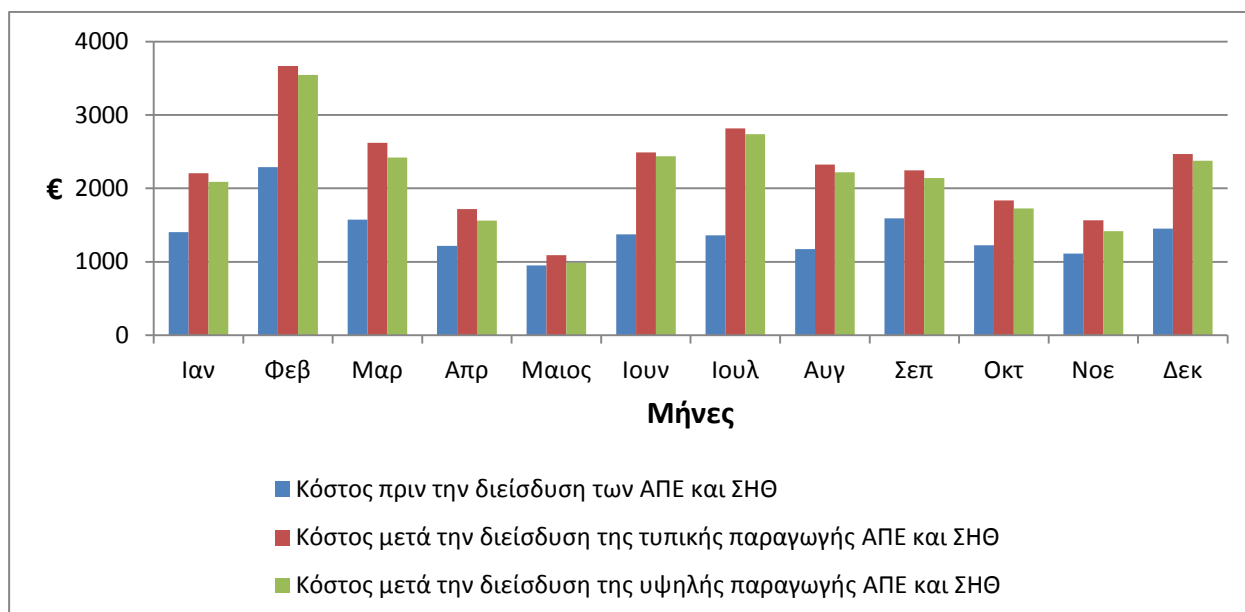
πώληση της περίσσειας της παραγωγής των εγκατεστημένων μονάδων, το μέγεθος της οποίας παρατίθεται στον πίνακα 4.31.

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ (kW)	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ (kW)
Ιανουάριος	Καθημερινή	5522,865	814,25	6345,62	861,58
	Σάββατο	2921,527	394,83	3794,872	448
Φεβρουάριος	Καθημερινή	13854,678	1660,37	14620,336	1727,57
	Σάββατο	6371,291	745,03	7136,95	812,23
Μάρτιος	Καθημερινή	11013,206	1350,76	12581,3	1471,24
	Σάββατο	4463,4	538,31	6050,388	667,34
Απρίλιος	Καθημερινή	5063,895	715,62	6527,65	670,29
	Σάββατο	3097,014	389,5	4566,45	464,81
Μάιος	Καθημερινή	1149,4	234,31	1894,631	333,41
	Σάββατο	1321,765	225,56	2116,328	324,66
Ιούνιος	Καθημερινή	11875,463	1196,2	12280,602	1238,23
	Σάββατο	6714,66	720,47	7119,799	748,85
Ιούλιος	Καθημερινή	15526,852	1404	16180,693	1456,98
	Σάββατο	7993,197	772,74	8647,037	866,89
Αύγουστος	Καθημερινή	13533,23	1343,08	14444,484	1462,91
	Σάββατο	6267,097	651,37	7178,35	758,68
Σεπτέμβριος	Καθημερινή	2333,027	368,07	3116,802	450,35
	Σάββατο	2294,138	369,2	3117,065	466,704
Οκτώβριος	Καθημερινή	3628,131	528,9	4416,465	648,35
	Σάββατο	2046,787	347,99	2834,197	464,21
Νοέμβριος	Καθημερινή	539,765	115,88	1472,748	191,5
	Σάββατο	158,83	37,45	1001,16	189,8
Δεκέμβριος	Καθημερινή	9441,977	1100,12	10018,89	1143,62
	Σάββατο	3860,206	422,44	4437,118	518,62
Μέγιστη περίσσεια ενέργειας	Καθημερινή του Φεβρουαρίου	13854,678	1660,37	14620,336	1727,57

Πίνακας 4-31 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ

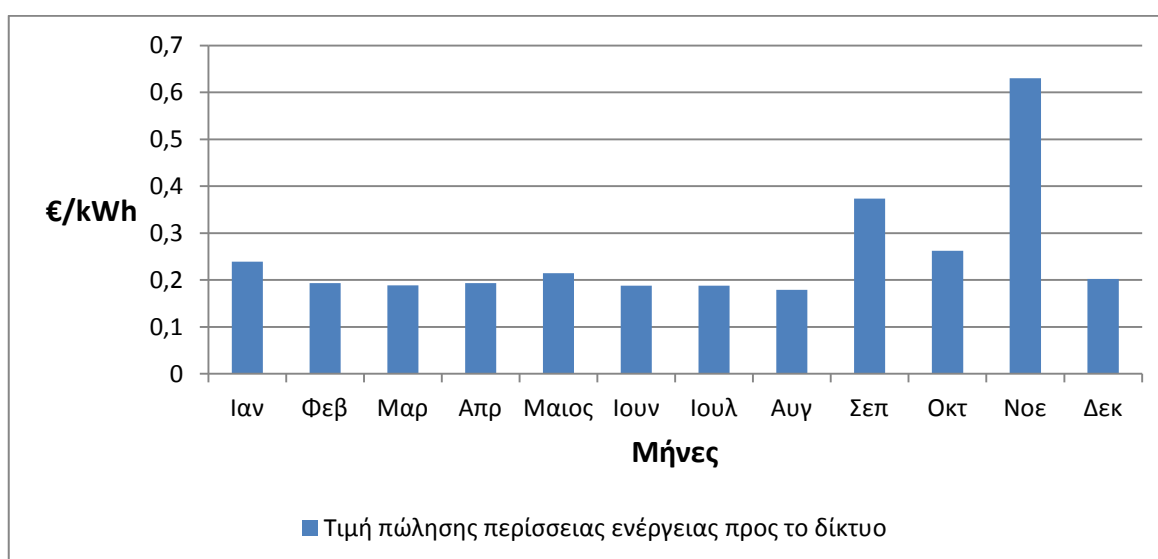
Ακόμα και τις Κυριακές, όπου η παραγωγή των μονάδων μας δεν κυμαίνεται στα υψηλά επίπεδα των υπολοίπων ημερών, υπάρχει η δυνατότητα διοχέτευσης μικρών ποσοτήτων ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Στην περίπτωση λοιπόν όπου υπάρχει δυνατότητα πώλησης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο, και υποθέτοντας τιμή πώλησης ανά kWh ίση με την τιμή αγοράς, δηλαδή 0,09412€/kWh, το ημερήσιο κόστος λειτουργίας της νέας εγκατάστασης διαμορφώνεται ως εξής.



Διάγραμμα 4.41 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγωγής ενέργειας.

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα 4.40 και 4.41 διαπιστώνουμε ότι η δυνατότητα πώλησης της περίσσειας ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο «ελαφρύνει» σημαντικά το κόστος λειτουργίας της προτεινόμενης εγκατάστασης –ως και 38% μικρότερο κόστος σε σχέση με την μη ύπαρξη δυνατότητας πώλησης- όχι όμως σε τέτοιο βαθμό που να κάνει την υπό εξέταση εγκατάσταση μια βιώσιμη λύση για την Πολυτεχνειούπολη. Το διάγραμμα που ακολουθεί περιέχει τις ελάχιστες τιμές πώλησης της πλεονάζουσας ενέργειας ανά μήνα, με τις οποίες θα έπρεπε να διοχετεύουμε την ενέργεια προς το δίκτυο για να αποκομίσουμε οικονομικό όφελος από την λειτουργία των μονάδων μας.



Διάγραμμα 4.42 Κατώτερες τιμές πώλησης περίσσειας ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο ώστε να υπάρχει οικονομικό όφελος για την εγκατάσταση

Από το διάγραμμα 4.42 παρατηρούμε ότι με μια μέση τιμή πώλησης γύρω στα 0,255€/kWh, περίπου 2,7 φορές μεγαλύτερη από την τιμή αγοράς, οι προτεινόμενες μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ θα λειτουργούσαν με οικονομικό όφελος για την προτεινόμενη εγκατάσταση.

4.4.4 Διερεύνηση οφέλους από την πώληση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση χρησιμοποιώντας τιμές πώλησης όπως αυτές ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

Έχοντας ήδη διερευνήσει τα οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά δεδομένα από την διείσδυση της παραγωγής των προτεινόμενων προς εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, στην παράγραφο αυτή μελετάμε το σενάριο δυνατότητας πώλησης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας σε τιμές πώλησης παραγωγού ή αυτοπαραγωγού, όπως ορίζει ο νόμος υπ' αριθμόν 3851/2010[3].

Σύμφωνα με την νομοθετική αυτή διάταξη, η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με βάση τις τιμές που αναφέραμε στην παράγραφο 4.1.4 για την παραγωγή από μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (0,45€/kWh για ενέργεια παραγόμενη από Φ/Β Συστήματα και 0,25€/kWh για Α/Γ), ενώ για την παραγόμενη από μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α ενέργεια, η τιμή πώλησης διαμορφώνεται με βάση ως εξής: $0,08785 * \Sigma P ((€/kWh))$.

Η παράμετρος ΣP είναι ο συντελεστής ρήτρας φυσικού αερίου ο οποίος ορίζεται ως εξής :

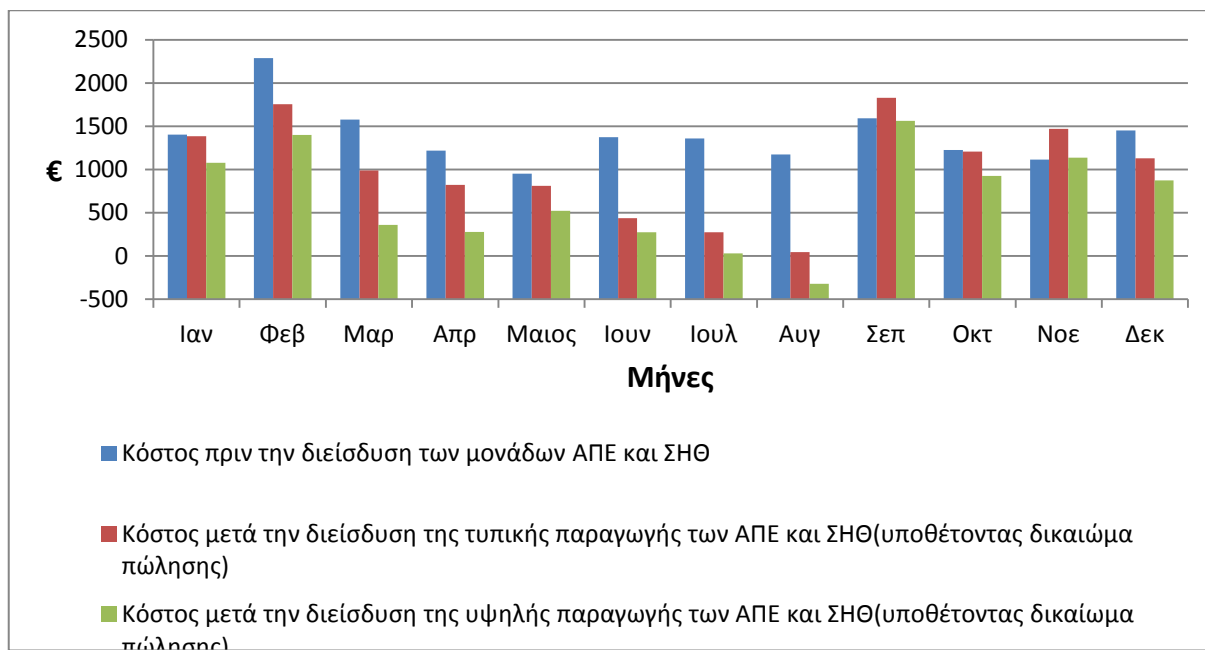
$$\Sigma P = 1 + (M.T.\Phi.A. - 26)/(100 * n_{el})$$

όπου Μ.Τ.Φ.Α η τιμή πώλησης Φ.Α για συμπαραγωγή σε €/MWh (μεταβλητή τιμή η οποία αλλάζει ανά τρίμηνο με μέριμνα της Δ.Ε.Π.Α.)

και n_{el} ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης της διάταξης Σ.Η.Θ.Υ.Α ο οποίος για την δική μας εγκατάσταση υπολογίστηκε στο 34,7% (μέση τιμή μονάδων)

Λόγω της ιδιαιτερότητας της εγκατάστασης μας (χρήση πετρελαίου για συμπαραγωγή αντί για φυσικό αέριο), ο παραπάνω υπολογισμός πραγματοποιήθηκε με τιμή για τον συντελεστή Μ.Τ.Φ.Α ίσο με την τιμή του πετρελαίου που έχουμε υποθέσει στη παρούσα διπλωματική εργασία, και το αποτέλεσμα για την τιμή πώλησης της παραγόμενης από Σ.Η.Θ.Υ.Α ενέργειας ανέρχεται στα **0,22 €/kWh**.

Υποθέτοντας λοιπόν ότι υπάρχει η δυνατότητα πώλησης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο στις παραπάνω αναφερόμενες τιμές, το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης μας για τις καθημερινές ημέρες του έτους διαμορφώνεται ως εξής.



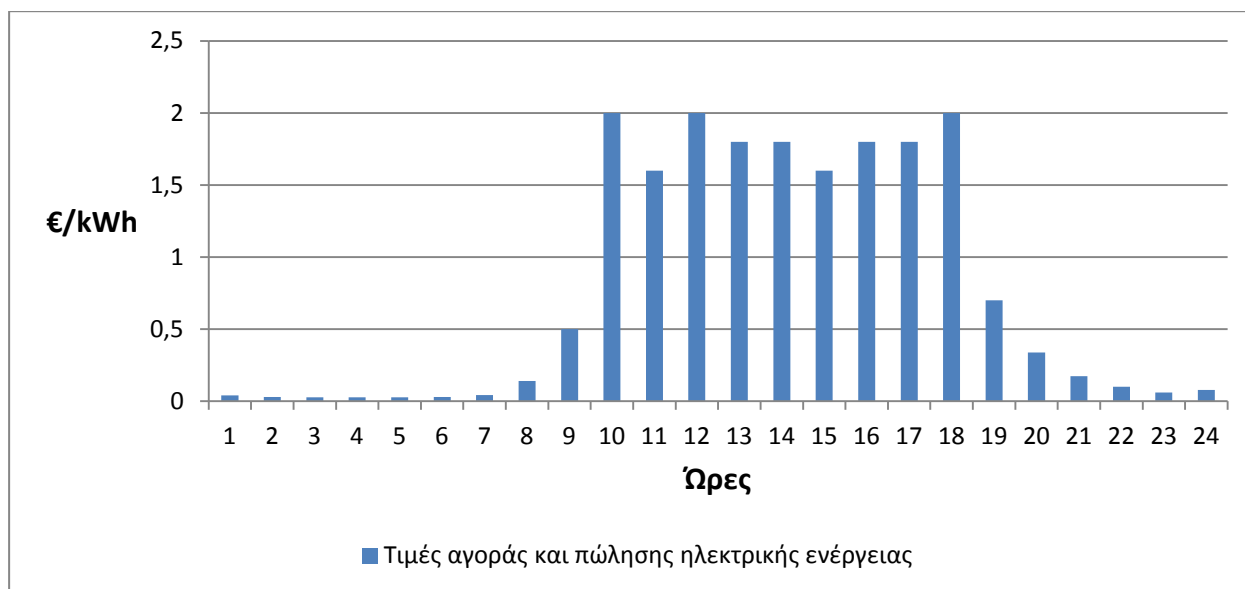
Διάγραμμα 4.43 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση -, πριν και μετά την διείδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ, θεωρώντας τιμές πώλησης της ενέργειας τις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

Από το διάγραμμα 4.43 προκύπτει το συμπέρασμα ότι η δυνατότητα πώλησης –σε τιμές αυτοπαραγωγού - της περίσσειας της παραγωγής που προκύπτει από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη μείωση του κόστους για την κάλυψη των ηλεκτρικών και ψυκτικών αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, αρκετές ημέρες του έτους. Πιο έντονη είναι η διαφορά που παρατηρείται, στο κόστος λειτουργίας πριν και μετά την διείδυση των προτεινόμενων μονάδων, στους καλοκαιρινούς μήνες. Η διαφορά αυτή οφείλεται στα αρκετά μεγάλα ποσά περίσσειας ενέργειας που παρατηρούνται αυτούς τους μήνες του έτους (βλέπε πίνακα 4.31) ως αποτέλεσμα της λειτουργίας των μονάδων ΣΗΘ για κάλυψη των ψυκτικών φορτίων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρατηρείται στην περίπτωση διείδυσης της υψηλής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ στις ημέρες του Αυγούστου, όπου η αρνητική τιμή στο κόστος λειτουργίας ερμηνεύεται ως εξής : Κατά την διάρκεια μιας τέτοιας ημέρας, η κάλυψη των φορτίων της Πολυτεχνειούπολης με την συμμετοχή των προς εγκατάσταση προτεινόμενων μονάδων μας, όχι μόνο δεν έχει κόστος αλλά αντίθετα επιφέρει «καθαρό» κέρδος.

Συγκρίνοντας τα δεδομένα του διαγράμματος 4.43 με τα αντίστοιχα του διαγράμματος 4.41(κόστος λειτουργίας υποθέτοντας τιμή πώλησης ίση με την τιμή αγοράς) διαπιστώνουμε πόσο σημαντική είναι η διοχέτευση της περίσσειας ενέργειας, σε συμφέρουσα τιμή, προς το ανάντη δίκτυο για την οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης μας. Αξίζει επίσης να αναφερθεί, ότι με τέτοιες τιμές πώλησης της παραγόμενης ενέργειας θα μας συνέφερε – από οικονομικής καθαρά άποψης – οι μονάδες ΣΗΘ να λειτουργούν σε υψηλότερο σημείο λειτουργίας από αυτό που απαιτείται για την κάλυψη των θερμικών/ψυκτικών αναγκών μας(electrically driven operation).

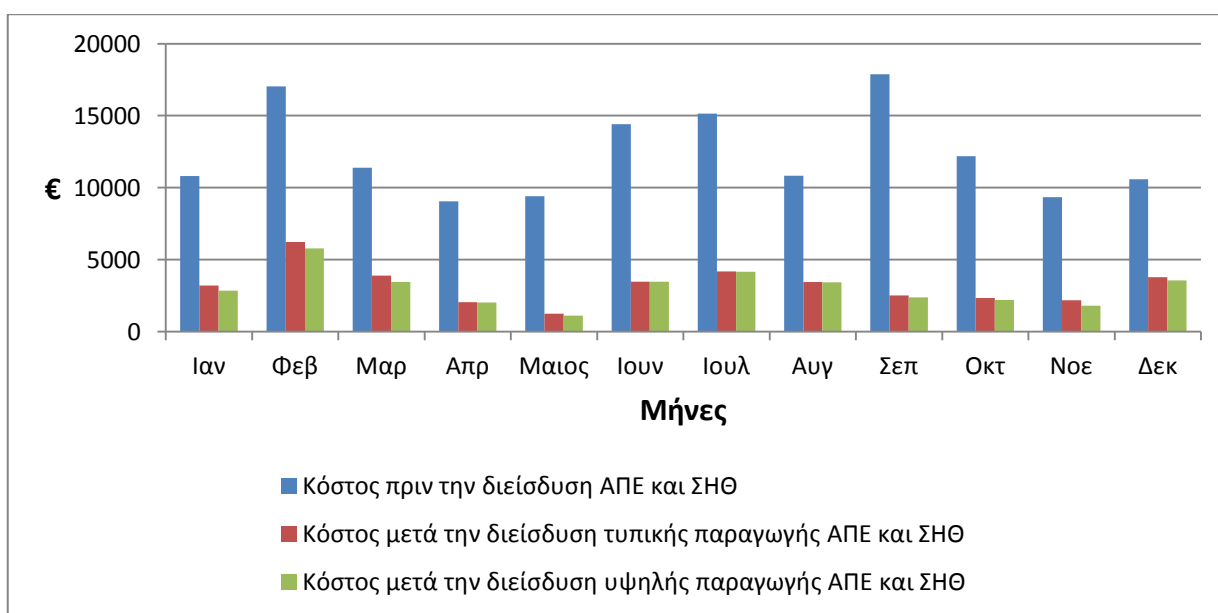
4.4.5 Διερεύνηση μέγιστου οφέλους από την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση χρησιμοποιώντας ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας

Στην παράγραφο αυτή γίνεται μια διερεύνηση του μέγιστου οικονομικού οφέλους που μπορεί να προκύψει από την λειτουργία της εγκατάστασής μας κατά την διάρκεια των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ακραίες τιμές αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας όπως προκύπτουν από το APX(www.apxl.nl), το εύρος των οποίων δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Πρόκειται για τις μέγιστες τιμές – ανά ώρα – του έτους 2003.



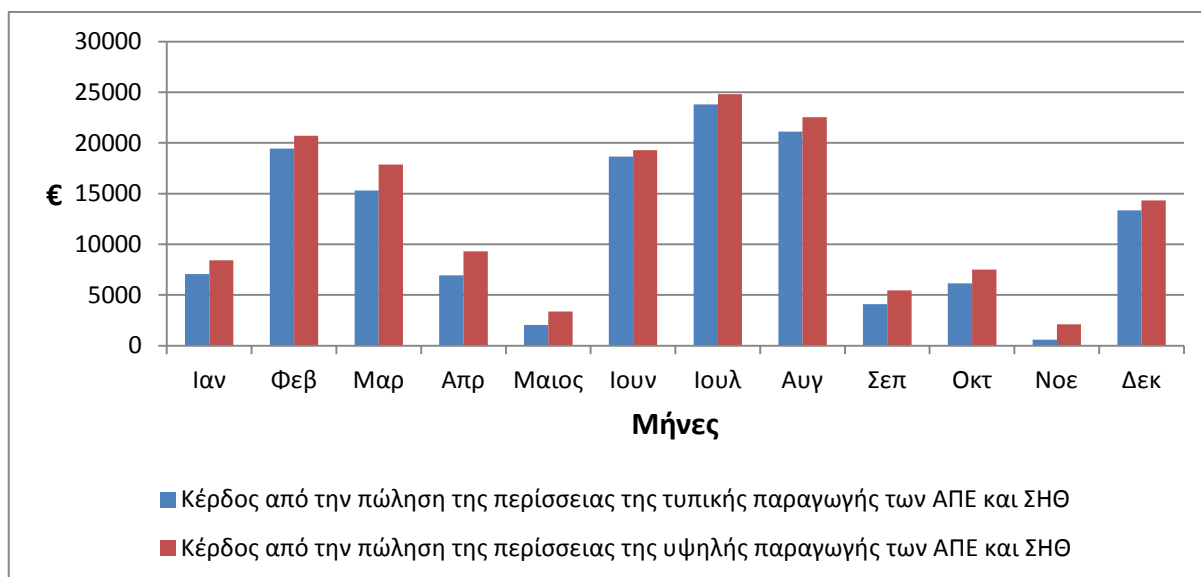
Διάγραμμα 4.44 Ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας όπως προκύπτουν από το APX για το έτος 2003

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την χρησιμοποίηση αυτών των τιμών για την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο είναι θεαματικά. Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από το επόμενο διάγραμμα, η μείωση στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας επιφέρει τεράστια οικονομικά οφέλη για την εγκατάστασή μας, μειώνοντας το κόστος ως 88,2%, όπως στην περίπτωση του μήνα Μαΐου.



Διάγραμμα 4.45 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση - πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, κάνοντας χρήση ακραίων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Τα οφέλη μάλιστα μπορούν να αυξηθούν κατακόρυφα, στην περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Στο διάγραμμα 4.46 παρουσιάζονται τα οφέλη από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των καθημερινών ημερών του έτους, χρησιμοποιώντας τις τιμές που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 4.44.



Διάγραμμα 4.46 Οικονομικό όφελος από την πώληση της περίσσειας ενέργειας, υποθέτοντας ακραίες τιμές πώλησης

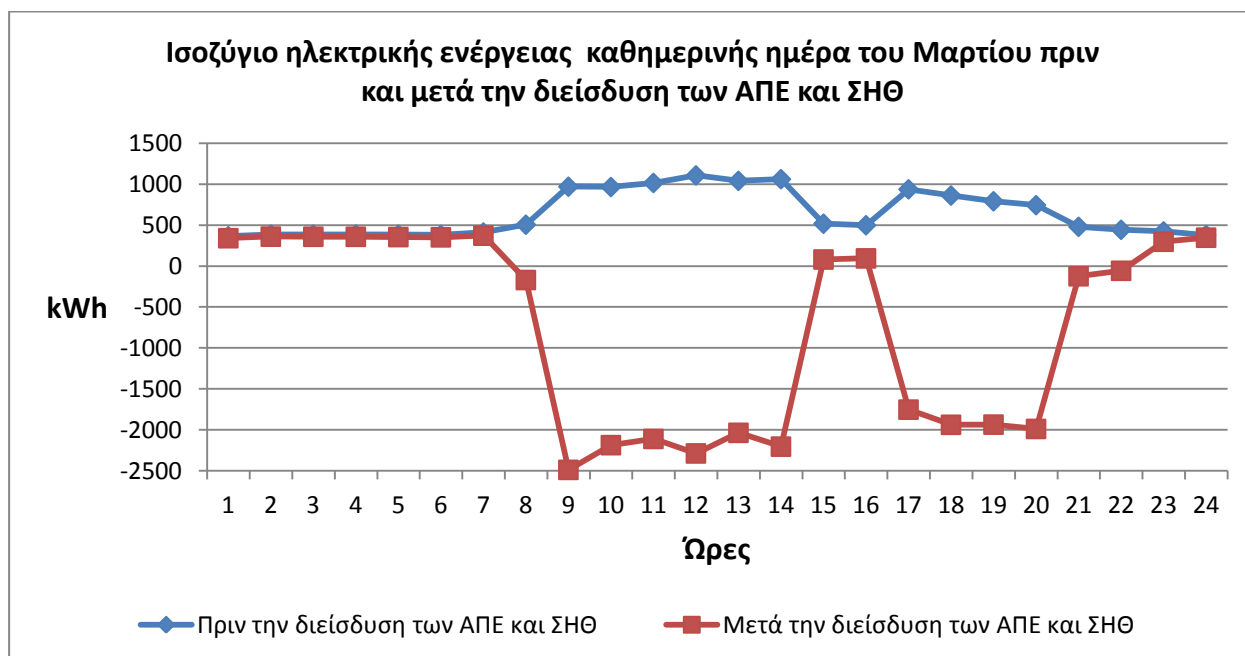
4.5 Σενάριο Πέμπτο : Ταυτόχρονη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση(η οποία όπως και στο σενάριο που εξετάστηκε στην παράγραφο 4.2 προκύπτει ως συνάρτηση της υψηλής ζήτησης θερμικής/ψυκτικής ενέργειας),συμμετοχή των προτεινόμενων για εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ στην κάλυψη του θερμικού/ψυκτικού φορτίου, καθώς και διάφορα σενάρια παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(υψηλή, μέση και χαμηλή παραγωγή), όπως αυτή προκύπτει από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα- ηλιακή ακτινοβολία και μέση ταχύτητα ανέμου-(βλέπε παράγραφο 2.3.1).Στο σενάριο αυτό έχουμε υποθέσει συντελεστή ταυτοχρονισμού των θερμικών/ψυκτικών φορτίων των διαφόρων κτιρίων ίσο με 0,85. Και σε αυτό το σενάριο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο νέο ημερήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας, το οποίο προκύπτει ως άθροισμα του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και του κόστους του πετρελαίου που απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων παραγωγής ενέργειας (μονάδες ΣΗΘ). Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η ποσότητα της περίσσειας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την ταυτόχρονη λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, καθώς για την υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ευθύνονται κυρίως οι υψηλές θερμικές/ψυκτικές απαιτήσεις των κτιρίων, με αποτέλεσμα οι μονάδες ΣΗΘ να αυξάνουν την παραγωγή τους για την κάλυψη των αναγκών αυτών.

Στην συνέχεια παρατίθενται περιπτώσεις εφαρμογής που απεικονίζουν τα αποτελέσματα από την διείσδυση της παραγωγής των προτεινόμενων μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και στο κόστος αυτής, κατά την διάρκεια ημερών με ιδιαίτερα υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.

4.5.1 Χειμερινός μήνας με υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το διάγραμμα 4.47 απεικονίζει την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται να εισαχθεί από το διασυνδεδεμένο δίκτυο για να καλυφθούν οι ανάγκες του συνόλου των εγκαταστάσεων της Πολυτεχνειούπολης, για μια καθημερινή ημέρα του μήνα Μάρτιου με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, τόσο πριν όσο και μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.



Διάγραμμα 4.47 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Μαρτίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ

Παρατηρούμε ότι το διάστημα κατά το οποίο το Πολυτεχνείο λειτουργεί(08:00 – 20:00), η παραγόμενη από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργεια, είναι αρκετή ώστε να μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες των κτιρίων, δημιουργώντας ταυτόχρονα πλεόνασμα ενέργειας, το μέγεθος της οποίας αντιστοιχεί σε 21267,2kWh, υποθέτοντας τυπική παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ. Σε περίπτωση δε υψηλής παραγωγής από τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τις ανεμογεννήτριες, η περίσσεια της ενέργειας φτάνει στις 23071,34kWh, με την μέγιστη τιμή ισχύος να ανέρχεται στα 2607,31kW. Η τεράστια αυτή ποσότητα της παραγωγής οφείλεται στο υψηλό θερμικό φορτίο που παρατηρείται κατά την διάρκεια των ημερών αυτών, για την κάλυψη του οποίου απαιτείται λειτουργία των προτεινόμενων μονάδων στο μέγιστο της παραγωγικής τους ικανότητας.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	2079,42	26932,109	78,52%	2733,19	1107,165	371,715
Σάββατο	2079,42	15098,06	75,21%	1546,263	669,017	280,124
Κυριακή	2079,42	3297,898	49,52%	316,07	322,708	210,75

Πίνακας 4-32 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Η ιδιαίτερα υψηλή παραγωγή ενέργειας από τις μονάδες μας, έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση σε ποσοστό μεγαλύτερο από 78% της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται να αγοραστεί από το διασυνδεδεμένο δίκτυο προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες ηλεκτρισμού των κτιρίων της

Πολυτεχνειούπολης. Πέρα όμως από αυτό, η διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ έχει επίδραση και στην αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία για τον μήνα Μάρτιο μειώνεται κατά 66,4% σε σχέση με πριν, όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 4.32. Στην περίπτωση δε της υψηλής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ η νέα ζήτηση αιχμής είναι ακόμα χαμηλότερη, σημειώνοντας τιμή ίση με 346,761kW.

Η μείωση αυτή της αιχμής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που επιτυγχάνεται για τον Μάρτιο έχει σημαντικό οικονομικό όφελος, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, αφού και στις δύο περιπτώσεις παραγωγής το όφελος ξεπερνά τα 2700€.

Κόστος αιχμής πριν την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της τυπικής παραγωγής ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της υψηλής παραγωγής ΑΠΕ(€)
4093,46	1374,32	1282,06	2719,14	2811,4

Πίνακας 4-33 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα Μάρτιο

Παρά το οικονομικό όφελος που προκύπτει από την μείωση της αιχμής ζήτησης, η τεράστια ποσότητα πετρελαίου που καταναλώνεται κατά την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ για να καλυφθεί το θερμικό φορτίο και η υψηλή τιμή αυτού, καθιστούν ασύμφορη οικονομικά την νέα μας πρόταση για την κάλυψη των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων της Πολυτεχνειούπολης, σε σύγκριση πάντα με το συμβατικό σύστημα που επικρατεί. Τα οικονομικά δεδομένα για την παλιά και την νέα μέθοδο κάλυψης των ηλεκτρικών-θερμικών φορτίων δίνονται στον επόμενο πίνακα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1452,81	930,431	2383,241	312,037	5704,16	6016,197
Σάββατο	987,166	547,856	1535,026	244,68	3226,017	3470,697
Κυριακή	623,019	165,284	788,303	314,496	321,614	636,11

Πίνακας 4-34 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου

Παρατηρούμε ότι ενώ το κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο είναι 4-4,5 φορές μικρότερο μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση, για τις καθημερινές ημέρες και τα Σάββατα, τα έξοδα από την κατανάλωση πετρελαίου εξαπλάσιάζονται εξαιτίας της υψηλής τιμής του πετρελαίου(0,83€/λίτρο) με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος της νέας εγκατάστασης να είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό της ήδη υπάρχουσας. Αντίθετα, τις Κυριακές όπου το απαιτούμενο θερμικό φορτίο είναι ελάχιστο σε σχέση με τις υπόλοιπες ημέρες, η λειτουργία της προτεινόμενης εγκατάστασης μας κρίνεται συμφέρουσα, από οικονομικής άποψης.

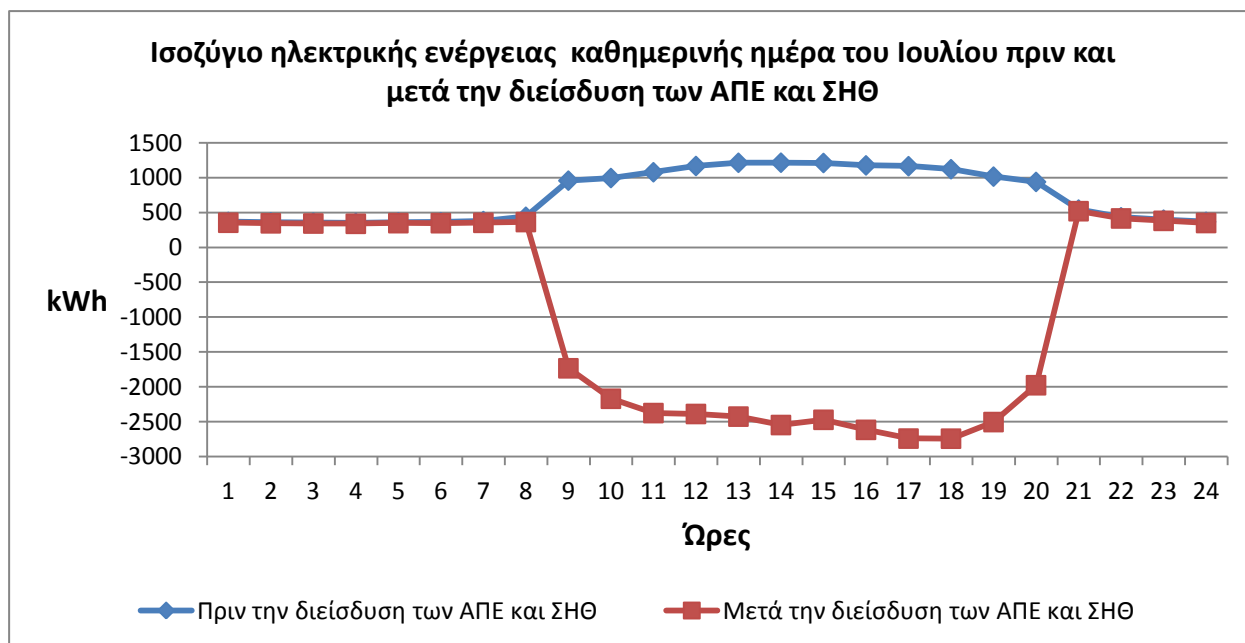
Πέρα όμως από την οικονομική «βλάβη», από τα δεδομένα του πίνακα 4.36, διαπιστώνεται ότι η συμμετοχή των μονάδων ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι καθοριστική για την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	41,18%	58,19%	44,07%	41,73%
Σάββατο	42,74%	58,95%	46,04%	43,75%
Κυριακή	42,65%	52,27%	48,83%	46,94%

Πίνακας 4-35 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαρτίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

4.5.2 Καλοκαιρινός μήνας με υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το διάγραμμα 4.48 απεικονίζει την επίδραση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, για μια τυπική καθημερινή ημέρα του Ιουλίου.



Διάγραμμα 4.48 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Ιουλίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ

Όπως και τον Μάρτιο, έτσι και τον Ιούλιο η παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ υπερκαλύπτει τις ανάγκες της Πολυτεχνειούπολης σε ηλεκτρισμό. Η μείωση της ποσότητας της εισαγόμενης από το δίκτυο ενέργειας οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην υποκατάσταση του ηλεκτροκίνητου τρόπου ψύξης, με ψυκτικά φορτία προερχόμενα από την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ. Μια τέτοια ημέρα υπάρχει η δυνατότητα διοχέτευσης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο ποσοτήτων ενέργειας που φτάνουν τις 28673,33kWh, ενώ η μέγιστη τιμή ισχύος ανέρχεται στα 2741kW, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 4.48. Η ημερήσια ποσότητα ενέργειας που δύναται να προμηθεύσουμε προς το δίκτυο αυξάνεται ακόμη περισσότερο στην περίπτωση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ, φτάνοντας τις 29327,17kWh.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3530,541	31483,57	75,14 %	2904,159	1216	520,737
Σάββατο	3530,541	16967,356	69,33 %	1595,568	718,658	357,983
Κυριακή	3530,541	3609,018	41,1 %	405,5	378,29	359,369

Πίνακας 4-36 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου , υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Διαπιστώνουμε από τα στοιχεία του πίνακα 4.36 και το διάγραμμα 4.45 ότι μόνο το 9,2% της συνολικής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης για τις καθημερινές ημέρες του Ιουλίου, ενώ το υπόλοιπο 91,8% είναι διαθέσιμο για διοχέτευση προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Η ποσότητα αυτή της ενέργειας που μπορεί να διατεθεί προς το ανάντη δίκτυο θα μπορούσε να ανακουφίσει σημαντικά τον Υ/Σ Χανίων, η ζήτηση του οποίου είναι αρκετά υψηλή κατά την διάρκεια των ημερών του Ιουλίου. Αυτό το μικρό ποσοστό όμως της παραγωγής των μονάδων μας είναι ικανό ώστε να καλύψει το 75,14% της συνολικής ζήτησης, καθώς η ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας-ηλεκτρισμού από τις μηχανές ΣΗΘ καλύπτει τόσο το σύνολο του ψυκτικού φορτίου(το οποίο ως τώρα καλυπτόταν από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) όσο και μεγάλο μέρος του υπόλοιπου ηλεκτρικού φορτίου. Σημαντική είναι και η μείωση της αιχμής ζήτησης, από τα 1216kW, στα 520,737kW στην περίπτωση τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και στα 491,207kW στην υψηλή παραγωγή των ΑΠΕ.

Το κόστος λειτουργίας για την κάλυψη των φορτίων των ημερών του Ιουλίου, τόσο πριν όσο και μετά την εγκατάσταση των μονάδων, αλλά και το όφελος από την μείωση της αιχμής ζήτησης για τον μήνα αυτό παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1693,479	16,628	1710,107	421,012	6372,848	6793,86
Σάββατο	1104,346	16,628	1120,974	338,689	3370,05	3708,739
Κυριακή	799,064	16,628	815,692	470,671	60,247	530,918

Πίνακας 4-37 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου

Κόστος αιχμής πριν την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της τυπικής παραγωγής ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της υψηλής παραγωγής ΑΠΕ(€)
4543,45	1945,68	1835,34	2597,77	2708,11

Πίνακας 4-38 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα Ιούλιο

Και για αυτόν τον μήνα, η μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση του πετρελαίου που απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού κόστους της καινούργιας εγκατάστασης σε τέτοιο βαθμό, που ακόμα και το όφελος από την μείωση της αιχμής δεν αρκεί για να ισοσκελίσει την διαφορά παλαιού και νέου κόστους λειτουργίας.

Όσο για τους ρύπους που εκπέμπονται, ο πίνακας 4.39 στην συνέχεια δείχνει ότι η λειτουργία της νέας μας εγκατάστασης ενδέχεται να μειώσει τις εκπομπές ρύπων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως και 50% για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.

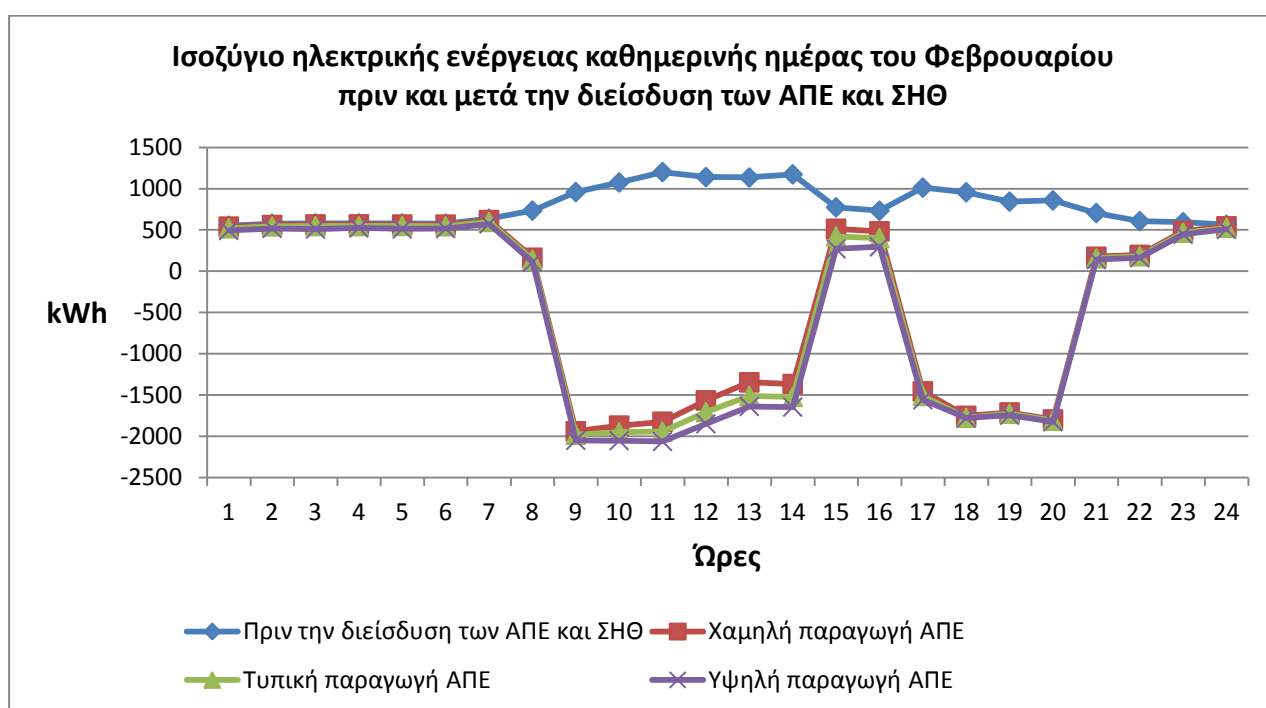
ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	48,77%	58,74%	44,51%	44,16%
Σάββατο	50,54%	59,31%	48,91%	46,6%
Κυριακή	45,48%	46,37%	45,92%	45,79%

Πίνακας 4-39 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουλίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

4.5.3 Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση ημέρας με υψηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση – Η νέα αιχμή του συστήματος

Σύμφωνα με τα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, η ζήτηση αιχμής του συνόλου της Πολυτεχνειούπολης αντιστοιχεί σε 1480,432kW και παρατηρήθηκε τον μήνα Σεπτέμβριο. Η ταυτόχρονη όμως διείσδυση της παραγωγής των μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των μηχανών Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας στο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας έχει ως αποτέλεσμα την μετατόπιση της ώρας αιχμής, αλλά και την μείωση της τιμής αυτής. Η νέα ζήτηση αιχμής σημειώνεται πλέον τον Φεβρουάριο και η τιμή της φτάνει τα 619,245kW.

Το διάγραμμα 4.49 παρουσιάζει το ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας για μια καθημερινή ημέρα του Φεβρουαρίου υποθέτοντας τρία διαφορετικά σενάρια παραγωγής από τις μονάδες ΑΠΕ.



Διάγραμμα 4.49 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας -με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση- του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας διάφορα σενάρια παραγωγής από τα ΑΠΕ

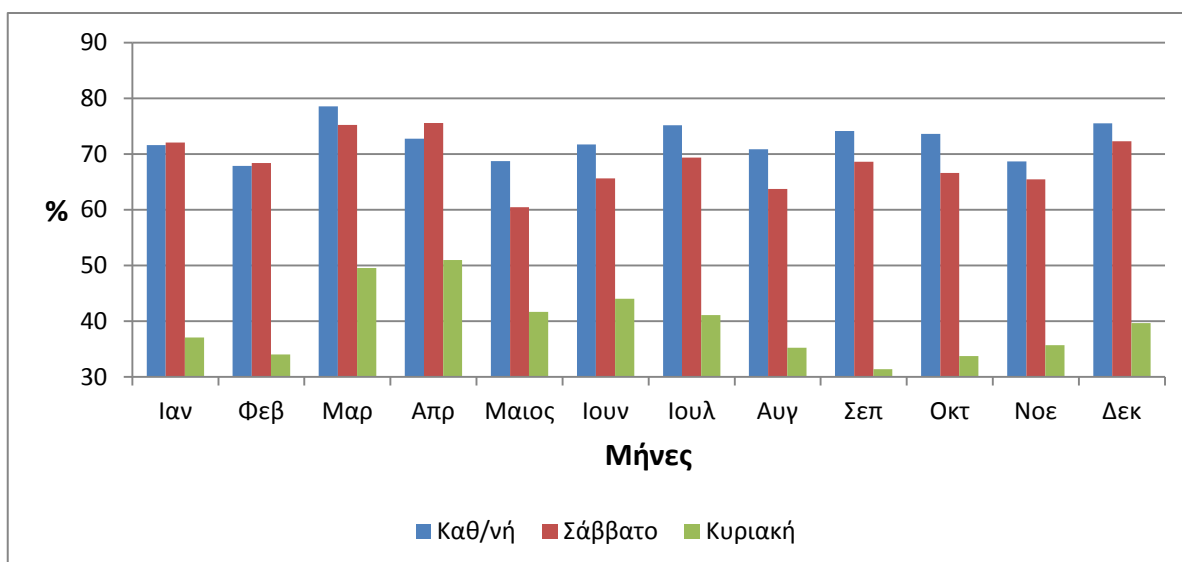
Όπως είναι φυσιολογικό, η εισαγόμενη από το διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα από την αύξηση της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ. Τα οικονομικά οφέλη από την μείωση της αιχμής ζήτησης για τον μήνα αυτό παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

Κόστος αιχμής πριν την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κόστος αιχμής μετά την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της τυπικής παραγωγής ΑΠΕ(€)	Κέρδος για την περίπτωση της υψηλής παραγωγής ΑΠΕ(€)
3920,27	2238,15	2145,47	1682,12	1774,8

Πίνακας 4-40 Μέγιστο οικονομικό όφελος από την μείωση της ζήτησης αιχμής για τον μήνα Φεβρουαρίου

4.5.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση της διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

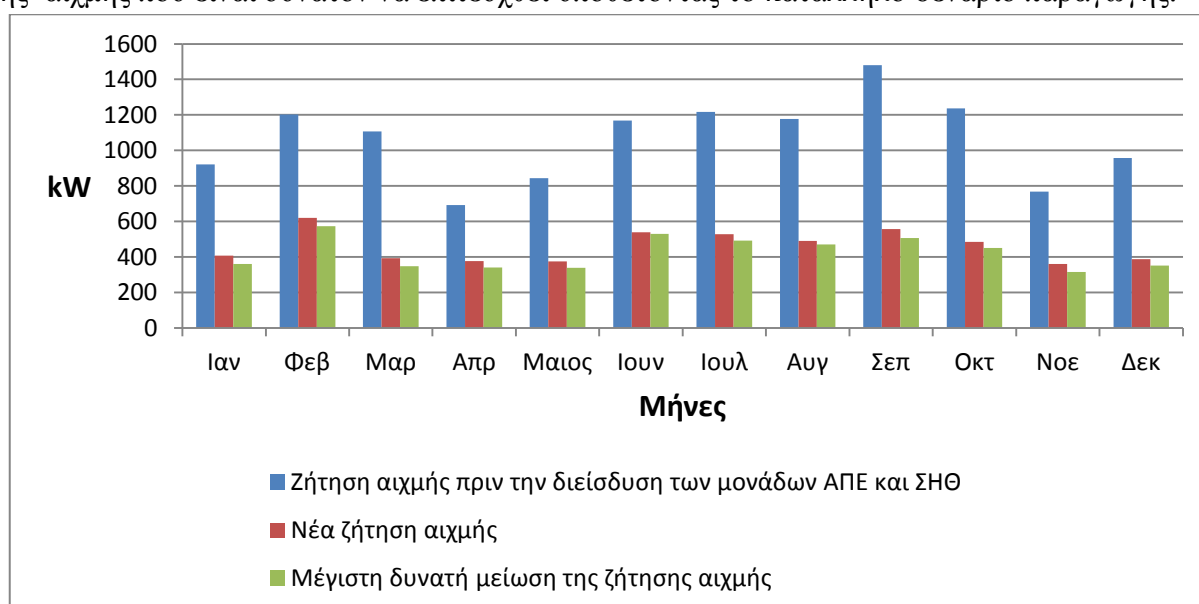
Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν και απεικονίζουν την συνεισφορά της παραγόμενης από τα ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργειας στην μείωση της εισαγόμενης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, σε διάστημα ενός έτους.



Διάγραμμα 4.50 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας

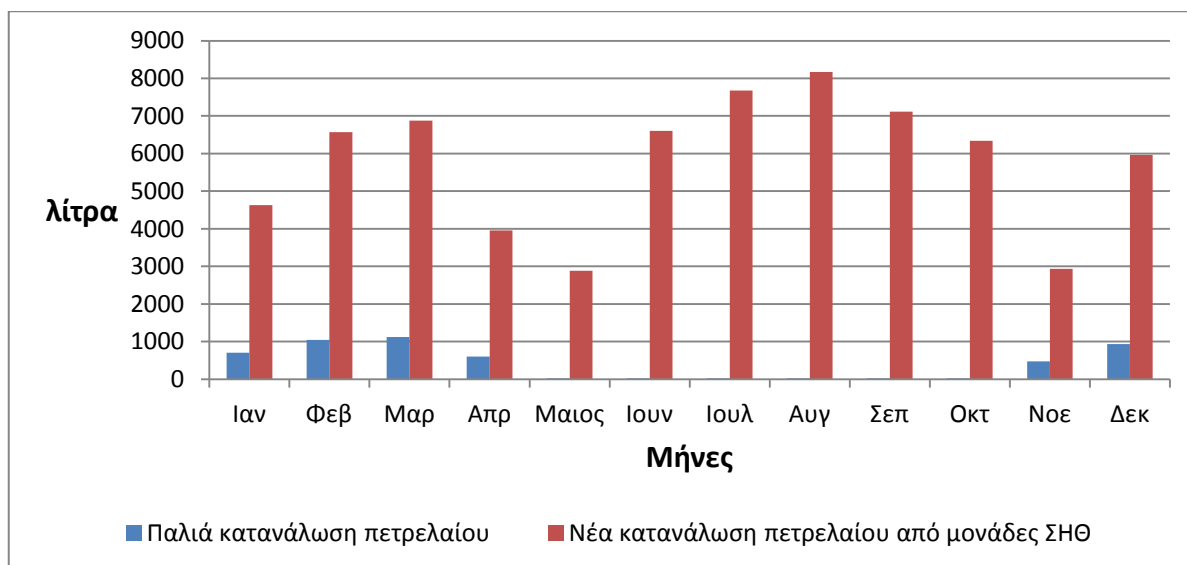
Παρατηρούμε ότι η παραγωγή των μονάδων καλύπτει σημαντικό ποσοστό (72,4% κατά μέσο όρο στο σύνολο του έτους) της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σχεδόν των καθημερινών ημερών και των Σαββάτων του έτους, ενώ τις Κυριακές φτάνει ως και το 51%.

Ένα από τα σημαντικότερα αποτελέσματα αυτής της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων μας είναι η μείωση της ζήτησης αιχμής που επιτυγχάνεται. Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την διαφορά στην τιμή της αιχμής πριν και μετά την εγκατάσταση και συμμετοχή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην παραγωγή ενέργειας, αλλά και την μέγιστη δυνατή μείωση της αιχμής που είναι δυνατόν να επιτευχθεί υποθέτοντας το κατάλληλο σενάριο παραγωγής.



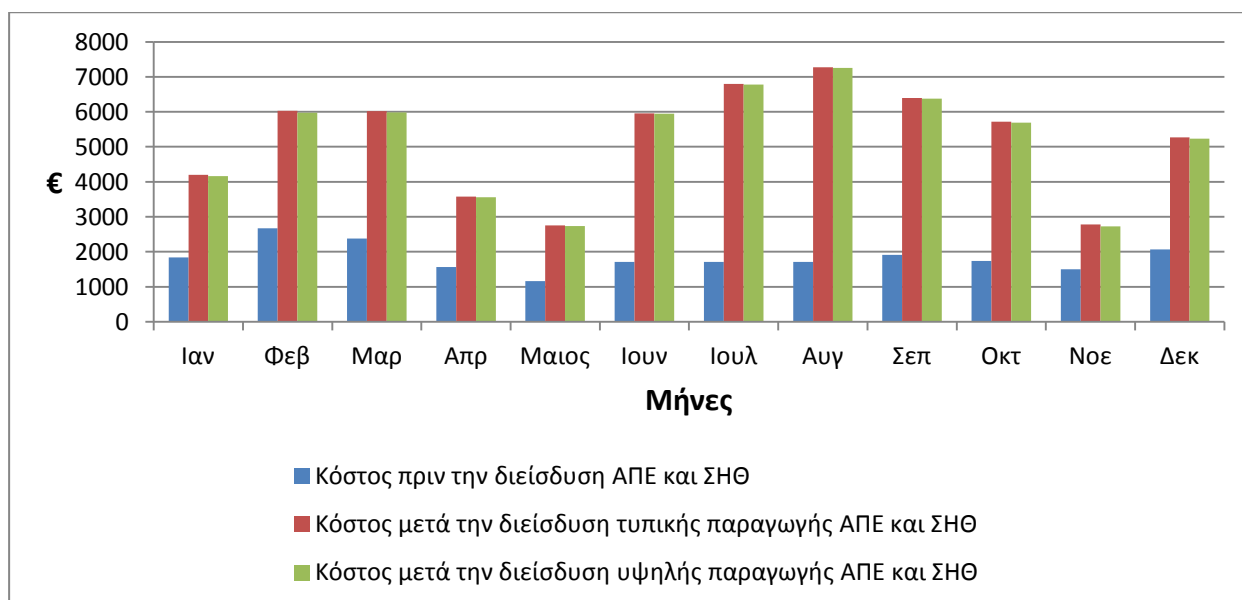
Διάγραμμα 4.51 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Η παραγωγή ενέργειας από τις νέες μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ για την κάλυψη των ηλεκτρικών και κλιματιστικών φορτίων της Πολυτεχνειούπολης γίνεται καταναλώνοντας πολύ μεγάλες ποσότητες πετρελαίου, συγκριτικά με τον προηγούμενο συμβατικό τρόπο κάλυψης των κλιματιστικών φορτίων. Η μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου τόσο από το υπάρχον σύστημα όσο και από την προτεινόμενη εγκατάσταση παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.52 Κατανάλωση πετρελαίου τις καθημερινές ημέρες του έτους με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, πριν και μετά την εγκατάσταση των μονάδων ΣΗΘ

Η μεγάλη αυτή αύξηση στην ποσότητα πετρελαίου που καταναλώνεται από την καινούρια μας εγκατάσταση, σε σχέση με την ποσότητα που απαιτούνταν πριν, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασής μας.



Διάγραμμα 4.53 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Παρατηρούμε από το διάγραμμα 4.53 ότι το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας αυξάνεται σημαντικά όλους τους μήνες του έτους, και ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες όπου παρατηρείται το κόστος μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ να τριπλασιάζεται σε σχέση με το προηγούμενο κόστος.

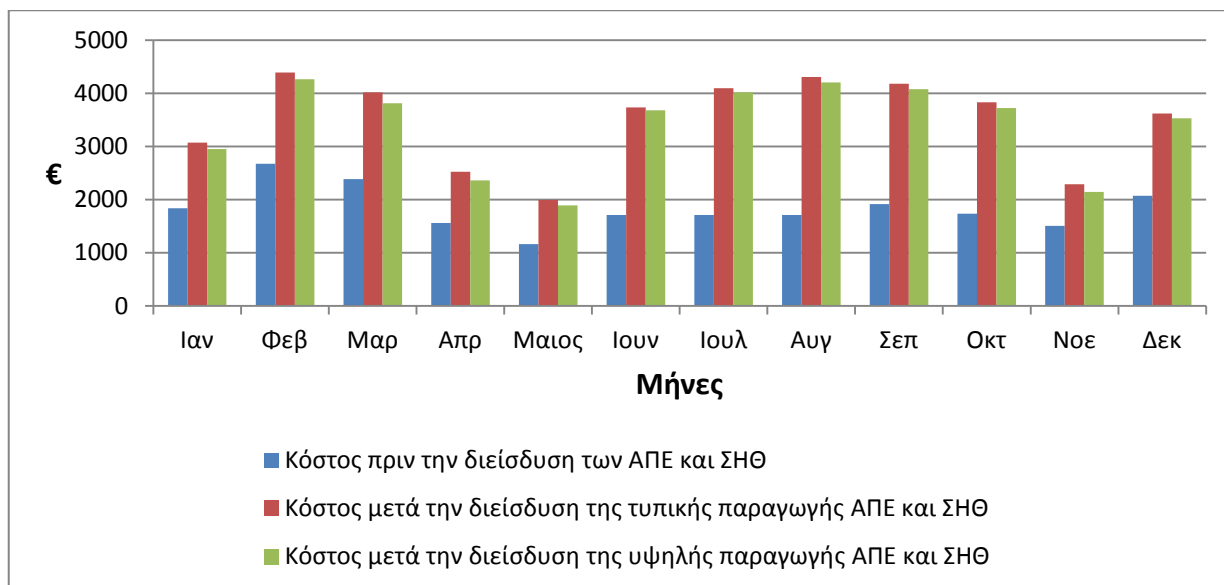
Η μεγάλη κατανάλωση πετρελαίου για την κάλυψη των θερμικών/ψυκτικών φορτίων κατά την διάρκεια των ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Από αυτή την παραγόμενη ενέργεια, ένα μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, και το υπόλοιπο της παραγωγής μένει διαθέσιμο και μπορεί να διοχετευθεί προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Τα ποσά της περίσσειας ενέργειας ανά ημέρα και σενάριο παραγωγής δίνονται στον πίνακα 4.41.

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ (kW)	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ (kW)
Ιανουάριος	Καθημερινή	12046,17	1438,52	12878,71	1491,69
	Σάββατο	5412,7	654,74	6309,33	707,91
Φεβρουάριος	Καθημερινή	17440,78	1982	18206,44	2063,19
	Σάββατο	9099,53	1045,13	9865,19	1179,38
Μάρτιος	Καθημερινή	21267,21	2486,84	23071,34	2607,32
	Σάββατο	10437,08	1311,92	12234,72	1440,07
Απρίλιος	Καθημερινή	11181,64	1415,12	12705,44	1511,08
	Σάββατο	5410,14	660,7	6966,55	756,66
Μάιος	Καθημερινή	8063,23	1265,22	8911,89	1365,74
	Σάββατο	4355,05	665,34	5167,71	765,86
Ιούνιος	Καθημερινή	23632,14	2356,58	24037,27	2392,73
	Σάββατο	11777,55	1260,18	12182,69	1296,33
Ιούλιος	Καθημερινή	28673,33	2741,12	29327,17	2806,49
	Σάββατο	14187,14	1368,93	14840,98	1444,03
Αύγουστος	Καθημερινή	31574,98	2953,96	32486,23	3073,79
	Σάββατο	15123,07	1494,22	16034,33	1586,05
Σεπτέμβριος	Καθημερινή	23508,12	2632,72	24431,8	2713,5
	Σάββατο	11343,43	1335,89	12267,11	1416,67
Οκτώβριος	Καθημερινή	20005,25	2191,45	20889,78	2291,13
	Σάββατο	9261,51	1128,67	10146,05	1228,35
Νοέμβριος	Καθημερινή	5239,9	606,74	6187	729,5
	Σάββατο	2589,64	322,28	3536,74	474,63
Δεκέμβριος	Καθημερινή	17525,28	1985,97	18166,95	2082,83
	Σάββατο	7660,88	929,18	8246,96	1026,04
Μέγιστη περίσσεια ενέργειας	Καθημερινή του Αυγούστου	31574,98	2953,96	32486,23	3073,79

Πίνακας 4-41 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ

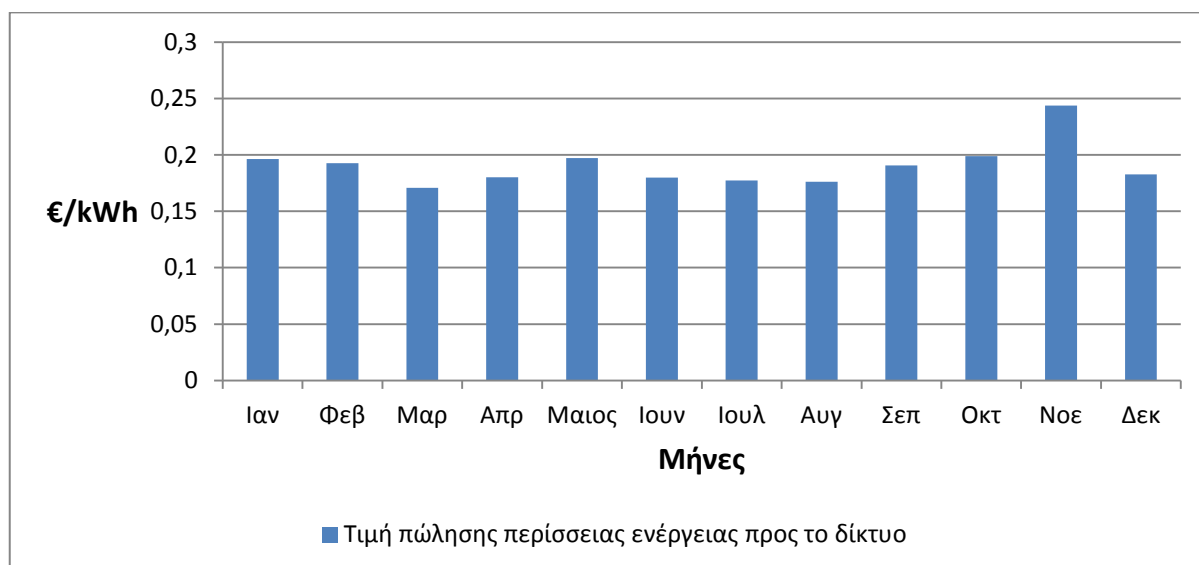
Παρατηρούμε ότι η περίσσεια της παραγόμενης ενέργειας από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση μπορεί να φτάσει ως και τις 32,48MWh ημερησίως. Περίσσεια ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων υπάρχει και τις Κυριακές, σε πολύ μικρότερες όμως ποσότητες συγκριτικά με τις υπόλοιπες ημέρες.

Από την πώληση των ποσοτήτων περίσσειας ενέργειας που παράγονται από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε τιμή ίση με την τιμή αγοράς (0,09412€/kWh), το κόστος λειτουργίας της νέας εγκατάστασης μπορεί να μειωθεί αρκετά.



Διάγραμμα 4.54 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγωγής ενέργειας

Από το διάγραμμα 4.54 παρατηρούμε ότι ακόμα και σε περίπτωση δυνατότητας πώλησης της περίσσειας ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, το κόστος λειτουργίας των μονάδων ΣΗΘ παραμένει αρκετά υψηλό. Το διάγραμμα που ακολουθεί περιέχει τις ελάχιστες τιμές πώλησης της πλεονάζουσας ενέργειας ανά μήνα, με τις οποίες θα έπρεπε να διοχετεύουμε την ενέργεια προς το δίκτυο για να αποκομίσουμε οικονομικό όφελος από την λειτουργία των μονάδων μας.



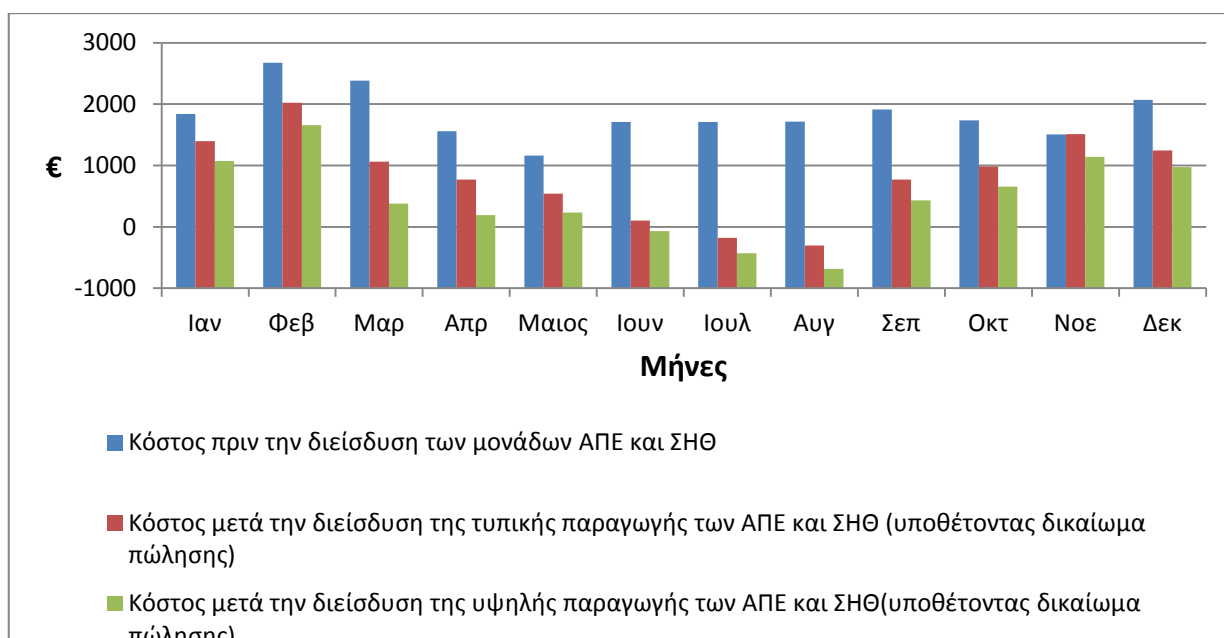
Διάγραμμα 4.55 Κατώτερες τιμές πώλησης περίσσειας ενέργειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο – σε περίοδο υψηλής κατανάλωσης - ώστε να υπάρχει οικονομικό όφελος για την εγκατάσταση

Το διάγραμμα 4.55 μας πληροφορεί ότι με μια μέση τιμή πώλησης ενέργειας γύρω στα 0,19€/kWh, διπλάσια δηλαδή περίπου από την τιμή αγοράς, οι προτεινόμενες μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ θα λειτουργούσαν με οικονομικό όφελος για την προτεινόμενη εγκατάσταση.

4.5.5 Διερεύνηση οφέλους από την πώληση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση χρησιμοποιώντας τιμές πώλησης όπως αυτές ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε το σενάριο δυνατότητας πώλησης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας σε τιμές πώλησης παραγωγού ή αυτοπαραγωγού, όπως ακριβώς έγινε στην παράγραφο 4.4.4 για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, κάνοντας χρήση των τιμών που αναφέραμε στην παράγραφο αυτή.

Το κόστος λειτουργίας της προτεινόμενης εγκατάστασης για τις καθημερινές μέρες του έτους, με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υπολογίζοντας και τα οικονομικά οφέλη από την διοχέτευση της περίσσειας παραγωγής προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο παρουσιάζονται στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.56 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ, θεωρώντας τιμές πώλησης της ενέργειας τις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

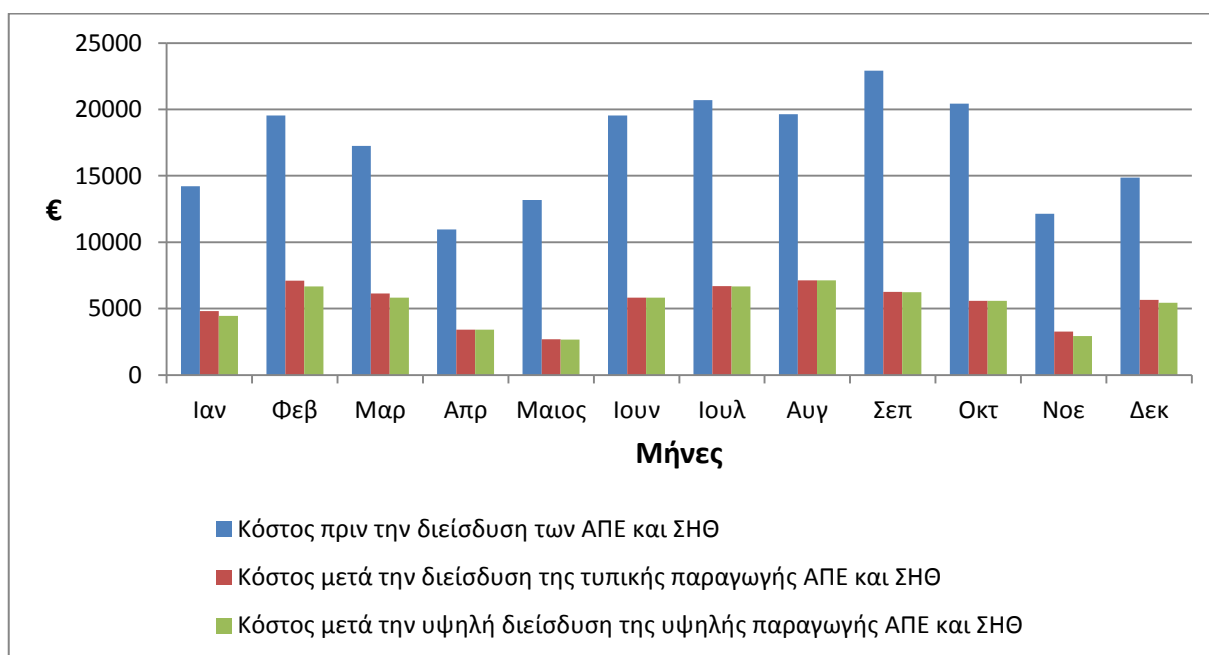
Όπως και στην περίπτωση των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, έτσι και σε αυτές με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρισμού, η πώληση της ενέργειας στις τιμές που ορίζονται από τον νόμο υπ' αριθμόν 3851/2010, επιφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη για την λειτουργία της εγκατάστασής μας. Παρατηρούμε ότι για όλες τις ημέρες του έτους, το κόστος λειτουργίας, συγκρινόμενο με την περίπτωση κάλυψης των φορτίων με τον προηγούμενο συμβατικό τρόπο, μειώνεται σημαντικά, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η περίσσεια της παραγωγής είναι ιδιαίτερα υψηλή(βλέπε πίνακα 4.41), Μάλιστα, τις ημέρες του Ιουλίου και του Αυγούστου η λειτουργία της εγκατάστασής μας σημειώνει καθαρό κέρδος, καθώς τα έσοδα από την πώλησης της μεγάλης ποσότητας της παραγόμενης περίσσειας αυτές τις μέρες υπερκαλύπτει το κόστος λειτουργίας των μονάδων. Το κέρδος αυτό, για τις προαναφερθείσες ημέρες, σημειώνεται στο διάγραμμα 4.56 από αρνητικές τιμές.

Συγκρίνοντας τα οικονομικά δεδομένα του διαγράμματος 4.56 με τα αντίστοιχα του διαγράμματος 4.54(υπόθεση πώληση της περίσσειας ενέργειας σε τιμή ίση με την τιμή αγοράς) αντιλαμβανόμαστε την σημασία που έχει η τιμή πώλησης της περίσσειας ενέργειας για την βιωσιμότητα της προτεινόμενης επένδυσης.

4.5.6 Διερεύνηση μέγιστου οφέλους από την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση χρησιμοποιώντας ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας

Η παράγραφος αυτή ασχολείται με την διερεύνηση του μέγιστου οικονομικού οφέλους που μπορεί να προκύψει από την λειτουργία της εγκατάστασης μας κατά την διάρκεια των ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση. Οι τιμές αγοράς και πώλησης της ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην παράγραφο αυτή είναι οι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην παράγραφο 4.4.5 και παρουσιάζονται στο διάγραμμα 4.44.

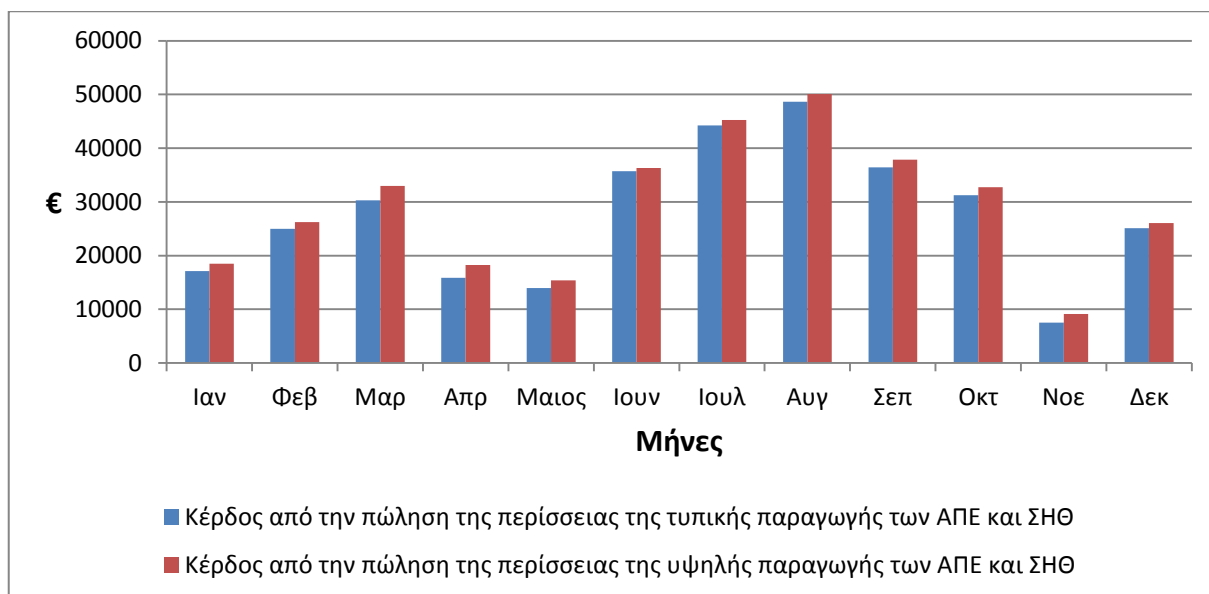
Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το νέο κόστος λειτουργίας της προτεινόμενης εγκατάστασης υπολογιζόμενο με βάση τις ακραίες αυτές τιμές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 4.57 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, κάνοντας χρήση ακραίων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Παρατηρούμε ότι η ακραία αυτή περίπτωση τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ικανή να μεγιστοποιήσει τα οφέλη από την παραγωγή των προτεινόμενων προς εγκατάσταση μονάδων μας, καθώς η διείσδυση της παραγωγής αυτών στην ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας δύναται να μειώσει το κόστος λειτουργίας μέχρι και 76%.

Η μείωση αυτή στο κόστος λειτουργίας δεν συμπεριλαμβάνει το οικονομικό όφελος που προκύπτει σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, το ημερήσιο όφελος από την πώληση της περίσσειας μπορεί να ανέλθει στα 50000€, ποσό που οφείλεται στις υπερβολικά υψηλές τιμές πώλησης της ενέργειας που έχουμε υποθέσει.



Διάγραμμα 4.58 Οικονομικό όφελος από την πώληση της περίσσειας ενέργειας, υποθέτοντας ακραίες τιμές πώλησης

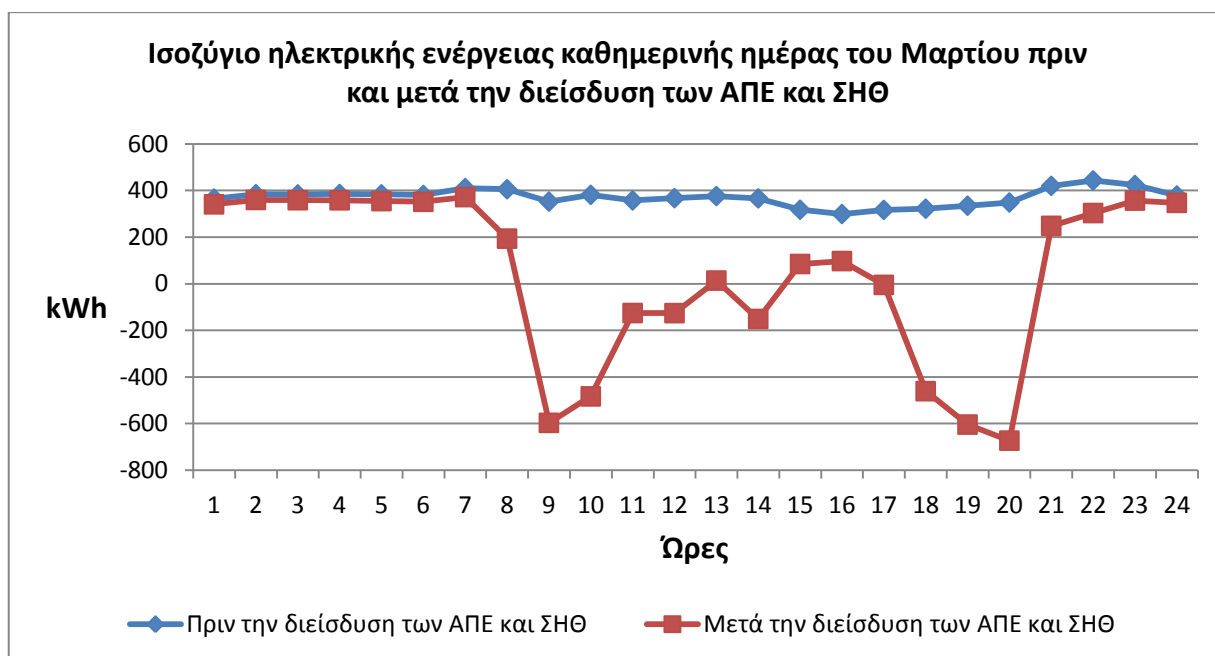
4.6 Σενάριο Έκτο : Ταυτόχρονη διεύθυνση μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Στο σενάριο αυτό υποθέτουμε χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση(η οποία όπως και στην περίπτωση του σεναρίου 4.3 προκύπτει ως αποτέλεσμα της χαμηλής θερμικής/ψυκτικής ζήτησης),συμμετοχή των προτεινόμενων για εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ στην κάλυψη του θερμικού/ψυκτικού φορτίου, καθώς και διάφορα σενάρια παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(υψηλή, μέση και χαμηλή παραγωγή), όπως αυτή προκύπτει από τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα-ηλιακή ακτινοβολία και μέση ταχύτητα ανέμου-(βλέπε παράγραφο 2.3.1).Όπως στα προηγούμενα δύο, έτσι και σε αυτό το σενάριο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο νέο ημερήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας, το οποίο προκύπτει ως άθροισμα του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και του κόστους του πετρελαίου που απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων παραγωγής ενέργειας (μονάδες ΣΗΘ).

Στην συνέχεια παρατίθενται περιπτώσεις εφαρμογής που απεικονίζουν τα αποτελέσματα από την διεύθυνση της παραγωγής των προτεινόμενων μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και στο κόστος αυτής, κατά την διάρκεια ημερών με ιδιαίτερα χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.

4.6.1 Χειμερινός μήνας με χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το διάγραμμα απεικονίζει το ισοζύγιο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του Πολυτεχνείου Κρήτης κατά την διάρκεια μιας καθημερινής ημέρας του μήνα Μάρτιου, με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, τόσο πριν όσο και μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ.



Διάγραμμα 4.59 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Μαρτίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ

Όπως στις περιπτώσεις των ημερών με μέση και υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, έτσι και σε αυτές με χαμηλή, η παραγωγή ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ αρκεί για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των κτιρίων μας, δημιουργώντας ταυτόχρονα και πλεόνασμα ενέργειας. Η ποσότητα βέβαια τόσο της παραγόμενης ενέργειας, όσο και της περίσσειας αυτής είναι – συγκριτικά με τις αντίστοιχες ημέρες εφαρμογής των προηγούμενων σεναρίων – μικρή. Αυτό οφείλεται στην χαμηλή ανάγκη θέρμανσης που παρατηρείται τις ημέρες χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης, και άρα στο χαμηλό σημείο λειτουργίας των μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	2079,42	6755,538	53,5%	758,63	443,377	371,715
Σάββατο	2079,42	4680,378	55,19%	441,64	340,668	280,124
Κυριακή	2079,42	2590,803	43,49%	261,19	290,437	224,925

Πίνακας 4-42 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου , υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Παρά την όχι ιδιαίτερα υψηλή παραγωγή των μονάδων, όπως αυτή παρατηρήθηκε σε προηγούμενα σενάρια, παρατηρούμε ότι η διείσδυση της έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της εισαγόμενης από το δίκτυο ενέργειας κατά 53,5 % τις καθημερινές ημέρες, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται και περίσσεια ενέργειας που φτάνει 3,22MWh, δηλαδή το 50% περίπου της συνολικής παραγωγής των μονάδων για τις ημέρες αυτές.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	838,163	252,802	1090,965	389,742	1356,618	1746,36
Σάββατο	678,903	163,128	842,031	304,184	863,176	1167,36
Κυριακή	560,717	73,453	634,17	316,871	161,608	478,479

Πίνακας 4-43 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Μαρτίου

Όσον αφορά το κόστος λειτουργίας για τις ημέρες αυτές, η νέα μας εγκατάσταση είναι περίπου 1,5 φορά ακριβότερη από την ήδη υπάρχουσα στην 24ώρη λειτουργία της για τις καθημερινές ημέρες και τα Σάββατα, ενώ τις Κυριακές η λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του χαμηλού θερμικού φορτίου της Εστίας και του ΖΝΧ κρίνεται οικονομικά συμφέρουσα.

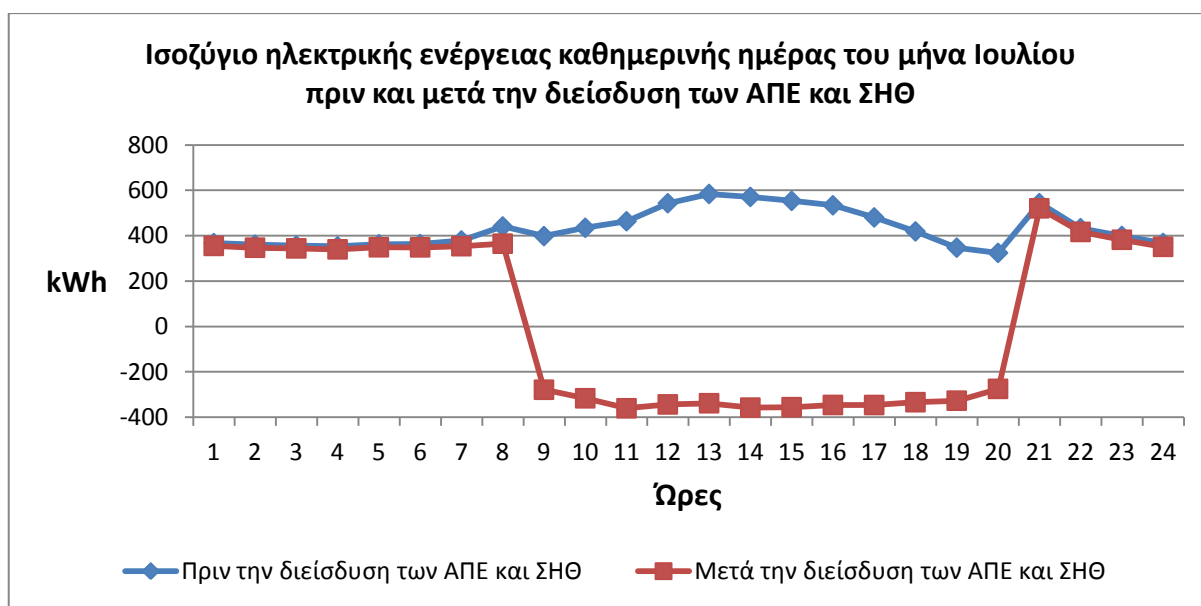
Όπως συνέβη και στα υπόλοιπα σενάρια, η διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στο προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης των ημερών του Μαρτίου με χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρισμού έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των ρύπων που εκπέμπονται προς την ατμόσφαιρα, σε αρκετά υψηλό ποσοστό.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	41,55%	53,68%	45,3%	43,42%
Σάββατο	43,83%	54,26%	47,5%	45,82%
Κυριακή	40,42%	45,87%	44,12%	42,98%

Πίνακας 4-44 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Μαρτίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

4.6.2 Καλοκαιρινός μήνας με χαμηλή ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση

Το επόμενο γράφημα παρουσιάζει την επίδραση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από την Πολυτεχνειούπολη, για τις καθημερινές ημέρες του μήνα Ιουλίου, όπου παρατηρείται χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.



Διάγραμμα 4.60 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Ιουλίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ

Παρατηρούμε ότι και τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, όπως αυτή του παραδείγματός μας, η παραγωγή των προτεινόμενων προς εγκατάσταση μονάδων, έχει ως αποτέλεσμα την ικανοποίηση των ηλεκτρικών αναγκών των κτιρίων σε μεγάλο βαθμό, μιας και επιτυγχάνουμε διείσδυση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας ως και 56,9%, με ταυτόχρονη δημιουργία περίσσειας ενέργειας.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3530,541	7931,507	56,9%	765,708	583,981	520,963
Σάββατο	3530,541	5653,592	50,95%	575,881	380,788	357,983
Κυριακή	3530,541	3609,018	43,54%	405,5	340,461	322,112

Πίνακας 4-45 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου , υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Η μέγιστη τιμή της περίσσειας ανέρχεται στα 360,65kW την στιγμή που μια τέτοια μέρα υπάρχει πλεόνασμα της τάξης των 4MWh, δηλαδή λίγο περισσότερο από το 50% της συνολικής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ για την ημέρα αυτή.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	976,927	16,628	993,555	421,012	1351,221	1772,233
Σάββατο	690,429	16,628	707,057	338,689	671,813	1010,502
Κυριακή	719,158	16,628	735,786	406,01	60,247	466,257

Πίνακας 4-46 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουλίου

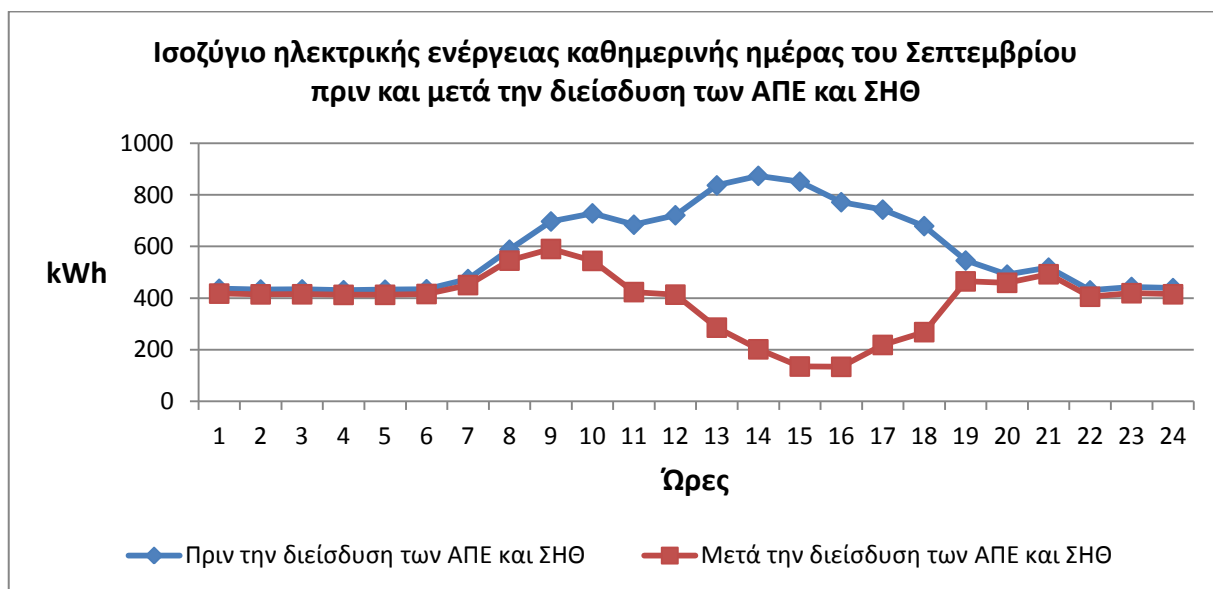
Και τον μήνα αυτό, το κόστος λειτουργίας της νέας εγκατάστασης είναι αρκετά υψηλότερο από το κόστος κάλυψης των απαιτούμενων φορτίων με τον υπάρχον συμβατικό τρόπο, λόγω της αύξησης στην κατανάλωση πετρελαίου. Παρόλα αυτά, με την λειτουργία της νέας εγκατάστασης μειώνονται σημαντικά οι ρύποι που εκπέμπονται προς την ατμόσφαιρα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SOx(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NOx(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	48,28%	53,88%	46,27%	46,03%
Σάββατο	51,82%	55,88%	50,62%	50,41%
Κυριακή	47,55%	48,45%	47,75%	47,61%

Πίνακας 4-47 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουλίου - εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

4.6.3 Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση ημέρας με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στον τρόπο κάλυψης του ηλεκτρικού και κλιματιστικού φορτίου των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του μήνα Σεπτεμβρίου. Το διάγραμμα 4.61 δείχνει την εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο για μια καθημερινή ημέρα με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.



Διάγραμμα 4.61 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Σεπτεμβρίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τα ΑΠΕ

Μια τέτοια μέρα, η παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ ανέρχεται στις 4195,72kWh και χρησιμοποιείται εξ ολοκλήρου για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, μειώνοντας κατά 33,7% την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται να εισαχθεί για να καλυφθούν τα απαιτούμενα ηλεκτρικά και κλιματιστικά φορτία.

Το αξιοσημείωτο για αυτόν τον μήνα εφαρμογής είναι το λειτουργικό κόστος για την κάλυψη των φορτίων, το οποίο μειώνεται – έστω και οριακά - σε σχέση με το κόστος της υπάρχουσας εγκατάστασης για κάθε τύπο ημέρας του μήνα.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1329,032	17,352	1346,384	881,21	441,605	1322,815
Σάββατο	814,027	17,352	831,379	479,965	279,781	759,746
Κυριακή	803,837	17,352	821,189	523,902	60,956	584,858

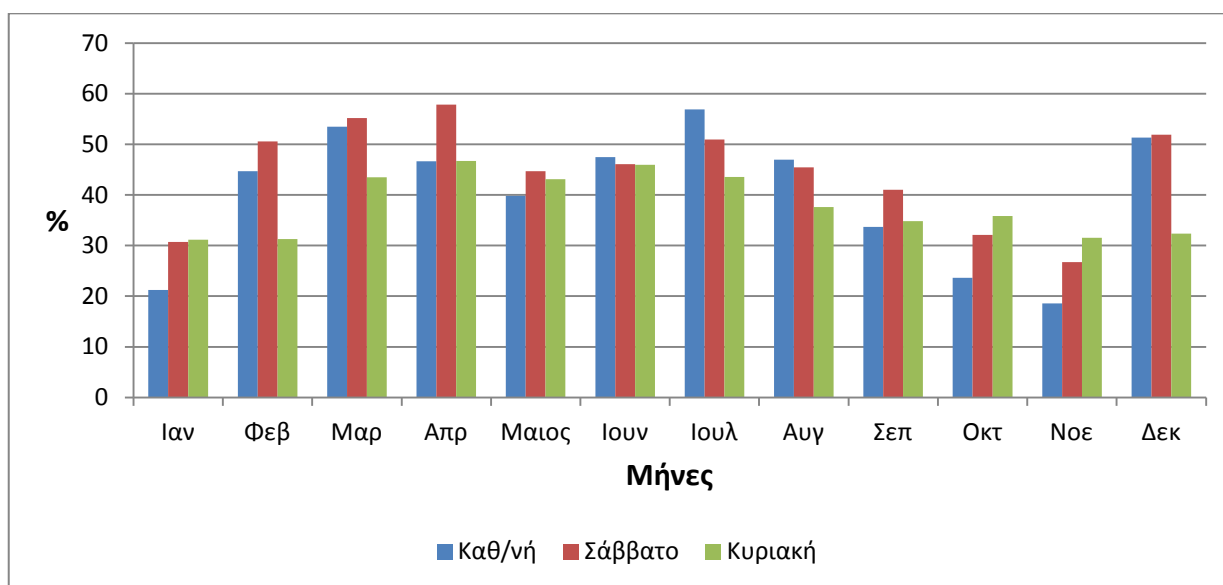
Πίνακας 4-48 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση του Σεπτεμβρίου

Η μείωση αυτή στο κόστος λειτουργίας, η οποία παρατηρείται και σε μερικές ακόμα ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση διαφόρων μηνών, οφείλεται στο μικρό ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που προορίζεται για κλιματισμό των κτιρίων σε σχέση με την συνολική

καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις ημέρες αυτές. Έτσι, το κλιματιστικό φορτίο καλύπτεται από τις μονάδες ΣΗΘ χωρίς να καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες πετρελαίου, ενώ η παραγωγή ενέργειας από τις μονάδες αυτές και τις μονάδες ΑΠΕ συντελεί στην μείωση του κόστους αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το διασυνδεδεμένο δίκτυο, και άρα την συνολική μείωση του κόστους λειτουργίας της προτεινόμενης εγκατάστασης.

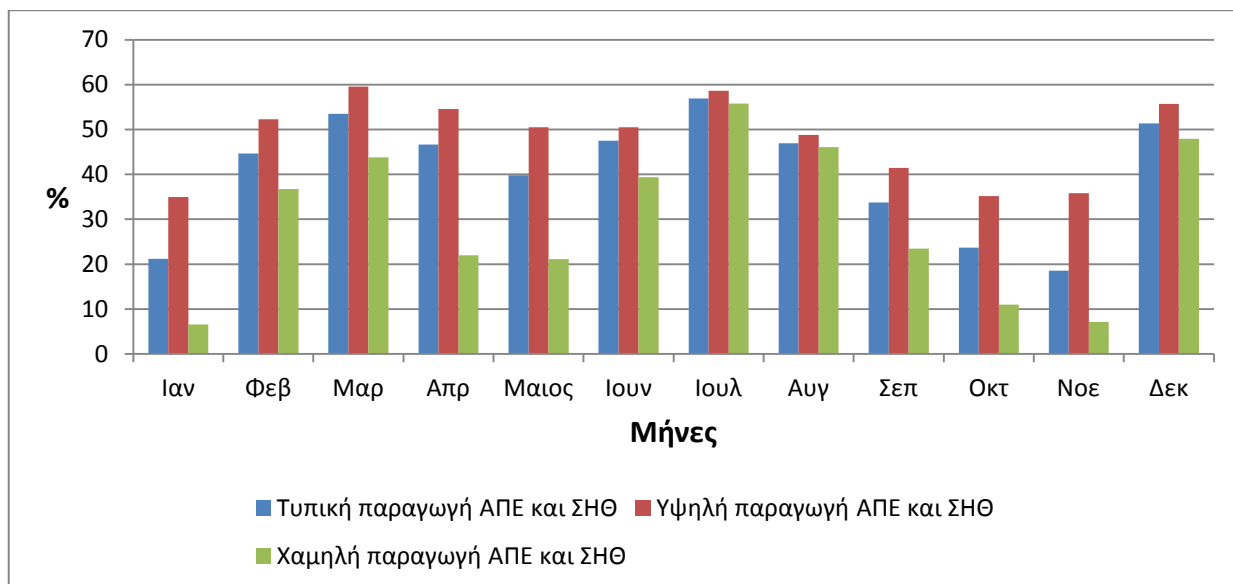
4.6.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση της διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν και απεικονίζουν την συνεισφορά της παραγόμενης από τα ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργειας στην μείωση της εισαγόμενης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, σε διάστημα ενός έτους.



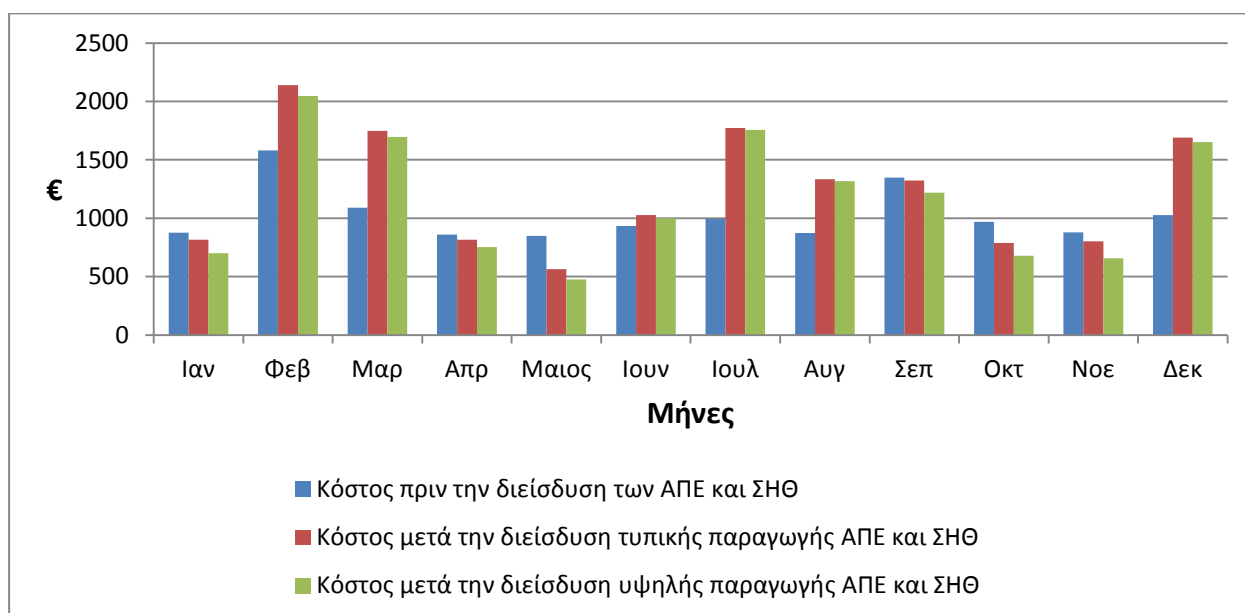
Διάγραμμα 4.62 Ποσοστό διείσδυσης της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση ανά τύπο ημέρας

Παρατηρούμε ότι η διείσδυση της παραγωγής των προς εγκατάσταση μονάδων στην ηλεκτρική ζήτηση των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση δεν υπερβαίνει το 60% σε καμία περίπτωση εφαρμογής, σε αντίθεση με τις περιπτώσεις των ημερών μέσης και υψηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης όπου παρατηρήσαμε αρκετά μεγαλύτερα ποσοστά συμμετοχής της παραγόμενης από τις μονάδες ενέργειας στην κατανάλωση των διαφόρων ημερών. Το επόμενο διάγραμμα δείχνει τον τρόπο με τον οποίο αυξάνεται η συμμετοχή της παραγόμενης από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ ενέργειας στην κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών των καθημερινών ημερών του έτους με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, για τα διάφορα σενάρια παραγωγής ενέργειας από τα ΑΠΕ.



Διάγραμμα 4.63 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας διάφορα σενάρια παραγωγής

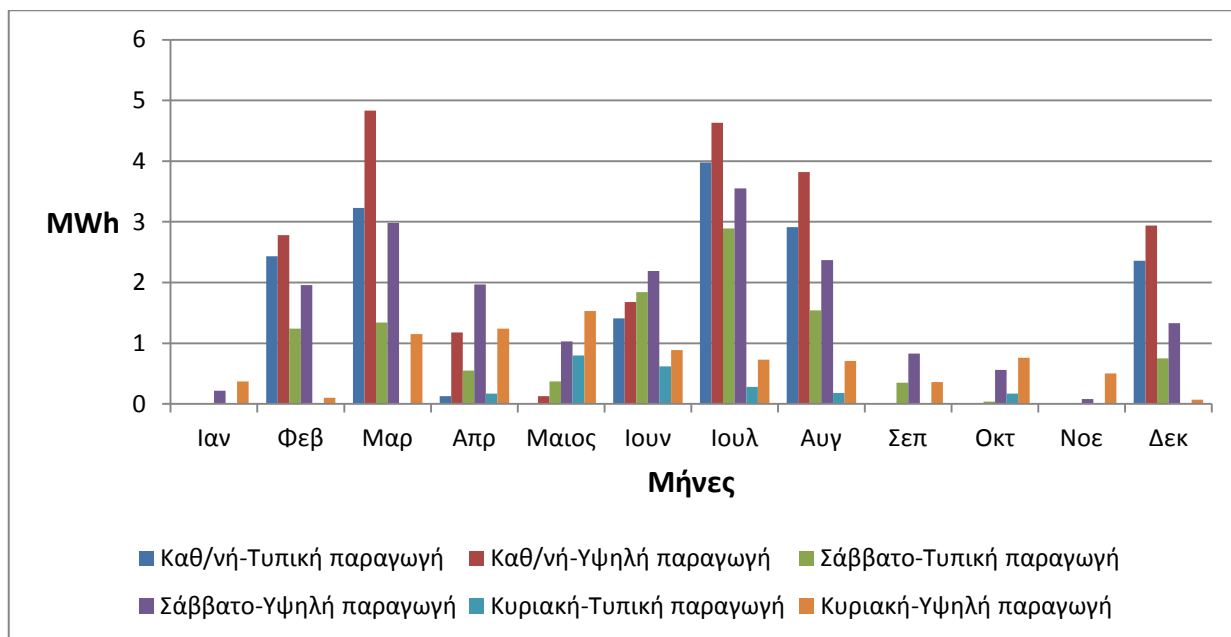
Όσον αφορά όμως το κόστος λειτουργίας για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων με την ένταξη των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, τα στοιχεία είναι πιο αισιόδοξα σε αυτό το σενάριο εφαρμογής – συγκριτικά πάντα με τα υπόλοιπα σενάρια που πραγματοποιήθηκαν – καθώς το διάγραμμα που ακολουθεί δείχνει ότι υπάρχουν ημέρες εφαρμογής που η εγκατάσταση μας σημειώνει κέρδος.



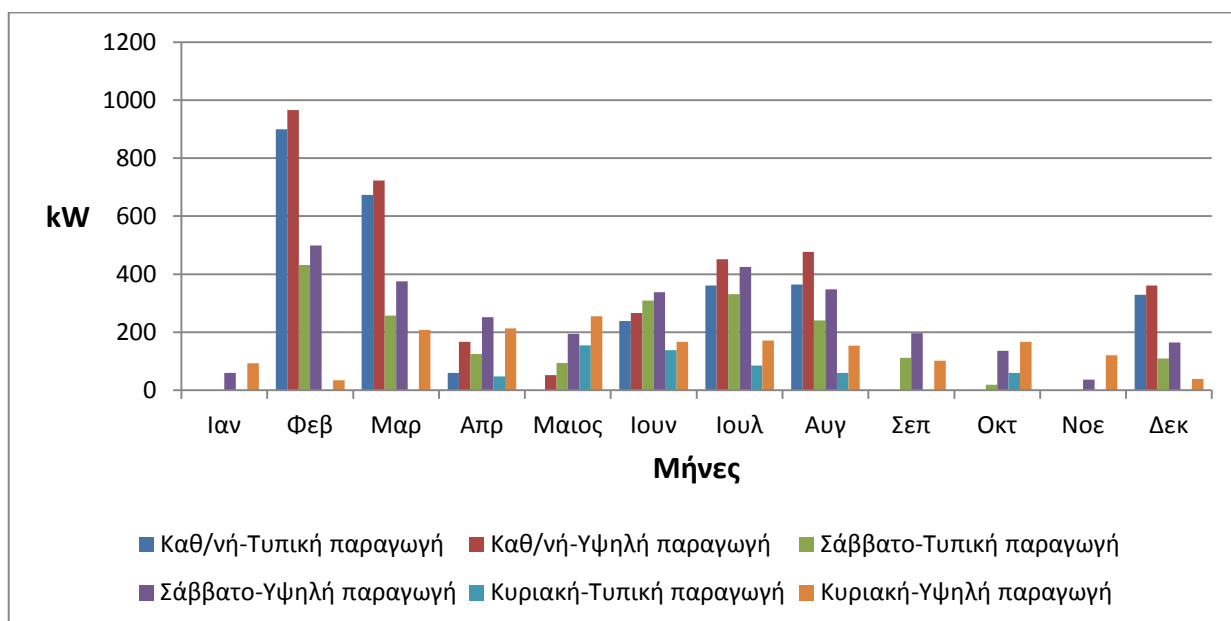
Διάγραμμα 4.64 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Όπως είναι αναμενόμενο, όσο μεγαλύτερη είναι η διείσδυση της παραγόμενης ενέργειας από τις μονάδες ΑΠΕ, τόσο μικρότερο θα είναι και το κόστος για την λειτουργία της εγκατάστασης μας καθώς μειώνεται η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που εισάγεται από το δίκτυο της ΔΕΗ.

Στα επόμενα δύο διαγράμματα παρουσιάζονται τα ποσά ενέργειας που πλεονάζουν από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ και μπορούν να διατεθούν προς πώληση στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

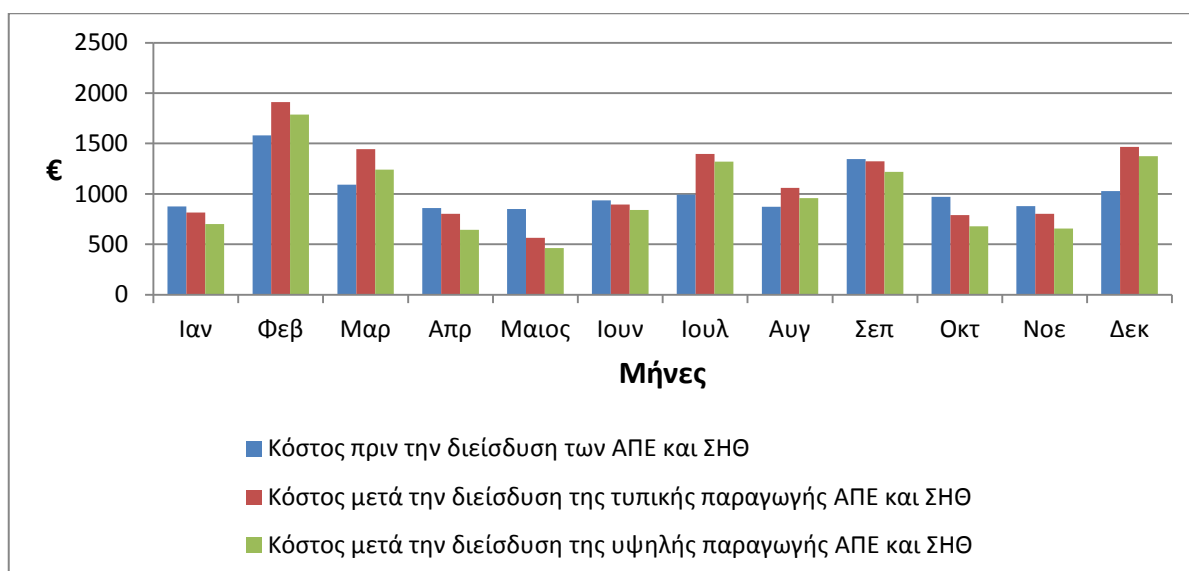


Διάγραμμα 4.65 Ποσά περίσσειας ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση



Διάγραμμα 4.66 Μέγιστη περίσσεια ισχύος - ανά ώρα - από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

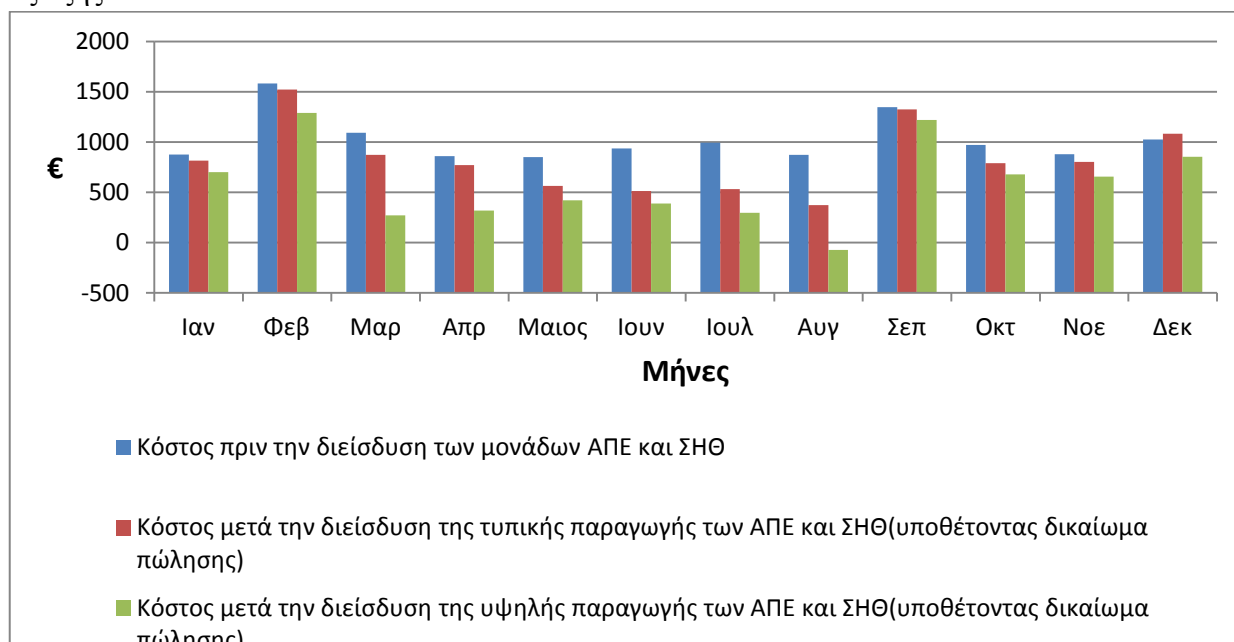
Αν υποθέσουμε ότι υπάρχει η δυνατότητα πώλησης της ενέργειας που περισσεύει από την συνολική παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ωρών λειτουργίας τους, με τιμή ίση με την τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, τότε τα κόστη λειτουργίας που παρουσιάστηκαν στο διάγραμμα 4.64 διαμορφώνονται ως εξής.



Διάγραμμα 4.67 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε περίπτωση δικαιώματος πώλησης της περίσσειας παραγωγής ενέργειας
 Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα (4.64 και 4.67) παρατηρούμε ότι η δυνατότητα πώλησης της περίσσειας της παραγωγής στο διασυνδεδεμένο δίκτυο μειώνει αισθητά το ημερήσιο κόστος λειτουργίας της νέας μας εγκατάστασης. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της καθημερινής ημέρας του Ιουνίου, όπου η υπόθεση πώλησης της περίσσειας μετατρέπει την λειτουργία της νέας εγκατάστασης σε επικερδή συγκρινόμενη με την προηγούμενη κατάσταση.

4.6.5 Διερεύνηση οφέλους από την πώληση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση χρησιμοποιώντας τιμές πώλησης όπως αυτές ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

Υποθέτοντας τιμές πώλησης της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας που προκύπτει από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις τιμές που παρατίθενται στην παράγραφο 4.4.4, το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασής μας για τις καθημερινές ημέρες του έτους διαμορφώνεται ως εξής:

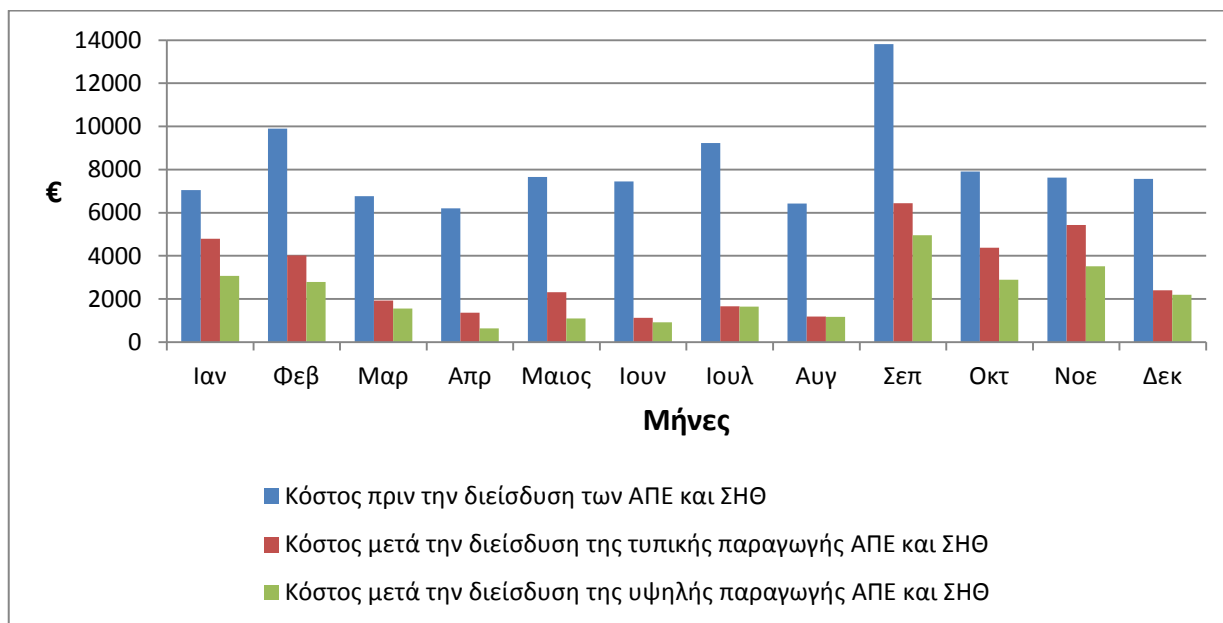


Διάγραμμα 4.68 Κόστος λειτουργίας τις καθημερινές ημέρες του έτους – με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των ΑΠΕ και ΣΗΘ, θεωρώντας τιμές πώλησης της ενέργειας τις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία

Παρατηρούμε, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι και για τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, η διοχέτευση της περίσσειας της παραγωγής στο ανάντη δίκτυο στις τιμές που ορίζονται από την νομοθεσία για τους αυτοπαραγωγούς μειώνει το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης, ακόμα και σε ποσοστό 100%, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση διείσδυσης της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ στις καθημερινές ημέρες του Αυγούστου. Σε αυτή την περίπτωση, το κόστος λειτουργίας των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ εξισορροπείται πλήρως από την πώληση της περίσσειας για τις ημέρες αυτές, εμφανίζοντας παράλληλα και «καθαρό» όφελος από την πώληση.

4.6.6 Διερεύνηση μέγιστου οφέλους από την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ σε ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση χρησιμοποιώντας ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας

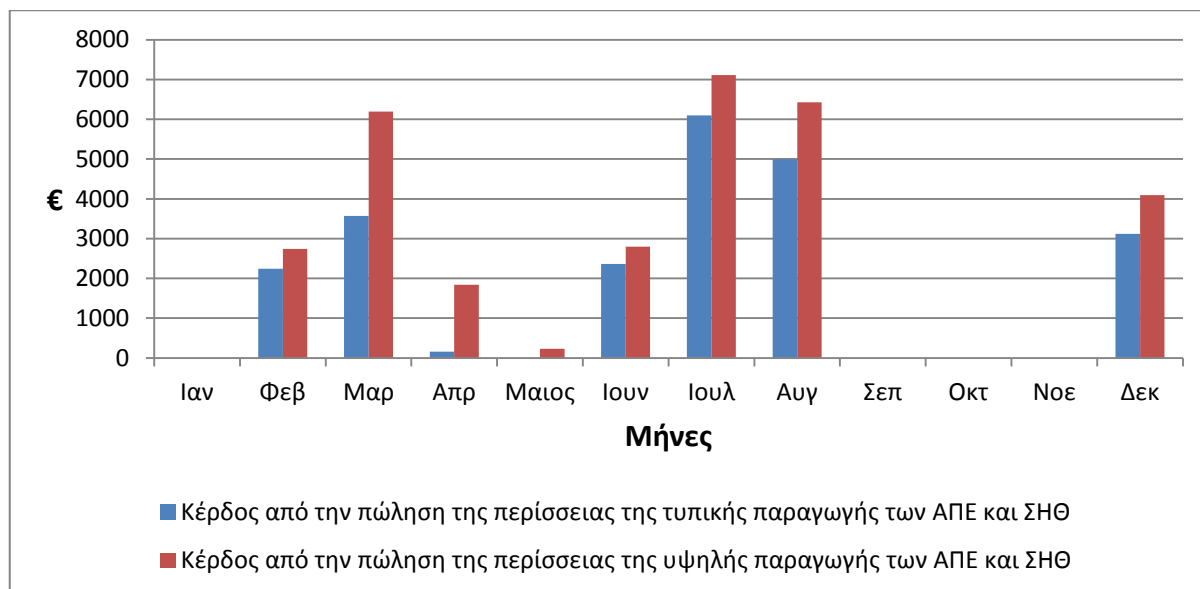
Στην παράγραφο αυτή διερευνούμε την περίπτωση διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας ακραίες τιμές αγοράς και πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες παρουσιάζονται στο διάγραμμα 4.44(παράγραφος 4.4.5). Τα νέο κόστος λειτουργίας, για τις τιμές αγοράς και πώλησης που προαναφέραμε, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.69 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους – με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, κάνοντας χρήση ακραίων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Παρατηρούμε ότι το σενάριο αυτό για τις τιμές αγοράς και πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας μεγιστοποιεί τα οικονομικά οφέλη από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ. Κύριο παράγοντα του κέρδους που προκύπτει αποτελεί το γεγονός ότι το αρχικό κόστος λειτουργίας (πριν δηλαδή την διείσδυση των μονάδων μας) είναι αρκετά υψηλό, και η συμμετοχή των προτεινόμενων μονάδων στην κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών/ψυκτικών φορτίων μειώνει το κόστος λειτουργίας ως και 85% σε ορισμένες περιπτώσεις.

Η μείωση που πετυχαίνουμε στο κόστος λειτουργίας, μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο αν λάβουμε υπ' όψιν μας και το επιπρόσθετο κέρδος που προκύπτει από την πώληση της περίσσειας παραγωγής των μονάδων προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Τα ποσά που εξοικονομούνται – ανά ημέρα- από την περίπτωση πώλησης δίνονται στο επόμενο διάγραμμα.



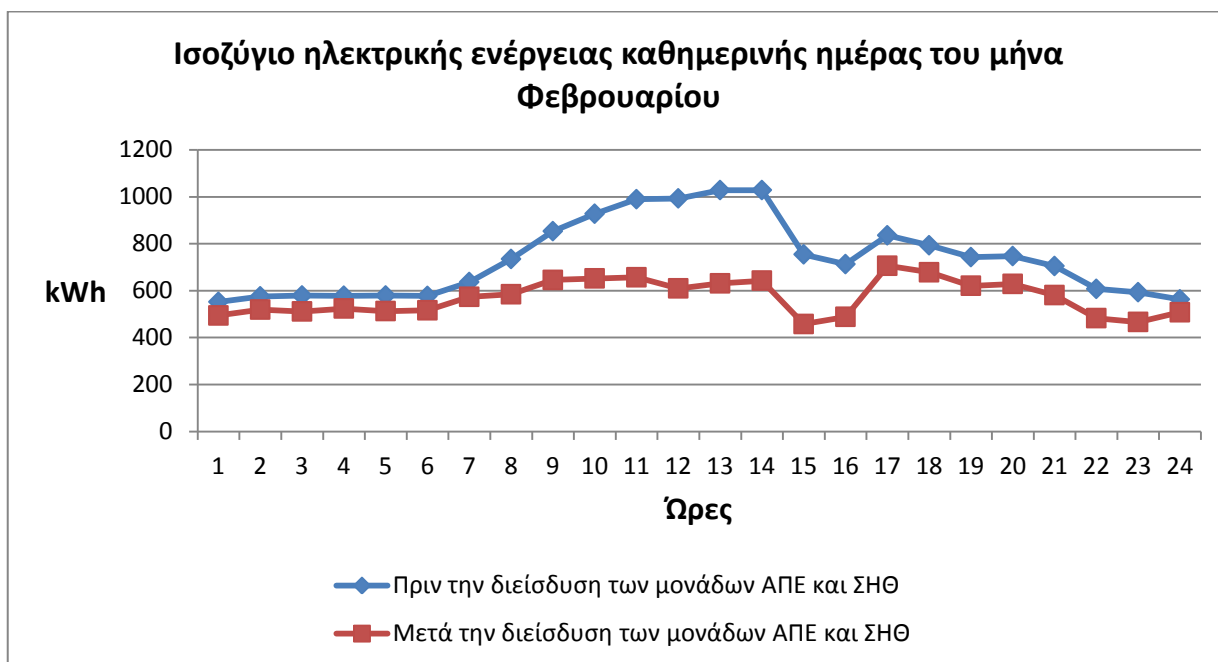
Διάγραμμα 4.70 Οικονομικό όφελος από την πώληση της περίσσειας ενέργειας, υποθέτοντας ακραίες τιμές πώλησης

4.7. Σενάριο Έβδομο : Διερεύνηση οφέλους από την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων ΣΗΘ που αφορούν το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας και το Ζ.Ν.Χ.

Από τα σενάρια που διερευνήθηκαν και αφορούσαν την ταυτόχρονη διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική ζήτηση της Πολυτεχνειούπολης για τις διάφορες ημέρες του έτους, παρατηρήθηκε ότι κατά την διάρκεια των Κυριακών, ανεξαρτήτου του μεγέθους της κατανάλωσης, η λειτουργία της εγκατάστασής μας παρουσίαζε όφελος, τόσο όσον αφορά την οικονομική λειτουργία όσο και την εκπομπή ρύπων. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 2), τα μόνα θερμικά/ψυκτικά φορτία που παρατηρούνται κατά την διάρκεια των Κυριακών είναι τα φορτία που καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας και τα φορτία που καλύπτουν τις ανάγκες των κτιρίων της Φοιτητικής Λέσχης και της Εστίας για παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης, καθώς έχουμε υποθέσει ότι δεν υπάρχει ανάγκη κλιματισμού των υπόλοιπων κτιρίων κατά την διάρκεια των ημερών αυτών. Για τον παραπάνω λόγο, στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε την επίδραση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ, και των μονάδων ΣΗΘ που προτάθηκαν για εγκατάσταση στον χώρο της Φοιτητικής Εστίας και των ΣΗΘ για παραγωγή Ζ.Ν.Χ στην ηλεκτρική ζήτηση των καθημερινών ημερών του έτους, με μέση και υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση. Η ηλεκτρική ισχύς των μονάδων αυτών ανέρχεται στα 118,5kW, ισχύς που ισοδυναμεί με το 3,7% της ισχύς των μονάδων που προτάθηκαν για να καλύψουν το συνολικό θερμικό φορτίο της Πολυτεχνειούπολης. Τα φορτία των υπολοίπων κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης, υποθέτουμε ότι καλύπτονται με τον παλιό συμβατικό τρόπο που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2.2.

4.7.1 Χειμερινός μήνας με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Η επίδραση της διείσδυσης της παραγωγής των προαναφερθέντων μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τον Φεβρουάριο παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.71 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Φεβρουαρίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Από το διάγραμμα 4.71 παρατηρούμε μείωση στην ποσότητα αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το ανάντη δίκτυο λόγω της διείσδυσης της παραγωγής των εξεταζόμενων προς εγκατάσταση μονάδων, η οποία ισούται με το 15,1% της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνταν προηγουμένως. Επιπροσθέτως μειώνεται και η αιχμή ζήτησης από τα 1028,432kW στα 776,086kW.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	1699,506	2668,412	15,1%	268,87	1028,432	776,086

Πίνακας 4-49 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου

Παρατηρούμε ότι από την συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις προτεινόμενες για εγκατάσταση μονάδες μας, μόνο το 36,32% προέρχεται από την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της Φ.Εστίας και για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ., ενώ το υπόλοιπο 63,68% από τις μονάδες ΑΠΕ.

Το κόστος από την λειτουργία των μονάδων για την κάλυψη των φορτίων της Πολυτεχνειούπολης για μια καθημερινή ημέρα – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του Φεβρουαρίου, όπως και η επίδραση της στην μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων παρατίθενται στους δύο επόμενους πίνακες.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1664,653	623,914	2288,567	1413,502	742,481	2155,983

Πίνακας 4-50 Οικονομικά δεδομένα από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	26,15%	38,69%	38,52%	35,87%

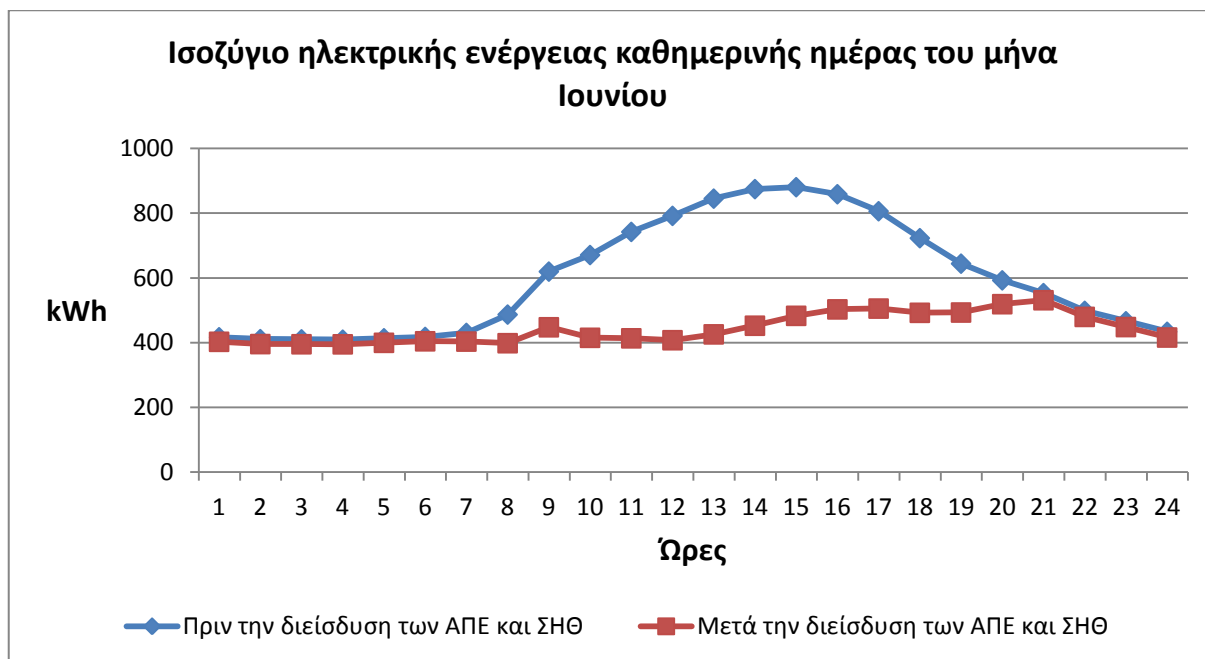
Πίνακας 4-51 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Φεβρουαρίου – εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ)

Από τα στοιχεία των πινάκων 4.50 και 4.51 διαπιστώνουμε ότι από την διείσδυσης της παραγωγής των συγκεκριμένων μονάδων ΣΗΘ σε συνδυασμό με την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, προκύπτει τόσο οικονομικό όφελος – μείωση του κόστους λειτουργίας κατά 5,8% σε σχέση με πριν («καθαρό» κέρδος ίσο με 132,584€)– όσο και περιβαλλοντικό όφελος λόγω της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων.

Κάνοντας σύγκριση της εξεταζόμενης λειτουργίας, με το σενάριο της διείσδυσης της παραγωγής μόνο των ΑΠΕ στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Φεβρουαρίου(παράγραφος 4.1.1) διαπιστώνουμε ότι η συμμετοχή των συγκεκριμένων μονάδων ΣΗΘ στην κάλυψη των φορτίων μειώνει το ημερήσιο κέρδος – όταν λειτουργούν μόνο οι ΑΠΕ το κέρδος είναι 159,96€ (πίνακας 4.2)- αλλά ταυτόχρονα συμβάλλει τόσο στην περαιτέρω μείωση της αιχμής – κατά 7,6% μικρότερη η τιμή της ζήτησης αιχμής σε σχέση με μόνη την διείσδυση των ΑΠΕ(πίνακας 4.1) – όσο και στην μείωση των εκπεμπόμενων προς την ατμόσφαιρα ρύπων.

4.7.2 Καλοκαιρινός μήνας με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Αντίστοιχα, στο διάγραμμα 4.72 παρουσιάζεται η διαφορά στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ(μονάδες για την κάλυψη του φορτίου της Εστίας και του φορτίου για παραγωγή ΖΝΧ), για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου.



Διάγραμμα 4.72 Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινής ημέρας – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του μήνα Ιουνίου πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Παρατηρούμε σημαντική μείωση της εισερχόμενης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία όμως οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, και δευτερευόντως στην μικρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις μικρές μονάδες ΣΗΘ για την κάλυψη των αναγκών για Ζ.Ν.Χ., καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες οι μονάδες ΣΗΘ που καλύπτουν το φορτίο της Εστίας δεν λειτουργούν.

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(kW)	ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΡΙΝ (kW)	ΝΕΑ ΖΗΤΗΣΗ ΑΙΧΜΗΣ (kW)
Καθημερινή	3676,542	3767,674	26,16%	421,9	880,674	531,585

Πίνακας 4-52 Στοιχεία για την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου

Η μείωση στο κόστος λειτουργίας που προκύπτει ως αποτέλεσμα της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων αυτών στην ηλεκτρική ζήτηση των ημερών του Ιουνίου, είναι σημαντική, αλλά και για αυτόν τον μήνα παρατηρείται μικρότερο όφελος σε σχέση με την λειτουργία μόνο των μονάδων ΑΠΕ(πίνακας 4.5).

ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΙΝ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑ(€)	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕΤΑ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ(€)
Καθημερινή	1355,726	19,31	1375,036	1001,112	62,863	1063,975

Πίνακας 4-53 Οικονομικά δεδομένα από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση του Ιουνίου

Από την άλλη, αντίστοιχη με την απλή διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτρική ζήτηση των ημερών του Ιουνίου είναι η μείωση στην εκπομπή αέριων ρύπων από την ταυτόχρονη διείσδυση των μονάδων, όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα και τον πίνακα 4.6(παράγραφος 4.1.2).

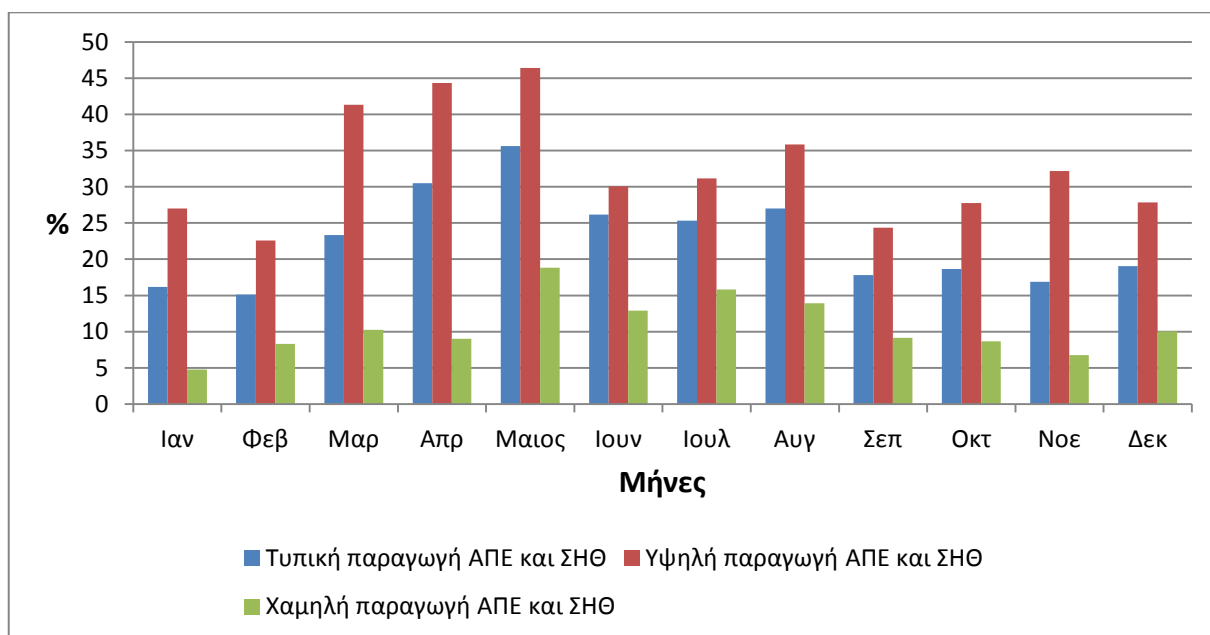
ΤΥΠΟΣ ΗΜΕΡΑΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ CO(%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ SO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ NO _x (%)	ΜΕΙΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ(%)
Καθημερινή	28%	28,62%	28,51%	28,37%

Πίνακας 4-54 Ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων – ανά ημέρα του Ιουνίου– εξαιτίας της διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ)

4.7.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων ΣΗΘ που αφορούν το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας και το Ζ.Ν.Χ. σε ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Στην συνέχεια παρουσιάζονται σχηματικά κάποια ενδιαφέροντα στοιχεία που προκύπτουν από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και των προαναφερθέντων μονάδων ΣΗΘ στην μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθεύεται η Πολυτεχνειούπολη από το ανάντη δίκτυο για την ικανοποίηση των φορτίων της.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των συγκεκριμένων μονάδων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις καθημερινές ημέρες – με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – του έτους.



Διάγραμμα 4.73 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Συγκρίνοντας το διάγραμμα 4.73 με το διάγραμμα 4.11(παρ 4.1.4, ποσοστό διείσδυση της παραγωγής μόνο των μονάδων ΑΠΕ) παρατηρούμε ότι η παράλληλη λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ με τις μονάδες ΣΗΘ του κτιρίου της Φοιτητικής Εστίας και παραγωγής ΖΝΧ, έχει ως συνέπεια την μεγαλύτερη κάλυψη της ποσότητας ηλεκτρισμού που απαιτείται για να ικανοποιήσει η Πολυτεχνειούπολη τις ημερήσιες ανάγκες της. Ταυτόχρονα, η λειτουργία των μονάδων αυτών κατά την διάρκεια αρκετών Σαββατοκύριακων του έτους, έχει ως αποτέλεσμα – εκτός από την κάλυψη μεγάλου ποσοστού της ηλεκτρικής ζήτησης, δημιουργία περίσσειας ενέργειας η οποία μπορεί να διατεθεί για πώληση προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Η περίσσεια της ενέργειας για τις ημέρες αυτές ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής των μονάδων

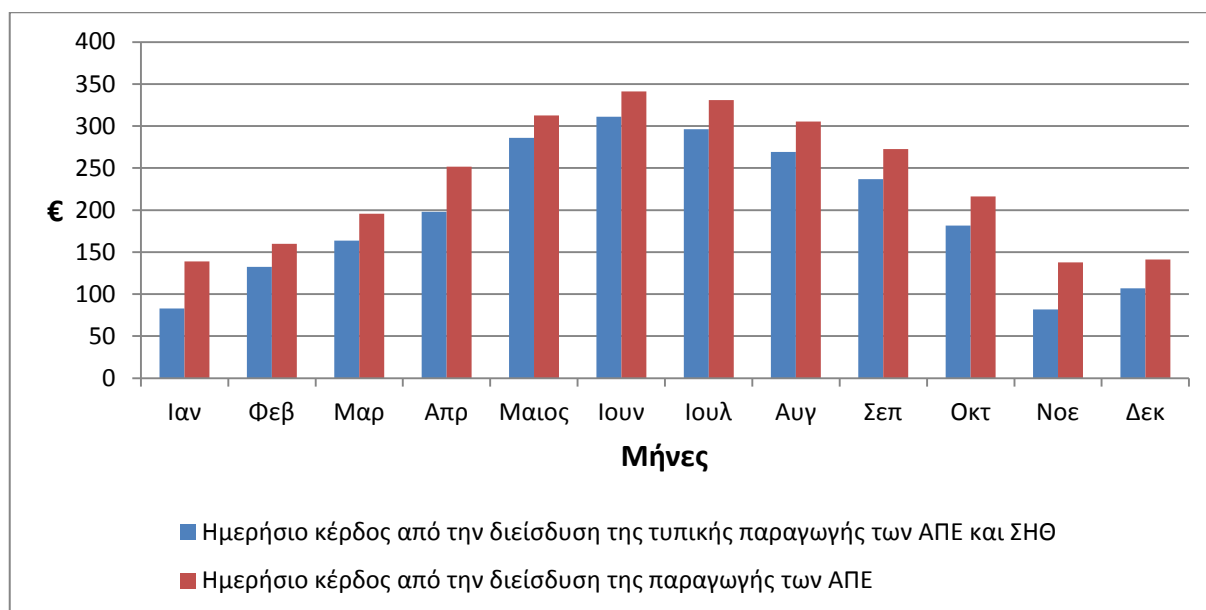
καθώς και το μέγεθος της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσότητες περίσσειας που προκύπτουν κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση.

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΤΥΠΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ (kW)	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ-(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΥΨΗΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘ (kW)
Ιανουάριος	Σάββατο	0	0	215,5	60,08
	Κυριακή	0	0	367,72	92,42
Φεβρουάριος	Σάββατο	0	0	186,18	67,95
	Κυριακή	0	0	98,74	34,34
Μάρτιος	Σάββατο	0	0	851,45	170,52
	Κυριακή	0	0	1146,64	207,5
Απρίλιος	Σάββατο	229,36	62,91	1412,9	227
	Κυριακή	173,1	47,63	1244,34	212,8
Μάιος	Σάββατο	370,79	93,54	1037,544	194,06
	Κυριακή	799,52	154,93	1529,32	255,45
Ιούνιος	Σάββατο	814,55	160	1111,05	185,17
	Κυριακή	622,71	138,37	886,06	166,75
Ιούλιος	Σάββατο	333,67	79	797,3	173,16
	Κυριακή	281,91	85,1	728,52	171,24
Αύγουστος	Σάββατο	277,24	70,87	851,1	176,7
	Κυριακή	176,17	59,58	704,6	153,4
Σεπτέμβριος	Σάββατο	0	0	116,1	38,55
	Κυριακή	0	0	356,95	102,22
Οκτώβριος	Σάββατο	38,27	19,24	557,87	135,47
	Κυριακή	176,15	60,34	760,56	166,89
Νοέμβριος	Σάββατο	0	0	80,1	36,63
	Κυριακή	0	0	499,46	121,04
Δεκέμβριος	Σάββατο	0	0	0	0
	Κυριακή	0	0	89,77	38,43
Μέγιστη περίσσεια ενέργειας	Καθημερινή του Μαΐου	799,52	154,93	1529,32	255,45

Πίνακας 4-55 Περίσσεια παραγόμενης ενέργειας –ανά ημέρα με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση – από τις μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ)

Στο καθαρά οικονομικό κομμάτι παρατηρείται μια μικρή απώλεια κερδών από την συνδυασμένη λειτουργία των ΑΠΕ και των εξεταζόμενων μονάδων ΣΗΘ, σε σχέση με μόνο την διείσδυση της

παραγωγής των ΑΠΕ. Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει τα «καθαρά» οικονομικά οφέλη, για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, για τα δύο αυτά σενάρια.



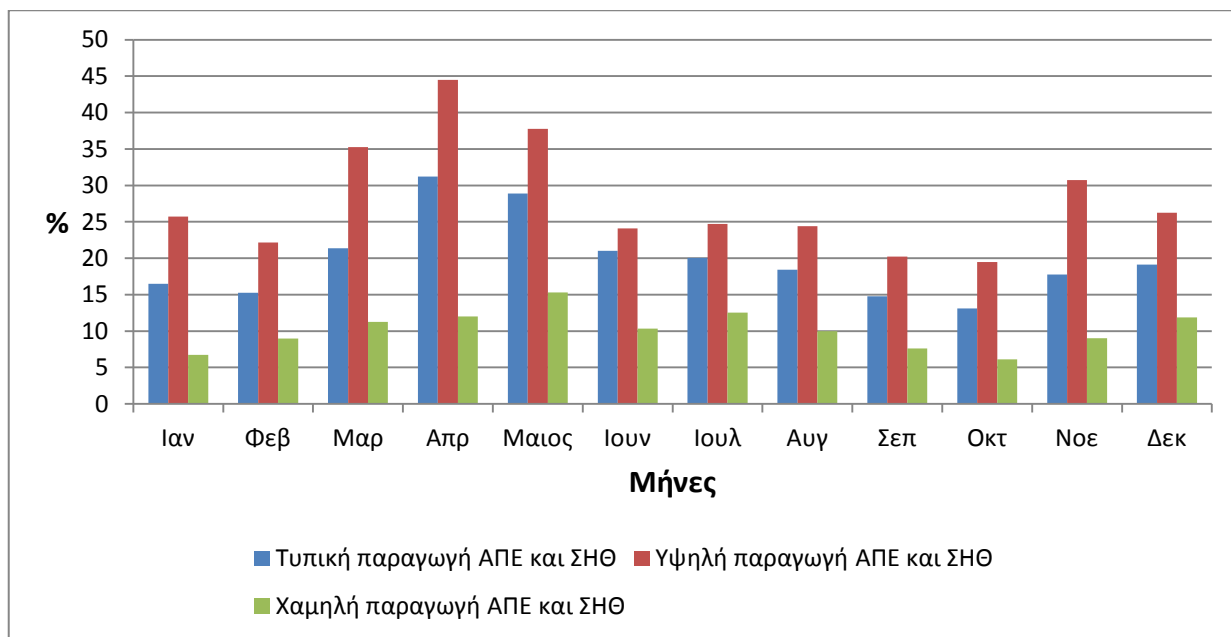
Διάγραμμα 4.74 Σύγκριση οφέλους της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, με την διείσδυση μόνο των μονάδων ΑΠΕ

Διαπιστώνουμε ότι όταν μόνο η παραγωγή των ΑΠΕ συμμετέχει στην μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, το ημερήσιο όφελος που αποκομίζουμε είναι μεγαλύτερο. Αυτό οφείλεται κυρίως στην μηδενικού κόστους λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ, σε αντίθεση με την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ, οι οποίες απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου για να λειτουργήσουν.

4.7.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την περίπτωση διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων ΣΗΘ που αφορούν το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας και το Ζ.Ν.Χ. σε ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

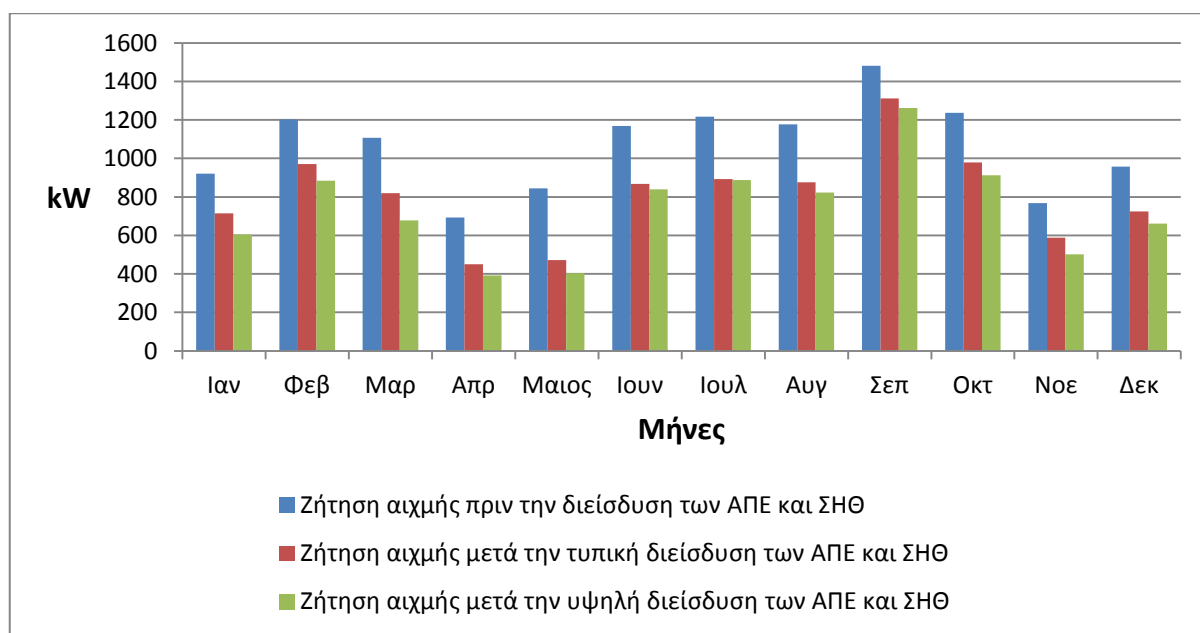
Έχοντας διερευνήσει το πώς επηρεάζει η λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων ΣΗΘ που καλύπτουν το θερμικό φορτίο της Φοιτητικής Εστίας και του Ζ.Ν.Χ. την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, παραθέτουμε συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων αυτών και στις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση. Για τις ημέρες αυτές έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να δούμε πως η παραγωγή ενέργειας από τις μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής μειώνει την ζήτηση αιχμής της Πολυτεχνειούπολης.

Αρχικά παρατηρούμε, ότι σε σύγκριση με την παραγωγή μόνο από τις μονάδες ΑΠΕ(διάγραμμα 4.35, παράγραφος 4.2.4), η προσθήκη της παραγωγής από τις μονάδες ΣΗΘ αυτές, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού κάλυψης του συνόλου της ηλεκτρικής ζήτησης, κυρίως κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών, περίοδος κατά την οποία λειτουργούν οι μονάδες της Φοιτητικής Εστίας.



Διάγραμμα 4.75 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση

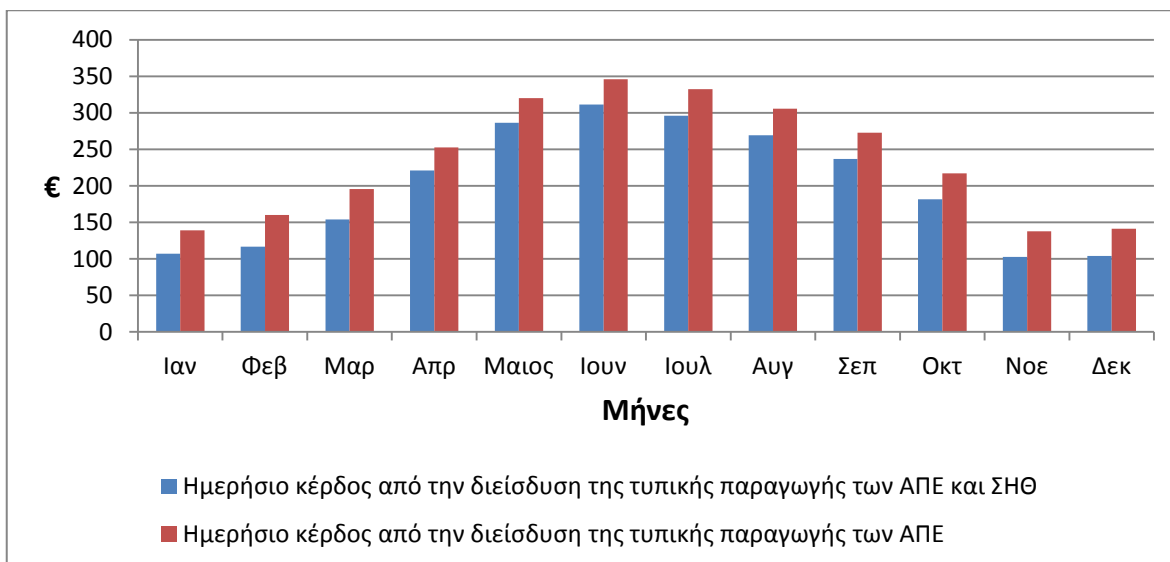
Ταυτόχρονα με την μείωση της ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράζεται από το ανάντη δίκτυο, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε τη συνεισφορά των μονάδων αυτών στην μείωση τα αιχμής ζήτησης.



Διάγραμμα 4.76 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ (τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ (Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ)

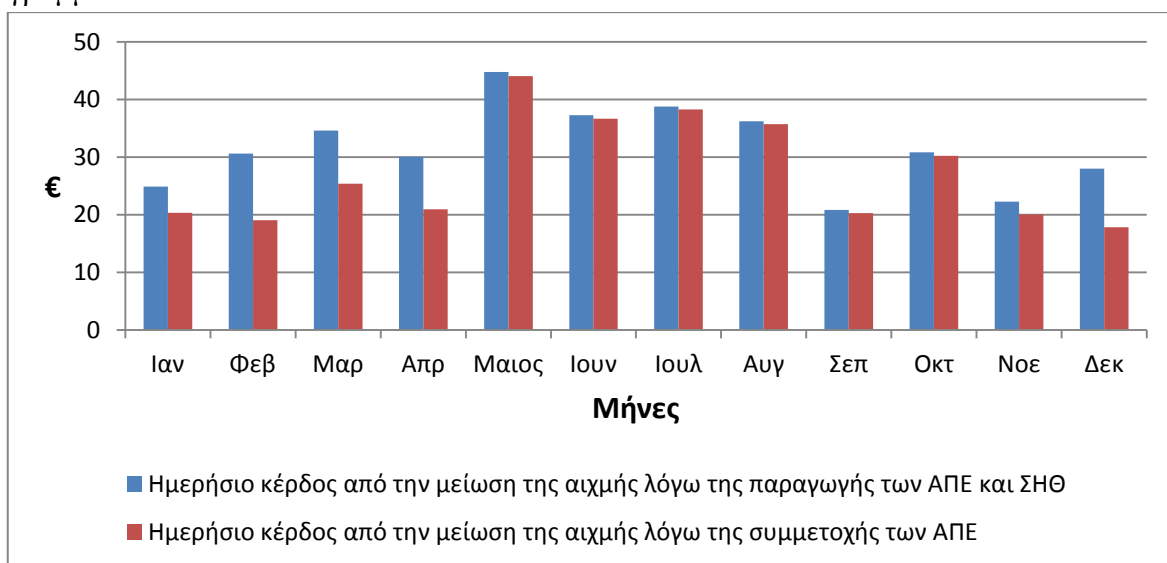
Η αιχμή ζήτησης για τους διάφορους μήνες λειτουργία του Πολυτεχνείου Κρήτης, μειώνεται ακόμα και 14,42% περισσότερο με τις μονάδες αυτές, συγκριτικά με την μείωση που υφίσταται στην περίπτωση που λειτουργούν μόνο οι μονάδες ΑΠΕ.

Εκτός όμως των παραπάνω πλεονεκτημάτων που παρουσιάζονται, στο κομμάτι του ημερήσιου οικονομικού οφέλους παρατηρείται και για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση μια μικρή απώλεια κερδών. Το διάγραμμα 4.77 απεικονίζει την διαφορά στο οικονομικό όφελος που προκύπτει από την σύγκριση των δύο περιπτώσεων.



Διάγραμμα 4.77 Σύγκριση οφέλους της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας - για τις καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση -, με την περίπτωση διείσδυσης μόνο των μονάδων ΑΠΕ

Διαπιστώνουμε ότι η μηδενικού κόστους λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ μεγιστοποιεί το οικονομικό όφελος για την κάλυψη της ηλεκτρικής ζήτησης, σε αντίθεση με την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ, οι οποίες απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου για να λειτουργήσουν, και άρα δεν είναι τόσο συμφέρουσες οικονομικά όταν η τιμή του καυσίμου κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Ενδεικτικά, η κατανάλωση πετρελαίου λόγω της λειτουργίας των μονάδων ΣΗΘ αυξάνεται περίπου 1,2 φορές κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών, και περίπου 3 φορές κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, περίοδο κατά την οποία η κατανάλωση πετρελαίου γίνεται αποκλειστικά και μόνο για την παραγωγή ZNX. Αντίθετα, η μεγαλύτερη μείωση της αιχμής ζήτησης που επιφέρει η προσθήκη των μονάδων ΣΗΘ συνεπάγεται και μείωση στο μηνιαίο κόστος. Από τα μηνιαία δεδομένα για την μείωση της τιμής ζήτησης αιχμής, προκύπτει ετήσιο όφελος 11543,83€ από την συνδυασμένη λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ, την στιγμή που το αντίστοιχο όφελος από την παραγωγή μόνο των ΑΠΕ ανέρχεται στα 10032,87€. Η αναγωγή των ετήσιων αυτών κερδών σε κέρδος ανά τυπική ημέρα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.78 Σύγκριση οφέλους από την μείωση της αιχμής λόγω της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ZNX) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας - για τις καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση -, με την περίπτωση διείσδυσης μόνο των μονάδων ΑΠΕ

Η μείωση που επιτυγχάνουμε στο ημερήσιο κόστος λόγω της μείωσης της κατανάλωσης ισχύος, δεν αρκεί για να υπερκεράσει το αυξημένο κόστος που προκύπτει από το διάγραμμα 4.77. Το ημερήσιο εύρος των οικονομικών απωλειών κυμαίνεται από 27€-36€, ανάλογα με τον υπό εξέταση μήνα εφαρμογής.

Έτσι, ενώ με την συνδυασμένη λειτουργία των μονάδων μας καλύπτουμε μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ζήτησης, μειώνοντας ταυτόχρονα και τα επίπεδα τιμών της αιχμής ζήτησης, η περίπτωση της διείσδυσης μόνο των μονάδων ΑΠΕ εμφανίζει περισσότερα οφέλη στο οικονομικό κομμάτι.

Κεφάλαιο 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

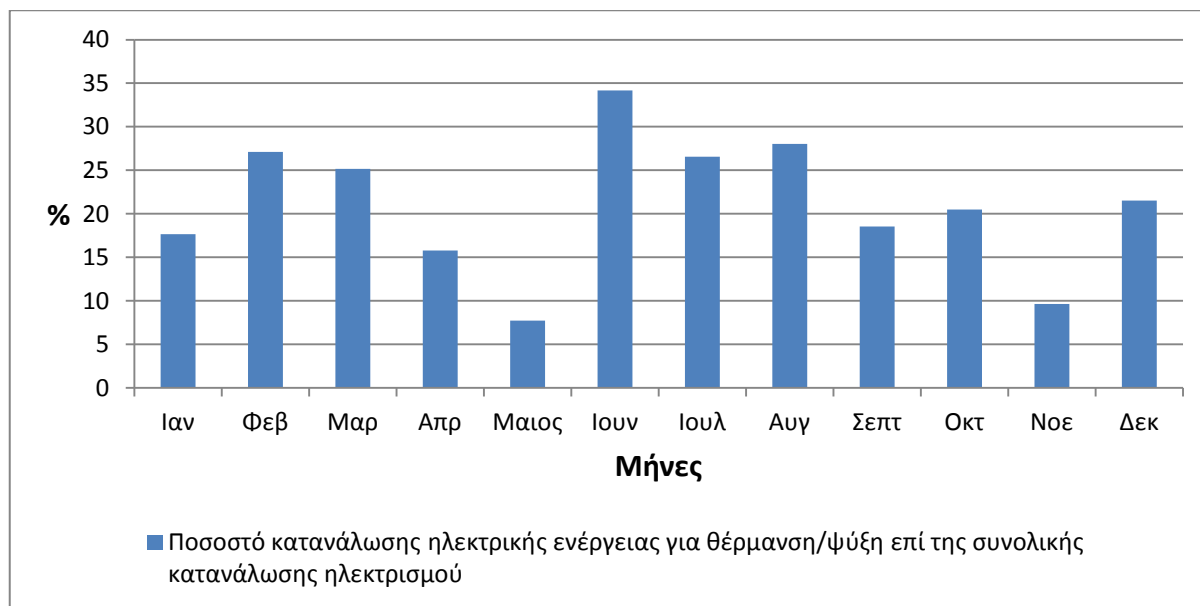
Στο κεφάλαιο αυτό θα σχολιάσουμε τα τεχνικά και οικονομικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Στο τέλος του κεφαλαίου παρατίθενται προτάσεις σχετικά με τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν προκειμένου να γίνει εφικτή μια ακριβέστερη μελέτη για την εγκατάσταση μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης.

5.1 Βασικά Συμπεράσματα

5.1.1 Σχετικά με το δυναμικό των μονάδων ΑΠΕ και τα δεδομένα ζήτησης ηλεκτρισμού

Στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναλύθηκαν διάφορα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής της Πολυτεχνειούπολης, που αφορούν στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και την ταχύτητα του ανέμου(με βάση μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή το έτος 2003). Από αυτά προκύπτει ότι το αιολικό δυναμικό της περιοχής είναι σχετικά χαμηλό, με αποτέλεσμα την δημιουργία αμφιβολίας σχετικά με το όφελος που θα μπορούσε να έχει η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στην περιοχή για εκμετάλλευση της διαθέσιμης αιολικής ισχύς. Ενδεικτικά ο συντελεστής χρησιμοποίησης των Α/Γ είναι μόλις 8,38%. Αντίθετα, η έντονη ηλιοφάνεια που παρατηρείται κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα του έτους στην περιοχή, προκαλεί το ενδιαφέρον για εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας κάνοντας χρήση Φ/Β συστημάτων, ο συντελεστής χρήσης των οποίων φτάνει στο 18,93%.

Στο ίδιο κεφάλαιο, πραγματοποιήθηκε η κατανομή του καταναλισκόμενου ηλεκτρισμού από το σύνολο των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης σε διάφορα προφίλ ημερήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης – ανάλογα με τον υπό εξέταση μήνα -, και κατόπιν η ανάλυση του ηλεκτρισμού σε τελικές χρήσεις και εκτίμηση του θερμικού/ψυκτικού φορτίου που απαιτείται για κλιματισμό των κτιρίων. Για τον σκοπό αυτό, η θερμοκρασία άνεσης ορίστηκε στους 20°C και 24°C για τον υπολογισμό του θερμικού και του ψυκτικού φορτίου αντίστοιχα, και με βάση τις θερμοκρασίες αυτές ορίστηκε το μέγεθος αλλά και η χρονική διάρκεια ζήτησης των θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Το διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζει το ποσοστό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη των κτιρίων σε σχέση με την συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας(αποτελέσματα με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 2.4.2)



Διάγραμμα 5.1 Ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη επί της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οποιαδήποτε μεταβολή στις τιμές των θερμοκρασιών άνεσης έχει ως επίπτωση της μεταβολή του μεγέθους των θερμικών/ψυκτικών φορτίων, καθώς και άλλες πολλές επιδράσεις στα μεγέθη που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική και αφορούν την ισχύ των προτεινόμενων μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας για την κάλυψη των φορτίων αυτών, τα σημεία λειτουργίας των μονάδων αυτών κ.α.

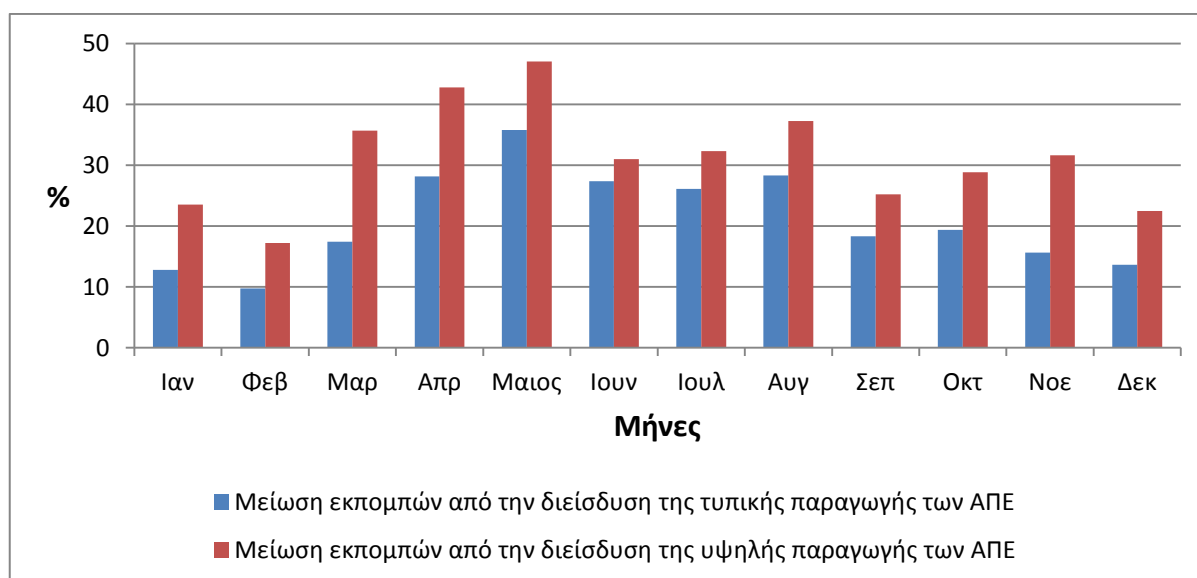
5.1.2 Σχετικά με την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ στην ηλεκτρική κατανάλωση της Πολυτεχνειούπολης

Στο κεφάλαιο 2 πραγματοποιήθηκε η διαστασιολόγηση των μονάδων ΑΠΕ με σκοπό την κάλυψη του 20% του ετήσιου ηλεκτρικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης. Η συνολική απαιτούμενη ισχύς των ΑΠΕ για τον σκοπό αυτό ορίστηκε στα 570kW, και πιο συγκεκριμένα προτάθηκε η εγκατάσταση Φ/Β Συστημάτων συνολικής ισχύος 450kW και μικρών Α/Γ συνολικής ισχύος 120kW. Η διείσδυση της παραγωγής των προτεινόμενων προς εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ στην μείωση της ποσότητας της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται να εισαχθεί από το ανάντη δίκτυο για την κάλυψη των αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, ποικίλει ανάλογα με την ηλεκτρική κατανάλωση της ημέρας που εξετάζεται και με το μέγεθος της ηλιοφάνειας και της έντασης του ανέμου που παρατηρείται κατά την διάρκεια των διαφόρων ημερών του έτους. Ενδεικτικά για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση και τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ, η παραγόμενη από τις μονάδες αυτές ενέργεια είναι ικανή να καλύπτει το 9,61% ως 34,5% της συνολικής ημερήσιας ηλεκτρικής ζήτησης. Υποθέτοντας υψηλή παραγωγή από τις μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, δηλαδή παραγωγή κάτω από συνθήκες μέγιστης ηλιοφάνειας και έντασης ανέμου, το ημερήσιο ποσοστό κάλυψης της ηλεκτρικής ζήτησης για τις καθημερινές ημέρες μπορεί να φτάσει και το 45,4%, ανάλογα με τον μήνα εφαρμογής. Η περίπτωση αυτή αντιστοιχεί στις καθημερινές ημέρες του μήνα Μαΐου, μήνας κατά τον οποίο η ηλεκτρική κατανάλωση είναι σχετικά χαμηλή(λόγω της απουσίας μεγάλων απαιτήσεων για ηλεκτρικά κλιματιστικά φορτία) και τα προτεινόμενα προς εγκατάσταση Φ/Β συστήματα δύνανται να εκμεταλλευτούν την έντονη ηλιοφάνεια παράγοντας μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Ακόμα όμως και στην περίπτωση χαμηλής παραγωγής από τα ΑΠΕ, η ποσότητα της

ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο ημερησίως μειώνεται από 2% ως 17,8%, ποσοστό το οποίο καλύπτεται από την παραγωγή των μονάδων μας.

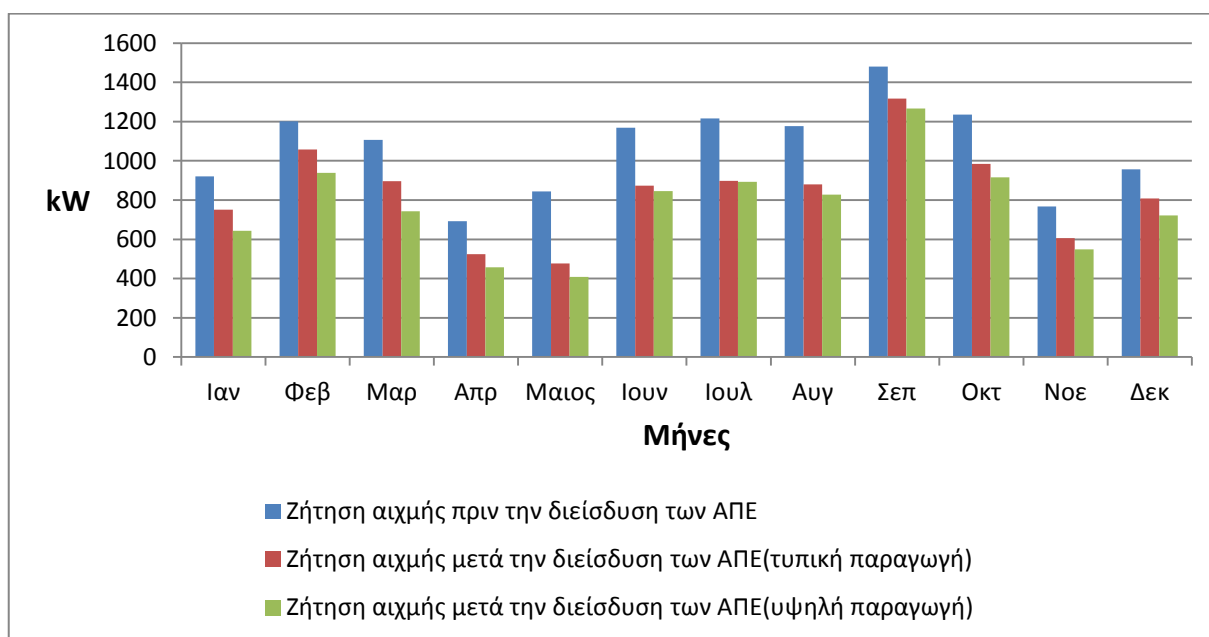
Τα Σαββατοκύριακα, μέρες κατά τις οποίες η ηλεκτρική κατανάλωση είναι αισθητά μικρότερη, η διείσδυση της παραγωγής των Φ/Β Συστημάτων και των Ανεμογεννητριών στην κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου είναι ακόμα μεγαλύτερη. Στην περίπτωση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ το ποσοστό κάλυψης μπορεί να φτάσει ως και το 43,77% της ζήτησης(Σάββατο του Μαΐου), ενώ με την υψηλή παραγωγή των ΑΠΕ φτάνουμε ως και το 58,74% της ηλεκτρικής κατανάλωσης(Σάββατο του Απρίλη). Ιδιαίτερα σημαντική είναι η παρατήρηση της περίσσειας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ κατά την διάρκεια των ημερών αυτών(Σαββατοκύριακα με μέση ηλεκτρική κατανάλωση). Ορισμένες μέρες του χρόνου, η λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ - υπό συνθήκες μέσης και υψηλής παραγωγής – έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία δεν χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών της Πολυτεχνειούπολης, και δύναται να διατεθεί προς πώληση στο ανάντη δίκτυο(βλέπε πίνακα 4.10, παρ 4.1.4). Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πλεονάζει μπορεί να φτάσει ως και τις 1247,85kWh ημερησίως, με την μέγιστη τιμή ισχύος να ανέρχεται στα 224,14kW (Κυριακή του Μαΐου).

Πέραν της κάλυψης μεγάλου ποσοστού της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται για την κάλυψη των αναγκών του Πολυτεχνείου Κρήτης από την συμμετοχή της παραγόμενης από τις μονάδες ΑΠΕ ενέργειας, και των οικονομικών οφελών που αυτή συνεπάγεται (γεγονός που θα θίξουμε αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο), η λειτουργία των μονάδων αυτών συντελεί και στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς οι ΑΠΕ είναι «καθαρές» πηγές ενέργειας οι οποίες δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με αέριους ρύπους. Η συμβολή τους στην μείωση των ρύπων είναι τεράστια, καθώς κατά την διάρκεια των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση η μείωση των εκπομπών από την διείσδυση της υψηλής παραγωγής των ΑΠΕ δύναται να φτάσει το 47,05%(καθημερινή ημέρα) ή ακόμα και το 53,6%(Σαββατοκύριακα). Όπως είναι φυσιολογικό, όσο μεγαλύτερη είναι η διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ στην κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, καθώς αυξάνεται η ενέργεια που παράγεται από τις περιβαλλοντικά «καθαρές» Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.



Διάγραμμα 5.2 Μείωση εκπομπών λόγω της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ στην ηλεκτρική ζήτηση των καθημερινών ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Μελετώντας τα αποτελέσματα από την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ στα διάφορα προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης, όπως αυτά προκύπτουν από την κατανάλωση του θερμικού/ψυκτικού φορτίου, τα αποτελέσματα είναι και εκεί ενθαρρυντικά. Στην περίπτωση των ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης από πλευράς ΑΠΕ είναι – όπως άλλωστε αναμενόταν – μικρότερο, παρόλα αυτά αρκετά ικανοποιητικό. Ενδεικτικά, η υψηλή παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ είναι ικανή να καλύψει ως και 37,25% της ηλεκτρικής ζήτησης μιας καθημερινής ημέρας με υψηλή κατανάλωση του Απριλίου, ενώ το ποσοστό κάλυψης για τα Σαββατοκύριακα ανέρχεται στο 57,36% (Σάββατο του Απρίλη). Από τον πίνακα 4.21(παράγραφος 4.2.4) πληροφορούμαστε ότι ακόμα και τις μέρες αυτές όπου η ζήτηση ηλεκτρισμού για τις ανάγκες της Πολυτεχνειούπολης είναι ιδιαίτερα υψηλή, προκύπτει περίσσεια ενέργειας – μειωμένη σε σχέση με τις ημέρες μέσης ηλεκτρικής κατανάλωσης - η οποία μπορεί να πωληθεί προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο, επιφέροντας οικονομικά οφέλη. Το σημαντικότερο όμως συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από την μελέτη της επίδρασης που έχει η διείσδυση της παραγόμενης από τα ΑΠΕ ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ, είναι η μείωση της αιχμής ζήτησης. Όπως παρατηρούμε από το ακόλουθο διάγραμμα, η μείωση της αιχμής ζήτησης είναι σημαντική για όλους τους μήνες του έτους, γεγονός που συμβάλλει στην ελάφρυνση του Υ/Σ Χανίων, ενώ ταυτόχρονα επιφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη για την εγκατάστασή μας λόγω της μείωσης της κατανάλωσης ισχύος.

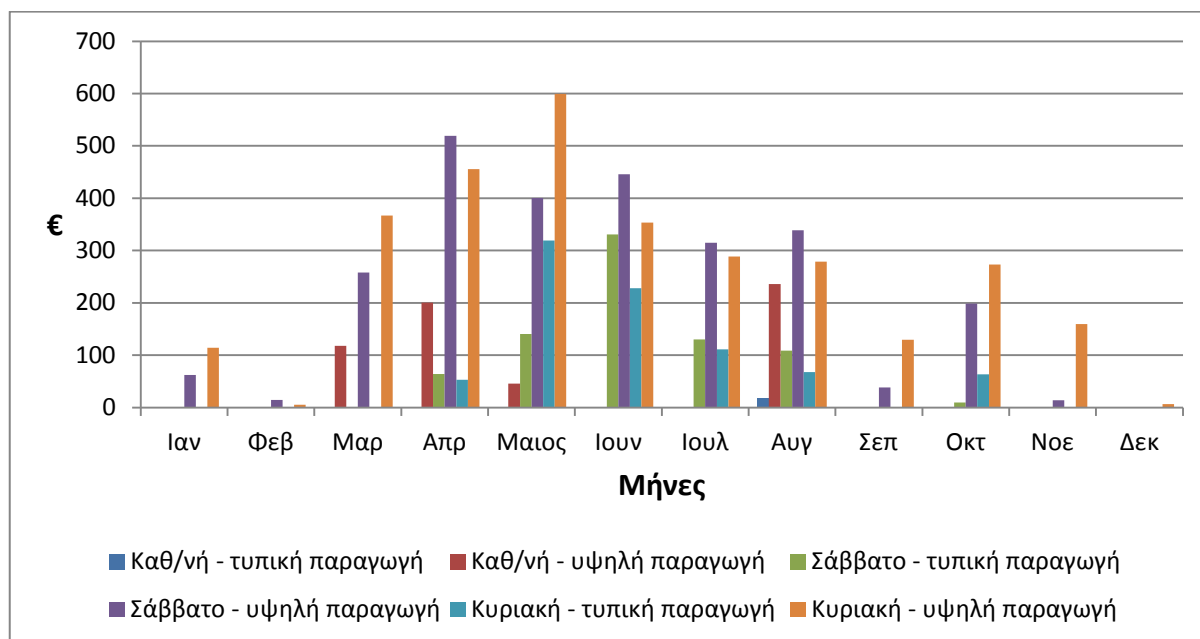


Διάγραμμα 5.3 Ζήτηση αιχμής πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των ΑΠΕ

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης της αιχμής παρατηρείται τον Μάιο, όπου η νέα τιμή ζήτησης είναι κατά 50% μικρότερη σε σχέση με πριν, ενώ η ζήτηση αιχμής του έτους διαμορφώνεται στα 1266,523kW, μειωμένη δηλαδή κατά 14,45% σε σχέση με πριν.

Στην περίπτωση των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, εκτός της μεγαλύτερης διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ που επιτυγχάνεται, όπως είναι αναμενόμενο, λόγω της μειωμένης ζήτησης, ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα οφέλη που μπορεί να προέλθουν από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής. Όπως παρατηρείται από το διάγραμμα 4.30 (παράγραφος 4.3.3) τα ποσά ενέργειας που μπορούν να διατεθούν προς πώληση είναι πολύ μεγαλύτερα στην περίπτωση των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση σε σύγκριση με τις άλλες περιπτώσεις που εξετάστηκαν. Υποθέτοντας τιμές πώλησης παραγωγού ή αυτοπαραγωγού

για την περίσσεια της ενέργειας, όπως αυτές ορίζονται στον νόμο 3851/2010 (0,25€/kWh για αιολική ενέργεια και 0,45€/kWh για ενέργεια προερχόμενη από Φ/Β Συστήματα), το χρηματικό όφελος που μπορεί να προέλθει από την πώληση τους παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Διάγραμμα 5.4 Κέρδος από την πώληση της περίσσειας της παραγωγής των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Παρατηρούμε ότι το όφελος από την πώληση της περίσσειας μπορεί να φτάσει τα 600€ ημερησίως, ανάλογα πάντα με την ποσότητα της ενέργειας που διατίθεται προς πώληση.

Θα πρέπει εδώ να τονιστεί, ότι υπάρχουν μέρες, όπως οι Κυριακές των καλοκαιρινών μηνών, κατά τις οποίες, ανεξαρτήτου του μεγέθους της ηλεκτρικής κατανάλωσης, η λειτουργία των ΑΠΕ έχει ως αποτέλεσμα περίσσεια παραγωγής για διοχέτευση προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο.

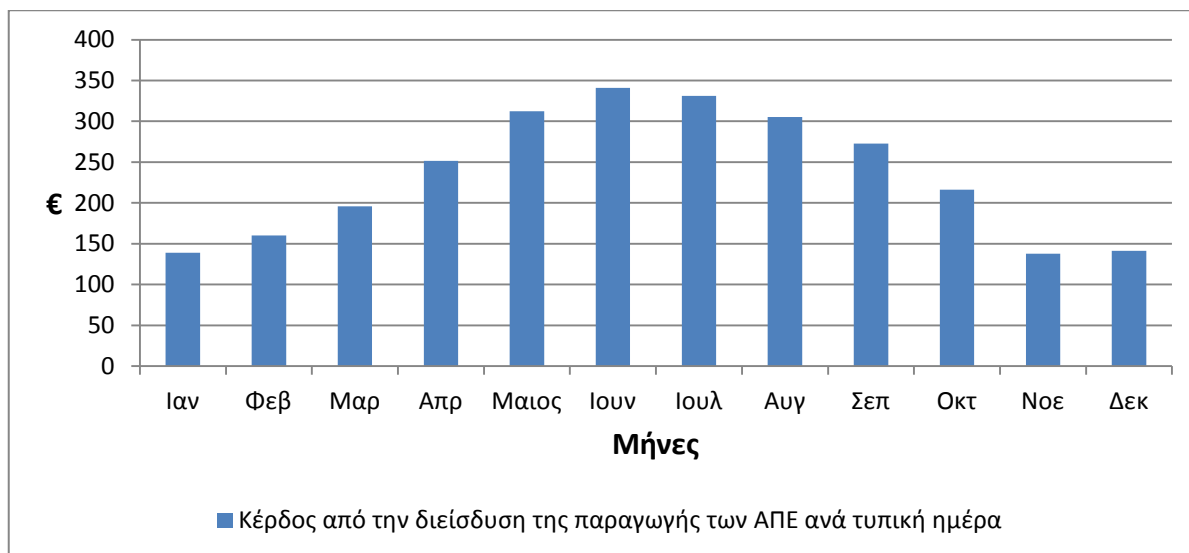
Σαν γενικό συμπέρασμα προκύπτει ότι η εγκατάσταση των προτεινόμενων μονάδων ΑΠΕ στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης θα μπορούσε να αποφέρει οφέλη :

α) Στο ίδιο το Πολυτεχνείο Κρήτης, το οποίο αυτόματα γίνεται αυτοπαραγωγός, καλύπτοντας μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών του παράγοντας τοπικά την απαιτούμενη ενέργεια

β) Στην μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, καθώς μειώνεται μεγάλο ποσοστό των ρύπων που εκπέμπονταν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις της Πολυτεχνειούπολης

γ) Στον Υ/Σ Χανίων, ο οποίος μπορεί να επωφεληθεί σημαντικά τόσο από την μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες του Πολυτεχνείου Κρήτης (4,13GWh ετησίως, ποσοστό που αναλογεί στο 0,89% της συνολικής κατανάλωσης του Υ/Σ Χανίων), όσο και από την εισροή της περίσσειας ενέργειας, μειώνοντας σημαντικά το παραγόμενο φορτίο για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής.

Όσον αφορά το οικονομικό κομμάτι μιας τέτοιας επένδυσης, από την διείσδυση της παραγωγής της ενέργειας των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, προκύπτει ένα «μέσο ημερήσιο» οικονομικό όφελος της τάξης των 233,56€, σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα και αντιστοιχούν στο «μέσο ημερήσιο» οικονομικό όφελος ανά μήνα.

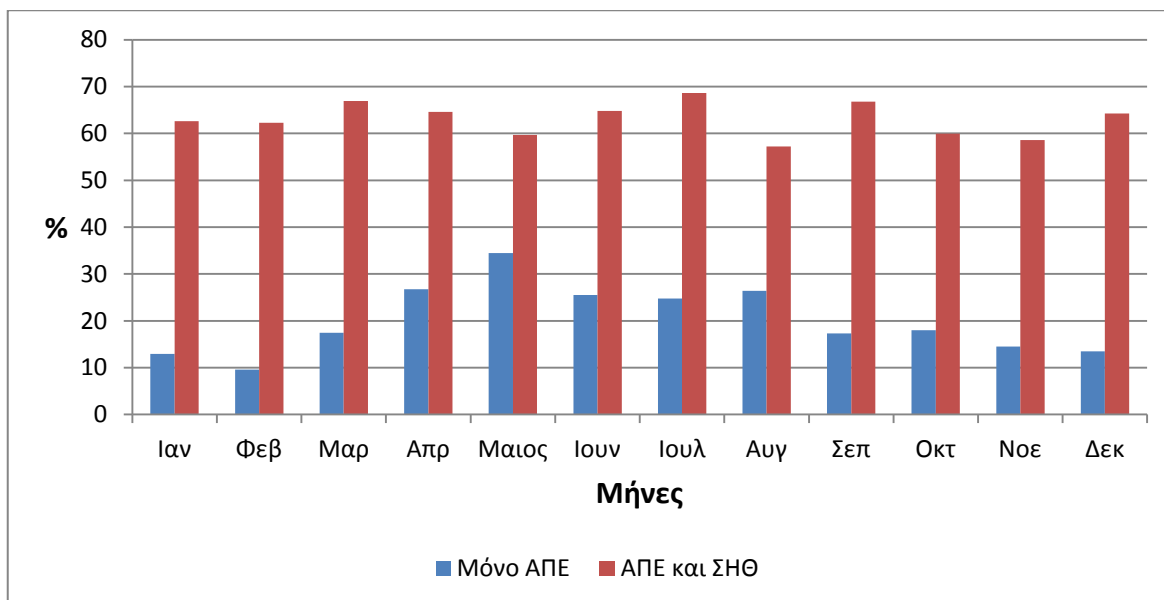


Διάγραμμα 5.5 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Η εγκατάσταση των προτεινόμενων μονάδων ΑΠΕ προμηνύει ένα κόστος της τάξης των 2.300.000€, υπολογίζοντας κόστος εγκατάστασης για τα Φ/Β Συστήματα 4500€/kW και για τις μικρές Α/Γ που προτάθηκαν 2300€/kW. Επομένως, έχοντας ένα ημερήσιο όφελος της τάξης των 233,56€ λόγω της μείωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ για όλες τις ημέρες του χρόνου, δηλαδή όφελος 85249,4€ ετησίως, η αποπληρωμή της επένδυσης αυτής πρόχειρα υπολογίζεται ότι θα διαρκέσει 27 χρόνια. Αν συνυπολογιστούν τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την μηνιαία μείωση της κατανάλωσης ισχύος(αιχμής) – υπολογίζονται σε 10032,87€ ετησίως - και την πιθανή πώληση της περίσσειας παραγόμενης στο ανάντη δίκτυο – κέρδος της τάξης των 8680€ ετησίως – το συνολικό ετήσιο όφελος ανέρχεται στα 103962,27€ και η διάρκεια αποπληρωμής μειώνεται στα 22 έτη, χωρίς να λαμβάνεται υπ’όψιν καμία επιδότηση.

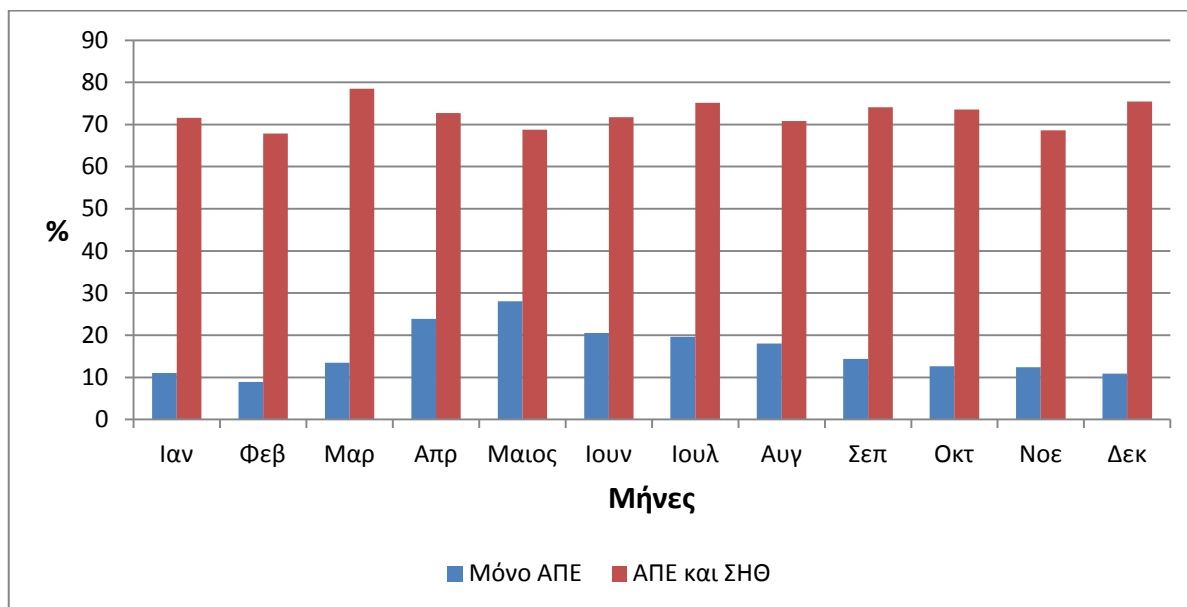
5.1.3 Σχετικά με την ταυτόχρονη διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στην ηλεκτρική κατανάλωση της Πολυτεχνειούπολης

Όπως γίνεται αντιληπτό από την ανάλυση που προηγήθηκε, μόνο η διείσδυση της παραγωγής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ηλεκτρική ζήτηση των εγκαταστάσεων της Πολυτεχνειούπολης, καλύπτει μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που σπαταλείται για την ικανοποίηση των αναγκών αυτών. Είναι λοιπόν φυσιολογικό, η ταυτόχρονη διείσδυση της παραγωγής των διαφορετικών μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής που προτείνονται για εγκατάσταση(μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ) να έχει ως αποτέλεσμα την κάλυψη ακόμα μεγαλύτερου ποσοστού της ηλεκτρικής ζήτησης. Ενδεικτικό είναι το γράφημα που ακολουθεί και απεικονίζει το ποσοστό της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτεται από την παραγωγή των μονάδων για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, όταν λειτουργούν μόνο οι μονάδες ΑΠΕ αλλά και στην συνδυασμένη λειτουργία όλων των εγκατεστημένων μονάδων. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε υποθέσει τυπική παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ.



Διάγραμμα 5.6 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

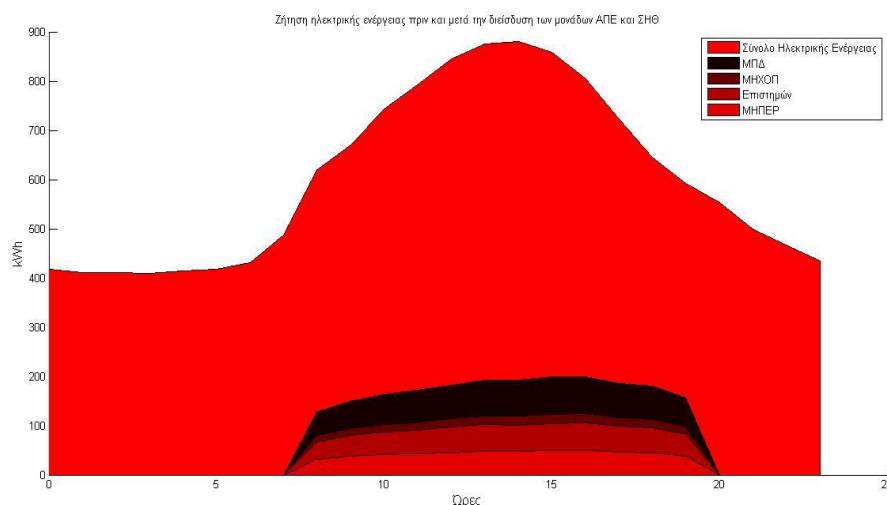
Παρατηρούμε ότι η συμμετοχή της παραγωγής των μονάδων Συμπαράγωγης Ηλεκτρισμού και Θερμότητας στην κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου είναι καταλυτική. Η παραγωγή ενέργειας από τις μονάδες αυτές, σε συνδυασμό και με την τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά 57,2% - 68,6% για τις καθημερινές ημέρες, ενώ σε περιπτώσεις υψηλής παραγωγής από τις ΑΠΕ το ποσοστό αυτό φτάνει το 71,75%. Το ίδιο αυξημένο ποσοστό κάλυψης της ηλεκτρικής ζήτησης παρατηρείται και κατά την διάρκεια των ημερών με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.



Διάγραμμα 5.7 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στις καθημερινές ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Η εξήγηση για την μεγάλη αυτή κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης από την λειτουργία των συγκεκριμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εξηγείται αν αναλογιστούμε τον προηγούμενο τρόπο κάλυψης των θερμικών/ψυκτικών αναγκών των κτιρίων σε σχέση με την δική μας πρόταση : Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης/ ψύξης των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης περιλαμβάνει την κάλυψη των θερμικών/ψυκτικών αναγκών – κατά κύριο

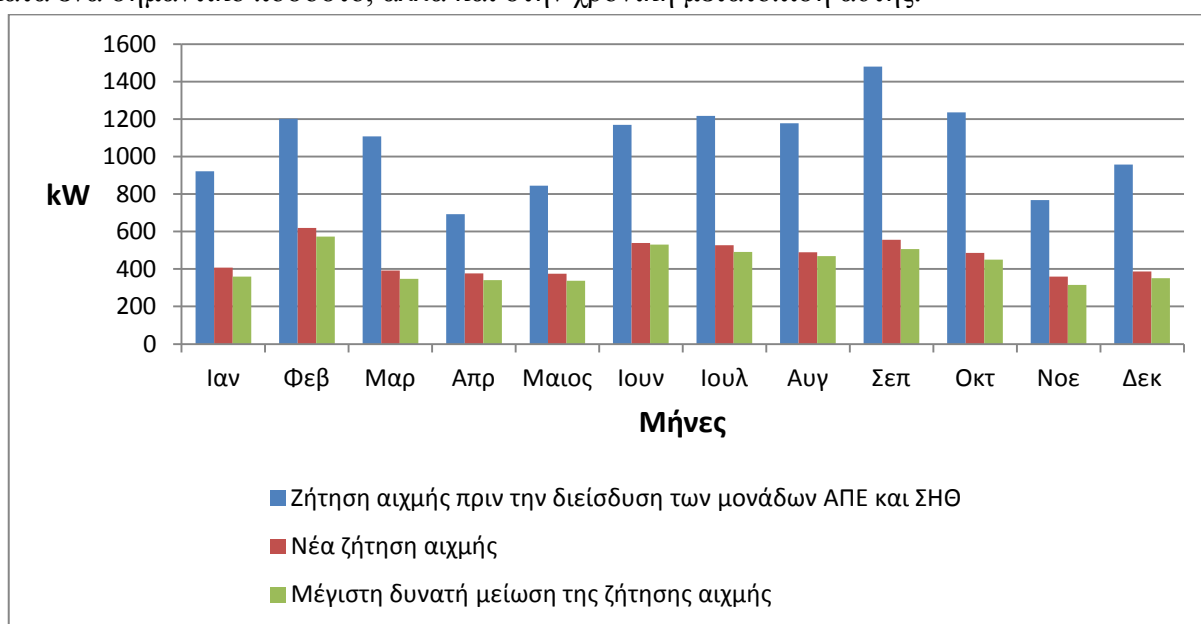
λόγο - από την λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων που είναι εγκατεστημένα στα διάφορα κτίρια(ηλεκτροκίνητη θέρμανση/ ψύξη), με αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος του καταναλισκόμενου ηλεκτρισμού να απευθύνεται στην κάλυψη των κλιματιστικών αυτών αναγκών, όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα.



Διάγραμμα 5.8 Διάγραμμα που απεικονίζει την αρχική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας – για μια ημέρα - και την κατανομή αυτής στην ζήτηση ενέργειας για κλιματισμό ανά κτίριο

Ο προτεινόμενος τρόπος κάλυψης των κλιματιστικών φορτίων, με χρησιμοποίηση των μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού-Θερμότητας και ψυκτών απορρόφησης, καλύπτει εξ ολοκλήρου το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που απευθύνεται στην θέρμανση/ψύξη των κτιρίων, ενώ κατά την λειτουργία τους οι μονάδες αυτές παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ικανοποίηση των υπολοίπων ηλεκτρικών αναγκών. Αυτή ακριβώς η λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ είναι που αποφέρει τόσο μεγάλη μείωση στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Η μεγάλη όμως αυτή παραγωγή ενέργειας από τις μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής που καλύπτουν το θερμικό φορτίο, συντελεί και στην μείωση της αιχμής ζήτησης του Πολυτεχνείου κατά ένα σημαντικό ποσοστό, αλλά και στην χρονική μετατόπιση αυτής.



Διάγραμμα 5.9 Ζήτηση αιχμής της Πολυτεχνειούπολης πριν και μετά την διεύθυνση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Η τιμή αιχμής ζήτησης για το έτος 2010 ανέρχεται στα 1480,342kW, ενώ με την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων η νέα αιχμή μειώνεται κατά 58%, έχοντας πλέον τιμή ίση με 619,25kW.

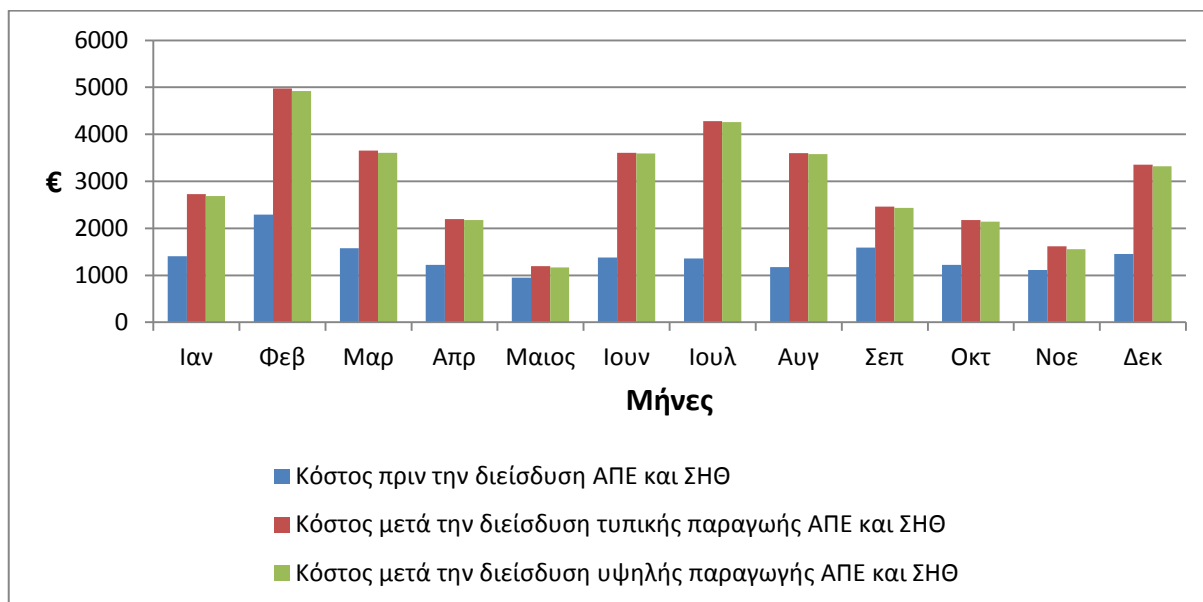
Το μεγάλο ψυκτικό/θερμικό φορτίο που καλούνται να καλύψουν οι μονάδες ΣΗΘ κατά την διάρκεια των καθημερινών ημερών με υψηλή αλλά και μέση ηλεκτρική κατανάλωση, έχει ως συνέπεια την ραγδαία αύξηση της ποσότητας πετρελαίου που καταναλώνεται για να εξυπηρετήσει τον σκοπό αυτό. Χαρακτηριστικά είναι τα γραφήματα 4.39(παράγραφος 4.4.3) και 4.52(παράγραφος 4.5.4) τα οποία απεικονίζουν τις ποσότητες πετρελαίου που καταναλώνονται από το υπάρχον συμβατικό σύστημα θέρμανσης και τις αντίστοιχες που απαιτούνται για την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ στις δύο αυτές περιπτώσεις ημερών. Η τεράστια αυτή διαφορά που παρατηρείται οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αντικατάσταση του προηγούμενου ηλεκτροκίνητου τρόπου θέρμανσης/ψύξης των κτιρίων με την χρήση μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας για τον σκοπό αυτό.

Όπως αναμένεται, η αύξηση στην κατανάλωση πετρελαίου για την ικανοποίηση των θερμικών/ψυκτικών αναγκών έχει ως αποτέλεσμα :

α)την αύξηση του λειτουργικού κόστους, καθώς τα οφέλη που αποκομίζονται από την μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να ισοσκελίσουν το κόστος που δαπανάται για την αγορά πετρελαίου

β)την αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων, λόγω της μεγάλης κατανάλωσης πετρελαίου

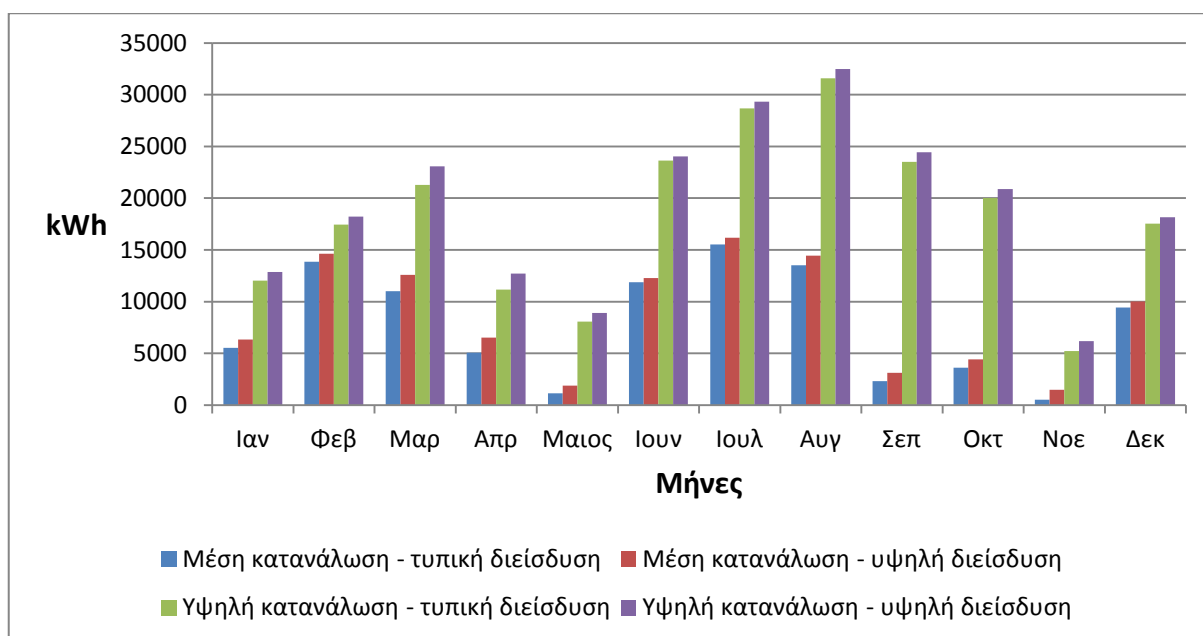
Ενδεικτικά, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το λειτουργικό κόστος της νέας εγκατάστασης – για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – σε αντιπαράθεση με το σημερινό κόστος για την κάλυψη των αναγκών του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Διάγραμμα 5.10 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους –με μέση ηλεκτρική κατανάλωση -πριν και μετά την διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ

Παρατηρούμε από το διάγραμμα 5.10 ότι κατά την διάρκεια κυρίως των καλοκαιρινών μηνών, η αντικατάσταση της προηγούμενης ηλεκτροκίνητης ψύξης με την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ, έχει ως αποτέλεσμα τον τριπλασιασμό των εξόδων. Αντίστοιχη αύξηση στο ημερήσιο κόστος προκύπτει και για τις ημέρες με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.

Ο τρόπος με τον οποίο έχει επιλεχθεί να λειτουργούν οι προτεινόμενες προς εγκατάσταση μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, η κάλυψη δηλαδή του συνόλου του θερμικού/ψυκτικού φορτίου, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας τις οποίες το Πολυτεχνείο δεν μπορεί να απορροφήσει παρά σε μικρό ποσοστό, δημιουργώντας έτσι τεράστια περίσσεια ενέργειας από την λειτουργία των μονάδων αυτών. Η ποσότητα της περίσσειας, όπως είναι φυσιολογικό, αυξάνεται ανάλογα με το σημείο στο οποίο λειτουργούν οι μονάδες ΣΗΘ, ανάλογα δηλαδή με το μέγεθος του ζητούμενου κλιματιστικού φορτίου. Είναι δηλαδή φυσιολογικό να προκύπτει μεγαλύτερο πλεόνασμα ενέργειας τις μέρες με μεγάλη ηλεκτρική κατανάλωση, όπως παρατηρούμε και από το επόμενο διάγραμμα, το οποίο δείχνει τις ποσότητες της περίσσειας ενέργειας που δημιουργούνται για τα διάφορα σενάρια ηλεκτρικής κατανάλωσης και παραγωγής των μονάδων μας.

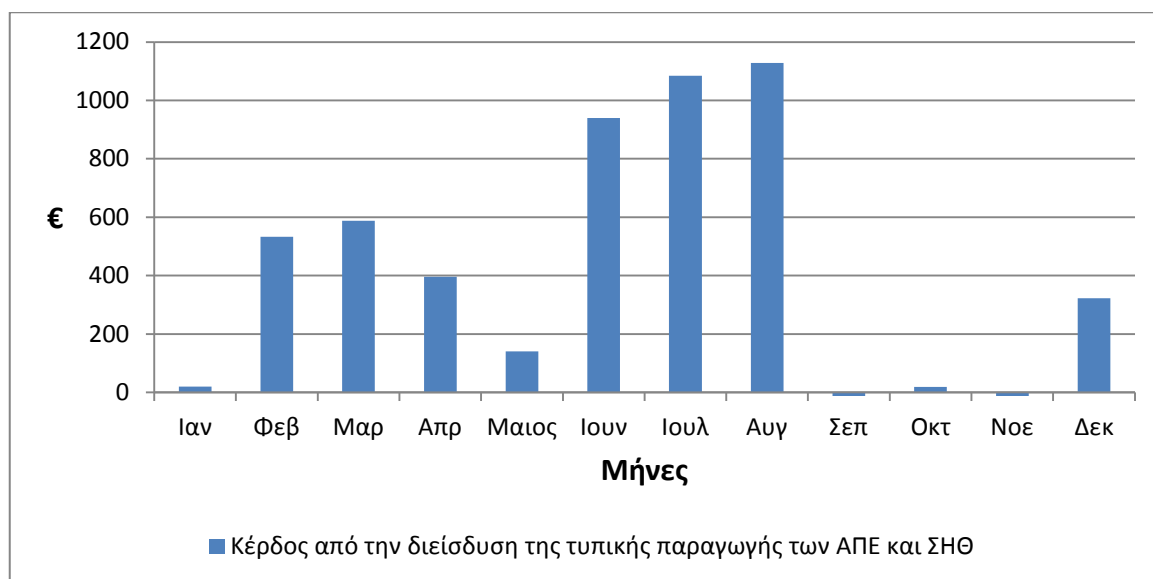


Διάγραμμα 5.11 Ποσά περίσσειας ενέργειας καθημερινών ημερών του έτους, ανάλογα με την ημερήσια κατανάλωση και το μέγεθος της παραγωγής

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τις καθημερινές ημέρες του Αυγούστου με υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση, μπορεί να υπάρξει περίσσεια παραγωγής ίση με 32,48MWh, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 1,78% του φορτίου που καλείται να εξυπηρετήσει ο Υ/Σ Χανίων μια τέτοια ημέρα. Γίνεται κατανοητό, ότι η περίσσεια παραγωγής των μονάδων μας, μπορεί να προσφέρει μια σημαντική ανακούφιση στον Υποσταθμό των Χανίων, ενώ ταυτόχρονα δύναται να αποζημιώσει μέρος των χρημάτων που δαπανούνται για την παροχή καυσίμου στις μονάδες ΣΗΘ.

Για να μπορέσουμε όμως να έχουμε όφελος από την συνολική λειτουργία της εγκατάστασης μας, θα πρέπει να είναι συμφέρουσα η συμφωνία για την τιμή πώλησης της περίσσειας προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Είδαμε στην παράγραφο 4.4.3, ότι η πώληση της ενέργειας στην τιμή αγοράς αυτής από το δίκτυο, μειώνει σαφέστατα τα λειτουργικά έξοδα των μονάδων, χωρίς όμως να εμφανίζεται θετικό πρόσημο για την εγκατάστασή μας. Αντίθετα, υποθέτοντας τιμές πώλησης της ενέργειας όπως αυτές ορίζονται από τον νόμο 3851/2010, τα έξοδα λειτουργίας των μονάδων, τους περισσότερους μήνες, ισοσκελίζονται από την πώληση της ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα προκύπτει και όφελος. Θα πρέπει να τονιστεί, ότι με αυτές τις τιμές πώλησης, υπάρχει ένα σημείο λειτουργίας των μονάδων μας, πάνω από το οποίο με δεδομένες τις τιμές αγοράς πετρελαίου και πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, μας συμφέρει να παράγουμε

ενέργεια, ανεξάρτητα από τις τοπικές ανάγκες της εγκατάστασης μας, προκειμένου να ωφεληθούμε από την πώληση της.



Διάγραμμα 5.12 Οικονομικό όφελος από την διείσδυση της τυπικής παραγωγής των ΑΠΕ και ΣΗΘ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση

Παρατηρούμε, ότι ακόμα και στην περίπτωση πώλησης ενέργειας, η εγκατάστασή μας δεν παρουσιάζει πάντα θετικό πρόσημο όσον αφορά τα οικονομικά οφέλη, κατά την διάρκεια των μηνών. Συμψηφίζοντας τα κέρδη από όλους τους μήνες του έτους, προκύπτει ένα ημερήσιο «καθαρό» οικονομικό όφελος της τάξης των 381,45€ - υποθέτοντας ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση – το οποίο ισοδυναμεί με 139229,25€ ετησίως. Συνολικά το ετήσιο όφελος που θα μπορούσαμε να αποκομίσουμε από την λειτουργία της εγκατάστασής μας, συνυπολογίζοντας τα οφέλη από την μείωση της αιχμής και υποθέτοντας δικαίωμα πώλησης της περίσσειας στις τιμές που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία ανέρχεται στα 241520,42€.

Υποθέτοντας μηδενικές ετήσιες χρηματοροές, από τον τύπο $NPV = -K + KTP * \frac{1}{i} \left(1 - \frac{1}{(1+i)^N} \right)$ για την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης[14]

όπου K: το κεφάλαιο για την επένδυση

KTP : η καθαρή ταμειακή ροή του έτους με πρόσημο όπως προκύπτει

N: ο οικονομικός κύκλος της επένδυσης

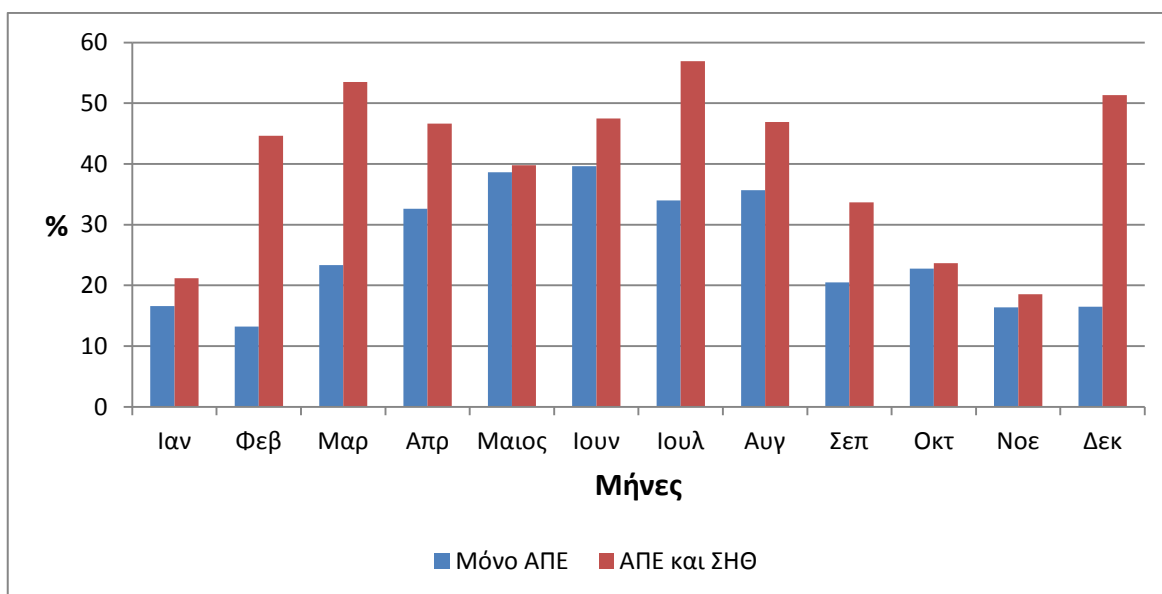
i : το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία

και υποθέτοντας N=20 και i=8% προκύπτει ότι για να είναι βιώσιμη η επένδυση μας – με αυτές τις συνθήκες – το αρχικό κεφάλαιο δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 2380000€. Το ποσό αυτό δεν είναι αρκετό, παρά μόνο για την αγορά των μονάδων ΑΠΕ, όπως είδαμε σε προηγούμενη παράγραφο. Το κόστος όμως των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής που θεωρήσαμε ότι πρέπει να εγκατασταθούν για να την κάλυψη των φορτίων της Πολυτεχνειούπολης είναι κατά πολύ μεγαλύτερο.

Πιο ενθαρρυντικά είναι τα αποτελέσματα από την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ στα Σαββατοκύριακα και τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση. Κοινό χαρακτηριστικό των ημερών αυτών είναι η χαμηλή ζήτηση θερμικής/ψυκτικής ενέργειας που παρατηρείται. Ιδίως τις Κυριακές, ανεξαρτήτου μήνα εφαρμογής ή κατανάλωσης, η ζήτηση

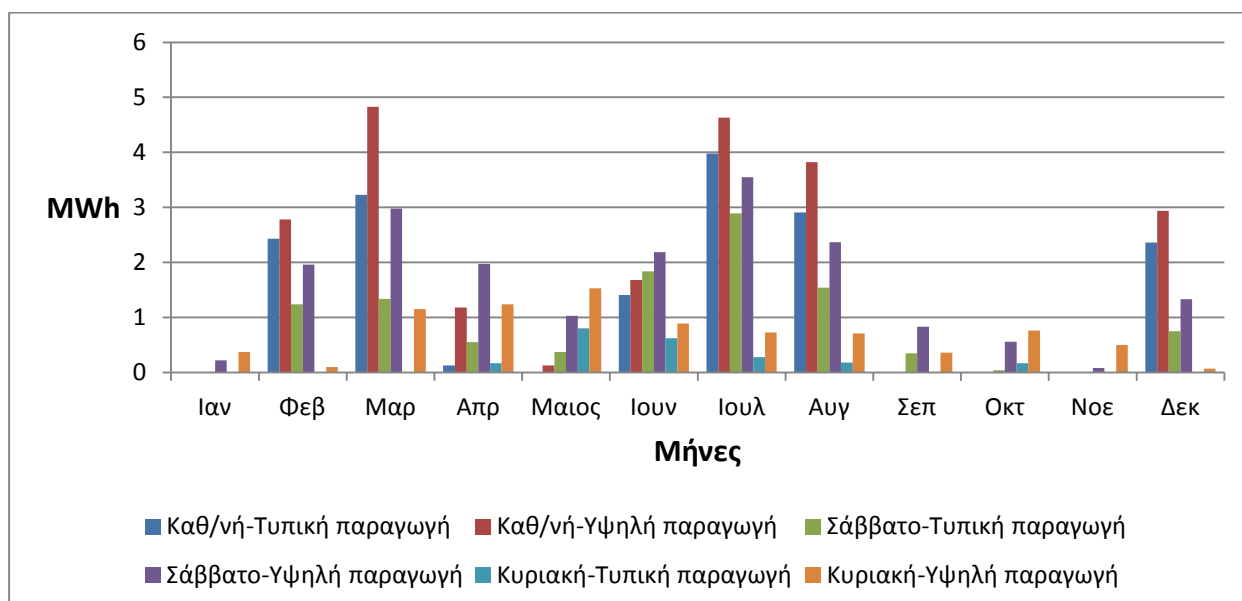
θερμικού φορτίου περιορίζεται στην παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης για τα κτίρια της Φοιτητικής Εστίας και Λέσχης και - τον χειμώνα – στην θέρμανση του κτιρίου της Εστίας.

Όσον αφορά λοιπόν τις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, η παραγωγή των μονάδων είναι σαφώς μικρότερη σε σχέση με άλλες ημέρες, ικανή όμως ώστε να μπορέσει να καλύψει ένα μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής ζήτησης των ημερών αυτών, όπως βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα.



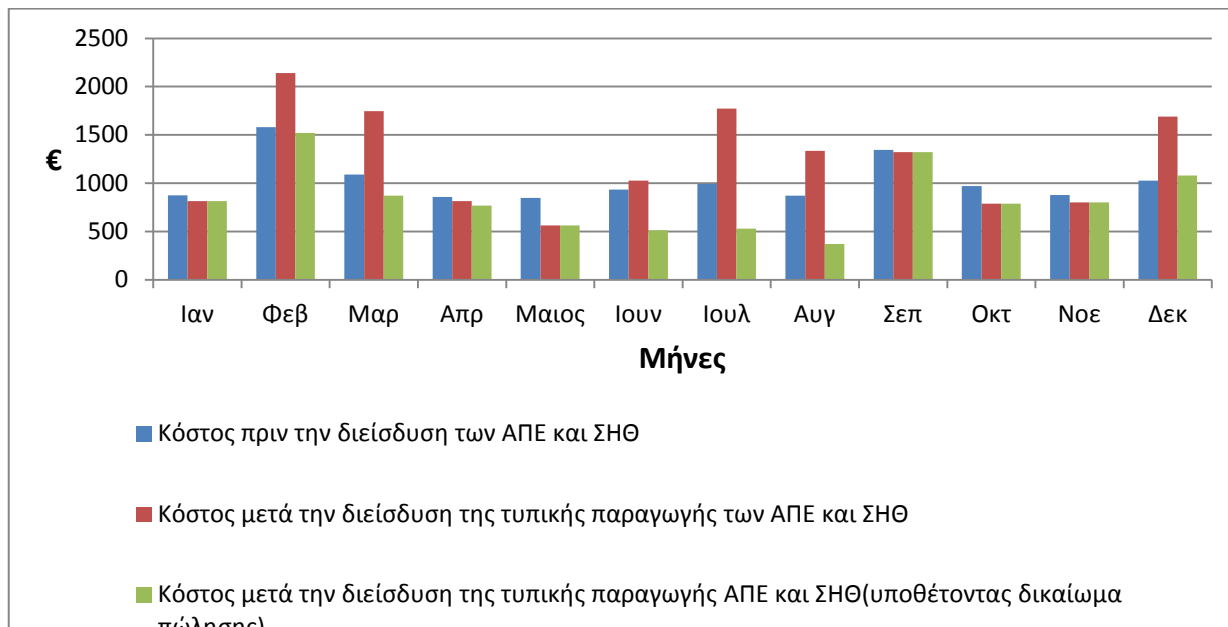
Διάγραμμα 5.13 Ποσοστό διείσδυσης της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στις καθημερινές ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση, υποθέτοντας τυπική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ

Και σε αυτή την περίπτωση παράγεται περίσσεια ενέργειας που μπορεί να διατεθεί προς πώληση στο δίκτυο, η ποσότητα της οποίας είναι αρκετά μικρότερη σε σχέση με το πλεόνασμα των ημερών με μέση και υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση. Η μέγιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να διοχετευτεί προς το ανάντη δίκτυο ανέρχεται στις 4,83MWh, όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα.



Διάγραμμα 5.14 Ποσά περίσσειας ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘ κατά την διάρκεια των ημερών με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

Σε αντίθεση με τους άλλους τύπους ημέρας που εξετάστηκαν(μέση και υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση), η διαφορά κόστους πριν και μετά την διείσδυση της παραγωγής των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής δεν είναι τόσο μεγάλη, όμως και πάλι το κόστος που προκύπτει από την λειτουργία της νέας εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο. Βέβαια, αν υποθέσουμε δικαίωμα πώλησης της περίσσειας ενέργειας, προκύπτει ξεκάθαρο όφελος από την προτεινόμενη εγκατάσταση.



Διάγραμμα 5.15 Κόστος λειτουργίας για τις καθημερινές ημέρες του έτους με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση

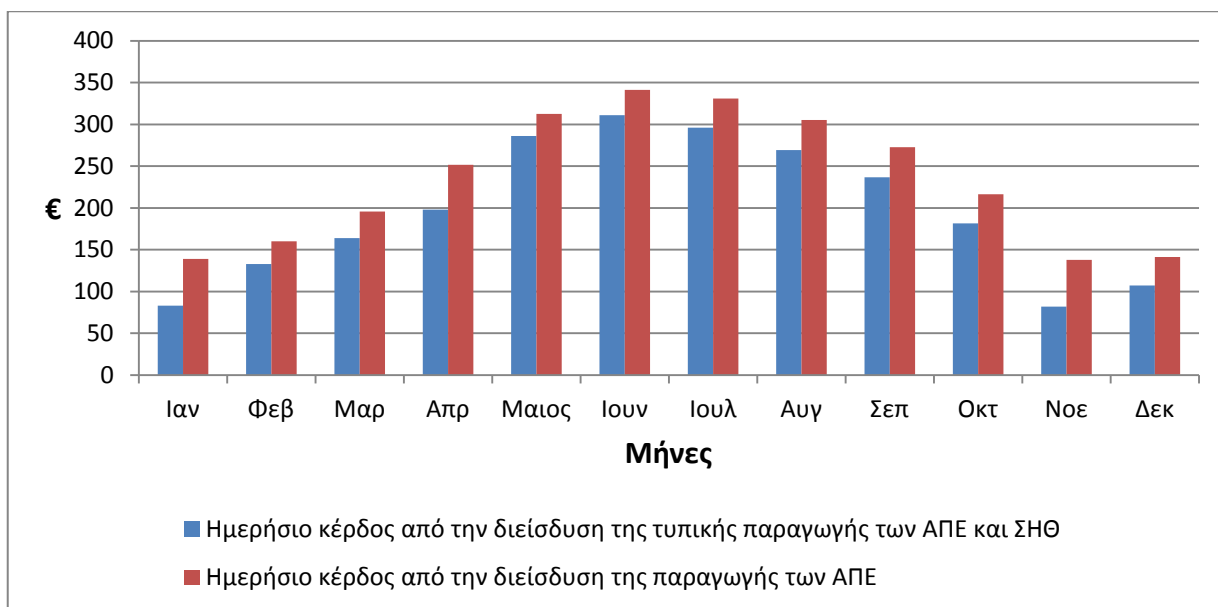
Δεν μπορούμε να στηριχθούμε στις ημέρες με χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την βιωσιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης, τα αποτελέσματα όμως από την λειτουργία των μονάδων στις ημέρες με χαμηλή ανάγκη για θέρμανση/ψύξη μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πιθανότατα θα ήταν συμφέρουσα η κάλυψη μέρους των θερμικών/ψυκτικών αναγκών της Πολυτεχνειούπολης χρησιμοποιώντας ίσως μικρότερο αριθμό μονάδων με μεγαλύτερο συντελεστή χρησιμοποίησης.

Τα αποτελέσματα από την διερεύνηση μιας τέτοιας περίπτωσης, με την λειτουργία μόνο των μονάδων ΣΗΘ για την κάλυψη του θερμικού φορτίου της Εστίας(3 μονάδες ΣΗΘ) και των αντίστοιχων για την κάλυψη της παραγωγής Ζ.Ν.Χ. έδειξαν ότι:

α)Ακόμα και με την λειτουργία αυτών των λίγων μονάδων ΣΗΘ, που ουσιαστικά καλύπτουν ένα πολύ μικρό μέρος του συνόλου του θερμικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης αφού απευθύνονται στην ζήτηση της Φοιτητικής Εστίας και στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ., μαζί με την λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ επιτυγχάνουμε ικανοποιητική μείωση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, της τάξης του 22,6% υποθέτοντας τυπική και του 32,55% από την υψηλή παραγωγή των ΑΠΕ.(βλέπε διάγραμμα 4.73, παράγραφος 4.7.3)

β)Η παραγωγή των μονάδων αυτών, είναι ικανή να μειώσει την ζήτηση αιχμής της Πολυτεχνειούπολης σε ποσοστό μέχρι και 14,42% μεγαλύτερο σε σχέση με μόνο την παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ. Η νέα αιχμή ζήτησης για το έτος διαμορφώνεται στα 1262kW, μειωμένη κατά 14,75% σε σχέση με την μετρούμενη τιμή για το έτος 2010. Ταυτόχρονα οι εκπομπές ρύπων μειώνονται, αλλά κυρίως λόγω της παραγωγής ενέργειας από τις περιβαλλοντικά καθαρές ΑΠΕ.

γ) Από την διείσδυση της παραγωγής των συγκεκριμένων μονάδων στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των ημερών με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, προκύπτει όφελος μεν, όχι όμως μεγαλύτερο από αυτό που προκύπτει από την διείσδυση μόνο των μονάδων ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, - όπως μας πληροφορεί το παρακάτω διάγραμμα – γεγονός που κάνει την ένταξη αυτών των λίγων μονάδων μη συμφέρουσα.



Διάγραμμα 5.16 Σύγκριση οφέλους της διείσδυσης της παραγωγής των ΑΠΕ(τυπική παραγωγή) και ΣΗΘ(Φοιτητική Εστία και ΖΝΧ) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για τις καθημερινές ημέρες με μέση ηλεκτρική κατανάλωση, με την διείσδυση μόνο των μονάδων ΑΠΕ

δ) Επιπροσθέτως, από την παραγωγή των μονάδων αυτών προκύπτει περίσσεια ενέργεια διάφορες ημέρες του έτους(βλέπε πίνακα 4.55, παράγραφο 4.7.3), η οποία μπορεί να διατεθεί προς το διασυνδεδεμένο δίκτυο, συμβάλλοντας έτσι στην αποφόρτιση του Υ/Σ Χανίων.

5.1.4. Γενικά συμπεράσματα για την λειτουργία των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής

- Η συμμετοχή των προτεινόμενων μονάδων ΑΠΕ(Φ/Β Συστήματα και Ανεμογεννήτριες) στην κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης μπορεί να αποβεί ουσιαστικό τόσο για το ίδιο το Πολυτεχνείο Κρήτης, το οποίο καλύπτει μέρος της ηλεκτρικής ζήτησης του παράγοντας τοπικά την απαιτούμενη ενέργεια, όσο και για το περιβάλλον, μιας και η παραγωγή ενέργειας κάνοντας χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μειώνει σημαντικά τις εκπομπές αέριων ρύπων. Μάλιστα η υψηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αντίθεση με το χαμηλό αιολικό δυναμικό στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αντικατάσταση των Α/Γ με περισσότερα Φ/Β Συστήματα θα μπορούσε να επιφέρει μεγαλύτερα οφέλη, αν και το μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης των Φ/Β σε σχέση με τις μικρές Ανεμογεννήτριες αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για κάτι τέτοιο.
- Η εγκατάσταση των προτεινόμενων μονάδων παραγωγής για την κάλυψη του συνόλου του θερμικού/ψυκτικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης με ταυτόχρονη κάλυψη μεγάλου ποσοστού του ηλεκτρικού φορτίου – τόσο από την παραγωγή των ΣΗΘ όσο και από την παραγωγή των ΑΠΕ - κρίνεται μη συμφέρουσα. Η απουσία επιλογής όσον αφορά την χρήση φυσικού αερίου, το οποίο αποτελεί το σύνηθες καύσιμο που χρησιμοποιείται στην συμπαραγωγή, και η διαρκώς αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι λόγοι που καθιστούν απαγορευτική μια τέτοια επένδυση.

- Για κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις που εξετάστηκαν(μόνο ΑΠΕ, ταυτόχρονη παραγωγή από μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘ για κάλυψη όλου του θερμικού φορτίου, παραγωγή από ΑΠΕ και ΣΗΘ για κάλυψη μέρους των θερμικών αναγκών), το δίκτυο των Χανίων μπορεί να αποκομίσει όφελος, καθώς και στις τρεις περιπτώσεις η λειτουργία των μονάδων έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση περίσσειας ενέργειας η οποία μπορεί να διοχετευθεί προς το δίκτυο, συμβάλλοντας στην ελάφρυνση του δικτύου. Οι μέγιστες ποσότητες ενέργειας και ισχύος που μπορεί να λάβει το δίκτυο – ανά συνδυασμό λειτουργίας των μονάδων - δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(kWh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ(kW)
Μόνο ΑΠΕ	1479,43	249,91
ΑΠΕ και ΣΗΘ(για κάλυψη του συνόλου των θερμικών αναγκών)	32486,23	3073,79
ΑΠΕ και ΣΗΘ(για κάλυψη μέρους των θερμικών αναγκών)	1529,32	255,45

Πίνακας 5-1 Μέγιστες ποσότητες περίσσειας παραγωγής ενέργειας

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση

Τα όρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας σταματούν στην μελέτη της επίδρασης που θα μπορούσε να έχει η εγκατάσταση μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης, με σκοπό την κάλυψη του συνόλου του θερμικού/ψυκτικού φορτίου των κτιρίων αυτής, αλλά και μέρος του ηλεκτρικού φορτίου.

Από εκεί και πέρα, προκειμένου να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τα οφέλη που μπορεί να αποδώσει η εγκατάσταση μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης, απαιτείται μακροχρόνια καταγραφή κλιματολογικών δεδομένων(ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητα ανέμου) σε όσο το δυνατόν περισσότερες περιοχές της έκτασης της Πολυτεχνειούπολης, καθώς και μελέτη για την εύρεση του βέλτιστου τρόπου εγκατάστασης των μονάδων αυτών, εύρεση δηλαδή της περιοχής με το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό, εύρεση βέλτιστης γωνίας κλίσης για εγκατάσταση των Φ/Β Συστημάτων, διερεύνηση για tracking κ.τ.λ.

Όσον αφορά τις μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής που λειτουργούν κάνοντας χρήση συμβατικών καυσίμων, είδαμε ότι μια τέτοια κίνηση δεν θα μπορούσε να αποβεί οικονομικά συμφέρουσα. Παρόλα αυτά, η εγκατάσταση μονάδων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας για την κάλυψη μέρους – και όχι όλου – του κλιματιστικού φορτίου της Πολυτεχνειούπολης, σε παράλληλη λειτουργία με τους συμβατικούς λέβητες θέρμανσης, θα μπορούσε να κριθεί ως βιώσιμη λύση, όμως για να συμβεί κάτι τέτοιο απαιτείται περαιτέρω ανάλυση η οποία να περιλαμβάνει τα εξής σημεία :

- Ακριβέστερη καταγραφή των θερμικών αναγκών των κτιρίων, πιθανότατα με την χρήση συστήματος BMS (Building Management System) και με χρήση θερμοδομετρητών στις κυριότερες αναχωρήσεις για μέτρηση των ποσοτήτων πετρελαίου που καταναλώνονται

- Διερεύνηση δυνατότητας εφαρμογής μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες θα συμβάλλουν καθοριστικά στην μείωση των απαιτούμενων φορτίων αλλά και της ισχύος των μονάδων που απαιτούνται για την κάλυψη αυτών
- Εκ νέου διαστασιολόγηση των απαιτούμενων μονάδων για την κάλυψη των εκτιμώμενων αναγκών, και εύρεση του σημείου στο οποίο αυτές θα πρέπει να λειτουργούν ώστε η συνεισφορά τους στην μείωση του φορτίου να είναι επικερδής
- Διερεύνηση των δυνατοτήτων των μονάδων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας με υψηλότερο ποσοστό θερμικής παραγωγής σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρική(μονάδες με μικρό Power to Heat Ratio)

Αφού ληφθεί η απόφαση για τον τύπο και το μέγεθος των μονάδων που θα χρειαστούν, απαιτείται κατασκευαστική μελέτη η οποία θα περιλαμβάνει στοιχεία όπως η θέση εγκατάστασης των μονάδων, οι εργασίες διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ κ.α. Χρήσιμη επίσης θα ήταν η διενέργεια μελέτης αναφορικά με την πιθανότητα παροχής φυσικού αερίου για την λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ και επιπροσθέτως διερεύνηση των τιμών αγοράς καυσίμου(είτε πρόκειται για πετρέλαιο είτε για φυσικό αέριο), αλλά και των τιμών πώλησης της τοπικά παραγόμενης ενέργειας προς το ανάντη δίκτυο.

Αναφορές-Βιβλιογραφία

- [1] European Technology Platform SmartGrids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future, EUR 22040,2006. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrid_en.pdf
- [2] ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ, Διαδικτυακός τόπος : www.desmie.gr
- [3] Νόμος 3851/2010, «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής», Ιούνιος 2010
- [4] Αντώνιος Γ. Τσικαλάκης, «Πρόσθετες σημειώσεις για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας», Σημειώσεις για το μάθημα «Παραγωγή και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας», Τμήμα ΗΜΜΥ Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά Χειμερινό Εξάμηνο 2010-2011
- [5] Αντώνιος Γ. Τσικαλάκης, «Συμβολή στον προγραμματισμό λειτουργίας Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας με μεγάλη διείσδυση διεσπαρμένης και ανανεώσιμης παραγωγής και συσκευών αποθήκευσης», Διδακτορική Διατριβή, Σχολή ΗΜΜΥ ΕΜΠ, Ιούλιος 2008
- [6] Nikos D. Hatziargyriou, Antonios G. Tsikalakis, T. Tomtsi, E. Karfopoulos, G. Karagiorgis, C. Christodoulou, A. Poullikas, «Evolution of Virtual Power Plant(VPP) Operation Based on Actual Measurements», 7th MedPower 2010, MED 10/136
- [7] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Διαδικτυακός τόπος : portal.tee.gr
- [8] A.Tsikalakis , N.Hatziargyriou, K.Papadogiannis, J.Stefanakis, E.Thallassinakis, «Financial Contribution of Wind Power on the Island System of Crete», Proc of RES for Islands Conference, Crete May 2003, pp21-31
- [9] Joseph H. Eto, «On Using Degree-days to Account for the Effects of Weather on Annual Energy Use in Office Buildings», Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720(USA) March 1988
- [10] Π.Δ. Μπούρκας, «Εφαρμογές κτιριακών-βιομηχανικών μελετών και εγκαταστάσεων», Εκδόσεις Συμεών
- [11] Αναστάσιος Γ. Μπακιρτζής, «Οικονομική Λειτουργία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας», Εκδόσεις ΖΗΤΗ
- [12] Διαδικτυακός τόπος : www.homerenergy.com
- [13] TEDOM, Διαδικτυακός τόπος : www.tedom.eu
- [14] Αντώνιος Γ. Τσικαλάκης, «Πρόσθετες σημειώσεις για Οικονομική Ανάλυση Επενδυτικών Σχεδίων», Σημειώσεις για το μάθημα «Παραγωγή και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας», Τμήμα ΗΜΜΥ Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά Χειμερινό Εξάμηνο 2010-2011