



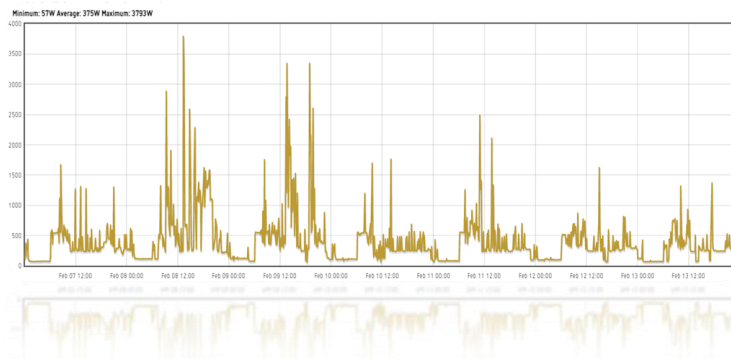
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Δημιουργία μοντέλου πραγματικού χρόνου- βασισμένο στις υπογραφές των ηλεκτρικών συσκευών –με σκοπό το προσδιορισμό του οφέλους του οικιακού καταναλωτή κατά τη μετακίνηση της κατανάλωσης στο νυχτερινό τιμολόγιο

Φοιτητής
Χατζηδανιδ Δαβίδ
Α.Μ. TM6374



Επιβλέπων καθηγητής
Σακκάς Νικόλαος

Ηράκλειο 2022

Ευχαριστίες .

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Σακκά Νικόλαο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα ,καθώς και την υποστήριξη που μου προσέφερε για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου. Κλείνοντας αυτό το κύκλο σπουδών θα ήθελα να ευχαριστήσω το διδακτικό προσωπικό του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ. Η επιστημονική και τεχνολογική κατάρτιση που μου προσέφεραν ξεπέρασε κάθε προσδοκία.

Επίσης τη γυναίκα μου Μαρία και τη κόρη μου Άρτεμις για την κατανόηση και την υπομονή που έδειξαν σε όλο αυτό το διάστημα.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	3
Περίληψη.....	6
1.1 Εισαγωγή.....	7
1.2 Δομή πτυχιακής.....	7
2 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	9
2.1 Εγκατεστημένη ισχύς	9
2.2 Κόστος παραγωγής.....	13
2.3 Δίκτυο μεταφοράς και διανομής.....	16
2.4 Τιμολογιακή πολιτική.....	18
3 Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ.....	21
3.1 Εισαγωγή.....	21
3.2 Η ανατροφοδότηση	22
3.3 Οι προβλέψεις της ζήτησης και η διαχείριση της.....	22
3.3.1 Καμπύλες φορτίου.....	27
3.3.2 Διαχείριση ζήτησης.....	31
3.4 Η δυναμική τιμολόγηση.....	33
3.5 Η Μετακίνηση στο νυχτερινό τιμολόγιο.....	33
4 Η ΜΕΘΟΔΟΣ NILM	36
4.1 Εισαγωγή.....	36
4.2 Τα χαρακτηριστικά της NILM	36
4.3 Η ανατροφοδότηση των χρηστών.....	39
4.4 Εφαρμογές.....	40
4.4.1 Διαχείριση συστήματος.....	41
4.4.2 Βελτίωση υπηρεσιών και μείωση κόστους.....	41
4.4.3 Ανάπτυξη αγοράς.....	42
4.4.4 Διαχείριση φορτίου και κατανάλωσης.....	43
4.4.5 Υγειονομική περίθαλψη	44
4.4.6 Βιομηχανικές εφαρμογές.....	44
4.4.7 Ψηφιακή εφαρμογή σε κινητό.....	46
4.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	49
4.5.1 Εγκατάσταση μετρητή.....	49
4.5.2 Συλλογή δεδομένων.....	50

4.5.3	Εντοπισμός γεγονότος	50
4.5.4	Αναγνώριση συσκευών & εντοπισμός συσκευών	50
4.5.5	Το ψυγείο.....	56
4.5.6	Πλυντήριο Ρούχων	56
4.5.7	Ηλεκτρικός Φούρνος & Εστίες.	57
4.5.8	Ταξινόμηση συσκευών	57
5	ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	59
5.1	Μεθοδολογία	59
5.2	Δοκιμαστική περίοδος.....	61
5.3	Εντοπισμός	62
5.4	Καμπύλες φορτίου συσκευών & ψηφιακές υπογραφές.....	63
5.4.1	Πλυντήριο πιάτων	63
5.4.2	Το πλυντήριο ρούχων	64
5.4.3	Ηλεκτρικός φούρνος.....	65
5.4.4	Ηλεκτρική εστία	66
5.4.5	Καφετιέρα.....	67
5.5	Ημερήσιες καμπύλες	68
5.6	Εβδομαδιαίες καμπύλες.....	71
5.7	Μηνιαίες καμπύλες και καιρικές συνθήκες.....	72
5.8	Ετήσιες καμπύλες.....	75
5.9	Εξοικονόμηση ενέργειας.	76
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

Περίληψη στα αγγλικά

Today (2022) Europe is facing an unprecedented energy crisis that proves the value of electricity. Proper energy management is a key goal set by all developed countries. Saving energy contributes to the protection of the environment and the economy of a country. Electricity is a valuable asset and its waste has socio-political implications. For this reason, methods have been developed to monitor both the production and consumption of electricity. A reliable and economical method is the NILM method. It is based on the use of a single meter and does not require major interventions in the building or equipment. The data is collected and stored. It is then processed with the help of algorithm or neural networks. We used this method to analyze the electricity consumption in a house in Athens. In order to separate the consumption, it is necessary to know the "digital signature" of each device. This was preceded by a trial period of about one month. During this time it was known which device was in operation. The analysis of the data gave us information on the daily, weekly, monthly and annual consumption. There was a correlation with statistical data and weather conditions. The results were in line with official statistics on household consumption. It was found that weather conditions (eg heatstroke) affect electricity consumption. They can increase consumption by up to 30% compared to other days of the month. Finally, the profit for the transition of consumption to the night tariff was calculated. Dynamic pricing is not widespread in Greece and that is why the benefit was chosen to be based on a realistic scenario. The annual benefit for two devices was estimated at about 30% and is comparable to the cost of buying a meter. In conclusion, the NILM method is an easy-to-use method that can offer satisfactory results and contribute positively to what is called "sustainable development".

Περίληψη

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα πολύτιμο αγαθό το οποίο είναι πλέον αναντικατάστατο παρά το γεγονός ότι έχει εμφανιστεί στη ζωή μας το τελευταίο αιώνα. Αποθηκεύεται δύσκολα και η ζήτηση της επηρεάζεται από ένα πλήθος διαφορετικών παραγόντων.

Στις επόμενες σελίδες θα αναλυθούν τα χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας ,το οποίο λόγω ποικίλων συγκυριών βρίσκεται σε σημείο καμπής. Διεθνείς συγκυρίες έχουν επαναφέρει στο προσκήνιο την ανάγκη για δυναμική τιμολόγηση. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι παρακολούθησης της ηλεκτρικής κατανάλωσης όπως η NILM με σκοπό την τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο και τη καλύτερη διαχείριση του συστήματος. Η μέθοδος NILM χαρακτηρίζεται από απλότητα, χαμηλό κόστος και σχετικά μεγάλη αξιοπιστία. Θα παρουσιαστούν τα στάδια της μεθόδου, πρακτικές εφαρμογές ,τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της.

Το τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη πρακτική εφαρμογή της μεθόδου. Για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκε έξυπνος μετρητής σε οικία στην Αθήνα. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με σκοπό τη δημιουργία ψηφιακών υπογραφών κάθε συσκευής. Θα εντοπιστούν τα χαρακτηριστικά των συσκευών όπως απεικονίζονται στην καμπύλη φορτίου. Η δυναμική τιμολόγηση στην Ελλάδα δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως και η τιμή της κιλοβατώρας δεν διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Υπάρχουν βέβαια ρήτρες αναπροσαρμογής που επιβαρύνουν το λογαριασμό όταν υπάρχει αυξημένη ζήτηση .Στους οικιακούς πελάτες δεν προκύπτει διαφορά αν η κατανάλωση μετατοπιστεί μερικές ώρες πριν ή μετά από τις ώρες αιχμής.

Διαφορά στο τιμολόγιο προκύπτει όταν οι συσκευές μετακινηθούν στο νυχτερινό τιμολόγιο. Για αυτό θα αναλυθεί το όφελος για τον καταναλωτή αν και εφόσον το επιθυμεί να εκμεταλλευτεί αυτή τη διαφορά στο κόστος.

1.1 Εισαγωγή

Τη περίοδο συγγραφής της εργασίας (φθινόπωρο 2021) η Ευρώπη είναι αντιμέτωπη με μια μεγάλη ενεργειακή κρίση. Η τιμή του φυσικού αερίου άγγιξε νέα ιστορικά υψηλά στην Ευρώπη ενώ για πρώτη φορά η μέση τιμή της μεγαβατώρας ξεπέρασε τα 200 ευρώ. Εν όψει του χειμώνα αυτό δημιουργεί ασφυκτικές πιέσεις στην αγορά και στους καταναλωτές. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από το φυσικό αέριο πλησιάζει το 40% ενώ η τιμή του έχει αυξηθεί έως και 600%. Για την αντιμετώπιση της πρωτοφανούς αυτής κρίσης ανακοινώθηκαν μέτρα στήριξης προς τους καταναλωτές. Εκπτώσεις, μειώσεις φόρων και διεθνείς συνεργασίες με σκοπό την εξομάλυνση των τιμών. Η ενεργειακή κρίση ανέδειξε παθογένειες και αδυναμίες. Πρωτίστως την ανάγκη για εκσυγχρονισμό του δικτύου και επαναπροσδιορισμό του τρόπου διαχείρισης και κοστολόγησης της ενέργειας.

Η ανάγκη για σωστή διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί βασική προτεραιότητα για τις αναπτυγμένες χώρες καθώς η ποιότητα ζωής και η οικονομία βασίζεται σε αυτή. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής και οι μεγάλες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια μπορούν να οδηγήσουν σε οικονομική κρίση και να συμβάλουν αρνητικά στη κλιματική αλλαγή. Υπάρχουν πολλές έρευνες που δείχνουν ότι η πληροφόρηση σχετικά με την κατανάλωση της ενέργειας μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας (Nguyen et al., 2017). Η ανάλυση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να προσφέρει δίκαιη τιμολόγηση και σημαντικό όφελος τόσο για τους καταναλωτές όσο και για τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα μπορεί να συνεισφέρει θετικά στην αξιοπιστία του δικτύου καθώς οι αυξομειώσεις της ζήτησης μπορεί να οδηγήσουν σε κατάρρευση του συστήματος. (Carmin, 1955)

1.2 Δομή πτυχιακής

Στο πρώτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες του ηλεκτρικού συστήματος στην Ελλάδα. Αναλύονται μεγέθη που σχετίζονται με τη παραγωγή της ενέργειας όπως το καύσιμο, το δίκτυο και οι απώλειες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της ηλεκτρικής ενέργειας ως προς το άλλο άκρο δηλαδή τη κατανάλωση της ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια σε επίπεδο μιας χώρας δεν μπορεί να αποθηκευτεί και η ζήτηση είναι αυτό που καθορίζει τη παραγωγή. Επομένως ο καταναλωτής μπορεί να επηρεάζει και τη τιμή πώλησης. Για αυτό η στατική τιμολόγηση θεωρείται ξεπερασμένη και τείνει να αντικατασταθεί από τη δυναμική τιμολόγηση. Προϋπόθεση για τη δυναμική τιμολόγηση είναι η παρακολούθηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Θα παρουσιαστεί η μη παρεμβατική μέθοδος NILM την οποία θα

χρησιμοποιήσουμε για να αναλύσουμε την κατανάλωση μιας κατοικίας στην Αθήνα με τη χρήση ενός μετρητή.

Στο επόμενο μέρος της εργασίας θα γίνει ανάλυση των δεδομένων κατανάλωσης σε μια τυπική οικία στην Αθήνα. Βασικός στόχος είναι ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών μιας συσκευής μέσω ενός έξυπνου μετρητή. Κάθε συσκευή έχει ένα διαφορετικό τρόπο λειτουργίας και δημιουργεί ένα συγκεκριμένο αποτύπωμα το οποίο ονομάζεται ηλεκτρική υπογραφή. Αυτό σημαίνει ότι με τον κατάλληλο αλγόριθμο και τις κατάλληλες προσεγγίσεις μπορεί να προσδιοριστεί η συσκευή που βρίσκεται σε λειτουργία χρησιμοποιώντας ένα μόνο έξυπνο μετρητή στη κεντρική παροχή. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά συσκευή είτε σε πραγματικό χρόνο είτε να γίνει εκτίμηση για μελλοντική χρήση

Στο τελευταίο μέρος ακολουθεί η παρουσίαση και η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδους σε οικία στην Αθήνα. Αναλύθηκε η κατανάλωση ενέργειας σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία και ετήσια βάση. Έγινε προσπάθεια για αναγνώριση των συσκευών. Έγινε ανάλυση της κατανάλωσης σε σχέση με τις καιρικές συνθήκες κάθε εποχής και εντοπίστηκε ισχυρή συσχέτιση.

2 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 Εγκατεστημένη ισχύς

Η εγκατεστημένη ισχύς που διαθέτει η ΔΕΗ ανέρχεται στα 11,3 GW. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας για δεκαετίες βασιζόταν σε λιγνιτοπαραγωγικές μονάδες καθώς η Ελλάδα είναι πλούσια σε αυτό το ορυκτό. Παρά το γεγονός ότι ο λιγνίτης έχει υποδεέστερη θερμαντική αξία σε σχέση με άλλους λιθάνθρακες όπως ο ανθρακίτης προσέφερε σημαντικά στην ηλεκτρική αυτονομία της χώρας. Η ιδιομορφία της χώρας με πλήθος απομακρυσμένων νησιών έχει οδηγήσει σε μικρούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας σε κάθε νησί καταναλώνοντας υγρά καύσιμα όπως μαζούτ και ντίζελ. Η μεταφορά των καυσίμων σε αυτά τα νησιά γίνεται με πλοία ανεβάζοντας ακόμα περισσότερο το κόστος παραγωγής. Σημαντικό πρόβλημα η έλλειψη διασύνδεσης αφού ακόμα και μεγάλα νησιά όπως η Κρήτη συνδέθηκαν με το δίκτυο της Ηπειρωτικής Ελλάδας μόλις το 2021.

Η Ευρώπη έχει θέσει στη Ελλάδα αυστηρούς περιβαλλοντικούς όρους ώστε να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς τα ορυκτά καύσιμα συμβάλουν σημαντικά στη παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα. Έχει δεσμευτεί για συγκεκριμένους ενεργειακούς στόχους. Μέσα στην επόμενη δεκαετία πρέπει να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου κατά 40% σε σχέση με το 1990 και βελτίωση της αποδοτικότητας τουλάχιστον 32,5%. Για αυτούς τους λόγους η ανάγκη για καταγραφή της ηλεκτρικής κατανάλωσης και η δυναμική τιμολόγηση έχει επανέλθει στο προσκήνιο παρά το γεγονός ότι στο εξωτερικό εφαρμόζεται εδώ και δεκαετίες. Η Ελλάδα συμμετέχει στο ερευνητικό έργο Interconnect¹ μέσω πέντε φορέων και το έργο εμπίπτει στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα Horizon 200 (IENE 2020). Η ΔΕΗ έχει ξεκινήσει τη διαδικασία αντικατάστασης των συμβατικών μετρητών με έξυπνους μετρητές και ικανότητα τηλεμέτρησης. Επίσης έχει προαναγγελθεί ο εκσυγχρονισμός του δικτύου ώστε να μειωθεί το κόστος συντήρησης.

Η χώρα έχει αναγκαστεί να στραφεί σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως το ακριβότερο φυσικό αέριο και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οδηγήθηκε στην εγκατάλειψη του ορυκτού κοιτάσματος αξίας 100 δις ευρώ το οποίο είναι επιζήμιο για την οικονομία της χώρας. Σύμφωνα με τη ΔΕΗ² τα επιβεβαιωμένα αποθέματα λιγνίτη στη χώρα ανέρχονται σε περίπου 5 δις τόνους από τα οποία είναι κατάλληλα περίπου 3,2 δις τόνοι σύμφωνα με τα τεχνικο-οικονομικά δεδομένα. Αυτές οι ποσότητες αντιστοιχούν σε περίπου 450 εκ. τόνους πετρελαίου. Οι μεγαλύτερες ποσότητες, περίπου 1,8 δις τόνοι βρίσκονται σε περιοχές της Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας. Αξίζει να σημειωθεί ότι με βάση τα συνολικά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη και το προγραμματιζόμενο ρυθμό κατανάλωσης

¹ interoperable Solutions Connecting Smart Homes, Buildings and Grids

² <https://www.dei.gr/el/oruxeia/apothemata-kai-poiotita>

στο μέλλον ,υπολογίζεται ότι αυτά τα αποθέματα επαρκούν για περισσότερο από 45 χρόνια. Ενδεικτικά μέχρι σήμερα έχει εξορυχτεί περίπου το 29% των κοιτασμάτων. Η Ελλάδα εκτός από λιγνίτη διαθέτει και άλλα κοιτάσματα -όπως ένα μεγάλο κοιτάσμα Τύρφης στη περιοχή των Φιλιππων -τα οποία υπολογίζονται σε περίπου 4 δις κυβικά μέτρα. Ισοδυναμούν σε 125 εκατ. τόνων πετρελαίου καθώς η τύρφη έχει υποδεέστερη θερμαντική αξία. Τέλος η χρήση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποφέρει στην Ελλάδα τεράστια εξοικονόμηση συναλλάγματος το οποίο υπολογίζεται περίπου στα 1δις δολάρια ετησίως .Στα θετικά η σταθερή τιμή και το γεγονός ότι είναι εγχώριο προϊόν. Επομένως προσφέρει σταθερότητα και ασφάλεια σε αντίθεση με το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο που είναι ευαίσθητα όπως συμβαίνει τη τρέχουσα περίοδο.

Σήμερα υπάρχουν αρκετοί ιδιώτες παραγωγοί οι οποίοι προσδοκούν να αυξήσουν ακόμα περισσότερο το ποσοστό συμμετοχής . Σύμφωνα με το μηνιαίο δελτίο του ΑΔΜΗΕ για το έτος 2020 το ποσοστό της ΔΕΗ στη παραγωγή κυμάνθηκε από 64% τον Οκτώβριο έως μέγιστο 72% τον Ιανουάριο. Η Mytilineos Holding ,είναι ο μεγαλύτερος ιδιώτης με ποσοστό 6-8%.Ακολουθούν η εταιρία Ήρων Θερμοηλεκτρική Α.Ε. με 6%,η Elpedison Ενεργειακή Α.Ε. με ποσοστό 4,5%,η NRG Trading House S.A. με ποσοστό κοντά στο 3% και η Watt and Volt Α.Ε. με ποσοστό περίπου 2,5%.Υπάρχουν ακόμα περίπου 30 παραγωγοί με μικρότερα ποσοστά που αποδεικνύουν όμως το μεγάλο ενδιαφέρον που έχει ο τομέας της ενέργειας .Οι ιδιώτες χρησιμοποιούν κυρίως το φυσικό αέριο ως καύσιμο.

Η χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου είναι περίπου 40% και συμβάλει επίσης αρνητικά στη παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα αλλά λιγότερο σε σχέση με το λιγνίτη. Το φυσικό αέριο είναι ακριβότερο από το πετρέλαιο και η ενεργειακή κρίση αποδεικνύει τους κινδύνους των εισαγόμενων καυσίμων όπως η τρέχουσα ενεργειακή κρίση .Η τιμή του καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά υπάρχει και ένας πλήθος άλλων παραγόντων. Για παράδειγμα οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζονται από το κόστος των ρύπων που εκλύονται κατά τη παραγωγή της. Οι τιμές των δικαιωμάτων των ρύπων έχουν τριπλασιαστεί σε ένα χρόνο. Στην Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη το φυσικό αέριο προέρχεται από τη Ρωσία και το Αζερμπαϊτζάν με αγωγούς ή και σε υγροποιημένη μορφή με δεξαμενόπλοια. Δεν υπάρχει πρόβλεψη για υπόγεια αποθήκευση και υπήρξε αστοχία των ευρωπαϊκών χωρών να προβλέψουν την αυξημένη ζήτηση.Οι παραπάνω συγκυρίες οδήγησαν στην αύξηση της τιμής του.Απο την άλλη πλευρά υπάρχουν πολλά θετικά όπως η υψηλή θερμική απόδοση των εργοστασίων ειδικά όταν η τεχνολογία γίνεται με συνδυασμένο κύκλο. Ενδεικτικά η νέα μονάδα τεχνολογίας φυσικού αερίου της Μυτιληναίος με έναρξη το 2022 θα έχει θερμική απόδοση 63% και θα είναι η μεγαλύτερη και αποδοτικότερη στην Ελλάδα.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) κερδίζουν συνεχώς έδαφος- ως προτεινόμενη εναλλακτική λύση-αν και υπάρχουν αρκετές αντιδράσεις από πολίτες και περιβαλλοντικές οργανώσεις. Την προηγούμενη δεκαετία δημιουργήθηκε έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον σε φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα κάτι που συνεχίζει μέχρι σήμερα. Η πίεση για την επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές έχει οδηγήσει σε μια ανεξέλεγκτη έκρηξη δημιουργίας αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων αγνοώντας συχνά την γνώμη των τοπικών φορέων. Ως αποτέλεσμα αρκετοί πολίτες έχουν αρνητική στάση απέναντι στα αιολικά πάρκα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι η μείωση της παραγωγής από εισαγόμενα και ακριβά ορυκτά καύσιμα όπως το φυσικό αέριο και ενεργειακή αυτονομία. Ταυτόχρονα μπορούν να επιτύχουν εντυπωσιακή μείωση των ρύπων και τους κόστους παραγωγής μακροπρόθεσμα. Υπάρχει δυνατότητα χωροθέτησης με προοπτικές ανάπτυξης σε αναξιοποίητες περιοχές όπως βραχονησίδες κτλ. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από υψηλό αιολικό δυναμικό σχεδόν σε όλης της την έκταση.

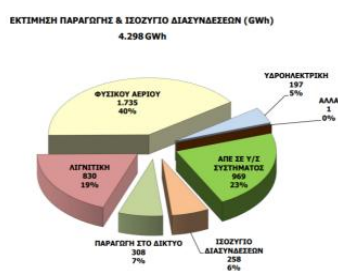
Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα είναι η αστάθεια που προκαλούν στο σύστημα τόσο στη παραγωγή όσο και στη συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης. Η πρόοδος της τεχνολογίας τείνει να μειώσει το πρόβλημα. Η διασύνδεση της νησιωτικής Ελλάδας με την Ηπειρωτική και με άλλες χώρες μπορεί να βοηθήσει στην σταθερότητα του συστήματος και στην αύξηση της απορρόφησης. Μεγάλο μειονέκτημα των ΑΠΕ είναι η απουσία τους σε ημέρες με μεγάλη ζήτηση. Για παράδειγμα όταν έχει καύσιμα δεν φυσάει ενώ η απόδοση των φωτοβολταϊκών πέφτει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Υπάρχει η αδυναμία αποθήκευσης αν και έχουν προταθεί διαφορετικές λύσεις για αυτό το μειονέκτημα.

Μια πολλά υποσχόμενη πρόταση για την επίλυση των προβλημάτων που αναφέρθηκαν είναι η δημιουργία υβριδικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Πρόκειται για συνδυασμό ΑΠΕ και υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συμβατικούς συσσωρευτές είναι απαγορευτική λόγω κόστους. Μια δεξαμενή νερού σε μεγάλο υψόμετρο μπορεί να λειτουργήσει ως αποθήκη ενέργειας. Σε περιόδους χαμηλής ζήτησης αιολικά πάρκα τροφοδοτούν αντλίες για μεταφορά νερού στην άνω δεξαμενή. Σε περιόδους ζήτησης το νερό χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή σε υδροηλεκτρικά εργοστάσια με μεγάλη απόδοση. Σήμερα η ΔΕΗ έχει θέσει σε λειτουργία ένα υβριδικό εργοστάσιο στην Ικαρία, ονόματι ΝΑΕΡΑΣ³. Το αιολικό πάρκο έχει ισχύ 2,7 μεγαβάτ ενώ τα μικρά υδροηλεκτρικά έχουν ισχύ 3,1 και 1,1 μεγαβάτ. Το ποσοστό των ΑΠΕ στο τοπικό δίκτυο της Ικαρίας προβλέπεται να φτάσει το 50% και οι εισπράξεις της ΔΕΗ τα 2,4 εκ. ευρώ το χρόνο. Στην ίδια λογική βρίσκεται υπό κατασκευή το μεγαλύτερο

³ <https://ppcr.gr/el/announcements/news/335-naeras-yvridiko-ergo-ikarias>

υβριδικό πάρκο στην Ευρώπη το οποίο θα κατασκευαστεί στο Αμάρι της Κρήτης από την ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ. Η παραγόμενη ενέργεια από τα δύο αιολικά πάρκα θα είναι 89,1 MW ,υδροηλεκτρικός σταθμός ισχύος 93MW και συγκρότημα αντλιών δυναμικότητας 140MW. Η επένδυση είναι της τάξης των 280 εκ. ευρώ και σημαντικό είναι η εγχώρια προστιθέμενη αξία της επένδυσης που μπορεί να αγγίξει το 170 εκ. ευρώ. Σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες πχ μπαταρίες δεν απαιτείται σημαντική εισαγωγή εξοπλισμού από το εξωτερικό με αποτέλεσμα η επένδυση να δημιουργεί θέσεις εργασίας στην Ελλάδα και μην υπάρχει διαρροή κεφαλαίων στο εξωτερικό. Αντίστοιχο έργο⁴ θα γίνει και στην Αμφιλοχία το οποίο σχετικά πρόσφατα έλαβε την έγκριση για χρηματοδότηση από το Μηχανισμό Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας (RRF) και η επενδυτική ενίσχυση θα είναι της τάξης των 250 εκ. ευρώ ενώ θα έχει εγκατεστημένη ισχύ 680MW και ετήσια παραγωγή 816,000GWH . Η κατασκευή έχει υψηλή εγχώρια προστιθέμενη αξία ,πάνω από 75% με το σύνολο της επένδυσης περίπου στα 780 εκ. ευρώ.

Μια άλλη σημαντική τεχνολογία για παραγωγή ενέργειας που αξίζει να αναφερθεί είναι οι εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου .Μια εναλλακτική μορφή ενέργειας είναι το βιοαέριο το οποίο μπορεί να παραχθεί από οργανικά απόβλητα. Αξιοποιεί απόβλητα σφαγείων, κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, ληγμένων τροφίμων και οικιακών αποβλήτων για δημιουργία βιοαερίου. Συμβάλει ενεργά στην διαχείριση των αποβλήτων αστικής ή βιομηχανικής προέλευσης. Τα τελευταία χρόνια στο Ηράκλειο της Κρήτης λειτουργεί σταθμός⁵ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο με εγκατεστημένη ισχύ 500KW επεκτάσιμο στα 2MW. Τα απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εδαφικό βελτιωτικό. Σύμφωνα με δημοσιεύματα⁶ έχει εγκριθεί η άδεια εννέα σταθμών βιοαερίου στη Κρήτη . Η προέλευση των αποβλήτων και η δυνατότητα εισαγωγής από περιοχές εκτός Κρήτης ή το εξωτερικό είναι ένα ζήτημα που απασχολεί τους τοπικούς φορείς.



Το φυσικό αέριο προσφέρει το 40% τη παραγωγή ενώ οι ΑΠΕ έχουν αυξήσει σημαντικά το μερίδιό τους τη τελευταία δεκαετία.

Εικόνα 1 Η ταξινόμηση της παραγωγής ανά καύσιμο

⁴ <https://www.tovima.gr/2016/12/14/finance/terna-energeiaki-ydroilektrika-erga-780-ekat-se-amfiloxia-kriti/>

⁵ <https://bioenergycrete.gr/etaireia/>

⁶ <https://www.neakriti.gr/article/life/1218988/apokalypsi-edwsan-adeia-se-9-monades-biomazas-stin-kriti/>

Στη παραγωγή ενέργειας συμμετέχουν και υδροηλεκτρικά εργοστάσια σε ένα μικρό αλλά σημαντικό ποσοστό. Η παραγωγή από άλλες μορφές ενέργειας όπως τα πυρηνικά εργοστάσια έχει απορριφθεί επειδή η χώρα είναι σεισμογενής, δεν έχει κοιτάσματα ουρανίου και την αντίστοιχη τεχνογνωσία. Υπάρχει αρνητική στάση τόσο των πολιτών όσο και των γειτονικών χωρών. Αξιοσημείωτο βέβαια είναι ότι η Τουρκία θα έχει θέσει σε λειτουργία το πυρηνικό εργοστάσιο στα παράλια το 2023. Οι πρόσφατες εξελίξεις με την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία έχουν επαναφέρει στο προσκήνιο τη συζήτηση για τα πυρηνικά. Η προβληματική προμήθεια ορυκτών καυσίμων οδήγησε σε ξέφρενη άνοδο των τιμών σε χιλιάδες προϊόντα.

2.2 Κόστος παραγωγής

Το κόστος παραγωγής της ενέργειας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες καθώς έχει πολλές ιδιομορφίες. Το παραγόμενο «προϊόν» δεν μπορεί να αποθηκευτεί επομένως θα πρέπει η παραγωγή να συμβαδίζει με την κατανάλωση. Υπάρχει μια ιδιαίτερη σχέση ανάμεσα στη «προσφορά και ζήτηση» καθώς η παραγωγή δεν μπορεί να είναι μικρότερη από τη ζήτηση. Ταυτόχρονα η αξιοπιστία του δικτύου έχει προτεραιότητα σε βάρος του κόστους παραγωγής. Συχνά οι μηχανές παραγωγής λειτουργούν αρκετά μακριά από το βέλτιστο βαθμό απόδοσης ώστε να μπορέσουν να καλύψουν μια πιθανή ζήτηση σε ενέργεια. Η πλειοψηφία των μηχανών παραγωγής είναι θερμικές μηχανές που χρησιμοποιούν ορυκτό καύσιμο (λιγνίτη, μαζούτ, ντίζελ, φυσικό αέριο) με σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης. Πολλές μηχανές με μεγάλο χρόνο εκκίνησης όπως οι ατμομηχανές λειτουργούν στις ιδανικές συνθήκες μόνο λίγες ώρες το εικοσιτετράωρο. Το καύσιμο υλικό είναι ο βασικότερος παράγοντας για τη τιμή ειδικά όταν δεν υπάρχουν εγχώρια αποθέματα.

Το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια όχι μόνο εξαιτίας των καυσίμων. Βασικές αιτίες παραμένουν η μείωση της συμμετοχής των λιγνιτικών μονάδων ενέργειας και η παραγωγή από το ακριβότερο φυσικό αέριο. Ταυτόχρονα όμως η συμμετοχή των Α.Π.Ε. έχει αυξησει το κόστος για δύο λόγους. Συνήθως προέρχονται από ιδιώτες και υπάρχει αυξημένο κόστος κτήσης και η διείσδυση στο ηλεκτρικό δίκτυο συνήθως δεν μπορεί να ξεπεράσει το 30% για λόγους αξιοπιστίας του συστήματος. Η ανάγκη για επιπλέον ανάπτυξη των ΑΠΕ έχει οδηγήσει σε αύξηση της τιμής καθώς υπάρχουν κίνητρα και αντισταθμιστικά οφέλη προς τους επενδυτές με σκοπό να επιτευχθούν εγκαίρως οι Ευρωπαϊκοί στόχοι. Η διείσδυση της παραγόμενης ενέργειας είναι μικρή και όπως έχει ήδη αναφερθεί υπάρχει αδυναμία αποθήκευσης. Ο συντελεστής απασχόλησης ιδιαίτερα για τα φωτοβολταϊκά παίρνει μικρές τιμές καθώς λειτουργούν προφανώς μόνο την ημέρα. Υπάρχουν αρκετά εμπόδια για εγκατάσταση ΑΠΕ όπως η γραφειοκρατία, ο κατακερματισμός της ιδιοκτησίας, η έλλειψη πολεοδομικού σχεδιασμού, κτηματολογίου κ.τ.λ. αυξάνοντας το κόστος παραγωγής. Στο κόστος παραγωγής θα

πρέπει να συνυπολογιστούν τα πρόστιμα και οι ρήτρες που καταβάλλει η χώρα μας για την ασυνέπεια της στη τήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που παράγεται σε ένα σύστημα και της μετρούμενης ενέργειας που παρέχεται στους χρήστες είναι γνωστή ως απώλεια ισχύος. Οι απώλειες της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επηρεάσουν τόσο τα συμβατικά όσο και ένα μέρος των συστημάτων των έξυπνων δικτύων. Οι απώλειες διανομής μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα οι απώλειες στις ΗΠΑ, Ρωσία, Βραζιλία και Ινδία ήταν 6% ,10%,16% και 18% αντίστοιχα της συνολικής παραγωγής ενέργειας. Σύμφωνα με την ίδια πηγή στην Ελλάδα η απώλεια το 2014 ήταν περίπου 8% της συνολικής παραγωγής⁷. Στην Ινδία οι ετήσιες απώλειες λόγω ηλεκτρικής ενέργειας υπερβαίνουν το 1% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος .(Depuru et al., 2011). Στην Αγγλία το ποσοστό ανέρχεται στα 173 εκατομμύρια αγγλικές λίρες ενώ στις ΗΠΑ στα 6 δις δολάρια (Depuru et al., 2011). Για το προσδιορισμό του ποσού, οι έξυπνοι μετρητές στα έξυπνα δίκτυα παίζουν εξέχοντα ρόλο καθώς εκτός από καλύτερη παρακολούθηση και τιμολόγηση προσφέρουν αμφίδρομη επικοινωνία. Οι απώλειες θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε τεχνικές απώλειες (TL) και μη τεχνικές απώλειες (NTL).

Οι τεχνικές απώλειες εμφανίζονται λόγω του φαινομένου Τζάουλ και των απωλειών στους μετασχηματιστές κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο υπολογισμός των τεχνικών απωλειών είναι αρκετά περίπλοκος καθιστώντας αδύνατο το σημείο απώλειας και την εκτίμηση της ενέργειας που χάνεται. Οι τεχνικές απώλειες δεν γίνεται να μηδενιστούν αν και υπάρχουν προτάσεις για σημαντική μείωση τους.(Viegas et al., 2018)

Οι μη τεχνικές απώλειες μπορεί να οφείλονται σε καθυστέρηση ή παρατυπίες στη τιμολόγηση, στη κλοπή ενέργειας, στους ελαττωματικούς ή παραπονημένους μετρητές ακόμα και σε διάφορες απάτες ή απλήρωτους λογαριασμούς. Η δωρεάν παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για κοινωνικούς λόγους συχνά συμπεριλαμβάνεται σε αυτές τις απώλειες (Smith, 2004). Στην Ελλάδα το πρόβλημα είναι επίσης έντονο με την Ρ.Α.Ε. να υπολογίζει το ποσοστό περίπου στο 4,4% το 2018-2019 σε σχέση με το 0,2% το 2003-2004 ,1,1% 2011-2013 και 3,9% 2015-2016. Σε κόστος ξεπέρασε τα 80 εκατομμύρια ευρώ για τη προηγούμενη χρονιά. Σκοπός είναι να υποχωρήσει στο 0,2 το 2031 με τη χρήση τηλεμέτρησης και έξυπνων μετρητών. Στα πλαίσια όμως της σωστής διαχείρισης η καταγραφή της ζήτησης ακόμα και σε μη τιμολογούμενες περιπτώσεις είναι απαραίτητη .

⁷ <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=GR>

Η ρευματοκλοπή μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Δημιουργούνται ηθικά διλλήματα καθώς συχνά γίνεται εσκεμμένα από μεγάλους καταναλωτές. Τίθεται θέμα ακόμα και αθέμιτου ανταγωνισμού όταν πρόκειται για βιοτεχνίες ή εμπόρους. Παραβιάζονται σοβαροί κανόνες ασφαλείας που μπορούν να οδηγήσουν σε ηλεκτροπληξία, πυρκαγιά και καταστροφή συσκευών και εξοπλισμού. Η ρευματοκλοπή αποτελεί ποινικό αδίκημα όπως η υπεξαίρεση ενός οποιοδήποτε άλλου αγαθού. Υπάρχει κίνδυνος για το δίκτυο και την αξιοπιστία του με πιθανότητα ολικής κατάρρευσης του. Η ρευματοκλοπή είναι φαινόμενο το οποίο παρουσιάζεται σε ολόκληρο τον κόσμο και δεν είναι μόνο ένα ελληνικό φαινόμενο. Η δόλια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μειώνει τη ποιότητα της παροχής, κάνει τους νόμιμους πελάτες να πληρώνουν υπερβολικούς λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και επηρεάζουν τη συνολική οικονομία. Η εγκατάσταση των έξυπνων δικτύων μπορεί να μειώσει σημαντικά αυτή την απώλεια (Nazmul Hasan et al., 2019). Ερευνητές προσπάθησαν να σκιαγραφήσουν το προφίλ παράνομων χρηστών και διαπίστωσαν ότι η κατανάλωση ενέργειας είχε έντονες διακυμάνσεις στη διάρκεια του χρόνου αυξάνοντας τη πιθανότητα εντοπισμού με τη μέθοδο που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Σήμερα η ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να αντιμετωπίζεται ως αγαθό, όπως είναι το νερό. Για αυτό το σκοπό η υπάρχουν ευνοϊκά τιμολόγια, δωρεάν παροχή ρεύματος σε κοινωνικές δομές και ευάλωτους καταναλωτές. Εξάλλου η ενεργειακή ένδεια είναι ένα φαινόμενο της σύγχρονης εποχής καθώς αρκετά νοικοκυριά δεν έχουν πρόσβαση σε βασικές πηγές ενέργειας. Το ευρωπαϊκό παρατηρητήριο φτώχειας⁸ θεωρεί ότι βασικές αιτίες είναι τα χαμηλά εισοδήματα, η μειωμένη απόδοση των κτιρίων και το υψηλό κόστος των ενεργειακών υπηρεσιών. Αυτό το τρίπτυχο δυσχεραίνει τη θέση των ευάλωτων καταναλωτών. Συνήθως οι οικίες που διαμένουν κατατάσσονται στις χαμηλότερες ενεργειακές κλάσεις και υπάρχει οικονομική αδυναμία παρεμβάσεων για βελτίωση τους. Ως αποτέλεσμα απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για την κάλυψη των καθημερινών τους αναγκών όπως για παράδειγμα η θέρμανση. Το μεγάλο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί σταδιακά στην οικονομική ασφυξία. Τα ανεξόφλητα τιμολόγια συχνά οδηγούν στη διακοπή της ηλεκτροδότησης με τελικό αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και κινδύνους για την υγεία καταναλωτών που ανήκουν σε ευαίσθητες κατηγορίες του πληθυσμού.

Η ηλεκτρική ενέργεια δεν θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη και να αποφεύγεται η αλόγιστη χρήση. Σήμερα ένας από τους βασικούς στόχους σχετικά με την διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η καταπολέμηση της ηλεκτρικής ενδείας όπως έχει ειπωθεί ήδη. Στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ του 2019 τίθεται ως βασική προτεραιότητα η καταπολέμηση της ενεργειακή φτώχειας κατά τουλάχιστον 50% μέχρι το έτος 2025

⁸ <https://www.enpor.eu/el/>

και κατά 75% μέχρι το έτος 2030 σε σχέση με το 2016 το οποίο αποτελεί έτος αναφοράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι για τον υπολογισμό του δείκτη σχετικά με την ενεργειακή ένδεια εκτός από το εισόδημα του νοικοκυριού είναι απαραίτητη η καταγραφή των πραγματικών δαπανών για ενεργειακά προϊόντα και ο προσδιορισμός της ελάχιστης αναγκαίας κατανάλωσης.

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για κοινωνικούς σκοπούς όπως ο δημόσιος φωτισμός, η παροχή ενέργειας σε νοσοκομεία συνήθως κυμαίνεται από 2%-6%. Σε κάποιες χώρες όπως η Ταϊλάνδη οι βουλευτές και οι εργαζόμενοι στην εταιρεία ηλεκτρισμού, περίπου 32000 απολαμβάνουν δωρεάν παροχή και η τιμή αγγίζει τα 1,5 εκατομμύρια baht.(Smith, 2004). Δυστυχώς η δωρεάν πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια καταλήγει σε κατασπατάλησή της όπως παρατηρείται σε πολλά δημόσια κτίρια και υπηρεσίες. Ο καλύτερος έλεγχος του συστήματος μπορεί να είναι η λύση σε αυτό το πρόβλημα και η χρήση έξυπνων μετρητών μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην εξάλειψη αυτού του φαινομένου. Το υψηλό κόστος παραγωγής ενέργειας και ο περιορισμένος αριθμός ενεργειακών πόρων καθιστούν την αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας ως μια πολύ σημαντική πτυχή της κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης της χώρας. Συμπερασματικά δηλαδή η ανάπτυξη συστημάτων για την παρακολούθηση και διαχείριση της ενέργειας έχει και κοινωνικό αντίκτυπο. Η παρακολούθηση της ζήτησης σε ατομικό και σε συλλογικό επίπεδο θα αναλυθεί στις επόμενες ενότητες.

2.3 Δίκτυο μεταφοράς και διανομής

Το δίκτυο της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεταφορά γίνεται με δίκτυο υψηλής τάσης μέσω του οποίου η ενέργεια μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις ελαχιστοποιώντας τις απώλειες. Η παραγωγή και η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζουν λιγότερες απώλειες όταν η τάση είναι εναλλασσόμενη. Στην Ελλάδα το ηλεκτρικό δίκτυο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα ημιτονοειδής μορφής συμφασικό με τη τάση. Η συχνότητα είναι 50Hz. Το πλάτος της τάσης διαφοροποιείται ανάλογα με το σημείο του δικτύου.

Η διανομή είναι το δίκτυο χαμηλής τάσης που στοχεύει στη μεταφορά σε μεσαίες και μικρές αποστάσεις. Σήμερα γίνεται προσπάθεια εκσυγχρονισμού του δικτύου υψηλής και μέσης τάσης. Πολλά προβλήματα στην ηλεκτροδότηση οφείλονται στη κακή κατάσταση του δικτύου- κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές- καθώς είναι ευάλωτο στις καιρικές συνθήκες. Το δίκτυο διανομής είναι περίπου 130,000 χιλιόμετρα ενώ το δίκτυο διανομής ξεπερνάει τις 110 χιλιάδες χιλιόμετρα. Μία από τις βασικές προτεραιότητες που έχει τεθεί από τη εταιρεία διαχείρισης του ελληνικού συστήματος είναι ο εκσυγχρονισμός τους και η αυτοματοποίηση με σύγχρονα συστήματα παρακολούθησης.

Σε αντίθεση με άλλες χώρες όπως αυτές της κεντρικής Ευρώπης η Ελλάδα εμφανίζει μεγάλη διασπορά μονάδων παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Το πλήθος των μικρών νησιών σε μεγάλες αποστάσεις ,αποκομμένα από την κεντρική Ελλάδα δημιουργεί προβλήματα σταθερότητας ,αξιοπιστίας και αποδοτικότητας σε κάθε νησίδα παραγωγής Ενέργειας. Το ελληνικό σύστημα είναι πρακτικά ένα σύστημα-νησί και είναι απαραίτητη η διασύνδεση τόσο για τη μείωση του κόστους όσο και για τη μελλοντική εξαγωγή ενέργεια εγχώριων ΑΠΕ .Η εποχιακή κατακόρυφη αύξηση τους θερινούς μήνες λόγω του τουρισμού δημιουργεί επιπλέον προβλήματα αφού η ζήτηση μετατοπίζεται από την Ηπειρωτική Ελλάδα προς τα νησιά.

Η διασύνδεση θα αυξήσει τη σταθερότητα του συστήματος και θα συμβάλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Σήμερα πολλές μικρές μονάδες λειτουργούν μακριά από το βέλτιστο βαθμό απόδοσης σε αναμονή κάποιας απρόσμενης αύξησης στη ζήτηση. Εξάλλου βασικός κανόνας στη λειτουργία των εργοστασίων παραγωγής ενέργειας είναι η αξιοπιστία του συστήματος και όχι η εξοικονόμηση ενέργειας. Για αυτό το λόγο μπορεί να παρατηρηθεί η ταυτόχρονη λειτουργία δύο μηχανών σε μικρό ποσοστό πχ στο 45% ενώ θα μπορούσε να καλυφθεί από τη λειτουργία μίας και μόνο μηχανής. Η υπερφόρτωση όμως της μιας μηχανής θα μπορούσε να οδηγήσει στην ολική κατάρρευση του συστήματος. Εκτός από τη πιθανή βλάβη ο μεγάλος χρόνος εκκίνησης μειώνει την ευελιξία του συστήματος και το κάνει ανίκανο να ανταποκριθεί σε μεγάλες διακυμάνσεις της ζήτησης. Επομένως η ανάπτυξη συστημάτων πρόβλεψης της κατανάλωσης είναι αναγκαία τόσο για την αξιοπιστία του συστήματος όσο και για την οικονομικότερη λειτουργία του. Η καλύτερη κατανόηση της ζήτησης σε συνδυασμό με τη διασύνδεση μπορεί να προσφέρει βέλτιστη λειτουργία των μηχανών αλλά και μεταφορά ενέργειας από μια περιοχή σε μια άλλη .Παλαιότερα βασικός στόχος ήταν η πρόβλεψη της ζήτησης με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Η συζήτηση πλέον έχει μεταφερθεί στο αν και σε τι βαθμό μπορεί να επηρεαστεί η ζήτηση κατά το δοκούν.

Όπως έχει ειπωθεί η διασύνδεση της νησιωτικής Ελλάδας με τη Ηπειρωτική και με την υπόλοιπη Ευρώπη έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Θα βοηθήσει στην αξιοπιστία και σταθερότητα του δικτύου αφού θα μπορέσει να ανταπεξέλθει σε διακυμάνσεις τόσο της συχνότητας όσο και της παραγωγής. Αυτή τη περίοδο βρίσκεται σε εξέλιξη η διασύνδεση του νησιωτικού συμπλέγματος με την ηπειρωτική Ελλάδα. Τον Ιανουάριο του 2022 ανακοινώθηκε η χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή επιτροπή με το ποσό των 657 εκ. ευρώ για τον EuroAsia Interconnector που θα διασυνδέσει ηλεκτρικά τη Κύπρο με την Κρήτη. Τα καλώδια θα είναι μήκους 898 χιλιομέτρων ,με βάθος πόντισης 3000 μέτρα και προβλέπεται μεταφορά ενέργειας και προς τις δύο κατευθύνσεις .Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν παγκόσμια ρεκόρ για τέτοιου είδους έργα. Η διασύνδεση θα συνεχιστεί προς την Αίγυπτο Ο εκσυγχρονισμός του

δικτύου μπορεί να μειώσει σημαντικά τις απώλειες μεταφοράς κάτι που θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια.

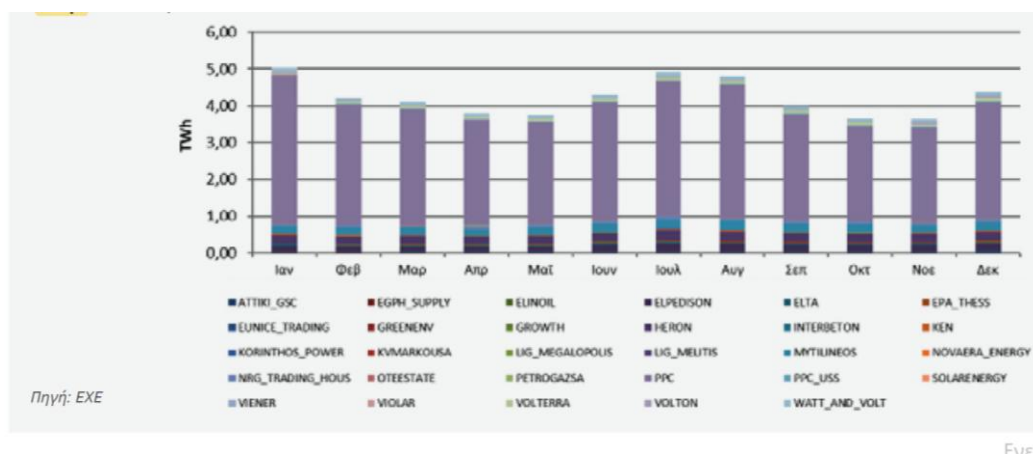


Το σύστημα τη Ελλάδας ήταν στη πραγματικότητα ένα σύστημα-νησί. Η διασύνδεση θα ολοκληρωθεί το 2030.

Εικόνα 2 Η αναμενόμενη ηλεκτρική διασύνδεση της Ελλάδας

2.4 Τιμολογιακή πολιτική

Μια ιδιαιτερότητα του αγαθού που ονομάζεται ηλεκτρική ενέργεια είναι ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του είναι ίδια ανεξαρτήτως από ποιον πάροχο προέρχεται. Αυτό σημαίνει ότι η συχνότητα εναλλασσόμενης τάσης, το πλάτος και η ενεργός τιμή της τάσης θα είναι πάντα τα ίδια. Ένα προϊόν όπως για παράδειγμα ένα αυτοκίνητο μπορεί να διαφέρει σε πολλά τεχνικά χαρακτηριστικά από ένα άλλο, στη ποιότητα κατασκευής, στις υπηρεσίες της αντιπροσωπείας ακόμα και σε όσα πρεσβεύει η επωνυμία και το σήμα της εταιρείας. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας διαφημίζουν τις υπηρεσίες τους, την ισχύ και τη ποιότητα του σήματος, τη περιοχή κάλυψης και διαμορφώνουν αντίστοιχα τη τιμή πώλησης των υπηρεσιών τους. Αντίθετα το δίκτυο ηλεκτρισμού είναι κοινό, υπεύθυνη για τη διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου είναι η ΔΕΔΔΗΕ και το βασικό καύσιμο το φυσικό αέριο για τους ιδιώτες. Η πληρωμή των λογαριασμών πλέον γίνεται ηλεκτρονικά και δεν έχει σημασία πόσα υποκαταστήματα έχει ο πάροχος και σε ποια περιοχή. Επομένως το μόνο που διαφοροποιεί τους παρόχους/παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας είναι η τιμή πώλησης. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο όγκος της ηλεκτρικής ενέργειας ανά προμηθευτή. Μπορούμε να παρατηρήσουμε την αυξημένη ζήτηση τόσο τους χειμερινούς μήνες όσο και τους θερινούς.



ΕΥΡΩ

Εικόνα 3 Διάγραμμα λιανικής ανά Προμηθευτή για το έτος 2019.

Η απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας πριν από μερικά χρόνια έχει οδηγήσει σε σημαντικές εξελίξεις στο τομέα της ενέργειας και στη τιμολογιακή πολιτική. Η είσοδος ιδιωτών παρόχων στο μονοπωλιακό καθεστώς της ηλεκτρικής ενέργειας έχει συνδράμει στη βελτίωση των υπηρεσιών προς τους πολίτες και στην διαχείριση της ενέργειας. Το Ελληνικό σύστημα ενέργειας υπολείπεται έναντι των άλλων ευρωπαϊκών χωρών στο τρόπο παραγωγής, μεταφοράς και διαχείρισης της ενέργειας.

Σήμερα στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετοί παραγωγοί και μεταπωλητές ηλεκτρικής ενέργειας ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης της αγοράς. Στο παρελθόν υπήρχαν αρκετές συστάσεις από την επιτροπή ανταγωνισμού στη χώρα μας σχετικά με τη μονοπωλιακή πολιτική. Την τελευταία διετία η αύξηση των τιμών σε βασικά αγαθά, η αύξηση της κιλοβατώρας, η κρίση στην αγορά λόγω covid-19 έχει αναζωπυρώσει το ενδιαφέρον για συμφέρουσες συμφωνίες. Η κατάργηση του μονοπωλίου στην Ελλάδα έχει βοηθήσει να δημιουργηθούν αρκετά διαφορετικά προϊόντα και ο καταναλωτής μπορεί να αποκτήσει σημαντικά οφέλη. Πλέον μπορεί να αναζητήσει προσφορές και να επιλέξει το τιμολόγιο που θεωρεί ότι εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες του.

Μια βασική παράμετρος για τον καθορισμό της τιμής πώλησης είναι η τιμή εκκαθάρισης της αγοράς. Η τιμή εκκαθάρισης της αγοράς (TEA) είναι η χονδρική τιμή ενέργειας η οποία λαμβάνεται υπόψη κατά τη δυναμική τιμολόγηση. Η τιμή χονδρικής πώλησης ονομάζεται και οριακή τιμή και μεταβάλλεται όπως μεταβάλλεται η τιμή μιας μετοχής στο χρηματιστήριο. Καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως η τιμή του πετρελαίου και η ζήτηση της ενέργεια. Επομένως μπορεί να επηρεάζεται από μεταβλητές που επηρεάζουν και τη ζήτηση. Η χρονική περίοδος είναι σημαντική και μάλιστα μπορεί να υπάρχουν σημαντικές αλλαγές από μέρα σε μέρα. Υπάρχουν αρκετές συγκυρίες που μπορούν να επηρεάσουν τη τιμή της TEA έμμεσα ή άμεσα. Για παράδειγμα οι καλοκαιρινή ξηρασία (2021) αύξησε της ανάγκες για συνεχή κλιματισμό και παράλληλα οι λιγότερες βροχές μείωσαν την παραγωγή ενέργειας από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Ο βαρύτερος περυσινός χειμώνας μείωσε

τα διαθέσιμα αποθέματα του φυσικού αερίου στη Β. Ευρώπη και η αναπλήρωση τους θα επιβαρύνει τη φετινή ζήτηση. Ακόμα και οι άνεμοι χαμηλής έντασης σε σχέση με άλλες χρονιές μπορούν να επιβαρύνουν τη Τ.Ε.Α. αφού πραγματοποιείται μικρότερη παραγωγή αιολικής ενέργειας.⁹

Από το Νοέμβριο του 2020 η ΤΕΑ συμμετέχει σημαντικά στο τρόπο υπολογισμού και κοστολόγησης της λιανικής ενέργειας. Ένα σημαντικό ερώτημα είναι αν ο καταναλωτής μπορεί να επηρεαστεί (και αν ναι σε τι βαθμό) από την τιμή της ΤΕΑ και να τροποποιήσει τις ενεργειακές του συνήθειες ώστε να αποκτήσει σημαντικά οφέλη. Το πώς επιδρά η τιμή στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές καθώς θα περιμέναμε το υψηλό κόστος να λειτουργεί αποτρεπτικά. Ενδεχομένως η στατική τιμολόγηση που εφαρμοζόταν μέχρι και πριν από λίγα χρόνια να μην έχει βοηθήσει σε αυτή τη κατεύθυνση. Σήμερα υπάρχουν στο εμπόριο συσκευές παρακολούθησης της κατανάλωσης με τη δυνατότητα καταγραφής. Ένα αντίστοιχο σύστημα χρησιμοποιήσαμε και εμείς για την έρευνα μας.

Συμπερασματικά λοιπόν υπάρχει η ανάγκη για μετάβαση σε ένα διαφορετικό τρόπο τιμολόγησης α)για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος β)για κοινωνικοπολιτικούς λόγους γ)για τα σημαντικά οφέλη τόσο για τους παραγωγούς-μεταπωλητές όσο και για τους καταναλωτές. Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις σχετικά με τη τιμολόγηση εκτός από τη στατική που είχε εφαρμοστεί και εφαρμόζεται ακόμα και σήμερα. Ενδεικτικά υπάρχει η προπληρωμένη τιμολόγηση όπου ο καταναλωτής προπληρώνει μια «ποσότητα» ενέργειας σε μια καθορισμένη τιμή. Σε αυτή την εργασία θα ασχοληθούμε με την δυναμική τιμολόγηση.

⁹ <https://www.heron.gr/news/heron-afksisi-timon/>

3 Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Σήμερα υπάρχουν αρκετά διαφορετικά τιμολόγια και τρόποι για μείωση του κόστους. Εκτός από τη στατική τιμολόγηση υπάρχει η εποχιακή τιμολόγηση, η προπληρωμένη χρήση και προφανώς η δυναμική τιμολόγηση. Ακόμα και η μετακίνηση της κατανάλωσης στο παραδοσιακό μοντέλο μπορεί να σημαίνει σημαντικές μειώσεις στο λογαριασμό. Συγκεκριμένα η τιμή της λιανικής ενέργειας είναι σταθερή και δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της ημέρα εκτός από συγκεκριμένα προγράμματα και τη συμφωνία με ιδιώτες παρόχους. Η τιμή τον Οκτώβριο του 2021 ήταν 0,11 ευρώ ανά Kwh για την ημέρα και 0,076 ευρώ ανά Kwh για το νυχτερινό τιμολόγιο. Συνεπώς υπάρχει ένα όφελος της τάξης του 20-30% για τη μετακίνηση της κατανάλωσης στο νυχτερινό τιμολόγιο.

Η δυναμική τιμολόγηση αναφέρεται στις τιμές λιανικής πώλησης με τρόπο ώστε να λαμβάνεται υπόψη η διακύμανση στη τιμή της χονδρικής. Η δυναμική τιμολόγηση καθορίζεται κυρίως από το χρόνο χρήσης (time-of use ToU) τη τιμή σε πραγματικό χρόνο (Real-time pricing RTP) και το κρίσιμο σημείο ζήτησης (Critical peak pricing CPP). Η δυναμική τιμολόγηση επηρεάζεται από τη ζήτηση ενέργειας καθώς και τη προθυμία των πελατών να αποκομίσουν κάποια οφέλη. Ο καταμερισμός στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και πληθώρα παρόχων συμβάλει θετικά στην ανάπτυξη διαφορετικών τρόπων τιμολόγησης. (Dutta & Mitra, 2017). Η δυναμική τιμολόγηση μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη εκτός από τους καταναλωτές όσο και για τους παραγωγούς και τους μεταπωλητές αλλά και το σύστημα γενικότερα. Βασικές προϋποθέσεις είναι:

- Κανένας πελάτης δεν πρέπει να υποχρεωθεί σε δυναμική τιμολόγηση.
- Οι πελάτες πρέπει να ενημερώνονται για το ρίσκο που αναλαμβάνουν.
- Οι πάροχοι πρέπει να έχουν την ευελιξία να καθορίζουν αυτοί τη δυναμική τιμολόγηση στους πελάτες τους όπως αυτό καθορίζεται από τον ανταγωνισμό δημιουργώντας ελκυστικά πακέτα.
- Οι λογαριασμοί της ηλεκτρικής ενέργειας περιέχουν επιπλέον κόστη όπως φόροι, εισφορές τρίτων και λειτουργικά έξοδα τα οποία συχνά πλησιάζουν το 2/3 του λογαριασμού. Θα πρέπει να εξεταστεί μια δικαιότερη κατανομή.

Η δυναμική τιμολόγηση βασίζεται στις δυνατότητες των έξυπνων μετρητών και στις δυνατότητες τους. Ενδεχομένως ο καταναλωτής να πρέπει να αναλάβει το κόστος εγκατάστασης επειδή στην Ελλάδα η εγκατάσταση είναι ακόμα περιορισμένη. Η ανάπτυξη μιας σύγχρονης αγοράς δεν είναι εύκολη υπόθεση καθώς προϋποθέτει την ωρίμανση της αγοράς. Η χρόνια εμμονή στη στατική τιμολόγηση έχει εδραιώσει την

αντίληψη ότι η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα «πάγιο έξοδο» για το οποίο ο καταναλωτής δεν έχει πολλές επιλογές όταν θέλει να απολαμβάνει τις ανέσεις και τη θαλπωρή της οικίας του.

3.2 Η ανατροφοδότηση

Η απελευθέρωση της αγοράς και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας οδήγησε στη ανάγκη για ανταγωνιστική τιμολόγηση και τη παρακολούθηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο. Όλοι οι πάροχοι δίνουν τη δυνατότητα καταγραφής της ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για την έκδοση μηνιαίων λογαριασμών. Η διαδικασία είναι μη αυτοματοποιημένη και οι καταναλωτές απλά καταγράφουν σε ειδική πλατφόρμα την ένδειξη του συμβατικού μετρητή. Οι λογαριασμοί πλέον αντιστοιχούν στη πραγματική μηνιαία κατανάλωση δίνοντας μια πληρέστερη εικόνα σε σχέση με τους τετραμηνιαίους κατ'εκτίμηση (έναντι) λογαριασμούς. Οι πάροχοι ενημερώνουν για την τιμή της κατανάλωσης ενέργειας δίνοντας τους κίνητρα να για να είναι συνεπείς και να αποφεύγουν τις ώρες αιχμής. Η ενημέρωση για τη κατανάλωση σε μηνιαία βάση είναι αρκετά μακριά από την επιθυμητή παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο.

Σήμερα είναι εμπορικά διαθέσιμοι αρκετοί διαφορετικοί μετρητές και ο κάθε ένας έχει διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και φυσικά διαφορετικό κόστος. Οι αναλογικοί μετρητές, συχνά αναφέρονται και ως ηλεκτρομηχανικοί, έχουν αρχίσει να αποσύρονται. Στη θέση τους τοποθετούνται ηλεκτρονικοί μετρητές με ψηφιακή οθόνη. Η ΔΕΔΔΗΕ έχει προαναγγείλει την αντικατάσταση όλων των αναλογικών μετρητών με σύγχρονους. Ο καταναλωτής πλέον μπορεί να παρακολουθεί ευκολότερα την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να καταχωρεί τις ενδείξεις του μετρητή σε ειδική πλατφόρμα. Οι ενδείξεις μπορούν να καταχωρούνται ακόμα και μέσω sms ή μέσω τηλεφώνου με ειδικό σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και η τηλεμέτρηση κυρίως στους μεγάλους πελάτες μέσης τάξης. Πρόκειται για ένα μεταβατικό στάδιο προς τη δυναμική τιμολόγηση και την ολοκληρωμένη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω έξυπνων συσκευών.

3.3 Οι προβλέψεις της ζήτησης και η διαχείριση της.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος προϋποθέτει την ικανότητα πρόβλεψης σε χρονικό ορίζοντα άνω των 5 ετών με βάση την ενέργεια αλλά και την ισχύ που απαιτείται καθώς και τη γεωγραφική κατανομή. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητα οικονομικά και δημογραφικά δεδομένα και εκτιμήσεις. Απαιτούνται επίσης δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης δηλαδή την ταξινόμηση ανά καταναλωτή ως προς τη χρήση (θέρμανση, φωτισμός κτλ), το ωράριο (π.χ. ώρες αιχμής), τη κατηγορία του

καταναλωτή και πιθανές καταγραφές της ζήτησης. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός συστήματος μπορεί να στοχεύει είτε στη πλευρά της παραγωγής είτε στη πλευρά της κατανάλωσης.

Η αντιμετώπιση από πλευράς παραγωγής (Supply Side Management,SSM) έχει ως στόχο η παραγωγή να μπορέσει να ανταπεξέλθει στη ζήτηση. Έχουν γίνει οι κατάλληλες διεργασίες ώστε να υπάρχει η κατάλληλη εφεδρεία τόσο μακροπρόθεσμα όσο και βραχυπρόθεσμα. Ως προς τους μακροπρόθεσμους στόχους αυτό σημαίνει βάθος χρόνου που μπορεί να πλησιάζει τα τριάντα χρόνια. Για την καλύτερη απόδοση του συστήματος λαμβάνονται υπόψη το κόστος παραγωγής ,λειτουργίας και εγκατάστασης και οι δυνατότητες βελτιστοποίησης του. Η επιλογή καυσίμου είναι μια σημαντική παράμετρος και ο διαχειριστής καλείται να αξιολογήσει τη τιμή του καυσίμου, τη θερμαντική αξία αλλά και τη μελλοντική αξία ή διαθεσιμότητά του. Η επίδραση στο περιβάλλον μπορεί να είναι αιτία μη αδειοδότησης μιας εγκατάστασης. Για παράδειγμα η εγκατάσταση ενός υδροηλεκτρικού σταθμού μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην άρδευση και ύδρευση μιας περιοχής. Επομένως ο σχεδιασμός πρέπει να εξετάζει πλήθος διαφορετικών παραμέτρων. Το κόστος μεταφοράς και διανομής μπορεί να επηρεαστεί από αλλαγές χρήσης της γης και γεωγραφικής κατανομής του πληθυσμού. Το ενδιαφέρον για τη μεταβολή της ζήτησης είναι μικρό όταν αναφερόμαστε στη SSM.Η καμπύλη φορτίου θεωρείται αμετάβλητη και η παραγωγή πρέπει να καλύψει τη ζήτηση. Η καταγραφή της ζήτησης με έξυπνους μετρητές μπορεί να βοηθήσει σε αυτή τη κατεύθυνση με δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης και αναγωγή των δεδομένων από τη μικροκλίματα στη μακροκλίμακα. Στη προηγούμενη ενότητα έγινε περιγραφή του Ελληνικού συστήματος παραγωγής ενέργειας και έγιναν αναφορές στο τρόπο λειτουργίας. Η παρούσα εργασία εστιάζει περισσότερο στη διαχείριση της ζήτησης και όχι τόσο της παραγωγής.

Η αντιμετώπιση από πλευράς ζήτησης (Demand side Management,DSM) είναι ένας τομέας που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες και έχει ως στόχο τη αλλαγή της καμπύλης ζήτησης .Πραγματοποιούνται δράσεις για να μεταβάλλουν είτε τη ποσότητα, είτε τη χρονική στιγμή της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Η μεταβολή της ζήτησης από ώρες αιχμής σε ώρες μη αιχμής είναι συνήθως ο βασικός σκοπός. Ο καταναλωτής συμμετέχει στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί ακόμα να διαμορφώσει και τη τιμή πώλησης. Υπάρχουν διάφορες δράσεις που μπορούν να επηρεάσουν την ζήτηση με άμεσα ή έμμεσα αποτελέσματα ,ήπια ή δραστικά .

Η κατανάλωση

Στην Ελλάδα η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στις οικίες αγγίζει το 40% και έχει αυξητικές τάσεις καθώς το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών αυξάνεται συνεχώς. Η αύξηση στη τιμή του πετρελαίου θέρμανσης πριν από μερικά χρόνια οδήγησε αρκετούς καταναλωτές στη χρήση ενεργοβόρων συσκευών θέρμανσης .Η κλιματική αλλαγή είναι υπεύθυνη για ακραία καιρικά φαινόμενα και για και μεγάλες

διακυμάνσεις στη θερμοκρασία ενός τόπου. Αυτό έχει ως συνέπεια το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας να δέχεται μεγάλες πιέσεις λόγω συσσωρευμένης ζήτησης. Η χρήση του φυσικού αερίου για θέρμανση έγινε εφικτή αλλά μόνο στα μεγάλα αστικά κέντρα. Η θέρμανση χώρων ή νερού απορροφά σημαντικά ποσά ενέργειας. Αν και έχει δοθεί μεγάλο βάρος στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων μέσα από διάφορα προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα κατατάσσονται στις χαμηλότερες θέσεις της ενεργειακής απόδοσης.

Έκτακτες καταστάσεις δημιουργούν απότομες κορυφές στην καμπύλη της ζήτησης οι οποίες σε ένα απομονωμένο σύστημα μπορούν να προκαλέσουν την ολική κατάρρευση του. Υπάρχουν εποχικές δραστηριότητες που μπορεί να διαφέρουν από τόπο σε τόπο και από χρονιά σε χρονιά. Ενδεικτικά την περίοδο ελαιοσυγκομιδής στην Κρήτη υπάρχει μεγάλη ζήτηση εξαιτίας της λειτουργίας των ελαιοτριβείων. Οι καιρικές συνθήκες και η καρποφορία είναι και σε αυτή τη περίπτωση ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη ζήτηση της ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί ότι μετά από ηλιόλουστες αποτυπώνονται κορυφές στη ζήτηση καθώς τα ελαιοτριβεία καλούνται να επεξεργαστούν τη παραγωγή που έχει συλλεχθεί.

Συνήθως οι ακραίες καιρικές συνθήκες δημιουργούν προβλήματα στο δίκτυο. Για παράδειγμα η κακοκαιρία μπορεί να είναι η αιτία για πολλές βλάβες ,κυρίως από πτώσεις δέντρων. Στην αντίθετη πλευρά οι καύσωνες οδηγούν σε αυξημένη ζήτηση καθώς γίνεται εκτεταμένη χρήση των κλιματιστικών. Το καλοκαίρι υπάρχει συχνά το φαινόμενο η αυξημένη ζήτηση να συνδυάζεται με μειωμένη παραγωγή. Οι καύσωνες μειώνουν την παραγωγή των φωτοβολταϊκών αφού η υψηλή θερμοκρασία μειώνει την απόδοσή τους. Ταυτόχρονα ο καύσωνας συνδυάζεται με νηνεμία και οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε αδράνεια ή υπολειτουργούν.

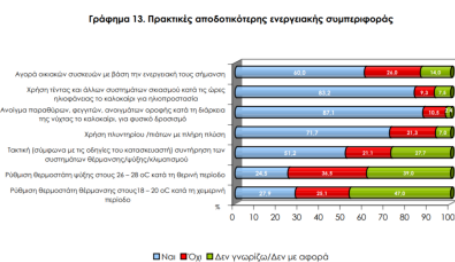
Ο άνθρωπος δεν μπορεί προβλέψει ή να επηρεάσει τις παραπάνω μεταβλητές τουλάχιστον σε ατομικό επίπεδο. Είναι αδύνατο για παράδειγμα να αποτρέψει τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Μπορεί όμως να τροποποιήσει τις καθημερινές του συνήθειες και να μειώσει τις σπατάλες. Σε έκτακτες συνθήκες μπορεί να λειτουργήσει ως μέλος της κοινωνίας προς όφελος του συνόλου. Για παράδειγμα σε έντονες χιονοπτώσεις ή καύσωνες υπάρχουν τρόποι για μείωση της συνολικής κατανάλωσης. Ενδεικτικά η κατάλληλη ένδυση ή η χρήση συσκευών σε ώρες μη αιχμής (πχ πλυντήριο σε βραδινές ώρες) μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά για το σύστημα. Σε αυτή τη κατεύθυνση υπάρχουν προγράμματα με σκοπό τη συμπεριφορά των πολιτών. Ο δεύτερος άξονας της DDM είναι οι δραστικές επεμβάσεις οι οποίες συνήθως απαιτούν μεγαλύτερους πόρους.

Αρχικά υπάρχουν προγράμματα ενημέρωσης που σκοπεύουν στην ευαισθητοποίηση του κοινού για τα πλεονεκτήματα της εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής απόδοσης. Υπάρχουν διαφημιστικές εκστρατείες που ενημερώνουν τους καταναλωτές για τον τρόπο που πρέπει να χρησιμοποιούν τις συσκευές και να επιλέγουν τις

ηλεκτρικές συσκευές που θα αγοράσουν. Η ΔΕΗ για παράδειγμα μέσα από το πρόγραμμα energy-saving¹⁰ παρέχει πλήθος πληροφοριών για τη μείωση της κατανάλωσης. Οι δράσεις μπορεί να συμπεριλαμβάνουν και εξειδικευμένη τεχνική υποστήριξη δίχως όμως να δίνουν κάποιο οικονομικό κίνητρο για αλλαγή συμπεριφοράς του καταναλωτή. Οι συσκευές απορροφούν ενέργεια ακόμα και όταν δεν χρησιμοποιούνται αλλά βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ήδη από το 2013 έχει θεσπίσει αυστηρότερες προδιαγραφές για τις ηλεκτρονικές συσκευές σε αναμονή. Με το έργο SELINA μετρήθηκε η κατανάλωση των συσκευών και προτάθηκαν λύσεις για την αποφυγή αυτού του φαινομένου. Ερευνητές μετρώντας τις συσκευές σε αναμονή και την ενέργειας προσδιόρισαν τη μέση ισχύ στα 60watt και υπολόγισαν ότι μπορεί να φτάνει έως και το 13% της ετήσιας κατανάλωσης σε ένα νοικοκυριό.(Olatunji et al., 2019).

Απλές συμβουλές σχετικά με τον τρόπο χρήσης των μπορούν να εξασφαλίσουν σημαντικά ποσά. Μετά το βρασμό η θερμοκρασία του νερού στο σκεύος παραμένει σταθερή (σημείο βρασμού) άρα δεν έχει νόημα να χρησιμοποιούμε την υψηλότερη ένταση αφού το μόνο που κερδίζουμε είναι μεγαλύτερη παραγωγή ατμού¹¹. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη οι αθροιστική ισχύς σε επίπεδο πόλης ή ετήσιας κατανάλωσης. Για παράδειγμα ένας λαμπτήρας 70 Watt έχει σημαντικά μικρότερη ισχύ από μια ηλεκτρική θερμάστρα των 2500 Watt. Σε επίπεδο πόλης ή χώρας μπορεί καταναλώνουν ,μια υπολογίσιμη ποσότητα ενέργειας .θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη την εξοικονόμηση ακόμα και μικροποσοτήτων ενέργειας τόσο για το προσωπικό όφελος όσο και για το συνολικό καλό.

Συμφώνα με την ελληνική στατιστική αρχή¹² ένα μικρό ποσοστό καταναλωτών γνωρίζει τρόπους για αποδοτικότερη ενεργειακή συμπεριφορά. Η ρύθμιση του θερμοστάτη ανάλογα την εποχή ,το άνοιγμα των παραθύρων για φυσικό αερισμό κατά τη νύχτα καθώς και η χρήση τέντας βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 4 Αρκετοί καταναλωτές δεν γνωρίζουν καλές πρακτικές για αποδοτικότερη ενεργειακή συμπεριφορά.

¹⁰ <https://energy-saving.dei.gr/el>

¹¹ <https://www.eac.com.cy/EL/EAC/SavingEnergy/Pages/SavingEnergy.aspx>

¹² <https://www.statistics.gr/documents/20181/e74d6134-8c02-404e-a02b-aa6d959219e3>

Προσεχτικοί θα πρέπει να είμαστε όχι μόνο στη χρήση αλλά και στην επιλογή των συσκευών κατά την αγορά τους. Η ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών εκφράζει το ρυθμό μετατροπής ενέργειας από την ηλεκτρική ενέργεια σε κάποια άλλη μορφή όπως η κινητική ή θερμική ενέργεια. Η ισχύς είναι βασικό μέγεθος για το ηλεκτρικό δίκτυο καθώς δεν έχει σημασία μόνο η κατανάλωση της ενέργειας αλλά και πόσο γρήγορα συμβαίνει αυτό. Υπάρχουν αρκετές απλές συμβουλές που μπορούν να βοηθήσουν σε αυτή τη κατεύθυνση και τις οποίες μπορεί εύκολα να βρει ένας καταναλωτής στο διαδίκτυο. Η ενεργειακή ετικέτα των συσκευών μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή συσκευής με μικρή ενεργειακή κατανάλωση¹³. Το Μάρτιο του 2021 έγινε μετάβαση στη νέα σήμανση των λευκών συσκευών. Το συνολικό κόστος μιας συσκευής είναι το κόστος αγοράς και το κόστος λειτουργίας κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Μέσα από την ειδική εφαρμογή¹⁴ οι καταναλωτές μπορούν να υπολογίσουν το συνολικό κόστος σκανάροντας τον κωδικό QR της συσκευής. Η εξοικονόμηση επιλέγοντας μια αποδοτικότερη συσκευή μπορεί να αγγίξει ακόμα και το 63%. Στο παρακάτω πίνακα¹⁵ παρουσιάζονται τα ποσοστά σύγκρισής ανάμεσα στις διαφορετικές κατηγορίες συσκευών.

Εικόνα 5 Η εξοικονόμηση ενέργειας ανα κατηγορία

ΤΑΞΗ	G	F	E	D	C	B	A
G							
F	13%						
E	19%	7%					
D	31%	21%	15%				
C	44%	36%	31%	18%			
B	56%	50%	46%	36%	22%		
A	63%	57%	54%	45%	33%	14%	

Η επιλογή μιας συσκευής που διαφέρει δύο κατηγορίες πχ B και D μπορεί να έχει διαφορά 36% στη κατανάλωση.

Δραστηκότερα μέτρα περιλαμβάνουν οικονομική υποστήριξη με σκοπό τη μείωση τους κόστους κατανάλωσης. Μπορεί να είναι δανειοδοτήσεις ή επιδοτήσεις για αγορά ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού (π.χ. κλιματιστικών). Υπάρχουν προγράμματα άμεσης παρέμβασης τα οποία στοχεύουν σε συγκριμένα χαρακτηριστικά του κτιρίου η της συσκευής. Υπάρχουν παρεμβάσεις μεγάλης κλίμακας που σχετίζονται με τα ενεργειακά χαρακτηριστικά της οικίας ,μικρής κλίμακας που αφορά κυρίως της ηλεκτρικές συσκευές. Υπάρχουν παρεμβάσεις που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και να αποσβέσουν το αρχικά δαπανώμενο ποσό .Η αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με ηλιακό

¹³ <https://energy-saving.dei.gr/>

¹⁴ <https://tool.label2020.eu/gr/phos-na-chresimopoihesete-aytho-to-ergalehio>

¹⁵ <http://energy-saving.dei.gr/el/simansi-suskeuwn>

θερμοσίφωνα και η σύνδεση του με του τζάκι για παράδειγμα έχει άμεσο αντίκτυπο και σχετικά μικρό κόστος. Μεγαλύτερες επεμβάσεις περιλαμβάνουν τη θερμική μόνωση ,τη τοποθέτηση θερμοπρόσοψης και την αλλαγή κουφωμάτων. Υπάρχουν αρκετά προγράμματα όπως το «εξοικονομώ» που επιδοτούν αυτές τις αλλαγές. Σύμφωνα βέβαια με την Greenpeace¹⁶ οι παρεμβάσεις θα πρέπει να γίνονται στα πλαίσια ενός στρατηγικού σχεδίου γιατί διαφορετικά έχουν τα αντίθετα αποτελέσματα.

Τα τελευταία χρόνια η πολιτεία δημιουργήσει το θεσμό του ενεργειακού επιθεωρητή. Μηχανικοί καταγράφουν και αναλύουν εκτενέστερα τα χαρακτηριστικά μιας οικίας και εκδίδουν το αντίστοιχο ενεργειακό πιστοποιητικό. Το ενεργειακό πιστοποιητικό είναι απαραίτητο για ενοικιάσεις κτιρίων και μεταβιβάσεις κτιρίων. Δυστυχώς στην Ελλάδα δεν έχει αναπτυχθεί η κουλτούρα για πρωτοβουλίες εξοικονόμησης και μεγάλο μέρος των κατοικιών δεν έχουν την αντίστοιχη πιστοποίηση. Εξαιρέση οι νέες κατοικίες που είναι υποχρεωτικό να έχουν τα ενεργειακά πιστοποιητικά και να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές .

Επεμβάσεις μικρότερης κλίμακας στα κτίρια μπορούν να συνεισφέρουν επίσης θετικά. Η τοποθέτηση σκιάστρων /τέντας και ανεμιστήρα οροφής μπορεί να μειώσει αισθητά την θερμοκρασία ενός χώρου τους θερινούς μήνες. Η αναβάθμιση των ηλεκτρικών συσκευών είναι ένας ακόμα στόχος που έχει τεθεί για την μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν προγράμματα που επιδοτούν την αντικατάσταση των λευκών συσκευών καθώς οι συσκευές γίνονται όλο και αποδοτικότερες .Εκτός από την οικονομικότερη λειτουργία οι συσκευές πλέον έχουν τη δυνατότητα χειρισμού από απόσταση, αυτόματη έναρξη και βελτιστοποίηση λειτουργίας .Υπάρχουν πλυντήρια που ζυγίζουν τα ρούχα και ρυθμίζουν ανάλογα τη χρήση νερού ενώ υπάρχει και η δυνατότητα έναρξης καθορισμένη ώρα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν χρησιμοποιείται δυναμική τιμολόγηση αφού μπορεί να μετακινηθεί η κατανάλωση σε ώρες χαμηλής ζήτησης όπως για παράδειγμα στο νυχτερινό τιμολόγιο.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια αντιπροσωπεύει το 40% της παραγωγής και το 36% της εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα.(Czétány et al., 2021)Ο καταναλωτής εκτός από καλύτερη τιμολόγηση μπορεί να μειώσει σημαντικά τη κατανάλωση της ενέργειας με διάφορους τρόπους.

3.3.1 Καμπύλες φορτίου

Η αντιμετώπιση από τη πλευρά της ζήτησης (Demand Side Management,DSM) προϋποθέτει τη συλλογή δεδομένων και την περαιτέρω ανάλυσή τους. Οι καμπύλες φορτίου είναι χρήσιμα εργαλεία αφού απεικονίζουν την ισχύ της ζήτησης σε συνάρτηση με το χρόνο για μικρά ή

¹⁶ <https://www.greenpeace.org/greece/issues/klima/45192/exoikonow-2021/>

μεγάλα διαστήματα. Οι καμπύλες φορτίου μπορούν να απεικονίζουν τη ζήτηση κατά τη διάρκεια ενός έτους, ενός μηνός ή μιας ημέρας. Χρήσιμο είναι η σύγκριση των δεδομένων για διαφορετικές χρονικές στιγμές. Βασικός σκοπός της DSM είναι η τροποποίηση της μορφής ανάλογα με τους στόχους όπως θα αναλυθεί στις επόμενες ενότητες.

Μέσω των μετρητών τα συστήματα παραγωγής ενέργειας μπορούν να γίνουν αποδοτικότερα καθώς η διαχείριση της ζήτησης μπορεί να μειώσει τις έντονες αυξομειώσεις. Για τις ώρες αιχμής απαιτούνται τεράστια ποσά ενέργειας. Για να καλυφθεί η μεγάλη ζήτηση υπάρχουν εγκαταστάσεις οι οποίες πρακτικά παραμένουν σε αδράνεια τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Αν υποθέσουμε ότι η μέγιστη ζήτηση αντιστοιχεί στο 5% της μέσης ζήτησης διαπιστώνουμε τον αντίκτυπο. Ενδεικτικά στην Αμερική αυτό αντιστοιχεί σε 53MW ενώ στην Ινδία σε περίπου 13MW (Dutta & Mitra, 2017).

Η ετήσια ζήτηση

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η μέγιστη ωριαία ζήτηση για τα έτη 2018,2019,2020. Αρχικά μπορούμε να παρατηρήσουμε την ομοιότητα στις μεταβολές καθώς υπάρχουν μήνες με μέγιστα και ελάχιστα. Ο Ιανουάριος και στις τρεις χρονιές έχει τη μεγαλύτερη ζήτηση πιθανότατα για λόγους που σχετίζονται με τη θέρμανση των οικιών. Ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος συμπεριλαμβάνουν τη περίοδο των Χριστουγέννων-Πρωτοχρονιάς. Τα καταστήματα λειτουργούν με εορταστικό ωράριο, υπάρχει επιπλέον φωτισμός στις οικίες και στους δρόμους και μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας για θέματα που σχετίζονται με τη θέρμανση, το μαγείρεμα και διασκέδαση. Οι διακοπές του Πάσχα δεν εκδηλώνουν τέτοιες έντονες κορυφές καθώς η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη, δεν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση και τα έθιμα διαφέρουν (πχ προετοιμασία φαγητού με κάρβουνο στην εξοχή). Τον Ιούνιο και τον Ιούλιο εντοπίζονται επίσης κορυφές λόγω τουρισμού και υψηλής θερμοκρασίας.



Εικόνα 6 Η Μέγιστη ετήσια ζήτηση για τα έτη 2018,2019,2020

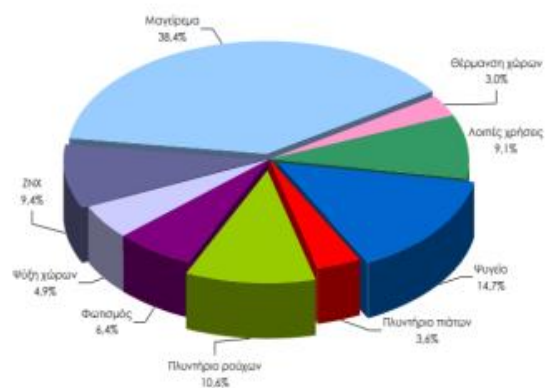
2019	9.302	8.604	7.460	6.907	6.193	7.606	8.391	8.492	7.266	6.489	6.613	8.573
2018	8.385	7.793	7.718	6.233	6.320	7.163	7.799	7.455	7.463	6.407	7.721	8.493

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (%)

Έκτακτες καταστάσεις μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τις καμπύλες ζήτησης. Το προηγούμενο έτος η Ελλάδα αλλά και ολόκληρος ο κόσμος έζησε το πρωτόγνωρο φαινόμενο της καραντίνας λόγω του Covid-19. Παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις στην κατανάλωση που αποδεικνύει ότι ο ανθρώπινος παράγοντας και οι συνήθειες του επηρεάζουν σημαντικά τη κατανάλωση. Έτσι η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας τη μεγαλοβδομάδα κατά τη διάρκεια της καραντίνας του 2021 ήταν μειωμένη κατά 35% σε σχέση με αυτή του 2019.

Η μεταβολή της ετήσιας καμπύλης φορτίου απαιτεί επεμβάσεις μεγαλύτερης εμβέλειας. Ενδεικτικά υπάρχουν παρεμβάσεις που μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για κλιματισμό όπως τα σκίαστρα (τέντες), τα κουφώματα υψηλής απόδοσης, η θερμοπρόσοψη και ο σωστός σχεδιασμός των κτιρίων. Η χρήση ανεμιστήρων και φυσικού αερισμού των χώρων μπορεί να είναι ευεργετική. Η χρήση των κλιματιστικών θα πρέπει να αποφεύγεται σε ώρες αιχμής ενώ υπάρχουν συστήματα (κυρίως σε ξενοδοχεία) που απενεργοποιούν τα κλιματιστικά όταν κάποιο παράθυρο είναι ανοιχτό ή ο ένοικος απουσιάζει.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουμε πως διαχωρίζεται η ενέργεια με βάση τα στατιστικά στοιχεία¹⁷ ώστε να γίνουν στοχευμένες παρεμβάσεις. Το μαγείρεμα και η θέρμανση νερού και χώρων απορροφά τουλάχιστον το 50% και παρεμβάσεις όπως η χρήση φυσικού αερίου μπορούν να εξοικονομήσουν μεγάλα ποσά.



Το μαγείρεμα απορροφά περισσότερο από το 1/3 της ενέργειας ενώ το πλυντήριο περίπου το 10%

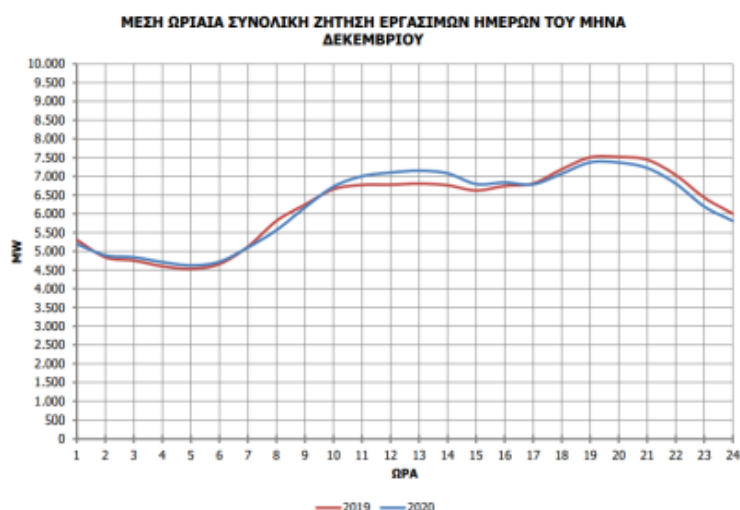
Εικόνα 7 Η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση

¹⁷ <https://www.statistics.gr/documents/20181/e74d6134-8c02-404e-a02b-aa6d959219e3>

Μέση ωριαία κατανάλωση

Η μέση ωριαία ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι ιδιαίτερα σημαντική για την δυναμική τιμολόγηση. Ως βασικά βήματα είναι η διερεύνηση -μέσω της καταγραφής- της ζήτησης και η ανάλυση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών της. Στο επόμενο βήμα πρέπει να προσδιοριστεί η επιθυμητή μορφοποίηση της καμπύλης είτε ως προς τη ποσότητα είτε ως προς τη χρονική κατανομή. Τέλος πρέπει να σχεδιαστούν οι δράσεις και να αξιολογηθούν τα αποτελέσματά τους για συνεχή βελτίωση.

Εικόνα 8 Η μεταβολή της ζήτησης κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου

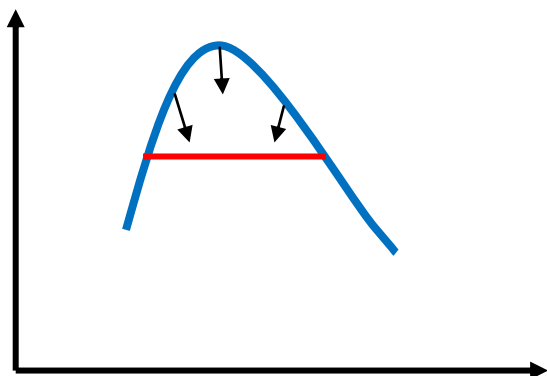


Η μεταβολή στη ζήτηση για το μήνα Δεκέμβριο όπου εμφανίζονται οι δύο κορυφές .

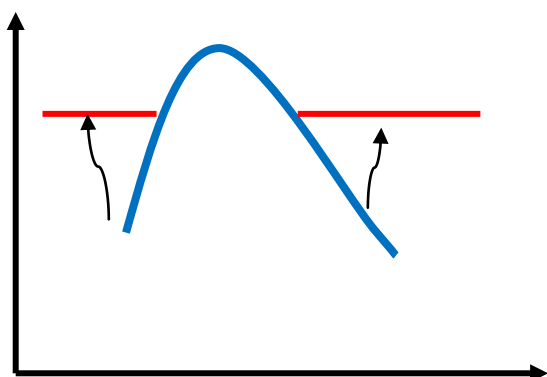
- Για κάθε ώρα η ζήτηση προκύπτει ως ο μέσος όρος της ζήτησης της αντίστοιχης ώρας για κάθε εργάσιμη ημέρα του μήνα
- Στη συνολική ζήτηση περιλαμβάνεται και η άντληση.

Στο πειραματικό μέρος οι καμπύλες ζήτησης έχουν παρόμοια μορφή και εμφανίζουν τις δύο κορυφές τις αντίστοιχες ώρες. Η παραπάνω καμπύλη παρουσιάζει τη ζήτηση συνολικά και συμπεριλαμβάνονται καταστήματα και άλλοι χώροι. Οι επιχειρήσεις καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας και τις πρωινές ώρες . Στις οικίες οι καμπύλες είναι εντονότερες καθώς τις πρωινές ώρες είναι περιορισμένες οι δραστηριότητες ή το σπίτι είναι κενό.

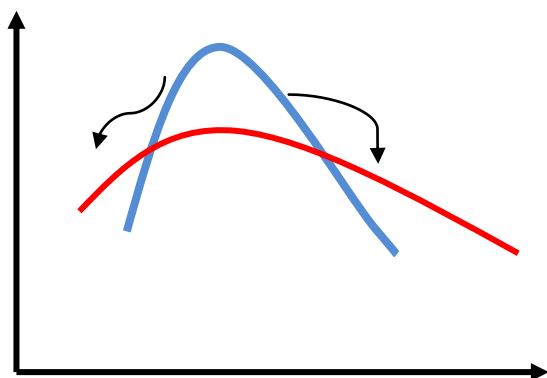
3.3.2 Διαχείριση ζήτησης.



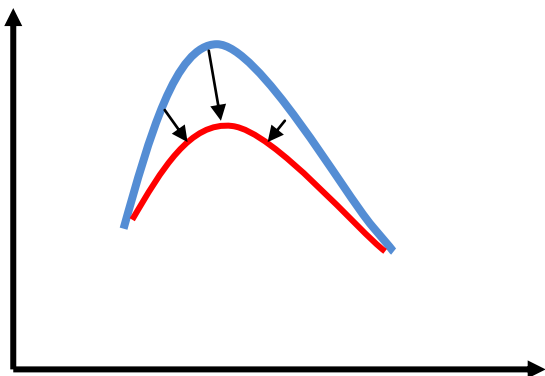
Η Διαχείριση έχει ως στόχο την εξάλειψη των κορυφών και την ομοιογένεια στη ζήτηση. Αποσκοπεί στη δημιουργία μιας σταθερής ζήτησης σε μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς έντονες αυξομειώσεις.



Η Διαχείριση έχει ως στόχο τη εξάλειψη των κορυφών με «γέμισμα». Σε περιοχές κοντά στη κορυφή δίνονται κίνητρα για κατανάλωση ενέργειας π.χ. φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Το «νυχτερινό τιμολόγιο» τους χειμερινούς μήνες δεν είναι συνεχόμενο αλλά περιλαμβάνει ένα δίωρο (15:00-17:00) με σκοπό το γέμισμα ανάμεσα στις δύο κορυφές

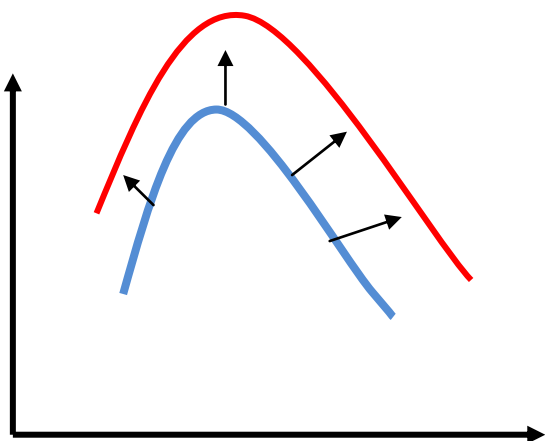


Η Διαχείριση έχει ως στόχο τη μετατόπιση του φορτίου σε ώρες μη αιχμής. Συνήθως απαιτεί την ενημέρωση των καταναλωτών και την αλλαγή των συνηθειών τους. Μπορεί να συνδέεται με κίνητρα ακόμα και ρήτρες ώστε να αποφεύγονται οι ώρες αιχμής.

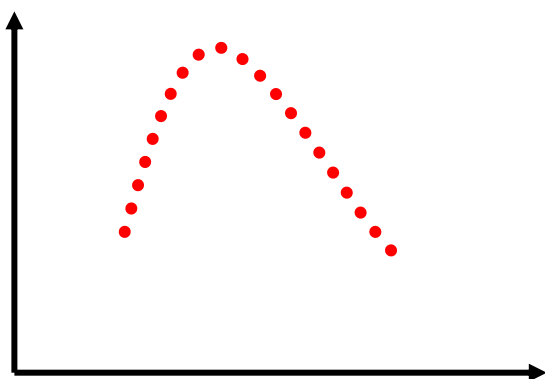


Η Διαχείριση έχει ως στόχο τη εξομάλυνση των κορυφών μέσω στοχευόμενων ενεργειών. Συνήθως απαιτούν σημαντικές δράσεις .Οι κορυφές παραμένουν αλλά έχουν εξομαλυνθεί.

Η χρήση αποδοτικότερων συσκευών και παρεμβάσεων στα κτίρια μπορεί να μειώσει τη ζήτηση.



Η Διαχείριση έχει ως στόχο την αύξηση της ζήτησης. Μπορεί να συμβαίνει όταν υπάρχει αυξημένη παραγωγή (π.χ. ισχυροί άνεμοι) ή είναι επιθυμητή η μετακίνηση φορτίου από μια περιοχή σε μια άλλη.



Η καμπύλη φορτίου είναι ελαστική. Μπορεί να μεταβάλλεται άμεσα και να ανταποκρίνεται στις εκάστοτε συνθήκες.

Οι καταναλωτές έχουν την ευκαιρία να μεταβάλλουν τις δραστηριότητες τους κατά το δοκούν.

3.4 Η δυναμική τιμολόγηση.

Δυναμική τιμολόγηση σημαίνει διαφοροποίηση της τιμής ακόμα και κατά τη διάρκεια μιας μέρας για αρκετούς διαφορετικούς λόγους. Η διαφοροποίηση μπορεί να οφείλεται στην χρονική στιγμή, στη διαπραγματευτική ικανότητα του καταναλωτή ακόμα και σε κοινωνικά κριτήρια. Δεν πρόκειται για καινούργια μέθοδο αλλά η ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου έχει οδηγήσει πωλητές και καταναλωτές στην αναζήτηση της ιδανικής τιμής ανάλογα με τα συμφέροντά τους. Η συνεχής μεταβολή της τιμής των λαχανικών σε μια υπαίθρια λαϊκή αγορά είναι φυσιολογική και επιθυμητή. Αντιθέτως σε ένα σουπερ μάρκετ ίσως ήταν καταδικαστέα. Την ίδια στιγμή τα ηλεκτρονικά καταστήματα τροποποιούν τις τιμές καθημερινά ανάλογα τη ζήτηση, τη δημοτικότητα ενός προϊόντος και τον ανταγωνισμό. Ο υπομονετικός καταναλωτής μπορεί να αποκομίσει σημαντικά οφέλη αν αγοράσει ένα προϊόν σε περίοδο εκπτώσεων ή όταν είναι «εκτός εποχής». Η αυξημένη εμπορική κίνηση σε ημέρες προσφορών ή εκπτώσεων επιβεβαιώνει την ανάγκη των καταναλωτών για κέρδος.

Στην ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε να συμβαίνει το ίδιο. Δυναμική τιμολόγηση δεν σημαίνει μεταβολή της τιμής με τυχαίο τρόπο. Το μοτίβο θα πρέπει να είναι γνωστό ώστε ο καταναλωτής να μπορεί να επιλέξει την καταλληλότερη περίοδο να «αγοράσει» επιπλέον ενέργεια αναλαμβάνοντας κάποιο ρίσκο. Προφανώς δεν έχει την δυνατότητα να αλλάξει ριζικά την ημερήσια καμπύλη φορτίου αλλά υπάρχουν τρόποι να εξομαλύνει τις κορυφές. Επιχειρήσεις με σημαντικές καταναλώσεις θα μπορούσαν να τροποποιήσουν το ωράριο παραγωγής ώστε να γίνουν περισσότερο ανταγωνιστικές.

3.5 Η Μετακίνηση στο νυχτερινό τιμολόγιο.

Στην Ελλάδα η δυναμική τιμολόγηση δεν εφαρμόζεται καθώς δεν υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στον καταναλωτή και στον πωλητή της ηλεκτρικής ενέργειας. Σημαντική διαφοροποίηση υπάρχει μόνο ανάμεσα στο ημερήσιο και το νυχτερινό τιμολόγιο. Η διαφορά στην τιμή είναι εκ των προτέρων γνωστή και μπορεί να υπολογιστεί το κέρδος για την μεταφορά της κατανάλωσης τη νύχτα.

Στην τιμολόγηση¹⁸ δεν περιλαμβάνεται μόνο η κατανάλωση ενέργειας αλλά υπάρχει το πάγιο χρήσης και διάφορα τέλη. Η ΔΕΗ (ή ο πάροχος) συνεισπράτει για λογαριασμό της πολιτείας διάφορα τέλη όπως το Ειδικό Τέλος κατανάλωσης, φόρους κ.τ.λ. Συμπεριλαμβάνονται επίσης το κόστος για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Επειδή η χονδρική τιμή πώλησης δεν είναι σταθερή εφαρμόζεται αναπροσαρμογή. Προϋπόθεση είναι να υπάρχει νυχτερινός μετρητής. Σύμφωνα με τη

¹⁸ https://www.dei.gr/Documents2/TIMOLOGIA/01-08-2021/TIMOK-XT-AUG2021-G1N_ND.pdf

ΔΕΗ¹⁹ το νυχτερινό τιμολόγιο συμφέρει όταν υπάρχουν συσκευές που καταναλώνουν πολύ ρεύμα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Σε κάθε περίπτωση όταν η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από 800kwh το τετράμηνο. Στην περίπτωση που η τετραμηνιαία κατανάλωση είναι μικρότερη των 800kwh αλλά η κατανάλωση της νύχτας είναι τουλάχιστον 150 Kwh.Επίσης αν υπάρχουν συσκευές που λειτουργούν όλο το 24ωρο υπάρχει επιπλέον όφελος αφού το 1/3 της ενέργειας που καταναλώνουν θα χρεώνεται με τη μειωμένη τιμή της νύχτας (8 νυχτερινές ώρες από τις 24).Οι λαμπτήρες φωτισμού επίσης χρεώνονται με χαμηλές τιμές .Το μικρότερο κόστος του λογαριασμού σημαίνει μεγαλύτερη συνέπεια των καταναλωτών. Πλέον μπορούν να απολαμβάνουν εκπτώσεις της τάξης του 5% αυξάνοντας ακόμα περισσότερο τα οφέλη.

Σκοπός της εργασίας είναι να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα για την διαχείριση της ενέργειας από τη πλευρά της ζήτησης σε συνδυασμό με τη δυναμική τιμολόγηση. Η μεταφορά της κατανάλωσης δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση δυναμική τιμολόγηση. Μπορεί όμως να αναδείξει τη δύναμη των καταναλωτών .Εφόσον η δυναμική τιμολόγηση δεν εφαρμόζεται με την έννοια της αλληλεπίδρασης δεν θα είχε νόημα να προβούμε σε ουτοπικούς υπολογισμούς οι οποίοι σε καμία περίπτωση δεν είναι απλοί.

Σήμερα ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει διαφορετικό πάροχο και ενδεχομένως να υπογράψει ένα καλύτερο συμβόλαιο. Αυτό θα είχε σημαντικό όφελος για τον ίδιο αλλά όχι στην εξοικονόμηση ενέργειας και το σύστημα γενικότερα. Αντιθέτως το μικρότερο κόστος της κλινοβάρας θα οδηγούσε σε αυξημένη κατανάλωση ακόμα και σε ώρες αιχμής. Ιδανικά η δυναμική τιμολόγηση οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας και επιβραβεύει τον καταναλωτή με οικονομικό όφελος. Τόσο ο καταναλωτής όσο και ο παραγωγός απολαμβάνουν ένα αξιόπιστο σύστημα.

Για τους παραπάνω λόγους στο τελευταίο κεφάλαιο θα υπολογιστεί το όφελος του καταναλωτή κατά τη μετακίνηση στο νυχτερινό τιμολόγιο. Η μετακίνηση θα αφορά καταναλώσεις που είναι εφικτό να μετακινηθούν. Για παράδειγμα τα περισσότερα πλυντήρια πιάτων και ρούχων έχουν καθυστέρηση έναρξης .Δεν θα είχε νόημα να μετακινηθεί η χρήση συσκευών που συνδέονται με το μαγείρεμα όπως η ηλεκτρική κουζίνα ή με πρωινές συνήθειες όπως η καφετιέρα. Η τιμή της κλινοβάρας την ημέρα είναι περίπου 0,11€/kwh (ανάλογα τη κατανάλωση) ενώ για το νυχτερινό τιμολόγιο είναι περίπου 0,07€/kwh.Διαφορά υπάρχει και στο πάγιο .Το ημερήσιο τιμολόγιο είναι 57% ακριβότερο σε σχέση με το νυχτερινό και η εξοικονόμηση για την μετάβαση από το ημερήσιο στο νυχτερινό είναι της τάξης του 36%.

¹⁹<https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/timologia-1-jan-2021/oikiako-timol-me-xronoxrewsi-oik-nuxter-1-aug-2021/oikonomiko-ofelos-apo-ti-xrissi-touMar26202070231300PM>

Στην επίσημη σελίδα της ΔΕΗ²⁰ αναφέρεται το ωράριο του νυχτερινού τιμολογίου. Υπάρχει διαχωρισμός σε θερινό και χειμερινό και πλέον δεν είναι συνεχές. Το θερινό ωράριο ξεκινάει από 1 Μαΐου μέχρι 31 Οκτωβρίου και είναι 11:00-7:00 .Στο χειμερινό υπάρχει ο διαχωρισμός 02:00-8:00 & 15:00-17:00.

²⁰<https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/timologia/oikiako-timologio-me-xronoxrewsi-oikiako-nuxterino/wrario>

4 Η ΜΕΘΟΔΟΣ NILM

4.1 Εισαγωγή

Τα αποτελέσματα μπορούν να γενικευτούν με τις κατάλληλες παραδοχές καθώς η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στις οικίες δείχνει να ακολουθεί συγκεκριμένα μοτίβα. Η συσχέτιση της κατανάλωσης με τις καιρικές συνθήκες, τον τρόπο τιμολόγησης και τα χαρακτηριστικά της κατοικίας όπως τα τετραγωνικά μέτρα θα μπορούσαν να μελετηθούν σε μελλοντικές έρευνες.

Τα οφέλη για την εξοικονόμηση και καλύτερη διαχείριση της ενέργειας έχουν αναφερθεί. Μπορεί να μειώσει την ανάγκη για νέες εγκαταστάσεις και να βελτιώσει την αξιοπιστία του δικτύου. Ο καταναλωτής μπορεί να κερδίσει χαμηλότερη χρέωση στο λογαριασμό της ηλεκτρικής ενέργειας και να διαμορφώσει/αξιολογήσει τις πραγματικές του ανάγκες. Η δυναμική τιμολόγηση μπορεί να προσφέρει σημαντικό οικονομικό όφελος στο καταναλωτή και να δημιουργήσει ζώνες χαμηλής χρέωσης και προσφορών ολόκληρο το εικοσιτετράωρο. Το κοινωνικό σύνολο επίσης θα βγει κερδισμένο αφού υπάρχουν πλεονεκτήματα όπως η προστασία του περιβάλλοντος που θα προκύψει από τη μειωμένη παραγωγή. Σε συστήματα όπως το ελληνικό αυτό μπορεί να σημαίνει μείωση εισαγόμενων καυσίμων και μεγαλύτερη αυτονομία. Η μείωση των ρευματοκλοπών μέσω της παρακολούθησης έχει αναλυθεί σε προηγούμενη ενότητα.

Οι βασικές δυσκολίες για την εφαρμογή της DSM είναι η ανεπαρκής υποδομή και το περιορισμένο ενδιαφέρον για θέματα που σχετίζονται με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς οι καταναλωτές δεν έχουν αποκτήσει την κατάλληλη κουλτούρα για τέτοιου είδους ενέργειες.

4.2 Τα χαρακτηριστικά της NILM

Η μέθοδος αναπτύχθηκε πριν από περίπου 3 δεκαετίες και εφαρμόζεται όχι μόνο στην ηλεκτρική ενέργεια αλλά και στη διαχείριση του νερού και του φυσικού αερίου. Πρόκειται για οικονομική, ευέλικτη και σχετικά αξιόπιστη μέθοδο με ελάχιστη συντήρηση καθώς το στατιστικό/δυναμικό μοντέλο βασίζεται σε πραγματικές μετρήσεις. Η εγκατάσταση του μετρητή είναι απλή και έχει ελάχιστο κόστος σε σχέση με άλλες μεθόδους. Ενεργοβόρες συσκευές όπως το πλυντήριο ρούχων και πιάτων αναγνωρίζονται εύκολα. Επομένως μπορεί να διερευνηθεί η μετακίνηση της λειτουργίας τους σε ζώνες χαμηλής ζήτησης και συνεπώς μικρότερης χρέωσης. Είναι η μέθοδος που θα ακολουθήσουμε σε αυτή την έρευνα. Ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει με νευρωνικά δίκτυα π.χ. χρησιμοποιώντας στατιστικά δεδομένα, με ανάλυση μεγάλων δεδομένων ή λογισμικό υπολογιστών.

Η μη παρεμβατική μέθοδος της ενέργειας εμφανίζεται στη βιβλιογραφία με διαφορετικές ονομασίες. Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση εμφανίζεται ως NIALM-Non-intrusive Load Monitoring (παρακολούθηση φόρτισης μη παρεμβατικών συσκευών), NALM -Nonintrusive Appliance Load Monitoring (Μη παρεμβατικό σύστημα παρακολούθησης φορτίου συσκευής). Αναπτύχθηκε στην αρχή της

δεκαετίας του 1980 από τον Hart. Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει κάνει αυτή τη μέθοδο ιδιαίτερα ελκυστική και προσιτή (Peterson et al., 2018). Το κόστος των έξυπνων μετρητών έχει μειωθεί σημαντικά και έχει αυξηθεί η αξιοπιστία και οι δυνατότητες τους. Η μεταφορά και η αποθήκευση των δεδομένων μπορεί να γίνει εύκολα μέσω του διαδικτύου, η ανάλυση των δεδομένων έχει γίνει λιγότερη επίπονη χάρη στην εξέλιξη των υπολογιστών και στη εισαγωγή νέων μεθόδων όπως τα νευρωνικά δίκτυα και διάφοροι αλγόριθμοι. (Peterson et al., 2018). Συνήθως βασίζεται σε ένα κεντρικό μετρητή και η εγκατάσταση έχει πολύ μικρό κόστος. Μετράει τη κατανάλωση ενέργειας με μετρητή τοποθετημένο στον ηλεκτρικό πίνακα ή τη κεντρική παροχή. Για αυτό το λόγο συχνά αναφέρεται και η μέθοδος του ενός μετρητή (one-sensor metering).

Για το καταμερισμό των καταναλώσεων απαιτείται επεξεργασία δεδομένων και έχουν προταθεί αρκετά διαφορετικοί αλγόριθμοι για αυτό το σκοπό. Σημαντικό μειονέκτημα ότι δεν επιτυγχάνουν πάντοτε την απαραίτητη ακρίβεια και υπάρχει σημαντική δυσκολία στο διαχωρισμό ισχύος (Carminc, 1955). Υπάρχουν βέβαια αρκετές διαφορετικές προσεγγίσεις όπως για παράδειγμα η Hardware-based submetering. Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται εγκατάσταση κάποιας συσκευής που επιτρέπει τη παρακολούθηση της συσκευής μεμονωμένα. Συνήθως είναι μετρητές που μεσολαβούν ανάμεσα στη συσκευή και τη πρίζα. Η εγκατάσταση ασύρματου δικτύου ή συσκευών ανίχνευσης για κάθε συσκευή έχει σχετικά μεγάλο κόστος και είναι αποθαρρυντικό για τον καταναλωτή. Οι ενσύρματοι αισθητήρες απαιτούν παρεμβάσεις στο κτίριο ενώ υπάρχουν και ασύρματοι μετρητές αλλά προϋποθέτουν τη δημιουργία δικτύου σε όλο το σπίτι. Οι Αισθητήρες ήχου και μαγνητικού πεδίου θα μπορούσαν να ανιχνεύσουν μεταβολές λόγω ενεργοποίησης/απενεργοποίησης μια συσκευής και είναι αρκετά οικονομικότεροι από ένα έξυπνο μετρητή. Παρόλα αυτά οι μεταβολές στο περιβάλλον και στην παροχή μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία τους. Ταυτόχρονα είναι απαραίτητη επεξεργασία των δεδομένων και η μετατροπή/μεταφορά και επεξεργασία των δεδομένων κάτι που μπορεί να αυξήσει αισθητά το κόστος.

Σήμερα η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει εισάγει στη ζωή μας τις λεγόμενες έξυπνες συσκευές και είναι εφικτή η παρακολούθηση αυτών των συσκευών μέσα από τις αντίστοιχες εφαρμογές. Στην αγορά υπάρχουν έξυπνες συσκευές οι οποίες μπορούν να συνδέονται με το οικιακό ασύρματο δίκτυο. Συνήθως υπάρχει μια εφαρμογή με την οποία ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί, σε πραγματικό χρόνο τη λειτουργία της συσκευής. Στην Ελληνική αγορά υπάρχουν κλιματιστικά τελευταίας γενιάς, ενώ από τις λευκές συσκευές η δυνατότητα συνήθως παρέχεται στα πλυντήρια. Βέβαια υπάρχουν εναλλακτικές προτάσεις όπως οι plug-in μετρητές όμως το κόστος είναι

απαγορευτικό για το σύνολο των συσκευών. Επίσης πρέπει να γίνεται ενημέρωση κάθε φορά που μια συσκευή μεταφέρεται σε άλλη πρίζα και μετρητή.

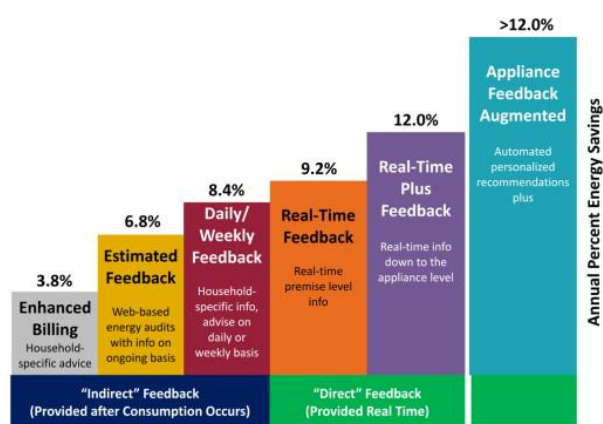
Τα βασικά κριτήρια για την εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος καταμέτρησης είναι η ευκολία τοποθέτησης και το κόστος. Για αυτό συνήθως καταγράφεται η συνολική κατανάλωση και όχι η κατανάλωση κάθε συσκευής ξεχωριστά εγκατάσταση θα πρέπει να είναι σχετικά απλή και να αποφεύγονται παρεμβάσεις στις ηλεκτρική εγκατάσταση και στη δομή της κατοικίας. Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι:

- Το μικρό κόστος εγκατάστασης και διαχείρισης.
- Η παρακολούθηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο.
- Η δυνατότητα βελτιστοποίησης συστήματος μέσω αύξησης του συντελεστή ισχύος.
- Η δυνατότητα αναγνώρισης και πρόβλεψης έκτακτων συμβάντων όπως οι βλάβες.
- Η συστηματική παρακολούθηση της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ο εντοπισμός σφαλμάτων και κακής λειτουργίας συσκευών
- Η δυνατότητα εξοικονόμησης πχ βλέποντας το συντελεστή ισχύος, αλλάζοντας συσκευές ή συνήθειες.
- Η δυνατότητα μεταφοράς δραστηριοτήτων και η αντιστοίχιση με το όφελος.
- Η βέλτιστη εκμετάλλευση δυναμικής τιμολόγησης.

Βασικό μειονέκτημα ότι ο καταμερισμός δεν είναι πάντοτε εφικτός και με την επιθυμητή ακρίβεια. Η επιθυμητή ακρίβεια στη πρόβλεψη είναι ένας σημαντικός παράγοντας, για την ανάπτυξη ενός μοντέλου πρόβλεψης ,αλλά επηρεάζεται σημαντικά από τον ανθρώπινο παράγοντα. Ενδεχομένως να προκύψουν προβλήματα ως προς τα προσωπικά δεδομένα καθώς ο εντοπισμός της λειτουργίας μιας συσκευής θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως έμμεση παρακολούθηση. Ο διαχειριστής τους συστήματος μπορεί να γνωρίζει πότε ο ένοικος απουσιάζει από την οικία του ,αν βλέπει τηλεόραση ή μαγειρεύει .Οι Belley et al υποστηρίζουν ότι αυτό δεν είναι απαραίτητα κακό και ότι αυτή η δυνατότητα του συστήματος πρέπει να αξιοποιείται καθώς είναι αναπόφευκτο. Θεωρούν ότι η συζήτηση σχετικά με τη χρήση αυτής της μεθόδου περιστρέφεται γύρω από τη αναγνώριση των συσκευών και την εξοικονόμηση ενέργειας ενώ θα μπορούσε να έχει χρήσιμες εφαρμογές όπως την παρακολούθηση ασθενών.(Belley et al., 2014).Συγκεκριμένα προσπάθησαν να αναπτύξουν ένα σύστημα για τη παρακολούθηση ασθενών με άνοια που θα παρουσιαστεί στην επόμενη ενότητα.

4.3 Η ανατροφοδότηση των χρηστών.

Όπως έχει ήδη ειπωθεί η παρακολούθηση της ηλεκτρικής ενέργειας στο μικροεπίπεδο και στο μακροεπίπεδο συμβάλει θετικά στην ασφάλεια και αξιοπιστία του δικτύου. Η ψηφιοποίηση του ηλεκτρικού δικτύου είναι ένας από τους βασικούς στόχους που έχουν τεθεί. Από την άλλη μεριά η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών και η δημιουργία σύγχρονων δικτύων δεν μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά αν δεν γίνει προσεχτική εξέταση του ανθρώπινου στοιχείου. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η εξοικονόμηση ενέργειας ανάλογα με την ανατροφοδότηση που λαμβάνει ο καταναλωτής και συνοψίζουν τα αποτελέσματα που ανέλυσαν οι Carrie και συνεργάτες. (Carrie Armel et al., 2013)



Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη όταν η ανατροφοδότηση είναι άμεση και συγκεκριμένη. Διαφορετικά ο καταναλωτής δεν μπορεί να ανατρέξει στο παρελθόν και να εντοπίσει, ανάμεσα στο σύνολο, τη δράση που οδήγησε σε κατασπατάληση ενέργειας.

Εικόνα 9 Η εξοικονόμηση ενέργειας ανάλογα την ανατροφοδότηση.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει καλύτερη ανταπόκριση όταν η ανατροφοδότηση είναι στοχευμένη. Αυτό σημαίνει ότι ο καταναλωτής μπορεί να βελτιώσει, αναστείλει ή διακόψει μια δραστηριότητα όταν ενημερώνεται άμεσα για τις επιπτώσεις στο κόστος. Όπως θα αναλυθεί παρακάτω η ανατροφοδότηση (ανάδραση) πρέπει να είναι άμεση και συγκεκριμένη.

Η ανατροφοδότηση των καταναλωτών σε πραγματικό χρόνο αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία της δυναμικής τιμολόγησης. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα που αποδεικνύουν ότι η συχνή ανατροφοδότηση βοηθάει στην επίτευξη των επιθυμητών στόχων και στη καλύτερη διαχείριση. Η κατανάλωση καυσίμου, η ένδειξη των χιλιομέτρων και της θερμοκρασίας σε ένα αυτοκίνητο, ο χρόνος ομιλίας στη τηλεφωνία, το υπόλοιπο του τραπεζικού λογαριασμού, ακόμα και η παρακολούθηση του σωματικού βάρους. Όλα αυτά βοηθούν στην καλύτερη διαχείριση και στην αποφυγή ανεπιθύμητων καταστάσεων ακριβώς επειδή η ενημέρωση είναι άμεση. Πολλές πληροφορίες θα ήταν ανούσιες αν δεν λαμβανόταν εγκαίρως. Ακόμα και για αυτούς που δεν είναι συνεπείς υπάρχουν ειδοποιήσεις όπως η λυχνία της θερμοκρασίας και της βενζίνης που προειδοποιούν για πιθανό πρόβλημα. Η ουσιαστική δυναμική τιμολόγηση λειτουργεί ακριβώς με αυτό τον

τρόπο σε συνδυασμό με τη παρακολούθηση της ζήτησης. Ο χρήστης παρακολουθεί την κατανάλωση άμεσα και μπορεί να διαπιστώσει την επίδραση των ενεργειών του στο κόστος του λογαριασμού. Μπορεί να θέσει όρια και να λάβει τις αντίστοιχες προειδοποιήσεις. Μερικές φορές είναι προτιμότερο μια ειδοποίηση ή μέτρηση να είναι έγκαιρη και ας μην είναι τόσο έγκυρη ή ακριβής. Για παράδειγμα το υπόλοιπο της μπαταρίας σε ένα κινητό δεν έχει σημασία για το χρήστη αν είναι 3% ή 6% ή 9% παρόλο που το σφάλμα είναι σημαντικό. Η πρόβλεψη του καιρού δεν θα είχε κανένα νόημα αν δεν γινόταν εγκαίρως. Προφανώς η μακροπρόθεσμη πρόβλεψη έχει λιγότερη αξιοπιστία από τη βραχυπρόθεσμη αλλά κανένας δεν θα ενδιαφερόταν αν η ανάλυση των δεδομένων για τις καιρικές συνθήκες ανακοινωνόταν «κατόπιν εορτής». Στη ίδια λογική η ανάδραση των χρηστών πρέπει να γίνεται άμεσα. Η ανατροφοδότηση πρέπει να είναι άμεση και οι στόχοι να μην είναι αφηρημένοι.(Locke et al., 1981). Η Armel και οι συνεργάτες ερμηνεύοντας τα ευρήματα από αυτές τις έρευνες θεώρησαν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος συναντά τις ίδιες δυσκολίες που συναντά και ο υπολογιστής ή ένας αλγόριθμος στη μέθοδο NILM. Τα συγκεντρωτικά στοιχεία της μηνιαίας κατανάλωσης δυσκολεύουν τον καταναλωτή να «διασπάσει» το συνολικό κόστος σε μικρότερα τμήματα. Πρέπει να ανατρέξει στη μνήμη του και να αναζητήσει δραστηριότητες που κατανάλωναν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από ότι συνήθως. Με απλά λόγια πρέπει να λειτουργήσει όπως ο αλγόριθμος και να διακρίνει τα μοτίβα. Όταν όμως υπάρχει επαναληψιμότητα και ταυτόχρονη λειτουργία συσκευών, αυτό είναι σχεδόν αδύνατο. Ο καταναλωτής δεν μπορεί να εντοπίσει πότε χρησιμοποίησε μια συσκευή λανθασμένα. Η γνώση θα τον βοηθούσε να μην επαναλάβει την ίδια πρακτική.

Οι πληροφορίες σχετικά με τη κατανάλωση ενέργειας σε επίπεδο συσκευής έχουν καλύτερα αποτελέσματα αφού ο καταναλωτής μπορεί να εστιάσει στο πρόβλημα. Ο έξυπνος μετρητής παρακολουθεί τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και την αναφέρει στους καταναλωτές σε τακτά χρονικά διαστήματα ή συνεχώς με βάση τις προτιμώμενες διαμορφώσεις τους. Έχει αναφερθεί ότι η συνολική ανάδραση μπορεί να μειώσει τη κατανάλωση της ενέργειας περίπου κατά 3% ενώ σε επίπεδο κτιρίου μπορεί να πλησιάσει και το 9%(Gopinath et al., 2020a)

4.4 Εφαρμογές

Μέχρι το τέλος του 2020 πάνω από 800 εκατομμύρια μετρητές είχαν εγκατασταθεί σε ολόκληρο τον κόσμο παρακολουθώντας την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και στέλνοντας αυτόματα τα δεδομένα στο διαχειριστή (Kim et al., 2021). Υπάρχουν πολλές χώρες που επιδοτούν τέτοιου είδους εγκαταστάσεις αναγνωρίζοντας το μεγάλο όφελος που έχουν. Βέβαια η κατανάλωση της ηλεκτρικής

ενέργειας σε πολλές χώρες εκλαμβάνεται ως προσωπικό δεδομένο και η επεξεργασία τους απαιτεί τη συγκατάθεση του ενοίκου.

4.4.1 Διαχείριση συστήματος

Ο Czetzany και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν τα δεδομένα από εκατοντάδες έξυπνους μετρητές στην Ουγγαρία για να ταξινομήσουν τα κτίρια με βάση τη κατανάλωση. Χρησιμοποίησαν τα γεωγραφικά δεδομένα για να ταξινομήσουν τα κτίρια τα οποία και επισκέφτηκαν. Παρατήρησαν και κατέγραψαν τα χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως η ηλικία κατασκευής, τα κουφώματα και η ύπαρξη φωτοβολταϊκών. Με βάση τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τα δεδομένα των μετρητών ταξινόμησαν τα κτίρια σε κατηγορίες. Με αυτό τον τρόπο είχαν μπορούσαν να μελετήσουν τη κατανάλωση σε ένα ενιαίο πλαίσιο αφού τα κτίρια που βρίσκονταν στην ίδια περιοχή επηρεάζονταν από τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες (καιρικές συνθήκες, τοπικές ιδιαιτερότητες, υψόμετρο κ.τ.λ.) (Czétány et al., 2021). Τα στοιχεία θα μπορούσαν να γενικευτούν για να εντοπιστούν προβληματικές περιοχές στο δίκτυο και τοποθεσίες που απαιτούνται παρεμβάσεις. Στην Ελλάδα υπάρχουν οι λεγόμενες ενεργειακές ζώνες που συνδέονται με τις καιρικές συνθήκες. Ένα χρήσιμο μέγεθος είναι οι θερμοοημέρες που εκφράζουν την ανάγκη για θέρμανση. Ορίζονται με βάση γενικότερα στατιστικά στοιχεία και απουσιάζουν οι τοπικές ιδιαιτερότητες αλλά μπορούν να γίνουν αναπροσαρμογές. Η συλλογή δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση του συστήματος τόσο από τη πλευρά της παραγωγής (SSM) όσο και από τη πλευρά της ζήτησης (SDM).

4.4.2 Βελτίωση υπηρεσιών και μείωση κόστους.

Όπως έχει αναφερθεί οι μη τεχνικές απώλειες προκαλούν στρεβλώσεις στη τιμολόγηση και έχουν αρνητικές συνέπειες τόσο στον καταναλωτή όσο και στο παραγωγό της ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση μετρητών θα μειώσει σημαντικά αυτό το φαινόμενο καθώς θα είναι ευκολότερος ο εντοπισμός των διαρροών. Ερευνητές ανέπτυξαν μια μέθοδο εντοπισμού της ρευματοκλοπής που βασίζεται στο προφίλ των «παράνομων» χρηστών του δικτύου. Ανέλυσαν τα δεδομένα κατανάλωσης των κανονικών χρηστών όπως προέκυψαν από την κρατική υπηρεσία διαχείρισης του δικτύου. Έπειτα δημιούργησαν το προφίλ του μέσου κανονικού χρήστη. Παρατήρησαν ότι οι μη κανονικοί χρήστες είχαν σχετικά διαφορετικό προφίλ το οποίο παρουσίαζε έντονες διακυμάνσεις. Βέβαια και εδώ ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει σημαντικό ρόλο αφού ο τρόπος ζωής του, η εργασία και οι συνήθειες του απεικονίζονται στη κατανάλωση και μπορεί να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Αυτό δεν μειώνει την αξία της μεθόδου. Ο διαχειριστής μπορεί να υποδείξει περιπτώσεις με παρεκκλίσεις ανάμεσα στους οποίους μπορεί να βρίσκονται μη-κανονικοί χρήστες. (Nazmul Hasan et al., 2019)

4.4.3 Ανάπτυξη αγοράς.

Η διαχείριση του φορτίου μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα. Στον εμπορικό τομέα είναι πιο πιθανό να εφαρμοστεί καθώς μειωμένο κόστος σημαίνει ανταγωνιστική επιχείρηση. Για παράδειγμα η καταγραφή της κατανάλωσης σε ένα κατάστημα θα ήταν ιδιαίτερα σημαντική αν αυτό το κατάστημα ήταν μέρος μια αλυσίδας ή franchise. Συνήθως όλα τα καταστήματα μιας αλυσίδας εμφανίζουν ομοιομορφία ως προς τη λειτουργία τους και ο υπολογισμός της συνολικής εξοικονόμησης θα μπορούσε να υπολογιστεί εύκολα. Σήμερα υπάρχει μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων τα οποία ανήκουν σε κάποια αλυσίδα ή όμιλο ή συνεταιρισμό. Αν αναλυθεί η κατανάλωση σε ένα κατάστημα και υπάρξουν προτάσεις για βελτίωση της κατανάλωσης τότε θα μπορούσαν να γενικευτούν με ευκολία σε ολόκληρο το δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο θα ήταν εφικτή και η σύγκριση τόσο ανάμεσα στα διαφορετικά υποκαταστήματα. Η καταγραφή των δεδομένων επιτρέπει την σύγκριση με τη παρελθοντική χρήση του ίδιου καταστήματος. Συχνά οι αλυσίδες εφαρμόζουν πιλοτικά τη χρήση μεθόδων ή συσκευών πριν την επεκτείνουν σε ολόκληρο το δίκτυο. Αυτό θα βοηθούσε τη καλύτερη αξιολόγηση και σύγκριση καθώς θα ήταν εύκολη η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι σε όλους του κλάδους υπάρχει ομαδοποίηση (τράπεζες, τα ξενοδοχεία, καφεστιατόρια ,σούπερ μάρκετ, αντιπροσωπείες αυτοκινήτων κ.α.) μπορούμε να αντιληφθούμε την εξοικονόμηση που μπορεί να προσφέρει η μέθοδος.

Μια συσκευή όταν δεν λειτουργεί σωστά μπορεί να απορροφά μεγαλύτερα ποσά ενέργειας και ο κύκλος λειτουργία να εμφανίζει διαφοροποιήσεις σε σχέση με το συνηθισμένο .Αυτές οι ανωμαλίες μπορούν να εντοπιστούν και ο ιδιοκτήτης να ειδοποιηθεί για την ανάγκη αντικατάστασής της. Όταν η NILM εφαρμόζεται σε επίπεδο μιας περιοχής ή πόλης αυτό είναι ευκολότερο καθώς είναι εφικτή η σύγκριση.

Προτάσεις για αντικατάσταση των συσκευών θα μπορούσαν να γίνονται από τρίτους προσαρτημένους στο σύστημα. Αν σε μια κατοικία μια συσκευή (π.χ. πλυντήριο) είναι παλιάς τεχνολογίας ο διαχειριστής μπορεί να προτείνει την αντικατάστασή της και μάλιστα να εκτιμήσει το κόστος απόσβεσης αυτής της επένδυσης. Η δημιουργία ψηφιακών υπογραφών μπορεί να βοηθήσει στο εντοπισμό σφαλμάτων καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις είναι έντονη η απόκλιση από τις συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Για παράδειγμα η υπέρμετρη αύξηση στην ηλεκτρική ισχύ μπορεί να σημαίνει υπερφόρτωση της συσκευής λόγω βλάβης του θερμοστάτη ή ενός κυκλώματος. Ομοίως μπορεί να εντοπιστεί κάποιο βραχυκύκλωμα το οποίο θα μπορούσε να είναι αιτία ηλεκτροπληξίας ή πυρκαγιάς .Εταιρείες οικιακών συσκευών

με πρόσβαση στα δεδομένα ενδεχομένως να πρότειναν τη συσκευή άμεσα ή έμμεσα στο χρήστη.

Η είσοδος των επιχειρήσεων σε αυτή τη μέθοδο θα μπορούσε να είναι μοχλός ανάπτυξης όλης της διαδικασίας. Οι εταιρείες ενδεχομένως να ήταν πρόθυμες να αναλάβουν το κόστος των έξυπνων μετρητών ή τη χρηματοδότηση του συστήματος διαχείρισης στα πλαίσια ανάλυσης της αγοράς. Οι καταναλωτές από τη μεριά τους θα μπορούσαν να έχουν καλύτερες υπηρεσίες παροχής ηλεκτρισμού και χαμηλότερους λογαριασμούς. Σήμερα ένα μεγάλο μέρος του ηλεκτρονικού εμπορίου και της διαφήμισης βασίζεται σε δημογραφικά και ψυχογραφικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από ανάλυση της συμπεριφοράς των χρηστών. Μεγάλες πλατφόρμες όπως η Amazon προβάλλει προϊόντα ανάλογα με το ιστορικό του χρήστη, τα ενδιαφέροντά του, τις αναζητήσεις στο διαδίκτυο κτλ. Η παρακολούθηση των προτιμήσεων του χρήστη δεν είναι κάτι καινούριο. Αντίστοιχες πληροφορίες θα μπορούσαν να δοθούν από την ανάλυση των συσκευών. Γνωρίζοντας ποιοι καταναλωτές ή ομάδες χρησιμοποιούν συγκεκριμένες συσκευές μπορούν να προτείνουν τα αντίστοιχα προϊόντα με μεγάλα ποσοστά επιτυχίας. (Carrie Armel et al., 2013)

Το κόστος των έξυπνων συσκευών είναι μεγαλύτερο περίπου 10-20% σε σχέση με τα συμβατικά μοντέλα της αγοράς. Προς το παρόν όμως το ενδιαφέρον για έξυπνες συσκευές είναι μικρό και οι εταιρείες παράγουν περιορισμένο αριθμό έξυπνων συσκευών. Η στροφή προς τη δυναμική τιμολόγηση ίσως βοηθήσει στην ανάπτυξη της αγοράς. Οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικών ειδών μπορούν να ενσωματώσουν την τεχνολογία των έξυπνων μετρητών με ένα κόστος περίπου 100 ευρώ αν λάβουμε υπόψη τη διαφορά στα μοντέλα που κυκλοφορούν ήδη στην αγορά (πλυντήρια ρούχων, πλυντήρια πιάτων και κλιματιστικά). Η ανάπτυξη της ζήτησης θα αυξήσει τη παραγωγή και τον ανταγωνισμό μειώνοντας αυτή τη διαφορά.

Συχνά γίνεται λόγος για την αειφόρο²¹ ανάπτυξη η οποία έχει τριπλό στόχο :η οικονομική ανάπτυξη να είναι αποτελεσματική , κοινωνικά δίκαιη και περιβαλλοντικά βιώσιμη. Η ανάπτυξη μεθόδων όπως η NILM για την ενεργειακή κατανάλωση μπορεί να συμβάλλει προς αυτή τη κατεύθυνση. Ήδη υπάρχουν πλατφόρμες όπου οι χρήστες ανεβάζουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες δημιουργώντας ένα κοινωνικό δίκτυο με ευαισθητοποιημένους πολίτες σχετικά με τη κατασπατάληση της ενέργειας.

4.4.4 Διαχείριση φορτίου και κατανάλωσης

Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί προσωπικό δεδομένο και η καταγραφή της πρέπει να γίνεται με τη σύμφωνη γνώμη του ιδιοκτήτη της κατοικίας.

²¹ <https://www.espa.gr/el/pages/dictionaryFS.aspx?item=4>

Η μέθοδος NILM χρησιμοποιείται κυρίως για λόγους που σχετίζονται με την οικονομική διαχείριση και τιμολογιακή πολιτική. Έχουν προταθεί χρήσεις σχετικά με την σωστή λειτουργία των συσκευών. Η παρακολούθηση της ζήτησης σε επίπεδο οικίας μπορεί να έχει εξίσου σημαντικά πλεονεκτήματα όπως για παράδειγμα ο εντοπισμός σφαλμάτων και κακής λειτουργίας συσκευών. Ο συντελεστής ισχύος εκφράζει την αποτελεσματικότητα των ηλεκτρικών συσκευών. Η γνώση επομένως του συντελεστή ισχύος σε πραγματικό χρόνο μπορεί να βοηθήσει στη βέλτιστη λειτουργία των συσκευών. Για παράδειγμα συσκευές έχουν σημαντική άεργο ισχύ θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε διαφορετικές γραμμές του δικτύου -αν υπάρχει αυτή η δυνατότητα. Η ταυτόχρονη λειτουργία τέτοιων συσκευών αυξάνει τη φαινόμενη ισχύς.

4.4.5 Υγειονομική περίθαλψη

Η μέθοδος παρακολούθησης ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κοινωνικούς σκοπούς και στο τομέα της υγείας και της υγειονομικής περίθαλψης. Υπήρχαν εφαρμογές στην οποία ο Nakaoku και οι συνεργάτες τους προσπάθησαν να εντοπίσουν αλλαγές στη συμπεριφορά ηλικιωμένων ατόμων και να τη συσχετίσουν με διανοητικές διαταραχές. (Nakaoku et al., 2021). Προσπάθησαν να αναπτύξουν ένα μοντέλο για την ασφάλεια των ασθενών οι οποίοι μπορούν να βρίσκονται στα πρώτα στάδια της άνοιας. Μια συσκευή όπως μια ηλεκτρική τοστιέρα ή ένας φούρνος μπορεί να είναι αιτία πυρκαγιάς όταν παραμένει ενεργοποιημένη για ώρες. Οι πιθανότητες να συμβεί αυτό σε ασθενείς με αλτσχάιμερ είναι προφανώς αυξημένες. Σύμφωνα με το Nakaoku η μέθοδος δεν μπορεί να ανιχνεύει όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την υγεία του ασθενούς όπως αν τρέφεται σωστά. Δραστηριότητες που δεν απαιτούν τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, όπως η λήψη φαρμάκων, προφανώς και δεν μπορούν να προβλεφθούν. (Gopinath et al., 2020b). Επίσης η χρήση των συσκευών δεν ακολουθεί πάντα ένα καθορισμένο μοτίβο. Παρόλο αυτά είναι μια χρήσιμη μέθοδος, αν και βρίσκεται στα πρωταρχικά στάδια. Πρόκειται για μια πρωτότυπη έρευνα καθώς δεν εντοπίστηκαν παρόμοιες έρευνες. Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις όπως η τοποθέτηση φορητών αισθητήρων που έχει προτείνει ο Σταυρόπουλος και οι συνεργάτες του. Η παρακολούθηση ήταν εξατομικευμένη και δημιουργήθηκε ένα πλαίσιο δραστηριοτήτων που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για την NILM. (Stavropoulos et al., 2017).

4.4.6 Βιομηχανικές εφαρμογές

Η απορρόφηση ηλεκτρικής ενέργειας και η αντίστοιχη παραγωγή ρύπων στις οικίες είναι περίπου 40%, όσο περίπου και στη βιομηχανία. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και στη βιομηχανία για την βελτιστοποίηση της παραγωγής, τη μείωση του κόστους αλλά και στη συντήρηση του εξοπλισμού. Η συντήρηση του εξοπλισμού

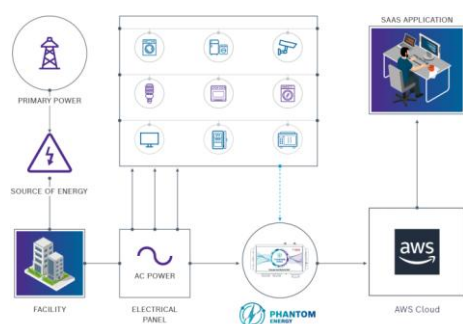
είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Συνήθως απορροφά μεγάλο μέρος του προϋπολογισμού, συχνά με αμφίβολα αποτελέσματα ενώ απαιτείται η διακοπή της παραγωγής. Μια αστοχία μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς καταστάσεις αυξάνει το χρόνο και το κόστος παράδοσης των προϊόντων. Συχνά υπάρχουν ρήτρες και αυστηρά χρονοδιαγράμματα. Το κύρος της εταιρείας μπορεί να υποστεί μεγάλο πλήγμα. Οι ασφαλιστικές εταιρείες απαιτούν να διατηρείται αρχείο συντήρησης με συγκεκριμένες διαδικασίες για την αποφυγή ατυχημάτων, βλαβών και τραυματισμών.

Η προληπτική συντήρηση μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος καθώς τα εξαρτήματα αντικαθίστανται αρκετά μακριά από το χρόνο ζωής τους. Απαιτείται διακοπή της παραγωγής και η απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού. Τα ανταλλακτικά μπορεί να μην είναι διαθέσιμα στην αγορά. Η έγκαιρη προμήθεια τους δημιουργεί επιπλέον προβλήματα όπως το κόστος αποθήκευσης, η ανάγκη για διαχείριση και φύλαξη. Σε περίπτωση αντικατάστασης ή εκσυγχρονισμού του εξοπλισμού αυξάνουν το κόστος αφού δεν θα είναι συμβατά. Κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης υπάρχει αυξημένη πιθανότητα για εργατικό ατύχημα ή καταστροφής του εξοπλισμού από λάθος. Στη βιομηχανική συντήρηση υπάρχει ο όρος “βρεφική θνησιμότητα” που είναι ο εφιάλτης των μηχανικών. Μεγάλο ποσοστό καινούριων ανταλλακτικών εμφανίζει αστοχία στο πρώτο 5% του χρόνου ζωής ενός εξαρτήματος. Υπάρχουν εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες συντήρησης και παρακολούθησης του εξοπλισμού. Όταν ο εξοπλισμός είναι εξειδικευμένος (π.χ. ιατρικά μηχανήματα σε νοσοκομείο) αυτό είναι μονόδρομος. Συχνά οι υπηρεσίες συντήρησης προσφέρονται από τον προμηθευτή του εξοπλισμού. Ο κατασκευαστής χρησιμοποιώντας τέτοιου είδους αλγόριθμους μπορεί να παρακολουθήσει και να συγκρίνει τη συμπεριφορά των προϊόντων άμεσα, σε διαφορετικές συνθήκες και από διαφορετικούς χρήστες. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί στη συντήρηση ακριβείας και στη προβλεπτική συντήρηση καθώς παρέχει πολύτιμα δεδομένα. Στη παραδοσιακή προληπτική συντήρηση μπορεί να αξιοποιηθεί για τα αποτελέσματά της ενώ στην επισκευαστική συντήρηση να υποδείξει τη βλάβη.

Σήμερα υπάρχουν αρκετές εφαρμογές εμπορικά διαθέσιμες. Η Robert Bosch Engineering and Business Solutions (RBEI) ανέπτυξε ένα σύστημα το Bosch Phantom²² το οποίο είναι ένας ισχυρός συνδυασμός αισθητήρων, λογισμικού και υπηρεσιών. Προσφέρει παρακολούθηση της κατάστασης και μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο. Όπως όλες οι μη παρεμβατικές μέθοδοι συλλέγουν τα δεδομένα από την ηλεκτρική παροχή. Έπειτα υπάρχει ένας έξυπνος αλγόριθμος τεχνικής νοημοσύνης που αναλύει τις υπογραφές των συσκευών. Εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τη λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού, τη συμπεριφορά των χρηστών

²² <https://www.boschphantom.com/>

των μηχανημάτων .Μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε παλαιού τύπου μηχανήματα όσο σε σύγχρονα μηχανήματα αρκεί η κατασκευή τους να είναι διακριτή . Σύμφωνα με το διευθύνων σύμβουλο της RBEI μπορεί να εφαρμοστεί στην υγειονομική περίθαλψη, στη γεωργία, στο λιανικό εμπόριο , στη βιομηχανία κατασκευών και γενικότερα σε κάθε κλάδο που συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο είναι εφικτή η συνεχής βελτίωση που οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε cloud ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου συσκευή Phantom Edge είναι συμβατή με wifi και 4G και υποστηρίζει διαφορετικά πρότυπα επικοινωνίας .Η τοποθέτηση μπορεί να γίνει χωρίς να διακοπεί η παραγωγή ή να γίνουν εκτεταμένες παρεμβάσεις. Σε μεγάλες εταιρείες και πολυεθνικές αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο αφού συνήθως έχουν μεγάλη διασπορά εργοστασίων παραγωγής.



*Το Phantom της Bosch
υπόσχεται βέλτιστη
λειτουργία του εξοπλισμού
και μειωμένο κόστος
συντήρησης και παραγωγής.*

Εικόνα 10 Η Πλατφόρμα Phantom της Bosch

Στη παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η λειτουργία του Phantom.Ο μετρητής αναλύει και διαχωρίζει τις συσκευές. Υπάρχει αλγόριθμος βασισμένος στην έξυπνη νοημοσύνη που ελέγχει αυτόματα όλες τις λειτουργίες. Δεν χρειάζεται η διακοπή της παραγωγής. Η αποστολή των δεδομένων γίνεται ασύρματα σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.

4.4.7 Ψηφιακή εφαρμογή σε κινητό

Μια μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας δεν αρκεί να είναι μόνο αποδοτική αλλά πρέπει να είναι και εύχρηστη ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί από πλήθος διαφορετικών καταναλωτών. Όπως έχει ήδη ειπωθεί ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει καθοριστικό ρόλο για την επιτυχία της μεθόδου. Σήμερα το περιβάλλον απεικόνισης των προγραμμάτων είναι ιδιαίτερα φιλικό για το χρήστη ενώ υπάρχουν εφαρμογές που μπορούν να εγκατασταθούν σε έξυπνα κινητά (smart phones).

Τον Αύγουστο του 2020 η Samsung Electronics Co και η NET2GRID²³ ανακοίνωσαν μια ευρωπαϊκή συνεργασία επικεντρωμένη στο ψηφιακό μετασχηματισμό της διαχείρισης της ενέργειας για κατοικίες. Για το σκοπό αυτό ενοποιήθηκε η πλατφόρμα Ynni της NET2GRID με την εφαρμογή SmartThings της Samsung .Η Ynni χρησιμοποιεί τα δεδομένα των έξυπνων συσκευών για να τα διαχωρίσει και να αναλύσει τη κατανάλωση ενέργειας κάθε συσκευής. Η εφαρμογή της Samsung για τα κινητά χρησιμοποιείται ήδη για τη διαχείριση των συσκευών της Samsung και όχι μόνο. Η συνεργασία θα προσφέρει στο χρήστη εξατομικευμένες και εξελιγμένες υπηρεσίες ,εύχρηστα μοτίβα οικιακής χρήσης και συμβουλές εξοικονόμησης ενέργειας. Σύμφωνα με την Net2grid υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης για την ενδοημερήσια ζήτηση της ενέργειας -σε πραγματικό χρόνο για τις επόμενες ώρες με βάση ιστορικά δείγματα δεδομένων 15 λεπτών από τα στοιχεία της οικιακής κατανάλωσης. Η πρόβλεψη για την επόμενη μέρα γίνεται με βάση τα δεδομένα 15-60 λεπτών. Η μακροπρόθεσμη πρόβλεψη περιλαμβάνει συγκεντρωτική εβδομαδιαία ,μηνιαία και ετήσια ζήτηση ενέργειας με βάση τα προηγούμενα δεδομένα. Η πλατφόρμα προβάλλει τη κατανάλωση ,το αναμενόμενο κόστος και τις εκπομπές του διοξειδίου. Μπορούν να γίνουν ρυθμίσεις για μεγαλύτερη εξατομίκευση.



Η εφαρμογή έχει ένα ιδιαίτερα φιλικό και διαδραστικό περιβάλλον. Ο χρήστης ενημερώνεται για τη κατανάλωση, τους ρύπους και την εξοικονόμηση ανάλογα με τις δραστηριότητες του. Μπορεί να προβεί σε επιπλέον εξατομίκευση και παραμετροποίηση. Μπορεί να κοινοποιήσει τα αποτελέσματα στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και να συμβάλει στη δημιουργία καλών πρακτικών.

Εικόνα 11 Η εφαρμογή της Samsung σε συνεργασία με την Net2grid

²³ Η NET2GRID ιδρύθηκε το 2011 και έχει γραφεία στην Ελλάδα, Ολλανδία και Γερμανία.
<https://www.net2grid.com/10yearsnet2grid>

Το 2011 ,πριν ακόμα ιδρυθεί η Net2grid μια άλλη εταιρεία η Wattics είχε ήδη αναπτύξει την δική της πλατφόρμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο NILM. Η ανάπτυξη νέων εφαρμογών έχει να αντιμετωπίσει πλήθος εμποδίων και τεχνολογικών περιορισμών όπως τα προσωπικά δεδομένα, η αξιοπιστία του συστήματος και οι ιδιαιτερότητες κάθε πελάτη. Η εξοικονόμηση ενέργειας δεν μπορεί να αποδειχθεί αν δεν έχει προηγηθεί ανάλυση του ιστορικού. Στη πραγματικότητα αντιπροσωπεύει την απουσία ενέργειας .Η εταιρεία Wattics απέσυρε τη πλατφόρμα αλλάζοντας τη μεθοδολογία για λόγους που εξηγεί στην ανακοίνωσή²⁴ της. Ανέφερε τις δυσκολίες στη πρακτική εφαρμογή της μεθόδους σε σχέση με τη θεωρητική ή πιλοτική εφαρμογή.

Ανάμεσα στα σημαντικότερα προβλήματα ήταν η έλλειψη αναγνώρισης από πιστοποιημένους φορείς και οι δυσκολία να εκδοθούν τα κατάλληλα πιστοποιητικά εξοικονόμησης ενέργειας διάφορους φορείς όπως η IPMVP²⁵. Καταλυτικό ρόλο για αυτή την απόφαση έπαιξε το πελατολόγιο και οι στόχοι που έπρεπε να επιτευχθούν. Στην επικύρωση της εξοικονόμησης ενέργειας η NILM δεν αναγνωρίζεται ως εναλλακτική μέθοδος μέτρησης και παρακολούθησης και επομένως δεν μπορούν να επιτευχθούν πρωτόκολλα όπως το ISO50001. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα ήταν η έλλειψη πιστοποίησης UL²⁶ ή MID. Η NILM δεν έχει πάρει τις κατάλληλες πιστοποιήσεις ασφαλείας και διαχωρισμού ενέργειας. Επομένως δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την κατανομή των λογαριασμών κοινής ωφέλειας ανά ενοικιαστή ή ανά εταιρεία όταν αυτές συσχετίζονται. Η εταιρεία αναγνωρίζει τη αξιοπιστία της μεθόδου για οικιακές εφαρμογές και το γεγονός ότι συνέβαλε θετικά στην ανάπτυξη λογισμικού μηχανικής μάθησης (Sentinel) το οποίο έχει συγγενικούς δεσμούς με την NILM.

Συμπερασματικά λοιπόν η μέθοδος έχει σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά υπάρχουν αρκετά προβλήματα που αναζητούν λύσεις. Σίγουρα είναι μια πολλά υποσχόμενη λύση και με απεριόριστες δυνατότητες. Η ανάπτυξη των νευρωνικών δικτύων, της τεχνητής νοημοσύνης και των υπερυπολογιστών μπορεί να βοηθήσουν σε αυτή τη κατεύθυνση. Ενδεχομένως να χρειαστεί ο συνδυασμός μεθόδων για καλύτερα αποτελέσματα. Ανεξάρτητα από τη μέθοδο η συνειδητοποίηση των καταναλωτών και αποτελούσε και θα αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο για την σωστή διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας.

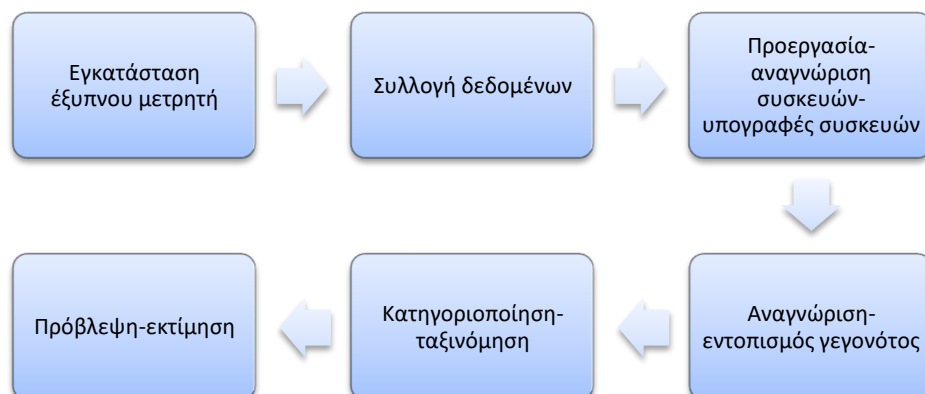
²⁴ <https://www.wattics.com/why-wattics-removed-non-intrusive-load-monitoring-from-energy-analytics/>

²⁵ <https://evo-world.org/en/products-services-mainmenu-en/protocols/ipmvp>

²⁶ [https://en.wikipedia.org/wiki/UL_\(safety_organization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/UL_(safety_organization))

4.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ο μετρητής καταγράφει σε πραγματικό χρόνο ηλεκτρική ενέργεια, ισχύ και άεργο ισχύ αποθηκεύοντας τα δεδομένα σε συγκεκριμένη πλατφόρμα. Κάθε συσκευή έχει συγκεκριμένο κύκλο λειτουργίας με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στα οποία βασίζεται η υπογραφή των ηλεκτρικών συσκευών. Η αναγνώριση των συσκευών επιτρέπει στο διαχειριστή να διαχειριστεί καλύτερα την ενέργεια μέσω της πρόβλεψης.



Εικόνα 12 Τα στάδια της NILM

4.5.1 Εγκατάσταση μετρητή

Ο μετρητής που θα χρησιμοποιηθεί στη δική μας έρευνα είναι αυτόματος δηλαδή τα δεδομένα λαμβάνονται συνεχώς σε πραγματικό χρόνο .Συχνά αυτή η κατηγορία μετρητών ονομάζονται και έξυπνοι μετρητές .Ο αυτόματος μετρητής καταγράφει και αποθηκεύει αυτόματα μεταβλητές που σχετίζονται με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργεια. Η καταγραφή γίνεται ανά 5 λεπτά και η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται σε ειδική πλατφόρμα. Υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στη πλατφόρμα με χρήση του διαδικτύου. Οι βασικές μεταβλητές που καταγράφονται είναι η ισχύς ,η άεργος ισχύς και η ενέργεια ανά φάση. Η μέθοδος ονομάζεται μη παρεμβατική γιατί δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθούν επιπλέον εγκαταστάσεις και μετατροπές στο σύστημα. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος αριθμός μετρητών αλλά τότε αυτό θα είχε ως συνέπεια την αύξηση του κόστους. Η εγκατάσταση του μετρητή ήταν προγραμματισμένη να γίνει στο κτίριο του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ αλλά λόγω της πανδημίας covid-19 και τη διακοπή της εκπαιδευτικής διαδικασίας τοποθετήθηκε σε οικία στην Αθήνα.

4.5.2 Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων γίνεται σε πραγματικό χρόνο και υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης μέσω ίντερνετ . Η καταγραφή των δεδομένων γίνεται ανά πέντε λεπτά και υπάρχει απεικόνιση της κατανάλωσης σε γραφική παράσταση. Υπάρχει δυνατότητα εξαγωγής των δεδομένων επιλέγοντας συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Υπάρχουν αρκετές πλατφόρμες οι οποίες επιτρέπουν την απεικόνιση των δεδομένων ακόμα και την επεξεργασία τους .Συχνά μάλιστα πληρώνοντας μια μικρή συνδρομή υπάρχει δυνατότητα ολοκληρωμένης διαχείρισης της ηλεκτρικής ενεργείας πχ energy detective.Σημαντικό είναι ότι τα δεδομένα μπορούν εύκολα να εξαχθούν και να γίνει η επεξεργασία τους με στατιστικά προγράμματα.

4.5.3 Εντοπισμός γεγονότος

Μπαίνοντας στη πλατφόρμα μπορεί να εντοπιστεί το γεγονός το οποίο θα μπορούσε να είναι για παράδειγμα η έναρξη λειτουργίας μιας συσκευής. Ο εντοπισμός γίνεται εύκολα από την άεργο ισχύ καθώς πολλές συσκευές όπως το πλυντήριο κατά την έναρξη και τη λήξη της λειτουργίας τους χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες. Η έναρξη του γεγονότος μπορεί να επιβεβαιωθεί και από το διάγραμμα της πραγματικής ισχύος. Σημαντική παράμετρος είναι ο χρόνος που λαμβάνει χώρα το συμβάν.

Τα στατιστικά δεδομένα είναι πολύτιμα καθώς στα περισσότερα νοικοκυριά υπάρχει ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο στη μορφή των καταναλώσεων. Για παράδειγμα τις πρωινές ώρες εμφανίζονται λειτουργίες που σχετίζονται με τη προετοιμασία του πρωινού δηλαδή η λειτουργία των σχετικών συσκευών όπως η καφετιέρα και η τοστιέρα .Τις μεσημεριανές ώρες είναι πιθανότερο να χρησιμοποιηθούν συσκευές που σχετίζονται με τη προετοιμασία του φαγητού όπως η ηλεκτρική κουζίνα. Προφανώς υπάρχουν εξαιρέσεις και ειδικές περιπτώσεις. Έτσι σε κατοικίες που χρησιμοποιούνται για βραχυπρόθεσμη ενοικίαση το μοτίβο μπορεί να είναι τελείως διαφορετικό από εβδομάδα σε εβδομάδα.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση όπως η εποχή, η εργασία ,η σύνθεση του νοικοκυριού και προφανώς οι καιρικές συνθήκες. Επομένως παρά την ομοιότητα στη γενική μορφή της κατανάλωσης οι ωριαίες καταναλώσεις μπορεί να διαφέρουν σημαντικά για αυτό είναι απαραίτητο ένα στάδιο δοκιμαστικής λειτουργίας .

4.5.4 Αναγνώριση συσκευών & εντοπισμός συσκευών

Σε μια συνηθισμένη οικία υπάρχουν δεκάδες ηλεκτρικές συσκευές με διαφορετική λειτουργία και χαρακτηριστικά. Για τον καλύτερο εντοπισμό των συσκευών ήταν απαραίτητη η ανάλυση των χαρακτηριστικών και της λειτουργίας των συσκευών. Συσκευές είναι συνεχώς συνδεδεμένες στο ρεύμα όπως το ψυγείο και άλλες που χρησιμοποιούνται σπάνια.

4.5.4.1 *Χαρακτηριστικά συσκευών*

Η αναγνώριση των συσκευών είναι το δυσκολότερο στάδιο το οποίο μπορεί να καθορίσει την επιτυχία της μεθόδου. Συνήθως καταγράφεται η λειτουργία κάθε συσκευής ξεχωριστά ώστε να γίνει η απαραίτητη κωδικοποίηση. Υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες που μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό μια συσκευής όπως η ισχύς της, η άεργος ισχύς και το χρονικό διάστημα λειτουργίας της συσκευής. Βασικό χαρακτηριστικό είναι η συμπεριφορά των συσκευών όταν διαρρέονται από ρεύμα. Η τάση στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου για λόγους που σχετίζονται με τη παραγωγή, τη μεταφορά και τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι απώλειες είναι σημαντικά μικρότερες όταν ένας αγωγός διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα σε σχέση με το συνεχές. Το ρεύμα και η τάση είναι συμφασικά. Όταν στα άκρα μια ηλεκτρικής συσκευής εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση τότε το ρεύμα που διαρρέει τη συσκευή δεν έχει πάντα την ίδια φάση με τη τάση. Οι συσκευές μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα τη συμπεριφορά τους ώστε να είναι εύκολη η αναγνώρισή τους. Υπάρχουν αρκετές έρευνες που δείχνουν την αναμενόμενη συμπεριφορά μιας συσκευής. Σε γενικές γραμμές μια συσκευή οι οποία αποτελείται κυρίως από αντιστάσεις όπως η τοστιέρα ή ο βραστήρας περιμένουμε να έχει ωμική συμπεριφορά. Αντιθέτως συσκευές που χρησιμοποιούν κινητήρες ή αντλίες έχουν επαγωγική συμπεριφορά.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να γίνει αναφορά στα σημαντικότερα υποσυστήματα που συναντάμε στις σύγχρονες ηλεκτρικές συσκευές. Η αντλία νερού είναι ένα εξάρτημα το οποίο υπάρχει σε όλες τις συσκευές που χρειάζονται νερό για να λειτουργήσουν. Κατά την έναρξη του προγράμματος γίνεται άντληση νερού προς το κάδο πλύσης. Ο χρόνος λειτουργίας μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το χωρητικότητα του πλυντηρίου και τη παροχή. Παρόλα αυτά τις περισσότερες φορές δεν ξεπερνά τα λίγα λεπτά. Η αντλία είναι υπεύθυνη για το άδειασμα του κάδου κατά τη διάρκεια του στυψίματος.

Η αντίσταση είναι μια συσκευή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική χάρη στο φαινόμενο Τζάουλ. Στους αγωγούς η θέρμανση είναι ανεπιθύμητη αλλά σε πολλές συσκευές αυτό παίζει καθοριστικό ρόλο. Αρκετές συσκευές όπως η ηλεκτρική κουζίνα, η τοστιέρα και η καφετιέρες χρησιμοποιούν αντιστάσεις. Στις συσκευές που απαιτείται η θέρμανση νερού όπως το πλυντήριο και ο θερμοσίφωνας απαιτούνται σημαντικά ποσά ενέργειας. Η αντίσταση θερμαίνει το νερό του δικτύου μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 20 °C ενώ υπάρχουν προγράμματα με 90 °C. Από τους νόμους της θερμοδυναμικής γίνεται αντιληπτό ότι η κατανάλωση είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας αλλά και της μάζας του θερμαινόμενου υγρού. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε αυτή τη φάση η άεργος ισχύς πρακτικά μηδενίζεται. Η αρχική θερμοκρασία είναι η θερμοκρασία του δικτύου η οποία εξαρτάται από την εποχή, την εγκατάσταση κεντρικής ύδρευσης ακόμα και τη

πηγή του πόσιμου νερού. Στο Ηράκλειο Κρήτης εκτός από τις γεωτρήσεις χρησιμοποιείται κυρίως το φράγμα του Αποσελέμη το οποίο δέχονται δέχεται νερό από τις γύρω περιοχές. Μεγάλη ποσότητα προέρχεται από το λιώσιμο του χιονιού και έχει αισθητά χαμηλή θερμοκρασία. Μια ιδιαιτερότητα αυτής της πόλης είναι η ύπαρξη οικιακών υδατοδεξαμενών (ντεπόζιτα) στις ταράτσες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το νερό να έχει διαφορετική θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του κεντρικού δικτύου. Το καλοκαίρι η θερμοκρασία του νερού εισόδου είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή του δικτύου και το χειμώνα πιθανότατα χαμηλότερη. Όλα αυτά είναι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη γενίκευση οποιουδήποτε μοντέλου πρόβλεψης. Η επιθυμητή θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Η πλύση των ρούχων σε χαμηλές θερμοκρασίες προτείνεται για σημαντική εξοικονόμηση νερού. Υπάρχουν λευκές συσκευές που συνδέονται στο σύστημα ζεστού νερού για μεγαλύτερη εξοικονόμηση. Το ζεστό νερό χρήση (ZNX) απορροφά σημαντικά ποσά ενέργειας στις ελληνικές κατοικίες της τάξης. Σύμφωνα με τον νέο KENAK τουλάχιστον το 60% του ZNX πρέπει να καλύπτεται από ηλιακό θερμοσίφωνα.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι ένα εξάρτημα το οποίο το συναντάμε σε αρκετές συσκευές. Μπορεί να αποτελεί βασικό εξάρτημα όπως σε μια κουζίνομηχανή ή ένα ανεμιστήρα ή βοηθητικό στοιχείο όπως συμβαίνει σε ένα πλυντήριο. Συνήθως έχουν μεγάλη απόδοση και ελάχιστες απώλειες. Υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογίες ανάλογα με τον τρόπο που αλληλεπιδρά το μαγνητικό πεδίο αναγκάζοντας το ρότορα σε περιστροφή. Για παράδειγμα στο πλυντήριο περιστρέφει το κάδο για τη καλύτερη ανάμειξη των ρούχων με το απορρυπαντικό. Οι στροφές του κάδου δεν είναι σταθερές και κατά τη διάρκεια του στυψίματος ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει αριθμό στροφών. Παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά. Δεν απορροφούν σημαντικά ποσά ενέργειας στη οικιακή χρήση αλλά μπορεί να βοηθήσουν στην αναγνώριση των ηλεκτρικών συσκευών. Σε βιομηχανικές εφαρμογές η χωροθέτηση είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί οι ηλεκτροκινητήρες μπορούν να επηρεάσουν ολόκληρο το σύστημα ειδικά κατά την εκκίνησή τους αν δεν υπάρχει λογισμικό για ομαλή εκκίνηση (soft start).

Οι αντιστάτες δεν δημιουργούν διαφορά φάσης ανάμεσα στη τάση και στην ένταση. Επομένως τα δύο αυτά μεγέθη είναι πάντα συμφασικά. Όταν ένα κύκλωμα παρουσιάζει ωμική συμπεριφορά τότε έχουμε τη βέλτιστη μεταφορά ενέργειας από το δίκτυο στη συσκευή καθώς δεν υπάρχει παγιδευμένη ενέργεια στα στοιχεία του κυκλώματος. Η ταξινόμηση των συσκευών είναι η περισσότερο επίπονη διαδικασία. Για τον καταμερισμό της κατανάλωσης χρησιμοποιούνται επιπλέον μετρητές σε συνδυασμό με το κατάλληλο αλγόριθμο. Ενδεικτικά έχουν χρησιμοποιηθεί αισθητήρες ήχου, φωτός, θερμοκρασίας, δόνησης καθώς και ανιχνευτές ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.(Carmine, 1955)

4.5.4.2 *Μέγεθος ισχύος*

Σε πρώτη φάση οι συσκευές ταξινομήθηκαν σε συσκευές μεγάλης και μικρής ισχύος. Σχετικά αυθαίρετα το όριο θεωρήθηκαν τα 800W για να υπάρχει διαφορά από την ενέργεια που εμφανίζεται ως υπόβαθρο σε καθημερινή βάση. Η επεξεργασία των μετρήσεων έχει δείξει ότι υπάρχει μια σχεδόν σταθερή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται σε αναμονή όπως η τηλεόραση και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Οι συσκευές ακόμα και όταν δεν βρίσκονται σε χρήση απορροφούν μικροποσά ηλεκτρικής ενέργειας για τις ενδείξεις που αναγράφουν ενώ υπάρχουν απώλειες στα κυκλώματα και στα καλώδια τροφοδοσίας που μπορούν να φτάσουν τα 120watt (Olatunji et al., 2019). Το ψυγείο θα μπορούσε να ανήκει στις συσκευές που απορροφούν ενέργεια δημιουργώντας ένα σταθερό υπόβαθρο.

Συσκευές όπως το πλυντήριο πιάτων, το πλυντήριο ρούχων, ο βραστήρας, το ηλεκτρικό σίδερο, η τοστιέρα, η κουζίνα, οι θερμάστρες και ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας ανήκουν στις συσκευές μεγάλης ισχύος. Γενικά συσκευές που αποκαλούμε λευκές συσκευές ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία. Αντίθετα συσκευές όπως οι λαμπτήρες, η τηλεόραση, ο υπολογιστής, το ρούτερ και τα κινητά ανήκουν σε συσκευές μικρής ισχύος και για αυτό δεν θα συμπεριληφθούν στην έρευνα καθώς το ενεργειακό κέρδος είναι σχετικά μικρό. Συσκευές με ισχύ μικρότερη των 500Watt θα παραλειφθούν καθώς είναι δύσκολο να εντοπιστούν και συμμετέχουν ελάχιστα στη κατανάλωση. Επίσης στη μοντελοποίηση δεν συμμετέχουν συσκευές που χρησιμοποιούνται παροδικά, δηλαδή 2-3 φορές το μήνα ή σπανιότερα όπως κάποιες κουζίνομηχανές, εξειδικευμένες μηχανές ή ηλεκτρικά εργαλεία. Δεν θα ασχοληθούμε επίσης με συσκευές εκτός σπιτιού όπως ο ανελκυστήρας, το πιεστικό, οι αντλίες ύδατος και τα ηλεκτρικά σκίαστρα. Ο λόγος είναι ότι η μετακίνηση της λειτουργίας τους σε ώρες χαμηλής ζήτησης είναι αδύνατη.

Υπάρχουν συσκευές που απορροφούν σταθερή ισχύ και η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται ως On/Off. Συνήθως είναι συσκευές που αποτελούνται από μια μόνο αντίσταση όπως η τοστιέρα, η φρυγανιέρα και ο βραστήρας. Σε άλλες συσκευές μπορεί να μεταβληθεί η ισχύς σε ένα εύρος τιμών. Οι συσκευές μπορούν να ταξινομηθούν ως προς τη διάρκεια λειτουργίας. Υπάρχουν συσκευές με σύντομη λειτουργία όπως μια κουζίνομηχανή ή συσκευές με συνεχή παροχή όπως το ψυγείο. Η ταξινόμηση ως προς το χρόνο λειτουργίας επομένως περιλαμβάνει συσκευές με σύντομο χρόνο λειτουργίας όπως η καφετιέρα, το σεσουάρ και η τοστιέρα. Η λειτουργία αυτών των συσκευών συνήθως απεικονίζεται με μια κορυφή στο διάγραμμα ισχύς-χρόνος αφού έχουν μικρή διάρκεια. Επειδή οι μετρήσεις πραγματοποιούνται ανά πέντε λεπτά δεν σημαίνει ότι η καταγραφόμενη ισχύς είναι η μέγιστη. Υπάρχουν συσκευές με μεγάλο χρόνο λειτουργίας όπως είναι το πλυντήριο πιάτων και το πλυντήριο ρούχων. Ένα σύνηθες πρόγραμμα διαρκεί 2-3 ώρες ανάλογα

το πρόγραμμα δίχως αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν σύντομα προγράμματα. Θα θεωρήσουμε το πλυντήριο και το στεγνωτήριο ως δύο διαφορετικές συσκευές ακόμα και στη περίπτωση που πρόκειται για μία συσκευή

4.5.4.3 *Κύκλοι λειτουργίας*

Η αναγνώριση των συσκευών δεν είναι εύκολη υπόθεση για ένα ακόμη λόγο. Μπορεί να υπάρχουν αρκετές συσκευές με παρόμοια λειτουργία και παρόμοια υπογραφή. Οι σημερινές συσκευές έχουν αρκετά πολύπλοκη λειτουργία και ο κύκλος τους μπορεί προσεγγιστικά να προσδιοριστεί. Για παράδειγμα τα πλυντήριο πιάτων και ρούχων ακολουθούν παρόμοιο κύκλο λειτουργίας. Αρχικά η αντλία νερού διοχετεύει νερό στο κάδο. Ακολουθεί η θέρμανση του νερού με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντίστασης. Έπειτα υπάρχει κάποιος ηλεκτροκινητήρας για τη περιστροφή του κάδου ή των καταωνιστήρων του νερού. Τέλος η αντλία νερού αδειάζει το κάδο. Ο κύκλος μπορεί να επαναληφθεί ανάλογα το πρόγραμμα. Προφανώς υπάρχουν αρκετές διαφοροποιήσεις όπως για παράδειγμα το μέγεθος του ηλεκτροκινητήρα.

Η χρήση ενός μόνο μετρητή συχνά επιδρά αρνητικά ως προς την αξιοπιστία της μεθόδου. Η ταυτόχρονη λειτουργία πολλών συσκευών μπορεί να οδηγήσει στην πιθανότητα αστοχίας και να μειώσει τα ποσοστά επιτυχούς αναγνώρισης. Για τη βελτίωση του μοντέλου πρόβλεψης είναι θεμιτό να λαμβάνονται τα στατιστικά χρήσης κάθε ηλεκτρικής συσκευής. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει διάκριση ανάμεσα σε δύο συσκευές με παρόμοιες ψηφιακές υπογραφές.

4.5.4.4 *Χρονική στιγμή λειτουργίας*

Στη αναζήτηση θα λάβουμε υπόψη μας και άλλους παράγοντες όπως ο χρόνος λειτουργίας αλλά και η στιγμή έναρξης ή ο συνδυασμός των συσκευών. Για παράδειγμα η χρήση ενός πλυντηρίου πιάτων είναι πιθανότερο να εντοπιστεί πριν ή μετά το μαγείρεμα και επομένως κατά τις μεσημεριανές ώρες. Πιθανότατα η καταγραφή λειτουργίας της ηλεκτρικής κουζίνας να το επιβεβαιώσει..

Η εποχή παίζει σημαντικό ρόλο για τον εντοπισμό. Σκόπιμο είναι να γίνουν ταξινομήσεις ως προς την εποχή ακόμα και τη ζώνη της ημέρας. Ένας ανεμιστήρας χρησιμοποιείται το καλοκαίρι ενώ μια θερμάστρα το χειμώνα. Η εξωτερική θερμοκρασία μιας περιοχής ή τα στατιστικά του καιρού θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη πρόβλεψη. Η ύπαρξη παιδιών στο σπίτι ή ηλικιωμένων είναι ένας παράγοντας που συμβάλει υπέρ της χρήσης θερμαντικών στοιχείων.

Η ταυτόχρονη λειτουργία δύο ή περισσότερων συσκευών δεν είναι κάτι το ασυνήθιστο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ταυτοχρονισμός. Υπάρχουν συσκευές που λειτουργούν σχεδόν πάντα συνδυαστικά όπως για παράδειγμα ο απορροφητήρας

και η ηλεκτρική κουζίνα. Για αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η καταγραφόμενη ηλεκτρική κατανάλωση μπορεί να είναι η σύνθεση δύο ή περισσότερων καταναλώσεων. Συσκευές με διαφορετική συμπεριφορά μπορεί να λειτουργήσουν ευεργετικά για το σύστημα αφού η επαγωγική συμπεριφορά μπορεί να ακυρώσει τη χωρητική συμπεριφορά μιας άλλης συσκευής. Σε κάθε περίπτωση όμως ο διαχωρισμός δεν είναι εύκολος.

Σημαντικός παράγοντας είναι οι συνήθειες των καταναλωτών και η χρονική στιγμή. Για παράδειγμα τις βραδινές ώρες είναι σίγουρο ότι θα λειτουργούν κάποιοι λαμπτήρες. Αν στη κατοικία υπάρχει υπόγειο ή δωμάτιο δίχως φυσικό φωτισμό ενδεχομένως να υπάρχει φωτισμός και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αν η θέρμανση γίνεται με ηλεκτρικές συσκευές είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα υπάρχει μια συσκευή να λειτουργεί παράλληλα. Η καφετιέρα τίθεται σε λειτουργία τις πρωινές ώρες ενώ οι λαμπτήρες φωτισμού κυρίως το βράδυ. Η ηλεκτρική κουζίνα χρησιμοποιείται κατά κόρον τις πρωινές-μεσημεριανές ώρες.

Ο ταυτοχρονισμός και η συσχέτιση βοηθούν να εντοπιστούν ή να αποκλειστούν συσκευές όταν εντοπίσουμε μια συσκευή με ξεκάθαρη υπογραφή. Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του φαγητού χρησιμοποιείται η ηλεκτρική κουζίνα, ο φούρνος μικροκυμάτων, ο απορροφητήρας, κουζινομηχανές ή μίξερ. Συνήθως ακολουθεί η χρήση του πλυντηρίου πιάτων. Ο συμπιεστής του ψυγείου θα τεθεί σε λειτουργία για να επανέλθει η επιθυμητή θερμοκρασία στο θάλαμο. Η προμήθεια πρώτων υλών απαιτεί το συχνό άνοιγμα της πόρτας με τις αντίστοιχες απώλειες. Ομοίως μετά το πλυντήριο ρούχων ενεργοποιείται στεγνωτήριο (αν υπάρχει) και ίσως το σύστημα σιδερώματος. Η χρήση σεσουάρ για τα μαλλιά είναι πιθανότερο να εντοπιστεί μετά από τη χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Η καφετιέρα ή ο αποχυμωτής σχετίζεται με τη τοστιέρα/φρυγανιέρα και έτσι δημιουργείται μια αλυσίδα συσκευών. Αρκεί ο εντοπισμός μιας συσκευής και η αλληλουχία. Ο αμοιβαίος αποκλεισμός μπορεί να λειτουργήσει σε πολλές περιπτώσεις. Το σύστημα ψύξης ή το κλιματιστικό δεν μπορεί να λειτουργεί ταυτόχρονα με την ηλεκτρική θερμάστρα.

Το τρόπος χρήσης και οι πληροφορίες για τον αριθμό και την ηλικία των ενοίκων είναι χρήσιμη πληροφορία στη μέθοδο NILM. Υπάρχουν συσκευές που απαιτούν την παρουσία χρήστη όπως τα συστήματα σιδερώματος και η ηλεκτρική σκούπα. Προφανώς ο αριθμός των εν λειτουργία συσκευών δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των ατόμων στην οικία. Είναι επίσης απίθανο να βρίσκονται σε λειτουργία όταν οι ένοικοι απουσιάζουν ή κοιμούνται. Αντιθέτως συσκευές με καθυστέρηση έναρξης (ή τηλεχειρισμό μέσω wifi) όπως τα πλυντήρια και τα κλιματιστικά έχουν αυξημένες πιθανότητες.

Για την ταξινόμηση των συσκευών δημιουργήθηκε πίνακας στο excel ώστε να εντοπίζονται οι συσκευές με χρήση φίλτρων. Ανάλογα την ώρα, την εποχή και το

μέγεθος ισχύος το αρχικό δείγμα συνήθως περιορίζονταν σε 4-5 συσκευές. Οι συσκευές-στόχοι παρουσιάζονται παρακάτω.

4.5.5 Το ψυγείο

Το ψυγείο παρά το γεγονός ότι είναι συνεχώς συνδεδεμένο στο δίκτυο στη πραγματικότητα καταναλώνει ενέργεια 8-10 ώρες κυρίως όταν τοποθετούνται νέα προϊόντα ή ο θάλαμος ανοίξει. Συνήθως αυτό γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια παρασκευής των γευμάτων. Ο συμπιεστής τίθεται σε λειτουργία όταν η ψύξη στο θάλαμο δεν βρίσκεται σε επιθυμητά όρια λόγω νέων προϊόντων ή ανοίγματος του θαλάμου. Υπάρχουν ψυγεία με λειτουργία απόψυξης η οποία συχνά πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας.

4.5.6 Πλυντήριο Ρούχων

Η λειτουργία της συσκευής είναι σχετικά σύνθετη καθώς υπάρχουν αρκετές διαφορετικές ρυθμίσεις και επιλογές ανάλογα με το πρόγραμμα πλύσης. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει θερμοκρασία, στροφές και τη διάρκεια προγράμματος. Υπάρχουν επιπρόσθετες επιλογές όπως η πρόπλυση, το μούλιασμα και το επιπλέον ξέβγαλμα που μπορούν να κάνουν τη αναγνώριση της συσκευής αρκετά δύσκολη. Τα περισσότερα οικιακά πλυντήρια έχουν τουλάχιστον 10 διαφορετικούς συνδυασμούς προγραμμάτων. Πρακτικά όμως η χρήση τους περιορίζεται σε 2-3 διαφορετικά προγράμματα. Σε γενικές γραμμές όμως το πλυντήριο έχει τα εξής στάδια λειτουργίας. Αρχικά υπάρχει η είσοδος του νερού η οποία γίνεται με τη βοήθεια μιας αντλίας ή με τη πίεση του δικτύου ύδρευσης. Ακολουθεί θέρμανση στην επιθυμητή θερμοκρασία. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται συνήθως η μεγαλύτερη κατανάλωσης της ενέργειας. Το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανσή του, είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας. Έπειτα γίνεται η περιστροφή του κάδου όπου εμφανίζεται εκτός από τη πραγματική και άεργος ισχύς. Ακολουθεί το στύψιμο όπου ο ηλεκτροκινητήρας μπαίνει σε λειτουργία. Η ανάλυση του κύκλου μπορεί να γίνει εύκολα αφού με οπτική παρατήρηση (πχ περιστροφή κάδου) και ηχητική (πχ άντληση/απάντληση) νερού. Η λειτουργία του πλυντηρίου πιάτων έχει αρκετά κοινά με αυτή του πλυντηρίου ρούχων. Η κατανάλωση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη χωρητικότητα και τη τεχνολογία του πλυντηρίου. Η αντλία θερμότητας προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση. Η ιδανική κατανάλωση για ένα πλυντήριο 5Kg είναι περίπου 0,56 kWh ανα κύκλο που αντιστοιχούν σε 82kWh ανα έτος. Ένα πλυντήριο 7kg μπορεί ιδανικά καταναλώνει 0,60KWh ανα κύκλο ή 124kWh/ έτος όπως έχει υπολογιστεί για την νέα σήμανση των πλυντηρίων εντός EU. Η εποχή μπορεί να επηρεάσει τη ψηφιακή υπογραφή του πλυντηρίου. Το χειμώνα τα είδη ρουχισμού είναι τελείως διαφορετικά σε σχέση με το καλοκαίρι. Σε εβδομαδιαία βάση υπάρχει μεγαλύτερος όγκος ενδυμάτων με βαριά ύφανση. Το καλοκαίρι για παράδειγμα η χρήση για το πρόγραμμα « μάλλινα και βαμβακερά» γίνεται σπάνια.

4.5.7 Ηλεκτρικός Φούρνος & Εστίες.

Η κουζίνα έχει απλή λειτουργία καθώς τόσο η λειτουργία του φούρνου όσο και των εστιών βασίζεται στις αντιστάσεις. Οι περισσότερες ηλεκτρικές κουζίνες έχουν μικρό ηλεκτροκινητήρα – ανεμιστήρα για να υποστηρίξουν τη λειτουργία «αέρα» στην οποία η θερμότητα διαχέεται καλύτερα στο κλωβό του φούρνου.

Η ισχύς της ηλεκτρικής κουζίνας διαφοροποιείται αισθητά ανάλογα με τη χρήση. Η λειτουργία μιας εστίας μπορεί να είναι της τάξης των 500w ενώ σε πλήρη λειτουργία (πχ φούρνος και εστίες) μπορεί να ξεπεράσει τα 3000Watt. Οι επαγωγικές κουζίνες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως η απόδοση, η καλύτερη μεταφορά θερμότητας, η ασφάλεια και η ευκολία στη χρήση και καθαριότητα. Η λειτουργία της κουζίνας συνδυάζεται με τη λειτουργία του απορροφητήρα για αυτό υπάρχει άεργος ισχύς εξαιτίας του ηλεκτροκινητήρα.

4.5.8 Ταξινόμηση συσκευών

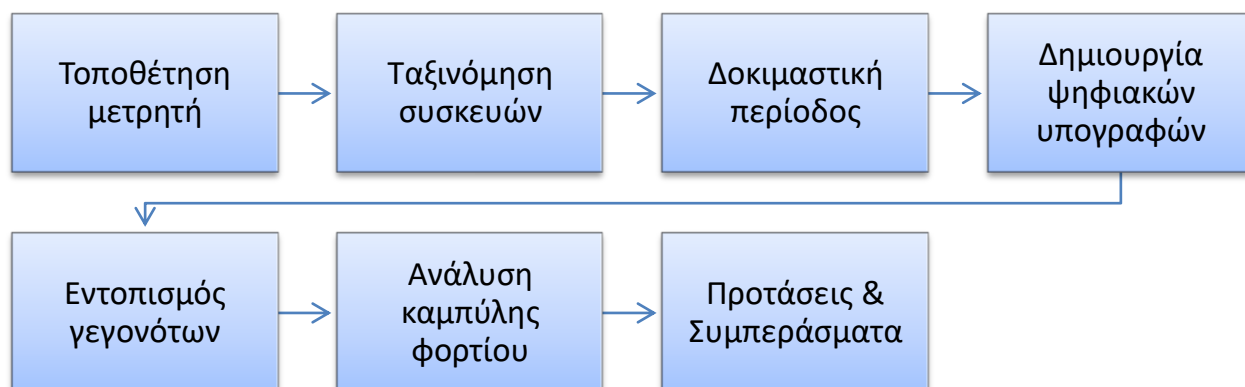
Για την καλύτερη διαχείριση των συσκευών δημιουργήθηκαν πίνακες στο excel που περιείχαν τα βασικά χαρακτηριστικά των συσκευών και μεταβλητές που σχετίζονται με τη λειτουργία τους. Οι πίνακες βοήθησαν στον εντοπισμό των πιθανών συσκευών και στη δημιουργία των ψηφιακών υπογραφών. Ανάλογα την εποχή αποκλείονται κάποιες συσκευές όπως το οι θερμάστρες αν πρόκειται για καλοκαίρι. Στη συνέχεια κρίσιμη παράμετρος είναι η χρονική στιγμή και οι ζώνες της ημέρας (πρωί-μεσημέρι-βράδυ). Έπειτα ακολουθεί η χρονική διάρκεια λειτουργίας το οποίο είναι μια σημαντική παράμετρος. Τέλος το μέγεθος της ισχύος

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΩΡΑΡΙΟ	ΕΠΟΧΙΑΚΑ ΕΤΗΣΙΟ	ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ P_{MAX} ΙΣΧΥΟΣ	ΑΕΡΙΟΣ ΙΣΧΥΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ	ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑ	ΚΑΙΡΟΣ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ	ΝΕΡΟ	ΗΜΕΡ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟΥΣΙΑ ΕΝΟΙΚΩΝ	ΚΑΘΣ. ΕΝΑΡΕΗΣ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣ ΜΜΟ
ΣΥΜΒΟΛΟ	TM	SY		P		VR	E	MTM	HAD	PR	WTH R	W HT	WR	DPW	LN	LTR
1 ΠΛ.ΡΟΥΧΩΝ WM	24h	OXI		2000		NAI		2h	OXI	OXI		7,	NAI	3/7	NAI	NAI
2 ΠΛ.ΠΙΑΤ. DW	24h	5	5	1500		NAI		2h	OXI	OXI	OXI	4	NAI	4/7	NAI	NAI
3 ΒΡΑΣΤΗΡΑΣ BR	ΠΡΩΙ	5	3	900		OXI		5min	NAI	NAI	OXI		OXI	7	OXI	OXI
4 ΚΟΥΖΙΝΑ UV	ΜΕΣΗ Μ.	5	5	2500		OXI		2h	-	NAI	OXI	2,4	OXI	6/7	OXI	OXI
5 ΨΥΓΕΙΟ FR	24H	5	5			NAI		8h	OXI	OXI	NAI	4	OXI	7/7	NAI	OXI
6 ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ CF	Πρωτ	5	5	1000	100 %	οχι		10min	NAI	NAI	OXI		OXI	7	OXI	OXI
7 ΣΤΕΓΝΩΤΗΡ.	Ημερ.	5	5	3000		NAI		3	0	OXI	NAI	1	OXI	3/7	NAI	NAI

5 ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1 Μεθοδολογία

Η τοποθέτηση του έξυπνου μετρητή έγινε στην Αθήνα και μέσω κατάλληλου προγράμματος έγινε εφικτή η παρακολούθηση σημαντικών παραμέτρων όπως η ηλεκτρική ενέργεια ανά φάση ,η πραγματική ισχύς και η άεργος ισχύς. Η καταγραφή των δεδομένων γίνεται ανά πέντε λεπτά και είναι συνεχής. Υπάρχει δυνατότητα εξαγωγής των δεδομένων είτε με μορφή γραφικής παράστασης ή κάποιου πίνακα. Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν σε προγράμματα για περαιτέρω στατιστική ανάλυση και επεξεργασία. Ο έξυπνος μετρητής τροφοδοτεί τη πλατφόρμα με δεδομένα ανά πεντάλεπτο. Η πρόσβαση στις μετρήσεις μπορεί να επιτευχθεί από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου γιατί γίνεται μέσω ίντερνετ.



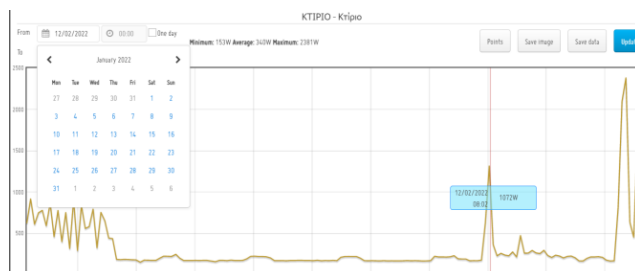
Εικόνα 13 Τα στάδια της NILM για την πρακτική εφαρμογή.

Υπάρχει πλατφόρμα που απεικονίζει τα δεδομένα σε σχεδόν άμεσο χρόνο. Παρέχει πληροφορίες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του χώρου. Υπάρχει η πραγματική ισχύς ,η πραγματική ενέργεια και φαινομενική ενέργεια που έχει καταναλωθεί το τελευταίο εικοσιτετράωρο .Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να έχει εικόνα για τις τρέχουσες καταναλώσεις.



Εικόνα 14 Η πλατφόρμα παρακολούθησης της ενέργειας.

Η πλατφόρμα δίνει την δυνατότητα να επιλεγεί το χρονικό διάστημα με εύρος από μισή ώρα μέχρι και για ολόκληρο έτος. Υπολογίζει αυτόματα το μέσο όρο, τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή για το επιθυμητό χρονικό διάστημα. Μετακινώντας τον κέρσορα στη καμπύλη μπορούμε αναδύονται οι τιμές όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 15 Η επιλογή παραμέτρων στη πλατφόρμα

Η ταξινόμηση των ηλεκτρικών συσκευών που προηγήθηκε σε συνδυασμό με τη δοκιμαστική περίοδο βοηθάει στον εντοπισμό των συσκευών. Η έναρξη λειτουργίας μιας συσκευής αλλάζει την κλήση στο διάγραμμα της ενέργειας ενώ στο διάγραμμα ισχύος εμφανίζεται ως κορυφή.

5.2 Δοκιμαστική περίοδος

Η δημιουργία ψηφιακής υπογραφής προϋποθέτει μια δοκιμαστική περίοδο κατά την οποία η λειτουργία των συσκευών γίνεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Γνωρίζοντας τη χρονική περίοδο λειτουργίας μπορούμε να εντοπίσουμε τη συμβολή της συσκευής στην άεργο και τη πραγματική ισχύ. Επειδή η κατοικία έχει τριφασική φάση αρχικά εντοπίζουμε τη φάση που επηρεάζεται από τη λειτουργία της συσκευής

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι επικεντρωθήκαμε σε ενεργοβόρες συσκευές όπως το πλυντήριο ρούχων και η ηλεκτρική κουζίνα. Υπάρχουν συσκευές όπως το ψυγείο ότι δημιουργούν ένα ενεργειακό υπόβαθρο σχετικά σταθερό. Απώτερος στόχος της εργασίας είναι ο προσδιορισμός του φορτίου που μπορεί να μετακινηθεί βασική παράμετρος της δυναμικής τιμολόγησης .

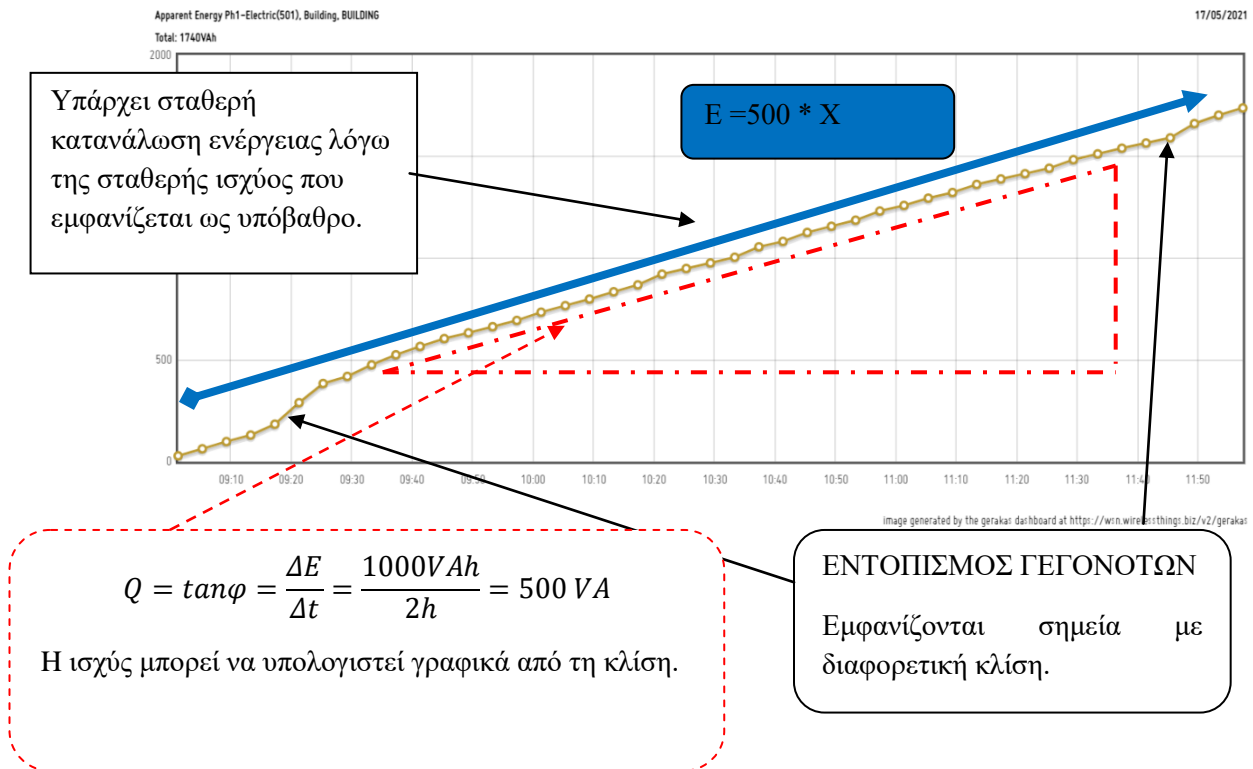
Πίνακας 1 Η ενημέρωση για το ωράριο των συσκευών κατά τη δοκιμαστική περίοδο.

Ημέρα	Ωρα	Εκτιμώμενη διάρκεια	Συσκευή
17.05.21	0.00	2- 3 ώρες	πλυντήριο πιάτων
17.05.21	8.00	45 λεπτά	καφετιέρα
17.05.21	9.15	2 ώρες	πλυντήριο ρούχων
17.05.21	13.45	1 ώρα	Ηλεκτρική εστία σε διάφορες εντάσεις
19.05.21	09.00	1h	Ηλεκτρικός φούρνος.
25.05.21	02.00	1.5	Μαγείρεμα, 2 μάτια
01.06.21	08.00	0.30h	Καφετιέρα

5.3 Εντοπισμός

Ο εντοπισμός ενός γεγονότος είναι κρίσιμη παράμετρος για την επιτυχία της μεθόδου. Συνήθως εμφανίζεται ως κορυφή στην ενεργό ισχύ αλλά όχι πάντα. Όταν η συσκευή αποτελείται από ηλεκτροκινητήρα μπορεί να εμφανιστεί άεργος ισχύς.

Εικόνα 16. Η φαινόμενη ισχύς κατά τη λειτουργία των συσκευών για τον εντοπισμό έναρξης των γεγονότων.



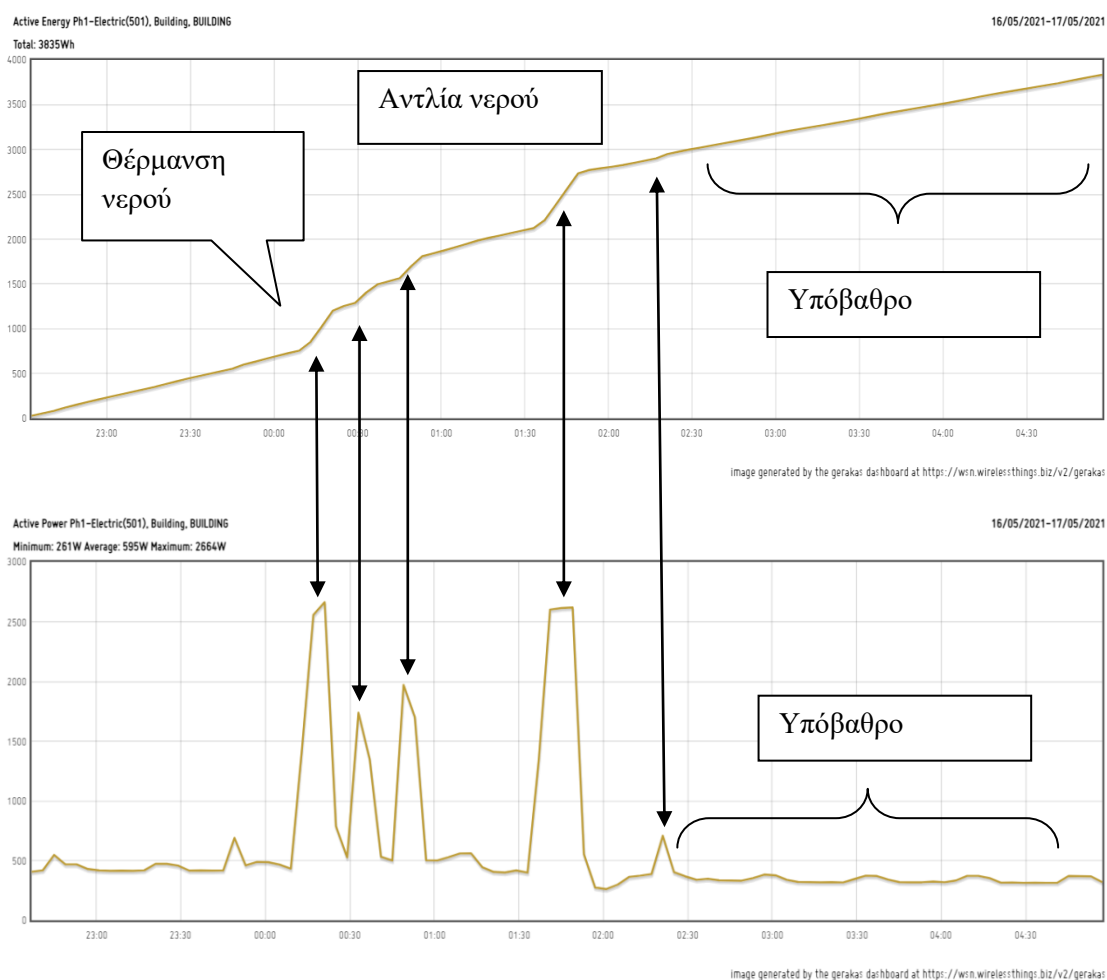
Η κλίση σε ένα διάγραμμα ενέργειας εκφράζει την ισχύ. Αλλαγή στη κλίση σημαίνει ενεργοποίηση κάποιας συσκευής. Στη παραπάνω εικόνα υπάρχουν δύο σημεία τα οποία αντιστοιχούν στην εκκίνηση κάποιας συσκευής. Η ενέργεια απεικονίζεται αθροιστικά επομένως σε όλα τα διαγράμματα εμφανίζεται ως μια ευθεία με θετική κλίση (μπλέ γραμμή). Μπορούμε να βρούμε εύκολα την εξίσωση της ενέργειας αφού φαίνεται να υπάρχει γραμμική σχέση. Για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα η άεργος ενέργεια υπολογίζεται από τη σχέση $E=500*X$ όπου E η ενέργεια σε VAh και X ο χρόνος. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε ένα ακριβέστερο μοντέλο πρόβλεψης της ενέργειας.

5.4 Καμπύλες φορτίου συσκευών & ψηφιακές υπογραφές

5.4.1 Πλυντήριο πιάτων

Η λειτουργία του πλυντηρίου έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος. Στο διάγραμμα της ενέργειας η έναρξη εμφανίζεται ως μια αλλαγή στη κλίση. Αρχικά γίνεται η άντληση νερού. Ακολουθεί η θέρμανση του νερού στην επιθυμητή θερμοκρασία. Συχνά τα πλυντήρια πιάτων επαναλαμβάνουν τους κύκλους ρίψης νερού ενώ συχνά προηγείται η πρόπλυση. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η συσχέτιση ανάμεσα σε ενέργεια και την ισχύ. Σε όλες τις αναλύσεις ακολουθήθηκε αυτή η προσέγγιση αλλά θα παρουσιαστούν τα σημαντικότερα σημεία.

Εικόνα 17 Η ενεργός ισχύς κατά τη λειτουργία του πλυντηρίου.



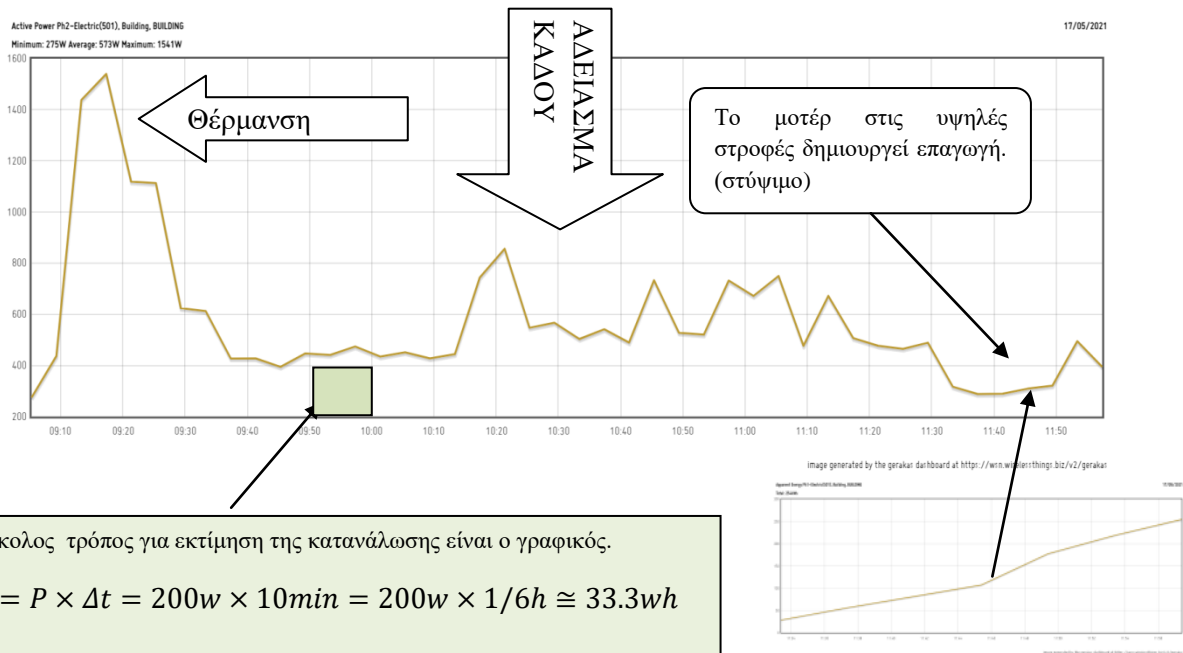
Εικόνα 18 Η φαινόμενη ισχύς κατά τη λειτουργία του πλυντηρίου και ο εντοπισμός των διαφορετικών λειτουργιών.

5.4.2 Το πλυντήριο ρούχων

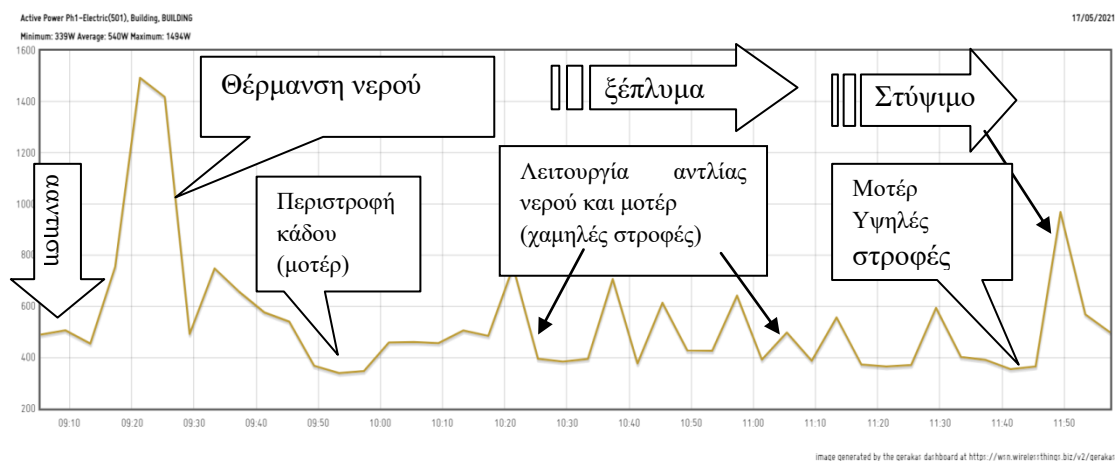
Το πλυντήριο ρούχων έχει περίπλοκο κύκλο. Η δοκιμαστική περίοδος και η πληροφορία για το χρόνο (24:00) και τη διάρκεια λειτουργίας (2h) βοήθησε να αποδομηθούν τα μέρη. Ολα τα πλυντήρια-ανεξαρτήτως κατασκευαστή- ακολουθούν τον ίδιο κύκλο λειτουργίας και συχνά μοιράζονται τις ίδιες «πλακέτες» που καθορίζουν τη λειτουργία τους. Δεν υπήρχε πρόσβαση στην οικία της Αθήνας αλλά αναλύθηκε η λειτουργία ενός πλυντηρίου στο Ηράκλειο. Η αντλία νερού προδίδει την λειτουργία της από τον χαρακτηριστικό ήχο της ροής του νερού. Κατά τη θέρμανση του νερού δεν υπάρχει άντληση ούτε περιστροφή των καταιωμιστήρων νερού. Με ένα απλό ρολόι μπορούν να προσδιοριστούν οι χρονικές στιγμές.

Η λειτουργία του πλυντηρίου ρούχων έχει αρκετά κοινά με το πλυντήριο πιάτων. Η ενεργοποίηση των υποσυστημάτων μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτή. Οπτικά (παρακολουθώντας τη περιστροφή του κάδου) είτε ακούγοντας το θόρυβο από την άντληση φρέσκου νερού ή την απάντληση των ακάθαρτων. Αρχικά η αντλία γεμίζει το κάδο με νερό. Η θέρμανση απορροφά μεγάλα ποσά ενέργειας ειδικά αν το πλυντήριο έχει μεγάλη χωρητικότητα ρούχων και επιλεγεί πλύση σε υψηλή θερμοκρασία. Παρατηρούμε ότι η πρώτη βουνοκορφή έχει μεγάλο πλάτος καθώς η θέρμανση απαιτεί αρκετό χρόνο. Ακολουθεί το μούλιασμα των ρούχων και η περιστροφή του κάδου. Όπως φαίνεται στα σχήματα ακολουθεί το ξέπλυμα με φρέσκο νερό και το στύψιμο. Το διάγραμμα που ακολουθεί είναι από τη δεύτερη φάση του τριφασικού ρεύματος.

Εικόνα 19 Η δεύτερη φάση κατά τη λειτουργία του πλυντηρίου έχει αρκετά κοινά με τη πρώτη φάση.



Η παροχή στην οικία είναι τριφασική. Τα διαγράμματα εμφανίζουν ομοιότητα σε όλες τις φάσεις και για λόγους απλότητας δεν θα παρουσιαστούν όλα. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται το διάγραμμα από τη φάση 1. Υπήρχε ενημέρωση για το χρόνο και τη διάρκεια λειτουργίας του πλυντηρίου. Η ενέργεια για τον κύκλο προσδιορίστηκε γραφικά περίπου στις 640wh για αυτή τη φάση ή 0,64 kwh. Λαμβάνοντας υπόψη τα στατιστικά δεδομένα πρόκειται για μια αποδεκτή τιμή. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η ψηφιακή υπογραφή του πλυντηρίου όπως προκύπτει από την ανάλυση του κύκλου.



Εικόνα 20 Η ενεργός ισχύς που αντιστοιχεί στη πρώτη φάση κατά τη λειτουργία του πλυντηρίου.

5.4.3 Ηλεκτρικός φούρνος

Η κουζίνα αποτελείται κυρίως από αντιστάτες ενώ κάποια από τα συστήματά τους έχουν μικρούς ηλεκτροκινητήρες για την κυκλοφορία του αέρα στο φούρνο. Η ισχύς είναι σταθερή αφού συνήθως λειτουργούν σε σταθερή κλίμακα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Εδώ η συσκευή λειτουργεί περίπου στα 2000w για περίπου 45 λεπτά.

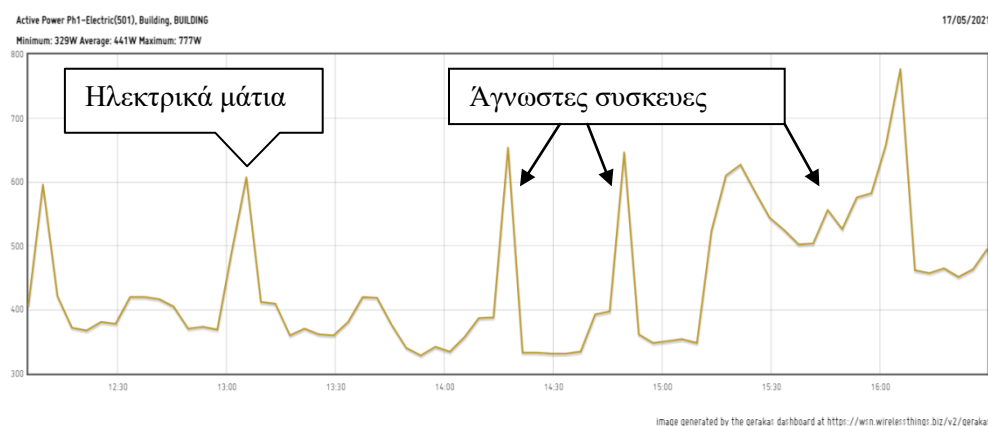


Εικόνα 21 Η καμπύλη του ηλεκτρικού φούρνου ,ενεργή ισχύ και χρόνος λειτουργίας.

Το εμβάδόν στο παραπάνω διάγραμμα εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια. Μπορεί εύκολα να εκτιμηθεί ότι η ενέργεια είναι λίγο παραπάνω από 1kwh.

5.4.4 Ηλεκτρική εστία

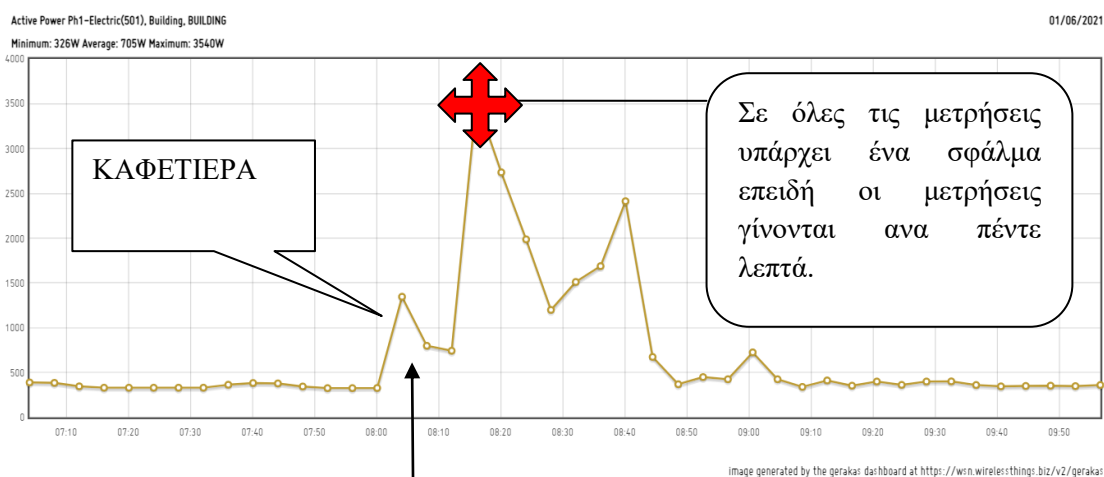
Κατά τη δοκιμαστική περίοδο για τη δημιουργία των ψηφιακών υπογραφών υπήρξε η ενημέρωση για την λειτουργία της ηλεκτρικής εστίας και μάλιστα σε διαφορετικές εντάσεις. Η χρονική διάρκεια εκτιμήθηκε στη μια ώρα .Η πρώτη κορυφή αντιστοιχεί σε αυτή τη δραστηριότητα. Οι επόμενες δύο που ακολουθούν δεν είναι γνωστό σε ποια συσκευή αντιστοιχούν. Γίνεται όμως αντιληπτό η ομοιότητα στη λειτουργία πολλών συσκευών. Για συσκευές με σύντομη λειτουργία το ύψος της κορυφής μπορεί να διαφέρει αφού η μέτρηση λαμβάνονται ανά πέντε λεπτά. Τη στιγμή της μέτρησης η ισχύς ενδεχομένως να μην βρισκόταν στο μέγιστο αλλά στην άνοδο ή κάθοδο. Η ισχύς προσδιορίζεται στα 200Watt και ο χρόνος περίπου στα δέκα λεπτά.



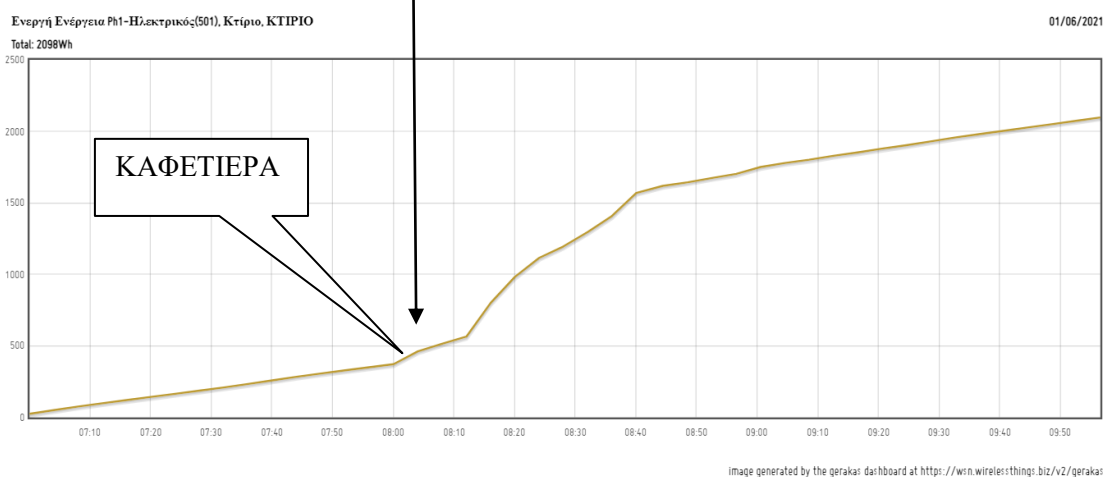
Εικόνα 22 Η ενεργός ισχύς σε συνάρτηση με το χρόνο λειτουργίας για τα ηλεκτρικά μάτια.

5.4.5 Καφετιέρα

Υπήρχε ενημέρωση για λειτουργία της καφετιέρα στις 8:00 στο οποίο αντιστοιχεί η πρώτη κορυφή. Η ισχύς της τάξης των 1000Watt και ο σύντομος χρόνος λειτουργίας ,περίπου δέκα λεπτά βοηθούν στον εντοπισμό. Ακολουθεί η χρήση συσκευής για τα επόμενα 40 λεπτά με μέγιστη ισχύ 3000watt...Λόγω της πρωινής ώρα μπορεί να είναι συσκευές που σχετίζονται με το πρωινό όπως τοστιέρα. Ομοιες καμπύλες δηλαδή με μεγάλη ισχύ και μικρό χρόνο έχει ο ταχυθερμοσίφοντας και το σεσουάρ μαλλιών. Οι μετρήσεις γίνονται κάθε πέντε λεπτά επομένως το χρονικό διάστημα μπορεί να είναι μεγαλύτερο.



Εικόνα 23 Η ενεργός ισχύς σε σχέση με το χρόνο λειτουργίας της καφετιέρας.

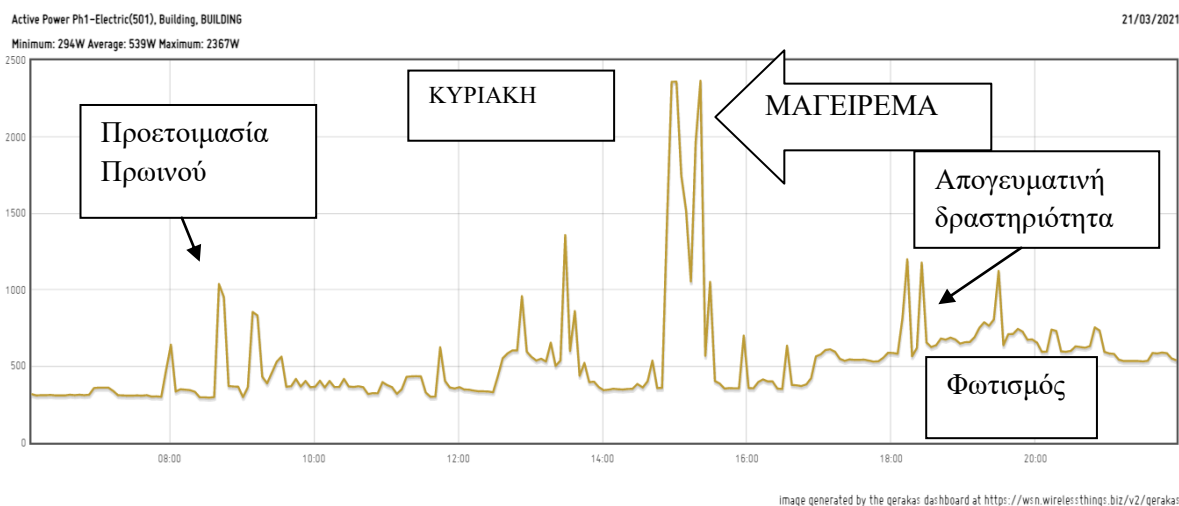


5.5 Ημερήσιες καμπύλες

Η ημερήσια κατανάλωση μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με την εποχή ή το μήνα. Ακόμα και σε αυτή τη περίοδο υπάρχει μια γενική ρουτίνα. Την τελευταία διετία λόγω της καραντίνας υπάρχουν αρκετές τροποποιήσεις. Έχει αναπτυχθεί η τηλεργασία, αποφεύγεται ο συνωστισμός σε χώρους εστίασης και έχουν αυξηθεί οι ώρες που οι ένοικοι μένουν εντός της οικίας τους.

Επιλέχθηκαν τέσσερις διαφορετικές ημερομηνίες που αντιστοιχούν σε διαφορετικές ημέρες της εβδομάδας και διαφορετικούς μήνες. Οι ημερομηνίες επιλέχθηκαν να ανήκουν στα ηλιοστάσια και τις ισημερίες αν και θα μπορούσαν να είναι εντελώς τυχαία επιλογή. Το ρεύμα είναι τριφασικό και επιλέχθηκε να παρουσιαστεί η μια από τις τρεις φάσεις καθώς υπήρχαν παρόμοιες διακυμάνσεις με τις άλλες δύο φάσεις που παραλείφθηκαν.

- Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνονται κάποιες από τις πιθανές συνήθειες κατά τη διάρκεια μιας Κυριακάτικης ημέρας. Μπορούμε να εντοπίσουμε τη έναρξη των δραστηριοτήτων στις 8:00. Η μικρή πρώτη κορυφή στις 8:00 έχει μικρό πλάτος και θα μπορούσε να αντιστοιχεί στο φωτισμό. Ενδεχομένως να υπάρχουν ηλεκτρικά στόρια ή ρολά. Υπάρχουν κορυφές που σχετίζονται με την πρωινή προετοιμασία και το πρωινό. Οι μεγάλες κορυφές τις μεσημεριανές ώρες αντιστοιχούν στη προετοιμασία φαγητού. Τι βραδινές ώρες το υπόβαθρο αυξάνεται ξεπερνώντας τα 500W και συνδέεται με τον φωτισμό της οικίας.



- Το επόμενο διάγραμμα αντιστοιχεί στο θερινό ηλιοστάσιο που αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας. Έτσι ερμηνεύεται η απουσία υποβάθρου μετά τις 19:00. Υπάρχουν οι πρωινές δραστηριότητες που σχετίζονται με τη προετοιμασία του πρωινού. Οι απουσία κορυφών μπορεί να σχετίζεται με την απουσία των ενοίκων. Κάποιες μικρές κορυφές ερμηνεύονται με συσκευές που είναι συνεχώς στη πρίζα όπως το ψυγείο το οποίο ενεργοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα για να επιτευχθεί η επιθυμητή ψύξη. Συνήθως συμβαίνει τα καλοκαιρινά μεσημέρια ή μετά από τη διαδικασία του μαγειρέματος. Οι μεγάλες κορυφές μπορεί να σχετίζονται με τη προετοιμασία του φαγητού ή με συσκευές κλιματισμού. Ηλεκτρικές συσκευές όπως το πλυντήριο έχουν μεγαλύτερη χρόνο λειτουργίας και απορρίπτονται. Οι διαφορετικές κορυφές συνήθως σχετίζονται με λειτουργία διαφορετικών συσκευών.

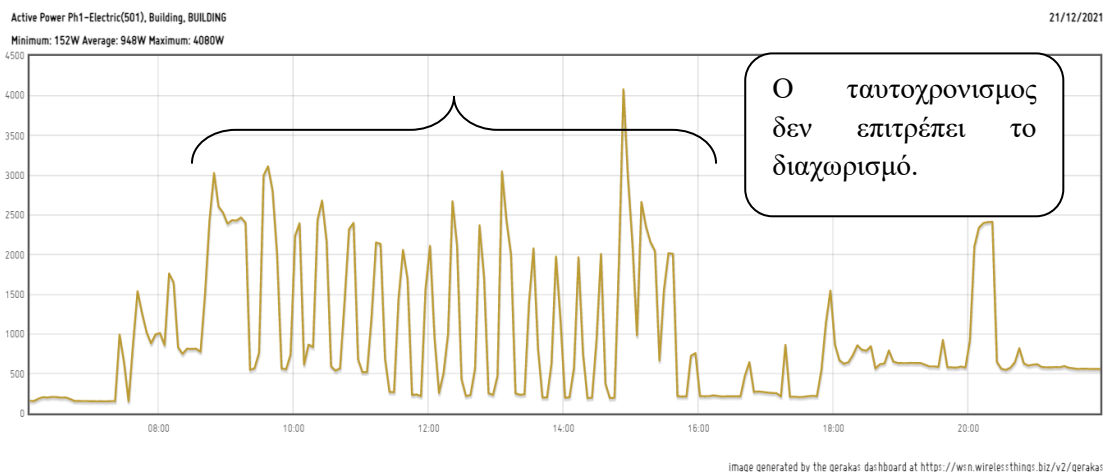


Image generated by the gerakas dashboard at <https://wsn.wirelessthings.biz/v2/gerakas>

- Η Πέμπτη 23 Σεπτεμβρίου εμφανίζει μια έντονη μεγάλη κορυφή στις 8:00 το πρωί. Η διάρκεια και το ύψος παραπέμπει σε ηλεκτρικό θερμοσίφωνα. Μια γρήγορη αναζήτηση στο διαδίκτυο²⁷ για τις καιρικές συνθήκες επαληθεύει τη αλλαγή του καιρού, τη συννεφιά και τις καταιγίδες. Δεν υπάρχει κάτι το αξιολογικό καθώς η κατανάλωση παραμένει σε χαμηλά επίπεδα.



- Η Τρίτη 21 Δεκεμβρίου αντιστοιχεί στο χειμερινό ηλιοστάσιο και είναι η μεγαλύτερη νύχτα του έτους. Είναι εορταστική περίοδος και τέσσερις μέρες πριν τα Χριστούγεννα Συνήθως υπάρχει επιπλέον φωτισμός ακόμα και στο εξωτερικό του σπιτιού. Υπάρχει έντονη δραστηριότητα που σχετίζεται με προετοιμασία φαγητών και γλυκών. Συνήθως επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και αν η θέρμανση γίνεται με ηλεκτρική ενέργεια υπάρχει αύξηση στη ζήτηση. Ο διαχωρισμός των συσκευών δεν είναι εύκολος γιατί επικρατεί ταυτοχρονισμός. Συσκευές με όμοια λειτουργία λειτουργούν ταυτόχρονα ή εναλλάξ. Για παράδειγμα το ηλεκτρικό σίδερο έχει παρόμοια υπογραφή με την τοστιέρα ή τον ατμομάγειρα.

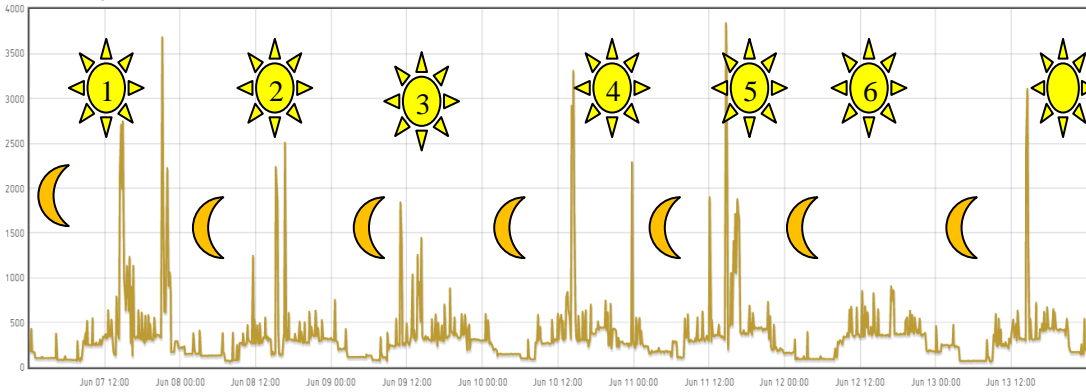


Η ημερήσια κατανάλωση το Δεκέμβριο είναι αισθητά μεγαλύτερη από τους υπόλοιπους μήνες και αυτό αποτυπώνεται και στην ετήσια καμπύλη. Παρακολουθώντας τις καμπύλες των μετρήσεων παρατηρούμε ότι συμβαδίζουν με τα στατιστικά δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

5.6 Εβδομαδιαίες καμπύλες

Ενεργός Ισχύς Ρh2-Ηλεκτρικός(501), Κτίριο, ΚΤΙΡΙΟ
Minimum: 61W Average: 334W Maximum: 3842W

07/06/2021-13/06/2021



Εικόνα 24 Τυπική εβδομάδα Ιουνίου

Ενεργός Ισχύς Ρh2-Ηλεκτρικός(501), Κτίριο, ΚΤΙΡΙΟ
Minimum: 57W Average: 375W Maximum: 3793W

07/02/2022-13/02/2022

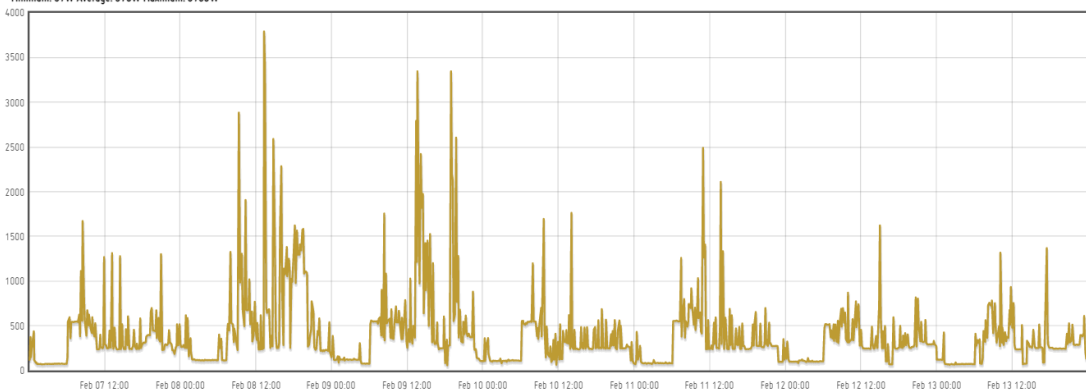


Image generated by the gerakas dashboard at <https://wsn.wirelessthings.biz/v2/gerakas>

Εικόνα 25 Τυπική εβδομάδα μηνός Φεβρουαρίου

Ενεργός Ισχύς Ρh2-Ηλεκτρικός(501), Κτίριο, ΚΤΙΡΙΟ
Minimum: 51W Average: 426W Maximum: 5159W

11/10/2021-17/10/2021

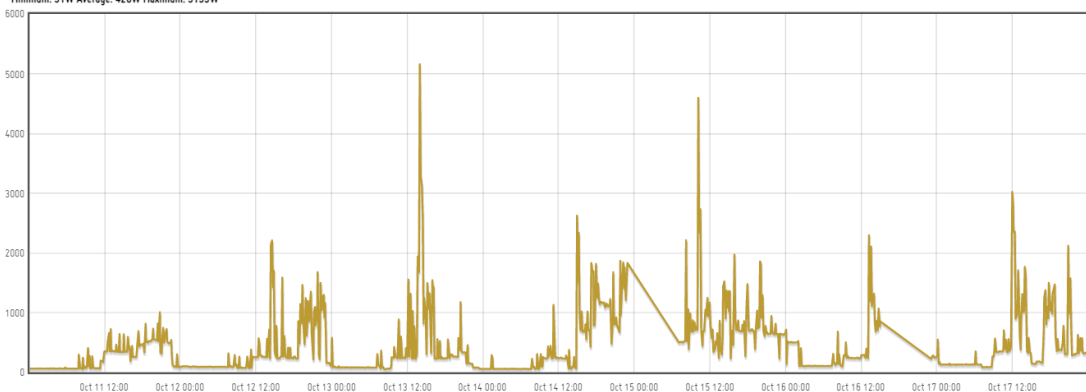


Image generated by the gerakas dashboard at <https://wsn.wirelessthings.biz/v2/gerakas>

Το μοτίβο δεν επαναλαμβάνεται ακριβώς με την ίδια μορφή για τις ημέρες της εβδομάδας. Η διάρκεια της νύχτας εντοπίζεται εύκολα από τη μειωμένη δραστηριότητα της τάξης των 100w. Υπάρχουν μικρές δραστηριότητες το πρωί που δεν ξεπερνούν τα 500w. Τις μεσημεριανές ώρες εμφανίζεται η πρώτη μεγάλη κορυφή που ξεπερνάει τα 2000w και διαρκεί περίπου 3 ώρες. Ο συνδυασμός συσκευών μπορεί να εκτινάξει την απαιτούμενη ισχύ μέχρι και τα 5000w. Η δεύτερη κορυφή εμφανίζεται τις απογευματινές ώρες και είναι συνήθως ίσης ή μικρότερης έντασης.

Υπάρχει μειωμένη ζήτηση ανάμεσα στις δύο κορυφές συνήθως τις ώρες 15:00-18:00 και ίσως για αυτό η ΔΕΗ να έχει προτείνει το «νυχτερινό τιμολόγιο» για τους χειμερινούς μήνες. Σκοπός της προσφοράς είναι το «γέμισμα» της καμπύλης ζήτησης. Τεχνικά αυτό μπορεί να βοηθήσει στην καλή λειτουργία του δικτύου.

5.7 Μηνιαίες καμπύλες και καιρικές συνθήκες

Για να διερευνήσουμε την επίδραση του καιρού στη ζήτηση αναζητήσαμε στατιστικά δεδομένα για την περιοχή Γέρακας της Αττικής. Επιλέχθηκε η σελίδα²⁸ ενός σχολείου ,του 2^ου Γυμνασίου Γέρακα επειδή ο μετεωρολογικός σταθμός ήταν τοπικός και σε συνεργασία με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ώστε να έχει μια σχετική αξιοπιστία.

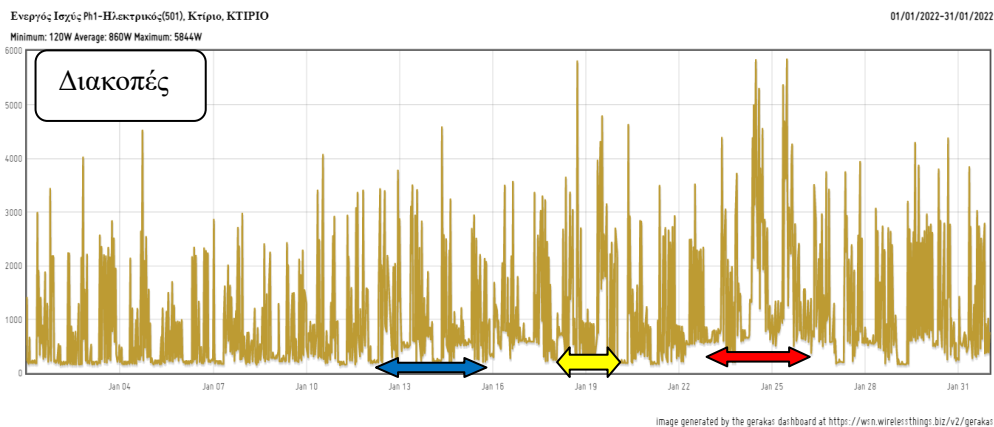
Ένα χρήσιμο μέγεθος είναι οι θερμοημέρες (HDD) που εκφράζουν την απαίτηση για θέρμανση. Ο μήνας που μελετήθηκε ήταν ο Ιανουάριος του 2022 και ο μισός Φεβρουάριος. Οι δύο μήνες επιλέχθηκαν επειδή ανήκουν στη χειμερινή περίοδο και υπήρχε πρόσβαση στα καιρικά δεδομένα. Ο Φεβρουάριος δεν είναι ολόκληρος αλλά μέχρι τη τρέχουσα ημερομηνία συγγραφής. Δεν υπήρχαν τοπικά καιρικά δεδομένα για το Γέρακα για παλαιότερους μήνες. Αναλύοντας τα καιρικά δεδομένα για να εντοπίστηκαν οι ημερομηνίες με χαμηλή θερμοκρασία που αντιστοιχούν σε πολλές θερμοημέρες. Τα μετεωρολογικά δεδομένα φαίνονται στο παρακάτω πίνακα με σημειωμένες τις αντίστοιχες ημερομηνίες. Για το μήνα Ιανουάριο οι ημερομηνίες στόχοι ήταν 13, 19 και 25. Ενώ για το Φεβρουάριο 3, 8, 14 του μηνός.

Στη συνέχεια αναλύθηκαν οι καταναλώσεις και εντοπίστηκαν οι κορυφές. Υπήρχε σχεδόν πλήρη ταύτιση κάτι που αποδεικνύει τη μεγάλη συσχέτιση. Με τα διαθέσιμα δεδομένα δεν ήταν εφικτό αν εξαχθεί συμπέρασμα σχετικά με την κατεύθυνση του ανέμου και αν επηρεάζει τη κατανάλωση. Μια υπόθεση θα ήταν ότι είναι ευάλωτο στους βορειοδυτικούς ανέμους (NW) αλλά δεν μπορεί να αποδειχθεί γιατί φαίνεται

28

http://penteli.meteo.gr/stations/gerakas/?fbclid=IwAR1zL904IgxGEYjhBfPUCHUDWD9Z_YD84T_fCJD9ApKTUDVi2eyyWycQIm0

ότι αυτοί οι άνεμοι συνδέονται με τις χαμηλές θερμοκρασίες. Τις πρώτες ημέρες του Ιανουαρίου οι κορυφές αντιστοιχούν στη ζήτηση εξαιτίας των Χριστουγεννιάτικων διακοπών και της πρωτοχρονιάς.



MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for **JAN. 2022**

NAME: gerakas CITY: STATE:
 ELEV: 236 m LAT: 38° 01' 23" N LONG: 23° 51' 12" E

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	12.6	16.3	14:30	8.1	7:50	5.8	0.0	0.0	2.6	27.4	0:20	W
2	13.5	16.8	15:20	9.7	23:50	4.8	0.0	0.0	4.2	27.4	5:00	NNW
3	12.5	16.3	14:30	8.9	2:00	5.8	0.0	0.0	6.0	30.6	14:20	W
4	12.7	16.4	14:00	10.2	7:30	5.6	0.0	0.0	2.7	19.3	0:50	N
5	13.2	16.6	15:10	10.4	5:20	5.1	0.0	0.0	5.5	29.0	9:30	W
6	13.2	17.1	12:40	9.3	7:40	5.2	0.0	0.0	4.3	30.6	15:10	SSE
7	13.3	16.8	14:10	11.2	7:30	5.0	0.0	0.4	2.3	25.7	14:00	SE
8	11.4	14.1	11:30	9.8	21:50	6.9	0.0	10.4	3.2	32.2	12:20	SE
9	9.9	13.3	15:20	8.1	23:40	8.4	0.0	11.4	3.4	32.2	2:50	SE
10	9.8	11.9	12:20	7.2	4:00	8.5	0.0	2.2	2.7	25.7	21:40	SE
11	8.8	11.1	12:00	6.2	7:40	9.6	0.0	14.4	4.8	33.8	2:00	E
12	5.4	9.3	1:10	3.4	00:00	12.9	0.0	7.6	12.6	56.3	13:50	NW
13	3.1	4.3	13:50	1.7	8:30	15.3	0.0	0.0	9.8	48.3	8:30	NW
14	5.4	9.9	15:50	2.5	7:30	12.9	0.0	0.0	5.6	37.0	7:30	W
15	8.6	12.8	12:40	4.2	5:20	9.7	0.0	0.0	5.8	40.2	10:00	NE
16	7.3	9.0	13:20	3.8	23:30	11.1	0.0	0.0	2.9	19.3	11:20	ENE
17	7.6	12.7	15:20	2.7	6:40	10.8	0.0	0.0	1.8	19.3	14:30	WSW
18	8.6	10.6	10:30	5.4	23:00	9.8	0.0	0.0	6.9	37.0	12:40	NW
19	4.8	7.3	15:30	2.5	21:40	13.6	0.0	0.8	4.8	30.6	11:10	NW
20	7.6	12.3	15:20	2.2	5:30	10.8	0.0	0.0	3.7	25.7	14:10	WNW
21	10.2	14.2	15:40	6.3	6:10	8.2	0.0	0.0	3.1	30.6	13:10	WSW
22	3.8	9.8	0:10	1.5	23:10	14.5	0.0	3.0	11.3	46.7	14:20	NW
23	1.8	3.8	13:10	0.0	23:30	16.6	0.0	0.0	8.9	54.7	7:00	NW
24	0.1	1.0	5:30	-0.9	9:00	18.2	0.0	0.0	5.0	45.1	00:00	NW
25	0.8	2.7	12:30	-0.3	22:30	17.5	0.0	6.2	12.1	51.5	4:00	NW
26	1.9	4.7	15:20	-0.4	0:10	16.4	0.0	0.0	6.0	35.4	11:50	NW
27	4.5	8.1	15:20	2.2	1:20	13.8	0.0	0.0	2.1	17.7	7:10	NW
28	5.9	10.2	15:30	0.8	7:50	12.4	0.0	0.0	1.4	16.1	14:00	W
29	5.9	7.9	11:50	4.8	3:40	12.4	0.0	3.6	6.6	40.2	16:30	NNW
30	7.7	11.1	14:20	5.1	22:20	10.6	0.0	0.4	7.4	48.3	3:20	NW
31	8.6	12.9	14:30	5.0	4:00	9.8	0.0	0.0	4.2	33.8	9:40	NNW

	7.8	17.1	6	-0.9	24	328.1	0.0	60.4	5.3	56.3	12	NW

Max >= 32.0: 0

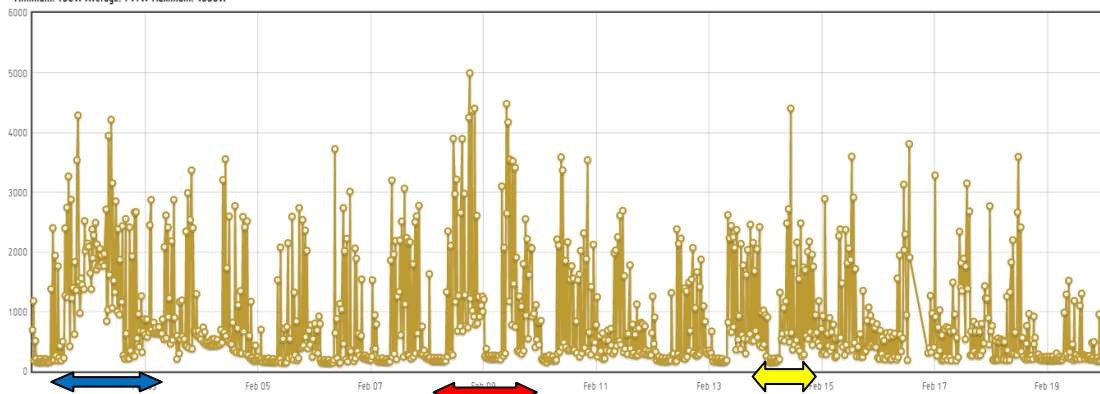


Image generated by the gerakas dashboard at <https://wsn.wirelessthings.biz/v2/gerakas>

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for FEB. 2022

NAME: gerakas CITY: STATE:
 ELEV: 236 m LAT: 38° 01' 23" N LONG: 23° 51' 12" E

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

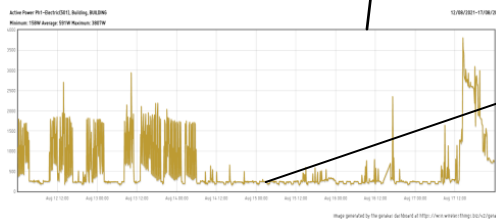
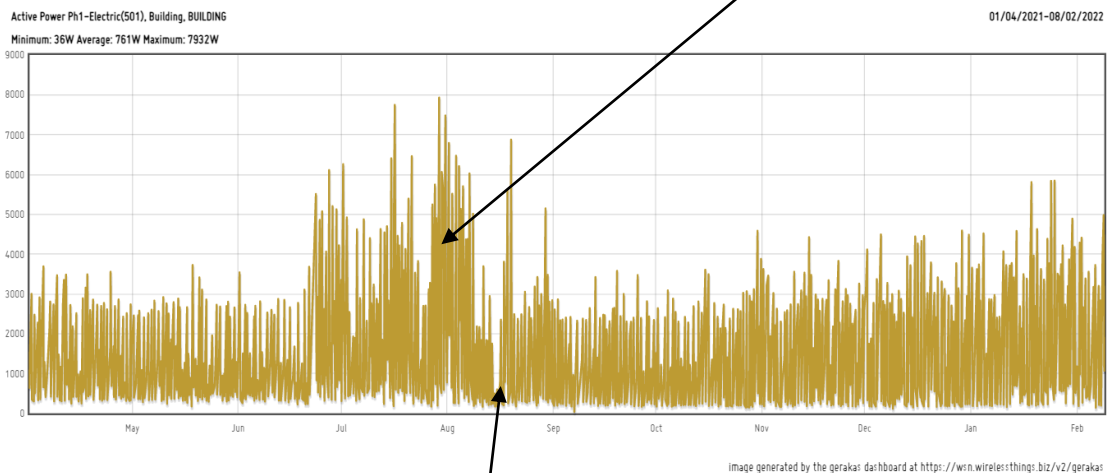
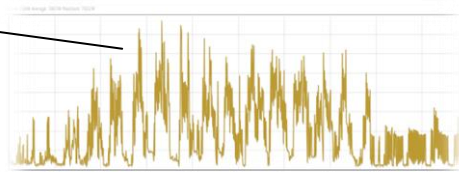
DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	12.2	15.5	15:40	8.6	1:50	6.2	0.0	3.8	7.2	51.5	12:20	SSE
2	9.6	12.3	13:20	5.1	23:50	8.8	0.0	9.2	7.7	38.6	0:30	SSE
3	6.1	8.2	13:30	5.2	0:10	12.2	0.0	2.4	12.6	54.7	3:50	NW
4	6.7	10.7	15:10	4.1	8:20	11.7	0.0	1.0	6.0	33.8	1:00	NW
5	9.4	14.8	14:20	5.7	6:40	8.9	0.0	0.0	3.2	20.9	11:00	NNW
6	10.6	14.9	13:50	8.1	3:40	7.8	0.0	0.0	3.7	25.7	12:40	SSE
7	12.1	16.1	14:20	7.9	0:30	6.3	0.0	0.0	3.7	38.6	21:30	WSW
8	6.8	12.1	3:40	3.7	21:10	11.5	0.0	0.8	14.0	46.7	20:40	NW
9	7.5	10.8	15:40	4.5	7:40	10.8	0.0	0.0	11.1	46.7	1:00	NW
10	9.4	13.4	15:20	6.3	7:00	8.9	0.0	0.0	4.3	24.1	12:20	NW
11	10.0	16.4	15:10	4.7	7:00	8.3	0.0	0.0	2.6	16.1	14:00	SE
12	10.7	14.7	13:00	6.6	6:20	7.7	0.0	0.0	3.1	17.7	10:10	SE
13	9.7	11.3	1:50	8.0	23:00	8.6	0.0	0.0	5.1	30.6	14:50	NW
14	8.7	12.0	14:20	5.3	8:00	9.6	0.0	0.0	2.4	19.3	14:20	SSE
15	9.5	14.5	13:30	5.4	6:50	8.8	0.0	0.0	1.8	16.1	15:00	E
16	11.6	15.8	13:20	7.6	6:30	6.8	0.0	0.0	4.8	27.4	20:20	SSE
17	10.4	12.7	1:10	8.6	7:40	4.0	0.0	4.2	2.9	29.0	1:20	SSW
18												
19												

Από την ανάλυση των δεδομένων μπορούμε να συμπεράνουμε με μεγάλη ασφάλεια ότι οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη κατανάλωση. Ειδικότερα οι μέγιστες καταναλώσεις ταυτίζονται με τις μέγιστες θερμομέρες κάθε μήνα. Αρα μπορούμε να υποθέσουμε ότι η διαφορά αυτών των ημερών σε σχέση με το μέσο όρο πιθανότατα οφείλονται στη θέρμανση.

5.8 Ετήσιες καμπύλες

Ο μετρητής τοποθετήθηκε αρχές Απριλίου και για αυτό δεν υπήρχαν στοιχεία για ολόκληρο το έτος. Παρατηρώντας όμως την ετήσια καμπύλη φορτίου μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα. Υπάρχει μια συστάδα με κορυφές τέλη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο που αγγίζει τα 8000W.Ως βασική αιτία ο μεγαλύτερος καύσωνας των τελευταίων ετών που οδήγησε τη Ε.Μ.Υ²⁹ έκτακτες ανακοινώσεις. Τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο εντοπίζεται μια γενική αύξηση που σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες, την ανάγκη για φωτισμό και τις Χριστουγεννιάτικες διακοπές.

Τα καιρικά δεδομένα τεκμηριώνουν την υποψία για υψηλές θερμοκρασίες. Απο 28/7 έως 5/8 υπήρχε ο μεγαλύτερος καύσωνας της δεκαετίας.



Στο διάστημα 13-16 Αυγούστου υπάρχει ελάχιστη δραστηριότητα που μαρτυρά την απουσία των ενοίκων. Το γεγονός ότι συμπίπτει με την αργία του Δεκαπενταύγουστου δείχνει να επαληθεύει τον ισχυρισμό.

²⁹ http://www.emy.gr/emv/el/pdf/heatwave_2021.pdf

5.9 Εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι συσκευές που μπορούν να μετακινηθούν είναι το πλυντήριο ρούχων και το πλυντήριο πιάτων. Από τα διαγράμματα θα υπολογιστεί η ενέργεια που έχει καταναλωθεί σε κάθε κύκλο. Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη την τιμή της ημερήσιας κιλοβατώρας θα υπολογιστεί το κόστος ανά κύκλο. Έπειτα θα γίνει η εκτίμηση για τη λειτουργία τις βραδινές ώρες. Ένα βασικό ερώτημα είναι κατά πόσο η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να υπερισχύει σε σχέση με τις οικιακές ανέσεις. Σε όλα αυτά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το γενικότερο πλαίσιο, η κουλτούρα, οι ιδιαιτερότητες μια περιοχής ή μιας χώρας. Ενδεχομένως να υπάρχουν προβλήματα που να επιβάλλουν την εξοικονόμηση ενέργειας όπως τα προβλήματα στο δίκτυο ή μια βλάβη στο εργοστάσιο παραγωγής.

Το Ηράκλειο για παράδειγμα παλαιότερα είχε σημαντικό πρόβλημα με την ύδρευση με αποτέλεσμα οι κάτοικοι να διαμορφώσουν τις συνήθειές τους με βάση την ημέρα υδροδότησης. Σήμερα υπάρχουν περιοχές που δεν έχουν πρόβλημα με τη ποιότητα του πόσιμου νερού. Οι πολίτες όμως καταφεύγουν στην αγορά εμφιαλωμένου νερού για χάρη μιας συνήθειας που έχει παγιωθεί. Από πλευράς κόστους, μια εξάδα εμφιαλωμένο νερό όγκου 9 λίτρων κοστίζει 1,5 ευρώ ή 166 ευρώ το κυβικό μέτρο. Η ΔΕΥΑΗ³⁰ χρεώνει το κυβικό μέτρο λιγότερο από 1 ευρώ (0,59 ευρώ για κατανάλωση μέχρι 36m³). Η διαφορά είναι της τάξης του 16500%. Συνεπώς εκτός από το κόστος, το όφελος και τις συνθήκες η συνήθεια των καταναλωτών και η προσωπική βούληση είναι ο σημαντικότερος παράγοντας.

Δημιουργείται το παρακάτω ερώτημα : Είναι πρόθυμοι οι καταναλωτές να μετατοπίσουν κάποιες από τις δραστηριότητες τους στη νυχτερινή ζώνη; Αν ναι ποιες συνήθειες και ποιες συσκευές είναι αυτές; Ποιο θα ήταν το επιθυμητό όφελος; Ρεαλιστικές προτάσεις θα πρέπει να συνυπολογίζουν την ασφάλεια, την ευχρηστία και τον τρόπο ζωής των καταναλωτών. Επομένως δραστηριότητες όπως το μαγείρεμα, το σιδέρωμα ρούχων και η ηλεκτρική σκούπα θα ήταν ουτοπικό να μετατοπιστούν μεταμεσονύχτια καθαρά για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Εξάλλου υπάρχουν ώρες κοινής ησυχίας και κανονισμοί στις πολυκατοικίες που το απαγορεύουν. Ίσως κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες να μπορούσαν να συμπεριληφθούν στο πρώτο δίωρο (23:00-01:00) εφαρμογής του νυχτερινού τιμολογίου ή στο τελευταίο (06:00-08:00) όχι όμως σε καθημερινή βάση.

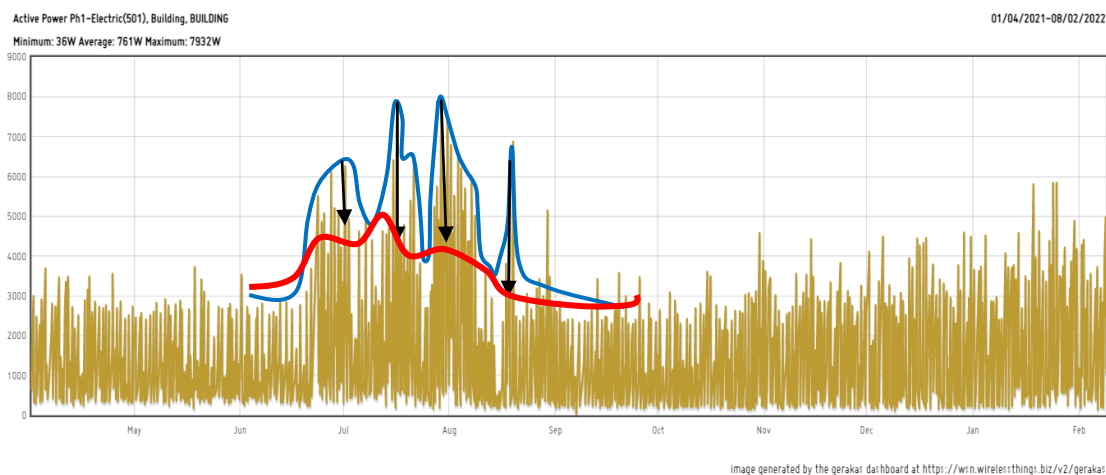
Το χειμερινό νυχτερινό τιμολόγιο δεν είναι συνεχές αλλά υπάρχει μια ενδιάμεση περίοδο 15:00-17:00

³⁰ <https://www.deyah.gr/timologisi-ypiresion/>

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω θεωρήθηκε ότι η εξοικονόμηση μπορεί να προκύψει κατά τη μετακίνηση της λειτουργίας του πλυντηρίου ρούχων και πιάτων.

Η ενέργεια που καταναλώνει το πλυντήριο ρούχων σε κάθε κύκλο υπολογίστηκε περίπου 1,4KWh και επομένως το ετήσιο όφελος για 240 κύκλους είναι περίπου 14,5 ευρώ αν λάβουμε υπόψη τη διαφορά ανάμεσα στο ημερήσιο και νυχτερινό τιμολόγιο. Ομοίως για το πλυντήριο πιάτων η ενέργεια είναι περίπου 1,2 kwh ανα κύκλο δηλαδή προκύπτει εξοικονόμηση περίπου 12 ευρώ το έτος. Τα ποσά αντιστοιχούν στα καθαρά ποσά ενέργειας και δεν συμπεριλαμβάνουν τέλη και φόρους τα οποία μπορούν να τριπλασιάσουν το κόστος αντικατάσταση του θερμοσίφωνα με ηλιακό μπορεί να αποφέρει κέρδος τουλάχιστον 27 ευρώ ανά έτος.

Δυστυχώς δεν υπάρχουν δεδομένα για όλους τους μήνες και κυρίως για προηγούμενα έτη. Τέλη Ιουλίου και αρχές Αυγούστου εμφανίζεται υπερδιπλάσια ζήτηση που πλησιάζει τα 8000w. Αυτή η αύξηση οφείλεται στο μεγαλύτερο καύσιμα της τελευταίας δεκαετίας. Το καλοκαίρι δεν το ωράριο του νυχτερινού τιμολογίου είναι συνεχόμενο καθώς υπάρχει μεγάλη ζήτηση και τα μεσημέρια. Η χρήση του κλιματιστικού σε διαφορετικές ημέρες ή ώρες είναι ουτοπική ειδικά αν ο καύσιμα έχει διάρκεια.



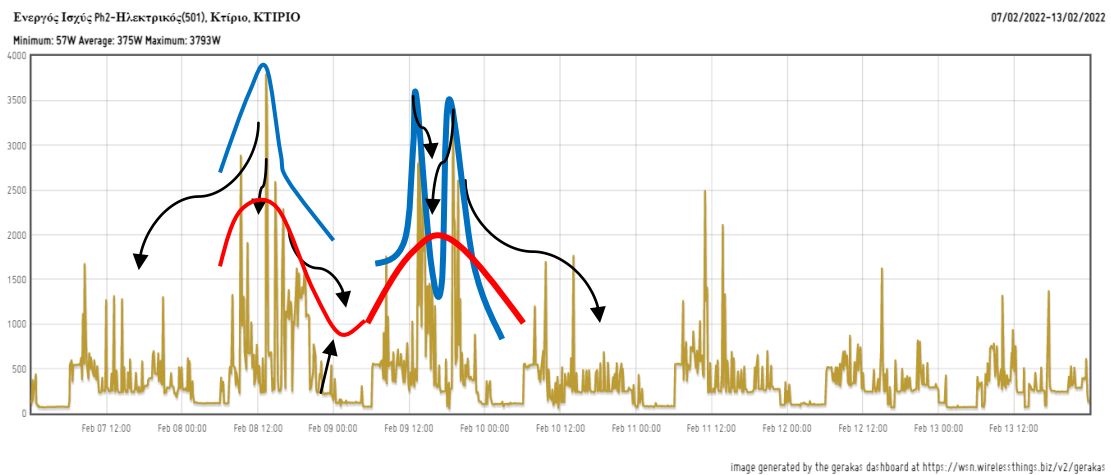
Εικόνα 26 Η ετήσια κατανάλωση και η μεταβολή της καμπύλης

Απαιτούνται σημαντικότερες παρεμβάσεις όπως συστήματα σκίασης, βιοκλιματισμός και τοποθέτηση ανεμιστήρων. Ενδεχομένως να είναι αναγκαία η αντικατάσταση των κλιματιστικών με αποδοτικότερα.

Η περίοδος που εξετάσουμε ανήκει στη χειμερινή και επομένως το «νυχτερινό τιμολόγιο» δεν είναι συνεχές αλλά υπάρχει ένα δίωρο εντός της ημέρας (15:00-17:00). Η μετατόπιση σε αυτές τις ώρες μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση της τάξης του 36%. Προτείνεται η μετατόπιση των δραστηριοτήτων σε άλλες ώρες ή ημέρες αν αυτό είναι εφικτό.

Οι λύσεις που προτείνονται είναι:

- ✓ Δραστικές επεμβάσεις για να ελαττωθεί η κορυφή.
- ✓ Μετακίνηση σε ώρες μη αιχμής και στις βραδινές ώρες, αυτό θα προκαλέσει εξομάλυνση της καμπύλης.
- ✓ Η μετακίνηση σε ώρες με χαμηλή ζήτηση θα προκαλέσει "γέμισμα" της καμπύλης



Εικόνα 27 Εβδομαδιαία κατανάλωση τα το μήνα Φεβρουάριο

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν οι λόγοι που είναι αναγκαία η καλύτερη διαχείριση της ενέργειας. Οικονομικοί και κοινωνικοί λόγοι επιβάλλουν τη βελτίωση του τρόπου τιμολόγησης και την μεταστροφή προς τη δυναμική τιμολόγηση. Η μέθοδος NILM είναι μια πολλά υποσχόμενη λύση με αρκετά περιθώρια βελτίωσης. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για να αναγνωριστούν οι συσκευές και να αναλυθούν οι καμπύλες ζήτησης.

Το Ελληνικό σύστημα έχει πολλές παθογένειες και γίνονται βήματα για τον εκσυγχρονισμό του τόσο σε υποδομές όσο και στη διαχείριση. Πολλά από αυτά συνδέονται με τη έλλειψη ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης της ενέργειας. Επομένως είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν μέθοδοι παρακολούθησης και διαχείρισης της ενέργειας. Η μέθοδος NILM μπορεί να βοηθήσει στην διαχείριση είτε από την πλευρά της παραγωγής (SDM) είτε από τη πλευρά της ζήτησης.

Μεγαλύτερες δυσκολίες υπήρξαν στο διαχωρισμό των συσκευών αφού δεν υπήρξε ικανοποιητική ακρίβεια. Η αναγνώριση των συσκευών δεν ήταν πάντα εφικτό ειδικά στις περιπτώσεις ταυτόχρονης λειτουργίας. Προϋποθέτει εμπειρία και μεθοδικότητα. Η επεξεργασία των δεδομένων απαιτεί αρκετό χρόνο ,ισχυρούς υπολογιστές και τον κατάλληλο αλγόριθμο. Ο επιτυχημένος εντοπισμός των συσκευών βασίστηκε στα στατιστικά δεδομένα σε συνδυασμό με τις ψηφιακές υπογραφές. Η μέθοδος προϋποθέτει την συλλογή δεδομένων για μεγάλα χρονικά διαστήματα και μεγάλη επαναληψιμότητα ώστε να δημιουργηθούν οι καμπύλες ζήτησης και τα μοτίβα των συσκευών. Όπως αναφέρθηκε συσκευές όπως το πλυντήριο δεν έχουν σταθερό ωράριο και για αυτό είναι δύσκολο να εντοπιστούν. Σημαντικό μειονέκτημα ήταν το γεγονός ότι είχαμε δεδομένα για μερικούς μήνες και όχι για ένα ολόκληρο έτος. Ιδανικά δεδομένα άνω των τριών ετών θα προσέφεραν μεγαλύτερη αξιοπιστία. Η περυσινή καραντίνα δημιούργησε έκτακτες καταστάσεις και ιδιαιτερότητες όπως η τηλεκαπαίδευση και η τηλεργασία .

Η απλότητα της μεθόδου δεν λειτούργησε σε βάρος της αξιοπιστίας όσον αφορά την ανάλυση της ζήτησης. Οι ημερήσιες καμπύλες εμφανίζουν ομοιότητα με τα στατιστικά δεδομένα. Εντοπίζονται εύκολα οι πρωινές δραστηριότητες που σχετίζονται με την ατομική υγιεινή και τη προετοιμασία του πρωινού. Συνήθως ακολουθούν δραστηριότητες που σχετίζονται με την προετοιμασία του φαγητού και την καθαριότητα της οικίας. Στη συνέχεια ακολουθεί πτώση ζήτησης για μερικές ώρες. Τις βραδινές ώρες η ζήτηση απεικονίζεται με μια δεύτερη κορυφή η οποία συνήθως είναι μικρότερη από τη μεσημεριανή. Το καλοκαίρι υπάρχει μια μετατόπιση

της κατανάλωσης προς τις απογευματινές ώρες. Η λειτουργία κλιματιστικού επηρεάζει σημαντικά τη ζήτηση με το κόστος και μπορεί να φτάσει μέχρι και το διπλασιασμό της μέσης ημερήσιας ισχύος.

Η καταγραφή των δεδομένων επαλήθευσε πολλά από τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Η κατανάλωση ήταν ιδιαίτερα υψηλή τους καλοκαιρινούς μήνες με έξαρση τη περίοδο που επικρατούσε καύσωνας. Μάλιστα η αύξηση ήταν της τάξης του 30% σε σχέση με το μέσο όρο όπως αποτυπώθηκε και στις καμπύλες. Για την αλλαγή της καμπύλης απαιτούνται δραστικές λύσεις και επεμβάσεις τόσο στο κτίριο όσο και στις συσκευές. Υπήρξε ταύτιση και στις ημερήσιες καμπύλες καθώς τα ευρήματα βρισκόταν και εδώ σε συμφωνία με τα στατιστικά δεδομένα. Οι μηνιαίες καμπύλες σχετίζονται με την ιδιαιτερότητα κάθε εποχής και τις καιρικές συνθήκες. Αναλύοντας τα δεδομένα των μετρήσεων μπορέσαμε να εντοπίσουμε τη μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση. Η κατανάλωση για θέρμανση χώρων ή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) απορροφά τεράστια ποσοστά ενέργειας και συχνά η μέγιστη ζήτηση παρατηρείται τη περίοδο του χειμώνα. Στην Αθήνα όμως υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου. Το κέρδος είναι σημαντικό και υπάρχουν τρόποι να γίνει εύκολα με τη σημερινή τεχνολογία. Υπήρχαν ημέρες με σημαντικές μεγαλύτερη ζήτηση. Η εβδομαδιαία κατανομή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το ωράριο εργασίας.

Η τεχνολογία που επιτρέπει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στο καταναλωτή και το διαχειριστή του συστήματος σε πραγματικό χρόνο μπορεί να φαίνεται αρκετά μακρινή ειδικά αν ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες του Ελληνικού συστήματος. Στη πραγματικότητα όμως έχει αρχίσει ήδη να εφαρμόζεται πιλοτικά και μάλιστα από το βασικό παραγωγό που είναι η ΔΕΗ. Δεν εφαρμόζεται βέβαια στους καταναλωτές μικρής τάσης αλλά στους πελάτες μεσαίας τάσης όπου έχουν ήδη εγκατασταθεί μετρητές τηλεμέτρησης. Σύμφωνα με τη ΔΕΗ³¹ η υπηρεσία «myenergycoach» δίνει πληροφορίες για τη κατανάλωση και συμβουλές εξοικονόμησης. Συγκρίνει τη κατανάλωση με αυτή του αποδοτικότερου γείτονα ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης. Επίσης δίνει τη δυνατότητα να υπολογιστεί η εξοικονόμηση που θα προκύψει από την αντικατάσταση των συσκευών και του εξοπλισμού.

Όλα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει εμπορικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη συστημάτων που σχετίζονται με τη διαχείριση ενέργειας.

³¹<https://www.dei.gr/el/gia-to-spiti/energeiak-es-lyseis/myenergycoach/>

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Belley, C., Gaboury, S., Bouchard, B., & Bouzouane, A. (2014). An efficient and inexpensive method for activity recognition within a smart home based on load signatures of appliances. *Pervasive and Mobile Computing*, 12, 58–78. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2013.02.002>
- Carmine, J. H. (1955). Electrical Appliances. *Financial Analysts Journal*, 11(3), 79–81. <https://doi.org/10.2469/faj.v11.n3.79>
- Carrie Armel, K., Gupta, A., Shrimali, G., & Albert, A. (2013). Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity. *Energy Policy*, 52, 213–234. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.062>
- Czétány, L., Vámos, V., Horváth, M., Szalay, Z., Mota-Babiloni, A., Deme-Bélafi, Z., & Csoknyai, T. (2021). Development of electricity consumption profiles of residential buildings based on smart meter data clustering. *Energy and Buildings*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111376>
- Depuru, S. S. S. R., Wang, L., & Devabhaktuni, V. (2011). Electricity theft: Overview, issues, prevention and a smart meter based approach to control theft. *Energy Policy*, 39(2), 1007–1015. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.037>
- Dutta, G., & Mitra, K. (2017). A literature review on dynamic pricing of electricity. *Journal of the Operational Research Society*, 68(10), 1131–1145. <https://doi.org/10.1057/s41274-016-0149-4>
- Gopinath, R., Kumar, M., Prakash Chandra Joshua, C., & Srinivas, K. (2020a). Energy management using non-intrusive load monitoring techniques – State-of-the-art and future research directions. *Sustainable Cities and Society*, 62(July), 102411. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102411>
- Gopinath, R., Kumar, M., Prakash Chandra Joshua, C., & Srinivas, K. (2020b). Energy management using non-intrusive load monitoring techniques – State-of-the-art and future research directions. In *Sustainable Cities and Society* (Vol. 62). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102411>
- Kim, K., Ohsugi, S., & Koshizuka, N. (2021). *Machine Learning Model for Frailty Detectxon using Electric Power Consumption Data from Smart Meter*. 1–9. <https://doi.org/10.1109/dsaa53316.2021.9564127>
- Locke, E. A., Shaw, K. N., Saari, L. M., & Latham, G. P. (1981). Goal setting and task performance: 1969-1980. *Psychological Bulletin*, 90(1), 125–152. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.90.1.125>
- Nakaoku, Y., Ogata, S., Murata, S., Nishimori, M., Ihara, M., Iihara, K., Takegami, M., & Nishimura, K. (2021). Ai-assisted in-house power monitoring for the detection of cognitive impairment in older adults. *Sensors*, 21(18), 1–14. <https://doi.org/10.3390/s21186249>
- Nazmul Hasan, M., Toma, R. N., Nahid, A. Al, Manjurul Islam, M. M., & Kim, J. M. (2019). Electricity theft detection in smart grid systems: A CNN-LSTM based approach. In *Energies* (Vol. 12, Issue 17). <https://doi.org/10.3390/en12173310>

- Nguyen, T. K., Dekneuve, E., Jacquemod, G., Nicolle, B., Zammit, O., & Nguyen, V. C. (2017). Development of a real-time non-intrusive appliance load monitoring system: An application level model. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 90, 168–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.01.012>
- Olatunji, O. O., Akinlabi, S. A., Madushele, N., Adedeji, P. A., Ishola, F., & Ayo, O. O. (2019). Wastage amidst shortage: Strategies for the mitigation of standby electricity in residential sector in Nigeria. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/4/042062>
- PETERSON, S., LOFTUS, B., RICHARDSON, D., DODSON, R., KHALAK, H. G., GLODEK, A., MCKENNEY, K., FITZGERALD, L. M., LEE, N., ADAMS, M. D., HICKEY, E. K., BERG, D. E., GOCAYNE, J. D., UTTERBACK, T. R., PETERSON, J. D., KELLEY, J. M., COTTON, M. D., WEIDMAN, J. M., ... Venter, J. C. (2018). Enhanced Reader.pdf. In *Nature* (Vol. 388, pp. 539–547).
- Smith, T. B. (2004). Electricity theft: A comparative analysis. *Energy Policy*, 32(18), 2067–2076. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00182-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00182-4)
- Stavropoulos, T. G., Meditskos, G., & Kompatsiaris, I. (2017). DemaWare2: Integrating sensors, multimedia and semantic analysis for the ambient care of dementia. *Pervasive and Mobile Computing*, 34, 126–145. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.06.006>
- Viegas, J. L., Esteves, P. R., & Vieira, S. M. (2018). Clustering-based novelty detection for identification of non-technical losses. In *International Journal of Electrical Power and Energy Systems* (Vol. 101, pp. 301–310). <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.03.031>

Ηλεκτρονικές πηγές

- <https://government.gov.gr/anakinesis-gia-ta-metra-stirixis-tis-kinonias-apo-tis-epiptosis-tis-diethnous-energiakis-krisis/>
- <https://ypen.gov.gr/schedio-drasis-gia-tin-katapolemisi-tis-energeiakis-endeias/>
- <https://www.dei.gr/el/oruxeia/apothemata-kai-poiotita>
- <https://www.dei.gr/el/katanalwsi-oikiakwn-suskeuwn/mikrosuskeues>
- <https://www.eac.com.cy/EL/EAC/SavingEnergy/Documents/%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%99%20%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%A9%CE%9D%20MAR%20-%20APR%202019-%20GR.pdf>
- <https://www.dei.gr/el/oruxeia/apothemata-kai-poiotita>
- <https://ppcr.gr/el/announcements/news/335-naeras-yvridiko-ergo-ikarias>
- <https://www.tovima.gr/2016/12/14/finance/terna-energeiaki-vroilektrika-erga-780-ekat-se-amfiloxia-kriti/>
- <https://bioenergycrete.gr/etaireia/>
- <https://www.neakriti.gr/article/life/1218988/apokalypsi-edwsan-adeia-se-9-monades-biomazas-stin-kriti/>
- <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=GR>
- <https://www.enpor.eu/el/>
- <https://www.heron.gr/news/heron-afksisi-timon/>
- <https://energy-saving.dei.gr/el>
- <https://www.eac.com.cy/EL/EAC/SavingEnergy/Pages/SavingEnergy.aspx>
- <https://www.statistics.gr/documents/20181/e74d6134-8c02-404e-a02b-aa6d959219e3>
- <https://energy-saving.dei.gr/>
- <https://tool.label2020.eu/gr/phos-na-chresimopoihesete-aytho-to-ergalehio>
- <http://energy-saving.dei.gr/el/simansi-suskeuwn>
- <https://www.greenpeace.org/greece/issues/klima/45192/exoikonow-2021/>
- <https://www.statistics.gr/documents/20181/e74d6134-8c02-404e-a02b-aa6d959219e3>
- https://www.dei.gr/Documents2/TIMOLOGIA/01-08-2021/TIMOK-XT-AUG2021-G1N_ND.pdf
- <https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/timologia-1-jan-2021/oikiako-timol-me-xronoxrewsi-oik-nuxter-1-aug-2021/oikonomiko-ofelos-apo-ti-xrisi-touMar26202070231300PM>
- <https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/timologia/oikiako-timologio-me-xronoxrewsi-oikiako-nuxterino/wrario>
- <https://www.espa.gr/el/pages/dictionaryFS.aspx?item=4>
- <https://www.boschphantom.com/>
- <https://www.net2grid.com/10yearsnet2grid>
- <https://www.wattics.com/why-wattics-removed-non-intrusive-load-monitoring-from-energy-analytics/>
- <https://evo-world.org/en/products-services-mainmenu-en/protocols/ipmvp>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/UL_\(safety_organization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/UL_(safety_organization))
- <https://www.ethnos.gr/greece/article/175155/kairosfthinoporinoskhnikomebroxeskaiptoshthermokratias>
- http://penteli.meteo.gr/stations/gerakas/?fbclid=IwAR1zL904IgxGEYjhBfPUCHUDWD9Z_YD84T_fCJD9A_pKTUDVi2eyyWycOIm0
- http://www.emy.gr/emyl/el/pdf/heatwave_2021.pdf