

Διαχείριση της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις σε Κτίρια με Βάση την Πρόβλεψη της Χρήσης Ηλεκτρικών Φορτίων με Ανάλυση Μετρητικών Δεδομένων

Χρήστος Βιτέλλας¹

Μηχανολόγος &
Αεροναυπηγός Μηχ/κός

cvitellas@gmail.com

Σπύρος Βιτέλλας¹

Μηχανολόγος &
Αεροναυπηγός Μηχ/κός

spiros.vitellas@gmail.com

Ευάγγελος Τοπάλης²

Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχ/κός
& Τεχνολογίας Υπολογιστών

topalis@ece.upatras.gr

Ιορδάνης Ξανθόπουλος²

Ηλεκτρολόγος Μηχ/κός &
Τεχνολογίας Υπολογιστών

iordanis@ece.upatras.gr

(1) OptiFlex Energy

info@optiflexenergy.gr

(2) Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας

Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών



Σκοπιμότητα της διαχείρισης της ζήτησης και προϋποθέσεις εφαρμογής

Η διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλει σημαντικά:

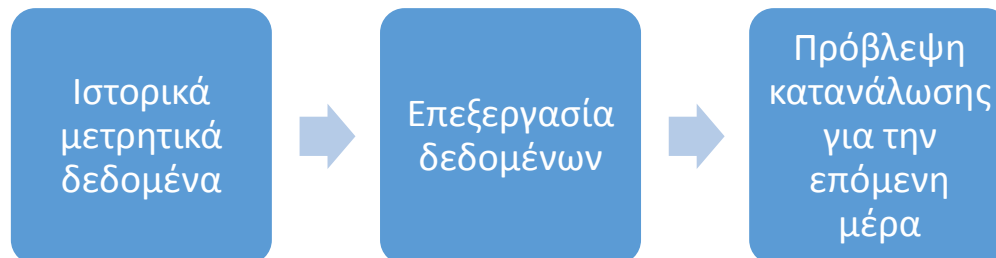
- Στη μείωση του κόστους χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις, με την εξοικονόμηση ενέργειας και την εφαρμογή των πολυζωνικών τιμολογίων, καθώς και με τη μέγιστη αξιοποίηση της αυτοπαραγωγής ΑΠΕ.
- Στη μείωση του κόστους παραγωγής στα ηλεκτρικά συστήματα με την ελάττωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ακριβές θερμικές μονάδες αιχμής.

Η διαχείριση της ζήτησης σε μια εγκατάσταση προϋποθέτει:

- Ελεγχόμενη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών στις εγκαταστάσεις.
- Γνώση για τις απαιτήσεις των χρηστών αναφορικά με τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών, προκειμένου ο έλεγχος της κατανάλωσης των ηλεκτρικών συσκευών και η χρονική μετατόπιση της λειτουργίας τους από τις ώρες αιχμής της ζήτησης, να μην επηρεάζουν τη λειτουργικότητα των εγκαταστάσεων.

Η σπουδαιότητα της πρόβλεψης της χρήσης των συσκευών στον προγραμματισμό ελέγχου της λειτουργίας τους

- Ιδιαίτερη βαρύτητα για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ζήτησης σε μια εγκατάσταση έχει ο έγκαιρος προγραμματισμός και η υλοποίηση των απαιτούμενων χειρισμών των συσκευών της εγκατάστασης σε καθορισμένους χρόνους.
- Βασικό προαπαιτούμενο για την επιτυχή εκπόνηση του προγραμματισμού είναι η πρόβλεψη της χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών την επόμενη ημέρα, η οποία πρέπει να βασίζεται:
 - Σε κατάλληλα ιστορικά μετρητικά δεδομένα που λαμβάνονται από την εγκατάσταση κατά τη λειτουργία και αποτυπώνουν τις απαιτήσεις των χρηστών για την λειτουργία των συσκευών.
 - Σε ακριβείς εκτιμήσεις για τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης την επόμενη ημέρα.



Ανάπτυξη των απαραίτητων μετρητικών διατάξεων και των διατάξεων ελέγχου της λειτουργίας των συσκευών

Για τη συλλογή μετρητικών δεδομένων από μια εγκατάσταση, για την πρόβλεψη της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη:

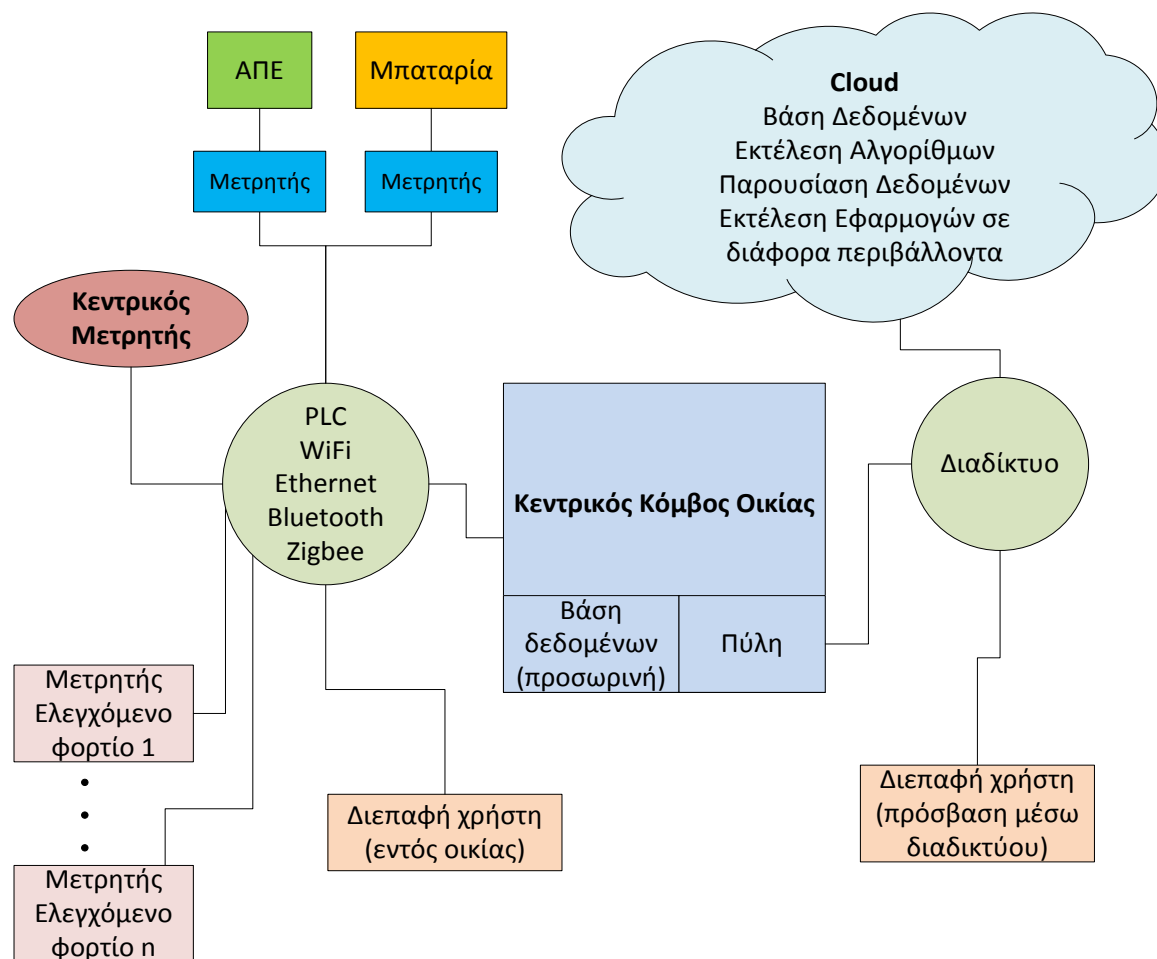
- Διατάξεων μετρήσεων ηλεκτρικών μεγεθών σε πραγματικό χρόνο από τον κύριο εξοπλισμό της εγκατάστασης
- Διατάξεων μετρήσεων φυσικών μεγεθών, που σχετίζονται με τη λειτουργία και τις καταναλώσεις της εγκατάστασης.

❖ Επίσης, για τον έλεγχο των συσκευών είναι αναγκαία η ανάπτυξη διατάξεων αυτοματισμών για τους χειρισμούς και την επιτήρηση των συσκευών από κεντρική θέση.



Αρχιτεκτονική δομή συλλογής και μετάδοσης μετρητικών δεδομένων

Τα δεδομένα των μετρήσεων συλλέγονται από τους μετρητικούς κόμβους μέσω διαφόρων τεχνολογιών επικοινωνίας όπως PLC, Ethernet, WiFi, ZigBee, Bluetooth σε έναν κεντρικό κόμβο εντός της οικίας για προσωρινή αποθήκευση και στη συνέχεια προωθούνται μέσω του διαδικτύου σε πλατφόρμα cloud.



Λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης μετρητικών δεδομένων

Εξαγωγή αποτελεσμάτων σε ημερήσια βάση (I)

Από την επεξεργασία των μετρητικών δεδομένων εξάγονται για κάθε ημέρα αποτελέσματα σχετικά με τη λειτουργία κάθε συσκευής της εγκατάστασης, στις ακόλουθες τρεις βαθμίδες αναφορικά με:

- τη χρήση ή όχι της συσκευής (καταστάσεις «ON» ή «OFF»)
- τον καθορισμό των χρονικών στιγμών που τέθηκε σε λειτουργία
- τον κύκλο λειτουργίας της σε κάθε χρήση

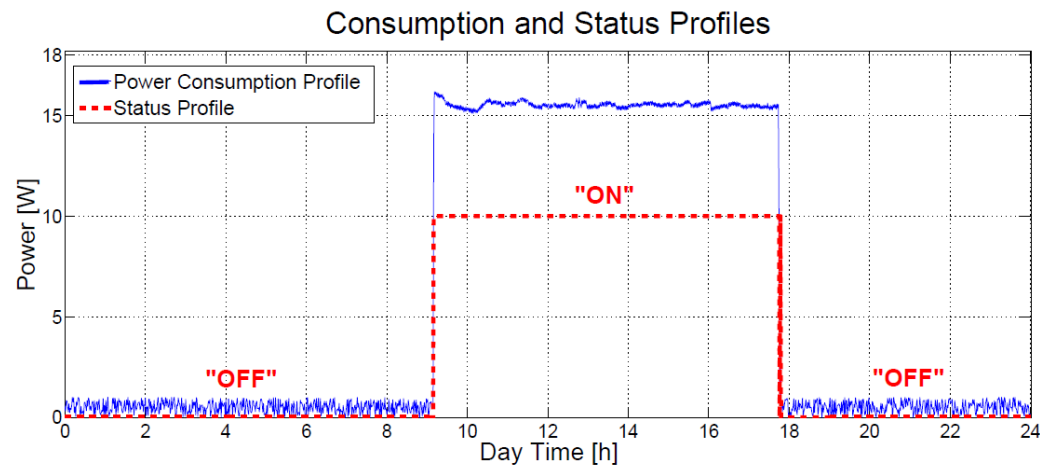
➤ Επιπλέον, γίνεται συσχέτιση των αποτελεσμάτων αυτών με τις μετρήσεις άλλων παραμέτρων που επηρεάζουν τη λειτουργία κάθε συσκευής, όπως είναι οι τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών και εξωτερικών χώρων για τα κλιματιστικά και τα προγράμματα λειτουργίας των συσκευών (πλυντήρια, ομάδες φωτιστικών κλπ.).

➤ Ειδικότερα οι κύκλοι λειτουργίας κάθε συσκευής παραμετροποιούνται κατά περίπτωση, είτε σε σχέση με τα λειτουργικά προγράμματα της συσκευής είτε σε σχέση με τις συνθήκες λειτουργίας της, δημιουργώντας σχετικό αρχείο αναφοράς.

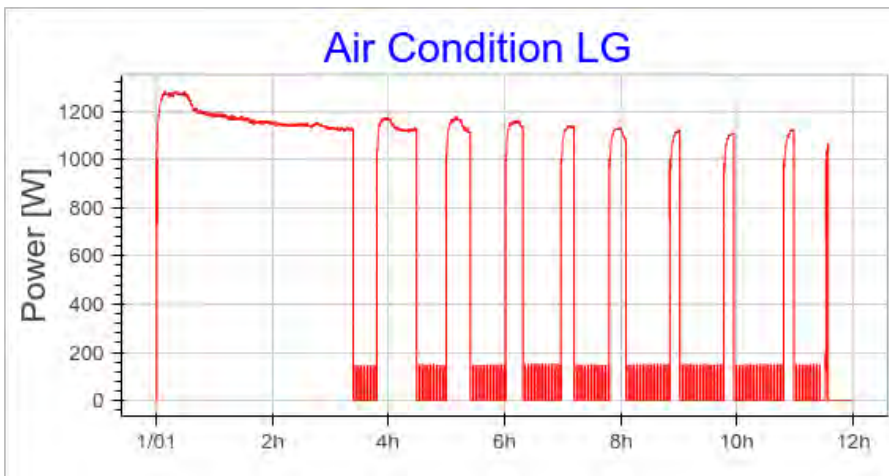
Λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης μετρητικών δεδομένων

Εξαγωγή αποτελεσμάτων σε ημερήσια βάση (II)

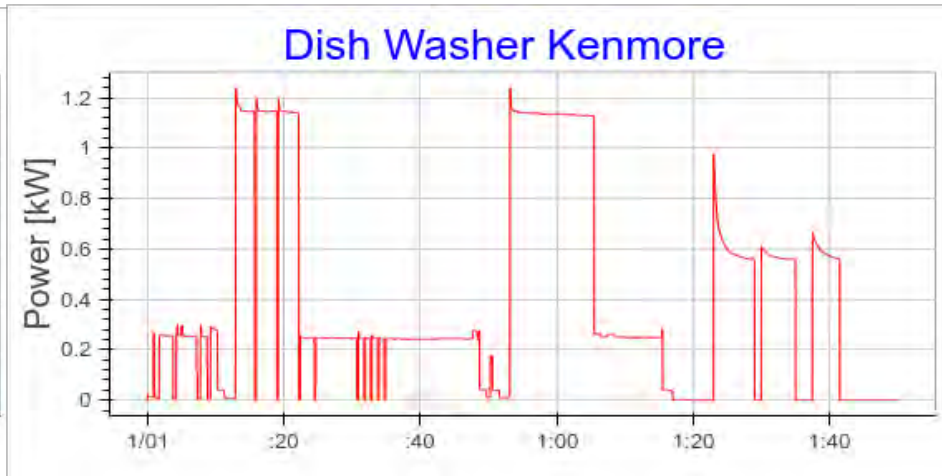
- Για τον προσδιορισμό των χρονικών στιγμών που τέθηκε σε λειτουργία (ON/OFF) κάθε υπό εξέταση συσκευή, αναπτύσσονται ειδικοί αλγόριθμοι βασισμένοι στην βιβλιογραφία και τροποποιημένοι κατάλληλα, για την επεξεργασία των ιστορικών μετρητικών δεδομένων των τιμών ισχύος λειτουργίας της συσκευής σε ημερήσια βάση.
- Για κάθε συσκευή ορίζεται μία τιμή ισχύος ως τιμή αναφοράς και κάθε λεπτό κατά τη διάρκεια της ημέρας συγκρίνονται οι μετρήσεις ισχύος της συσκευής με την τιμή αναφοράς. Στις περιπτώσεις που αυτές ήταν μεγαλύτερες ορίζεται ότι η συσκευή βρισκόταν στην κατάσταση «ON», διαφορετικά στην κατάσταση «OFF».
- Για κάθε συσκευή προκύπτει η ψηφιακή ημερήσια καμπύλη λειτουργίας από την οποία εκτιμώνται οι χρόνοι θέσης σε λειτουργία, καθώς και η διάρκεια λειτουργίας της, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα.



Καμπύλες ισχύος συσκευών σε λειτουργικούς κύκλους

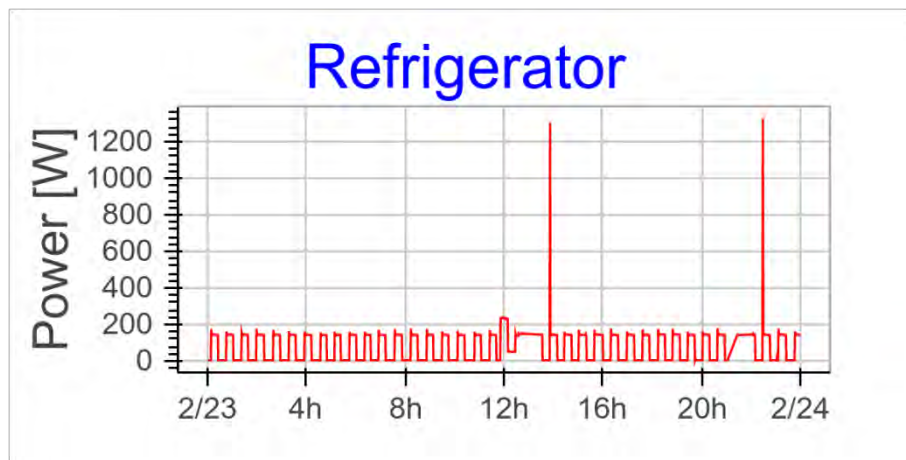


α) κλιματιστικό



β) πλυντήριο πιάτων

Household Appliances Research Data, Virginia Tech Advanced Research Institute



γ) ψυγείο Bosch, Εργαστήριο Συστημάτων Υπολογιστών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Παν/μίου Πατρών

Πρόβλεψη της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα

Με βάση την ανάλυση των ημερήσιων ιστορικών αποτελεσμάτων κάθε συσκευής γίνεται η πρόβλεψη για τη χρήση της την επόμενη ημέρα, αντίστοιχα σε τρεις βαθμίδες αναφορικά με:

- ❑ τη χρήση ή όχι της συσκευής
- ❑ την εκτίμηση των χρονικών στιγμών που θα τεθεί αυτή σε λειτουργία
- ❑ Τον καθορισμό του κύκλου λειτουργίας της σε κάθε χρήση, ανάλογα με τις εκτιμήσεις των σχετικών παραμέτρων που επηρεάζουν τη λειτουργία της

➤ Ειδικότερα, από τις ψηφιακές καμπύλες λειτουργίας κάθε συσκευής σε ορισμένο βάθος χρόνου N ημερών, με ανάπτυξη ειδικών αλγορίθμων εκτιμάται η πιθανότητα εμφάνισης των καταστάσεων «ON» ή «OFF» της συσκευής στη διάρκεια της επόμενης ημέρας καθώς και οι χρονικές στιγμές που θα συμβούν αυτές, λαμβάνοντας υπόψη ότι η χρήση κάθε συσκευής έχει μια περιοδικότητα που βασίζεται στις συνήθειες των χρηστών.

➤ Η εκτίμηση του κύκλου λειτουργίας σε κάθε χρήση γίνεται με ειδικούς αλγορίθμους, λαμβάνοντας υπόψη τις εκτιμήσεις για τη χρονική διάρκεια της χρήσης, που προκύπτει από τη χρονική διαφορά μεταξύ δυο διαδοχικών καταστάσεων «ON» και «OFF», καθώς και τις εκτιμήσεις για τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία της συσκευής την υπό εξέταση ημέρα.

Εκπόνηση του προγράμματος ελέγχου των συσκευών την επόμενη ημέρα

- Για την εκπόνηση του προγράμματος είναι απαραίτητη η εκτίμηση της φωτοβολταϊκής ή της αιολικής παραγωγής στην εγκατάσταση, για την επόμενη ημέρα, με χρήση ειδικών αλγορίθμων που βασίζονται στην πρόγνωση της ηλιοφάνειας ή του αιολικού δυναμικού από εφαρμογές του διαδικτύου, λαμβάνοντας υπόψη και τα ιστορικά δεδομένα μετρήσεων της αυτοπαραγωγής ΑΠΕ στην εγκατάσταση.



- Με βάση την πρόβλεψη για τη χρήση των συσκευών την επόμενη ημέρα, τις εκτιμήσεις για την αυτοπαραγωγή ΑΠΕ και τη χρονική διάρκεια των πολυζωνικών τιμολογίων, με κατάλληλα μοντέλα βελτιστοποίησης εκπονείται ο προγραμματισμός λειτουργίας των συσκευών την επόμενη ημέρα, με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και τη μέγιστη αξιοποίηση της αυτοπαραγωγής ΑΠΕ.

Λογισμικά διεπαφής χρήστη και διαχειριστή

- ❖ Σε υψηλότερο επίπεδο από το λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων, για τον προγραμματισμό της λειτουργίας των συσκευών της εγκατάστασης, θα αναπτυχθεί ένα λογισμικό διεπαφής για τον χρήστη και ένα ξεχωριστό για τον διαχειριστή.

Τα βασικότερα στοιχεία του λογισμικού διεπαφής του χρήστη θα είναι:

- ✓ Δυνατότητα πληροφόρησης του καταναλωτή - χρήστη σε τοπικό ή απομακρυσμένο περιβάλλον (μέσω διαδικτύου). Η πληροφόρηση θα μπορεί να γίνει μέσω in home display ή pc/mobile/tablet εφαρμογών κλπ.
- ✓ Μέσω της εφαρμογής θα μπορεί να παρακολουθεί την κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και στατιστικά στοιχεία παλαιότερων καταναλώσεων.

Τα βασικότερα στοιχεία του λογισμικού διεπαφής του διαχειριστή θα είναι:

- ✓ Εποπτεία όλου του δικτύου-χρηστών-φορτίων.
- ✓ Διαχείριση βάσης δεδομένων και Διαχείριση χρηστών.
- ✓ Διαχείριση λογισμικού επεξεργασίας και ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων – αλγορίθμων εξοικονόμησης.
- ✓ Παρακολούθηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο (συνολικά ή ανά φορτίο), στατιστικά στοιχεία παλαιότερων καταναλώσεων ή άλλων ηλεκτρικών μεγεθών, αποστολή μηνυμάτων στους χρήστες.

Συμπεράσματα

- ✓ Για τη βέλτιστη διαχείριση της ζήτησης σε κτιριακές εγκαταστάσεις είναι απαραίτητος ο έγκαιρος προγραμματισμός ελέγχου της λειτουργίας των συσκευών, με βάση την πρόβλεψη της χρήσης τους την επόμενη ημέρα, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική διάρκεια των πολυζωνικών τιμολογίων και τις εκτιμήσεις για την αυτοπαραγωγή ΑΠΕ σε κάθε εγκατάσταση.
- ✓ Η πρόβλεψη της χρήσης των συσκευών αφορά στον καθορισμό των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν την επόμενη ημέρα, στις εκτιμήσεις των χρόνων που θα τεθούν αυτές σε λειτουργία και στην επιλογή των κατάλληλων κύκλων λειτουργίας, στα πλαίσια των απαιτήσεων των χρηστών.
- ✓ Για τον σκοπό αυτό απαιτείται η ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών, με διατάξεις μετρήσεων και ελέγχου, ειδικά λογισμικά για τη λήψη και επεξεργασία μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο, τόσο για τα ηλεκτρικά μεγέθη, όσο και για τα φυσικά μεγέθη που σχετίζονται με τις καταναλώσεις κάθε εγκατάστασης.

Συμπεράσματα

- ✓ Οι υποδομές αυτές συμβάλουν στη συνεχή βελτίωση της κουλτούρας των χρηστών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και χρήσης πράσινης ενέργειας, με πολλαπλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.
- ✓ Επιπρόσθετα, με τις υποδομές αυτές παρέχεται ευελιξία στους χρήστες και στο Διαχειριστή Δικτύου για επιλεγμένες περικοπές φορτίων σε έκτακτες ανάγκες, κατά τη διαχείριση κρίσεων στο Δίκτυο, όταν συμβαίνουν σοβαρές βλάβες ή όταν υπάρχει έλλειψη παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!