



# Διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις με βάση την πρόβλεψη της χρήσης ηλεκτρικών φορτίων με ανάλυση μετρητικών δεδομένων

# Διαχείριση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

- Η **διαχείριση της ζήτησης** ηλεκτρικής ενέργειας είναι βασικό εργαλείο
  - τόσο για τη **μείωση του κόστους χρήσης** ηλεκτρικής ενέργειας στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
  - όσο και για τη **μείωση του κόστους παραγωγής** στα ηλεκτρικά συστήματα.
- Η διαχείριση της ζήτησης επιτυγχάνεται με την **χρονική μετατόπιση ελεγχόμενων ηλεκτρικών φορτίων** από τις ώρες αιχμής της ζήτησης, στη διάρκεια των οποίων λειτουργούν ακριβές μονάδες παραγωγής στο σύστημα.
- Για το λόγο αυτό παρέχονται διεθνώς **οικονομικά κίνητρα** στους καταναλωτές μέσω **πολυζωνικών τιμολογίων**.
- Τα **οφέλη** από τη διαχείριση της ζήτησης είναι πολλαπλάσια όταν στις εγκαταστάσεις λειτουργούν **μονάδες αυτοπαραγωγής ΑΠΕ** με συστήματα αποθήκευσης, που προκύπτουν από τη μέγιστη αξιοποίηση των ΑΠΕ στις εγκαταστάσεις των καταναλωτών.



# Διαχείριση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαχείριση της ζήτησης σε μια εγκατάσταση προϋποθέτει:

- **Ελεγχόμενη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών** στις εγκαταστάσεις
- **Επαρκή 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 σε ώρες οικονομικότερων πολυζωνικών τιμολογίων, καθώς και σε ώρες διαθεσιμότητας αυτοπαραγωγής ΑΠΕ, **να μην επηρεάζουν τη λειτουργικότητα των εγκαταστάσεων.**



# Η σπουδαιότητα της πρόβλεψης της χρήσης των συσκευών στον προγραμματισμό ελέγχου της λειτουργίας τους για τη διαχείριση της ζήτησης

- 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 συγκεκριμένους 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 θα πρέπει αποτυπώνουν ουσιαστικά τις **απαιτήσεις των χρηστών** για την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας των συσκευών.
  - Σε **ακριβείς εκτιμήσεις** για τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης την επόμενη ημέρα.

Ιστορικά  
μετρητικά  
δεδομένα

Επεξεργασία  
δεδομένων

Πρόβλεψη  
κατανάλωσης  
για την  
επόμενη μέρα



# Διατάξεις συλλογής μετρητικών δεδομένων, επιτήρησης και ελέγχου ηλεκτρικών φορτίων

- Για τη **συλλογή** των κατάλληλων μετρητικών **δεδομένων** από μια εγκατάσταση, για την πρόβλεψη της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα, είναι απαραίτητος ο **σχεδιασμός και η ανάπτυξη διατάξεων**.
- Οι μετρητικές διατάξεις σχεδιάζονται κατάλληλα για τη λήψη μετρήσεων **ηλεκτρικών μεγεθών** από επιλεγμένες θέσεις κάθε εγκατάστασης, σε **πραγματικό χρόνο**,
  - όπως της **τάσης**, του **ρεύματος**, της **ισχύος**, της **ηλεκτρικής ενέργειας**,
- καθώς και για τη λήψη μετρήσεων από διάφορα **αισθητήρια**,
  - όπως της **θερμοκρασίας** εξωτερικών και εσωτερικών χώρων, της **κυκλοφορίας - παρουσίας** ατόμων στους χώρους της εγκατάστασης, **παραμέτρων** που σχετίζονται με τη λειτουργία ηλεκτροβόρων συσκευών της εγκατάστασης.



# Διατάξεις συλλογής μετρητικών δεδομένων, επιτήρησης και ελέγχου ηλεκτρικών φορτίων

- Όταν υπάρχει στην εγκατάσταση **αυτοπαραγωγή ΑΠΕ** και συστήματα αποθήκευσης τα **θέματα της διαχείρισης της ζήτησης** είναι **περισσότερο σύνθετα**, δεδομένου ότι η εγκατάσταση μετατρέπεται σε ηλεκτρικό μικροσύστημα.

## Ηλεκτρικό Μικροσύστημα

- Για τη διαχείριση της ζήτησης απαιτείται επιπρόσθετα η **εκτίμηση της παραγωγής ΑΠΕ την επόμενη ημέρα**, η οποία είναι **στοχαστική**.

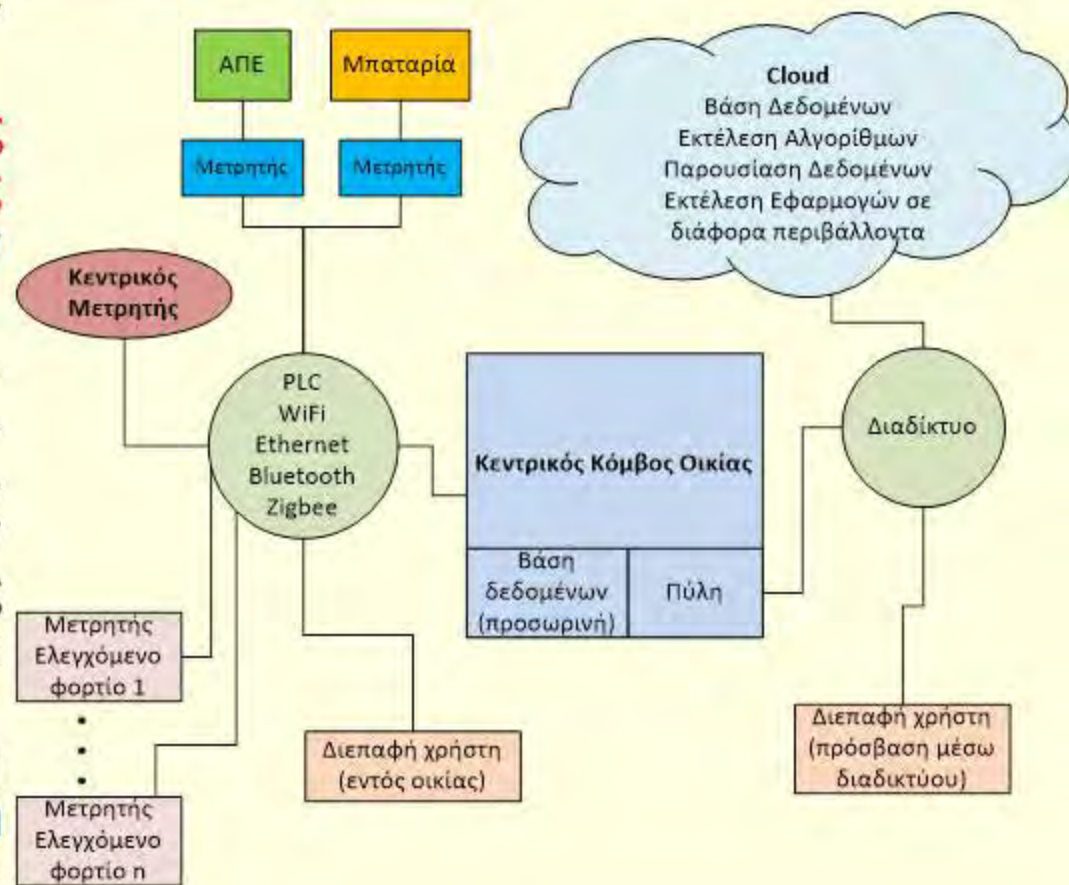


Κεντρικός κόμβος ελέγχου και συλλογής δεδομένων τοπικά



# Ενδεικτική Αρχιτεκτονική δομή συλλογής & μετάδοσης μετρητικών δεδομένων

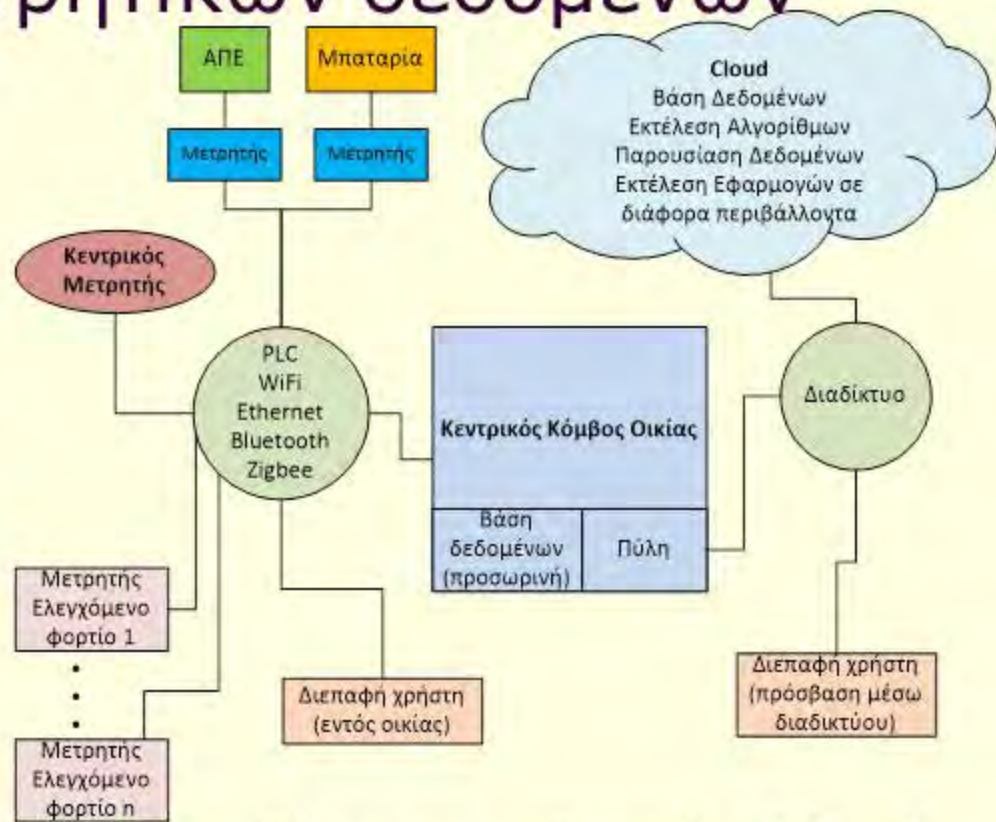
- Οι **μετρητές** εγκαθίστανται συνήθως στην **κεντρική παροχή**, στην έξοδο των **μονάδων παραγωγής ΑΠΕ**, καθώς και στις θέσεις ηλεκτροδότησης **σημαντικών φορτίων**.
- Τα **δεδομένα** των μετρήσεων **συλλέγονται από τους μετρητικούς κόμβους μέσω διαφορετικών τεχνολογιών επικοινωνίας** (π.χ. PLC, Ethernet, WiFi, ZigBee, Bluetooth, κ.λπ.) σε έναν **κεντρικό κόμβο** εντός της οικίας για **προσωρινή αποθήκευση** και στη συνέχεια **προωθούνται μέσω του διαδικτύου σε πλατφόρμα cloud**.





# Ενδεικτική Αρχιτεκτονική δομή συλλογής & μετάδοσης μετρητικών δεδομένων

- Με χρήση κατάλληλης αρχιτεκτονικής στο **cloud** καθίσταται εφικτή η **ταχύτατη αποθήκευση δεδομένων** από πολλαπλούς χρήστες, η **αποδοτική επεξεργασία** τους, και η **παρουσίασή** τους τόσο στον **χρήστη** όσο και στον **διαχειριστή** του συστήματος.



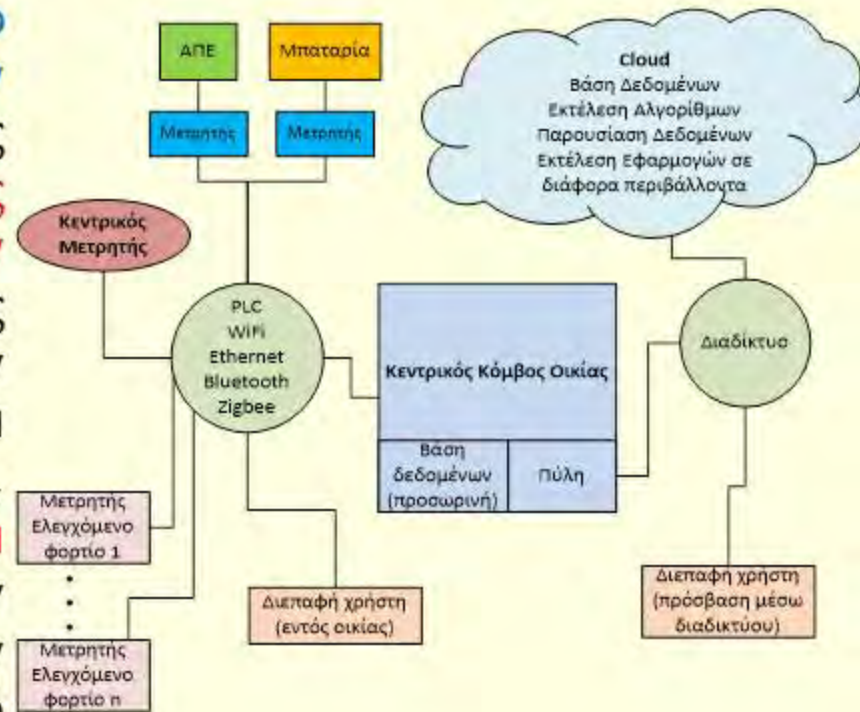
- Η **διεπαφή χρήστη** μπορεί να λαμβάνει τα τελευταία δεδομένα (εκείνης της χρονικής στιγμής ή των τελευταίων ημερών) από τον κεντρικό κόμβο εντός της οικίας και όλο το ιστορικό των δεδομένων ή τα τρέχουσα δεδομένα από το cloud, το οποίο θα παρέχει **μεγαλύτερη ευελιξία, ταχύτητα, ασφάλεια και ευκολότερη επεκτασιμότητα**.





# Ενδεικτική Αρχιτεκτονική δομή συλλογής & μετάδοσης μετρητικών δεδομένων

- Παράλληλα, για τον **αυτόματο έλεγχο** και την **επιτήρηση των φορτίων** της εγκατάστασης είναι **απαραίτητος ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ειδικών διατάξεων** οι οποίες αποτελούνται από τον επιμέρους εξοπλισμό ισχύος και ένα **κεντρικό σύστημα ελέγχου**, με **αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ τους** τόσο για την υλοποίηση των εντολών χειρισμών του εξοπλισμού από μακριά, όσο και για την επιτήρηση της θέσης λειτουργίας των συσκευών.



- Ταυτόχρονα, το εν λόγω **σύστημα ελέγχου** έχει διεπαφή και αμφίδρομη επικοινωνία με το σύστημα λογισμικού που καθορίζει τον προγραμματισμό της λειτουργίας των συσκευών την επόμενη ημέρα.



# Λογισμικό επεξεργασίας & ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων, Προγραμματισμός της χρήσης των συσκευών της εγκατάστασης την επόμενη ημέρα

- **Ανάπτυξη** κατάλληλου **λογισμικού** για τον **αυτόματο καθορισμό των παραμέτρων λειτουργίας των συσκευών την επόμενη ημέρα**, ύστερα από **επεξεργασία ιστορικών μετρητικών δεδομένων**, που λαμβάνονται από τη διάταξη μετρήσεων και ελέγχου της εγκατάστασης.
- Η **επεξεργασία** των μετρητικών δεδομένων γίνεται σε **ημερήσια βάση**, με σκοπό κάθε εικοσιτετράωρο
  - να εξάγονται αποτελέσματα για κάθε συσκευή σχετικά με τη χρήση της εντός της ημέρας
  - να αποτυπώνονται οι κύκλοι λειτουργίας για κάθε συσκευή
  - να γίνεται συσχέτιση αυτών με μετρήσεις άλλων παραμέτρων που επηρεάζουν τη λειτουργία των συσκευών, όπως είναι οι τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών και εξωτερικών χώρων
  - να γίνεται και αντίστοιχη πρόγνωση για τη χρήση των συσκευών την επόμενη ημέρα, δηλαδή ποιες συσκευές θα χρησιμοποιηθούν, ποιες χρονικές στιγμές και με ποιους κύκλους λειτουργίας εντός της ημέρας.



# Αποτύπωση των κύκλων λειτουργίας των συσκευών

- Από τη **συλλογή και την επεξεργασία** των ιστορικών δεδομένων μετρήσεων από κάθε συσκευή αποτυπώνονται **οι κύκλοι λειτουργίας των συσκευών**, που αντιστοιχούν σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας, που συσχετίζονται είτε με την επιλογή των λειτουργικών προγραμμάτων των συσκευών (π.χ. πλυντήρια, ψυγεία) είτε με τις τιμές μεγεθών περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως θερμοκρασίας, υγρασίας εξωτερικού και εσωτερικού χώρου για συσκευές θέρμανσης/κλιματισμού.
- Οι **κύκλοι λειτουργίας** κάθε συσκευής **παραμετροποιούνται** σε αντιστοιχία
  - με τα προγράμματα λειτουργίας των συσκευών
  - ή τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης

και δημιουργείται ένα αρχείο αναφοράς, που χρησιμοποιείται στην **πρόγνωση του τρόπου λειτουργίας** των συσκευών και των **σχετικών καταναλώσεων τους** την επόμενη ημέρα, με την επιλογή του **κατάλληλου κύκλου λειτουργίας** μέσω των σχετικών τιμών των παραμέτρων.



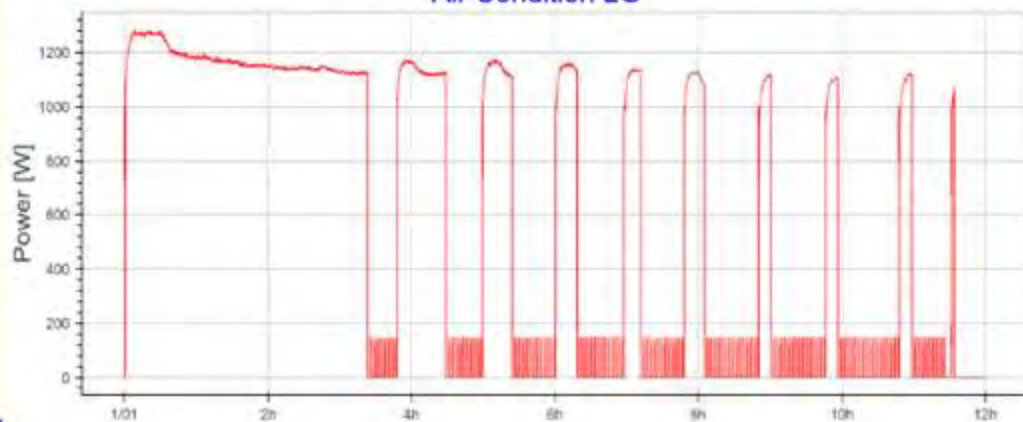


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

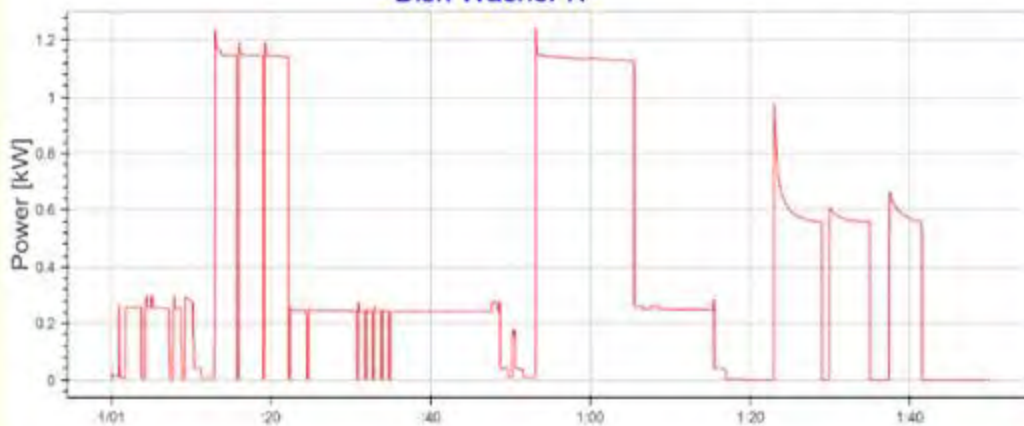
University of Patras  
Applied Electronics Laboratory

# Κύκλοι λειτουργίας ενδεικτικών συσκευών

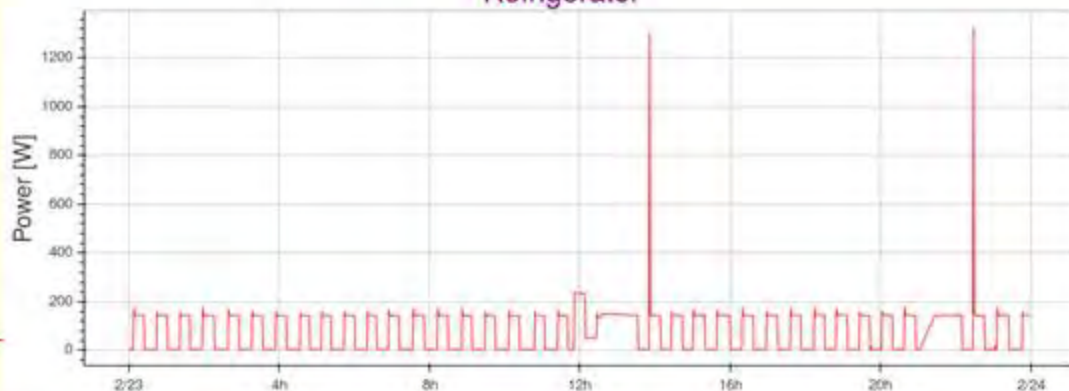
Air Condition LG



Dish Washer K



Refrigerator





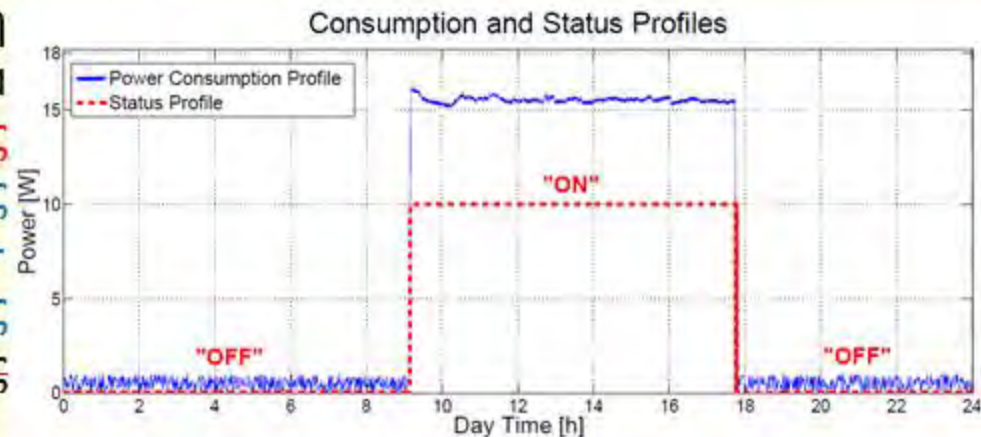
# Πρόγνωση της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα

- Η πρόγνωση της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα, με βάση ιστορικά μετρητικά δεδομένα από κάθε συσκευή, περιλαμβάνει **τρεις βαθμίδες πρόγνωσης**:
  - τον καθορισμό των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν,
  - τις χρονικές στιγμές που θα τεθούν αυτές εντός λειτουργίας
  - και τη χρονική διάρκεια λειτουργίας κάθε φορά, επιλέγοντας τον κατάλληλο κύκλο λειτουργίας.
- Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η γνώση των καταστάσεων των **τριών αυτών βαθμίδων** για κάθε συσκευή για ορισμένες μέρες στο παρελθόν.
- Για την ανίχνευση στο παρελθόν των χρονικών στιγμών θέσης σε λειτουργία κάθε υπό εξέταση συσκευής **αναπτύσσονται ειδικοί αλγόριθμοι** για την επεξεργασία των ιστορικών μετρητικών δεδομένων των τιμών ισχύος λειτουργίας της συσκευής σε ημερήσια βάση, σε χρονικές υποδιαιρέσεις λεπτού.
- Για κάθε συσκευή **ορίζεται μία τιμή ισχύος ως τιμή αναφοράς** και ανά λεπτό συγκρίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας οι μετρήσεις ισχύος της συσκευής με την τιμή αναφοράς.



# Πρόγνωση της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα

- Στις περιπτώσεις που αυτές ήταν μεγαλύτερες ορίζεται ότι η συσκευή βρισκόταν στη θέση «1» (on), διαφορετικά στη θέση «0» (off). Για κάθε συσκευή δημιουργείται η ψηφιακή ημερήσια καμπύλη λειτουργίας από την οποία προκύπτουν οι χρόνοι θέσης σε λειτουργία της συσκευής (εντός/εκτός), καθώς και η διάρκεια λειτουργίας της.
- Από τις ψηφιακές καμπύλες λειτουργίας κάθε συσκευής, σε ορισμένο βάθος χρόνου, ειδικοί αλγόριθμοι εκτιμούν την πιθανότητα εμφάνισης των καταστάσεων «1» ή «0» της συσκευής στη διάρκεια της επόμενης ημέρας, λαμβάνοντας υπόψη ότι η χρήση κάθε συσκευής έχει μια περιοδικότητα που βασίζεται στις συνήθειες των χρηστών, επηρεαζόμενη βέβαια και από συγκεκριμένες εξωτερικές παραμέτρους.
- Έτσι, γίνεται η πρόγνωση για την επόμενη ημέρα στις δυο πρώτες βαθμίδες, δηλαδή ποιες συσκευές θα λειτουργήσουν και σε ποιες χρονικές στιγμές εντός της ημέρας.





# Πρόγνωση της χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα

- Για την πρόγνωση στην **τρίτη βαθμίδα**, δηλαδή των **καταναλώσεων των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν**, εκτιμάται η χρονική διάρκεια της λειτουργίας κάθε συσκευής από τη χρονική διαφορά μεταξύ δυο διαδοχικών καταστάσεων «1» και «0» αυτής, οπότε οι αλγόριθμοι προβαίνουν στην **επιλογή του κατάλληλου κύκλου λειτουργίας** που συσχετίζεται με την εκτιμηθείσα χρονική διάρκεια λειτουργίας, λαμβάνοντας υπόψη και τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία, όπως είναι η θερμοκρασία για ορισμένες συσκευές.
- Για την εκτίμηση της θερμοκρασίας εξωτερικών και εσωτερικών χώρων **χρησιμοποιούνται δεδομένα από εφαρμογές διαδικτύου**, τα οποία επεξεργάζονται.
- Γίνεται **χρήση και ιστορικών δεδομένων**, ώστε να επιτευχθεί η εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την αξιοποίηση των εκτιμώμενων θερμοκρασιών για τον έλεγχο της θερμοκρασίας των κλιματιστικών.
- Από το αρχείο των παραμετροποιημένων κύκλων λειτουργίας επιλέγονται οι κατάλληλες τιμές των παραμέτρων, όπως τα ~~προγράμματα λειτουργίας των συσκευών και οι τιμές θερμοκρασίας~~, για **βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ζήτησης**.



# Ιεράρχηση των προτεραιοτήτων θέσης σε λειτουργία των συσκευών την επόμενη ημέρα λαμβάνοντας υπόψη την αυτοπαραγωγή ΑΠΕ

- Τα αποτελέσματα της πρόγνωσης χρήσης των συσκευών την επόμενη ημέρα αποτελούν τα βασικά δεδομένα για την εκπόνηση του τελικού προγραμματισμού λειτουργίας των συσκευών, με ενδεχόμενη χρονική ολίσθηση της λειτουργίας των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν, χωρίς να μεταβάλλονται όμως ποιοτικά τα αποτελέσματα χρήσης τους, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική διάρκεια των πολυζωνικών τιμολογίων και την πρόβλεψη της παραγωγής ΑΠΕ.
- Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η πρόβλεψη της φωτοβολταϊκής παραγωγής ή της αιολικής παραγωγής στην εγκατάσταση χρησιμοποιώντας ειδικούς αλγόριθμους που βασίζονται στην πρόγνωση της ηλιοφάνειας ή του αιολικού δυναμικού στην εγκατάσταση την επόμενη ημέρα από εφαρμογές του διαδικτύου, λαμβάνοντας υπόψη και τα ιστορικά δεδομένα μετρήσεων της αυτοπαραγωγής ΑΠΕ στην εγκατάσταση.



# Ιεράρχηση των προτεραιοτήτων θέσης σε λειτουργία των συσκευών την επόμενη ημέρα λαμβάνοντας υπόψη την αυτοπαραγωγή ΑΠΕ

- Με βάση τις εκτιμήσεις για την αυτοπαραγωγή ΑΠΕ στην εγκατάσταση και την πρόβλεψη για τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών την επόμενη ημέρα, καθώς και τη χρονική διάρκεια των πολυζωνικών τιμολογίων, με κατάλληλα μοντέλα βελτιστοποίησης τα οποία μοντελοποιούν επαρκώς τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών συσκευών, την αυτοπαραγωγή ΑΠΕ και τις απαιτήσεις ή προτιμήσεις του χρήστη, καθορίζεται ο προγραμματισμός λειτουργίας των συσκευών την επόμενη ημέρα, με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και τη μέγιστη αξιοποίηση της αυτοπαραγωγής ΑΠΕ.
- Κατά περίπτωση γίνονται πρόσθετες βελτιώσεις και επιλέγονται κύκλοι λειτουργίας χαμηλότερης κατανάλωσης από τους αρχικά προτεινόμενους, για περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης, ιδιαίτερα σε αυτόνομα ηλεκτρικά μικροσυστήματα χωρίς σύνδεση στο Δίκτυο, για παράδειγμα τις ημέρες που η διαθέσιμη παραγωγή ΑΠΕ είναι χαμηλή.





# Λογισμικό διεπαφής χρήστη/διαχειριστή

- Σε υψηλότερο επίπεδο από το λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων - αλγορίθμων εξοικονόμησης, για τον προγραμματισμό της χρήσης των συσκευών της εγκατάστασης, υπάρχει ένα **λογισμικό διεπαφής για τον χρήστη και ένα ξεχωριστό για τον διαχειριστή**.
- Τα **βασικότερα στοιχεία** του λογισμικού διεπαφής του **χρήστη** είναι:
  - Φιλικότητα διεπαφής.
  - Δυνατότητα πληροφόρησης του καταναλωτή - χρήστη σε τοπικό ή απομακρυσμένο περιβάλλον (μέσω διαδικτύου).
  - Η πληροφόρηση μπορεί να γίνει μέσω in home display ή pc/mobile/tablet εφαρμογών κ.λπ.
  - Ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί την κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, στατιστικά στοιχεία παλαιότερων καταναλώσεων, μηνύματα ή χρήσιμες πληροφορίες από τον πάροχο, την εξοικονόμηση που πέτυχε, κ.λπ.
  - Ο χρήστης μπορεί να ελέγχει συγκεκριμένα φορτία και να αποφασίζει την λειτουργία τους αυτοματοποιημένα ή χειροκίνητα.



# Λογισμικό διεπαφής χρήστη/διαχειριστή

- Τα **βασικότερα στοιχεία** του λογισμικού διεπαφής του **διαχειριστή** είναι:
  - Εποπτεία όλου του δικτύου-χρηστών-φορτίων.
  - Διαχείριση βάσης δεδομένων.
  - Διαχείριση χρηστών.
  - Διαχείριση λογισμικού επεξεργασίας και ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων – αλγορίθμων εξοικονόμησης.
  - Παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο (συνολικά ή ανά φορτίο), στατιστικά στοιχεία παλαιότερων καταναλώσεων ή άλλων ηλεκτρικών μεγεθών, να στέλνει μηνύματα ή χρήσιμες πληροφορίες στον χρήστη.
  - Να παρακολουθεί την εξοικονόμηση που πέτυχε ανά χρήση, περιοχή ή συνολικά.
  - Να προσφέρει δυναμικές τιμολογήσεις, ανάλογα με τη μέρα και την ώρα.



# 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.
- 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.
- Έτσι υπάρχει συνεχή βελτίωση της κουλτούρας των χρηστών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και χρήσης πράσινης ενέργειας, με πολλαπλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.
- 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 σύστημα.