

# ΗΜΕΡΙΔΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ICT ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Παρασκευή, 21 Νοεμβρίου 2014, Εκθεσιακό κέντρο MEC EXPO Παιανίας

Κτήρια Ισοσκελισμένου Ενεργειακού Ισοζυγίου  
χρησιμοποιώντας ΑΠΕ, Ενεργητικές Τεχνολογίες ΕΞΕ  
και Μοντέλα Πρόβλεψης Καταναλώσεων



Α. Κυρίτσης, Ε. Μαθάς, Ε. Τσελεπής



ΚΑΠΕ  
CRÉS

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



# Περίγραμμα της Παρουσίασης

## ☞ Στόχος της εργασίας:

Η βελτίωση της ηλεκτρικής αποδοτικότητας των κτηρίων του εργασιακού τομέα (χρησιμοποιώντας ΑΠΕ και ενεργητικές τεχνικές ΕΞΕ) και η “αποσυμφόρηση” του ηλεκτρικού δικτύου.

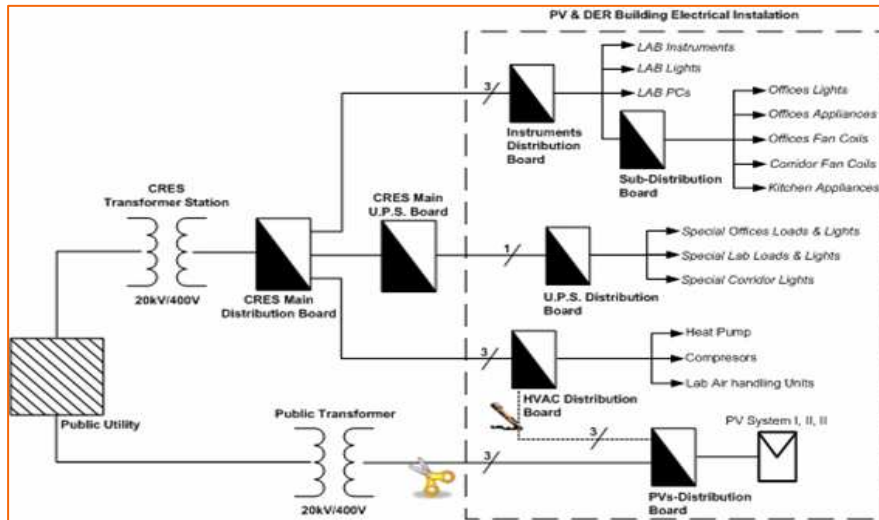
## ☞ Περιεχόμενα Παρουσίασης:

- ❑ Το μοντέλο του κτηρίου ισοσκελισμένου ενεργειακού ισοζυγίου,
- ❑ Συγκέντρωση/ανάλυση μετεωρολογικών, ηλεκτρικών δεδομένων και μοντελοποίηση φορτίων,
- ❑ Ενεργητικές μέθοδοι ηλεκτρικής αναβάθμισης: εξοικονόμηση και ποιότητα των εσωτερικών κτηριακών συνθηκών,
- ❑ Μέθοδοι “αποσυμφόρησης” του ηλεκτρικού δικτύου.

# Κτηρίου ισοσκελισμένου ενεργειακού ισοζυγίου

- ∞ Τα κτήρια ισοσκελισμένου ενεργειακού ισοζυγίου (ΙΕΙ) αποτελούν εξέλιξη των κτηρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (ΜΕΚ)
  - ❑ παράγουν την ενέργεια που καταναλώνουν κατά τη διάρκεια ενός έτους αξιοποιώντας ΑΠΕ και ΕΞΕ,
  - ❑ εξακολουθούν να είναι συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο, παρέχοντας ή απορροφώντας ενέργεια στο/(από το) δίκτυο, εξυπηρετώντας το εκάστοτε ενεργειακό ισοζύγιο,
  - ❑ επιδιώκουν ισοσκελισμένο ενεργειακό ισοζύγιο σε μικρότερες μονάδες χρόνου (μήνα, εβδομάδα, ημέρα, ώρα, κ.λπ.),
  - ❑ περιορίζουν τις ηλεκτρικές απώλειες στα δίκτυα διανομής (περιορίζοντας την μεταφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια),
  - ❑ συμβάλλουν στην ηλεκτρική “αποσυμφόρηση” των δικτύων Χ.Τ., αποτρέποντας επαναλαμβανόμενες ανακατευθύνσεις ενέργειας από το κτήριο προς το δίκτυο.

# Συγκέντρωση μετεωρολογικών, ηλεκτρικών δεδομένων



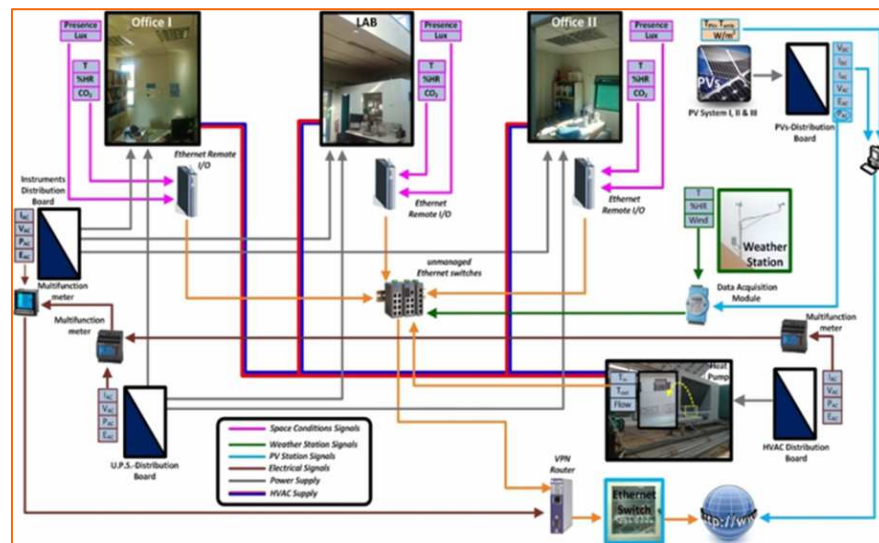
Για να διερευνηθεί η δυνατότητα:

□ ολικής ή μερικής ενεργειακής ισορροπίας μεταξύ των ηλεκτρικών φορτίων και του Φ/Β συστήματος

□ περιορισμού των αιχμών στις ενεργειακές συναλλαγές του κτηρίου,

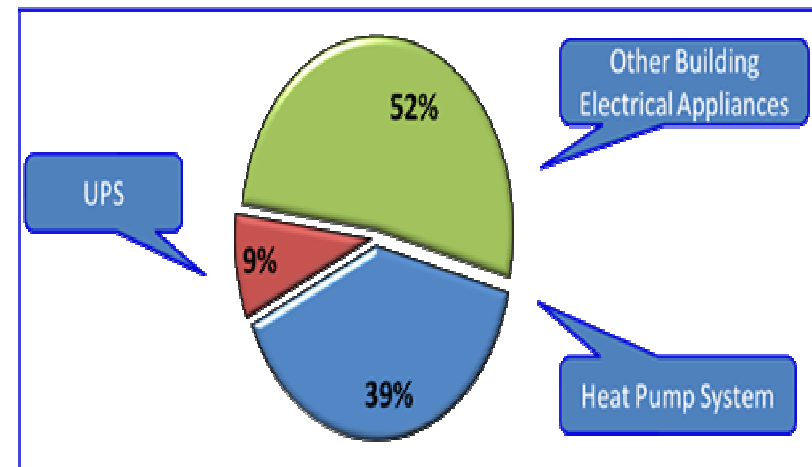
τοποθετήθηκαν αναλυτές ενέργειας στα σημεία ηλεκτρικής τροφοδότησης του κτηρίου και σε επιλεγμένα φορτία

□ Επίσης κατεγράφησαν τόσο οι εσωτερικές κτηριακές όσο και οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες προκειμένου να συσχετιστούν με τη διακύμανση της κατανάλωσης



# Ανάλυση μετεωρολογικών, ηλεκτρικών δεδομένων

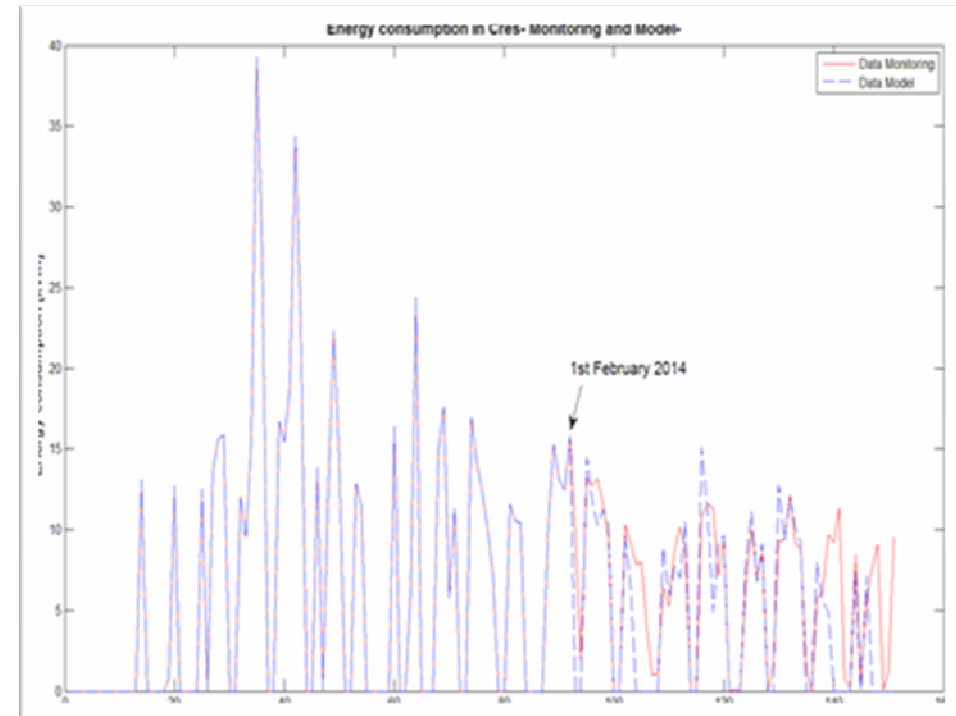
- ∞ Η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση του κτηρίου ανήλθε στις 18,18MWh το 2013
- ∞ Η ηλεκτρική κατανάλωση για τη ψύξη και τη θέρμανση του κτηρίου ήταν 24kWh/m<sup>2</sup>/year για το 2013, ενώ οι υπόλοιπες ηλεκτρικές ανάγκες του κτηρίου ανήλθαν στις 36.6kWh/m<sup>2</sup>/year.



- ∞ Η ενεργειακή απολαβή του Φ/Β συστήματος ήταν 78.7kWh/m<sup>2</sup>/year, ενώ σε μηνιαίο επίπεδο ήταν πάντα υψηλότερη της ηλεκτρικής κατανάλωσης με εξαίρεση τους τρεις χειμερινούς μήνες
- ∞ Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του κτηρίου πληροί τις προϋποθέσεις των κτηρίων ΜΕΚ τόσο σε ετήσια βάση όσο και σε μηνιαία βάση με εξαίρεση τη χειμερινή περίοδο, όπου οι ενεργειακές συναλλαγές με δίκτυο δεν ξεπέρασαν στη χειρίστη περίπτωση τις 2.27kWh/m<sup>2</sup> (Ιανουάριος 2013).

# Μοντελοποίηση φορτίων

- ❑ Η μοντελοποίηση των ηλεκτρικών καταναλώσεων όπως και της ηλεκτροπαραγωγικής ικανότητας των Φ/Β υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ARX (Auto-Regressive with eXogenous input) γραμμικά μοντέλα.
- ❑ Σε κάθε περίπτωση επιλέχθηκε προσεκτικά ο αριθμός και το είδος των ανεξάρτητων μεταβλητών
- ❑ Στις συναρτήσεις πρόβλεψης εισήχθησαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές οι περιβαλλοντικές συνθήκες, οι εσωτερικές κτηριακές συνθήκες, και τα σήματα παρουσίας/απουσίας
- ❑ Τα δεδομένα του έτους βάσης χρησιμοποιήθηκαν για την επαλήθευση της ορθότητας των μοντέλων που αναπτύχθηκαν.



# Ενεργητικές μέθοδοι ηλεκτρικής αναβάθμισης -1-

Αναλύοντας την ηλεκτρική κατανάλωση του κτηρίου σε διάφορες μονάδες χρόνου, αποφασίστηκε ο διαχωρισμός της σε δύο συνιστώσες βάσει των οποίων επιδιώχτηκε και η βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτηρίου.

- Η πρώτη συνιστώσα αντιπροσωπεύει την ηλεκτρική κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης
  - Τοποθετήθηκαν ηλεκτροβάνες σε συνδυασμό με τριόδους βαλβίδες στα θερμαντικά/ψυκτικά σώματα.

*Η συνάρτηση ενεργοποίησης στους ευφείς ελεγκτές συνυπολογίζει την παρουσία/απουσία του εργαζομένου, τη θερμοκρασία του χώρου και τη θερμοκρασία αναφοράς.*

- Αξιοποίηση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής του κτηρίου (φυσικός δροσισμός το καλοκαίρι, κατά τη διάρκεια της νύχτας).

*Οι ευφείς ελεγκτές συγκρίνουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος με αυτή της θερμής αέριας μάζας που εγκλωβίζεται στο ύψος της οροφής του κτηρίου (κατά τη διάρκεια της ημέρας). Εφόσον η ταχύτητα του ανέμου και ο ανιχνευτής βροχής το επιτρέπουν ανοίγουν τα παράθυρα οροφής των αιθουσών.*

# Ενεργητικές μέθοδοι ηλεκτρικής αναβάθμισης -2-

- Η δεύτερη συνιστώσα εμπεριέχει την ενέργεια που δαπανάται σε φωτισμό, στο σύστημα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας και στα υπόλοιπα ηλεκτρικά φορτία του κτηρίου (κυρίως εργαστηριακός εξοπλισμός)
  - Ο κύριος όγκος των εργαστηριακών πειραμάτων απαιτεί την παρουσία προσωπικού. Δεν είναι εφικτή η χρονική μετατόπιση της εργαστηριακής κατανάλωση σε ώρες χαμηλής κτηριακής ζήτησης.
  - Αποφασίστηκε βελτιστοποίηση του συστήματος ηλεκτροφωτισμού και των Η/Υ συστημάτων

*Φωτεινότητα μικρότερη των 300LUX επιφέρει την ενεργοποίηση του φωτισμού (απαιτείται παρουσία εργαζομένου). Η απενεργοποίησή επέρχεται με την απουσία εργαζομένου ή όταν η διαφορά μεταξύ της εκάστοτε φωτεινότητας με την προ-μετρημένη τιμή του τεχνητού φωτισμού (σε συνθήκες έλλειψης φυσικού φωτισμού) είναι μεγαλύτερη των 400LUX.*

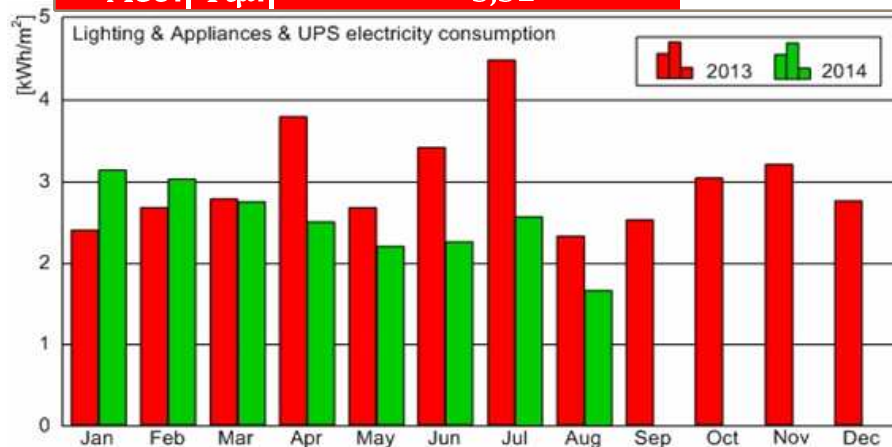
*Για τον περιορισμό της ηλεκτρικής κατανάλωσης των Η/Υ ενεργοποιήθηκαν οι λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας στις οθόνες και τους εκτυπωτές, ενώ επίσης μειώθηκε και ο χρόνος λειτουργίας των υπολογιστών σε πλήρη ισχύ.*



# Ενεργητικές μέθοδοι ηλεκτρικής αναβάθμισης: Ηλεκτρική Εξοικονόμηση

Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση του συστήματος HVAC, με γνώμονα τις βαθμομέρες (HDD) θέρμανσης/ψύξης.

2013	Ηλ. κατανάλωση HVAC [kWh/HDD]	HDD	2014	Ηλ. κατανάλωση HVAC [kWh/HDD]	HDD
Ιανουάριος	5,53	255,7	Ιανουάριος	3,85	218,6
Φεβρουάριος	5,01	200,1	Φεβρουάριος	4,04	195,2
Μάρτιος	3,80	165,2	Μάρτιος	3,44	177,1
Απρίλιος	0,56	120,2	Απρίλιος	1,01	130,8
Μάιος	2,04	34,8	Μάιος	1,68	53,7
Ιούνιος	7,23	53,4	Ιούνιος	8,99	57,7
Ιούλιος	11,65	95,4	Ιούλιος	11,53	92,4
Αύγουστος	8,35	110,4	Αύγουστος	5,03	95
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>5,52</b>		<b>Μέση Τιμή</b>	<b>4,95</b>	

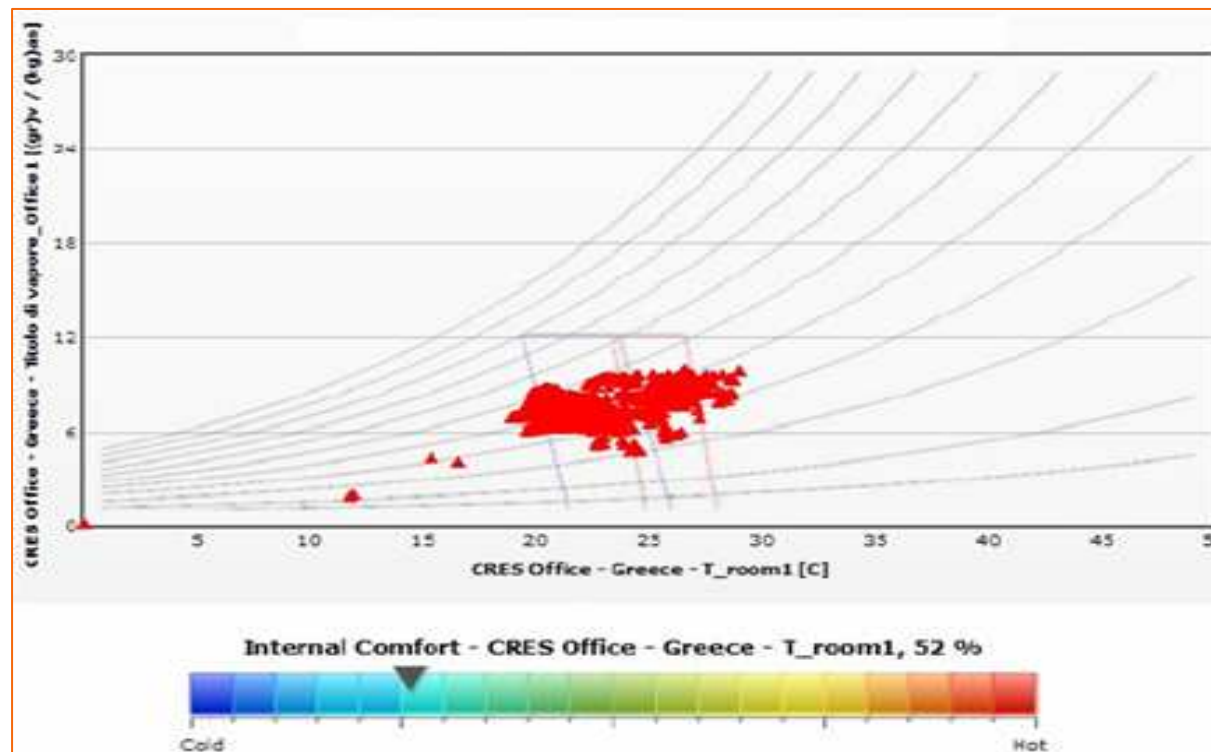


Οι τεχνικές που επιλέχθηκαν οδήγησαν σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό:

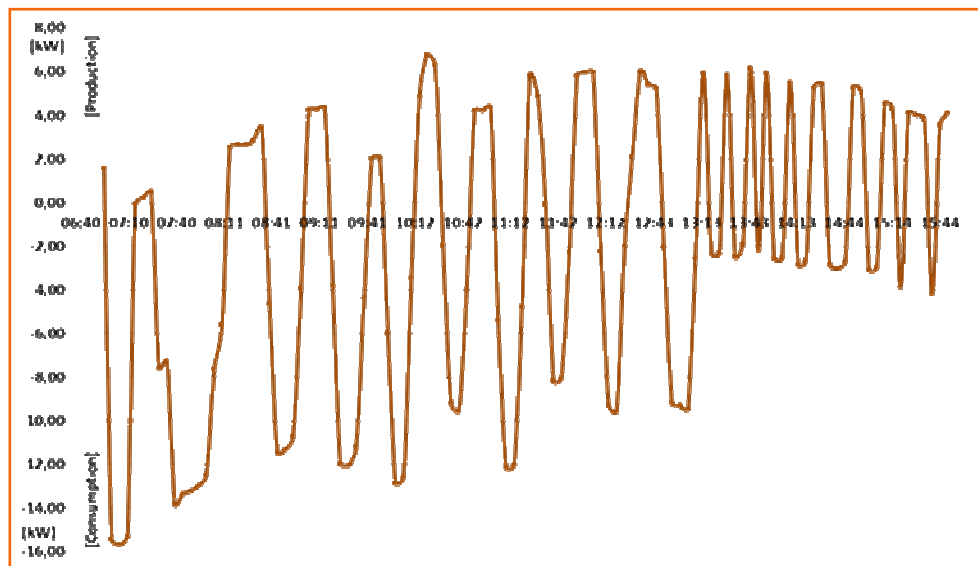
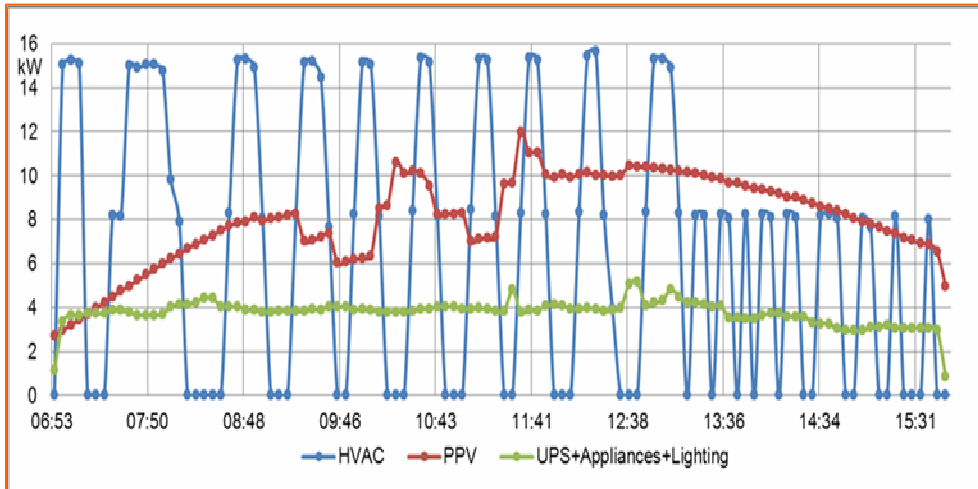
- ☞ 10,3% στο σύστημα θέρμανσης ψύξης
- ☞ 16,9% στο φωτισμό και τα υπολογιστικά συστήματα.

# Ενεργητικές μέθοδοι ηλεκτρικής αναβάθμισης: Εσωτερικές Κτηριακές Συνθήκες

- ❑ Οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν δεν οδήγησαν μόνο στον περιορισμό της ηλεκτρικής κατανάλωσης, αλλά ταυτοχρόνως συνέβαλαν στην επίτευξη ικανοποιητικών επιπέδων θερμοκρασίας στα γραφεία (σύμφωνα με τα κριτήρια άνεσης/ποιότητας των εσωτερικών εργασιακών συνθηκών της ASHRAE)

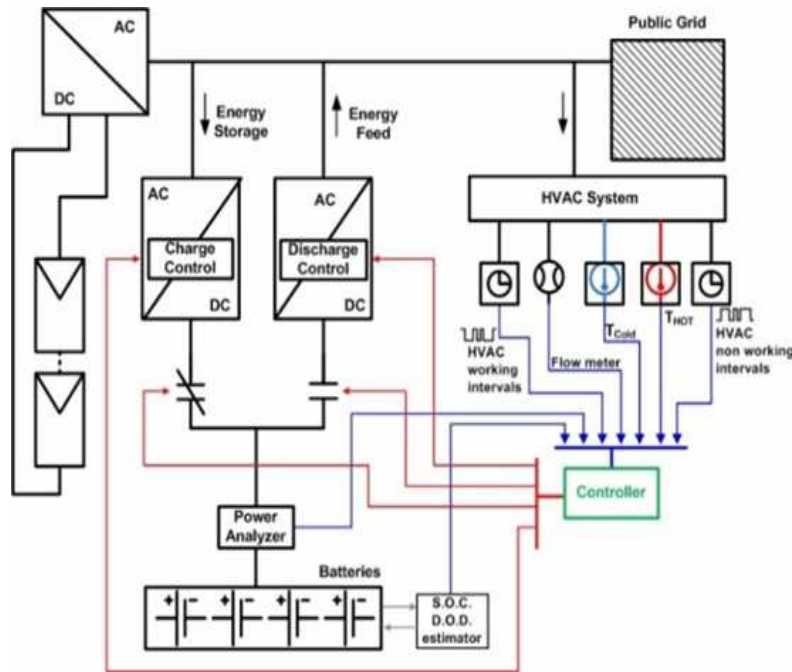


# Συνιστώσες της ηλεκτρικής κατανάλωσης/παραγωγής του κτηρίου για μια τυπική μέρα της καλοκαιρινής περιόδου



- ❑ Το HVAC σύστημα παρουσιάζει έντονο διακοπτικό χαρακτήρα, καθορίζει την εικόνα της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου.
- ❑ Η δεύτερη συνιστώσα της ηλεκτρικής κατανάλωσης παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις όλη την περίοδο χρήσης του κτηρίου (δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος του δικτύου Χ.Τ.).
- ❑ Οι ηλεκτρικές συναλλαγές του κτηρίου με το δίκτυο Χ.Τ. χαρακτηρίζονται από σημαντικές ανακατευθύνσεις της ροής ηλεκτρικής ενέργειας

# Μέθοδοι “αποσυμφόρησης” του ηλεκτρικού δικτύου -1-

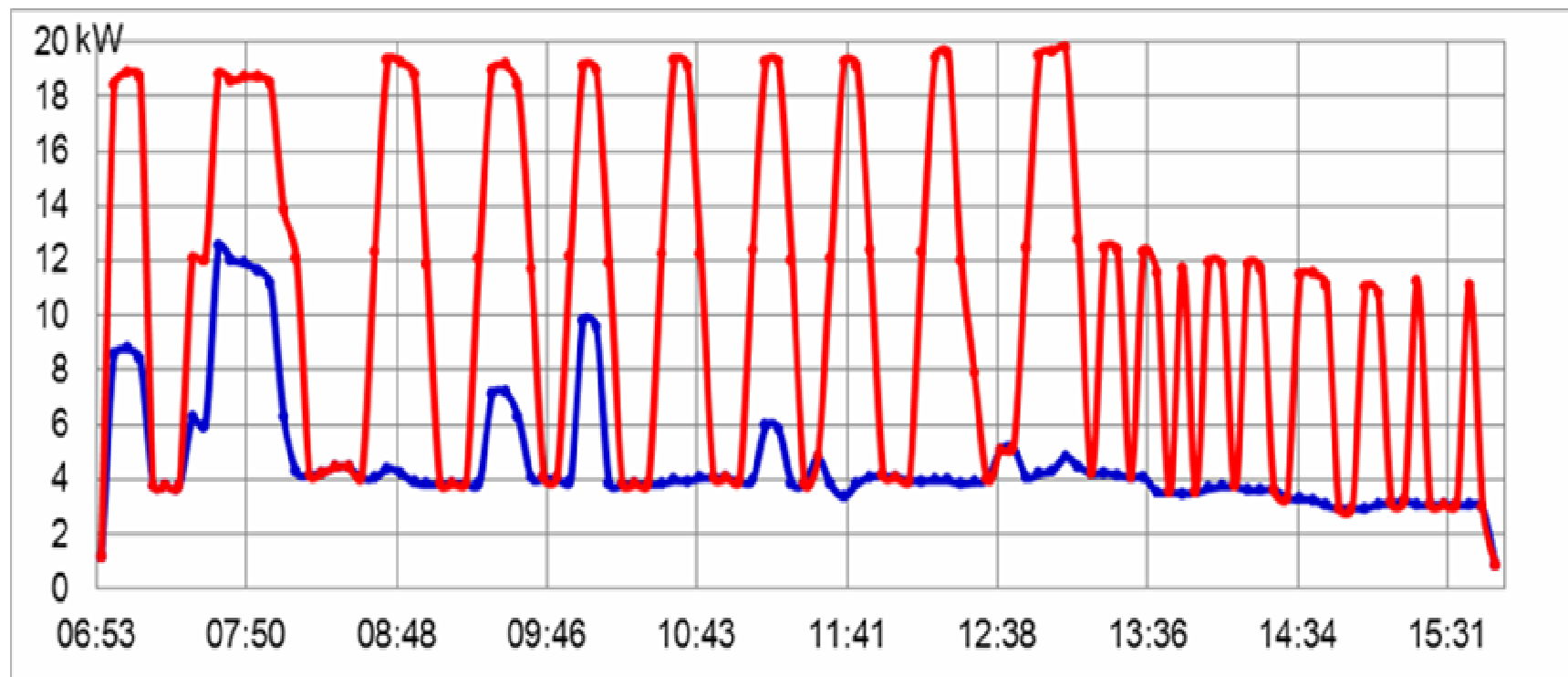


*Σύστημα περιορισμού των αιχμών στις ενεργειακές συναλλαγές του κτηρίου με το ηλεκτρικό δίκτυο*

- ❑ Μετρώντας τις θερμοκρασίες εισόδου/εξόδου και τη ροή του νερού στο HVAC σύστημα, καθώς και τις θερμοκρασίες εντός και εκτός κτηρίου είναι δυνατόν να προβλεφτούν οι χρόνοι λειτουργίας του κλιματιστικού συστήματος και να βελτιστοποιηθεί η συνάρτηση αξιοποίησης των συσσωρευτών.
- ❑ Η ενέργεια που αποθηκεύεται στους συσσωρευτές μεταξύ δύο λειτουργικών κύκλων του συστήματος HVAC δεν ξεπερνά τις 3 kWh (για το δεδομένο Φ/Β σύστημα, σύμφωνα με μετρήσεις του έτους βάσης).

- ❑ Στις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε τριπλάσια τιμή χωρητικότητας, για να περιοριστεί το βάθος εκφόρτισης και να εξεταστεί η δυνατότητα χρήσης του συστήματος και κατά τη διάρκεια αργιών. Επίσης, μελετήθηκε η χρήση θερμικών δεξαμενών

## Μέθοδοι “αποσυμφόρησης” του ηλεκτρικού δικτύου -2-



*Ηλεκτρική κατανάλωση μια τυπική μέρα της καλοκαιρινής περιόδου πριν (κόκκινο) και μετά (μπλε) την μερική εφαρμογή του συστήματος περιορισμού αιχμών των ηλεκτρικών συναλλαγών*

# Συμπεράσματα

- ✎ Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν ενεργητικές πρακτικές βελτιστοποίησης της ηλεκτρικής αποδοτικότητας των κτηρίων που χρησιμοποιούνται ως γραφεία, στοχεύοντας αφ' ενός στον ισοσκελισμό του ενεργειακού τους ισοζυγίου και αφ' ετέρου στην εξομάλυνση των αιχμών των ενεργειακών τους συναλλαγών με το ηλεκτρικό δίκτυο.
- ✎ Οι τεχνικές που επιλέχτηκαν οδήγησαν σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 10.3% στο σύστημα θέρμανσης ψύξης και 16.9% στο φωτισμό και τα υπολογιστικά συστήματα.
- ✎ Το προτεινόμενο σύστημα “αποσυμφόρησης” του ηλεκτρικού δικτύου εξομαλύνει καταλυτικά το προφίλ των ηλεκτρικών συναλλαγών του κτηρίου κατά τα χρονικά διαστήματα υψηλής κατανάλωσης με ταυτόχρονη υψηλή ηλεκτροπαραγωγή από Φ/Β συστήματα.