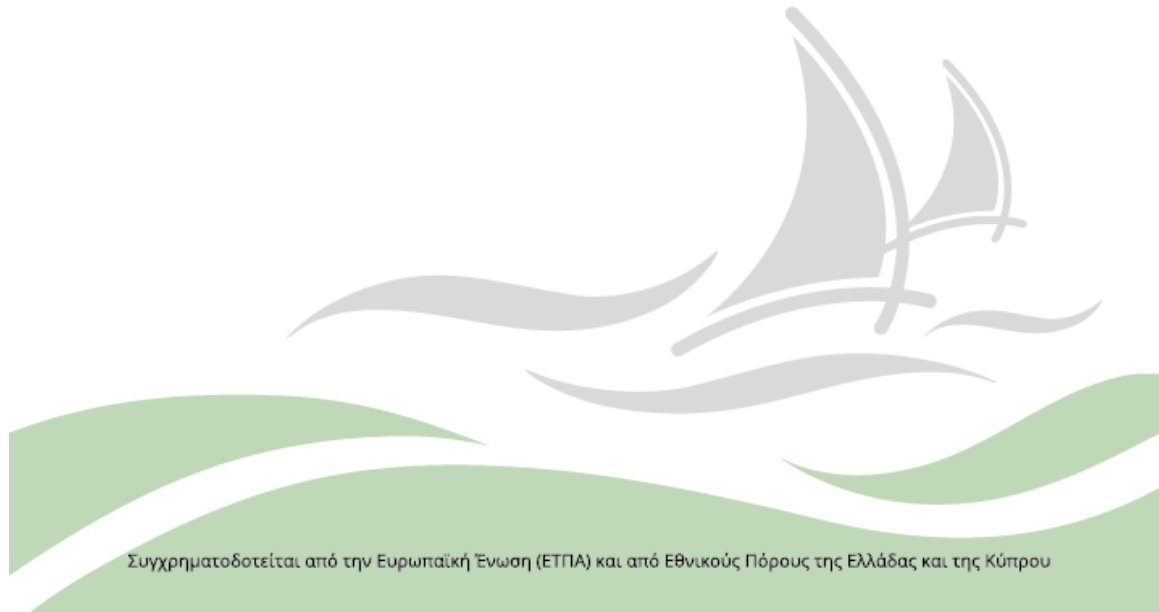




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 6.2.1

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΥΠΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Ημερομηνία: Μάρτιος 2020



Υπεύθυνος Συντάκτης Παραδοτέου: Γιάννης Φραγκιαδάκης (editor)

Ομάδα Εργασίας: Γιώργος Βασιλόπουλος
Νίκος Κρασσάς
Γιώργος Παπαδοκαλάκης
Βασίλης Παπακωνσταντίνου
Γιάννης Πατεράκης

Έκδοση: τελική

Ημερομηνία: Μάρτιος 2020

Abstract: Παραδοτέο 6.2.1 – Το παρόν παραδοτέο παρουσιάζει τα συστήματα τα οποία αναπτύχθηκαν ή/και εγκαταστάθηκαν στα πλαίσια της Πράξης ΕΝΕΔΗ. Περιγράφονται οι συνθήκες λειτουργίας τους και τα πρώτα δεδομένα που προκύπτουν από τη χρήση τους.

Η Πράξη "Εξοικονόμηση ενέργειας σε δημόσια Πανεπιστημιακά κτίρια με κέντρα δεδομένων - ΕΝΕΔΗ" του Προγράμματος Συνεργασίας INTERREG V-A Ελλάδα - Κύπρος 2014-2020 με κωδικό MIS 5028274 συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου.

Η Πράξη ΕΝΕΔΗ συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων που καθορίζονται στο Πρόγραμμα Συνεργασίας. Η ακαδημαϊκή/ερευνητική κοινότητα παγκόσμια χρησιμοποιεί μεγάλα κέντρα δεδομένων που αυξάνουν το ενεργειακό αποτύπωμα. Στην Ελλάδα η ΕΔΕΤ λειτουργεί τα τρία μεγαλύτερα datacenters, αν και λαμβάνει όλα τα δυνατά μέτρα για μείωση της κατανάλωσης τους, αυτή παραμένει υψηλή. Δεδομένης της πρόβλεψης για αύξηση ζήτησης σε πόρους είναι απαραίτητο να παρθούν ειδικά μέτρα. Οι ενεργειακές ανάγκες των πανεπιστημίων Κρήτης και Κύπρου αποτελούν σημαντικό τμήμα του λειτουργικού τους κόστους. Για τις ανάγκες τους τα πανεπιστήμια λειτουργούν κέντρα δεδομένων και επιπλέον η ΕΔΕΤ έχει εγκαταστήσει μεγάλο κέντρο δεδομένων που εξυπηρετεί τις ανάγκες δεκάδων νοσοκομείων της Ελλάδος σε κτήριο του Παν. Κρήτης στο Ηράκλειο.

Οι τρεις δημόσιοι φορείς από κοινού προτείνουν να προχωρήσουν σε παρεμβάσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής ΑΠΕ, ενταγμένες σε μια ευρύτερη στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης της ακαδημαϊκής κοινότητας και του ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η συλλογή/ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό στάδιο στην λήψη ορθών αποφάσεων. Θα βοηθήσει τον στρατηγικό σχεδιασμό και την αποφυγή αποσπασματικών παρεμβάσεων για μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους και επίτευξη των απαραίτητων συνεργιών σε ένα ευρύτερο σύνολο των δημόσιων κτηρίων. Η γεωγραφική θέση των περιοχών ευνοεί τις υψηλές θερμοκρασίες το μεγαλύτερο μέρος του έτους κάνοντας αναγκαία την χρήση σχετικά μεγαλύτερων συστημάτων απαγωγής θερμότητας στα κέντρα δεδομένων αλλά ταυτόχρονα οι μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας ευνοούν την παραγωγή ρεύματος μέσω φωτοβολταϊκών.

Η διασύνδεση των κέντρων μεταξύ τους και ο συνδυασμός των μεθόδων και μηχανισμών βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να έχει πολλαπλασιαστικά οφέλη. Θα μελετηθούν και θα εφαρμοστούν νεωτερικά συστήματα ενεργής διαχείρισης της κατανομής υπολογιστικού φορτίου ανάμεσα στις εγκαταστάσεις σε Ηράκλειο και Λευκωσία που θα έχουν ως αποτέλεσμα την συνολική μείωση της κατανάλωσης, και θα συντονιστεί η παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών και μέσω της έξυπνης κατανομής φορτίου.

Document Revision History

Date	Issue	Author/Editor/Contributor	Summary of main changes
	a		

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	7
2.Στοιχεία λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος	8
3.Στοιχεία λειτουργίας για τα συστήματα ενεργειακής αναβάθμισης του Κέντρου Δεδομένων	11
3.1ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΔ	11
3.2ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΈΞΥΠΝΗΣ ΔΙΑΧΕΪΡΙΣΗΣ ΦΟΡΤΙΩΝ	13
4Στοιχεία λειτουργίας δικτύου μετρητικών διατάξεων και Πληροφοριακού Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης	15
4.1ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	15
4.2ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΪΡΙΣΗΣ	17
5Συμπεράσματα.....	19

Επιτελική Σύνοψη

Την λειτουργία συστημάτων έξυπνης ενεργειακής διαχείρισης αναλαμβάνει το Κέντρο Υποδομών και Υπηρεσιών ΤΠΕ σε συνεργασία με την Τεχνική Υπηρεσία του Πανεπιστημίου Κρήτης. Επιπλέον της λειτουργίας του δικτύου καταγραφής και διάθεσης δεδομένων που θα εγκατασταθεί σε κομβικά σημεία κάθε κτιριακού συγκροτήματος, η ομάδα είναι υπεύθυνη για την καλή λειτουργία των φωτοβολταϊκών διατάξεων εγκαταστάθηκαν σε ιδιόκτητο οικόπεδο του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Ο συντονισμός της λειτουργίας όλων των συστημάτων θα γίνεται από το Κέντρο Υποδομών και Υπηρεσιών ΤΠΕ, που φιλοξενείται στο ισόγειο του τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών, όπου θα τοποθετηθούν και οι κεντρικές υποδομές τηλεμετρίας των ηλεκτρικών παραμέτρων. Το Πανεπιστήμιο Κρήτης μέσω του Κέντρου Υποδομών και Υπηρεσιών ΤΠΕ, που κατέχει μεγάλη εμπειρία στην ανάπτυξη δικτύων δεδομένων και στις εφαρμογές πληροφορικής και της Τεχνικής Υπηρεσίας, που διαθέτει μεγάλη εμπειρία στην ανάπτυξη και λειτουργία του δικτύου ενέργειας του Ιδρύματος, είναι σε θέση να λειτουργήσουν με βέλτιστο τρόπο τα συστήματα που θα εγκατασταθούν. Η όλη λειτουργία των συστημάτων θα ενταχθεί στην ενεργειακή στρατηγική με απώτερο στόχο την πλήρη ενεργειακή αυτονομία του ιδρύματος.

Το παρόν παραδοτέο περιλαμβάνει την δημιουργία αναφοράς σχετικά με την λειτουργία των συστημάτων.

Προϋπόθεση ολοκλήρωσης το συγκεκριμένου παραδοτέου είναι η ολοκλήρωση των παραδοτέων Π4.2.1, Π5.2.1, Π5.2.2 καθώς και του Π3.2.1. Επίσης η αναφορά λειτουργίας των συστημάτων θα τροφοδοτήσει τα παραδοτέα Π6.2.2 και Π6.2.3.

Το παραδοτέο περιέχει:

- Συνοπτική περιγραφή των συστημάτων που εγκαταστάθηκαν:
 - Φωτοβολταϊκό σύστημα
 - Εξοπλισμός για την ενεργειακή αναβάθμιση του ΚΔ
 - ΠΣ έξυπνης διαχείρισης φορτίων
 - Μετρητικές διατάξεις
 - ΠΣ ενεργειακής διαχείρισης.
- Φ/Β σύστημα: Καταγραφές από το «Σύστημα παρακολούθησης Φ/Β»
- ΚΔ: Αναφορά λειτουργίας των συστημάτων ενεργειακής αναβάθμισης του ΚΔ
- ΚΔ: Καταγραφές από PDUs κλπ θα πάνε στο ΠΣ παρακάτω
- ΚΣ: Σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων (;;)
- Μετρητές: Καταγραφές από ΠΣ:
 - Πίνακας που να παρουσιάζει καταναλώσεις για όλα τα κτίρια
 - Κτίριο ΤΕΥ:
 - Να ακολουθήσουμε τους δείκτες (συνδυαστική παρουσίαση);
 - Να δείξουμε ανα κατηγορία κατανάλωσης;
 - Ποια μεγέθη από κάθε μετρητή να μπουν στην αναφορά;

1. Εισαγωγή

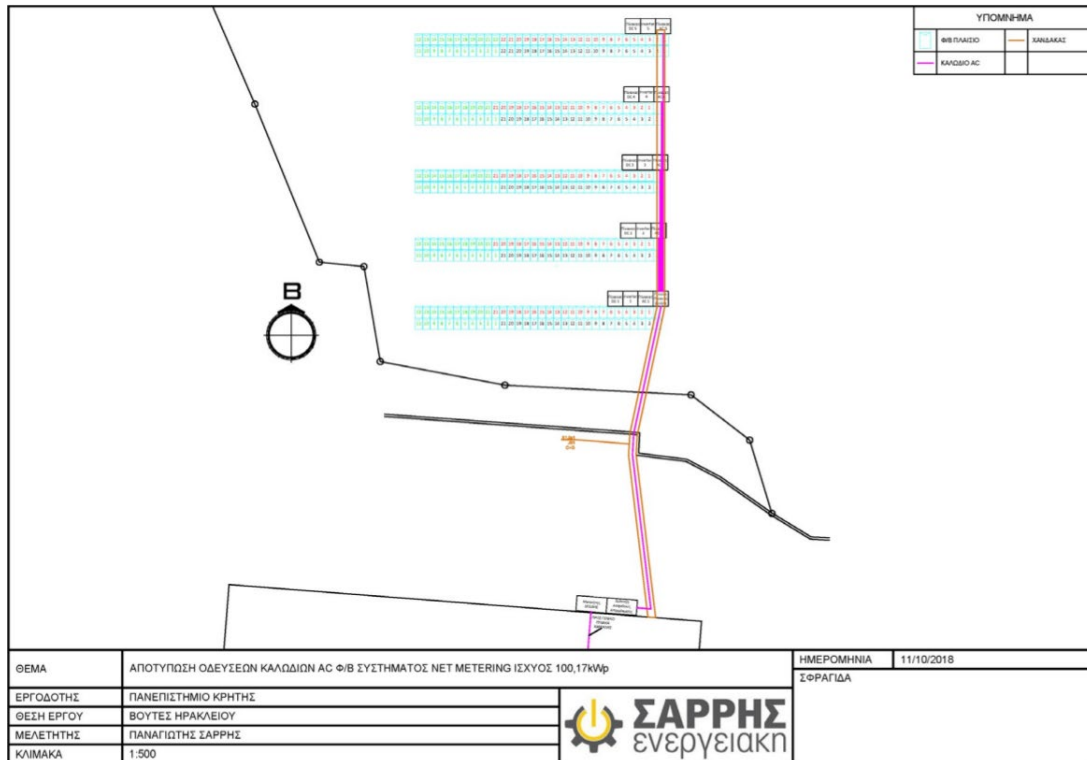
Η παρούσα Πράξη έχει βασικό στόχο τη μελέτη και την εφαρμογή μεθόδων μεγιστοποίησης ενεργειακής απόδοσης, έξυπνης διαχείρισης ενέργειας με κατάλληλη διαμόρφωση των φορτίων που δημιουργεί η λειτουργία των υπολογιστικών και αποθηκευτικών συστημάτων των κέντρων δεδομένων, καθώς και την μελέτη και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών για τη παραγωγή μέρους της αναγκαίας ηλεκτρικής ενέργειας. Μεταξύ άλλων προτείνει την εισαγωγή καθαρών τεχνολογιών με την εγκατάσταση ΑΠΕ υποστηρίζοντας τη μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον απαιτητικό τομέα των κέντρων δεδομένων – ΤΠΕ για τις ανάγκες της εκπαίδευσης και έρευνας.

Στο παραπάνω πλαίσιο, κατά την υλοποίηση της Πράξης έγιναν προμήθεια ή αναπτύχθηκαν και εγκαταστάθηκαν μια σειρά από συστήματα, τα οποία το καθένα με τον τρόπο του βελτιώνουν το ενεργειακό αποτύπωμα του Πανεπιστημίου Κρήτης, είτε παράγοντας καθαρή ενέργεια, είτε ελέγχοντας την κατανάλωσή της οδηγώντας σε βελτιωμένες πρακτικές ως προς την καθημερινή λειτουργία των χώρων και του εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις του Ιδρύματος. Αναλυτικότερα, οι παρεμβάσεις του ΕΝΕΔΗ είναι οι ακόλουθες:

- Προμήθεια και εγκατάσταση φωτοβολταϊκού Συστήματος 100kWp, σε οικόπεδο της Πανεπιστημιούπολης των Βουτών
- Προμήθεια και εγκατάσταση εξοπλισμού για την ενεργειακή αναβάθμιση του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης
- Πληροφοριακό Σύστημα Έξυπνης Διαχείρισης Φορτίων, για τη διαχείριση του φόρτου εργασίας στην υποδομή του Κέντρου Δεδομένων, βάσει ενεργειακών κριτηρίων
- Προμήθεια και εγκατάσταση δικτύου μετρητικών διατάξεων ενέργειας σε επιλεγμένα σημεία στην Πανεπιστημιούπολη των Βουτών
- Σχεδιασμός και ανάπτυξη Πληροφοριακού Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης, το οποίο διασυνδέεται με τις ανωτέρω μετρητικές διατάξεις.

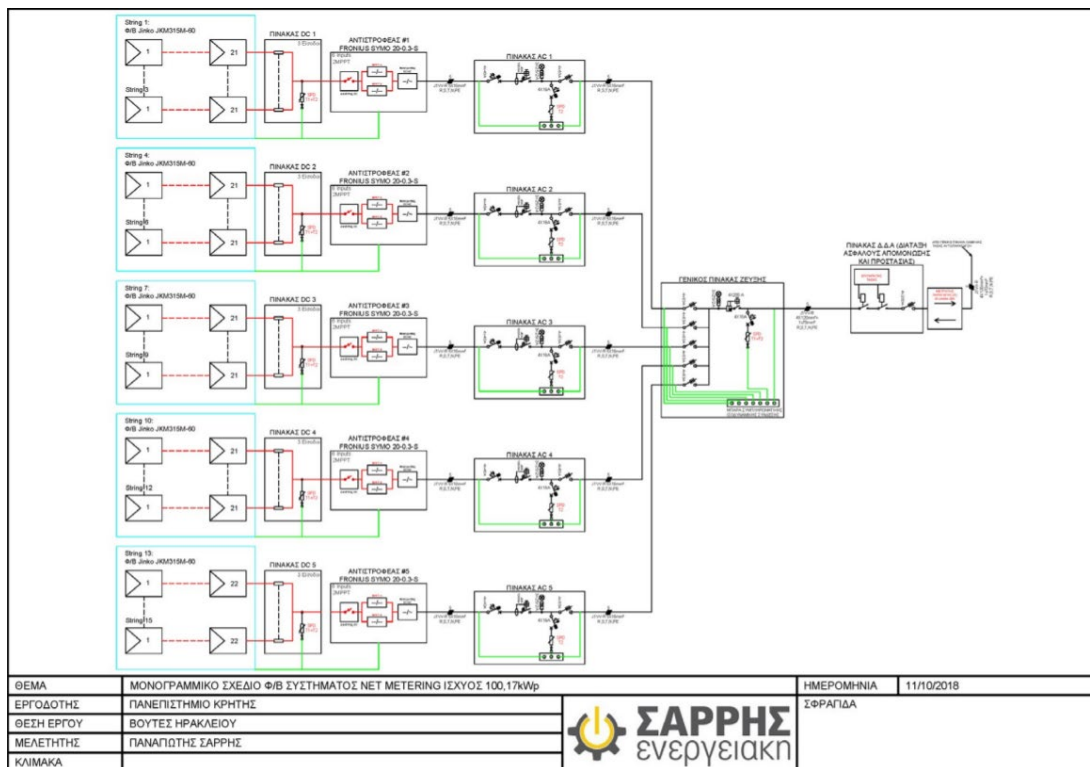
2. Στοιχεία λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος

Το Φ/Β σύστημα έχει ονομαστική ισχύ 100,17 kWp και έχει εγκατασταθεί σε ελεύθερο οικόπεδο του Πανεπιστημίου Κρήτης που βρίσκεται εντός της Παν/πολης Βουτών στο Ηράκλειο Κρήτης.



Συγκεκριμένα, αποτελείται από 318 πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου JINCO JKМ315M-60 με συνολική ισχύ 100,170 kWp. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε βάσεις στήριξης μονοπάσσαλες, από αλουμίνιο. Για την μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη έχουν εγκατασταθεί 5 αντιστροφείς Fronius Symo 20.0-3-M, οι οποίοι είναι πλήρως συμβατοί με τα πλαίσια ανωτέρω.

Παρακάτω απεικονίζεται το μονογραμμικό διάγραμμα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με τους απαραίτητους ηλεκτρικούς πίνακες:



Οι ηλεκτρικοί πίνακες έχουν σχεδιασμό και κατασκευή κατάλληλη για την τοποθέτηση και λειτουργία σε εξωτερικούς χώρους. Ομοίως, τα κυτία διασύνδεσης προστατεύονται έναντι των καιρικών συνθηκών (υπεριώδης ακτινοβολία, υγρασία, θερμοκρασία), μηχανικών καταπονήσεων και έναντι τρωκτικών. Παρέχουν μόνωση κατηγορίας IP-65. Οι συνδέσεις των καλωδίων στους ακροδέκτες των κυτιών διασύνδεσης, γίνονται με κατάλληλους συνδέσμους ταχείας σύνδεσης και σε κάθε περίπτωση η σύνδεση διασφαλίζει σταθερή και μόνιμη επαφή μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων ώστε να εξαλείφεται ο κίνδυνος δημιουργία σπινθηρισμών κατά την αποσύνδεση τους.

Το Φ/Β σύστημα διαθέτει επίσης εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας η οποία περιλαμβάνει την Αντικεραυνική προστασία των Φ/Β πλαισίων, την αντικεραυνική προστασία των πινάκων ζεύξης και την αντικεραυνική προστασία του δικτύου επικοινωνίας (ασθενών ρευμάτων).

Η εγκατάσταση διαθέτει τέλος κατάλληλο κεντρικό σύστημα παρακολούθησης της απόδοσης και μέτρησης της παραγόμενης ενέργειας/ισχύος του Φ/Β συστήματος καθώς και των σχετικών περιβαλλοντολογικών συνθηκών μέσω της χρήσης αντίστοιχων αισθητήρων. Μέσω του ανωτέρω συστήματος παρακολουθείται και η εγγύηση απόδοσης του συστήματος.

Για την καταγραφή των δεδομένων αξιοποιούνται οι παρακάτω συσκευές:

- Fronius Datamanager 2.0.
- Fronius Sensor Box.

Για την διαχείριση των μετρήσεων υπάρχει κατάλληλο λογισμικό εφαρμογής, συμβατό με τους καταγραφείς δεδομένων (Fronius Solar.Access, Fronius Solar.Web). Η πρόσβαση στα δεδομένα όλων των καταγραφέντων δεδομένων γίνεται από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης. Το λογισμικό είναι ικανό για τις λειτουργίες όπως: Πρόσβαση στο σύστημα μέσω Web περιβάλλοντος, δυνατότητα προβολής ιστορικών δεδομένων, ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων, διαχείριση συναγερμών.

3. Στοιχεία λειτουργίας για τα συστήματα ενεργειακής αναβάθμισης του Κέντρου Δεδομένων

Στα ικρίωματα του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης εγκαταστάθηκε υποδομή διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (PDUs) με πλήρη μετρητική ικανότητα για τον υπολογισμό και την καταγραφή σε πραγματικό χρόνο της ενεργειακής κατανάλωσης, καθώς και αισθητήρες μέτρησης των περιβαλλοντικών συνθηκών, θερμοκρασία και υγρασία.

Οι μετρήσεις είναι διαθέσιμες στα κεντρικά συστήματα ενορχήστρωσης του έργου που παρακολουθούν την επίδοση των κέντρων δεδομένων με ανάλυση των ενεργών εικονικών μηχανών και εξυπηρετητών, καθώς και των συστημάτων παροχής ενέργειας με στόχο την ανάπτυξη υπηρεσιών για μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας και της διαθεσιμότητας.

Παράλληλα, με σκοπό την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας από τα συστήματα κλιματισμού, δημιουργήθηκε μια κλειστή ζώνη ψυχρού αέρα (containment), βελτίωσε τον τρόπο ψύξης του εξοπλισμού και σύμφωνα με τις οδηγίες του Green Grid αναμένεται να προσδίδει στο δείκτη 'Power Usage Effectiveness' βέλτιστες τιμές.

Στη συνέχεια περιγράφονται περαιτέρω τα παραπάνω συστήματα καθώς και τα αποτελέσματα της λειτουργίας τους.

3.1 Εξοπλισμός για την ενεργειακή αναβάθμιση του ΚΔ

Ο εξοπλισμός που παραλήφθηκε, εγκαταστάθηκε και τέθηκε σε λειτουργία στα πλαίσια του σχετικού διαγωνισμού ενεργειακής αναβάθμισης του ΚΔ που έγινε στο πλαίσιο του ΕΝΕΔΗ, περιλαμβάνει τα εξής:

- Σύστημα δημιουργίας κλειστής ζώνης ψυχρού αέρα (Cold Aisle Containment System – CACS). Το CACS περιλαμβάνει μόνο τα ικρίωματα με υπολογιστικά φορτία. Στις δύο άκρες του CACS, δηλαδή στην είσοδο και έξοδο του ψυχρού διαδρόμου, τοποθετήθηκαν κατάλληλες πόρτες τύπου κουρτίνας, ώστε να επιτυγχάνεται ο περιορισμός του ψυχρού αέρα. Επίσης, στο CACS υπάρχει φωτισμός, ενώ η οροφή του είναι ανοιγόμενη, ώστε να μπορεί κάποιος να δουλεύει στην οροφή των Rack κι επίσης ανοίγει αυτόματα σε περίπτωση λειτουργίας του συστήματος πυρόσβεσης. Επιπλέον, έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να επιτρέπει την όδευση ψυχρού αέρα στο πλάι ώστε να τροφοδοτείται με ψυχρό αέρα ο δικτυακός εξοπλισμός.



- Δώδεκα PDUs με μέτρηση per outlet σε έξι ικρίωματα του Κέντρου Δεδομένων, από δύο σε κάθε ικρίωμα. Υπάρχει δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου σε πραγματικό χρόνο του συνδεδεμένου φορτίου ανά θύρα εξόδου και συνολικά ανά PDU. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα καταγραφής των αιχμών του φορτίου και εμφάνισης αυτών μέσα από το απομακρυσμένο σύστημα διαχείρισης. Τα PDUs μπορούν να αποστείλουν συναγερμούς υπερφόρτισης ανά θύρα εξόδου και για το σύνολο του PDU.
- Σε καθένα από τα παραπάνω έξι ικρίωματα, όπου βρίσκονται τα PDUs, έχουν επίσης εγκατασταθεί ένας αισθητήρας μπροστά και ένας πίσω για μέτρηση περιβαλλοντικών συνθηκών. Συγκεκριμένα οι αισθητήρες μετράνε τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ανά ικρίωμα και είναι συμβατοί με τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Έχουν τη δυνατότητα να στέλνουν τα δεδομένα τους σε συνεργαζόμενα συστήματα.



3.2 Πληροφοριακό Σύστημα Έξυπνης Διαχείρισης Φορτίων

Στα πλαίσια του παρόντος έργου σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα Σύστημα Έξυπνης Διαχείρισης Φορτίων Κέντρων Δεδομένων, το οποίο εγκαθίσταται στα Κέντρα Δεδομένων των τριών εταιρών και υποστηρίζει τη δημιουργία μιας “ομοσπονδίας” μεταξύ των ΚΔ, με στόχο να κατανέμεται ο φόρτος εργασίας των υποδομών μεταξύ των διαφορετικών ΚΔ με βασικό κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας. Βασικές εργασίες του συστήματος είναι οι ακόλουθοι:

- Συλλογή, Ανάλυση και Αποθήκευση μετρικών σχετικές με την κατανάλωση ενέργειας των Κέντρων Δεδομένων σε Ακαδημαϊκών Κτίρια τροφοδοτούμενα από τα Φ/Β.
- Υποστήριξη Λήψης Αποφάσεων για την επιλογή του κατάλληλου ΚΔ το οποίο θα εξυπηρετεί τις υπολογιστικές ανάγκες των εφαρμογών των χρηστών.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τρία κυρίως επιμέρους υποσυστήματα:

- το Υποσύστημα Παρακολούθησης, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη συλλογή, επικοινωνία και αποθήκευση των μετρικών από διάφορες πηγές των ΚΔ,
- το Υποσύστημα Επεξεργασίας Δεδομένων και Λήψης Αποφάσεων το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση των δεδομένων που προέρχονται από τη συλλογή μετρικών και τέλος
- το Dashboard στο οποίο θα παρουσιάζονται με γραφικό τρόπο και σε αληθινό χρόνο οι μετρικές και η ανάλυσή τους.

Για το Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης, το ΠΣ εγκαταστάθηκε και παρακολουθεί τη λειτουργία ενός υποσυνόλου των εξυπηρετητών που βρίσκονται στο ΚΔ.

4 Στοιχεία λειτουργίας δικτύου μετρητικών διατάξεων και Πληροφοριακού Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης

4.1 Δίκτυο μετρητικών διατάξεων

Στο πλαίσιο του ΕΝΕΔΗ και μετά από διαγωνισμό, έγινε προμήθεια, εγκατάσταση, παραμετροποίηση και διασύνδεση κατάλληλων διατάξεων τηλεμετρίας της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε κομβικά σημεία κάθε κτιριακού συγκροτήματος της Πανεπιστημιούπολης Βουτών στο Ηράκλειο. Όλα τα δεδομένα των μετρήσεων, τα οποία καταγράφονται από τις μετρητικές διατάξεις, συγκεντρώνονται μέσω του δικτύου IP του Ιδρύματος σε ένα κεντρικό πληροφοριακό σύστημα (ΠΣΕΔ), το οποίο αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο.

Πιο συγκεκριμένα, το δίκτυο των μετρητικών διατάξεων περιλαμβάνει τα εξής:

A) Στο γενικό πίνακα χαμηλής τάσης (ΓΠΧΤ) κάθε κτιριακού συγκροτήματος της Πανεπιστημιούπολης Βουτών έχει τοποθετηθεί κατάλληλη μετρητική διάταξη των ηλεκτρικών παραμέτρων. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει:

1. Τριφασικά ψηφιακά μετρητικά όργανα (πολυόργανα) τα οποία μπορούν να καταγράφουν και να εμφανίζουν σε πραγματικό χρόνο την ισχύ καθώς και ηλεκτρικές παραμέτρους όπως, την τάση, το ρεύμα, την ενέργεια, την συχνότητα κ.ά. με ελάχιστες, μέγιστες και μέσες τιμές. Οι συγκεκριμένες συσκευές υποστηρίζουν και πρωτόκολλο επικοινωνίας για την μεταφορά των δεδομένων.
2. Μετασχηματιστές ρεύματος (CT) οι οποίοι συνδέονται με τα πολυόργανα και χρησιμοποιούνται για τη δειγματοληψία του ρεύματος.
3. Πύλες επικοινωνίας (Gateways) οι οποίες επιτρέπουν την μετατροπή των σημάτων από το πρωτόκολλο επικοινωνίας του μετρητικού οργάνου σε δικτυακή κίνηση ώστε να επιτυγχάνεται η μεταφορά των δεδομένων μέσω δικτύου IP στο κεντρικό πληροφοριακό σύστημα (ΠΣΕΔ).

Συνολικά, εγκαταστάθηκαν 12 μετρητικές διατάξεις στα σημεία εισόδου του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης των παρακάτω κτιριακών συγκροτημάτων:

1. Το κτίριο Διοίκησης Α,
2. το κτίριο της Ιατρικής Σχολής (2 μετρητές, καθώς έχει δύο γενικούς πίνακες),
3. το κτίριο του Τμήματος Φυσικής,
4. το κτίριο του Τμήματος Βιολογίας
5. το κτίριο Διοίκησης Β,
6. το κτίριο του Τμήματος Χημείας,
7. το κτίριο του Φοιτητικού Κέντρου,
8. το κτίριο της Βιβλιοθήκης,
9. το κτίριο του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών,
10. το κτίριο του Τμήματος Μαθηματικών και
11. το κτίριο του Γυμναστηρίου.

Οι παραπάνω μετρητικές διατάξεις προσφέρουν δεδομένα για τα παρακάτω μεγέθη:

1. τάση (V) πολική και φασική,
2. ένταση του ρεύματος (A) σε κάθε φάση και στον ουδέτερο,
3. ενεργός ισχύς (kW) ανά φάση και αθροιστικά,
4. άεργος ισχύς (kVA_r) ανά φάση και αθροιστικά,
5. φαινόμενη ισχύς (kVA) ανά φάση και αθροιστικά,
6. συντελεστής ισχύος (συν φ) ανά φάση και αθροιστικά,
7. συχνότητα (Hz),
8. εισερχόμενη/εξερχόμενη ενεργός ενέργεια (kWh).

Β) Μετρητικές διατάξεις σε επιλεγμένους ηλεκτρολογικούς πίνακες του κτιρίου του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών, που τροφοδοτούν αμφιθέατρα, γραφεία, εργαστήρια, μονάδες κλιματισμού, το κέντρο δεδομένων. Όλα τα δεδομένα των μετρήσεων συγκεντρώνονται και μεταφέρονται μέσω πυλών επικοινωνίας και με την χρήση του δικτύου IP του Ιδρύματος, στο κεντρικό πληροφοριακό σύστημα (ΠΣΕΔ).

Συνολικά τοποθετήθηκαν 20 μετρητικές διατάξεις σε εσωτερικούς χώρους του κτιρίου του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρητικές διατάξεις τοποθετήθηκαν ως εξής:

Στάθμη 1 (ισόγειο):

- Μετρητής-1.Ε (Ενεργειακή κατανάλωση συνόλου Η/Υ εργαστηρίων προπτυχιακών)
- Μετρητής-1-ΑΜΦ.Α (Ενεργειακή κατανάλωση Αμφιθέατρου Α – εκτός από τον κλιματισμό)
- Μετρητής-ΚΔ (Ενεργειακή κατανάλωση Κέντρου Δεδομένων, πίνακας ΔΕΗ)
- Μετρητής-ΚΔ.1_U (Ενεργειακή κατανάλωση Κέντρου Δεδομένων, πίνακας UPS Α)
- Μετρητής-ΚΔ.2_U (Ενεργειακή κατανάλωση Κέντρου Δεδομένων, πίνακας UPS Β).

Στάθμη 2 (πρώτος όροφος):

- Μετρητής-2-Β.1_U (Ενεργειακή κατανάλωση γραφείων προσωπικού, πίνακας UPS)
- Μετρητής-2-Β.2_U (Ενεργειακή κατανάλωση Computer Room Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών, πίνακας UPS)
- Μετρητής-2.Β (Ενεργειακή κατανάλωση γραφείων προσωπικού εκτός από τον κλιματισμό)
- Μετρητής-2-Κ (Ενεργειακή κατανάλωση αίθουσας τηλεκπαίδευσης)
- Μετρητής-2-Κ_U (Ενεργειακή κατανάλωση αίθουσας τηλεκπαίδευσης, πίνακας UPS)
- Μετρητής-2-ΑΜΦ.Β (Ενεργειακή κατανάλωση αμφιθέατρου Β – εκτός από τον κλιματισμό).

Στάθμη 4 (δώμα κτηρίου)

- Μετρητής-Β.2 (Ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού γραφείων προσωπικού)
- Μετρητής-Η.1 (Κλιματισμός αίθουσας διδασκαλίας Η204)
- Μετρητής-Κ.2 (Κλιματισμός αίθουσας τηλεκπαίδευσης)
- Μετρητής-Α.1 (Κλιματισμός αίθουσας διδασκαλίας Α117)
- Μετρητής-Α.1 (Ενεργειακή κατανάλωση κλιματιστικών μονάδων Αμφιθεάτρων, Βιβλιοθήκης, Αναγνωστηρίου)

- Μετρητής-B.1 (Ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού πτέρυγας Β και στις τρεις στάθμες)
- Μετρητής-E (Ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού πτέρυγας Ε και στις τρεις στάθμες)
- Μετρητής-H.1 (Ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού πτέρυγας Η και στις τρεις στάθμες)
- Μετρητής-K.1 (Ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού πτέρυγας Κ και στις τρεις στάθμες).

4.2 Πληροφοριακό σύστημα ενεργειακής διαχείρισης

Τα δεδομένα των μετρήσεων από τις ανωτέρω μετρητικές διατάξεις παρέχονται σε πραγματικό χρόνο, στο Πληροφοριακό Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (ΠΣΕΔ) μέσω προγραμματιστικής διεπαφής (π.χ. JSON API).

Το ΠΣΕΔ σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στα πλαίσια του παρόντος έργου, αξιοποιώντας ανοικτές τεχνολογίες. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί ως βάση δεδομένων την InfluxDB ενώ ως γραφικό περιβάλλον χρήστη το Grafana. Το ΠΣΕΔ εκτελεί τις ακόλουθες εργασίες:

- Λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα των μετρήσεων
- Καταχωρεί κατάλληλα τα δεδομένα, κάνοντας και επιπλέον διεργασίες όπου χρειάζεται
- Παρουσιάζει τις μετρήσεις με γραφικό τρόπο, φιλικό προς τον χρήστη. Υπάρχουν δυνατότητες αναζήτησης, εμφάνισης ιστορικών στοιχείων, παρουσίασης μόνο της σχετικής πληροφορίας ανάλογα με τον χρήστη κλπ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το ΠΣΕΔ λαμβάνει μετρήσεις και από άλλες μετρητικές διατάξεις, πέρα των παραπάνω μετρητών ενέργειας. Αυτή τη στιγμή, λαμβάνει πληροφορία και από το Φ/Β σύστημα, καθώς και από τους αισθητήρες και τις έξυπνες συσκευές του Κέντρου Δεδομένων. Δυνητικά μπορεί να πάρει δεδομένα από οποιαδήποτε συσκευή η οποία διαθέτει κατάλληλο πρωτόκολλο επικοινωνίας (όπως το JSON API).

Τα δεδομένα τα οποία διατίθενται από το ΠΣΕΔ μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- για παρεμβάσεις σε επίπεδο λειτουργίας αλλά και υλικοτεχνικής και κτιριακής υποδομής για στοχεύοντας στην ενεργειακή εξοικονόμηση και την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος του ΠΚ μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας,
- για την υποβοήθηση του διοικητικού έργου του ιδρύματος προς την κατεύθυνση κοστολόγησης της λειτουργίας του,
- από ερευνητικές και μελετητικές ομάδες στον τομέα της πρόβλεψης της ενεργειακής ζήτησης.



5 Συμπεράσματα

Το Πανεπιστήμιο Κρήτης, στα πλαίσια της Πράξης ΕΝΕΔΗ προμηθεύτηκε ή ανέπτυξε και έχει πλέον σε λειτουργία μια σειρά από εργαλεία με τα οποία μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια του (στην Πανεπιστημιούπολη Βουτών). Παράλληλα έκανε ένα σημαντικό βήμα προς την μείωση του ενεργειακού του αποτυπώματος με τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος 100kWp και την εξοικονόμηση ενέργειας στο χώρο του Κέντρου Δεδομένων μέσω της προμήθειας του κατάλληλου εξοπλισμού.

Τα στοιχεία της λειτουργίας των συστημάτων που εγκαταστάθηκαν, αν και ακόμα καλύπτουν μόνο ένα μικρό χρονικό διάστημα, δείχνουν ότι υπάρχει σαφής εξοικονόμηση σε ενέργεια, το οποίο αναμένεται να αποτυπωθεί και στους λογαριασμούς ρεύματος της ΔΕΗ. Κατά συνέπεια, αυτό θα έχει και θετικό αντίκτυπο και στην επίδραση του Ιδρύματος απέναντι στο περιβάλλον.

Αποτελούν μια βάση για το Πανεπιστήμιο ώστε να επεκταθεί και σε επιπλέον κινήσεις εξοικονόμησης της ενέργειας και να διαμορφωθεί ως ένα “πράσινο” πανεπιστήμιο το οποίο υποστηρίζει τη βιώσιμη ανάπτυξη.