

## STEPPING – Υποστήριξη και Προώθηση Συμβάσεων Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΕΑ)

### Επενδυτικό Σχέδιο – Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης

#### D 3.6.1

### Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημοτικών Κτιρίων Δήμου Φούρνων

Απρίλιος 2019

Συντάχθηκε:

ΕΠΕΓΑ

Ενεργειακό Γραφείο Αιγαίου

## Περιεχόμενα

1. Παρουσίαση ΕΠΕΓΑ .....	3
2. Ενέργεια και Περιβάλλον στο Βόρειο και το Νότιο Αιγαίο .....	4
3. Εισαγωγή – Πρόγραμμα Stepping .....	7
4. Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης .....	7
5. Μεθοδολογία .....	11
5.1 Επιλογή Κτιρίων.....	11
5.2 Ενεργειακή Επιθεώρηση.....	11
5.3 Επιθεώρηση Κτιρίου και Εγκαταστάσεων .....	12
6. BASELINE – Γραμμή Βάσης .....	12
6.1 Καταναλώσεις και κόστος ηλεκτρικής ενέργειας .....	13
6.2 Καταναλώσεις και κόστος άλλων πηγών ενέργειας .....	14
6.3 Άλλα σημαντικά δεδομένα.....	14
7. Υφιστάμενη κατάσταση κτιρίων.....	15
7.1.1 Διενέργεια Επιθεώρησης στο Δημοτικό Θύμαινας .....	16
7.1.2 Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών .....	20
7.1.3 Δεδομένα Εξωτερικού Περιβάλλοντος.....	30
7.1.4 Προμελέτη Κτηρίου .....	33
7.1.5 Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης.....	40
7.1.6 Προτάσεις επεμβασεων εξοικονομησης ενεργειας .....	48
7.2.1 Διενέργεια Επιθεώρησης Δημοτικού Φούρνων.....	56
7.2.2 Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών .....	61
7.2.3 Δεδομένα Εξωτερικού Περιβάλλοντος.....	72
7.2.4 Προμελέτη Κτηρίου .....	74
7.2.5 Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης.....	86
7.2.6 Προτάσεις επεμβασεων εξοικονομησης ενεργειας .....	94
7.3.1 Διενέργεια Επιθεώρησης Δημοτικού Σχολείου Χρυσομηλιάς .....	104
7.3.2 Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών .....	108
7.3.3 Δεδομένα Εξωτερικού Περιβάλλοντος.....	119
7.3.4 Προμελέτη Κτηρίου .....	122
7.3.5 Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης.....	131
7.3.6 Προτάσεις επεμβασεων εξοικονομησης ενεργειας .....	139
8.Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων.....	147
9 Προϋπολογισμός Έργου.....	148
10 Καταγραφή καταναλώσεων – Ενεργειακός έλεγχος .....	151
10.1 Ελάχιστα κριτήρια πληρότητας ενός ενεργειακού ελέγχου.....	151
10.2 Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης της Ενεργειακής Επιδόσεως .....	151
10.3 Ευρωπαϊκά Πρότυπα Ενεργειακών Ελέγχων .....	152
10.4 Διαδικασίες και απαιτήσεις ενεργειακού ελέγχου .....	152
10.5 Βήματα για τον Ενεργειακό Έλεγχο.....	153
10.6 Συστήματα καταγραφής και τοποθέτηση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας.....	154
10.7 Λοιπά ηλεκτρικά στοιχεία μετρήσεων ενεργειακού ενδιαφέροντος .....	154
10.8 Μέτρηση θερμοκρασίας .....	154
10.9 Μέτρηση παροχής .....	155

---

10.10 Μέτρηση υγρασίας αέρα .....	156
10.11 Μετρήσεις καυσαερίων .....	156
10.12 Μετρήσεις φωτισμού .....	157
10.13 Μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας .....	157
10.14 Μετρήσεις ποιότητας αέρα.....	158
10.15 Συνδυασμός μετρήσεων .....	158
10.16 Μετρήσεις ΑΠΕ.....	160
10.17 Μετρήσεις θερμικών ηλιακών συστημάτων .....	160
10.18 Μετρήσεις Γεωθερμικών συστημάτων.....	160
10.19 Αξιολόγηση συστημάτων BMS, EMS, BEMS & SCADA.....	161

## 1. Παρουσίαση ΕΠΕΓΑ

Το Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Γραφείο Αιγαίου (ΕΠΕΓΑ) είναι Αστική Μη-Κερδοσκοπική Εταιρεία που ίδρυσε το Δίκτυο Αειφόρων Νήσων ΔΑΦΝΗ το 2008, μετά από πρόσκληση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη σύσταση ενεργειακών γραφείων στις Ευρωπαϊκές περιφέρειες, προκειμένου να διευκολυνθεί η εφαρμογή σε τοπικό επίπεδο των Ευρωπαϊκών πολιτικών για την ενέργεια και το κλίμα. Καταστατικός στόχος του ΕΠΕΓΑ είναι να παρέχει τεχνική και επιστημονική υποστήριξη για την ωρίμανση και υλοποίηση καινοτόμων έργων σε νησιά και Δίκτυα αυτών.

Το ΕΠΕΓΑ στοχεύει σε:

- Προώθηση νέων φιλικών προς το περιβάλλον μορφών ενέργειας και της εξοικονόμησης ενέργειας σε όλες τις υποδομές και τα δίκτυα των ΟΤΑ (ηλεκτροδότηση, ψύξη/θέρμανση κτιρίων, μεταφορές, ύδρευση/αποχέτευση, απορρίμματα κτλ)
- Προώθηση του βιώσιμου τουρισμού και της προστασίας και ανάδειξης του νησιωτικού τοπίου
- Συνεργασία με τους Οργανισμούς της Τοπικής Αυτοδιοίκησης Α' και Β' βαθμού αλλά και ενδιαφερόμενους επενδυτές για την ωρίμανση έργων στα νησιά στους παραπάνω τομείς
- Συμμετοχή των ΟΤΑ και των πολιτών σε ενεργειακές επενδύσεις μέσα από πρωτοπόρα επενδυτικά σχήματα
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών για την υιοθέτηση υπεύθυνης ενεργειακής συμπεριφοράς
- Συμμετοχή σε εταιρικά σχήματα για απορρόφηση Ευρωπαϊκών πόρων με αποδέκτες τα νησιά-μέλη του ΔΑΦΝΗ
- Διοργάνωση συνεδρίων, ημερίδων και άλλων ενημερωτικών εκδηλώσεων

Τέλος, το ΕΠΕΓΑ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην προώθηση ζητημάτων νησιωτικής πολιτικής σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, συντονίζοντας από κοινού με το Δίκτυο ΔΑΦΝΗ την Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία «Εξυπνα Νησιά» και συμμετέχοντας στη FEDARENE (Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Οργανισμών και Περιφερειών για την Ενέργεια και το Περιβάλλον), όπου διατηρεί την Αντιπροεδρία για τα «Εξυπνα και Βιώσιμα Νησιά».

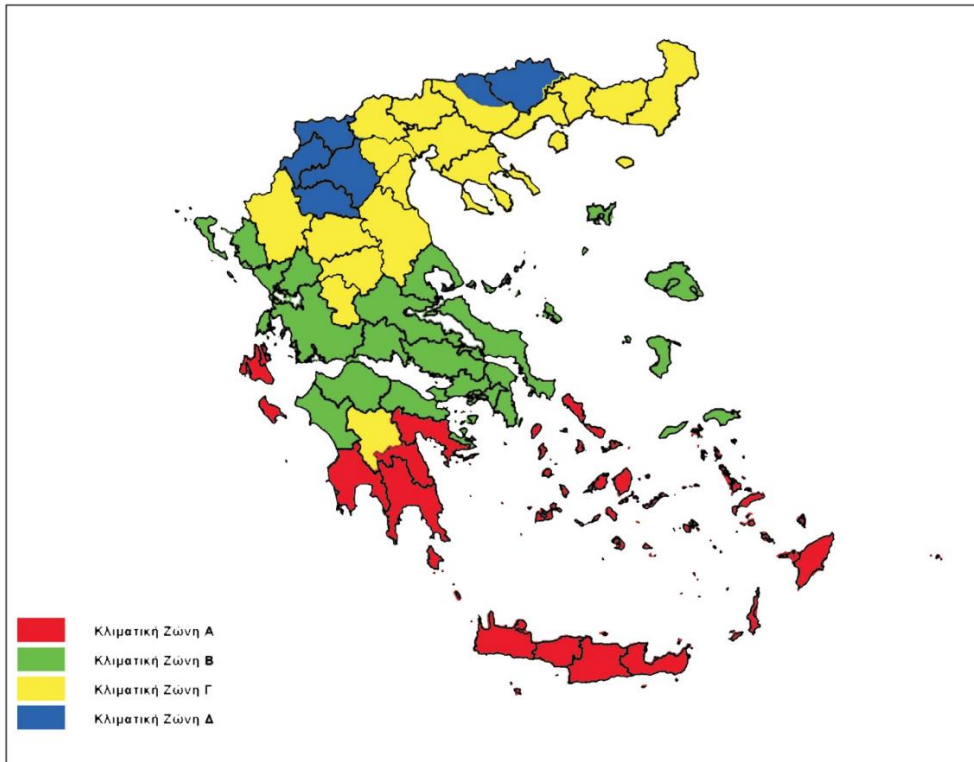
## 2. Ενέργεια και Περιβάλλον στο Βόρειο και το Νότιο Αιγαίο

Το Αιγαίο πέλαγος εκτείνεται από το Βορειότερο άκρο της Ελλάδας έως λίγο πριν το Νοτιότερο (Κρήτη). Αναρίθμητα νησιά απαρτίζουν το πολύπλοκο σύμπλεγμα νησιών και νησίδων που αποτελούν το Αιγαίο πέλαγος, τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με την ενδοχώρα για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και βασίζονται στην τοπική παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιώντας, ως επί το πλείστο, ορυκτά καύσιμα. Το Αιγαίο πέλαγος εμφανίζει αξιόλογα χαρακτηριστικά όσον αφορά το ενεργειακό δυναμικό από ανανεώσιμους πόρους (ηλιακό – αιολικό).

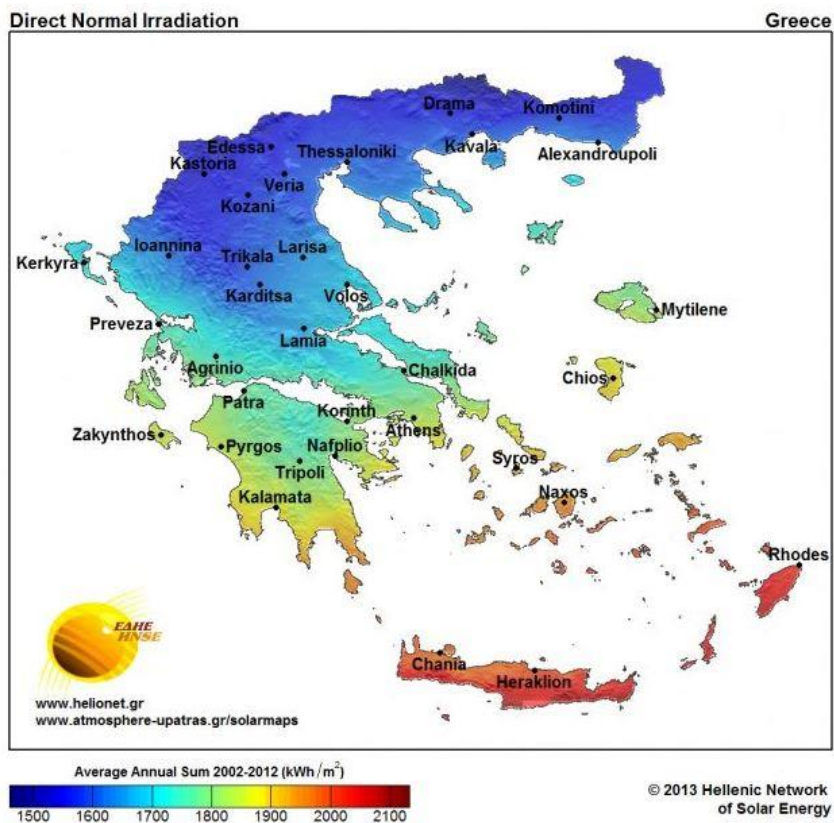
Το κλίμα του Αιγαίου χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό. Τα βασικά χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος είναι οι χειμερινές βροχοπτώσεις, η θερινή ξηρασία, η σχετικά μεγάλη διακύμανση του ετήσιου ύψους των βροχοπτώσεων, το ήπιο έως θερμό καλοκαίρι (με έντονη ηλιακή ακτινοβολία) και ο ψυχρός χειμώνας. Η ψυχρή και βροχερή περίοδος του χειμώνα διαρκεί από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο, ενώ η θερμή και ξηρή περίοδος του καλοκαιριού από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο. Οι μεταβατικοί κλιματικά μήνες Απρίλιος – Μάιος και Σεπτέμβριος – Οκτώβριος παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις καιρικές συνθήκες από έτος σε έτος. Σημαντικό στοιχείο για το νησιωτικό κλίμα του Αιγαίου είναι η θάλασσα, που διαμορφώνει τα επίπεδα υγρασίας, καθορίζει τους ανέμους και δρα ως ρυθμιστικός παράγοντας μετριάζοντας τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

Οι άνεμοι του Αιγαίου, που εμφανίζονται περί τα τέλη Μαΐου μέχρι περίπου τα τέλη Οκτωβρίου, είναι βορείων διευθύνσεων και ονομάζονται ετησίες ή μελέμια. Τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο έχουν τις μεγαλύτερες εντάσεις και μέση χρονική διάρκεια από δύο μέχρι τέσσερις ημέρες, χωρίς να παρουσιάζουν κάθε χρόνο την ίδια συχνότητα. Οι άνεμοι αυτοί πνέουν κυρίως την ημέρα, τις ώρες από 8.00' έως 20.00' και αποκτούν τη μέγιστή τους ένταση γύρω στις 14.00'. Χαρακτηριστικό τους είναι η αυξομείωση της έντασης. Εξασθενούν γρήγορα μετά το ηλιοβασίλεμα και επανέρχονται την αυγή. Στο Βόρειο Αιγαίο η διεύθυνσή τους είναι Βορειοανατολικοί, στο Κεντρικό Αιγαίο γίνονται Βόρειοι και στο Νότιο Αιγαίο Βορειοδυτικοί. Στη θαλάσσια περιοχή της Ρόδου τείνουν να γίνουν Δυτικοί. Με την επιρροή της θαλάσσιας αύρας την ημέρα, τα μελέμια αυξάνονται τοπικά. Η μεγαλύτερη ένταση των μελεμιών εμφανίζεται κυρίως στην περιοχή των Κυκλάδων αλλά και στο Νότιο Αιγαίο.

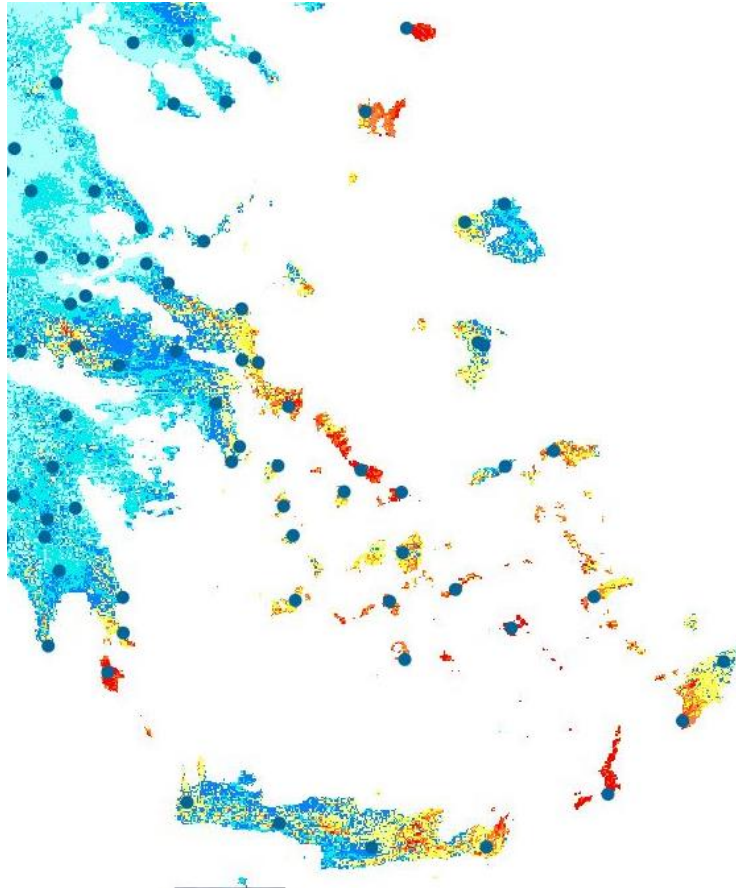
Το χειμώνα πνέουν οι βοριάδες του Αιγαίου, που φθάνουν μέχρι τα 8-9 μποφόρ. Τη μεγαλύτερη έντασή τους παρουσιάζουν στα στενά του Καφηρέα (Κάβο Ντόρο) και στις Κυκλάδες. Επίσης, στη θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου κατά τον χειμώνα, και κυρίως κατά την ψυχρή περίοδο πνέει ο Σιρόκος, άνεμος υγρός με προοδευτική ενίσχυση, νοτιοδυτικής διεύθυνσης, συνοδευόμενος από χαμηλά σύννεφα και βροχές. Εμφανίζεται περισσότερο στις νότιες και δυτικές περιοχές του Αιγαίου, αλλά θυελλώδης Σιρόκος δεν παρατηρείται πολύ συχνά.



Εικόνα 1: Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα



Εικόνα 2: Ηλιακό δυναμικό στην ελληνική επικράτεια. (Πηγή: <http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps>, Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012)



**Εικόνα 3: Αιολικό δυναμικό στο Αιγαίο (Πηγή:  
<http://www.rae.gr/geo/>)**

Από τους χάρτες (Εικόνα 1-2) διαφαίνεται η μεγάλη δυναμικότητα του Αιγαίου πελάγους για την ενεργειακή παραγωγή με εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και του αιολικού δυναμικού.



**Εικόνα 4: Περιοχές Natura2000 στο Αιγαίο πέλαγος. (Πηγή:<https://www.geogreece.gr/natura.php>)**

Η περιοχή του Αιγαίου πελάγους, προσφέρει ένα περιβάλλον με αξιόλογη ομορφιά και σημαντική για τον Ελλαδικό χώρο ποικιλία σε πανίδα και χλωρίδα, ενώ αρκετές περιοχές εντός του χώρου που περικλείει, έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα προστασίας Natura 2000.



### 3. Εισαγωγή – Πρόγραμμα Stepping

Το έργο STEPPING προωθεί τις Συμβάσεις Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΕΑ) ως ένα εργαλείο αύξησης της ενεργειακής απόδοσης των δημόσιων κτιρίων στη Μεσόγειο. Η καινοτομία του έργου έγκειται στο ότι επιδιώκει να προσαρμόσει το εργαλείο αυτό στις ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής (περιορισμένα οικονομικά των Δήμων, όχι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη αγορά υπηρεσιών ενεργειακής αναβάθμισης, ενεργοβόρο δημόσιο κτιριακό απόθεμα κ.ά.).

Στο πλαίσιο του έργου θα αναπτυχθούν και θα εφαρμοστούν 8 πιλοτικά επενδυτικά σχέδια σε 7 χώρες, με αντίκτυπο σε συνολικά 60 Δήμους. Μάλιστα, για τα 4 επενδυτικά σχέδια θα προκηρυχθούν διαγωνισμοί με στόχο να υλοποιηθούν ΣΕΑ στα κτίρια που προβλέπονται στα σχέδια.

Το Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Γραφείο Αιγαίου (ΕΠΕΓΑ) συμμετέχει ως εταίρος στο έργο, ενώ το Δίκτυο ΔΑΦΝΗ, ως συνεργαζόμενος εταίρος, θα μεταφέρει την παραχθείσα γνώση στα νησιά-μέλη του αλλά και σε νησιωτικούς ΟΤΑ και φορείς της Ευρώπης με τους οποίους οποίο διατηρεί στενή συνεργασία.

### 4. Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης

Σύμφωνα με το Ν.4342/ΦΕΚ Α'143/2015, ως «Σύμβαση ενεργειακής απόδοσης» ορίζεται: *«συμβατική συμφωνία που καταρτίζεται μεταξύ του δικαιούχου και του παρόχου ενεργειακών υπηρεσιών, η οποία επαληθεύεται και παρακολουθείται καθ' όλη τη διάρκεια ισχύος της σύμβασης, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιούνται πληρωμές για επενδύσεις (έργο, προμήθεια ή υπηρεσία) για μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, οι οποίες συνδέονται με ένα συμβατικώς συμφωνηθέν επίπεδο βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ή με άλλο συμφωνηθέν κριτήριο ενεργειακής απόδοσης, όπως η εξοικονόμηση χρημάτων.»*

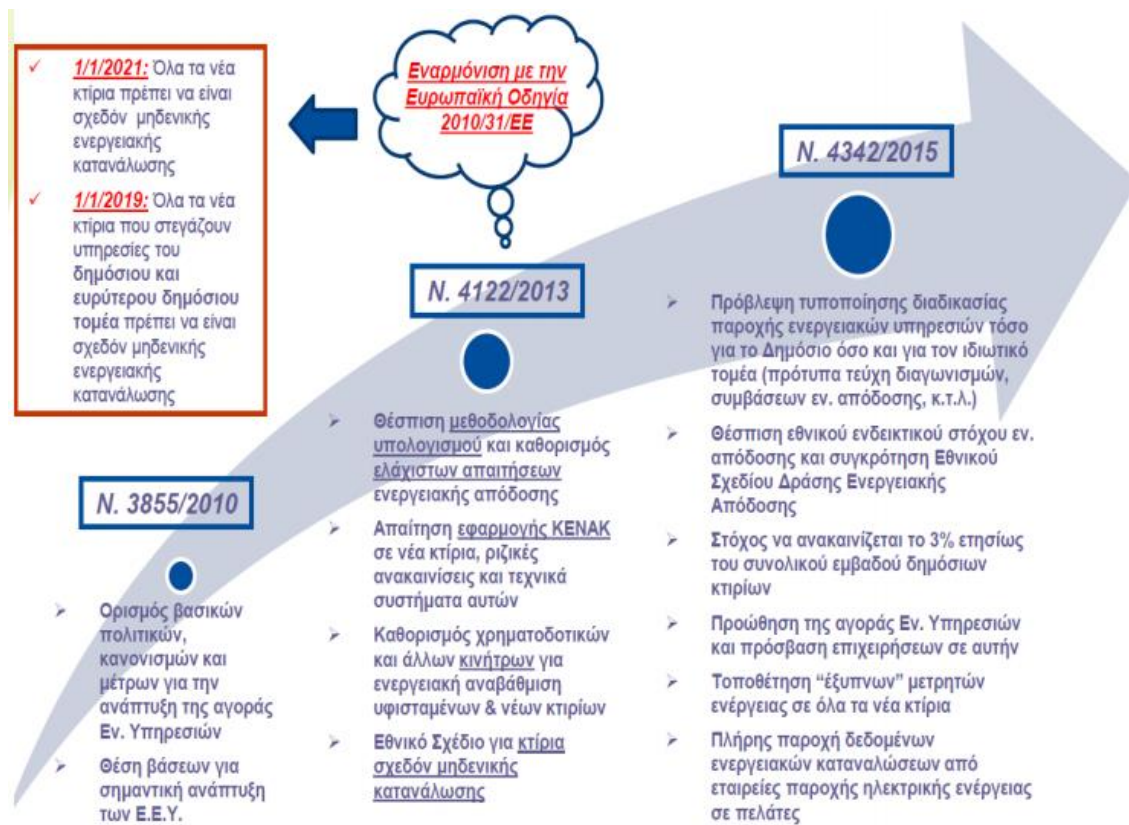
Με άλλα λόγια, η Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης, αποτελεί μια συμβατική συμφωνία μεταξύ ενός δικαιούχου και της Επιχείρησης Ενεργειακών Υπηρεσιών<sup>1</sup>/Παρόχου Ενεργειακών Υπηρεσιών<sup>2</sup>, βάσει της οποίας θα εφαρμοστούν μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και έχει ως στόχο την ενεργειακή εξοικονόμηση.

Ο συγκεκριμένος νόμος (Ν.4342/2015) αναπτύχθηκε για να ενσωματώσει στο ελληνικό σύστημα την Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 25<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2012. Βάσει του προαναφερθέντος νόμου, θεσπίστηκε πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης προκειμένου η Ελλάδα να συνεισφέρει στην επίτευξη του πρωταρχικού στόχου 2020 της Ένωσης για 20% στην ενεργειακή απόδοση και να προετοιμάσει το έδαφος για περαιτέρω βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης πέραν της προαναφερόμενης ημερομηνίας.

<sup>1</sup> Επιχείρηση Ενεργειακών Υπηρεσιών – Ν.3855/2010: «Επιχείρηση Ενεργειακών υπηρεσιών: το φυσικό ή νομικό πρόσωπο, που παρέχει ενεργειακές υπηρεσίες ή και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στις εγκαταστάσεις ή τα κτίρια του τελικού καταναλωτή, αναλαμβάνοντας επιχειρηματικό και οικονομικό κίνδυνο. Το οικονομικό αντάλλαγμα για την παρεχόμενη υπηρεσία βασίζεται, εν όλω ή εν μέρει, στην επίτευξη της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και στην τήρηση των λοιπών συμβατικών όρων ενεργειακής απόδοσης».

<sup>2</sup> Πάροχος Ενεργειακών Υπηρεσιών – Ν.4342/2015: «Πάροχος Ενεργειακών Υπηρεσιών: το φυσικό ή νομικό πρόσωπο που παρέχει ενεργειακές υπηρεσίες ή και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε εγκαταστάσεις ή κτίρια τελικών καταναλωτών».





**Εικόνα 5: Ελληνική νομοθεσία για τις ΣΕΑ (πηγή: <https://ec.europa.eu/energy/>)**

### Πλαίσιο

Στην ελληνική αγορά απαντώνται οι ακόλουθοι τύποι Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης, ήτοι:

- A) Εγγυημένης απόδοσης
- B) Διαμοιραζόμενου οφέλους
- Γ) Μεταβλητής διάρκειας

### Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης – Εγγυημένης απόδοσης

Ο πάροχος της Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης αναλαμβάνει το σχεδιασμό και την υλοποίηση του έργου εγγυώμενος την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην περίπτωση που η επιτευχθείσα ενεργειακή εξοικονόμηση είναι χαμηλότερη από την συμφωνηθείσα, τότε ο πάροχος αναλαμβάνει να καλύψει τη διαφορά σε κόστος. Ο πάροχος δύναται να έχει ρόλο διευκόλυνσης των διαδικασιών χρηματοδότησης υπό αυτό το πρίσμα.

Σε μια τυπική σύμβαση εγγυημένης απόδοσης ο δικαιούχος καλείται να λάβει δάνειο για τη χρηματοδότηση των απαιτούμενων επενδύσεων. Στη συνέχεια, υπογράφει σύμβαση με τον πάροχο για την υλοποίηση των παρεμβάσεων ενεργειακής εξοικονόμησης. Ο κίνδυνος της απόδοσης αφορά αποκλειστικά τον πάροχο, ο οποίος και έχει εγγυηθεί την εξοικονόμηση ενέργειας. Ο δικαιούχος εξοφλεί τον πάροχο με το πέρασ των εργασιών ενεργειακής εξοικονόμησης, παρακρατώντας ένα μέρος της πληρωμής μέχρι την επαλήθευση των εγγυημένων εξοικονομήσεων.



**Εικόνα 6: Λειτουργία ΠΕΑ (πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης –Trust EPC South)**

Ακόμη, ο δικαιούχος έχει τη δυνατότητα να καταβάλλει στον πάροχο αμοιβή για την επαλήθευση της εξοικονόμησης ή/και τη συντήρηση του εξοπλισμού σε ετήσια βάση. Αν διαπιστωθεί απόκλιση από την εγγυημένη εξοικονόμηση, τότε ο πάροχος καταβάλλει τη διαφορά βάσει μιας σταθερής τιμής ενέργειας η οποία έχει συμφωνηθεί στην σύμβαση.

Συνοψίζοντας, αυτός ο τύπος Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης ο πάροχος επωμίζεται τον κίνδυνο της απόδοσης, ο δικαιούχος τον κίνδυνο αλλαγής της τιμής της ενέργειας – σε σύγκριση με την συμφωνηθείσα τιμή αποζημίωσης σε περίπτωση μη επίτευξης της εξοικονόμησης -, ενώ ο χρηματοδότης αναλαμβάνει τον χρηματοπιστωτικό κίνδυνο.

#### Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης – Διαμοιραζόμενου οφέλους

Ο πάροχος αναλαμβάνει το σχεδιασμό, τη χρηματοδότηση και την υλοποίηση του έργου, επαληθεύει την εξοικονόμηση ενέργειας και μοιράζεται με το δικαιούχο ένα συμφωνηθέν ποσό της πραγματικής εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη διάρκεια της καθορισμένης περιόδου παρακολούθησης. Σε αυτό το τύπο Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης, ο πάροχος είναι αυτός που αναλαμβάνει την λήψη/εύρεση χρηματοδότησης από τρίτους ή από ίδια κεφάλαια για την υλοποίηση του έργου.

Σε περίπτωση λήψης δανείου από τον πάροχο, είθισται η διάρκεια της σύμβασης να συνάδει με την περίοδο αποπληρωμής του δανείου, ενώ το μερίδιο της εξοικονόμησης που λαμβάνει ο πάροχος υπερβαίνει το κόστος αποπληρωμής του δανείου. Ο κίνδυνος μεταφέρεται στο χρηματοπιστωτικό ίδρυμα και αφορά την αδυναμία εξυπηρέτησης του δανείου από την πλευρά του παρόχου. Ως εκ τούτου, το κόστος της πίστωσης για μικρές ή μεσαίες επιχειρήσεις ενδέχεται να είναι αρκετά υψηλό. Επίσης, ο πάροχος αναλαμβάνει τον κίνδυνο αλλαγής της τιμής ενέργειας αν και εφόσον η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται βάσει της εκάστοτε ισχύουσας τιμής ενέργειας. Ο διαμοιρασμός του οφέλους από την εξοικονόμηση, παροτρύνει τον δικαιούχο να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωσή του, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τον κίνδυνο απόδοσης που αναλαμβάνει ο πάροχος.

#### Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης – Μεταβλητής διάρκειας

Ο πάροχος αναλαμβάνει το σχεδιασμό, την υλοποίηση του έργου και την επαλήθευση της εξοικονόμησης ενέργειας. Στην περίπτωση που η εξοικονόμηση είναι μικρότερη από την συμφωνηθείσα, η διάρκεια της σύμβασης δύναται να παραταθεί, ώστε ο πάροχος να αποπληρωθεί στο σύνολο της επένδυσής του. Ο συγκεκριμένος τύπος Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης εμφανίζει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτόν του Διαμοιραζόμενου Οφέλους, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση που η εξοικονόμηση είναι μικρότερη από τη συμφωνηθείσα ο κίνδυνος για τον πάροχο είναι μειωμένος.

Μια παραλλαγή αυτού του τύπου Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης είναι το «first out», στην οποία ο πάροχος λαμβάνει 100% της επαληθευμένης εξοικονόμησης ενέργειας σε ετήσια βάση, έως ότου ανακτηθεί το αρχικό κεφάλαιο και επιτευχθεί το συμφωνηθέν κέρδος. Με την πλήρη εξόφληση του παρόχου η σύμβαση περατώνεται και ο δικαιούχος λαμβάνει πλέον ολόκληρο το οικονομικό όφελος. Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης είναι ότι ο χρόνος δέσμευσης μεταξύ δικαιούχου-παρόχου είναι μειωμένος.

Τα στάδια υλοποίησης Σύμβασης Ενεργειακής Απόδοσης είναι τα ακόλουθα:

Α) Προσδιορισμός έργου – Συλλογή και ανάλυση δεδομένων ενεργειακής κατανάλωσης- χρήσης, ενεργειακή επιθεώρηση.

Β) Προκαταρκτική Ανάλυση – Ανάπτυξη επιχειρηματικού σχεδίου (μέγεθος εγκαταστάσεων, χρήσεις ενέργειας, υφιστάμενος εξοπλισμός, ώρες λειτουργίας, πληρότητα κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, πλάνο συντήρησης, ανάγκες ανακαίνισης και αντικατάστασης εξοπλισμού, κ.ά.)

Γ) Ανάθεση Σύμβασης – Διαδικασία επιλογής παρόχου

Δ) Εφαρμογή των μέτρων – Σχεδιασμός και προγραμματισμός για την εγκατάσταση των επιλεγέντων μέτρων ενεργειακής απόδοσης, Κατασκευή/εγκατάσταση, Εξασφάλιση ότι τα εγκατεστημένα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας λειτουργούν βάσει του αρχικού σχεδιασμού.

Ε) Λειτουργία – Παρακολούθηση απόδοσης και της πραγματικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται, εκτέλεση των αναγκαίων εργασιών συντήρησης, διασφάλιση τήρησης των προδιαγραφών των παρεχόμενων υπηρεσιών και άνεσης των χρηστών καθ' όλη τη διάρκεια της σύμβασης.

ΣΕΑ Εγγυημένης Απόδοσης	ΣΕΑ Διαμοιραζόμενου Οφέλους
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η απόδοση σχετίζεται με την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται</li> <li>• Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι εγγυημένη</li> <li>• Ο πάροχος ΣΕΑ αναλαμβάνει τον κίνδυνο απόδοσης και ο δικαιούχος τον χρηματοπιστωτικό κίνδυνο</li> <li>• Απαιτεί οργανισμούς/εταιρείες με πιστοληπτική ικανότητα</li> <li>• Ο πάροχος ΣΕΑ μπορεί να υλοποιήσει περισσότερα έργα χωρίς να έχει υψηλή μόχλευση</li> <li>• Θεωρείται πιο ολοκληρωμένη λύση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η απόδοση σχετίζεται με το οικονομικό όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας</li> <li>• Η αμοιβή του παρόχου ΣΕΑ συνδέεται με τις ενεργειακές υπηρεσίες</li> <li>• Ο πάροχος ΣΕΑ αναλαμβάνει τον κίνδυνο απόδοσης και τον χρηματοπιστωτικό κίνδυνο</li> <li>• Εξυπηρετεί οργανισμούς/εταιρείες που δεν έχουν εύκολη πρόσβαση σε χρηματοδότηση</li> <li>• Ευνοεί τις μεγάλες επιχειρήσεις ενεργειακών υπηρεσιών</li> <li>• Ευνοεί έργα με μικρό χρόνο αποπληρωμής</li> </ul>

Εικόνα 7: Σύγκριση τύπων ΣΕΑ (πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης –Trust EPC South)

## 5. Μεθοδολογία

### 5.1 Επιλογή Κτιρίων

Στο πλαίσιο της εκπόνησης του Επενδυτικού Σχεδίου για τη χρήση του στην σύνταξη Συμβάσεων Ενεργειακής Απόδοσης, διερευνήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής σε δημοτικά κτίρια του νησιωτικού χώρου, συγκεκριμένα στην περιφέρεια του Βορείου και του Νοτίου Αιγαίου, εξετάζοντας τα παρακάτω κριτήρια:

- Ύπαρξη τεχνικών δεδομένων για τα κτίρια (ενεργειακά, ιδιοκτησιακά, σχέδια, νομιμότητας)
- Τεχνική επάρκεια αναδόχου – Ο.Τ.Α.
- Δυνατότητα επεμβάσεων στο κτίριο (κατασκευαστικά δεδομένα, ύπαρξη χώρου, αρχιτεκτονικοί περιορισμοί, στατική αντοχή, προσβασιμότητα)
- Δυνατότητα εξεύρεσης χρηματοδότησης
- Ύπαρξη δημοτικού Σχεδίου Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων
- Συμμετοχή
- Κτίριο προτεραιότητας στην ενεργειακή αναβάθμιση – νοσοκομείο, σχολείο κ.λ.π.

Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα και στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος STEPPING ζητήθηκε από τους Ο.Τ.Α. να επιλέξουν τα κτίρια για τα οποία θα συνταχθεί Επενδυτικό Σχέδιο και Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης.

Τα κτίρια τα οποία επιλέχθηκαν είναι τα ακόλουθα:

1. Λήμνος: 1ο ΕΑΛ ΓΕΛ Μούδρου
2. Φούρνοι: Δημοτικό Σχολείο Φούρνων
3. Φούρνοι: Δημοτικό Σχολείο Θύμαινας
4. Φούρνοι: Δημοτικό Σχολείο Χρυσομηλιάς
5. Ψαρά: Δημοτικό Σχολείο + Νηπιαγωγείο
6. Ψαρά: Αγροτικό Ιατρείο
7. Ψαρά: Δημαρχείο
8. Ψαρά: Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων
9. Κάλυμνος: Νοσοκομείο Καλύμνου
10. Κάλυμνος: 1ο Δημοτικό Σχολείο
11. Κάλυμνος: Δημοτικό Σχολείο Βαθέος

Σε σχέση με τη χρήση και την τυπολογία των κτιρίων, παρατηρείται ότι η επιλογή αφορά σχεδόν αποκλειστικά σχολικά κτίρια με την εξαίρεση ενός κτιρίου Νοσοκομείου. Αυτό οφείλεται στο λόγο ότι στους περισσότερους νησιωτικούς Δήμους τα μεγαλύτερα όσο αναφορά στο εμβαδόν και τα πιο ενεργοβόρα κτίρια είναι αυτά των σχολικών κτιρίων, ενώ στα περισσότερα απουσιάζουν μεγάλης κλίμακας δομές υγείας.

### 5.2 Ενεργειακή Επιθεώρηση

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προσδιορίζεται με βάση μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, σύμφωνα με την οποία λαμβάνονται υπόψη:

- η χρήση του κτιρίου
- τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής
- τα γεωμετρικά δεδομένα και τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων θέρμανσης / ψύξης / κλιματισμού / μηχανικού αερισμού / παραγωγής ΖΝΧ και φωτισμού των χώρων.

Βάση της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας αποτελούν το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και σειρά άλλων ευρωπαϊκών προτύπων.

Για τον προσδιορισμό των εμπλεκόμενων παραμέτρων και τη διεξαγωγή των απαραίτητων υπολογισμών οι ενεργειακοί επιθεωρητές κάνουν χρήση των σχετικών Τεχνικών Οδηγιών που έχουν εκδοθεί από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, 20701-2/2010, 20701-3/2010, 20701-4/2010, 20701-5/2010) και του αντίστοιχου λογισμικού (ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ). Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την επιθεώρηση-αξιολόγηση των κτιρίων

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την ενεργειακή μελέτη (σε επίπεδο προμελέτης) ήταν η επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων που προκύπτουν από την ενεργειακή επιθεώρηση με χρήση κατάλληλου λογισμικού ενεργειακής προσομοίωσης, με βήμα υπολογισμού 1 μήνα.

Το λογισμικό που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί είναι το “ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ”. Το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακή κατάταξή του, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Προκειμένου να υπάρξει κοινή μεθοδολογία και αντιστοιχία των αποτελεσμάτων της μελέτης με εκείνα της ενεργειακής επιθεώρησης, θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο λογισμικό και στο στάδιο σύνταξης της παρούσας Προμελέτης Ενεργειακής Αναβάθμισης, για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου. Μάλιστα η εφαρμογή θα γίνει με βάση το ηλεκτρονικό αρχείο της ενεργειακής επιθεώρησης.

Ειδικότερα, η έκδοση και η έγκριση του λογισμικού «ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ» που χρησιμοποιείται είναι η ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ 1.31

### 5.3 Επιθεώρηση Κτιρίου και Εγκαταστάσεων

Το κτίριο επιθεωρείται και ταυτοποιείται ως προς την τυπολογία του και την λειτουργία του. Εντοπίζονται οι θερμικές ζώνες, τα κατασκευαστικά στοιχεία του, οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, οι ενεργειακές καταναλώσεις, οι ανάγκες των χρηστών και του κτιρίου.

- Τροφοδοσία και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας - Καταγραφή των δικτύων, πινάκων και απόδοσης. Μελέτη ύπαρξης δυνατότητας κεντρικών ελέγχων και εξοικονόμησης.
- Φωτισμός – Καταμέτρηση και χαρακτηρισμός των φωτιστικών σωμάτων του κτιρίου.
- Συστήματα Κλιματισμού –καταγραφή μονάδων και καταναλώσεων. Επιθεώρηση αποτελεσματικότητας και ποιότητας φωτισμού.
- Συστήματα Ψύξης – καταγραφή κλιματιστικών μονάδων, καταναλώσεων και απόδοσης
- Σύστημα ΖΝΧ – Σε συγκεκριμένα κτίρια η κατανάλωση για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης αντιπροσωπεύει την μεγαλύτερη κατανάλωση. Καταγραφή μονάδων παραγωγής ΖΝΧ και εξεύρεση λύσεων για εξοικονόμηση.
- Άλλος ηλεκτρικός εξοπλισμός - Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών, καταγραφή καταναλώσεων και εξεύρεσης λύσεων κεντρικού ελέγχου.

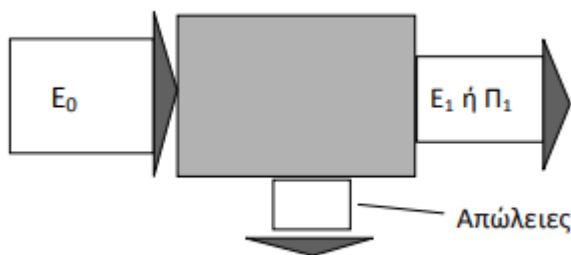
## 6. BASELINE – Γραμμή Βάσης

Για την δημιουργία μιας τεχνοοικονομικής ανάλυσης των μέτρων αναβάθμισης ενεργειακής αναβάθμισης είναι απαραίτητο να οριστεί ένα αρχικό σενάριο – Baseline – το οποίο θα περιγράφει την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των καταναλώσεων και της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, πριν τις οποιασδήποτε παρεμβάσεις.



Ένας από τους κύριους στόχους των ενεργειακών ελέγχων είναι η εύρεση του τύπου της κατανάλωσης γραμμής βάσης (baseline consumption) ή της κατανάλωσης βάσης ανά τελική χρήση και ανά μορφή ενέργειας. Για τη κάθε σημαντική κατανάλωση ενέργειας, συγκεντρώνονται κατ' ελάχιστον στοιχεία κατανάλωσης για τους συνεχείς δώδεκα τελευταίους μήνες. Ο ελεγκτής διερευνά τις τυχόν μεταβολές των ανωτέρω καθοριστικών παραγόντων και την ενδεχόμενη συσχέτισή τους με την κατανάλωση ενέργειας

Η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου (baseline) θα μπορούσε να οριστεί από το άθροισμα των διαφορετικών τιμών που αντιπροσωπεύουν την κατανάλωση ενέργειας διαφόρων χρήσεων (θερμική, φωτισμός κ.λπ.), οι βασικές τιμές αναφέρονται σε μέσες τιμές που κανονικοποιούνται σε συγκεκριμένες συνθήκες. Η συσχέτιση αυτή δίδεται με τη βοήθεια μαθηματικού τύπου.



Η τυπική κατανάλωση (baseline) για τη θερμική κατανάλωση θα μπορούσε να υπολογιστεί εφαρμόζοντας τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των εξεταζόμενων εποχών για να ληφθεί η μέση κατανάλωση για κάθε εποχή. Η δημιουργία μιας "βασικής γραμμής" για την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος αποτελεί ένα κρίσιμο βήμα στη διαδικασία εντοπισμού των υφιστάμενων κρίσιμων ζητημάτων και των πιθανών ευκαιριών εξοικονόμησης και επενδύσεων και, συνεπώς, στον καθορισμό των τεχνικών και οικονομικών απαιτήσεων για την προσφορά.

Οι τυπικές καταναλώσεις ενέργειας και κόστους καθορίζονται με την αξιολόγηση των παρακάτω:

- Πραγματική κατανάλωση όπως καταγράφεται στους λογαριασμούς ενέργειας (ηλεκτρικές θερμικές καταναλώσεις) ή από συγκεκριμένους μετρητές
- Πραγματικά κλιματικά δεδομένα που παρέχονται από τους πλησιέστερους κλιματικούς σταθμούς στην περιοχή του κτιρίου
- Υπολογισμός των ημερών θέρμανσης και ψύξης
- Εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων αντλούμενη από συγκεκριμένους μετρητές.
- Ώρες και ημέρες χρήσης των Η/Μ συστημάτων
- Θερμαινόμενους ή / και ψυχρούς όγκους
- Διάρκεια χρήσης εσωτερικού και εξωτερικού φωτός.
- Κόστος παροχής ενέργειας
- Κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Αλλά

Όλες οι τυπικές καταναλώσεις πρέπει να καθορίζονται με βάση το μέσο όρο των τουλάχιστον τριών (ή εποχιακών) δεδομένων.

## 6.1 Καταναλώσεις και κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

Κατόπιν εκτεταμένων αναλύσεων των λογαριασμών κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας και επί τόπου μετρήσεων μπορούν να οριστούν κάποιες τυπικές καταναλώσεις. Πιο συγκεκριμένα αυτές είναι:



- Παροχές (Χαμηλής, Μέσης και Υψηλής Τάσης, Ισχυρά και Ασθενή Ρεύματα)
- Εμπορικές τιμές ενέργειας
- Συμβόλαιο παροχής
- Ετήσιες και μηνιαίες καταναλώσεις
- Φορολογία
- Λοιπά δεδομένα

Σε περίπτωση που τα υπάρχοντα δεδομένα καταναλώσεων δεν επαρκούν, υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης μετρητών για την ακριβέστερη μέτρηση των ενεργειακών καταναλώσεων. Οι μετρητές μπορούν να τοποθετηθούν στους ηλεκτρικούς πίνακες επιτρέποντας μετρήσεις ακριβείας καταμερισμένες σε διαφορετικούς τύπους καταναλώσεων.

## 6.2 Καταναλώσεις και κόστος άλλων πηγών ενέργειας

Αντίστοιχη καταγραφή και μελέτη γίνεται και για τις άλλες πηγές ενέργειας βασισμένη στις καταγραμμένες καταναλώσεις των λοιπών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα κλπ).

Κάθε κατηγορία καταγράφεται ξεχωριστά ώστε να δημιουργηθεί ένα αξιόπιστο και χρήσιμο ενεργειακό προφίλ του κάθε κτιρίου.

Για την καλύτερη κατανόηση και χρήση των δεδομένων οι μετρήσεις των διαφόρων πηγών ενέργειας μετατρέπονται σε τιμές με βάση μία μονάδα μέτρησης, συνήθως  $\text{kWh/m}^2$ , μετατρέπόμενο από άλλες γενικότερες αποδεκτές μονάδες μέτρησης όπως ο Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π.).

## 6.3 Άλλα σημαντικά δεδομένα

Η τυπική κατανάλωση (baseline) μπορεί να συμπληρωθεί με επιπλέον σημαντικά δεδομένα, ώστε να εξυπηρετηθεί η σύγκριση και η παρακολούθηση των μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης.




Ορισμένα από αυτά τα δεδομένα δεν είναι εύκολο να αποκτηθούν και σε πολλές περιπτώσεις η απόκτηση τους συνεπάγεται αυξημένο κόστος για τον καθορισμό της τυπικής κατανάλωσης.

Αυτά τα δεδομένα μπορούν να είναι:

- Κλιματικά δεδομένα ανά περιοχή και μικροκλίμα
- Υπολογισμός συνθηκών υγρασίας και ψύξης συνδυαστικά με τη χρήση συστημάτων κλιματισμού
- Χρόνος χρήσης των συστημάτων κλιματισμού
- Όγκος θερμαινόμενου και κλιματιζόμενου χώρου
- Ώρες χρήσης φωτισμού
- Κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Λοιπά δεδομένα

## 7. Υφιστάμενη κατάσταση κτιρίων

Στο πλαίσιο της διαμόρφωσης του Επενδυτικού Σχεδίου (Investment Plan) για το έργο της *Ενεργειακής Αναβάθμισης των Δημοτικών Κτιρίων του Δήμου Ψαρών* επιλέχθηκαν 4 κτίρια ιδιοκτησίας του Δήμου Ψαρών όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Δήμος	Κτιριακή μονάδα		Χρονολογία κατασκευής	Αριθμός κτιρίων	Συνολική επιφάνεια
Ψαρών	Δημοτικό Σχολείο Θύμαινας		1950	1	63 τ.μ
	Δημοτικό Σχολείο Φούρνων		1950/1985	2	208,5 τ.μ/427,1 τμ
	Δημοτικό Σχολείο Χρυσομηλιάς		1950	2	63 τ.μ. /74 τμ

Ακολουθούν οι *Τεχνικές Εκθέσεις Ενεργειακής Αναβάθμισης* για κάθε ένα από τις κτιριακές μονάδες.

## 7.1. Διενέργεια Επιθεώρησης στο Δημοτικό Θύμαινας

### Γενικά

Σύμφωνα με τα οριζόμενα του άρθρου 7 του ν. 3661/2008 και το άρθρο 10 του ν. 3851/2010 όπως καθορίζονται στην πρόσφατη Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος **T.O.T.E.E 20701-4/2010**.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποσκοπεί:

- α) στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης) και συνολικά,
- β) στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου,
- δ) στη σύνταξη συστάσεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Κατά την διάρκεια της Επιθεώρησης του Κτιρίου καταγράφονται στοιχεία του κτιρίου σχετικά με το:

- α) Κτηριακό κέλυφος,
- β) Σύστημα θέρμανσης,
- γ) Σύστημα ψύξης,
- δ) Σύστημα αερισμού,
- ε) Σύστημα φωτισμού,
- στ) Σύστημα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας & Συμπαραγωγής
- ε) Σύστημα Ύδρευσης, Αποχέτευσης & Άρδευσης (ενεργοβόρες συσκευές)
- ζ) Παραμέτρους εσωτερικών συνθηκών άνεσης.

### Συλλογή στοιχείων

Σε πρώτο στάδιο με τη βοήθεια των υπηρεσιών του Νοσοκομείου συλλέχθηκαν για τα προς επιθεώρηση Κτήριο κάποια αρχικά στοιχεία όπως:

- Πλέον πρόσφατα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές), είτε άδειας, είτε εφαρμογής που έχουν εκπονηθεί.
- Έτος κατασκευής
- Πλέον πρόσφατες μελέτες (π.χ. θερμομόνωσης, ηλεκτρολογική μελέτη, μελέτη θέρμανσης και κλιματισμού, μελέτη φωτοτεχνίας) που να περιλαμβάνουν ει δυνατόν όποιες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια χρήσης του κτηρίου
- Χρήση κτηρίου (ωράριο λειτουργίας (ώρες/ημέρα, ημέρες/έτος), είδος χρήσης, αριθμός χρηστών)
- Κατανάλωση πετρελαίου (τιμολόγια αγοράς) για τα τρία τελευταία χρόνια
- Κατανάλωση ηλεκτρισμού (κατηγορία τιμολογίου ΔΕΗ και λογαριασμοί ρεύματος) για τα τρία τελευταία χρόνια

Στόχος του ελέγχου είναι η αναλυτική καταγραφή των γενικών και ειδικών χαρακτηριστικών του κτηρίου καθώς και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αυτού, της ενεργειακής συμπεριφοράς των χρηστών κ.α. προκειμένου να συλλεχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του και για να προταθούν οι κατάλληλες προτάσεις παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό.

Στο πλαίσιο του ελέγχου και προκειμένου να γίνει ακριβής αποτύπωση του κτηρίου, των ενεργειακών παραμέτρων και των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης σε αυτό, γίνονται οι παρακάτω μετρήσεις με εξειδικευμένο πιστοποιημένο μετρητικό εξοπλισμό:

Εμβαδά επιφανείας: Καταγραφή των εμβαδών των επιφανειών ανά όροφο και θερμική ζώνη.

Θερμοκρασία και υγρασία χώρου: Με χρήση ειδικού θερμομέτρου – υγρασιόμετρου με ενσωματωμένο θερμοστοιχείο μετράται η θερμοκρασία και η σχετικά υγρασία σε κάθε χώρο. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτηρίου.

Θερμοκρασία σημείων ενδιαφέροντος: Μετράται η θερμοκρασία σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία του κτηρίου, όπως για παράδειγμα η επιφάνεια των τοίχων ή του δαπέδου, των σωληνώσεων, των θερμαντικών σωμάτων κ.α. με χρήση ειδικού ψηφιακού υπέρυθρου θερμομέτρου με στόχευση λέιζερ.

Ανοίγματα: Γίνεται μέτρηση των διαστάσεων των ανοιγμάτων και καταγράφεται η αεροστεγανότητά τους.

Φωτισμός: Γίνεται καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων ως προς τον τύπο, την ισχύ, την ύπαρξη ανακλαστήρων και καλύμματος, την ύπαρξη αυτοματισμών (φωτοαισθητήρες / αισθητήρες κίνησης), την κατανομή των φωτιστικών στους βρόχους του ηλεκτρικού συστήματος κ.α. Με χρήση μετρητή φωτός με φωτοαισθητήρα μετράται η ένταση φωτισμού σε LUX σε κάθε χώρο. Η μέτρηση εκτελείται δύο φορές, μία για το φυσικό και μία για τον τεχνητό φωτισμό. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις έντασης φωτός σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτηρίου.

Θέρμανση: Για τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, με χρήση ειδικού εξοπλισμού μετράται η ενεργειακή απόδοση του συστήματος καυστήρα/λέβητα, η ποιοτική σύσταση των καυσαερίων σε μονοξείδιο/διοξείδιο του άνθρακα και περίσσεια οξυγόνου καθώς και ο δείκτης Bacharach. Γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως τύπος και χαρακτηριστικά καυστήρα/λέβητα, κυκλοφορητή κ.α. ενώ διαπιστώνεται κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες, αν υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης (π.χ. τρίοδη / τετράοδη βάνα), ανάκτησης θερμότητας, θερμοστατικοί διακόπτες κ.α. και αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

**Ψύξη:** Για τα συστήματα ψύξης γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως τύπος και χαρακτηριστικά της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, των fan coils, των αντλιών θερμότητας κ.α. ενώ διαπιστώνεται και κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες, αν υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης και ανάκτησης θερμότητας και αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

**Αστοχίες στη θερμομόνωση:** Με χρήση ειδικής κάμερας θερμικής απεικόνισης γίνεται αποτύπωση στο υπέρυθρο των θερμικών απωλειών του κτηρίου από το κέλυφος προκειμένου να εντοπιστούν αστοχίες ή θερμογέφυρες.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η αναλυτικά η μεθοδολογία συλλογής στοιχείων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, με βάση την ειδική λίστα ελέγχου.

### **Λίστα ενεργειακού ελέγχου**

#### **Δομικά στοιχεία κτηρίου**

Ο έλεγχος των δομικών στοιχείων του κτηρίου περιλαμβάνει την καταγραφή του προσανατολισμού, των διαστάσεων όπως του ύψους και πλάτους των όψεων και του συνολικού κελύφους του κτηρίου καθώς και εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους από φυσικά ή τεχνητά σκίαστρα, Κτήριο κλπ. Επιπλέον περιλαμβάνει την μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδου του κελύφους του κτηρίου και καταγραφή-κατηγοριοποίηση των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών.

Από την καταγραφή αυτή θα εκτιμηθούν οι απώλειες δια μέσω της τοιχοποιίας του κτηρίου και θα υπολογιστεί η ζήτηση σε ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

#### **Εξωτερικά ανοίγματα**

Ο έλεγχος των εξωτερικών ανοιγμάτων περιλαμβάνει την καταγραφή της θέσης, διαστάσεων, προσανατολισμού, κατάστασης, υλικού πλαισίου και υαλοστασίου όλων των εξωτερικών παραθύρων και θυρών του κτηρίου.

Επιπλέον καταγράφεται η ύπαρξη εσωτερικού και εξωτερικού σκιάστρου και η επίδραση του στην συμπεριφορά των υπολογιζόμενων μεγεθών.

Από την καταγραφή αυτή θα προκύψουν οι υπολογισμοί της ζήτησης σε ενέργεια για θέρμανση ψύξη και φωτισμό του κτηρίου.

#### **Φυσικός φωτισμός**

Ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού περιλαμβάνει την καταγραφή της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε lux σε διάφορα καίρια σημεία στο εσωτερικό του κτηρίου, όπως θέσεις εργασίας κοντά

σε παράθυρα , κεντρικά σημεία του χώρου, απομακρυσμένα σημεία από τα παράθυρα του χώρου, ώστε να εκτιμηθεί η επάρκεια φυσικού φωτισμού και να εξεταστεί η δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού για την κάλυψη των απαραίτητων σταθμών φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες χρήσης των χώρων.

### **Τεχνητός φωτισμός**

Ο έλεγχος του τεχνητού φωτισμού περιλαμβάνει την μέτρηση και καταγραφή του αριθμού, του τύπου, της ισχύος και της θέσης των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων, καθώς και της στάθμης φωτισμού στις διάφορες θέσεις και σημεία του χώρου.

Από την καταγραφή αυτή θα γίνει ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού καθώς και οι απαραίτητες προτάσεις σχετικά με την αντικατάσταση , αυτοματοποίηση της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων.

### **Συστήματα Θέρμανσης**

Ο έλεγχος του συστήματος θέρμανσης αποτελείται από τρεις τομείς

- Επιθεώρηση της κεντρικής θέρμανσης, όπου καταγράφονται η ισχύς και τα όρια λειτουργίας του λέβητα και του καυστήρα, ο τύπος τους, το καύσιμο, στοιχεία κατανάλωσης, βαθμός απόδοσης καύσης, θερμοκρασία περιεκτικότητα καυσαερίων, εκτίμηση της κατάστασης της συνολικής εγκατάστασης του λεβητοστασίου, όπως κυκλοφορητές, θερμοστάτες, αυτοματισμοί και πιθανά συστήματα εξοικονόμησης – αντιστάθμισης της λειτουργίας του.
- Επιθεώρηση του συστήματος διανομής όπου καταγράφεται το σύστημα διανομής, η ποιότητα των μονώσεων, η ύπαρξη και χωροθέτηση των θερμοστατών και πιθανές διατάξεις αυτοματισμού της λειτουργίας του.
- Επιθεώρηση των θερμαντικών σωμάτων, όπου καταγράφεται ο τύπος, ή θερμοκρασία, η χωροθέτηση των θερμαντικών σωμάτων καθώς και η αναγκαιότητα και ώρες λειτουργίας τους.
- Επιπλέον καταγράφεται η χρήση άλλων συστημάτων θέρμανσης, εναλλακτικά ή επικουρικά της κεντρικής θέρμανσης.

Από την καταγραφή αυτή θα γίνει εκτίμηση της κατανάλωσης του κτηρίου για θέρμανση και θα γίνουν οι απαραίτητες προτάσεις ρύθμισης και αυτοματοποίησης της λειτουργίας τους.

### **Συστήματα κλιματισμού**

Ο έλεγχος των συστημάτων κλιματισμού περιλαμβάνει την καταγραφή :



- Του κεντρικού συστήματος κλιματισμού και τις τοπικές εσωτερικές μονάδες όπου καταγράφονται τα χαρακτηριστικά όπως απόδοση, απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς για θέρμανση και ψύξη της κεντρικής και των εσωτερικών μονάδων.
- Η θέση ο αριθμός και η απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς της εξωτερικής και εσωτερικής μονάδας (σε περίπτωση κλιματισμού με διαιρούμενες μονάδες τύπου split).

Από την καταγραφή θα υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση σε ενέργεια για τις ανάγκες κλιματισμού και θα εκτιμηθούν οι πιθανές επεμβάσεις εξοικονόμησης.

### **Συστήματα αερισμού**

Κατά τον έλεγχο των συστημάτων εξαερισμού, γίνεται καταγραφή ή και εκτίμηση των εναλλαγών αέρα στην μονάδα του χρόνου προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανανέωση του αέρα του χώρου του κτηρίου.

Επίσης εξετάζεται η ύπαρξη συστημάτων ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας.

Ο έλεγχος των συστημάτων εξαερισμού ως σκοπό έχει την εκτίμηση του ποσού θερμικής ενέργειας το οποίο χάνεται κατά την απόρριψη του αέρα του εσωτερικού του κτηρίου και κατά επέκταση θα πρέπει να καλυφθεί από το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού.

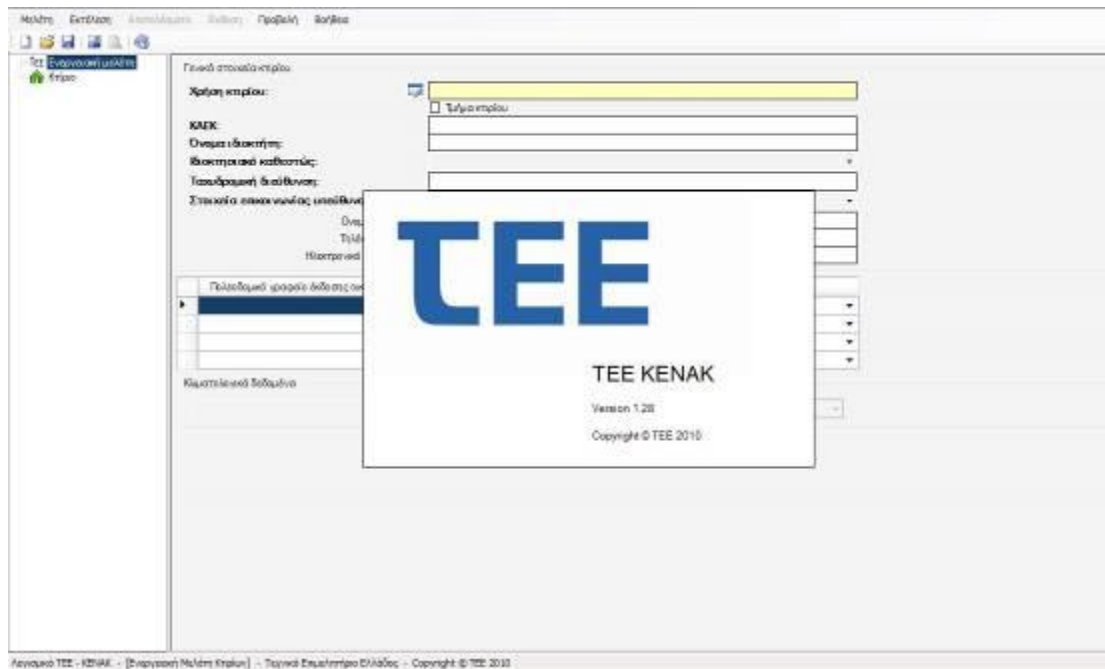
### **Συσκευές – Εσωτερικά φορτία**

Κατά τον έλεγχο καταγράφεται ο αριθμός των συσκευών όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κλπ αλλά και ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στο κτήριο, ώστε να εκτιμηθούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που επηρεάζουν τις ανάγκες θέρμανσης, κλιματισμού και εξαερισμού του κτηρίου.

## **7.1.1 Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών**

### **Γενικά**

Με βάση τα στοιχεία που συλλέγονται για το κτήριο τόσο κατά την αρχική φάση της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης όσο και κατά την αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση, έγινε υπολογισμός της ζήτησης ενέργειας του κτηρίου στους τομείς θέρμανση, ψύξη, φωτισμός και ζεστό νερό χρήσης. Για τους υπολογισμούς των ενεργειακών παραμέτρων του κτηρίου στους παραπάνω τομείς χρησιμοποιείται το λογισμικό TEE - KENAK Έκδοση 1.28.1.70 - Engine 1.7.6.19 , βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του νόμου 3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και των αντίστοιχων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και 20701-4/2010.



Στο λογισμικό συμπεριλαμβάνονται Ευρωπαϊκά και Διεθνή πρότυπα τα οποία βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα οριζόμενα στο Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα του κτηρίου – KENAK. Πιο συγκεκριμένα, έχουν χρησιμοποιηθεί τα παρακάτω πρότυπα:

1. ISO/DIS 13790 – CEN/TC 89 WI-14. “Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling” (17-03-2005).
2. ISO/DIS 13789 – CEN WI-23 part 2. “Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method” (December 2004).
3. CEN/TC 228 WI-2. “Heating systems in buildings – Energy performance of buildings – Overall energy use, primary energy and CO2 emissions” (May 2005).
4. CEN Draft prEN 15193-1 – CEN WI-13. “Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation” (March 2005).
5. CEN/TC 228 WI-9. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2.2.4: Space heating generation systems, the performance and quality of CHP electricity and heat” (December 2004).
6. CEN/TC 228 WI-11. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements)” (May 2005).
7. EPA-ED project. “EPA-ED Formulas – Calculation scheme” (September 2004).
8. EPA-ED project. “EPA-ED Calculation engine software – Data structure” (September 2004).
9. EPA-ED project. “Recommendations on EPA-ED method & tool” (September 2004).

10. EPA-U software. “Energieprestatie van utiliteitsgebouwen – Formulestructuur (inclusief winkels)” (November 2004). In Dutch (English title: “Energy performance of non-residential buildings – Formula structure (including retail buildings)”).
11. Soethout L. Scholten, J.E. & Elkhuzen B. Functional specification of the EPA-NR software - WP2b. Final version, March 2007. TNO. Delft, The Netherlands.

Για τη σύνταξη της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα ακόλουθα πρότυπα, κανονισμοί, επιστημονικά συγγράμματα και δημοσιεύσεις.

1. T.O.T.E.E. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
2. T.O.T.E.E. 20701-2/2010, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου».
3. T.O.T.E.E. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».
4. Duffie A John., Beckman A. William, «Solar Engineering of Thermal Processes». John Wiley & Sons, INC., Second edition, 1991.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων προτύπων όπως προσδιορίζεται από τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτηρίων (KENAK). Στις επόμενες παραγράφους αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε βάσει των παραπάνω προτύπων για τον υπολογισμό της ζήτησης και κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και ζεστού νερού χρήσης. Επιπλέον, περιγράφεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αναγκών αερισμού του κτηρίου καθώς και οι απαιτήσεις θερμικής άνεσης των χρηστών.

### **Θέρμανση και ψύξη**

Οι ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO / EN 13790 (2005) με κριτήριο τη θερμική άνεση των χρηστών. Με βάση το πρότυπο υπολογίζονται:

- Οι απώλειες θερμότητας με μετάδοση και αερισμό όταν το κτήριο θερμαίνεται και ψύχεται σε συγκεκριμένη εσωτερική θερμοκρασία
- Η συνεισφορά των θερμικών ηλιακών κερδών στο ισοζύγιο του κτηρίου
- Οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές θερμοκρασίες για χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ετήσια χρήση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βασισμένη στην ζήτηση του κτηρίου, για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, και στην απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Το ποσό ενέργειας που αποτελεί τη ζήτηση του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη διαφέρει από την ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης λόγω του βαθμού απόδοσης των συστημάτων και εγκαταστάσεων του κτηρίου.

Ωστόσο, στην πράξη, και το ποσό ενέργειας που πραγματικά καταναλώνει το κτήριο διαφέρει από το υπολογιζόμενο καθώς σε αυτό υπεισέρχεται οι παράγοντες της χρήσης του κτηρίου (ρύθμιση θερμοστάτη κλπ) και της συμπεριφοράς των χρηστών (άνοιγμα παραθύρων).

### Φωτισμός

Οι ανάγκες του κτηρίου σε φωτισμό υπολογίζονται με χρήση του προτύπου prEN 15193:2006 λαμβάνοντας υπόψη την εγκατεστημένη ισχύ για φωτισμό, μεγέθη χρόνου, την ύπαρξη ή όχι αυτοματισμών για τη διακοπή της λειτουργίας, παράγοντες επίδρασης του φυσικού φωτισμού κ.α. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά τις παραμέτρους που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα του φωτισμού, στους υπολογισμούς εισάγονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Ετήσια λειτουργία, ως άθροισμα του ημερήσιου χρόνου λειτουργίας (χρόνος με φυσικό φωτισμό) και του χρόνου λειτουργίας χωρίς φυσικό φωτισμό
- Ετήσιος χρόνος φόρτισης των συσσωρευτών του φωτισμού έκτακτης ανάγκης (εάν υπάρχει)
- Ωφέλιμη επιφάνεια κτηρίου
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με την ύπαρξη φυσικού φωτισμού στο χώρο (αισθητήρες φωτός)
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη χρήση των χώρων (αισθητήρες κίνησης)
- Παράγοντας παρουσίας/απουσίας των χρηστών στους χώρους
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη λειτουργία συστημάτων ελέγχου φωτισμού
- Παράγοντας μείωσης της απόδοσης του φωτιστικού εξοπλισμού με την παλαιότητα (επίδραση της συντήρησης)
- Τύπος φωτιστικού σώματος και διατάξεων στραγγαλισμού (ballast).

### Ζεστό νερό χρήσης

Η κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης υπολογίζεται με τη βοήθεια του προτύπου CEN/TC 228 και της TOTEE 20701-1/2010. Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο  $Q_d$  σε (kWh/day) για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου σε Ζ.Ν.Χ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \rho \cdot \Delta T$$

όπου:

Vd [lt /ημέρα] - το ημερήσιο φορτίο,  
ρ [kg/lt] - η μέση πυκνότητα του ζεστού νερού χρήση,  
c [kJ/(kg.K)] - η ειδική θερμότητα του νερού,  
ΔT [K] ή [°C] - η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ νερού δικτύου και ζεστού νερού χρήσης.

Η μέση θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στους 50°C, ενώ οι θερμοκρασίες νερού δικτύου ύδρευσης πόλης για την περιοχή όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών Περιοχών»

### Αερισμός

Είσοδος νωπού αέρα και αερισμός του κτηρίου επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: Μέσω των χαραμάδων από τα ανοίγματα και με φυσικό αερισμό ή τεχνητό αερισμό. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας από αερισμό χρησιμοποιείται το πρότυπο ISO/DIS 13789, με βάση το ρυθμό ανανέωσης του αέρα από τις χαραμάδες και μέσω φυσικού ή τεχνητού αερισμού.

Η ανανέωση αέρα που γίνεται από τους χρήστες του κτηρίου θεωρείται ότι είναι η ελάχιστη απαιτούμενη, εκτός αν υπάρχει μηχανικός αερισμός με δεδομένη παροχή.

Ο υπολογισμός της θερμικής ενέργειας που δαπανάται ώστε να θερμάνει ( ή να ψύξει) την ποσότητα αέρα που εισέρχεται στον χώρο δια μέσω των χαραμάδων των ανοιγμάτων υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παρ. 2.4.3, πίνακας 2.3), από τη σχέση:

$$Q_L = \Sigma QA_i \quad (W/hC)$$

όπου:  $QA_i = a \times \Sigma I \times R \times H$  για κάθε άνοιγμα

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

- α: Συντελεστής διείσδυσης αέρα
- ΣI: Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)
- R: Συντελεστής διεισδυτικότητας.
- H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης

Οι τιμές των συντελεστών α,R,H, δίνονται στους παρακάτω πίνακες ενώ η συνολική περίμετρος των ανοιγμάτων υπολογίζεται με βάση τις καταγραφές και μετρήσεις κατά την διάρκεια του ελέγχου.

**Πίνακας 1: Συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες.**

Υλικό Πλαισίου	Είδος Ανοίγματος	$\alpha$ [ $m^3/(h.m)$ ]
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	3
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2.5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	2
Μέταλλο ή Συνθετικό	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	1.5
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	1.4
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	1.2

**Πίνακας 2: Συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης**

Ανεμόπτωση	Θέση εξωτερικής επιφάνειας	Τρόπος δόμησης	
		Όψεις σε επαφή με όμορο	Ελεύθερες όψεις
Κανονική	Προστατευόμενη	0.78	1.10
	Ελεύθερη	1.32	1.87
	Άκρως απροστάτευτη	1.94	2.71
Ισχυρή	Προστατευόμενη	1.32	1.87
	Ελεύθερη	1.94	2.71
	Άκρως απροστάτευτη	2.65	3.65

**Πίνακας 3: Συντελεστής διεισδυτικότητας R**

Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα	R
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	< 3	0,9
	$3 \div 9$	0,7
Κούφωμα με Μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	< 6	0,9
	$\geq 6$	0,7

**Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)**



Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας  $U$  των δομικών στοιχείων του κτηρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010. Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a}$$

όπου,

$d_j$ , - το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού  $j$ ,

$\lambda_j$ , - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού  $j$ ,

$R_i$  και  $R_a$  - οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου και

$R_s$  - η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα.

Οι συντελεστές  $R_i$  και  $R_a$  καθορίζουν την αντίσταση θερμικής μετάβασης και δίνονται κατά περίπτωση στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 4: Συντελεστές αντίστασης θερμικής μετάβασης.**

	$R_i$	$R_a$
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,13	0,04
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,13	0,13
Τοίχος σε επαφή με έδαφος	0,13	0,00
Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,04
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,10
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,04
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής καλείται να εκτιμήσει τη θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών δομικών στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη και το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου. Προς αυτή την κατεύθυνση κωδικοποιούνται για τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης όλα τα κτήριο σε επί μέρους κατηγορίες, σύμφωνα με την περίοδο ανέγερσής

τους και το βαθμό της θερμομονωτικής τους προστασίας. Οι τυπικές τιμές τους δίνονται στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 5: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία**

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. Χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. Χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00

Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Αντίστοιχα ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου  $U_w$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

όπου,

$U_f$  - ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

$U_g$  - ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$A_f$  - το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

$A_g$  - το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$l_g$  - το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και

$\Psi_g$  - ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

**Πίνακας 6: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_{w\_F}$  [W/(m<sup>2</sup>K)].**

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου $F_f$	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επιστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο Αέρα6 mm	με διάκενο Αέρα12 mm	με διάκενο Αέρα6 mm	με διάκενο Αέρα12 mm
			[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5

Θερμοδιακοπή.	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
<b>Εξωτερικές Πόρτες</b>						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m <sup>2</sup> K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

## Συνθήκες άνεσης

Σ' αυτήν την ενότητα καθορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου και που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου ο επιθεωρητής καθορίζει και τον αριθμό των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών, στις οποίες θα διαχωριστεί το κτήριο κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση.

Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου.
- Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτήριο μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή διακριτοποιείται (διαχωρίζεται) κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον διακριτοποιηθεί ένα κτήριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η ενεργειακή μελέτη με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτηρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την ενεργειακή μελέτη είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009

### **Αποτελέσματα-Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης**

Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου, όπου εκτιμάται η ζήτηση του κτηρίου σε ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική) για φωτισμό, θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης, ηλεκτρικά φορτία, εκτιμώνται οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο και δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα και πίνακες της υφιστάμενης/ παρούσας κατάστασης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου.

Προτείνονται παρεμβάσεις και εκτιμώνται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης.

Ο υπολογισμός των χρόνων απόσβεσης γίνεται από το υπολογιστικό πρόγραμμα με βάση την εξοικονόμηση που έχει η κάθε παρέμβαση στην καταναλισκόμενη ενέργεια.

Κάθε παρέμβαση εξετάζεται ξεχωριστά και δίνονται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης, μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και χρόνου απόσβεσης.

Ο χρόνος απόσβεσης μιας παρέμβασης εκτιμάται με βάση το εκτιμώμενο κόστος προς την υπολογιζόμενη εξοικονόμηση ενέργειας ανηγμένη σε χρηματικό ποσό.

Η εκτίμηση της εξοικονόμησης γίνεται με βάση το καύσιμο που χρησιμοποιείται και την θερμογόνο τιμή του.

## **7.1.2 Δεδομένα Εξωτερικού Περιβάλλοντος**

### **Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία**

#### **Γενικά**

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη έχουν συγκεντρωθεί από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», για τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό αυτόν της Σάμου (ύψος βαρομέτρου: 7.30μ, Γεωγραφικό Πλάτος: 37° 42' Β, Γεωγραφικό μήκος: 26° 55' Α) και αφορούν μακροχρόνιες μετρήσεις. Τα ίδια δεδομένα είναι ενσωματωμένα σε βιβλιοθήκη του λογισμικού.

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους του προσανατολισμούς, για την περιοχή της Σάμου. Το υψόμετρο της περιοχής που βρίσκεται το κτήριο είναι κάτω από τα 500m. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Α.

### Θερμοκρασία

Ο θερμότερος μήνας στην περιοχή είναι ο Ιούλιος ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Φεβρουάριος. Σε απόλυτες τιμές, η μέγιστη θερμοκρασία σημειώθηκε τον μήνα Ιούλιο (32.7 °C), ενώ η ελάχιστη τον μήνα Ιανουάριο (6.6 °C). Τα παραπάνω μεγέθη παρουσιάζονται σε μηνιαία και ετήσια βάση στον επόμενο Πίνακα.

**Πίνακας 7: Τιμές Θερμοκρασίας (°C)**

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Τιμή (°C)	10,4	10,2	12,2	16,1	20,8	25,7	28,6	28,2	24,4	19,6	14,7	12,0
Μέση Μέγιστη Τιμή (°C)	13,4	13,4	15,7	19,7	24,7	29,8	32,7	32,5	28,6	23,4	18,0	14,9
Μέση Ελάχιστη Τιμή (°C)	7,0	6,6	8,0	10,7	14,5	19,0	22,4	22,4	18,9	15,1	10,9	8,7

### Άνεμοι

Όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί, οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή είναι οι βορειοανατολικοί. Η ένταση των επικρατούντων ανέμων κυμαίνεται από 2.8 m/sec έως 4.4 m/sec. Άνεμοι μεγάλης εντάσεως δεν αποτελούν γνώρισμα της περιοχής.

**Πίνακας 8: Ένταση και διεύθυνση ανέμων**

Μήνας	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (m/sec)
Ιανουάριος	ΒΑ	6.0
Φεβρουάριος	ΒΑ	6.2
Μάρτιος	ΒΑ	5.5



Μήνας	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (m/sec)
Απρίλιος	BA	4.3
Μάιος	BA	4.2
Ιούνιος	BA	4.7
Ιούλιος	BA	7.0
Αύγουστος	BA	6.6
Σεπτέμβριος	BA	5.7
Οκτώβριος	BA	5.1
Νοέμβριος	BA	5.5
Δεκέμβριος	BA	6.0

### Σχετική Υγρασία

Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 55.3% το μήνα Ιούλιο έως 72.1% το Δεκέμβριο. Η μέση υγρασία στην περιοχή είναι 65.37%.

### Πίνακας 9: Τιμές Υγρασίας (%)

Μήνας	Μέση Τιμή Υγρασίας (%)
Ιανουάριος	69,6
Φεβρουάριος	67,7
Μάρτιος	66,9
Απρίλιος	64,3
Μάιος	58,3
Ιούνιος	49,4
Ιούλιος	43,4
Αύγουστος	45,4
Σεπτέμβριος	51,6
Οκτώβριος	61,5
Νοέμβριος	68,4
Δεκέμβριος	72,2
<b>ΕΤΟΥΣ</b>	<b>59,89</b>

### 7.1.3 Προμελέτη Κτηρίου

#### Περιγραφή του Κτηρίου

Το κτήριο που στεγάζει το δημοτικό σχολείο βρίσκεται στο κέντρο του οικισμού Θύμαινας του δήμου Φούρνων Κορσεών σε γεωγραφικές συντεταγμένες  $37^{\circ}34'54.47''\text{B}$  και  $26^{\circ}27'10.01''\text{A}$ . Το κτήριο κατασκευάστηκε το 1950 και είναι ισόγειο συνολικού εμβαδού 63 τμ. Το κτήριο αναπτύσσεται στον άξονα Βορά – Νότου και έχει Δυτικό προσανατολισμό.

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζεται το κτήριο εξωτερικά καθώς και οι εσωτερικοί του χώροι :

#### Εικόνα 8: Είσοδος



**Εικόνα 9: Αίθουσα διδασκαλίας**



Όπως φαίνεται και από τις φωτογραφίες το κτήριο συνορεύει περιμετρικά με μια κατοικία στην ανατολική πλευρά, ενώ οι υπόλοιπες όψεις είναι ελεύθερες επομένως σκιάζεται μόνο από τα ανατολικά. Λόγω της αρχιτεκτονικής του όπως διακρίνεται και στις φωτογραφίες δεν διαθέτει επίσης οριζόντιους προβόλους ή πλευρικές προεξοχές.

### **Αποτελέσματα Ενεργειακής Επιθεώρησης**

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου του Δημοτικού σχολείου Θύμαινας ως ανάλυση των επιμέρους χαρακτηριστικών και συστημάτων του.

### **Γενικά στοιχεία-Χρόνοι Λειτουργίας**

Κατά την διαδικασία του ελέγχου καταγράφηκαν και εκτιμήθηκαν οι χρόνοι και περίοδοι λειτουργίας των διαφόρων συστημάτων και δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 10: Γενικά στοιχεία λειτουργίας κτηρίων**

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας Κτηρίου Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης		
Ώρες λειτουργίας	8	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010
Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	5	

Μήνες λειτουργίας	9	και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	11	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	300	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτήριο αναφοράς (W/m <sup>2</sup> )	5,50	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .έτος)]	0.68	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	60	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	16.4	
Εκλυόμενη θερμότητα από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	40	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.18	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	5	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.18	

## Κέλυφος κτηρίου

### Δομικά – τοιχοποιία

Η κατασκευή του κτηρίου που στεγάζει το δημοτικό σχολείο ολοκληρώθηκε το 1950 αρκετά χρόνια πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης. Επομένως κανένα δομικό στοιχείο του κτηρίου δεν φέρει μόνωση όπως έδειξαν και οι αναλυτικές μετρήσεις με χρήση θερμοκάμερας. Η κατασκευή του κελύφους αποτελείται από λιθοδομή πάχους 70 εκατοστών και φέρει ξύλινη στέγη με κεραμοσκεπή.

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701\_1\_2010 (πιν.3.4) είναι:

Εξωτερική Τοιχοποιία	: 3.85 W/m <sup>2</sup> °K
Στέγη	: 4.25 W/m <sup>2</sup> °K
Δάπεδο ισογείου προς έδαφος	: 3.10 W/m <sup>2</sup> °K

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη χρήση θερμοκάμερας για την εξωτερική τοιχοποιία.

**Εικόνα 10: Θερμογραφία**

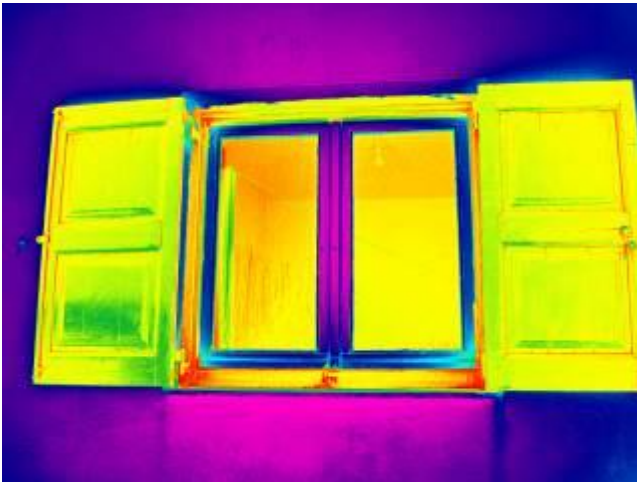


### **Ανοίγματα**

Ένα ποσοστό του κελύφους του κτηρίου καλύπτεται από ανοίγματα. Τα ανοίγματα αποτελούνται από ξύλινα ανοιγόμενα κουφώματα με μονό υαλοπίνακα με αρκετά κακή αεροστεγανότητα. Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων των παραθύρων στο Δημοτικό Σχολείο Θύμαινας είναι κακή και μάλιστα συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση των θερμικών απωλειών σε μια περιοχή με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη χρήση θερμοκάμερας στα ανοίγματα του κτηρίου.

Εικόνα 11: Θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα



Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου σύμφωνα με την TOTEE 20701\_1\_2010 (πιν.3.12) είναι:

Ξύλινο πλαίσιο (μονός υαλοπίνακας) : 5.0 W/m<sup>2</sup>K

Για τον συγκεκριμένο συνδυασμό πλαισίου – υαλοπίνακα, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με  $\Psi=0,06$  W/mK. Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους του υαλοπίνακα σε κάθετη πρόσπτωση είναι  $g=0,86$  και ο μέσος συντελεστής ηλιακού κέρδους του υαλοπίνακα είναι  $g_g=0,90 \times 0,86=0,774$ .

Το συνολικό εμβαδό των παραθύρων και των δύο κτηρίων είναι 19.11 m<sup>2</sup> και η διείσδυση του αέρα από χαραμάδες λαμβάνεται από την T.O.T.E.E. 20701-1 (πίνακας 3.26) και είναι ίση με 15.1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h). Συνολικά προκύπτει ότι η διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες ισούται με:

$$14.43 \text{ m}^2 * 15.1 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h}) = 218\text{m}^3/\text{h}$$

## Θέρμανση

### Κεντρική θέρμανση

Η θέρμανση του κτηρίου γίνεται με δύο αντλίες θερμότητας μια για την αίθουσα διδασκαλίας και μια για το γραφείο των δασκάλων θερμικής ισχύος 18.000 BTU η κάθε μια. Οι αντλίες θερμότητας έχουν τοποθετηθεί πρόσφατα και λειτουργούν σχετικά αποδοτικά



## Εικόνα 12: Αντλία θερμότητας



Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ο βαθμός επίδοσης των αντλιών θερμότητας λαμβάνεται σύμφωνα με τα δεδομένα του κατασκευαστή και είναι  $COP=2.8$

### Δίκτυο διανομής

Για τις τοπικές μονάδες παραγωγής θέρμανσης δεν προβλέπονται σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 απώλειες λόγω δικτύου διανομής επομένως για τον λόγο αυτό το δίκτυο διανομής δεν αναλύεται ως προς τα χαρακτηριστικά των μονώσεων του και λαμβάνεται βαθμός απόδοσης μονάδα.

### Τερματικές μονάδες

Ως τερματικές μονάδες απόδοσης θέρμανσης λειτουργούν οι εσωτερικές μονάδες των αντλιών θερμότητας. Στο σύνολό τους είναι τοποθετημένες σε κατάλληλες θέσεις επιτρέποντας την φυσική μεταφορά του θερμού αέρα ενώ η επιθεώρηση έδειξε ότι οι μονάδες βρίσκονται σε σχετικά καλή κατάσταση. Η απόδοση των θερμαντικών σωμάτων όπως προκύπτει από την TOTEE 20701\_1\_2010 (παρ. 4.4.2) είναι 0.97.

### Κλιματισμός



Οι αντλίες θερμότητας που περιγράφηκαν παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ψύξης στους χώρους του σχολείου. Σύμφωνα με Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) όμως για τα κτήρια πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης λόγω της εποχιακής τους λειτουργίας δεν υπολογίζεται κατανάλωση για την παραγωγή ψύξης. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν όπως περιγράφονται στην TOTEE 20701\_1\_2010 είναι : αντλίες θερμότητας (ονομαστικός δείκτης αποδοτικότητας 2.8 και μέσος μηνιαίος βαθμό κάλυψης της απαιτούμενης ψυκτικής ενέργειας ίσος με 0.5), δίκτυο διανομής (απόδοσης 95%), τερματικά (απόδοσης 95%) και βοηθητικές μονάδες (ισχύος 10 W/m<sup>2</sup>).

### **Ζεστό Νερό Χρήσης**

Στο συγκρότημα δεν υπάρχει σύστημα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης όμως χρησιμοποιήθηκαν τα θεωρητικά δεδομένα που προδιαγράφονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) τα οποία είναι : τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (απόδοσης 100%), με δίκτυο διανομής απόδοσης 100% και αποθήκευση με βαθμό απόδοσης 98%.

### **Αερισμός**

Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο από τους χρήστες του κτηρίου δια μέσω των ανοιγμάτων, ενώ λόγω και της χρήσης του κτηρίου μεγάλες ποσότητες αέρα εισέρχονται και από την κεντρική είσοδο λόγω της επίσκεψης του κοινού.

### **Φωτισμός**

#### **Φυσικός φωτισμός**

Καθώς το κτήριο έχει αρκετά ανοίγματα αλλά και λόγω του προσανατολισμού του, ο φυσικός φωτισμός σε μεγάλο μέρος, και κατά μεγάλο ποσοστό των ωρών χρήσης κρίνεται επαρκής για να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού για ένταση φωτισμού 300lux.

#### **Τεχνητός φωτισμός**

Για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού το κτήριο χρησιμοποιούν ως επί το πλείστο λαμπτήρες φθορισμού. Η κατάσταση των φωτιστικών κρίνεται μέτρια. Σύμφωνα με τις πραγματοποιηθείσες μετρήσεις όμως ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού για τη χρήση του κτηρίου. Έτσι στους περισσότερους χώρους δεν είναι επιβεβλημένη η χρήση τεχνητού φωτισμού κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου λειτουργίας των κτηρίων.

**Εικόνα 13: Τυπικό φωτιστικό σώματα**



Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού είναι 1.44 kWatt

#### 7.1.4 Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης

Η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE – KENAK. Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>), όπως :

1. Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη.
2. Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός), ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.).
3. Ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 (παράγραφος 1.2) είναι οι εξής:

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

Στα αποτελέσματα συγκρίνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και η κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση με τις αντίστοιχες τιμές του κτηρίου αναφοράς. Το κτήριο αναφοράς σύμφωνα με την παράγραφο 3 του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι : « Το κτήριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο Κτήριο. Το Κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.» και αποτελεί το μέτρο σύγκρισης για την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.

### Θερμικές Απώλειες Κτηρίου

Οι θερμικές απώλειες του κτηρίου υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία ανά ζώνη όπως περιγράφεται στους πίνακες 10, 11 και 12 της παραγράφου 3.2.1 για την περίοδο θέρμανσης (Οκτώβριος-Απρίλιος).

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση του κτηρίου, υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες προς το περιβάλλον μέσω μεταφοράς θερμότητας και αερισμού και αφαιρούνται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές.

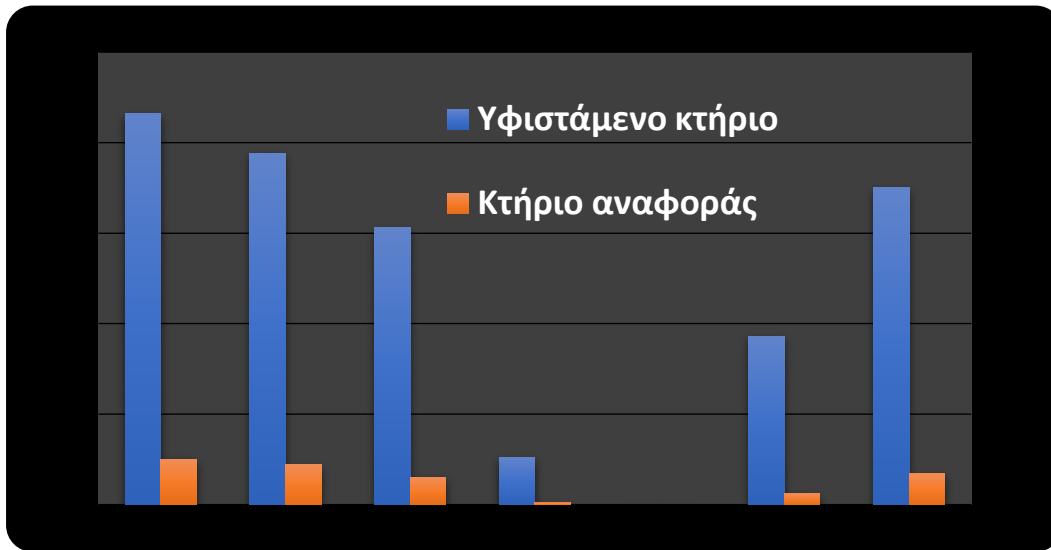
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμικές απώλειες, τα θερμικά κέρδη και οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης:

**Πίνακας 11: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (σε kWh/m<sup>2</sup>)**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	21.6	19.4	15.3	2.6	0	9.3	17.5	<b>85.7</b>
Κτήριο αναφοράς	2.5	2.2	1.5	0.1	0	0.6	1.7	<b>8.6</b>

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

**Διάγραμμα 1: Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την περίοδο θέρμανσης (σε kWh/m<sup>2</sup>)**



### Κατανάλωση Κτηρίου Για Θέρμανση

Η ποσότητα θερμότητας που αποδίδεται στον χώρο δια μέσω των θερμαντικών σωμάτων όπως υπολογίστηκε από την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε παραπάνω και με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης δίνεται παρακάτω.

**Πίνακας 12: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Κατανάλωση ενέργειας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	9.6	8.6	6.8	1.1	0	4.1	7.7	37.9
Κτήριο αναφοράς	0.8	0.7	0.5	0	0	0.2	0.6	2.8

### Ψυκτικά Φορτία Κτηρίου

Τα ψυκτικά φορτία του κτηρίου υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία για τους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιος-Σεπτέμβριος).

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων του κτηρίου, υπολογίζονται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές από τα οποία αφαιρείται η ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον μέσω μεταφοράς και αερισμού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ψυκτικά φορτία του κτηρίου κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου:

**Πίνακας 13: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Σύνολο

Υφιστάμενο κτήριο	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Κτήριο αναφοράς	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα οι απαιτήσεις του συγκροτήματος για ψύξη είναι μηδενικές λόγω της χρήσης του κτηρίου ως σχολικού συγκροτήματος.

### Ζήτηση Για Ζεστό Νερό Χρήσης

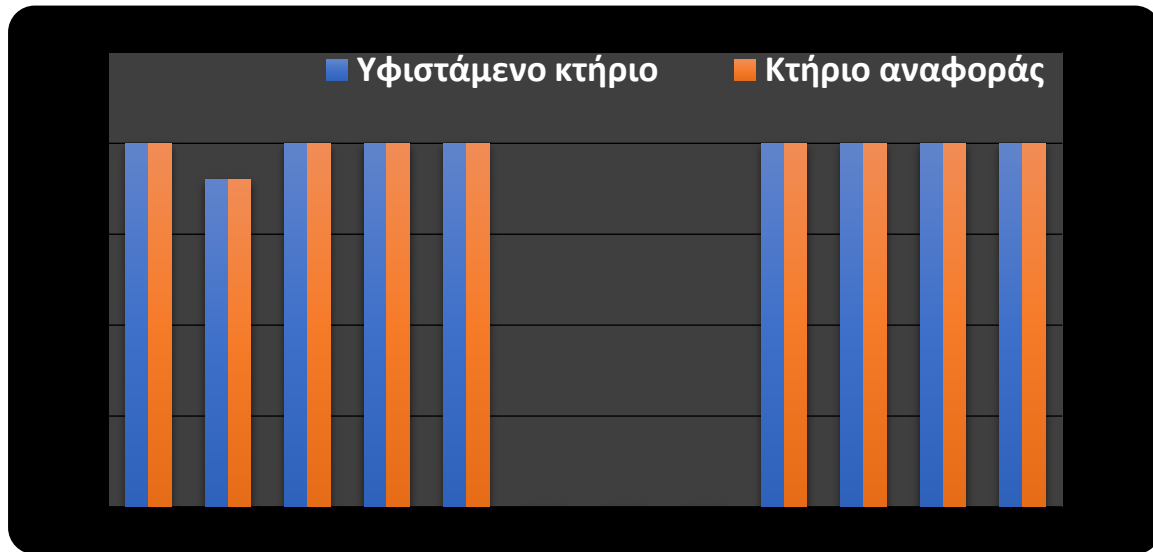
Η ανάγκες του κτηρίου για ζεστό νερό χρήσης υπολογίζονται από το λογισμικό ανά ζώνη με βάση τον θεωρητικό πληθυσμό που προκύπτει από τα τετραγωνικά και τη χρήση κάθε ζώνης. Οι ανάγκες του κτηρίου για τις ζώνες αυτές όπως προσδιορίστηκαν στους πίνακες 10, 11 και 12 της παραγράφου 3.2.1 δίνονται παρακάτω :

**Πίνακας 14: Ενεργειακές απαιτήσεις για ΖΝΧ (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	2	1.8	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	<b>17.9</b>
Κτήριο αναφοράς	2	1.8	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	<b>17.9</b>

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για ζεστό νερό χρήσης σχηματικά παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

## Διάγραμμα 2: Ενεργειακές απαιτήσεις για ΖΝΧ



### Κατανάλωση Ενέργειας Για Ζεστό Νερό Χρήσης

Με βάση την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και τον βαθμό απόδοσής της υπολογίζεται από το λογισμικό η κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί :

**Πίνακας 15: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	2.1	1.9	2.1	2	2.1	0	0	0	2	2.1	2	2.1	<b>18.3</b>
Κτήριο αναφοράς	1.8	1.6	1.8	1.7	1.8	0	0	0	1.7	1.8	1.7	1.8	<b>15.5</b>

Σχηματικά τα αποτελέσματα αυτά δίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα:

**Διάγραμμα 3: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ**



### Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό

Τα φωτιστικά στο κτήριο είναι στην πλειονότητά τους λαμπήρες πυράκτωσης t ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού υπολογίστηκε σε 0.6 kW. Θεωρείται ότι τα φωτιστικά παραμένουν αναμμένα στο μεγαλύτερο μέρος του ωραρίου λειτουργίας του κτηρίου.

Με βάση τα παραπάνω η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 10.4 kWh/m<sup>2</sup>.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στο κτήριο :

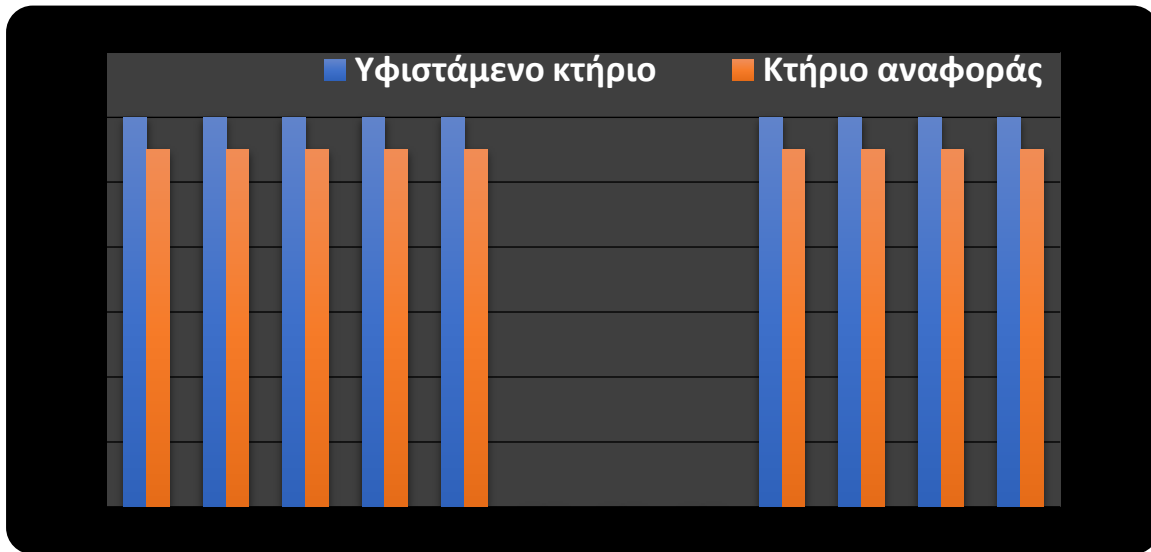
**Πίνακας 16: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	10.4
Κτήριο αναφοράς	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0	0	0	1.1	1.1	1.1	1.1	9.6

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για φωτισμό παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



**Διάγραμμα 4: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό**



#### Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η κατανάλωση τελικής ενέργειας στο κτήριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού, καθώς και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πετρέλαιο και παραγωγή ηλεκτρισμού).

**Πίνακας 17: Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση -ψύξη-φωτισμό - ΖΝΧ**

	kWh/m <sup>2</sup>
Θέρμανση	37.9
Ψύξη	0
Φωτισμός	10.4
ΖΝΧ	18.3
<b>Σύνολο</b>	<b>66.6</b>

**Πίνακας 18: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση -ψύξη- φωτισμό**

	kWh/m <sup>2</sup>
Για ηλεκτρισμό	66.6
Πετρέλαιο	0
<b>Σύνολο</b>	<b>66.6</b>

#### Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία του κτηρίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή στην ατμόσφαιρα σημαντικών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Οι συντελεστές για τον υπολογισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 19: Συντελεστές εκπομπών CO<sub>2</sub>**

	Kg CO <sub>2</sub> / kWh <sub>th</sub>	Kg CO <sub>2</sub> / kWh <sub>e</sub>
Πετρέλαιο	0.264	-
Φυσικό αέριο	0.196	-
Ηλεκτρική ενέργεια	-	0.989
Βιομάζα	-	-

Με τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται στη συνέχεια, αφ' ενός θα μειωθεί η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου, με αναμενόμενα οικονομικά οφέλη και παράλληλα θα μειωθεί και η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η οποία αντιστοιχεί στη λειτουργία των κτηρίων.

Σύμφωνα με την καταναλισκόμενη ενέργεια για την κάλυψη όλων των αναγκών του κτηρίου όπως αναφέρονται παραπάνω υπολογίζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> και δίνονται στον ακόλουθο πίνακα :

**Πίνακας 20: Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>)**

	Υφιστάμενο κτήριο	Κτήριο αναφοράς
Ηλεκτρισμός	65.9	30
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό αέριο	0	0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0	0
Ηλιακή	0	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	65.9	30

### Σχόλια – Παρατηρήσεις

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών είναι εμφανές ότι λόγω έλλειψης εφαρμογής μόνωσης στο κέλυφος το κτήριο έχει σημαντικές θερμικές απώλειες και αυτό καταγράφεται στην κατανάλωση καυσίμων για τη θέρμανσή του.

Ο φωτισμός τέλος γίνεται κατά κύριο λόγο με χρήση του τεχνητού φωτισμού, παρά το γεγονός ότι σε πολλές αίθουσες, μετρήθηκαν τιμές φυσικού φωτισμού, επαρκείς για τις ανάγκες χρήσης τους.

## 7.1.5 Προτάσεις επεμβασεων εξοικονομησης ενεργειας

### Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να αποφέρουν μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο του Δημοτικού σχολείου Θύμαινας καθώς και του λειτουργικού του κόστους.

Οι παρεμβάσεις που εξετάστηκαν αφορούν στη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης αλλά και της χρήσης φωτισμού.

Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν:

- α) Η προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος και του κτηρίου.
- β) Η αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα πιστοποιημένα
- γ) Η αντικατάσταση των φωτιστικών και η εγκατάσταση αισθητήρων φωτός

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι παραπάνω παρεμβάσεις και παρατίθενται τα αναμενόμενα αποτελέσματα της καθεμίας, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.

### Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου

Όπως αναφέρθηκε η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι αρκετά υψηλή και οφείλεται στην έλλειψη θερμομόνωσης.

Για την μείωση των θερμικών φορτίων λοιπόν προτείνεται η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων με διογκωμένη πολυστερίνη πάχους μονωτικού 8cm. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 3.85 W/m<sup>2</sup>°K σε 0.6 W/m<sup>2</sup>°K. Συγκεκριμένα θα τοποθετηθούν φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης με τα απαραίτητα συνδετικά υλικά (κόλλα, πλέγματα, βύσματα στερέωσης) και θα επιστρωθεί με έτοιμο σοβά στην απόχρωση του κτηρίου ή όποια ορίσει η επίβλεψη του έργου. Η θερμομόνωση θα τοποθετηθεί ως επί το πλείστον εξωτερικά του κτηρίου όπου αυτό επιτρέπεται.

Για τη θερμομόνωση της στέγης προτείνεται η τοποθέτηση φύλλων διογκωμένης πολυστερίνης ελάχιστου πάχους 5cm από στην πλάκα στην κάτω πλευρά της στέγης.

Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 4.25 W/m<sup>2</sup>C σε 0.45 W/m<sup>2</sup>C.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενεργειας

Οι υπολογισμοί των απωλειών και των θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου με το λογισμικό TEE KENAK επαναλήφθηκαν με χρήση των αναμενόμενων μειωμένων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων και της κεραμοσκεπής μετά την προσθήκη μόνωσης.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 21: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την προσθήκη θερμομόνωσης**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Προσθήκη θερμομόνωσης
Λειτουργικό κόστος (€)	214.40	434.80	229.70
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			12,137.80
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			92.8
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			47.2
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			2.3
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			30.6
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			59.2

### Κόστος υλοποίησης

Το εκτιμώμενο κόστος της παρέμβασης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 22: Κόστος επένδυσης για την προσθήκη θερμομόνωσης**

Υλικό-εργασία	Κόστος	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Κόστος (€)
Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας	50.00 €/m <sup>2</sup>	163.00	8.150,00 €
Θερμομόνωση κεραμοσκεπής	35.00 €/m <sup>2</sup>	63.74	2.230,90 €

### Αντικατάσταση Κουφωμάτων με Νέα Διπλού Υαλοπίνακα

Η παρέμβαση στα υαλοστάσια του κτηρίου εντάσσεται μαζί με την προηγούμενη στη θωράκιση του κτηρίου στα σημεία που θεωρείται ότι έχουν το σημαντικότερο πρόβλημα και που μπορούν να δεχτούν παρεμβάσεις. Όπως αναφέρθηκε τα παράθυρα έχουν ξύλινο κούφωμα με μονό υαλοπίνακα ενώ είναι αρκετά παλιά και με κακή αεροστεγανότητα. Προτείνεται η αντικατάστασή τους με αντίστοιχων

διαστάσεων και χρωμάτων κουφώματα PVC με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_f=2,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  και μέσου πλάτους πλαισίου 7,50 cm. Θα φέρουν Low-E υαλοπίνακα με πάχη 4-12-4 και αέρα στο διάκενο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι κατ' ελάχιστο  $U_g=2,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Με την παρέμβαση αυτή ο συντελεστής θερμικών απωλειών (U value) θα μειωθεί από 5.0 σε  $2,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$  ενώ παράλληλα ο συντελεστής αεροστεγανότητας θα μειωθεί από  $15.1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  σε  $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  μειώνοντας έτσι την διείσδυση εξωτερικού αέρα στον χώρο και κατ' επέκταση τις ενεργειακές δαπάνες τόσο της θέρμανση όσο και της ψύξης.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Οι υπολογισμοί των απωλειών και των θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου με το λογισμικό TEE KENAK επαναλήφθηκαν με χρήση των αναμενόμενων μειωμένων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας των νέων κουφωμάτων.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές  $\text{CO}_2$  φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 23: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών  $\text{CO}_2$  από την προσθήκη θερμομόνωσης**

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Αντικατάσταση παραθύρων
Λειτουργικό κόστος (€)	214.40	434.80	427.50
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3,647.90
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )			3.3
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1.7
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			19.4
Μείωση εκπομπών $\text{CO}_2$ ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )			1.1
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			499.7

### Αναβάθμιση του Συστήματος Φυσικού /Τεχνητού Φωτισμού

Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τον φωτισμό καθώς και τη βελτίωση της οπτικής άνεσης των μαθητών εντός των αιθουσών διδασκαλίας προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων τους. Η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων πυράκτωσης θα γίνει με φωτιστικά φθορισμού γραμμικών λαμπτήρων τύπου 4x18 Watt. Προτείνεται η τοποθέτηση δυο φωτιστικών σωμάτων στην αίθουσα διδασκαλίας και από ένα φωτιστικό σώμα στους διαδρόμους και την αίθουσα των δασκάλων. Για την καλύτερη χρήση του τεχνητού φωτισμού (χρόνος

λειτουργίας) και την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, προτείνεται επίσης η τοποθέτηση διάταξης αυτοματισμού για την ρύθμιση των χρόνων λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού και τη σύζευξή του με το φυσικό.

Η διάταξη αυτή στην απλούστερη μορφή της αποτελείται από φωτοκύτταρο/ αισθητήρα έντασης φωτισμού και ενσωματωμένο διακόπτη ρελέ για τον χειρισμό του φωτιστικού σώματος.

Ο φωτοαισθητήρας θα διακόπτει την λειτουργία του τεχνητού φωτισμού, στα κυκλώματα που είναι συνδεδεμένος, όταν η στάθμη του φυσικού φωτισμού είναι μεγαλύτερη από μια μέση τιμή που μπορεί να εξασφαλίσει την απαραίτητη οπτική άνεση στον χώρο. Θα έχει την δυνατότητα φιλτραρίσματος και καθυστέρησης ώστε να αποτρέπει τις διακυμάνσεις στην λειτουργία του π.χ από μια ξαφνική και παροδική ηλιοφάνεια.

Προτείνεται η τοποθέτηση ενός αισθητηρίου σε κατάλληλη εσωτερική θέση στην αίθουσα διδασκαλίας, και η σύνδεση του με την ηλεκτρολογική γραμμή των φωτιστικών του χώρου. Ανάλογα με την ένταση φυσικού φωτισμού μέσα στον χώρο θα επιτρέπει την λειτουργία του αντίστοιχου τεχνητού φωτισμού.

#### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Οι υπολογισμοί με το λογισμικό επαναλήφθηκαν με μειωμένη χρήση του τεχνητού φωτισμού και της εγκατεστημένης ισχύος των φωτιστικών.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 24: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την εγκατάσταση αυτοματισμού στο φωτισμό**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Σύζευξη φυσικού – Τεχνητού φωτισμού
Λειτουργικό κόστος (€)	214.40	434.80	407.40
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			400.00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			12.4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			6.3
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			4.2
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			14.5

#### Κόστος υλοποίησης

Το εκτιμώμενο κόστος της παρέμβασης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 25: Κόστος επένδυσης για την εγκατάσταση αυτοματισμού στο φωτισμό**

Υλικό-εργασία	Κόστος	Τεμάχια	Συνολικό κόστος
Εγκατάσταση φωτιστικών φορισμού	50 €/τεμάχιο	5	250 €
Εγκατάσταση και σύνδεση αισθητήρων φωτός	150 €/τεμάχιο	1	150 €
<b>Σύνολο</b>			400 €

### Σύνολο Παρεμβάσεων

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν και αναλύθηκαν οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν στο κτήριο του Δημοτικού σχολείου Θύμαινας. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν παρεμβάσεις που αφορούν στην αναβάθμιση της εγκατάστασης φωτισμού και τη μείωση των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων.

Από την υλοποίηση της συνολικής επέμβασης στο κτήριο, η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να μειωθεί κατά περίπου 55.1%. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μετά την υλοποίηση της επέμβασης παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα:

**Πίνακας 26: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από το σύνολο των παρεμβάσεων**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Σύνολο παρεμβάσεων
Λειτουργικό κόστος (€)	214.40	434.80	195.10
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			16,188.20
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			108.4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			55.1
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			2.6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			35.9
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			67.5

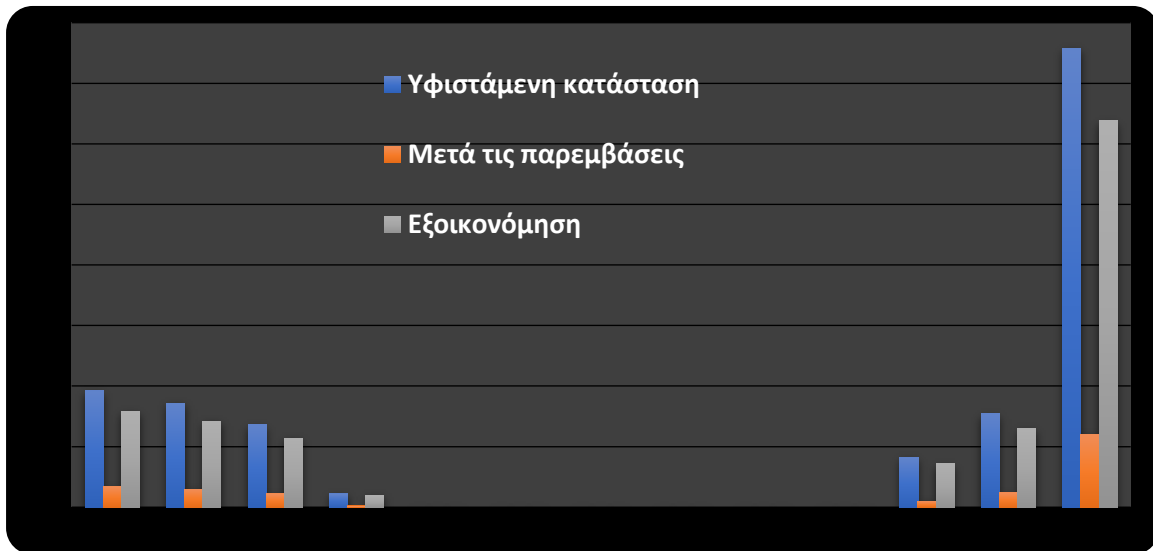
**Πίνακας 27: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση –ψύξη – ZNX-φωτισμό**

	Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> )	ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Φωτισμός (kWh/m <sup>2</sup> )

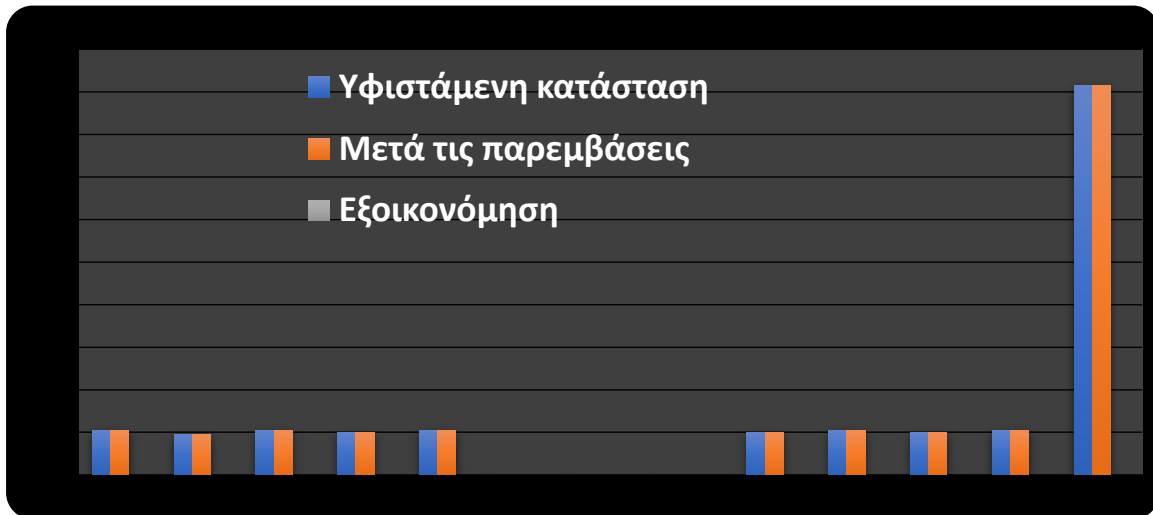


Πριν	37.9	0	18.3	10.4
Μετά	6	0	18.3	6
Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	84.17%	0	0.00%	42.31%

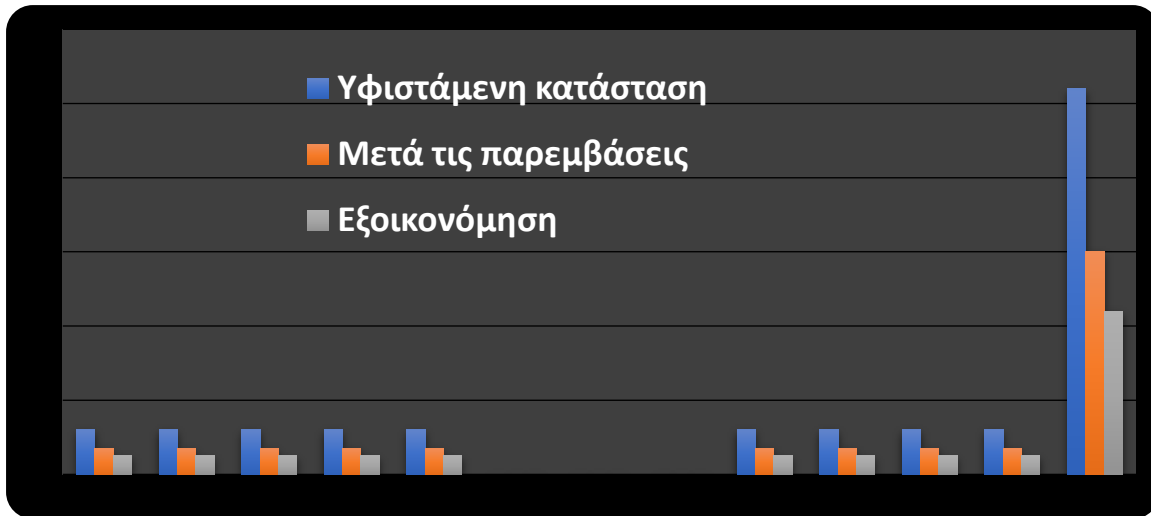
Διάγραμμα 5: Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



Διάγραμμα 6: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για Ζεστό Νερό Χρήσης πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



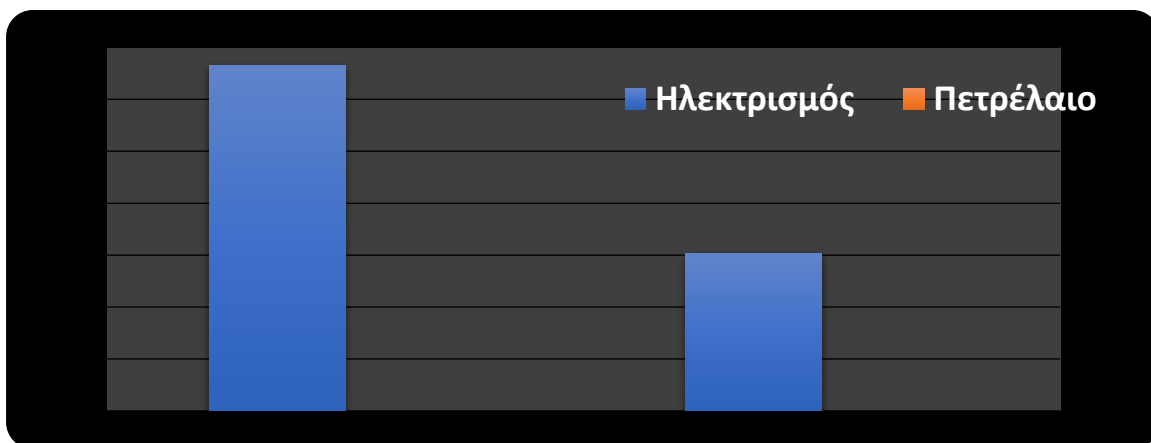
Διάγραμμα 7: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για Φωτισμό πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



Πίνακας 28: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις

	Πριν	Μετά	Εξοικονόμηση %
Για ηλεκτρισμό	66.6 kWh/m <sup>2</sup>	30.3 kWh/m <sup>2</sup>	54.50%
Πετρέλαιο	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0%
<b>Σύνολο</b>	<b>66.6 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>30.3 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>54.50%</b>

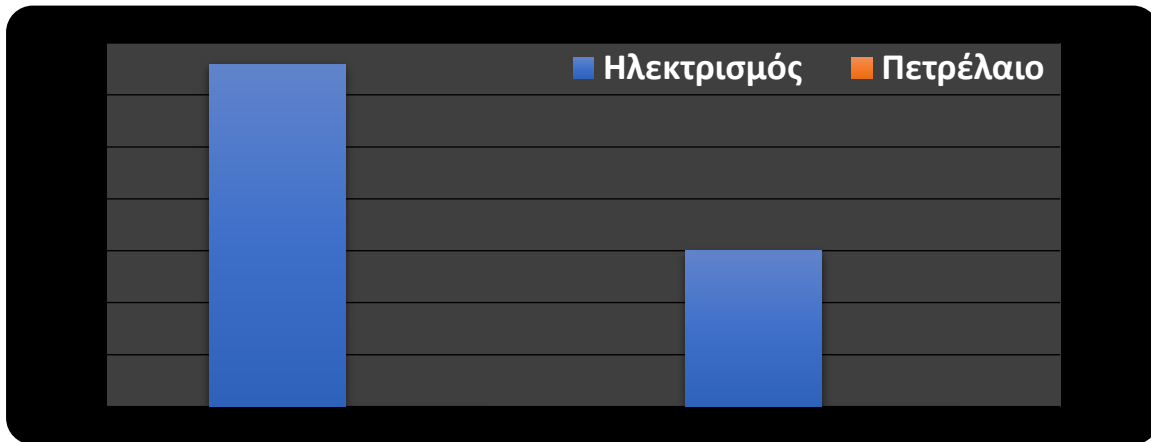
Διάγραμμα 8: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



### Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Με τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται, αναμένεται να επέλθει σημαντική μείωση της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η οποία αντιστοιχεί στη λειτουργία του κτηρίου. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ετήσια μείωση των εκπομπών από την υλοποίηση των παρεμβάσεων:

**Διάγραμμα 9: Ετήσια μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις**



Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, με την υλοποίηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) θα μειωθούν από 65.9 (kg/m<sup>2</sup>) σε 30 (kg/m<sup>2</sup>), μείωση κατά 54.48 %.

#### **Καθορισμός Κατάταξης Ενεργειακής Απόδοσης του Κτηρίου**

Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE KENAK και υπολογίστηκαν οι θερμικές του απώλειες, τα ψυκτικά φορτία, η ζήτηση ενέργειας για φωτισμό κ.α., σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις που προσδιορίζονται από τον νέο “Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης του Κτηριακού Τομέα” για το είδος χρήσης και τη γεωγραφική περιοχή του κτηρίου. Με τη μεθοδολογία που προσδιορίζεται από τον κανονισμό υπολογίστηκε η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του Κτηρίου Αναφοράς η οποία είναι **R<sub>R</sub> = 96.3 kWh/m<sup>2</sup>**.

Σύμφωνα με την κατανάλωση αυτή προκύπτει η κατηγορία που ανήκει το κτήριο στην παρούσα κατάσταση και η κατηγορία που θα βρεθεί εφαρμόζοντας τις παρεμβάσεις που προτείνονται παραπάνω. Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση όπως αναφέρθηκε είναι **EP = 196.6 kWh/m<sup>2</sup>**

Ο λόγος T (πηλίκο υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου EP προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς R<sub>R</sub>) είναι : **T = EP/R<sub>R</sub> = 196.6 / 96.3 = 2.04 R<sub>R</sub>**

Επομένως το κτήριο ανήκει στην κατηγορία **E**

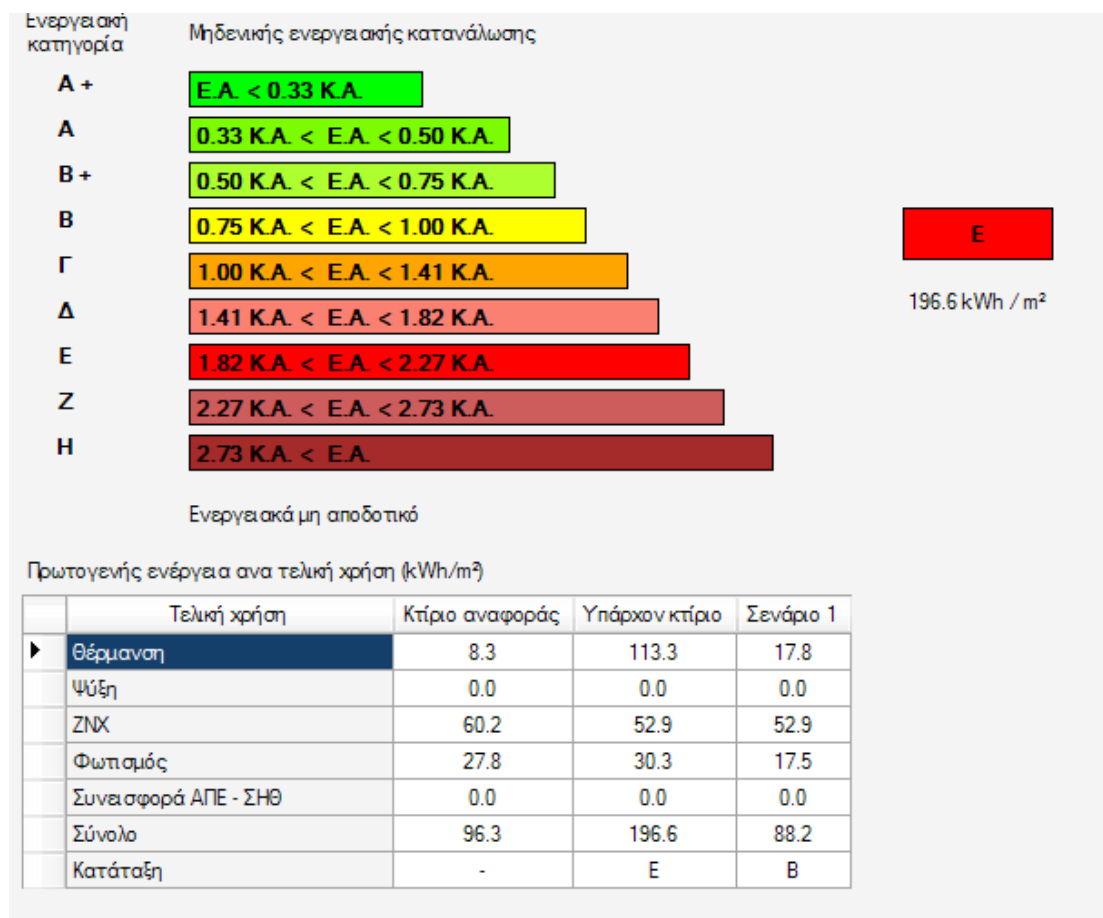
Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου μετά από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις είναι :  $EP = 88.2 \text{ kWh/m}^2$

Ο λόγος T στην περίπτωση αυτή θα είναι :  $T = EP/R_R = 88.2 / 96.3 = 0.91 R_R$

Επομένως το κτήριο μετά τις παρεμβάσεις θα ανήκει στην κατηγορία **B**

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου όπως προκύπτουν από το λογισμικό TEE-KENAK για τις συγκεκριμένες παρεμβάσεις παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα

**Εικόνα 14: Ενεργειακή κατάταξη του υφιστάμενου συγκροτήματος**



## 7.2 Διενέργεια Επιθεώρησης Δημοτικού Φούρνων

### Γενικά

Σύμφωνα με τα οριζόμενα του άρθρου 7 του ν. 3661/2008 και το άρθρο 10 του ν. 3851/2010 όπως καθορίζονται στην πρόσφατη Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος **T.O.T.E.E 20701-4/2010**.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποσκοπεί:

- α) στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης) και συνολικά,
- β) στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου,
- δ) στη σύνταξη συστάσεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Κατά την διάρκεια της Επιθεώρησης του Κτιρίου καταγράφονται στοιχεία του κτιρίου σχετικά με το:

- α) Κτηριακό κέλυφος,
- β) Σύστημα θέρμανσης,
- γ) Σύστημα ψύξης,
- δ) Σύστημα αερισμού,
- ε) Σύστημα φωτισμού,
- στ) Σύστημα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας & Συμπαραγωγής
- ε) Σύστημα Ύδρευσης, Αποχέτευσης & Άρδευσης (ενεργοβόρες συσκευές)
- ζ) Παραμέτρους εσωτερικών συνθηκών άνεσης.

### **Συλλογή στοιχείων**

Σε πρώτο στάδιο με τη βοήθεια των υπηρεσιών του Νοσοκομείου συλλέχθηκαν για τα προς επιθεώρηση κτήρια κάποια αρχικά στοιχεία όπως:

- Πλέον πρόσφατα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές), είτε άδειας, είτε εφαρμογής που έχουν εκπονηθεί.
- Έτος κατασκευής
- Πλέον πρόσφατες μελέτες (π.χ. θερμομόνωσης, ηλεκτρολογική μελέτη, μελέτη θέρμανσης και κλιματισμού, μελέτη φωτοτεχνίας) που να περιλαμβάνουν ει δυνατόν όποιες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια χρήσης του κτηρίου
- Χρήση κτηρίου (ωράριο λειτουργίας (ώρες/ημέρα, ημέρες/έτος), είδος χρήσης, αριθμός χρηστών)
- Κατανάλωση πετρελαίου (τιμολόγια αγοράς) για τα τρία τελευταία χρόνια
- Κατανάλωση ηλεκτρισμού (κατηγορία τιμολογίου ΔΕΗ και λογαριασμοί ρεύματος) για τα τρία τελευταία χρόνια

Στόχος του ελέγχου είναι η αναλυτική καταγραφή των γενικών και ειδικών χαρακτηριστικών του κτηρίου καθώς και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αυτού, της ενεργειακής συμπεριφοράς των χρηστών κ.α. προκειμένου να συλλεχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του και για να προταθούν οι κατάλληλες προτάσεις παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό.

Στο πλαίσιο του ελέγχου και προκειμένου να γίνει ακριβής αποτύπωση του κτηρίου, των ενεργειακών παραμέτρων και των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης σε αυτό, γίνονται οι παρακάτω μετρήσεις με εξειδικευμένο πιστοποιημένο μετρητικό εξοπλισμό:

Εμβαδά επιφανείας: Καταγραφή των εμβαδών των επιφανειών ανά όροφο και θερμική ζώνη.

Θερμοκρασία και υγρασία χώρου: Με χρήση ειδικού θερμομέτρου – υγρασιόμετρου με ενσωματωμένο θερμοστοιχείο μετράται η θερμοκρασία και η σχετικά υγρασία σε κάθε χώρο. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτηρίου.

Θερμοκρασία σημείων ενδιαφέροντος: Μετράται η θερμοκρασία σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία του κτηρίου, όπως για παράδειγμα η επιφάνεια των τοίχων ή του δαπέδου, των σωληνώσεων, των θερμαντικών σωμάτων κ.α. με χρήση ειδικού ψηφιακού υπέρυθρου θερμομέτρου με στόχευση λέιζερ.

Ανοίγματα: Γίνεται μέτρηση των διαστάσεων των ανοιγμάτων και καταγράφεται η αεροστεγανότητά τους.

Φωτισμός: Γίνεται καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων ως προς τον τύπο, την ισχύ, την ύπαρξη ανακλαστήρων και καλύμματος, την ύπαρξη αυτοματισμών (φωτοαισθητήρες / αισθητήρες κίνησης), την κατανομή των φωτιστικών στους βρόχους του ηλεκτρικού συστήματος κ.α. Με χρήση μετρητή φωτός με φωτοαισθητήρα μετράται η ένταση φωτισμού σε LUX σε κάθε χώρο. Η μέτρηση εκτελείται δύο φορές, μία για το φυσικό και μία για τον τεχνητό φωτισμό. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις έντασης φωτός σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτηρίου.

Θέρμανση: Για τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, με χρήση ειδικού εξοπλισμού μετράται η ενεργειακή απόδοση του συστήματος καυστήρα/λέβητα, η ποιοτική σύσταση των καυσαερίων σε μονοξείδιο/διοξείδιο του άνθρακα και περίσσεια οξυγόνου καθώς και ο δείκτης Bacharach. Γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως τύπος και χαρακτηριστικά καυστήρα/λέβητα, κυκλοφορητή κ.α. ενώ διαπιστώνεται κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες, αν υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης (π.χ. τρίοδη / τετράοδη βάνια), ανάκτησης θερμότητας, θερμοστατικοί διακόπτες κ.α. και αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

Ψύξη: Για τα συστήματα ψύξης γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως τύπος και χαρακτηριστικά της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, των fan coils, των αντλιών θερμότητας κ.α. ενώ διαπιστώνεται και κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες, αν υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης και ανάκτησης θερμότητας και αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

Αστοχίες στη θερμομόνωση: Με χρήση ειδικής κάμερας θερμικής απεικόνισης γίνεται αποτύπωση στο υπέρυθρο των θερμικών απωλειών του κτηρίου από το κέλυφος προκειμένου να εντοπιστούν αστοχίες ή θερμογέφυρες.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η αναλυτικά η μεθοδολογία συλλογής στοιχείων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, με βάση την ειδική λίστα ελέγχου.

## **Λίστα ενεργειακού ελέγχου**

### **Δομικά στοιχεία κτηρίου**

Ο έλεγχος των δομικών στοιχείων του κτηρίου περιλαμβάνει την καταγραφή του προσανατολισμού, των διαστάσεων όπως του ύψους και πλάτους των όψεων και του συνολικού κελύφους του κτηρίου καθώς και εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους από φυσικά ή τεχνητά σκίαστρα, κτήρια κλπ.

Επιπλέον περιλαμβάνει την μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδου του κελύφους του κτηρίου και καταγραφή-κατηγοριοποίηση των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών.

Από την καταγραφή αυτή θα εκτιμηθούν οι απώλειες δια μέσω της τοιχοποιίας του κτηρίου και θα υπολογιστεί η ζήτηση σε ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

### **Εξωτερικά ανοίγματα**

Ο έλεγχος των εξωτερικών ανοιγμάτων περιλαμβάνει την καταγραφή της θέσης, διαστάσεων, προσανατολισμού, κατάστασης, υλικού πλαισίου και υαλοστασίου όλων των εξωτερικών παραθύρων και θυρών του κτηρίου.

Επιπλέον καταγράφεται η ύπαρξη εσωτερικού και εξωτερικού σκιάστρου και η επίδραση του στην συμπεριφορά των υπολογιζόμενων μεγεθών.

Από την καταγραφή αυτή θα προκύψουν οι υπολογισμοί της ζήτησης σε ενέργεια για θέρμανση ψύξη και φωτισμό του κτηρίου.

### **Φυσικός φωτισμός**

Ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού περιλαμβάνει την καταγραφή της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε lux σε διάφορα καίρια σημεία στο εσωτερικό του κτηρίου, όπως θέσεις εργασίας κοντά σε παράθυρα, κεντρικά σημεία του χώρου, απομακρυσμένα σημεία από τα παράθυρα του χώρου, ώστε να εκτιμηθεί η επάρκεια φυσικού φωτισμού και να εξεταστεί η δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού για την κάλυψη των απαραίτητων σταθμών φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες χρήσης των χώρων.

### **Τεχνητός φωτισμός**

Ο έλεγχος του τεχνητού φωτισμού περιλαμβάνει την μέτρηση και καταγραφή του αριθμού, του τύπου, της ισχύος και της θέσης των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων, καθώς και της στάθμης φωτισμού στις διάφορες θέσεις και σημεία του χώρου.

Από την καταγραφή αυτή θα γίνει ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού καθώς και οι απαραίτητες προτάσεις σχετικά με την αντικατάσταση, αυτοματοποίηση της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων.



## Συστήματα Θέρμανσης

Ο έλεγχος του συστήματος θέρμανσης αποτελείται από τρεις τομείς

- Επιθεώρηση της κεντρικής θέρμανσης, όπου καταγράφονται η ισχύς και τα όρια λειτουργίας του λέβητα και του καυστήρα, ο τύπος τους, το καύσιμο, στοιχεία κατανάλωσης, βαθμός απόδοσης καύσης, θερμοκρασία περιεκτικότητα καυσαερίων, εκτίμηση της κατάστασης της συνολικής εγκατάστασης του λεβητοστασίου, όπως κυκλοφορητές, θερμοστάτες, αυτοματισμοί και πιθανά συστήματα εξοικονόμησης – αντιστάθμισης της λειτουργίας του.
- Επιθεώρηση του συστήματος διανομής όπου καταγράφεται το σύστημα διανομής, η ποιότητα των μονώσεων, η ύπαρξη και χωροθέτηση των θερμοστατών και πιθανές διατάξεις αυτοματισμού της λειτουργίας του.
- Επιθεώρηση των θερμαντικών σωμάτων, όπου καταγράφεται ο τύπος, ή θερμοκρασία, η χωροθέτηση των θερμαντικών σωμάτων καθώς και η αναγκαιότητα και ώρες λειτουργίας τους.
- Επιπλέον καταγράφεται η χρήση άλλων συστημάτων θέρμανσης, εναλλακτικά ή επικουρικά της κεντρικής θέρμανσης.

Από την καταγραφή αυτή θα γίνει εκτίμηση της κατανάλωσης του κτηρίου για θέρμανση και θα γίνουν οι απαραίτητες προτάσεις ρύθμισης και αυτοματοποίησης της λειτουργίας τους.

## Συστήματα κλιματισμού

Ο έλεγχος των συστημάτων κλιματισμού περιλαμβάνει την καταγραφή :

- Του κεντρικού συστήματος κλιματισμού και τις τοπικές εσωτερικές μονάδες όπου καταγράφονται τα χαρακτηριστικά όπως απόδοση, απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς για θέρμανση και ψύξη της κεντρικής και των εσωτερικών μονάδων.
- Η θέση ο αριθμός και η απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς της εξωτερικής και εσωτερικής μονάδας (σε περίπτωση κλιματισμού με διαιρούμενες μονάδες τύπου split).

Από την καταγραφή θα υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση σε ενέργεια για τις ανάγκες κλιματισμού και θα εκτιμηθούν οι πιθανές επεμβάσεις εξοικονόμησης.

## Συστήματα αερισμού

Κατά τον έλεγχο των συστημάτων εξαερισμού, γίνεται καταγραφή ή και εκτίμηση των εναλλαγών αέρα στην μονάδα του χρόνου προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανανέωση του αέρα του χώρου του κτηρίου.

Επίσης εξετάζεται η ύπαρξη συστημάτων ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας.

Ο έλεγχος των συστημάτων εξαερισμού ως σκοπό έχει την εκτίμηση του ποσού θερμικής ενέργειας το οποίο χάνεται κατά την απόρριψη του αέρα του εσωτερικού του κτηρίου και κατά επέκταση θα πρέπει να καλυφθεί από το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού.

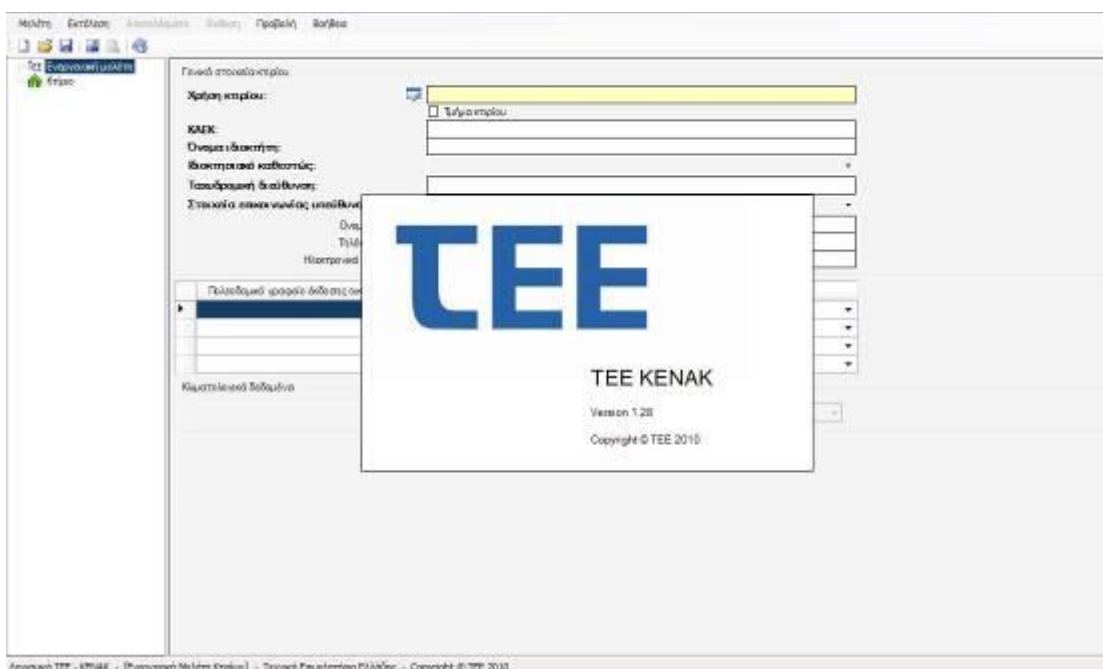
## Συσκευές – Εσωτερικά φορτία

Κατά τον έλεγχο καταγράφεται ο αριθμός των συσκευών όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κλπ αλλά και ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στο κτήριο, ώστε να εκτιμηθούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που επηρεάζουν τις ανάγκες θέρμανσης, κλιματισμού και εξαερισμού του κτηρίου.

### 7.2.1 Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών

#### Γενικά

Με βάση τα στοιχεία που συλλέγονται για το κτήριο τόσο κατά την αρχική φάση της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης όσο και κατά την αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση, έγινε υπολογισμός της ζήτησης ενέργειας του κτηρίου στους τομείς θέρμανση, ψύξη, φωτισμός και ζεστό νερό χρήσης. Για τους υπολογισμούς των ενεργειακών παραμέτρων του κτηρίου στους παραπάνω τομείς χρησιμοποιείται το λογισμικό TEE - KENAK Έκδοση 1.28.1.70 - Engine 1.7.6.19 , βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του νόμου 3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και των αντίστοιχων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και 20701-4/2010.



Στο λογισμικό συμπεριλαμβάνονται Ευρωπαϊκά και Διεθνή πρότυπα τα οποία βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα οριζόμενα στο Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα του κτηρίου – ΚΕΝΑΚ. Πιο συγκεκριμένα, έχουν χρησιμοποιηθεί τα παρακάτω πρότυπα:

1. ISO/DIS 13790 – CEN/TC 89 WI-14. “Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling” (17-03-2005).
2. ISO/DIS 13789 – CEN WI-23 part 2. “Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method” (December 2004).
3. CEN/TC 228 WI-2. “Heating systems in buildings – Energy performance of buildings – Overall energy use, primary energy and CO2 emissions” (May 2005).
4. CEN Draft prEN 15193-1 – CEN WI-13. “Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation” (March 2005).
5. CEN/TC 228 WI-9. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2.2.4: Space heating generation systems, the performance and quality of CHP electricity and heat” (December 2004).
6. CEN/TC 228 WI-11. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements)” (May 2005).
7. EPA-ED project. “EPA-ED Formulas – Calculation scheme” (September 2004).
8. EPA-ED project. “EPA-ED Calculation engine software – Data structure” (September 2004).
9. EPA-ED project. “Recommendations on EPA-ED method & tool” (September 2004).
10. EPA-U software. “Energieprestatie van utiliteitsgebouwen – Formulestructuur (inclusief winkels)” (November 2004). In Dutch (English title: “Energy performance of non-residential buildings – Formula structure (including retail buildings)”).
11. Soethout L. Scholten, J.E. & Elkhuzen B. Functional specification of the EPA-NR software - WP2b. Final version, March 2007. TNO. Delft, The Netherlands.

Για τη σύνταξη της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα ακόλουθα πρότυπα, κανονισμοί, επιστημονικά συγγράμματα και δημοσιεύσεις.

1. T.O.T.E.E. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
2. T.O.T.E.E. 20701-2/2010, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου».
3. T.O.T.E.E. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».
4. Duffie A John., Beckman A. William, «Solar Engineering of Thermal Processes». John Wiley & Sons,

INC., Second edition, 1991.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων προτύπων όπως προσδιορίζεται από τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτηρίων (ΚΕΝΑΚ). Στις επόμενες παραγράφους αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε βάσει των παραπάνω προτύπων για τον υπολογισμό της ζήτησης και κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και ζεστού νερού χρήσης. Επιπλέον, περιγράφεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αναγκών αερισμού του κτηρίου καθώς και οι απαιτήσεις θερμικής άνεσης των χρηστών.

### **Θέρμανση και ψύξη**

Οι ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO / EN 13790 (2005) με κριτήριο τη θερμική άνεση των χρηστών. Με βάση το πρότυπο υπολογίζονται:

- Οι απώλειες θερμότητας με μετάδοση και αερισμό όταν το κτήριο θερμαίνεται και ψύχεται σε συγκεκριμένη εσωτερική θερμοκρασία
- Η συνεισφορά των θερμικών ηλιακών κερδών στο ισοζύγιο του κτηρίου
- Οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές θερμοκρασίες για χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ετήσια χρήση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βασισμένη στην ζήτηση του κτηρίου, για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, και στην απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Το ποσό ενέργειας που αποτελεί τη ζήτηση του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη διαφέρει από την ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης λόγω του βαθμού απόδοσης των συστημάτων και εγκαταστάσεων του κτηρίου.

Ωστόσο, στην πράξη, και το ποσό ενέργειας που πραγματικά καταναλώνει το κτήριο διαφέρει από το υπολογιζόμενο καθώς σε αυτό υπεισέρχεται οι παράγοντες της χρήσης του κτηρίου (ρύθμιση θερμοστάτη κλπ) και της συμπεριφοράς των χρηστών (άνοιγμα παραθύρων).

### **Φωτισμός**

Οι ανάγκες του κτηρίου σε φωτισμό υπολογίζονται με χρήση του προτύπου prEN 15193:2006 λαμβάνοντας υπόψη την εγκατεστημένη ισχύ για φωτισμό, μεγέθη χρόνου, την ύπαρξη ή όχι αυτοματισμών για τη διακοπή της λειτουργίας, παράγοντες επίδρασης του φυσικού φωτισμού κ.α. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά τις παραμέτρους που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα του φωτισμού, στους υπολογισμούς εισάγονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Ετήσια λειτουργία, ως άθροισμα του ημερήσιου χρόνου λειτουργίας (χρόνος με φυσικό φωτισμό) και του χρόνου λειτουργίας χωρίς φυσικό φωτισμό
- Ετήσιος χρόνος φόρτισης των συσσωρευτών του φωτισμού έκτακτης ανάγκης (εάν υπάρχει)
- Ωφέλιμη επιφάνεια κτηρίου
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με την ύπαρξη φυσικού φωτισμού στο χώρο (αισθητήρες φωτός)
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη χρήση των χώρων (αισθητήρες κίνησης)
- Παράγοντας παρουσίας/απουσίας των χρηστών στους χώρους
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη λειτουργία συστημάτων ελέγχου φωτισμού
- Παράγοντας μείωσης της απόδοσης του φωτιστικού εξοπλισμού με την παλαιότητα (επίδραση της συντήρησης)
- Τύπος φωτιστικού σώματος και διατάξεων στραγγαλισμού (ballast).

### Ζεστό νερό χρήσης

Η κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης υπολογίζεται με τη βοήθεια του προτύπου CEN/TC 228 και της TOTEE 20701-1/2010. Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο  $Q_d$  σε (kWh/day) για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου σε Ζ.Ν.Χ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \rho \cdot \Delta T$$

όπου:

$V_d$  [lt /ημέρα] - το ημερήσιο φορτίο,

$\rho$  [kg/lt] - η μέση πυκνότητα του ζεστού νερού χρήσης,

$c$  [kJ/(kg.K)] - η ειδική θερμότητα του νερού,

$\Delta T$  [K] ή [°C] - η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ νερού δικτύου και ζεστού νερού χρήσης.

Η μέση θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στους 50°C, ενώ οι θερμοκρασίες νερού δικτύου ύδρευσης πόλης για την περιοχή όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών Περιοχών»

### Αερισμός

Είσοδος νωπού αέρα και αερισμός του κτηρίου επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: Μέσω των χαραμάδων από τα ανοίγματα και με φυσικό αερισμό ή τεχνητό αερισμό. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας από αερισμό χρησιμοποιείται το πρότυπο ISO/DIS 13789, με βάση το ρυθμό ανανέωσης του αέρα από τις χαραμάδες και μέσω φυσικού ή τεχνητού αερισμού.

Η ανανέωση αέρα που γίνεται από τους χρήστες του κτηρίου θεωρείται ότι είναι η ελάχιστη απαιτούμενη, εκτός αν υπάρχει μηχανικός αερισμός με δεδομένη παροχή.

Ο υπολογισμός της θερμικής ενέργειας που δαπανάται ώστε να θερμάνει ( ή να ψύξει) την ποσότητα αέρα που εισέρχεται στον χώρο δια μέσω των χαραμάδων των ανοιγμάτων υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παρ. 2.4.3, πίνακας 2.3), από τη σχέση:

$$Q_L = \Sigma Q A_i \quad (W/hC)$$

όπου:  $Q A_i = a \times \Sigma I \times R \times H$  για κάθε άνοιγμα

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

- α: Συντελεστής διείσδυσης αέρα
- ΣΙ: Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)
- R: Συντελεστής διεισδυτικότητας.
- H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης

Οι τιμές των συντελεστών α,R,H, δίνονται στους παρακάτω πίνακες ενώ η συνολική περίμετρος των ανοιγμάτων υπολογίζεται με βάση τις καταγραφές και μετρήσεις κατά την διάρκεια του ελέγχου.

**Πίνακας 29: Συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες.**

Υλικό Πλαισίου	Είδος Ανοίγματος	α [m <sup>3</sup> /(h.m)]
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	3
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2.5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	2
	Μέταλλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό.

<b>ή Συνθετικό</b>	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο.	
	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	<b>1.4</b>
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	<b>1.2</b>

**Πίνακας 30: Συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης**

Ανεμόπτωση	Θέση εξωτερικής επιφάνειας	Τρόπος δόμησης	
		Όψεις σε επαφή με όμορο	Ελεύθερες όψεις
<b>Κανονική</b>	Προστατευόμενη	<b>0.78</b>	<b>1.10</b>
	Ελεύθερη	<b>1.32</b>	<b>1.87</b>
	Άκρως απροστάτευτη	<b>1.94</b>	<b>2.71</b>
<b>Ισχυρή</b>	Προστατευόμενη	<b>1.32</b>	<b>1.87</b>
	Ελεύθερη	<b>1.94</b>	<b>2.71</b>
	Άκρως απροστάτευτη	<b>2.65</b>	<b>3.65</b>

**Πίνακας 31: Συντελεστής διεισδυτικότητας R**

Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα	R
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	< 3	0,9
	3 ÷ 9	0,7
Κούφωμα με Μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	< 6	0,9
	≥ 6	0,7

**Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)**

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας  $U$  των δομικών στοιχείων του κτηρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010. Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a}$$

όπου,

$d_j$ , - το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού  $j$ ,

$\lambda_j$ , - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού  $j$ ,  
 $R_i$  και  $R_a$  - οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου και  
 $R_s$  - η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα.

Οι συντελεστές  $R_i$  και  $R_a$  καθορίζουν την αντίσταση θερμικής μετάβασης και δίνονται κατά περίπτωση στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 32: Συντελεστές αντίστασης θερμικής μετάβασης.**

	$R_i$	$R_a$
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,13	0,04
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,13	0,13
Τοίχος σε επαφή με έδαφος	0,13	0,00
Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,04
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,10
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,04
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00



Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής καλείται να εκτιμήσει τη θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών δομικών στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη και το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου. Προς αυτή την κατεύθυνση κωδικοποιούνται για τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης όλα τα κτήριο σε επί μέρους κατηγορίες, σύμφωνα με την περίοδο ανέγερσής τους και το βαθμό της θερμομονωτικής τους προστασίας. Οι τυπικές τιμές τους δίνονται στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 33: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία**

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς προστασία θερμομονωτική			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. Χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. Χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00

Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Αντίστοιχα ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου  $U_w$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

όπου,

$U_f$  - ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

$U_g$  - ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$A_f$  - το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

$A_g$  - το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$l_g$  - το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και

$\Psi_g$  - ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

**Πίνακας 34: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_{w\_F}$  [W/(m<sup>2</sup>K)].**

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου Ff	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας	
			με διάκενο Αέρα6 mm	με διάκενο Αέρα12 mm	με διάκενο Αέρα6 mm	με διάκενο Αέρα12 mm
			[W/(m2K)]	[W/(m2K)]	[W/(m2K)]	[W/(m2K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
<b>Εξωτερικές Πόρτες</b>						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m²K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

## Συνθήκες άνεσης

Σ' αυτήν την ενότητα καθορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου και που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου ο επιθεωρητής καθορίζει και

τον αριθμό των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών, στις οποίες θα διαχωριστεί το κτήριο κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση.

Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.

- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται

καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου.

- Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτήριο μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή διακριτοποιείται (διαχωρίζεται) κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον διακριτοποιηθεί ένα κτήριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η ενεργειακή μελέτη με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτηρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την ενεργειακή μελέτη είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009

### **Αποτελέσματα-Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης**

Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου, όπου εκτιμάται η ζήτηση του κτηρίου σε ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική) για φωτισμό, θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης, ηλεκτρικά φορτία, εκτιμώνται οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο και δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα και πίνακες της υφιστάμενης/ παρούσας κατάστασης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου.

Προτείνονται παρεμβάσεις και εκτιμώνται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης.

Ο υπολογισμός των χρόνων απόσβεσης γίνεται από το υπολογιστικό πρόγραμμα με βάση την εξοικονόμηση που έχει η κάθε παρέμβαση στην καταναλισκόμενη ενέργεια.

Κάθε παρέμβαση εξετάζεται ξεχωριστά και δίνονται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης, μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και χρόνου απόσβεσης.

Ο χρόνος απόσβεσης μιας παρέμβασης εκτιμάται με βάση το εκτιμώμενο κόστος προς την υπολογιζόμενη εξοικονόμηση ενέργειας ανηγμένη σε χρηματικό ποσό.

Η εκτίμηση της εξοικονόμησης γίνεται με βάση το καύσιμο που χρησιμοποιείται και την θερμογόνο τιμή του.

## 7.2.2 Δεδομένα Εξωτερικού Περιβάλλοντος

### Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία

#### Γενικά

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη έχουν συγκεντρωθεί από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», για τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό αυτόν της Σάμου (ύψος βαρομέτρου: 7.30μ, Γεωγραφικό Πλάτος: 37° 42' Β, Γεωγραφικό μήκος: 26° 55' Α) και αφορούν μακροχρόνιες μετρήσεις. Τα ίδια δεδομένα είναι ενσωματωμένα σε βιβλιοθήκη του λογισμικού.

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους του προσανατολισμούς, για την περιοχή της Σάμου. Το υψόμετρο της περιοχής που βρίσκεται το κτήριο είναι κάτω από τα 500m. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Α.

#### Θερμοκρασία

Ο θερμότερος μήνας στην περιοχή είναι ο Ιούλιος ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Φεβρουάριος. Σε απόλυτες τιμές, η μέγιστη θερμοκρασία σημειώθηκε τον μήνα Ιούλιο (32.7 °C), ενώ η ελάχιστη τον μήνα Ιανουάριο (6.6 °C). Τα παραπάνω μεγέθη παρουσιάζονται σε μηνιαία και ετήσια βάση στον επόμενο Πίνακα.

**Πίνακας 35: Τιμές Θερμοκρασίας (°C)**

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Μέση Μηνιαία Τιμή (°C)</b>	10,4	10,2	12,2	16,1	20,8	25,7	28,6	28,2	24,4	19,6	14,7	12,0
<b>Μέση Μέγιστη Τιμή (°C)</b>	13,4	13,4	15,7	19,7	24,7	29,8	32,7	32,5	28,6	23,4	18,0	14,9
<b>Μέση Ελάχιστη Τιμή (°C)</b>	7,0	6,6	8,0	10,7	14,5	19,0	22,4	22,4	18,9	15,1	10,9	8,7

#### Άνεμοι

Όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί, οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή είναι οι βορειοανατολικοί. Η ένταση των επικρατούντων ανέμων κυμαίνεται από 2.8 m/sec έως 4.4 m/sec. Άνεμοι μεγάλης εντάσεως δεν αποτελούν γνώρισμα της περιοχής.

**Πίνακας 36: Ένταση και διεύθυνση ανέμων**

Μήνας	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (m/sec)
Ιανουάριος	BA	6.0
Φεβρουάριος	BA	6.2
Μάρτιος	BA	5.5
Απρίλιος	BA	4.3
Μάιος	BA	4.2
Ιούνιος	BA	4.7
Ιούλιος	BA	7.0
Αύγουστος	BA	6.6
Σεπτέμβριος	BA	5.7
Οκτώβριος	BA	5.1
Νοέμβριος	BA	5.5
Δεκέμβριος	BA	6.0

### Σχετική Υγρασία

Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 55.3% το μήνα Ιούλιο έως 72.1% το Δεκέμβριο. Η μέση υγρασία στην περιοχή είναι 65.37%.

**Πίνακας 37: Τιμές Υγρασίας (%)**

Μήνας	Μέση Τιμή Υγρασίας (%)
Ιανουάριος	69,6
Φεβρουάριος	67,7
Μάρτιος	66,9

Μήνας	Μέση Τιμή Υγρασίας (%)
Απρίλιος	64,3
Μάιος	58,3
Ιούνιος	49,4
Ιούλιος	43,4
Αύγουστος	45,4
Σεπτέμβριος	51,6
Οκτώβριος	61,5
Νοέμβριος	68,4
Δεκέμβριος	72,2
<b>ΕΤΟΥΣ</b>	<b>59,89</b>

### 7.2.3 Προμελέτη Κτηρίου

#### Περιγραφή του Κτηρίου

Το κτήριο που στεγάζει το δημοτικό σχολείο βρίσκεται στο κέντρο του οικισμού των Φούρνων Κορσεών σε γεωγραφικές συντεταγμένες 37°34'32.77"Β και 26°28'52.78"Α. Αποτελείται από δύο κτήρια κατασκευασμένα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Το πρώτο κτήριο κατασκευάστηκε το 1950 και είναι ισόγειο συνολικού εμβαδού 208.5 τμ. ενώ το δεύτερο κτήριο είναι διώροφο και έχει συνολικό εμβαδό 427.1 τμ. Και έχει κατασκευαστεί το 1985. Το παλιό κτήριο του δημοτικού σχολείου αναπτύσσεται στον άξονα Ανατολής – Δύσης και έχει βορινό προσανατολισμό ενώ το μεταγενέστερο κτήριο έχει Δυτικό.

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα κτήρια εξωτερικά καθώς και οι εσωτερικοί τους χώροι :

#### Εικόνα 15: Παλιό κτήριο Βορινή όψη



Εικόνα 16: Νέο κτήριο Δυτική όψη





Εικόνα 17: Παλιό κτήριο Νότια όψη



Εικόνα 18: Δυτική Όψη



Εικόνα 19: Αίθουσα διδασκαλίας



Τα δύο κτήρια δεν συνορεύουν περιμετρικά με κανένα άλλο κτήριο είναι δηλαδή πανταχόθεν ελεύθερα επομένως σκιάζονται μόνο μεταξύ τους και από την περιμετρική φύτευση. Λόγω της αρχιτεκτονικής τους όπως διακρίνεται και στις φωτογραφίες τα δύο κτήρια δεν διαθέτουν επίσης οριζόντιους προβόλους ή πλευρικές προεξοχές.

### Αποτελέσματα Ενεργειακής Επιθεώρησης

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση των κτηρίων του Δημοτικού σχολείου Φούρνων ως ανάλυση των επιμέρους χαρακτηριστικών και συστημάτων του.

### Γενικά στοιχεία-Χρόνοι Λειτουργίας

Κατά την διαδικασία του ελέγχου καταγράφηκαν και εκτιμήθηκαν οι χρόνοι και περίοδοι λειτουργίας των διαφόρων συστημάτων και δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

### Πίνακας 38: Γενικά στοιχεία λειτουργίας κτηρίων

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας Κτηρίου Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης		
Ώρες λειτουργίας	8	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε
Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	5	
Μήνες λειτουργίας	9	



Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	20701-3/2010
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	11	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	300	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτήριο αναφοράς (W/m <sup>2</sup> )	5,50	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .έτος)]	0.68	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	60	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	16.4	
Εκλυόμενη θερμότητα από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	40	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.18	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	5	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.18	

## Κέλυφος κτηρίου

### Δομικά – τοιχοποιία

Η κατασκευή των κτηρίων που στεγάζουν το δημοτικό σχολείο ολοκληρώθηκε το 1950 για το πρώτο κτίσμα και το 1985 για το δεύτερο. Όπως γίνεται αντιληπτό στο πρώτο κτίσμα δεν υπάρχει θερμομόνωση σε κανένα σημείο του κελύφους ενώ για το δεύτερο η εφαρμογή μόνωσης κρίνεται ελλιπής όπως διακρίνεται και στις εικόνες από τη θερμογράφισή του.

Η κατασκευή του κελύφους στο παλιό κτήριο αποτελείται από λιθοδομή πάχους 70 εκατοστών και φέρει ξύλινη στέγη με κεραμοσκεπή, ενώ για το δεύτερο κτήριο η κατασκευή αποτελείται από φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος και τοιχοποιίες πλήρωσης από διάτρητους οπτόπλινθους.

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου σύμφωνα με την TOTEE 20701\_1\_2010 (πιν.3.4) είναι:

### Παλιό κτήριο

Εξωτερική Τοιχοποιία	: 3.85 W/m <sup>2</sup> °K
Στέγη	: 4.25 W/m <sup>2</sup> °K

Δάπεδο ισογείου προς έδαφος : 3.10 W/m<sup>2</sup>°K

### Νεότερο κτήριο

Εξωτερική Τοιχοποιία : 1.00 W/m<sup>2</sup>°K

Δώμα : 0.95 W/m<sup>2</sup>°K

Δάπεδο ισογείου προς έδαφος : 0.95 W/m<sup>2</sup>°K

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη χρήση θερμοκάμερας για την εξωτερική τοιχοποιία.

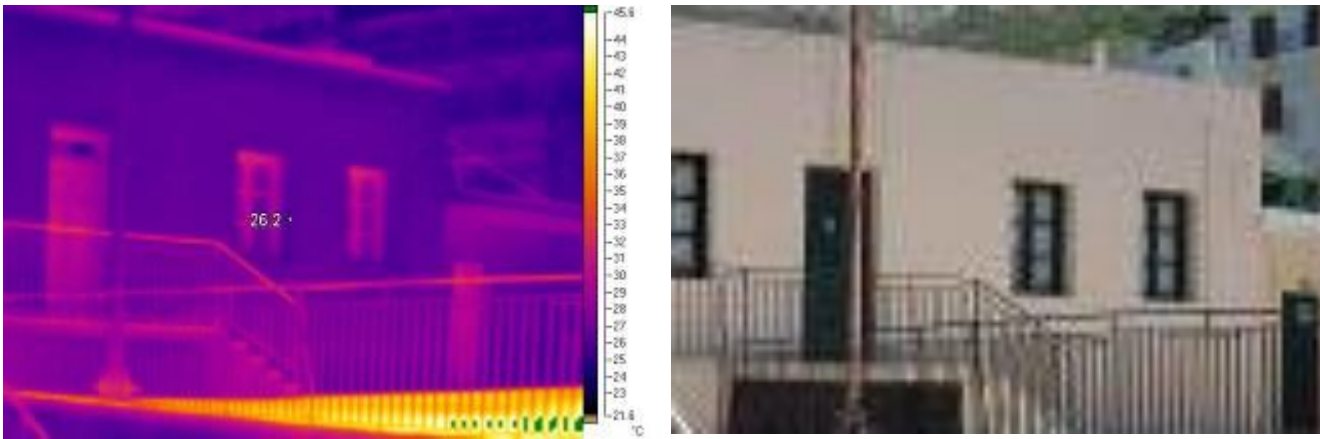
Εικόνα 20: Νότια πλευρά πλευρά (Παλιό κτήριο)



Εικόνα 21: Δυτική πλευρά



Εικόνα 22: Νότια πλευρά

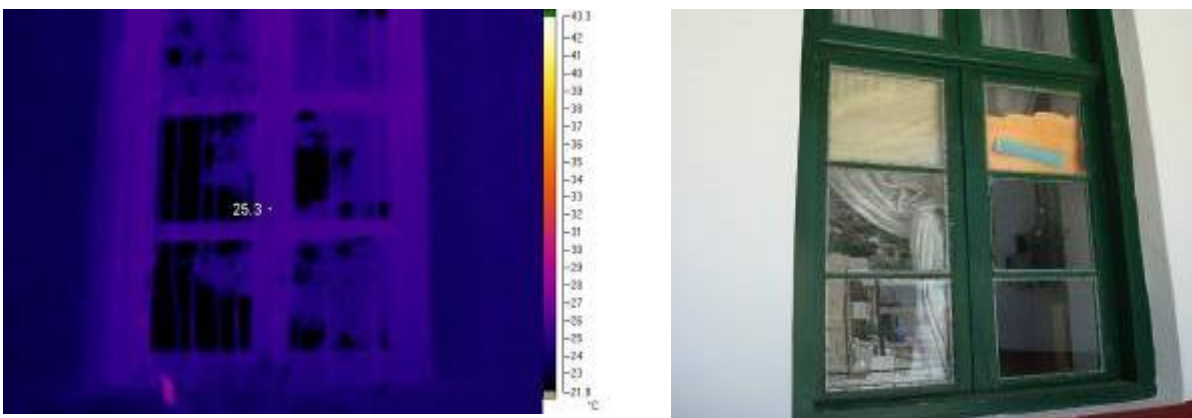


### Ανοίγματα

Ένα ποσοστό του κελύφους των κτηρίων καλύπτεται από ανοίγματα. Τα ανοίγματα αποτελούνται από ξύλινα ανοιγόμενα κουφώματα με μονό υαλοπίνακα με αρκετά κακή αεροστεγανότητα. Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων των παραθύρων στο Δημοτικό Σχολείο Φούρνων είναι κακή και μάλιστα συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση των θερμικών απωλειών σε μια περιοχή με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη χρήση θερμοκάμερας στα ανοίγματα του κτηρίου.

Εικόνα 23: Θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα



Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701\_1\_2010 (πιν.3.12) είναι:

Ξύλινο πλαίσιο (μονός υαλοπίνακας) : 5.0 W/m<sup>2</sup>°K

Για τον συγκεκριμένο συνδυασμό πλαισίου – υαλοπίνακα, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με  $\Psi=0,06$  W/mK. Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους του υαλοπίνακα σε κάθετη πρόσπτωση είναι  $g=0,86$  και ο μέσος συντελεστής ηλιακού κέρδους του υαλοπίνακα είναι  $g_{gl}=0,90 \times 0,86=0,774$ .

Η διείσδυση του αέρα από χαραμάδες λαμβάνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (πίνακας 3.26) και είναι ίση με 7.9 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h) για τις πόρτες και 15.1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h) για τα παράθυρα. Η συνολική διείσδυση αέρα υπολογίζεται αναλυτικά στον επόμενο πίνακα

**Πίνακας 39: Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων για τον υπολογισμό αθέλητου αερισμού**

Κτήριο	Τύπος	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Διείσδυση αέρα [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	Διείσδυση αέρα [m <sup>3</sup> /h]
	πόρτα	1.27	2.20	2.79	7.90	22
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	πόρτα	1.16	2.20	2.55	7.90	20
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35
	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35

NEO ΚΤΗΠΙΟ	παράθυρο	1.06	2.20	2.33	15.10	35	
	πόρτα	1.19	2.20	2.62	7.90	21	
	πόρτα	1.05	2.60	2.73	7.90	22	
	πόρτα	1.05	2.60	2.73	7.90	22	
	πόρτα	1.05	2.60	2.73	7.90	22	
	πόρτα	1.00	1.90	1.90	7.90	15	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	0.50	0.50	0.25	15.10	4	
	παράθυρο	0.50	0.50	0.25	15.10	4	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23	
	NEO ΚΤΗΠΙΟ	πόρτα	1.05	2.60	2.73	7.90	22
		πόρτα	1.05	2.60	2.73	7.90	22
πόρτα		1.05	2.60	2.73	7.90	22	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
πόρτα		1.05	2.60	2.73	7.90	22	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
παράθυρο		0.50	0.50	0.25	15.10	4	
παράθυρο		0.50	0.50	0.25	15.10	4	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	
παράθυρο		1.00	1.55	1.55	15.10	23	



	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23
	παράθυρο	1.00	1.55	1.55	15.10	23
Συνολικά						1358

## Θέρμανση

### Κεντρική θέρμανση

Η θέρμανση και των δύο κτηρίων γίνεται με θερμοσυσσωρευτές ισχύος περίπου 2KW ανά τερματική μονάδα ενώ υπολογίστηκε ότι υπάρχουν τέσσερα σώματα ανά αίθουσα. Οι θερμοσυσσωρευτές είναι πολύ παλιοί με πολύ κακή εκπομπή και κρίνεται ότι δεν επαρκούν λόγω μειωμένης απόδοσης να καλύψουν τις θερμικές απώλειες των κτηρίων.

### Εικόνα 24: Τυπικός θερμοσυσσωρευτής



Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ο βαθμός απόδοσης των θερμοσυσσωρευτών λαμβάνεται σύμφωνα με Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 BA=0.95.

### Δίκτυο διανομής

Για τις τοπικές μονάδες παραγωγής θέρμανσης δεν προβλέπονται σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 απώλειες λόγω δικτύου διανομής επομένως για τον λόγο αυτό το δίκτυο διανομής δεν αναλύεται ως προς τα χαρακτηριστικά των μονώσεων του και λαμβάνεται βαθμός απόδοσης μονάδα.

### Τερματικές μονάδες

Ως θερματικές μονάδες απόδοσης θέρμανσης λειτουργούν οι θερμοσυσσωρευτές. Στο σύνολό τους είναι τοποθετημένοι σε κατάλληλες θέσεις επιτρέποντας την φυσική μεταφορά του θερμού αέρα ενώ η επιθεώρηση έδειξε ότι οι μονάδες βρίσκονται σε αρκετά κακή κατάσταση. Η απόδοση των θερμαντικών σωμάτων όπως προκύπτει από την TOTEE 20701\_1\_2010 (παρ. 4.4.2) είναι 0.79.

## **Κλιματισμός**

Στο κτήριο δεν υπάρχουν εγκατεστημένα κλιματιστικά λόγω της εποχιακής λειτουργίας του και των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης όμως χρησιμοποιήθηκαν τα θεωρητικά δεδομένα που προδιαγράφονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) τα οποία είναι : αντλίες θερμότητας (ονομαστικός δείκτης αποδοτικότητας 2.8 και μέσος μηνιαίος βαθμό κάλυψης της απαιτούμενης ψυκτικής ενέργειας ίσος με 0.5), δίκτυο διανομής (απόδοσης 95%), θερματικά (απόδοσης 95%) και βοηθητικές μονάδες (ισχύος 10 W/m<sup>2</sup>).

## **Ζεστό Νερό Χρήσης**

Στο συγκρότημα δεν υπάρχει σύστημα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης όμως χρησιμοποιήθηκαν τα θεωρητικά δεδομένα που προδιαγράφονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) τα οποία είναι : τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (απόδοσης 100%), με δίκτυο διανομής απόδοσης 100% και αποθήκευση με βαθμό απόδοσης 98%.

## **Αερισμός**

Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο από τους χρήστες του κτηρίου δια μέσω των ανοιγμάτων, ενώ λόγω και της χρήσης του κτηρίου μεγάλες ποσότητες αέρα εισέρχονται και από την κεντρική είσοδο λόγω της επίσκεψης του κοινού.

## **Φωτισμός**

### **Φυσικός φωτισμός**

Καθώς το κτήριο έχει αρκετά ανοίγματα αλλά και λόγω του προσανατολισμού του, ο φυσικός φωτισμός σε μεγάλο μέρος, και κατά μεγάλο ποσοστό των ωρών χρήσης κρίνεται επαρκής για να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού για ένταση φωτισμού 300lux.

### **Τεχνητός φωτισμός**

Για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού τα κτήρια χρησιμοποιούν ως επί το πλείστο λαμπτήρες πυράκτωσης. Η κατάσταση των φωτιστικών κρίνεται μέτρια. Σύμφωνα με τις πραγματοποιηθείσες μετρήσεις όμως ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού για τη χρήση του κτηρίου. Έτσι στους περισσότερους χώρους δεν είναι επιβεβλημένη η χρήση τεχνητού φωτισμού κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου λειτουργίας των κτηρίων.

**Εικόνα 25: Τυπικό φωτιστικό σώματα**



Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού και στα δύο κτήρια είναι 15.81 kWatt

### 7.2.4 Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης

Η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE – KENAK. Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>), όπως :

1. Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη.
2. Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός), ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.).
3. Ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 (παράγραφος 1.2) είναι οι εξής:

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

Στα αποτελέσματα συγκρίνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και η κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση με τις αντίστοιχες τιμές του κτηρίου αναφοράς. Το κτήριο αναφοράς σύμφωνα με την παράγραφο 3 του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι : « Το κτήριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο Κτήριο. Το Κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.» και αποτελεί το μέτρο σύγκρισης για την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.

### Θερμικές Απώλειες Κτηρίου

Οι θερμικές απώλειες του κτηρίου υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία ανά ζώνη όπως περιγράφεται στους πίνακες 10, 11 και 12 της παραγράφου 3.2.1 για την περίοδο θέρμανσης (Οκτώβριος-Απρίλιος).

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση του κτηρίου, υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες προς το περιβάλλον μέσω μεταφοράς θερμότητας και αερισμού και αφαιρούνται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές.

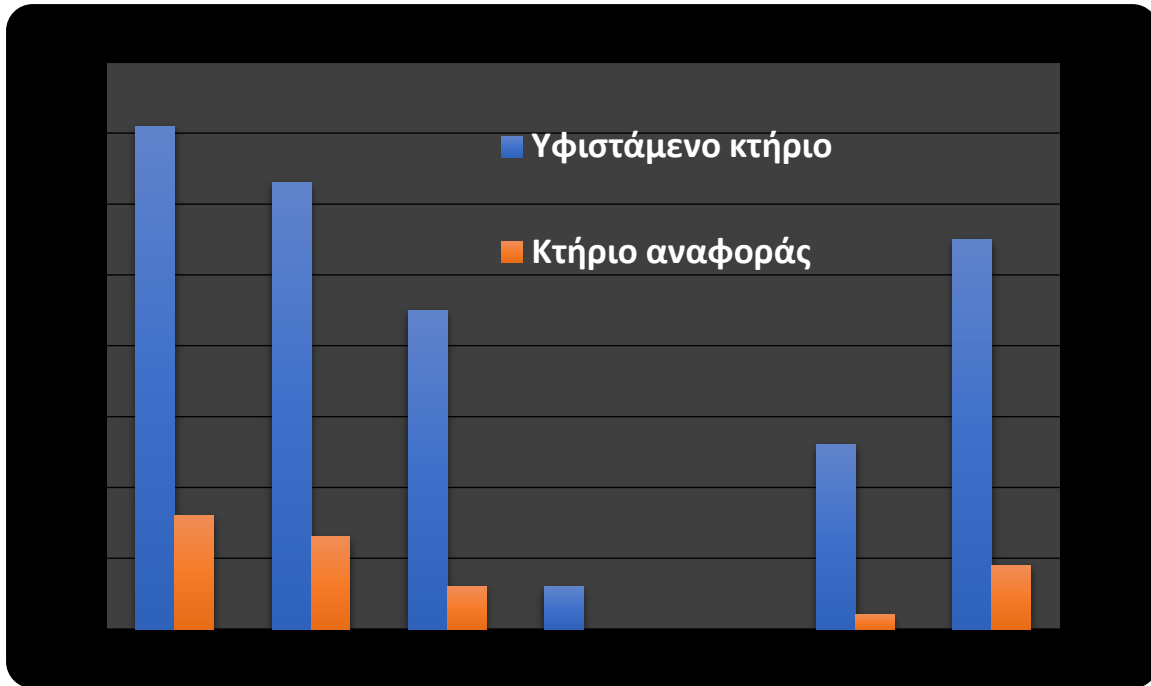
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμικές απώλειες, τα θερμικά κέρδη και οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης:

**Πίνακας 40: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (σε kWh/m<sup>2</sup>)**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	7.1	6.3	4.5	0.6	0	2.6	5.5	<b>26.6</b>
Κτήριο αναφοράς	1.6	1.3	0.6	0	0	0.2	0.9	<b>4.6</b>

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

**Διάγραμμα 10: Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την περίοδο θέρμανσης (σε kWh/m<sup>2</sup>)**



### Κατανάλωση Κτηρίου Για Θέρμανση

Η ποσότητα θερμότητας που αποδίδεται στον χώρο δια μέσω των θερμαντικών σωμάτων όπως υπολογίστηκε από την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε παραπάνω και με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης δίνεται παρακάτω.

Πίνακας 41: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (σε kWh/m<sup>2</sup>).

Κατανάλωση ενέργειας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	8.8	7.8	5.8	0.8	0	3.5	7	33.7
Κτήριο αναφοράς	1	0.9	0.5	0	0	0.2	0.7	3.5

### Ψυκτικά Φορτία Κτηρίου

Τα ψυκτικά φορτία του κτηρίου υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία για τους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιος-Σεπτέμβριος).

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων του κτηρίου, υπολογίζονται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές από τα οποία αφαιρείται η ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον μέσω μεταφοράς και αερισμού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ψυκτικά φορτία του κτηρίου κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου:

**Πίνακας 42: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	0	0	0	0	0	0
Κτήριο αναφοράς	0	0	0	0	0	0

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα οι απαιτήσεις του συγκροτήματος για ψύξη είναι μηδενικές λόγω της χρήσης του κτηρίου ως σχολικού συγκροτήματος.

### Ζήτηση Για Ζεστό Νερό Χρήσης

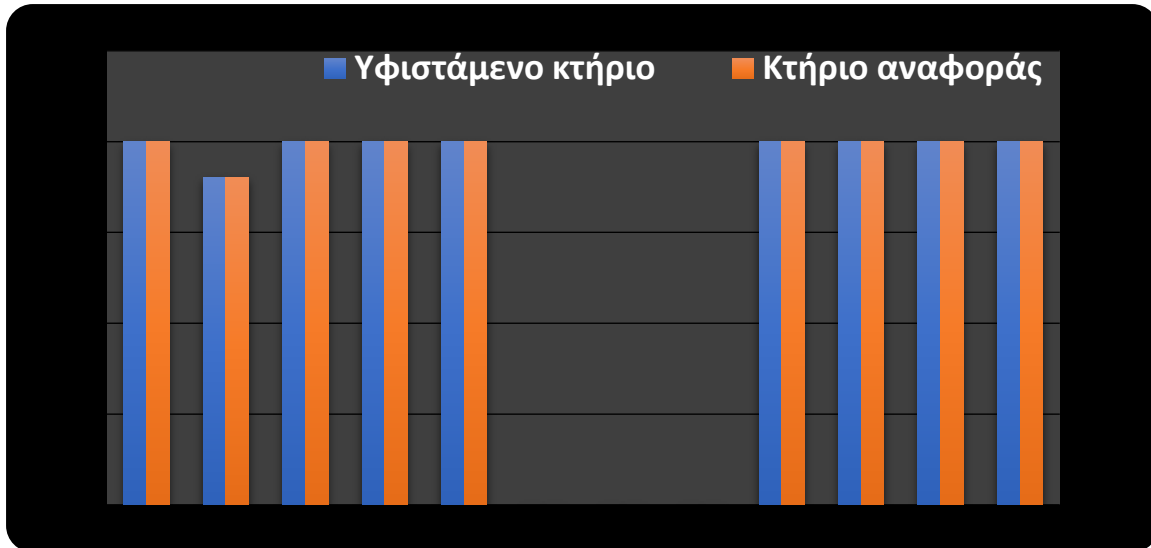
Η ανάγκες του κτηρίου για ζεστό νερό χρήσης υπολογίζονται από το λογισμικό ανά ζώνη με βάση τον θεωρητικό πληθυσμό που προκύπτει από τα τετραγωνικά και τη χρήση κάθε ζώνης. Οι ανάγκες του κτηρίου για τις ζώνες αυτές όπως προσδιορίστηκαν στους πίνακες 10, 11 και 12 της παραγράφου 3.2.1 δίνονται παρακάτω :

**Πίνακας 43: Ενεργειακές απαιτήσεις για ΖΝΧ (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	2	1.8	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	17.9
Κτήριο αναφοράς	2	1.8	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	17.9

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για ζεστό νερό χρήσης σχηματικά παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

### Διάγραμμα 11: Ενεργειακές απαιτήσεις για ΖΝΧ



### Κατανάλωση Ενέργειας Για Ζεστό Νερό Χρήσης

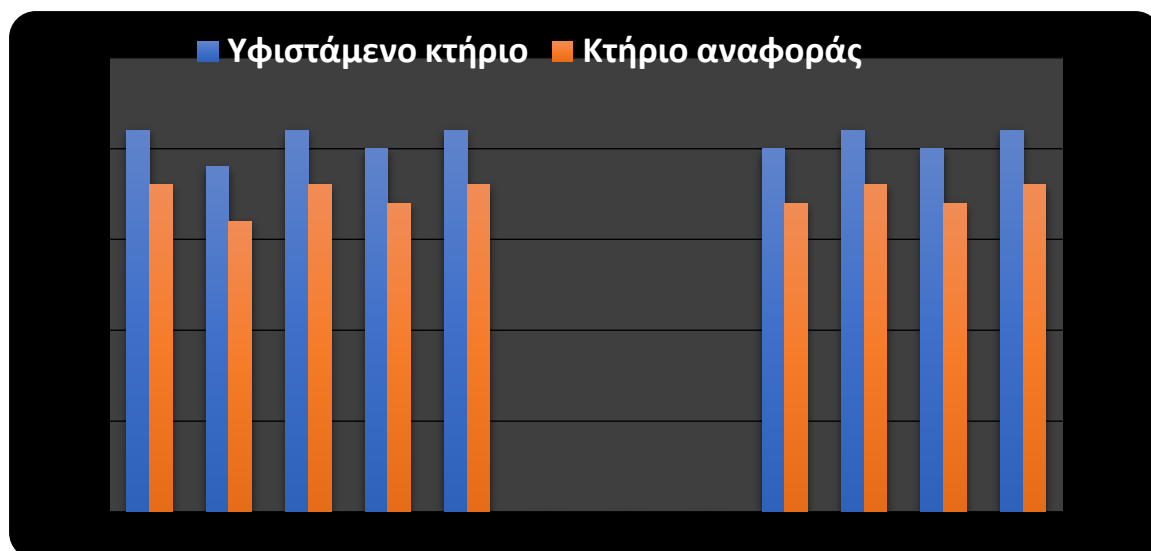
Με βάση την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και τον βαθμό απόδοσής της υπολογίζεται από το λογισμικό η κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας 44: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ (σε kWh/m<sup>2</sup>).

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	2.1	1.9	2.1	2	2.1	0	0	0	2	2.1	2	2.1	18.3
Κτήριο αναφοράς	1.8	1.6	1.8	1.7	1.8	0	0	0	1.7	1.8	1.7	1.8	15.5

Σχηματικά τα αποτελέσματα αυτά δίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα:

### Διάγραμμα 12: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ



### Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό

Τα φωτιστικά στο κτήριο είναι στην πλειονότητά τους λαμπτήρες πυράκτωσης  $t$  ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού υπολογίστηκε σε 15.81 kWatt. Θεωρείται ότι τα φωτιστικά παραμένουν αναμμένα στο μεγαλύτερο μέρος του ωραρίου λειτουργίας του κτηρίου.

Με βάση τα παραπάνω η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 38.8 kWh/m<sup>2</sup>.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στο κτήριο :

**Πίνακας 45: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	0	0	0	4.3	4.3	4.3	4.3	<b>38.8</b>
Κτήριο αναφοράς	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0	0	0	1.1	1.1	1.1	1.1	<b>9.6</b>

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για φωτισμό παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

### Διάγραμμα 13: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό





### Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η κατανάλωση τελικής ενέργειας στο κτήριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού, καθώς και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πετρέλαιο και παραγωγή ηλεκτρισμού).

**Πίνακας 46: Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση -ψύξη-φωτισμό - ΖΝΧ**

	kWh/m <sup>2</sup>
Θέρμανση	33.7
Ψύξη	0
Φωτισμός	38.8
ΖΝΧ	18.3
<b>Σύνολο</b>	<b>90.8</b>

**Πίνακας 47: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση -ψύξη- φωτισμό**

	kWh/m <sup>2</sup>
Για ηλεκτρισμό	95.8
Πετρέλαιο	0
<b>Σύνολο</b>	<b>95.8</b>

### Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία του κτηρίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή στην ατμόσφαιρα σημαντικών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Οι συντελεστές για τον υπολογισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 48: Συντελεστές εκπομπών CO<sub>2</sub>**

	Kg CO <sub>2</sub> / kWh <sub>th</sub>	Kg CO <sub>2</sub> / kWh <sub>e</sub>
Πετρέλαιο	0.264	-
Φυσικό αέριο	0.196	-
Ηλεκτρική ενέργεια	-	0.989
Βιομάζα	-	-

Με τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται στη συνέχεια, αφ' ενός θα μειωθεί η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου, με αναμενόμενα οικονομικά οφέλη και παράλληλα θα μειωθεί και η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η οποία αντιστοιχεί στη λειτουργία των κτηρίων.

Σύμφωνα με την καταναλισκόμενη ενέργεια για την κάλυψη όλων των αναγκών του κτηρίου όπως αναφέρονται παραπάνω υπολογίζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> και δίνονται στον ακόλουθο πίνακα :

**Πίνακας 49: Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>)**

	Υφιστάμενο κτήριο	Κτήριο αναφοράς
Ηλεκτρισμός	95.8	28
Πετρέλαιο	0	2.9
Φυσικό αέριο	0	0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0	0
Ηλιακή	0	2.7
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	95.8	30.8

## Σχόλια – Παρατηρήσεις

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών είναι εμφανές ότι λόγω έλλειψης εφαρμογής μόνωσης στο κέλυφος το κτήριο έχει σημαντικές θερμικές απώλειες και αυτό καταγράφεται στην κατανάλωση καυσίμων για τη θέρμανσή του.

Ο φωτισμός τέλος γίνεται κατά κύριο λόγο με χρήση του τεχνητού φωτισμού, παρά το γεγονός ότι σε πολλές αίθουσες, μετρήθηκαν τιμές φυσικού φωτισμού, επαρκείς για τις ανάγκες χρήσης τους.

## 7.2.5 Προτάσεις επεμβάσεων εξοικονομησης ενέργειας

### Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να αποφέρουν μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο του Δημοτικού σχολείου Φούρνων καθώς και του λειτουργικού του κόστους.

Οι παρεμβάσεις που εξετάστηκαν αφορούν στη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης αλλά και της χρήσης φωτισμού.

Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν:

- α) Η προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος και του κτηρίου.
- β) Η αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα πιστοποιημένα
- γ) Η αντικατάσταση των φωτιστικών και η εγκατάσταση αισθητήρων φωτός
- δ) Η εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι παραπάνω παρεμβάσεις και παρατίθενται τα αναμενόμενα αποτελέσματα της καθεμίας, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.

### Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου

Όπως αναφέρθηκε η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι αρκετά υψηλή και οφείλεται στην έλλειψη θερμομόνωσης.

Για την μείωση των θερμικών φορτίων λοιπόν προτείνεται η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων με διογκωμένη πολυστερίνη πάχους μονωτικού 8cm. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 3.85 W/m<sup>2</sup>°K σε 0.6 W/m<sup>2</sup>°K για το παλιό κτήριο και από 1.00 W/m<sup>2</sup>°K σε 0.6 W/m<sup>2</sup>°K για το νεώτερο κτήριο. Συγκεκριμένα θα τοποθετηθούν φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης με τα απαραίτητα συνδετικά υλικά (κόλλα, πλέγματα, βύσματα στερέωσης)

και θα επιστρωθεί με έτοιμο σοβά στην απόχρωση του κτηρίου ή όποια ορίσει η επίβλεψη του έργου. Η θερμομόνωση θα τοποθετηθεί ως επί το πλείστον εξωτερικά του κτηρίου όπου αυτό επιτρέπεται.

Για τη θερμομόνωση της στέγης προτείνεται η τοποθέτηση φύλλων διογκωμένης πολυστερίνης ελάχιστου πάχους 5cm από στην πλάκα στην κάτω πλευρά της στέγης.

Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 4.25 W/m<sup>2</sup>C σε 0.45 W/m<sup>2</sup>C.

Επίσης για τη θερμομόνωση του δώματος στο νεώτερο κτήριο προτείνεται η τοποθέτηση φύλλων εξηλασμένης πολυστερίνης με τα απαραίτητα συνδετικά υλικά και η επίστρωση με ελαφρομπετό πάχους δέκα εκατοστών ενώ επιπλέον θα επιστρωθεί υγρομόνωση. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 0.95 W/m<sup>2</sup>C σε 0.45 W/m<sup>2</sup>C.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Οι υπολογισμοί των απωλειών και των θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου με το λογισμικό TEE KENAK επαναλήφθηκαν με χρήση των αναμενόμενων μειωμένων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων και της κεραμοσκεπής μετά την προσθήκη μόνωσης.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 50: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την προσθήκη θερμομόνωσης**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Προσθήκη Θερμομόνωσης
Λειτουργικό κόστος (€)	2,782.70	7,303.10	5,040.20
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			55,200.70
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			91.3
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			31
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			29.3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			24.4

### Αντικατάσταση Κουφωμάτων με Νέα Διπλού Υαλοπίνακα

Η παρέμβαση στα υαλοστάσια του κτηρίου εντάσσεται μαζί με την προηγούμενη στη θωράκιση του κτηρίου στα σημεία που θεωρείται ότι έχουν το σημαντικότερο πρόβλημα και που μπορούν να δεχτούν

παρεμβάσεις. Όπως αναφέρθηκε τα παράθυρα έχουν ξύλινο κούφωμα με μονό υαλοπίνακα ενώ είναι αρκετά παλιά και με κακή αεροστεγανότητα. Προτείνεται η αντικατάστασή τους με αντίστοιχων διαστάσεων και χρωμάτων κουφώματα PVC με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_f=2,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  και μέσου πλάτους πλαισίου 7,50 cm. Θα φέρουν Low-E υαλοπίνακα με πάχη 4-12-4 και αέρα στο διάκενο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι κατ' ελάχιστο  $U_g=2,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Με την παρέμβαση αυτή ο συντελεστής θερμικών απωλειών (U value) θα μειωθεί από 5.0 σε  $2,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$  ενώ παράλληλα ο συντελεστής αεροστεγανότητας θα μειωθεί από  $15.1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  σε  $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  μειώνοντας έτσι την διείσδυση εξωτερικού αέρα στον χώρο και κατ' επέκταση τις ενεργειακές δαπάνες τόσο της θέρμανση όσο και της ψύξης.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Οι υπολογισμοί των απωλειών και των θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου με το λογισμικό TEE KENAK επαναλήφθηκαν με χρήση των αναμενόμενων μειωμένων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας των νέων κουφωμάτων.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 51: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την προσθήκη θερμομόνωσης**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Αντικατάσταση παραθύρων
Λειτουργικό κόστος (€)	2,782.70	7,303.10	7,186.70
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			29,041.00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			4.7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1.6
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			9.7
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			1.5
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			249.5

### Αναβάθμιση του Συστήματος Φυσικού /Τεχνητού Φωτισμού

Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τον φωτισμό καθώς και τη βελτίωση της οπτικής άνεσης των μαθητών εντός των αιθουσών διδασκαλίας προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων τους. Η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων πυράκτωσης θα γίνει με φωτιστικά φθορισμού γραμμικών λαμπτήρων τύπου 4x18 Watt. Προτείνεται η τοποθέτηση τεσσάρων φωτιστικών σωμάτων στις αίθουσες διδασκαλίας και την αίθουσα των δασκάλων

και από ένα φωτιστικό σώμα στους διαδρόμους. Για την καλύτερη χρήση του τεχνητού φωτισμού (χρόνος λειτουργίας) και την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, προτείνεται επίσης η τοποθέτηση διάταξης αυτοματισμού για την ρύθμιση των χρόνων λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού και τη σύζευξή του με το φυσικό.

Η διάταξη αυτή στην απλούστερη μορφή της αποτελείται από φωτοκύτταρο/ αισθητήρα έντασης φωτισμού και ενσωματωμένο διακόπτη ρελέ για τον χειρισμό του φωτιστικού σώματος.

Ο φωτοαισθητήρας θα διακόπτει την λειτουργία του τεχνητού φωτισμού, στα κυκλώματα που είναι συνδεδεμένος, όταν η στάθμη του φυσικού φωτισμού είναι μεγαλύτερη από μια μέση τιμή που μπορεί να εξασφαλίσει την απαραίτητη οπτική άνεση στον χώρο. Θα έχει την δυνατότητα φιλτραρίσματος και καθυστέρησης ώστε να αποτρέπει τις διακυμάνσεις στην λειτουργία του π.χ από μια ξαφνική και παροδική ηλιοφάνεια.

Προτείνεται η τοποθέτηση ενός αισθητήρα ανά αίθουσα διδασκαλίας σε κατάλληλη εσωτερική θέση, και η σύνδεση του με την ηλεκτρολογική γραμμή των φωτιστικών του χώρου. Ανάλογα με την ένταση φυσικού φωτισμού μέσα στον χώρο θα επιτρέπει την λειτουργία του αντίστοιχου τεχνητού φωτισμού.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Οι υπολογισμοί με το λογισμικό επαναλήφθηκαν με μειωμένη χρήση του τεχνητού φωτισμού και της εγκατεστημένης ισχύος των φωτιστικών.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 52: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την εγκατάσταση αυτοματισμού στο φωτισμό**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Σύζευξη φυσικού – Τεχνητού φωτισμού
Λειτουργικό κόστος (€)	2,782.70	7,303.10	4,898.20
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3,350.00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			97.1
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			32.9
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.1
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			32.4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			1.4

## Αναβάθμιση Κεντρικής Θέρμανσης Με Εγκατάσταση Συστήματος Αβαθούς Γεωθερμίας

Για την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης προτείνεται η εγκατάσταση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας με κατακόρυφο γεωεναλλάκτη. Το σύστημα θα αποτελείται από δύο γεωτρήσεις (άντλησης και απόρριψης νερού) βάθους περίπου 50 μέτρων σύμφωνα με τις μετρήσεις από αντίστοιχες γεωτρήσεις σε παρακείμενο οικόπεδο. Για την πλήρη κάλυψη των θερμικών απαιτήσεων των δύο κτηρίων έχει υπολογισθεί ότι απαιτείται η παροχή 9 κυβικών μέτρων νερού ανά ώρα από τη γεώτρηση. Στην περίπτωση που η γεώτρηση δεν μπορεί να δώσει αυτή την παροχή τότε εναλλακτικά θα τοποθετηθεί μια επιπλέον αντλία θερμότητας σε παράλληλη σύνδεση με την πρώτη. Έτσι κάθε γεωθερμική αντλία θερμότητας θα χρειάζεται 4.5 m<sup>3</sup>/h και επιπλέον θα έχει το πλεονέκτημα της οικονομικότερης λειτουργίας. Οι γεωτρήσεις θα συνδεθούν με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας σύμφωνα με την αρχική μελέτη θερμικής ισχύος 17.5kW με βαθμό επίδοσης για την παραγωγή θερμότητας COP: 4.5. Για την αποδοτικότερη εκπομπή της θερμότητας προτείνεται επίσης η αντικατάσταση των υφιστάμενων θερμαντικών σωμάτων τύπου Panel χαμηλών θερμοκρασιών και η δημιουργία δικτύου διανομής από την αντλία θερμότητας προς τα δύο κτήρια.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Ο υπολογισμός της ζήτησης του κτηρίου για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης υπολογίζεται λαμβάνοντας βαθμό επίδοσης (COP) των γεωθερμικών αντλιών 4.5.

Με βάση την ζήτηση και την απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και διανομής η εξοικονόμηση σε ενέργεια και κατά επέκταση σε κατανάλωση καυσίμου δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 53: Εξοικονόμηση ενέργειας από την αναβάθμιση της κεντρικής θέρμανσης**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Αντικατάσταση λεβήτων
Λειτουργικό κόστος (€)	2,782.70	7,303.10	5,599.00
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			57,395.00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			68.8
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			23.3
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.3
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			23.1
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			33.7

### Κόστος υλοποίησης

Για την αναβάθμιση της κεντρικής θέρμανσης του κτηρίου το εκτιμώμενο κόστος (αγορά, τοποθέτηση συμπεριλαμβανομένων των κατά περίπτωση βοηθητικών διατάξεων, ρύθμιση) παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

### Σύνολο Παρεμβάσεων

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν και αναλύθηκαν οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν στο κτήριο του Δημοτικού σχολείου Φούρνων. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν παρεμβάσεις που αφορούν στην αναβάθμιση της εγκατάστασης φωτισμού και τη μείωση των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων.

Από την υλοποίηση της συνολικής επέμβασης στο κτήριο, η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να μειωθεί κατά περίπου 58.2%. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μετά την υλοποίηση της επέμβασης παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα:

**Πίνακας 54: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από το σύνολο των παρεμβάσεων**

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Σύνολο παρεμβάσεων
Λειτουργικό κόστος (€)	2,782.70	7,303.10	2,468.30
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			145,006.70
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			195.1
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			66.2
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.2
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			64.1
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			30

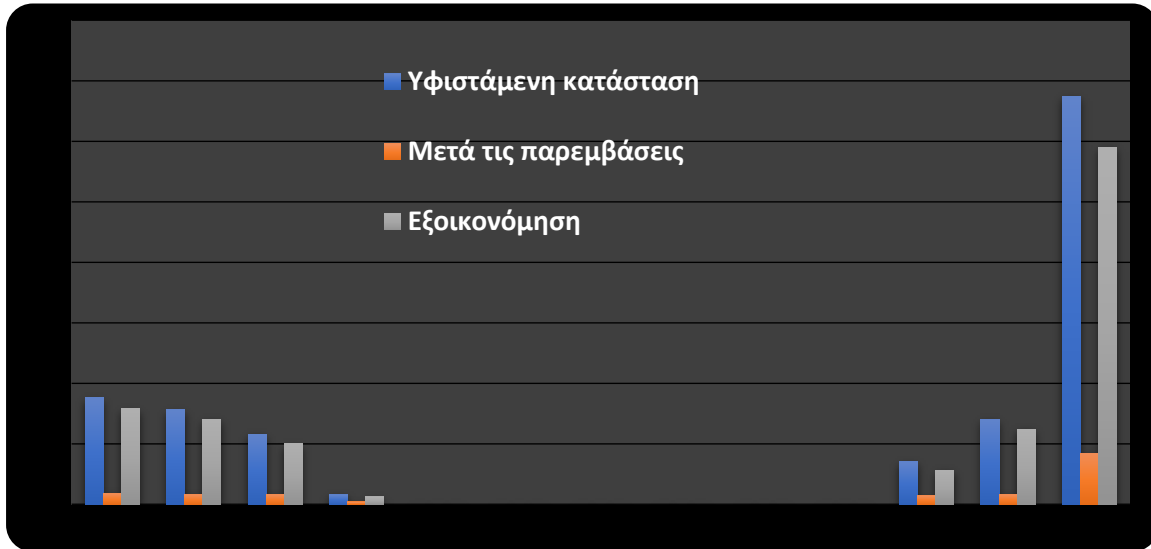
**Πίνακας 55: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση –ψύξη – ZNX-φωτισμό**

	Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> )	ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Φωτισμός (kWh/m <sup>2</sup> )

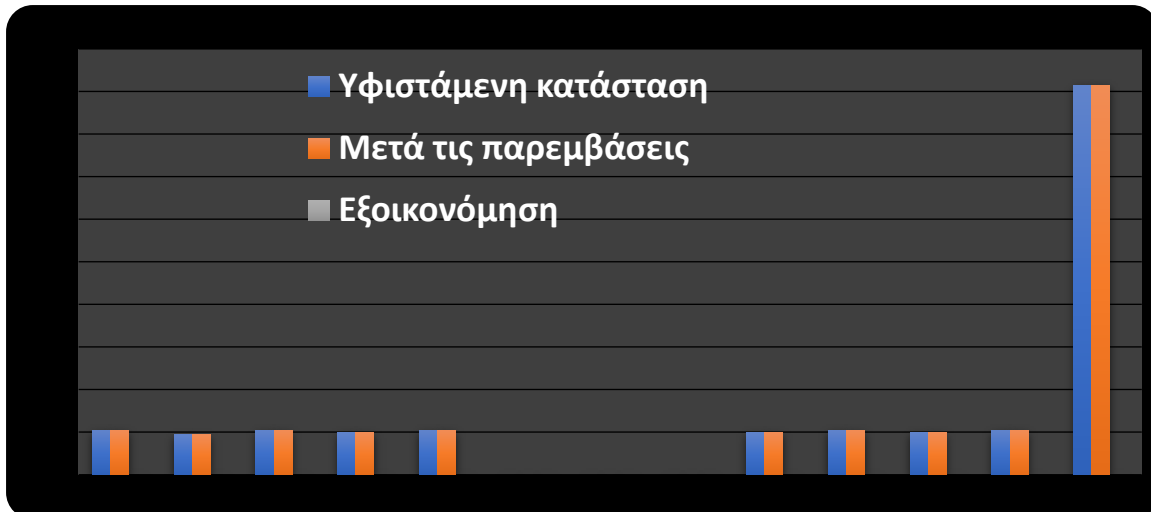


Πριν	33.7	0	18.3	38.8
Μετά	4.2	0	18.3	5.5
Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	87.54%	0.00%	0.00%	85.82%

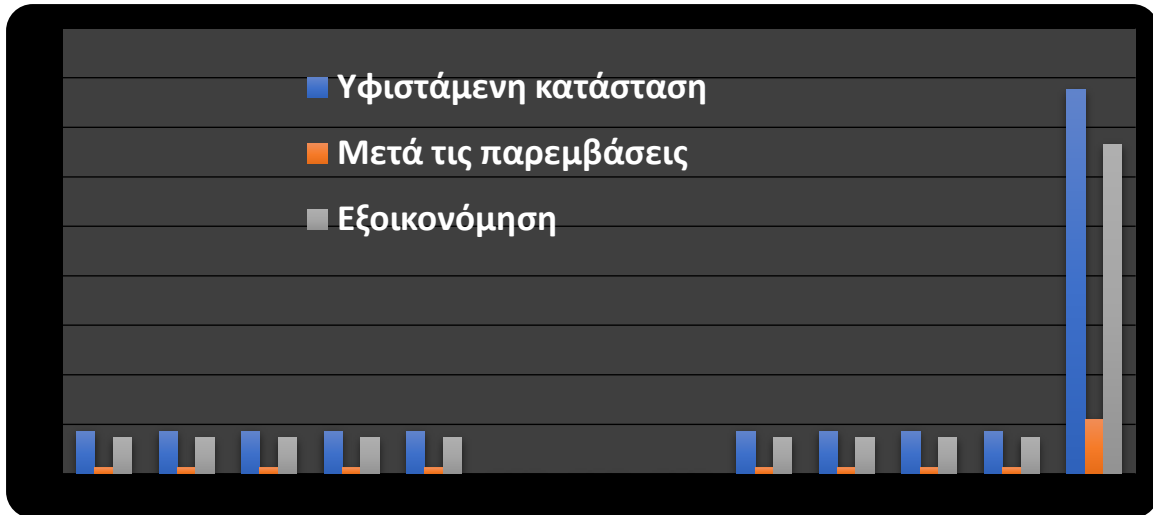
Διάγραμμα 14: Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



Διάγραμμα 15: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για Ζεστό Νερό Χρήσης πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



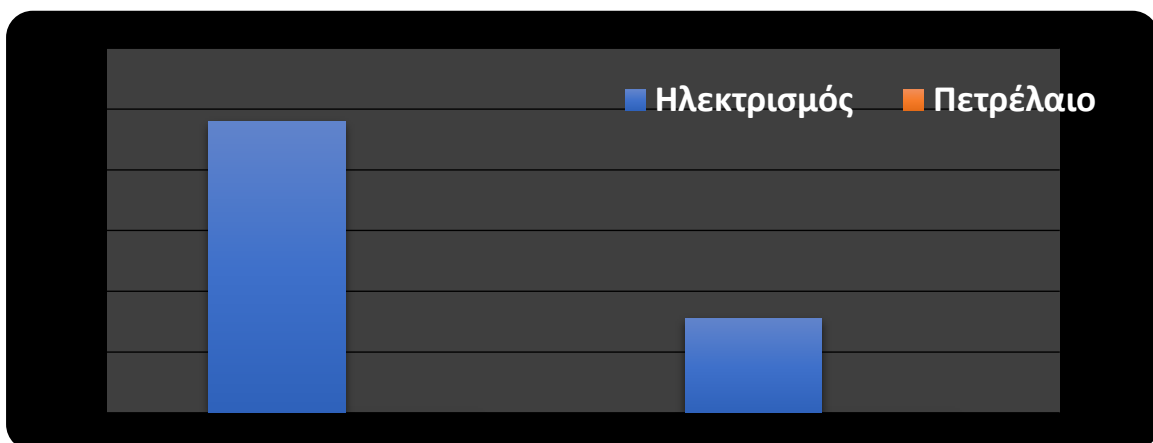
Διάγραμμα 16: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για Φωτισμό πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



Πίνακας 56: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις

	Πριν	Μετά	Εξοικονόμηση %
Για ηλεκτρισμό	85.5 kWh/m <sup>2</sup>	36.4 kWh/m <sup>2</sup>	57.43%
Πετρέλαιο	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0%
<b>Σύνολο</b>	<b>85.5 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>36.4 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>57.43%</b>

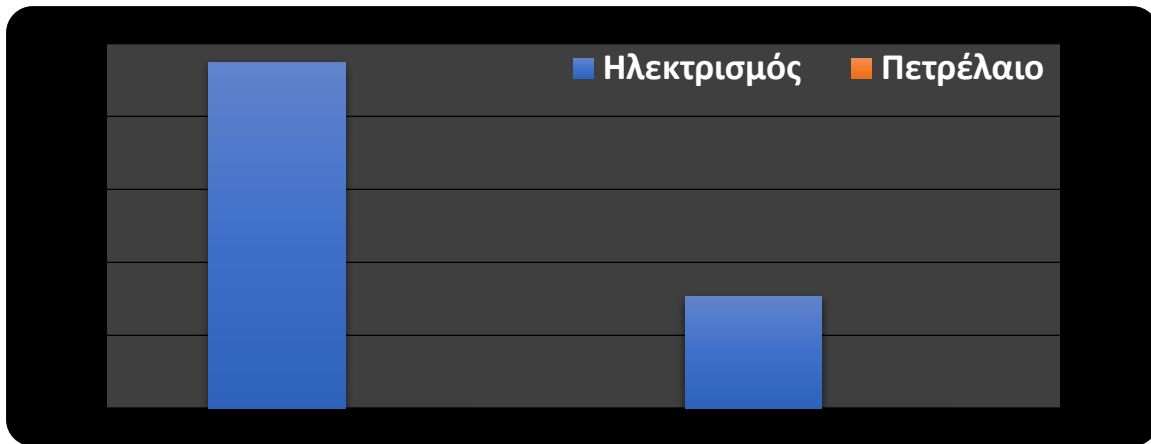
Διάγραμμα 17: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).



### Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Με τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται, αναμένεται να επέλθει σημαντική μείωση της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η οποία αντιστοιχεί στη λειτουργία του κτηρίου. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ετήσια μείωση των εκπομπών από την υλοποίηση των παρεμβάσεων:

**Διάγραμμα 18: Ετήσια μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις**



Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, με την υλοποίηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) θα μειωθούν από 94.7 (kg/m<sup>2</sup>) σε 30.7 (kg/m<sup>2</sup>), μείωση κατά 67.58 %.

### Καθορισμός Κατάταξης Ενεργειακής Απόδοσης του Κτηρίου

Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE KENAK και υπολογίστηκαν οι θερμικές του απώλειες, τα ψυκτικά φορτία, η ζήτηση ενέργειας για φωτισμό κ.α., σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις που προσδιορίζονται από τον νέο "Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης του Κτηριακού Τομέα" για το είδος χρήσης και τη γεωγραφική περιοχή του κτηρίου. Με τη μεθοδολογία που προσδιορίζεται από τον κανονισμό υπολογίστηκε η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του Κτηρίου Αναφοράς η οποία είναι **R<sub>R</sub> = 104.7 kWh/m<sup>2</sup>**.

Σύμφωνα με την κατανάλωση αυτή προκύπτει η κατηγορία που ανήκει το κτήριο στην παρούσα κατάσταση και η κατηγορία που θα βρεθεί εφαρμόζοντας τις παρεμβάσεις που προτείνονται παραπάνω.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση όπως αναφέρθηκε είναι **EP = 294.8 kWh/m<sup>2</sup>**

Ο λόγος T (πηλίκιο υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου EP προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς R<sub>R</sub>) είναι : **T = EP/R<sub>R</sub> = 294.8 / 104.7 = 2.81 R<sub>R</sub>**

Επομένως το κτήριο ανήκει στην κατηγορία **H**

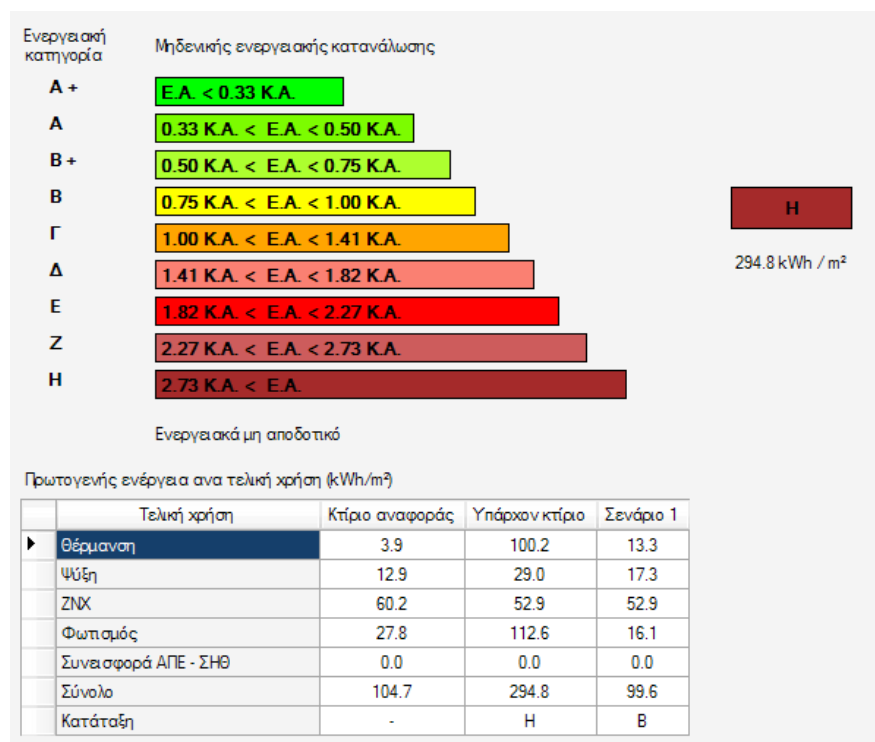
Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου μετά από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις είναι : **EP = 99.6 kWh/m<sup>2</sup>**

Ο λόγος T στην περίπτωση αυτή θα είναι :  $T = EP/R_R = 99.6 / 104.7 = 0.951 R_R$

Επομένως το κτήριο μετά τις παρεμβάσεις θα ανήκει στην κατηγορία **B**

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου όπως προκύπτουν από το λογισμικό TEE-KENAK για τις συγκεκριμένες παρεμβάσεις παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα

**Εικόνα 26: Ενεργειακή κατάταξη του υφιστάμενου συγκροτήματος**



### 7.3 Διενέργεια Επιθεώρησης Δημοτικού Σχολείου Χρυσομηλιάς

#### Γενικά

Σύμφωνα με τα οριζόμενα του άρθρου 7 του ν. 3661/2008 και το άρθρο 10 του ν. 3851/2010 όπως καθορίζονται στην πρόσφατη Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος **Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-4/2010**.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποσκοπεί:

- α) στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης) και συνολικά,
- β) στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου,
- δ) στη σύνταξη συστάσεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Κατά την διάρκεια της Επιθεώρησης του Κτιρίου καταγράφονται στοιχεία του κτιρίου σχετικά με το:

- α) Κτηριακό κέλυφος,
- β) Σύστημα θέρμανσης,
- γ) Σύστημα ψύξης,
- δ) Σύστημα αερισμού,
- ε) Σύστημα φωτισμού,
- στ) Σύστημα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας & Συμπαραγωγής
- ε) Σύστημα Ύδρευσης, Αποχέτευσης & Άρδευσης (ενεργοβόρες συσκευές)
- ζ) Παραμέτρους εσωτερικών συνθηκών άνεσης.

#### Συλλογή στοιχείων

Σε πρώτο στάδιο με τη βοήθεια των υπηρεσιών του Νοσοκομείου συλλέχθηκαν για τα προς επιθεώρηση κτήρια κάποια αρχικά στοιχεία όπως:

- Πλέον πρόσφατα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές), είτε άδειας, είτε εφαρμογής που έχουν εκπονηθεί.
- Έτος κατασκευής
- Πλέον πρόσφατες μελέτες (π.χ. θερμομόνωσης, ηλεκτρολογική μελέτη, μελέτη θέρμανσης και κλιματισμού, μελέτη φωτοτεχνίας) που να περιλαμβάνουν ει δυνατόν όποιες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια χρήσης του κτηρίου
- Χρήση κτηρίου (ωράριο λειτουργίας (ώρες/ημέρα, ημέρες/έτος), είδος χρήσης, αριθμός χρηστών)
- Κατανάλωση πετρελαίου (τιμολόγια αγοράς) για τα τρία τελευταία χρόνια
- Κατανάλωση ηλεκτρισμού (κατηγορία τιμολογίου ΔΕΗ και λογαριασμοί ρεύματος) για τα τρία τελευταία χρόνια

Στόχος του ελέγχου είναι η αναλυτική καταγραφή των γενικών και ειδικών χαρακτηριστικών του κτηρίου καθώς και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αυτού, της ενεργειακής συμπεριφοράς των χρηστών κ.α. προκειμένου να συλλεχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του και για να προταθούν οι κατάλληλες προτάσεις παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό.

Στο πλαίσιο του ελέγχου και προκειμένου να γίνει ακριβής αποτύπωση του κτηρίου, των ενεργειακών παραμέτρων και των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης σε αυτό, γίνονται οι παρακάτω μετρήσεις με εξειδικευμένο πιστοποιημένο μετρητικό εξοπλισμό:

Εμβαδά επιφανείας: Καταγραφή των εμβαδών των επιφανειών ανά όροφο και θερμική ζώνη.

Θερμοκρασία και υγρασία χώρου: Με χρήση ειδικού θερμομέτρου – υγρασιόμετρου με ενσωματωμένο θερμοστοιχείο μετράται η θερμοκρασία και η σχετικά υγρασία σε κάθε χώρο. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτηρίου.

Θερμοκρασία σημείων ενδιαφέροντος: Μετράται η θερμοκρασία σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία του κτηρίου, όπως για παράδειγμα η επιφάνεια των τοίχων ή του δαπέδου, των σωληνώσεων, των θερμαντικών σωμάτων κ.α. με χρήση ειδικού ψηφιακού υπέρυθρου θερμομέτρου με στόχευση λέιζερ.

Ανοίγματα: Γίνεται μέτρηση των διαστάσεων των ανοιγμάτων και καταγράφεται η αεροστεγανότητά τους.

Φωτισμός: Γίνεται καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων ως προς τον τύπο, την ισχύ, την ύπαρξη ανακλαστήρων και καλύμματος, την ύπαρξη αυτοματισμών (φωτοαισθητήρες / αισθητήρες κίνησης), την κατανομή των φωτιστικών στους βρόχους του ηλεκτρικού συστήματος κ.α. Με χρήση μετρητή φωτός με φωτοαισθητήρα μετράται η ένταση φωτισμού σε LUX σε κάθε χώρο. Η μέτρηση εκτελείται δύο φορές, μία για το φυσικό και μία για τον τεχνητό φωτισμό. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις έντασης φωτός σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτηρίου.

Θέρμανση: Για τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, με χρήση ειδικού εξοπλισμού μετράται η ενεργειακή απόδοση του συστήματος καυστήρα/λέβητα, η ποιοτική σύσταση των καυσαερίων σε μονοξείδιο/διοξείδιο του άνθρακα και περίσσεια οξυγόνου καθώς και ο δείκτης Bacharach. Γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως τύπος και χαρακτηριστικά καυστήρα/λέβητα, κυκλοφορητή κ.α. ενώ διαπιστώνεται κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες, αν υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης (π.χ. τρίοδη / τετράοδη βάνα), ανάκτησης θερμότητας, θερμοστατικοί διακόπτες κ.α. και αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

Ψύξη: Για τα συστήματα ψύξης γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως τύπος και χαρακτηριστικά της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, των fan coils, των αντλιών θερμότητας κ.α. ενώ διαπιστώνεται και κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες, αν

υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης και ανάκτησης θερμότητας και αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

Αστοχίες στη θερμομόνωση: Με χρήση ειδικής κάμερας θερμικής απεικόνισης γίνεται αποτύπωση στο υπέρυθρο των θερμικών απωλειών του κτηρίου από το κέλυφος προκειμένου να εντοπιστούν αστοχίες ή θερμογέφυρες.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η αναλυτικά η μεθοδολογία συλλογής στοιχείων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, με βάση την ειδική λίστα ελέγχου.

### **Λίστα ενεργειακού ελέγχου**

#### **Δομικά στοιχεία κτηρίου**

Ο έλεγχος των δομικών στοιχείων του κτηρίου περιλαμβάνει την καταγραφή του προσανατολισμού, των διαστάσεων όπως του ύψους και πλάτους των όψεων και του συνολικού κελύφους του κτηρίου καθώς και εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους από φυσικά ή τεχνητά σκιάστρα, κτήρια κλπ.

Επιπλέον περιλαμβάνει την μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδου του κελύφους του κτηρίου και καταγραφή-κατηγοριοποίηση των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών.

Από την καταγραφή αυτή θα εκτιμηθούν οι απώλειες δια μέσω της τοιχοποιίας του κτηρίου και θα υπολογιστεί η ζήτηση σε ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

#### **Εξωτερικά ανοίγματα**

Ο έλεγχος των εξωτερικών ανοιγμάτων περιλαμβάνει την καταγραφή της θέσης, διαστάσεων, προσανατολισμού, κατάστασης, υλικού πλαισίου και υαλοστασίου όλων των εξωτερικών παραθύρων και θυρών του κτηρίου.

Επιπλέον καταγράφεται η ύπαρξη εσωτερικού και εξωτερικού σκιάστρου και η επίδραση του στην συμπεριφορά των υπολογιζόμενων μεγεθών.

Από την καταγραφή αυτή θα προκύψουν οι υπολογισμοί της ζήτησης σε ενέργεια για θέρμανση ψύξη και φωτισμό του κτηρίου.

#### **Φυσικός φωτισμός**

Ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού περιλαμβάνει την καταγραφή της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε lux σε διάφορα καίρια σημεία στο εσωτερικό του κτηρίου, όπως θέσεις εργασίας κοντά σε παράθυρα, κεντρικά σημεία του χώρου, απομακρυσμένα σημεία από τα παράθυρα του χώρου, ώστε να εκτιμηθεί η επάρκεια φυσικού φωτισμού και να εξεταστεί η δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού για την κάλυψη των απαραίτητων σταθμών φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες χρήσης των χώρων.

#### **Τεχνητός φωτισμός**

Ο έλεγχος του τεχνητού φωτισμού περιλαμβάνει την μέτρηση και καταγραφή του αριθμού, του τύπου, της ισχύος και της θέσης των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων, καθώς και της στάθμης φωτισμού στις διάφορες θέσεις και σημεία του χώρου.

Από την καταγραφή αυτή θα γίνει ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού καθώς και οι απαραίτητες προτάσεις σχετικά με την αντικατάσταση, αυτοματοποίηση της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων.

## Συστήματα Θέρμανσης

Ο έλεγχος του συστήματος θέρμανσης αποτελείται από τρεις τομείς

- Επιθεώρηση της κεντρικής θέρμανσης, όπου καταγράφονται η ισχύς και τα όρια λειτουργίας του λέβητα και του καυστήρα, ο τύπος τους, το καύσιμο, στοιχεία κατανάλωσης, βαθμός απόδοσης καύσης, θερμοκρασία περιεκτικότητα καυσαερίων, εκτίμηση της κατάστασης της συνολικής εγκατάστασης του λεβητοστασίου, όπως κυκλοφορητές, θερμοστάτες, αυτοματισμοί και πιθανά συστήματα εξοικονόμησης – αντιστάθμισης της λειτουργίας του.
- Επιθεώρηση του συστήματος διανομής όπου καταγράφεται το σύστημα διανομής, η ποιότητα των μονώσεων, η ύπαρξη και χωροθέτηση των θερμοστατών και πιθανές διατάξεις αυτοματισμού της λειτουργίας του.
- Επιθεώρηση των θερμαντικών σωμάτων, όπου καταγράφεται ο τύπος, ή θερμοκρασία, η χωροθέτηση των θερμαντικών σωμάτων καθώς και η αναγκαιότητα και ώρες λειτουργίας τους.
- Επιπλέον καταγράφεται η χρήση άλλων συστημάτων θέρμανσης, εναλλακτικά ή επικουρικά της κεντρικής θέρμανσης.

Από την καταγραφή αυτή θα γίνει εκτίμηση της κατανάλωσης του κτηρίου για θέρμανση και θα γίνουν οι απαραίτητες προτάσεις ρύθμισης και αυτοματοποίησης της λειτουργίας τους.

## Συστήματα κλιματισμού

Ο έλεγχος των συστημάτων κλιματισμού περιλαμβάνει την καταγραφή :

- Του κεντρικού συστήματος κλιματισμού και τις τοπικές εσωτερικές μονάδες όπου καταγράφονται τα χαρακτηριστικά όπως απόδοση, απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς για θέρμανση και ψύξη της κεντρικής και των εσωτερικών μονάδων.
- Η θέση ο αριθμός και η απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς της εξωτερικής και εσωτερικής μονάδας (σε περίπτωση κλιματισμού με διαιρούμενες μονάδες τύπου split).



Από την καταγραφή θα υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση σε ενέργεια για τις ανάγκες κλιματισμού και θα εκτιμηθούν οι πιθανές επεμβάσεις εξοικονόμησης.

### **Συστήματα αερισμού**

Κατά τον έλεγχο των συστημάτων εξαερισμού, γίνεται καταγραφή ή και εκτίμηση των εναλλαγών αέρα στην μονάδα του χρόνου προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανανέωση του αέρα του χώρου του κτηρίου.

Επίσης εξετάζεται η ύπαρξη συστημάτων ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας.

Ο έλεγχος των συστημάτων εξαερισμού ως σκοπό έχει την εκτίμηση του ποσού θερμικής ενέργειας το οποίο χάνεται κατά την απόρριψη του αέρα του εσωτερικού του κτηρίου και κατά επέκταση θα πρέπει να καλυφθεί από το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού.

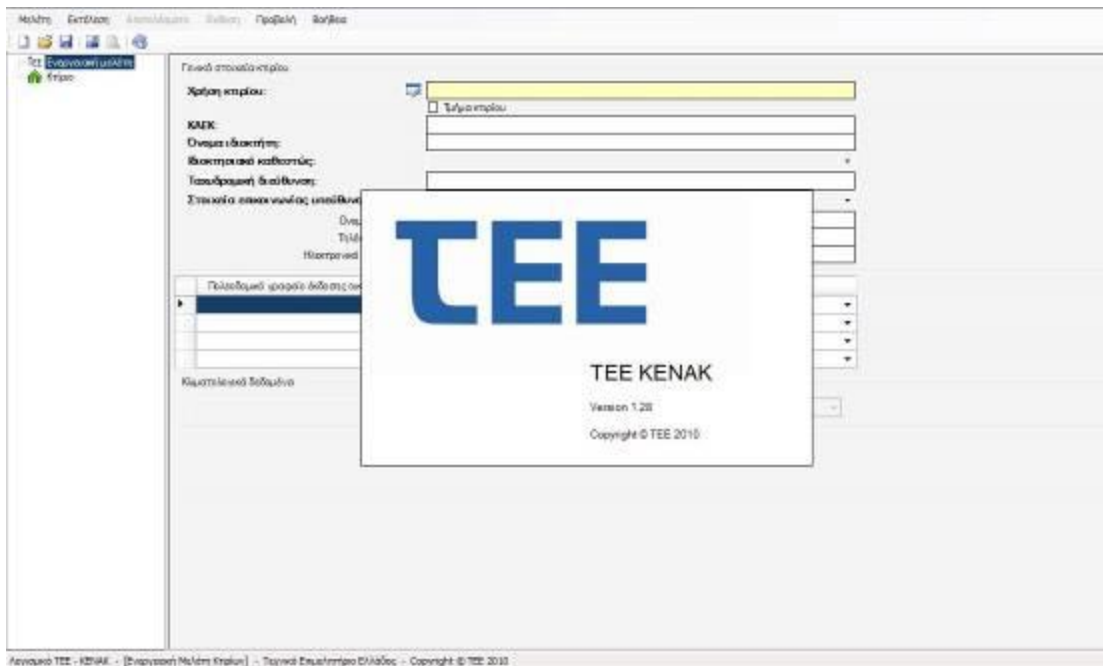
### **Συσκευές – Εσωτερικά φορτία**

Κατά τον έλεγχο καταγράφεται ο αριθμός των συσκευών όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κλπ αλλά και ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στο κτήριο, ώστε να εκτιμηθούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που επηρεάζουν τις ανάγκες θέρμανσης, κλιματισμού και εξαερισμού του κτηρίου.

## **7.3.1 Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών**

### **Γενικά**

Με βάση τα στοιχεία που συλλέγονται για το κτήριο τόσο κατά την αρχική φάση της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης όσο και κατά την αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση, έγινε υπολογισμός της ζήτησης ενέργειας του κτηρίου στους τομείς θέρμανση, ψύξη, φωτισμός και ζεστό νερό χρήσης. Για τους υπολογισμούς των ενεργειακών παραμέτρων του κτηρίου στους παραπάνω τομείς χρησιμοποιείται το λογισμικό TEE - KENAK Έκδοση 1.28.1.70 - Engine 1.7.6.19 , βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του νόμου 3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και των αντίστοιχων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και 20701-4/2010.



Στο λογισμικό συμπεριλαμβάνονται Ευρωπαϊκά και Διεθνή πρότυπα τα οποία βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα οριζόμενα στο Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα του κτηρίου – KENAK. Πιο συγκεκριμένα, έχουν χρησιμοποιηθεί τα παρακάτω πρότυπα:

12. ISO/DIS 13790 – CEN/TC 89 WI-14. “Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling” (17-03-2005).
13. ISO/DIS 13789 – CEN WI-23 part 2. “Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method” (December 2004).
14. CEN/TC 228 WI-2. “Heating systems in buildings – Energy performance of buildings – Overall energy use, primary energy and CO2 emissions” (May 2005).
15. CEN Draft prEN 15193-1 – CEN WI-13. “Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation” (March 2005).
16. CEN/TC 228 WI-9. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2.2.4: Space heating generation systems, the performance and quality of CHP electricity and heat” (December 2004).
17. CEN/TC 228 WI-11. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements)” (May 2005).
18. EPA-ED project. “EPA-ED Formulas – Calculation scheme” (September 2004).
19. EPA-ED project. “EPA-ED Calculation engine software – Data structure” (September 2004).
20. EPA-ED project. “Recommendations on EPA-ED method & tool” (September 2004).

21. EPA-U software. “Energieprestatie van utiliteitsgebouwen – Formulestructuur (inclusief winkels)” (November 2004). In Dutch (English title: “Energy performance of non-residential buildings – Formula structure (including retail buildings)”).
22. Soethout L. Scholten, J.E. & Elkhuzen B. Functional specification of the EPA-NR software - WP2b. Final version, March 2007. TNO. Delft, The Netherlands.

Για τη σύνταξη της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα ακόλουθα πρότυπα, κανονισμοί, επιστημονικά συγγράμματα και δημοσιεύσεις.

1. T.O.T.E.E. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
2. T.O.T.E.E. 20701-2/2010, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου».
3. T.O.T.E.E. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».
4. Duffie A John., Beckman A. William, «Solar Engineering of Thermal Processes». John Wiley & Sons, INC., Second edition, 1991.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων προτύπων όπως προσδιορίζεται από τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτηρίων (KENAK). Στις επόμενες παραγράφους αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε βάσει των παραπάνω προτύπων για τον υπολογισμό της ζήτησης και κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και ζεστού νερού χρήσης. Επιπλέον, περιγράφεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αναγκών αερισμού του κτηρίου καθώς και οι απαιτήσεις θερμικής άνεσης των χρηστών.

### **Θέρμανση και ψύξη**

Οι ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO / EN 13790 (2005) με κριτήριο τη θερμική άνεση των χρηστών. Με βάση το πρότυπο υπολογίζονται:

- Οι απώλειες θερμότητας με μετάδοση και αερισμό όταν το κτήριο θερμαίνεται και ψύχεται σε συγκεκριμένη εσωτερική θερμοκρασία
- Η συνεισφορά των θερμικών ηλιακών κερδών στο ισοζύγιο του κτηρίου
- Οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές θερμοκρασίες για χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ετήσια χρήση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βασισμένη στην ζήτηση του κτηρίου, για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, και στην απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Το ποσό ενέργειας που αποτελεί τη ζήτηση του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη διαφέρει από την ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης λόγω του βαθμού απόδοσης των συστημάτων και εγκαταστάσεων του κτηρίου.

Ωστόσο, στην πράξη, και το ποσό ενέργειας που πραγματικά καταναλώνει το κτήριο διαφέρει από το υπολογιζόμενο καθώς σε αυτό υπεισέρχεται οι παράγοντες της χρήσης του κτηρίου (ρύθμιση θερμοστάτη κλπ) και της συμπεριφοράς των χρηστών (άνοιγμα παραθύρων).

### Φωτισμός

Οι ανάγκες του κτηρίου σε φωτισμό υπολογίζονται με χρήση του προτύπου prEN 15193:2006 λαμβάνοντας υπόψη την εγκατεστημένη ισχύ για φωτισμό, μεγέθη χρόνου, την ύπαρξη ή όχι αυτοματισμών για τη διακοπή της λειτουργίας, παράγοντες επίδρασης του φυσικού φωτισμού κ.α. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά τις παραμέτρους που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα του φωτισμού, στους υπολογισμούς εισάγονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Ετήσια λειτουργία, ως άθροισμα του ημερήσιου χρόνου λειτουργίας (χρόνος με φυσικό φωτισμό) και του χρόνου λειτουργίας χωρίς φυσικό φωτισμό
- Ετήσιος χρόνος φόρτισης των συσσωρευτών του φωτισμού έκτακτης ανάγκης (εάν υπάρχει)
- Ωφέλιμη επιφάνεια κτηρίου
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με την ύπαρξη φυσικού φωτισμού στο χώρο (αισθητήρες φωτός)
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη χρήση των χώρων (αισθητήρες κίνησης)
- Παράγοντας παρουσίας/απουσίας των χρηστών στους χώρους
- Παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη λειτουργία συστημάτων ελέγχου φωτισμού
- Παράγοντας μείωσης της απόδοσης του φωτιστικού εξοπλισμού με την παλαιότητα (επίδραση της συντήρησης)
- Τύπος φωτιστικού σώματος και διατάξεων στραγγαλισμού (ballast).

### Ζεστό νερό χρήσης

Η κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης υπολογίζεται με τη βοήθεια του προτύπου CEN/TC 228 και της TOTEE 20701-1/2010. Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο  $Q_d$  σε (kWh/day) για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου σε Ζ.Ν.Χ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \rho \cdot \Delta T$$

όπου:

$V_d$  [lt /ημέρα] - το ημερήσιο φορτίο,

$\rho$  [kg/lt] - η μέση πυκνότητα του ζεστού νερού χρήσης,

$c$  [kJ/(kg.K)] - η ειδική θερμότητα του νερού,

$\Delta T$  [K] ή [°C] - η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ νερού δικτύου και ζεστού νερού χρήσης.

Η μέση θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στους 50°C, ενώ οι θερμοκρασίες νερού δικτύου ύδρευσης πόλης για την περιοχή όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών Περιοχών»

## Αερισμός

Είσοδος νωπού αέρα και αερισμός του κτηρίου επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: Μέσω των χαραμάδων από τα ανοίγματα και με φυσικό αερισμό ή τεχνητό αερισμό. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας από αερισμό χρησιμοποιείται το πρότυπο ISO/DIS 13789, με βάση το ρυθμό ανανέωσης του αέρα από τις χαραμάδες και μέσω φυσικού ή τεχνητού αερισμού.

Η ανανέωση αέρα που γίνεται από τους χρήστες του κτηρίου θεωρείται ότι είναι η ελάχιστη απαιτούμενη, εκτός αν υπάρχει μηχανικός αερισμός με δεδομένη παροχή.

Ο υπολογισμός της θερμικής ενέργειας που δαπανάται ώστε να θερμάνει ( ή να ψύξει) την ποσότητα αέρα που εισέρχεται στον χώρο δια μέσω των χαραμάδων των ανοιγμάτων υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παρ. 2.4.3, πίνακας 2.3), από τη σχέση:

$$Q_L = \Sigma Q A_i \quad (W/hC)$$

όπου:  $Q A_i = a \times \Sigma I \times R \times H$  για κάθε άνοιγμα

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

$a$ : Συντελεστής διείσδυσης αέρα

$\Sigma I$ : Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)

$R$ : Συντελεστής διεισδυτικότητας.

$H$ : Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης

Οι τιμές των συντελεστών α,R,H, δίνονται στους παρακάτω πίνακες ενώ η συνολική περίμετρος των ανοιγμάτων υπολογίζεται με βάση τις καταγραφές και μετρήσεις κατά την διάρκεια του ελέγχου.

**Πίνακας 57: Συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες.**

Υλικό Πλαισίου	Είδος Ανοιγματος	α [m <sup>3</sup> /(h.m)]
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	3
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2.5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	2
	Μέταλλο ή Συνθετικό	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.		1.4
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση		1.2

**Πίνακας 58: Συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης**

Ανεμόπτωση	Θέση εξωτερικής επιφάνειας	Τρόπος δόμησης	
		Όψεις σε επαφή με όμορο	Ελεύθερες όψεις
Κανονική	Προστατευόμενη	0.78	1.10
	Ελεύθερη	1.32	1.87
	Άκρως απροστάτευτη	1.94	2.71
Ισχυρή	Προστατευόμενη	1.32	1.87
	Ελεύθερη	1.94	2.71
	Άκρως απροστάτευτη	2.65	3.65

**Πίνακας 59: Συντελεστής διεισδυτικότητας R**

Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα	R
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	< 3	0,9
	3 ÷ 9	0,7
Κούφωμα με Μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	< 6	0,9
	≥ 6	0,7

**Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)**

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων του κτηρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010. Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a}$$

όπου,

$d_j$ , - το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού j,

$\lambda_j$ , - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού j,  
 $R_i$  και  $R_a$  - οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου και  
 $R_s$  - η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα.

Οι συντελεστές  $R_i$  και  $R_a$  καθορίζουν την αντίσταση θερμικής μετάβασης και δίνονται κατά περίπτωση στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 60: Συντελεστές αντίστασης θερμικής μετάβασης.**

	$R_i$	$R_a$
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,13	0,04
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,13	0,13
Τοίχος σε επαφή με έδαφος	0,13	0,00

Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,04
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,10
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,04
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής καλείται να εκτιμήσει τη θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών δομικών στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη και το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου. Προς αυτή την κατεύθυνση κωδικοποιούνται για τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης όλα τα κτήριο σε επί μέρους κατηγορίες, σύμφωνα με την περίοδο ανέγερσής τους και το βαθμό της θερμομονωτικής τους προστασίας. Οι τυπικές τιμές τους δίνονται στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 61: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία**

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. Χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. Χώρο	Σε επαφή με έδαφος
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85



<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Αντίστοιχα ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου  $U_w$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

όπου,

$U_f$  - ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

$U_g$  - ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$A_f$  - το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

$A_g$  - το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$l_g$  - το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και

$\Psi_g$  - ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

**Πίνακας 62: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_{n,F}$  [ $W/(m^2K)$ ].**

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου $F_f$	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο Αέρα6 mm	με διάκενο Αέρα12 mm	με διάκενο Αέρα6 mm	με διάκενο Αέρα12 mm
			[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]
	[%]	[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]	[ $W/(m^2K)$ ]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1

Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	-	-	-	-
	30%	2,3	-	-	-	-
	40%	2,1	-	-	-	-
<b>Εξωτερικές Πόρτες</b>						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m <sup>2</sup> K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

### Συνθήκες άνεσης

Σ' αυτήν την ενότητα καθορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου και που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου ο επιθεωρητής καθορίζει και τον αριθμό των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών, στις οποίες θα διαχωριστεί το κτήριο κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση.

Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου.
- Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτήριο μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή διακριτοποιείται (διαχωρίζεται) κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον διακριτοποιηθεί ένα κτήριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η ενεργειακή μελέτη με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτηρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την ενεργειακή μελέτη είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009

## Αποτελέσματα-Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης

Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου, όπου εκτιμάται η ζήτηση του κτηρίου σε ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική) για φωτισμό, θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης, ηλεκτρικά φορτία, εκτιμώνται οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο και δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα και πίνακες της υφιστάμενης/ παρούσας κατάστασης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου.

Προτείνονται παρεμβάσεις και εκτιμώνται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης.

Ο υπολογισμός των χρόνων απόσβεσης γίνεται από το υπολογιστικό πρόγραμμα με βάση την εξοικονόμηση που έχει η κάθε παρέμβαση στην καταναλισκόμενη ενέργεια.

Κάθε παρέμβαση εξετάζεται ξεχωριστά και δίνονται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης, μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και χρόνου απόσβεσης.

Ο χρόνος απόσβεσης μιας παρέμβασης εκτιμάται με βάση το εκτιμώμενο κόστος προς την υπολογιζόμενη εξοικονόμηση ενέργειας ανηγμένη σε χρηματικό ποσό.

Η εκτίμηση της εξοικονόμησης γίνεται με βάση το καύσιμο που χρησιμοποιείται και την θερμογόνο τιμή του.

## 7.3.2 Δεδομένα Εξωτερικού Περιβάλλοντος

### Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία

#### Γενικά

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη έχουν συγκεντρωθεί από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», για τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό αυτόν της Σάμου (ύψος βαρομέτρου: 7.30μ, Γεωγραφικό Πλάτος: 37° 42' Β, Γεωγραφικό μήκος: 26° 55' Α) και αφορούν μακροχρόνιες μετρήσεις. Τα ίδια δεδομένα είναι ενσωματωμένα σε βιβλιοθήκη του λογισμικού.

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους του προσανατολισμούς, για την περιοχή της Σάμου. Το υψόμετρο της περιοχής που βρίσκεται το κτήριο είναι κάτω από τα 500m. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Α.

#### Θερμοκρασία

Ο θερμότερος μήνας στην περιοχή είναι ο Ιούλιος ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Φεβρουάριος. Σε απόλυτες τιμές, η μέγιστη θερμοκρασία σημειώθηκε τον μήνα Ιούλιο (32.7 °C), ενώ η ελάχιστη τον μήνα Ιανουάριο (6.6 °C). Τα παραπάνω μεγέθη παρουσιάζονται σε μηνιαία και ετήσια βάση στον επόμενο Πίνακα.

**Πίνακας 63: Τιμές Θερμοκρασίας (°C)**

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Μέση Μηνιαία Τιμή (°C)</b>	10,4	10,2	12,2	16,1	20,8	25,7	28,6	28,2	24,4	19,6	14,7	12,0
<b>Μέση Μέγιστη Τιμή (°C)</b>	13,4	13,4	15,7	19,7	24,7	29,8	32,7	32,5	28,6	23,4	18,0	14,9
<b>Μέση Ελάχιστη Τιμή (°C)</b>	7,0	6,6	8,0	10,7	14,5	19,0	22,4	22,4	18,9	15,1	10,9	8,7

### Άνεμοι

Όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί, οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή είναι οι βορειοανατολικοί. Η ένταση των επικρατούντων ανέμων κυμαίνεται από 2.8 m/sec έως 4.4 m/sec. Άνεμοι μεγάλης εντάσεως δεν αποτελούν γνώρισμα της περιοχής.

**Πίνακας 64: Ένταση και διεύθυνση ανέμων**

Μήνας	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (m/sec)
Ιανουάριος	BA	6.0
Φεβρουάριος	BA	6.2
Μάρτιος	BA	5.5
Απρίλιος	BA	4.3
Μάιος	BA	4.2
Ιούνιος	BA	4.7
Ιούλιος	BA	7.0
Αύγουστος	BA	6.6
Σεπτέμβριος	BA	5.7

Μήνας	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (m/sec)
Οκτώβριος	BA	5.1
Νοέμβριος	BA	5.5
Δεκέμβριος	BA	6.0

### Σχετική Υγρασία

Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 55.3% το μήνα Ιούλιο έως 72.1% το Δεκέμβριο. Η μέση υγρασία στην περιοχή είναι 65.37%.

**Πίνακας 65: Τιμές Υγρασίας (%)**

Μήνας	Μέση Τιμή Υγρασίας (%)
Ιανουάριος	69,6
Φεβρουάριος	67,7
Μάρτιος	66,9
Απρίλιος	64,3
Μάιος	58,3
Ιούνιος	49,4
Ιούλιος	43,4
Αύγουστος	45,4
Σεπτέμβριος	51,6
Οκτώβριος	61,5
Νοέμβριος	68,4
Δεκέμβριος	72,2
<b>ΕΤΟΥΣ</b>	<b>59,89</b>

### 7.3.3 Προμελέτη Κτηρίου

#### Περιγραφή του Κτηρίου

Το κτήριο που στεγάζει το δημοτικό σχολείο βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του οικισμού Χρυσομηλιάς του δήμου Φούρνων Κορσεών σε γεωγραφικές συντεταγμένες 37° 37'51.10"Β και 26°30'43.01"Α. Αποτελείται από δύο κτήρια κατασκευασμένα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους . Το πρώτο κτήριο κατασκευάστηκε το 1950 και είναι ισόγειο συνολικού εμβαδού 63 τμ. ενώ το δεύτερο κτήριο είναι διώροφο και έχει συνολικό εμβαδό 74τμ. Και τα δύο κτήρια αναπτύσσονται στον άξονα Βορά – Νότου και έχουν Δυτικό προσανατολισμό.

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα κτήρια εξωτερικά καθώς και οι εσωτερικοί τους χώροι :

#### Εικόνα 27: Δυτική όψη





Εικόνα 28: Είσοδος Κτηρίου 1



Εικόνα 29: Ανατολική όψη κτηρίου 1



Εικόνα 30: Αίθουσα διδασκαλίας



Τα δύο κτήρια δεν συνορεύουν περιμετρικά με κανένα άλλο κτήριο είναι δηλαδή πανταχόθεν ελεύθερα επομένως σκιάζεται μόνο μεταξύ τους και από την περιμετρική φύτευση. Λόγω της αρχιτεκτονικής τους όπως διακρίνεται και στις φωτογραφίες τα δύο κτήρια δεν διαθέτουν επίσης οριζόντιους προβόλους ή πλευρικές προεξοχές.

## Αποτελέσματα Ενεργειακής Επιθεώρησης

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση των κτηρίων του Δημοτικού σχολείου Χρυσομηλιάς ως ανάλυση των επιμέρους χαρακτηριστικών και συστημάτων του.

### Γενικά στοιχεία-Χρόνοι Λειτουργίας

Κατά την διαδικασία του ελέγχου καταγράφηκαν και εκτιμήθηκαν οι χρόνοι και περίοδοι λειτουργίας των διαφόρων συστημάτων και δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

#### Πίνακας 66: Γενικά στοιχεία λειτουργίας κτηρίων

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας Κτηρίου Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης		
Ωρες λειτουργίας	8	Προκαθορισμένη παράμετρος από T.O.T.E.E. 20701-2/2010 και T.O.T.E.E 20701-3/2010
Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	5	
Μήνες λειτουργίας	9	
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	11	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	300	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτήριο αναφοράς (W/m <sup>2</sup> )	5,50	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·έτος)]	0.68	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	60	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	16.4	
Εκλυόμενη θερμότητα από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	40	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.18	



Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	5	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.18	

## Κέλυφος κτηρίου

### Δομικά – τοιχοποιία

Η κατασκευή των κτηρίων που στεγάζει το δημοτικό σχολείο ολοκληρώθηκε το 1950 αρκετά χρόνια πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης. Επομένως κανένα δομικό στοιχείο του κτηρίου δεν φέρει μόνωση όπως έδειξαν και οι αναλυτικές μετρήσεις με χρήση θερμοκάμερας. Η κατασκευή του κελύφους αποτελείται από λιθοδομή πάχους 70 εκατοστών και φέρουν ξύλινη στέγη με κεραμοσκεπή.

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου σύμφωνα με την TOTEE 20701\_1\_2010 (πιν.3.4) είναι:

Εξωτερική Τοιχοποιία	: 3.85 W/m <sup>2</sup> K
Στέγη	: 4.25 W/m <sup>2</sup> K
Δάπεδο ισογείου προς έδαφος	: 3.10 W/m <sup>2</sup> K

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη χρήση θερμοκάμερας για την εξωτερική τοιχοποιία.

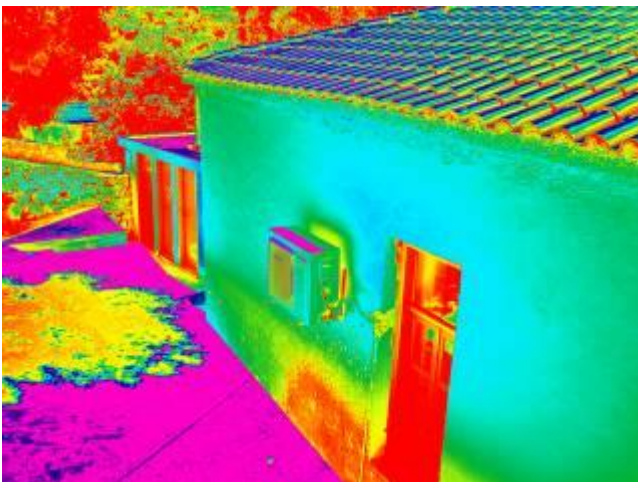
**Εικόνα 31: Δυτική πλευρά (Είσοδος)**



**Εικόνα 32: Δυτική πλευρά**



Εικόνα 33: Νότια πλευρά

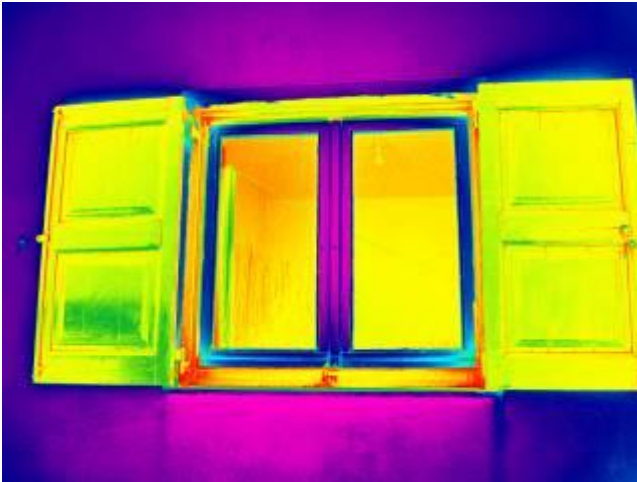


### Ανοίγματα

Ένα ποσοστό του κελύφους των κτηρίων καλύπτεται από ανοίγματα. Τα ανοίγματα αποτελούνται από ξύλινα ανοιγόμενα κουφώματα με μονό υαλοπίνακα με αρκετά κακή αεροστεγανότητα. Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων των παραθύρων στο Δημοτικό Σχολείο Χρυσομηλιάς είναι κακή και μάλιστα συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση των θερμικών απωλειών σε μια περιοχή με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη χρήση θερμικάμερας στα ανοίγματα του κτηρίου.

Εικόνα 34: Θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα



Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου σύμφωνα με την TOTEE 20701\_1\_2010 (πιν.3.12) είναι:

Ξύλινο πλαίσιο (μονός υαλοπίνακας) : 5.0 W/m<sup>2</sup>°K

Για τον συγκεκριμένο συνδυασμό πλαισίου – υαλοπίνακα, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με  $\Psi=0,06$  W/mK. Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους του υαλοπίνακα σε κάθετη πρόσπτωση είναι  $g=0,86$  και ο μέσος συντελεστής ηλιακού κέρδους του υαλοπίνακα είναι  $g_{gl}=0,90 \times 0,86=0,774$ .

Το συνολικό εμβαδό των παραθύρων και των δύο κτηρίων είναι 19.11 m<sup>2</sup> και η διείσδυση του αέρα από χαραμάδες λαμβάνεται από την T.O.T.E.E. 20701-1 (πίνακας 3.26) και είναι ίση με 15.1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h). Συνολικά προκύπτει ότι η διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες ισούται με:

$$19.11 \text{ m}^2 * 15.1 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h}) = 288.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Θέρμανση

### Κεντρική θέρμανση

Η θέρμανση και των δύο κτηρίων κτηρίου γίνεται με τρεις αντλίες θερμότητας μια για το παλιότερο κτήριο και δύο για το νεότερο θερμικής ισχύος 18.000 BTU η κάθε μια. Οι αντλίες θερμότητας έχουν τοποθετηθεί σχετικά πρόσφατα και λειτουργούν σχετικά αποδοτικά

### Εικόνα 35: Αντλία θερμότητας



Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ο βαθμός επίδοσης των αντλιών θερμότητας λαμβάνεται σύμφωνα με τα δεδομένα του κατασκευαστή και είναι  $COP=2.8$

### Δίκτυο διανομής

Για τις τοπικές μονάδες παραγωγής θέρμανσης δεν προβλέπονται σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 απώλειες λόγω δικτύου διανομής επομένως για τον λόγο αυτό το δίκτυο διανομής δεν αναλύεται ως προς τα χαρακτηριστικά των μονώσεων του και λαμβάνεται βαθμός απόδοσης μονάδα.

### Τερματικές μονάδες

Ως τερματικές μονάδες απόδοσης θέρμανσης λειτουργούν οι εσωτερικές μονάδες των αντλιών θερμότητας. Στο σύνολό τους είναι τοποθετημένες σε κατάλληλες θέσεις επιτρέποντας την φυσική μεταφορά του θερμού αέρα ενώ η επιθεώρηση έδειξε ότι οι μονάδες βρίσκονται σε σχετικά καλή κατάσταση. Η απόδοση των θερμαντικών σωμάτων όπως προκύπτει από την ΤΟΤΕΕ 20701\_1\_2010 (παρ. 4.4.2) είναι 0.97.

### Κλιματισμός

Οι αντλίες θερμότητας που περιγράφηκαν παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ψύξης στους χώρους του σχολείου. Σύμφωνα με Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) όμως για τα κτήρια πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης λόγω της εποχιακής τους λειτουργίας δεν υπολογίζεται κατανάλωση για την παραγωγή ψύξης. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του



κτηρίου τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν όπως περιγράφονται στην TOTEE 20701\_1\_2010 είναι : αντλίες θερμότητας (ονομαστικός δείκτης αποδοτικότητας 2.8 και μέσος μηνιαίος βαθμό κάλυψης της απαιτούμενης ψυκτικής ενέργειας ίσος με 0.5), δίκτυο διανομής (απόδοσης 95%), τερματικά (απόδοσης 95%) και βοηθητικές μονάδες (ισχύος 10 W/m<sup>2</sup>).

### **Ζεστό Νερό Χρήσης**

Στο συγκρότημα δεν υπάρχει σύστημα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης όμως χρησιμοποιήθηκαν τα θεωρητικά δεδομένα που προδιαγράφονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) τα οποία είναι : τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (απόδοσης 100%), με δίκτυο διανομής απόδοσης 100% και αποθήκευση με βαθμό απόδοσης 98%.

### **Αερισμός**

Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο από τους χρήστες του κτηρίου δια μέσω των ανοιγμάτων, ενώ λόγω και της χρήσης του κτηρίου μεγάλες ποσότητες αέρα εισέρχονται και από την κεντρική είσοδο λόγω της επίσκεψης του κοινού.

### **Φωτισμός**

#### **Φυσικός φωτισμός**

Καθώς το κτήριο έχει αρκετά ανοίγματα αλλά και λόγω του προσανατολισμού του, ο φυσικός φωτισμός σε μεγάλο μέρος, και κατά μεγάλο ποσοστό των ωρών χρήσης κρίνεται επαρκής για να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού για ένταση φωτισμού 300lux.

#### **Τεχνητός φωτισμός**

Για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού τα κτήρια χρησιμοποιούν ως επί το πλείστο λαμπτήρες πυράκτωσης. Η κατάσταση των φωτιστικών κρίνεται μέτρια. Σύμφωνα με τις πραγματοποιηθείσες μετρήσεις όμως ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού για τη χρήση του κτηρίου. Έτσι στους περισσότερους χώρους δεν είναι επιβεβλημένη η χρήση τεχνητού φωτισμού κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου λειτουργίας των κτηρίων.

### **Εικόνα 36: Τυπικό φωτιστικό σώματα**





Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού και στα δύο κτήρια είναι 0.72 kWatt

### 7.3.4 Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης

Η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE – KENAK. Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>), όπως :

1. Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη.
2. Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός), ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.).
3. Ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 (παράγραφος 1.2) είναι οι εξής:

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	

Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347
-------------------------	------	-------

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

Στα αποτελέσματα συγκρίνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και η κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση με τις αντίστοιχες τιμές του κτηρίου αναφοράς. Το κτήριο αναφοράς σύμφωνα με την παράγραφο 3 του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι : « Το κτήριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο Κτήριο. Το Κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.» και αποτελεί το μέτρο σύγκρισης για την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.

### Θερμικές Απώλειες Κτηρίου

Οι θερμικές απώλειες του κτηρίου υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία ανά ζώνη όπως περιγράφεται στους πίνακες 10, 11 και 12 της παραγράφου 3.2.1 για την περίοδο θέρμανσης (Οκτώβριος-Απρίλιος).

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση του κτηρίου, υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες προς το περιβάλλον μέσω μεταφοράς θερμότητας και αερισμού και αφαιρούνται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές.

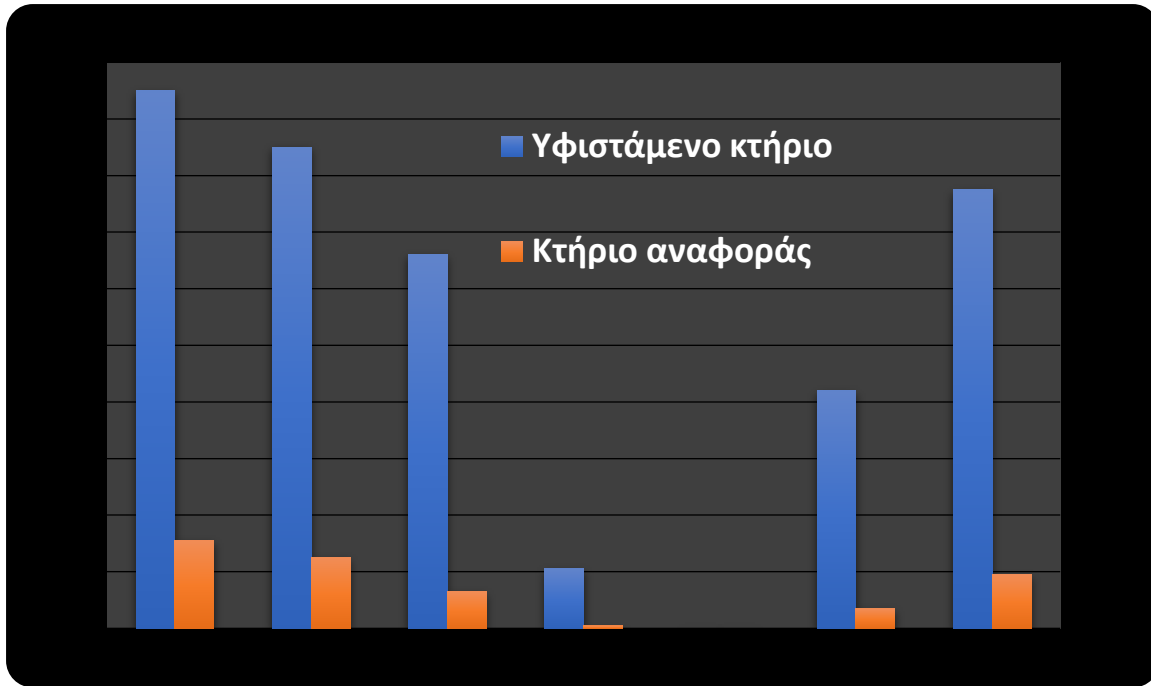
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμικές απώλειες, τα θερμικά κέρδη και οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης:

**Πίνακας 67: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (σε kWh/m<sup>2</sup>)**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	19	17	13.2	2.1	0	8.4	15.5	<b>75.1</b>
Κτήριο αναφοράς	3.1	2.5	1.3	0.1	0	0.7	1.9	<b>9.5</b>

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

**Διάγραμμα 19: Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την περίοδο θέρμανσης (σε kWh/m<sup>2</sup>)**



### Κατανάλωση Κτηρίου Για Θέρμανση

Η ποσότητα θερμότητας που αποδίδεται στον χώρο δια μέσω των θερμαντικών σωμάτων όπως υπολογίστηκε από την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε παραπάνω και με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης δίνεται παρακάτω.

Πίνακας 68: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (σε kWh/m<sup>2</sup>).

Κατανάλωση ενέργειας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	15.2	13.6	10.6	1.7	0	6.7	12.3	<b>60.1</b>
Κτήριο αναφοράς	1	0.8	0.4	0	0	0.2	0.6	<b>3.2</b>

### Ψυκτικά Φορτία Κτηρίου

Τα ψυκτικά φορτία του κτηρίου υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία για τους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιος-Σεπτέμβριος).

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων του κτηρίου, υπολογίζονται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές από τα οποία αφαιρείται η ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον μέσω μεταφοράς και αερισμού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ψυκτικά φορτία του κτηρίου κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου:

**Πίνακας 69: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	0	0	0	0	0	0
Κτήριο αναφοράς	0	0	0	0	0	0

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα οι απαιτήσεις του συγκροτήματος για ψύξη είναι μηδενικές λόγω της χρήσης του κτηρίου ως σχολικού συγκροτήματος.

### Ζήτηση Για Ζεστό Νερό Χρήσης

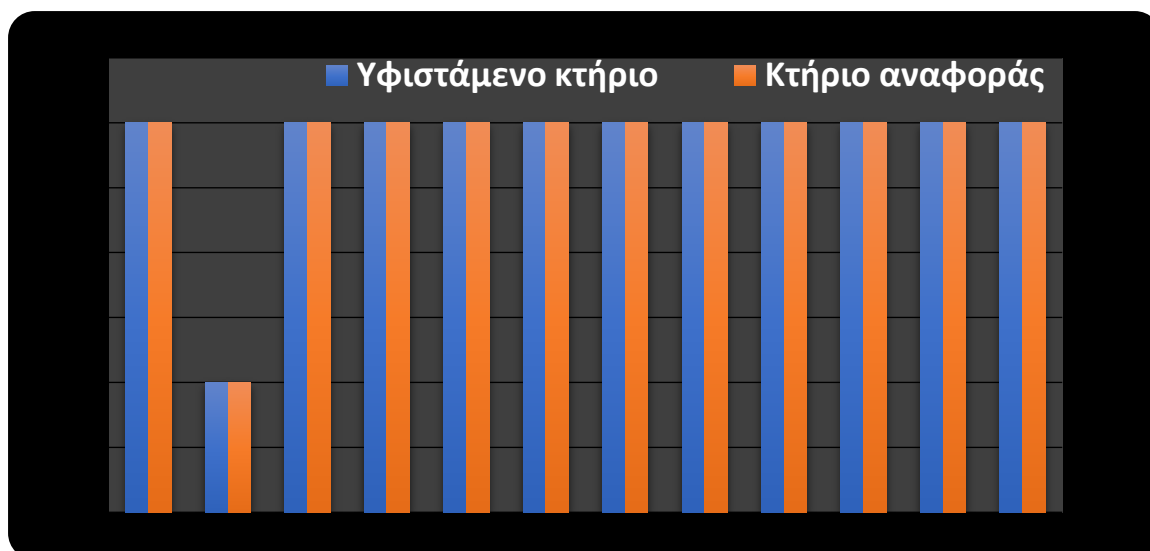
Η ανάγκες του κτηρίου για ζεστό νερό χρήσης υπολογίζονται από το λογισμικό ανά ζώνη με βάση τον θεωρητικό πληθυσμό που προκύπτει από τα τετραγωνικά και τη χρήση κάθε ζώνης. Οι ανάγκες του κτηρίου για τις ζώνες αυτές όπως προσδιορίστηκαν στους πίνακες 10, 11 και 12 της παραγράφου 3.2.1 δίνονται παρακάτω :

**Πίνακας 70: Ενεργειακές απαιτήσεις για ΖΝΧ (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	2	1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23.9
Κτήριο αναφοράς	2	1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23.9

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για ζεστό νερό χρήσης σχηματικά παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

### Διάγραμμα 20: Ενεργειακές απαιτήσεις για ΖΝΧ



Με βάση την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και τον βαθμό απόδοσής της υπολογίζεται από το λογισμικό η κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί :

**Πίνακας 71: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ (σε kWh/m²).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	2.1	1.9	2.1	2	2.1	0	0	0	2	2.1	2	2.1	18.3
Κτήριο αναφοράς	1.8	1.6	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	20.7

Σχηματικά τα αποτελέσματα αυτά δίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα:

**Διάγραμμα 21: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ**



### Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό

Τα φωτιστικά στο κτήριο είναι στην πλειονότητά τους λαμπήρες πυράκτωσης t ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού υπολογίστηκε σε 1.2 kW. Θεωρείται ότι τα φωτιστικά παραμένουν αναμμένα στο μεγαλύτερο μέρος του ωραρίου λειτουργίας του κτηρίου.

Με βάση τα παραπάνω η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 8.2 kWh/m<sup>2</sup>.

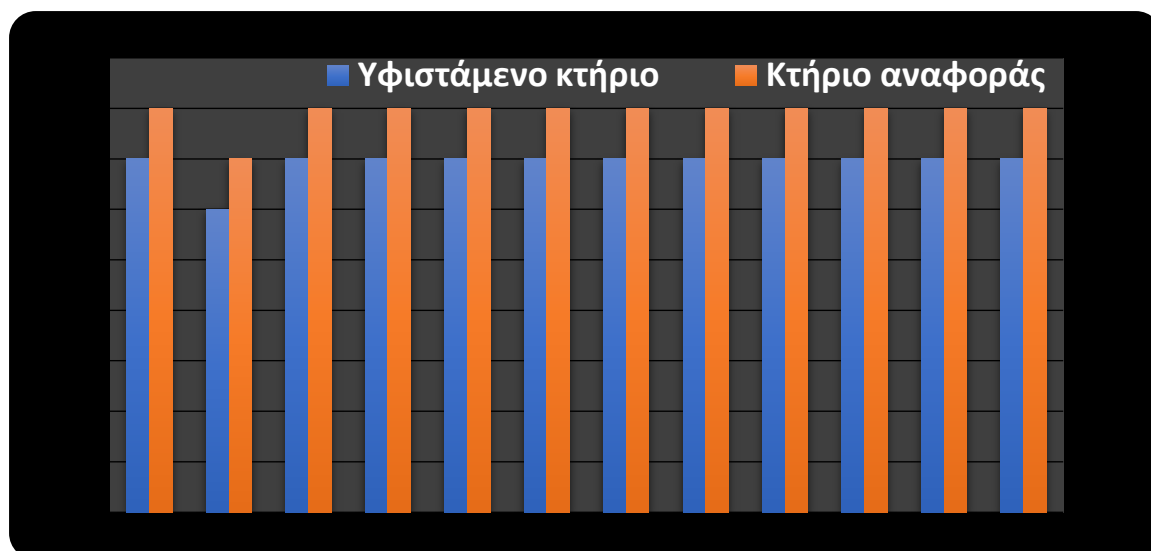
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στο κτήριο :

**Πίνακας 72: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό (σε kWh/m<sup>2</sup>).**

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Υφιστάμενο κτήριο	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	<b>8.2</b>
Κτήριο αναφοράς	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<b>9.6</b>

Η κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων για φωτισμό παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:

### Διάγραμμα 22: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό



### Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η κατανάλωση τελικής ενέργειας στο κτήριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού, καθώς και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πετρέλαιο και παραγωγή ηλεκτρισμού).

**Πίνακας 73: Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση -ψύξη-φωτισμό - ΖΝΧ**

	kWh/m <sup>2</sup>
Θέρμανση	60.1
Ψύξη	0
Φωτισμός	8.2
ΖΝΧ	18.3
<b>Σύνολο</b>	<b>86.5</b>

**Πίνακας 74: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση -ψύξη- φωτισμό**

	kWh/m <sup>2</sup>
Για ηλεκτρισμό	86.5
Πετρέλαιο	0
<b>Σύνολο</b>	<b>86.5</b>

**Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα**

Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία του κτηρίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή στην ατμόσφαιρα σημαντικών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Οι συντελεστές για τον υπολογισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 75: Συντελεστές εκπομπών CO<sub>2</sub>**

	Kg CO <sub>2</sub> / kWh <sub>th</sub>	Kg CO <sub>2</sub> / kWh <sub>e</sub>
Πετρέλαιο	0.264	-
Φυσικό αέριο	0.196	-
Ηλεκτρική ενέργεια	-	0.989
Βιομάζα	-	-

Με τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται στη συνέχεια, αφ' ενός θα μειωθεί η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου, με αναμενόμενα οικονομικά οφέλη και παράλληλα θα μειωθεί και η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η οποία αντιστοιχεί στη λειτουργία των κτηρίων.

Σύμφωνα με την καταναλισκόμενη ενέργεια για την κάλυψη όλων των αναγκών του κτηρίου όπως αναφέρονται παραπάνω υπολογίζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> και δίνονται στον ακόλουθο πίνακα :

**Πίνακας 76: Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>)**

	Υφιστάμενο κτήριο	Κτήριο αναφοράς
Ηλεκτρισμός	86.5	33.5
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό αέριο	0	0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0	0
Ηλιακή	0	3.7
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	86.5	33.5



## Σχόλια – Παρατηρήσεις

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών είναι εμφανές ότι λόγω έλλειψης εφαρμογής μόνωσης στο κέλυφος το κτήριο έχει σημαντικές θερμικές απώλειες και αυτό καταγράφεται στην κατανάλωση καυσίμων για τη θέρμανσή του.

Ο φωτισμός τέλος γίνεται κατά κύριο λόγο με χρήση του τεχνητού φωτισμού, παρά το γεγονός ότι σε πολλές αίθουσες, μετρήθηκαν τιμές φυσικού φωτισμού, επαρκείς για τις ανάγκες χρήσης τους.

### 7.3.5 Προτάσεις επεμβάσεων εξοικονομησης ενέργειας

#### Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να αποφέρουν μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο του Δημοτικού σχολείου Χρυσομηλιάς καθώς και του λειτουργικού του κόστους.

Οι παρεμβάσεις που εξετάστηκαν αφορούν στη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης αλλά και της χρήσης φωτισμού.

Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν:

- α) Η προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος και του κτηρίου.
- β) Η αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα πιστοποιημένα
- γ) Η αντικατάσταση των φωτιστικών και η εγκατάσταση αισθητήρων φωτός

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι παραπάνω παρεμβάσεις και παρατίθενται τα αναμενόμενα αποτελέσματα της καθεμίας, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.

#### Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου

Όπως αναφέρθηκε η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι αρκετά υψηλή και οφείλεται στην έλλειψη θερμομόνωσης.

Για την μείωση των θερμικών φορτίων λοιπόν προτείνεται η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων με διογκωμένη πολυστερίνη πάχους μονωτικού 8cm. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 3.85 W/m<sup>2</sup>°K σε 0.6 W/m<sup>2</sup>°K. Συγκεκριμένα θα τοποθετηθούν φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης με τα απαραίτητα συνδετικά υλικά (κόλλα, πλέγματα, βύσματα στερέωσης) και θα επιστρωθεί με έτοιμο σοβά στην απόχρωση του κτηρίου ή όποια ορίσει η

επίβλεψη του έργου. Η θερμομόνωση θα τοποθετηθεί ως επί το πλείστον εξωτερικά του κτηρίου όπου αυτό επιτρέπεται.

Για τη θερμομόνωση της στέγης προτείνεται η τοποθέτηση φύλλων διογκωμένης πολυστερίνης ελάχιστου πάχους 5cm από στην πλάκα στην κάτω πλευρά της στέγης. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί από 4.25 W/m<sup>2</sup>C σε 0.45 W/m<sup>2</sup>C.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Οι υπολογισμοί των απωλειών και των θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου με το λογισμικό TEE KENAK επαναλήφθηκαν με χρήση των αναμενόμενων μειωμένων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων και της κεραμοσκεπής μετά την προσθήκη μόνωσης.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 77: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την προσθήκη θερμομόνωσης**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Προσθήκη Θερμομόνωσης
Λειτουργικό κόστος (€)	522.60	1,366.00	616.20
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			18,992.00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			140.5
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			54.9
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			46.4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			25.3

### Αντικατάσταση Κουφωμάτων με Νέα Διπλού Υαλοπίνακα

Η παρέμβαση στα υαλοστάσια του κτηρίου εντάσσεται μαζί με την προηγούμενη στη θωράκιση του κτηρίου στα σημεία που θεωρείται ότι έχουν το σημαντικότερο πρόβλημα και που μπορούν να δεχτούν παρεμβάσεις. Όπως αναφέρθηκε τα παράθυρα έχουν ξύλινο κούφωμα με μονό υαλοπίνακα ενώ είναι αρκετά παλιά και με κακή αεροστεγανότητα. Προτείνεται η αντικατάστασή τους με αντίστοιχων διαστάσεων κουφώματα PVC με συντελεστή θερμοπερατότητας Uf=2,40 W/(m<sup>2</sup>K) και μέσου πλάτους πλαισίου 7,50 cm. Θα φέρουν Low-E υαλοπίνακα με πάχη 4-12-4 και αέρα στο διάκενο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι κατ' ελάχιστο Ug=2,80 W/(m<sup>2</sup>K).

Με την παρέμβαση αυτή ο συντελεστής θερμικών απωλειών (U value) θα μειωθεί από 5.0 σε 2,9 W/m<sup>2</sup>C ενώ παράλληλα ο συντελεστής αεροστεγανότητας θα μειωθεί από 15.1m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> σε 10m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> μειώνοντας

έτσι την δειξήδυση εξωτερικού αέρα στον χώρο και κατ' επέκταση τις ενεργειακές δαπάνες τόσο της θέρμανση όσο και της ψύξης.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενεργειας

Οι υπολογισμοί των απωλειών και των θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου με το λογισμικό TEE KENAK επαναλήφθηκαν με χρήση των αναμενόμενων μειωμένων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας των νέων κουφωμάτων.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 78: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την προσθήκη θερμομόνωσης**

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Αντικατάσταση παραθύρων
Λειτουργικό κόστος (€)	522.60	1,366.00	1,342.90
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			7,196.30
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			4.3
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1.7
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			12.1
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			1.4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			310.9

### Αναβάθμιση του Συστήματος Φυσικού /Τεχνητού Φωτισμού

Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τον φωτισμό καθώς και τη βελτίωση της οπτικής άνεσης των μαθητών εντός των αιθουσών διδασκαλίας προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων τους. Η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων πυράκτωσης θα γίνει με φωτιστικά φθορισμού γραμμικών λαμπτήρων τύπου 4x18 Watt. Προτείνεται η τοποθέτηση δυο φωτιστικών σωμάτων στις αίθουσες διδασκαλίας και από ένα φωτιστικό σώμα στους διαδρόμους και την αίθουσα των δασκάλων. Για την καλύτερη χρήση του τεχνητού φωτισμού (χρόνος λειτουργίας) και την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, προτείνεται επίσης η τοποθέτηση διάταξης αυτοματισμού για την ρύθμιση των χρόνων λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού και τη σύζευξή του με το φυσικό.

Η διάταξη αυτή στην απλούστερη μορφή της αποτελείται από φωτοκύτταρο/ αισθητήρα έντασης φωτισμού και ενσωματωμένο διακόπτη ρελέ για τον χειρισμό του φωτιστικού σώματος.

Ο φωτοαισθητήρας θα διακόπτει την λειτουργία του τεχνητού φωτισμού, στα κυκλώματα που είναι συνδεδεμένος, όταν η στάθμη του φυσικού φωτισμού είναι μεγαλύτερη από μια μέση τιμή που μπορεί να εξασφαλίσει την απαραίτητη οπτική άνεση στον χώρο. Θα έχει την δυνατότητα φιλτραρίσματος και καθυστέρησης ώστε να αποτρέπει τις διακυμάνσεις στην λειτουργία του π.χ από μια ξαφνική και παροδική ηλιοφάνεια.

Προτείνεται η τοποθέτηση 4 αισθητηρίων σε κατάλληλη εσωτερική θέση, και η σύνδεση του με την ηλεκτρολογική γραμμή των φωτιστικών του χώρου. Ανάλογα με την ένταση φυσικού φωτισμού μέσα στον χώρο θα επιτρέπει την λειτουργία του αντίστοιχου τεχνητού φωτισμού.

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενεργειας

Οι υπολογισμοί με το λογισμικό επαναλήφθηκαν με μειωμένη χρήση του τεχνητού φωτισμού και της εγκατεστημένης ισχύος των φωτιστικών.

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό καθώς και η μείωση που θα επιφέρει η παρέμβαση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 79: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από την εγκατάσταση αυτοματισμού στο φωτισμό**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Σύζευξη φυσικού – Τεχνητού φωτισμού
Λειτουργικό κόστος (€)	522.60	1,366.00	1,322.10
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1,200.00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			8.2
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			3.2
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.1
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			2.8
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			27.3

### Σύνολο Παρεμβάσεων

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν και αναλύθηκαν οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν στο κτήριο του Δημοτικού σχολείου Χρυσομηλιάς. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν παρεμβάσεις που αφορούν στην αναβάθμιση της εγκατάστασης φωτισμού και τη μείωση των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων.

Από την υλοποίηση της συνολικής επέμβασης στο κτήριο, η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να μειωθεί κατά περίπου 58.2%. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μετά την υλοποίηση της επέμβασης παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα:

**Πίνακας 80: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από το σύνολο των παρεμβάσεων**

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο	Σύνολο παρεμβάσεων
Λειτουργικό κόστος (€)	522.60	1,366.00	554.20
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			27,388.30
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			152.1
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			59.4
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.3
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			50.3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			33.7

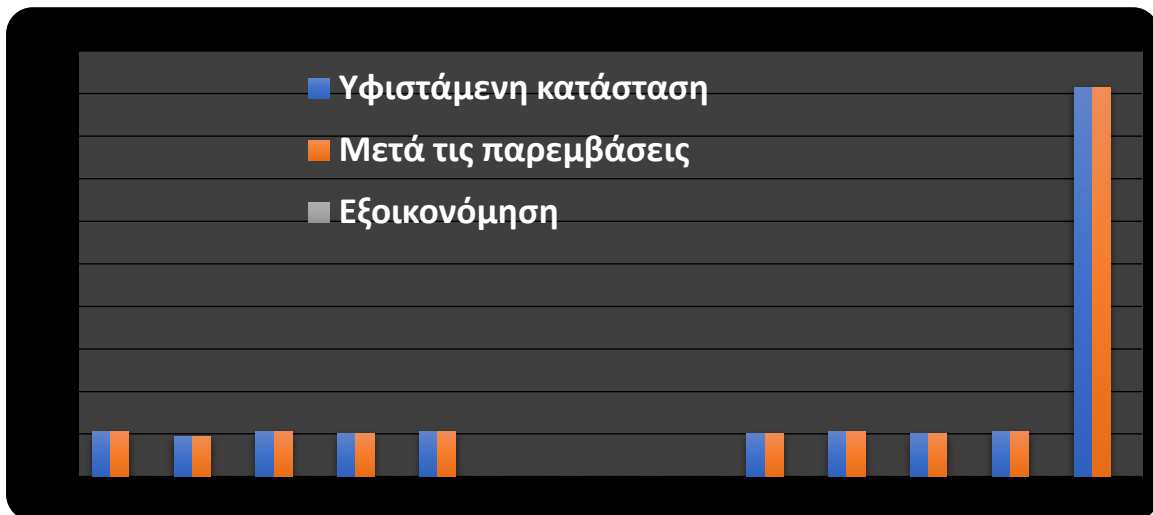
**Πίνακας 81: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση –ψύξη – ZNX-φωτισμό**

	Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> )	ZNX (kWh/m <sup>2</sup> )	Φωτισμός (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>Πριν</b>	60.1	0	18.3	8.2
<b>Μετά</b>	12	0	18.3	5
<b>Εξοικονόμηση ενέργειας (%)</b>	80.03%	0	0.00%	39.02%

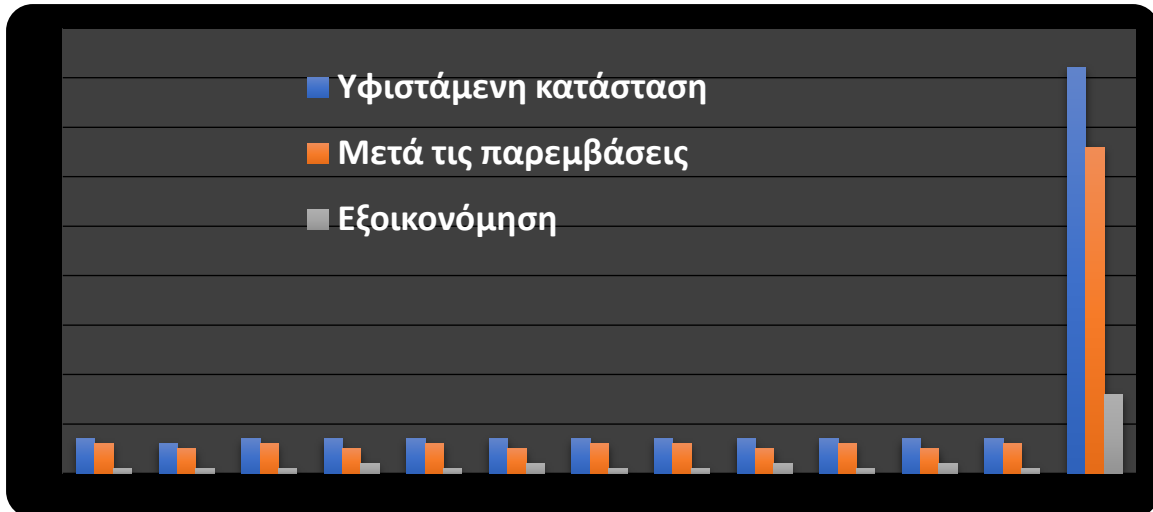
**Διάγραμμα 23: Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).**



Διάγραμμα 24: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για Ζεστό Νερό Χρήσης πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m²).



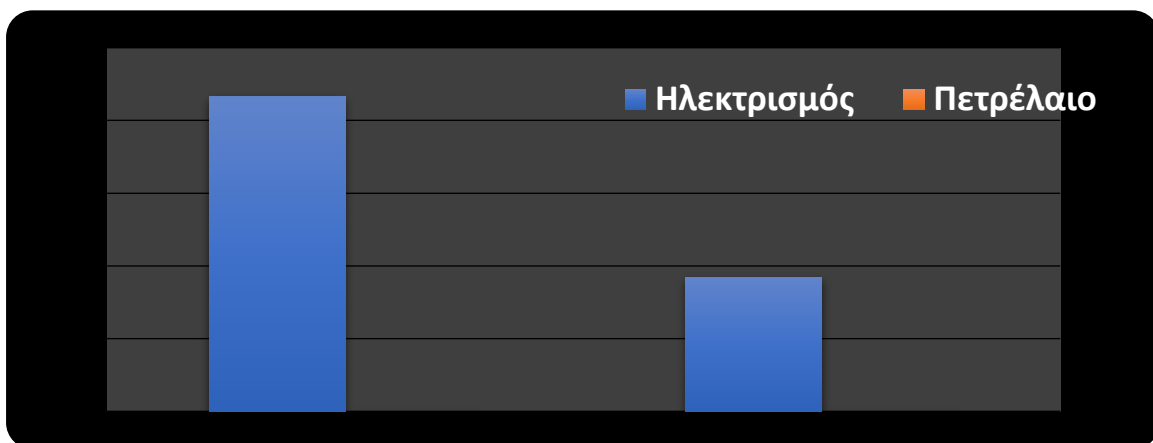
Διάγραμμα 25: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για Φωτισμό πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m²).



Πίνακας 82: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις

	Πριν	Μετά	Εξοικονόμηση %
Για ηλεκτρισμό	85.5 kWh/m <sup>2</sup>	36.4 kWh/m <sup>2</sup>	57.43%
Πετρέλαιο	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0%
<b>Σύνολο</b>	85.5 kWh/m <sup>2</sup>	36.4 kWh/m <sup>2</sup>	57.43%

Διάγραμμα 26: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις (σε kWh/m<sup>2</sup>).

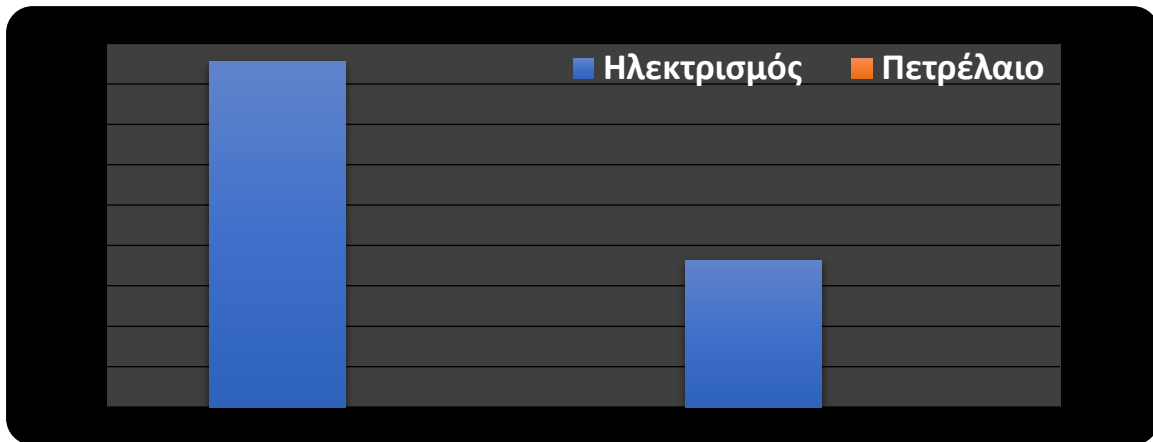


### Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Με τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται, αναμένεται να επέλθει σημαντική μείωση της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η οποία αντιστοιχεί στη λειτουργία του κτηρίου. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ετήσια μείωση των εκπομπών από την υλοποίηση των παρεμβάσεων:



**Διάγραμμα 27: Ετήσια μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις**



Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, με την υλοποίηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) θα μειωθούν από 85.5 (kg/m<sup>2</sup>) σε 36.4 (kg/m<sup>2</sup>), μείωση κατά 57.43 %.

#### Καθορισμός Κατάταξης Ενεργειακής Απόδοσης του Κτηρίου

Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE KENAK και υπολογίστηκαν οι θερμικές του απώλειες, τα ψυκτικά φορτία, η ζήτηση ενέργειας για φωτισμό κ.α., σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις που προσδιορίζονται από τον νέο “Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης του Κτηριακού Τομέα” για το είδος χρήσης και τη γεωγραφική περιοχή του κτηρίου. Με τη μεθοδολογία που προσδιορίζεται από τον κανονισμό υπολογίστηκε η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του Κτηρίου Αναφοράς η οποία είναι **R<sub>R</sub> = 97.3 kWh/m<sup>2</sup>**.

Σύμφωνα με την κατανάλωση αυτή προκύπτει η κατηγορία που ανήκει το κτήριο στην παρούσα κατάσταση και η κατηγορία που θα βρεθεί εφαρμόζοντας τις παρεμβάσεις που προτείνονται παραπάνω.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση όπως αναφέρθηκε είναι **EP = 255.9 kWh/m<sup>2</sup>**

Ο λόγος T (πηλίκο υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου EP προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς R<sub>R</sub>) είναι : **T = EP/R<sub>R</sub> = 255.9 / 97.3 = 2.62 R<sub>R</sub>**

Επομένως το κτήριο ανήκει στην κατηγορία **Z**

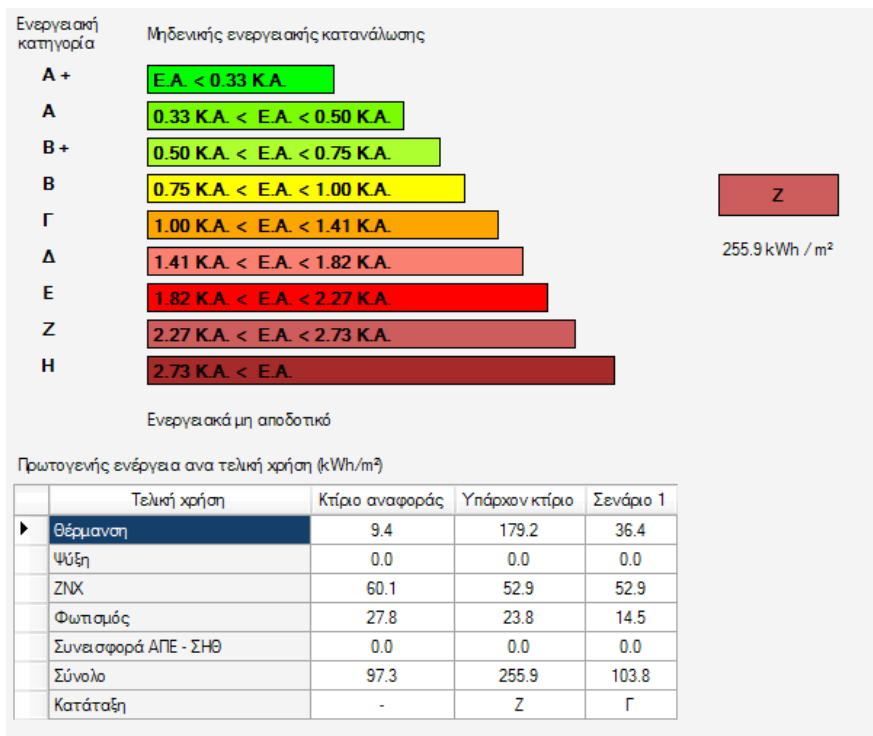
Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου μετά από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις είναι : **EP = 103.8 kWh/m<sup>2</sup>**

Ο λόγος T στην περίπτωση αυτή θα είναι :  $T = EP/R_R = 103.8 / 97.3 = 1.066 R_R$

Επομένως το κτήριο μετά τις παρεμβάσεις θα ανήκει στην κατηγορία Γ

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου όπως προκύπτουν από το λογισμικό TEE-KENAK για τις συγκεκριμένες παρεμβάσεις παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα

**Εικόνα 37: Ενεργειακή κατάταξη του υφιστάμενου συγκροτήματος**



## 8. Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι ενεργειακή κλάση του κτηρίου ως έχει και μετά τις επεμβάσεις, καθώς και η μείωση της κατανάλωσης:

Δήμος	Κτίριο	Ενεργειακή κλάση υφιστάμενη	Ενεργειακή κλάση δυνητική	Μείωση Κατανάλωσης (MWh)	Μείωση Κατανάλωσης (%)
Ψαρών	Δημοτικό Σχολείο Θύμαινας	E	B	7,4	65
	Δημοτικό Φούρνων	H	B	136,8	76,2
	Δημοτικό Χρυσομηλιάς	Z	Γ	23,8	71,1

## 9 Προϋπολογισμός Έργου

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΔΗΜΟΣ ΦΟΥΡΝΩΝ ΚΟΡΣΕΩΝ ΝΟΜΟΣ ΣΑΜΟΥ		ΕΡΓΟ :		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΔΗΜΟΥ ΦΟΥΡΝΩΝ ΚΟΡΣΕΩΝ				ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ	
ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ									
A/A	Είδος Εργασιών	Κωδικός Άρθρου	Κωδικός Αναθεώρησης	A.T.	Μον. Μετρ.	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας (Ευρώ)	Δαπάνη (Ευρώ) Μερική Δαπάνη	Ολική Δαπάνη
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
	<b>1. ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ - ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ</b>								
1	Καθαρή μεταφορά προϊόντων κατεδαφίσεων και καθαίρεσης με αυτοκίνητο από τον οικισμό έως ΧΥΤΑ	ΝΑΟΙΚ N.10.07.03	ΟΙΚ 1136	1	m3	80	4,75	380,00 €	
2	Αποξήλωση ξυλίνων ή σιδηρών κουφωμάτων	ΝΑΟΙΚ 22.45	ΟΙΚ 2275	2	m2	142,22	16,8	#ΤΙΜΗ!	
3	Με προσοχή, για την εξαγωγή ακεραίων πλακών σε ποσοστό άνω του 50% και επανατοποθέτησή τους	ΝΑΟΙΚ 22.22.02	ΟΙΚ-2241	3	m3	80	16,81	#ΤΙΜΗ!	
	<b>Σύνολο : 1. ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ - ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ</b>	<b>#ΤΙΜΗ!</b>	<b>#ΤΙΜΗ!</b>						
	<b>2. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ</b>								
1	Κουφώματα PVC σταθερά ή ανοιγόμενα	ΝΑΟΙΚ N.65.17.01	ΟΙΚ 6519	4	m2	142,22	280	39.821,60 €	
	<b>Σύνολο : 2. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ</b>	<b>39.821,60 €</b>	<b>39.821,60 €</b>						
	<b>3. ΛΟΙΠΑ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΑ</b>								
1	Θερμική απομόνωση οροφών και δαπέδων με φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 50mm	ΝΑΟΙΚ 79.45	ΟΙΚ 7934	5	m2	372,23	35	13.028,05 €	
2	Ίκριώματα σιδηρά σωληνωτά	ΝΑΟΙΚ 23.03	ΟΙΚ 2303	6	m2	1127,1	5,60	#ΤΙΜΗ!	
3	Μπιζωτάρισμα ακμών μαρμάρινων πλακών	ΝΑΟΙΚ 74.22	ΟΙΚ 7422	7	M	41,16	2,8	115,25 €	
5	Σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης κτιρίων	ΝΑΟΙΚ 79.70	ΟΙΚ 7744	8	m2	1127,1	50	56.356,50 €	
6	Θερμοσυγκρομόνωση δώματος, με τελική επιφάνεια από τσιμεντόπλακες	ΝΑΟΙΚ 79.69	ΟΙΚ 7744	9	m2	213,6	35	7.476,00 €	
	<b>Σύνολο : 3. ΛΟΙΠΑ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΑ</b>	<b>#ΤΙΜΗ!</b>	<b>#ΤΙΜΗ!</b>						

4. Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ								
1	Φωτιστικό σώμα οροφής LED 4x18W	ATHE M.8973.Λ.1 63	ΗΛΜ 59	10	TEM	57	50	2.850,00 €
2	Ανιχνευτής φυσικού φωτισμού οροφής.	ATHE N.8880.8	ΗΛΜ 59	11	TEM	14	150	2.100,00 €
3	Γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού νερού θερμικής ισχύος 17,5kW	ATHE N8528.1.1	ΗΛΜ 32	12	TEM	1	15800	15.800,00 €
4	Εκσκαφή σε παντός είδους εδάφη για διάνοιξη τάφρων εγκατάστασης υπόγειων δικτύων, με χρήση μηχανημάτων και επικοινωνικά χειρονακτικά με εργάτες	ATHE N8030.138	ΗΛΜ 8	13	m3	200	28,5	5.700,00 €
5	Επανεπίχωση με άμμο και προϊόντα εκσκαφής με χρήση μηχανημάτων και επικοινωνικά χειρονακτικά με εργάτες	ATHE N8030.139	ΗΛΜ 8	14	m3	100	19,5	1.950,00 €
6	Πλαστικοί σωλήνες θέρμανσης από πολυπροπυλένιο PP-R80 με θερμική αυτοσυγκόλληση διατομής 75x10,3 mm	ATHE N6622.6	ΥΔΡ 6620.1	15	m	80	27,15	2.172,00 €
7	Πλαστικοί σωλήνες θέρμανσης από πολυπροπυλένιο PP-R80 με θερμική αυτοσυγκόλληση διατομής 32x2,9 mm	ATHE N6622.4	ΥΔΡ 6620.1	16	m	80	22,5	1.800,00 €
8	Αυτόματη βαλβίδα για εξαερισμό σωληνώσεων νερού	ATHE 8606.1.2	ΗΛΜ 11	17	TEM	1	35,56	35,56 €
9	Θερμόμετρο εμβάπτισης κεντρικής θερμάνσεως ευθύ ή γωνιακό με ορειχάλκινη θήκη περιοχής ένδειξης 0 έως 100oC	ATHE 8651	ΗΛΜ 31	18	TEM	1	19,6	19,60 €
10	Μανόμετρο με κρουνό περιοχής ενδείξεων 0 έως 10 atm	ATHE 8641	ΗΛΜ 31	19	TEM	1	21,4	21,40 €
11	Δοχείο διαστολής κλειστό με μεμβράνη χωρητικότητας 140 Lt	ATHE 8473.1.5	ΗΛΜ 23	20	TEM	1	298	298,00 €
12	Σύστημα αυτόματου πλήρωσεως εγκαταστάσεων κλειστού δοχείου διαστολής	ATHE 8474.2	ΗΛΜ 23	21	TEM	1	141,63	141,63 €
13	Πίνακας αυτονομίας ενός κυκλώματος κεντρικής θέρμανσης	ATHE N8840.1.4	ΗΛΜ 52	22	TEM	1	250	250,00 €
14	Συλλέκτης προσαγωγής/επιστροφής νερού, με αναμονές εισόδου και εξόδου νερού, πλήρης	ATHE N8264.2.3	ΗΛΜ 11	23	TEM	1	600	600,00 €

15	Θερμική μόνωση σωλήνων θερμού νερού με εύκαμπτους σωλήνες από αφρώδες πολυαιθυλένιο πάχους 19mm, ενδ. τύπου ARMAFLEX	ATHE N8539.25	H/AM 40	24	m	100	9,82	982,00 €	
16	Θερμική μόνωση σωλήνων θερμού νερού με εύκαμπτους σωλήνες από αφρώδες πολυαιθυλένιο πάχους 21mm, ενδ. τύπου ARMAFLEX	ATHE N8539.26	H/AM 40	25	m	100	11,93	1.193,00 €	
17	Δοχείο αδρανείας χωρητικότητας 1500 lt	ATHE N8605.3.3	H/AM 21	26	TEM	1	3400	3.400,00 €	
18	Κυκλοφορητής νερού παροχής από 16 έως 20 m <sup>3</sup> /h	ATHE N8605.1.7	H/AM 80	27	TEM	1	909	909,00 €	
19	Αντλία ανακυκλοφορίας κλειστού κυκλώματος εναλλάκτη θερμότητας	ATHE N8605.1.7	H/AM 80	28	TEM	1	2000	2.000,00 €	
20	Καλώδια, σωληνώσεις και εξαρτήματα διαφόρων διατομών κατ' εκτίμηση	ATHE N8730.1.22	H/AM 5	29	Κατ' Αποκοπή	1	4000	4.000,00 €	
21	Εγκατάσταση κατακόρυφου μονού γεωεναλλάκτη μορφής U-tube, σε γεώτρηση βάθους έως 100 m, πλήρης	ATHE N8606.1	ΥΔΡ 6622.1	30	Κατ' Αποκοπή	1	1900	1.900,00 €	
22	Εγκατάσταση τοπικής κλιματιστικής μονάδας ανεμιστήρα στοιχείου (F.C.U.) δαπέδου με εργασία και υλικά τοποθέτησης	ATHE Σ8536.1		31	TEM	20	550	11.000,00 €	
<b>Σύνολο : 4. Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ</b>		<b>59.122,19 €</b>	<b>59.122,19 €</b>						
<b>4. ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ</b>									
1	Κατακόρυφη κρουστικοπεριστροφική γεώτρηση για κατασκευή γεωεναλλάκτη Φ150 mm	Σχετ. ΥΔΡ. 15.06.01	ΥΔΡ7107	32	m	100	21,34	2.134,00 €	
<b>Σύνολο : 5. ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ</b>		<b>2.134,00 €</b>	<b>2.134,00 €</b>						
Σελίδα 1 από 2									
ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ									
ΑΑ	Είδος Εργασιών	Κωδικός Άρθρου	Κωδικός Αναθεώρησης	Α.Τ.	Μον. Μετρ.	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας (Ευρώ)	Δαπάνη (Ευρώ) Μερική Δαπάνη	Ολική Δαπάνη
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Άθροισμα</b>	Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ Απολογιστικών εργασιών 18,00%	<b>#ΤΙΜΗ!</b>	<b>#ΤΙΜΗ!</b>						

<b>Άθροισμα</b>		<b>#ΤΙΜΗ!</b>
Απρόβλεπτα	15,00%	#ΤΙΜΗ!
<b>Άθροισμα</b>		<b>#ΤΙΜΗ!</b>
Πρόβλεψη αναθεώρησης		684,78
<b>Άθροισμα</b>		<b>#ΤΙΜΗ!</b>
ΦΠΑ	24,00%	#ΤΙΜΗ!
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>#ΤΙΜΗ!</b>

## 10 Καταγραφή καταναλώσεων – Ενεργειακός έλεγχος

Με τον νόμο 4342/2015 εναρμονίστηκε στο Ελληνικό δίκαιο η νέα Οδηγία 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση (EED – Energy Efficiency Directive) η οποία αντικατέστησε την Οδηγία ESD (2006/32/ΕΕ).

Ο νέος νόμος ο οποίος αφορά τους ενεργειακούς ελέγχους, με την παράγραφο 6 του άρθρου 10 καθορίζεται ότι : «6. Οι ενεργειακοί έλεγχοι πληρούν τα ελάχιστα κριτήρια που ορίζονται στο Παράρτημα VI και διενεργούνται με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα της σειράς EN 16247 περί ενεργειακών ελέγχων, όπως ισχύουν».

### 10.1 Ελάχιστα κριτήρια πληρότητας ενός ενεργειακού ελέγχου

Οι ενεργειακοί έλεγχοι που αναφέρονται στο άρθρο 10 βασίζονται στις ακόλουθες κατευθυντήριες γραμμές :

- α) βασίζονται σε επικαιροποιημένα, μετρήσιμα, ανιχνεύσιμα λειτουργικά δεδομένα ως προς την κατανάλωση ενέργειας και (για την ηλεκτρική ενέργεια) σε χαρακτηριστικά φορτίου
- β) περιλαμβάνουν λεπτομερή επισκόπηση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μιας ομάδας κτιρίων, μιας βιομηχανικής δραστηριότητας ή εγκατάστασης, περιλαμβανομένων και των μεταφορών,
- γ) βασίζονται όπου είναι δυνατόν σε ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (Life Cycle Cost Analysis - LCCA) και όχι σε απλές περιόδους αποπληρωμής (Simple Payback Periods - SPP) προκειμένου να λαμβάνονται υπ' όψιν οι μακροπρόθεσμες εξοικονομήσεις, οι εναπομένουσες αξίες των μακροπρόθεσμων επενδύσεων και τα ποσοστά αναπροσαρμογής
- δ) είναι αναλογικοί και επαρκώς αντιπροσωπευτικοί ώστε να δίδουν μια αξιόπιστη εικόνα της συνολικής ενεργειακής απόδοσης και να εντοπίζουν με αξιοπιστία τις σημαντικότερες ευκαιρίες για βελτίωση.

Οι ενεργειακοί έλεγχοι επιτρέπουν λεπτομερείς και επικυρωμένους υπολογισμούς των προτεινόμενων μέτρων ώστε να παρέχονται σαφείς πληροφορίες ως προς το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Τα χρησιμοποιούμενα στους ενεργειακούς ελέγχους δεδομένα αποθηκεύονται ώστε να είναι δυνατή η εκ των υστέρων ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης. Με τον τρόπο αυτό ο νέος νόμος 4342/2015 κατέστησε πάλι ενιαία την διαδικασία ενεργειακών ελέγχων σε βιομηχανία και κτίρια και μάλιστα περιέλαβε και τον τομέα των μεταφορών. **Επίσης καθόρισε με σαφήνεια ότι οι ενεργειακοί έλεγχοι στηρίζονται στην πραγματική ενεργειακή κατανάλωση** κατ' αντιδιαστολή με τις υπολογιστικές εκτιμήσεις για την κατανάλωση αυτής όπως καθορίζεται στον ΚΕΝΑΚ.

### 10.2 Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης της Ενεργειακής Επιδόσεως

Το πρότυπο αυτό εκδόθηκε το 2002 υπό τον τίτλο **IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol** και έκτοτε έχει επανεκδοθεί δύο φορές (2012, 2016)

Σήμερα το IPMVP αποτελεί το πλέον διαδομένο πρότυπο διεξαγωγής ενεργειακών ελέγχων σε όλο το κόσμο και πολλές χώρες το έχουν υιοθετήσει ως επίσημο κανονισμό. Αναφορικά με τις απαιτήσεις ακριβείας, το πρότυπο αυτό καθορίζει ότι : «Η εξοικονόμηση θεωρείται ότι είναι στατιστικώς έγκυρη εάν είναι μεγαλύτερη έναντι των στατιστικών διακυμάνσεως. Ειδικότερα η εξοικονόμηση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο του τυπικού σφάλματος του τύπου της γραμμής βάσης της κατανάλωσης». Δηλαδή :  $\Sigma EE > 2 RMSE \Rightarrow RMSE < 0,5 \Sigma EE$ .

### 10.3 Ευρωπαϊκά Πρότυπα Ενεργειακών Ελέγχων

Η σειρά προτύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους ενεργειακούς ελέγχους έχει ως εξής :

- EN 16247-1: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι– Μέρους 1 : Γενικές απαιτήσεις (Energy audits - Part 1: General requirements)
- EN 16247-2: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρους 2 : Κτίρια Energy audits - Part 2: Buildings
- EN 16247-3: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρους 3 : Διεργασίες Energy audits - Part 3: Processes
- EN 16247-4: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρους 4 : Μεταφορές Energy audits - Part 4: Transport
- EN 16247-5: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Προσόντα ενεργειακών ελεγκτών Energy audits — Competence of energy auditors

Τα πρότυπα αυτά περιλαμβάνουν τόσο γενικές διαδικασίες και απαιτήσεις (Μέρους 1) αλλά και ειδικότερες διαδικασίες ως και τομείς και τύπους παρεμβάσεων ανά τομέα κατανάλωσης (κτίρια, διεργασίες-βιομηχανία, μεταφορές). Από την άποψη αυτή είναι πιο εκτενή και πιο λεπτομερή από το αντίστοιχο πρότυπο ISO 50002.

### 10.4 Διαδικασίες και απαιτήσεις ενεργειακού ελέγχου

Οι ενεργειακοί έλεγχοι επιτρέπουν λεπτομερείς και επικυρωμένους υπολογισμούς των προτεινόμενων μέτρων ώστε να παρέχονται σαφείς πληροφορίες ως προς το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Από την διατύπωση της παραγράφου α) προκύπτει ότι τα δεδομένα πρέπει να είναι:

**Επικαιροποιημένα** : δηλαδή πρόσφατα και να καλύπτουν μία περίοδο καταναλώσεων των τελευταίων ετών

**Μετρήσιμα** : δηλαδή να έχουν ποσοτικό χαρακτήρα και ανεκτά επίπεδα μετρητικού σφάλματος

**Ανιχνεύσιμα** : τα στοιχεία πρέπει να καταχωρούνται συστηματικά σε βάσεις δεδομένων ώστε να αναζητούνται και να ανασύρονται ευχερώς

**Λειτουργικά** : τα δεδομένα πρέπει να καλύπτουν επίσης και άλλες παραγωγικές παραμέτρους που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας χαρακτηριστικά φορτίου: να απεικονίζουν την χρονική μεταβολή της κατανάλωσης και του φορτίου.

Από την διατύπωση της παραγράφου β) προκύπτει ότι ο ενεργειακός έλεγχος περιλαμβάνει μία «λεπτομερή επισκόπηση» των χαρακτηριστικών της ενεργειακής κατανάλωσης και είναι επομένως αρκετά αναλυτικός ώστε να καταγράφει επαρκώς τις επιμέρους χρήσεις της ενέργειας. Επίσης στην παράγραφο δ) προδιαγράφεται ότι το επίπεδο λεπτομέρειας του ελέγχου πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να οδηγήσει σε αξιόπιστους υπολογισμούς και σε μία σαφή εικόνα ως προς το δυναμικό των ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας. Στο εδάφιο δ) προδιαγράφεται ότι οι έλεγχοι πρέπει να είναι «αναλογικοί» και «αντιπροσωπευτικοί», δηλαδή θα πρέπει να εξετάζουν τουλάχιστον το 90% της κατανάλωσης ενέργειας και να καλύπτουν όλες τις Σημαντικές Ενεργειακές Καταναλώσεις (ΣΕΚ) ώστε να εντοπίζουν με αξιοπιστία τις σημαντικότερες ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας. Αναφορικά με το εδάφιο γ) και όπου είναι δυνατόν, θα πρέπει να διεξάγεται υπολογισμός οικονομικής απόδοσης σε επίπεδο κύκλου ζωής για τα μέτρα τα οποία εντοπίζονται και διαμορφώνονται κατά την διάρκεια του ενεργειακού ελέγχου.

Όταν η επεξεργασία της ανάλυσης κόστους κύκλου ζωής είναι δυσανάλογα δαπανηρή, λόγω μη διαθεσιμότητας της σχετικής πληροφορίας από τον κατασκευαστή ή ασυνήθιστου υψηλού τιμήματος, τότε



δεν χρειάζεται να γίνει η ανάλυση αυτή. Όμως ο υπολογισμός της εντόκου αξίας του χρήματος και των αντίστοιχων χρεωλυτικών περιόδων θα πρέπει να γίνεται σε κάθε περίπτωση.

Επίσης επιπροσθέτως των χρεωλυτικών περιόδων θα πρέπει να γίνεται ανάλυση κόστους-οφέλους π.χ. με τον υπολογισμό του εσωτερικού βαθμού απόδοσης ή της εντόκου περιόδου αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να τεκμηριώνονται οι υποθέσεις της χρήσιμης ζωής του κεφαλαιουχικού εξοπλισμού, για το επιτόκιο αναγωγής και για τις τιμές της ενέργειας. Πέραν της επενδυτικής δαπάνης θα πρέπει κατά προσέγγιση έστω να υπολογίζονται οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης. Ο ενεργειακός ελεγκτής θα πρέπει να διαβιβάζει τα δεδομένα που χρησιμοποιεί για τον ενεργειακό έλεγχο προς την εταιρεία έτσι ώστε να επιτρέπεται η διατήρηση των δεδομένων για ιστορική ανάλυση και ανιχνευσιμότητα των επιδόσεων. Εκ των ανωτέρω συνάγεται ότι ο προβλεπόμενος ενεργειακός έλεγχος από το Παράρτημα VI του νόμου 4342/2105 αντιστοιχεί στο επίπεδο του εκτενούς ενεργειακού ελέγχου όπως αυτό προδιαγράφεται στην παράγραφο 4.2.3. Αναφορικά με τους ορισμούς του προτύπου ENISO 50002 ο έλεγχος αυτός αντιστοιχεί σε τύπο ελέγχου 2 ή 3.

## 10.5 Βήματα για τον Ενεργειακό Έλεγχο

1. **Εισαγωγική επαφή:** αρχικά ο ενεργειακός ελεγκτής πρέπει να θέσει το πλαίσιο των συμβουλευτικών υπηρεσιών του προς τον οργανισμό. Ειδικότερα πρέπει να καθοριστούν οι στόχοι και οι προσδοκίες των συμβουλευτικών υπηρεσιών καθώς και τα κριτήρια τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης.

2. **Εναρκτήρια συνάντηση:** σε αυτό το βήμα καθορίζονται τα απαιτούμενα δεδομένα που πρέπει να δοθούν στον ελεγκτή, οι απαιτήσεις για μετρήσεις και διαδικασίες για την εγκατάσταση μετρητικού εξοπλισμού. Περαιτέρω θα γίνουν σαφείς συμφωνίες για την πρακτική επίδοση του ενεργειακού ελέγχου. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό ενός προσώπου από την εταιρεία, υπεύθυνου για την υποστήριξη του ενεργειακού ελέγχου.

3. **Συλλογή δεδομένων:** ο ενεργειακός ελεγκτής πρέπει να συλλέξει δεδομένα σχετικά με κάθε σύστημα, διεργασία ή εγκατάσταση που καταναλώνουν ενέργεια καθώς και πληροφορίες ποσοτικοποιημένων παραμέτρων οι οποίες επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας. Επίσης θα πρέπει να λάβει υπ' όψιν τα τυχόν διαθέσιμα στοιχεία ενεργειακής απόδοσης από προηγούμενες αναλύσεις καθώς και τιμολόγια ενέργειας, έγγραφα σχετικά με την κατασκευή, την λειτουργία και την συντήρηση καθώς και σχετικά οικονομικά δεδομένα.

4. **Εργασία πεδίου (επιτόπου εργασία) :** ο ενεργειακός ελεγκτής πρέπει να επιθεωρήσει το προς έλεγχο αντικείμενο με σκοπό την εκτίμηση της χρήσης ενέργειας και τον εντοπισμό των περιοχών/διεργασιών όπου απαιτούνται πρόσθετα δεδομένα. Πρέπει επίσης να αξιολογείται για την επίδραση στη κατανάλωση ενέργειας και στην απόδοση τόσο η ροή των εργασιών όσο και η συμπεριφορά των χρηστών. καθώς τα μέτρα ελέγχου της λειτουργίας αποτελούν την βάση για τις πρώτες συστάσεις βελτίωσης. Τέλος οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται σε πραγματικές συνθήκες και πρέπει να είναι αξιόπιστες.

5. **Ανάλυση :** σε αυτό το στάδιο, ο ενεργειακός ελεγκτής αξιολογεί την υφιστάμενη κατάσταση των επιδόσεων σχετικά με την ενέργεια. Καταρτίζει ενεργειακά ισοζύγια και επιμερίζει τόσο την παροχή όσο και την χρήση ενέργειας Σε αυτή την βάση, ο ενεργειακός ελεγκτής συστήνει προσεγγίσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Αυτές οι επιλογές βελτίωσης θα πρέπει να αξιολογούνται στη βάση ενός συνόλου κριτηρίων. Η αξιοπιστία των δεδομένων, οι μέθοδοι υπολογισμού που εφαρμόζονται και οι υποθέσεις που έγιναν θα πρέπει να παρουσιάζονται πλήρως.

6. **Απολογιστική έκθεση.** Η απολογιστική έκθεση του ενεργειακού ελεγκτή πρέπει να είναι διαφανής, συμπερασματική και κατανοητή. Περιλαμβάνει μία περίληψη, γενικές πληροφορίες, την τεκμηρίωση των συμβουλευτικών υπηρεσιών και ένα κατάλογο επιλογών για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης με :  
i) προτάσεις και προγράμματα για την εφαρμογή ii) υποθέσεις που έγιναν για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης iii) πληροφορίες για διαθέσιμες επιχορηγήσεις και εκπώσεις iv) κατάλληλη ανάλυση ωφελειών v) προτάσεις για διαδικασίες μετρήσεων και επαλήθευσης για την εκτίμηση της εξοικονόμησης



μετά την υλοποίηση των προτεινόμενων μέτρων vi) πιθανή αλληλεπίδραση με άλλες προτεινόμενες προτάσεις και vii) συμπεράσματα

**7. Τελική συνάντηση:** στην τελική συνάντηση ο ενεργειακός ελεγκτής παρουσιάζει τα συμπεράσματά του, επεξηγεί αυτά όπου είναι αναγκαίο και υποβάλει την έκθεση. Ο ενεργειακός έλεγχος πρέπει να περιλάβει μία ενδελεχή εξέταση της δομής της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή ομάδας κτιρίων και μίας βιομηχανικής δραστηριότητας η εγκατάστασης συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών.

Ο ενεργειακός έλεγχος πρέπει να στηρίζεται σε επικαιροποιημένα, συνεχώς ή περιοδικώς μετρούμενα, επαληθεύσιμα δεδομένα λειτουργίας σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και την κατανομή των φορτίων. Επιπλέον ο ενεργειακός έλεγχος πρέπει να είναι επαρκώς αναλογικός και αντιπροσωπευτικός έτσι ώστε να παρέχει μία αξιόπιστη επισκόπηση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης, να εντοπίζει τις σημαντικές χρήσεις ενέργειας και να εξάγει κατά τρόπο αξιόπιστο τις πιο σημαντικές δυνατές βελτιώσεις όπως προβλέπεται από το Παράρτημα VI του νόμου 4342/2015.

### 10.6 Συστήματα καταγραφής και τοποθέτηση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης χρειάζεται, πέρα από τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος, η καταγραφή δεδομένων-αναλυτών σε συστήματα BMS ή BEMS όπως:

- αναλογικών σημάτων (θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας, φωτεινότητας, κλπ),
- σημάτων κατάστασης (start&stop ή alarms),
- ωρομετρήσεις,
- θερμοδομετρήσεις,
- μετρήσεις παροχής,
- μετρήσεις στροφών, κ.ά.

Αυτά τα δεδομένα επεξεργάζονται ενιαία σε πληροφοριακές πλατφόρμες και προκύπτει η σχέση παλινδρόμησής τους με την ενέργεια και την ισχύ. Η επεξεργασία γίνεται τοπικά (σε ιδιόκτητους Server) ή απομακρυσμένα (σε ιδιόκτητους ή κοινόχρηστους servers – μέσω clouding ), ή ακόμα και σε εξειδικευμένες πλατφόρμες ενοποίησης συστημάτων, ή συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης και αυτόματης λήψης αποφάσεων. Συνήθως στους μεγάλους καταναλωτές υπάρχουν πολλά και διαφορετικά μεταξύ τους συστήματα BMS, EMS & BEMS. Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα περιλαμβάνονται στο παράρτημα.



### 10.7 Λοιπά ηλεκτρικά στοιχεία μετρήσεων ενεργειακού ενδιαφέροντος

Για την ηλεκτρική ασφάλεια κυρίως και για την ενεργειακή απόδοση δευτερευόντως είναι σημαντικές οι μετρήσεις των Μετασχηματιστών Μέσης Τάσης, των σταθερών εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με βάση τον HD384, των φορητών συσκευών, των σταθερών μηχανημάτων μιας παραγωγής και των διαρροών μεταξύ φάσεων και ουδετέρου. Περισσότερες πληροφορίες για τα όργανα μετρήσεων περιλαμβάνονται στο παράρτημα.

### 10.8 Μέτρηση θερμοκρασίας

Η μέτρηση θερμοκρασίας είναι μία από τις πιο δημοφιλείς, αλλά και κρίσιμες μετρήσεις και γίνεται σε πολλά σημεία. Βασικές είναι η εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία για την συνολική κατανάλωση του

κτιρίου, καθώς και κρίσιμες θερμοκρασίες σε παραγωγικές διαδικασίες που δείχνουν απώλειες στις διαδικασίες ή στα δίκτυα διανομής. Όργανα που χρησιμοποιούνται είναι τα καταγραφικά θερμοκρασίας και οι θερμοκάμερες. Η μέτρηση της θερμοκρασίας με τη χρήση της θερμοκάμερας γίνεται στις περιπτώσεις που είναι πρωτεύουσας σημασίας η επιφανειακή θερμοκρασία. Σημαντική είναι και η καταγραφή των θερμογεφυρών στο κέλυφος του κτιρίου που γίνεται με αυτά τα όργανα. Χρήση θερμοκάμερας γίνεται και για μέτρηση απωλειών σε ηλεκτρικούς πίνακες.



Ειδικές περιπτώσεις καταγραφής θερμοκρασίας σε κτίρια περιλαμβάνουν ψυκτικούς θαλάμους ή θαλάμους συντήρησης τροφίμων, θερμοκρασίες λειτουργίας κινητήρων, αξόνων, ρουλεμάν, καμινάδων, χώρους ειδικών βιομηχανικών κατεργασιών, όπως πυθμένες χυτηρίων.

Πολλές φορές η θερμοκρασία συνδυάζεται ταυτόχρονα και με την μέτρηση της σχετικής υγρασίας ή της παροχής αέρα ή νερού, ειδικά σε περιπτώσεις καταγραφής της θερμικής άνεσης, ή σε συστήματα προκλιματισμένου αέρα και παραγωγής ΖΝΧ. Σε αρκετές δε περιπτώσεις διατίθεται από την επιχείρηση σχετικό αρχείο καταγραφών από το BMS. Ωστόσο μία οποιαδήποτε δυσλειτουργία ή απώλεια γίνεται εύκολα αντιληπτή, όταν τεθούν όλες οι ανωτέρω μετρήσεις μαζί για το ίδιο προς μελέτη χρονικό διάστημα (στο φάσμα πάντα του χρόνου), συμπεριλαμβανομένων και τυχόν άλλων καταγραφών. Επίσης η θερμοκρασία στις περισσότερες περιπτώσεις συνδέεται άμεσα με πολλά μεγέθη με αποτέλεσμα να αποτελεί την κρίσιμότερη παράμετρο παρακολούθησης και καταγραφών στα συστήματα BMS.

Η θερμική άνεση στα κτήρια είναι πάντα το ζητούμενο για κάθε μελετητή ή συντηρητή. Η θερμοκρασίες σχεδιασμού λοιπόν σύμφωνα με τις TOTEΕ από το 2010 και μετά είναι: 18°C για το χειμώνα και 26°C για το καλοκαίρι. Συνεπώς η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας για θερμοκρασίες κάτω των 18°C για το χειμώνα, και αντίστοιχα πάνω από τους 26°C για το καλοκαίρι στο φάσμα του χρόνου προσδιορίζουν τις βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης. Συνεπώς οι βαθμοημέρες δηλώνουν έμμεσα την βοήθεια που χρειάζονται τα κτήρια από Η/Μ εξοπλισμούς για την επίτευξη των συγκεκριμένων θερμοκρασιών σχεδιασμού.

Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα περιλαμβάνονται στο παράρτημα.

### 10.9 Μέτρηση παροχής

Η μέτρηση της παροχής νερού, αέρα, ατμού ή καυσίμων και άλλων μειγμάτων είναι η πλέον κρίσιμη τόσο για τον ενεργειακό έλεγχο όσο και για την διαχείριση των εξοπλισμών, δεδομένου ότι η ροή υπεισέρχεται στον τύπο υπολογισμού κυρίως της θερμικής ενέργειας. Για την μέτρηση της παροχής χρησιμοποιούνται παροχόμετρα ή αλλιώς ροόμετρα ρευστών μόνιμης εγκατάστασης (ή σταθερού τύπου), που μπορεί να είναι ενσωματωμένου τύπου ή απομακρυσμένου τύπου αλλά και φορητά παροχόμετρα. Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα περιλαμβάνονται στο παράρτημα.



### 10.10 Μέτρηση υγρασίας αέρα

Η υγρασία, σε συνδυασμό με την θερμοκρασία μέσα σε ένα χώρο αποτελούν τα πιο κρίσιμα μεγέθη για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Η υγρασία εκφράζεται με του όρους: «σχετική» και «απόλυτη». Ως ορισμός η απόλυτη υγρασία είναι το ποσό των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα. Η σχετική υγρασία, που χρησιμοποιείται συχνότατα στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης, και εκφράζει το πηλίκιο της υγρασίας του αέρα προς την υγρασία του κεκορεσμένου αέρα.



Η σχετική υγρασία επενεργεί στην εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα του ανθρώπου μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία του δέρματος και επηρεάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Για το λόγο αυτό στα συστήματα BMS που ελέγχουν συστήματα HVAC, δίδεται ιδιαίτερη έμφαση, μαζί με την θερμοκρασία, στην μέτρηση και την καταγραφή της. Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα μέτρησης περιλαμβάνονται στο παράρτημα.

### 10.11 Μετρήσεις καυσαερίων

Η απόδοση ενός συστήματος που χρησιμοποιεί καύσιμα για την θέρμανση χώρων ή την δημιουργία ατμού ή ΖΝΧ εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν την ορθή ρύθμιση της καύσης. Η ορθή ρύθμιση δεν είναι μία απλή μέτρηση ή μία απλή διαπίστωση μεγεθών που μπορεί να θαυμάσει κανείς με την αυτόματη εκτύπωση από τον αναλυτή καυσαερίων ενός τεχνικού καύσης. Χρειάζεται πολλές φορές εκκίνηση και επανεκκίνηση της καύσης, ώστε να επιτευχθεί η ρύθμιση για την πολυπόθητη βέλτιστη απόδοσή της, με ελέγχους. Οι σημερινοί φορητοί αναλυτές χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και εκτίμηση των απωλειών της καύσης. Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τους αναλυτές περιλαμβάνονται στο παράρτημα.



## 10.12 Μετρήσεις φωτισμού

Οι περισσότεροι φορητοί μετρητές φωτός μετρούν την πυκνότητα της φωτεινής ροής (ή αλλιώς φωτεινότητα) που δέχεται σημείο μιας επιφάνειας κάθετα τοποθετημένης στη διεύθυνση διάδοσης του φωτός και ορίζεται ως το πηλίκο της φωτεινής ροής ανά μονάδα επιφάνειας ( $\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$ ). 1 lux ισοδυναμεί με φωτεινή ροή 1 lm, κατανεμημένη ομοιόμορφα σε επιφάνεια εμβαδού 1 m<sup>2</sup>. Συνεπώς το lux χρησιμοποιείται ως μέγεθος για την αξιολόγηση του φωτιστικού αποτελέσματος στην ωφέλιμη επιφάνεια που χρησιμοποιούμε, και η οποία βρίσκεται σε μία απόσταση από την πηγή φωτός. Ωστόσο υπάρχουν πολύ ακριβότεροι φορητοί μετρητές φωτεινής ροής, οι οποίοι μετρούν την φωτεινή ροή (σε  $\text{lm} = \text{lumens}$ ) στην πηγή του φωτός, οπότε αξιολογούν κατά κάποιον τρόπο σε συνδυασμό με άλλα φωτομετρικά δεδομένα την ισχύ της συγκεκριμένης πηγής (1  $\text{lm} = 1 \text{cd} \cdot \text{sr}$  ένα lumen είναι ίσο με την φωτεινή ισχύ μίας καντέλας ή ενός κηρίου που αντιστοιχεί σε ένα στερεακτίνιο).

Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα μέτρησης περιλαμβάνονται στο παράρτημα.



## 10.13 Μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας

Σε κάθε χρήση του το αισθητήριο που αφορά την ηλιακή ακτινοβολία το αποκαλούμε και πυρανόμετρο. Οι μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας γίνονται είτε από κοινά αισθητήρια που προσμετρούν την ολική ηλιακή ακτινοβολία σε  $\text{W}/\text{m}^2$  και ανήκουν σε συστήματα παρακολούθησης και καταγραφής (BMS), είτε από φορητά όργανα μέτρησης της απόδοσης φωτοβολταϊκών συστοιχιών (μετρώντας την χαρακτηριστική καμπύλη V-I), είτε από εξειδικευμένους μετεωρολογικούς σταθμούς. Η μέτρησή της χρειάζεται για την αξιολόγηση της απόδοσης συστημάτων ΑΠΕ, ή/και την ρύθμιση ορισμένων παραμέτρων σε συστήματα BEMS, που λαμβάνουν υπόψη την συγκεκριμένη παράμετρο (πχ έλεγχο του καυστήρα ενός λέβητα, ή την ρύθμιση αυτόματων εξωτερικών περσίδων ή σκιαστρών κλπ). Η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να συσχετίζεται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα φωτοβολταϊκά ή της θερμικής ενέργειας στα θερμικά ηλιακά, ώστε να εκτιμάται η απόδοση των συστημάτων.



### 10.14 Μετρήσεις ποιότητας αέρα

Οι βασικές μετρήσεις για τη αξιολόγηση της άνεσης που προσφέρουν συστήματα HVAC μέσα στα κτήρια είναι: Θερμοκρασία(°C), Σχετική υγρασία (%), CO<sub>2</sub> (ppm), CO (ppm), διαφορική πίεση σε αεραγωγούς (Pa), φρέσκος αέρας (%), Παροχή αέρα στα στόμια (m<sup>3</sup> /h). Από εκεί και πέρα άλλες μετρήσεις πιο εξειδικευμένες μετρήσεις είναι, ταχύτητα [167] ανακύκλωσης αέρα (m/s), Επίπεδα σκόνης (μm), Συγκέντρωση πτητικών οργανικών ουσιών VOC (mg/m<sup>3</sup>), οξειδία του αζώτου NO<sub>x</sub> (ppm) κλπ. Οι μετρήσεις ποιότητας αέρα είναι ουσιαστικά λειτουργικές και θεωρούνται δεδομένες για την ομαλή λειτουργία των συστημάτων HVAC. Αν για παράδειγμα, δεν έχουμε πετύχει θερμική άνεση, δεν μπορούμε να πούμε, ότι έχουμε εξοικονομήσει ενέργεια.



### 10.15 Συνδυασμός μετρήσεων

Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται στην συντήρηση μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον τύπο τους, την χρήση που εξυπηρετούν ή τις παραμέτρους που είναι κρίσιμες για την ορθή λειτουργίας τους. Μία ταξινόμηση των οργάνων σε αυτές τις κατηγορίες παρουσιάζεται ενδεικτικά στον παρακάτω πίνακα 11.1, ακολουθούμενη από περιγραφές του κάθε οργάνου ανά σύστημα:

Σύστημα	Όργανο	Φορητό	Μόνιμο	Παράμετρος
Κέλυφος Κτιρίου	Υπέρυθρη Φωτογραφία	x		Απώλειες Θερμότητας ή Ηλεκτρικές Αστοχίες
	Καταγραφικά θερμοκρασίας - υγρασίας	x		Εκτίμηση της συνολικής θερμικής αντίστασης του κτηρίου
Λέβητες	Αναλυτής καυσαερίων	x		O <sub>2</sub> , CO, T <sub>stack</sub> , T <sub>air</sub> , Ελκυσμός (psi or mm), ΔP
	Ωρομετρητές ή μετρήσεις μέσω BMS	x	x	Κατάσταση on/off του καυστήρα στο χρόνο

	Θερμοκάμερα	x		Απώλειες μόνωσης
Παγίδες ατμού	Θερμόμετρο ή Θερμοκάμερα	x		Θερμοκρασιακή διαφορά εισόδου-εξόδου, απώλειες μόνωσης, θερμ. μέσα στην ατμοπαγίδα
	Στηθοσκόπιο αναλυτή υπερήχων	x		Άνοιγμα-κλείσιμο & διαρροές
Ζεστό νερό	Θερμόμετρο	x	x	Θερμοκρασία
	Μανόμετρα		x	Πίεση Νερού
	Ωρομέτρηση & κατάσταση λειτουργίας κυκλοφορητών & τριόδων (και μέσω BMS)	x	x	Status στο χρόνο
	Θερμιδόμετρο		x	(lit/sec, ΔT) kcal
Θέρμανση, αερισμός και κλιματισμός	Θερμοανεμόμετρο			Ταχύτητα ροής αέρα & θερμοκρασία στομίων
	Σωλήνας "Pitot"			Ταχύτητα ροής αέρα
	Κεκλιμένο Μανόμετρο σωλήνα			Διαφορά πίεσης μεταξύ δύο σημείων
	Σωλήνας "Bourdon"			Πίεση
	Θερμόμετρο τσέπης			Θερμοκρασία δωματίων, σωλήνων, εξωτερικού περιβάλλοντος
	Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας			Profile ηλεκτρικής ισχύος & συντελεστής ισχύος
	Θερμοκάμερα			Απώλειες μόνωσης
	Θερμόμετρα αεραγωγών με προέκταση			Θερμοκρασία αέρα
	Θερμόμετρα PT100 ή PT1000 για χρήση σε BMS			Θερμοκρασία νερού ή freon ή αεροσυμπιεστή
	Μανόμετρα			Πίεση νερού
	Παροχόμετρα			Ροή νερού
	Ωρομέτρηση & κατάσταση λειτουργίας καυστήρα, κυκλοφορητών & τριόδων (και μέσω BMS)			Κατάσταση on /off στο χρόνο
Υγρασιόμετρο			Υγρασία	



Φωτισμός	Βιομηχανικός μετρητής φωτός			Lux
Ηλεκτρικά	Αμπερόμετρο καταγραφής			Χρήση ηλεκτρισμού, αιχμές
	Πολύμετρο “clip -on” με ανιχνευτές			Τάση, ρεύμα, αντίσταση
	Βατόμετρο καταγραφικό			Ηλεκτρική ισχύς
	Μετρητής συντελεστού ισχύος			Συντελεστής Ισχύος
	Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας			Όλα τα ανωτέρω και επιπλέον Αρμονικές Τάσης και έντασης, Flickering, Ασυμμετρίες, Κρουστικές Υπερτάσεις, Βυθίσεις & απλές Υπερτάσεις

\* 1 Στην Αμερική θεωρούνται πολύ σημαντικές οι απώλειες από τα πορτοπαράθυρα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συστηματικά η μέθοδος της διαγνωστικής απωλειών αέρα από τα πορτοπαράθυρα. Εφαρμόζοντας με ανεμιστήρα στην κεντρική θύρα του κτηρίου εξαναγκασμένη ροή προς έξω, μετράμε με κατάλληλο αναλυτή ταυτόχρονα την πίεση και τον ρυθμό ανακυκλοφορίας (παροχής) του αέρα ανά λεπτό με κλειστά τα υπόλοιπα πορτοπαράθυρα. Αντίστοιχο Ευρωπαϊκό πρότυπο είναι το EN12207. \* 2 Σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων περισσότερων λεβήτων, ατμογεννητριών ή ατμολεβήτων στο ίδιο σύστημα επιβάλλεται η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή των παραμέτρων της καύσης με μόνιμα καταγραφικά συστήματα.

### 10.16 Μετρήσεις ΑΠΕ

Μετρήσεις Φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων: Οι διακριβωμένοι φορητοί εξοπλισμοί και ολοκληρωμένα συστήματα BMS με διακριβωμένα αισθητήρια και αναλυτές ενέργειας (MID) δεν μπορούν να υποκατασταθούν από web-interfaces, που απλώς διαβάζουν μέσα από ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας τις πληροφορίες ενός φωτοβολταϊκού Φ/Β αντιστροφέα, ακριβώς γιατί οι αντιστροφείς δεν είναι διακριβωμένοι να εκτελούν τέτοιες μετρήσεις. Ένα μεγάλο στοίχημα από τις πρώτες κιόλας εγκαταστάσεις Φ/Β πάρκων ήταν η τηλεπαρακολούθηση της παραγωγής, η τηλε-επιτήρηση τυχόν βλαβών και η δυσλειτουργία των επιμέρους συστημάτων, δεδομένου ότι ένα πάρκο είναι εκτεθειμένο στα απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα ή ακόμα και σε κακόβουλους βανδαλισμούς. Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα μέτρησης περιλαμβάνονται στο παράρτημα.

### 10.17 Μετρήσεις θερμικών ηλιακών συστημάτων

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την σημαντικότερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας στο Ελλαδικό χώρο. Κυρίαρχη χρήση των θερμικών ηλιακών στην Ελλάδα είναι η παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης ΖΝΧ και δευτερευόντως για θέρμανση χώρων, ενώ η τεχνολογία ηλιακής ψύξης χώρων απαριθμεί ελάχιστες εφαρμογές. Περισσότερες πληροφορίες για την μεθοδολογία και τα όργανα μέτρησης περιλαμβάνονται στο παράρτημα.

### 10.18 Μετρήσεις Γεωθερμικών συστημάτων

Η συνδεσμολογία στα γεωθερμικά συστήματα συγκαταλέγει συνήθως τέσσερα κύρια μέρη:

- Γεωθερμικό Φρέαρ
- Αποθήκη Νερού
- Εναλλάκτης Θερμότητας (Ε/Θ)
- Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (ΓΑΘ)

## 10.19 Αξιολόγηση συστημάτων BMS, EMS, BEMS & SCADA

Έχει παρατηρηθεί ότι εξοπλισμοί με την καλλίτερη ενεργειακή απόδοση στην αγορά, δύναται να λειτουργούν με πολύ χαμηλό βαθμό απόδοσης, λόγω της συνήθειας να χρησιμοποιούνται κοινές πρακτικές στο BMS, όπως μας παραδόθηκε από το έτος κατασκευής του κτηρίου, του Ξενοδοχείου ή της Βιομηχανίας. Αντιθέτως η λειτουργία των αυτοματισμών δεν πρέπει να είναι ποτέ δεδομένη, και η αναζήτηση του βέλτιστου σημείου λειτουργίας είναι μία συνεχής αναζήτηση για τους χειριστές και υπευθύνους μηχανικούς της οποιασδήποτε παραγωγικής διαδικασίας. Επίσης έχει διαπιστωθεί σε πολλές περιπτώσεις, ότι μία λάθος ένδειξη σε ένα αισθητήριο, μπορεί να αποδειχθεί μοιραία για την λειτουργία την σπατάλη ενέργειας και την ασφάλεια των εξοπλισμών και των υπαλλήλων ενός κτηρίου ή μιας επιχείρησης. Για το λόγο αυτό συνηθίζεται σε μεγάλους οργανισμούς να γίνεται κάθε 3- 5 χρόνια η διαδικασία του RC (Re-Commissioning : Επαναπροσδιορισμός της λειτουργικής παραλαβής) από μία ανεξάρτητη εταιρεία (third party). Οι βασικότεροι λόγοι για να προχωρήσει μία εταιρεία σε RC σύμφωνα με τα συμπεράσματα του αντίστοιχου ευρωπαϊκού προγράμματος Re-Co ( <http://www.re-co.eu/> ) είναι επειδή:

1. Καθιστά δυνατή τη μείωση της κατανάλωσης και του ενεργειακού κόστους μέσω της άμεσης εφαρμογής μέτρων χαμηλού ή μηδενικού κόστους. Διεθνείς εφαρμογές δείχνουν ότι είναι ρεαλιστικό να αναμένουμε άμεσα εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% (Στην πράξη όμως, σε δημόσια και ιδιωτικά κτήρια του τριτογενούς τομέα η εξοικονόμηση σε συνδυασμό με εφαρμογές όπως, free cooling, night cooling, mixed mode ventilation, matching to occupancies μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση έως και 40%).
2. Έχει πολύ μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από απλώς έναν ενεργειακό έλεγχο, γιατί τα μέτρα χαμηλού ή μηδενικού κόστους δεν ανιχνεύονται απλώς, αλλά επιπλέον εφαρμόζονται και επιτόπου. Επίσης στα πλαίσια ενός ενεργειακού ελέγχου σύμφωνα με το EN16247, σίγουρα ο ελεγκτής δεν έχει τις περισσότερες φορές την αρμοδιότητα να ελέγξει ή να εξακριβώσει σε βάθος τέτοιου είδους αποκλίσεις.
3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου Συμβάσεις Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΕΑ) για διάφορους λόγους δεν είναι εφαρμόσιμες από τρίτους ανεξάρτητους φορείς.
4. Είναι το κατάλληλο εργαλείο για σύνθετα κτήρια, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με υψηλές απαιτήσεις για ασφάλεια λειτουργίας (π.χ. νοσοκομεία, datacenters, διαχείριση αποβλήτων, αεροδρόμια κλπ), ακριβώς γιατί διεξάγεται εύκολα, χωρίς να απαιτείται η διακοπή της λειτουργίας της επιχείρησης.
5. Είναι ένας τρόπος για να ξεκινήσει η επιχείρηση άμεσα δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης μέσα από την βελτιστοποίηση και τη ρύθμιση του BMS.

Δεν είναι λίγες περιπτώσεις που σε εγκαταστάσεις με ηλικία μεγαλύτερη των πέντε ετών, η κακή εφαρμογή ενός αισθητηρίου ή εντός μετρητή ή ακόμα και η έλλειψη βαθμονόμησής τους γίνεται αιτία για σοβαρή σπατάλη ενέργειας. Για την αξιολόγηση λοιπόν των συστημάτων αυτών χρειάζεται από την πλευρά των ενεργειακών ελεγκτών μία σχετική εξοικείωση με την λειτουργία των ίδιων των Η/Μ εξοπλισμών, αλλά και με την χρήση τέτοιων συστημάτων. Συνακολούθως σε κάθε περίπτωση ο ενεργειακός ελεγκτής οφείλει (σε ότι αφορά το BMS) να ζητήσει από τον ενεργειακό υπεύθυνο της επιχείρησης:

1. Το αρχικό commissioning file ή/και το Re-commissioning file εφόσον υπάρχει
2. Το motor list της συγκεκριμένης εγκατάστασης
3. Το block διάγραμμα των αυτοματισμών
4. Την ανάπτυξη των αυτοματισμών στην κάτοψη ή σε Η/Μ σχέδιο
5. Τον κατάλογο με τους αυτοματισμούς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους
6. Εγχειρίδιο χειρισμού και λειτουργίας των αυτοματισμών (set-points, χρονοπρογράμματα, κλπ) ώστε να αξιολογήσει τους αυτοματισμούς με βάση τα πρότυπα EN15232 ή ISO16484 και να προτείνει μέτρα για την βελτίωση του συστήματος.

Είναι πράγματι σπουδαία η διαδικασία αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης χρησιμοποιώντας τους καταλόγους των ανωτέρω προτύπων και ως προς την κατανόηση του ελεγκτή, αλλά και ως προς την επιλογή της εναλλακτικής λύσης για E3E, που μετουσιώνεται στα αντίστοιχα προτεινόμενα μέτρα. Αν για



παράδειγμα ο υφιστάμενος αυτοματισμός αξιολογείται στην κατηγορία C, θα πρέπει να γνωρίζει ο ελεγχόμενος καταναλωτής ότι με το σχέδιο δράσης 1, θα αναβαθμιστεί στην κατηγορία B και θα πληρώσει το ποσό X με απόσβεση σε 1 χρόνο, ενώ με το σχέδιο δράσης 2, θα αναβαθμιστεί στην κατηγορία A και θα πληρώσει το ποσό Ψ με απόσβεση στα 3 χρόνια. Ακόμα όμως και η ίδια η τεκμηρίωση του χρόνου απόσβεσης από πλευράς ενεργειακού ελεγκτή απαιτεί αναλυτικά στοιχεία της υφιστάμενης καταναλωτικής συμπεριφοράς. Επίσης αξιολογώντας ένα σύστημα EMS ή ένα σύστημα BEMS θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας και το ενεργειακό ισοζύγιο της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που προκύπτει έμμεσα από τον κατάλογο κινητήρων, και το εγχειρίδιο χειρισμού και λειτουργίας των αυτοματισμών, αλλά και από το διάγραμμα ροής των αυτοματισμών. Με τον τρόπο αυτό θα μπορέσουμε ξεχωρίζοντας τις χρήσεις (πχ φωτισμός, γραμμή παραγωγής 1, γραμμή παραγωγής i, ZNX, ατμός, πεπιεσμένος αέρας, κλιματισμός, βιομηχανική ψύξη, θέρμανση κλπ) να εντοπίσουμε που χρειάζεται ενδεχομένως επιπλέον μετρητής ενέργειας, ή επέκταση των καταγραφών αναλογικών σημάτων ή απαριθμητών (θερμοκρασία, πίεση, κατάσταση καυστήρα, κλπ). Η επιλογή λοιπόν της προτεινόμενης επέκτασης πρέπει να γίνεται με γνώμονα την αξιοποίηση των δεδομένων, που αφορούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας ή/και την ζήτηση ισχύος (όταν αυτό έχει οικονομικό αντίκρισμα στο τιμολόγιο ενέργειας), ή αλλιώς την οργάνωση της παρακολούθησης μέσω ενός επιμέρους δείκτη, ή μιας νέας επιμέρους baseline, με προοπτική την μείωση της αβεβαιότητας κατά την σύνταξη του ενεργειακού ισοζυγίου. Διάκριση μεταξύ BMS-EMS-BEMS Στις επιχειρήσεις λόγω της διάχυσης της διαφήμισης ή της στρέβλωσης στην αγορά, και λόγω των διαφορετικών πολιτικών που ακολουθούνται από επιχείρηση σε επιχείρηση (είτε από ιδιαίτερες νομικές απαιτήσεις, είτε από υποχρεώσεις συστημάτων ISO, είτε από ανάγκη για τεκμηρίωση της λειτουργικότητας και του κόστους παραγωγής, είτε για καθαρά οικονομικούς λόγους κόστους των συστημάτων), μπορεί αν συναντήσει κανείς τα εξής συστήματα: 1) BMS, 2) EMS και 3) BEMS (Building Energy Management System). Το βέλτιστο βέβαια είναι το σύστημα BEMS. Ωστόσο, για παράδειγμα, αυτό που συνήθως συναντάται είναι:

α) Το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης BMS χρειάζεται επιμέρους μετρητές ενέργειας, προκειμένου να τεκμηριώνεται το ποσοστό συμμετοχής των χρήσεων ή των επιμέρους γραμμών παραγωγής αντίστοιχα, οπότε προτείνεται να αναβαθμίζεται το BMS σε BEMS.

β) Τα συστήματα EMS και BMS ανήκουν σε διαφορετικούς κατασκευαστές, οπότε πρέπει να αξιολογείται η περίπτωση της ενοποίησής τους (στο βαθμό πάντα που είναι οικονομικά συμφέρον) σε ένα ενιαίο σύστημα BEMS, ώστε να προκύπτει αβίαστα από ένα σύστημα η παρακολούθηση των ενεργειακών δεικτών, με την προοπτική της πρόβλεψης στην αμέσως επόμενη ώρα.

γ) Σε πολύ μεγάλες επιχειρήσεις υπάρχουν περισσότερα του ενός συστήματα BMS και EMS, γεγονός που καθιστά σχεδόν αδύνατη από οικονομικής απόψεως την ενοποίησή τους.

Στην περίπτωση αυτή αναζητούνται κοινές ανοικτές πλατφόρμες συλλογής δεδομένων όπως Niagara, IoT (Internet of Things), ή Optimus (Smart Cities), ή ακόμα και υλοποίηση ιδιόκτητων εφαρμογών συλλογής δεδομένων, όπου δύναται να αποστέλλονται τα δεδομένα με σκοπό την συγκέντρωσή τους και την διευκόλυνση της παρακολούθησης των ενεργειακών δεικτών. [Ειδικότερα τα συστήματα BMS απαρτίζονται από τα παρακάτω συνήθη χαρακτηριστικά: AKE (Αποκεντρωμένα Κέντρα Ελέγχου - Επιμέρους κεντρικές μονάδες που συλλέγουν και διαχειρίζονται πεπερασμένο αριθμό σημάτων και δύναται να συνδεθούν μεταξύ τους μέσω ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας RS485, Ethernet, ή κοινά πρωτόκολλα κατασκευαστών όπως Modbus, Profibus, Lonworks, Canbus, Bacnet, κλπ) Μονάδες I/O : DI-Digital Input (τάσης, transistors PNP/NPN, ξηρής επαφής, επαφής Solid State, Counter- Απαριθμητών, Παροχής, Θερμίδων ή Ηλεκτρικής ενέργειας, Ωρομετρητές, κλπ), AI-Analog Input (-5V...+5V, 0...10V, 4...20mA, 0...20mA κλπ), DO-Digital Output (relay, transistor PNP/NPN, ξηρής επαφής, Solid State relay, Counter κλπ), AIAAnalog Output (-5V...+5V, 0...10V, 4...20mA, 0...20mA, Solid State Analog κλπ) Αισθητήρια (θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης, CO<sub>2</sub>, CO, στάθμης δεξαμενών κλπ) Μετρητές ή Αναλυτές Ενέργειας και Ισχύος (Ηλεκτρικής ή Θερμικής) Ενεργοποιητές (relay, Solid State Relay, Ηλεκτροβάνες, Τριόδες βάνες, Ρυθμιστές στροφών, Ρυθμιστές περσίδων ΚΚΜ κλπ) Επικοινωνία & Μετάδοση δεδομένων (είτε μεταξύ AKE με τα πρωτόκολλα που προαναφέρθηκαν, είτε με converters που μεταφράζουν τα πρωτόκολλα με άλλα που είναι ήδη διαθέσιμα, ή αναγνώσιμα, ή αντίστοιχα συμβατά, είτε μέσω μιας ανώτερης στάθμης δεδομένων στο επίπεδο του Ethernet (θύρα RJ45), προκειμένου για ανάγνωση τοπικά (δίκτυο LAN), είτε απομακρυσμένα (WEB interface), είτε μέσω ειδικών θυρών 9-pin, USB, οπτική θύρα, είτε μέσω ασύρματης ζεύξης 2 ή περισσότερων σημείων, είτε μέσω Zigbee, είτε μέσω σύνδεσης IoT

εφόσον στο σύστημα υπάγονται έξυπνες συσκευές κλπ) Μνήμη καταχώρησης δεδομένων (σε MB ή GB προκειμένου και για την καταγραφή σε εσωτερική μνήμη του συστήματος, είτε σε αποσπώμενη μνήμη τύπου Stick-USB, ή Smartcard, αλλά ταυτόχρονα και με δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων σε τοπικό δίσκο H/Y που είναι μόνιμα συνδεδεμένος με τον κεντρικό ελεγκτή μεταξύ των υπολοίπων ΑΚΕ - μέσω converter, ή απευθείας μέσω Ethernet ή USB, ή θύρας 9-pin για παλαιότερα συστήματα – και φέρει το πρόγραμμα οπτικοποίησης και καταγραφής των δεδομένων του συστήματος SCADA). Όλες οι ανωτέρω προδιαγραφές πρέπει να συνθέτουν μία λειτουργική λύση προσαρμοσμένη στις ιδιαίτερες ανάγκες του καταναλωτή, που θα εξυπηρετεί τον χρήστη ή τον ενεργειακό διαχειριστή, και δεν θα είναι δέσμια του marketing ή του ανταγωνισμού μεταξύ των εταιριών με ιδιόκτητα πρωτόκολλα, που ενίοτε είναι είτε δύσκολα επεκτάσιμα, είτε ασύμβατα με τα πιο κοινά προϊόντα (θερμιδομετρητές, αναλυτές ηλεκτρικής ενέργειας, τρίοδες βάνες, inverters, κλπ), είτε ακριβά στην διαδικασία της ενοποίησής τους με άλλα (ακριβώς επειδή δεν είναι ανοικτά τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τους).