



**ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ**

Ευρωπαϊκό Ταμείο  
Περιφερειακής Ανάπτυξης  
(ΕΤΠΑ)



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ**  
**1<sup>η</sup> ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**  
**ΔΗΜΟΣ ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ**  
**Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**



Έργο:

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**1<sup>ΟΥ</sup> ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ**

**A.M. 18/2020**

**ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΦΠΑ 24%: 471.000,00€**

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**

---

## Εισαγωγή

Η μελέτη αφορά στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Αρκαλοχωρίου. Αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων και προτείνονται οι βέλτιστες δράσεις/παρεμβάσεις, οι οποίες θα οδηγήσουν στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων, τη μείωση των δαπανών λειτουργίας και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO<sub>2</sub>. Επιπρόσθετα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις θα συμβάλλουν στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών, στο πλαίσιο ενός εκ των πρωτεύοντων ρόλων της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ως προς τη διαμόρφωση περιβαλλοντικής υπευθυνότητας των μελλοντικών ενεργών πολιτών.

Η παρούσα τεχνική έκθεση αποτελείται από τρία (3) κεφάλαια.

Μετά το πρώτο, εισαγωγικό κεφάλαιο της μελέτης, ακολουθεί το 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, στο οποίο αποτυπώνονται ψηφιακά (σε μορφή πινάκων) πληροφορίες για την υφιστάμενη κατάσταση του σχολείου.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Αντικατάσταση κουφωμάτων (παράθυρα και θύρες) με νέα θερμομονωτικά επαρκή κουφώματα.
- Εξωτερική θερμομόνωση οροφών.
- Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για σκοπούς θέρμανσης χώρων.
- Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με νέα υψηλής απόδοσης (LED, LightEmittingDiode - Δίοδος Εκπομπής Φωτός).
- Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή με ενεργειακό συμψηφισμό (netmetering).

Το προτεινόμενο έργο συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας καθώς και των συνθηκών άνεσης των παιδιών και των εκπαιδευτικών. Παράλληλα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις θα συνεισφέρουν στη σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των σχετικών δαπανών, με σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη από τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Με βάση τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για τα δύο κτίρια του σχολείου, τα οποία έχουν εκδοθεί σύμφωνα με τον ισχύον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ 2017-ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581/30.6.17, ΦΕΚ 2367/Β/12-7-17), προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Κτίριο 1: Ενεργειακή κατηγορία «Δ».
- Κτίριο 2: Ενεργειακή κατηγορία «Δ».

Σε συμφωνία με την πρόσκληση του Επιχειρησιακού Προγράμματος, στόχος της πράξης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού συγκροτήματος ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κατά ΚΕΝΑΚ 2017, ή, εφόσον αυτό είναι οικονομικά και τεχνικά εφικτό, η αναβάθμιση σε ενεργειακή κατηγορία «Α» ή «Α+».

## Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης

Η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης για κάθε κτίριο προέκυψε από:

- Αρχιτεκτονικά σχέδια
- Φύλλο συντήρησης λέβητα
- Επιτόπου αυτοψία
- Ετήσιες καταναλώσεις πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας

## Γενικά

Το κτιριακό συγκρότημα του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου βρίσκεται στο Αρκαλοχώρι σε υψόμετρο 378 m, επί της συμβολής των οδών Περικλέους και Ι. Κονδυλάκη στην Περιφερειακή Ενότητα Ηρακλείου στην Κρήτη. Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης η περιοχή εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Α. Τα υπο μελέτη κτίρια είναι: το διώροφο (ισόγειο, 1<sup>ος</sup>) κτίριο στο νότιο τμήμα του οικοπέδου (Κτίριο 1) και το ισόγειο κτίριο στο βόρειο τμήμα του οικοπέδου (Κτίριο 2). Η τοποθεσία και οι φωτογραφικές απεικονίσεις των κτιρίων ενδιαφέροντος παρατίθενται στην **Εικόνα 1**, **Εικόνα 2** και **Εικόνα 3**.



**Εικόνα 1:** Τοποθεσία του κτιριακού συγκροτήματος του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Αρκαλοχωρίου (γραμμοσκιάζονται τα υπό μελέτη κτίρια).



**Εικόνα 2:** Βόρεια όψη του Κτιρίου 1 του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Αρκαλοχωρίου.



**Εικόνα 3:** Νότια όψη του Κτιρίου 2ου 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Αρκαλοχωρίου.

### Υφιστάμενη κατάσταση – Κτίριο 1

Το κτίριο είναι 2 επιπέδων (ισόγειο και 1ος όροφος), και κατασκευάστηκε μετά το έτος 1979, συνεπώς θεωρείται ότι έχει κάποιου είδους θερμομόνωση (ανεπαρκής θερμομόνωση κατά ΚΕΝΑΚ 2017). Έχει φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους με ανεπαρκή θερμομόνωση. Το εμβαδό δαπέδου του κτιρίου είναι 1264 m<sup>2</sup>. Σύμφωνα με τον κτιριοδομικό κανονισμό, η χρήση του κτιρίου εμπίπτει σε αυτή της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Όλοι οι περιμετρικοί τοίχοι και η οροφή είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Στο πλαίσιο εκπόνησης της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ), το κτίριο διακρίνεται σε τρεις θερμικές ζώνες (

**Πίνακας 1):** Θερμική ζώνη του ισογείου, Θερμική ζώνη του 1ου ορόφου και ο Μη θερμαινόμενος χώρος (ΜΘΧ) του λεβητοστασίου με εμβαδόν δαπέδου 23.86 m<sup>2</sup>.

**Πίνακας 1:** Θερμικές ζώνες, χρήσεις χώρων και αντίστοιχες επιφάνειες.

Θερμική ζώνη	Επίπεδο	Χρήση ζώνης	Επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]
Ζώνη 1	Ισόγειο ΘΧ	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	604.01
Ζώνη 1	Α ΟΡΟΦΟΣ	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	636.19
Ζώνη 2	Ισόγειο ΜΘΧ	Μηθερμαινόμενη	23.86
<b>Σύνολο:</b>			1,264.06
<b>±</b>			0.00
			1,264.06

Το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο και βρίσκεται σε μια περιοχή με χαμηλή δόμηση με αποτέλεσμα να μη σκιάζεται περιμετρικά πέραν των σκιάσεων που προκαλεί το ίδιο το κτίριο σε διάφορες επιφάνειες του. Το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου ορίζεται από τον Πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για πρωτοβάθμια εκπαίδευση με 8 ώρες λειτουργίας, 5 φορές ανά εβδομάδα και περίοδο λειτουργίας συνολικά 9 μήνες (Σεπτέμβριος μέχρι Μάιος).

## Στοιχεία Κελύφους (Τοιχοποιίες- Κουφώματα)

Κατά τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου αρχικά έγινε έλεγχος των δομικών στοιχείων μέσω της καταγραφής του προσανατολισμού, των διαστάσεων (ύψος και πλάτος)των τοίχων που βρίσκονται τόσο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα αλλά και με το έδαφος, του προσανατολισμού και των διαστάσεων (ύψος και πλάτος)των κουφωμάτων, και έγινε εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδου του κελύφους του κτιρίου, καθώς και καταγραφή των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών.

Κατόπιν της αυτοψίας και επεξεργασίας των στοιχείων του κελύφους, οι αδιαφανείς επιφάνειες (δώματα και κατακόρυφοι τοίχοι) λαμβάνονται με ανεπαρκή θερμομόνωση κατά ΚΕΝΑΚ 2017 (βλ. Πίνακες 3.5α και 3.5β της τεχνικής οδηγίας ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017). Τα λεπτομερή στοιχεία του κάθε δομικού στοιχείου των αδιαφανών επιφανειών (εμβαδόν, προσανατολισμός, συντελεστής θερμοπερατότητας λαμβάνοντας υπόψη προσαιξήσεις λόγω θερμογεφυρών, συντελεστής εκπομπής και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας) τα οποία υιοθετήθηκαν κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τύπο διεπαφής (με εξωτερικό αέρα, με έδαφος, ΜΘΧ) ως ακολούθως:

- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (Πίνακας 2).
- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με έδαφος (Πίνακας 3). Στον Πίνακα παρατίθεται ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενότητας 2.1.6 και τα δεδομένα των Πινάκων 8α και 8β της τεχνικής οδηγίας ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-2/2017.
- Δεδομένα αδιαφανών επιφανειών σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (ΜΘΧ) (Πίνακας 4).

**Πίνακας 2:** Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων ανά ζώνη και ανά όροφο, σε επαφή με εξωτερικό αέρα.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: Ισόγειο ΘΧ				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	Υ(1)	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	A [m <sup>2</sup> ]	α(2)	ε(3)
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	26.96	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	10.18	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	0.70	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	0.15	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	3.93	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	5.34	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	6	6.000	4.21	0.00	0.00
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	6	6.000	4.21	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	14.60	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	3.87	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	3.23	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	0.71	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	1.47	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	186	6.000	4.03	0.00	0.00

Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	3.51	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.77	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	1.84	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.40	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	15.79	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	10.87	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	186	6.000	2.23	0.00	0.00
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	186	6.000	2.36	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	1.67	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	0.37	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	1.11	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	1.76	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος	186	7.200	3.54	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος	186	7.200	3.35	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	16.73	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	3.67	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	0.05	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	2.28	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή Ποσοστό πλαισίου 50% Υαλοπίνακας μονός	6	6.300	2.16	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	9.23	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	2.03	0.40	0.80
Οροφή	Εξωτερική οριζόντια/κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές πυλωτές)	0	0.700	22.38	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	27.10	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	8.20	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	96	6.000	4.14	0.00	0.00

Θερμική ζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: Α ΟΡΟΦΟΣ				
Τύπος	Δομικό στοιχείο	γ(1)	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	A [m <sup>2</sup> ]	α(2)	ε(3)
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	6.21	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	1.53	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	2.41	0.40	0.80

Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	0.53	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	14.63	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	10.22	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	2.41	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.53	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	5.17	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	1.13	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	6.81	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	6	0.900	4.63	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	2.98	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.65	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	36.54	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	9.56	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.24	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.05	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	18.13	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	4.63	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	1.73	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	96	0.900	0.38	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	14.87	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	10.23	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	1.57	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	0.35	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	5.11	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	186	0.900	1.52	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος	186	7.200	1.83	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	48.14	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	276	0.900	11.34	0.40	0.80
Πυλωτή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	0	3.200	16.32	0.40	0.90
Πυλωτή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	0	3.200	10.73	0.40	0.90
Πυλωτή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	0	3.200	3.02	0.40	0.90

Οροφή	Εξωτερική οριζόντια/κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές πυλωτές)	0	0.700	406.12	0.40	0.80
Οροφή	Εξωτερική οριζόντια/κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές πυλωτές)	0	0.700	61.52	0.40	0.80
Οροφή	Εξωτερική οριζόντια/κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές πυλωτές)	0	0.700	168.56	0.40	0.80

(1) αζιμούθιο επιφάνειας με 0=βόρεια, 90=ανατολική, 180 = νότια, 270 = δυτική

(2) απορροφητικότητα επιφάνειας

(3) συντελεστής εκπομπής επιφάνειας

**Πίνακας 3:** Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων, σε επαφή με έδαφος.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: Ισόγειο ΘΧ			
Τύπος	Δομικόστοιχείο	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	Μέσο βάθος έδρασηςz [m]
Δάπεδο - Οροφή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	0.310	604.01	118.30	0.00

**Πίνακας 4:** Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων, σε επαφή με ΜΘΧ.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: Ισόγειο ΘΧ				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	γ(1)	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	A [m <sup>2</sup> ]	α(2)	ε(3)
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	96	3.000	17.15	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	96	3.000	3.76	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	6	3.000	10.46	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	6	3.000	2.30	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	276	3.000	8.22	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	276	3.000	1.81	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	96	3.000	12.82	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	96	3.000	2.81	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	276	3.000	30.07	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	276	3.000	7.37	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	186	3.000	0.05	0.40	0.80
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	186	3.000	2.28	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή Ποσοστό πλαισίου 50% Υαλοπίνακας μονός	186	6.300	2.16	0.00	0.00

(1) αζιμούθιο επιφάνειας με 0=βόρεια, 90=ανατολική, 180 = νότια, 270 = δυτική

(2) απορροφητικότητα επιφάνειας



(3) συντελεστής εκπομπής επιφάνειας

Όλα τα παράθυρα και θύρες (εκτός από μία θύρα μεταλλική χωρίς υαλοπίνακα) έχουν πλαίσιο αλουμινίου με μονό υαλοπίνακα. Συνεπώς, όλοι οι τύποι των ανοιγμάτων είναι θερμομονωτικά μη επαρκείς κατά ΚΕΝΑΚ 2017, καθώς οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι υψηλότεροι από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή 3.2 W/m<sup>2</sup>Κγια την κλιματική ζώνη Α (βλ. Πίνακες 3.4<sup>α</sup> και 3.13<sup>α</sup> της ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017). Τα στοιχεία των κουφωμάτων καταγράφονται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5:** Στοιχεία κουφωμάτων του κτιρίου.

A/A	Τύπος κουφώματος	Πλήθος	Υλικό πλαισίου	Χαρακτ/ά υαλοπινάκων Αριθμός / Μήκος διακένου	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Όψη κτιρίου βάσει προσανατολισμού	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
1	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	0,35	0,25	B	0,09
2	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6	2	B	12,00
3	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,5	2	B	5,00
4	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,7	0,6	B	1,62
5	Παράθυρο	4	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	0,65	0,6	B	0,39
6	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	3,96	2,34	B	9,27
7	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,15	2,34	B	2,69
8	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 50%, Υαλοπίνακας μονός	2,65	2,3	B	6,10
9	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 30%, Υαλοπίνακας μονός	3,48	0,6	B	2,09
10	Παράθυρο	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	8,4	1,9	B	15,96
11	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	8,4	1,7	B	14,28
12	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	5,5	0,55	N	3,03
13	Παράθυρο	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	0,3	2,9	N	0,87
14	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,8	0,66	N	1,19
15	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	7,1	1,95	N	13,85
16	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	7,2	1,95	N	14,04

A/A	Τύπος κουφώματος	Πλήθος	Υλικό πλαισίου	Χαρακτ/ά υαλοπινάκων Αριθμός / Μήκος διακένου	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Ώση κτιρίου βάσει προσανατολισμού	Εμβαδόν (m2)
17	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1	0,62	N	0,62
18	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,05	0,6	N	0,63
19	Παράθυρο	1		υαλότουβλο	2,62	1,35	N	3,54
20	Παράθυρο	1		υαλότουβλο	2,62	4,1	N	10,74
21	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	8,3	1,9	N	15,77
22	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	8,4	1,9	N	15,96
23	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 50%, Υαλοπίνακας μονός	2,65	2,3	N	6,10
24	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 30%, Υαλοπίνακας μονός	3,48	0,6	N	2,09
25	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,7	2,9	A	4,93
26	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,84	0,65	A	1,20
27	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	3,5	2	A	7,00
28	Παράθυρο	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,35	1,5	Δ	3,53
29	Θύρα	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,8	2,34	B	4,21
30	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,84	2,25	A	4,14
31	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1	2,23	N	2,23
32	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,05	2,25	N	2,36
33	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,8	2,24	N	4,03
34	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 50%, Υαλοπίνακας μονός	0,94	2,3	N	2,16
35	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 50%, Υαλοπίνακας μονός	0,94	2,3	B	2,16
36	Θύρα	1	Χάλυβας	Μεταλλική χωρίς υαλοπίνακα	1	2,24	A	2,24

Για τους καταγεγραμμένους τύπους ανοιγμάτων, λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας (σύμφωνα με τον Πίνακα 3.13α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017):

- Κούφωμα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 20% χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα: 6 W/m<sup>2</sup>K.
- Κούφωμα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 30% χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα: 6.1W/m<sup>2</sup>K.
- Κούφωμα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 50% χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα: 6.3W/m<sup>2</sup>K.
- Θύρα μεταλλική χωρίς υαλοπίνακα: 6 W/m<sup>2</sup>K.

Διαπιστώνεται ότι τα κουφώματα του κτιρίου είναι θερμομονωτικά μη επαρκή αφού ο συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει μεγαλύτερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο για την κλιματική ζώνη Α, που είναι ίσος με 3.2 W/m<sup>2</sup>K σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017.

Η συνολική διείσδυση του αέρα από χαραμάδες (αθέλητος αερισμός) υπολογίστηκε ίση με 3174m<sup>3</sup>/ηλαμβάνοντας υπόψη τους κατάλληλους συντελεστές διείσδυσης από τον Πίνακα 3.24της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ανάλογα με τους τύπους των κουφωμάτων. Με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια και την αυτοψία που πραγματοποιήθηκε, δεν υπάρχουν εξώθυρες με άνοιγμα >1cm. Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά m<sup>2</sup> δαπέδου είναι ίση με 280kJ/(m<sup>2</sup>K) για φέρων οργανισμό από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητους οπτόπλινθους.

### Συστήματα θέρμανσης

Η θέρμανση του κτιρίου γίνεται με ένα παλιό λέβητα και καυστήρα πετρελαίου. Η ονομαστική ισχύς του λέβητα είναι 139.5 kW και ο βαθμός απόδοσης είναι 0.80, όπως προκύπτει από την εφαρμογή της μεθοδολογίας της παραγράφου 5.1.2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017. Δεν υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας για την προσαρμογή του λέβητα στα θερμικά φορτία. Επίσης, δεν υπάρχει κάποιο άλλο σύστημα αυτοματισμού. Οι τερματικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για την απόδοση της θερμότητας είναι άμεσης απόδοσης (σώματα ακτινοβολίας τύπου ΑΚΑΝ) με εκτιμώμενο β.απ. 0.875. Το δίκτυο διανομής θεωρείται πως βρίσκεται εκτός ισορροπίας, ενώ η διανομή του θερμού νερού γίνεται με έναν κυκλοφορητή ισχύος 330 W, χωρίς αυτοματισμό ρύθμισης στροφών με αντιστάθμιση φορτίου. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις για ζεστό νερό και για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν σχετικές εγκαταστάσεις.

### Συστήματα ψύξης

Δεν υπάρχει σύστημα ψύξης.

### Σύστημα μηχανικού αερισμού

Το σχολείο δε διαθέτει Κ.Κ.Μ.Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο από τους χρήστες του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων, ενώ δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού. Καταγράφονται 2 αξονικοί ανεμιστήρες τοίχου στην αίθουσα υπολογιστών και στην αίθουσα της ΣΤ' τάξης, στο ισόγειο.

### Σύστημα φωτισμού

Τα είδη φωτιστικών που καταγράφηκαν παρατίθενται στον Πίνακα 6. Από την καταγραφή των φωτιστικών στο κτίριο προκύπτει ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για το σύστημα φωτισμού είναι ίση με 1.9kW.

**Πίνακας 6:** Είδη και κατανομή φωτιστικών του κτιρίου.

A/A	Τύπος-είδος λαμπτήρα	Ισχύς (W)	Είδος φωτιστικού σώματος	Πλήθος λαμπτήρων ανά φωτιστικό σώμα	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Κατανομή ανά Όροφο του κτιρίου
1	Γραμμική ράβδος φθορισμού	36	Σκαφάκι οροφής	2	2	Ισόγειο
2	Γραμμική ράβδος φθορισμού	36	Σκαφάκι οροφής	4	10	A όροφος
3	Γραμμική ράβδος φθορισμού	36	Σκαφάκι οροφής	2	56	Ισόγειο 15 A όροφος 41
4	Γραμμική ράβδος φθορισμού	58	Σκαφάκι οροφής	2	6	Ισόγειο
5	Πυρακτώσεως	100	χελώνα οροφής/τοιχου	1	22	Ισόγειο 7 A όροφος 8
6	Γραμμική ράβδος φθορισμού	36	Σκαφάκι οροφής	1	11	Ισόγειο 5 A όροφος 6
7	Υδραργύρου	160	χελώνα οροφής/τοιχου	1	1	Ισόγειο
8	Led	100	Προβολέας	1	5	Εξωτερικός φωτισμός

#### Στοιχεία κατανάλωσης – Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία από ΔΕΔΔΗΕ, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου εκτιμάται περίπου 21,332.00kWh. Με βάση την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου με χρήση του λογισμικού KENAK (όπως προκύπτει από το ΠΕΑ), προκύπτουν τα εξής:

- Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά τελική χρήση:
  - Θέρμανση: 21.5kWh/m<sup>2</sup>.
  - Ψύξη (θεωρητικό σύστημα): 3.5kWh/m<sup>2</sup>.
  - Φωτισμός: 13kWh/m<sup>2</sup>.
  - Συνολική κατανάλωση: 38kWh/m<sup>2</sup>.
- Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά πηγή/φορέα ενέργειας:
  - Ηλεκτρισμός: 20kWh/m<sup>2</sup> (συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο: 52.09%).
  - Πετρέλαιο θέρμανσης: 18kWh/m<sup>2</sup> (συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο: 46.86%).
- Ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας: 77.7kWh/m<sup>2</sup> (κτιρίου αναφοράς: 54.4kWh/m<sup>2</sup>). Απόκλιση από το κτίριο αναφοράς: 42.83%.
- Ετήσιες συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub>: 24.3kg/m<sup>2</sup>.
- Ενεργειακή κατάταξη: **Κατηγορία «Δ»**.

## Υφιστάμενη κατάσταση – Κτίριο 2

Το κτίριο είναι ισόγειο, εμβαδού 209 m<sup>2</sup>, και κατασκευάστηκε πριν το έτος 1955. Η τοιχοποιία είναι αργολιθοδομή χωρίς θερμομόνωση. Η χρήση του κτιρίου εμπίπτει σε αυτή της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Όλοι οι εξωτερικοί τοίχοι και η οροφή είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Στο πλαίσιο εκπόνησης της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ), το κτίριο διακρίνεται σε δύο θερμικές ζώνες: Θερμική ζώνη του ισογείου και ο Μη θερμαινόμενος χώρος (ΜΘΧ) του λεβητοστασίου με εμβαδόν δαπέδου 19.8 m<sup>2</sup> (Πίνακας 7).

**Πίνακας 7:** Θερμικές ζώνες, χρήσεις χώρων και αντίστοιχες επιφάνειες.

Θερμική ζώνη	Επίπεδο	Χρήση ζώνης	Επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]
Ζώνη 1	ΙΣΟΓΕΙΟ ΘΧ	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	189,27
Ζώνη 2	ΙΣΟΓΕΙΟ ΜΘΧ	Μη θερμαινόμενη	19,78
<b>Σύνολο:</b>			209,04
<b>±</b>			0,00
			209,04

Τα κυρίαρχα στοιχεία σκίασης που παρατηρούνται έχουν ως εξής: Η βόρεια όψη σκιάζεται από το σχεδόν ισομέγεθες ισόγειο κτίριο του γειτονικού Νηπιαγωγείου (σε απόσταση μόλις περίπου 3m από το κτίριο ενδιαφέροντος). Λόγω της χαμηλής δόμησης της περιοχής, το κτίριο δεν σκιάζεται περιμετρικά από άλλα κτίρια. Μέρος της νότιας και δυτικής όψης σκιάζονται από κάποια δέντρα ύψους έως το ύψος του κτιρίου.

Το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου ορίζεται από τον Πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για πρωτοβάθμια εκπαίδευση με 8 ώρες λειτουργίας, 5 φορές ανά εβδομάδα και περίοδο λειτουργίας συνολικά 9 μήνες (Σεπτέμβριος μέχρι Μάιος).

### Στοιχεία Κελύφους (Τοιχοποιίες- Κουφώματα)

Κατά τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου αρχικά έγινε έλεγχος των δομικών στοιχείων μέσω της καταγραφής του προσανατολισμού, των διαστάσεων (ύψος και πλάτος)των τοίχων που βρίσκονται τόσο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα αλλά και με το έδαφος, του προσανατολισμού και των διαστάσεων (ύψος και πλάτος)των κουφωμάτων, και έγινε εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδου του κελύφους του κτιρίου, καθώς και καταγραφή των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών.

Κατόπιν της αυτοψίας και επεξεργασίας των στοιχείων του κελύφους, οι κατακόρυφες αδιαφανείς επιφάνειες λαμβάνονται ως λιθοδομή χωρίς θερμομόνωση και η οροφή ως συμβατικού τύπου δώμα χωρίς θερμομόνωση (βλ. Πίνακες 3.5α και 3.5β της τεχνικής οδηγίας ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017). Λόγω μη διαθέσιμης μελέτης θερμομόνωσης, και λαμβάνοντας υπόψη το «δυσμενέστερο» σενάριο σχεδιασμού, έχει υποτεθεί επιπλέον ένα ποσοστό στοιχείου φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα στις κατακόρυφες αδιαφανείς επιφάνειες. Τα λεπτομερή στοιχεία του κάθε δομικού στοιχείου των αδιαφανών επιφανειών (εμβαδόν, προσανατολισμός, συντελεστής θερμοπερατότητας, συντελεστής εκπομπής και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας) τα οποία υιοθετήθηκαν κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τύπο διεπαφής (με εξωτερικό αέρα, με έδαφος, ΜΘΧ) ως ακολούθως:

- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (Πίνακας 8).
- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με έδαφος (Πίνακας 9). Στον Πίνακα παρατίθεται ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει με βάση τη μεθοδολογία

υπολογισμού της ενότητας 2.1.6 και τα δεδομένα των Πινάκων 8α και 8β της τεχνικής οδηγίας ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-2/2017.

- Δεδομένα αδιαφανών επιφανειών σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (ΜΘΧ) (Πίνακας 10).

**Πίνακας 8:** Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων ανά ζώνη, σε επαφή με εξωτερικό αέρα.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΘΧ				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	Υ(1)	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	A [m <sup>2</sup> ]	α(2)	ε(3)
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	64	2,405	10,98	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	64	3,600	2,34	0,40	0,80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	64	6,000	2,26	0,00	0,00
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	154	2,405	20,96	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	154	3,600	5,64	0,40	0,80
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	244	2,405	32,36	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	244	3,600	5,71	0,40	0,80
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	334	2,405	99,56	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	334	3,600	18,31	0,40	0,80
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	64	2,405	10,97	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	64	3,600	2,33	0,40	0,80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	64	6,000	2,23	0,00	0,00
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	154	2,405	39,03	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	154	3,600	10,73	0,40	0,80
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	244	2,405	11,07	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα	244	3,600	2,34	0,40	0,80
Πόρτα	Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή Ποσοστό πλαισίου 40% Υαλοπίνακας μονός	244	6,200	2,16	0,00	0,00
Τοίχος	ΛΙΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	154	2,405	8,98	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους	154	3,600	2,29	0,40	0,80

	μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με αέρα					
Πόρτα	Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή Ποσοστό πλαισίου 30% Υαλοπίνακας μονός	154	6,100	2,05	0,00	0,00
Οροφή	Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή) Συμβατικού τύπου δώμα Σε επαφή με αέρα	0	3,250	189,27	0,40	0,80

(1) αζιμούθιο επιφάνειας με 0=βόρεια, 90=ανατολική, 180 = νότια, 270 = δυτική

(2) απορροφητικότητα επιφάνειας

(3) συντελεστής εκπομπής επιφάνειας

**Πίνακας 9:** Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων, σε επαφή με έδαφος.

Θερμική ζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΘΧ			
Τύπος	Δομικό στοιχείο	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]
Δάπεδο Οροφή	- Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.), Επί εδάφους, Σε επαφή με έδαφος	0,530	189,27	73,42	0,00

**Πίνακας 10:** Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων, σε επαφή με ΜΘΧ.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΘΧ				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	Υ(1)	U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	A [m <sup>2</sup> ]	α(2)	ε(3)
Τοίχος	Λιθοδομή Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις Σε επαφή με μή θερμαινόμενο χώρο	64	0,950	16,69	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με μή θερμαινόμενο χώρο	64	2,600	2,95	0,40	0,80
Τοίχος	Λιθοδομή Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις Σε επαφή με μή θερμαινόμενο χώρο	64	0,950	2,46	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με μή θερμαινόμενο χώρο	64	2,600	0,43	0,40	0,80
Τοίχος	Λιθοδομή Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις Σε επαφή με μή θερμαινόμενο χώρο	334	0,950	1,98	0,40	0,80
Τοίχος	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm) Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις Σε επαφή με μή θερμαινόμενο χώρο	334	2,600	0,35	0,40	0,80

(1) αζιμούθιο επιφάνειας με 0=βόρεια, 90=ανατολική, 180 = νότια, 270 = δυτική

(2) απορροφητικότητα επιφάνειας

(3) συντελεστής εκπομπής επιφάνειας

Όλα τα παράθυρα και οι θύρες (σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα), συνολικού εμβαδού 52.6 m<sup>2</sup>, έχουν πλαίσιο αλουμινίου και μονό υαλοπίνακα. Συνεπώς, όλα τα ανοίγματα είναι θερμομονωτικά μη επαρκή κατά ΚΕΝΑΚ 2017, καθώς αντιστοιχούν σε συντελεστές θερμοπερατότητας υψηλότερους από την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή 3.2 W/m<sup>2</sup>Κγια την κλιματική ζώνη Α (βλ. Πίνακες 3.4<sup>α</sup> και 3.13<sup>α</sup> της ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017). Τα στοιχεία των κουφωμάτων καταγράφονται στον Πίνακα 11.

**Πίνακας 11:** Στοιχεία κουφωμάτων του κτιρίου.

A/A	Τύπος κουφώματος (Παράθυρο, Θύρα ή Φεγγίτης)	Πλήθος	Υλικό πλαίσιο	Χαρακτ/ά υαλοπινάκων Αριθμός / Μήκος διακένου	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Όψη κτιρίου βάσει προσανατολισμού	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
1	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,38	0,77	B	1,06
2	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,36	0,78	B	1,06
3	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,37	0,77	B	1,05
4	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,37	0,75	B	1,03
5	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,36	0,75	B	1,02
6	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	4,93	2,23	N	10,99
7	Παράθυρο	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	4,95	2,2	N	10,89
8	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,17	1,67	N	1,95
9	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,17	1,65	N	1,93
10	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,05	2,15	A	2,26
11	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 30%, Υαλοπίνακας μονός	0,95	2,16	N	2,05
12	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 40%, Υαλοπίνακας μονός	1	2,16	Δ	2,16
13	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,05	2,12	A	2,23
14	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	0,95	2,14	N	2,03

Για τους καταγεγραμμένους τύπους ανοιγμάτων λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας (σύμφωνα με τον Πίνακα 3.13α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017):

- Κούφωμα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 20% χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα: 6 W/m<sup>2</sup>K.
- Θύρα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 30% και μονό υαλοπίνακα: 6.1W/m<sup>2</sup>K.
- Θύρα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 30% και μονό υαλοπίνακα: 6.2W/m<sup>2</sup>K.

Διαπιστώνεται ότι τα κουφώματα του κτιρίου είναι θερμομονωτικά μη επαρκή αφού ο συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει μεγαλύτερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο για την κλιματική ζώνη Α, που είναι ίσος με 3.2 W/m<sup>2</sup>K σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017.

Η συνολική διείσδυση του αέρα από χαραμάδες (αθέλητος αερισμός) υπολογίστηκε ίση με 719m<sup>3</sup>/h λαμβάνοντας υπόψη τους κατάλληλους συντελεστές διείσδυσης από τον Πίνακα 3.24 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ανάλογα με τους τύπους των κουφωμάτων. Με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια και την



αυτοψία που πραγματοποιήθηκε, δεν υπάρχουν εξώθυρες με άνοιγμα >1cm. Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα ανά m<sup>2</sup> δαπέδου είναι ίση με 300 kJ/(m<sup>2</sup>K) για κατασκευή από αργολιθοδομή.

### Συστήματα θέρμανσης

Η θέρμανση του κτιρίου γίνεται με ένα παλαιό λέβητα και καυστήρα πετρελαίου. Η ονομαστική ισχύς του λέβητα είναι 47 kW και ο βαθμός απόδοσης είναι 0.75. Οι τερματικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για την απόδοση της θερμότητας περιλαμβάνουν 3 σώματα ανεμιστήρα-στοιχείου (fancoils) άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο και 1 συμβατικό σώμα ακτινοβολίας ΑΚΑΝ, με συνολικό εκτιμώμενο β.απ. 0.937. Το δίκτυο διανομής θεωρείται πως βρίσκεται εκτός ισορροπίας, ενώ η διανομή του θερμού νερού γίνεται με έναν κυκλοφορητή ισχύος 226 W, χωρίς αυτοματισμό ρύθμισης στροφών με αντιστάθμιση φορτίου. Δεν υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας για την προσαρμογή του λέβητα στα θερμικά φορτία. Επίσης, δεν υπάρχει κάποιο άλλο σύστημα αυτοματισμού.

### Συστήματα ψύξης

Δεν υπάρχει σύστημα ψύξης.

### Σύστημα μηχανικού αερισμού

Το σχολείο δε διαθέτει κάποιο σύστημα μηχανικού αερισμού ή Κ.Κ.Μ. Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο από τους χρήστες του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων, ενώ δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού.

### Σύστημα φωτισμού

Στο κτίριο καταγράφονται 6 λαμπτήρες LED (σημειακά φωτιστικά), 1 λαμπτήρας πυρακτώσεως, 1 λαμπτήρας οικονομίας, και 2 εξωτερικοί προβολείς LED, συνολικής ισχύος 0.38kW.

### Στοιχεία κατανάλωσης – Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία από ΔΕΔΔΗΕ, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου εκτιμάται περίπου 562kWh. Με βάση την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου με χρήση του λογισμικού ΚΕΝΑΚ (όπως προκύπτει από το ΠΕΑ), προκύπτουν τα εξής:

- Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά τελική χρήση:
  - Θέρμανση: 92.2kWh/m<sup>2</sup>.
  - Ψύξη (θεωρητικό σύστημα): 5.4kWh/m<sup>2</sup>.
  - Φωτισμός: 3.1kWh/m<sup>2</sup>.
  - Συνολική κατανάλωση: 100.7kWh/m<sup>2</sup>.
- Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά πηγή/φορέα ενέργειας:
  - Ηλεκτρισμός: 12.9kWh/m<sup>2</sup> (συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο: 12.73%).
  - Πετρέλαιο θέρμανσης: 87.9 kWh/m<sup>2</sup> (συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο: 86.82%).
- Ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας: 134.1kWh/m<sup>2</sup> (κτιρίου αναφοράς: 83.2kWh/m<sup>2</sup>). Απόκλιση από το κτίριο αναφοράς: 61.17%.
- Ετήσιες συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub>: 35.8kg/m<sup>2</sup>.
- Ενεργειακή κατάταξη: **Κατηγορία «Δ»**.

## Συνολική ενεργειακή απόδοση των κτιρίων – Υφιστάμενη κατάσταση

Κατόπιν επεξεργασίας των αποτελεσμάτων ενεργειακών δεικτών για κάθε κτίριο στις παραπάνω ενότητες, συνολικά για το συγκρότημα των δύο υπό μελέτη κτιρίων προκύπτουν τα ακόλουθα:

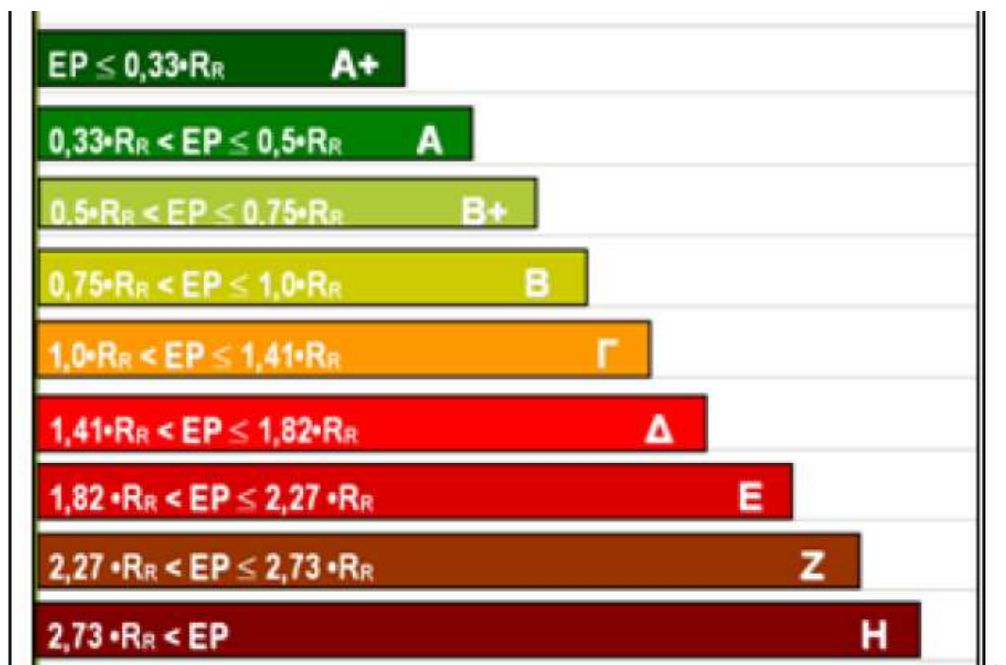
A) Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:

- Πραγματικών κτιρίων:  $(77.7 \text{ kWh/m}^2 \cdot 1,264.06 \text{ m}^2 + 134.1 \text{ kWh/m}^2 \cdot 209.05 \text{ m}^2) / (1,264.06 \text{ m}^2 + 209.05 \text{ m}^2) = 85.7 \text{ kWh/m}^2 (EP)$ .
- Κτιρίων αναφοράς:  $(54.4 \text{ kWh/m}^2 \cdot 1,264.06 \text{ m}^2 + 83.2 \text{ kWh/m}^2 \cdot 209.05 \text{ m}^2) / (1,264.06 \text{ m}^2 + 209.05 \text{ m}^2) = 58.48 \text{ kWh/m}^2 (R_R)$

B) Εκπομπές CO<sub>2</sub>:  $24.3 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,264.06 \text{ m}^2 + 35.8 \text{ kg/m}^2 \cdot 209.05 \text{ m}^2 = 38.200,648 \text{ kg}$ , ήτοι  $38.200,648 \text{ kg} / (1,264.06 \text{ m}^2 + 209.05 \text{ m}^2) = 25.93 \text{ kg/m}^2$ .

Γ) Εκτίμηση ενεργειακής κατάταξης του συγκροτήματος των δύο κτιρίων:

Λόγος  $EP/R_R = 85.7 / 58.48 = 1.465$ . Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τον παρακάτω Πίνακα ενεργειακής κατάταξης κατά KENAK μπορεί να θεωρηθεί ότι το συγκρότημα των δύο κτιρίων εντάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία «Δ».



### Συνοπτική Περιγραφή Παρεμβάσεων

Από τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης συμπεραίνονται τα ακόλουθα για τα δύο κτίρια μελέτης:

- Κτίριο 1: Το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση τελικής ενέργειας καταλαμβάνει η θέρμανση σε ποσοστό περίπου 56.6%, ακολουθεί ο φωτισμός 34.2%, και τέλος, η ψύξη σε ποσοστό περίπου 9.2%.
- Κτίριο 2: Το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση τελικής ενέργειας καταλαμβάνει η θέρμανση σε ποσοστό περίπου 91.6%, ακολουθεί η ψύξη 5.4%, και τέλος, ο φωτισμός 3% (λόγω των λαμπτήρων LED που υπάρχουν κατά πλειοψηφία στο κτίριο).

Συνεπώς, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις στοχεύουν καταρχήν στη μείωση της ενεργειακής απαίτησης πρωτίστως για σκοπούς θέρμανσης και για τα δύο κτίρια. Για το Κτίριο 1 χρίζεται βελτίωσης το σύστημα φωτισμού, ενώ λαμβάνεται υπόψη και το γεγονός ότι οι ανάγκες για ψύξη είναι χαμηλές δεδομένου ότι τους θερινούς μήνες το κτίριο δεν λειτουργεί (ή υπολειτουργεί). Από την άλλη μεριά, και σε συμφωνία με το σχετικό θεσμικό πλαίσιο (άρθρο 7 «Υποδειγματικός ρόλος κτιρίων που ανήκουν σε δημόσιους φορείς» του Ν.4342/2015), είναι σημαντικό τα δημόσια κτίρια να αποτελέσουν παραδείγματα καινοτόμων πρακτικών ενεργειακής αποδοτικότητας. Το γεγονός ότι το εν λόγω κτίριο είναι εκπαιδευτικό κτίριο αποτελεί έναν παραπάνω λόγο επίδειξης καινοτόμων παρεμβάσεων, που θα συνδυάζουν τεχνολογίες Εξοικονόμησης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΕΞΕ/ΑΠΕ). Ειδικά αναφορικά με τεχνολογίες ΑΠΕ, προτείνεται η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή λόγω της μεγάλης διαθεσιμότητας ελεύθερης επιφάνειας.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνονται οι ακόλουθες παρεμβάσεις για κάθε κτίριο:

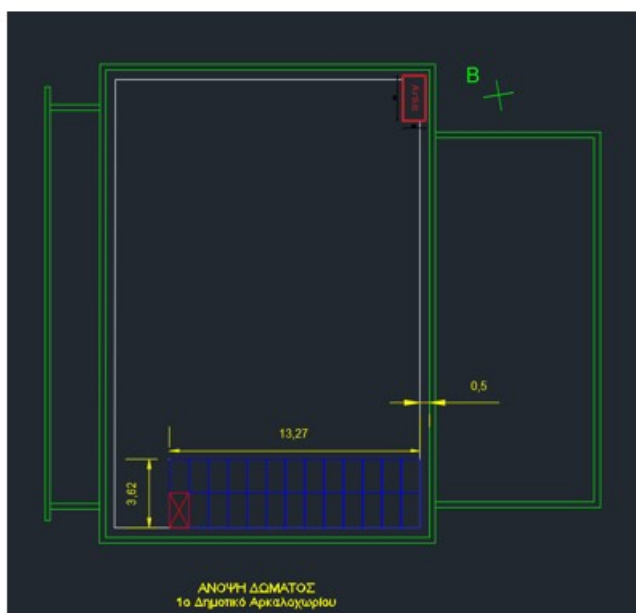
- Κτίριο 1:
  - Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα θερμομονωτικά επαρκή κουφώματα.
  - Εξωτερική θερμομόνωση οροφής.
  - Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για σκοπούς θέρμανσης χώρων.
  - Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με νέα υψηλής απόδοσης (LED, LightEmittingDiode - Δίοδος Εκπομπής Φωτός).
  - Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή με ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering).
- Κτίριο 2:
  - Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα θερμομονωτικά επαρκή κουφώματα.
  - Εξωτερική θερμομόνωση οροφής.
  - Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για σκοπούς θέρμανσης χώρων.

#### Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος με ενεργειακό συμψηφισμό (netmetering)

Από την αξιολόγηση των ελέγχων για τη διαστασιολόγηση των φ/β πλαισίων για το Κτίριο-1 και λαμβάνοντας υπόψη την εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας προτείνεται η τοποθέτηση ΦΒ συστήματος που η ισχύς του ανέρχεται σε 10kWp. Τα φ/β πλαίσια χωροθετούνται επί δώματος, σε κλίση 25° και με νότιο προσανατολισμό.

Τα φ/β πλαίσια θα στηριχθούν πάνω σε έτοιμα προφίλ (ράγες) αλουμινίου ή γαλβανισμένου χάλυβα. Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν επί του δώματος και το ύψος εγκατάστασης υπολογίζεται να είναι περί τα 10 cm από το δώμα. Οι λεπτομέρειες τοποθέτησης θα οριστικοποιηθούν ύστερα από γνωμοδότηση της αρμόδιας υπηρεσίας.

Το σύστημα θα αξιοποιηθεί με όρους ενεργειακού συμψηφισμού (netmetering) και εκτιμάται ότι θα παράγει και θα διοχετεύει στο ηλεκτρικό δίκτυο περίπου 15,000 kWh ετησίως, συμψηφίζοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Η ενδεικτική χωροθέτηση του ΦΒ στο δώμα του Κτιρίου 1 παρατίθεται στην **Εικόνα 4**.



**Εικόνα 4:** Ενδεικτική χωροθέτηση του ΦΒ ισχύος 10kW επί του δώματος στο κτίριο 1.

#### Εγκατάσταση Αντλίας Θερμότητας

Το υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης και των δύο κτιρίων είναι παλιό σε μέτρια κατάσταση από άποψη θερμομόνωσης και αποδεικνύεται ενεργοβόρο. Για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των δύο κτιρίων προτείνεται η εγκατάσταση:

- Συστοιχίας 2 κεντρικού τύπου αντλιών θερμότητας θερμικής ισχύος 90kWth έκαστη, με συντελεστή επίδοσης COP>2.8, στο Κτίριο 1.
- Μίας κεντρικού τύπου αντλίας θερμότητας θερμικής ισχύος 60 kWth, με συντελεστή επίδοσης COP>2.8, στο Κτίριο 2.

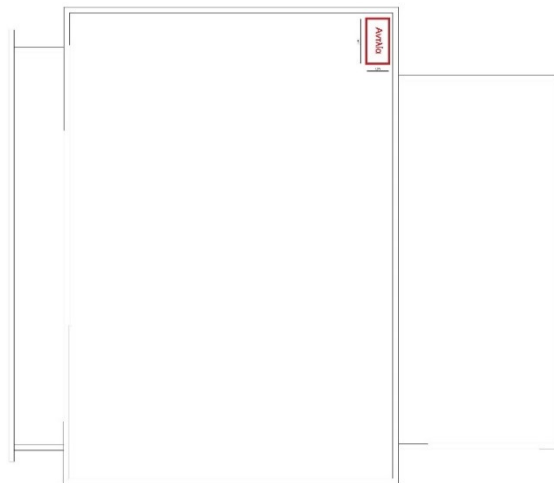
Τα συστήματα θα ενσωματωθούν στα υπάρχοντα δίκτυα με τις υπάρχουσες τερματικές μονάδες, ενώ ο υπάρχων λέβητας θα λειτουργεί επικουρικά όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο. Οι ενδεικτικές διαστάσεις της αντλίας είναι περί τα 1.2 m πλάτος, 2.4 m μήκος, και 1.9 m ύψος. Μία ενδεικτική άποψη της προτεινόμενης τεχνολογίας δίδεται στην Εικόνα 5. Στο Κτίριο 1, το σύστημα προτείνεται να εγκατασταθεί στο δώμα άνωθεν του λεβητοστασίου, ενώ στο Κτίριο 2 προτείνεται να εγκατασταθεί στον «προστατευμένο» χώρο πλησίον του λεβητοστασίου (ανατολική όψη του κτιρίου). Οι ενδεικτικές θέσεις των συστημάτων παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 5: Ενδεικτική όψη της αντλίας θερμότητας.



B



ΑΝΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ

(α)



ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

(β)

**Εικόνα 6:** Ενδεικτικές θέσεις εγκατάστασης των αντλιών θερμότητας: (α) Κτίριο 1: στο δώμα, πάνω από το χώρο του λεβητοστάσιου. Πάνω: βόρειο-ανατολική γωνία του κτιρίου. Κάτω: άνοψη δώματος. (β) Κτίριο 2: Στην Ανατολική όψη, πλησίον του λεβητοστασίου.

#### Αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα φωτιστικά τεχνολογίας LED

Το μέτρο εφαρμόζεται μόνο στο Κτίριο 1. Τα υφιστάμενα ενεργοβόρα φωτιστικά σώματα προτείνεται να αντικατασταθούν από νέα φωτιστικά υψηλής απόδοσης LED, με ισχύ μονάδας κατά περίπτωση 35 W, 37 W και 18 W, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σύμφωνα με τα πρότυπα φωτισμού για κτίρια πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (βλ. ενότητα 2.4.4 της ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017), λαμβάνοντας υπόψη και τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού των χώρων του κτιρίου. Συγκεκριμένα, προτείνεται:

- Η αντικατάσταση των 58 φωτιστικών σωμάτων τύπου «σκαφάκι» οροφής με ράβδους φθορισμού 2x36W από νέα φωτιστικά σώματα με γραμμικές ράβδους φωτισμού LED συνολικής ισχύος 35 W έκαστο.
- Η αντικατάσταση των 10 φωτιστικών σωμάτων τύπου «σκαφάκι» οροφής με ράβδους φθορισμού 4x36W από νέα φωτιστικά σώματα με γραμμικές ράβδους φωτισμού LED συνολικής ισχύος 37 W έκαστο.
- Η αντικατάσταση των 6 φωτιστικών σωμάτων τύπου «σκαφάκι» οροφής με ράβδους φθορισμού 2x58W από νέα φωτιστικά σώματα με γραμμικές ράβδους φωτισμού LED συνολικής ισχύος 35 W έκαστο.
- Η αντικατάσταση των 11 φωτιστικών σωμάτων τύπου «σκαφάκι» οροφής με ράβδους φθορισμού 1x36W από νέα φωτιστικά σώματα με γραμμικές ράβδους φωτισμού LED συνολικής ισχύος 35 W έκαστο.
- Η αντικατάσταση των 22 φωτιστικών τύπου «χελώνα» από φωτιστικό σώμα LED ισχύος 18 W.

#### Τοποθέτηση Θερμομόνωσης Δώματος

Στην οροφή επιφάνειας 658.58 m<sup>2</sup> του Κτιρίου 1 και στην οροφή επιφάνειας 189.27m<sup>2</sup> του Κτιρίου 2 (συνολική επιφάνεια δωματίων: 847.85 m<sup>2</sup>), θα τοποθετηθεί σύστημα θερμομόνωσης με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης ελαχ. πάχους 70 mm και θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0.031 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Πάνω στις μονωτικές πλάκες θα τοποθετηθεί τσιμεντοκονία ρύσεων πάχους περίπου 50mm και στη συνέχεια η επιφάνεια θα στεγανωθεί με ασφαλτόπανα πάχους περίπου 10mm. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα προκύπτει μικρότερος ή το πολύ ίσος με 0,50 W/m<sup>2</sup>K, που είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για θερμομονωτική επάρκεια οροφής όπως ορίζεται στον Πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 για την κλιματική ζώνη Α σε υφιστάμενα κτίρια.

## Αντικατάσταση κουφωμάτων

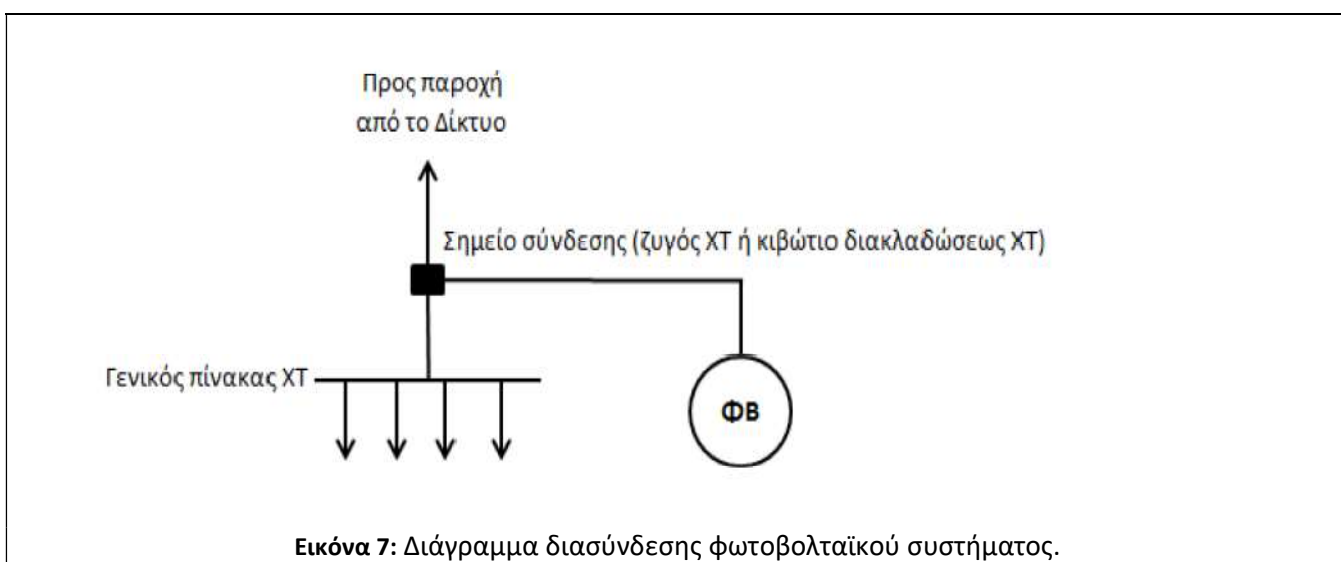
Το μέτρο εφαρμόζεται και στα δύο κτίρια. Τα υφιστάμενα παράθυρα αλουμινίου συνολικού εμβαδού 223.66 m<sup>2</sup> (Κτίριο 1: 181.78m<sup>2</sup>, Κτίριο 2: 41.88m<sup>2</sup>) και οι θύρες αλουμινίου συνολικού εμβαδού 36.24m<sup>2</sup> (Κτίριο 1: 25.51m<sup>2</sup>, Κτίριο 2: 10.73m<sup>2</sup>) θα αντικατασταθούν από νέα κουφώματα από αλουμίνιο (χρώματος RAL υπερανθεκτικού επιλογής της επίβλεψης) με διπλούς υαλοπίνακες. Τα νέα κουφώματα θα έχουν συντελεστές θερμοπερατότητας  $U_w \leq 1.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Η προαναφερόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι αρκετά χαμηλότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη (3.2 W/m<sup>2</sup>K) κατά ΚΕΝΑΚ 2017 (βλ. Πίνακα 3.4<sup>α</sup> της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) που αντιστοιχεί σε κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, συνεπώς μετά την εφαρμογή, τα κουφώματα του κτιρίου θα είναι θερμομονωτικά επαρκή.

## Τεκμηρίωση Επιλογής Παρεμβάσεων – Ενεργειακή ανάλυση

### Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας (γνωστός με τον όρο net-metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Το net-metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας. Ο όρος “net” προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο.

Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς θεσπίστηκε στην Ελλάδα με την Υ.Α ΑΠΕΗΛ/οικ.24461 (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014) η οποία καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από την Υπουργική Απόφαση ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.175067 (ΦΕΚ Β' 1547/5.5.2017) και αφορά στην εγκατάσταση σταθερών φωτοβολταϊκών συστημάτων για την κάλυψη ιδίων αναγκών από καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού. Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση. Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη. Η διασύνδεση του Φ/Β γίνεται σύμφωνα με το τυπικό διάγραμμα στην **Εικόνα 7**.



Για τη διαστασιολόγηση του συστήματος ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Ο 1ος έλεγχος που γίνεται αφορά στην εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β. Σύμφωνα με την ΥΑ «*Ειδικά για νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης*».

Ο 2ος έλεγχος αφορά στην ετήσια ενεργειακή παραγωγή του Φ/Β συστήματος σε σχέση με την κατανάλωση του κτιρίου. Σύμφωνα με την νομοθεσία «*Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε τριετή βάση*», και «*Το πλεόνασμα ενέργειας που προκύπτει από το συμψηφισμό του προηγούμενου εδαφίου διοχετεύεται στο Δίκτυο χωρίς υποχρέωση για οποιαδήποτε αποζημίωση στον αυτοπαραγωγό*». Κατά συνέπεια η παραγόμενη ισχύς από το Φ/Β σύστημα σε ετήσια βάση, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την καταναλισκόμενη στο κτίριο.

Λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Κτιρίου 1 και την εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή από Φ/Β στη συγκεκριμένη περιοχή (έως και 1500 kWh/kWp), είναι αποδεκτή η τοποθέτηση ενός Φ/Β συστήματος ονομαστικής ισχύος 10kWp. Η συνεισφορά του Φ/Β στην αντιστάθμιση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου υπολογίζεται μέσω του λογισμικού TOTEE KENAK 2017 κατά την εκπόνηση της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) (βλ. Παράρτημα Γ), με την εισαγωγή των παρακάτω συνθηκών εισόδου:

- Συντελεστής αξιοποίησης: 0.18
- Ενεργός επιφάνεια: 55m<sup>2</sup>
- Ισχύς: 10 kW
- Προσανατολισμός: Νότιος – 180°
- Κλίση: 25°
- Συντελεστής σκίασης  $F_s=1$  (πλήρης ηλιασμός. Δεν παρατηρούνται εμπόδια που μπορεί να σκιάζουν το Φ/Β).

Οι εκτενείς υπολογισμοί που αφορούν στο Φ/Β σύστημα παρουσιάζονται στη ΜΕΑ του κτιρίου-1 στο Παράρτημα Γ.

## Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

Όπως προαναφέρθηκε, προτείνεται η εγκατάσταση των ακόλουθων συστημάτων:

- Συστοιχία 2 κεντρικού τύπου αντλιών θερμότητας θερμικής ισχύος 90 kWth έκαστη, με συντελεστή επίδοσης COP>2.8, στο Κτίριο-1.
- Μία κεντρικού τύπου αντλίας θερμότητας θερμικής ισχύος 60 kWth, με συντελεστή επίδοσης COP>2.8, στο Κτίριο-2.

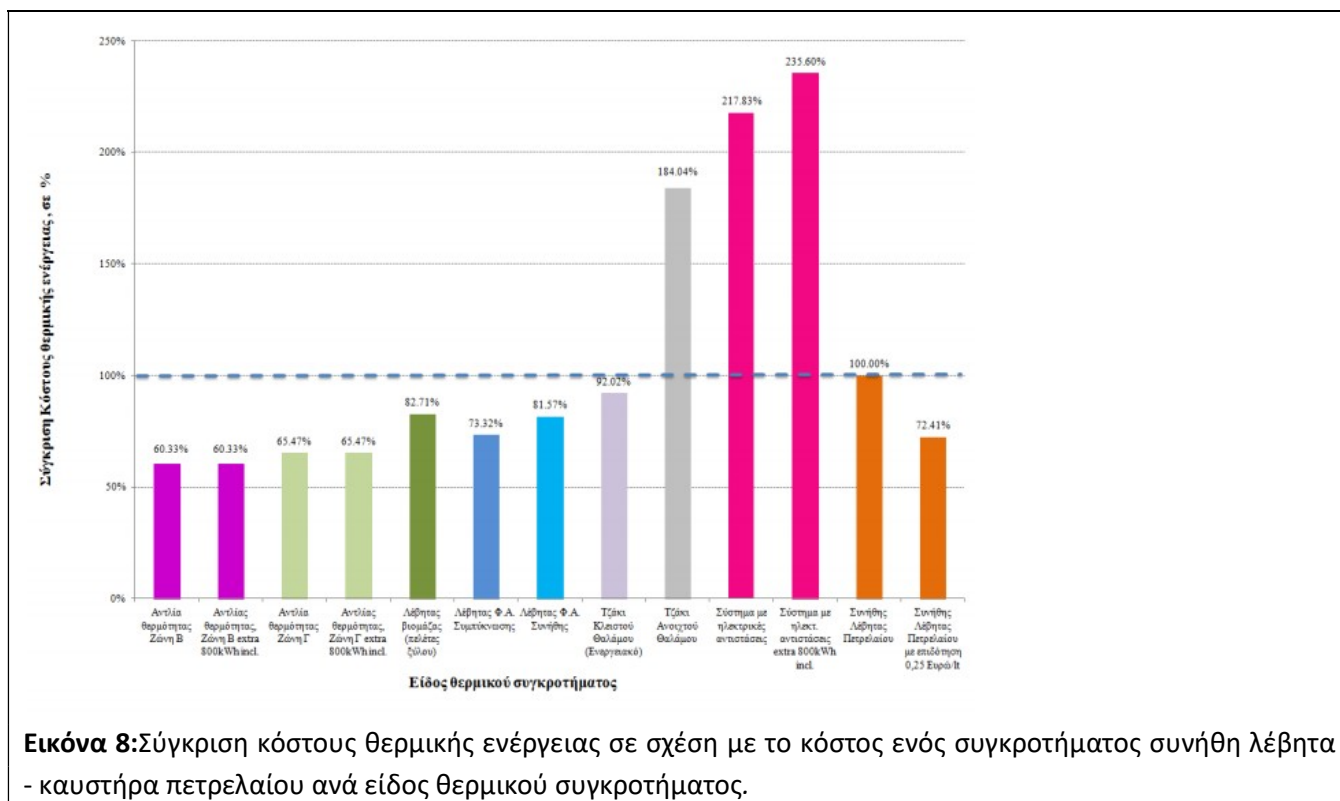
Δεν προτείνεται η αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα, ο οποίος θα μπορεί να λειτουργεί ως εφεδρικό σύστημα. Το σχέδιο χωροθέτησης της αντλίας και το προτεινόμενο οριζόντιο διάγραμμα σύνδεσης συστημάτων θέρμανσης παρατίθενται στο ΜΕΡΟΣ Η' – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ της παρούσης.

Η φυσική ροή της θερμότητας είναι να μεταφέρεται από συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών. Η αντλία θερμότητας καταφέρνει να αναστρέψει αυτή τη φυσική ροή. Έτσι στην περίπτωση ενός κτιρίου, η αντλία θερμότητας στη διάρκεια του καλοκαιριού αφαιρεί (αντλεί) θερμότητα από το εσωτερικό του κτιρίου και την αποβάλλει στο περιβάλλον. Καθώς ο εσωτερικός χώρος χάνει τη θερμότητά του αρχίζει το περιβάλλον να γίνεται πιο ψυχρό. Αντίθετα, το χειμώνα αφαιρεί (αντλεί) θερμότητα από το περιβάλλον και την διοχετεύει στο εσωτερικό της κατοικίας προκειμένου να αυξήσει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου.



Ουσιαστικά, η αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί το περιβάλλον για να θερμάνει ή να ψύξει έναν χώρο. Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται μόνο στο στάδιο της άντλησης θερμότητας και ο χρήστης πληρώνει μόνο το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την άντληση. Το ηλεκτρικό ρεύμα δηλαδή, δεν χρησιμοποιείται ως πηγή για τη δημιουργία θέρμανσης ή ψύξης και για αυτό το λόγο η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας είναι πολύ μικρή, σε σχέση με το αποτέλεσμα που δίνει σε ψύξη ή θέρμανση. Πιο συγκεκριμένα, αντίθετα με τα συμβατικά συστήματα, οι αντλίες θερμότητας χρειάζονται 25% ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο 75% το παίρνουν από το περιβάλλον.

Μία τυπική σύγκριση του συνολικού κόστους της θερμικής ενέργειας των διαφόρων ειδών θερμικού συγκροτήματος με ένα συνήθη λέβητα πετρελαίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 8. Για τη σύγκριση αυτή έχει θεωρηθεί τιμή πετρελαίου στον καταναλωτή ίση με 1,256 €/lt.



**Εικόνα 8:** Σύγκριση κόστους θερμικής ενέργειας σε σχέση με το κόστος ενός συγκροτήματος συνήθη λέβητα - καυστήρα πετρελαίου ανά είδος θερμικού συγκροτήματος.

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει πως τα κυριότερα πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας έναντι του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης είναι:

- Ο αυξημένος βαθμός απόδοσης, σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης
- Η εξοικονόμηση χρημάτων
- Η απλή εγκατάσταση
- Η αθόρυβη λειτουργία
- Τα μειωμένα έξοδα εγκατάστασης, εφόσον μπορούν να τοποθετηθούν εξωτερικά
- Το μειωμένο κόστος συντήρησης
- Το ασφαλέστερο και πιο καθαρό σύστημα από την πλειοψηφία των συστημάτων θέρμανσης

Με βάση τους υπολογισμούς που διεξάγονται στο πλαίσιο των μελετών ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (βλ. Παράρτημα Γ), το μέγιστο απαιτούμενο θερμικό φορτίο (συνυπολογίζοντας την επίδραση όλων των προτεινόμενων μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης) ανέρχεται στα 126,87kW και 69.42 kW για την θέρμανση του κτιρίου-1 και του κτιρίου-2, αντίστοιχα. Ο συντελεστής επίδοσης των αντλιών θερμότητας λαμβάνεται ίσος με COP=2.8. Οι βασικές παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό TOTEE KENAK για τους ενεργειακούς υπολογισμούς των αντλιών θερμότητας είναι:

- COP=2.8 (Κτίριο 1 και Κτίριο 2)
- Συντελεστής κάλυψης του κτιρίου ανά μήνα (Κτίριο 1 και Κτίριο 2): 1 για τους μήνες Νοέμβριο έως Δεκέμβριο και για τους μήνες Ιανουάριο έως και Απρίλιο, και 0 για τους υπόλοιπους μήνες του έτους.
- Βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής (Κτίριο-1 και Κτίριο-2): 91.5%.
- Είδος θερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων (Κτίριο-1 και Κτίριο-2): υφιστάμενα σώματα ακτινοβολίας σε εσωτερικό και εξωτερικό τοίχο και θερμ.50/70°C.
- Θερμική απόδοση θερματικών μονάδων: Κτίριο-1: 91.6% (AKAN)/ Κτίριο-2: 97.9% (Fan-coils).

Οι εκτενείς υπολογισμοί των παραμέτρων της αντλίας θερμότητας παρατίθενται στις ΜΕΑ των κτιρίων στο Παράρτημα Γ.

## **Αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα φωτιστικά τεχνολογίας LED.**

Η συγκεκριμένη επιλογή βασίζεται στο γεγονός ότι οι λαμπτήρες LED επιτυγχάνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες πυρακτώσεως ή φθορισμού διαθέτοντας τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Διάρκεια ζωής: Οι λαμπτήρες LED έχουν πέντε έως δέκα φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες οικονομίας και εξαιρετικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.
- Ανθεκτικότητα: Επειδή οι λαμπτήρες LED δεν έχουν λεπτό γυάλινο περίβλημα και αποτελούνται κυρίως από πολυκαρβονικό υλικό είναι ανθεκτικοί και δεν σπάνε όπως οι κλασικοί λαμπτήρες.
- Θερμοκρασία: Οι λαμπτήρες LED δεν εκπέμπουν θερμότητα κατά την διάρκεια λειτουργίας τους. Παράγουν 3.4 btus/ώρα τα οποία αποτρέπουν τον λαμπτήρα από το να θερμανθεί και να συμβάλλει στην αύξηση θερμοκρασίας του χώρου στον οποίο βρίσκεται.
- Δεν περιέχουν αέρια: Δεν χρησιμοποιείται υδράργυρος ή άλλο αέριο για την κατασκευή των λαμπτήρων LED.
- Αποδοτικότητα: Οι λαμπτήρες LED έχουν από 40%-80% μεγαλύτερο λόγο φωτεινής ροής προς ισχύ που καταναλώνουν (lm/W) και ως εκ τούτου έχουν σημαντικά μικρότερη κατανάλωση για συγκεκριμένες απαιτήσεις φωτισμού. Εκτός του ότι καταναλώνουν λιγότερο ρεύμα συμβάλλουν στην οικονομία με την εξαιρετικά υψηλή διάρκεια ζωής τους.

Με την προτεινόμενη παρέμβαση, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού του κτιρίου-1 θα είναι 3.8 kW. Με την προτεινόμενη παρέμβαση διασφαλίζεται η στάθμη φωτισμού 300 lxπου αφορά σε κτίρια πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4 της TOTEE KENAK 20701-1/2017. Σε όλους τους χώρους, τα προτεινόμενα ανοίγματα προσφέρουν επαρκή φυσικό φωτισμό και επιτυγχάνεται η ελάχιστη απαιτούμενη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W, σύμφωνα με την ενότητα 2.4.4 της TOTEE KENAK 20701-1/2017. Τα προαναφερόμενα δεδομένα εισάγονται ως συνθήκες εισόδου στο λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης στο πλαίσιο εκπόνησης της ΜΕΑ. Οι εκτενείς υπολογισμοί της ενεργειακής απόδοσης, των φορτίων λόγω φωτισμού, και της συνεισφοράς στη συνολική ενεργειακή επίδοση, των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων παρουσιάζονται στη ΜΕΑ του Κτιρίου1 (Παράρτημα Γ).

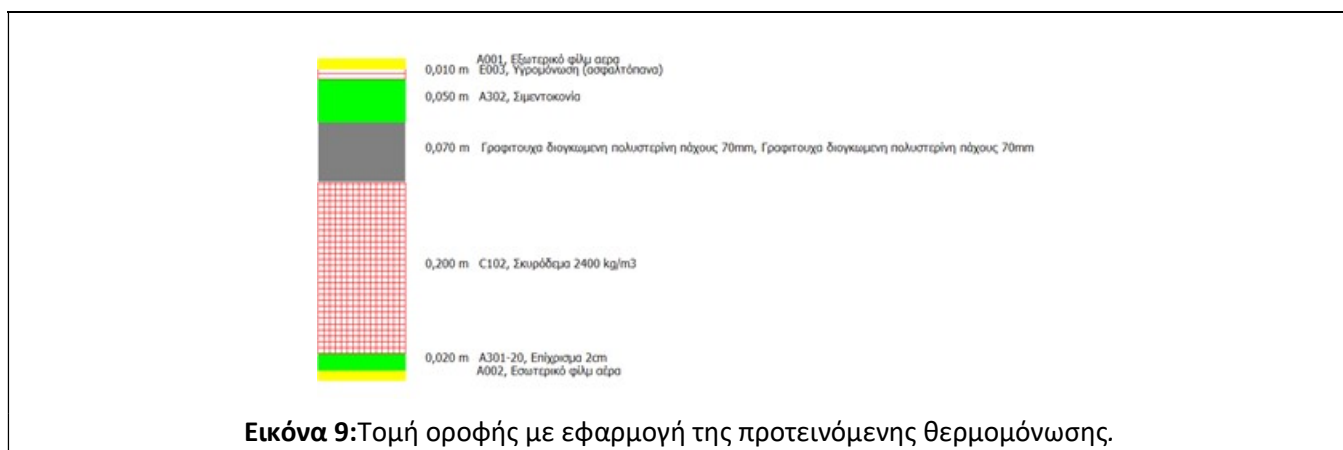
## **Τοποθέτηση Θερμομόνωσης Δώματος**

Όπως προαναφέρθηκε, στα δώματα των δύο κτιρίων συνολικής επιφάνειας 847.85 m<sup>2</sup>, θα τοποθετηθεί σύστημα θερμομόνωσης με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους ελαχ. 70 mm και θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda \leq 0.031 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Πάνω στις μονωτικές πλάκες θα τοποθετηθεί τσιμεντοκονία ρύσεων πάχους περίπου 50mm και στη συνέχεια η επιφάνεια θα στεγανωθεί με ασφαλτόπανα πάχους περίπου 10mm. Οι στρώσεις και οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών της προτεινόμενης μονωμένης οροφής

παρατίθενται στον **Πίνακα 12**. Η τομή του δομικού στοιχείου μετά την παρέμβαση παρουσιάζεται στην Εικόνα 9. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας των δωματίων των κτιρίων προκύπτει περίπου ίσος με  $0.379 \text{ W/m}^2\text{K}$ , χαμηλότερος από την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για θερμομονωτική επάρκεια οροφής όπως ορίζεται στον Πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 για την κλιματική ζώνη Α σε υφιστάμενα κτίρια.

**Πίνακας 12:** Στρώσεις υλικών της προτεινόμενης θερμομόνωσης των δωματίων.

Στρώσεις δομικού στοιχείου (από έξω προς τα μέσα)							
Α/Α	Κωδικός δομικού υλικού	Περιγραφή δομικού υλικού	Ειδική θερμότητα	Πυκνότητα	Πάχος	Θερμική Αγωγιμότητα	Θερμική Αντίσταση
			$C_p$	$\rho$	d	$\lambda$	$R=d/\lambda$
			$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\text{kg}/\text{m}^3$	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$
1	A001	Εξωτερικόφιλμ αερα					0.059
2	E003	Υγρομόνωση (ασφαλτόπανα)	1.670	1,000.0	0.010	0.190	0.053
3	A302	Σιμεντοκονία		1,800.0	0.050	1.392	0.036
4	Γραφιτουχαδιο γκωμνη πολυστερίνη πάχους 70mm	Γραφιτουχαδιογκωμνη πολυστερίνη πάχους 70mm		20.0	0.070	0.031	2.258
5	C102	Σκυρόδεμα 2400 $\text{kg}/\text{m}^3$		2,400.0	0.200	2.204	0.091
6	A301-20	Επίχρισμα 2cm		1,800.0	0.020	0.870	0.023
7	A002	Εσωτερικόφιλμ αέρα					0.121
Σύνολο					0.350		2.640
<b><math>U = 1/ \Sigma R_i = 1/2.640 = 0.379 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></b>							



Η προτεινόμενη παρέμβαση επιβάλλεται στο λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης για την εκπόνηση της ΜΕΑ, στα τμήματα δωματίων των θερμικών ζωνών των κτιρίων. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας τίθεται στα στοιχεία οροφής στον Πίνακα 6.4α στις Μελέτες Ενεργειακής Απόδοσης του Παραρτήματος Γ.

### Αντικατάσταση κουφωμάτων

Η παρέμβαση τίθεται στο λογισμικό εκπόνησης των ΜΕΑ με εισαγωγή του νέου συντελεστή θερμοπερατότητας των προτεινόμενων κουφωμάτων (βλ. ενότητα 6.3.3.4 στις ΜΕΑ, Παράρτημα Γ). Οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών των διαφανών δομικών στοιχείων παρατίθενται στο Κεφάλαιο 3 στις ΜΕΑ (Παράρτημα Γ).

## Υπολογισμοί ενεργειακών επιπτώσεων – δείκτες

### Ενεργειακές επιπτώσεις – Κτίριο 1

Κατόπιν της διενέργειας των ενεργειακών υπολογισμών με την αξιοποίηση του ειδικού λογισμικού Ti-Soft, το οποίο ενσωματώνει τον αλγόριθμο της εθνικής μεθοδολογίας υπολογισμών κατά ΚΕΝΑΚ 2017, για την εκπόνηση της ΜΕΑ, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (βλ. ΜΕΑ-Παράρτημα Γ, Κεφάλαιο 7):

Α) Ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης):

- Θέρμανση: 6.6kWh/m<sup>2</sup>.
- Ψύξη: 3.6kWh/m<sup>2</sup>.
- Φωτισμός: 5.8kWh/m<sup>2</sup>.
- Ενέργεια από ΦΒ: 9.2kWh/m<sup>2</sup>.

Β) Ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή/φορέα ενέργειας (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης):

- Ηλεκτρισμός: 3.7kWh/m<sup>2</sup>.

Γ) Ετήσιες συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): 3.7kg/m<sup>2</sup>.

Δ) Συνολική ετήσια πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): 19.6kWh/m<sup>2</sup>.

Ε) Ενεργειακή κατάσταση (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): **Κατηγορία «Α»**.

ΣΤ) Δείκτες αποτελέσματος του προτεινόμενου έργου – Σύγκριση δεικτών μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης (που προκύπτουν από το ΠΕΑ) και του προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (που προκύπτουν από τη ΜΕΑ):

- Εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια:  $77.7-19.6 = 58.1\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$ , ήτοι  $58.1\text{kWh}/\text{έτος/m}^2 * 1264.06 \text{ m}^2 = 73,441.88\text{kWh}$  το έτος.
- Ετήσια συνολική αποφυγή εκπομπών CO<sub>2</sub>:  $24.3-3.7\text{kg/m}^2 = 20.6\text{kg/m}^2$ , ήτοι  $20.6\text{kg/m}^2 * 1264.06 \text{ m}^2 = 26,039.63\text{kg}/\text{έτος}$ , δηλ. περίπου 26.04tn/έτος.

### Ενεργειακές επιπτώσεις – Κτίριο 2

Κατόπιν της διενέργειας των ενεργειακών υπολογισμών με την αξιοποίηση του ειδικού λογισμικού Ti-Soft, το οποίο ενσωματώνει τον αλγόριθμο της εθνικής μεθοδολογίας υπολογισμών κατά ΚΕΝΑΚ 2017, για την εκπόνηση της ΜΕΑ, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (βλ. ΜΕΑ-Παράρτημα Γ, Κεφάλαιο 7):

Α) Ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης):

- Θέρμανση: 15.6kWh/m<sup>2</sup>.
- Ψύξη: 4.4kWh/m<sup>2</sup>.
- Φωτισμός: 3.1kWh/m<sup>2</sup>.

Β) Ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή/φορέα ενέργειας (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης):

- Ηλεκτρισμός: 23.2kWh/m<sup>2</sup>.

Γ) Ετήσιες συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): 22.9kg/m<sup>2</sup>.

Δ) Συνολική ετήσια πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): 67.2kWh/m<sup>2</sup>.

Ε) Ενεργειακή κατάταξη (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): **Κατηγορία «B»**.

ΣΤ) Δείκτες αποτελέσματος του προτεινόμενου έργου – Σύγκριση δεικτών μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης (που προκύπτουν από το ΠΕΑ) και του προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (που προκύπτουν από τη ΜΕΑ):

- Εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια:  $134.1 - 67.2 = 66.9 \text{ kWh/m}^2/\text{έτος}$ , ήτοι  $66.9 \text{ kWh/έτος/m}^2 * 209.05 \text{ m}^2 = 13,985.44 \text{ kWh}$  το έτος.
- Ετήσια συνολική αποφυγή εκπομπών CO<sub>2</sub>:  $35.8 - 22.9 \text{ kg/m}^2 = 12.9 \text{ kg/m}^2$ , ήτοι  $12.9 \text{ kg/m}^2 * 209.05 \text{ m}^2 = 2,696.75 \text{ kg/έτος}$ , δηλ. περίπου 2.7tn/έτος.

## Συνολικές ενεργειακές επιπτώσεις – Κτίριο 1 και Κτίριο 2

Συνολικά και για τα δύο κτίρια προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (για τα προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης):

Α) Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:

- Πραγματικών κτιρίων:  $(19.6 \text{ kWh/m}^2 * 1,264.06 \text{ m}^2 + 67.2 \text{ kWh/m}^2 * 209.05 \text{ m}^2) / (1,264.06 \text{ m}^2 + 209.05 \text{ m}^2) = 26.35 \text{ kWh/m}^2$  (EP).
- Κτιρίων αναφοράς:  $(54.4 \text{ kWh/m}^2 * 1,264.06 \text{ m}^2 + 81.6 \text{ kWh/m}^2 * 209.05 \text{ m}^2) / (1,264.06 \text{ m}^2 + 209.05 \text{ m}^2) = 58.25 \text{ kWh/m}^2$  (R<sub>R</sub>).

Β) Συνολική ετήσια μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>: 26,039.63 kg/έτος (από Κτίριο 1) + 2,696.75 kg/έτος (από Κτίριο 2) = 28,736.38 kg/έτος, δηλ. περίπου 28.7 tn/έτος.

Γ) Συνολική εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια: 73,441.88 kWh/έτος + 13,985.45 kWh/έτος = 87,427.33 kWh/έτος.

Δ) Εκτίμηση ενεργειακής κατάταξης του συγκροτήματος των δύο κτιρίων:

Λόγος EP/R<sub>R</sub> = 26.35 / 58.25 = 0.45. Συνεπώς, Συνεπώς, από τον Πίνακα ενεργειακής κατάταξης κατά ΚΕΝΑΚ (βλ. ενότητα 0), το συγκρότημα κτιρίων κατατάσσεται στην ενεργειακή Κατηγορία «Α».

Το έργο έχει ενταχθεί στο Ε.Π. «Κρήτη 2014-2020», (κωδ.ΟΠΣ 5067503) υπό το κωδικό 2021ΕΠ00210002, σύμφωνα με την με αρ.πρωτ.: 348/25-1-2021 Απόφαση Ένταξης πράξης της Ε.Υ.Δ. Ε.Π. Περιφέρειας Κρήτης (ΑΔΑ: ΩΔΧ07ΛΚ-6Τ9) και έχει ενταχθεί στον προϋπολογισμό του Δήμου έτους 2021, υπό τον Κ.Α. 64-7341.025.

Θραψανό, Ιούνιος 2021

Ο Συντάξας

Τρουλλινός Στυλιανός  
Πολ. Μηχανικός ΤΕ

Θεωρήθηκε  
Η προϊσταμένη  
Δ/σης Τεχνικών Υπηρεσιών

Ζαχαρένια Δαγκωνάκη