ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ –
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ –
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ:

«Ενεργειακή Αναβάθμιση 2ουΓυμνασίου - Λυκείου Ρεθύμνου»

Ρέθυμνο, Ιούλιος 2026

Περιεχόμενα

Γενικό πλαίσιο 1

1. Εισαγωγή 2
   1.1. Υφιστάμενες καταναλώσεις ενέργειας 2
   1.2. Σύνοψη προτεινόμενων παρεμβάσεων βάσει υφιστάμενης κατάστασης 13

2. Κλιματικά δεδομένα 14
   2.1. Θερμοκρασία περιβάλλοντος 14
   2.2. Υετός 19
   2.3. Υγρασία 20
   2.4. Άνεμος 22
   2.5. Ηλιακή ακτινοβολία 26

3. Φορτία κλιματισμού 30
   3.1. Περιγραφή κτηρίου - Ορισμός θερμικών ζωνών 30
   3.2. Υλικά κατασκευής και στοιχεία κτηριακού κελύφους 39
   3.3. Τιμές παραμέτρων 40
   3.4. Αποτελέσματα στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας 42
   3.5. Κατανάλωση ενέργειας για κάλυψη φορτίων κλιματισμού 48

4. Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό 53
   4.1. Υφιστάμενη υποδομή φωτισμού 53
   4.2. Υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό 59

5. Λοιπές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας 63

6. Σύνοψη καταναλώσεων ενέργειας στην υφιστάμενη κατάσταση 64

7. Προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις 65
   7.1. Εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης 65
   7.2. Αντικατάσταση αιθουσών στα νέα πρόσθετα κτήρια συνθετικής δόμησης (κτήρια Γ, Δ και Ε) .. 70
   7.3. Θερμομόνωση – υγρομόνωση δώματος 72
   7.4. Αντικατάσταση ανοιγμάτων και εγκατάσταση νέων 75

8. Φορτία κλιματισμού μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών μέτρων 83

9. Ενεργητικές παρεμβάσεις κλιματισμού εσωτερικών χώρων 91
   9.1. Διαστασιολόγηση – χωροθέτηση συστήματος 94
      9.1.1. Αντλίες θερμότητας αέρος – νερού και δίκτυο υδρονικών μονάδων 94
      9.1.2. Κεντρική κλιματιστική μονάδα και δίκτυο αεραγωγών 130
   9.2. Τεχνικές προδιαγραφές συστήματος 134
      9.2.1. Αντλίες θερμότητας 134
      9.2.2. Τερματικές υδρονικές μονάδες 138
      9.2.3. Κυκλοφορητές υδραυλικού δικτύου 139
      9.2.4. Δοχεία αδρανείας 141
      9.2.5. Κεντρική κλιματιστική μονάδα 141
      9.2.6. Αεραγωγοί 146
   9.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 151
   9.4. Εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού 156

10. Παρεμβάσεις στο σύστημα φωτισμού 158
   10.1. Φωτισμός εσωτερικών χώρων κτηρίου 158
   10.2. Φωτισμός εξωτερικών χώρων 167
   10.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό μετά τις παρεμβάσεις 169

11. Σύνοψη καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας 171
   11.1. Λοιπές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας 171
   11.2. Σύνοψη καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας 172

12. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. 174

12.1. Γενική περιγραφή συστήματος 174
12.2. Ο προτεινόμενος εξοπλισμός 175
12.2.1. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο 175
12.2.2. Έδραση φωτοβολταϊκών πλαισίων 176
12.2.3. Ο αντιστροφέας ισχύος του φωτοβολταϊκού σταθμού 179
12.3. Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 180
12.4. Διαμόρφωση και διασύνδεση φωτοβολταϊκού σταθμού 181
12.5. Χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού 185
13. Αντιστάθμιση άεργου ισχύος 187
14. Σύνοψη ενεργειακών αποτελεσμάτων 189
15. Δείκτες αξιολόγησης έργου 190
16. Συμπεράσματα 193

Γενικό πλαίσιο

Η παρούσα μελέτη στηρίχθηκε, κατά κύριο λόγο, στην εργασία με τίτλο «Ενεργειακή Αναβάθμιση 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου», που εκπονήθηκε από τη Μινώα Ενεργειακή Κοινότητα, με τη χρηματοδότηση του έργου “Life Local Ownership of Power” (Life LOOP) και παραχωρήθηκε στο Δήμο Ρεθύμνης, άνευ χρέωσης.

Από του μελετητές του Δήμου έγιναν οι απαιτούμενες μικρές αλλάγές και συμπληρώσεις που κρίθηκαν απαραίτητες με βάση την πρώτερη εμπειρία τους στη μελέτη και την κατασκευή παρόμοιων έργων.

Η Ομάδα Εργασίας της Μινώα Ενεργειακής Κοινότητας αποτελείται από τους κάτωθι:

- Κατσαπρακάκης Δημήτρης, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
- Γιαννακουδάκης Ιωάννης, Μηχανολόγος Μηχανικός MSc
- Δακανάλη Ειρήνη, Μηχανολόγος Μηχανικός Τ.Ε.
- Ζηδιανάκης Γεώργιος, Φυσικός MSc
- Τσεκούρας Άρης, Μηχανικός Παραγωγής και Διοίκησης
- Βισκαδούρος Γιώργος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

τους οποίους και ευχαριστούμε για τη συνεργασία και την άρτια επιστημονική εργασία τους.

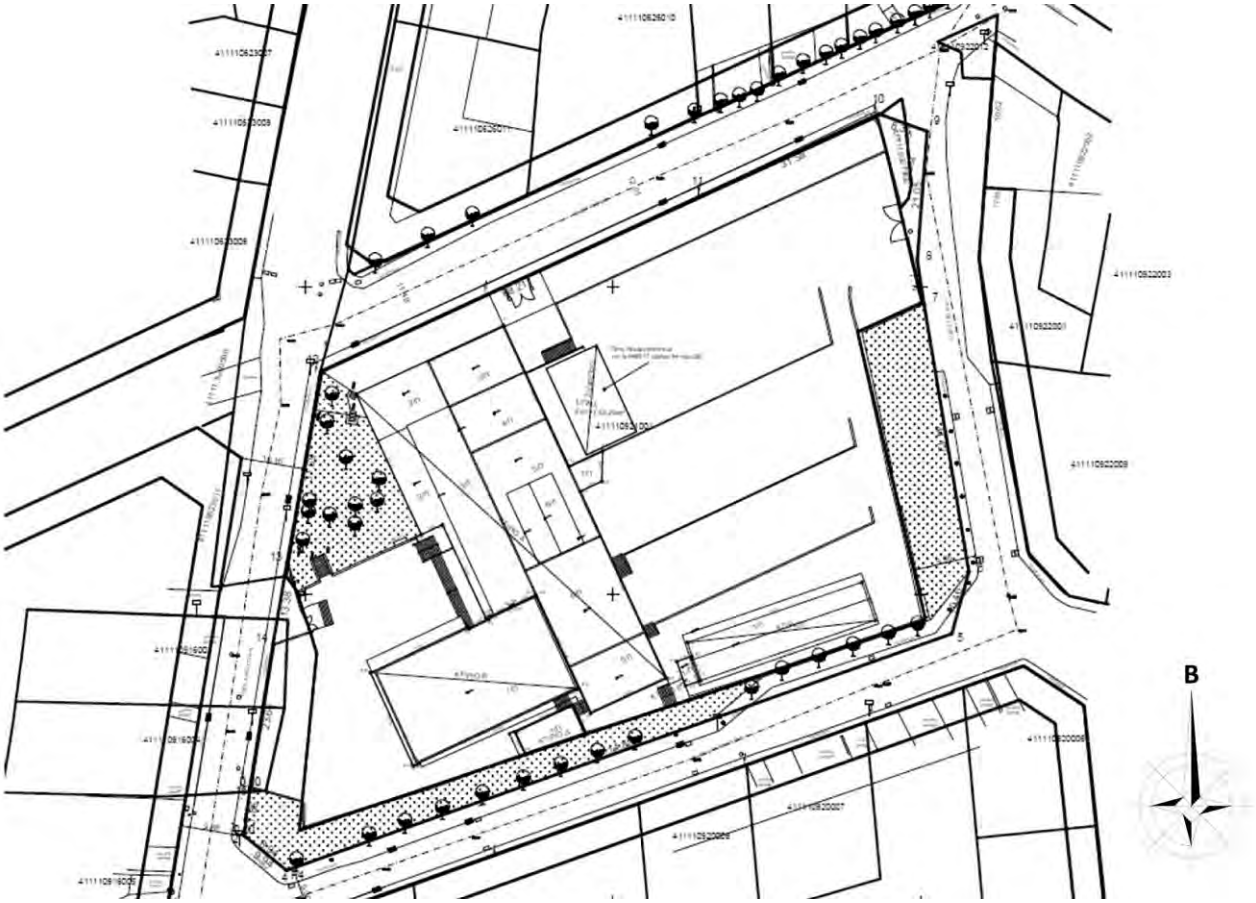
1. Εισαγωγή

1.1. Υφιστάμενες καταναλώσεις ενέργειας

Το 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου βρίσκεται εντός της πόλης του Ρεθύμνου, περίπου 450 m νότια από την ακτογραμμή και το λιμάνι της πόλης στη θέση «Δελφίνι» (γεωγραφικές συντεταγμένες: 35ο 21΄ 45΄΄Β, 24ο 28΄ 51΄΄Α), σε απόλυτο υψόμετρο της τάξης των 30 m (χάρτης 1). Η συνολική έκταση του γηπέδου εγκατάστασης του σχολείου ανέρχεται σε 8.998,2 m^2, η οποία αποτυπώνεται στο χάρτη 2 και στο σχήμα 1, όπου δίνεται απόσπασμα του τοπογραφικού διαγράμματος του οικοπέδου εγκατάστασης με το σχολικό κτήριο.

Χάρτης 1: Η θέση του 2ου Γυμνασίου - Λυκείου επί της πόλης του Ρεθύμνου.

Χάρτης 2: Όρια οικοπέδου 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.



Σχήμα 1: Απόσπασμα τοπογραφικού διαγράμματος του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Στις εικόνες 1 παρουσιάζονται τρισδιάστατες απεικονίσεις του σχολικού κτηρίου.

Εικόνα 1α: Τρισδιάσταση απεικόνιση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου από νοτιοδυτικά.

Εικόνα 1β: Τρισδιάσταση απεικόνιση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου από δυτικά.

Εικόνα 1γ: Τρισδιάσταση απεικόνιση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου από βορειοανατολικά.

Όπως διακρίνεται στις εικόνες 1, το κτηριακό συγκρότημα του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου αποτελείται από μία κεντρική κτηριακή υποδομή, η οποία εκτείνεται σε έξι (6) επίπεδα, το ισόγειο και πέντε ορόφους. Η κτηριακή σχολική υποδομή συμπληρώνεται από το την Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων και τρεις διακριτές πρόσθετες κατασκευές από συνθετική τοιχοποιία (ξηρά δόμηση), οι οποίες έχουν προστεθεί συμπληρωματικά:

- στο 6ο επίπεδο του κτηρίου, επί του δώματος του 5ου επιπέδου, βόρεια της βασικής κτηριακής υποδομής του 6ου επιπέδου
- στον αύλιο χώρο στο νοτιοανατολικό τμήμα του οικοπέδου εγκατάστασης

- στο 4ο επίπεδο του κτηρίου, επί του δώματος του 3ου επιπέδου, στη δυτική όψη του 4ου επιπέδου, συμπληρωματικά στη βασική κτηριακή υποδομή.

Στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου καταναλώνονται:

- ηλεκτρική ενέργεια, για τις ανάγκες κλιματισμού εσωτερικών χώρων, το φωτισμό εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τη λειτουργία κυκλοφορητών στο δίκτυο θέρμανσης, σε έναν ηλεκτρικό θερμοσίφωνα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και στις μικρότερες ηλεκτρικές συσκευές γραφείου του σχολείου
- πετρέλαιο θέρμανσης, για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση της μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου για τα έτη 2022 και 2023, καθώς και η αντίστοιχη διακύμανση του κόστους προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας για τα ίδια έτη.

Πίνακας 1: Μηνιαία ανάλυση κατανάλωσης και χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Μήνας	**Ενεργή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)**		**Άεργες καταναλώσεις (kVAr)**		**Συντελεστής ισχύος**		**Τελικό κόστος προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας (€)**	
	2022	**2023**	**2022**	**2023**	**2022**	**2023**	**2022**	**2023**
Ιανουάριος	4.080	3.680	1.800	2.040	0,9149	0,8746	1.635,02	1.646,89
Φεβρουάριος	4.760	3.880	2.320	1.960	0,8989	0,8926	1.518,59	1.032,63
Μάρτιος	4.520	3.720	2.240	2.040	0,8960	0,8768	1.389,77	983,47
Απρίλιος	2.760	2.400	1.320	1.360	0,9021	0,8700	884,57	640,17
Μάιος	3.240	3.200	1.440	0	0,9138	1	947,15	907,58
Ιούνιος	2.520	2.040	1.680	0	0,8321	1	729,53	584,22
Ιούλιος	1.240	1.342	480	806	0,9326	0,8572	456,91	261,78
Αύγουστος	1.160	1.182	520	755	0,9125	0,8429	389,80	276,61
Σεπτέμβριος	2.960	2.916	1.520	1.496	0,8896	0,8898	1.673,53	758,08
Οκτώβριος	4.000	3.572	2.160	1.652	0,8799	0,9076	1.906,21	900,50
Νοέμβριος	4.040	3.885	2.320	1.427	0,8672	0,9387	1.845,98	1.171,25
Δεκέμβριος	92	3.458	56	1.334	0,8542	0,9330	1.600,62	1.139,88
Ετήσια	**35.372**	**35.275**	**17.856**	**14.869**	**0,8927**	**0,9215**	**14.977,68**	**10.303,06**

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 1:

- Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται περίπου στις 35.000 kWh - 35.500 kWh. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μεγιστοποιείται τους χειμερινούς μήνες, προφανώς λόγω των υψηλότερων φορτίων φωτισμού, ενώ ελαχιστοποιείται τους δύο θερινούς μήνες που το σχολείο παραμένει κλειστό.
- Παρατηρείται η εντυπωσιακή μείωση του ετήσιου κόστους προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας από 14.977,68 € το 2022 σε 10.303,06 € το 2023, δηλαδή κατά 31,2%, λόγω της διόρθωσης των τιμών προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας μετά την ενεργειακή κρίση που σημειώθηκε αμέσως μετά την περίοδο της πανδημίας.
- Με βάση την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος προμήθειάς της για το 2022 και το 2023, η μέση ετήσια τιμή προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε ίση με 0,4234 €/kWh για το 2022 και 0,2921 €/kWh για το 2023.

Η διακύμανση της ενεργής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται επίσης γραφικά στο σχήμα 2 για τα έτη 2022 και 2023.

Σχήμα 2: Ετήσια διακύμανση ενεργής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται επίσης για τα έτη 2022 και 2023 οι μηνιαίες άεργες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και οι αντίστοιχοι συντελεστές ισχύος cosφ, οι οποίοι, υπενθυμίζεται, υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$\cos\phi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \quad (1)$$

$$\tan\phi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2\phi} - 1} = \frac{Q}{P} \quad (2)$$

όπου P και Q η ενεργή και η άεργος κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος αντίστοιχα για ένα συγκεκριμένο, κοινό χρονικό διάστημα.

Παρατηρείται ότι οι αέργες καταναλώσεις δεν είναι ασήμαντες και οι αντίστοιχοι συντελεστές ισχύος διαμορφώνονται κοντά στο 0,89 και 0,92. Τούτο συνεπάγεται ότι στο σχολικό κτήριο υπάρχουν σημαντικές άεργες καταναλώσεις, οι οποίες δεν αντισταθμίζονται. Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ηλεκτρολογική εγκατάσταση στο Σχολείο θα πρέπει να υποστηριχτεί από πίνακα αντιστάθμισης άεργης ισχύος.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι βασικές συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου, βάσει της ονομαστικής ισχύος τους, όπως καταγράφηκαν από την επιτόπια αυτοψία. Παρατηρείται ότι τούτες συνίστανται κυρίως στις συσκευές κλιματισμού, στους καυστήρες κεντρικής θέρμανσης, στους κυκλοφορητές των δικτύων θέρμανσης, σε έναν θερμοσίφωνα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και στα φωτιστικά σώματα.

Πίνακας 2α: Κύριες εγκαταστημένες συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου, με βάση την ονομαστική ισχύ τους.

Κλιματισμός – αερισμός – ζεστό νερό χρήσης										
Α/Α	**Επίπεδο**	**Χώρος**	**Είδος**	**Κατασκευαστής**	**Μοντέλο**	**Τεμάχια**	**Ηλεκτρική ισχύς μονάδας (kW_e)**		**Θερμική ισχύς μονάδας (kW_{th})**	
							Θέρμανση	**Ψύξη**	**Θέρμανση**	**Ψύξη**
1	Α΄ όροφος	Λεβητοστάσιο	Λέβητας πετρελαίου			1	-		325,0	-
2	Γ΄ όροφος	Λεβητοστάσιο	Λέβητας 40.000 kcal			1	-		46,5	-
3	Ισόγειο	Βιβλιοθήκη	Κλιματιστικό	Mitsubishi	PCH 2.5GKHA	2	4,46	2,59	9,2	7,0
4	Β΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Κλιματιστικό	Nordstar	NORD - 13CHSD/XA71IV1	1	1,72	1,50	3,42	3,40
5	Β΄ όροφος	Γραφείο Καθηγητών/Βιβλιοθήκη	Κλιματιστικό	Inventor	AR5VI-12WFI	2	2,15	2,15	3,8	3,5
6	Β΄ όροφος	Γραφείο Καθηγητών	Κλιματιστικό	Toyotomi	TIN 320	1	1,265	1,230	3,52	3,22
7	Β΄ όροφος	Γραφείο Καθηγητών	Κλιματιστικό	Greenpoint	GP RAS 180	1	1,90	1,85	5,57	5,28
8	Β΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Κλιματιστικό	Nordstar	NORD - 26CHSD/XA71I	1	3,005	2,824	6,87	6,81
9	Γ΄ όροφος	Αίθουσες διδασκαλίας 12, 13	Κλιματιστικό	Inventor	OMVI-24WiFiR	2	3,7	3,7	7,3	7,0
10	Γ΄ όροφος	Αίθουσες διδασκαλίας 15, 16, 17, 18	Κλιματιστικό	Nuvelle	QDL 24INVi WiFi/QDF 24INVo	4	2,3	1,7	7,1	7,3
11	Α΄ όροφος	Εργαστήριο Φυσικής	Θερμοσίφωνας	Fullgia		1	3,0	-	3,0	-
12	Α΄ & Γ΄ όροφος	Λεβητοστάσια	Κυκλοφορητής	Wilo		2	0,4		-	
					Σύνολα καυστήρων – λεβήτων κεντρικής θέρμανσης :	**2**	**-**		**371,5**	**-**
					Σύνολα αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων :	**14**	**37,7**	**31,1**	**88,4**	**83,0**
					Σύνολα θερμοσιφώνων για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης :	**1**	**3,0**	**-**	**3,0**	**-**

Πίνακας 2β: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Κεντρικό κτήριο – Φωτιστικά εσωτερικών χώρων							
Ισόγειο	Διάδρομος- Κλιμακοστάσιο	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	5	1	60	60	300
	WC	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	6	1	60	60	360
	Βιβλιοθήκη	Φθορισμού με ανακλαστήρα	15	2	36	72	1.080
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	7	1	60	60	420
		Φθορισμού οροφής Τ8	1	2	36	72	72
	Λεβητοστάσιο	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	1	1	14	14	14
	Κουζίνα καθηγητών	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	5	1	60	60	300
Α΄ όροφος	Εργαστηριο φυσικής	Φθορισμού οροφής Τ8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού με ανακλαστήρες	15	2	36	72	1.080
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής Τ8	6	2	36	72	432
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής Τ8	6	2	36	72	432
	Γραφείο Διευθυντή	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Γραφείο Καθηγητών	Φθορισμού οροφής Τ8	5	2	36	72	360
Β΄ όροφος	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	4	2	36	72	288
		Φωτιστικό οροφής τετράγωνο Τ4	8	1	60	60	480
			14	4	18	72	1.008

Πίνακας 2β: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Γ΄ όροφος	WC	Φωτιστικό οροφής T8	13	1	60	60	780
	Αίθουσα τεχνολογίας	Φωτιστικό οροφής T8	6	2	36	72	432
	Αίθουσα Η/Υ	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα μουσικής	Φθορισμού οροφής T8	3	2	36	72	216
	Αίθουσα Η/Υ	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής T8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής T8	6	2	36	72	432
	Βιβλιοθήκη	Στρογγυλό Led pl	8	1	20	20	160
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού με ανακλαστήρα	4	2	36	72	288
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού με ανακλαστήρα	3	2	36	72	216
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	ΑΠΧ	Φωτιστικό οροφής LED	14	1	120	120	1.680
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	11	1	60	60	660
		Φθορισμού οροφής T8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 13	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 12	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 8	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Εργαστηριο φυσικής	Φθορισμού οροφής T8	11	2	36	72	792
	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φθορισμού οροφής T8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288

Πίνακας 2β: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 14	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	9	1	60	60	540
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής Τ8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 5	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής Τ8	3	2	36	72	216
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής Τ8	2	2	36	72	144
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	2	1	60	60	120
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φθορισμού οροφής Τ8	8	2	36	72	576
	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φθορισμού οροφής Τ8	3	2	36	72	216
	Αίθουσα Γαλλικών	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
Σύνολο ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος φωτιστικών εσωτερικού χώρου κεντρικού κτηρίου (W):							**27.054**

Κεντρικό κτήριο – Φωτιστικά εξωτερικών χώρων							
Ισόγειο	Αύλιος χώρος	Προβολείς LED	4	1	18	18	72
	Αύλιος χώρος	Φωτιστικό με λάμπα οικονομίας	1	1	100	100	100
Α΄ όροφος	Αύλιος χώρος	Προβολείς αλογόνου	1	1	400	400	400
	Αύλιος χώρος	Προβολείς υδραργύργου σε ιστό	3	2	100	200	600
	Αύλιος χώρος	Προβολείς πυρακτώσεως	2	1	200	200	400

Πίνακας 2β: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Β΄ όροφος	Αύλιος χώρος	Προβολέας LED	1	1	100	100	100
	ΑΠΧ εξωτερικά	Χελώνα οροφής	5	1	60	60	300
	Αύλιος χώρος	Προβολείς αλογόνου σε ιστό	3	2	100	200	600
	Αύλιος χώρος	Προβολέας αλογόνου	1	1	400	400	400
	Αύλιος χώρος	Προβολέας LED	1	1	400	400	400
	Αύλιος χώρος	Προβολέας LED	2	1	100	100	200
Σύνολο ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος φωτιστικών εσωτερικού χώρου κεντρικού κτηρίου (W):							**3.572**
Πρόσθετα κτήρια συνθετικής κατασκευής – Φωτιστικά εσωτερικών και εξωτερικών χώρων							
Γ΄ όροφος	Αίθουσα 1	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα 2	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα 3	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα 4	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Λεβητοστάσιο	Φθορισμού οροφής T8	2	1	60	60	120
	Εξωτερικός φωτισμός	Χελώνα οροφής	5	1	60	60	300
Σύνολο ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος φωτιστικών εσωτερικού και εξωτερικού χώρου πρόσθετων κτηρίων συνθετικής κατασκευής (W):							**1.572**
Σύνολο ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος σωμάτων φωτισμού:							**32.198**

Πέραν της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου καταναλώνεται επίσης πετρέλαιο θέρμανσης για τη θέρμανση εσωτερικών χώρων, μέσω υδραυλικού δικτύου διανομής θέρμανσης και δύο καυστήρων – λεβήτων πετρελαίου, ονομαστικής θερμικής ικανότητας 325 kWh_{th} και 46,5 kWh_{th}.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της σχολικής επιτροπής Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης Δήμου Ρεθύμνης, στο σχολικό συγκρότημα 2ου Γυμνασίου – Λυκείου το έτος 2022 καταναλώθηκαν 3.500 L πετρελαίου θέρμανσης, ενώ το έτος 2023 καταναλώθηκαν 3.300 L.

Οι τιμές προμήθειας του πετρελαίου θέρμανσης αντλήθηκαν με βάση τα δελτία επισκόπησης των τιμών υγρών καυσίμων, όπως έχουν αναρτηθεί σε σχετική ιστοσελίδα του Υπουργείου Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας [1] και παρουσιάζονται για τη 15η μέρα κάθε μήνα στον πίνακα 3. Στον ίδιο πίνακα, επίσης, παρουσιάζεται η μέση σταθμισμένη ετήσια τιμή πώλησης του πετρελαίου θέρμανσης στο Νομό Ρεθύμνης, με βάση συντελεστές βαρύτητας ανάλογους με την κατ' εκτίμηση χρήση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης ανά μήνα.

Πίνακας 3: Ενδεικτικές μέσες ημερήσιες τιμές λιανικής πώλησης πετρελαίου θέρμανσης, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ, για το Νομό Ρεθύμννης και για τα έτη 2022 και 2023, ανά μήνα.

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης στο Νομό Ρεθύμνης με ΦΠΑ (€/L)			
Ημερομηνία	**2022**	**2023**	**Συντελεστής βαρύτητας υπολογισμούς μέσης ετήσιας τιμής**
31/1	1,225	1,320	0,25
28/2	1,319	1,302	0,25
31/3	1,646	1,298	0,10
30/4	1,643	1,306	0,05
Μάιος	-	-	-
Ιούνιος	-	-	-
Ιούλιος	-	-	-
Αύγουστος	-	-	-
Σεπτέμβριος	-	-	-
15/10	1,475	1,483	0,00
15/11	1,365	1,477	0,10
15/12	1,173	1,395	0,25
Μέση σταθμισμένη τιμή:	**1,313**	**1,347**	**1,00**

Με βάση την ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2022 και 2023 και τις ετήσιες μέσες τιμές αγοράς πετρελαίου θέρμανσης, η ετήσια δαπάνη για την προμήθεια πετρελαίου θέρμανσης υπολογίζεται στα:

- για το 2022: 3.500 L × 1,313 €/L = 4.595,5 €
- για το 2023: 3.300 L × 1,347 €/L = 4.445,1 €.

Συνολικά, η ετήσια χρέωση για τη χρήση ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου, βάσει των ανωτέρω παρουσιαζόμενων στοιχείων, συνοψίζεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Υπολογισμός συνολικού κόστους προμήθειας ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου το 2022 και το 2023.

Ενεργειακή πηγή	2022		2023	
	Ετήσιο κόστος προμήθειας (€)	Ποσοστό επί του συνόλου (%)	Ετήσιο κόστος προμήθειας (€)	Ποσοστό επί του συνόλου (%)
Ηλεκτρική ενέργεια	14.977,7	76,5	10.303,1	69,9
Πετρέλαιο θέρμανσης	4.595,5	23,5	4.445,1	30,1
Σύνολα	**19.573,20**	**100,0**	**14.748,20**	**100,0**

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 4, παρατηρείται ότι το σημαντικότερο μερίδιο στο ετήσιο κόστος προμήθειας ενέργειας οφείλεται στην ηλεκτρική ενέργεια.

1.2. Σύνοψη προτεινόμενων παρεμβάσεων βάσει υφιστάμενης κατάστασης

Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου θέρμανσης στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις θα πρέπει να αποσκοπούν:

1. Παθητικά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των φορτίων κλιματισμού του κτηρίου (μονώσεις αδιαφανών επιφανειών, αντικατάσταση κουφωμάτων).
2. Εγκατάσταση νέων ενεργητικών συστημάτων κλιματισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου με υψηλή απόδοση.
3. Αντικατάσταση παλαιών φωτιστικών φθορισμού και πυρακτώσεως των εσωτερικών και των εξωτερικών χώρων του κτηρίου με νέα τεχνολογίας led.
4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Η υψηλή διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού με στόχο τον ετήσιο συμψηφισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο σχολικό κτήριο.

2. Κλιματικά δεδομένα

Η περιοχή ενδιαφέροντος ανήκει στη μεσογειακή κλιματολογική ζώνη, που προσδίδει τον κύριο κλιματικό χαρακτήρα της, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως εύκρατος. Ο χειμώνας είναι γενικά ήπιος, με θερμοκρασίες συνήθως από 5 °C έως 15 °C. Οι βροχοπτώσεις είναι μέτριες.

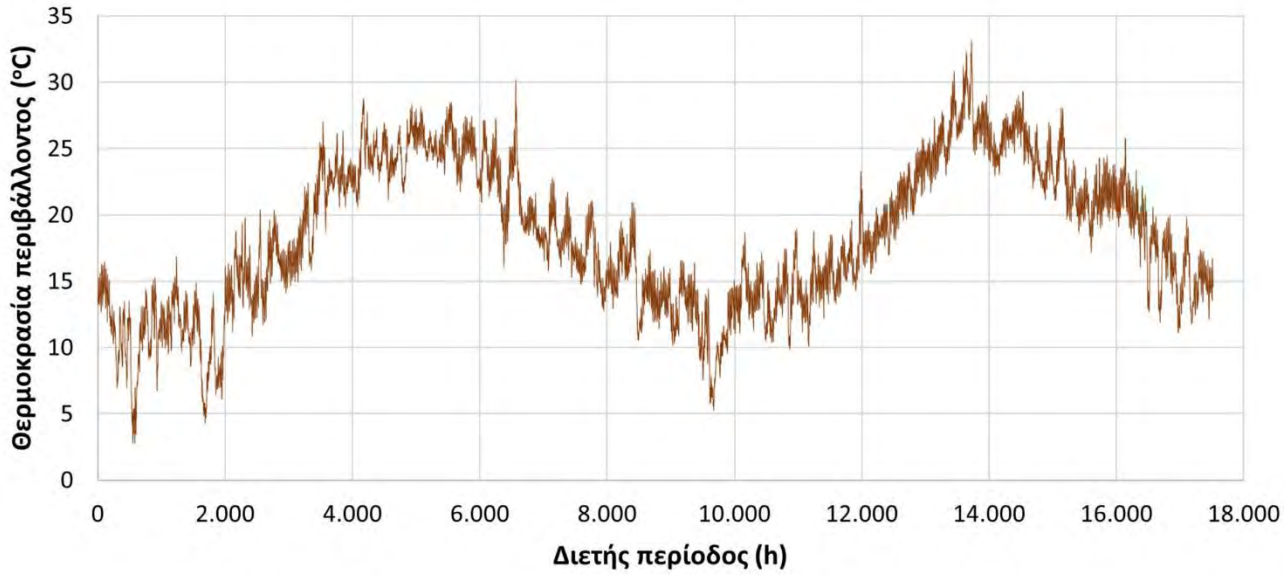
Για την περιγραφή των κλιματικών συνθηκών στην περιοχή ενδιαφέροντος χρησιμοποιήθηκαν κλιματικά δεδομένα από τη διεθνή βάση δεδομένων ERA-5 του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF) για την περίοδο 2010 – 2021 [2], από όπου αντλήθηκαν μετεωρολογικά στοιχεία από το γεωγραφικό σημείο με γεωγραφικές συντεταγμένες 35° 24′ 0′′ Β και 24° 24′ 0′′ Α.

Η θέση του σημείου λήψης μετεωρολογικών δεδομένων ως προς το Ρέθυμνο αποτυπώνεται στο χάρτη 3. Η απόστασή του από το 2° Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου είναι 6,9 km, συνεπώς η θέση λήψης μετεωρολογικών δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί ως απόλυτα αντιπροσωπευτική.

Χάρτης 3: Γεωγραφική θέση σημείου λήψης μετρήσεων μετεωρολογικών δεδομένων από τη βάση ERA-5 ως προς το Ρέθυμνο και τη θέση του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου.

2.1. Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων ERA-5, για τα έτη 2020 και 2021.



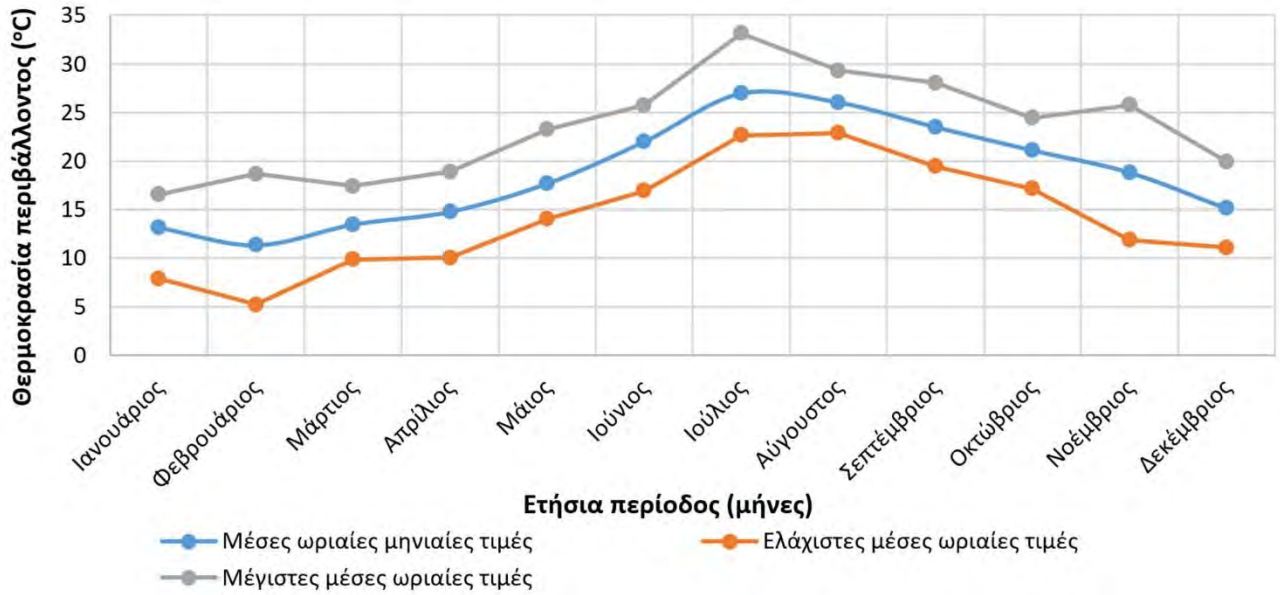
Σχήμα 3: Διακύμανση της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων ERA-5, για τα έτη 2022 και 2023.

Με βάση τις ανωτέρω χρονοσειρές για τα έτη 2022 και 2023, η μέγιστη και η ελάχιστη μέση ωριαία τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος και οι χρονικές στιγμές στις οποίες τούτες εμφανίζονται αναλύονται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5: Μέγιστες και ελάχιστες ετήσιες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος για τα έτη 2022 και 2023.

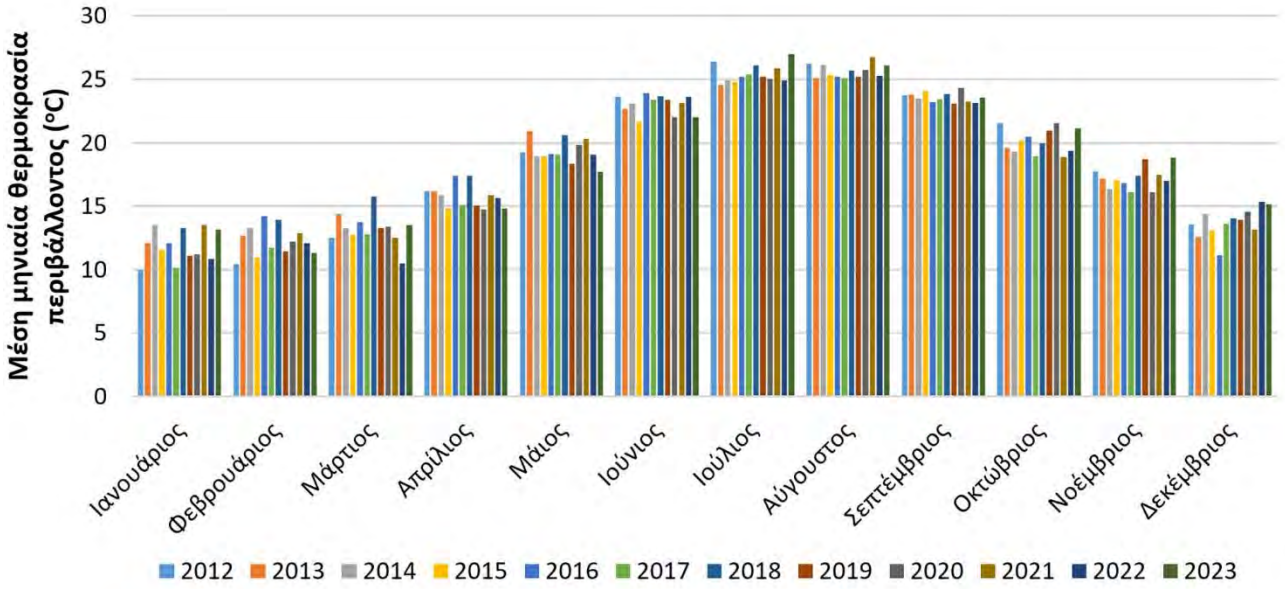
	2022		**2023**	
	Ελάχιστη	**Μέγιστη**	**Ελάχιστη**	**Μέγιστη**
Θερμοκρασία (°C)	2,77	30,16	5,22	33,14
Τρέχουσα ώρα από την αρχή του έτους	582	6566	914	4963
Ημερομηνία	25/1	1/10	9/2	26/7
Ώρα εικοσιτετραώρου	5:00 - 6:00	13:00 - 14:00	3:00 - 4:00	18:00 - 19:00

Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος βάσει των μετρήσεων της βάσης δεδομένων ERA-5 για το 2023.

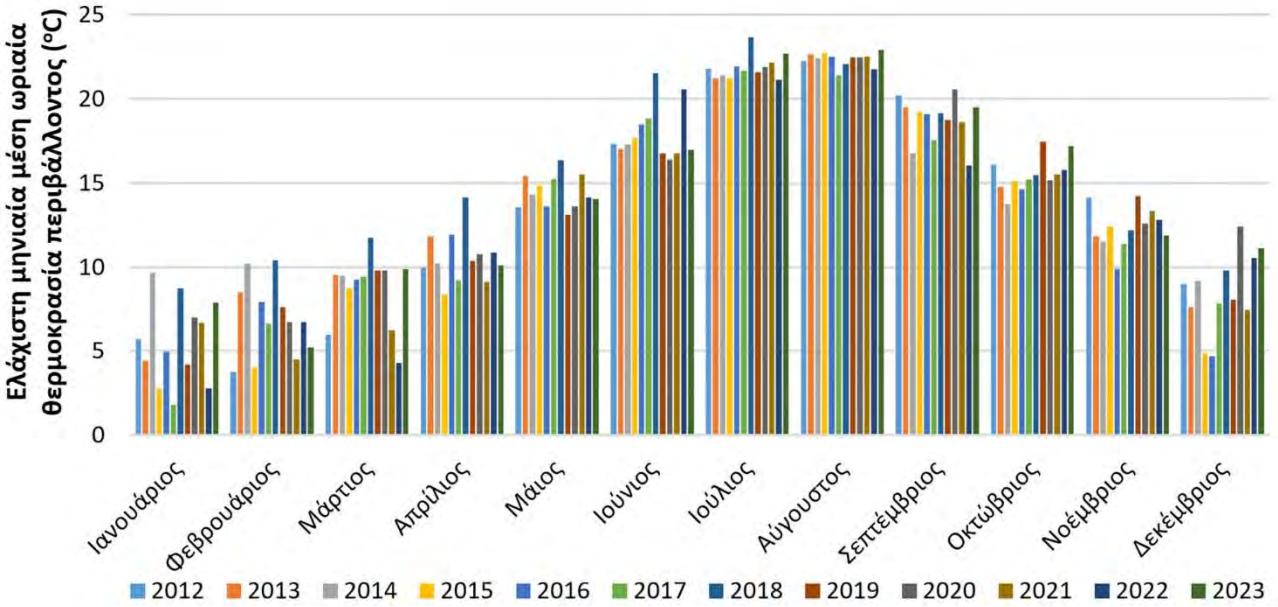


Σχήμα 4: Ετήσια διακύμανση της μέσης μηνιαίας, ελάχιστης και μέγιστης μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων ERA-5, για το 2023.

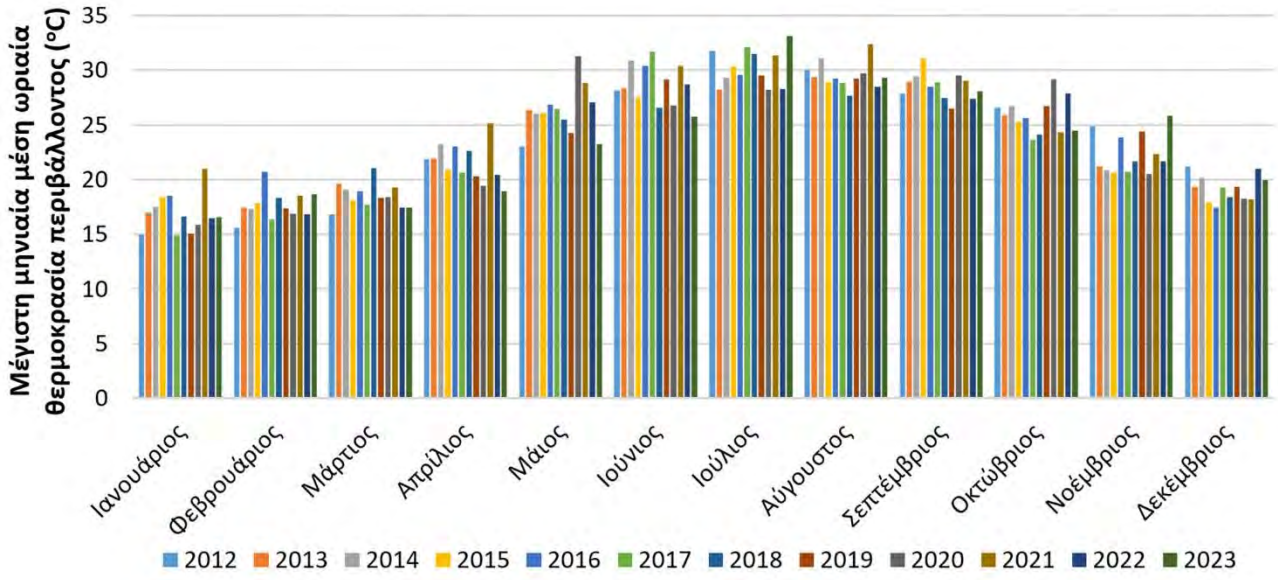
Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τη δωδεκαετία 2012 – 2023, με βάση τις μετρήσεις από τη βάση δεδομένων ERA-5. Στο σχήμα 6 και στο σχήμα 7 παρουσιάζονται αντίστοιχα οι ελάχιστες και οι μέγιστες μηνιαίες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος για την ίδια περίοδο.



Σχήμα 5: Ετήσια διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2012 – 2023.



Σχήμα 6: Ετήσια διακύμανση της ελάχιστης μηνιαίας μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2012 – 2023.



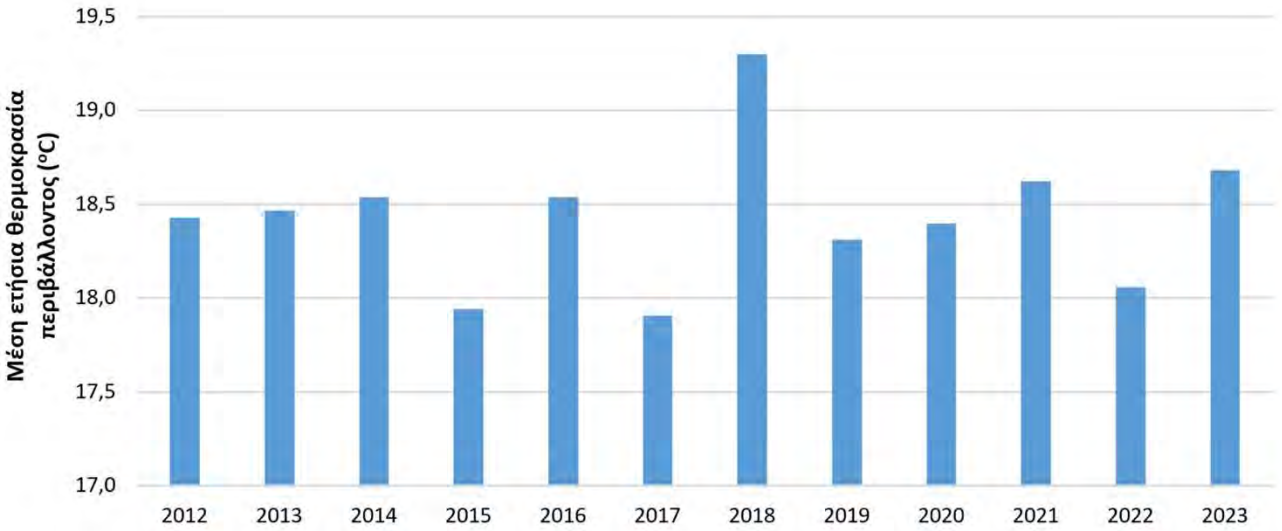
Σχήμα 7: Ετήσια διακύμανση της μέγιστης μηνιαίας μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2012 – 2023.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μηνιαίες μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2012 – 2023.

Πίνακας 6: Μηνιαίες μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2012 – 2023 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

Μήνας	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)												
Ιανουάριος	10,0	12,1	13,5	11,6	12,1	10,2	13,3	11,1	11,2	13,5	10,8	13,2
Φεβρουάριος	10,5	12,7	13,3	11,0	14,2	11,8	13,9	11,4	12,2	12,8	12,1	11,3
Μάρτιος	12,5	14,4	13,3	12,8	13,7	12,8	15,8	13,3	13,4	12,5	10,5	13,5
Απρίλιος	16,2	16,2	15,9	14,8	17,4	15,1	17,4	15,1	14,7	15,8	15,7	14,8
Μάιος	19,2	20,9	18,9	18,9	19,1	19,1	20,6	18,3	19,8	20,3	19,1	17,7
Ιούνιος	23,6	22,7	23,1	21,7	23,9	23,4	23,7	23,4	22,0	23,1	23,6	22,0
Ιούλιος	26,4	24,5	24,9	24,8	25,2	25,4	26,1	25,2	25,1	25,8	24,9	27,0
Αύγουστος	26,2	25,1	26,1	25,3	25,2	25,1	25,7	25,2	25,7	26,7	25,3	26,1
Σεπτέμβριος	23,7	23,8	23,5	24,1	23,2	23,4	23,9	23,1	24,3	23,2	23,1	23,5
Οκτώβριος	21,6	19,6	19,3	20,2	20,5	19,0	19,9	21,0	21,5	18,9	19,3	21,1
Νοέμβριος	17,8	17,2	16,3	17,1	16,8	16,1	17,4	18,7	16,1	17,5	17,0	18,8
Δεκέμβριος	13,6	12,5	14,4	13,1	11,1	13,6	14,0	13,9	14,6	13,1	15,3	15,1
Ετήσια	**18,4**	**18,5**	**18,5**	**17,9**	**18,5**	**17,9**	**19,3**	**18,3**	**18,4**	**18,6**	**18,1**	**18,7**
Ελάχιστες μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)												
Ιανουάριος	5,7	4,4	9,7	2,7	5,0	1,8	8,7	4,2	7,0	6,7	2,8	7,9
Φεβρουάριος	3,8	8,5	10,2	4,0	7,9	6,7	10,4	7,6	6,7	4,5	6,7	5,2
Μάρτιος	6,0	9,5	9,5	8,7	9,3	9,4	11,7	9,8	9,8	6,2	4,3	9,9
Απρίλιος	9,9	11,8	10,2	8,4	11,9	9,2	14,1	10,4	10,7	9,1	10,8	10,1
Μάιος	13,6	15,4	14,3	14,8	13,6	15,2	16,3	13,1	13,6	15,5	14,1	14,0
Ιούνιος	17,3	17,0	17,3	17,7	18,4	18,8	21,5	16,8	16,4	16,8	20,5	16,9
Ιούλιος	21,8	21,2	21,4	21,2	21,9	21,7	23,6	21,6	21,9	22,1	21,1	22,7
Αύγουστος	22,2	22,6	22,4	22,7	22,5	21,4	22,0	22,5	22,4	22,5	21,7	22,9
Σεπτέμβριος	20,2	19,5	16,8	19,2	19,1	17,5	19,2	18,7	20,5	18,6	16,1	19,5
Οκτώβριος	16,1	14,7	13,7	15,1	14,6	15,2	15,4	17,4	15,1	15,5	15,8	17,2
Νοέμβριος	14,1	11,8	11,5	12,4	9,9	11,4	12,2	14,2	12,6	13,3	12,8	11,9
Δεκέμβριος	9,0	7,6	9,1	4,9	4,7	7,8	9,8	8,1	12,4	7,5	10,5	11,1
Ετήσια	**3,8**	**4,4**	**9,1**	**2,7**	**4,7**	**1,8**	**8,7**	**4,2**	**6,7**	**4,5**	**2,8**	**5,2**
Μέγιστες μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)												
Ιανουάριος	15,0	16,9	17,5	18,4	18,6	14,9	16,6	15,1	15,8	21,0	16,5	16,6
Φεβρουάριος	15,6	17,4	17,3	17,8	20,7	16,4	18,3	17,3	16,9	18,5	16,8	18,7
Μάρτιος	16,8	19,6	19,1	18,1	18,9	17,7	21,1	18,4	18,4	19,3	17,4	17,4
Απρίλιος	21,8	21,9	23,2	20,9	23,0	20,6	22,6	20,3	19,4	25,1	20,4	18,9
Μάιος	23,1	26,4	26,0	26,1	26,9	26,4	25,5	24,3	31,3	28,8	27,0	23,3
Ιούνιος	28,1	28,4	30,9	27,5	30,4	31,7	26,6	29,2	26,8	30,4	28,7	25,8
Ιούλιος	31,8	28,2	29,3	30,3	29,5	32,1	31,5	29,5	28,2	31,3	28,3	33,1
Αύγουστος	30,0	29,4	31,1	28,9	29,3	28,8	27,7	29,2	29,7	32,4	28,5	29,3
Σεπτέμβριος	27,9	29,0	29,4	31,1	28,5	28,9	27,5	26,5	29,5	29,0	27,4	28,1
Οκτώβριος	26,6	25,9	26,7	25,3	25,6	23,7	24,1	26,7	29,2	24,3	27,9	24,5
Νοέμβριος	24,8	21,2	20,8	20,6	23,9	20,7	21,7	24,4	20,5	22,4	21,7	25,8
Δεκέμβριος	21,2	19,4	20,2	17,9	17,4	19,2	18,4	19,4	18,3	18,2	21,0	19,9
Ετήσια	**31,8**	**29,4**	**31,1**	**31,1**	**30,4**	**32,1**	**31,5**	**29,5**	**31,3**	**32,4**	**28,7**	**33,1**

Τέλος, αναφορικά με τη θερμοκρασία, στο σχήμα 8 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος από το 2012 έως το 2023.



Σχήμα 8: Δωδεκαετής διακύμανση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2012 – 2023.

Από όλα τα ανωτέρω δεδομένα και διαγράμματα αναδεικνύεται ο ήπιος χαρακτήρας του κλίματος στην πόλη του Ρεθύμνου, με ελάχιστες ετήσιες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες της τάξης των 5 °C και μέγιστες ετήσιες που κινούνται λίγο κάτω από τους 35 °C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμαίνεται μεταξύ 17,9 °C και 19,3 °C. Ο θερμότερος μήνας του έτους καταγράφεται ο Αύγουστος, με μέση ωριαία τιμή δωδεκαετίας τους 25,6 °C. Η μέγιστη μέση ωριαία τιμή καταγράφεται για τον Ιούλιο του 2023 ίση με 33,1 °C. Ο ψυχρότερος μήνας του έτους καταγράφεται ο Ιανουάριος με μέση ωριαία τιμή δωδεκαετίας τους 11,9 °C. Η ελάχιστη μέση ωριαία τιμή παρουσιάζεται τον Ιανουάριο του 2017 ίση με 1,8 °C.

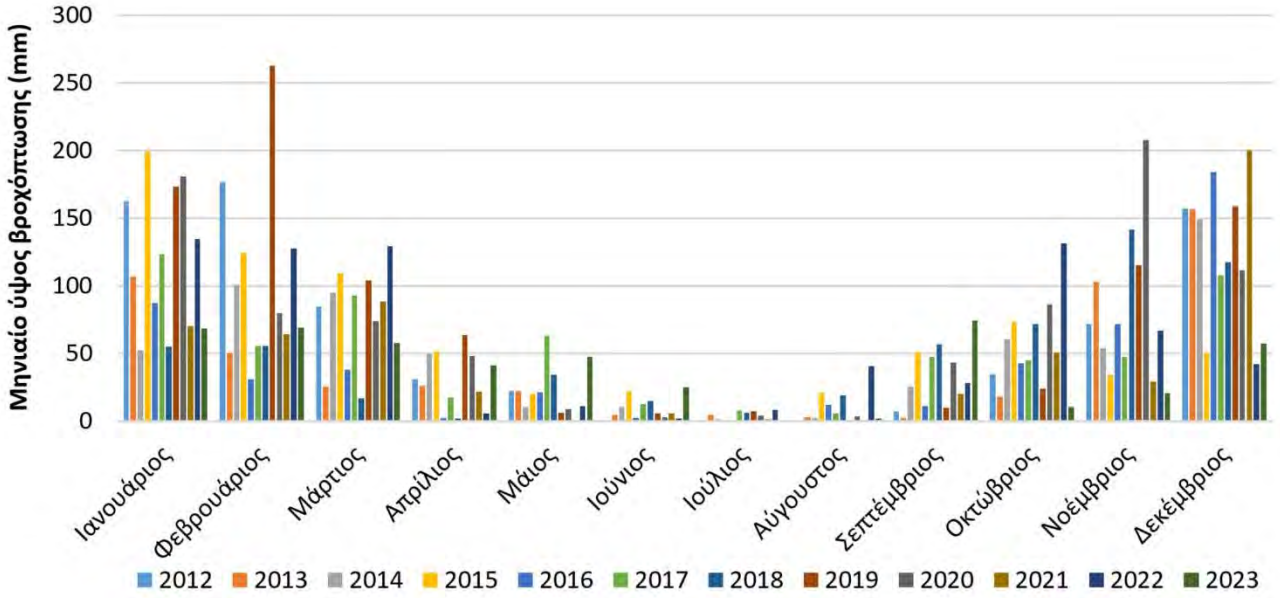
2.2. Υετός

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές του ύψους βροχόπτωσης στην περιοχή ενδιαφέροντος, με βάση τις διαθέσιμες μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων τα έτη 2012 – 2023.

Πίνακας 7: Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή ενδιαφέροντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2012 – 2023 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

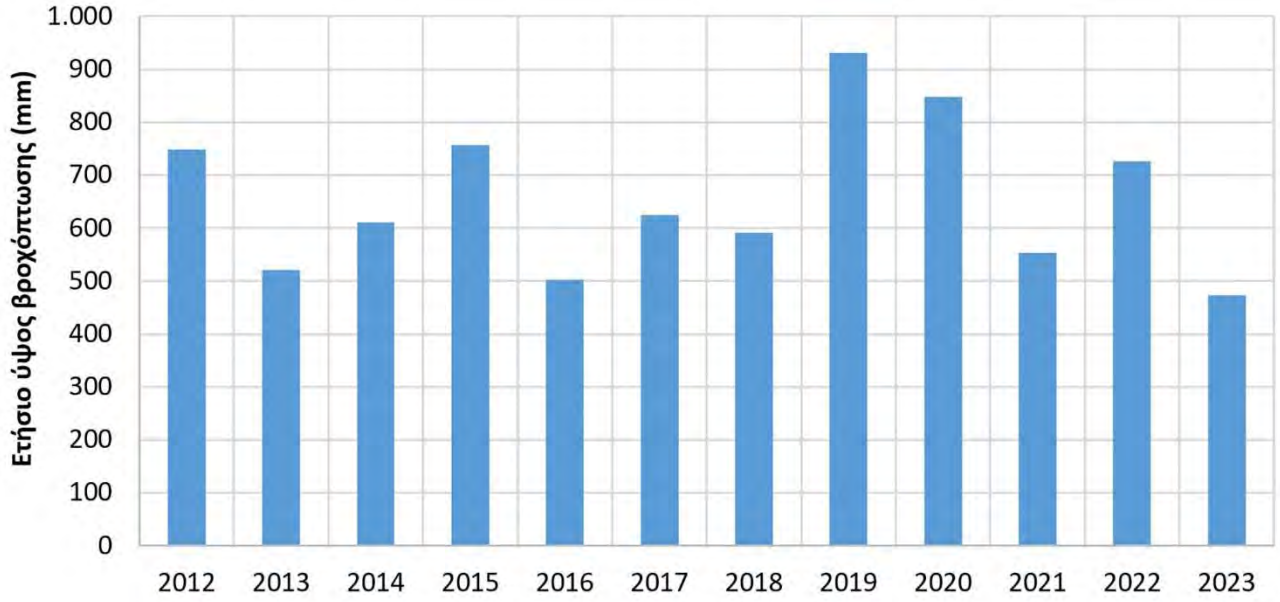
Μήνας	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
						Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης (mm)						
Ιανουάριος	162	107	53	199	87	123	55	173	181	70	134	69
Φεβρουάριος	176	50	101	124	31	56	55	263	79	64	128	69
Μάρτιος	85	25	95	109	38	93	17	104	74	88	129	58
Απρίλιος	31	26	49	51	2	17	2	63	48	21	6	41
Μάιος	22	22	10	20	21	63	34	6	9	1	11	47
Ιούνιος	0	5	11	22	2	13	14	6	3	5	2	25
Ιούλιος	0	5	1	1	0	8	6	7	4	1	8	0
Αύγουστος	1	3	2	21	12	6	19	1	4	1	40	2
Σεπτέμβριος	7	2	26	51	11	47	57	10	43	20	28	74
Οκτώβριος	34	18	60	73	43	45	72	24	86	51	131	11
Νοέμβριος	71	103	54	34	72	47	142	115	208	29	67	20
Δεκέμβριος	157	157	149	50	184	108	118	159	112	200	42	57
Ετήσια	**748**	**522**	**611**	**756**	**503**	**625**	**591**	**931**	**849**	**553**	**726**	**472**

Επίσης, στο σχήμα 9 παρουσιάζεται η ίδια πληροφορία σε γραφική μορφή.



Σχήμα 9: Διακύμανση μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης για τα έτη 2012 – 2023 στην περιοχή ενδιαφέροντος σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5 κατά τα έτη 2012 – 2023.



Σχήμα 10: Διακύμανση ετήσιου ύψους βροχόπτωσης για τα έτη 2012 – 2023 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

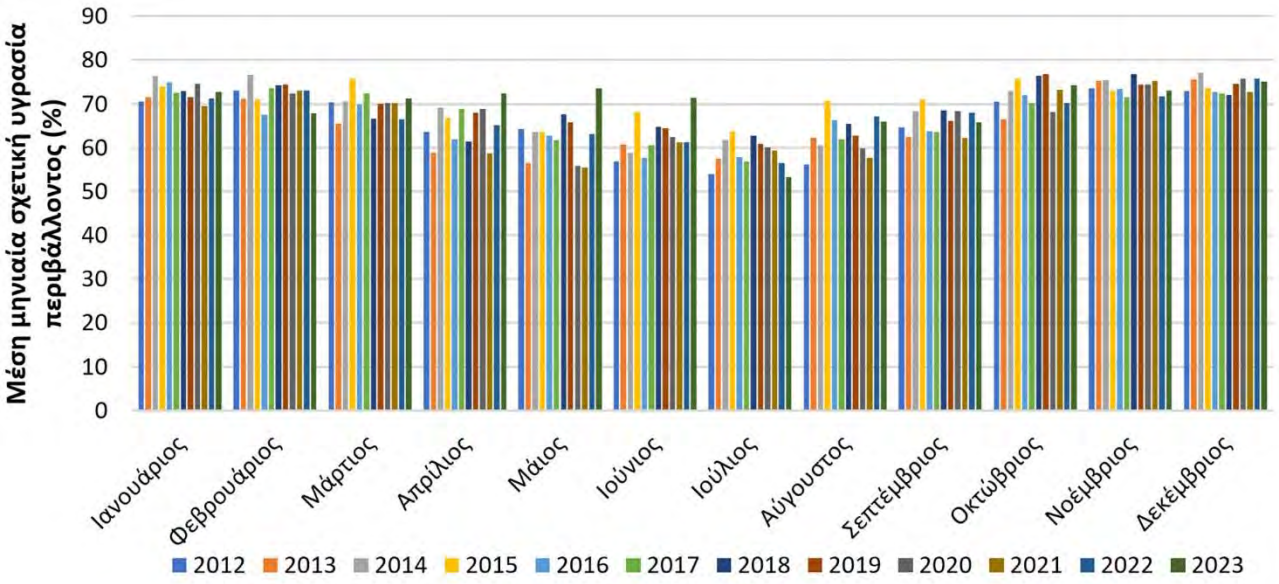
2.3. Υγρασία

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος, βάσει της βάσης δεδομένων ERA-5 για τα έτη 2012 – 2023. Η ίδια πληροφορία δίνεται σε γραφική μορφή στο σχήμα 11.

Πίνακας 8: Μηνιαίες μέσες τιμές σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2012 – 2023 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

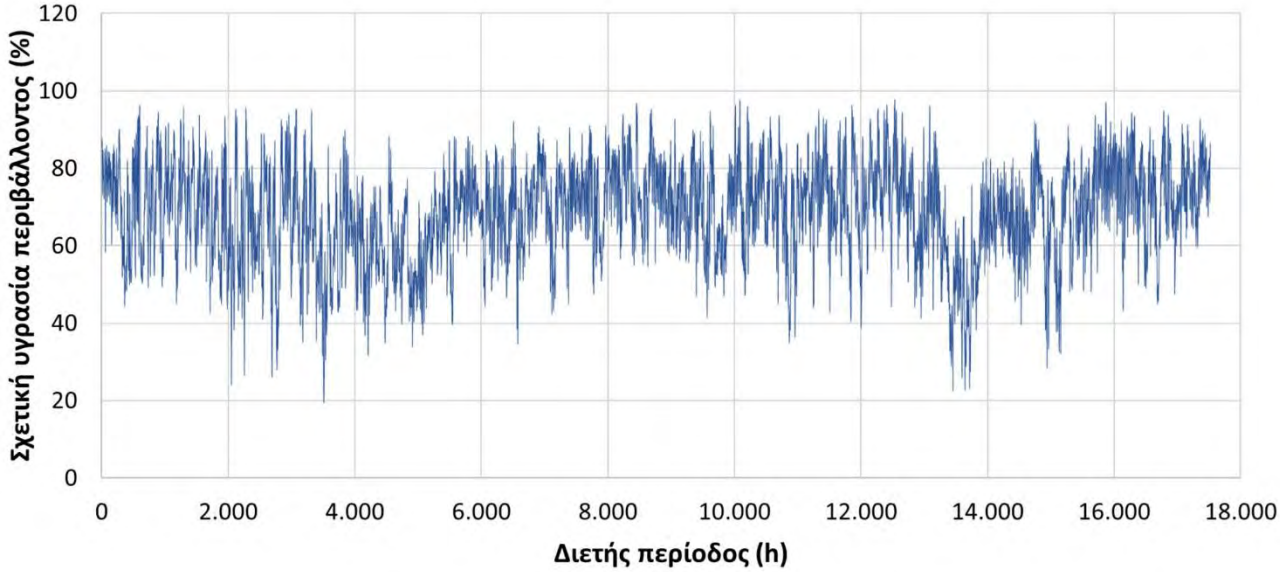
Μήνας	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
						Σχετική υγρασία περιβάλλοντος (%)						
Ιανουάριος	70,5	71,5	76,4	74,0	74,9	72,6	72,9	71,5	74,6	69,5	71,2	72,7
Φεβρουάριος	73,1	71,2	76,6	71,0	67,5	73,6	74,2	74,4	72,4	73,0	73,0	67,8

Μάρτιος	70,4	65,4	70,5	75,7	69,8	72,3	66,6	70,0	70,2	70,1	66,4	71,1
Απρίλιος	63,6	58,8	69,2	66,8	61,9	68,7	61,3	67,9	68,9	58,6	65,1	72,4
Μάιος	64,3	56,6	63,5	63,6	62,8	61,7	67,7	65,8	55,8	55,5	63,1	73,6
Ιούνιος	56,8	60,7	58,8	68,2	57,7	60,5	64,7	64,4	62,5	61,2	61,2	71,4
Ιούλιος	53,9	57,5	61,8	63,8	57,9	56,8	62,8	60,9	60,0	59,4	56,4	53,2
Αύγουστος	56,2	62,3	60,5	70,6	66,3	61,9	65,4	62,8	59,8	57,7	67,1	66,0
Σεπτέμβριος	64,7	62,4	68,2	71,0	63,8	63,6	68,4	66,1	68,3	62,3	68,0	65,7
Οκτώβριος	70,5	66,5	72,8	75,7	72,0	70,2	76,4	76,8	68,2	73,1	70,2	74,3
Νοέμβριος	73,5	75,2	75,5	73,0	73,4	71,6	76,8	74,4	74,4	75,2	71,8	73,1
Δεκέμβριος	72,9	75,6	77,2	73,6	72,6	72,3	72,1	74,6	75,7	72,7	75,8	75,1
Ετήσια	**65,9**	**65,3**	**69,3**	**70,6**	**66,7**	**67,1**	**69,1**	**69,1**	**67,6**	**65,7**	**67,5**	**69,7**



Σχήμα 11: Διακύμανση μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας για τα έτη 2012 – 2023 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα τη βάση δεδομένων ERA-5.

Στην σχήμα 12 παρουσιάζεται η διακύμανση της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος, βάσει των δορυφορικών μετρήσεων της βάσης ERA-5 για τα έτη 2022 – 2023.



Σχήμα 12: Διακύμανση της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος, βάσει των δορυφορικών μετρήσεων της βάσης ERA-5 για τα έτη 2022 – 2023.

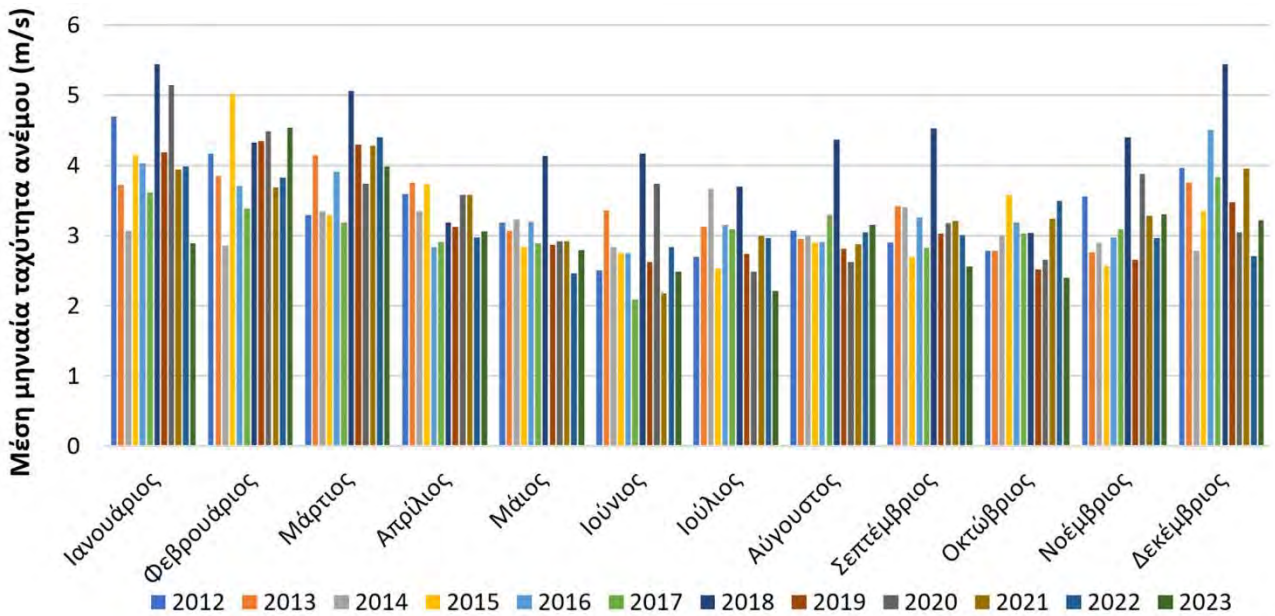
2.4. Άνεμος

Ο άνεμος γενικότερα χαρακτηρίζεται από έντονη μεταβλητότητα τόσο χρονική όσο και τοπολογική, σε περιπτώσεις έντονης εδαφικής μορφολογίας, όπως στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Κατά τεκμήριο τα πλέον ακριβή δεδομένα αναφορικά με την ένταση πνοής ανέμου προκύπτουν από επίγειες μετρήσεις. Παρόλα αυτά, ελλείψει μακροχρόνιων επίγειων μετρήσεων, για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή επιλέχθηκε η χρήση των δορυφορικών δεδομένων. Η γειτνίαση του σημείου λήψης μετεωρολογικών μετρήσεων με τη θέση του κτηρίου μας επιτρέπει να θεωρήσουμε ότι η ένταση πνοής του ανέμου στη θέση του κτηρίου εκφράζεται με υψηλή ακρίβεια από τις διαθέσιμες μετρήσεις. Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου σε ύψος 2 m από το επίπεδο της θάλασσας.

Πίνακας 9: Μέσες μηνιαίες τιμές ταχύτητας ανέμου στην περιοχή ενδιαφέροντος για την περίοδο 2012 – 2023 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

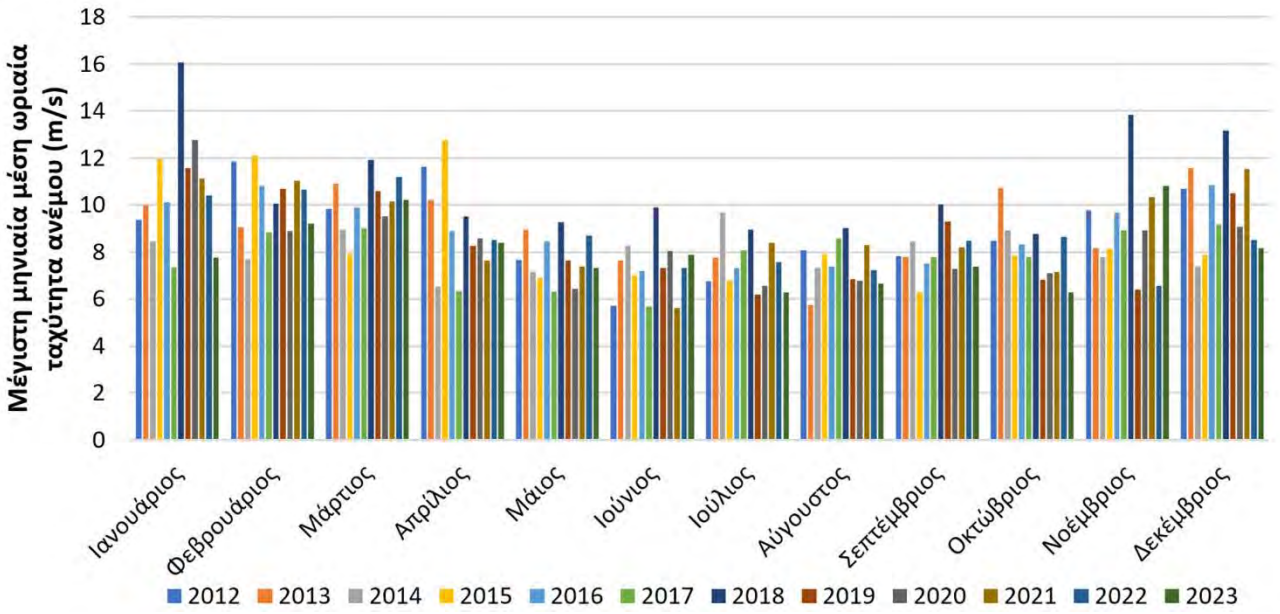
Μήνας	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
						Ταχύτητα ανέμου (m/s)						
Ιανουάριος	4,7	3,7	3,1	4,1	4,0	3,6	5,4	4,2	5,1	3,9	4,0	2,9
Φεβρουάριος	4,2	3,8	2,9	5,0	3,7	3,4	4,3	4,3	4,5	3,7	3,8	4,5
Μάρτιος	3,3	4,1	3,3	3,3	3,9	3,2	5,1	4,3	3,7	4,3	4,4	4,0
Απρίλιος	3,6	3,8	3,3	3,7	2,8	2,9	3,2	3,1	3,6	3,6	3,0	3,1
Μάιος	3,2	3,1	3,2	2,8	3,2	2,9	4,1	2,9	2,9	2,9	2,5	2,8
Ιούνιος	2,5	3,4	2,8	2,7	2,8	2,1	4,2	2,6	3,7	2,2	2,8	2,5
Ιούλιος	2,7	3,1	3,7	2,5	3,2	3,1	3,7	2,7	2,5	3,0	3,0	2,2
Αύγουστος	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	3,3	4,4	2,8	2,6	2,9	3,0	3,2
Σεπτέμβριος	2,9	3,4	3,4	2,7	3,3	2,8	4,5	3,0	3,2	3,2	3,0	2,6
Οκτώβριος	2,8	2,8	3,0	3,6	3,2	3,0	3,0	2,5	2,7	3,2	3,5	2,4
Νοέμβριος	3,6	2,8	2,9	2,6	3,0	3,1	4,4	2,7	3,9	3,3	3,0	3,3
Δεκέμβριος	4,0	3,8	2,8	3,3	4,5	3,8	5,4	3,5	3,0	4,0	2,7	3,2
Ετήσια	**3,4**	**3,4**	**3,1**	**3,3**	**3,4**	**3,1**	**4,3**	**3,2**	**3,5**	**3,3**	**3,2**	**3,0**

Στο σχήμα 13 παρέχονται οι τιμές που προηγούμενου πίνακα σε γραφική μορφή.



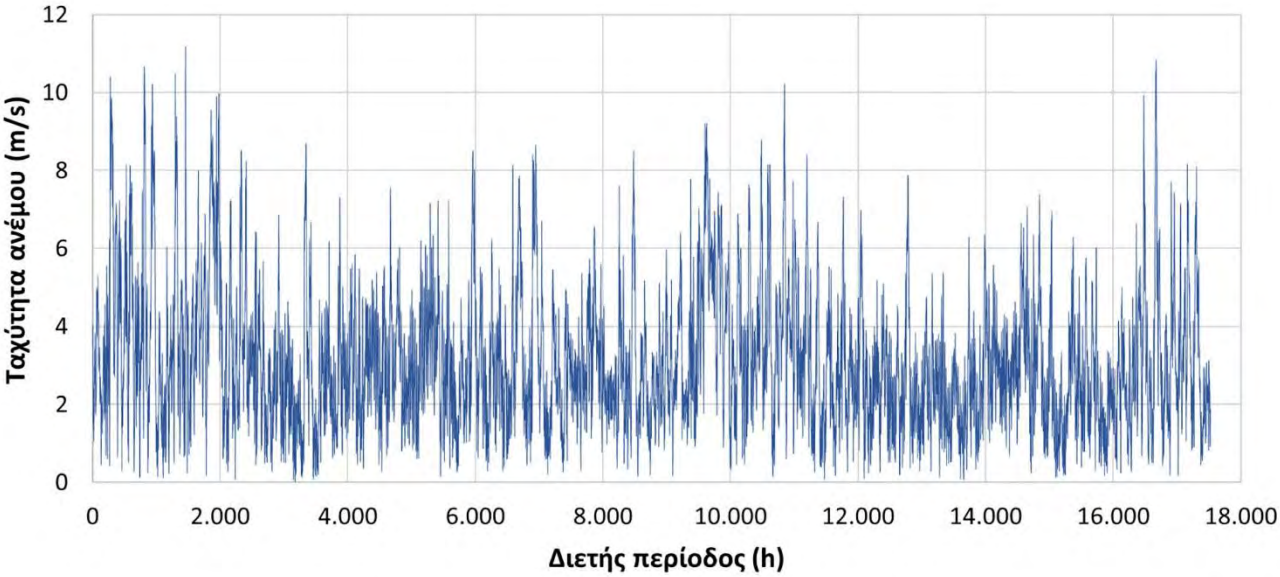
Σχήμα 13: Διακύμανση μέσης μηνιαίας ταχύτητας ανέμου για τα έτη 2012 – 2023 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων ERA-5.

Οι μηνιαίες μέγιστες μέσες ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου παρουσιάζονται στο σχήμα 14.



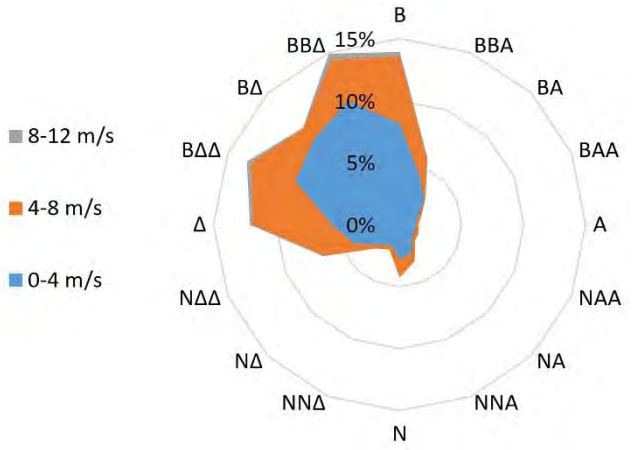
Σχήμα 14: Διακύμανση μηνιαίας μέγιστης μέσης ωριαίας ταχύτητας ανέμου για τα έτη 2012 – 2023 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων ERA-5.

Στο σχήμα 15 παρουσιάζεται η διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις ERA-5 για τα έτη 2022 – 2023, σε ύψος 2 m από το επίπεδο της θάλασσας.

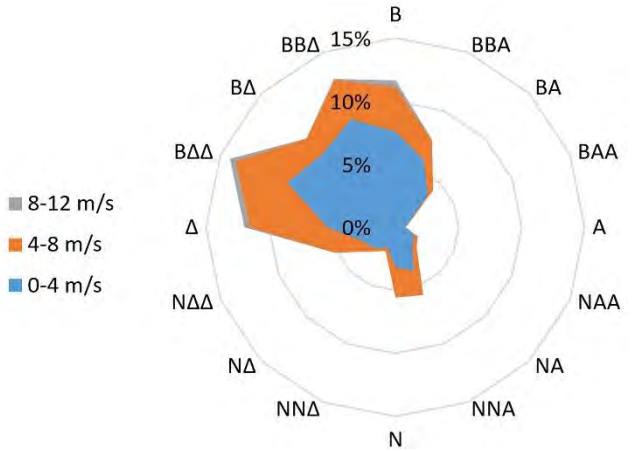


Σχήμα 15: Διακύμανση του μέτρου της ταχύτητας του ανέμου για τα έτη 2022 – 2023 βάσει των δορυφορικών μετεωρολογικών μετρήσεων.

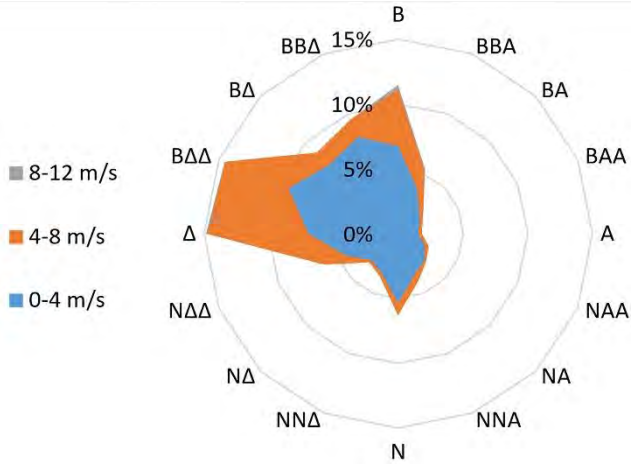
Στα σχήματα 16 παρουσιάζονται τα ετήσια ροδογράμματα ταχύτητας ανέμου για τα έτη 2012 – 2023. Παρατηρούνται οι σταθερές, κύριες διευθύνσεις πνοής ανέμου από βόρεια και βόρειο-βορειοδυτικά.



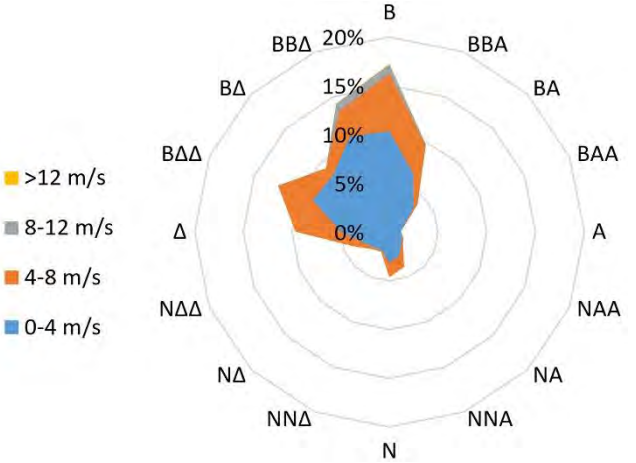
Σχήμα 16α: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2012.



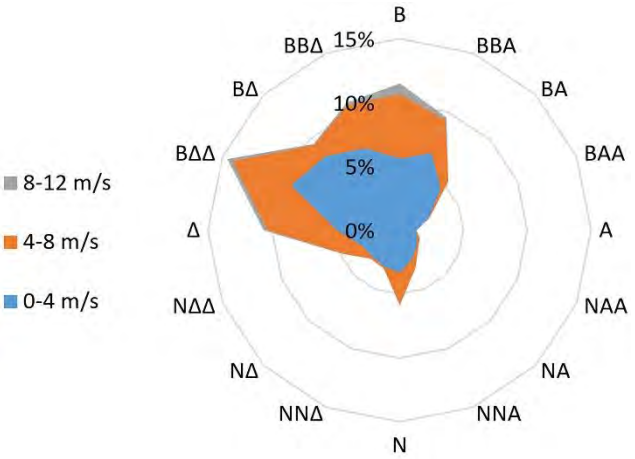
Σχήμα 16β: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2013.



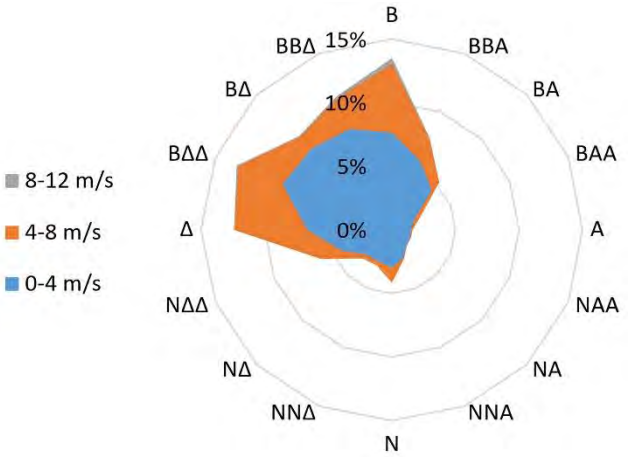
Σχήμα 16γ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2014.



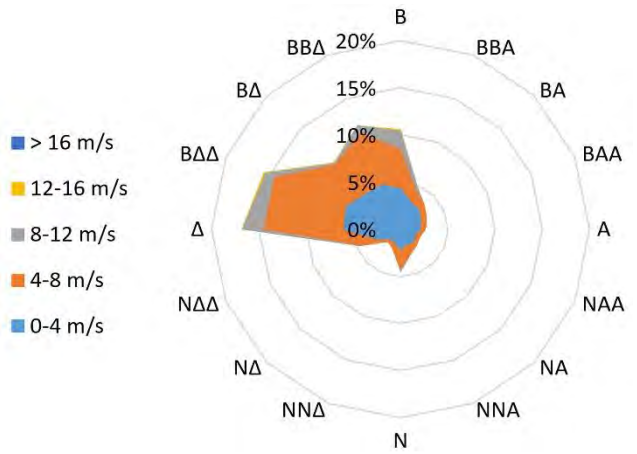
Σχήμα 16δ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2015.



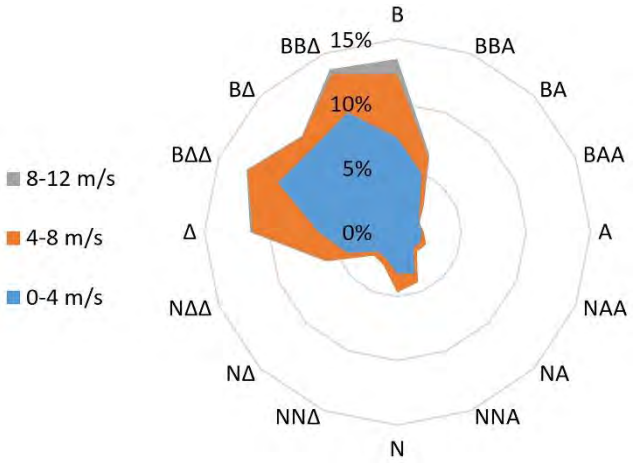
Σχήμα 16ε: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2016.



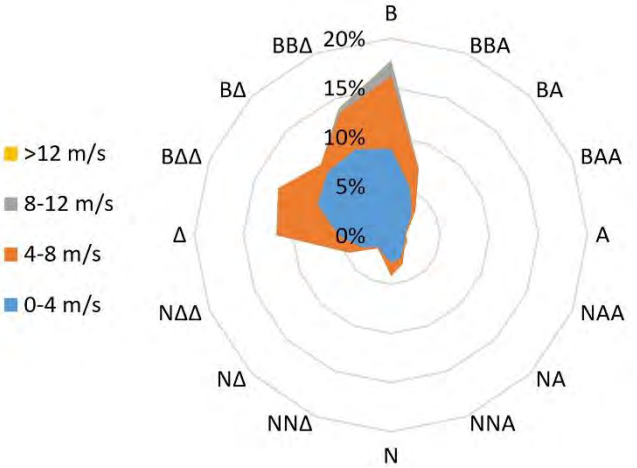
Σχήμα 16στ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2017.



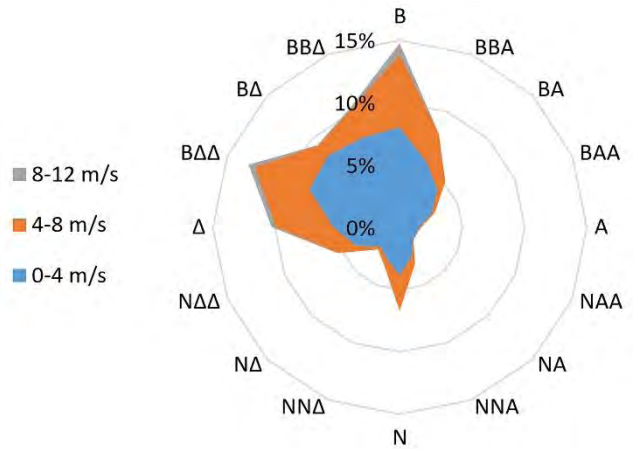
Σχήμα 16ζ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2018.



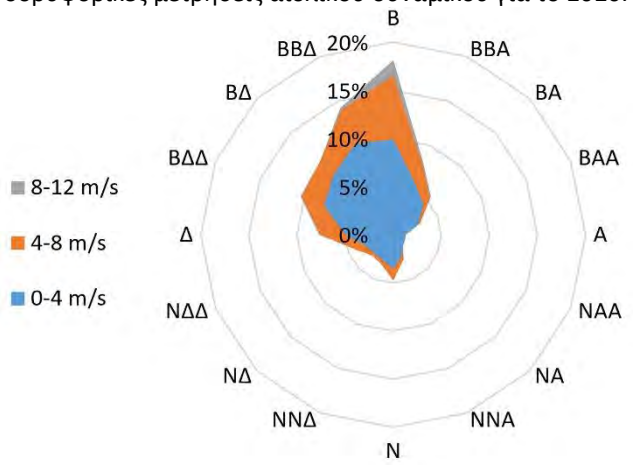
Σχήμα 16η: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2019.



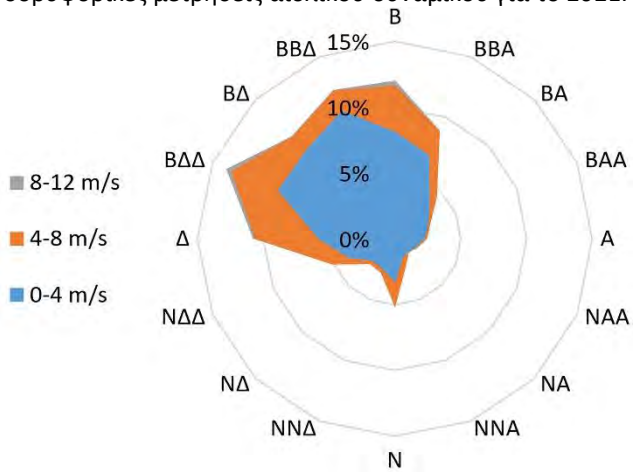
Σχήμα 16θ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2020.



Σχήμα 16ι: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2021.

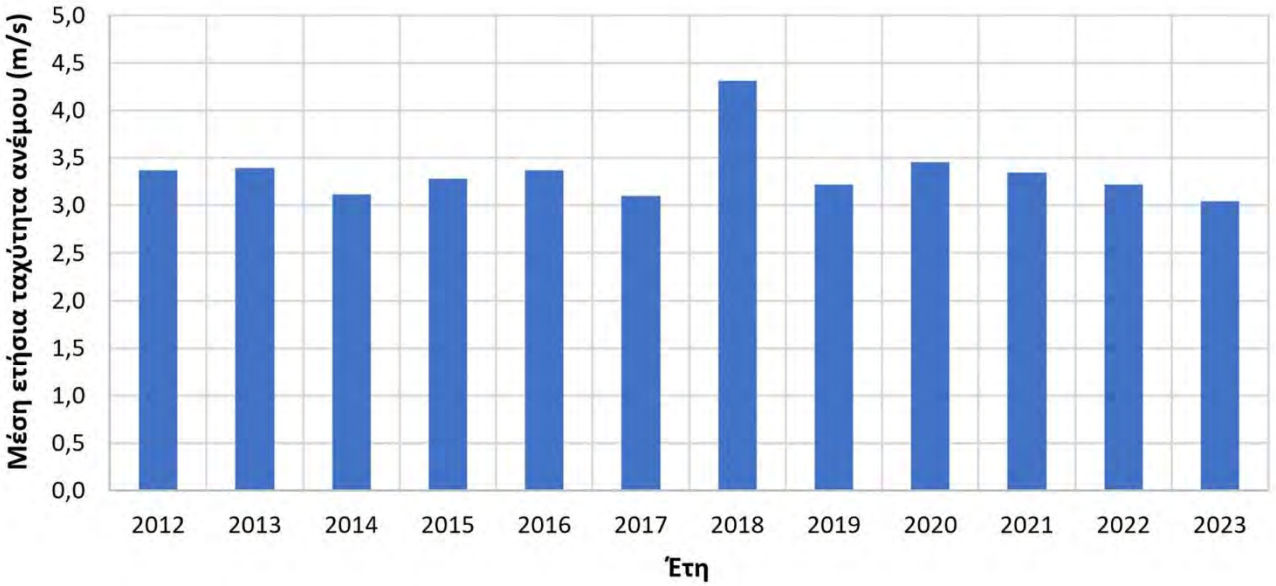


Σχήμα 16ια: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2022.



Σχήμα 16ιβ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2023.

Τέλος, στο σχήμα 17 παρουσιάζεται η διακύμανση από το 2012 μέχρι το 2023 της μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στη θέση του αιολικού πάρκου και για το ύψος των 2 m από το έδαφος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από τη βάση ERA-5.



Σχήμα 17: Μέσες ετήσιες ταχύτητες του ανέμου για τα έτη 2012 – 2023 βάσει των δορυφορικών μετεωρολογικών μετρήσεων.

2.5. Ηλιακή ακτινοβολία

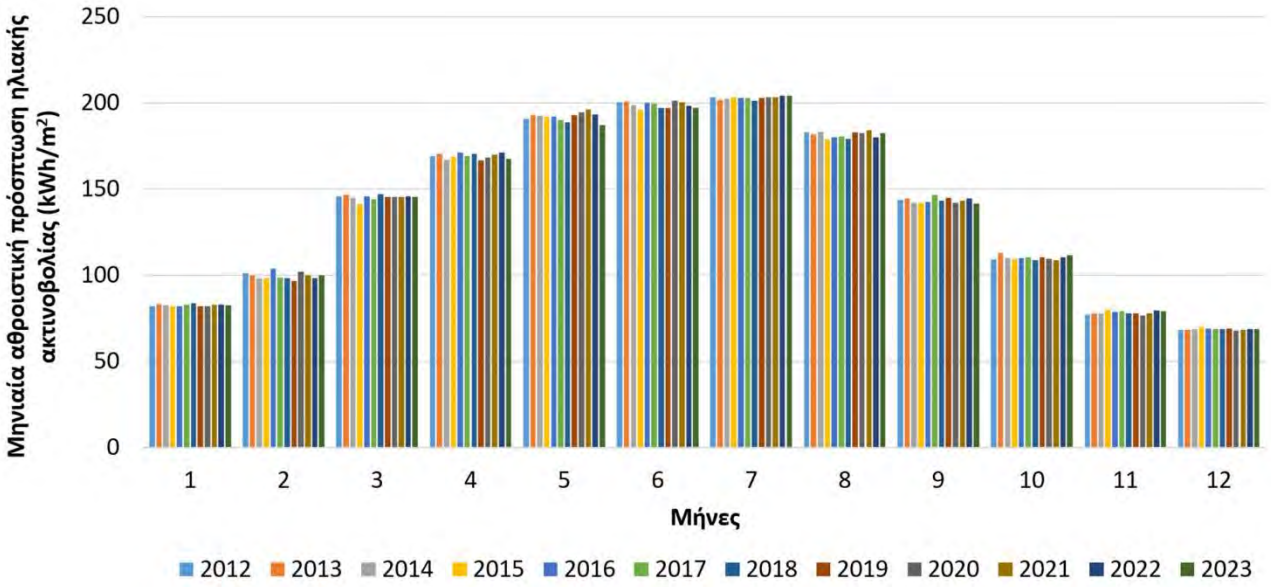
Στον πίνακα 10 παρουσιάζεται η αθροιστική πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας καθαρού ουρανού ανά μήνα στο οριζόντιο επίπεδο, ενώ στον πίνακα 11 παρουσιάζεται η μέγιστη (μέση ωριαία) πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας καθαρού ουρανού στο οριζόντιο επίπεδο ανά μήνα για την περίοδο 2012 - 2023. Η ίδια πληροφορία παρουσιάζεται γραφικά στα σχήματα 18 και 19.

Πίνακας 10: Αθροιστική πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στο οριζόντιο επίπεδο στην περιοχή ενδιαφέροντος για την περίοδο 2012 – 2023 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

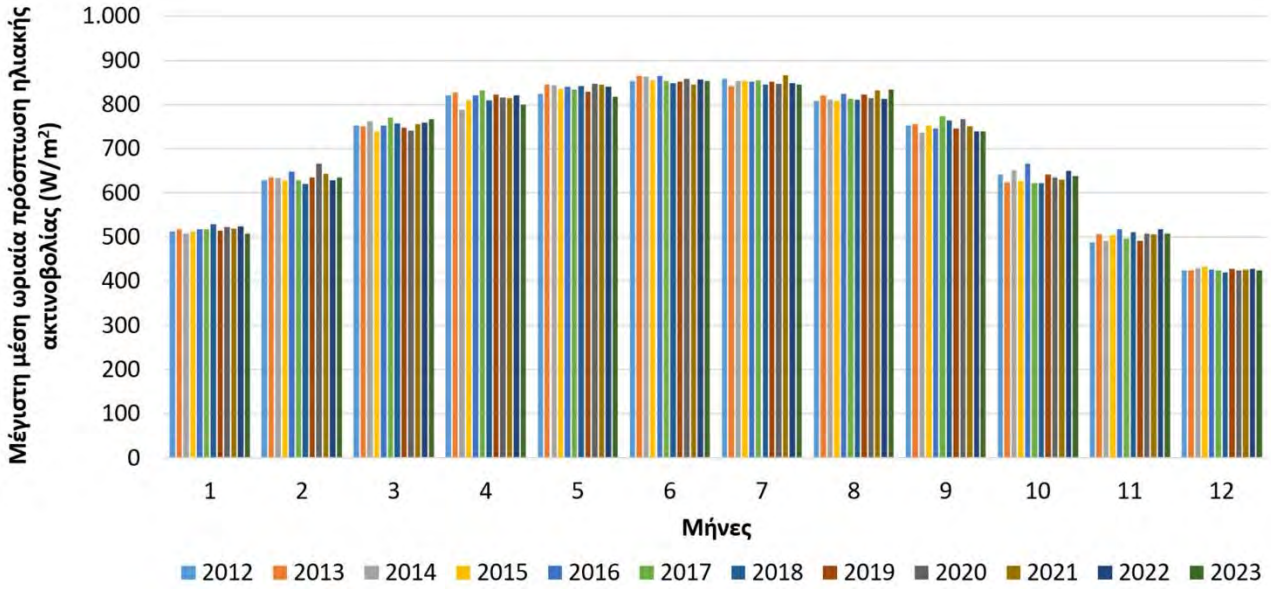
Μήνας	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Αθροιστική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²)												
Ιανουάριος	82	83	82	82	82	83	84	82	82	83	83	83
Φεβρουάριος	101	100	98	98	104	99	98	97	102	100	98	100
Μάρτιος	146	146	145	141	146	144	147	145	145	146	146	145
Απρίλιος	169	170	167	169	171	169	170	167	168	170	171	167
Μάιος	191	193	192	192	192	190	189	193	195	196	193	187
Ιούνιος	200	201	199	196	200	200	197	197	201	200	198	197
Ιούλιος	203	201	203	203	203	203	201	203	203	203	204	204
Αύγουστος	183	182	183	179	180	180	179	183	182	184	180	182
Σεπτέμβριος	144	145	142	142	142	146	143	145	142	143	144	142
Οκτώβριος	109	113	110	110	110	111	109	111	110	109	110	111
Νοέμβριος	77	78	78	80	79	79	78	78	77	78	79	79
Δεκέμβριος	68	68	69	70	69	69	69	69	68	68	69	69
Ετήσια	**1.674**	**1.680**	**1.668**	**1.662**	**1.678**	**1.673**	**1.664**	**1.669**	**1.675**	**1.680**	**1.677**	**1.667**

Πίνακας 11: Μέγιστη μέση ωριαία πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στο οριζόντιο επίπεδο στην περιοχή ενδιαφέροντος για την περίοδο 2010 – 2021 σύμφωνα με τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

Μήνας	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Μέγιστη μέση ωριαία πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²)												
Ιανουάριος	512	517	508	513	518	517	530	515	522	519	524	507
Φεβρουάριος	629	636	633	628	648	629	620	635	666	643	629	636
Μάρτιος	753	750	762	739	752	770	757	748	740	756	759	767
Απρίλιος	821	828	789	809	821	833	810	822	817	814	821	799
Μάιος	824	846	843	835	840	835	842	829	848	845	841	817
Ιούνιος	854	865	863	856	864	854	849	851	859	846	857	854
Ιούλιος	858	843	854	853	852	854	846	853	846	866	849	846
Αύγουστος	807	821	812	807	824	812	811	822	815	832	813	834
Σεπτέμβριος	753	755	735	752	746	774	764	746	766	751	739	739
Οκτώβριος	642	624	651	627	666	622	622	642	635	631	649	638
Νοέμβριος	489	506	491	504	518	496	511	492	508	506	517	508
Δεκέμβριος	425	425	429	432	426	424	420	427	425	426	427	425
Ετήσια	**858**	**865**	**863**	**856**	**864**	**854**	**849**	**853**	**859**	**866**	**857**	**854**

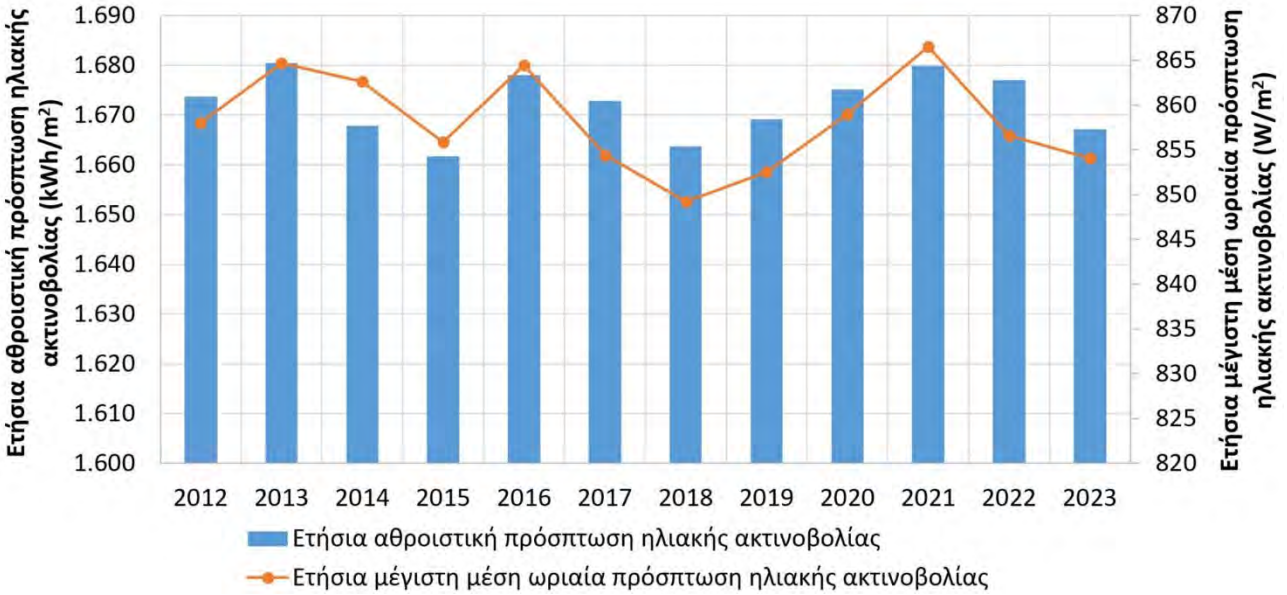


Σχήμα 18: Διακύμανση αθροιστικής προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στο οριζόντιο επίπεδο, στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2010 - 2021.



Σχήμα 19: Διακύμανση μέγιστης μέσης ωριαίας πρόσπτωσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στο οριζόντιο επίπεδο, στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2010 - 2021.

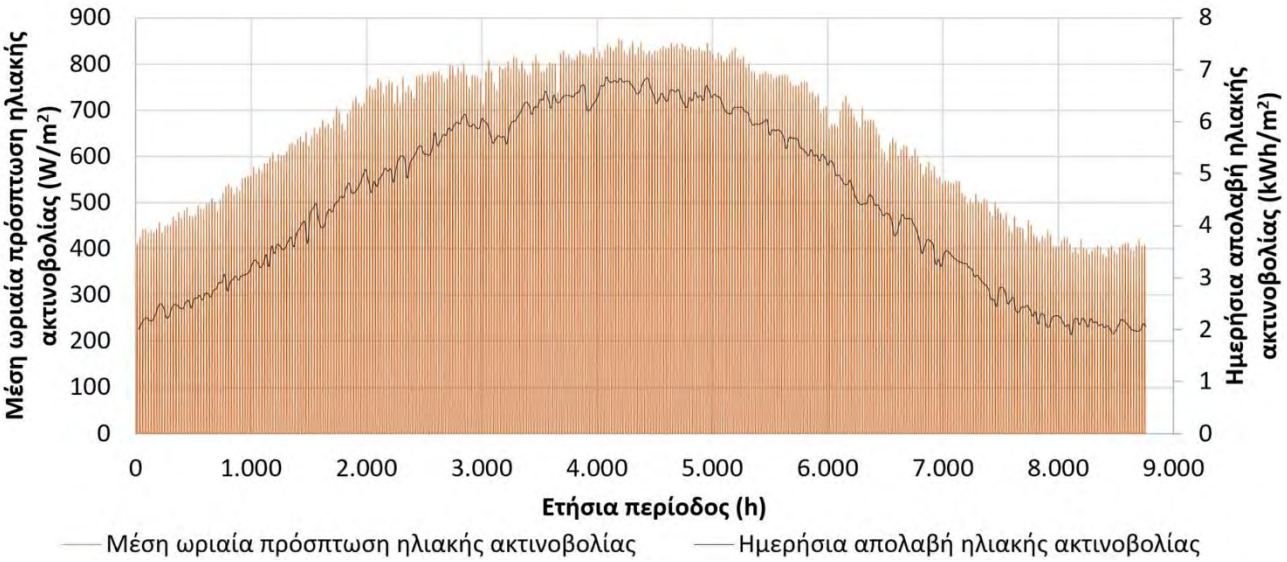
Η διακύμανση της ετήσιας αθροιστικής προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας μέγιστης μέσης ωριαίας πρόσπτωσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2012 – 2023 παρουσιάζονται στο σχήμα 20.



Σχήμα 20: Διακύμανση ετήσιας αθροιστικής προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και ετήσιας μέγιστης μέσης ωριαίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2012 - 2023.

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 10, η ετήσια αθροιστική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο εμφανίζει ελάχιστη τιμή δωδεκαετίας το 2016 (1.662 kWh/m^2) και μέγιστη τιμή το 2013 και το 2021 (1.680 kWh/m^2). Η μέση τιμή δωδεκαετίας υπολογίζεται στις 1.672 kWh/m^2.

Στο σχήμα 21 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση της μέσης ωριαίας άμεσης πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας και της αθροιστικής ημερήσιας απολαβής άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για το πιο πρόσφατο πλήρες έτος για το οποίο υπήρχαν διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία, ήτοι το 2023. Παρατηρείται εύλογα η μεγιστοποίηση της μέσης ωριαίας προσπίπτουσας και της ημερήσιας απολαβής ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες.



Σχήμα 21: Ετήσια διακύμανση μέσης ωριαίας πρόσπτωσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και της ημερήσιας αθροιστικής απολαβής άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για τη θέση λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για το έτος 2023.

3. Φορτία κλιματισμού

Ο υπολογισμός των φορτίων κλιματισμού (θέρμανση και ψύξη) των εσωτερικών χώρων του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου γίνεται βάσει της κλασσικής θεωρίας μεταφοράς θερμότητας, καθώς και της μεθόδου TMF της ASHRAE υπολογισμού ψυκτικών φορτίων [3-5]. Όσον αφορά στις τιμές των εμπλεκόμενων παραμέτρων λήφθηκε υπόψη η Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6]. Οι όγκοι και τα εμβαδά των χώρων υπολογίστηκαν βάσει των κατόψεων του κτηρίου. Η χρήση των χώρων, τα ωράρια λειτουργίας και ο μέσος αριθμός ατόμων ανά ημέρα δόθηκαν από το προσωπικό του Σχολείου.

3.1. Περιγραφή κτηρίου - Ορισμός θερμικών ζωνών

Το 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου περιλαμβάνει αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία διευθυντή και καθηγητών, αποθηκευτικούς και βοηθητικούς χώρους, βιβλιοθήκη, αίθουσες εργαστηριακών μαθημάτων και ηλεκτρονικών υπολογιστών, κυλικείο, κουζίνα καθηγητών, μηχανοστάσιο και λεβητοστάσιο, διαδρόμους, Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων, τουαλέτες και κλιμακοστάσιο. Το κτήριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο και εκτείνεται σε έξι επίπεδα: ισόγειο, Α΄, Β΄, Γ΄, Δ΄ και Ε΄ όροφο. Στον πίνακα 12 αναλύονται η συνολική καθαρή στεγασμένη επιφάνεια του κτηρίου σε θερμικές ζώνες και ο αντίστοιχος καθαρός όγκος του (εξαιρουμένης εσωτερικής τοιχοποιίας).

Πίνακας 12: Συνολική στεγασμένη επιφάνεια και όγκος κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Θερμικές ζώνες	Καθαρή επιφάνεια (m^2)	Όγκος (m^2)
Θερμική ζώνη 1 (αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, βιβλιοθήκη, εργαστήρια, κυλικείο, κουζίνα)	2.475,9	7.611,6
Θερμική ζώνη 2 (διάδρομοι, τουαλέτες)	957,7	2.971,2
Θερμική ζώνη 3 (ΑΠΧ)	442,2	2.971,5
Θερμική ζώνη 4 - μη κλιματιζόμενοι χώροι (αποθήκες, μηχανοστάσια, λεβητοστάσιο, βοηθητικοί χώροι)	227,3	768,9
Σύνολο κλιματιζόμενων χώρων	**3.875,8**	**13.554,4**
Σύνολο χώρων κτηρίου	**4.103,0**	**14.323,3**

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης της θερμικής λειτουργίας του κτηρίου, η συνολική κτηριακή υποδομή χωρίστηκε σε 4 θερμικές ζώνες (συμπεριλαμβανομένης και της ζώνης μη κλιματιζόμενων χώρων), με βάση τη χρήση των χώρων και τις επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας. Οι θερμικές ζώνες, η καθαρή ωφέλιμη επιφάνειά τους και ο αντίστοιχος καθαρός όγκος τους (εξαιρουμένης της εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας) παρουσιάζονται στον πίνακα 12. Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 12, η συνολική ωφέλιμη επιφάνεια των εσωτερικών χώρων του σχολικού κτηρίου υπολογίζεται στα 4.103,0 m^2, από τα οποία τα 3.875,8 m^2 αφορούν σε κλιματιζόμενους χώρους και τα 227,3 m^2 σε μη κλιματιζόμενους χώρους.

Αναλυτικά οι διακριτοί χώροι του κτηρίου και η κατηγοριοποίησή τους σε θερμικές ζώνες παρουσιάζονται στον πίνακα 13.

Αναλυτική αρχιτεκτονική αποτύπωση του κτηριακού συγκροτήματος παρουσιάζεται στα σχήματα που ακολουθούν. Συγκεκριμένα:

- στο σχήμα 22 παρουσιάζεται κάτοψη του ισογείου του κτηρίου (1η στάθμη)
- στο σχήμα 23 παρουσιάζεται κάτοψη του Α΄ ορόφου του κτηρίου (2η στάθμη)
- στο σχήμα 24 παρουσιάζεται κάτοψη του Β΄ ορόφου του κτηρίου (3η στάθμη)
- στο σχήμα 25 παρουσιάζεται κάτοψη του Γ΄ ορόφου του κτηρίου (4η στάθμη)
- στο σχήμα 26 παρουσιάζεται κάτοψη του Δ΄ ορόφου του κτηρίου (5η στάθμη)
- στο σχήμα 27 παρουσιάζεται κάτοψη του Ε΄ ορόφου του κτηρίου (6η στάθμη).

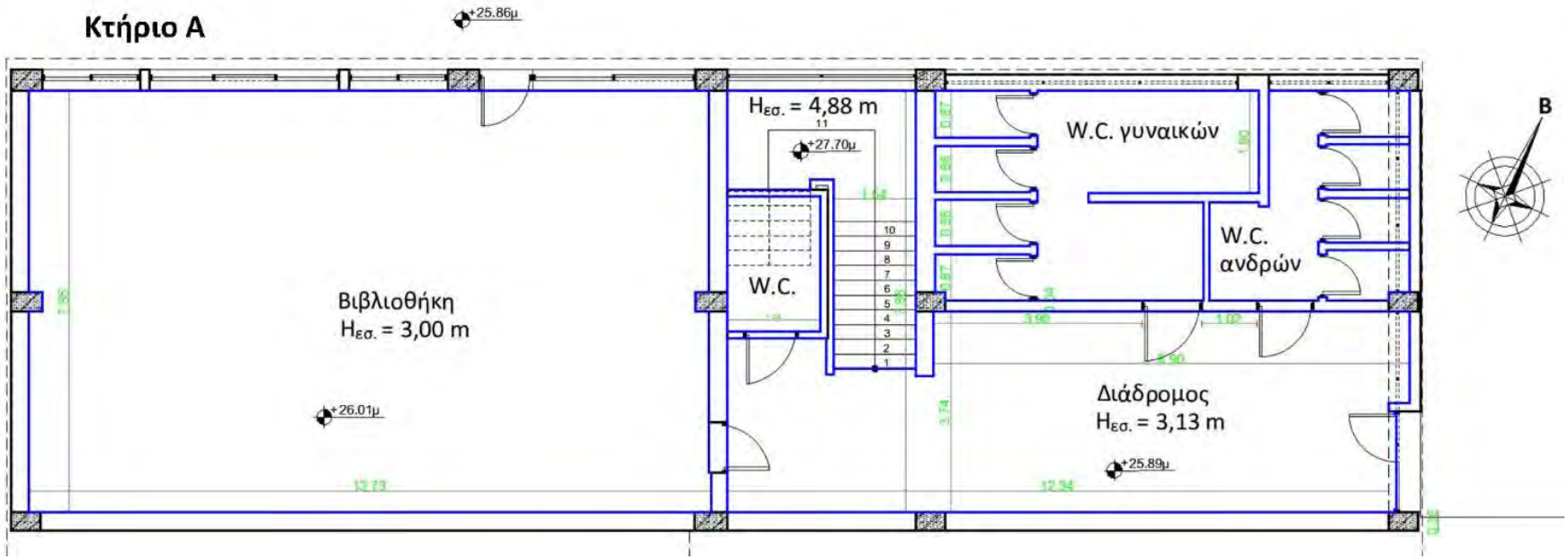
Στις κατόψεις του κτηριακού συγκροτήματος με τα μπλε πολύγωνα υποδεικνύονται όλοι οι διακριτοί εσωτερικοί χώροι του κτηρίου.

Πίνακας 13: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

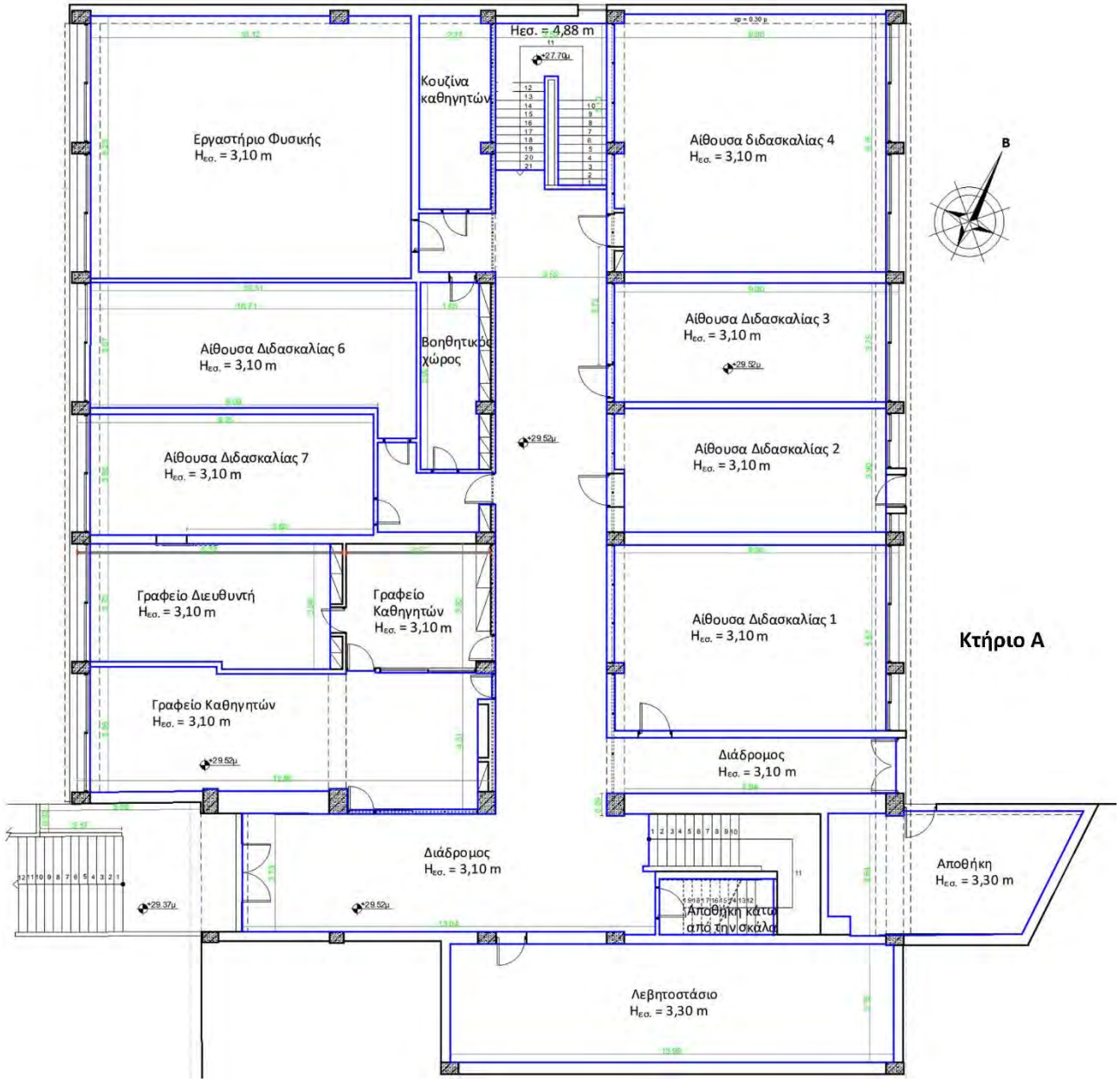
Επίπεδο	Χώρος	Κτήριο	Επιφάνεια (m^2)	Όγκος (m^3)	Θερμική ζώνη
Ισόγειο	Βιβλιοθήκη	Α	99,47	298,41	1
Ισόγειο	W.C.	Α	4,38	13,71	2
Ισόγειο	W.C. ανδρών	Α	11,46	35,87	2
Ισόγειο	W.C. γυναικών	Α	20,29	63,51	2
Ισόγειο	Διάδρομος	Α	43,98	137,66	2
Ισόγειο	Κλιμακοστάσιο	Α	11,53	56,27	4
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Α	50,26	155,81	1
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Α	32,82	101,74	1
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Α	32,21	99,85	1
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Α	69,16	214,40	1
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Α	42,07	130,42	1
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Α	34,01	105,43	1
Α΄ όροφος	Γραφείο Διευθυντή	Α	29,06	90,09	1
Α΄ όροφος	Γραφείο Καθηγητών (μεγάλο)	Α	49,14	152,33	1
Α΄ όροφος	Γραφείο Καθηγητών (μικρό)	Α	16,03	49,69	1
Α΄ όροφος	Εργαστήριο Φυσικής	Α	83,75	259,63	1
Α΄ όροφος	Κουζίνα Καθηγητών	Α	13,70	42,47	1
Α΄ όροφος	Διάδρομος	Α	146,80	455,08	2
Α΄ όροφος	Αποθήκη	Α	27,07	89,33	4
Α΄ όροφος	Αποθήκη κάτω από τη σκάλα	Α	6,34	19,65	4
Α΄ όροφος	Βοηθητικός χώρος	Α	10,87	33,70	4
Α΄ όροφος	Κλιμακοστάσιο	Α	15,73	76,76	4
Α΄ όροφος	Λεβητοστάσιο	Α	52,45	173,09	4
Β΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Α	68,85	213,44	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Α	70,34	218,05	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Α	23,27	72,14	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Α	34,54	107,07	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών	Α	67,03	207,79	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών	Α	68,73	213,06	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα μουσικής	Α	49,92	154,75	1
Β΄ όροφος	Αίθουσα τεχνολογίας	Α	28,35	87,89	1
Β΄ όροφος	Βιβλιοθήκη	Α	38,44	119,16	1
Β΄ όροφος	Γραφεία Καθηγητών	Α	61,85	191,74	1
Β΄ όροφος	Γραφεία Καθηγητών	Α	30,85	95,64	1
Β΄ όροφος	Γραφεία Καθηγητών	Α	31,14	96,53	1
Β΄ όροφος	Γραφείο φύλακα	Α	6,36	19,72	1
Β΄ όροφος	Κυλικείο	Α	20,07	62,22	1
Β΄ όροφος	WC ανδρών	Α	15,89	49,26	2
Β΄ όροφος	WC γυναικών	Α	26,46	82,03	2
Β΄ όροφος	WC Καθηγητών	Α	16,76	51,96	2
Β΄ όροφος	Διάδρομος	Α	357,86	1.109,37	2

Πίνακας 13: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

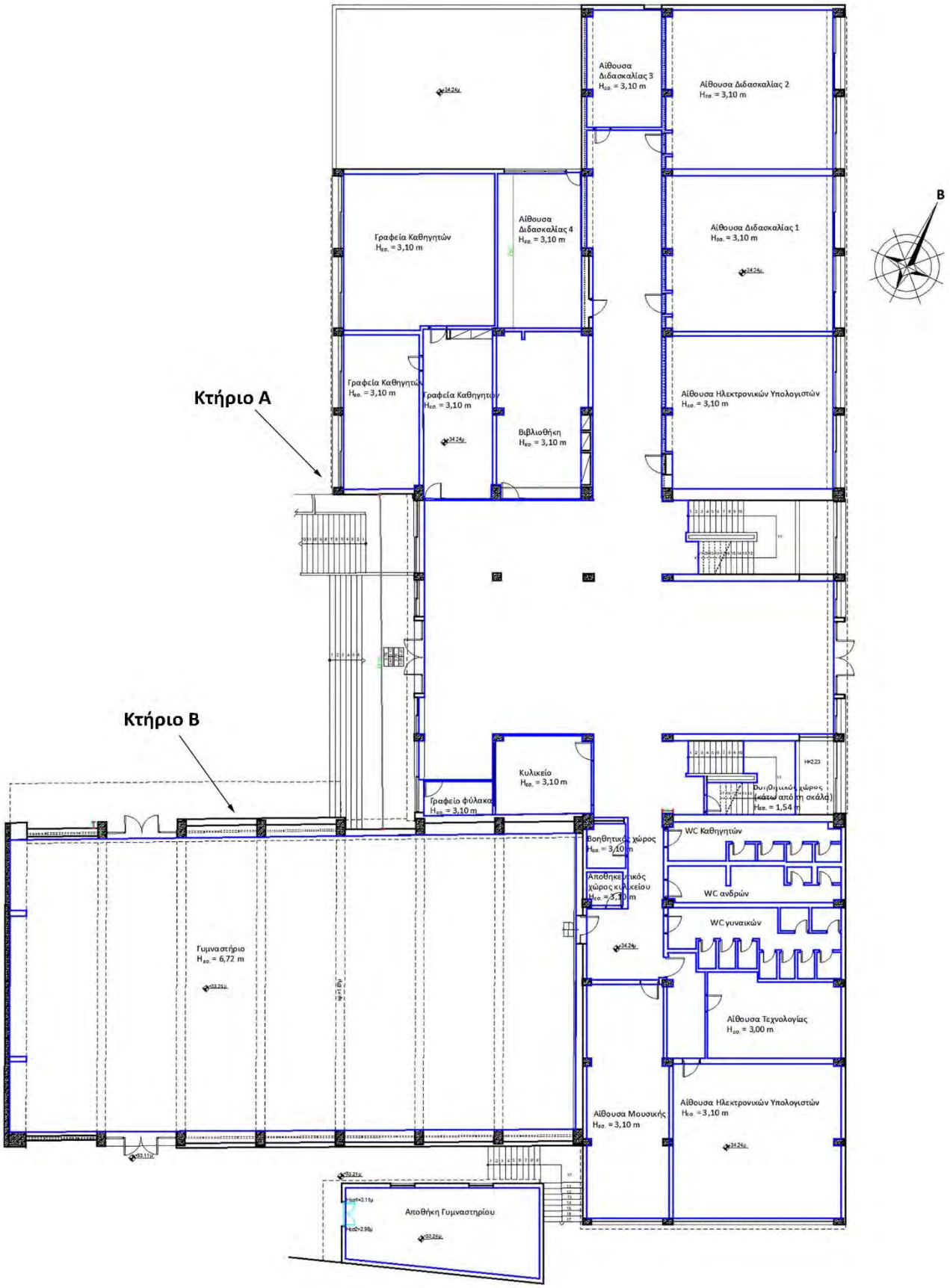
Επίπεδο	Χώρος	Κτήριο	Επιφάνεια (m^2)	Όγκος (m^3)	Θερμική ζώνη
Β΄ όροφος	ΑΠΧ	Β	442,19	2.971,52	3
Β΄ όροφος	Αποθηκευτικός χώρος κυλικείου	Α	3,11	9,64	4
Β΄ όροφος	Αποθήκη ΑΠΧ	Β	41,61	128,99	4
Β΄ όροφος	Βοηθητικός χώρος	Α	4,58	14,20	4
Β΄ όροφος	Βοηθητικός χώρος κάτω από τη σκάλα	Α	13,37	41,45	4
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Δ	37,18	110,05	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 12	Α	68,55	212,51	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 13	Α	69,98	216,94	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 14	Α	24,47	80,38	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Γ	44,64	133,92	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Γ	48,36	145,08	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Γ	34,34	103,02	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Γ	34,45	103,35	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Α	37,56	111,18	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Α	37,50	111,00	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Α	37,56	111,18	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 5	Α	37,29	110,38	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Α	67,80	210,18	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Α	33,49	103,82	1
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 8	Α	67,62	209,62	1
Γ΄ όροφος	Εργαστήριο Φυσικής	Α	74,47	232,04	1
Γ΄ όροφος	Διάδρομος	Α	152,39	472,41	2
Γ΄ όροφος	Αποθήκη Εργαστηρίου Φυσικής	Α	22,09	68,48	4
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Α	24,27	75,24	1
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Α	67,15	208,17	1
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Α	65,04	201,62	1
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Α	32,89	101,96	1
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 5	Α	65,91	204,32	1
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Α	70,67	219,08	1
Δ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Α	26,09	80,88	1
Δ΄ όροφος	Διάδρομος	Α	129,92	402,75	2
Ε΄ όροφος	Αίθουσα Γαλλικών	Α	34,09	105,68	1
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Α	38,83	120,37	1
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Α	68,89	213,56	1
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Ε	37,97	112,01	1
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Ε	37,40	110,33	1
Ε΄ όροφος	Διάδρομος	Α	31,50	97,65	2
Ε΄ όροφος	Κλιμακοστάσιο	Α	18,51	57,38	4



Σχήμα 22: Κάτοψη του ισογείου (1η στάθμη) του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

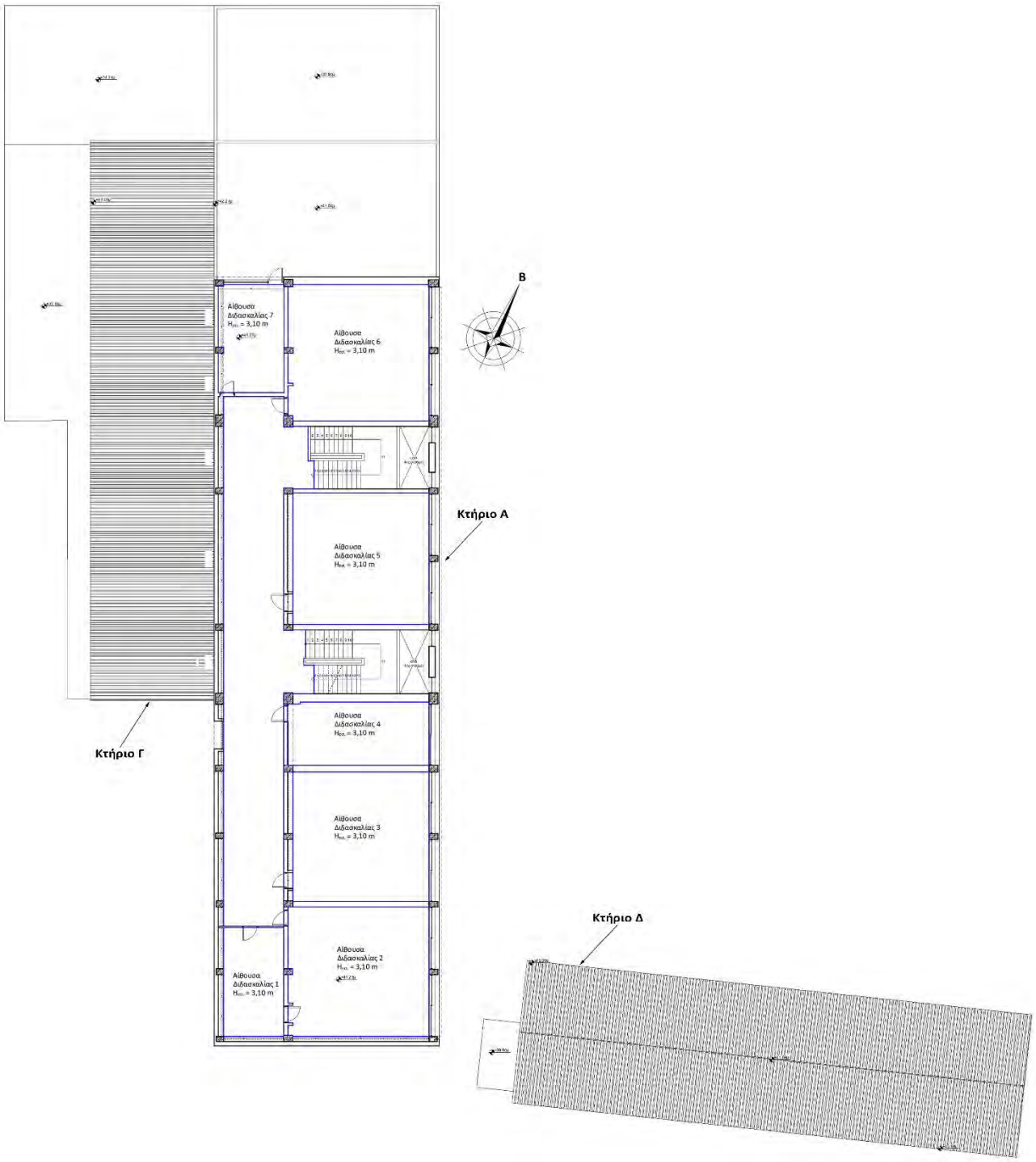


Σχήμα 23: Κάτοψη του Α΄ ορόφου (2η στάθμη) του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

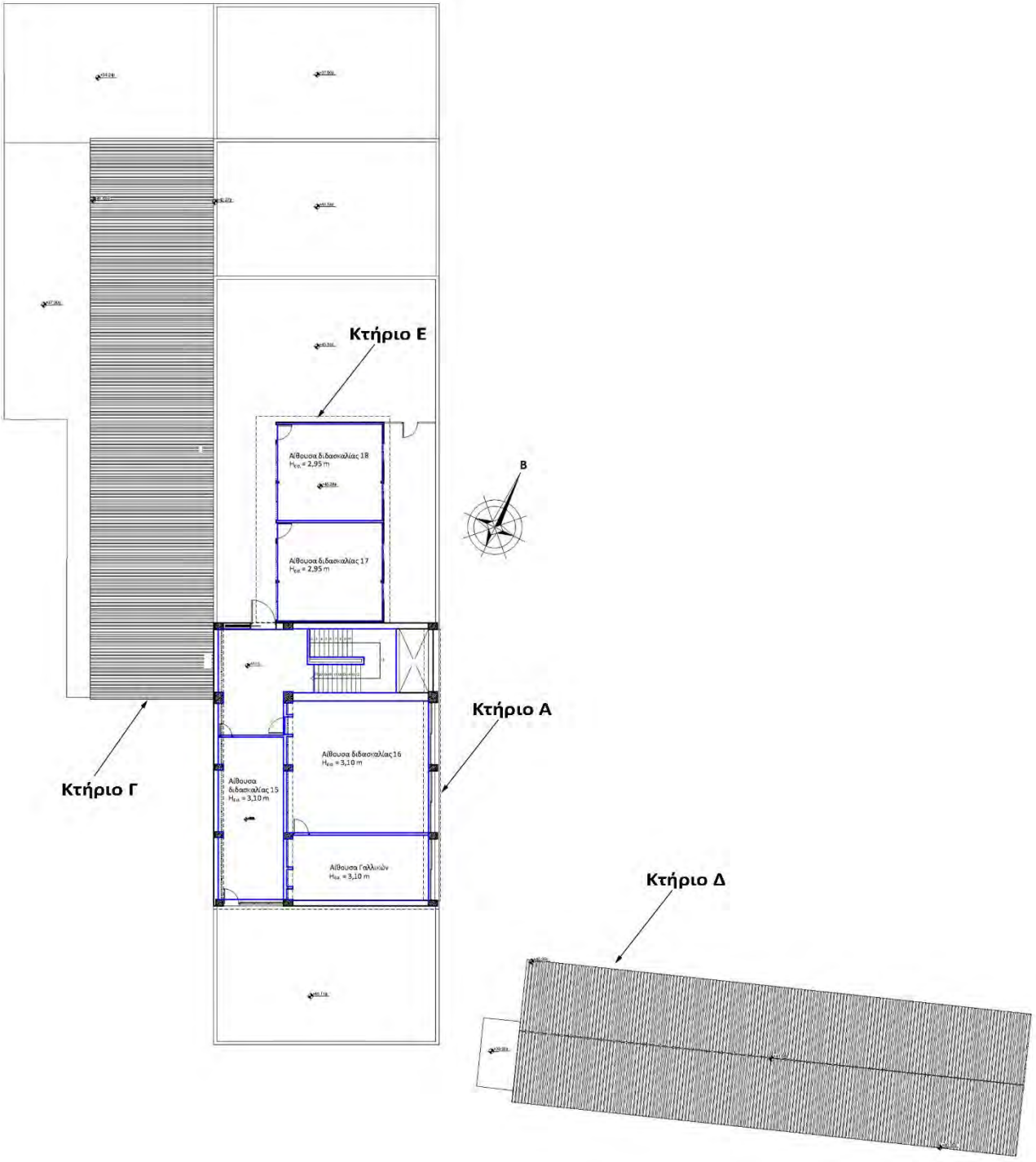


Σχήμα 24: Κάτοψη του Β΄ ορόφου (3η στάθμη) του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Σχήμα 25: Κάτοψη του Γ΄ ορόφου (4η στάθμη) του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.



Σχήμα 26: Κάτοψη του Δ΄ ορόφου (5η στάθμη) του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.



Σχήμα 27: Κάτοψη του Ε΄ ορόφου (6η στάθμη) του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

3.2. Υλικά κατασκευής και στοιχεία κτηριακού κελύφους

Όπως γίνεται κατανοητό από τους πίνακες της προηγούμενης ενότητας, το συνολικό κτήριο του 2ου Γυμνασίου - Λυκείου Ρεθύμνου αποτελείται από πέντε (5) διακριτά κτήρια, το κυρίως κτήριο, η Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων (ΑΠΧ) και τα τρία ακόμα κτήρια με συνθετική τοιχοποιία, που προστέθηκαν μεταγενέστερα στο κυρίως κτήριο, προκειμένου να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες στέγασης των μαθητών του σχολικού συγκροτήματος. Οι δύο ομάδες κτηρίων, δηλαδή το κυρίως κτήριο και τα νέα κτήρια συνθετικής δόμησης, έχουν διαφορετικά δομικά χαρακτηριστικά. Το κυρίως κτήριο και η ΑΠΧ είναι κατασκευασμένα με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και δώματα από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, ενώ τα κτήρια με τη συνθετική τοιχοποιία έχουν μεταλλικό φέροντα οργανισμό και τοιχοποία και στέγες από μεταλλικά πλαίσια πολυουρεθάνης, πάχους 5 cm. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτηρίου λήφθηκαν σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 [6], πίνακας 3.5, με βάση τα πραγματικά δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κτηρίου και όλες τις υφιστάμενες διακριτές αδιαφανείς επιφάνειες του κτηριακού κελύφους. Αναλυτική περιγραφή των δομικών χαρακτηριστικών ανά δομικό στοιχείο με τους αντίστοιχους συντελεστές θερμοπερατότητας παρουσιάζονται στον πίνακα 14. Το ποσοστό του φέροντος οργανισμού επί των επιφανειών του κτηριακού κελύφους για το κυρίως κτήριο λαμβάνεται ίσο με 23% βάσει Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) [7].

Πίνακας 14: Υλικά κατασκευής αδιαφανών επιφανειών κτηρίου και συντελεστές θερμοπερατότητας αυτών στην υφιστάμενη κατάσταση.

Δομικό στοιχείο	Περιγραφή	Συνολικό πάχος (cm)	Συντελεστής θερμοπερατότητας ($W/m^2 \cdot K$)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο: Δώμα σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Δώματα ορόφων κτηρίου Α και Β από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20 cm χωρίς θερμομόνωση	24	3,76
Οριζόντιο δομικό στοιχείο: Στέγη σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Στέγη κτηρίων Γ, Δ και Ε συνθετικής δόμησης με πετάσματα τύπου sandwich από γαλβανισμένη λαμαρίνα με πλήρωση πολυουρεθάνης πάχους 5 cm	6	4,50 (βιβλιογραφία, λόγω παλαιότητας και εμποτισμού με νερό)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο: Πάτωμα σε επαφή με έδαφος	Πλάκα σκυροδέματος 15 cm, επίχρισμα και μάρμαρο	20	3,10 (Πίνακας 3.5β)
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Τοίχος διπλής οπτοπλινθοδομής κτηρίου Α και Β, πάχους 35 cm με επίχρισμα εσωτερικά και εξωτερικά 2,5 cm, χωρίς θερμομόνωση	40	1,06
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Τοιχοποιία κτηρίων Γ, Δ και Ε συνθετικής δόμησης με πετάσματα τύπου sandwich από γαλβανισμένη λαμαρίνα με πλήρωση πολυουρεθάνης πάχους 5 cm	10	3,50 (Εκτίμηση για παλαιά και κατεστραμμένα υλικά)
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Φέρων οργανισμός	Φέρων οργανισμός κτηρίων Α και Β από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 55 cm χωρίς θερμομόνωση	55	2,23
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Εσωτερική τοιχοποιία	Επίχρισμα 2 cm, κοινή οπτολινθοδομή 10 cm, επίχρισμα 2 cm	14	2,40 (Πίνακας 3.5α)

Για τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών επιφανειών, οι συντελεστές θερμικής μετάβασης εσωτερικού και εξωτερικού χώρου h_i και h_o αντίστοιχα έχουν ληφθεί ίσοι με [8]:

- $h_i = 10$ W/m^{2}K και $h_o = 25$ W/m^{2}K για ροή αέρα επί οριζόντιας επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s

- h_i = 7,7 W/m^{2}K και h_o = 25 W/m^{2}K για ροή αέρα επί κάθετης επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s.

Επίσης, λόγω του ανοιχτού χρώματος της τοιχοποιίας, ο συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας θεωρήθηκε 0,4.

Στον πίνακα 15 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ανοιγμάτων και οι συνολικοί συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών αυτών.

Πίνακας 15: Τύπος ανοιγμάτων του κτηρίου και συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών.

Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου (W/m^{2}K)	Ποσοστό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα (W/m^{2}K)	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος (W/m^{2}K)	Συντελεστής ηλιακών κερδών
Παράθυρο με πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα	7,00	20%	5,7	6,0	0,77
Πόρτα με πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα	7,00	20%	5,7	6,0	0,77

3.3. Τιμές παραμέτρων

Για τον υπολογισμό των φορτίων χρησιμοποιήθηκε λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων προσομοίωσης ωριαίας βάσης για ένα χρόνο, που αναπτύχθηκε από τους μελετητές της Μινώα Ενεργειακή Κοινότητα. Για τις απαιτήσεις του προγράμματος το υφιστάμενο σχολικό κτήριο σχεδιάστηκε υπολογιστικά.

Οι παράμετροι προσομοίωσης καθορίζονται με βάση τα παρακάτω:

- <u>Απαιτήσεις εξαερισμού:</u>

  Δεν υφίσταται εγκατάσταση συστήματος μηχανικού εξαερισμού. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καλύπτονται από τη χρήση των ανοιγμάτων.

- <u>Διείσδυση αέρα:</u>

  Η διείσδυση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου υπολογίστηκε βάσει της οδηγίας της ASHRAE, σύμφωνα με την οποία ένα ρεαλιστικό μοντέλο για τη διείσδυση αέρα δίνεται από τη σχέση [6]:

$$ACH = K_1 + K_2 \cdot (T_{zone} - T_{amb}) + K_3 \cdot u_w \quad (3)$$

  όπου:

ACH (air changes per hour):	οι απαιτούμενες εναλλαγές αέρα ανά ώρα
T_{zone} :	η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου της εκάστοτε θερμικής ζώνης
T_{amb} :	η θερμοκρασία περιβάλλοντος (σχήμα 3)
u_w :	η ταχύτητα του ανέμου σε m/s (σχήμα 16)
K_1, K_2, K_3 :	συντελεστές που εξαρτώνται από την αεροστεγανότητα των κουφωμάτων και δίνονται από τον πίνακα 16.

  Για την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου, οι συντελεστές K_1, K_2, K_3 λήφθηκαν για χαμηλή αεροστεγανότητα κουφωμάτων.

Πίνακας 16: Συντελεστές διείσδυσης αέρα.

Αεροστεγανότητα	K_1	K_2	K_3
Χαμηλή	0,100	0,023	0,070
Μέση	0,100	0,017	0,049
Υψηλή	0,100	0,011	0,034

- Ωράριο λειτουργίας – Αριθμός επισκεπτών:

  Το σχολικό κτήριο φιλοξενεί καθημερινά 775 μαθητές και 92 εκπαιδευτικούς, συνολικά 867, κατά προσέγγιση 900 χρήστες μαζί με τους καθημερινούς επισκέπτες. Το ωράριο λειτουργίας για το σύνολο του κτηρίου είναι καθημερινό, από τις 8:00 έως τις 17:00, το οποίο περιλαμβάνει τα βασικά πρωινά μαθήματα ως τις 14:00 και κάποιες επιπρόσθετες δραστηριότητες μέχρι τις 17:00. Ειδικά για την ΑΠΧ, το ωράριό του για τις ανάγκες του εκπαιδευτικού προγράμματος εκτείνεται καθημερινά από τις 8:00 ως τις 14:00 και στη συνέχεια για τις ανάγκες των διαφόρων αθλητικών σωματείων της πόλης του Ρεθύμνου η ΑΠΧ συνεχίζει να λειτουργεί ως τις 22:00.

  Τα ανωτέρω συνοψίζονται στον πίνακα 17.

Πίνακας 17: Αριθμός ατόμων ανά θερμική ζώνη και ωράριο λειτουργίας.

Θερμική ζώνη	Αριθμός ατόμων/ώρα	Ωράριο λειτουργίας
Θερμική ζώνη 1, 2	900	8:00 – 14:00 Δευτέρα – Παρασκευή
Θερμική ζώνη 3 (ΑΠΧ)	40	8:00 – 22:00 Δευτέρα – Παρασκευή
Μη κλιματιζόμενοι χώροι	-	-

  Ο μέσος συντελεστής ανθρώπινης παρουσίας θεωρείται 1, συνεπώς ο παραπάνω αριθμός ατόμων βρίσκεται επί συνεχούς βάσης στις θερμικές ζώνες του κτηρίου κατά τις ανωτέρω αναφερόμενες χρονικές περιόδους.

  Τέλος, το κυρίως σχολικό κτήριο παραμένει κλειστό από 1 Ιουλίου έως 31 Αυγούστου.

- Επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας και υγρασίας κλιματιζόμενων χώρων:

  Οι συνιστώμενες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας κλιματιζόμενων χώρων για τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο καθορίστηκαν με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6].

- Εσωτερικά θερμικά κέρδη:

  Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη αφορούν στους ανθρώπους που βρίσκονται εντός του κτηρίου, στο φωτισμό και στις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές που παράγουν θερμότητα. Τα παραπάνω καθορίστηκαν με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6]. Κατά τον υπολογισμό των φορτίων θέρμανσης δεν λήφθηκαν υπόψη εσωτερικά θερμικά κέρδη και ανθρώπινη δραστηριότητα ώστε να διασφαλιστεί το δυσμενέστερο σενάριο.

- Σκίαση

  Το κτήριο στην υφιστάμενη κατάστασή του είναι πανταχόθεν ελεύθερο. Συνεπώς δεν υφίσταται σκίαση από κανένα φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο. Επίσης δεν υπάρχει καμία τεχνητή κατασκευή (π.χ. οριζόντιοι πρόβολοι) για τη σκίαση των ανοιγμάτων του κτηρίου.

- Τιμές παραμέτρων προσομοίωσης:

  Με βάση τα ανωτέρω αναφερόμενα, στον πίνακα 18 παρουσιάζονται οι τελικές τιμές παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση του κτηρίου. Όσον αφορά στη διείσδυση του αέρα από τα ανοίγματα, τούτη υπολογίστηκε με βάση την ανωτέρω αναφερόμενη σχέση και για τούτο στον ακόλουθο πίνακα εμφανίζεται ως "input".

  Οι υπόλοιπες τιμές είναι σύμφωνες με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6].

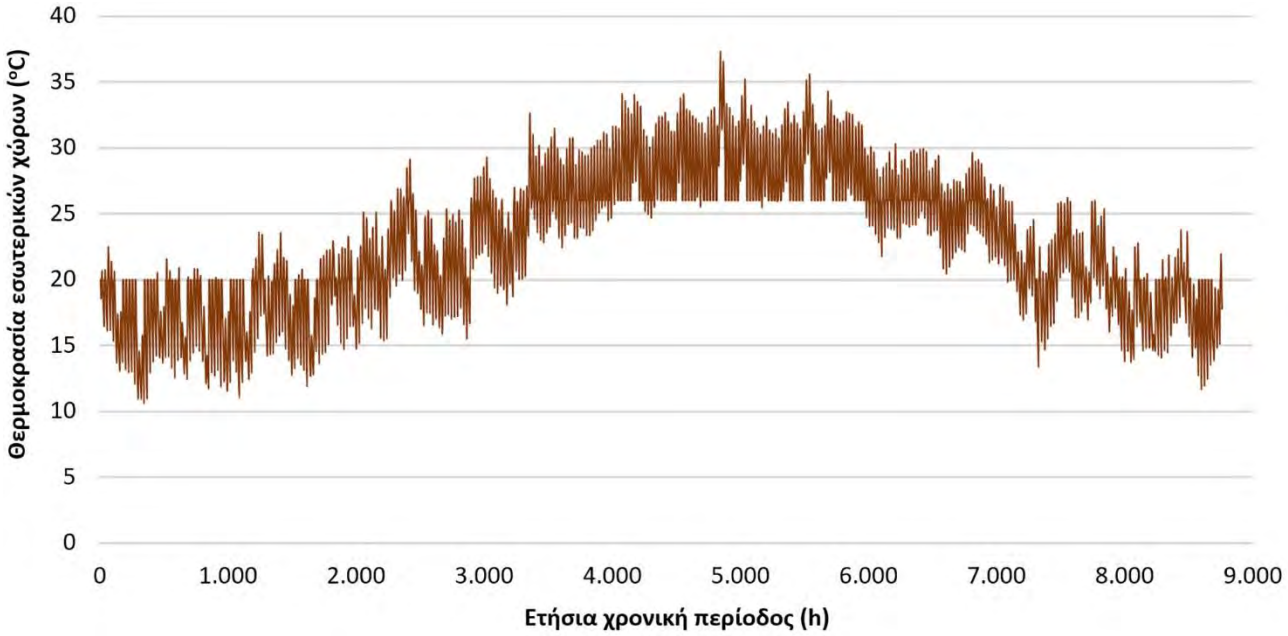
Πίνακας 18: Τιμές παραμέτρων προσομοίωσης για τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου.

	Θέρμανση		**Ψύξη**					**Θερμικά κέρδη**
Θερμική ζώνη	**Θερμοκρασία (°C)**	**Σχετική υγρασία (%)**	**Θερμοκρασία (°C)**	**Σχετική υγρασία (%)**	**Διείσδυση αέρα**	**Εξαερισμός (m^3/h & άτομο)**	**Άτομα/ώρα**	**Θερμικά κέρδη λόγω εξοπλισμού (W)**
1	20	35	26	45	input	10	150	0,75
2	20	35	26	45	input	10	150	0,75
3	18	35	26	50	Input	10	30	0
4	20	35	26	50	input	10	25	1

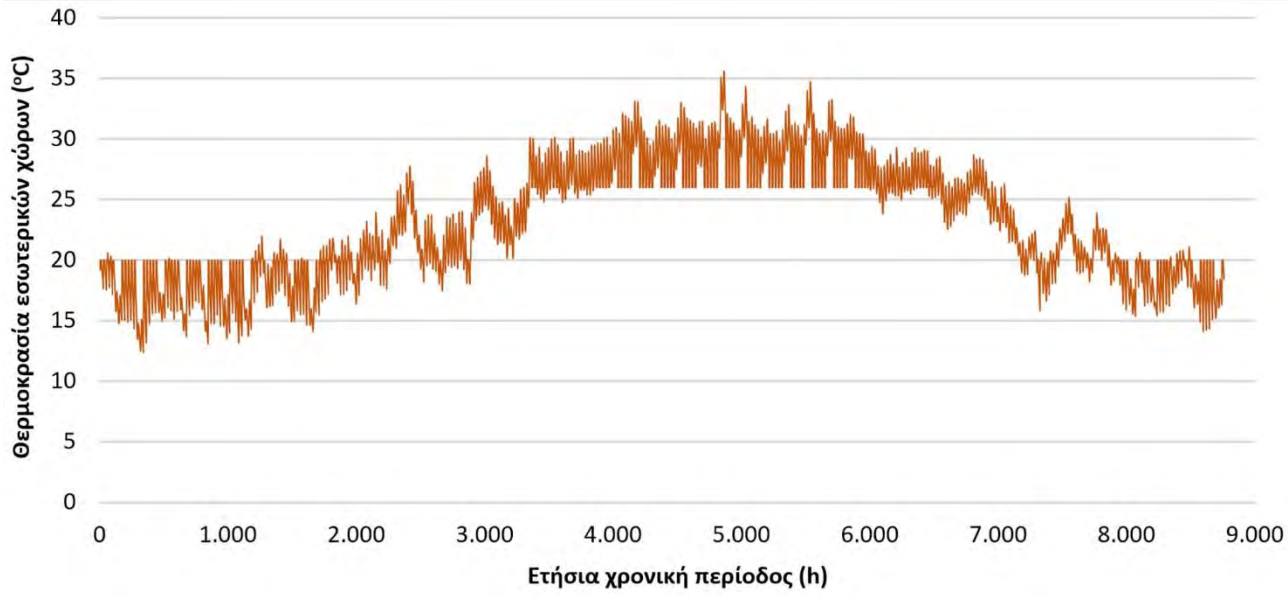
3.4. Αποτελέσματα στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας

Τα αποτελέσματα της θερμικής προσομοίωσης της λειτουργίας του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου αφορούν στον υπολογισμό της απαιτούμενης τελικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτηρίου. Για τον υπολογισμό των φορτίων κλιματισμού γίνεται η υπόθεση ότι επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης εντός των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου. Η ίδια προφανώς υπόθεση θα ισχύσει και για τον υπολογισμό των φορτίων κλιματισμού του κτηρίου μετά την υλοποίηση των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων, οι οποίες θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα.

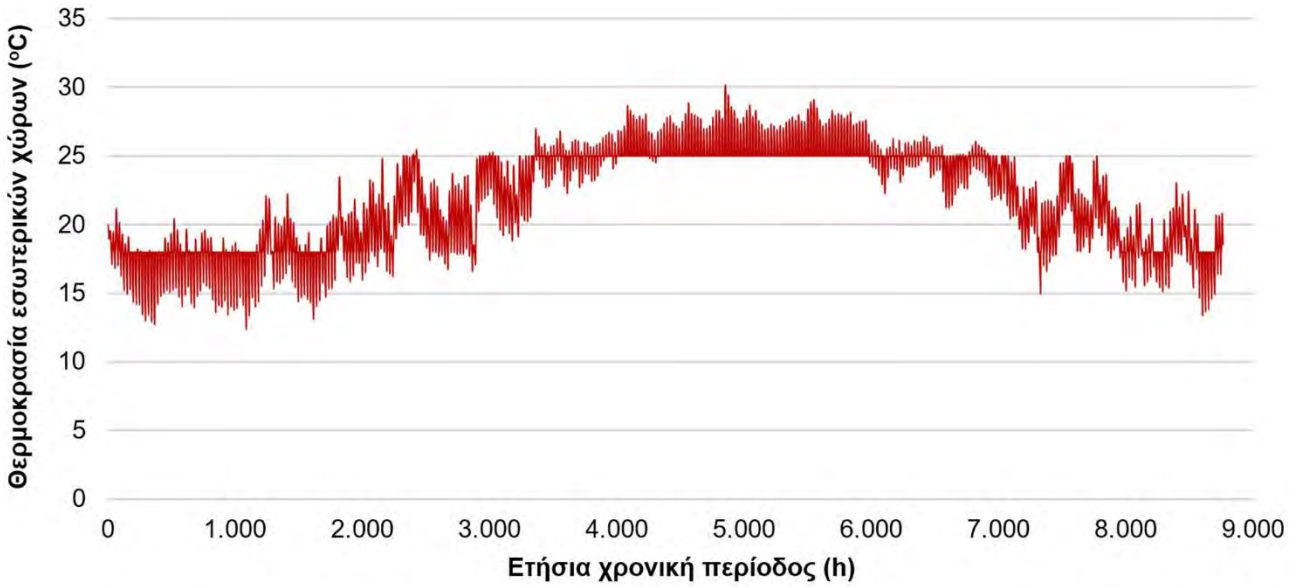
Στα σχήματα 28 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων σε κάθε θερμική ζώνη του κτηρίου κατά τη διάρκεια του έτους, όπως προκύπτει από την υπολογιστική προσομοίωση της λειτουργίας του κτηρίου. Οι χρονοσειρές αυτές, δεδομένης της υπόθεσης για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης πριν και μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις, παραμένουν αμετάβλητες και στις δύο περιπτώσεις μελέτης, δηλαδή και στην υφιστάμενη κατάσταση και στην αναμενόμενη κατάσταση μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων στο κτηριακό κέλυφος.



Σχήμα 28α: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους της θερμικής ζώνης 1 του κτηρίου πριν ή μετά τις παρεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος.

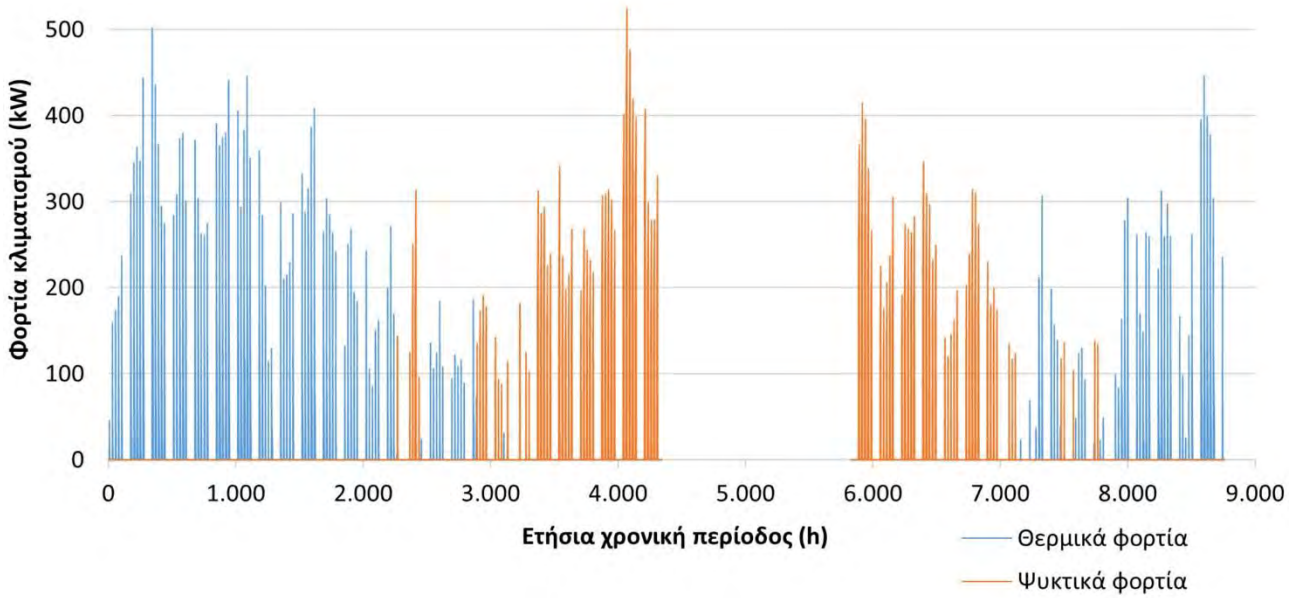


Σχήμα 28β: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους της θερμικής ζώνης 2 του κτηρίου πριν ή μετά τις παρεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος.

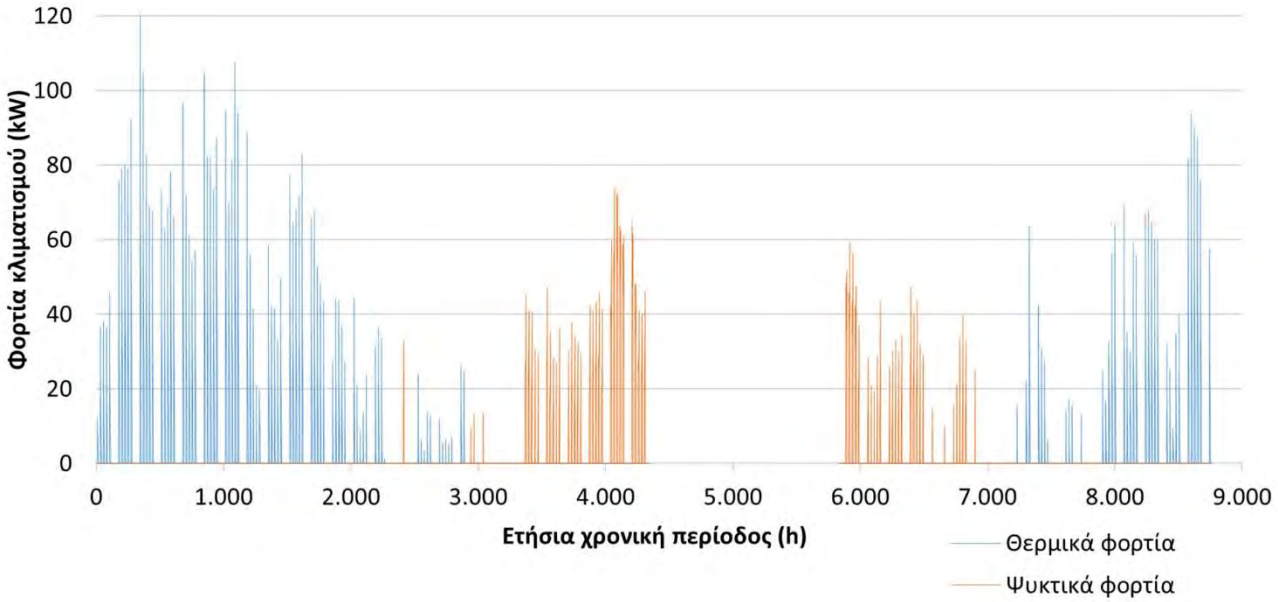


Σχήμα 28γ: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους της θερμικής ζώνης 3 του κτηρίου πριν ή μετά τις παρεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος.

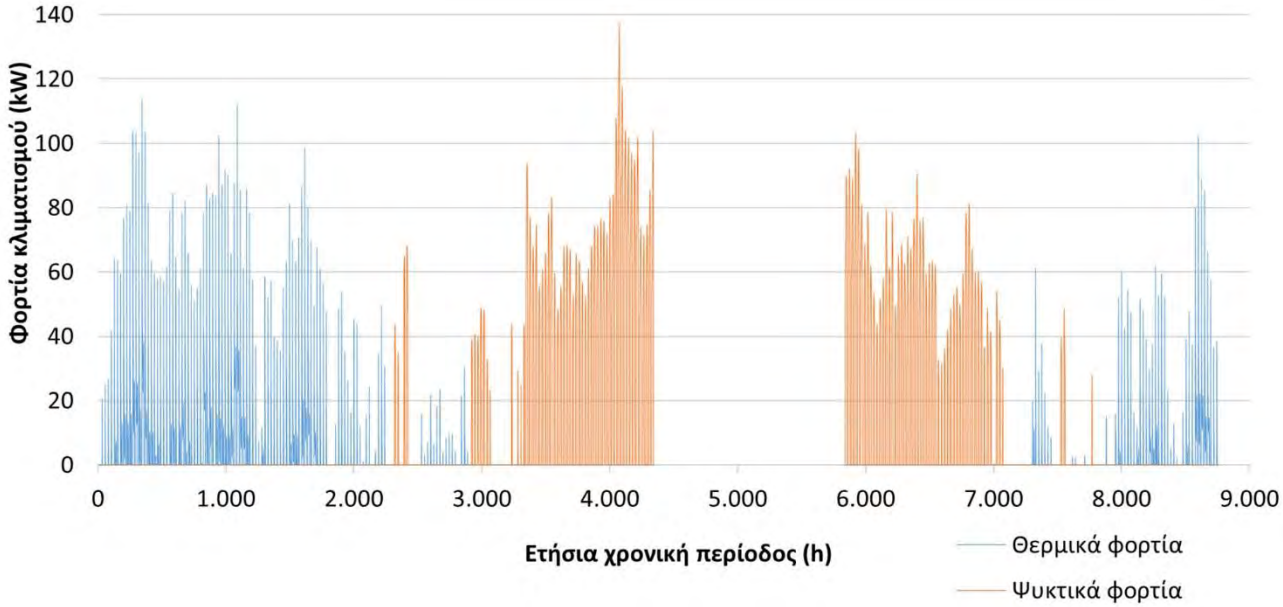
Στα σχήματα 29 απεικονίζεται η ετήσια διακύμανση των φορτίων κλιματισμού στις κλιματιζόμενες θερμικές ζώνες του κτηρίου και συνολικά για ολόκληρη την κτηριακή υποδομή, στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του.



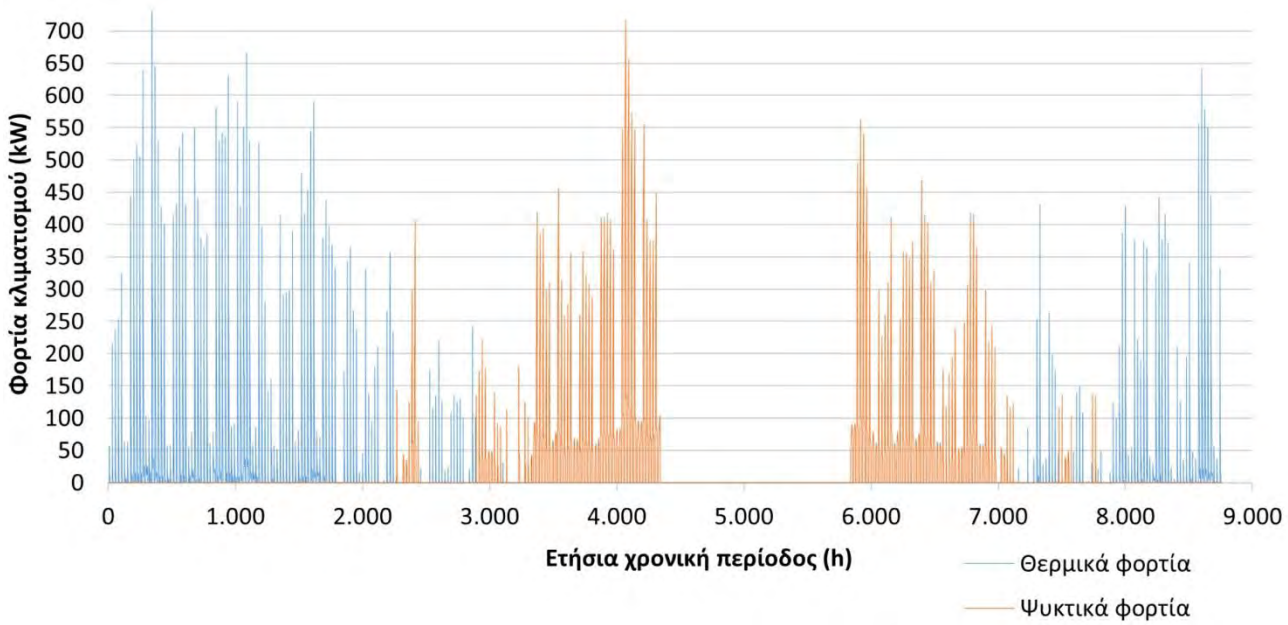
Σχήμα 29α: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης στη θερμική ζώνη 1 του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 29β: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης στη θερμική ζώνη 2 του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 29γ: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης στη θερμική ζώνη 3 του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 29δ: Ετήσια διακύμανση συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Στους πίνακες 19 παρατίθενται οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές των φορτίων θέρμανσης και ψύξης στις θερμικές ζώνες και συνολικά για όλο το κτήριο στην υφιστάμενη κατάσταση του σχολικού κτηρίου.

Πίνακας 19α: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 1 στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	**Αιχμές φορτίου (kW_{th})**		**Μηνιαία φορτία (kWh)**	
	Θέρμανση	**Ψύξη**	**Θέρμανση**	**Ψύξη**
Ιανουάριος	495,5	0,0	18.656,4	0,0
Φεβρουάριος	440,4	0,0	16.569,7	0,0
Μάρτιος	404,1	0,0	11.257,5	0,0
Απρίλιος	268,6	312,0	3.070,2	3.440,5
Μάιος	72,7	339,4	104,9	16.542,0
Ιούνιος	0,0	523,3	0,0	41.393,9
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	412,5	0,0	32.069,7
Οκτώβριος	68,6	311,8	129,1	12.910,5
Νοέμβριος	304,3	137,7	4.375,8	817,5
Δεκέμβριος	440,8	0,0	13.016,5	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**495,5**	**523,3**	**67.180,1**	**107.174,1**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**174.354,2**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**2.475,9**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**27,1**	**43,3**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**70,4**	

Πίνακας 19β: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 2 στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	118,3	0,0	5.842,4	0,0
Φεβρουάριος	105,5	0,0	4.879,6	0,0
Μάρτιος	81,7	0,0	3.065,8	0,0
Απρίλιος	36,2	32,5	457,3	99,0
Μάιος	24,5	46,4	38,0	1.443,1
Ιούνιος	0,0	73,2	0,0	5.528,5
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	58,6	0,0	3.270,6
Οκτώβριος	15,4	38,9	24,2	500,5
Νοέμβριος	63,7	0,0	1.232,8	0,0
Δεκέμβριος	92,2	0,0	4.195,8	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**118,3**	**73,2**	**19.736,1**	**10.841,6**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**30.577,7**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**957,7**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**20,6**	**11,3**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**31,9**	

Πίνακας 19γ: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 3 στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	112,7	0,0	5.998,2	0,0
Φεβρουάριος	111,1	0,0	5.730,6	0,0
Μάρτιος	98,0	0,0	3.305,7	0,0
Απρίλιος	48,7	68,1	483,2	1.584,1
Μάιος	4,2	93,7	4,2	10.130,0
Ιούνιος	0,0	137,5	0,0	26.276,8
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	103,4	0,0	22.251,0
Οκτώβριος	0,0	81,2	0,0	8.747,1
Νοέμβριος	60,9	48,6	624,4	666,2
Δεκέμβριος	101,3	0,0	3.449,9	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**112,7**	**137,5**	**19.596,1**	**69.655,2**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**89.521,2**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**442,2**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**44,3**	**157,5**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**201,8**	

Πίνακας 19δ: Μηνιαία φορτία κλιματισμού συγκεντρωτικά στις θερμικες ζώνες 1 και 2 στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	613,7	0,0	24.498,8	0,0
Φεβρουάριος	545,9	0,0	21.449,3	0,0
Μάρτιος	485,7	0,0	14.323,3	0,0
Απρίλιος	304,7	340,1	3.527,6	3.539,4
Μάιος	97,2	379,3	142,9	17.985,1
Ιούνιος	0,0	592,2	0,0	46.922,4
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	464,2	0,0	35.340,3
Οκτώβριος	84,0	341,0	153,3	13.411,0
Νοέμβριος	367,7	137,7	5.608,6	817,5
Δεκέμβριος	533,0	0,0	17.212,3	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**613,7**	**592,2**	**86.916,2**	**118.015,7**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**204.931,9**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**3.433,6**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**25,3**	**34,4**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**59,7**	

Πίνακας 19ε: Μηνιαία συνολικά φορτία κλιματισμού στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου σε όλες τις θερμικές ζώνες.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	726,4	0,0	30.497,0	0,0
Φεβρουάριος	657,0	0,0	27.179,9	0,0
Μάρτιος	583,7	0,0	17.628,9	0,0
Απρίλιος	353,5	407,1	4.010,7	5.123,6
Μάιος	101,4	453,6	147,2	28.115,1
Ιούνιος	0,0	715,7	0,0	73.199,1
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	558,8	0,0	57.591,2
Οκτώβριος	84,0	415,4	153,3	22.158,1
Νοέμβριος	428,7	137,7	6.233,0	1.483,7
Δεκέμβριος	634,3	0,0	20.662,2	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**726,4**	**715,7**	**106.512,3**	**187.670,9**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**294.183,1**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**1.655,3**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**64,3**	**113,4**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**177,7**	

3.5. Κατανάλωση ενέργειας για κάλυψη φορτίων κλιματισμού

Οι εσωτερικοί κλιματιζόμενοι χώροι του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου κατά την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας θερμαίνονται αποκλειστικά από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης, με

τους δύο καυστήρες πετρελαίου ονομαστικής θερμικής ικανότητας 325 kW_{th} και 46,5 kW_{th} και το υδραυλικό δίκτυο διανομής θέρμανσης. Λαμβάνοντας:

- το βαθμό απόδοσης του καυστήρα 66,0%, βάσει του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)
- ένα ολικό βαθμό απόδοσης του δικτύου διανομής θερμότητας 95%, με βάση επίσης το ΠΕΑ
- ένα ολικό βαθμό απόδοσης των τερματικών θερμαντικών σωμάτων 89%, βάσει του ΠΕΑ Και του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) [7], με το δεδομένο ότι τούτα βρίσκονται εγκατεστημένα εσωτερικά επί της εξωτερικής τοιχοποιίας

και λαμβάνοντας:

- τη θερμογόνο ικανότητα του ντίζελ θέρμανσης βάσει Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6] ίση με 11,92 kWh/kg
- την πυκνότητα του ντίζελ θέρμανσης ίση με 0,86 kg/L
- τη θερμογόνο ικανότητα του ντίζελ θέρμανσης, βάσει των ανωτέρω μεγεθών, ίση με 10,25 kWh/L

η ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης σε όλες τις κλιματιζόμενες θερμικές ζώνες του κτηρίου υπολογίζεται:

86.916,2 kWh / (10,25 kWh/L x 0,66 x 0,95 x 0,89) = 15.195,7 L.

Η υφιστάμενη ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης στο 2^{ο} Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου ήταν, κατά μέσο όρο με βάση τις προμήθειες για το 2022 και το 2023, ίση με 3.400 L (ενότητα 1.1), η οποία αντιστοιχεί στο 22,4% της κατανάλωσης που υπολογίστηκε ανωτέρω. Συνεπώς, το κτήριο δεν θερμαίνεται επαρκώς κατά την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του.

Αναφορικά με την ψύξη, στις αίθουσες διδασκαλίας του Σχολείου βρίσκονται εγκατεστημένες 14 αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, διαιρούμενου τύπου, οι οποίες παρουσιάστηκαν στον πίνακα 2α (ενότητα 1.1), με συνολική ονομαστική ικανότητα σε θέρμανση 34,2 kW_{th} και σε ψύξη 33,1 kW_{th}. Και οι 14 υφιστάμενες αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες είναι εγκατεστημένες σε αίθουσες της θερμικής ζώνης 1.

Με βάση τις αιχμές φορτίου θέρμανσης που παρουσιάστηκαν στους πίνακες 19, στον πίνακα 20 παρατίθενται από κοινού οι ονομαστικές ικανότητες των εγκατεστημένων κλιματιστικών μονάδων σε ψύξη και οι αντίστοιχες αιχμές φορτίων ψύξης, για λόγους σύγκρισης. Με βάση τα παρουσιαζόμενα αποτελέσματα στον πίνακα 20, παρατηρείται ότι η εγκατεστημένη ψυκτική ισχύς δεν επαρκεί για την πλήρη κάλυψη των φορτίων ψύξης σε καμία από τις θερμικές ζώνες του κτηρίου. Είναι προφανές ότι με βάση την υφιστάμενη υποδομή, οι ανάγκες ψύξης των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου δεν δύναται να καλυφθούν.

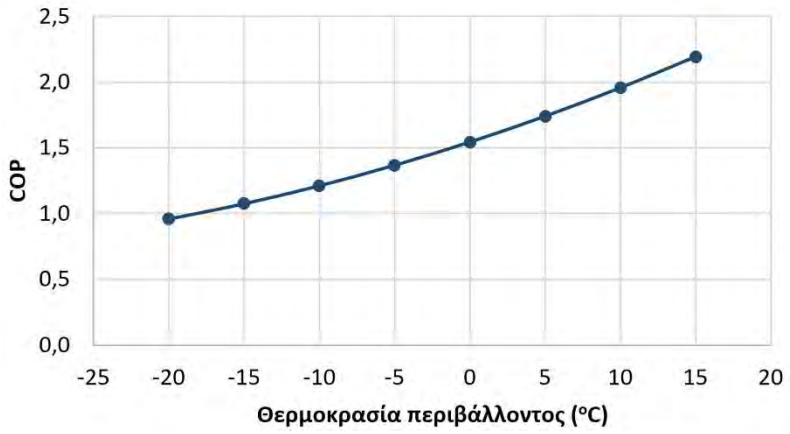
Πίνακας 20: Σύγκριση αιχμών φορτίων ψύξης και ονομαστικής ικανότητας ψύξης εγκατεστημένων μονάδων ανά θερμική ζώνη στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.

Θερμική ζώνη 1		**Θερμική ζώνη 2**		**Θερμική ζώνη 3**	
Αιχμή φορτίου ψύξης (kW_{th})	**Ονομαστική ικανότητα ψύξης μονάδων (kW_{th})**	**Αιχμή φορτίου ψύξης (kW_{th})**	**Ονομαστική ικανότητα ψύξης μονάδων (kW_{th})**	**Αιχμή φορτίου ψύξης (kW_{th})**	**Ονομαστική ικανότητα ψύξης μονάδων (kW_{th})**
523,3	33,1	73,2	0,0	137,5	0,0

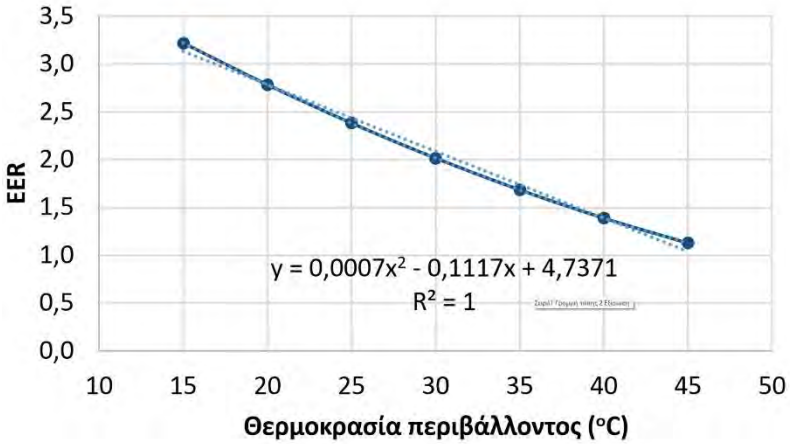
Για τον υπολογισμό της ετήσιας χρονοσειράς κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος για τις ανάγκες κλιματισμού του κτηρίου από τις υφιστάμενες μονάδες κλιματισμού θα θεωρηθεί ότι:

- η θέρμανση των θερμικών ζωνών 1 και 2 γίνεται αποκλειστικά από τους καυστήρες κεντρικής θέρμανσης με την ετήσια κατανάλωση πετρελαίου που υπολογίστηκε ανωτέρω
- η θέρμανση της θερμικής ζώνης 3 (ΑΠΧ) και η ψύξη όλων των θερμικών ζωνών γίνεται με αυτόνομες αντλίες θερμότητες με λειτουργικά χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά των υφιστάμενων.

Οι συντελεστές COP και EER των υποτιθέμενων αντλιών θερμότητας θεωρείται ότι μεταβάλλονται συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των καμπύλων του σχήματος 30.



Σχήμα 30α: Διακύμανση συντελεστή COP των κλιματιστικών μονάδων συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τις υφιστάμενες, αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες.



Σχήμα 30β: Διακύμανση συντελεστή EER των κλιματιστικών μονάδων συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τις υφιστάμενες, αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες.

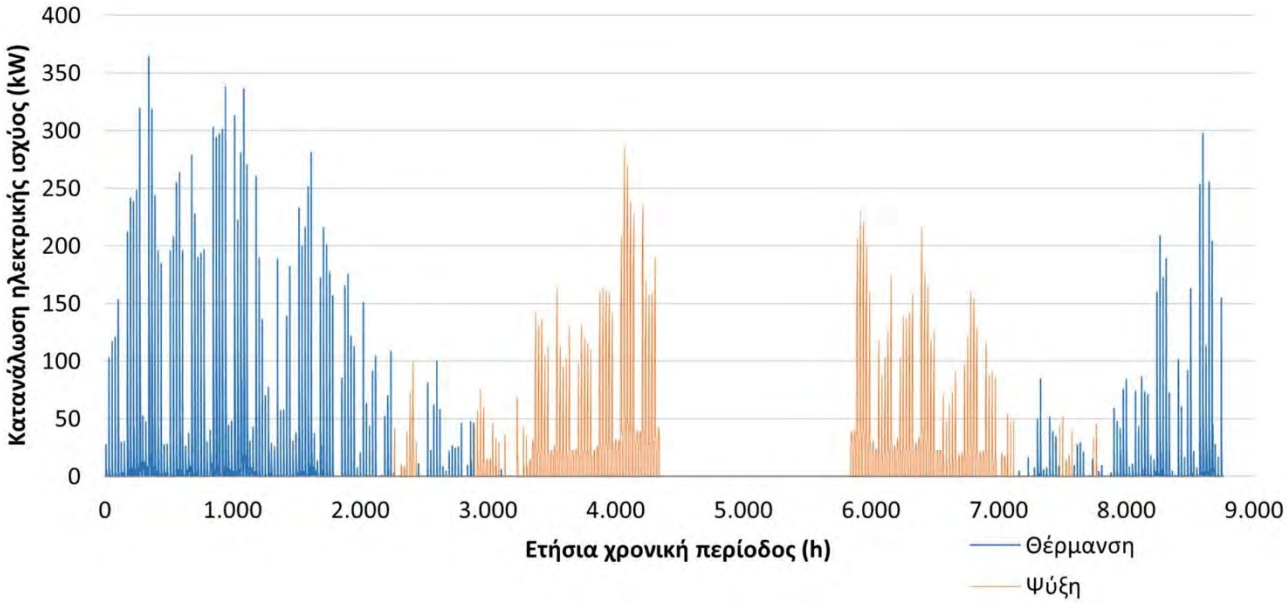
Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση της ΑΠΧ και την ψύξη ολόκληρου του σχολικού κτηρίου υπολογίζεται ανά ωριαίο χρονικό βήμα με βάση τις καμπύλες ψυκτικού φορτίου ανά θερμική ζώνη (σχήματα 30α, 30β και 30γ) και τον εκάστοτε συντελεστή COP και EER, ο οποίος λαμβάνεται συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος με βάση το σχήμα 31. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι:

$$P_{el_h} = \frac{P_h}{COP} \quad (4)$$

$$P_{el_c} = \frac{P_c}{EER} \quad (5)$$

όπου P_{el_h} και P_{el_c} η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος από τις αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα και P_h και P_c το τρέχον θερμικό και ψυκτικό φορτίο αντίστοιχα της εκάστοτε θερμικής ζώνης. Προκειμένου να ακολουθηθούν οι οδηγίες του Κ.ΕΝ.Α.Κ. [7], αλλά και για να προκύψει ένα ενιαίο μέτρο σύγκρισης της υφιστάμενης με την προτεινόμενη κατάσταση, αναφορικά με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, θα θεωρηθεί, ως παραδοχή εργασίας, ότι οι ανάγκες ψύξης του κτηρίου καλύπτονται πλήρως από υποθετικές αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες οι οποίες επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών ψύξης των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου και παρουσιάζουν λειτουργικά χαρακτηριστικά όμοια με αυτά των υφιστάμενων.

Η ετήσια καμπύλη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση της ΑΠΧ και την ψύξη όλων των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου δίνεται στο σχήμα 31 συνολικά για το κτήριο. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας αναλύεται σε μηνιαία βάση στον πίνακα 21.



Σχήμα 31: Ετήσια διακύμανση κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος για την κάλυψη των φορτίων ψύξης του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Πίνακας 21: Μηνιαία ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου, στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Μήνες	Αιχμές ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος (kW)		Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		Απόδοση	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	COP	EER
1	360,0	0,0	2.684,4	0,0	2,2	
2	333,8	0,0	2.849,6	0,0	2,0	
3	278,2	0,0	1.289,7	0,0	2,6	
4	108,8	99,3	128,8	1.275,1	3,8	4,1
5	46,2	162,4	1,9	9.740,6	2,2	2,9
6	0,0	285,2	0,0	29.016,8		2,5
7	0,0	0,0	0,0	0,0		
8	0,0	0,0	0,0	0,0		
9	0,0	228,9	0,0	23.718,2		2,4
10	16,5	159,6	0,0	8.404,7		2,7
11	84,0	52,1	122,4	525,4	5,1	2,7
12	297,3	0,0	1.066,0	0,0	3,2	
Μέγιστες τιμές / σύνολα	**360,0**	**285,2**	**8.142,8**	**72.680,8**	**2,4**	**2,6**

Η πρωτογενής ενέργεια που αντιστοιχεί στις ανωτέρω καταναλώσεις πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών κλιματισμού των εσωτερικών κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου υπολογίζεται, βάσει ΚΕΝΑΚ [7], υιοθετώντας έναν συντελεστή ίσο με 2,9 επί της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, και έναν συντελεστή ίσο με 1,1 επί της αρχικής χημικής ενέργειας που αντιστοιχεί στην ετήσια κατανάλωση ντίζελ θέρμανσης. Ο συνολικός υπολογισμός παρουσιάζεται στον πίνακα 22.

Πίνακας 22: Ανάλυση παραγωγής θερμικής ενέργειας και κατανάλωσης πηγών και πρωτογενούς ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Μέγεθος	Ντίζελ θέρμανσης	Ηλεκτρική ενέργεια
Παραγωγή τελικής θερμικής ενέργειας (kWh_{th})	86.916,2	207.266,9

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (L - kWh)	15.195,7	80.823,6
Κατανάλωση αρχικής χημικής - ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	155.755,4	80.823,6
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	171.331,0	234.388,5
Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	405.719,5	

4. Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

4.1. Υφιστάμενη υποδομή φωτισμού

Στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου είναι εγκατεστημένα συνολικά τα φωτιστικά σώματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 2β, ο οποίος, για πρακτικούς λόγους, παρατίθεται ξανά στον πίνακα 23.

Αναλυτικότερα, με βάση τα παρουσιαζόμενα στον πίνακα 23, τα φωτιστικά σώματα στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου διακρίνονται στα ακόλουθα:

- Εσωτερικός φωτισμός κτηρίου:
  Ανάλογα με τους χώρους εγκατάστασης, τα φωτιστικά σώματα για τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:
  - τα φωτιστικά σώματα στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου και στα εργαστήρια
  - τα φωτιστικά σώματα στους χώρους γραφείων
  - τα φωτιστικά σώματα στους διαδρόμους, στους χώρους διαλείμματος και στα κλιμακοστάσια
  - τα φωτιστικά σώματα στο κυλικείο και στην κουζίνα
  - τα φωτιστικά σώματα στις τουαλέτες
  - τα φωτιστικά σώματα στην ΑΠΧ
  - τα φωτιστικά σώματα στις αποθήκες, στα μηχανοστάσια και, γενικά, στους μη κλιματιζόμενους χώρους
- Εξωτερικός φωτισμός κτηρίου:
  Τα φωτιστικά σώματα στους εξωτερικούς χώρους του σχολείου, τα οποία διακρίνονται σε:
  - φωτιστικά τύπου χελώνας επίτοιχα ή οροφής, εγκατεστημένα εξωτερικά του κτηρίου
  - προβολείς υδραργύρου, εγκατεστημένα σε επίτοιχους πυλώνες στον αύλιο χώρο του κτηρίου.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 23, τα φωτιστικά που είναι εγκατεστημένα στο σχολικό κτήριο μπορούν να διακριθούν στα ακόλουθα, με βάση τον τύπο τους:

- Λαμπτήρες φθορισμού T8 1.200 mm, ισχύος 36 W έκαστος, εγκατεστημένοι σε φωτιστικά με ανακλαστήρες (εικόνες 2 και 3).

Εικόνα 2: Φωτιστικά φθορίου T8 σε ανακλαστήρες στη Βιβλιοθήκη.

Εικόνα 3: Φωτιστικά φθορίου T8 σε ανακλαστήρες στο Εργαστήριο Φυσικής.

Πίνακας 23: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Κεντρικό κτήριο – Φωτιστικά εσωτερικών χώρων							
Ισόγειο	Διάδρομος- Κλιμακοστάσιο	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	5	1	60	60	300
	WC	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	6	1	60	60	360
	Βιβλιοθήκη	Φθορισμού με ανακλαστήρα	15	2	36	72	1.080
Α΄ όροφος	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	7	1	60	60	420
		Φθορισμού οροφής Τ8	1	2	36	72	72
		Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	1	1	14	14	14
	Λεβητοστάσιο	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	5	1	60	60	300
	Κουζίνα καθηγητών	Φθορισμού οροφής Τ8	2	2	36	72	144
	Εργαστηριο φυσικής	Φθορισμού με ανακλαστήρες	15	2	36	72	1.080
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής Τ8	6	2	36	72	432
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής Τ8	6	2	36	72	432
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Γραφείο Διευθυντή	Φθορισμού οροφής Τ8	5	2	36	72	360
	Γραφείο Καθηγητών	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
Β΄ όροφος	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	8	1	60	60	480
		Φωτιστικό οροφής τετράγωνο Τ4	14	4	18	72	1.008
	WC	Φωτιστικό οροφής Τ8	13	1	60	60	780

Πίνακας 23: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Γ΄ όροφος	Αίθουσα τεχνολογίας	Φωτιστικό οροφής T8	6	2	36	72	432
	Αίθουσα Η/Υ	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα μουσικής	Φθορισμού οροφής T8	3	2	36	72	216
	Αίθουσα Η/Υ	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής T8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής T8	6	2	36	72	432
	Βιβλιοθήκη	Στρογγυλό Led pl	8	1	20	20	160
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού με ανακλαστήρα	4	2	36	72	288
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού με ανακλαστήρα	3	2	36	72	216
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	ΑΠΧ	Φωτιστικό οροφής led	14	1	120	120	1.680
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	11	1	60	60	660
		Φθορισμού οροφής T8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 13	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 12	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 8	Φθορισμού οροφής T8	9	2	36	72	648
	Εργαστηριο φυσικής	Φθορισμού οροφής T8	11	2	36	72	792
	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φθορισμού οροφής T8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 14	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
Δ΄ όροφος	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	9	1	60	60	540

Πίνακας 23: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής Τ8	2	2	36	72	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 5	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής Τ8	3	2	36	72	216
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής Τ8	9	2	36	72	648
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής Τ8	2	2	36	72	144
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	2	1	60	60	120
	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φθορισμού οροφής Τ8	8	2	36	72	576
	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φθορισμού οροφής Τ8	3	2	36	72	216
	Αίθουσα Γαλλικών	Φθορισμού οροφής Τ8	4	2	36	72	288
	Σύνολο ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος φωτιστικών εσωτερικού χώρου κεντρικού κτηρίου (W):						**27.054**

Κεντρικό κτήριο – Φωτιστικά εξωτερικών χώρων							
Ισόγειο	Αύλιος χώρος	Προβολείς LED	4	1	18	18	72
	Αύλιος χώρος	Φωτιστικό με λάμπα οικονομίας	1	1	100	100	100
Α΄ όροφος	Αύλιος χώρος	Προβολείς αλογόνου	1	1	400	400	400
	Αύλιος χώρος	Προβολείς υδραργύργου σε ιστό	3	2	100	200	600
	Αύλιος χώρος	Προβολείς αλογόνου	2	1	200	200	400
	Αύλιος χώρος	Προβολέας LED	1	1	100	100	100
Β΄ όροφος	ΑΠΧ εξωτερικά	Χελώνα οροφής	5	1	60	60	300
	Αύλιος χώρος	Προβολείς αλογόνου σε ιστό	3	2	100	200	600
	Αύλιος χώρος	Προβολέας αλογόνου	1	1	400	400	400
	Αύλιος χώρος	Προβολέας LED	1	1	400	400	400
	Αύλιος χώρος	Προβολέας LED	2	1	100	100	200

Πίνακας 23: Φωτιστικά σώματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

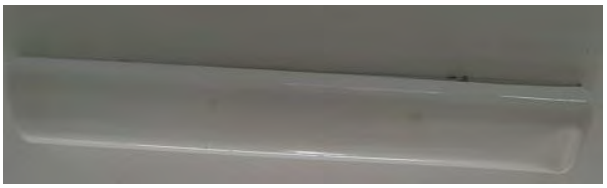
Φωτισμός							
Στάθμη	**Χώρος**	**Είδος φωτιστικού σώματος**	**Αριθμός φωτιστικών**	**Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα (W)**	**Ισχύς φωτιστικού (W)**	**Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)**
Σύνολο ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος φωτιστικών εσωτερικού χώρου κεντρικού κτηρίου (W):							**3.572**
Πρόσθετα κτήρια συνθετικής κατασκευής – Φωτιστικά εσωτερικών και εξωτερικών χώρων							
Γ΄ όροφος	Αίθουσα 1	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα 2	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα 3	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Αίθουσα 4	Φθορισμού οροφής T8	4	2	36	72	288
	Λεβητοστάσιο	Φθορισμού οροφής T8	2	1	60	60	120
	Εξωτερικός φωτισμός	Χελώνα οροφής	5	1	60	60	300
Σύνολο ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος φωτιστικών εσωτερικού και εξωτερικού χώρου πρόσθετων κτηρίων συνθετικής κατασκευής (W):							**1.572**
Σύνολο ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος σωμάτων φωτισμού:							**32.198**

- Φωτιστικά οροφής τύπου πλαφονιέρας ή επίτοιχα, ισχύος 60 W έκαστο, εγκατεστημένα κυρίως στους διαδρόμους και στις τουαλέτες του κτηρίου (εικόνες 4 και 5).

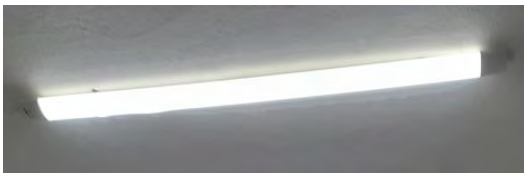
Εικόνα 4: Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας στο διάδρομο του ισογείου.

Εικόνα 5: Φωτιστικό επίτοιχο στις τουαλέτες του ισογείου.

- Λαμπτήρες φθορίου T8 1.200 mm, ισχύος 36 W, εγκατεστημένοι σε πλαστικές σκάφες παλαιού τύπου, όπως παρουσιάζονται στις εικόνες 6 και 7.



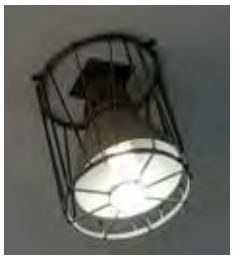
Εικόνα 6: Φωτιστικά φθορίου T8 σε πλαστική σκάφη παλαιού τύπου, στην αίθουσα διδασκαλίας 2 του Α΄ ορόφου.



Εικόνα 7: Φωτιστικά φθορίου T8 σε πλαστική σκάφη, στο γραφείο του Διευθυντή του Γυμνασίου.

- Φωτιστικά οροφής τεχνολογίας LED, ισχύος 20 W, στη Βιβλιοθήκη του Λυκείου (εικόνα 8).
- Φωτιστικά οροφής με λαμπτήρα led, ισχύος 120 W, στην ΑΠΧ.

Εικόνα 8: Φωτιστικό οροφής τεχνολογίας LED, ισχύος 20 W, στη Βιβλιοθήκη του Λυκείου.



Εικόνα 9: Προβολέας με λμπτήρα led, ισχύος 120 W, στην οροφή της ΑΠΧ.

- Προβολείς υδραργύρου, αλογόνου και LED στον αύλιο χώρο του κτηρίου.
- Φωτιστικά εξωτερικού χώρου, τύπου χελώνας.

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 23, η εγκατεστημένη ονομαστική ισχύς των φωτιστικών σωμάτων στο κτήριο ανά τύπο φωτιστικού σώματος και λαμπτήρα παρουσιάζεται στον πίνακα 24.

Πίνακας 24: Εγκατεστημένη ονομαστική ισχύς των φωτιστικών σωμάτων στο κτήριο ανά τύπο φωτιστικού σώματος και λαμπτήρα.

Τύπος φωτιστικού σώματος και λαμπτήρα	Ισχύς (W)
Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	3.194,0
Φωτιστικό φθορισμού T8 με ανακλαστήρες	2.160,0
Φωτιστικό φθορισμού T8 σε πλαστική σκάφη	19.344,0
Φωτιστικό οροφής LED (Βιβλιοθήκη)	160,0
Φωτιστικά επίτοιχα (τουαλέτες)	780,0
Φωτιστικά φθορισμού T4	1.008,0
Προβολείς ΑΠΧ	1.680,0
Φωτιστικά τύπου χελώνας	300,0
Προβολείς LED εξωτερικού χώρου	772,0
Φωτιστικό εξωτερικού χώρου με λαμπτήρα οικονομίας	100,0
Προβολείς αλογόνου εξωτερικού χώρου	1.800,0
Προβολείς υδραργύρου εξωτερικού χώρου	600,0
Χελώνα οροφής εξωτερικού χώρου	300,0
Σύνολο (kW)	**32.198,0**

4.2. Υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Με βάση την εγκατεστημένη ισχύ των σωμάτων φωτισμού στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών σωμάτων στο σχολικό κτήριο ανέρχεται σε 32.198 W. Η ισχύς αυτή κατανέμεται στους επιμέρους χώρους του κτηρίου όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 25.

Πίνακας 25: Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος φωτιστικών σωμάτων ανά κατηγορία χρήσης χώρων σχολικού κτηρίου και ενδεικτικός συντελεστής ταυτοχρονισμού.

Κατηγορία χρήσης χώρων κτηρίου	Ισχύς (W)
Αίθουσες διδασκαλίας - Εργαστήρια κεντρικού κτηρίου	18.232
Διάδρομοι, χώροι διαλείμματος και κλιμακοστάσια κεντρικού κτηρίου	4.058
Χώροι προσωπικού κεντρικού κτηρίου	1.944
ΑΠΧ	1.680
Τουαλέτες	1.140
Εξωτερικός φωτισμός κεντρικού κτηρίου	3.572
Εσωτερικός και εξωτερικός φωτισμός κτηρίου συνθετικής τοιχοποιίας	1.572
Λεβητοστάσιο και βοηθητικοί, αποθηκευτικοί χώροι	300
Σύνολο (kW)	**32.198**

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού του σχολικού κτηρίου προκύπτει από την εγκατεστημένη ισχύ των φωτιστικών σωμάτων, τους συντελεστές ταυτοχρονισμού και το ωράριο λειτουργίας του σχολείου και χρήσης, ειδικότερα, του κάθε επιμέρους χώρου, όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.3. Ειδικότερα, ο εξωτερικός, περιφερειακός φωτισμός ασφαλείας του κτηρίου λειτουργεί από τη δύση ως την ανατολή του ηλίου.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση, καταρχάς για τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου και τον εξωτερικό φωτισμό με τα φωτιστικά τύπου χελώνας παρουσιάζεται στον πίνακα 26.

Στη συνέχεια, στον πίνακα 27 παρουσιάζεται ανάλυση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού της ΑΠΧ, με το δεδομένο ότι η χρήση του δεν μπορεί να ταυτιστεί με την υπόλοιπη χρήση του σχολικού κτηρίου.

Τέλος, ο περιφερειακός φωτισμός ασφαλείας του κτηρίου λειτουργεί από τη δύση ως την ανατολή του ηλίου. Η συνεπαγόμενη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στον πίνακα 28.

Πίνακας 26: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό των εσωτερικών χώρων του σχολικού κτηρίου, πλην της ΑΠΧ.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού αιθουσών, κυλικείου και γραφείων	Συντελεστής ταυτοχρονισμού διαδρόμων	Συντελεστής ταυτοχρονισμού τουαλετών	Συντελεστής ταυτοχρονισμού αποθηκών, μηχανοστασίου και εξωτερικών χώρων	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	8	0,60	0,60	0,20	0,10	17	136	2.140,9
Φεβρουάριος	8	0,55	0,55	0,20	0,10	22	176	2.105,2
Μάρτιος	8	0,40	0,50	0,15	0,05	23	184	1.600,7
Απρίλιος	8	0,25	0,30	0,10	0,00	15	120	652,4
Μάιος	8	0,10	0,20	0,00	0,00	20	160	348,0
Ιούνιος	8	0,05	0,00	0,00	0,00	22	176	191,4
Ιούλιος	0	0,00	0,00	0,00	0,00	4	0	0,0
Αύγουστος	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0
Σεπτέμβριος	8	0,10	0,20	0,00	0,05	22	176	382,8
Οκτώβριος	8	0,25	0,30	0,10	0,10	23	184	1.000,4
Νοέμβριος	8	0,45	0,55	0,15	0,10	22	176	1.722,4
Δεκέμβριος	8	0,65	0,65	0,20	0,10	17	136	1.922,5
					Ετήσια σύνολα:		**1.624**	**12.066,6**
					Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:			**34.993,3**
					Ποσοστό ως προς συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (%)			**35,6**
					Ισχύς φωτιστικών αιθουσών και γραφείων (kW):		21,748	
					Ισχύς φωτιστικών διαδρόμων (kW):		4,058	
					Ισχύς φωτιστικών τουαλετών (kW):		1,140	
					Ισχύς φωτιστικών αποθηκών, μηχανοστασίων και εξωτερικών χώρων (kW):		0,300	

Πίνακας 27: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό της ΑΠΧ.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	8,0	1,00	17	139	233,5
Φεβρουάριος	8,0	1,00	22	179	300,7
Μάρτιος	8,0	0,80	23	187	251,3
Απρίλιος	8,0	0,60	22	179	180,4
Μάιος	8,0	0,40	23	184	123,6
Ιούνιος	8,0	0,20	8	9	3,0
Ιούλιος	0,0	0,00	0	0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,00	0	0	0,0
Σεπτέμβριος	8,0	0,40	14	112	75,3
Οκτώβριος	8,0	0,60	23	187	188,5
Νοέμβριος	8,0	1,00	22	176	295,7
Δεκέμβριος	8,0	1,00	17	139	233,5
			Ετήσια σύνολα:	**1.491**	**1.885,6**
				Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:	**5.468,3**
				Ποσοστό ως προς συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (%)	**5,6**
			Ισχύς φωτιστικών (kW):	1,680	

Πίνακας 28: Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους εξωτερικούς προβολείς ασφαλείας του κτηρίου.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	13,0	1,00	31	403	1.439,5
Φεβρουάριος	12,0	1,00	28	336	1.200,2
Μάρτιος	11,5	1,00	31	356,5	1.273,4
Απρίλιος	10,0	1,00	30	300	1.071,6
Μάιος	8,5	1,00	31	263,5	941,2
Ιούνιος	7,5	1,00	30	225	803,7
Ιούλιος	7,5	1,00	31	232,5	830,5
Αύγουστος	8,0	1,00	31	248	885,9
Σεπτέμβριος	9,0	1,00	30	270	964,4
Οκτώβριος	10,5	1,00	31	325,5	1.162,7
Νοέμβριος	11,5	1,00	30	345	1.232,3
Δεκέμβριος	13,0	1,00	31	403	1.439,5
			Ετήσια σύνολα:	**3.708**	**13.245,0**
				Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:	**38.410,4**
				Ποσοστό ως προς συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (%)	**39,0**
			Ισχύς φωτιστικών (kW):	3.572	

Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου και η αντίστοιχη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας συνοψίζονται στον πίνακα 29.

Πίνακας 29: Κατανάλωση ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του.

Χώρος φωτισμού	**Κατανάλωση (kWh)**
Φωτισμός εσωτερικών χώρων κτηρίου (πλην ΑΠΧ)	12.066,64
Φωτισμός ΑΠΧ	1.885,63
Εξωτερικοί περιφερειακοί προβολείς ασφαλείας	13.244,98
Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό	**27.197,25**
Ποσοστό ως προς τη συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	**80,1**
Πρωτογενής ενέργεια	**78.872,0**

5. Λοιπές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας

Οι λοιπές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου συνίστανται:

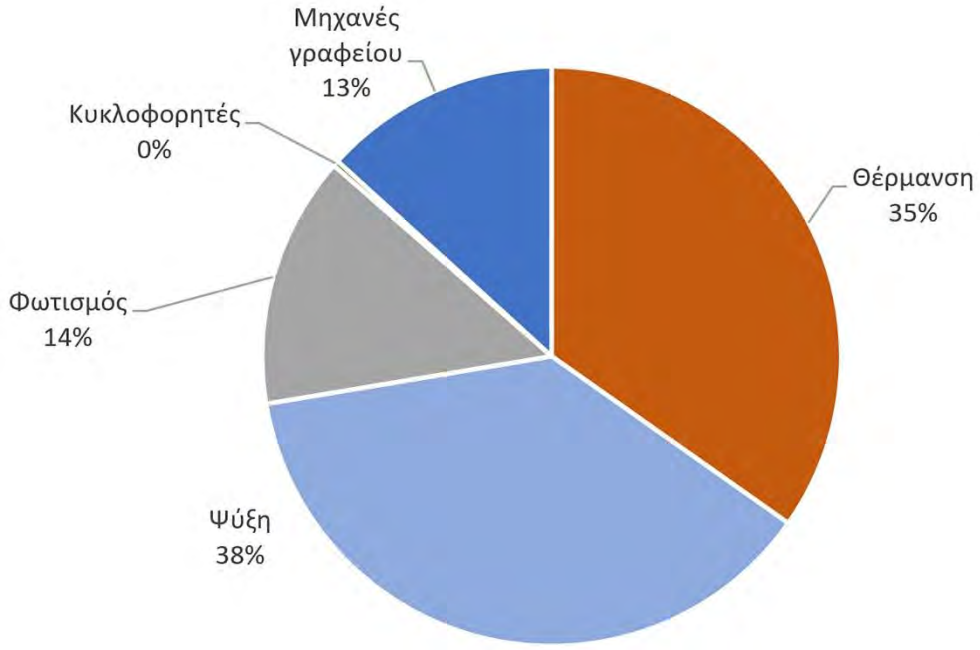
- Στην κατανάλωση από τους δύο κυκλοφορητές του δικτύου θέρμανσης του σχολείου, 400 W έκαστος. Ο χρόνος λειτουργίας του κάθε κυκλοφορητή προκύπτει από το χρονικό διάστημα ετησίως στο οποίο εμφανίζονται φορτία θέρμανσης στο κτήριο. Με βάση την υπολογιστική προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου (ενότητα 3), το ετήσιο χρονικό διάστημα λειτουργίας των κυκλοφορητών του δικτύο θέρμανσης υπολογίζεται σε 769 ώρες. Συνεπώς η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές του δικτύου θέρμανσης υπολογίζεται ίση με:
  2 x 400 W x 769 h = 615,2 kWh.
- Σύμφωνα τις πληροφορίες της Διεύθυνσης του Γυμνασίου, ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας ισχύος 3,0 kW που είναι εγκατεστημένος στο Εργαστήριο Φυσικής του Γυμνασίου δεν χρησιμοποιείται ποτέ.
- Στις καταναλώσεις των διαφόρων μηχανών γραφείων, όπως υπολογιστές, βιντεοπροβολείς κλπ. Εκτιμάται ότι και τα δύο σχολεία μαζί (Γυμνάσιο και Λύκειο) έχουν συνολικά περίπου 80 ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στην πλειονότητά τους σταθερούς (pc). Θεωρώντας μέση κατανάλωση ισχύος ανά υπολογιστή στα 400 W και λειτουργία 4 ώρες ημερησίως επί 200 ημέρες το έτος, υπολογίζεται κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 25.600 kWh.

6. Σύνοψη καταναλώσεων ενέργειας στην υφιστάμενη κατάσταση

Στον πίνακα 30 συνοψίζονται τα αποτελέσματα της κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου στην υφιστάμενη κατάσταση. Τα ίδια αποτελέσματα παρουσιάζονται σε ποσοστιαίο διάγραμμα στο σχήμα 32.

Πίνακας 30: Κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

	Πετρέλαιο (L)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	(%)
Θέρμανση	15.195,7	8.142,8	194.945,6	34,8
Ψύξη	0,0	72.680,80	210.774,3	37,6
Φωτισμός	0,0	27.197,3	78.872,0	14,1
Κυκλοφορητές	0	615,1	1.783,8	0,3
Μηχανές γραφείου	0	25.600,0	74.240,0	13,2
Σύνολα:	**15.195,7**	**134.236,0**	**560.615,8**	**100,0**



Σχήμα 32: Ποσοστιαία κατανομή υφιστάμενων καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 30, είναι προφανές ότι οι βασικές καταναλώσεις ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου αφορούν στη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού και στο φωτισμό εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Σημαντική είναι επίσης η κατανάλωση από τις συσκευές γραφείου (ηλεκτρονικοί υπολογιστές και βιντεοπροβολείς), στις οποίες, όμως, δεν υπάρχουν περιθώρια εξοικονόμησης. Συνεπώς, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει να στοχεύσουν στον κλιματισμό και στο φωτισμό του κτηρίου.

7. Προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις

Οι προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις για το 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου αποσκοπούν στο να ελαχιστοποιήσουν τις απαιτήσεις του για τις ανάγκες κλιματισμού. Σημειώνεται ότι το συνολικό κτηριακό συγκρότημα αποτελείται από 5 κτήρια. Το κυρίως κτήριο και η ΑΠΧ έχουν κατασκευαστεί από φέροντα οργανισμό με οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή. Το δώμα των δύο αυτών κτηρίων έχει κατασκευαστεί με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Καμία αδιαφανή επιφάνεια του κυρίως κτηρίου ή της ΑΠΧ δεν έχει θερμομόνωση. Τα τρία νέα πρόσθετα κτήρια έχουν αδιαφανείς επιφάνειες από πλαίσια πολυουρεθάνης, πάχους 5 cm, με μεταλλικές επιφάνειες λαμαρίνας. Τα πλαίσια αυτά, λόγω παλαιότητας και εισροής υγρασίας, έχουν χάσει τις όποιες θερμοφυσικές ιδιότητές τους. Για τον ίδιο λόγο ο μεταλκός σκελετός των συγκεκριμένων κτιρίων παρουσιάζει φθορές και φαίνεται να βρίσκεται κοντά στο τέλος του κύκλου ζωής του.

Με βάση τα ανωτέρω, ως παθητικά μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού συγκροτήματος προτείνονται.

- εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης επί των αδιαφανών κατακόρυφων δομικών στοιχείων του κυρίως κτηρίου και της ΑΠΧ, με στόχο την επίτευξη συντελεστή θερμοπερατότητας κάτω του 0,5 W/m^2K
- εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης δώματος στο δώμα του κτηρίου Α και της ΑΠΧ, με στόχο την επίτευξη συντελεστή θερμοπερατότητας κάτω του 0,5 W/m^2K
- αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων αιθουσών στα νέα πρόσθετα κτήρια συνθετικής δόμησης (κτήρια Γ, Δ και Ε), με νέες με πλαίσια πετροβάμβακα, πάχους τουλάχιστον 8 cm, με στόχο την επίτευξη συντελεστή θερμοπερατότητας κάτω του 0,5 W/m^2K
- αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων ανοιγμάτων (παράθυρα και πόρτες) του κτηρίου με νέα ανοίγματα με πλαίσιο αλουμινίου και διπλό υαλοπίνακα, με στόχο την επίτευξη συντελεστή θερμοπερατότητας κάτω του 2,5 W/m^2K

Οι τεχνικές προδιαγραφές και οι διαστάσεις ή οι ποσότητες των ανωτέρω προτεινόμενων παρεμβάσεων αναλύονται στις ακόλουθες ενότητες.

7.1. Εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης

Για τη μόνωση των κατακόρυφων αδιαφανών επιφανειών του κτηριακού κελύφους, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από σκυρόδεμα ή δρομική οπτολινθοδομή, προτείνεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης. Η εξωτερική θερμομόνωση θα εφαρμοστεί σε όλες τις εξωτερικές αδιαφανείς κατακόρυφες επιφάνειες. Το σύνολο των κατακόρυφων αυτών επιφανειών του κτηριακού κελύφους παρουσιάζεται στον πίνακα 31, ανά επίπεδο και ανά προσανατολισμό τοιχοποιίας. Στον πίνακα 31 παρουσιάζονται οι καθαρές αδιαφανείς επιφάνειες, δηλαδή αφαιρουμένων των περιεχόμενων σε αυτή διαφανών επιφανειών (παράθυρα και πόρτες).

Πίνακας 31: Καθαρές επιφάνειες μόνωσης κατακόρυφης τοιχοποιίας σκυροδέματος ή οπτοπλινθοδομής και επιφάνειες συνθετικής τοιχοποιίας.

Κτήριο	Στάθμη	Προσανατολισμός τοιχοποιίας	Τρέχον μήκος (m)	Ύψος (m)	Μικτό εμβαδό επιφάνειας (m^2)	Εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Καθαρό εμβαδό επιφάνειας (m^2)
Α	1 (Ισόγειο)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	8,7	3,65	31,8	9,1	22,7
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	26,26	3,65	95,8	23,8	72,0
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	8,6	3,65	31,4	0,0	31,4
		Νότιος - νοτιοανατολικός	26,26	3,65	95,8	0,0	95,8

Πίνακας 31: Καθαρές επιφάνειες μόνωσης κατακόρυφης τοιχοποιίας σκυροδέματος ή οπτοπλινθοδομής και επιφάνειες συνθετικής τοιχοποιίας.

Κτήριο	Στάθμη	Προσανατολισμός τοιχοποιίας	Τρέχον μήκος (m)	Ύψος (m)	Μικτό εμβαδό επιφάνειας (m^2)	Εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Καθαρό εμβαδό επιφάνειας (m^2)
Α	2 (Α΄ όροφος)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	44,77	4,7	210,4	50,1	160,3
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	26,42	4,7	124,2	2,1	122,1
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	33,71	4,7	158,4	57,2	101,3
		Νότιος - νοτιοανατολικός	26,38	4,7	124,0	0,0	124,0
Α	3 (Β΄ όροφος)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	62,92	4,7	295,7	85,3	210,4
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	26,42	4,7	124,2	7,2	117,0
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	50,36	4,7	236,7	66,9	169,8
		Νότιος - νοτιοανατολικός	13,56	4,7	63,732	8,97	54,8
Β	3 (Β΄ όροφος)	Βόρειος - Βορειοδυτικός (ΑΠΧ)	20,7	7,12	147,384	35,92	111,5
		Βόρειος - Βορειοδυτικός (Αποθήκη)	10,4	3,39	35,256	4,12	31,1
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός (ΑΠΧ)	16,69	7,12	118,8328	0	118,8
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός (Αποθήκη)	4,07	3,39	13,7973	2,81	11,0
		Νότιος - Νοτιοανατολικός (ΑΠΧ)	29,81	7,12	212,2472	53,44	158,8
		Νότιος - Νοτιοανατολικός (ΑΠΧ)	10,46	3,39	35,4594	0	35,5
		Ανατολικός - Βορειοανατολικός (Αποθήκη)	5,15	3,39	17,4585	0	17,5
Α	4 (Γ΄ όροφος)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	54,97	3,7	203,389	95,25	108,1
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	13,76	3,7	50,912	6,92	44,0
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	61,22	3,7	226,514	40,66	185,9

Πίνακας 31: Καθαρές επιφάνειες μόνωσης κατακόρυφης τοιχοποιίας σκυροδέματος ή οπτοπλινθοδομής και επιφάνειες συνθετικής τοιχοποιίας.

Κτήριο	Στάθμη	Προσανατολισμός τοιχοποιίας	Τρέχον μήκος (m)	Ύψος (m)	Μικτό εμβαδό επιφάνειας (m^2)	Εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Καθαρό εμβαδό επιφάνειας (m^2)
Γ	4 (Γ΄ όροφος)	Νότιος - νοτιοανατολικός	13,43	3,7	49,691	8,95	40,7
		Ανατολικός - Βορειοανατολικός	28,4	3,15	89,46	0	89,5
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	12,04	3,15	37,926	0	37,9
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	33,13	3,15	104,3595	36,77	67,6
Δ	4 (Γ΄ όροφος)	Νότιος - νοτιοανατολικός	12,04	3,15	37,926	0	37,9
		Βόρειος - Βορειοανατολικός	30,03	3,5	105,105	45,81	59,3
		Δυτικός - Βορειοδυτικός	6,56	3,5	22,96	0	23,0
		Νότιος - Νοτιοδυτικός	30,03	3,5	105,105	7,62	97,5
		Ανατολικός - Νοτιοανατολικός	6,56	3,5	22,96	0	23,0
Α	5 (Δ΄ όροφος)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	46,51	4	186,04	79,70	106,3
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	13,85	4	55,4	7,94	47,5
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	46,51	4	186,04	29,12	156,9
		Νότιος - Νοτιοανατολικός	13,68	4	54,72	8,36	46,4
Α	6 (Ε΄ όροφος)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	17,18	4	68,72	31,65	37,1
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	13,59	4	54,36	5,58	48,8
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	17,19	4	68,76	10,51	58,3
		Νότιος - Νοτιοανατολικός	13,59	4	54,36	6,89	47,5
Ε	6 (Ε΄ όροφος)	Ανατολικός - Βορειοανατολικός	12,17	4	48,68	3,08	45,6
		Βόρειος - Βορειοδυτικός	6,55	4	26,2	0	26,2
		Δυτικός - Νοτιοδυτικός	12,17	4	48,68	18,40	30,3
		Νότιος - Νοτιοανατολικός	6,55	4	26,2	0	26,2
		Σύνολο επιφανειών όλων των κτηρίων:			**4.107,1**	**850,1**	**3.257,0**

Πίνακας 31: Καθαρές επιφάνειες μόνωσης κατακόρυφης τοιχοποιίας σκυροδέματος ή οπτοπλινθοδομής και επιφάνειες συνθετικής τοιχοποιίας.

Κτήριο	Στάθμη	Προσανατολισμός τοιχοποιίας	Τρέχον μήκος (m)	Ύψος (m)	Μικτό εμβαδό επιφάνειας (m^2)	Εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Καθαρό εμβαδό επιφάνειας (m^2)
Σύνολο επιφανειών κτηρίων Α και Β:					**3.431,5**	**738,4**	**2.693,1**
Σύνολο επιφανειών κτηρίων Γ, Δ και Ε:					**675,6**	**111,7**	**563,9**

Για τις αδιαφανείς κατακόρυφες επιφάνειες των κτηρίων Α και Β προτείνεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης. Οι επιφάνειες των κτηρίων Γ, Δ και Ε είναι επιφάνειες συνθετικής τοιχοποιίας και αντιμετωπίζονται στην επόμενη ενότητα. Η εξωτερική θερμομόνωση προτιμάται από την εσωτερική γιατί αφενός παρέχει ολοκληρωμένη προστασία στο κτήριο και αφετέρου αποφεύγονται οι σημαντικές συνοδευτικές εργασίες που θα πρέπει να γίνουν με την εσωτερική θερμομόνωση, οι οποίες θα επηρεάσουν τη λειτουργικότητα του κτηρίου για όσο διάστημα διαρκέσουν.
Η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας προτείνεται να αποτελείται από τα εξής υλικά:

- συγκολλητικό κονίαμα υψηλών αντοχών
- θερμομονωτικές πλάκες πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ ≤ 0,032 W/mK και πάχος 7 cm
- οπλισμένη βασική στρώση επχρίσματος
- τελικό επίχρισμα

Κατασκευαστική διάταξη της προτεινόμενης εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας παρουσιάζεται στο σχήμα 33.

Σχήμα 33: Διάταξη εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας.

Στις ισόγειες στάθμες και σε ύψος χαμηλότερο του 0.6μ θα τοποθετηθεί αντί για πετροβάμβακα εξηλασμένη γραφιτούχα πολυστερίνη.

Ο πετροβάμβακας καθώς και οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης θα πρέπει να ικανοποιούν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Χαρακτηριστικό	Πετροβάμβακας	Εξηλασμένη Πολυστερίνη	Πρότυπο
Πάχος	7 cm	7 cm	
Ανοχή πάχους	-1 / +3 mm	-1 / +3 mm	EN 12431 EN 13164

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας στους 10 °C	0,035 W/m·K	0,035 W/m·K	EN 13162 EN 12939 EN 13164 EN 12667
Αντοχή συμπίεσης πάχους κατά 10%	30 kPa	300 kPa	EN 826
Διαστασιακή σταθερότητα σε συνθήκες θερμοκρασίας 70°C και σχετικής υγρασίας 90%	<1%	<5%	EN 1604
Μακροχρόνια απορρόφηση νερού με ολική εμβάπτιση	3%	0,7%	EN 12087
Θερμοκρασία λειτουργίας	-50 έως +75 oC		
Θερμική αντίσταση	2,00 m^2·K/W	2,05 m^2·K/W	EN 13162 EN 13164
Κατηγορία συμπεριφοράς στη φωτιά	A1 class		EN 13501-1

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη βασική σχέση [5]:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \sum_j \frac{d_j}{k_j} + \frac{1}{h_o} \quad (6)$$

όπου:

- d_j και k_j το πάχος και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της στρώσης j του εκάστοτε δομικού στοιχείου και συγκεκριμένα:
  - πάχος και θερμική αγωγιμότητα για το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2 × 2,5 cm = 5 cm και 0,870 W/m·K
  - πάχος και θερμική αγωγιμότητα για σκυρόδεμα με περιεκτικότητα >2% κατά μάζα σε σίδηρο, 55 cm και 2,500 W/m·K
  - πάχος και θερμική αγωγιμότητα για οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους, 40 cm και 0,490 W/m·K
  - πάχος και θερμική αγωγιμότητα μονωτικού υλικού 7 cm και 0,034 W/m·K (πολυστερίνη) ή 0,035 W/m·K (πετροβάμβακας)

- h_i = 7,7 W/m^2·K και h_o = 25 W/m^2·K οι συντελεστές θερμικής μετάβασης για ροή αέρα επί κατακόρυφης επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s (βλέπε ενότητα 3.2).

Υπολογίζονται τελικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας για το φέροντα οργανισμό και την τοιχοποιία ίσοι με **0,4085 W/m^2·K** και **0,3285 W/m^2·K** αντίστοιχα. Τα ανωτέρω παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 32.

Πίνακας 32: Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας τοιχοποιίας και φέροντα οργανισμού με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης.

Τοιχοποιία με οπλισμένο σκυρόδεμα			
Περιγραφή στρώσης	**Πάχος στρώσης (m)**	**Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/mK)**	**Θερμική αντίσταση d/λ (m^2·K/W)**
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0,0287
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,55	2,500	0,2200
Πετροβάμβακας ή Πολυστερίνη	0,07	0,035	2,0000
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0,0287

	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2·K)		0,4085
Τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή			
Περιγραφή στρώσης	**Πάχος στρώσης (m)**	**Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/mK)**	**Θερμική αντίσταση d/λ (m^2·K/W)**
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0,0287
Τοιχοποιία	0,40	0,490	0,8163
Πετροβάμβακας ή Πολυστερίνη	0,07	0,035	2,0000
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0,0287
	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2·K)		0,3285

Ελλείψει διαθέσιμων αρχιτεκτονικών όψεων του κτηριακού συγκροτήματος, δυστυχώς οι κατακόρυφες επιφάνειες θερμομόνωσης δεν δύναται να αποτυπωθούν.

7.2. Αντικατάσταση αιθουσών στα νέα πρόσθετα κτήρια συνθετικής δόμησης (κτήρια Γ, Δ και Ε)

Λόγω εκτεταμένων φθορών στα συνθετικά πλαίσια και το μεταλλικό σκελετό τωναιθουσών, προβλέπεται η αντικατάστασή τους.

Οι νέες αίθουσες θα είναι κατασκευασμένες βάσει προδιαγραφών ΟΣΚ και εξοπλισμένες όπως παρακάτω:

- Μεταλλικός σκελετός από σύνθεση γαλβανισμένων εν θερμό κοίλων διατομών, βαμμένων με τρεις στρώσεςι εποξικών χρωμάτων.
- Επένδυση των οικίσκων περιμετρικά με πάνελ πετροβάμβακα πάχους 80mm με διαμόρφωση παό χαλυβδοέλασμα γραμμικό εξωτερικά και εσωτερικά πάχους 0,5mm.
- Επένδυση των οικίσκων στην οροφή με τραπεζοειδή πάνελ πετροβάμβακα πάχους 80-120mm με διαμόρφωση απόχαλυβδοέλασμα γραμμικό εσωτερικά και λείο εξωτερικά πάχους 0.5mm. Εξωτερική επένδυση με γαλβανισμένη λαμρίνα με διαμόρφωση κεραμίδι και ηλεκτροστατικά βαμμένη σε απόχρωση κεραμιδί.
- Δίρρυχτη ή μονόρριχτη οροφή με κλήση για την ελεύθερη απορροή των ομβρίων σε υδρορροές στις πλευρές μπροστνής και πίσω όψης του οικίσκου. Η οροφή θα δημιουργήσει στέγαστρο 1,20m στην μπροστινή όψη και 0,30m στην πίσω όψη.
- Πάτωμα κατασκευασμένο από κάτω προς τα πάνω ως εξής: Γαλβανιζέ λαμαρίνα κοχλιωτή στον σκελετό του οικίσκου, μεταλλικές διαδοκίδες κατά μήκος του οικίσκου, επένδυση εσωτερικά με εξηλασμένη πολυστερίνη XPS(50mm) και τελική επένδυση με κόντρα πλακέ θαλάσσης τύπου σημύδα και πλαστικό δάπεδο PVC βαρέως τύπου (στις 5 αίθουσες του κτιρίου Δ και στις 2 αίθουσες του κτιρίου Ε).
- Παράθυρα, με διπλό ανακλαστικό υαλοπίνακα low-e και κιγκλίδωμα αλουμινίου εξωτερικά. Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητάς τους θα είναι μικρότερη από 2,80 W/m2·K.
- Μια (1) εξωτερική πόρτα αλουμινίου λευκή, με ξύλινη επένδυση στο κάτω μέρος της πόρτας, τοποθετημένο τζάμι στο άνω μισό της πόρτας και μεντεσέδες ασφαλείας.
- Πλήρη ηλεκτρολογική εκγατάσταση δυνατών και ασθενών ρευμάτων σε εξωτερικά πλαστικά κανάλια συμπεριλαμβανομένοων των υλικών (ηλ/κος πίνακας με αυτόματους ασφαλτοδιακόπτες, εξωτερικό κουτί τροφοδοσίας, ρευματοδότες, αναμονές για σύνδεση φωτιστικών σωμάτων, φαροσειρήνα πίνακα πυρανίχνευσης και διακόπτες σύμφωνα με το σχέδιο κάτοψης του οικίσκου, εκγατάσταση αντικεραυνική προστασίας έως το έδαφος στη βάση της κάθε αίθουσας.
- Θέση για πίνακα διδασκαλίας και θέση με άγκιστρα για ρουχισμό.

Τα περιμετρικά συνθετικά πλαίσια πετροβάμβακα θα πρέπει να έχουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

- θα έχουν πάχος 8 cm, ωφέλιμο πλάτος 1 m και θα είναι μήκους ίσο με το ύψος της τοιχοποιίας του εκάστοτε κτηρίου
- πυκνότητα πετροβάμβακα: 100 kg/m^3
- υψηλή αντοχή στη φωτιά, κατηγορίας EI, μη εύφλεκτος, κατηγορίας A1
- ο πετροβάμβακας θα είναι βιοδιαλυτός και δεν θα περιέχει ούτε θα απελευθερώνει επικίνδυνες ουσίες για την υγεία και το περιβάλλον

- η θερμική αγωγιμότητα του πετροβάμβακα θα είναι μικρότερη ή ίση των 0,033 W/mK
- τα ελάσματα θα είναι αλουμινίου, προ-βαμμένο με AluZinc προστασία, κατά EN 508-2, με πάχος 0,5 mm
- τα εξωτερικά ελάσματα θα διαμορφωθούν με μικρονεύρωση (micro-rib)
- τα εσωτερικά ελάσματα θα διαμορφωθούν με ελαφριά διαμόρφωση αυλακώσεων (BOX 39-44)
- το συνολικό βάρος του πλαισίου για πάχος 8 cm θα είναι 16,9 kg/m^2
- τα πλαίσια πετροβάμβακα θα τοποθετηθούν με τη μέθοδο φανερής στήριξης, με την οποία στερεώνονται στο φέροντα οργανισμό με την τυπική μέθοδο της ορατής αγκύρωσης, η οποία προσδίδει στιβαρότητα στην κατασκευή, επιτυγχάνοντας επιπλέον μείωση των θερμογεφυρών, περιορισμό στη διείσδυση αέρα και υγρασίας, ελαχιστοποίηση του χρόνου εγκατάστασης και περιορισμένη χρήση επιπλέον παρελκόμενων
- τα πλαίσια θα έχουν επίστρωση plastisol με ονομαστικό πάχος επίστρωσης τα 200μm, η οποία είναι εξαιρετικά ανθεκτική στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, ανήκει στην κατηγορία των επιστρώσεων “self-healing” στις μηχανικές φθορές και είναι κατάλληλη για εξωτερικές εφαρμογές όπου οι απαιτήσεις για αντοχή είναι υψηλές.

Με βάση τις ανωτέρω ιδιότητες και διαστάσεις των προτεινόμενων πλαισίων πετροβάμβακα, λαμβάνοντας υπόψη το πάχος και τη θερμική αγωγιμότητα των ελασμάτων αλουμινίου (0,5 mm και 160 W/mK αντίστοιχα), το πάχος και τη θερμική αγωγιμότητα του πυρήνα πετροβάμβακα (8 cm και 0,033 W/mK αντίστοιχα) [9] και τους συντελεστές θερμικής μετάβασης h_i = 7,7 W/m^{2}K και h_o = 25 W/m^{2}K για ροή αέρα επί κατακόρυφης επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s (βλέπε ενότητα 3.2), υπολογίζεται τελικά από την κλασσική σχέση [6]:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \sum_j \frac{d_j}{k_j} + \frac{1}{h_o} \qquad (7)$$

ο συντελεστής θερμοπερατότητας U για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο ίσος με **0,38 W/m^{2}K** (d_j και k_j το πάχος και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της στρώσης j του δομικού στοιχείου).

Στην εικόνα 10 παρουσιάζεται ενδεικτικό πλαίσιο πλαγιοκάλυψης πετροβάμβακα.

Εικόνα 10: Ενδεικτικό πλαίσιο πλαγιοκάλυψης πετροβάμβακα.

Τα συνθετικά πλαίσια πετροβάμβακα που θα χρησιμοποιηθούν για τις στέγες των κτηρίων Γ, Δ και Ε θα έχουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

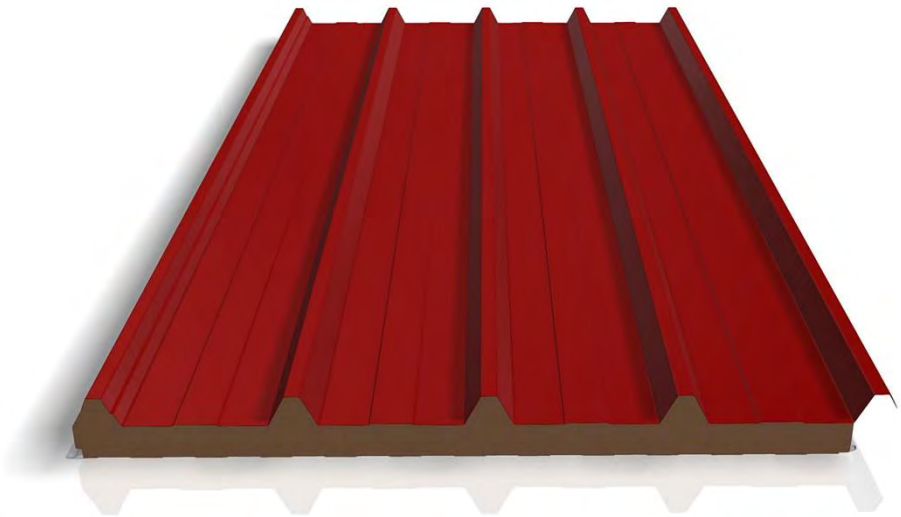
- πάχος 8-12 cm
- ο πυρήνας πετροβάμβακα θα είναι υψηλής πυκνότητας 100 kg/m^3

- ο πυρήνας πετροβάμβακα θα έχει υψηλή αντοχή στη φωτιά, κατηγορίας REI, και θα είναι μη εύφλεκτος, κατηγορίας A1
- ο πετροβάμβακας θα είναι βιοδιαλυτός και δεν θα περιέχει ούτε θα απελευθερώνει επικίνδυνες ουσίες για την υγεία και το περιβάλλον
- η θερμική αγωγιμότητα του πετροβάμβακα θα είναι μικρότερη ή ίση των 0,033 W/m·K
- τα ελάσματα θα είναι αλουμινίου, προ-βαμμένο με AluZinc προστασία, κατά EN 508-2, με πάχος 0,5 mm
- τα εξωτερικά ελάσματα θα είναι τραπεζοειδούς διατομής 42/250, με αυλακώσεις (Box 55-65)
- τα εσωτερικά ελάσματα θα διαμορφωθούν με ελαφριά διαμόρφωση αυλακώσεων (BOX 39-44)
- το συνολικό βάρος του πλαισίου για πάχος 8 cm θα είναι 18,3 kg/m^2
- τα πλαίσια θα έχουν επίστρωση plastisol με ονομαστικό πάχος επίστρωσης τα 200 μm, η οποία είναι εξαιρετικά ανθεκτική στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, ανήκει στην κατηγορία των επιστρώσεων “self-healing” στις μηχανικές φθορές και είναι κατάλληλη για εξωτερικές εφαρμογές όπου οι απαιτήσεις για αντοχή είναι υψηλές.

Με βάση τις ανωτέρω ιδιότητες και διαστάσεις των προτεινόμενων πλαισίων πετροβάμβακα, λαμβάνοντας υπόψη το πάχος και τη θερμική αγωγιμότητα των ελασμάτων αλουμινίου (0,5 mm και 160 W/mK αντίστοιχα), το πάχος και τη θερμική αγωγιμότητα του πυρήνα πετροβάμβακα (8 cm και 0,033 W/mK αντίστοιχα) [9] και τους συντελεστές θερμικής μετάβασης h_i = 10 W/m^2K και h_o = 25 W/m^2K για ροή αέρα επί οριζόντιας επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s (βλέπε ενότητα 3.2), υπολογίζεται τελικά από τη σχέση 7 ο συντελεστής θερμοπερατότητας U για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο ίσος με **0,39 W/m^2K**.

Στην εικόνα 11 παρουσιάζεται ενδεικτικό πλαίσιο οροφής πετροβάμβακα.

Στη νέα εγκατάσταση στέγης πετροβάμβακα θα πρέπει να προβλεφθούν και να εγκατασταθούν όλες οι απαιτούμενες υδροροές ομβρίων.

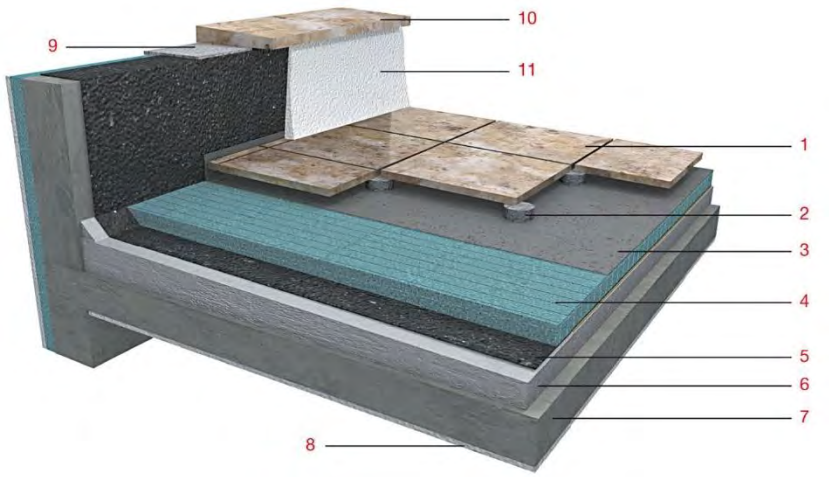


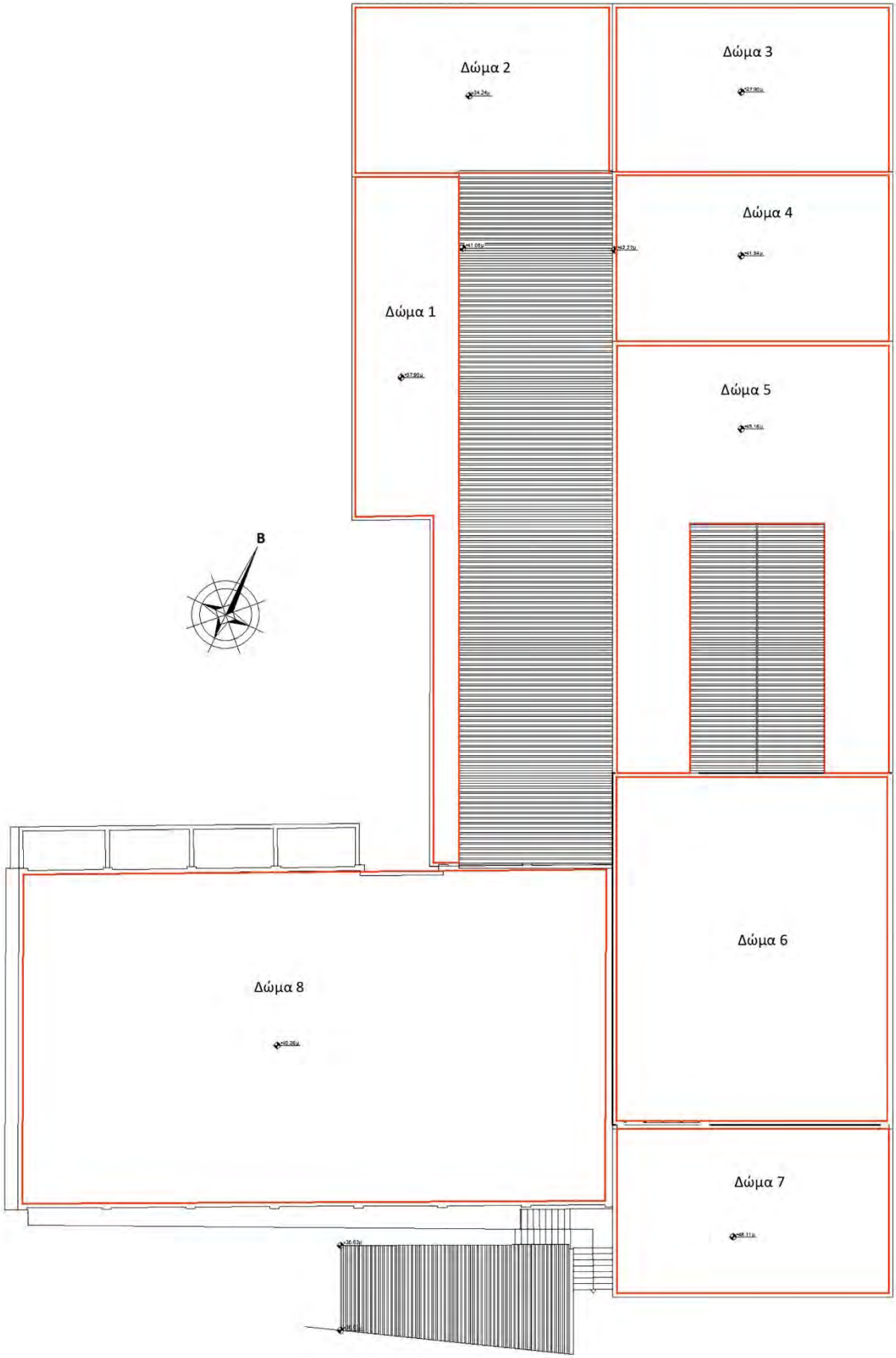
Εικόνα 11: Ενδεικτικό πλαίσιο οροφής πετροβάμβακα.

7.3. Θερμομόνωση – υγρομόνωση δώματος

Για τη θερμομόνωση δώματος επιλέγονται επίσης πλάκες εξηλασμένης γραφιτούχας πολυστερίνης, πάχους 7 cm. Κάτωθεν του στρώματος μόνωσης θα εγκατασταθεί φράγμα υδρατμών από τσιμεντοειδές υγρομονωτικό δύο συστατικών. Πάνω ακριβώς από τις πλάκες πολυστερίνης προτείνεται να τοποθετηθεί στρώση από τσιμεντοκονία για τη διαμόρφωση των κλίσεων στα επιμέρους δώματα του κτηρίου. Στη συνέχεια θα τοποθετηθεί αντιρηγματική προστασία από υαλόπλεγμα και στο τέλος ισχυρή υγρομονωτική προστασία από συνθετικό υλικό. Σχετική διάταξη δίνεται στο σχήμα 34.

1. Τσιμεντόπλακες
2. Εφέδρανα
3. Γεωύφασμα
4. Πλάκες γραφιτούχας πολυστερίνης
5. Ασφαλτικό γαλάκτωμα
6. Στρώση ρύσεων
7. Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
8. Οροφοκονίαμα
9. Τσιμεντοκονίαμα
10. Μαρμαρικό
11. Επίχρισμα





Σχήμα 35: Κάτοψη δώματος κτηρίου με σημειωμένη την επιφάνεια θερμομόνωσης.

Στο σχήμα 35 παρουσιάζεται κάτοψη του δώματος του κυρίως κτηρίου, με σημειωμένες με κόκκινο περίγραμμα τις επιφάνειες που θα χρειαστεί η τοποθέτηση θερμομόνωσης και υγρομόνωσης. Οι επιφάνειες των δωμάτων αναλύονται στον πίνακα 34.

Πίνακας 34: Επιφάνειες δώματος προς θερμομόνωση και υγρομόνωση.

Δώμα	Επιφάνεια (m^2)
Δώμα 1	104,7
Δώμα 2	100,2
Δώμα 3	106,8
Δώμα 4	108,0
Δώμα 5	197,4
Δώμα 6	222,6
Δώμα 7	106,5
Δώμα 8	459,7
Σύνολο :	**1.405,9**

7.4. Αντικατάσταση ανοιγμάτων και εγκατάσταση νέων

Το σύνολο των ανοιγμάτων του κτηρίου αποτελούνται από μεταλλικό πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα. Παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές θερμοπερατότητας (βλέπε 3.2). Στόχος της αντικατάστασης ανοιγμάτων είναι η επίτευξη τιμής για το συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών μικρότερης των ανώτατων προβλεπόμενων τιμών στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων για την Α΄ κλιματική ζώνη [7]. Η τιμή αυτή είναι ίση με 2,80 $W/m^2 \cdot K$ για τα ανοίγματα.

Όλα τα νέα παράθυρα θα είναι από αλουμίνιο. Θα φέρουν διπλό ανακλαστικό υαλοπίνακα low-e

Τα κουφώματα θα φέρουν πιστοποιήσεις για τις ιδιότητές τους από αναγνωρισμένους οίκους πιστοποίησης. Τέλος θα πρέπει να συνοδεύονται από εγγύηση καλής λειτουργίας για τουλάχιστον δέκα (10) ετών. Στον πίνακα 36 παρουσιάζονται όλα τα προς αντικατάσταση ανοίγματα του κτηρίου.

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
1	Α	Διάδρομος	Πόρτα	1,88	2,25	4,23	1	4,23	ΑΒΑ
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,74	0,65	2,43	1	2,43	
		WC	Φεγγίτης	3,75	0,65	2,44	1	2,44	
		WC	Φεγγίτης	2,23	0,48	1,07	1	1,07	ΒΒΔ
		WC	Φεγγίτης	5,45	0,48	2,62	1	2,62	
		Κλιμακοστάσιο	Παράθυρο	3,52	0,48	1,69	1	1,69	
		Βιβλιοθήκη	Παράθυρο	3,04	1,21	3,68	1	3,68	
		Βιβλιοθήκη	Φεγγίτης	4,04	0,48	1,94	1	1,94	
		Βιβλιοθήκη	Πόρτα	1,00	1,97	1,97	1	1,97	
		Βιβλιοθήκη	Παράθυρο	1,84	0,48	0,88	1	0,88	
		Βιβλιοθήκη	Φεγγίτης	1,84	0,48	0,88	1	0,88	
		Βιβλιοθήκη	Παράθυρο	3,54	1,21	4,28	1	4,28	
		Βιβλιοθήκη	Φεγγίτης	3,54	0,48	1,70	1	1,70	
		Βιβλιοθήκη	Παράθυρο	1,83	1,21	2,21	1	2,21	
		Βιβλιοθήκη	Φεγγίτης	1,83	0,48	0,88	1	0,88	
2	Α	Αποθήκη	Πόρτα	1,04	2,20	2,29	1	2,29	ΒΒΔ
		Διάδρομος	Πόρτα	1,76	2,22	3,91	1	3,91	ΑΒΑ
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,79	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1	Παράθυρο	1,81	1,36	2,46	1	2,46	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1	Παράθυρο	3,72	1,36	5,06	1	5,06	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φεγγίτης	3,72	0,70	2,60	1	2,60	
		Αίθουσα διδασκαλίας 2	Παράθυρο	0,60	1,36	0,82	1	0,82	
		Αίθουσα διδασκαλίας 2	Πόρτα	1,00	2,22	2,22	1	2,22	
		Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φεγγίτης	3,76	0,70	2,63	1	2,63	
		Αίθουσα διδασκαλίας 2	Παράθυρο	1,74	1,36	2,37	1	2,37	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3	Παράθυρο	3,75	1,36	5,10	1	5,10	

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
3	Α	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	1	2,63	ΔΒΔ
		Αίθουσα διδασκαλίας 4	Παράθυρο	3,74	1,36	5,09	2	10,17	
		Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φεγγίτης	3,74	0,70	2,62	2	5,24	
		Διάδρομος	Παράθυρο	0,91	2,26	2,06	1	2,06	
		Εργαστήριο φυσικής, αιθουσες διδασκαλίας 6,7 γραφεία διευθυντή-καθηγητών	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	6	15,75	
		Εργαστήριο φυσικής, αιθουσες διδασκαλίας 6,7 γραφεία διευθυντή-καθηγητών	Παράθυρο	3,75	1,36	5,10	6	30,60	
		Διάδρομος	Πόρτα	1,85	2,20	4,07	1	4,07	
		Διάδρομος	παράθυρο	3,73	0,70	2,61	1	2,61	
		Διάδρομος	φεγγίτης	0,94	2,20	2,07	2	4,14	
		WC	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	2	5,25	ΑΒΑ
		Κλιμακοστάσιο	Παράθυρο	3,78	1,32	4,99	1	4,99	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Διάδρομος	Παράθυρο	1,89	1,32	2,49	1	2,49	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	1,89	0,70	1,32	1	1,32	
		Διάδρομος	Πόρτα	3,76	2,20	8,27	1	8,27	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,76	0,70	2,63	1	2,63	
		Διάδρομος	Παράθυρο	1,89	1,32	2,49	1	2,49	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	1,89	0,70	1,32	1	1,32	
		Διάδρομος	Παράθυρο	3,74	1,32	4,94	1	4,94	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,74	0,70	2,62	1	2,62	
		Αίθουσα Η/Υ	Παράθυρο	3,79	1,36	5,15	1	5,15	
		Αίθουσα Η/Υ	Φεγγίτης	3,79	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα Η/Υ	Παράθυρο	3,70	1,36	5,03	1	5,03	

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
4	Α	Αίθουσα Η/Υ	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1,2	Παράθυρο	3,75	1,36	5,10	4	20,40	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1,2	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	4	10,50	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3	Παράθυρο	0,91	2,26	2,06	1	2,06	
		Αίθουσα διδασκαλίας 4	Πόρτα	0,83	2,20	1,83	1	1,83	ΒΒΔ
		Αίθουσα διδασκαλίας 4	Παράθυρο	3,18	1,05	3,34	1	3,34	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3-διάδρομος	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	2	5,25	
		Γραφείο καθηγητών	Παράθυρο	3,75	1,35	5,06	4	20,25	
		Γραφείο καθηγητών	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	4	10,50	ΔΝΔ
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,76	0,70	2,63	3	7,90	
		Διάδρομος	Παράθυρο	3,76	1,35	5,08	3	15,23	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	1,89	0,70	1,32	2	2,65	
		Διάδρομος	Παράθυρο	1,89	1,35	2,55	2	5,10	
		Αίθουσα Μουσικής	Παράθυρο	3,68	0,75	2,76	1	2,76	ΝΝΔ
		Αίθουσα Υπολογιστών	Παράθυρο	8,28	0,75	6,21	1	6,21	
		ΑΠΧ	Πόρτα	3,65	2,16	7,88	1	7,88	
		ΑΠΧ	Φεγγίτης	3,65	0,96	3,50	8	28,03	ΒΒΔ
		Αποθήκη ΑΠΧ	Παράθυρο	1,56	1,32	2,06	2	4,12	
	Β	Αποθήκη ΑΠΧ	Πόρτα	1,26	2,23	2,81	1	2,81	ΔΝΔ
		ΑΠΧ	Φεγγίτης	3,65	0,96	3,50	13	45,55	ΝΝΑ
		ΑΠΧ	Πόρτα	3,65	2,16	7,88	1	7,88	
		Εργαστηριο φυσικής	Παράθυρο	0,62	1,36	0,84	1	0,84	
		Εργαστηριο φυσικής	Πόρτα	0,96	2,22	2,13	1	2,13	
		Εργαστηριο φυσικής	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	1	2,63	ΑΒΑ
		Εργαστηριο φυσικής	Παράθυρο	1,79	1,36	2,43	1	2,43	
		Εργαστηριο φυσικής	Παράθυρο	3,77	1,36	5,13	1	5,13	
		Εργαστηριο φυσικής	Φεγγίτης	3,77	0,70	2,64	1	2,64	

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
		Αίθουσα διδασκαλίας 8	Παράθυρο	3,70	1,36	5,03	1	5,03	
		Αίθουσα διδασκαλίας 8	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Αίθουσα διδασκαλίας 8	Παράθυρο	3,77	1,36	5,13	1	5,13	
		Αίθουσα διδασκαλίας 8	Φεγγίτης	3,77	0,70	2,64	1	2,64	
		Αίθουσα διδασκαλίας 7	Παράθυρο	3,60	1,36	4,90	1	4,90	
		Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φεγγίτης	3,60	0,70	2,52	1	2,52	
		Κλιμακοστάσιο	Παράθυρο	0,95	1,32	1,25	2	2,51	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Παράθυρο	3,79	1,36	5,15	1	5,15	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φεγγίτης	3,79	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Παράθυρο	3,71	1,36	5,05	1	5,05	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φεγγίτης	3,71	0,70	2,60	1	2,60	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	0,95	1,32	1,25	2	2,51	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Αίθουσα διδασκαλίας 12	Παράθυρο	3,79	1,36	5,15	1	5,15	
		Αίθουσα διδασκαλίας 12	Φεγγίτης	3,79	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 12	Παράθυρο	3,73	1,36	5,07	1	5,07	
		Αίθουσα διδασκαλίας 12	Φεγγίτης	3,73	0,70	2,61	1	2,61	
		Αίθουσα διδασκαλίας 13	Παράθυρο	3,75	1,36	5,10	2	10,20	
		Αίθουσα διδασκαλίας 13	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	2	5,25	
		Αίθουσα διδασκαλίας 14	Πόρτα	0,93	1,95	1,81	1	1,81	
		Αίθουσα διδασκαλίας 14	Παράθυρο	2,70	0,95	2,57	1	2,57	ΒΒΔ
		Αίθουσα διδασκαλίας 14	Φεγγίτης	3,63	0,70	2,54	1	2,54	
		Αίθουσα διδασκαλίας 14	Φεγγίτης	3,73	0,70	2,61	2	5,22	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,72	0,70	2,60	1	2,60	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,73	0,70	2,61	1	2,61	ΔΝΔ
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,77	0,70	2,64	1	2,64	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	7,87	0,70	5,51	1	5,51	

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
4	Γ	Διάδρομος	Φεγγίτης	3,80	0,70	2,66	1	2,66	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,74	0,70	2,62	1	2,62	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,76	0,70	2,63	1	2,63	
		Εργαστήριο Φυσικής	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	1	2,63	
		Εργαστηριο φυσικής	Φεγγίτης	3,65	0,75	2,74	1	2,74	ΝΝΑ
		Εργαστηριο φυσικής	Φεγγίτης	8,28	0,75	6,21	1	6,21	
		Αίθουσα διδασκαλίας 15, 16, 17, 18	Πόρτα	1,00	2,20	2,20	4	8,80	ΔΝΔ
		Αίθουσα διδασκαλίας 15, 16, 17, 18	Παράθυρο	2,30	1,52	3,50	8	27,97	
4	Δ	Αίθουσα διδασκαλίας 1, 2, 3, 4, 5	Πόρτα	1,00	2,17	2,17	5	10,85	ΒΒΑ
		Αίθουσα διδασκαλίας 1, 2, 3, 4, 5	Παράθυρο	2,30	1,52	3,50	10	34,96	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1, 2, 3, 4, 5	Φεγγίτης	1,12	0,68	0,76	10	7,62	ΝΝΔ
5	Α	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Παράθυρο	3,77	1,32	4,98	2	9,95	ΑΒΑ
		Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φεγγίτης	3,77	0,70	2,64	2	5,28	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3	Παράθυρο	3,78	1,32	4,99	1	4,99	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3	Παράθυρο	3,74	1,32	4,94	1	4,94	
		Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φεγγίτης	3,74	0,70	2,62	1	2,62	
		Αίθουσα διδασκαλίας 4	Παράθυρο	3,71	1,32	4,90	1	4,90	
		Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φεγγίτης	3,71	0,70	2,60	1	2,60	
		Κλιμακοστάσιο	Παράθυρο	0,95	1,94	1,84	2	3,68	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 5	Παράθυρο	3,80	1,32	5,02	1	5,02	
		Αίθουσα διδασκαλίας 5	Φεγγίτης	3,80	0,70	2,66	1	2,66	

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
		Αίθουσα διδασκαλίας 5	Παράθυρο	3,75	1,32	4,95	1	4,95	
		Αίθουσα διδασκαλίας 5	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	1	2,63	
		Κλιμακοστάσιο	Παράθυρο	0,95	1,32	1,25	2	2,51	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Παράθυρο	3,78	1,32	4,99	1	4,99	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Παράθυρο	3,70	1,32	4,88	1	4,88	
		Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Αίθουσα διδασκαλίας 7	πόρτα	0,95	1,92	1,82	1	1,82	
5	Α	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Παράθυρο	2,70	1,32	3,56	1	3,56	ΒΒΔ
		Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φεγγίτης	3,65	0,70	2,56	1	2,56	
		Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φεγγίτης	3,72	0,70	2,60	1	2,60	
		Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φεγγίτης	3,73	0,70	2,61	1	2,61	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	1	2,63	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	7,90	0,70	5,53	1	5,53	
5	Α	Διάδρομος	Φεγγίτης	3,80	0,70	2,66	1	2,66	ΔΝΔ
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,73	0,70	2,61	1	2,61	
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,77	0,70	2,64	1	2,64	
		Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	2	5,25	
5	Α	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φεγγίτης	3,66	0,70	2,56	1	2,56	ΝΝΑ
		Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φεγγίτης	8,28	0,70	5,80	1	5,80	
		Αίθουσα Γαλλικών	Παράθυρο	3,75	1,40	5,25	1	5,25	
		Αίθουσα Γαλλικών	Φεγγίτης	3,75	0,70	2,63	1	2,63	
6	Α	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Παράθυρο	3,78	1,40	5,29	1	5,29	ΑΒΑ
		Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Αίθουσα διδασκαλίας 16	Παράθυρο	3,76	1,40	5,26	1	5,26	
		Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φεγγίτης	3,76	0,70	2,63	1	2,63	

Πίνακας 36: Ανοίγματα προς εγκατάσταση στο σχολικό κτήριο.

Στάθμη	Κτήριο	Χώρος	Είδος ανοίγματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m^2)	Ποσότητα	Συνολικό εμβαδό ανοιγμάτων (m^2)	Προσανατολισμός
6	Α	Κλιμακοστάσιο	Παράθυρο	3,78	1,40	5,29	1	5,29	
		Κλιμακοστάσιο	Φεγγίτης	3,78	0,70	2,65	1	2,65	
		Διάδρομος	Πόρτα	1,53	1,95	2,98	1	2,98	ΒΒΔ
		Διάδρομος	Παράθυρο	3,71	0,70	2,60	1	2,60	
6	Α	Διάδρομος	Φεγγίτης	3,80	0,70	2,66	1	2,66	ΔΝΔ
		Διάδρομος	Φεγγίτης	3,70	0,70	2,59	1	2,59	
		Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φεγγίτης	3,74	0,70	2,62	1	2,62	
		Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φεγγίτης	3,77	0,70	2,64	1	2,64	
6	Α	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Πόρτα	1,00	1,93	1,93	1	1,93	ΝΝΑ
		Αίθουσα διδασκαλίας 15	Παράθυρο	2,66	0,90	2,39	1	2,39	
		Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φεγγίτης	3,66	0,70	2,56	1	2,56	
6	Ε	Αίθουσα Διδασκαλίας 17,18	Παράθυρο	1,10	0,70	0,77	4	3,08	ΑΒΑ
		Αίθουσα Διδασκαλίας 17,18	Πόρτα	1,00	2,16	2,16	2	4,32	ΔΝΔ
		Αίθουσα Διδασκαλίας 17,18	Παράθυρο	2,30	1,53	3,52	4	14,08	

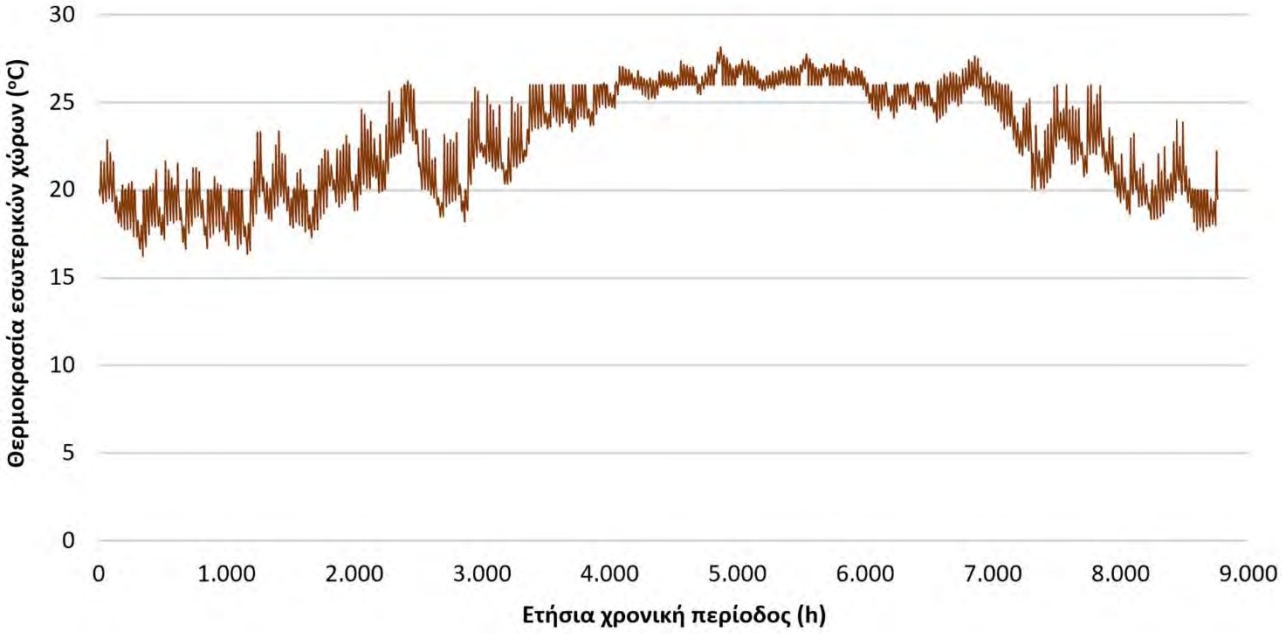
8. Φορτία κλιματισμού μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών μέτρων

Για τον υπολογισμό των φορτίων κλιματισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας, μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών μέτρων, υιοθετούνται οι ίδιες παραδοχές και παράμετροι που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 3 και για την υφιστάμενη κατάσταση. Αλλάζουν μόνο οι παράμετροι που αφορούν στα προς αντικατάσταση ανοίγματα και στους νέους συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων, όπως παρουσιάστηκαν στην ενότητα 7 για την κατακόρυφη τοιχοποιία, το δώμα, τις στέγες και τη συνθετική τοιχοποιία. Επίσης υιοθετούνται οι συντελεστές σκίασης που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 7.5. Στον πίνακα 40 ανακεφαλαιώνονται τα δομικά στοιχεία του κτηριακού κελύφους και οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας.

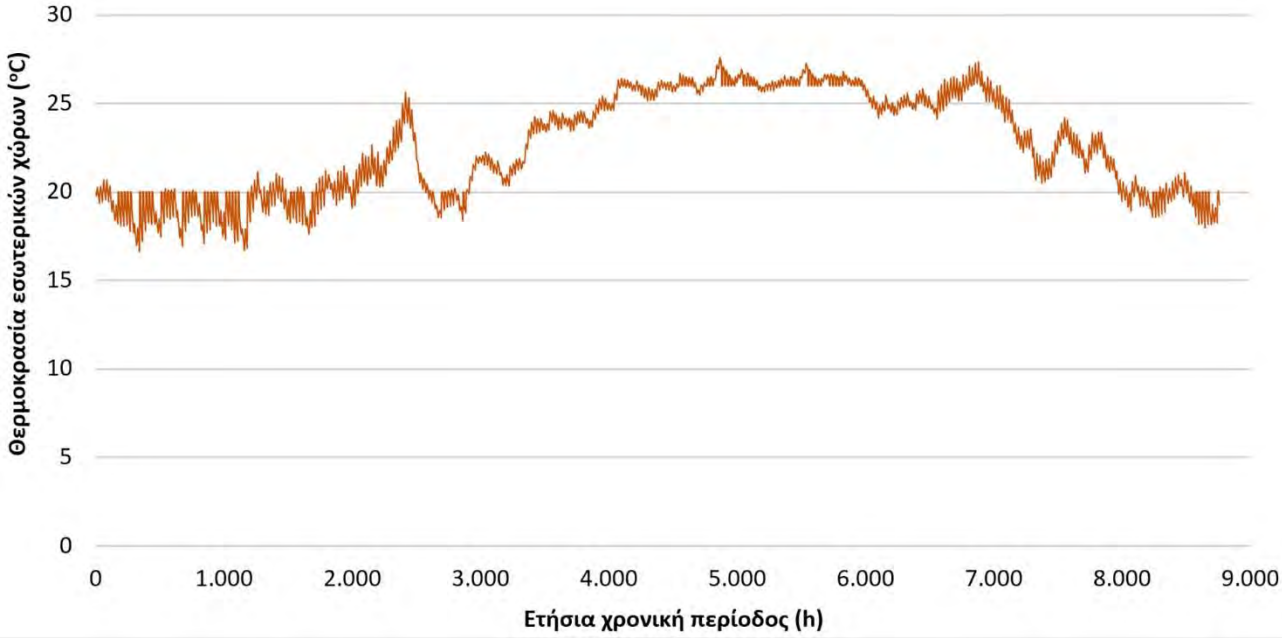
Πίνακας 40: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών και διαφανών επιφανειών κτηρίου μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις.

Δομικό στοιχείο	**Περιγραφή**	**Συνολικό πάχος (cm)**	**Συντελεστής θερμ/τας ($W/m^2 \cdot K$)**
Οριζόντιο δομικό στοιχείο: Δώμα σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Δώματα ορόφων κτηρίου Α και Β από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20 cm με θερμομόνωση πάχους 7 cm	31	0,4325
Οριζόντιο δομικό στοιχείο: Στέγη σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Στέγη κτηρίων Γ, Δ και Ε συνθετικής δόμησης με πετάσματα τύπου sandwich από φύλλα αλουμινίου με πλήρωση πετροβάμβακα πάχους 7 cm	8	0,39
Οριζόντιο δομικό στοιχείο: Πάτωμα σε επαφή με έδαφος	Πλάκα σκυροδέματος 15 cm, επίχρισμα και μάρμαρο	20	3,10 (Πίνακας 3.5β)
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Τοίχος διπλής οπτοπλινθοδομής κτηρίου Α και Β, πάχους 35 cm με επίχρισμα εσωτερικά και εξωτερικά 2,5 cm, με θερμομόνωση πάχους 7 cm	47	0,3285
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Τοιχοποιία κτηρίων Γ, Δ και Ε συνθετικής δόμησης με πετάσματα τύπου sandwich από φύλλα αλουμινίου με πλήρωση πετροβάμβακα πάχους 8 cm	9	0,38
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Φέρων οργανισμός	Φέρων οργανισμός κτηρίων Α και Β από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 55 cm με θερμομόνωση πάχους 7 cm	62	0,4085
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Εσωτερική τοιχοποιία	Επίχρισμα 2 cm, κοινή οπτολινθοδομή 10 cm, επίχρισμα 2 cm	14	2,40 (Πίνακας 3.5α)

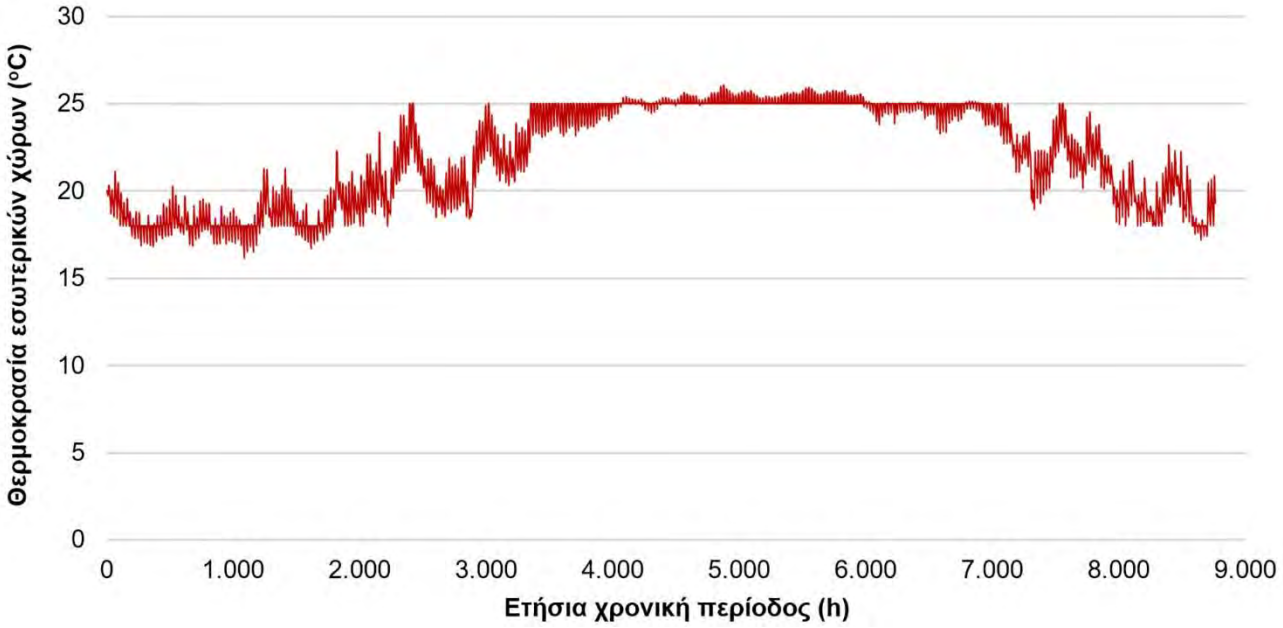
Στα σχήματα 40 απεικονίζεται η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων στις κλιματιζόμενες θερμικές ζώνες του κτηρίου.



Σχήμα 40α: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων στη θερμική ζώνη 1 στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.

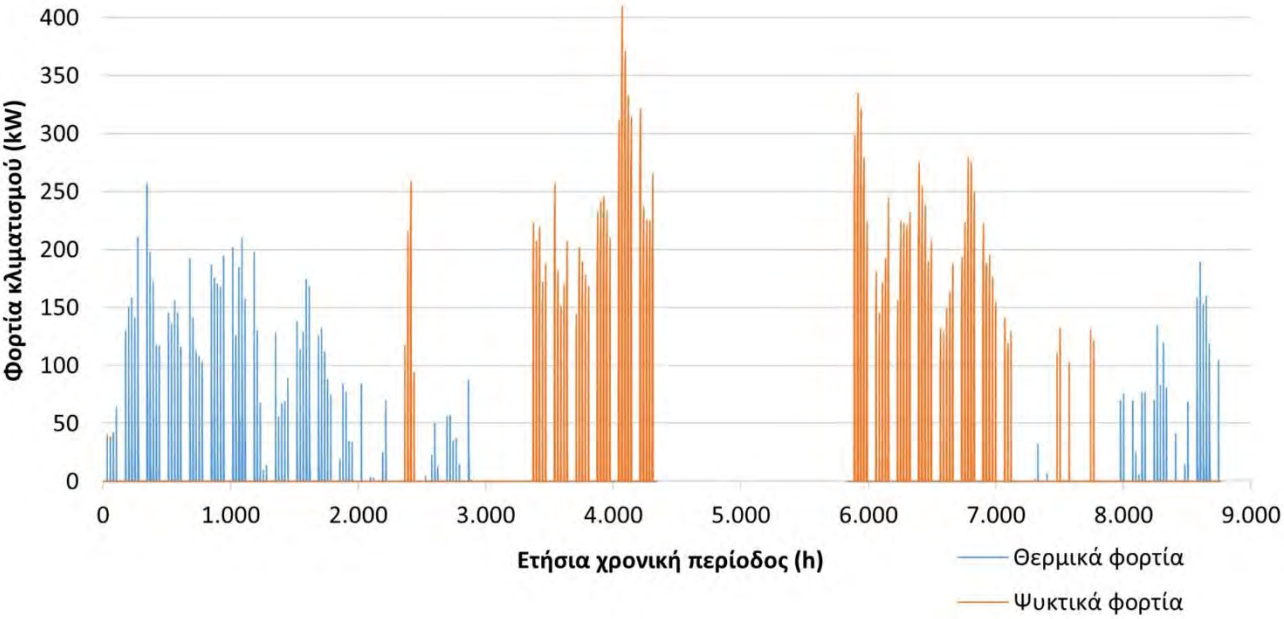


Σχήμα 40β: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων στη θερμική ζώνη 2 στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.

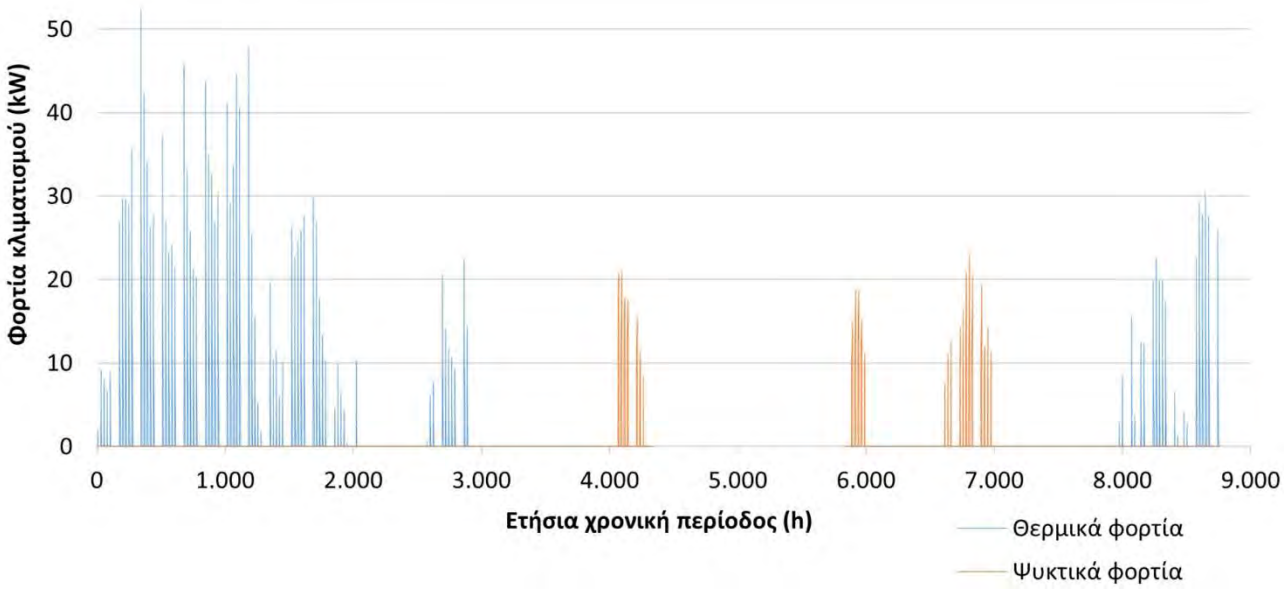


Σχήμα 40γ: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων στη θερμική ζώνη 3 στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.

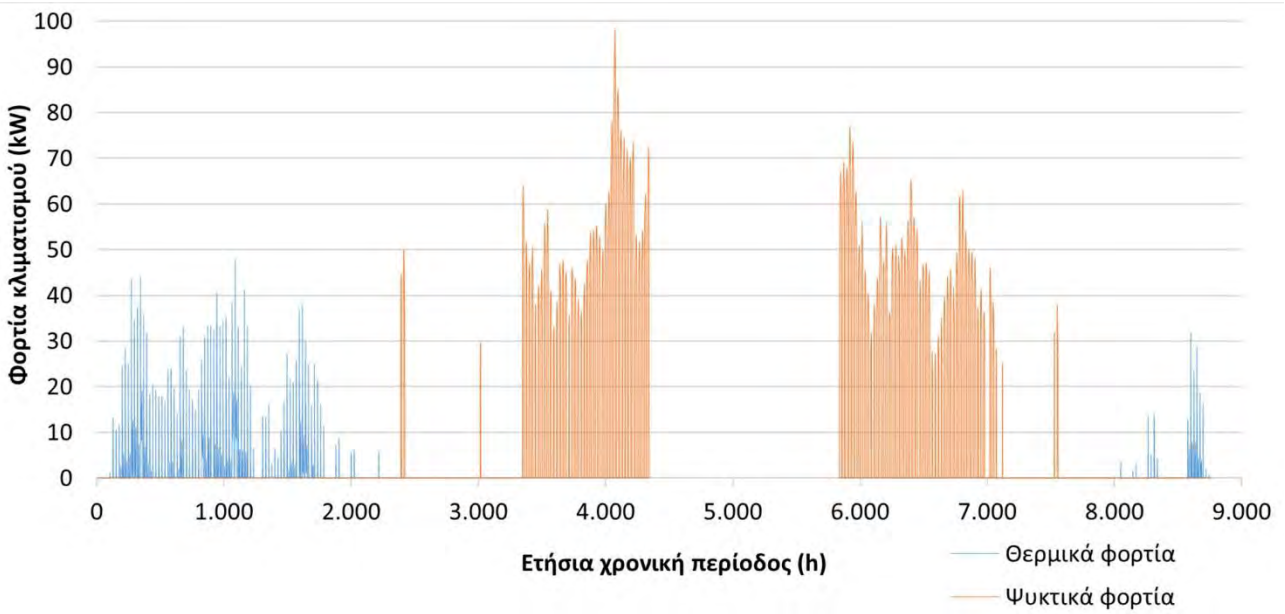
Στα σχήματα 41 απεικονίζεται η ετήσια διακύμανση των φορτίων κλιματισμού στις 3 κλιματιζόμενες θερμικές ζώνες του κτηρίου και συνολικά για ολόκληρη την κτηριακή υποδομή.



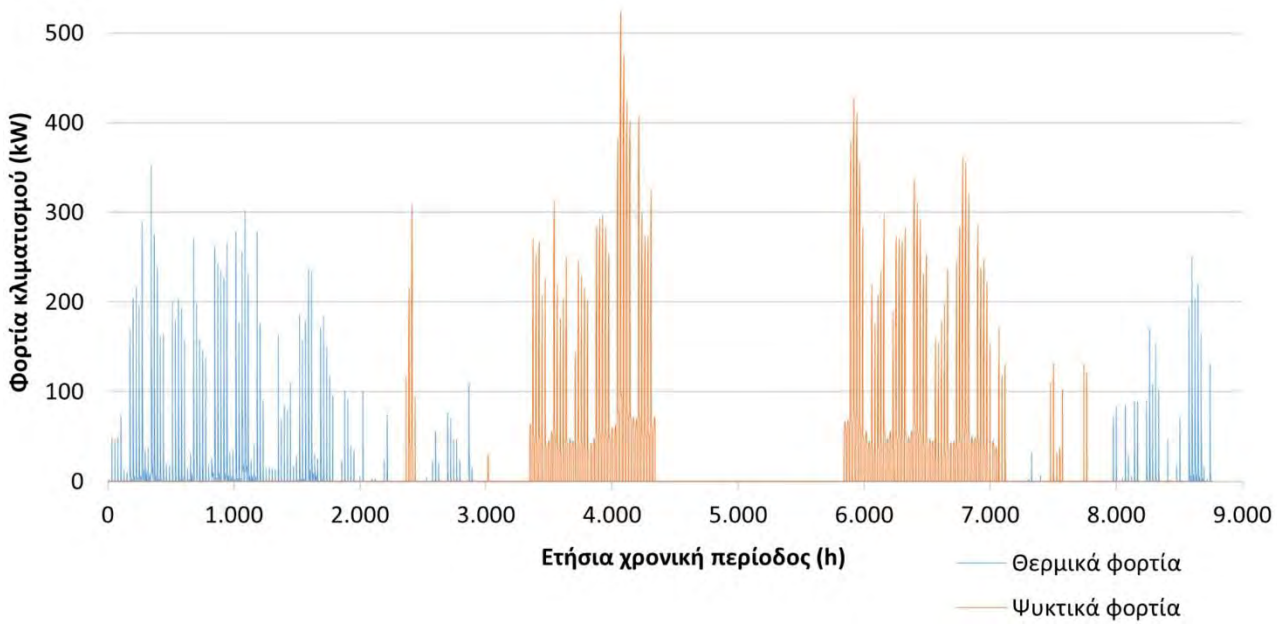
Σχήμα 41α: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης στη θερμική ζώνη 1 στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.



Σχήμα 41β: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης στη θερμική ζώνη 2 στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.



Σχήμα 41γ: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης στη θερμική ζώνη 3 στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου.



Σχήμα 41δ: Ετήσια διακύμανση συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας.

Στους πίνακες 41 παρατίθενται οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές των φορτίων θέρμανσης και ψύξης στις θερμικές ζώνες και συνολικά για όλο το κτήριο στην προτεινόμενη κατάσταση του σχολικού κτηρίου μετά την εφαρμογή των παθητικών μέτρων.

Πίνακας 41α: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 1 στην προτεινόμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	**Αιχμές φορτίου (kW_{th})**		**Μηνιαία φορτία (kWh)**	
	Θέρμανση	**Ψύξη**	**Θέρμανση**	**Ψύξη**
Ιανουάριος	252,7	0,0	6.758,2	0,0
Φεβρουάριος	206,7	0,0	6.314,1	0,0
Μάρτιος	171,5	0,0	3.211,0	0,0
Απρίλιος	86,8	258,5	687,2	2.865,8
Μάιος	0,9	256,1	0,9	8.148,4
Ιούνιος	0,0	409,5	0,0	32.546,0
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	333,7	0,0	27.761,2
Οκτώβριος	0,0	278,4	0,0	17.319,9
Νοέμβριος	74,8	131,7	271,7	992,9
Δεκέμβριος	186,5	0,0	3.566,8	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**252,7**	**409,5**	**20.809,8**	**89.634,2**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**110.444,0**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**2.475,9**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**8,4**	**36,2**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**44,6**	

Πίνακας 41β: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 2 στην προτεινόμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	51,7	0,0	1.897,8	0,0
Φεβρουάριος	47,2	0,0	1.678,7	0,0
Μάρτιος	29,3	0,0	675,4	0,0
Απρίλιος	22,1	0,0	268,1	0,0
Μάιος	14,3	0,0	32,3	0,0
Ιούνιος	0,0	21,0	0,0	589,8
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	18,7	0,0	493,7
Οκτώβριος	0,0	22,7	0,0	697,1
Νοέμβριος	8,5	0,0	15,4	0,0
Δεκέμβριος	30,2	0,0	892,9	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**51,7**	**22,7**	**5.460,7**	**1.780,6**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**7.241,3**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**957,7**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**5,7**	**1,9**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**7,6**	

Πίνακας 41γ: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 3 στην προτεινόμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	43,5	0,0	1.674,5	0,0
Φεβρουάριος	47,2	0,0	1.935,8	0,0
Μάρτιος	37,6	0,0	865,9	0,0
Απρίλιος	5,8	49,9	12,2	645,8
Μάιος	0,0	64,0	0,0	5.140,1
Ιούνιος	0,0	98,1	0,0	19.425,4
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	76,9	0,0	17.982,3
Οκτώβριος	0,0	62,9	0,0	8.326,3
Νοέμβριος	0,0	37,9	0,0	329,3
Δεκέμβριος	31,2	0,0	459,7	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**47,2**	**98,1**	**4.948,1**	**51.849,1**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**56.797,2**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**442,2**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**11,2**	**117,3**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**128,4**	

Πίνακας 41δ: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στη θερμική ζώνη 1 & 2 στην προτεινόμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	304,4	0,0	8.656,0	0,0
Φεβρουάριος	250,7	0,0	7.992,9	0,0
Μάρτιος	197,0	0,0	3.886,4	0,0
Απρίλιος	109,0	258,5	955,3	2.865,8
Μάιος	15,2	256,1	33,2	8.148,4
Ιούνιος	0,0	429,9	0,0	33.135,8
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	351,4	0,0	28.254,9
Οκτώβριος	0,0	298,1	0,0	18.017,0
Νοέμβριος	83,3	131,7	287,0	992,9
Δεκέμβριος	215,3	0,0	4.459,7	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**304,4**	**429,9**	**26.270,5**	**91.414,8**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**117.685,3**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**3.433,6**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**7,7**	**26,6**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**34,3**	

Πίνακας 41ε: Μηνιαία συνολικά φορτία κλιματισμού στην προτεινόμενη κατάσταση του κτηρίου του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW_{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	347,9	0,0	10.330,5	0,0
Φεβρουάριος	297,8	0,0	9.928,7	0,0
Μάρτιος	233,2	0,0	4.752,4	0,0
Απρίλιος	109,0	308,5	967,4	3.511,6
Μάιος	15,2	312,1	33,2	13.288,5
Ιούνιος	0,0	523,5	0,0	52.561,2
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	0,0	425,9	0,0	46.237,2
Οκτώβριος	0,0	359,7	0,0	26.343,3
Νοέμβριος	83,3	131,7	287,0	1.322,2
Δεκέμβριος	246,5	0,0	4.919,4	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	**347,9**	**523,5**	**31.218,5**	**143.263,9**
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			**174.482,5**	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m^2)			**3.875,8**	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m^2)			**8,1**	**37,0**
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2)			**45,0**	

Στον πίνακα 42 παρουσιάζονται οι ετήσιες αιχμές θερμικού και ψυκτικού για κάθε θερμική ζώνη του κτηρίου και συνολικά για όλο το κτήριο. Επίσης, στον ίδιο πίνακα, παρουσιάζονται ανά θερμική ζώνη και συνολικά για όλο το κτήριο η 10η μεγαλύτερη τιμή θερμικού και ψυκτικού φορτίου, ως προς την οποία θα γίνει η διαστασιολόγηση του νέου ενεργητικού συστήματος κλιματισμού του κτηρίου.

Πίνακας 42: Μέγιστες ετήσιες τιμές και δέκατες μεγαλύτερες τιμές ζήτησης ισχύος για θέρμανση και ψύξη για τις επιμέρους θερμικές ζώνες και συνολικά για την κτηριακή υποδομή.

Θερμική ζώνη	Θέρμανση		Ψύξη	
	Μέγιστη ετήσια ζήτηση (kW)	$10^{η}$ μεγαλύτερη ετήσια τιμή ζήτησης (kW)	Μέγιστη ετήσια ζήτηση (kW)	$10^{η}$ μεγαλύτερη ετήσια τιμή ζήτησης (kW)
1 & 2	304,4	215,1	429,9	354,2
3 (ΑΠΧ)	47,2	35,4	98,1	87,6
Λύκειο	194,8	137,7	275,1	226,7
Γυμνάσιο	109,6	77,5	154,7	127,5
Συνολικά	347,9	252,9	523,5	432,0

Στον πίνακα 43 παρουσιάζεται η ετήσια μείωση των φορτίων κλιματισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου λόγω της εφαρμογής των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων. Παρατηρείται σημαντική μείωση των φορτίων θέρμανσης (70,7%) και ψύξης (23,7%).

Πίνακας 43: Μείωση φορτίων κλιματισμού με την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών μέτρων.

Λειτουργία κλιματισμού	Φορτία κλιματισμού (kWh)		Μείωση φορτίων	
	Υφιστάμενη λειτουργία	Με την εφαρμογή των παθητικών παρεμβάσεων	(kWh)	(%)
		Συνολικό κτήριο		
Θέρμανση	106.512	31.219	75.294	70,7
Ψύξη	187.671	143.264	44.407	23,7
Σύνολα	**294.183**	**174.482**	**119.701**	**40,7**
		Θερμική ζώνη 1		
Θέρμανση	67.180	20.810	46.370	69,0
Ψύξη	107.174	89.634	17.540	16,4
Σύνολα	**174.354**	**110.444**	**63.910**	**36,7**
		Θερμική ζώνη 2		
Θέρμανση	19.736	5.461	14.275	72,3
Ψύξη	10.842	1.781	9.061	83,6
Σύνολα	**30.578**	**7.241**	**23.336**	**76,3**
		Θερμική ζώνη 3		
Θέρμανση	19.596	4.948	14.648	74,7
Ψύξη	69.655	51.849	17.806	25,6
Σύνολα	**89.251**	**56.797**	**32.454**	**36,4**

9. Ενεργητικές παρεμβάσεις κλιματισμού εσωτερικών χώρων

Για τον κλιματισμό (θέρμανση και ψύξη) των εσωτερικών χώρων του κτηρίου λαμβάνεται η διακριτή χρήση της θερμικής ζώνης 3 σε σχέση με τις θερμικές ζώνες 1 και 2. Επίσης λαμβάνεται υπόψη η συστέγαση δύο διαφορετικών σχολείων και η εν γένει τοπολογία του κτηριακού συγκροτήματος. Για το σκοπό αυτό προτείνεται η εγκατάσταση δύο διακριτών αντλιών θερμότητας, μία για το Γυμνάσιο και μία για το Λύκειο, καθώς και η εγκατάσταση μίας κεντρικής κλιματιστικής μονάδας για τη θερμική ζώνη 3, δηλαδή για την ΑΠΧ, με δεδομένη την αυξημένη ανάγκη ανανέωσης του αέρα του χώρου. Με αυτό τον τρόπο:

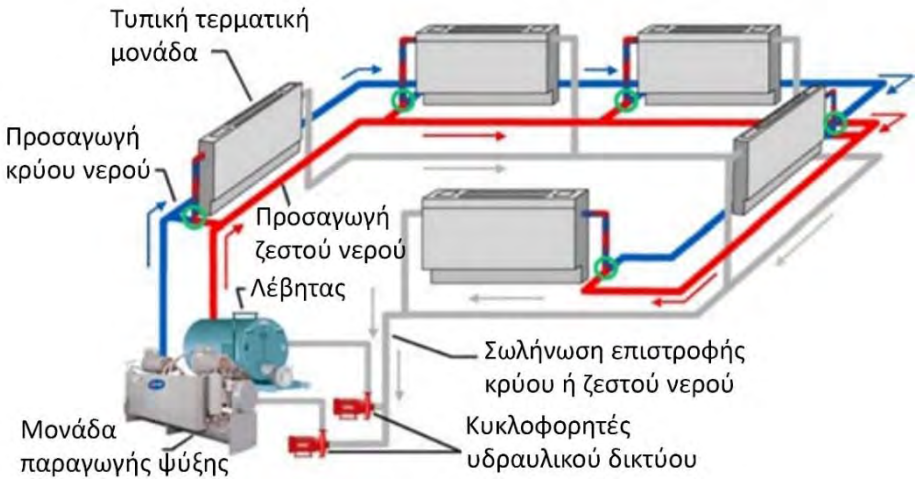
- αφενός εξασφαλίζεται ο κλιματισμός των δύο Σχολείων ανεξάρτητα μεταξύ τους
- επιτρέπεται η εγκατάσταση τριών μικρότερων και περισσότερο ευέλικτων μονάδων κλιματισμού, αντί μίας μεγαλύτερης
- ελαχιστοποιούνται τα μήκη των υδραυλικών δικτύων διανομής θέρμανσης και ψύξης
- εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ανανέωση αέρα της ΑΠΧ.

Οι ανωτέρω λειτουργίες του συνολικού συστήματος κλιματισμού θα ελέγχονται και θα αυτοματοποιούνται μέσω της ηλεκτρονικής διαχείρισης του συστήματος.

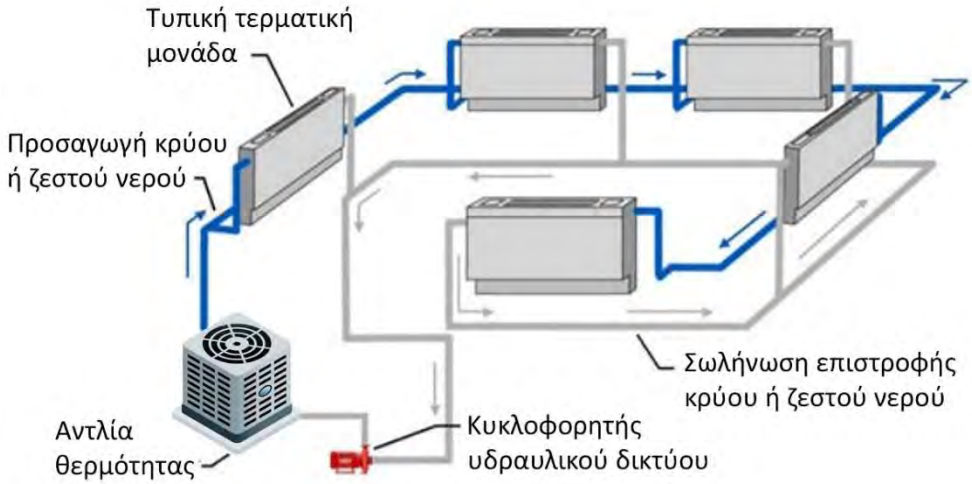
Με βάση τα ανωτέρω, το ενεργητικό σύστημα κλιματισμού του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου θα αποτελείται από:

- μία αντλία θερμότητας αέρος – νερού, μέσω της οποίας θα παράγεται η επιθυμητή θέρμανση ή ψύξη του εργαζόμενου μέσου, το οποίο θα είναι νερό, για τον κλιματισμό των θερμικών ζωνών 1 & 2 του Γυμνασίου
- μία επιπλέον αντλία θερμότητας αέρος – νερού, η οποία θα εξασφαλίζει τον κλιματισμό των θερμικών ζωνών 1 και 2 του Λυκείου
- μία κεντρική κλιματιστική μονάδα με αντλία θερμότητας αέρος – νερού, κιβώτιο ανάμιξης, εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας, φίλτρα αέρα, στοιχείο νερού κλπ, η οποία θα εξασφαλίζει τον αυτόνομο κλιματισμό και τον αερισμό της θερμικής ζώνης 3, δηλαδή της ΑΠΧ
- δύο ανεξάρτητα μεταξύ τους δισωλήνια δίκτυα νερού από σωλήνες πολυπροπυλενίου (PPR) με υαλονήματα SDR11, μέσω των οποίων θα διανέμεται η θέρμανση και η ψύξη στις τερματικές μονάδες του συστήματος για τις θερμικές ζώνες 1 και 2 του Γυμνασίου και του Λυκείου
- επιτοίχιες ή επιδαπέδιες ή οροφής υδρονικές τερματικές μονάδες (fan coils) διάθεσης της θερμότητας ή της ψύξης στους κλιματιζόμενους χώρους για τις θερμικές ζώνες 1 και 2 του κτηρίου
- δίκτυο αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής του κλιματισμένου αέρα για τον κλιματισμό και τον αερισμό της ΑΠΧ (θερμική ζώνη 3)
- κατάλληλο υδραυλικό δίκτυο, εξοπλισμένο με όλες τις απαιτούμενες συσκευές και διατάξεις (κυκλοφορητές, βαλβίδες, δοχείο διαστολής κλπ) για την ασφαλή και επαρκή λειτουργία του συστήματος
- σύστημα ελέγχου και αυτοματισμού λειτουργίας του συνολικού συστήματος κλιματισμού.

Η βασική δομή ενός κεντρικού συστήματος παραγωγής θέρμανσης και ψύξης, πολλαπλών κλιματιζόμενων χώρων, με δίκτυο διανομής νερού και τερματικές υδρονικές μονάδες παρουσιάζεται στο σχήμα 42. Στο σχήμα 42α παρουσιάζεται σύστημα με ανεξάρτητη μονάδα παραγωγής ψύξης (chiller) και θέρμανσης (λέβητας), ανεξάρτητα δίκτυα προσαγωγής θέρμανσης και ψύξης και κοινό δίκτυο επιστροφής νερού. Στο σχήμα 42β παρουσιάζεται σύστημα με κοινή μονάδα παραγωγής θέρμανσης ή ψύξης (αντλία θερμότητας) και κοινό δίκτυο προσαγωγής θερμού ή κρύου νερού προς τις τερματικές μονάδες, το οποίο προτείνεται για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση. Συνεπώς, το προτεινόμενο σύστημα θα αποτελείται από τις κεντρικές, εξωτερικές μονάδες παραγωγής θέρμανσης ή ψύξης, τις σωληνώσεις PPR μεταφοράς εργαζόμενου μέσου προς το διανομέα, το δίκτυο σωληνώσεων PPR διανομής θέρμανσης ή ψύξης, στο οποίο χρησιμοποιείται ως εργαζόμενο μέσο νερό, και ένα σύνολο εσωτερικών, τερματικών επιδαπέδιων, επίτοιχων ή οροφής υδρονικών μονάδων (fan coils), μέσω των οποίων η θέρμανση ή η ψύξη διαχέεται στους κλιματιζόμενους χώρους. Στη γενικότερη περίπτωση, ένα τέτοιο σύστημα δύναται να αποτελείται από μία ή περισσότερες εξωτερικές μονάδες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα πλήρους κλιματιστικής και ηλεκτρολογικής διασύνδεσης έτσι, ώστε να λειτουργούν είτε ανεξάρτητα, είτε σε συστοιχία μεταξύ τους.



Σχήμα 42α: Δομή κεντρικού συστήματος παραγωγής θέρμανσης και ψύξης, πολλαπλών κλιματιζόμενων χώρων, με δίκτυο διανομής νερού, τερματικές υδρονικές μονάδες, ανεξάρτητες πηγές παραγωγής θέρμανσης και ψύξης και ανεξάρτητα δίκτυα προσαγωγής θέρμανσης ή ψύξης.



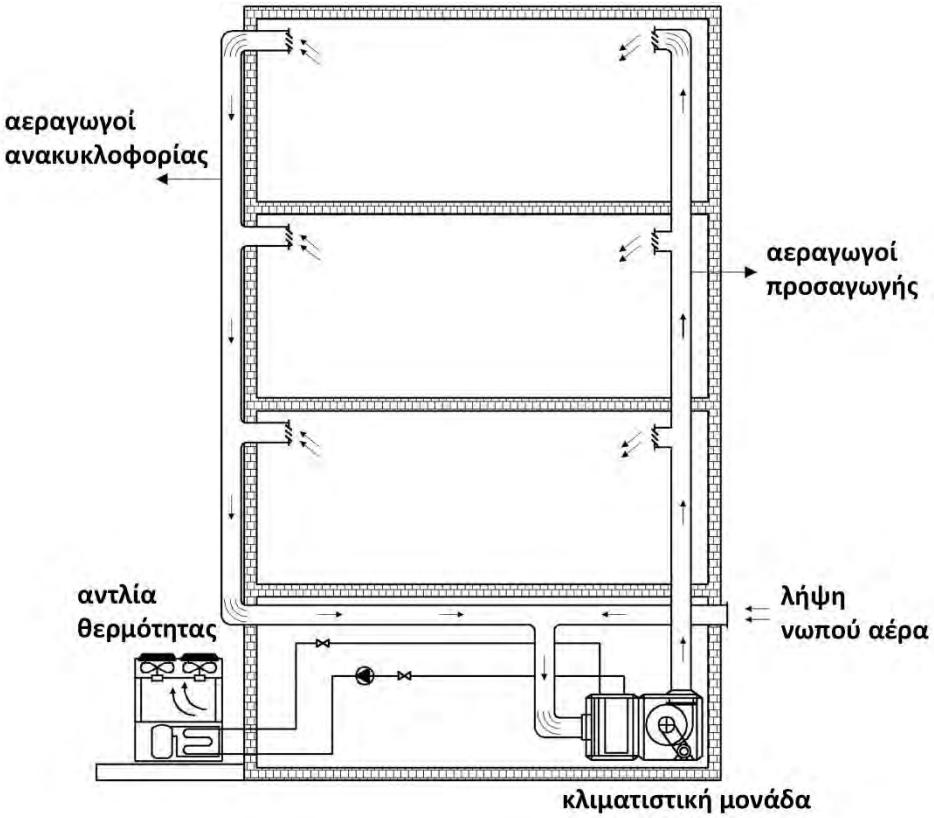
Σχήμα 42β: Δομή κεντρικού συστήματος παραγωγής θέρμανσης και ψύξης, πολλαπλών κλιματιζόμενων χώρων, με δίκτυο διανομής νερού, τερματικές υδρονικές μονάδες, κοινή μονάδα παραγωγής θέρμανσης ή ψύξης και κοινό δίκτυο προσαγωγής θέρμανσης ή ψύξης.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη χρήση αισθητήρων πίεσης και θερμοκρασίας, οι οποίοι ελέγχουν τη συχνότητα του κινητήρα (inverter) του κυκλοφορητή του δικτύου, μεταβάλλοντας, έτσι, την ταχύτητα περιστροφής του και, επομένως, την παροχή όγκου και τη θερμοκρασία του εργαζόμενου μέσου στο δίκτυο. Ο έλεγχος αυτός έχει ως αποτέλεσμα την κάλυψη της πραγματικά απαιτούμενης ανάγκης κλιματισμού του κτηρίου, καθώς και τη διασφάλιση της μέγιστης απόδοσης του συστήματος σύμφωνα με την εξωτερική θερμοκρασία.

Το προτεινόμενο σύστημα για το 2^{ο} Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου είναι το δισωλήνιο σύστημα, το οποίο επιλέγεται, αντί του τετρασωλήνιου, με το δεδομένο ότι στους κλιματιζόμενους εσωτερικούς χώρους δεν προβλέπεται να εμφανιστούν ταυτόχρονα θερμικά ή ψυκτικά φορτία. Η επιλογή του δισωλήνιου συστήματος συνεπάγεται ότι ανά πάσα χρονική στιγμή θα είναι εφικτή η παραγωγή και διανομή στο δίκτυο του συστήματος μόνο θέρμανσης ή ψύξης, όχι όμως ταυτόχρονα και των δύο, π.χ. σε διαφορετικούς κλιματιζόμενους χώρους του ίδιου συστήματος.

Η δυνατότητα σύνδεσης ικανού αριθμού εσωτερικών μονάδων διαφορετικού τύπου και μεγέθους σε ένα δίκτυο κλιματισμού, οι οποίες ελέγχονται ανεξάρτητα, οδηγεί σε μέγιστη εκμετάλλευση του ετεροχρονισμού των φορτίων κλιματισμού, τη μείωση της εγκατεστημένης κλιματιστικής ισχύος των εξωτερικών μονάδων και τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπλέον, ειδικά για τη θερμική ζώνη 3 (ΑΠΧ) προτείνεται η εγκατάσταση κεντρικής αυτόνομης κλιματιστικής μονάδας με ενεργά στοιχεία θέρμανσης – ψύξης και ύγρανσης και δίκτυο αεραγωγών. Η βασική φιλοσοφία λειτουργίας ενός συστήματος κεντρικής κλιματιστικής μονάδας και δικτύου αεραγωγών διανομής θέρμανσης ή ψύξης παρουσιάζεται στο σχήμα 43. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, ο προσαγόμενος αέρας προς τους κλιματιζόμενους χώρους από την αντλία θερμότητας αποτελεί μίγμα φρέσκου αέρα και αέρα ανακυκλοφορίας που έχει ήδη κλιματιστεί. Η παροχή του φρέσκου αέρα, που αναρροφάται από το περιβάλλον, δεν καθορίζεται από το θερμικό ή το ψυκτικό φορτίο των κλιματιζόμενων χώρων, αλλά αποκλειστικά από τις ανάγκες για ανανέωση του αέρα τους. Το υπόλοιπο της παροχής που απαιτείται για τον κατάλληλο κλιματισμό των χώρων συμπληρώνεται με αέρα που αναρροφάται από τους κλιματιζόμενους χώρους (παροχή αέρα ανακυκλοφορίας).



Σχήμα 43: Σύστημα διανομής θέρμανσης ή ψύξης σε κλιματιζόμενους χώρους με ανακυκλοφορία αέρα.

Τα συστήματα αυτά προσφέρουν μεγάλη δυνατότητα φίλτρανσης και καθαρισμού του αέρα και παράλληλα αυξομείωσης της παροχής του φρέσκου αέρα ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου (πυκνότητα ατόμων, επίπεδα CO_2 κλπ).

Επιπροσθέτως, τα συστήματα αυτά εκμεταλλεύονται τη θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος και όταν ο χώρος ζητάει ψύξη και ο εξωτερικός αέρας είναι σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τον εσωτερικό οι μονάδες αυτόματα θα στέλνουν στο χώρο 100% νωπό αέρα περιβάλλοντος, λειτουργώντας σε mode free cooling. Την ίδια λειτουργία επαναλαμβάνουν και τις νυχτερινές ώρες, δροσίζοντας το χώρο (mode night cooling).

Η κεντρική κλιματιστική μονάδα, εκτός των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής, θα διαθέτει διπλό κιβώτιο ανάμιξης φρέσκου αέρα και αέρα ανακυκλοφορίας, φίλτρα υψηλής συγκράτησης, στοιχεία ψυχρού και θερμού νερού και εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας. Για τη μείωση του παραγόμενου από τους ανεμιστήρες θορύβου προβλέπεται η παρεμβολή στα δίκτυα αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής αέρα, κατάλληλων ηχομονωτών, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές που τίθενται παρακάτω.

9.1. Διαστασιολόγηση – χωροθέτηση συστήματος

9.1.1. Αντλίες θερμότητας αέρος – νερού και δίκτυο υδρονικών μονάδων

Το προτεινόμενο σύστημα κλιματισμού των θερμικών ζωνών 1 και 2 θα αποτελείται από έξι διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους δίκτυα κλιματισμού, ένα δίκτυο για κάθε μία στάθμη του κτηρίου.

Κάθε ένα τέτοιο δίκτυο θα συνίσταται από:

- μία κεντρική διπλή γραμμή προσαγωγής και επιστροφής του εργαζόμενου μέσου από και προς την αντλία θερμότητας, μέσω υδραυλικών διανομέων ροής (κολλεκτέρ)
- έναν αριθμό επιτοίχιων εσωτερικών κλιματιστικών μονάδων ή μονάδων οροφής, οι οποίες θα κλιματίζουν τους κλιματιζόμενους χώρους που καλύπτονται από κάθε τέτοιο δίκτυο
- από το δίκτυο αγωγών πολυπροπυλενίου με υαλονήματα SDR11, προσαγωγής και επιστροφής του εργαζόμενου μέσου (νερού) από και προς τις κεντρικές γραμμές
- από διακλαδωτήρες, καμπύλες, ρυθμιστικές βαλβίδες και λοιπά υδραυλικά εξαρτήματα, ανάλογα με την όδευση και την τοπολογία του δικτύου.

Οι εξωτερικές αντλίες θερμότητας αέρος – νερού διαστασιολογούνται με βάση τα αποτελέσματα υπολογισμού των φορτίων κλιματισμού των κλιματιζόμενων χώρων, που κάθε μία από αυτές εξυπηρετεί μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις και επιπλέον με βάση τα επιλεγέντα φορτία σχεδίασης (πίνακας 42, ενότητα 8). Με βάση τα στοιχεία αυτά και τον ορισμό των θερμικών ζωνών του κτηρίου, επιλέγονται δύο διαφορετικοί τύποι αντλίας θερμότητας, όπως αιτιολογήθηκε στην αρχή της ενότητας 9, με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται παρακάτω στην ενότητα 9.2.

Ο πρώτος τύπος αντλίας επιλέγεται για τον κλιματισμό του Γυμνασίου, ενώ ο δεύτερος τύπος αντλίας επιλέγεται για τον κλιματισμό Λυκείου. Από τον κάθε τύπο αντλίας θερμότητας θα εγκατασταθεί ένα τεμάχιο.

Η αντλία θερμότητας του Γυμνασίου θα εγκατασταθεί στο βορειοδυτικό δώμα της τρίτης στάθμης του κτηρίου. Από εκεί θα οδεύσουν τρεις παράλληλες διπλές στήλες προς τα κάτω, η κάθε μία από τις οποίες θα καταλήξει στους αντίστοιχους κλιματιζόμενους χώρους των τριών επιπέδων του Γυμνασίου, τους οποίους κλιματίζει. Η αντλία θερμότητας του Λυκείου θα εγκαταστασθεί στη βορειοανατολική γωνία του δώματος της ΑΠΧ. Από εκεί θα οδεύσουν τρεις παράλληλες διπλές στήλες προς τα πάνω, η κάθε μία από τις οποίες θα καταλήξει στους αντίστοιχους κλιματιζόμενους χώρους των τριών επιπέδων του Λυκείου, τους οποίους κλιματίζει.

Οι αντλίες θερμότητας θα στηρίζονται σε αντιδονητικά στηρίγματα ελατηρίου ή καουτσούκ. Τα στηρίγματα θα είναι βιδωμένα στα σημεία που υποδεικνύει ο κατασκευαστής για την ισοκατανομή του φορτίου. Τα στηρίγματα θα είναι βιδωμένα στη μεταλλική βάση με τουλάχιστον 4 βίδες το καθένα. Η βάση θα είναι κατασκευασμένη από τυποποιημένη μεταλλική δοκό διατομής Π (πι) του εμπορίου, γαλβανισμένη, πλάτους 125 mm. Θα αποτελείται από 4 εγκάρσιες δοκούς που θα ηλεκτροσυγκοληθούν σε σκελετό (τύπου τελάρου) από δοκό όμοιας διατομής. Οι εγκάρσιες δοκοί θα ακουμπάνε πάνω στο τελάρο και θα ηλεκτροσυγκολληθούν στα σημεία επαφής. Στα σημεία κατανομής βάρους, από την κάτω μεριά θα ηλεκτροσυγκολληθούν χαλύβδινες λάμες πάχους 5 mm (ελάχιστο) με κάτοψη 125mm × 125mm. Μετά την ηλεκτροσυγκόλληση τα σημεία θα επεξεργαστούν και θα βαφούν με βαφή γαλβανίσματος. Η βάση θα βαφεί στο σύνολό της μετά την επεξεργασία με μεταλλικό χρώμα (δύο χέρια). Κάτω από τις χαλύβδινες λάμες θα τοποθετηθούν κιτ ελαστικών εφέδρανων. Τα ελαστικά εφέδρανα θα είναι σταυρωτά μεταξύ τους και θα παρεμβάλλεται φύλλο γαλβανισμένης λαμαρίνας πάχους 1,5 mm ανάμεσα. Η βάση θα προεκτείνεται από το πλάι του μηχανήματος για να διασφαλίζει μεγαλύτερη σταθερότητα.

Οι χώροι εγκατάστασης των αντλιών θερμότητας, στους οποίους επίσης θα εγκατασταθούν οι υδραυλικοί διανομείς (κολλεκτέρ) και οι κυκλοφορητές των δικτύων, θα πρέπει να προστατευτούν από τις καιρικές συνθήκες με κατασκευές που θα καλύπτουν πλήρως τους χώρους αυτούς, προσφέροντας πλήρη προστασία καθ’ όλο το εικοσιτετράωρο και καθ’ όλο το έτος από την ηλιακή ακτινοβολία, τον άνεμο και τα κατακρημνίσματα, επιτρέποντας ταυτόχρονα τον απρόσκοπτο αερισμό των αντλιών θερμότητας για την άντληση ή την απόρριψη θερμότητας από ή προς το περιβάλλον. Οι κατασκευές αυτές προτείνεται να γίνουν από μεταλλικό σκελετό, κεκλιμένη στέγη με κλίση 5° από πλαίσιο πετροβάμβακα, πάχους 7 cm με

ανακλαστική εξωτερική επιφάνεια, για αποφυγή υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων από την ηλιακή ακτινοβολία και κατακόρυφα δομικά στοιχεία επίσης από πλαίσια πετροβάμβακα, πάχους 7 cm. Στις ανατολικές και στις δυτικές πλευρές των δύο χώρων στέγασης θα υπάρχουν επαρκείς ανοικτές επιφάνειες, προστατευμένες με ανοιγόμενα μεταλλικά πλέγματα, μέσω των οποίων θα εξασφαλίζεται πρόσβαση στους χώρους των αντλιών θερμότητας και αερισμός των χώρων. Τα μεταλλικά πλέγματα θα παρέχουν προστασία στους χώρους των αντλιών από την είσοδο πουλιών, τρωκτικών κλπ.

Για τους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους του κτηρίου τοποθετούνται επιτοίχιες τερματικές μονάδες σε κάθε έναν από αυτούς, κατάλληλης ικανότητας σε ψύξη και θέρμανση, εκτός από το χώρο υποδοχής του Γυμνασίου, στην τρίτη στάθμη του κτηρίου, όπου θα τοποθετηθούν 4 μονάδες οροφής. Επιλέγεται η εγκατάσταση επίτοιχου τύπου τερματικών μονάδων αντί επιδαπέδιων, με δεδομένη τη χρήση του κτηρίου, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή εξοικονόμηση χώρου, η αποφυγή τοποθέτησης εμποδίων στο δάπεδο και καλωδίων ηλεκτρικής ενέργειας ικανών να προκαλέσουν ατυχήματα, αλλά και η προστασία των μηχανημάτων από τυχόν φθορές απροσεξίας ή βανδαλισμού.

Η διαστασιολόγηση των νέων εσωτερικών υδρονικών μονάδων προκύπτει με βάση τα συνολικά φορτία κλιματισμού (θέρμανση και ψύξη) του κάθε επιμέρους εσωτερικού κλιματιζόμενου χώρου, τον οποίο η κάθε μονάδα κλιματίζει. Τα φορτία των επιμέρους κλιματιζόμενων χώρων υπολογίστηκαν αναλογικά συναρτήσει του λόγου του όγκου του κάθε χώρου ως προς το συνολικό όγκο της θερμικής ζώνης στην οποία ανήκει. Τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 44.

Κάθε μία από τις υδρονικές μονάδων θα ελέγχεται και θα λειτουργεί με ανεξάρτητο τηλεχειριστήριο.

Στα σχήματα 44 παρουσιάζεται χωροθέτηση σε κατόψεις των νέων τερματικών υδρονικών μονάδων και όδευση του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού στους ορόφους του κτηρίου. Όπως ήδη αιτιολογήθηκε ανωτέρω, όλες οι τερματικές μονάδες θα είναι επιτοίχιες, εκτός από τις 4 μονάδες οροφής στο χώρο υποδοχής του Γυμνασίου, στην τρίτη στάθμη του κτηρίου.

Όπως φαίνεται από τα σχήματα αυτά, η χωροθέτηση των εξωτερικών μονάδων και των δικτύων κλιματισμού και η διαίρεσή τους προκύπτει ως συνέπεια της τοπολογίας και της διάταξης της συνολικής κτηριακής υποδομής και των εσωτερικών χώρων της, με στόχο τη διευκόλυνση της εγκατάστασης και την ελαχιστοποίηση των μηκών των αγωγών κλιματισμού.

Πίνακας 44: Διαστασιολόγηση εσωτερικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού.

Στάθμη	Χώρος	Ονομαστικό φορτίο χώρου (kW)		Τύπος μονάδας	Πλήθος μονάδων	Ονομαστική ικανότητα (kW)		Παροχή νερού (L/s)		Πτώση πίεσης (kPa)		Ισχύς ανεμιστήρα (W)		Λειτουργία	Αρίθμηση στα σχέδια
		Θέρμανση	Ψύξη			Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη		
1	Βιβλιοθήκη	7,4	12,2	3	4	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T1.1 - T1.4
1	Διάδρομος	3,4	5,6	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T1.5, T1.6
2	Αίθουσα διδασκαλίας 1	3,9	6,4	4	2	3,0	3,4	0,14	0,16	26	31	37	37	min	T2.8, T2.9
2	Αίθουσα διδασκαλίας 2	2,5	4,1	4	1	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T2.7
2	Αίθουσα διδασκαλίας 3	2,5	4,1	4	1	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T2.6
2	Αίθουσα διδασκαλίας 4	5,3	8,7	4	2	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T2.4, T2.5
2	Αίθουσα διδασκαλίας 6	3,2	5,3	4	1	3,5	4,6	0,17	0,22	33	50	41	50	med, max	T2.10
2	Αίθουσα διδασκαλίας 7	2,6	4,3	4	1	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T2.11
2	Γραφείο Διευθυντή	2,2	3,7	4	1	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T2.12
2	Γραφείο Καθηγητών (μεγάλο)	3,8	6,2	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T2.14, T2.15
2	Γραφείο Καθηγητών (μικρό)	1,2	2,0	2	1	1,8	2,0	0,08	0,09	9	10	22	25	min, med	T2.13
2	Διάδρομος	11,3	18,6	4	4	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T2.16 - T2.19
2	Εργαστήριο Φυσικής	6,4	10,6	4	2	3,5	4,6	0,17	0,22	33	50	41	50	med, max	T2.1, T2.2

Πίνακας 44: Διαστασιολόγηση εσωτερικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού.

Στάθμη	Χώρος	Ονομαστικό φορτίο χώρου (kW)		Τύπος μονάδας	Πλήθος μονάδων	Ονομαστική ικανότητα (kW)		Παροχή νερού (L/s)		Πτώση πίεσης (kPa)		Ισχύς ανεμιστήρα (W)		Λειτουργία	Αρίθμηση στα σχέδια
		Θέρμανση	Ψύξη			Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη		
2	Κουζίνα Καθηγητών	1,1	1,7	1	1	1,6	1,7	0,08	0,08	9	10	23	23	min	T2.3
3	Αίθουσα διδασκαλίας 1	5,3	8,7	4	2	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.8, T3.9
3	Αίθουσα διδασκαλίας 2	5,4	8,9	4	2	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.6, T3.7
3	Αίθουσα διδασκαλίας 3	1,8	2,9	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T3.5
3	Αίθουσα διδασκαλίας 4	2,7	4,4	4	1	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.2
3	Αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών	5,1	8,5	4	2	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.10, T3.11
3	Αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών	5,3	8,7	4	2	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.23, T3.24
3	Αίθουσα μουσικής	3,8	6,3	4	2	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T3.21, T3.22
3	Αίθουσα τεχνολογίας	2,2	3,6	4	1	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T3.25
3	Βιβλιοθήκη	3,0	4,9	4	1	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.15
3	Γραφεία Καθηγητών	4,8	7,8	4	2	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T3.1, T3.12
3	Γραφεία Καθηγητών	2,4	3,9	4	1	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T3.13
3	Γραφεία Καθηγητών	2,4	3,9	4	1	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T3.14
3	Διάδρομος	5,6	9,2	4	2	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T3.3, T3.4

Πίνακας 44: Διαστασιολόγηση εσωτερικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού.

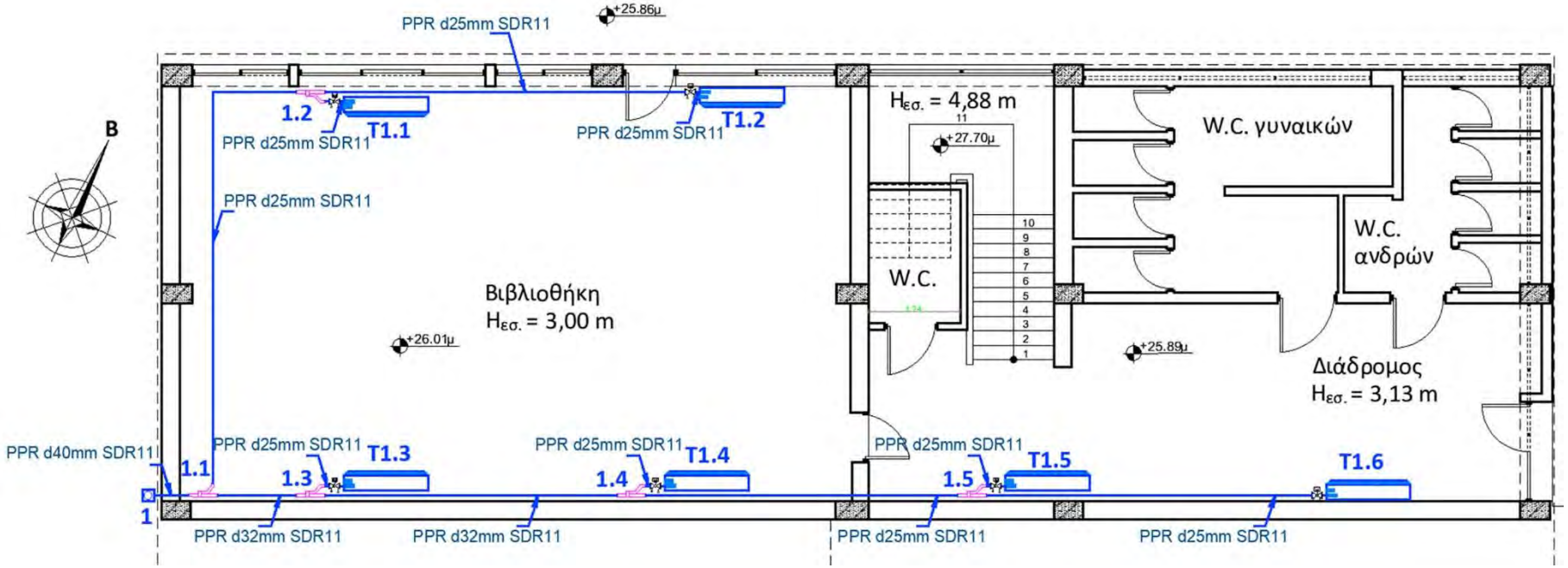
Στάθμη	Χώρος	Ονομαστικό φορτίο χώρου (kW)		Τύπος μονάδας	Πλήθος μονάδων	Ονομαστική ικανότητα (kW)		Παροχή νερού (L/s)		Πτώση πίεσης (kPa)		Ισχύς ανεμιστήρα (W)		Λειτουργία	Αρίθμηση στα σχέδια
		Θέρμανση	Ψύξη			Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη		
3	Κυλικείο	1,5	2,5	2	1	1,8	2,7	0,08	0,13	9	15	22	28	min, max	T3.20
3	Χώρος υποδοχής	21,9	36,0	5	4	9,1	9,6	0,36	0,46	19,8	34,5	70	90	min, med	T3.16 - T3.19
4	Αίθουσα διδασκαλίας 1	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.22
4	Αίθουσα διδασκαλίας 12	3,3	5,4	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.9, T4.10
4	Αίθουσα διδασκαλίας 13	3,3	5,5	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.7, T4.8
4	Αίθουσα διδασκαλίας 14	1,2	1,9	2	1	1,8	2,0	0,08	0,09	9	10	22	25	min, med	T4.6
4	Αίθουσα διδασκαλίας 15	2,1	3,4	4	1	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T4.5
4	Αίθουσα διδασκαλίας 16	2,2	3,7	2	2	1,8	2,0	0,08	0,09	9	10	22	25	min, med	T4.3, T4.4
4	Αίθουσα διδασκαλίας 17	1,6	2,6	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.2
4	Αίθουσα διδασκαλίας 18	1,6	2,6	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.1
4	Αίθουσα διδασκαλίας 2	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.21
4	Αίθουσα διδασκαλίας 3	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.20
4	Αίθουσα διδασκαλίας 4	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.19
4	Αίθουσα διδασκαλίας 5	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.18
4	Αίθουσα διδασκαλίας 6	3,2	5,3	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.11, T4.12

Πίνακας 44: Διαστασιολόγηση εσωτερικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού.

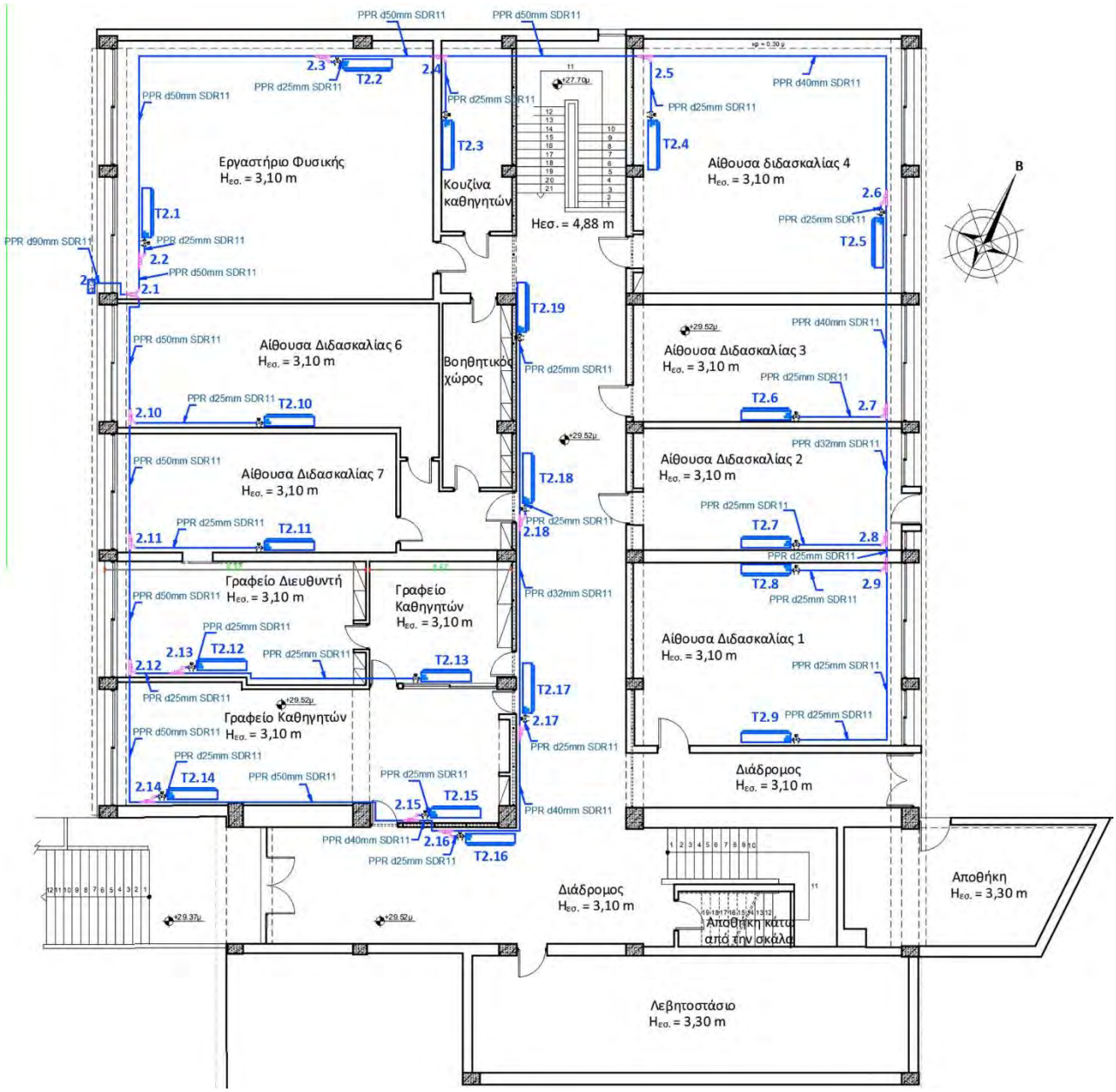
Στάθμη	Χώρος	Ονομαστικό φορτίο χώρου (kW)		Τύπος μονάδας	Πλήθος μονάδων	Ονομαστική ικανότητα (kW)		Παροχή νερού (L/s)		Πτώση πίεσης (kPa)		Ισχύς ανεμιστήρα (W)		Λειτουργία	Αρίθμηση στα σχέδια
		Θέρμανση	Ψύξη			Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη		
4	Αίθουσα διδασκαλίας 7	1,6	2,6	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.13
4	Αίθουσα διδασκαλίας 8	3,2	5,3	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.14, T4.15
4	Διάδρομος	7,3	12,0	4	3	3,0	4,6	0,14	0,22	26	50	37	50	min, max	T4.23 - T4.25
4	Εργαστήριο Φυσικής	3,6	5,9	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T4.16, T4.17
5	Αίθουσα διδασκαλίας 1	1,2	1,9	2	1	1,8	2,0	0,08	0,09	9	10	22	25	min, med	T5.2
5	Αίθουσα διδασκαλίας 2	3,2	5,3	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T5.3, T5.4
5	Αίθουσα διδασκαλίας 3	3,1	5,1	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T5.5, T5.6
5	Αίθουσα διδασκαλίας 4	1,6	2,6	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T5.7
5	Αίθουσα διδασκαλίας 5	3,2	5,2	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T5.8, T5.9
5	Αίθουσα διδασκαλίας 6	3,4	5,6	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T5.10, T5.11
5	Αίθουσα διδασκαλίας 7	1,2	2,1	2	1	1,8	2,0	0,08	0,09	9	10	22	25	min, med	T5.12
5	Διάδρομος	6,2	10,2	4	3	3,0	3,9	0,14	0,18	26	38	37	41	min, med	T5.1, T5.13, T5.14
6	Αίθουσα Γαλλικών	1,6	2,7	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T6.3
6	Αίθουσα διδασκαλίας 15	1,9	3,1	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T6.2

Πίνακας 44: Διαστασιολόγηση εσωτερικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού.

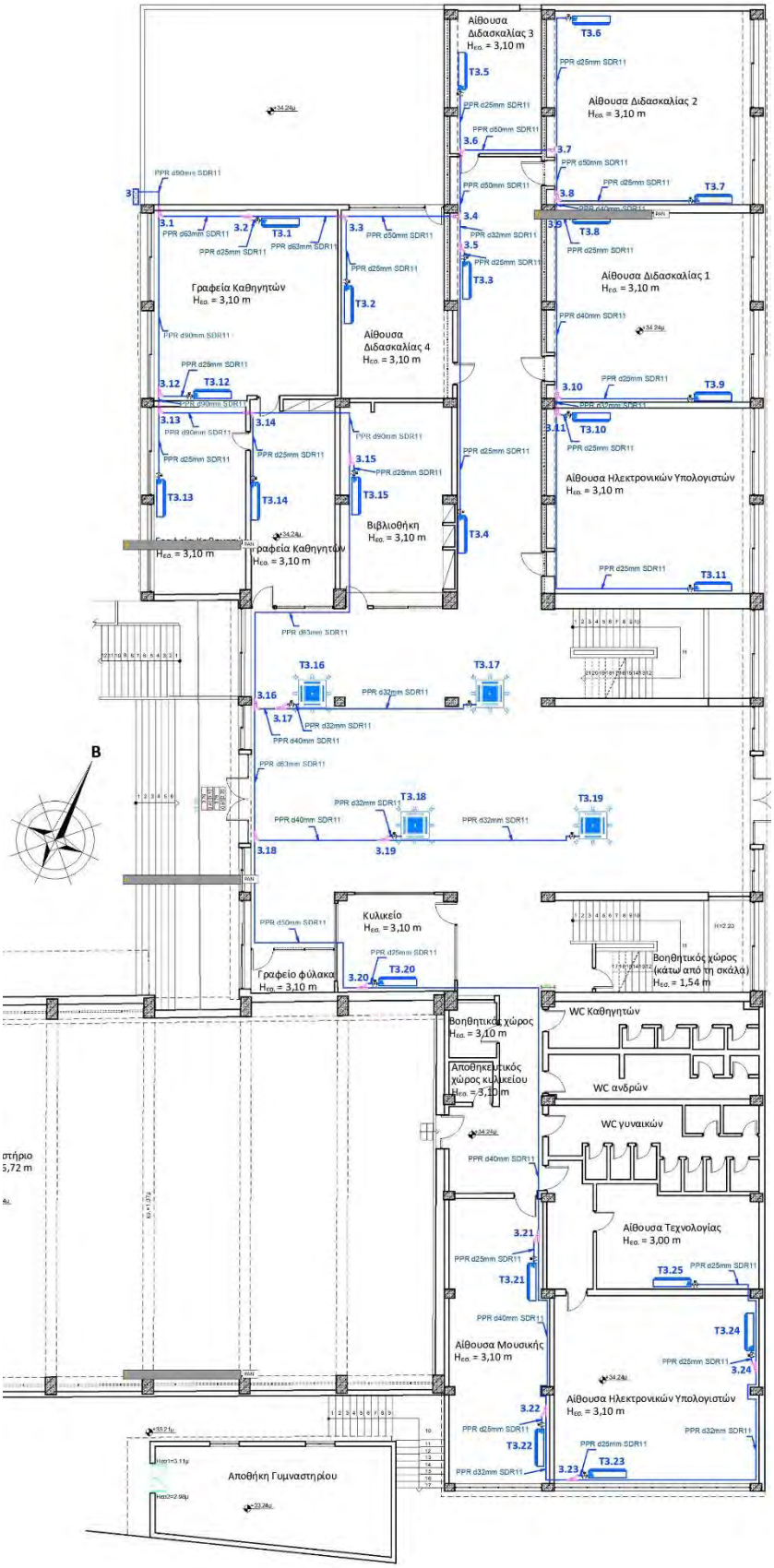
Στάθμη	Χώρος	Ονομαστικό φορτίο χώρου (kW)		Τύπος μονάδας	Πλήθος μονάδων	Ονομαστική ικανότητα (kW)		Παροχή νερού (L/s)		Πτώση πίεσης (kPa)		Ισχύς ανεμιστήρα (W)		Λειτουργία	Αρίθμηση στα σχέδια
		Θέρμανση	Ψύξη			Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη		
6	Αίθουσα διδασκαλίας 16	3,3	5,4	3	2	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T6.4, T6.5
6	Αίθουσα διδασκαλίας 17	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T6.6
6	Αίθουσα διδασκαλίας 18	1,7	2,8	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T6.7
6	Διάδρομος	1,5	2,5	3	1	2,6	3,0	0,13	0,14	22	26	22	37	min, med	T6.1
Σύνολο τερματικών μονάδων:					**96**										



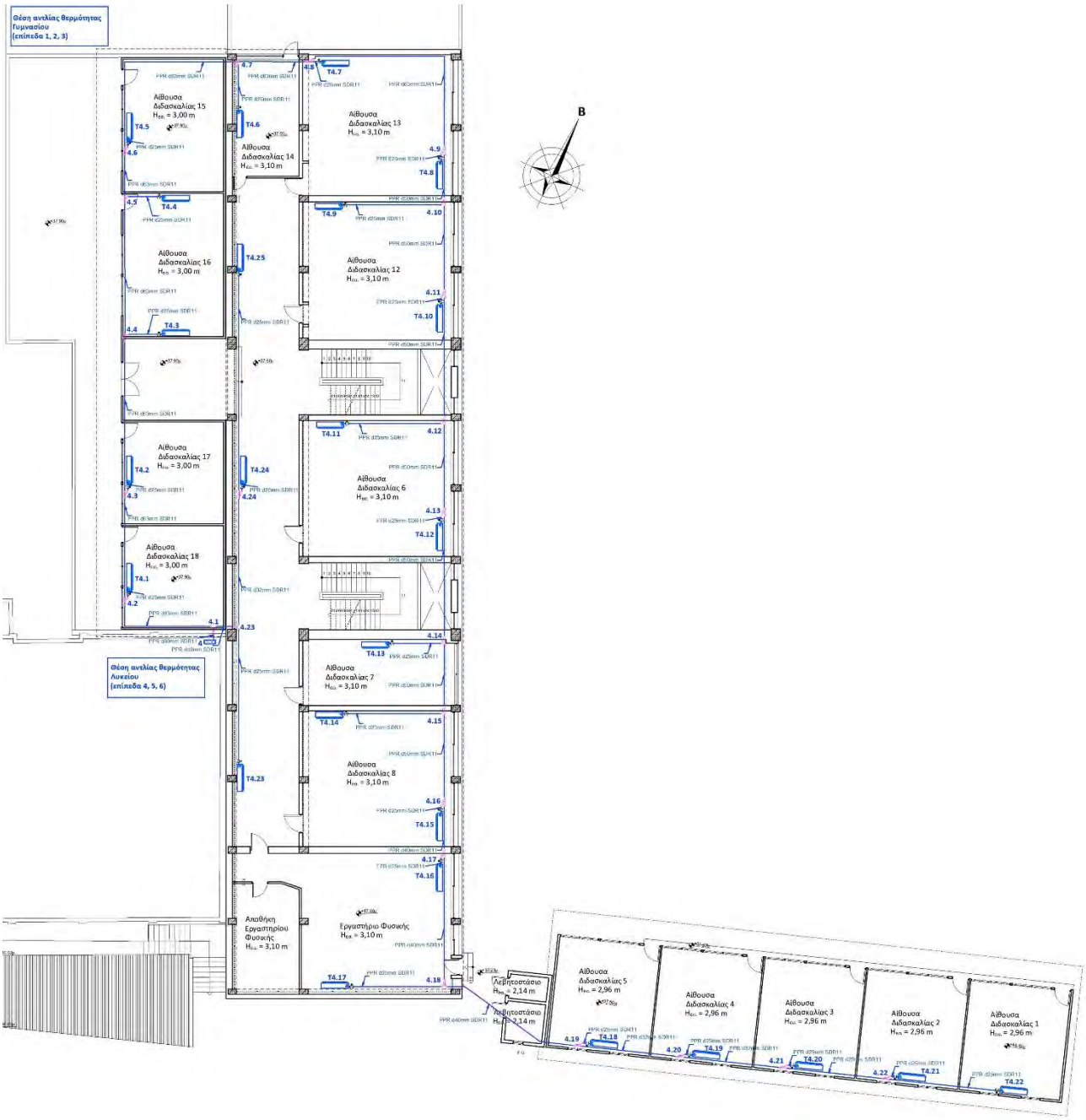
Σχήμα 44α: Χωροθέτηση νέων υδρονικών τερματικών μονάδων και όδευση δικτύου κλιματισμού στην 1η στάθμη του κτηρίου.



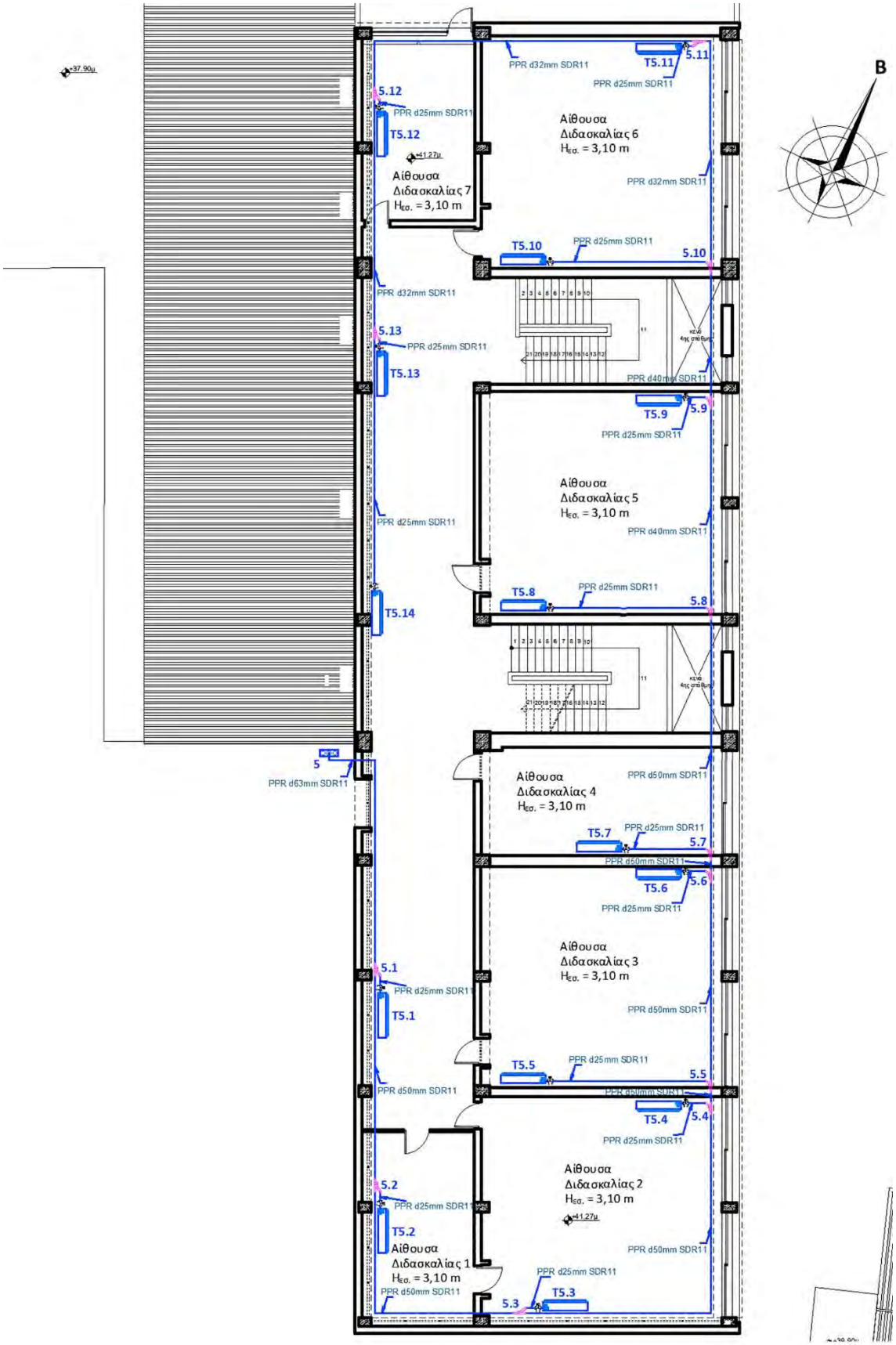
Σχήμα 44β: Χωροθέτηση νέων υδρονικών τερματικών μονάδων και όδευση δικτύου κλιματισμού στη 2η στάθμη του κτηρίου.



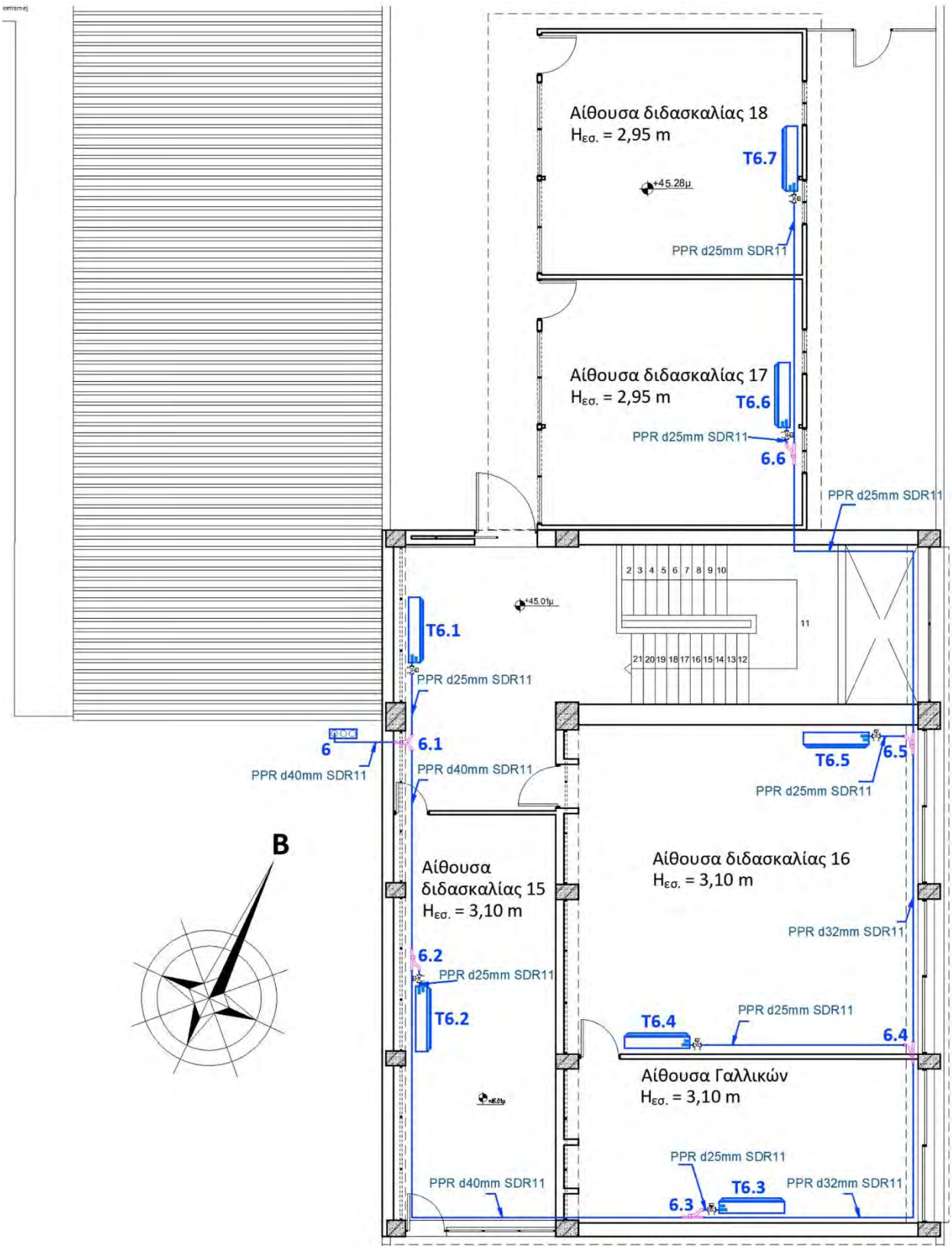
Σχήμα 44γ: Χωροθέτηση νέων υδρονικών τερματικών μονάδων και όδευση δικτύου κλιματισμού στην 3η στάθμη του κτηρίου.



Σχήμα 44δ: Χωροθέτηση νέων υδρονικών τερματικών μονάδων και όδευση δικτύου κλιματισμού στην 4η στάθμη του κτηρίου.

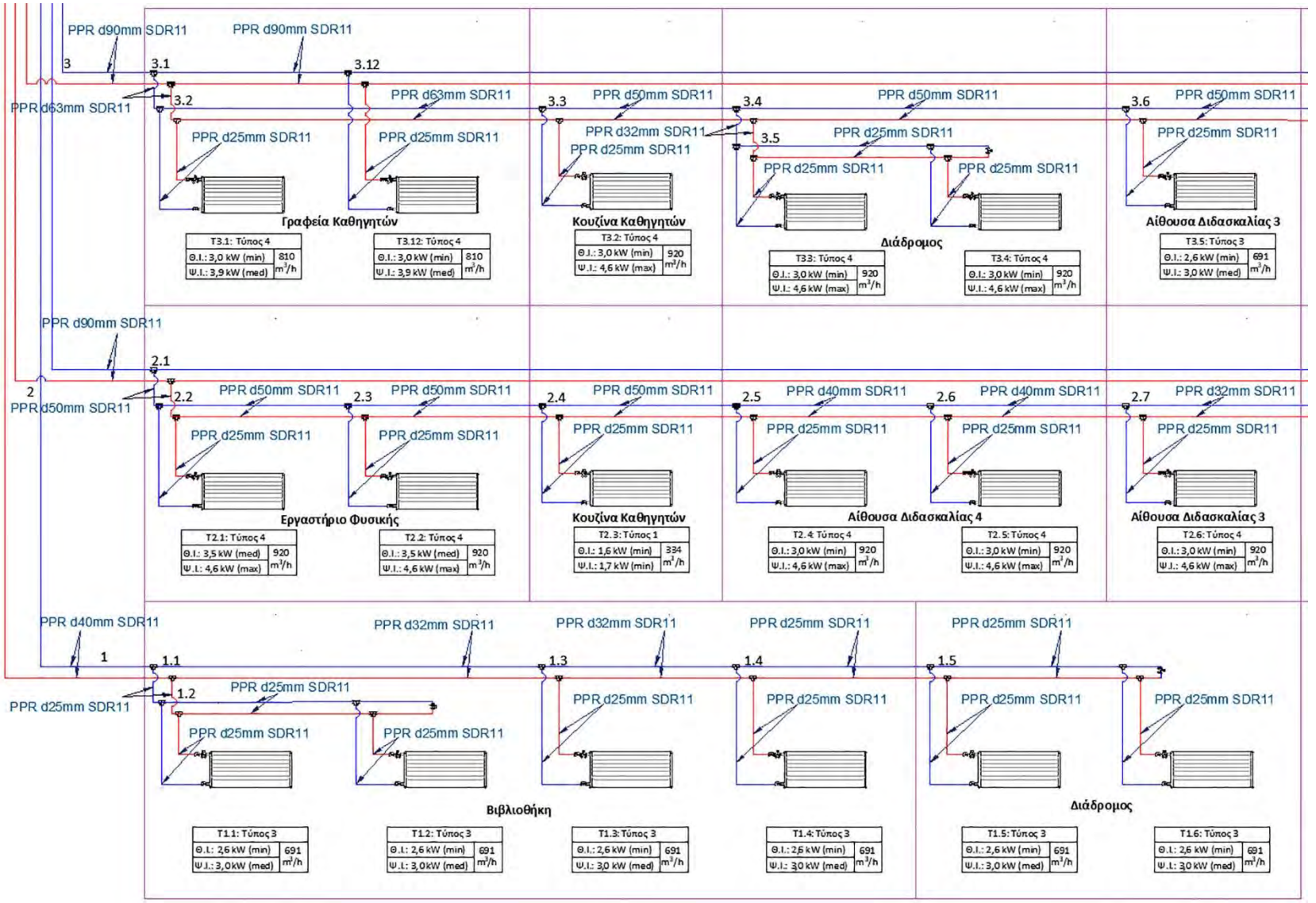


Σχήμα 44ε: Χωροθέτηση νέων υδρονικών τερματικών μονάδων και όδευση δικτύου κλιματισμού στην 5η στάθμη του κτηρίου.

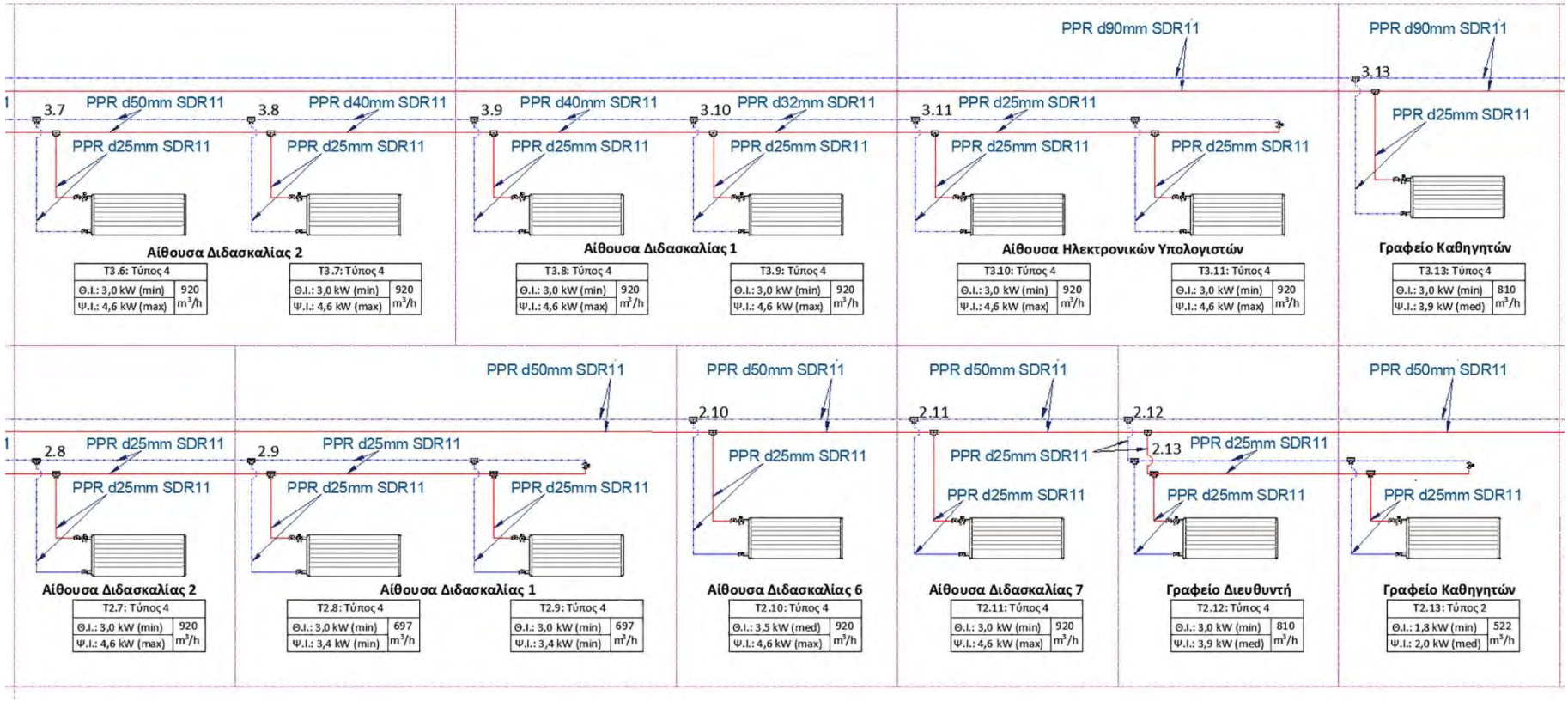


Σχήμα 44στ: Χωροθέτηση νέων υδρονικών τερματικών μονάδων και όδευση δικτύου κλιματισμού στην 6η στάθμη του κτηρίου.

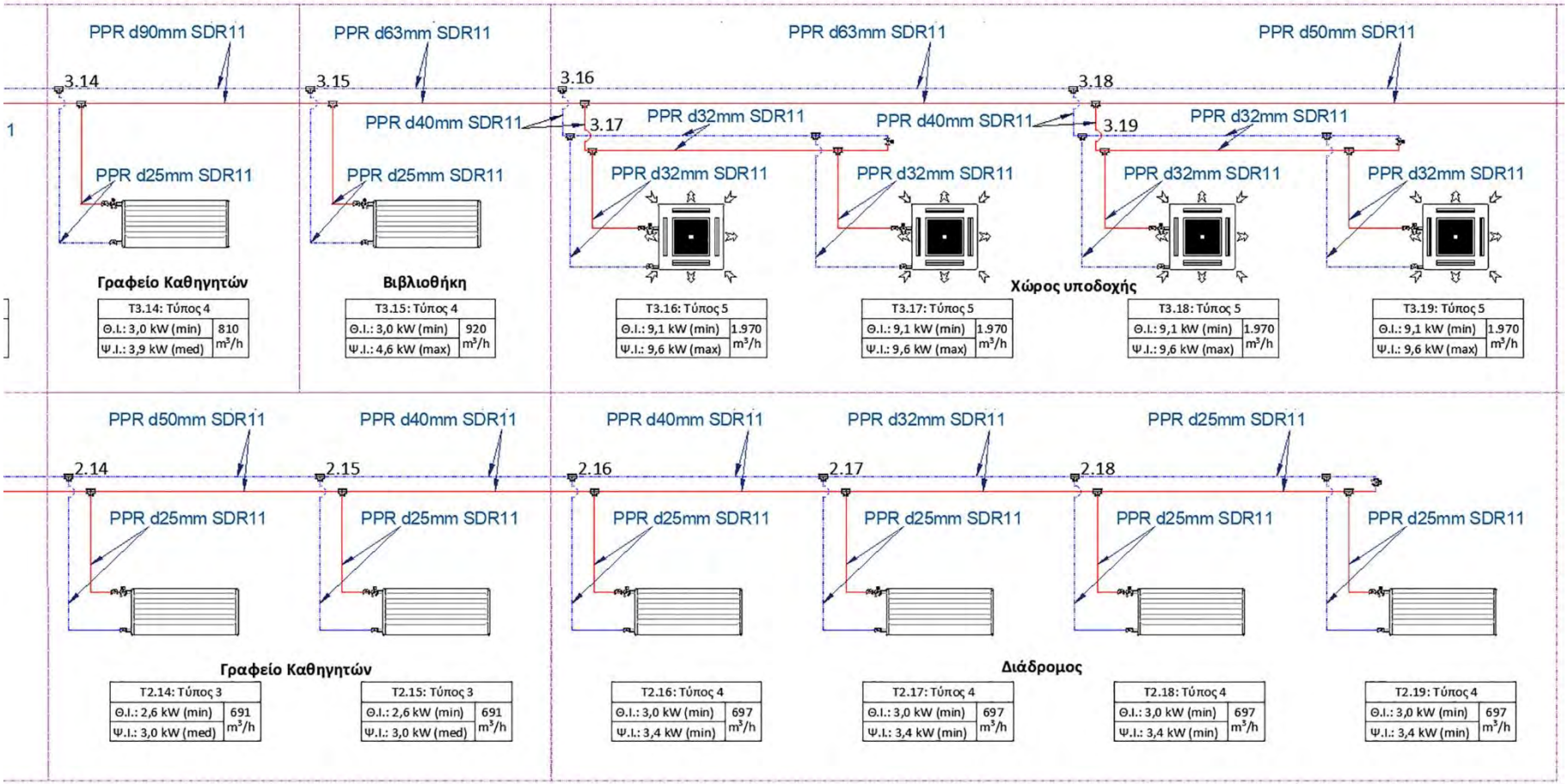
Στα σχήματα 45 παρουσιάζονται κατακόρυφα διαγράμματα κλιματισμού, ξεχωριστά για τον κάθε όροφο του κτηρίου. Στα εν λόγω σχήματα, όπως και στα σχήματα 44, επίσης σημειώνεται η κωδικοποιημένη αρίθμηση των τερματικών μονάδων κλιματισμού, η οποία έχει παρουσιαστεί στον πίνακα 44.



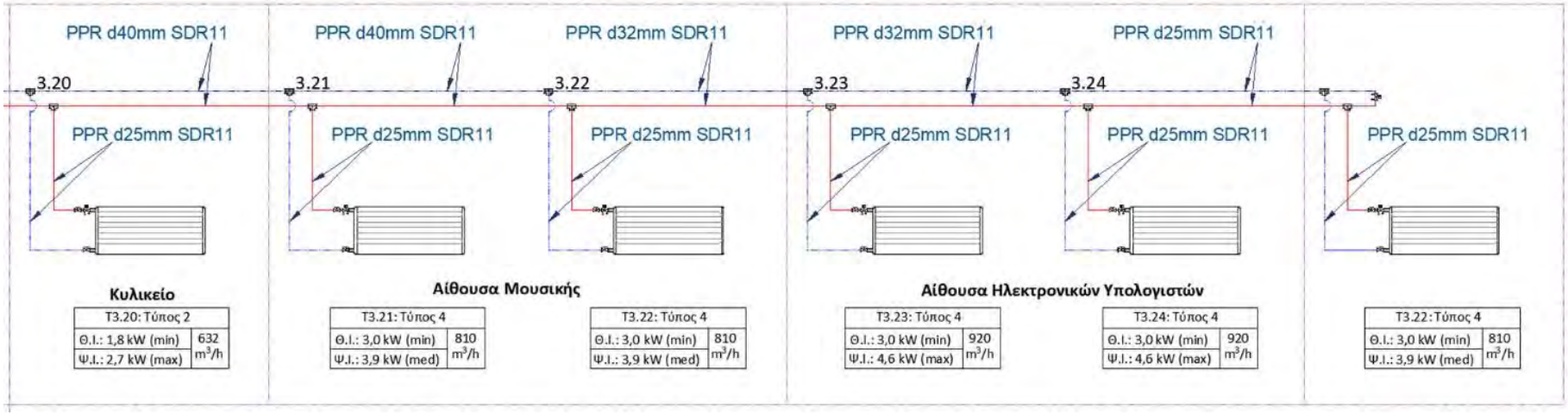
Σχήμα 45α: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Γυμνασίου – μέρος 1.



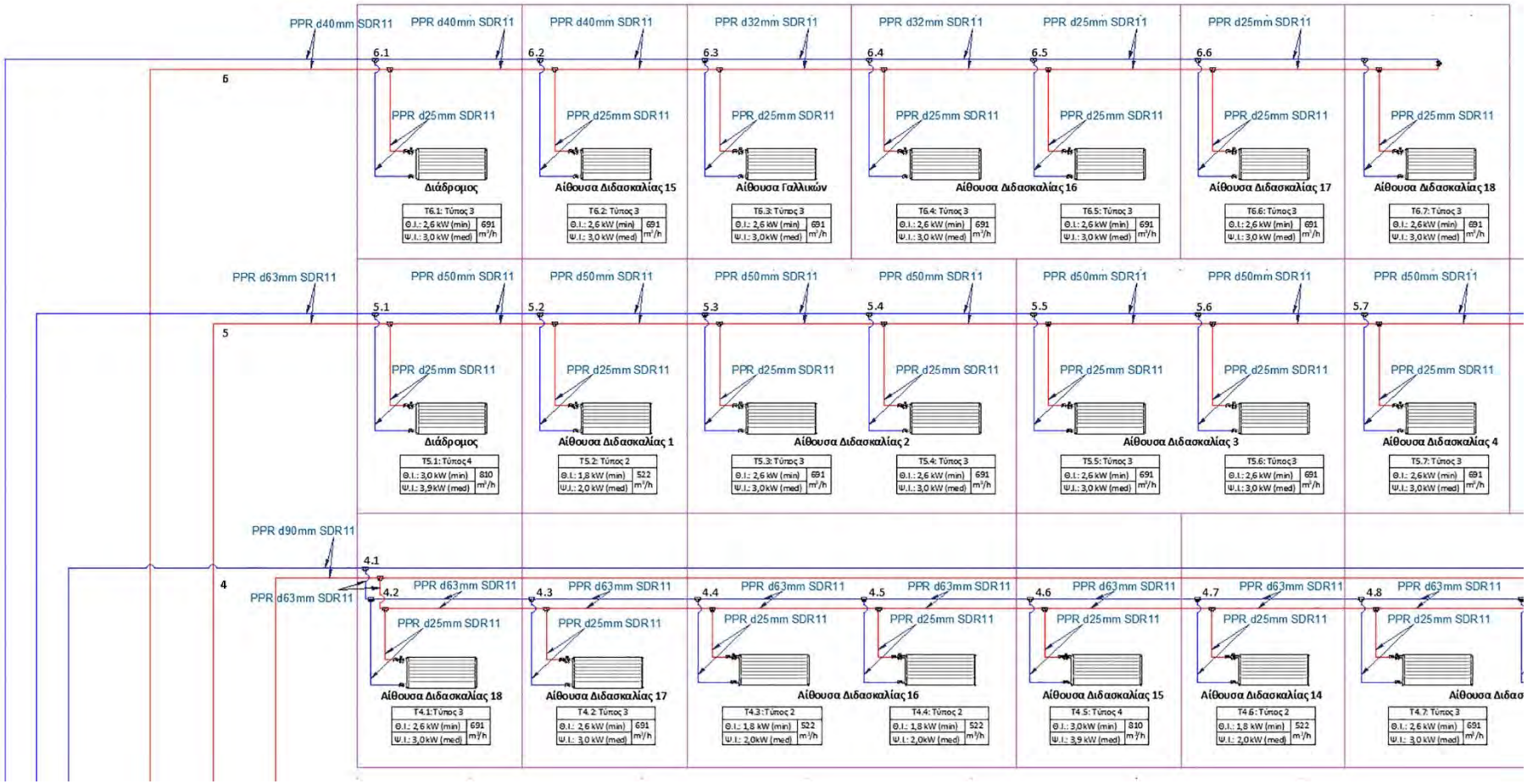
Σχήμα 45β: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Γυμνασίου – μέρος 2.



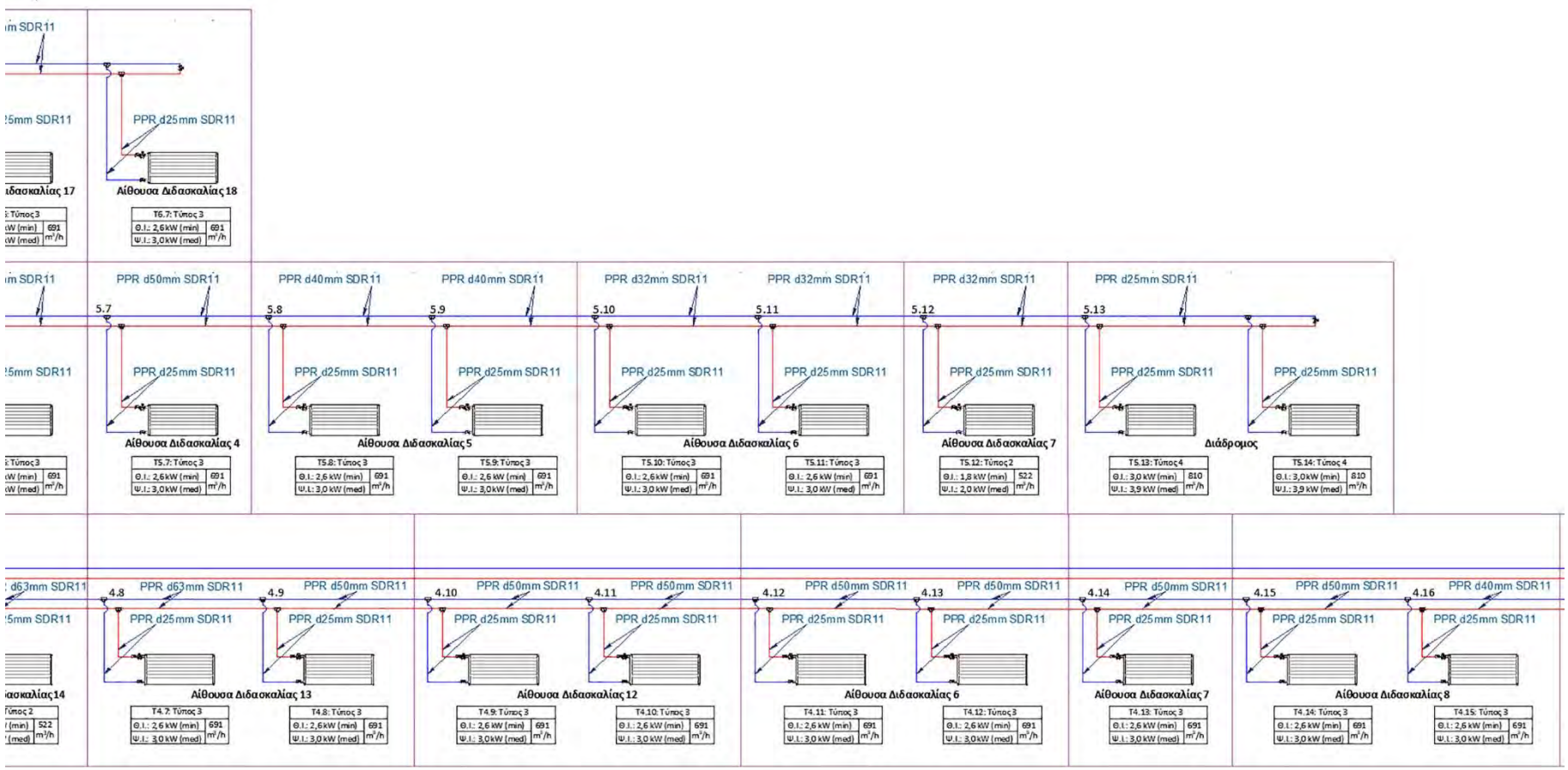
Σχήμα 45γ: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Γυμνασίου – μέρος 3.



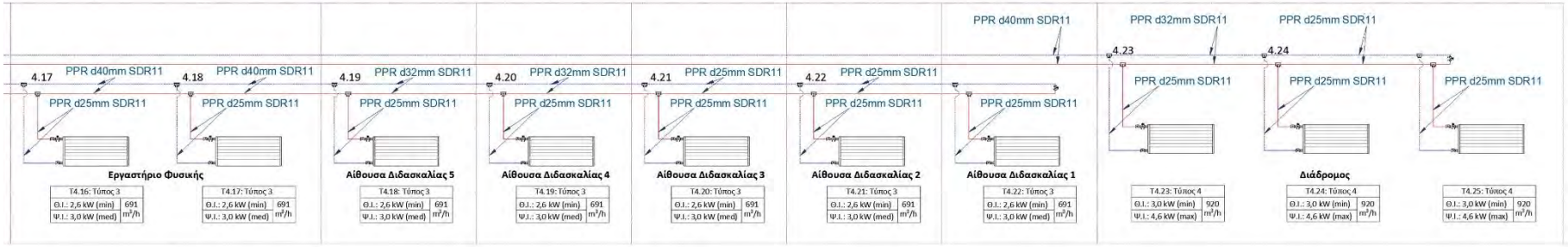
Σχήμα 45δ: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Γυμνασίου – μέρος 4.



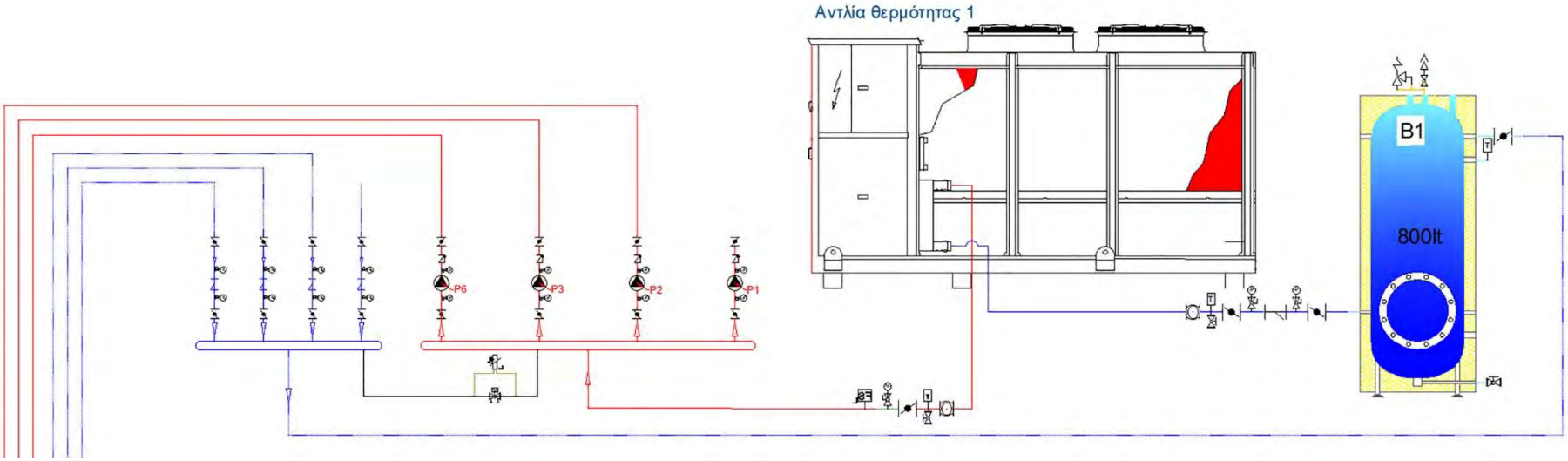
Σχήμα 45ε: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Λυκείου – μέρος 1.



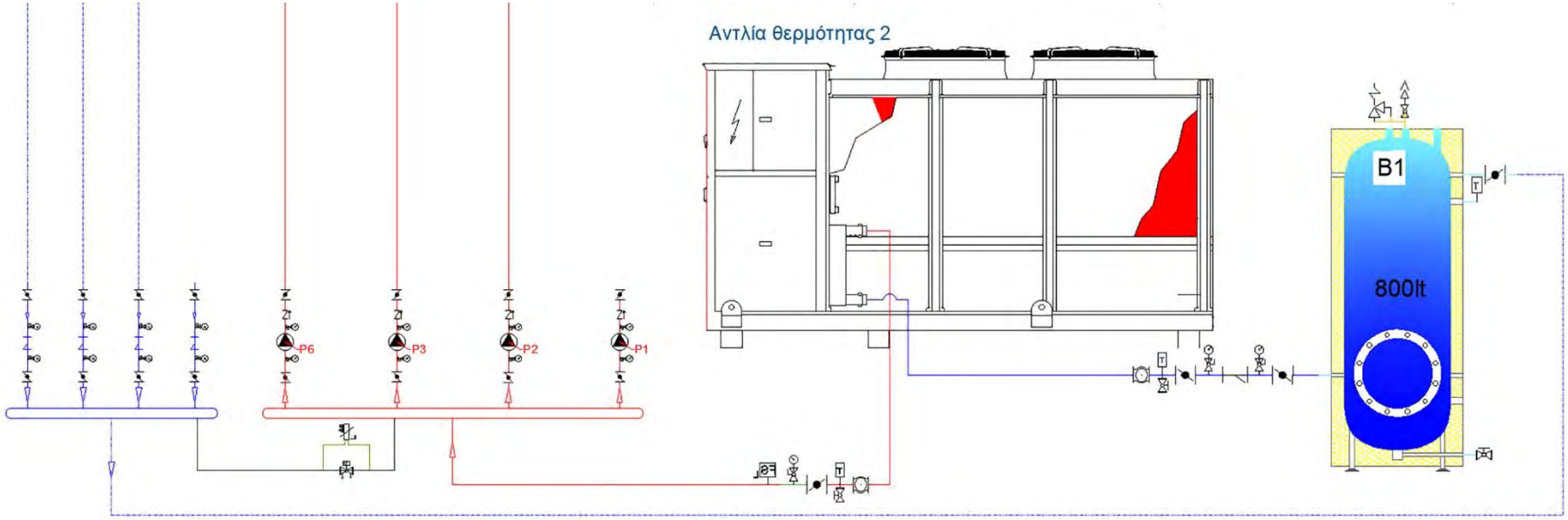
Σχήμα 45στ: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Λυκείου – μέρος 2.



Σχήμα 45ζ: Κατακόρυφο διάγραμμα κλιματισμού του Λυκείου – μέρος 3.



Σχήμα 46α: Κατακόρυφο διάγραμμα συνδεσμολογίας αντλίας θερμότητας Γυμνασίου.



Σχήμα 46β: Κατακόρυφο διάγραμμα συνδεσμολογίας αντλίας θερμότητας Λυκείου.

Επίσης, στα σχήματα 46 παρουσιάζονται κατακόρυφα διαγράμματα διασύνδεσης των δύο αντλιών θερμότητας με τα υδραυλικά δίκτυα διανομής θέρμανσης και ψύξης.

Όπως φαίνεται στα σχήματα 45, αλλά και στον πίνακα 44, θα χρειαστεί να εγκατασταθούν 5 διαφορετικοί τύποι υδρονικών μονάδων. Οι 4 από αυτούς είναι επίτοιχοι και ο 1 θα είναι οροφής. Οι τερματικές μονάδες οροφής θα εγκατασταθούν στο χώρο υποδοχής του Γυμνασίου, στην 3η στάθμη του κτηρίου. Οι αριθμοί μονάδων ανά τύπο και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους ανακεφαλαιώνονται στον πίνακα 45.

Πίνακας 45: Αριθμοί τερματικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού ανά τύπο.

Τύπος	Τεμάχια
1	1
2	7
3	43
4	41
5	4
Σύνολα :	**96**

Η κάθε αντλία θερμότητας θα διαθέτει ενσωματωμένη αντλία κυκλοφορίας. Στον εναλλάκτη κάθε ψυκτικού μηχανήματος, όπως και σε αυτές τις αντλίες θερμότητας θα υπάρχει ελάχιστη και μέγιστη παροχή που επιτρέπεται αλλά επίσης και επιθυμητή ανώτατη και κατώτατη παροχή.

Όταν στο δίκτυο διανομής θερμότητας έχουμε δίοδες ηλεκτροβάνες και μεταβλητή παροχή, η διακύμανση της παροχής γίνεται βάσει των αναγκών χρήσης και όχι του παραγόμενου φορτίου και πολλές φορές μπορεί να είναι εκτός των επιθυμητών ορίων στην αντλία θερμότητας.

Για το λόγο αυτό συνίσταται ο υδραυλικός διαχωρισμός πρωτεύοντος-δευτερεύοντος κυκλώματος, ο οποίος επιτρέπει στα δύο κυκλώματα να λειτουργούν σε διαφορετικές παροχές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, σε μικρής ισχύος μηχανήματα και μικρά πρωτεύοντα δίκτυα επιλέγουμε σταθερών στροφών αντλίες, για τις οποίες λόγω του μικρού μανομετρικού και της μικρής παροχής που εξυπηρετούν, δεν υφίσταται πρακτικά σκοπιμότητα για λειτουργία με μεταβλητές στροφές. Συνήθης επιλογή είναι η τοποθέτηση ενός δοχείου αδρανείας όπου εκεί «αναμιγνύονται» οι ροές. Αυτή η διάταξη είναι η πιο απλή κατασκευαστικά, δεν απαιτεί κάποιο ηλεκτρονικό έλεγχο και εξασφαλίζει τη λειτουργία σε οποιαδήποτε διακύμανση των παροχών μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κυκλώματος. Όμως η συνεχής ροή εντός του δοχείου τελικά προσφέρει μία μίξη θερμοκρασίας με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία προσαγωγής. Αποτέλεσμα είναι να υπάρχει απόκλιση μεταξύ της θερμοκρασίας εξόδου από την αντλία θερμότητας και της θερμοκρασίας αναχώρησης από το δοχείο αδρανείας έως 2 °C με 3 °C (π.χ. στην ψύξη, θερμοκρασία εξόδου από την αντλία θερμότητας 7 °C και θερμοκρασία προσαγωγής από το δοχείο αδρανείας 9 °C). Από ενεργειακής άποψης, αυτό δεν προτείνεται πλέον, καθώς απαιτεί τη λειτουργία των ψυκτικών μηχανημάτων (αντλιών θερμότητας) σε δυσμενέστερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία σχεδιασμού και, κατά συνέπεια, με χαμηλότερη απόδοση.

Μία άλλη λύση είναι η διαμόρφωση by-pass μεταξύ του συλλέκτη προσαγωγής και επιστροφής. Σε αυτή τη διάταξη η έξοδος της αντλίας θερμότητας αναρροφάται απευθείας από τις αντλίες διανομής και, αντίστροφα, η επιστροφή από το κύκλωμα διανομής αναροφάται απευθείας από την αντλία της αντλίας θερμότητας. Για να επιτύχουμε όμως τη λειτουργία όταν η παροχή στην αντλία θερμότητας είναι μεγαλύτερη από την παροχή στο κύκλωμα διανομής (συνεπάγεται μικρότερο φορτίο) τότε η αναλογική βάνα που βρίσκεται στον κλάδο του by-pass ανοίγει ακριβώς όσο χρειάζεται, ώστε να περάσει η «περίσσεια» του πρωτεύοντος κυκλώματος απευθείας στο συλλέκτη επιστροφής. Αντίθετα, όταν η παροχή στο κύκλωμα διανομής είναι μεγαλύτερη από την παροχή στο πρωτεύον κύκλωμα της αντλίας θερμότητας, τότε οι αντλίες προσαγωγής θα αναρροφήσουν μέσω του by-pass ακριβώς όσο χρειάζεται να «συμπληρώσουν» με το σταδιακό και πλήρως ελεγχόμενο άνοιγμα της ηλεκτροβάνας του by-pass.

Η λειτουργία της αναλογικής ηλεκτροβάνας στο by-pass γίνεται μέσω δύο αισθητηρίων πίεσης που δεν επιτρέπουν να δημιουργηθεί υποπίεση σε μία από τις δύο πλευρές της. Μέσω προγραμματιζόμενου ελεγκτή διατηρείται η διαφορά πίεσης ανάντι και κατάντι της ηλεκτροβάνας. Τα ακριβή όρια πιέσεων διατυπώνονται κατά την εκκίνηση του συστήματος.

Πιο βελτιστοποιημένος έλεγχος μπορεί να γίνει με δύο κλάδους by-pass όπου ο κλάδος που επιτρέπει τη διέλευση από το συλλέκτη προσαγωγής προς το συλλέκτη επιστροφής διαθέτει αντεπίστροφη βαλβίδα ενώ το by-pass που επιτρέπει την αντίστροφη ροή ανάμεσα στους δύο συλλέκτες διαθέτει βάνα δυναμικής εξισορρόπησης με αναλογικό ηλεκτροκινητήρα. Η βάνα εξισορρόπησης έχει διατομή, ώστε να μπορεί να παρέχει κατά μέγιστο τη μέγιστη διαφορά παροχής μεταξύ του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κυκλώματος. Η ρύθμιση της βάνας εξισορρόπησης ορίζεται στη μέγιστη διαφορά παροχών σχεδιασμού, ενώ ο ηλεκτροκινητήρας ελέγχεται από κεντρικό ψηφιακό ελεγκτή και δύο αισθητήρια πίεσης, ώστε να μη δημιουργείται εκτός ορίων υποπίεση προς τη μεριά του συλλέκτη προσαγωγής.

Στον πίνακα 46 παρουσιάζονται το σύνολο των αγωγών κλιματισμού, ανά κλιματιζόμενο χώρο και ανά τμήμα δικτύου.

Πίνακας 46: Δίκτυο αγωγών κλιματισμού.

Κλάδος	Παροχή (L/s)	Απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος (mm)	Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Μήκος απλού τμήματος δικτύου (m)
			1η στάθμη			
1.2 - T1.2	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
1.2 - T1.1	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
1.1 - 1.2	0,28	15,42	25	16,6	1,29	10
1.5 - T1.6	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
1.5 - T1.5	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
1.4 - 1.5	0,28	15,42	25	16,6	1,29	8
1.4 - T1.4	0,14	10,90	25	16,6	0,65	1
1.3 - 1.4	0,42	18,88	32	23,2	0,99	7
1.3 - T1.3	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
1.1 - 1.3	0,56	21,80	32	23,2	1,32	4
Στήλη 1 – 1.1	**0,84**	**26,70**	**40**	**29**	**1,27**	**15**
			2η στάθμη			
2.18 - T2.19	0,22	13,67	25	16,6	1,02	8
2.18 - T2.18	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
2.17 - 2.18	0,44	19,33	32	23,2	1,04	8
2.17 - T2.17	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
2.16 - 2.17	0,66	23,67	40	29	1,00	7
2.16 - T2.16	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
2.15 - 2.16	0,88	27,33	40	29	1,33	4
2.15 - T2.15	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
2.14 - 2.15	1,02	29,42	50	40,8	0,78	10
2.14 - T2.14	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
2.12 - 2.14	1,16	31,38	50	40,8	0,89	6
2.12 - T2.13	0,09	8,740	25	16,6	0,42	10
2.13 - T2.12	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
2.12 - 2.13	0,27	15,14	25	16,6	1,25	3
2.11 - 2.12	1,43	34,84	50	40,8	1,09	6
2.11 - T2.11	0,22	13,67	25	16,6	1,02	6

Πίνακας 46: Δίκτυο αγωγών κλιματισμού.

Κλάδος	Παροχή (L/s)	Απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος (mm)	Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Μήκος απλού τμήματος δικτύου (m)
2.10 - 2.11	1,65	37,42	50	40,8	1,26	7
2.10 - T2.10	0,22	13,67	25	16,6	1,02	7
2.1 - 2.10	1,87	39,84	50	40,8	1,43	6
2.9 - T2.9	0,16	11,65	25	16,6	0,74	10
2.9 - T2.8	0,16	11,65	25	16,6	0,74	5
2.8 - 2.9	0,32	16,48	25	16,6	1,48	4
2.8 - T2.7	0,22	13,67	25	16,6	1,02	5
2.7 - 2.8	0,54	21,41	32	23,2	1,28	6
2.7 - T2.6	0,22	13,67	25	16,6	1,02	5
2.6 - 2.7	0,76	25,40	40	29	1,15	9
2.6 - T2.5	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
2.5 - 2.6	0,98	28,84	40	29	1,48	14
2.5 - T2.4	0,22	13,67	25	16,6	1,02	4
2.4 - 2.5	1,20	31,92	50	40,8	0,92	8
2.4 - T2.3	0,08	8,24	25	16,6	0,37	4
2.3 - 2.4	1,28	32,96	50	40,8	0,98	5
2.3 - T2.2	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
2.2 - 2.3	1,50	35,68	50	40,8	1,15	14
2.2 - T2.1	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
2.1 - 2.2	1,72	38,21	50	40,8	1,32	4
Στήλη 2 – 2.1	**3,59**	**55,20**	**90**	**73,6**	**0,84**	**12**
			3η στάθμη			
3.24 - T3.25	0,18	12,36	25	16,6	0,83	5
3.24 - T3.24	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
3.23 - 3.24	0,40	18,43	32	23,2	0,95	15
3.23 - T3.23	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
3.22 - 3.23	0,62	22,94	32	23,2	1,47	6
3.22 - T3.22	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
3.21 - 3.22	0,80	26,06	40	29,0	1,21	10
3.21 - T3.21	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
3.20 - 3.21	0,98	28,84	40	29,0	1,48	20
3.20 - T3.20	0,13	10,50	25	16,6	0,60	2
3.18 - 3.20	1,11	30,70	50	40,8	0,85	13
3.19 - T3.19	0,46	19,76	32	23,2	1,09	10
3.19 - T3.18	0,46	19,76	32	23,2	1,09	2
3.18 - 3.19	0,92	27,94	40	29,0	1,39	7
3.16 - 3.18	2,03	41,51	63	51,4	0,98	7
3.17 - T3.17	0,46	19,76	32	23,2	1,09	10
3.17 - T3.16	0,46	19,76	32	23,2	1,09	2
3.16 - 3.17	0,92	27,94	40	29,0	1,39	4
3.15 - 3.16	2,95	50,04	63	51,4	1,42	16
3.15 - T3.15	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
3.14 - 3.15	3,17	51,87	90	73,6	0,75	8
3.14 - T3.14	0,18	12,36	25	16,6	0,83	5

Πίνακας 46: Δίκτυο αγωγών κλιματισμού.

Κλάδος	Παροχή (L/s)	Απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος (mm)	Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Μήκος απλού τμήματος δικτύου (m)
3.13 - 3.14	3,35	53,33	90	73,6	0,79	6
3.13 - T3.13	0,18	12,36	25	16,6	0,83	5
3.12 - 3.13	3,53	54,74	90	73,6	0,83	4
3.12 - T3.12	0,18	12,36	25	16,6	0,83	4
3.1 - 3.12	3,71	56,12	90	73,6	0,87	9
3.11 - T3.11	0,22	13,67	25	16,6	1,02	15
3.11 - T3.10	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
3.10 - 3.11	0,44	19,33	32	23,2	1,04	4
3.10 - T3.9	0,22	13,67	25	16,6	1,02	8
3.9 - 3.10	0,66	23,67	40	29,0	1,00	9
3.9 - T3.8	0,22	13,67	25	16,6	1,02	4
3.8 - 3.9	0,88	27,33	40	29,0	1,33	4
3.8 - T3.7	0,22	13,67	25	16,6	1,02	8
3.7 - 3.8	1,10	30,56	50	40,8	0,84	5
3.7 - T3.6	0,22	13,67	25	16,6	1,02	8
3.6 - 3.7	1,32	33,47	50	40,8	1,01	6
3.6 - T3.5	0,14	10,90	25	16,6	0,65	5
3.4 - 3.6	1,46	35,20	50	40,8	1,12	4
3.5 - T3.4	0,22	13,67	25	16,6	1,02	13
3.5 - T3.3	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
3.4 - 3.5	0,44	19,33	32	23,2	1,04	4
3.3 - 3.4	1,90	40,16	50	40,8	1,45	7
3.3 - T3.2	0,22	13,67	25	16,6	1,02	5
3.2 - 3.3	2,12	42,42	63	51,4	1,02	6
3.2 - T3.1	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
3.1 - 3.2	2,30	44,18	63	51,4	1,11	6
Στήλη 3 – 3.1	**6,01**	**71,42**	**90**	**73,6**	**1,41**	**9**
			4η στάθμη			
4.24 - T4.25	0,22	13,67	25	16,6	1,02	15
4.24 - T4.24	0,22	13,67	25	16,6	1,02	2
4.23 - 4.24	0,44	19,33	32	23,2	1,04	9
4.23 - T4.23	0,22	13,67	25	16,6	1,02	10
4.1 - 4.23	0,66	23,67	40	29	1,00	4
4.22 - T4.22	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
4.22 - T4.21	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.21 - 4.22	0,28	15,42	25	16,6	1,29	8
4.21 - T4.20	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.20 - 4.21	0,42	18,88	32	23,2	0,99	8
4.20 - T4.19	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.19 - 4.20	0,56	21,80	32	23,2	1,32	6
4.19 - T4.18	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.18 - 4.19	0,70	24,38	40	29	1,06	15
4.18 - T4.17	0,14	10,90	25	16,6	0,65	7
4.17 - 4.18	0,84	26,70	40	29	1,27	9

Πίνακας 46: Δίκτυο αγωγών κλιματισμού.

Κλάδος	Παροχή (L/s)	Απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος (mm)	Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Μήκος απλού τμήματος δικτύου (m)
4.17 - T4.16	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.16 - 4.17	0,98	28,84	40	29	1,48	5
4.16 - T4.15	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.15 - 4.16	1,12	30,83	50	40,8	0,86	7
4.15 - T4.14	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
4.14 - 4.15	1,26	32,70	50	40,8	0,96	6
4.14 - T4.13	0,14	10,90	25	16,6	0,65	5
4.13 - 4.14	1,40	34,47	50	40,8	1,07	9
4.13 - T4.12	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.12 - 4.13	1,54	36,16	50	40,8	1,18	7
4.12 - T4.11	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
4.11 - 4.12	1,68	37,76	50	40,8	1,28	9
4.11 - T4.10	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.10 - 4.11	1,82	39,30	50	40,8	1,39	7
4.10 - T4.9	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
4.9 - 4.10	1,96	40,79	50	40,8	1,50	5
4.9 - T4.8	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.8 - 4.9	2,10	42,22	63	51,4	1,01	15
4.8 - T4.7	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.7 - 4.8	2,24	43,60	63	51,4	1,08	5
4.7 - T4.6	0,09	8,74	25	16,6	0,42	5
4.6 - 4.7	2,33	44,47	63	51,4	1,12	13
4.6 - T4.5	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
4.5 - 4.6	2,51	46,16	63	51,4	1,21	5
4.5 - T4.4	0,09	8,74	25	16,6	0,42	4
4.4 - 4.5	2,60	46,98	63	51,4	1,25	10
4.4 - T4.3	0,09	8,74	25	16,6	0,42	4
4.3 - 4.4	2,69	47,78	63	51,4	1,30	11
4.3 - T4.2	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.2 - 4.3	2,83	49,01	63	51,4	1,36	8
4.2 - T4.1	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
4.1 - 4.2	2,97	50,21	63	51,4	1,43	7
Στήλη 4 – 4.1	**3,63**	**55,51**	**90**	**73,6**	**0,85**	**15**
			5η στάθμη			
5.13 - T5.14	0,18	12,36	25	16,6	0,83	11
5.13 - T5.13	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
5.12 - 5.13	0,36	17,48	32	23,2	0,85	10
5.12 - T5.12	0,09	8,74	25	16,6	0,42	2
5.11 - 5.12	0,45	19,54	32	23,2	1,06	15
5.11 - T5.11	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
5.10 - 5.11	0,59	22,38	32	23,2	1,40	10
5.10 - T5.10	0,14	10,90	25	16,6	0,65	7
5.9 - 5.10	0,73	24,89	40	29	1,11	7
5.9 - T5.9	0,14	10,90	25	16,6	0,65	3

Πίνακας 46: Δίκτυο αγωγών κλιματισμού.

Κλάδος	Παροχή (L/s)	Απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος (mm)	Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Μήκος απλού τμήματος δικτύου (m)
5.8 - 5.9	0,87	27,17	40	29	1,32	9
5.8 - T5.8	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
5.7 - 5.8	1,01	29,28	50	40,8	0,77	10
5.7 - T5.7	0,14	10,90	25	16,6	0,65	5
5.6 - 5.7	1,15	31,24	50	40,8	0,88	4
5.6 - T5.6	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
5.5 - 5.6	1,29	33,09	50	40,8	0,99	9
5.5 - T5.5	0,14	10,90	25	16,6	0,65	7
5.4 - 5.5	1,43	34,84	50	40,8	1,09	4
5.4 - T5.4	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
5.3 - 5.4	1,57	36,51	50	40,8	1,20	16
5.3 - T5.3	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
5.2 - 5.3	1,71	38,10	50	40,8	1,31	12
5.2 - T5.2	0,09	8,74	25	16,6	0,42	2
5.1 - 5.2	1,80	39,09	50	40,8	1,38	9
5.1 - T5.1	0,18	12,36	25	16,6	0,83	2
Στήλη 5 – 5.1	**1,98**	**41,00**	**63**	**51,4**	**0,95**	**12**
			6η στάθμη			
6.6 - T6.7	0,14	10,90	25	16,6	0,65	8
6.6 - T6.6	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
6.5 - 6.6	0,28	15,42	25	16,6	1,29	12
6.5 - T6.5	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
6.4 - 6.5	0,42	18,88	32	23,2	0,99	9
6.4 - T6.4	0,14	10,90	25	16,6	0,65	7
6.3 - 6.4	0,56	21,80	32	23,2	1,32	11
6.3 - T6.3	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
6.2 - 6.3	0,70	24,38	40	29,0	1,06	15
6.2 - T6.2	0,14	10,90	25	16,6	0,65	2
6.1 - 6.2	0,84	26,70	40	29,0	1,27	7
6.1 - T6.1	0,14	10,90	25	16,6	0,65	4
Στήλη 6 – 6.1	**0,98**	**28,84**	**40**	**29,0**	**1,48**	**9**
			Κεντρικοί αγωγοί από αντλίες προς διανομείς			
Αντλία 1 – διανομέας 1	14,52	111,02	160	130,8	1,08	35
Αντλία 2 – διανομέας 2	6,59	74,79	110	290,6	0,10	35

Όλοι οι αγωγοί θα είναι προμονωμένοι αγωγοί πολυπροπυλενίου (PPR) με υαλονήματα SDR11 (εικόνα 12), με βάση τα απαιτούμενα πάχη του προτύπου EN 253, με διπλό δίκτυο, ένα για την προσαγωγή προς τις υδρονικές μονάδες και ένα για την επιστροφή. Η παραγωγή των σωληνώσεων PPR και ο έλεγχος ως προς την ποιότητά τους θα πρέπει να έχουν γίνει σύμφωνα με τα πρότυπα που ισχύουν για τους απλούς σωλήνες πολυπροπυλενίου (EN 15874 & DIN 8077/78) και σε συμφωνία με την ειδική οδηγία HR 3.28 του Γερμανικού Ινστιτούτου SKZ. Οι σωληνώσεις θα είναι τριστρωματικές, με μηχανική ενίσχυση υαλονημάτων στο μεσαίο στρώμα. Το πολυπροπυλένιο που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να χαρακτηρίζεται ως πολυπροπυλένιο Random ειδικής κρυσταλλικότητας (PP-R 112) και να κατατάσσεται σύμφωνα με τα DIN 8077/78 (έκδοση

2007) στην κατηγορία MRS 11,2.0 MPa (PP-R 112), χάρις των υψηλών μηχανικών αντοχών του (ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες) και της μεγάλης διάρκειας ζωής του. Με τις σωληνώσεις PPR SDR 11 θα επιτυγχάνονται:

- μείωση της θερμικής γραμμικής διαστολής κατά 75% (0,030 mm/m/°C) σε σχέση με τους απλούς σωλήνες πολυπροπυλενίου
- υψηλή ακαμψία σωλήνων
- αντοχή στις πιέσεις μεγαλύτερη κατά 25% σε σχέση με τους κλασικούς σωλήνες
- μεγαλύτερη ποσότητα μεταφερόμενου νερού
- οι θερμοσυγκολλήσεις των σωλήνων με τα εξαρτήματα πολυπροπυλενίου θα γίνονται με την ίδια ευκολία όπως στους απλούς σωλήνες.

Εικόνα 12: Αγωγοί πολυπροπυλενίου SDR11 και προμονωμένος αγωγός.

Αναφορικά με την εγκατάσταση των νέων σωληνώσεων κλιματισμού, θα πρέπει να εφαρμοστούν τα εξής:

- Σε όσους χώρους του κτηρίου υπάρχει ψευδοροφή, η εγκατάσταση των σωληνώσεων κλιματισμού θα γίνει επί του χώρου άνωθεν της ψευδοροφής. Για τους χώρους που δεν υπάρχει ψευδοροφή, η εγκατάσταση θα γίνει στις γωνίες μεταξύ κατακόρυφης τοιχοποιίας και δώματος και στη συνέχεια θα καλυφθεί με γυψοσανίδα και θα βαφεί στο χρώμα της υφιστάμενης τοιχοποιίας, ώστε να μην προκύψει η οποιαδήποτε οπτική υποβάθμιση της υφιστάμενης εικόνας των εσωτερικών χώρων.
- Αναφορικά με τις κατακόρυφες στήλες, τούτες θα οδεύσουν όλες εφαπτομενικά στην πλησιέστερη και πιο ευνοϊκή τοιχοποιία του κτηρίου, όπως υποδεικνύεται στις κατόψεις των σχημάτων 44. Όλες οι σωληνώσεις θα είναι αυστηρώς προμονωμένες και θα εγκιβωτιστούν εντός καναλιών από τσιμεντοσανίδα, τα οποία θα επικαλυφθούν με κατάλληλο τσιμεντοειδές με δίχτυ ενίσχυσης και θα βαφούν στα χρώματα των όψεων του κτηρίου, ώστε να αποφευχθεί η οποιαδήποτε οπτική υποβάθμισή του.

Στον πίνακα 47 συνοψίζονται οι διαφορετικές διάμετροι των αγωγών του νέου δικτύου κλιματισμού με τα αντίστοιχα μήκη τους. Διευκρινίζεται ότι τα μήκη των αγωγών προκύπτουν ως το διπλάσιο της απόστασης που καλύπτουν, λαμβάνοντας υπόψη τόσο το δίκτυο προσαγωγής όσο και επιστροφής.

Πίνακας 47: Σύνοψη απαιτούμενων μηκών ανά κατηγορία μεγέθους αγωγού κλιματισμού.

Διατομή αγωγού	Μήκος αγωγού (m)
SDR25	894
SDR32	312
SDR40	366

Πίνακας 47: Σύνοψη απαιτούμενων μηκών ανά κατηγορία μεγέθους αγωγού κλιματισμού.

Διατομή αγωγού	Μήκος αγωγού (m)
SDR50	430
SDR63	242
SDR90	126
SDR110	70
SDR125	70
SDR160	35
Συνολικό μήκος σωληνώσεων	**2.545**

Τέλος, με βάση τα δίκτυα κλιματισμού και τα απαιτούμενα εξαρτήματα, στον πίνακα 48 παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός της συνολικής πτώσης πίεσης στη δυσμενέστερη διαδρομή ανά γραμμή κλιματισμού. Για την 1η και τη 2η στάθμη του κτηρίου υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης και στις δύο παράλληλες γραμμές της έκαστης στάθμης, λόγω του ότι το κάθε ζευγάρι είναι περίπου ισοδύναμο και δεν είναι εφικτό να προβλεφθεί εκ των προτέρων ποια εκ των δύο γραμμών της κάθε στάθμης είναι η δυσμενέστερη διαδρομή. Για τις υπόλοιπες 4 στάθμες του κτηρίου υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης μόνο στην προφανή δυσμενέστερη διαδρομή.

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
Στήλη 1 – Διαδρομή 1						
1.5 - T1.6	Τερματική μονάδα T1.6	1	0,65		26,00	2,65
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,10	0,01
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,05	0,01
1.4 - 1.5	Σωλήνωση PPR D25	16	1,29		2,02	0,2056
	Ταυ PPR D25	2		1,2	2,01	0,20
	Σωλήνωση PPR D25	16			8,07	0,8225
	Συστολή 25x32	2		0,4	0,67	0,07
1.3 - 1.4	Ταυ PPR D32	2	0,99	1,2	1,18	0,12
	Σωλήνωση PPR D32	14			2,98	0,3037
1.1 - 1.3	Ταυ PPR D32	2	1,32	1,2	2,11	0,21
	Σωλήνωση PPR D32	8			3,03	0,3085
	Συστολή 32x40	2		0,4	0,70	0,07
1 - 1.1	Ταυ PPR D40	2	1,27	1,2	1,94	0,20
	Γωνία PPR DN40 90^{o}	8		1,2	7,76	0,79
	Σωλήνωση PPR D40	30			8,37	0,8530
	Φίλτρο DN40	1		2,5	2,02	0,21
	Αντεπίστροφο DN40	1		4,3	3,48	0,35
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**82,48**	**8,41**
Στήλη 1 – Διαδρομή 2						
1.2 - T1.2	Τερματική μονάδα T1.2	1	0,65		26,00	2,65
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,10	0,01

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
1.1 - 1.2	Βάνα εξισορρόπησης	1	1,29	0,25	0,05	0,01
	Σωλήνωση PPR D25	16			2,02	0,2056
	Ταυ PPR D25	2		1,2	2,01	0,20
	Σωλήνωση PPR D25	4			10,08	1,0282
	Γωνία PPR D25 90^{o}	2		1,2	2,01	0,20
	Συστολή 25x40	2		0,5	0,84	0,09
1 - 1.1	Ταυ PPR D40	2	1,33	1,2	2,13	0,22
	Γωνία PPR DN40 90^{o}	8		1,2	8,52	0,87
	Σωλήνωση PPR D40	8			2,45	0,2496
	Φίλτρο DN40	1		2,5	2,22	0,23
	Αντεπίστροφο DN40	1		4,3	3,82	0,39
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**72,24**	**7,37**
	Στήλη 2 – Διαδρομή 1					
2.9 - T2.9	Τερματική μονάδα T2.9	1	0,74		31,00	3,16
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,14	0,01
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,07	0,01
	Σωλήνωση PPR D25	20			3,29	0,3357
	Γωνία PPR D25 90^{o}	2		1,2	0,66	0,07
2.8 - 2.9	Ταυ PPR D25	2	1,48	1,2	2,62	0,27
	Σωλήνωση PPR D25	8			5,27	0,5372
	Συστολή 25x32	2		0,4	0,87	0,09
2.7 - 2.8	Ταυ PPR D32	2	1,28	1,2	1,96	0,20
	Σωλήνωση PPR D32	12			4,22	0,4303
	Συστολή 32x40	2		0,4	0,65	0,07
2.6 - 2.7	Ταυ PPR D40	2	1,15	1,2	1,59	0,16
	Σωλήνωση PPR D40	18			4,11	0,4190
2.5 - 2.6	Ταυ PPR D40	2	1,48	1,2	2,64	0,27
	Σωλήνωση PPR D40	28			10,63	1,0836
	Γωνία PPR D40 90^{o}	2		1,2	2,64	0,27
	Συστολή 40x50	2		0,4	0,88	0,09
2.4 - 2.5	Ταυ PPR D50	2	0,92	1,2	1,01	0,10
	Σωλήνωση PPR D50	16			1,65	0,1684
2.3 - 2.4	Ταυ PPR D50	2	0,98	1,2	1,15	0,12
	Σωλήνωση PPR D50	10			1,17	0,1198
2.2 - 2.3	Ταυ PPR D50	2	1,15	1,2	1,58	0,16
	Σωλήνωση PPR D50	28			4,52	0,4606
	Γωνία PPR D50 90^{o}	2		0,4	0,53	0,05
2.1 - 2.2	Ταυ PPR D50	2	1,32	1,2	2,08	0,21
	Σωλήνωση PPR D50	8			1,70	0,1730
	Συστολή 50x90	2		0,6	1,04	0,11

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
2 - 2.1	Ταυ PPR D90	2	0,84	1,2	0,85	0,09
	Γωνία PPR DN90 90^{o}	8		1,2	3,42	0,35
	Σωλήνωση PPR D90	24			1,16	0,1184
	Φίλτρο DN90	1		6,4	2,28	0,23
	Αντεπίστροφο DN90	1		9,6	3,42	0,35
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**110,79**	**11,30**
	Στήλη 2 – Διαδρομή 2					
2.18 - T2.19	Τερματική μονάδα T2.19	1	1,02		50,00	5,10
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,26	0,03
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,13	0,01
	Σωλήνωση PPR D25	16			4,98	0,5078
	Συστολή 25x32	2		0,4	0,41	0,04
2.17 - 2.18	Ταυ PPR D32	2	1,04	1,2	1,30	0,13
	Σωλήνωση PPR D32	16			3,74	0,3809
	Συστολή 32x40	2		0,4	0,43	0,04
2.16 - 2.17	Ταυ PPR D40	2	1,00	1,2	1,20	0,12
	Σωλήνωση PPR D40	14			2,41	0,2457
	Γωνία PPR D40 90^{o}	2		0,4	0,40	0,04
2.15 - 2.16	Ταυ PPR D40	2	1,33	1,2	2,13	0,22
	Σωλήνωση PPR D40	8			2,45	0,2496
	Γωνία PPR D40 90^{o}	4		1,2	4,26	0,43
	Συστολή 40x50	10		0,4	3,55	0,36
2.14 - 2.15	Ταυ PPR D50	2	0,78	1,2	0,73	0,07
	Σωλήνωση PPR D50	20			1,49	0,1521
	Γωνία PPR D50 90^{o}	4		1,2	1,46	0,15
2.12 - 2.14	Ταυ PPR D50	2	0,89	1,2	0,94	0,10
	Σωλήνωση PPR D50	12			1,16	0,1180
	Γωνία PPR D50 90^{o}	2		1,2	0,94	0,10
2.11 - 2.12	Ταυ PPR D50	2	1,09	1,2	1,44	0,15
	Σωλήνωση PPR D50	12			1,76	0,1794
2.10 - 2.11	Ταυ PPR D50	2	1,26	1,2	1,91	0,19
	Σωλήνωση PPR D50	14			2,73	0,2786
2.1 - 2.10	Ταυ PPR D50	2	1,43	1,2	2,45	0,25
	Γωνία PPR D50 90^{o}	4		1,2	4,91	0,50
	Σωλήνωση PPR D50	12			3,01	0,3068
	Συστολή 50x90	2		0,6	1,23	0,13
2 - 2.1	Ταυ PPR D90	2	0,84	1,2	0,85	0,09
	Γωνία PPR DN90 90^{o}	8		1,2	3,42	0,35
	Σωλήνωση PPR D90	24			1,16	0,1184
	Φίλτρο DN90	1		6,4	2,28	0,23

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
	Αντεπίστροφο DN90	1		9,6	3,42	0,35
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**124,94**	**12,74**
		Στήλη 3 – Διαδρομή 1				
3.24 - T3.25	Τερματική μονάδα T3.25	1	0,83		38,00	3,87
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,17	0,02
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,09	0,01
	Σωλήνωση PPR D25	10			2,08	0,2125
	Γωνία PPR D25 90^{o}	6		1,2	2,49	0,25
3.23 - 3.24	Συστολή 25x32	2	0,95	0,4	0,28	0,03
	Ταυ PPR D32	2		1,2	1,07	0,11
	Σωλήνωση PPR D32	30			5,79	0,5903
	Γωνία PPR D32 90^{o}	10		1,2	5,37	0,55
3.22 - 3.23	Ταυ PPR D32	2	1,47	1,2	2,58	0,26
	Σωλήνωση PPR D32	12			5,56	0,5673
	Γωνία PPR D32 90^{o}	2		1,2	2,58	0,26
3.21 - 3.22	Συστολή 32x40	2	1,21	0,4	0,86	0,09
	Ταυ PPR D40	2		1,2	1,76	0,18
	Σωλήνωση PPR D40	20			5,06	0,5158
	Γωνία PPR D40 90^{o}	4		1,2	3,52	0,36
3.20 - 3.21	Ταυ PPR D40	2	1,48	1,2	2,64	0,27
	Σωλήνωση PPR D40	40			15,18	1,5480
	Γωνία PPR D40 90^{o}	2		1,2	2,64	0,27
3.18 - 3.20	Συστολή 40x50	2	0,85	0,4	0,88	0,09
	Ταυ PPR D50	2		1,2	0,86	0,09
	Σωλήνωση PPR D50	26			2,30	0,2342
	Γωνία PPR D50 90^{o}	6		1,2	2,59	0,26
3.16 - 3.18	Συστολή 50x63	2	0,98	0,4	0,29	0,03
	Ταυ PPR D63	2		1,2	1,15	0,12
	Σωλήνωση PPR D63	14			1,30	0,1329
3.15 - 3.16	Ταυ PPR D63	2	1,42	1,2	2,43	0,25
	Σωλήνωση PPR D63	32			6,29	0,6416
	Γωνία PPR D63 90^{o}	4		1,2	4,85	0,49
3.14 - 3.15	Συστολή 63x90	2	0,75	0,4	0,81	0,08
	Ταυ PPR D90	2		1,2	0,67	0,07
	Σωλήνωση PPR D90	16			0,60	0,0615
	Γωνία PPR D90 90^{o}	2		1,2	0,67	0,07
3.13 - 3.14	Ταυ PPR D90	2	0,79	1,2	0,74	0,08
	Σωλήνωση PPR D90	12			0,51	0,0515
3.12 - 3.13	Ταυ PPR D90	2	0,83	1,2	0,83	0,08
	Σωλήνωση PPR D90	8			0,37	0,0382

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
3.1 - 3.12	Ταυ PPR D90	2	0,87	1,2	0,91	0,09
	Σωλήνωση PPR D90	18			0,93	0,0948
3 - 3.1	Ταυ PPR D90	2	1,41	1,2	2,39	0,24
	Γωνία PPR DN90 90^{o}	8		1,2	9,58	0,98
	Σωλήνωση PPR D90	18			2,44	0,2488
	Φίλτρο DN90	1		6,4	6,39	0,65
	Αντεπίστροφο DN90	1		9,6	9,58	0,98
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**168,09**	**17,14**
		Στήλη 4 – Διαδρομή 1				
4.22 - T4.22	Τερματική μονάδα T4.22	1	0,65		26,00	2,65
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,10	0,01
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,05	0,01
	Σωλήνωση PPR D25	16			2,02	0,2056
4.21 - 4.22	Γωνία PPR D25 90^{o}	6	1,29	1,2	1,51	0,15
	Ταυ PPR D25	2		1,2	2,01	0,20
	Σωλήνωση PPR D25	16			8,07	0,8225
	Συστολή 25x32	2		0,4	0,67	0,07
4.20 - 4.21	Ταυ PPR D32	2	0,99	1,2	1,18	0,12
	Σωλήνωση PPR D32	16			3,40	0,35
4.19 - 4.20	Ταυ PPR D32	2	1,32	1,2	2,11	0,21
	Σωλήνωση PPR D32	12			4,54	0,4628
	Συστολή 32x40	2		0,4	0,70	0,07
4.18 - 4.19	Ταυ PPR D40	2	1,06	1,2	1,35	0,14
	Σωλήνωση PPR D40	30			5,81	0,5924
	Γωνία PPR D40 45^{o}	4		0,5	1,12	0,11
4.17 - 4.18	Ταυ PPR D40	2	1,27	1,2	1,94	0,20
	Σωλήνωση PPR D40	18			5,02	0,5118
4.16 - 4.17	Ταυ PPR D40	2	1,48	1,2	2,64	0,27
	Σωλήνωση PPR D40	10			3,80	0,3870
	Συστολή 40x50	2		0,4	0,88	0,09
4.15 - 4.16	Ταυ PPR D50	2	0,86	1,2	0,88	0,09
	Σωλήνωση PPR D50	14			1,26	0,1284
4.14 - 4.15	Ταυ PPR D50	2	0,96	1,2	1,11	0,11
	Σωλήνωση PPR D50	12			1,37	0,1393
4.13 - 4.14	Ταυ PPR D50	2	1,07	1,2	1,38	0,14
	Σωλήνωση PPR D50	18			2,53	0,2579
4.12 - 4.13	Ταυ PPR D50	2	1,18	1,2	1,66	0,17
	Σωλήνωση PPR D50	14			2,38	0,2427
4.11 - 4.12	Ταυ PPR D50	2	1,28	1,2	1,98	0,20
	Σωλήνωση PPR D50	18			3,64	0,3714

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
4.10 - 4.11	Ταυ PPR D50	2	1,39	1,2	2,33	0,24
	Σωλήνωση PPR D50	14			3,32	0,3390
4.9 - 4.10	Ταυ PPR D50	2	1,50	1,2	2,70	0,28
	Σωλήνωση PPR D50	10			2,75	0,2808
	Συστολή 50x63	2		0,4	0,90	0,09
4.8 - 4.9	Ταυ PPR D63	2	1,01	1,2	1,23	0,13
	Σωλήνωση PPR D63	30			2,99	0,3048
	Γωνία PPR D63 90^{o}	2		1,2	1,23	0,13
4.7 - 4.8	Ταυ PPR D63	2	1,08	1,2	1,40	0,14
	Σωλήνωση PPR D63	10			1,13	0,1156
4.6 - 4.7	Ταυ PPR D63	2	1,12	1,2	1,51	0,15
	Σωλήνωση PPR D63	26			3,19	0,3252
	Γωνία PPR D63 90^{o}	2		1,2	1,51	0,15
4.5 - 4.6	Ταυ PPR D63	2	1,21	1,2	1,76	0,18
	Σωλήνωση PPR D63	10			1,42	0,1451
4.4 - 4.5	Ταυ PPR D63	2	1,25	1,2	1,88	0,19
	Σωλήνωση PPR D63	20			3,05	0,3115
4.3 - 4.4	Ταυ PPR D63	2	1,30	1,2	2,02	0,21
	Σωλήνωση PPR D63	22			3,60	0,3667
4.2 - 4.3	Ταυ PPR D63	2	1,36	1,2	2,23	0,23
	Σωλήνωση PPR D63	16			2,90	0,2952
4.1 - 4.2	Ταυ PPR D63	2	1,43	1,2	2,46	0,25
	Σωλήνωση PPR D63	14			2,79	0,2845
	Γωνία PPR D63 90^{o}	2		1,2	2,46	0,25
	Συστολή 63x90	2		0,4	0,82	0,08
4 - 4.1	Ταυ PPR D90	2	0,85	1,2	0,87	0,09
	Γωνία PPR DN90 90^{o}	8		1,2	3,49	0,36
	Σωλήνωση PPR D90	30			1,48	0,1513
	Φίλτρο DN90	1		6,4	2,33	0,24
	Αντεπίστροφο DN90	1		9,6	3,49	0,36
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**168,37**	**17,17**
		Στήλη 5				
5.13 - T5.14	Τερματική μονάδα T5.14	1	0,83		38,00	3,87
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,17	0,02
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,09	0,01
	Σωλήνωση PPR D25	22			4,58	0,4674
5.12 - 5.13	Συστολή 25x32	6	0,85	0,4	0,83	0,08
	Ταυ PPR D32	2		1,2	0,87	0,09
	Σωλήνωση PPR D32	20			3,13	0,3187
5.11 - 5.12	Ταυ PPR D32	2	1,06	1,2	1,36	0,14
	Σωλήνωση PPR D32	30			7,33	0,7471

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
5.10 - 5.11	Γωνία PPR D32 90^{o}	2	1,40	1,2	1,36	0,14
	Ταυ PPR D32	2		1,2	2,34	0,24
	Σωλήνωση PPR D32	20			8,40	0,8561
	Γωνία PPR D32 90^{o}	2		1,2	2,34	0,24
5.9 - 5.10	Συστολή 32x40	2	1,11	0,4	0,78	0,08
	Ταυ PPR D40	2		1,2	1,47	0,15
	Σωλήνωση PPR D40	14			2,95	0,3006
5.8 - 5.9	Ταυ PPR D40	2	1,32	1,2	2,08	0,21
	Σωλήνωση PPR D40	18			5,38	0,5490
5.7 - 5.8	Συστολή 40x50	2	0,77	0,4	0,69	0,07
	Ταυ PPR D50	2		1,2	0,72	0,07
	Σωλήνωση PPR D50	20			1,46	0,1492
5.6 - 5.7	Ταυ PPR D50	2	0,88	1,2	0,93	0,09
	Σωλήνωση PPR D50	8			0,76	0,0773
5.5 - 5.6	Ταυ PPR D50	2	0,99	1,2	1,17	0,12
	Σωλήνωση PPR D50	18			2,15	0,2190
5.4 - 5.5	Ταυ PPR D50	2	1,09	1,2	1,44	0,15
	Σωλήνωση PPR D50	8			0,50	0,0514
5.3 - 5.4	Ταυ PPR D50	2	1,20	1,2	1,73	0,18
	Σωλήνωση PPR D50	32			5,66	0,5766
5.2 - 5.3	Γωνία PPR D50 90^{o}	2	1,31	1,2	1,73	0,18
	Ταυ PPR D50	2		1,2	2,05	0,21
	Σωλήνωση PPR D50	24			5,03	0,5130
5.1 - 5.2	Γωνία PPR D50 90^{o}	2	1,38	1,2	2,05	0,21
	Ταυ PPR D50	2		1,2	2,27	0,23
	Σωλήνωση PPR D50	18			4,18	0,4264
	Συστολή 50x63	2		0,4	0,76	0,08
5 - 5.1	Ταυ PPR D63	2	0,95	1,2	1,09	0,11
	Γωνία PPR DN63 90^{o}	8		1,2	4,37	0,45
	Σωλήνωση PPR D63	24			2,13	0,2168
	Φίλτρο DN63	1		3,2	1,46	0,15
	Αντεπίστροφο DN63	1		5,5	2,50	0,26
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**140,28**	**14,30**
		Στήλη 6				
6.6 - T6.7	Τερματική μονάδα T6.7	1	0,65		26,00	2,65
	Σφαιρική βάνα απομόνωσης	2		0,25	0,10	0,01
	Βάνα εξισορρόπησης	1		0,25	0,05	0,01
6.5 - 6.6	Σωλήνωση PPR D25	16,00	1,29		2,02	0,2056
	Ταυ PPR D25	2		1,2	2,01	0,20
	Σωλήνωση PPR D25	24			12,10	1,2338

Πίνακας 48: Αναλυτικός υπολογισμός της πτώσης πίεσης στις γραμμές και στις στήλες του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Τμήμα δικτύου	Περιγραφή	Ποσότητα (m ή τεμάχια)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Συντελεστής τοπικής αντίστασης ζ	Πτώση πίεσης (kPa)	Πτώση πίεσης (m)
6.4 - 6.5	Γωνία PPR D25 90°	4	0,99	1,2	4,02	0,41
	Συστολή 25x32	2		0,4	0,67	0,07
	Ταυ PPR D32	2		1,2	1,18	0,12
	Σωλήνωση PPR D32	18			3,83	0,3905
6.3 - 6.4	Ταυ PPR D32	2	1,32	1,2	2,11	0,21
	Σωλήνωση PPR D32	22			8,32	0,8484
	Γωνία PPR D32 90°	2		1,2	2,11	0,21
	Συστολή 32x40	2		0,4	0,70	0,07
6.2 - 6.3	Ταυ PPR D40	2	1,06	1,2	1,35	0,14
	Σωλήνωση PPR D40	30			5,81	0,5924
	Γωνία PPR D40 90°	2		1,2	1,35	0,14
6.1 - 6.2	Ταυ PPR D40	2	1,27	1,2	1,94	0,20
	Σωλήνωση PPR D40	14			3,90	0,3981
6 - 6.1	Ταυ PPR D40	2	1,48	1,2	2,64	0,27
	Γωνία PPR DN40 90°	8		1,2	10,57	1,08
	Σωλήνωση PPR D40	18			6,83	0,6966
	Φίλτρο DN40	1		2,5	2,75	0,28
	Αντεπίστροφο DN40	1		4,3	4,73	0,48
	Διάφορα				10,00	1,02
			Συνολική πτώση πίεσης		**117,09**	**11,94**

Με βάση τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης σε κάθε έναν από τους 6 διακριτούς κλάδους του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού και τη μέγιστη διακινούμενη παροχή, επιλέγονται κυκλοφορητές με τα κατ΄ ελάχιστο χαρακτηριστικά λειτουργίας που παρουσιάζονται στον πίνακα 49.

Πίνακας 49: Κατ' ελάχιστο χαρακτηριστικά λειτουργίας κυκλοφορητών κλάδων υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Στάθμη	Παροχή (m^3/h)	Συνολική πτώση πίεσης δυσμενέστερης διαδρομής (kPa)	Ονομαστικό ύψος ενέργειας κυκλοφορητή (m)	Ενδεικτικός βαθμός απόδοσης	Ονομαστική κατανάλωση ισχύος (W)
1	3,0	82,5	8,4	0,8	86,6
2	12,9	124,9	12,7	0,8	560,7
3	21,6	168,1	17,1	0,8	1.262,8
4	13,1	168,4	17,2	0,8	764,0
5	7,1	140,3	14,3	0,8	347,2
6	3,5	117,1	11,9	0,8	143,4

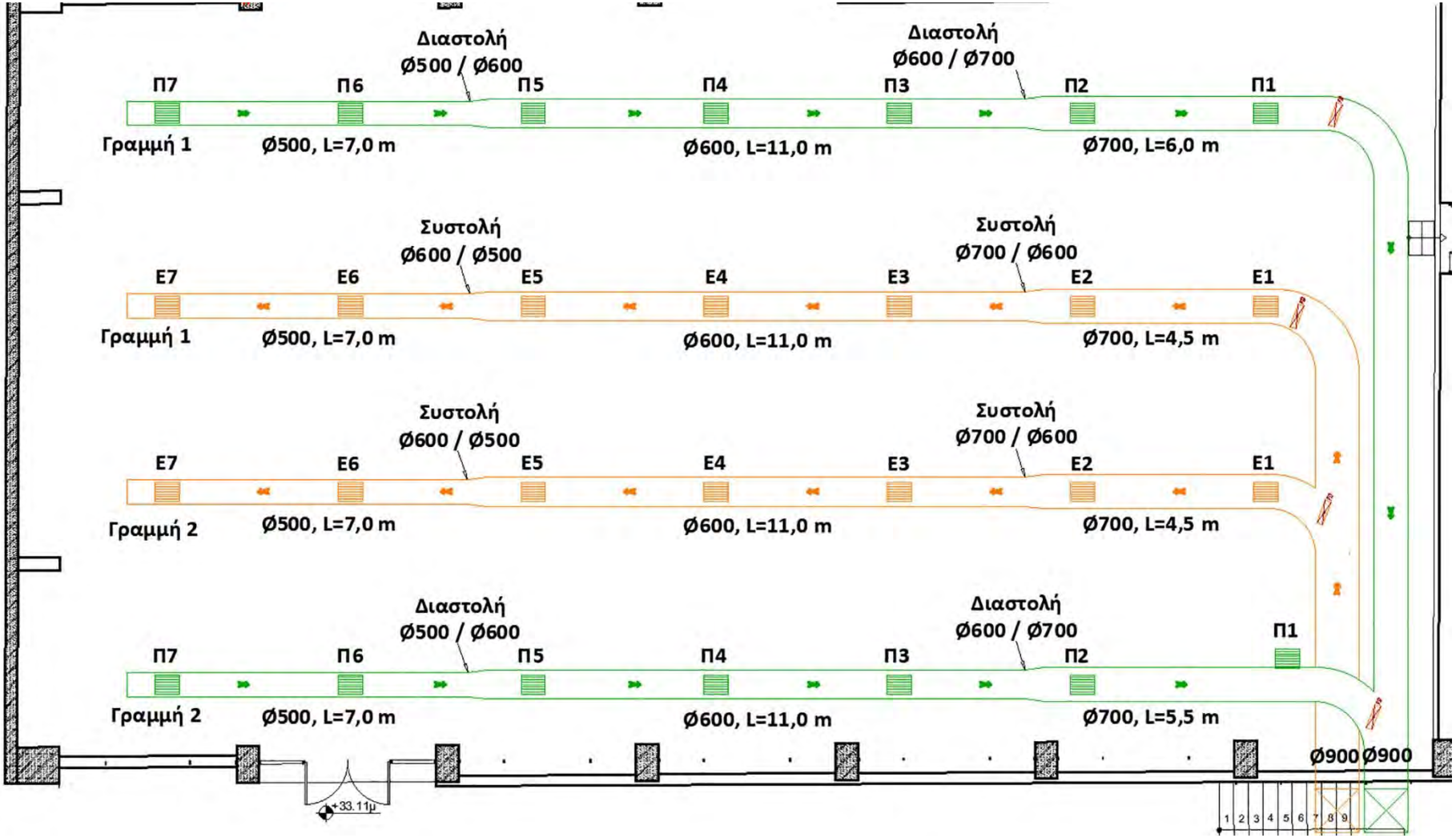
9.1.2. Κεντρική κλιματιστική μονάδα και δίκτυο αεραγωγών

Για τη διαστασιολόγηση του δικτύου αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής αέρα από και προς την κεντρική κλιματιστική μονάδα χρησιμοποιείται η κλασσική μέθοδος σταθερής πτώσης πίεσης, σύμφωνα με την οποία οι διατομές των αεραγωγών είναι τέτοιες, ώστε η ειδική πτώση πίεσης ανά τρέχον μέτρο μήκους ευθύγραμμου τμήματος αεραγωγού να διατατηρείται σταθερή [3]. Όλα τα τμήματα αεραγωγών θα είναι

κυκλικής διατομής, για χαμηλότερες απώλειες ροής και λιγότερο θόρυβο λειτουργίας. Για περισσότερο ομοιόμορφη κατανομή του παρεχόμενου ρεύματος αέρα στο χώρο της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων επιλέγεται η εγκατάσταση δύο γραμμών προσαγωγής και δύο γραμμών επιστροφής, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 47. Η διαστασιολόγηση των επιμέρους τμημάτων του δικτύου προσαγωγής των αεραγωγών παρουσιάζεται στον πίνακα 50.

Πίνακας 50: Διαστασιολόγηση τμήματων αεραγωγών προσαγωγής.

Τμήμα δικτύου	Μήκος αγωγού (m)	Παροχή όγκου αέρα (m^3/s)	Απαιτούμενη ελάχιστη διάμερος (mm)	Επιλεγμένη διάμετρος (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)	Δυναμική πίεση ροής (Pa)	Πτώση πίεσης σε ευθύγραμμα τμήματα (Pa)	Πτώση πίεσης εξαρτημάτων (Pa)	Ολική πτώση πίεσης (Pa)
Προσαγωγή									
0-ΔΠ	15	3,95	915,5	900	6,2	23,6	7,8	0,0	7,8
ΔΠ-Π1	14	1,98	647,4	700	5,1	16,1	7,28	4,5	11,8
Π1-Π2	3,8	1,78	614,2	700	4,6	13,1	1,976	0,0	2,0
Π2-Π3	3,8	1,58	579,0	600	5,6	19,1	1,976	0,6	2,6
Π3-Π4	3,8	1,38	541,6	600	4,9	14,6	1,976	0,0	2,0
Π4-Π5	3,8	1,19	501,5	600	4,2	10,8	1,976	0,0	2,0
Π5-Π6	3,8	0,99	457,8	500	5,0	15,5	1,976	0,6	2,6
Π6-Π7	3,8	0,79	409,4	500	4,0	9,9	1,976	50,0	52,0
Επιστροφή									
Ε7-Ε6	3,8	0,79	409,4	500	4,0	9,9	1,976	50,0	52,0
Ε6-Ε5	3,8	0,99	457,8	500	5,0	15,5	1,976	0,7	2,6
Ε5-Ε4	3,8	1,19	501,5	600	4,2	10,8	1,976	0,0	2,0
Ε4-Ε3	3,8	1,38	541,6	600	4,9	14,6	1,976	0,0	2,0
Ε3-Ε2	3,8	1,58	579,0	600	5,6	19,1	1,976	0,7	2,7
Ε2-Ε1	3,8	1,78	614,2	700	4,6	13,1	1,976	0,0	2,0
Ε1-ΔΕ	11,5	1,98	647,4	700	5,1	16,1	5,98	2,1	8,1
ΔΕ-0	15	3,95	915,5	900	6,2	23,6	7,8	0,0	7,8
						Συνολική πτώση πίεσης δυσμενέστερης διαδρομής (Pa):			**161,8**



Σχήμα 47: Χωροθέτηση δικτύων αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής για τον κλιματισμό της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων του Β΄ ορόφου.

Οι απαιτούμενες παροχές όγκου αέρα προς τον κλιματιζόμενο χώρο προκύπτουν με βάση το συνολικό φορτίο του χώρου, τη θερμοκρασιακή διαφορά του αέρα στην προσαγωγή και στην επιστροφή και το συνολικό αριθμό στομίων του δικτύου προσαγωγής. Όπως φαίνεται στον πίνακα 50 αλλά και στο σχήμα 47, συνολικά θα εγκατασταθούν 14 στόμια προσαγωγής κλιματισμένου αέρα στο χώρο της αίθουσας, διατεταγμένα σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις των 3,8 m και σε δύο παράλληλες γραμμές προσαγωγής. Τα στόμια προσαγωγής θα είναι ορθογωνικής διατομής (τύπου T1K) από ανοδιωμένο αλουμίνιο, διαστάσεων 400 × 500 mm, με ντάμπερ. Αντίστοιχα, συνολικά θα εγκατασταθούν 14 στόμια επιστροφής αέρα ανακυκλοφορίας από το χώρο της αίθουσας, διατεταγμένα σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις των 3,8 m και σε δύο παράλληλες γραμμές επιστροφής. Τα στόμια επιστροφής θα είναι ορθογωνικής διατομής (τύπου ΤΕ) από ανοδιωμένο αλουμίνιο, διαστάσεων 400 × 500 mm, με ντάμπερ.

Με βάση τα παρουσιαζόμενα στοιχεία στον πίνακα 50, η συνολική πτώση πίεσης της δυσμενέστερης διαδρομής υπολογίζεται στα 161,8 Pa. Τούτη καθορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη πίεση του ανεμιστήρα της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας. Η ονομαστική παροχή όγκου του ανεμιστήρα προκύπτει με βάση τις απαιτήσεις ανανέωσης αέρα του χώρου ίση με 14.220 m^3/h.

Τέλος, με βάση τα μήκη των ευθύγραμμων τμημάτων αεραγωγών που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 50, στον πίνακα 51 συνοψίζονται τα συνολικά απαιτούμενα μήκη τμημάτων αεραγωγών ανά διαφορετική διατομή και υπολογίζεται το συνολικό μήκος όλων των διαδρομών του δικτύου αεραγωγών στη συγκεκριμένη εγκατάσταση.

Πίνακας 51: Σύνοψη μηκών τμημάτων αεραγωγών ανά διαφορετική διατομή.

Διάμετρος (mm)	Μήκος τμήματος αεραγωγού (m)
900	30
700	56
600	44
500	28
Συνολικό μήκος διαδρομής αεραγωγών	**158**

Το προτεινόμενο δίκτυου αεραγωγών θα κρεμαστεί από την οροφή της ΑΠΧ. Σημειώνεται ότι επί του δώματος της ΑΠΧ προτείνεται επίσης η εγκατάσταση της Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας, των αντλιών θερμότητας αέρος – νερού για τον κλιματισμό του Λυκείου και της ΑΠΧ αντίστοιχα και 71 φωτοβολταϊκών πλαισίων, όπως παρουσιάζεται στην ενότητα 12.5. Συστήνεται, συνεπώς, η εκπόνηση μελέτης στατικής επάρκειας του φέροντος οργανισμού της ΑΠΧ, προκειμένου να ελεγχθεί η ικανότητα του φέροντος οργανισμού να αναλάβει τα στατικά φορτία που συνεπάγονται οι ανωτέρω προτεινόμενες εγκαταστάσεις συνολικά.

9.2. Τεχνικές προδιαγραφές συστήματος

9.2.1. Αντλίες θερμότητας

Και οι τρεις αντλίες θερμότητας θα είναι αερόψυκτες, κατάλληλες για εξωτερική τοποθέτηση, οι τρεις για παραγωγή ψυχρού και θερμού νερού. Η εξαγωγή του απορριπτόμενου αέρα θα γίνεται αποκλειστικά από την επάνω πλευρά τους με σκοπό την εύκολη και ασφαλή τοποθέτησή τους και την εργονομική επιλογή του σημείου εγκατάστασής τους.

Η κάθε αντλία θερμότητας θα πρέπει να είναι προσυγκροτημένη και λειτουργικά ελεγμένη στο εργοστάσιο κατασκευής της. Θα είναι πιστοποιημένη για την ασφάλειά της σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς κανονισμούς με τη σήμανση CE, ενώ ο οίκος κατασκευής της θα πρέπει να είναι πιστοποιημένος κατά ISO 9001 για το σύστημα διασφάλισης της ποιότητας και κατά ISO14001 για την προστασία του περιβάλλοντος.

Επίσης θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη και κατασκευασμένη σύμφωνα με τις ακόλουθες Ευρωπαϊκές οδηγίες και αυτές να πιστοποιούνται μέσω πιστοποιητικού συμμόρφωσης του κατασκευαστή :

• Low voltage directive	Directive 2014/35/EU
• Electromagnetic compatibility (EMC)	Directive 2014/30/EU
• Machinery directive	Directive 2006/42/EC
• Restriction of Hazardous Substances	Directive 2011/65/EU
• Pressure equipment	Directive 2014/68/EU
• Safety - Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps	EN 60335-2-40:2003+A13:2012
• Safety - Part 1: Particular requirements for electrical heat pumps	EN 60335-1:2002+A15:2011
• Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure	EN 62233:2008
• Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-4	EN 61000-6-4:2007 + A1:2011
• Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-2	EN 61000-6-2:2005
• Restriction of Hazardous Substances	EN 50581:2012
• Electrotechnical products - Determination of levels of six regulated substances	EN 62321:2009

Η μονάδα θα διαθέτει κατ' ελάχιστο τα παρακάτω κατασκευαστικά χαρακτηριστικά όπως αναλύονται στις επιμέρους κατηγορίες:

Ψυκτικό μέσο

Η αερόψυκτη αντλία θερμότητας θα πρέπει να είναι τελευταίας τεχνολογίας λειτουργώντας με το οικολογικό ψυκτικό μέσο R454B, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας μέσω υψηλότερων βαθμών απόδοσης και χαμηλότερης κατανάλωσης ρεύματος από τους αντίστοιχους ψύκτες με ψυκτικό μέσο R410a.

Με τη χρήση του οικολογικού ψυκτικού μέσου R454B επιτυγχάνονται μικρότερες διαστάσεις συμπυκνωτή και κατ'επέκταση ολόκληρης της μονάδας για την εξυπηρέτηση της βέλτιστης χωροταξίας και οικονομίας χώρου στην περιοχή τοποθέτησης της μονάδας. Επίσης διασφαλίζεται η αυξημένη απόδοση με υψηλούς βαθμούς απόδοσης οι οποίοι έχουν σαν αποτέλεσμα το μειωμένο λειτουργικό κόστος.

Με τη χρήση του οικολογικού ψυκτικού μέσου R454B επιτυγχάνεται η πλήρης εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή οδηγία διαχείρισης ψυκτικών ρευστών F-GAS. Πιο συγκεκριμένα ο δείκτης δυναμικού υπερθέρμανσης (Global Warming Potential) είναι 466, μειωμένος κατά 31% σε σχέση με τον αντίστοιχο δείκτη του R32 που είναι 675, ενώ είναι μόλις το ένα τέταρτο από τον αντίστοιχο του R410a που είναι 2088.

Το ψυκτικό μέσο πρέπει υποχρεωτικά να είναι ενός συστατικού και όχι μείγμα, ώστε να είναι εφικτή η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίησή του στη μονάδα και να διατηρείται έτσι το κόστος συντήρησης στο ελάχιστο και να διασφαλίζεται η μόνιμη διαθεσιμότητα του ψυκτικού μέσου.

Διαστάσεις

Οι διαστάσεις των αντλιών θερμότητας προφανώς εξαρτώνται από το μέγεθος της κάθε μίας από αυτές και υποχρεωτικά δε θα υπερβαίνουν τις τιμές που αναγράφονται στους πίνακες τεχνικών προδιαγραφών που παρατίθενται στο τέλος της παρούσας ενότητας, με σκοπό την εξυπηρέτηση της βέλτιστης χωροταξίας και εξοικονόμησης χώρου στην περιοχή τοποθέτησής των, αλλά και τη διευκόλυνση παραλληλισμού με πρόσθετες μονάδες για επαύξηση ισχύος. Η κάθε μονάδα θα μπορεί να λειτουργήσει απροβλημάτιστα με μέγιστη περιμετρική απόσταση συντήρησης 900 mm.

Βάρος

Με σκοπό τη βέλτιστη χωροθέτηση και την αποφυγή καταπόνησης του σημείου εγκατάστασης, το βάρος της κάθε αντλίας θερμότητας δεν θα ξεπερνά τις τιμές που δίνονται για κάθε μίας από αυτές στους πίνακες τεχνικών προδιαγραφών που παρατίθενται στο τέλος της παρούσας ενότητας.

Κέλυφος

Το πλαίσιο της κάθε αντλίας θερμότητας θα είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένα φύλλα λαμαρίνας βαμμένα με διπλή ηλεκτροστατική βαφή για μέγιστη προστασία έναντι της διάβρωσης. Στη βάση της μονάδος θα υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις ειδικές εγκοπές για την ανύψωσή της και για ευκολότερη εγκατάσταση.

Συμπιεστές

Η μία αντλία θερμότητας θα διαθέτει τέσσερις (4) συμπιεστές και οι δύο αντλίες θερμότητας θα διαθέτουν 2 συμπιεστές ερμητικού τύπου, σπειροειδείς (scroll), βελτιστοποιημένους για λειτουργία με το ψυκτικό μέσο R454B. Οι συμπιεστές θα είναι υποχρεωτικά του ιδίου κατασκευαστή με τη μονάδα για τη διασφάλιση της βέλτιστης λειτουργίας της. Επίσης θα διαθέτουν υποχρεωτικά οδήγηση βηματικού τύπου, για τη βέλτιστη προσαρμογή της απόδοσης της μονάδας στη ζήτηση της εφαρμογής, την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω υψηλού βαθμού απόδοσης, τη μείωση της στάθμης θορύβου αλλά και τη χαμηλή ένταση ρεύματος εκκίνησης για την προστασία της ηλεκτρολογικής παροχής της εφαρμογής.

Οι συμπιεστές θα είναι εγκιβωτισμένοι σε εργοστασιακό κάλυμμα για την προστασία τους από το εξωτερικό περιβάλλον και τη μείωση της στάθμης θορύβου και θα εδράζονται σε κατάλληλες βάσεις που θα απορροφούν τους κραδασμούς και θα εξασφαλίζουν αθόρυβη κατά το δυνατόν λειτουργία.

Συμπυκνωτής

Η κάθε αντλία θερμότητας θα διαθέτει συμπυκνωτή κατασκευασμένο από σωλήνες χαλκού άνευ ραφής εκτονωμένες σε πτερύγια αλουμινίου. Το στοιχείο του συμπυκνωτή θα έχει ενσωματωμένο κύκλωμα υπόψυξης που θα εξασφαλίζει την υγροποίηση του ψυκτικού μέσου και θα αυξάνει την απόδοση της μονάδας χωρίς παράλληλη αύξηση της απορροφούμενης ισχύος. Ο συμπυκνωτής θα έχει δοκιμαστεί για διαρροές και θα έχει υποστεί τεστ υπό πίεση με ξηρό αέρα.

Εξατμιστής

Η κάθε αντλία θερμότητας θα διαθέτει ως εξατμιστή, εναλλάκτη απευθείας εκτόνωσης συγκολλητού πλακοειδούς τύπου (brazed plate to plate) με πλάκες από ανοξείδωτο ατσάλι για τη διασφάλιση υψηλής απόδοσης και αξιοπιστίας.

Ανεμιστήρες

Οι αντλίες θερμότητας θα διαθέτουν τουλάχιστον δύο, τρεις και έξι ελικοειδείς ανεμιστήρες με αεροδυναμικά πτερύγια.

Αποδόσεις

Οι ονομαστικές αποδόσεις της μονάδας και οι ενεργειακοί συντελεστές θα είναι πιστοποιημένα μεγέθη από τον οργανισμό Eurovent σύμφωνα με την νόρμα EN14511 και τα αποτελέσματα θα είναι δημοσιευμένα στον επίσημο ιστότοπό της.

Στάθμη θορύβου

Με σκοπό τη βέλτιστη προσαρμογή της μονάδας στην εγκατάσταση και τη διασφάλιση της όσο το δυνατό πιο αθόρυβης λειτουργίας, h ηχητική ισχύς Lw δε θα υπερβαίνει τα 94 dBA.

Τοπικός ελεγκτής

Ο ελεγκτής της μονάδας θα μπορεί να εκτελέσει κατ’ ελάχιστο τις παρακάτω λειτουργίες:

- Εκκίνηση/Τερματισμός λειτουργίας
- Αλλαγή κατάστασης (ψύξη/θέρμανση/αντιπαγωτική προστασία)
- Ρύθμιση θερμοκρασίας νερού
- Εβδομαδιαίος χρονοπρογραμματισμός
- Εμφάνιση σφαλμάτων μέσω συγκεκριμένων κωδικών και διατήρηση ιστορικού

- Κλείδωμα όλων των πλήκτρων ή κλείδωμα όλων πλην του ON/OFF
- Διαθεσιμότητα επτά (7) γλωσσών: αγγλικά, γερμανικά, ισπανικά, ρωσικά, ιταλικά, γαλλικά, σουηδικά.

Κεντρικός ελεγκτής

Η μονάδα ή η ομάδα μονάδων θα μπορεί να συνδεθεί σε κεντρικό ελεγκτή με οθόνη αφής, ως πρόσθετο εξοπλισμό, ώστε να επιτηρείται από εκεί κεντρικά η λειτουργία τους και να εκτελούνται όλες οι ανωτέρω λειτουργίες. Στον κεντρικό ελεγκτή θα είναι δυνατό να συνδεθούν και άλλα συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού της εφαρμογής (π.χ. μονάδες αερισμού, κεντρικό σύστημα VRF) και θα έχει μέσω του κεντρικού ελεγκτή τη δυνατότητα διασύνδεσης με το διαδίκτυο.

Εγγύηση

Οι αντλίες θερμότητας θα καλύπτονται από ελάχιστη εργοστασιακή εγγύηση δύο (2) ετών. Επίσης η κατασκευάστρια εταιρία στα πλαίσια της γενικότερης πολιτικής ανταλλακτικών και με γνώμονα την παροχή υποστήριξης, θα πρέπει να εγγυάται τη διαθεσιμότητα ανταλλακτικών στην ελληνική αγορά για τουλάχιστον δέκα (10) έτη.

Στον πίνακα 52 παρουσιάζονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων αντλιών θερμότητας.

Πίνακας 52: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας συστήματος κλιματισμού.

Περιγραφή τεχνικού χαρακτηριστικού	Χώρος		
	Λύκειο	**Γυμνάσιο**	**ΑΠΧ**
Αντλία θερμότητας			
Ονομαστική ικανότητα θέρμανσης κατά IEN14511 (kW)	255,4	117,6	133,0
Ονομαστική ικανότητα ψύξης κατά IEN14511 (kW)	235,1	111,2	125,3
Κατανάλωση ισχύος στη θέρμανση	70,25	32,66	36,16
Κατανάλωση ισχύος στην ψύξη	71,39	32,77	34,71
COP κατά IEN14511	3,13	3,33	3,40
EER κατά IEN14511	2,85	3,04	3,10
SCOP	3,63	3,79	3,86
ESEER	3,96	4,13	4,14
Εναλλάκτες θερμότητας πλευράς νερού			
Τύπος εναλλάκτη πλευράς νερού		Πλακοειδής	
Πλήθος	1	1	1
Παροχή όγκου νερού στον εναλλάκτη φορτίου σε θέρμανση (L/h)	11,26	5,66	6,40
Παροχή όγκου νερού στον εναλλάκτη φορτίου σε ψύξη (L/h)	12,31	5,34	6,01
Πτώση πίεσης ροής νερού στον εναλλάκτη φορτίου σε θέρμανση (kPa)	54,2	54,8	54,2
Πτώση πίεσης ροής νερού στον εναλλάκτη φορτίου σε ψύξη (kPa)	45,3	48,7	47,7
Θερμοκρασία εισόδου – εξόδου νερού στην ψύξη (°C)	12 – 7	12 – 7	12 – 7
Θερμοκρασία εισόδου – εξόδου νερού στη θέρμανση (°C)	40 – 45	40 – 45	40 – 45
Όγκος νερού στον εναλλάκτη (L)	15,1	7,4	8,5
Ανεμιστήρες			
Αριθμός ανεμιστήρων	6	2	3
Τύπος ανεμιστήρων		Αξονικοί	
Παροχή όγκου αέρα θέρμανσης (m^3/s)	29,22	10,42	12,62
Παροχή όγκου αέρα ψύξης (m^3/s)	29,22	12,69	17,26
Κατανάλωση ισχύος στη θέρμανση (kW)	10,20	1,96	2,10
Κατανάλωση ισχύος στην ψύξη (kW)	10,20	3,20	5,10
Συμπιεστής			
Τύπος συμπιεστή		Σπειροειδής, ερμητικός (scroll)	
Αριθμός συμπιεστών	4	2	2

Πίνακας 52: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας συστήματος κλιματισμού.

Περιγραφή τεχνικού χαρακτηριστικού	Χώρος		
	Λύκειο	**Γυμνάσιο**	**ΑΠΧ**
Ρύθμιση λειτουργίας		Βηματική	
Αριθμός βημάτων	4	2	2
Ελάχιστη ρύθμιση βήματος (%)	25	50	50
Μέγιστη απορρόφηση ισχύος (kW)	2 × 21,4 + 2 × 27	1 × 21,4 + 1 × 27	2 × 27
Φόρτιση λαδιού (kg)	16,0	8,0	10,6
Ψυκτικό μέσο			
Ψυκτικό μέσο		R454B	
Φόρτιση ψυκτικού μέσου (kg)	71,3	30,2	34,7
GWP100		467	
Ισοδύναμο CO_2 (tn)	33,3	14,1	16,2
Στάθμη θορύβου			
Ένταση θορύβου σε λειτουργία θέρμανσης σε 1 m κατά ISO 9614 (dB(A))	94	89	90
Ένταση θορύβου σε λειτουργία ψύξης σε 1 m κατά ISO 9614 (dB(A))	94	89	90
Μέγιστες διαστάσεις			
Μήκος (mm)	4.110	3.360	3.980
Πλάτος (mm)	2.220	1.195	1.195
Ύψος (mm)	2.150	1.980	1.980
Βάρος (kg)	2.280	1.090	1.270

9.2.2. Τερματικές υδρονικές μονάδες

Οι τερματικές υδρονικές μονάδες θα έχουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- φρένο ABS υψηλής αντοχής με υψηλής αντίσταση στη γήρανση
- εμπρόσθια όψη εύκολα αφαιρούμενη
- περσίδες ροής αέρα με αυτόματο έλεγχο
- χειροκίνητα πτερύγια για οριζόντια ή κατακόρυφη ρύθμιση της ροής του αέρα
- αναγεννούμενα και καθαριζόμενα φίλτρα αέρα
- σωληνώσεις χαλκού ψυκτικού μέσα με υπερδιαστασιολογημένη διάμετρο ώστε να μειώνεται η πτώση πίεσης, με ενσωματωμένα πτερύγια αλουμινίου
- σωληνώσεις πλήρως ελεγμένες με ξηρό αέρα σε πίεση 30 bar
- ηλεκτρικό κινητήρα τριών ταχυτήτων με ασφάλεια αυτόματης διακοπής λειτουργίας λόγω υπερφόρτισης
- ανεμιστήρα διασταυρούμενης ροής με αυξημένη διάμετρο για εξαιρετικά χαμηλή στάθμη εκπεμπόμενου θορύβου
- βάση στήριξης στον τοίχο από γαλβανισμένο χάλυβα
- πολλαπλές συνδέσεις με 12 mm προσαρμογή
- υδραυλική σύζευξη
- απομονωμένες σφαιρικές βάνες με σφραγίσματα συμπυκνωμάτων
- χειροκίνητη βαλβίδα αέρα εξόδου συνδεδεμένη με το δίσκο συλλογής συμπυκνωμάτων
- υπέρυθρο δέκτη
- φώτα προειδοποίησης κατάστασης λειτουργίας
- ηλεκτρονικό πίνακα με μικροσυμπιεστή για έλεγχο λειτουργίας
- αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα περιβάλλοντος
- ασφάλεια προστασίας
- έλεγχο βαλβίδας με 230V-50Hz έξοδο
- τερματικό διακόπτη ισχύος
- υπέρυθρο τηλεχειριστήριο με οθόνη LCD

- ρύθμιση του σημείου λειτουργίας, αναφορικά με την κατάσταση λειτουργίας (ψύξη, αφύγρανση, αερισμός, θέρμανση) και την ταχύτητα του ανεμιστήρα (max/med/min/auto).
- χρονολειτουργία για αυτόματη διακοπής λειτουργίας, λειτουργία ύπνου και αυτόματη ρύθμιση των περσίδων.

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 44 αλλά και το κατακόρυφο διάγραμμα στο σχήμα 45, θα χρειαστεί να εγκατασταθούν τέσσερις διαφορετικοί τύποι επιτοίχιων υδρονικών μονάδων και ένας επιπλέον τύπος οροφής. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 53. Ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι κατάλληλος για δισωλήνια συστήματα.

Πίνακας 53: Τεχνικά χαρακτηριστικά τερματικών επιτοίχιων υδρονικών μονάδων.

Περιγραφή μεγέθους	Επιτοίχιες				Οροφής
	1	2	3	4	5
Τροφοδοσία	1Φ / 230V / 50 Hz				
Λειτουργία σε χαμηλή ταχύτητα (min)					
Κατανάλωση ισχύος στον ανεμιστήρα (W)	23,0	22,0	33,0	37,0	42,0
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	334	403	570	697	710
Καθαρή απόδοση ψυκτικής ισχύος (kW)	1,63	1,76	2,64	3,32	5,27
Μέγιστη παροχή όγκου νερού σε λειτουργία ψύξης (L/s)	0,08	0,09	0,13	0,16	0,25
Πτώση πίεσης σε λειτουργία ψύξης (kPa)	10	9	22	31	11,1
Καθαρή απόδοση θερμικής ισχύος (kW)	1,58	1,77	2,67	3,01	5,08
Παροχή όγκου νερού σε λειτουργία θέρμανσης (L/s)	0,08	0,08	0,13	0,14	0,25
Πτώση πίεσης σε λειτουργία θέρμανσης (kPa)	9	9	22	26	7,8
Ένταση θορύβου κατά ISO 3741 (dB(A))	38	39	48	53	34
Λειτουργία σε μεσαία ταχύτητα (med)					
Κατανάλωση ισχύος στον ανεμιστήρα (W)	25,0	25,0	37,0	41,0	95,0
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	376	522	691	810	1.280
Καθαρή απόδοση ψυκτικής ισχύος (kW)	1,83	1.87	2,96	3.82	9,36
Μέγιστη παροχή όγκου νερού σε λειτουργία ψύξης (L/s)	0,09	0,09	0,14	0,18	0,40
Πτώση πίεσης σε λειτουργία ψύξης (kPa)	11	10	26	38	25,7
Καθαρή απόδοση θερμικής ισχύος (kW)	1,80	1,99	3,02	3,50	8,55
Παροχή όγκου νερού σε λειτουργία θέρμανσης (L/s)	0,09	0,09	0,14	0,17	0,41
Πτώση πίεσης σε λειτουργία θέρμανσης (kPa)	10	10	26	33	19,3
Ένταση θορύβου κατά ISO 3741 (dB(A))	42	45	52	56	48
Λειτουργία σε μέγιστη ταχύτητα					
Κατανάλωση ισχύος στον ανεμιστήρα (W)	27,0	28,0	40,0	50,0	170
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	436	632	780	920	1.820
Καθαρή απόδοση ψυκτικής ισχύος (kW)	2,12	2,64	3,96	4,58	10,9
Μέγιστη παροχή όγκου νερού σε λειτουργία ψύξης (L/s)	0,10	0,13	0,19	0,22	0,53
Πτώση πίεσης σε λειτουργία ψύξης (kPa)	12	15	39	50	41,9
Καθαρή απόδοση θερμικής ισχύος (kW)	2,04	2,65	3,43	4,17	11,7
Παροχή όγκου νερού σε λειτουργία θέρμανσης (L/s)	0,10	0,13	0,16	0,20	0,56
Πτώση πίεσης σε λειτουργία θέρμανσης (kPa)	12	15	31	42	33,8
Ένταση θορύβου κατά ISO 3741 (dB(A))	45	52	55	60	58

Συνθήκες Ψύξης: Room temperature 27°C d.b./18,9°C w.b., Chilled water (in/out) 7°C/12°C.
Συνθήκες θέρμανσης: Room temperature 20°C d.b., hot water (in/out) 45°C/40°C

9.2.3. Κυκλοφορητές υδραυλικού δικτύου

Όλες οι αντλίες των κλειστών υδραυλικών κυκλωμάτων θα είναι τύπου Inline, υψηλής απόδοσης με αερόψυκτο κινητήρα EC της κλάσης απόδοσης κινητήρα IE5 σύμφωνα με το IEC 60034-30-2, με υδραυλικό δείκτη ελάχιστης απόδοσης MEI ≥ 0,7 και ηλεκτρονική προσαρμογή ισχύος στο σχεδιασμό ελαιολίπαντης αντλίας. Οι αντλίες θα είναι σχεδιασμένες ως μονοβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες χαμηλής πίεσης με

φλαντζωτή σύνδεση και μηχανικό στυπιοθλίπτη. Επίσης θα είναι σχεδιασμένες κυρίως για την άντληση νερού θέρμανσης (σύμφωνα με το VDI 2035), κρύου νερού και μειγμάτων νερού/γλυκόλης χωρίς διαβρωτικές ουσίες σε συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού και ψύξης.

Βασικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά

- φυγοκεντρικές αντλίες μίας βαθμίδας χαμηλής πίεσης με ενιαίο άξονα τύπου monobloc
- με ελικοειδές περίβλημα τύπου inline (στόμιο αναρρόφησης και κατάθλιψης με ίδιες φλάντζες σε μια γραμμή)
- με φλάντζες PN 16, τρυπημένες σύμφωνα με το EN 1092-2
- με υποδοχείς μέτρησης πίεσης (R 1/8) για εγκατεστημένο αισθητήριο διαφορικής πίεσης
- το κέλυφος των αντλιών και οι φλάντζες των κινητήρων θα φέρουν επίστρωση καταφόρησης
- με μηχανικό στυπιοθλίπτης για την άντληση νερού έως μέγιστη θερμοκρασία T_{max} = +140 °C
- για θερμοκρασίες αντλούμενου υγρού έως +40°C επιτρέπεται προσθήκη μίγματος γλυκόλης με αναλογία όγκου 20 έως 40%
- για μίγματα νερού/γλυκόλης με ποσοστό γλυκόλης > 40 % έως 50 % και θερμοκρασία υγρού από +40 °C έως +120 °C ή για άλλα υγρά διαφορετικά του νερού, πρέπει να προβλέπεται η χρήση άλλου εναλλακτικού μηχανικού στυπιοθλίπτη
- οι τάσεις σύνδεσης μπορεί να είναι: 3~440 V ±10%, 50/60 Hz ή 3~400 V ±10%, 50/60 Hz ή 3~380 V -5% +10%, 50/60 Hz.

Είδος ρύθμισης

- μόνιμη, αυτόματη προσαρμογή της απόδοσης στις απαιτήσεις της εγκατάστασης χωρίς προεπιλογή της επιθυμητής τιμής (εργοστασιακή ρύθμιση)
- σταθερή θερμοκρασία (T-const.)
- διαφορική θερμοκρασία σταθερή (dT-const.)
- βελτιστοποίηση ταχύτητας ροής του κυκλοφορητή τροφοδοσίας σύμφωνα με τις ανάγκες μέσω της δικτύωσης και της επικοινωνίας με περισσότερες βοηθητικές αντλίες (multi-flow adaptation)
- ταχύτητα ροής σταθερή (Q-const.)
- μεταβλητή διαφορά πίεσης (dp-v) με την επιλογή της καταχώρησης υπολογισμένων σημείων λειτουργίας παροχής όγκου Q και μανομετρικού H
- σταθερή διαφορά πίεσης (dp-c)
- ρύθμιση διαφορικής πίεσης dp-c σε απομακρυσμένο σημείο στη γραμμή σωληνώσεων (σύστημα ρύθμισης δυσμενούς σημείου)
- σταθερή ταχύτητα περιστροφής (n-const.)
- σύστημα ρύθμισης PID προσαρμοσμένο από τον χρήστη.

Λειτουργίες

- ρυθμιζόμενος περιορισμός ταχύτητας ροής με τη λειτουργία Q-Limit ($Q_{min.}$ και $Q_{max.}$)
- αυτόματη απενεργοποίηση της αντλίας σε αναγνώριση μηδενικής παροχής (No-Flow Stop)
- ένδειξη βλάβης/προειδοποίησης με απλό κείμενο συμπεριλαμβανομένων προτάσεων βοήθειας
- ενσωματωμένη πλήρης προστασία κινητήρα.

Ένδειξη στο "Home-Screen" της οθόνης γραφικών

- τρέχον είδος ρύθμισης
- τρέχουσα επιθυμητή τιμή
- τρέχουσα ταχύτητα ροής (μόνο με συνδεδεμένο αισθητήρα διαφορικής πίεσης)
- τρέχουσα θερμοκρασία υγρού (μόνο με συνδεδεμένο αισθητήρα θερμοκρασίας)
- τρέχουσα απορροφώμενη ισχύς
- συνολική ηλεκτρική κατανάλωση.

Εξωτερικός έλεγχος

- 4 παραμετροποιήσιμες αναλογικές είσοδοι: 0 – 10 V, 2 – 10 V, 0 – 20 mA, 4 – 20 mA και PT1000 του εμπορίου (μόνο σε δύο αναλογικές εισόδους), τροφοδοσία τάσης με +24 V DC
- 2 παραμετροποιήσιμες ψηφιακές είσοδοι: Ext. OFF, Ext. Min, Ext. Max, θέρμανση/ψύξη, χειρισμός με χειροκίνητη παράκαμψη αυτοματισμού (σύστημα αυτοματισμού κτηρίων αποσυνδεδεμένο), κλείδωμα χειρισμού (φραγή πλήκτρων και προστασία διαμόρφωσης τηλεχειρισμού)
- 2 παραμετροποιήσιμα ρελέ μηνύματος για ενδείξεις λειτουργίας και βλάβης
- θέση υποδοχής για διεπαφές για σύστημα αυτοματισμού κτιρίων (προαιρετικά παρελκόμενα: CIF-Module Modbus RTU, BACnet MS/TP, LON, PLR, CAN)
- αυτόματη λειτουργία εκτάκτου ανάγκης σε ιδιαίτερες καταστάσεις (οριζόμενες από τον αριθμό στροφών της αντλίας) π.χ. σε βλάβη λειτουργίας της επικοινωνίας διαύλου ή των τιμών αισθητήρα
- αναγνώριση θραύσης καλωδίου σε αναλογικό σήμα (σε σύνδεση με 2 – 10 V ή 4 – 20 mA)
- μόνιμη μνήμη στοιχείων λειτουργίας
- εργοστασιακές οπές εκροής συμπυκνώματος στο περίβλημα κινητήρα (σφραγισμένες κατά την παράδοση)
- βαλβίδα εξαέρωσης στη λατέρνα.

9.2.4. Δοχεία αδρανείας

Τα δοχεία αδρανείας θα είναι κατάλληλα για κλειστό κύκλωμα κλιματισμού. Θα διαθέτουν θερμική μόνωση και επιπλέον φράγμα υδρατμών, ώστε κατά τη λειτουργία ψύξης να μην δημιουργούνται συμπυκνώματα ανάμεσα στο δοχείο και τη μόνωση που μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση στο δοχείο, μειωμένη συμπεριφορά (αλλαγή συντελεστή θερμοπερατότητας) στη μόνωση και μείωση του κύκλου ζωής. Ο όγκος των δοχείων θα είναι τουλάχιστον 1.000 L για κάθε αντλία θερμότητας, εκτός και εάν ο κατασκευαστής των αντλιών θερμότητας απαιτεί μεγαλύτερη περιεκτικότητα. Η μόνωση του δοχείου θα είναι από σκληρή πολυουρεθάνη, ελάχιστου πάχους 25 mm με λ = 0,0023 W/mK ή χαμηλότερο και θα διαθέτει προστασία με φύλλο γαλβανισμένης και ηλεκτροστατικά βαμμένης λαμαρίνας ή φύλλο αλουμινίου, ώστε να αντέχουν σε εξωτερικές συνθήκες και να προστατεύουν και τη μόνωση. Το άνω και κάτω μέρος του καλύμματος της μόνωσης θα εφαρμόζει πλήρως από την εξωτερική μεριά του καλύμματος, ώστε να μην επιτρέπει την έκθεση της θερμομόνωσης. Το δοχείο θα είναι κατασκευασμένο από λαμαρίνα, γαλβανισμένη εν θερμώ, θα διαθέτει τουλάχιστον τέσσερις υποδοχές σύνδεσης με 3΄΄ στο μεγάλο και τουλάχιστον 2΄΄ στο μικρό δοχείο ή φλάντζα DN80 και DN50 αντίστοιχα, δύο υποδοχές για σύνδεση αισθητηρίων ½΄΄, μία επιπλέον στο άνω μέρος για εξαρτήματα ½΄΄ και μία σύνδεση για άδειασμα στο κάτω μέρος. Το δοχείο θα πρέπει να φέρει βεβαίωση από τον κατασκευαστή ότι είναι κατάλληλο για ψυχρό νερό (όριο < 0 °C), πίεση λειτουργίας τουλάχιστον 6 bar, κατάλληλο για θερμό νερό τουλάχιστον 55 °C και θα είναι κατάλληλο για εξωτερική τοποθέτηση. Οι παραπάνω όροι θα επικυρώνονται και με την εργοστασιακή εγγύηση για τις παραπάνω συνθήκες. Τα δοχεία θα πρέπει να φέρουν σήμανση CE και να πληρούν τις προδιαγραφές της οδηγίας 2014/68/UE PED.

9.2.5. Κεντρική κλιματιστική μονάδα

Η αυτόνομη κλιματιστική μονάδα κεντρικού κλιματισμού θα είναι κατάλληλη για εξωτερική εγκατάσταση, για διαχείριση αέρα, φιλτράρισμα και αερισμό, με βάση την επιλεγμένη διαμόρφωση. Η μονάδα θα είναι πιστοποιημένη κατά Eurovent και θα βρίσκεται στην επίσημη κοινοποιημένη λίστα της Eurovent.

Γενική περιγραφή απαιτήσεων μονάδας

Η Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα θα είναι διώροφου τύπου και θα διαθέτει εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα για εξοικονόμηση ενέργειας και υποστήριξη λειτουργίας free-cooling, καλύπτοντας παράλληλα τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις βάσει της Ευρωπαϊκής οδηγίας EU 1253/2014 (Ecodesign Lot6). Η κεντρική κλιματιστική μονάδα επεξεργασίας αέρα θα είναι πιστοποιημένη κατά EUROVENT, θα είναι ενεργειακής κλάσης τουλάχιστον C και θα περιέχει όλα τα τμήματα όπως περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Δομή

Η μονάδα θα είναι κατασκευασμένη ως ένα ενιαίο σύνολο που θα διαθέτει το ψυκτικό κύκλωμα, τον ηλεκτρολογικό πίνακα, τον ηλεκτρονικό έλεγχο και το τμήμα διαχείρισης αέρα. Η κεντρική κλιματιστική μονάδα θα αποτελείται από συναρμολογούμενα κιβώτια. Η κατασκευή της θα είναι στιβαρή και θα καλύπτει τις απαιτήσεις μηχανικής αντοχής, όπως αυτές ορίζονται κατά το πρότυπο EN 1886 και το πρότυπο EN 13053, που πιστοποιεί την ποιότητα των μονάδων και τις επιδόσεις τους. Πιο συγκεκριμένα, οι μονάδες θα πληρούν τα ακόλουθα κριτήρια:

- μηχανική αντοχή: D1(M)
- αεροστεγανότητα: L1(M)
- διαφυγή αέρα από τα φίλτρα: F9
- θερμοπερατότητα: T2
- θερμογέφυρα: TB2.

Το πλαίσιο της μονάδας θα είναι κατασκευασμένο από δοκούς (κολώνες) αλουμινίου με κατάλληλες εσοχές για τις βίδες σύνδεσης των διαφόρων κιβωτίων. Μεταξύ των κιβωτίων θα παρεμβάλλονται στεγανωτικά παρεμβύσματα (gasket) πλήρως αεροστεγή, για την εξάλειψη απωλειών κατά την επεξεργασία του αέρα. Τα καλύμματα της μονάδας θα είναι διπλού τοιχώματος (τύπου “sandwich”), πάχους > 40 mm. Ο βασικός σχεδιασμός της μονάδας θα περιλαμβάνει εσωτερικό και εξωτερικό τοίχωμα από προβαμμένο γαλβανισμένο χάλυβα πάχους 0,6 mm με ενδιάμεση θερμοδιακοπή πάχους 40 mm. Το θερμομονωτικό – ηχοαπορροφητικό υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού ελάσματος στα καλύμματα θα είναι πολυουρεθάνη με μέση πυκνότητα 45 kg/m^3 ή ορυκτοβάμβακας. Το πλαίσιο της βάσης της μονάδας θα είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο. Ανάλογα με την εφαρμογή, η μονάδα μπορεί να διαθέτει τα ακόλουθα δομικά χαρακτηριστικά:

- εσωτερικά και εξωτερικά τοιχώματα καλυμμάτων από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικοποιημένο χαλύβδινο έλασμα
- βάση και πλαίσιο μονάδας από γαλβανισμένο χάλυβα
- σκέπαστρο προστασίας κατασκευασμένο από γαλβανισμένο χάλυβα, αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα.

Τα καλύμματα της μονάδας θα φέρουν θυρίδες επίσκεψης στο εσωτερικό της, οι οποίες θα ανοίγουν και θα κλείνουν με χερούλια και μεντεσέδες.

Το τμήμα διαχείρισης αέρα θα περιλαμβάνει μια φέρουσα δομή κατασκευασμένη εξ ολοκλήρου από κράμα αλουμινίου, που θα υποστηρίζει πάνελ σάντουιτς (πάχος τουλάχιστον 25 mm στο πλάι, και ελάχιστο 42 mm κάτω και πάνω), με επένδυση από γαλβανισμένο φύλλο στο εσωτερικό και βαμμένο γαλβανισμένο φύλλο (χρώμα RAL 7035) εξωτερικά, με μόνωση αφρού πολυουρεθάνης ενδιάμεσα, μέσης πυκνότητας 45 kg/m^3. Τα ηλεκτρικά καλώδια και οι σωληνώσεις ψυκτικού μέσου θα είναι τοποθετημένα σε ειδικά τμήματα, χωρίς να περνούν από το τμήμα διαχείρισης αέρα.

Η μονάδα θα διαθέτει κιβώτιο ανάμιξης για ανακυκλοφορία αέρα και διάταξη ανάκτησης ενέργειας, τα οποία θα είναι ενσωματωμένα στην ενιαία συσκευασία. Η μονάδα θα αποτελεί μια πλήρως plug-and-play λύση, ελαχιστοποιώντας το χρόνο που απαιτείται για το χειρισμό και την εγκατάσταση στο χώρο.

Η μονάδα θα μπορεί να λειτουργήσει με πλήρες φορτίο σε ένα πολύ μεγάλο εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας, για εξωτερική θερμοκρασία έως -15°C σε λειτουργία αντλίας θερμότητας και έως +46°C σε λειτουργία ψύξης σε πλήρες φορτίο, ενώ σε μερικό φορτίο έως 52°C.

Η στερέωση των διαφόρων ηλεκτρικών οργάνων και η σύνδεση των καλωδίων πρέπει να γίνει κατά τρόπο τέτοιο, ώστε που να αποκλείεται η χαλάρωση λόγω κραδασμών (π.χ. χρήση ροδελών και γκρόβερ, συσφίξεις με δυναμόκλειδο κλπ). Οι ηλεκτρονόμοι και οι διατάξεις αυτοματισμού θα εφοδιασθούν με κατάλληλα προστατευτικά καλύμματα έναντι σκόνης (dust covers).

Τα ανοίγματα αερισμού των διαφόρων μηχανημάτων και συσκευών θα εφοδιασθούν με κατάλληλο προστατευτικό πλέγμα που θα εμποδίζει την είσοδο εντόμων, πουλιών ή τρωκτικών σε αυτά, χωρίς να εμποδίζει τη λειτουργικότητά τους.

Θύρες

Οι θύρες επισκέψεως θα είναι κατασκευασμένες και αυτές από διπλά τοιχώματα τύπου sandwich. Το αεροστεγές κλείσιμο των θυρών στο σκελετό θα εξασφαλίζεται από ειδικά σχεδιασμένες λαβές σε συνδυασμό με στεγανοποιητικό ελαστικό. Οι θύρες των μονάδων θα είναι ανοιγόμενες με πλαστικούς μεντεσέδες, εφοδιασμένες με χερούλια και θα εφαρμόζουν στο πλαίσιο, εξασφαλίζοντας τη στεγάνωση του τμήματος και την εύκολη επισκεψιμότητα. Στο τμήμα της ανάμιξης και ανάκτησης θερμότητας η πρόσβαση θα εξασφαλίζεται από αφαιρετά καπάκια, ενώ στις θέσεις διελεύσεως σωληνώσεων από τα πάνελ των τοιχωμάτων. Στα τμήματα των ανεμιστήρων, των φίλτρων και στα κενά τμήματα η πρόσβαση θα εξασφαλίζεται μέσω πλαϊνών θυρών.

Τμήμα ανεμιστήρων προσαγωγής - επιστροφής

Ο ανεμιστήρας προσαγωγής και επιστροφής θα είναι απευθείας οδήγησης τεχνολογίας EC plug fan, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, σύμφωνα με τον κανονισμό ErP 1253/2015. Θα διαθέτει ενσωματωμένο inverter για την αναλογική οδήγησή του, ανάδραση του σημείου λειτουργίας του και βοηθητικές επαφές βλάβης. Η επιλογή των ανεμιστήρων θα γίνει ώστε να εξασφαλίζεται η εξωτερική στατική πίεση που απαιτείται για το δίκτυο αεραγωγών της εγκατάστασης. Οι ανεμιστήρες, μαζί με τον άξονά τους, θα είναι εργοστασιακά, στατικά και δυναμικά ζυγοσταθμισμένοι για την εξασφάλιση αθόρυβης λειτουργίας χωρίς κραδασμούς. Σε περίπτωση μεγαλύτερης παροχής που δεν καλύπτεται από έναν ανεμιστήρα θα εφαρμόζεται συστοιχία ανεμιστήρων (fan wall) με κοινή λειτουργία.

Στοιχείο νερού

Το τμήμα στοιχείων θα αποτελείται από στοιχείο νερού κατασκευασμένο από χάλκινους σωλήνες, με πτερύγια από αλουμίνιο, που στερεώνονται πάνω στους σωλήνες με μηχανική εκτόνωση και οι σωλήνες θα καταλήγουν σε χάλκινους συλλέκτες. Η μετωπική επιφάνεια του στοιχείου θα είναι αρκετή, ώστε ολόκληρη η παροχή αέρα να περνάει από αυτήν με ταχύτητα όχι μεγαλύτερη από 2,5 m/s.

Το στοιχείο νερού θα είναι στοιχείο ψύξης και στοιχείο θέρμανσης, με διαφορετικά υδραυλικά κυκλώματα με προτεραιότητα στη ψύξη. Ο ελεγκτής της μονάδας θα μπορεί να οδηγήσει τις εξωτερικά τρίοδες βάνες για ψύξη και θέρμανση, ρυθμίζοντας την παροχή του νερού στο στοιχείο.

Ψυκτικό κύκλωμα

Το ψυκτικό κύκλωμα θα συνίσταται από περιστροφικούς συμπιεστές με ψυκτικό μέσο R410A ή R32 ή R454b. Οι συμπιεστές θα διαθέτουν ενσωματωμένο θερμαντήρα στροφαλοθαλάμου. Οι συμπιεστές θα είναι τοποθετημένοι σε κλειστό τμήμα του μηχανήματος, επισκέψιμο με την κάτω επιφάνεια να διαθέτει επιφάνεια συλλογής και απομάκρυνσης συμπυκνωμάτων. Το ψυκτικό κύκλωμα θα περιλαμβάνει φίλτρο, ύαλο ένδειξης ροής, τετράοδη ηλεκτροβαλβίδα με πιλότο για την αναστροφή του ψυκτικού κύκλου, αμφίδρομη θερμοεκτονωτική βαλβίδα (ή ηλεκτρονική εκτονωτική), υποδοχές πλήρωσης και μέτρησης πίεσης ψυκτικού, βαλβίδα ασφαλείας χαμηλής πίεσης, διακόπτη υψηλής πίεσης, διπλές βαλβίδες ασφαλείας υψηλής πίεσης (προστατεύουν τη μονάδα έναντι έκρηξης σε περίπτωση φωτιάς), αντεπίστροφη βαλβίδα και δοχείο υγρού στην έξοδο του συμπυκνωτή.

Τμήμα φίλτρων

Ο αέρας προσαγωγής θα φιλτράρεται με διάταξη δύο φίλτρων, πρόφιλτρο και σακόφιλτρο. Η χρήση του προφίλτρου προβλέπεται για την αναρρόφηση του αέρα προσαγωγής. Το φίλτρο αυτό θα είναι επίπεδου τύπου (flat panel), κλάσης G4 / ISO Coarse 55%. Η χρήση του σακόφιλτρου προβλέπεται επίσης για την αναρρόφηση του αέρα προσαγωγής κλάσης F8 / ePM2,5 70% και θα αποτελεί συνέχεια του προφίλτρου. Κατασκευαστικά, τα συγκεκριμένα φίλτρα είναι τύπου σάκου (bag filters).

Ο αέρας επιστροφής θα φιλτράρεται με πρόφιλτρο. Το φίλτρο αυτό θα είναι επίπεδου τύπου (flat panel) κλάσης G4 / ISO Coarse 55%.

Όλα τα παραπάνω φίλτρα τοποθετούνται σε διάταξη επίπεδης συστοιχίας, η δε αφαίρεσή τους μπορεί να γίνει από το πλάι της μονάδας μέσω κατάλληλων θυρών επίσκεψης. Όλα τα φίλτρα συγκρατούνται πάνω σε συγκολλητό μεταλλικό σκελετό, που στηρίζεται πάνω στο σκελετό της μονάδος, ώστε να μην υπάρξει παραμόρφωση κάτω από συνθήκες μέγιστης πτώσης πίεσης. Η ικανότητα των φίλτρων αυτών θα είναι σύμφωνα με το πρότυπο EN779 και μετριέται με τη μέση συγκράτηση συνθετικής σκόνης.

Το κιβώτιο των φίλτρων θα έχει εργοστασιακά τοποθετημένο διακόπτη διαφορικής πίεσης για την ένδειξη καθαρισμού των φίλτρων.

Τμήμα εναλλάκτη αέρα – αέρα

Η διάταξη ανάκτησης θερμότητας θα είναι του τύπου αέρα-αέρα, με εναλλάκτη υψηλής απόδοσης και ελάχιστη απόδοση 73% στην εναλλαγή θερμότητας, σύμφωνα με τον κανονισμό ErP 1253/2015. Ο τύπος του εναλλάκτη θα είναι περιστροφικός εναλλάκτης (wheel), σταθερής περιστροφής υψηλής απόδοσης με δυνατότητα ανάκτησης αισθητού και λανθάνοντος φορτίου. Θα διαθέτει επίσης ειδική υγροσκοπική επίστρωση στο κυρίως σώμα του, ώστε να διασφαλίζεται η μερική ανάκτηση λανθάνοντος φορτίου. Ο έλεγχος του εναλλάκτη θα γίνεται από τον κεντρικό ελεγκτή της μονάδας. Επίσης θα υπάρχει η δυνατότητα πλήρους αφαίρεσης για καθαρισμό και απολύμανση.

Ηλεκτρικός πίνακας ισχύος

Ο πίνακας ισχυρών ρευμάτων θα είναι τοποθετημένος σε ξεχωριστό τμήμα μαζί με τον ελεγκτή της μονάδας. Ο ηλεκτρολογικός πίνακας της μονάδας θα είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τα πρότυπα EN60204-1 και IEC204-1, πλήρως συναρμολογημένος και πιστοποιημένος στο εργοστάσιο και θα περιλαμβάνει την πλήρη ηλεκτρολογική υποδομή για λειτουργία της μονάδας, με αποκλειστική υποδοχή ηλεκτροδότησης για όλα τα μέρη του μηχανήματος $3^{ων}$ φάσεων (400V~ ±10% - 50Hz.). Όλα τα ηλεκτροδοτούμενα μέρη του μηχανήματος θα είναι προκαλωδιωμένα από το εργοστάσιο, τόσο στο τμήμα ηλεκτροδότησης όσο και ελέγχου. Ο κεντρικός ελεγκτής λειτουργίας του μηχανήματος θα βρίσκεται στον πίνακα πλήρως συνδεδεμένος και παραμετροποιημένος.

Ηλεκτρονικός έλεγχος

Ο ηλεκτρονικός ελεγκτής θα προσφέρει προηγμένες λειτουργίες και αλγόριθμους. Θα αποτελείται από δύο πλακέτες ελέγχου, αφιερωμένες στην πλευρά του αέρα και στην πλευρά του ψυκτικού αντίστοιχα. Το πληκτρολόγιο θα διαθέτει λειτουργικά χειριστήρια και πλήρη οθόνη LCD που θα επιτρέπει την παρακολούθηση και την παρέμβαση στη μονάδα μέσω ενός μενού πολλαπλών επιπέδων με επιλεγμένη γλώσσα χρήστη.

Ο έλεγχος θερμοκρασίας βασίζεται στην αναλογική ή αναλογική & ολοκληρωμένη λογική χρησιμοποιώντας την ένδειξη του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα επιστροφής. Το σημείο ρύθμισης μπορεί επίσης να ρυθμιστεί με βάση την εξωτερική θερμοκρασία, τόσο στη λειτουργία ψύξης όσο και στη θέρμανση. Για μονάδες εξοπλισμένες με μηχανοκίνητο διάφραγμα εξωτερικού αέρα, ο ελεγκτής διαχειρίζεται αυτόματα τη λειτουργία ελεύθερης ψύξης με βάση τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα. Προαιρετικά, η ελεύθερη ψύξη (free cooling) μπορεί επίσης να διαχειρίζεται με βάση την ενθαλπία.

Για τις αποψύξεις χρησιμοποιείται αποκλειστική αυτοπροσαρμοζόμενη λογική που περιλαμβάνει παρακολούθηση πολλαπλών παραμέτρων λειτουργίας και κλίματος. Αυτό μειώνει τον αριθμό και τη διάρκεια των αποψύξεων, αυξάνοντας κατά συνέπεια τη συνολική ενεργειακή απόδοση. Η κατανάλωση ισχύος του συμπιεστή μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας τη λειτουργία ορίου ζήτησης, ενώ η λειτουργία εκφόρτωσης θα είναι διαθέσιμη για λειτουργία κυκλώματος ψυκτικού μερικού φορτίου σε κρίσιμες συνθήκες. Η εποπτεία θα είναι διαθέσιμη με διαφορετικές επιλογές, με ενσωμάτωση σε συστήματα τρίτων χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα BACnet, BACnet over-IP, Modbus, Modbus over-IP, Echelon και Lon-Works.

Με το ηλεκτρονικό χειριστήριο θα είναι δυνατή η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της μονάδας, η ρύθμιση του σημείου λειτουργίας, η παρακολούθηση των βασικών παραμέτρων λειτουργίας, η παρακολούθηση της λειτουργίας των ανεμιστήρων, του εναλλάκτη και των ηλεκτροβανών και η προβολή και επαναφορά πιθανών ειδοποιήσεων. Θα είναι επίσης δυνατή η συνεχής ρύθμιση της ισχύος, βασιζόμενη στη θερμοκρασία του παρεχόμενου νερού. Οι διαγνωστικές λειτουργίες του χειριστηρίου περιλαμβάνουν πλήρη διαχείριση των

ειδοποιήσεων, με λειτουργίες καταγραφής διάφορων παραμέτρων λειτουργίας και ιστορικό των ειδοποιήσεων για ανάλυση της λειτουργίας της μονάδας

Το ηλεκτρονικό χειριστήριο θα επιτρέπει την άμεση διεπαφή με το χρήστη μέσω έγχρωμης οθόνης αφής 7 ιντσών. Ο ελεγκτής της μονάδας θα μπορεί να εκτελέσει κατ' ελάχιστο τις παρακάτω λειτουργίες:

- εκκίνηση & τερματισμό λειτουργία
- αλλαγή κατάστασης (ψύξη/θέρμανση/αφύγρανση/προκλιματισμός)
- ρύθμιση θερμοκρασίας αέρα
- ρύθμιση ροής αέρα
- εβδομαδιαίος χρονοπρογραμματισμός
- εμφάνιση σφαλμάτων μέσω συγκεκριμένων κωδικών και διατήρηση ιστορικού
- κλείδωμα όλων των πλήκτρων ή κλείδωμα όλων πλην του on/off

Κάρτες επικοινωνίας

Στην κεντρική επεξεργαστική μονάδα θα είναι εγκατεστημένη και κάρτα επικοινωνίας μέσω πρωτοκόλλου ModBUS, κατάλληλη να υποστηρίζει επικοινωνία Modbus TCP/IP ή/και Modbus RTU.

Διαστάσεις

Η μονάδα θα πρέπει να είναι κατάλληλη για τοποθέτηση στο χώρο που έχει υποδειχθεί από τη μελέτη, με τις ακόλουθες διαστάσεις:

- μέγιστο μήκος: 5 m
- μέγιστο πλάτος: 4 m
- μέγιστο ύψος: 4 m.

Πιστοποιήσεις

Η κεντρική κλιματιστική μονάδα θα φέρει τις ακόλουθες πιστοποιήσεις:

- Machinery directive 2006/42/EC
- Electromagnetic compatibility directive 2014/30/EC
- Pressure equipment directive 2014/68/EU
- Low voltage directive 2014/35/EC
- 2011/65/EU RoHS Directive (As far as applicable)
- Gas appliances directive 2016/426/EU (As far as applicable)
- Regulation (EU) 2016/2281 (implementation of directive 2009/125/EC) second Tier (ErP 2021)
- Eurovent certification (www.eurovent-certification.com) – rooftop unit program (RT)

Στον πίνακα 54 συνοψίζονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά της.

Πίνακας 54: Τεχνικά χαρακτηριστικά κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.

Παροχής προσαγωγής-ανακυκλοφορίας αέρα (m^3/h)	14.500
Διαθέσιμη στατική πίεση (Pa)	> 200
Μέγιστη ταχύτητα αέρα προσαγωγής – επιστροφής στα φίλτρα (m/s)	1,7
Ρύθμιση μεταβλητής ταχύτητας	inverter
Ανάκτηση θερμότητας	
Διάμετρος ρότορα (mm)	2.150
Υλικό ρότορα	αλουμίνιο
Ανάκτηση αισθητής θερμικής ισχύος (kW)	51,06
Ανάκτηση συνολικής θερμικής ισχύος (kW)	51,11
Απόδοση ανάκτησης (%)	80,2
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	14.500
Κινητήρας	3 × 380 V / 370 W
Ανεμιστήρας επιστροφής	
Τύπος ανεμιστήρα	EC plug fan

Διάμετρος (mm)	630
Υλικό	Zamid® composite
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	14.500
Διαθέσιμη στατική πίεση (Pa)	> 200
Στροφές (rpm)	1.243
Ισχύς στον άξονα (kW)	2,83
Ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW)	5,0
Ανεμιστήρας προσαγωγής	
Τύπος ανεμιστήρα	EC plug fan
Διάμετρος (mm)	560
Υλικό	Zamid® composite
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	14.500
Διαθέσιμη στατική πίεση (Pa)	> 200
Στροφές (rpm)	1.817
Ισχύς στον άξονα (kW)	5,20
Ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW)	6,0
Στοιχείο νερού	
Παροχή όγκου αέρα (m^3/h)	14.500
Παροχή όγκου νερού (L/h)	19.578
Ταχύτητα αέρα (m/s)	2,33
Ταχύτηρα νερού (m/s)	1,48
Ονομαστική ισχύς (kW)	113,83
Πτώση πίεσης υγρού αέρα (Pa)	149
Πτώση πίεσης νερού (Pa)	39,38
Όγκος νερού στο στοιχείο (L)	52,04

9.2.6. Αεραγωγοί

Τα δίκτυα αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής κλιματισμένου αέρα προς και από τον κυρίως χώρο άθλησης της ΑΠΧ θα κατασκευαστούν από γαλβανισμένη λαμαρίνα και θα θερμομονωθούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ ανάλογα με την όδευσή τους (εσωτερική – εξωτερική). Το δίκτυο αεραγωγών του κυρίως χώρου άθλησης της ΑΠΧ θα είναι κυκλικής διατομής (ενότητα 9.1.2).

Το δίκτυο αεραγωγών θα συνοδεύεται από τα απαραίτητα εξαρτήματα, όπως διαφράγματα ρύθμισης παροχής αέρα, διαφράγματα πυρός, θυρίδες ελέγχου και καθαρισμού κλπ. Θα υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου του αέρα ανά οριζόντιο κλάδο ανάλογα με την ποιότητα του αέρα. Επίσης θα υπάρχει η δυνατότητα διακοπής του αερισμού σε περίπτωση πυρκαγιάς αλλά και διάφραγμα μέγιστης ροής ανά κλάδο (CAV). Όλες οι διατομές αναφέρονται σε καθαρές εσωτερικές διαστάσεις του δικτύου. Τα δίκτυα νωπού και απόρριψης αέρα δεν απαιτείται να είναι μονωμένα.

Για την προσαγωγή, ανακυκλοφορία ή απαγωγή του αέρα με χαμηλή ταχύτητα (μικρότερη από 8 m/s) θα χρησιμοποιούνται αεραγωγοί κατασκευασμένοι από γαλβανισμένη λαμαρίνα. Όλοι οι αεραγωγοί θα κατασκευασθούν σύμφωνα με τους Αμερικάνικους Κανονισμούς ASHRAE και SMACNA και έπειτα από προηγούμενη υποβολή και έγκριση από την επίβλεψη πλήρων κατασκευαστικών σχεδίων, στα οποία θα φαίνονται οι ακριβείς διαστάσεις του αεραγωγού, αλλά και η θέση τους ως προς τα άλλα οικοδομικά στοιχεία του κτηρίου, καθώς επίσης και οι ακριβείς θέσεις των στομίων, των στηριγμάτων, οι παροχές αέρα μέσα σε κάθε διατομή και τα απαιτούμενα ανοίγματα στα οικοδομικά στοιχεία για τη διέλευση των αεραγωγών.

Τα πάχη της λαμαρίνας θα είναι ανάλογα με τη μέγιστη διάσταση του αγωγού, σύμφωνα με τον πίνακα 55.

Πίνακας 55: Πάχος λαμαρίνας αεραγωγών συναρτήσει της μέγιστης διάστασής του.

Μέγιστη διάσταση αεραγωγού (mm)	Πάχος λαμαρίνας (mm)
μέχρι 300	0,60
από 310 μέχρι 750	0,80

από 760 μέχρι 1.350	1.00
από 1.360 μέχρι 1.500	1,25

Η χρησιμοποίηση λαμαρινοβιδών στην κατασκευή των αεραγωγών απαγορεύεται. Οι κατά μήκος συνδέσεις των ελασμάτων των αεραγωγών θα κατασκευαστούν με διπλή αναδίπλωση, ενώ οι εγκάρσιες συνδέσεις και οι ενισχύσεις των επίπεδων τοιχωμάτων θα ακολουθήσουν τα αναφερόμενα στον πίνακα 56.

Πίνακας 56: Συνδέσεις και ενίσχυση αεραγωγών.

Μέγιστη διάσταση (mm)	Σύνδεση	Ενίσχυση
≤ 600	με συρτάρι	καμία
610 – 1.000	με συρτάρι	πλαίσιο από σιδερογωνιές 30×30×3 σε απόσταση 1 m από τη σύνδεση
1.000 – 1.500	με φλάντζες	πλαίσιο από σιδερογωνιές 35×35×4 σε απόσταση 1 m ανά 2 m από τη σύνδεση
1.510 – 2.500	με φλάντζες κοχλίες Φ ¼΄΄ με περικόχλιο και γκρόβερ ανά 150 mm, γαλβανισμένα	πλαίσιο από σιδερογωνιές 45×45×5 σε απόσταση 1 m ανά 2 m από την σύνδεση

Αεραγωγοί με διάσταση πάνω από 760 mm δεν θα κατασκευάζονται σε τμήματα μήκους μεγαλύτερου από 1.200 mm. Για να υπάρχει δυνατότητα αποσυναρμολόγησης των αεραγωγών, οι αεραγωγοί μικρής διατομής δύναται να συνδεθούν με φλάντζες από σιδερογωνιές 25×25×3 mm.

Όλες οι καμπύλες θα έχουν ακτίνα καμπυλότητας τουλάχιστον 1,5 φορά το πλάτος ή τη διάμετρο του αεραγωγού. Στις απότομες αλλαγές διευθύνσεων επιβάλλεται η χρήση πτερυγίων με τυποποιημένη βιομηχανική κατασκευή. Σε περίπτωση που τα πτερύγια κατασκευασθούν από τον ανάδοχο, θα πρέπει να είναι διπλού πάχους και να εγκριθούν προηγούμενα από την επίβλεψη. Σε περίπτωση μετασχηματισμού της διατομής του αεραγωγού η κλίση των πλευρών δεν θα ξεπερνά το 1:2,5 για διαστολή και 1:4 για συστολή.

Οι αεραγωγοί θα πρέπει να αναρτηθούν με κατάλληλα στηρίγματα κατά τρόπο στέρεο και σύμφωνα με τους κανόνες της αισθητικής. Η ανάρτησή τους θα γίνεται με ράβδους (ντίζες) που θα έχουν σπείρωμα μεγάλου μήκους για την αυξομείωση του ύψους του αεραγωγού. Από τις "ντίζες" θα αναρτιέται οριζόντια σιδερογωνιά πάνω στην οποία θα επικάθεται ο αεραγωγός. Οι ράβδοι θα αναρτώνται με κοχλίωση από αυτοδιατρητικά βύσματα οροφής. Ο αεραγωγός θα επικάθεται πάνω στη μόνωσή του, η οποία δεν θα περικλείει τα οριζόντια και κατακόρυφα στηρίγματα. Τα στηρίγματα δεν θα απέχουν μεταξύ τους περισσότερο από 2,5 m.

Οι διατάξεις ανάρτησης θα προστατευτούν από διαβρώσεις με δύο (2) στρώσεις γραφιτούχο μίνιο. Η επίστρωση θα εκτελείται μετά από πλήρη και επιμελημένο καθαρισμό των επιφανειών των τεμαχίων και πριν από την τελική συναρμογή των με τους αεραγωγούς, ώστε να προστατευτεί και η επιφάνεια που επικαλύπτεται από τα ελάσματα των αεραγωγών.

Σε ορισμένες θέσεις του δικτύου αεραγωγών προβλέπεται η εγκατάσταση διαφραγμάτων ρύθμισης ποσότητας αέρα ή διαχωρισμού. Τα διαφράγματα θα κατασκευαστούν από φύλλα γαλβανισμένης λαμαρίνας, θα φέρουν δε μοχλό χειρισμού από το έξω μέρος με διάταξη ακινητοποίησης.

Τα τμήματα στροφής και γωνίας των αεραγωγών θα κατασκευαστούν καμπύλα, με ακτίνα καμπυλότητας της εσωτερικής επιφάνειας ίση με τη διάσταση του αεραγωγού κατά τη φορά στροφής. Όπου για λόγους αρχιτεκτονικής δεν καθίσταται αυτό δυνατό, επιτρέπεται η κατασκευή μικρότερης ή και μηδενικής ακτίνας καμπυλότητας, τότε όμως θα τοποθετηθούν περσίδες στροφής διπλής ακτίνας καμπυλότητας (με μεταβαλλόμενο πάχος).

Οι αεραγωγοί κατά τις οριζόντιες διαδρομές τους θα αναρτώνται με κοχλιωτούς ράβδους από τις οροφές, με εγκάρσιες σιδερογωνιές. Τα μεγέθη των εγκάρσιων σιδερογωνιών και των ράβδων ανάρτησης παρουσιάζονται στον πίνακα 57.

Πίνακας 57: Διαστάσεις εξαρτημάτων ανάρτησης και στήριξης των αεραγωγών.

Μέγιστη διάσταση αεραγωγού (mm)	Διάμετρος ράβδων ανάρτησης (mm)	Διαστάσεις εγκάρσιων σιδερογωνιών (mm)	Απόσταση διαδοχικών εξαρτημάτων (mm)
≤ 400	6	30×30×3	2,40
410 – 1.000	6	40×40×3	1,80
1.010 – 1.600	6	40×40×4	1,80
1.610 – 2.000	8	40×40×4	1,80
2.010 – 2.250	8	50×50×5	1,80
≥ 2.260	10	50×50×5	1,80

Επιτρέπεται η ανάρτηση των αεραγωγών με ντίζες και προφίλ.

- Διαφράγματα διαχωρισμού

Τα διαφράγματα διαχωρισμού τοποθετούνται στα σημεία διακλάδωσης από κύριο αεραγωγό ή σε σημείο που οδηγεί σε στόμιο. Ο χειρισμός τους θα γίνεται με κατάλληλη τετράγωνη ντίζα από το έξω μέρος του αεραγωγού. Το μήκος κάθε διαφράγματος θα είναι ίσο με 1,5 φορά το πλάτος ή τη διάμετρου του αεραγωγού διακλάδωσης και πάντως όχι μικρότερο από 300 mm.

Κάθε διάφραγμα θα είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1 mm, και η τομή του με επίπεδο κάθετο προς τον άξονα περιστροφής του θα έχει μορφή αεροδυναμική. Επίσης, θα μπορεί να σταθεροποιηθεί σε οποιαδήποτε θέση, θα στηρίζεται σταθερά σε κατάλληλους μεντεσέδες και ο άξονάς του θα είναι συνδεδεμένος με κατάλληλο δείκτη που θα βρίσκεται στο κάτω μέρος του αεραγωγού. Ο δείκτης θα δείχνει την εκάστοτε θέση του ντάμπερ και θα είναι έτσι κατασκευασμένος ώστε να βρίσκεται έξω από τη μόνωση του αεραγωγού.

- Ρυθμιστικά διαφράγματα

Αυτά τοποθετούνται είτε σε κύριους αεραγωγούς, είτε σε διακλαδώσεις για τη ρύθμιση της ποσότητας του αέρα. Όταν μια τουλάχιστον πλευρά του αεραγωγού είναι ίση ή μεγαλύτερη των 300 mm, τότε τα διαφράγματα θα είναι πολύφυλλα και θα αποτελούνται από αντίθετα κινούμενα πτερύγια που θα είναι αλληλένδετα μεταξύ τους και θα ρυθμίζονται από ένα σημείο. Το πλάτος των πτερυγίων δε θα ξεπερνά τα 20 mm και θα είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 2 mm. Όλο το διάφραγμα θα φέρεται σε πλαίσιο με ισχυρή μεταλλική κατασκευή. Όταν η μεγαλύτερη πλευρά του αεραγωγού είναι μικρότερη των 300 mm, τότε το διάφραγμα θα είναι τύπου πεταλούδας (butterfly), θα είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1 mm και θα στερεώνεται σταθερά με καρφί ή με συγκόλληση κατά τον κεντρικό άξονά του με μία τετράγωνη ράβδο (ντίζα) χειρισμού. Τα διαφράγματα θα είναι εφοδιασμένα με μηχανισμό ρύθμισης και ασφάλισής τους στην κατάλληλη θέση.

- Εύκαμπτες συνδέσεις

Οι εύκαμπτες συνδέσεις θα αποτελούνται ή θα προστατεύονται από υλικό που θα έχει χρόνο αντοχής σε φωτιά τουλάχιστον 15 min. Το υλικό θα είναι τύπου υαλοϋφάσματος ή καμβά. Το πλάτος των συνδέσεων από μεταλλικό σε μεταλλικό άκρο δεν θα είναι μικρότερο από 75 mm και όχι μεγαλύτερο από 250 mm.

Η σύνδεση των αεραγωγών με τα στόμια κατάθλιψης ή αναρρόφησης των ανεμιστήρων για την απόσβεση των κραδασμών και θορύβων θα γίνεται με την παρεμβολή καραβόπανου. Το διάκενο μεταξύ στομίου και καραβόπανου θα είναι κατά 30 mm μικρότερο, ώστε η σύνδεση να είναι εύκαμπτη. Το καραβόπανο θα εμβαπτιστεί σε χημικό υγρό για την προστασία από μικροοργανισμούς, υγρασία και φωτιά.

- Αυτόματη ρυθμιστική βαλβίδα ροής αέρα

Όπου απαιτείται θα τοποθετηθεί αυτόματη ρυθμιστική βαλβίδα ροής αέρα που κρατάει σταθερή την παροχή όγκου του αέρα. Η σταθερή αυτή παροχή μπορεί να ρυθμίζεται κατά βούληση. Η ίδια βαλβίδα χρησιμοποιείται και για μεταβλητή παροχή αέρα με τη βοήθεια ενός βοηθητικού ηλεκτροκινητήρα ή πνευματικού.

Η κατασκευή της θα είναι από γαλβανισμένο χαλυβδοέλασμα, το πιεζόμενο τμήμα από αλουμίνιο και τα μικρά εξαρτήματα από πλαστικό. Στον τύπο σταθερής ποσότητας η ρύθμιση πρέπει να γίνεται με το χέρι, χωρίς εργαλείο. Στον τύπο της μεταβαλλόμενης ποσότητας η ρύθμιση γίνεται με σερβοκινητήρα, πνευματικό ή ηλεκτρικό, που διευθύνονται ή από ποτενσιόμετρο ή από αναλογικό όργανο. Όλοι οι τύποι για ελάττωση του θορύβου θα έχουν εξωτερικά ηχομονωτικό περίβλημα.

- Μονώσεις αεραγωγών

Οι αεραγωγοί προσαγωγής και επιστροφής του αέρα θα μονωθούν εξωτερικά με ειδική αφρώδη ηχοαπορροφητική και θερμομονωτική ύλη που φέρει επικάλυψη από λεπτή αντιβακτηριδιακή μεμβράνη πολυουρεθάνης (ενδεικτικός τύπος Ricofon St-Pu) πάχους 2 cm. Η μεμβράνη θα είναι αντιβακτηριδιακού τύπου και το υλικό θα είναι αυτοσβενόμενο (προδιαγραφές ASTM D 637-77, FMVSSS 302, ASTM D 1962-76).

Γενικά η μόνωση θα είναι συνεχής σε όλο το μήκος των αεραγωγών, ακόμα και στις διελεύσεις των τοίχων και των δαπέδων εκτός από τα σημεία που υπάρχουν διαφράγματα κατά της πυρκαγιάς. Κατά τις διελεύσεις των μονωμένων αεραγωγών από τοίχους ή δάπεδα, αυτοί θα προστατεύονται με φύλλο γαλβανισμένης λαμαρίνας πάχους 0,6 mm και μήκους κατά 20 mm μεγαλύτερου του πάχους του τοίχου. Η περιμετρική πλευρά της τρύπας του τοίχου θα καλυφθεί επίσης με λαμαρίνα πάχους 0,6 mm και μήκους όσο και το πάχος του τοίχου. Το κενό μεταξύ των δυο φύλλων λαμαρίνας θα γεμίζει με πάπλωμα ορυκτών ινών.

Η μόνωση θα επικολλιέται στην εσωτερική επιφάνεια του αεραγωγού με τη βοήθεια ειδικής κόλλας και θα συγκρατιέται επιπρόσθετα με τη βοήθεια ειδικών καρφιών με clips. Το αιχμηρό μέρος του καρφιού θα διαπερνά τη μόνωση και θα φέρει άκρο του clip από λαμαρίνα διαστάσεων 20×20 mm, με το οποίο θα συγκρατιέται ο υαλοβάμβακας. Οι αποστάσεις μεταξύ των καρφιών δεν θα ξεπερνάνε τα 150 mm. Η θερμική μόνωση εξωτερικά των αεραγωγών μπορεί να παραληφθεί εκεί όπου ο αεραγωγός ηχομονώνεται. Οι αεραγωγοί θα ηχομονωθούν σε μήκος, τόσο ώστε μαζί με τα υπόλοιπα ηχοαπορροφητικά μέτρα να επιτύχουν τις επιθυμητές στάθμες θορύβου μέσα στους διάφορους χώρους των 40 dB(A).

Διευκρινίζεται ότι εσωτερική ηχομόνωση αεραγωγών θα γίνει μόνο εάν ο ηχοαπορροφητής δεν αποδίδει την προσδιορισμένη ηχοαπορρόφηση. Γι' αυτό κατά την κατασκευή θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλοι υπολογισμοί και μετρήσεις για τον καθορισμό του απαιτούμενου κάθε φορά μήκους ηχομόνωσης, αφού ληφθούν υπ` όψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμιστήρων που τελικά θα επιλεγούν.

Οι ηχομονωτές που θα χρησιμοποιηθούν θα έχουν απόσβεση 85 dB. Η απόσβεση θα ελεγχθεί από τον ανάδοχο με βάση τα χαρακτηριστικά θορύβου της κλιματιστικής μονάδας που θα εγκατασταθεί, ώστε παντού να επιτυγχάνεται στάθμη θορύβου μικρότερη ή ίση από την επιτρεπόμενη.

Οι ηχομονωτές θα ελαττώνουν τη στάθμη του παραγόμενου θορύβου από τους ανεμιστήρες στα επιτρεπόμενα επίπεδα. Ο ηχομονωτής θα έχει επαρκή αντοχή και συνοχή, ώστε να ανθίσταται στη διάβρωση από τον αέρα που ρέει και δεν θα συσσωρεύει σκόνη. Η ηχοαπορροφητική πλήρωση θα είναι άοσμη και απρόσβλητη από υγρασία και σήψη. Οι προσκολλητικές ουσίες θα είναι κατάλληλες για το υλικό απορρόφησης του ήχου και δεν θα είναι εύφλεκτες. Το περίβλημα του ηχομονωτή θα είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένα ελάσματα μαλακού χάλυβα. Τα εσωτερικά χωρίσματα (splitters) θα κατασκευαστούν από διάτρητα γαλβανισμένα χαλυβδοελάσματα με αεροδυναμικά σχηματισμένες άκρες. Κάθε χώρισμα θα είναι στερεωμένο στο περίβλημα με καρφιά (πριτσίνια). Η ηχοαπορροφητική πλήρωση θα είναι αδρανής, μη εύφλεκτη, μη υγροσκοπική και απρόσβλητη σε μικροοργανισμούς, από ορυκτό μαλλί ή υαλοβάμβακα και θα είναι στεγανοποιημένη και προστατευμένη από την εναπόθεση σκόνης με μια αδιαπέραστη μεμβράνη.

Οι διαστάσεις των αεραγωγών που δίδονται στα σχέδια είναι πάντοτε οι καθαρές διαστάσεις, αφού αφαιρεθεί το πάχος ηχομόνωσης.

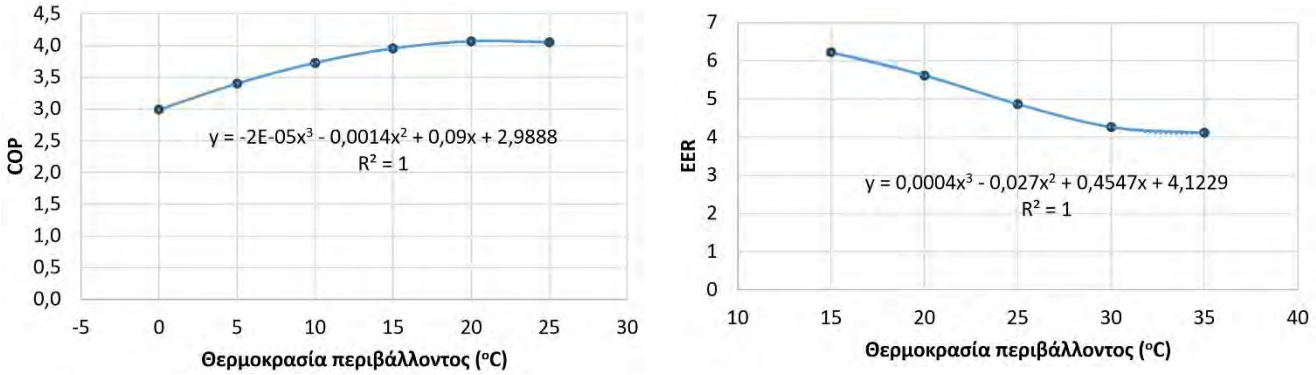
Για τα τμήματα αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής του αέρα προς και από τους βοηθητικούς χώρους της ΑΠΧ θα χρησιμοποιηθούν αεραγωγοί από ημιάκαμπτο, συνθετικό υλικό, ηχομονωτικό και θερμομονωτικό, με υψηλές μονωτικές ιδιότητες διογκωμένης πολυστερίνης με προσθήκη γραφίτη, ανθεκτική σε μύκητες, μούχλα και βακτήρια.

Τόσο η διογκωμένη πολυστερίνη όσο και ο προστιθέμενος γραφίτης έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένες μονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,029 W/m·K. Το υλικό των αγωγών και οι συνδέσεις του θα εμφανίζουν αεροστεγανότητα κατηγορίας ATC1 σύμφωνα με το πρότυπο EN 17192. Ο προμηθευτής και η προτεινόμενη τεχνολογία θα πρέπει να συνοδεύεται με πλήρη σειρά εξαρτημάτων υποστήριξης εγκατάστασης, όπως συνδετήρια τεμάχια, διακλαδώσεις κλπ.

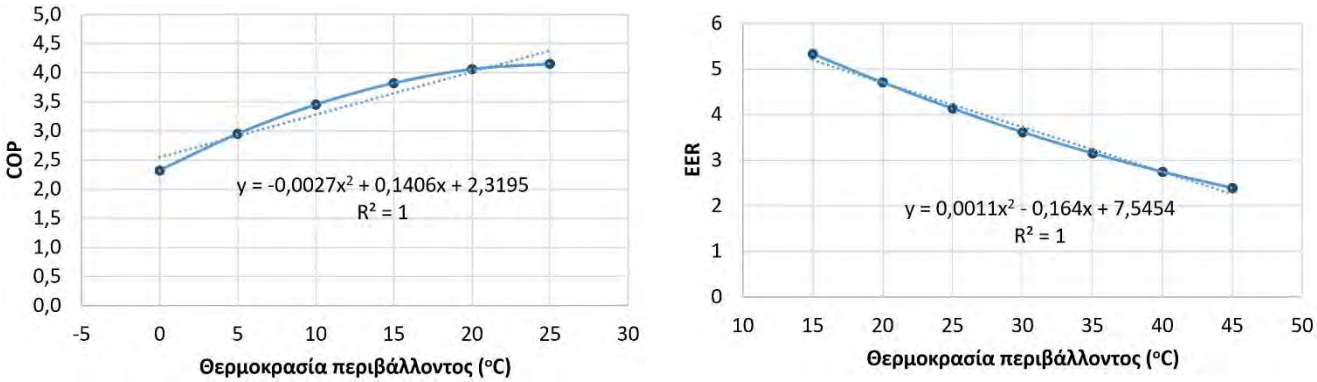
9.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού για τη θέρμανση και την ψύξη του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου υπολογίζεται με βάση την υπολογιστική προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος. Για το σκοπό αυτό λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- η ετήσια χρονοσειρά θερμοκρασίας περιβάλλοντος, (ενότητα 2.1, σχήμα 3), η οποία θα θεωρηθεί ως θερμοκρασία άντλησης θερμότητας το χειμώνα και απόρριψης φορτίων ψύξης το καλοκαίρι
- τα ετήσια συνολικά φορτία κλιματισμού σε λειτουργία θέρμανσης και ψύξης μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις, όπως υπολογίστηκαν και παρουσιάστηκαν στην ενότητα 8 (σχήμα 41δ)
- η διακύμανση του συντελεστή COP και EER για τις εξωτερικές αντλίες θερμότητας αέρος – νερού, που θα χρησιμοποιηθούν για τον κλιματισμό των θερμικών ζωνών του κτηρίου, η οποία διακύμανση, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, θεωρήθηκε ότι ακολουθεί τη μορφή των διαγραμμάτων του σχήματος 48, συναρτήσει της θερμοκρασίας του μέσου άντλησης και απόρριψης θερμότητας (ατμοσφαιρικός αέρας). Οι συγκεκριμένες καμπύλες αναφέρονται σε λειτουργία των αντλιών θερμότητας στο 100% της ονομαστικής ισχύος των και για θερμοκρασία προσαγωγής νερού 45 °C και 7 °C για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα. Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 48, εισάγονται διαφορετικές καμπύλες διακύμανσης των συντελεστών COP και EER για τις αντλίες θερμότητας που θα χρησιμοποιηθούν για τον κλιματισμό των θερμικών ζωνών 1 & 2 και για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 3 (ΑΠΧ).



Σχήμα 48 α & β: Διακύμανση συντελεστών COP και EER των αντλιών θερμότητας αέρος – νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον κλιματισμό των θερμικών ζωνών 1 & 2 του κτηρίου.



Σχήμα 48 γ & δ: Διακύμανση συντελεστών COP και EER της αντλίας θερμότητας αέρος – νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 3 (ΑΠΧ) του κτηρίου.

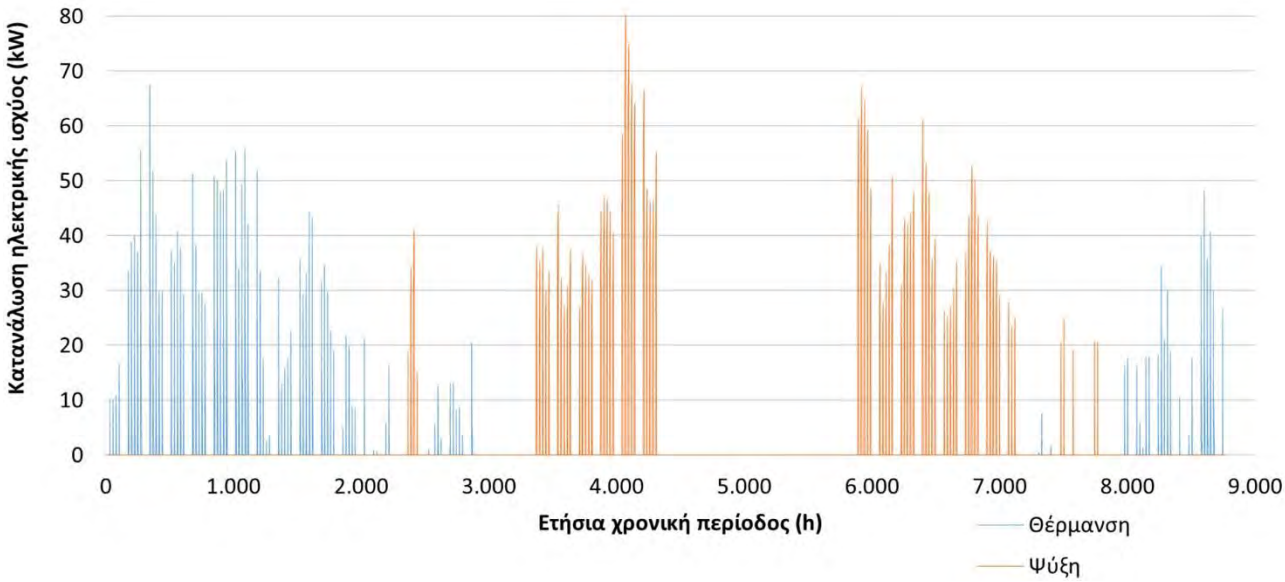
Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση ή την ψύξη του κτηρίου υπολογίζεται ανά ωριαίο χρονικό βήμα με βάση την καμπύλη θερμικού ή ψυκτικού φορτίου (σχήμα 41α και 41β για τις θερμικές ζώνες 1 και 2 και σχήμα 41γ για τη θερμική ζώνη γ, ενότητα 8) και τον εκάστοτε συντελεστή COP ή EER, ο οποίος λαμβάνεται συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος με βάση το σχήμα 48. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι:

$$P_{el} = \frac{P_h}{COP} \quad (12)$$

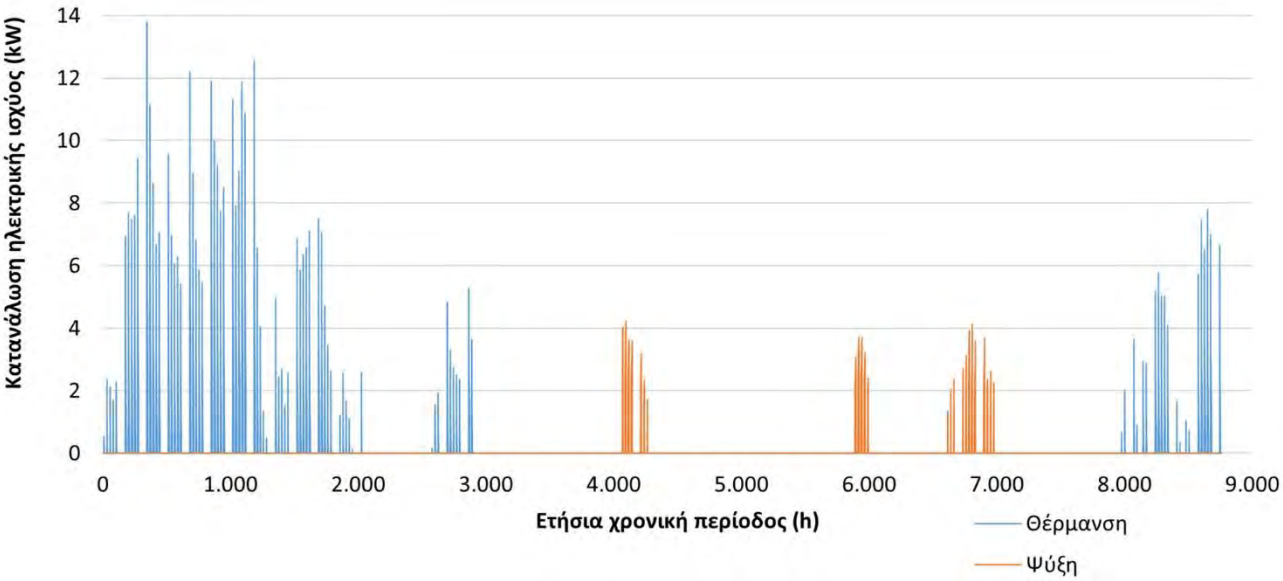
$$P_{el} = \frac{P_c}{EER} \quad (13)$$

όπου P_{el} η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος από τις αντλίες θερμότητας, P_h το τρέχον θερμικό φορτίο και P_c το τρέχον ψυκτικό φορτίο του χώρου.

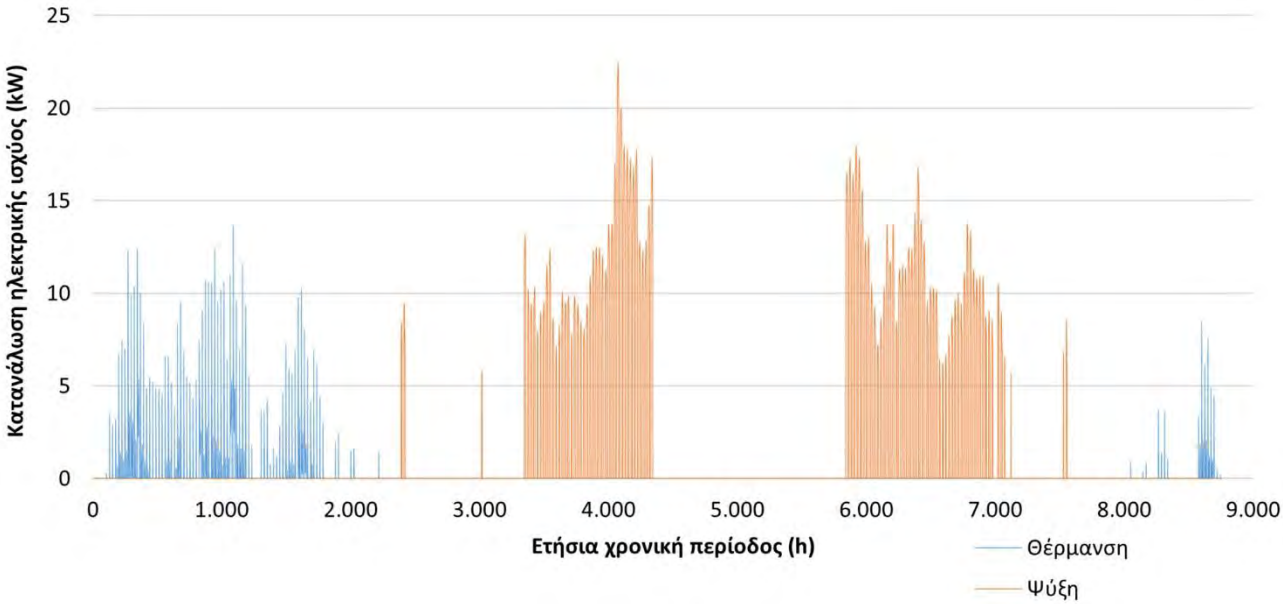
Η ετήσια διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του σχολικού κτηρίου παρουσιάζεται στα σχήματα 49, ξεχωριστά για τις θερμικές ζώνες 1, 2 και 3, καθώς και για το σύνολο των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου.



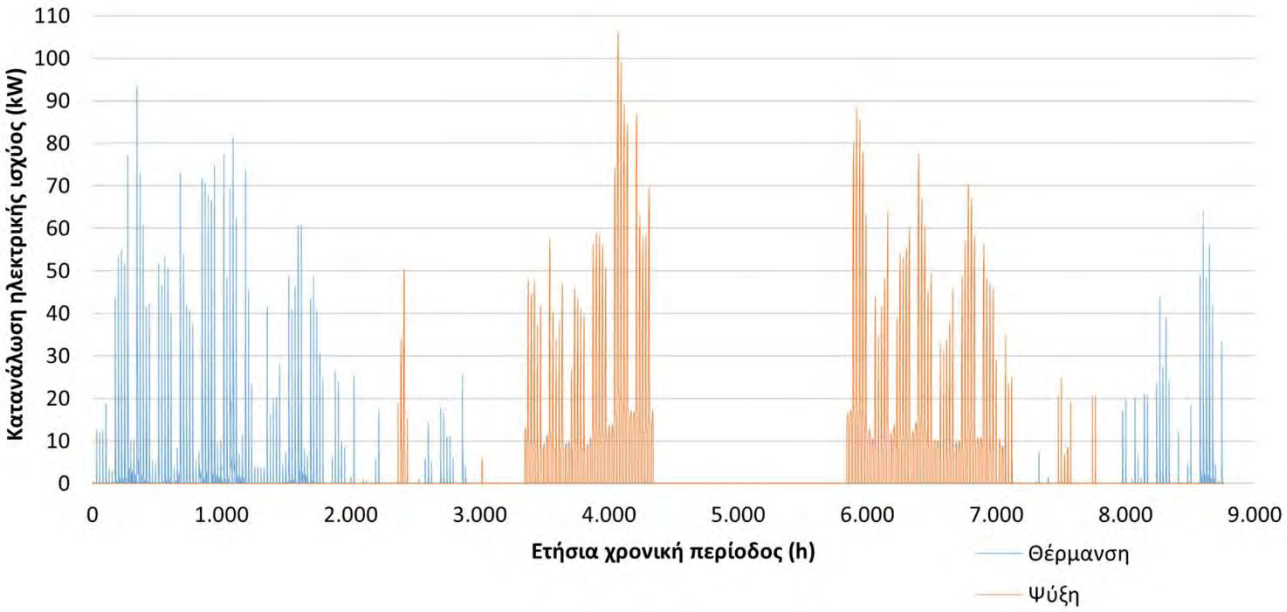
Σχήμα 49α: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 1 του κτηρίου.



Σχήμα 49β: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 2 του κτηρίου.



Σχήμα 49γ: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 3 του κτηρίου.



Σχήμα 49δ: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού για τον κλιματισμό του συνόλου του κτηρίου.

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού για τον κλιματισμό του κτηρίου αναλύεται σε μηνιαία βάση στους πίνακες 58 για τις θερμικές ζώνες του κτηρίου.

Πίνακας 58α: Μηνιαία ανάλυση φορτίων κλιματισμού και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό της θερμικής ζωνής 1 του κτηρίου, μετά τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Μήνας	**Μηνιαία φορτία κλιματισμού (kWh)**		**Αιχμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (kW)**		**Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)**		**Απόδοση**	
	Θέρμανση	**Ψύξη**	**Θέρμανση**	**Ψύξη**	**Θέρμανση**	**Ψύξη**	**COP**	**EER**
Ιανουάριος	6.758,2	0,0	66,5	0,0	1.730,3	0,0	3,9	
Φεβρουάριος	6.314,1	0,0	55,0	0,0	1.699,3	0,0	3,7	
Μάρτιος	3.211,0	0,0	43,8	0,0	808,6	0,0	4,0	
Απρίλιος	687,2	2.865,8	20,4	41,0	163,2	455,1	4,2	6,3
Μάιος	0,9	8.148,4	0,2	45,4	0,2	1.426,5	4,0	5,7
Ιούνιος	0,0	32.546,0	0,0	80,1	0,0	6.384,0		5,1
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Σεπτέμβριος	0,0	27.761,2	0,0	67,1	0,0	5.604,8		5,0
Οκτώβριος	0,0	17.319,9	0,0	52,6	0,0	3.277,9		5,3
Νοέμβριος	271,7	992,9	17,6	24,8	63,8	177,5	4,3	5,6
Δεκέμβριος	3.566,8	0,0	47,7	0,0	868,9	0,0	4,1	
Ετήσια μέγιστα / σύνολα / μέσες τιμές	**20.809,8**	**89.634,2**	**66,5**	**80,1**	**5.334,3**	**17.325,8**	**3,9**	**5,2**
	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας :				**22.660,1**			

Πίνακας 58β: Μηνιαία ανάλυση φορτίων κλιματισμού και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 2 του κτηρίου, μετά τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Μήνας	Μηνιαία φορτία κλιματισμού (kWh)		Αιχμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (kW)		Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		Απόδοση	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	COP	EER
Ιανουάριος	1.897,8	0,0	13,6	0,0	481,3	0,0	3,9	
Φεβρουάριος	1.678,7	0,0	12,4	0,0	450,1	0,0	3,7	
Μάρτιος	675,4	0,0	7,4	0,0	169,9	0,0	4,0	
Απρίλιος	268,1	0,0	5,2	0,0	63,4	0,0	4,2	
Μάιος	32,3	0,0	3,6	0,0	7,8	0,0	4,1	
Ιούνιος	0,0	589,8	0,0	4,2	0,0	119,3		4,9
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Σεπτέμβριος	0,0	493,7	0,0	3,7	0,0	100,8		4,9
Οκτώβριος	0,0	697,1	0,0	4,1	0,0	130,5		5,3
Νοέμβριος	15,4	0,0	2,0	0,0	3,6	0,0	4,3	
Δεκέμβριος	892,9	0,0	7,7	0,0	216,2	0,0	4,1	
Ετήσια μέγιστα / σύνολα / μέσες τιμές	**5.460,7**	**1.780,6**	**13,6**	**4,2**	**1.392,3**	**350,6**	**3,9**	**5,1**
	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας :				**1.742,8**			

Πίνακας 58γ: Μηνιαία ανάλυση φορτίων κλιματισμού και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό της θερμικής ζώνης 3 του κτηρίου, μετά τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Μήνας	Μηνιαία φορτία κλιματισμού (kWh)		Αιχμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (kW)		Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		Απόδοση	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	COP	EER
Ιανουάριος	1.674,5	0,0	12,2	0,0	456,9	0,0	3,7	
Φεβρουάριος	1.935,8	0,0	13,5	0,0	559,2	0,0	3,5	
Μάρτιος	865,9	0,0	10,2	0,0	230,2	0,0	3,8	
Απρίλιος	12,2	645,8	1,5	9,4	3,0	121,8		5,3
Μάιος	0,0	5.140,1	0,0	13,1	0,0	1.059,2		4,9
Ιούνιος	0,0	19.425,4	0,0	22,4	0,0	4.451,6		4,4
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Σεπτέμβριος	0,0	17.982,3	0,0	17,9	0,0	4.275,4		4,2
Οκτώβριος	0,0	8.326,3	0,0	13,9	0,0	1.836,1		4,5
Νοέμβριος	0,0	329,3	0,0	8,6	0,0	73,3		4,5
Δεκέμβριος	459,7	0,0	8,3	0,0	120,3	0,0	3,8	
Ετήσια μέγιστα / σύνολα / μέσες τιμές	**4.948,1**	**51.849,1**	**13,5**	**22,4**	**1.369,6**	**11.817,5**	**3,6**	**4,4**
	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας :				**13.187,1**			

Πίνακας 58δ: Μηνιαία ανάλυση φορτίων κλιματισμού και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό συνολικά του κτηρίου, μετά τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Μήνας	Μηνιαία φορτία κλιματισμού (kWh)		Αιχμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (kW)		Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		Απόδοση	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	COP	EER
Ιανουάριος	10.330,5	0,0	92,3	0,0	2.668,5	0,0	3,9	
Φεβρουάριος	9.928,7	0,0	80,2	0,0	2.708,6	0,0	3,7	
Μάρτιος	4.752,4	0,0	60,0	0,0	1.208,7	0,0	3,9	
Απρίλιος	967,4	3.511,6	25,6	50,4	229,6	577,0	4,2	6,1
Μάιος	33,2	13.288,5	3,8	57,3	8,1	2.485,7	4,1	5,3
Ιούνιος	0,0	52.561,2	0,0	105,8	0,0	10.954,9		4,8
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Σεπτέμβριος	0,0	46.237,2	0,0	88,3	0,0	9.981,1		4,6
Οκτώβριος	0,0	26.343,3	0,0	70,2	0,0	5.244,5		5,0
Νοέμβριος	287,0	1.322,2	19,5	24,8	67,4	250,8	4,3	5,3
Δεκέμβριος	4.919,4	0,0	63,4	0,0	1.205,4	0,0	4,1	
Ετήσια μέγιστα / σύνολα / μέσες τιμές	**31.218,5**	**143.263,9**	**92,3**	**105,8**	**8.096,2**	**29.493,9**	**3,9**	**4,9**
	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας :				**37.590,0**			

9.4. Εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της κατανάλωσης πετρελαίου, ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου:

- αρχικά για την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας
- και έπειτα στην κατάσταση λειτουργίας που προκύπτει μετά την εφαρμογή τόσο των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων όσο και των προτεινόμενων ενεργητικών συστημάτων κλιματισμού

καταλήγουμε τελικά στην εκτίμηση της αναμενόμενης εξοικονόμησης πετρελαίου, ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας από το σύνολο των παθητικών και ενεργητικών παρεμβάσεων κλιματισμού στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 59.

Πίνακας 59: Εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού του κολυμβητηρίου μετά τις παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Ενέργεια	Φορτία – Καταναλώσεις		Μείωση – Εξοικονόμηση	
	Υφιστάμενη λειτουργία	Με την εφαρμογή των παθητικών και ενεργητικών συστημάτων	(kWh / L)	(%)
Φορτία κλιματισμού (kWh_{th})	294.183	174.482	119.701	40,7
Πετρέλαιο θέρμανσης (L)	15.196	0	15.196	100,0
Ηλεκτρική ενέργεια (kWh_e)	80.824	37.590	43.234	53,5
Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	405.720	109.011	296.708	73,1

Με βάση τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του πίνακα 59, με την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών και ενεργητικών συστημάτων:

- τα συνολικά φορτία κλιματισμού μειώνονται κατά 40,7% (ενότητα 8)
- η χρήση του πετρελαίου θέρμανσης εκμηδενίζεται

- όλος ο κλιματισμός του κτηρίου πλέον στηρίζεται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία, παρόλα αυτά, μειώνεται κατά 53,5%
- το κτήριο πλέον κλιματίζεται 100%, δηλαδή δεν υπάρχουν περίοδοι κατά τις οποίες τα ενεργητικά συστήματα κλιματισμού δεν επαρκούν για τον κλιματισμό του κτηρίου, όπως συμβαίνει στη υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας για την περίπτωση της ψύξης
- η συνολική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίστηκε σε 73,1%.

10. Παρεμβάσεις στο σύστημα φωτισμού

Με δεδομένη την απλότητα στη χρήση του δικτύου φωτισμού του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου, οι μόνες παρεμβάσεις που προτείνονται σε αυτό είναι η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών φθορίου παλαιού τύπου εσωτερικών χώρων με νέα με ανακλαστήρες και η εγκατάσταση νέων λαμπτήρων LED T8 σε όσα φωτιστικά χρησιμοποιούνται ακόμα λαμπτήρες φθορίου. Αντίστοιχα προτείνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες LED. Επίσης προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων προβολέων υδραργύρου ή αλογόνου εξωτερικού χώρου με νέους προβολείς τεχνολογίας LED και η ρύθμιση της περιόδου λειτουργίας τους μέσω αυτοματισμού.

10.1. Φωτισμός εσωτερικών χώρων κτηρίου

Για τον τεχνητό φωτισμό των εσωτερικών χώρων του κτηρίου προτείνεται η αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων φωτιστικών (εκτός αυτών τεχνολογίας led) με νέα τεχνολογίας LED που θα διαθέτουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

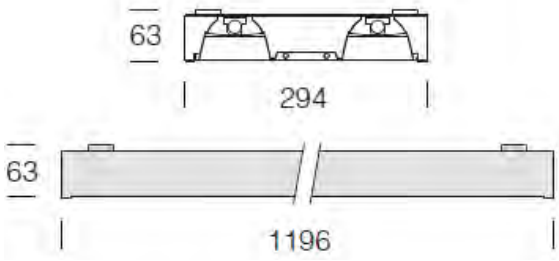
Α. Αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, γραφεία, βιβλιοθήκη

Φωτιστικό σώμα ορατής τοποθέτησης με LEDs, UGR<16

Φωτιστικό σώμα ορατής τοποθέτησης διαστάσεων 1200x300x60mm ±5%. Το φωτιστικό θα είναι κατασκευασμένο από χαλυβδοέλασμα γαλβανισμένο και βαμμένο με κατάλληλη βαφή και κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας ώστε να είναι ανθεκτικό στην ακτινοβολία UV για αποφυγή του κιτρινίσματος με την πάροδο του χρόνου. Θα φέρει Dark-light περσίδα από παραβολικά εγκάρσια και διαμήκη στοιχεία, από γυαλιστερό μη ιριδίζον αλουμίνιο high-gloss 99,99 τουλάχιστον η οποία θα είναι αφαιρούμενη και κατά τη διάρκεια της συντήρησης θα παραμένει αναρτημένη από το σώμα του φωτιστικού με τη χρήση συρματόσκοινου ή άλλου παρόμοιου μέσου. Θα φέρει ενσωματωμένο LED driver με συντελεστή ισχύος ίσο ή μεγαλύτερο από 0,95. Θα είναι δε προκαλωδιομένο με καλώδιο κατάλληλης διατομής με κατάλληλη μόνωση για αντοχή σε θερμοκρασία έως 90°C. Το φωτιστικό θα έχει συμμετρική κατανομή φωτισμού. Ο δείκτης θάμβωσης UGR του φωτιστικού θα είναι μικρότερος του 16 τουλάχιστον ως προς την εγκάρσια προς τον άξονα της φωτεινής πηγής οπτική, σύμφωνα με το πρότυπο EN12464-1. Αυτό θα προκύπτει από την φωτομετρική καμπύλη του φωτιστικού που θα πρέπει να έχει παραχθεί και να βεβαιώνεται εγγράφως από φωτομετρικό εργαστήριο, αναγνωρισμένο από ανεξάρτητο φορέα τυποποίησης της Ε.Ε. Το φωτιστικό θα φέρει πολλαπλά LEDs, επί τυπωμένου κυκλώματος (PCB) και όχι λαμπτήρες LED. Η συνολική κατανάλωση ισχύος του φωτιστικού (LED+Driver) θα είναι ίση ή μικρότερη από 37W και η φωτεινή εκροή του φωτιστικού θα είναι ίση ή μεγαλύτερη από 4090lm. Ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού σώματος θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 110lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LED θα είναι 4.000K ±10% και ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80. Η διάρκεια ζωής των LED θα είναι τουλάχιστον 80.000 ώρες λειτουργίας L80B10 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά το πέρας των πρώτων 80.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού σώματος, το 90% των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι χαμηλότερη από το 80% της ονομαστικής τους. Θα έχει κλάση μόνωσης I, δείκτη προστασίας έναντι στερεών και υγρασίας IP20 τουλάχιστον και δείκτη προστασίας έναντι κρούσης IK07 τουλάχιστον. Το φωτιστικό θα είναι “Low Flicker” ώστε να μην δημιουργεί ενοχλήσεις στους χρήστες του χώρου και αλλοιώσεις της εικόνας σε οθόνες Η/Υ, κινητών, tablets κλπ κατά τη λειτουργία του. Θα φέρει πιστοποιητικό ENEC από διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμών με το οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με τα πρότυπα EN60598-1 (luminaires-general requirements & tests) και EN60598-2 (Luminaires. Particular requirements), το οποίο θα αφορά το σύνολο της γραμμής παραγωγής του φωτιστικού και όχι μόνο ένα δείγμα και θα περιλαμβάνει επιθεώρηση της παραγωγής του κατασκευαστή. Το φωτιστικό θα ανήκει στην κατηγορία “RG0”, όσον αφορά την αξιολόγηση του ως προς την φωτοβιολογική του καταλληλότητα. Το εκάστοτε εργαστήριο θα είναι αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο για τους εκάστοτε εργαστηριακούς ελέγχους, από το ΕΣΥΔ ή άλλο αντίστοιχο φορέα διαπίστευσης χώρας της Ε.Ε. Θα φέρει πιστοποιητικό CE, με το οποίο θα βεβαιώνεται συμφωνία με τις οδηγίες 2014/35/ΕΚ (LVD), 2004/30/ΕΚ (EMC), 2011/65/ΕΚ (ROHS, 2009/125/ΕΚ (Eco design, ERP) και τα πρότυπα EN60598-1, EN60598-2, EN55015, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN62493, EN62778 & EN61547. Το προσφερόμενο φωτιστικό σώμα θα πρέπει να είναι δημοσιευμένο στον επίσημο κατάλογο του κατασκευαστή ή στην επίσημη ιστοσελίδα αυτού, όπου και θα πρέπει να είναι εμφανή όλα τα τεχνικά του

χαρακτηριστικά, για τη επιβεβαίωση αυτών από την υπηρεσία. Το εργοστάσιο κατασκευής του φωτιστικού θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001 και ISO50001 και όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά ISO θα πρέπει να έχουν ως πεδίο διαπίστευσης την παραγωγή φωτιστικών σωμάτων. Όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά και εκθέσεις δοκιμών, καθώς και η αναγνώριση-διαπίστευση του εκάστοτε εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθούν από τον ανάδοχο. Το εκάστοτε αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο θα λειτουργεί εντός των πλαισίων της Ε.Ε.

Ενδεικτικός τύπος : 731 Minicomfort 37W



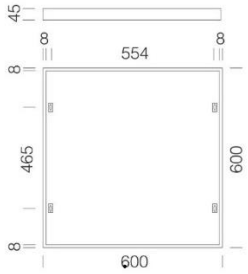
Β. Διάδρομοι, κουζίνα

Φωτιστικό σώμα LED 60x60x4,5cm UGR<19, ορατής τοποθέτησης.

Φωτιστικό σώμα ορατής τοποθέτησης διαστάσεων περίπου 600mm x 600mm με περιμετρική κορνίζα από αλουμίνιο. Θα διαθέτει opal διαχύτη (κάλυμμα) από technopolymer με υψηλό βαθμό διαπερατότητας ενώ μεταξύ του διαχύτη και των LEDs θα μεσολαβεί μία πλάκα (φιλμ) από PMMA, ανθεκτική στην ακτινοβολία UV, για αποφυγή του κιτρινίσματος με την πάροδο του χρόνου. Το φωτιστικό θα φέρει τροφοδοτικό (LED driver) με συντελεστή ισχύος ίσο ή μεγαλύτερο από 0.95, ικανό για την ελαχιστοποίηση του flickering (low flicker) κατά την λειτουργία του. Για τον σκοπό αυτό, το φωτιστικό θα διαθέτει πιστοποιητικό από ανεξάρτητο εργαστήριο ότι είναι "Low Optical Flicker" με ποσοστό flicker<2% ώστε να μην δημιουργεί ενοχλήσεις στους χρήστες του χώρου και αλλοιώσεις της εικόνας σε οθόνες Η/Υ, κινητών, tablets κλπ κατά τη λειτουργία του. Ο δείκτης θάμβωσης UGR του φωτιστικού θα είναι μικρότερος του 19, σύμφωνα με το πρότυπο EN12464-1. Αυτό θα προκύπτει από την φωτομετρική καμπύλη του φωτιστικού που θα πρέπει να έχει παραχθεί και να βεβαιώνεται εγγράφως από φωτομετρικό εργαστήριο, αναγνωρισμένο από ανεξάρτητο φορέα τυποποίησης της Ε.Ε. Η συνολική κατανάλωση ισχύος του φωτιστικού (LEDs+LED driver) δεν θα υπερβαίνει τα 33W ενώ η φωτεινή απόδοση του φωτιστικού θα είναι τουλάχιστον 3.300lm. Ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού δεν μπορεί να είναι μικρότερος από 100lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LEDs θα είναι 4.000K ±5% κι ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80. Η διάρκεια ζωής των LEDs θα είναι τουλάχιστον 80.000 ώρες λειτουργίας (L90B10) σύμφωνα με το πρότυπο LM80 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά την παρέλευση 80.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού, το 90% τουλάχιστον των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι μικρότερη από το 90% της αρχικής τους. Η δηλούμενη διάρκεια ζωής των LEDs θα συνοδεύεται από τον σχετικό εργαστηριακό έλεγχο (test report) σύμφωνα με το πρότυπο LM80. Το φωτιστικό θα πρέπει επίσης να συνοδεύεται από εργαστηριακό έλεγχο (test report) σύμφωνα με το πρότυπο LM79, από αναγνωρισμένο/διαπιστευμένο - από ανεξάρτητο φορέα - εργαστήριο. Στον εργαστηριακό αυτό έλεγχο Θα αναγράφονται τα φωτομετρικά στοιχεία του φωτιστικού (πολικό διάγραμμα – φωτεινή εκροή – καταναλισκόμενη ισχύς - θερμοκρασία χρώματος – δείκτης χρωματικής απόδοσης). Το φωτιστικό θα έχει συμμετρική ευρεία κατανομή φωτισμού. Το φωτομετρικό εργαστήριο όπου έλαβε χώρα η μέτρηση του φωτιστικού θα είναι διαπιστευμένο κατά ISO 17025 ή εναλλακτικά θα είναι αναγνωρισμένο από τρίτο ανεξάρτητο φορέα ελέγχων και πιστοποιήσεων για την ικανότητα του εργαστηρίου να διενεργεί τις ζητούμενες μετρήσεις. Θα πρέπει να προσκομιστεί το φωτομετρικό αρχείο, μαζί με την αντίστοιχη βεβαίωση του φωτομετρικού εργαστηρίου στο οποίο έχουν γίνει οι μετρήσεις σύμφωνα με το πρότυπο EN13032-1. Το φωτιστικό θα έχει κλάση μόνωσης II, δείκτη προστασίας έναντι στερεών και υγρασίας IP43 τουλάχιστον και

δείκτη προστασίας έναντι κρούσης IK06 τουλάχιστον. Το φωτιστικό θα συνοδεύεται από δήλωση συμμόρφωσης κατά CE με την οποία θα αποδεικνύεται η συμμόρφωσή του με τα ευρωπαϊκά πρότυπα EN61547, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN55015 & EN62493 και τις ευρωπαϊκές οδηγίες 2014/35/EU (LVD), 2014/30/EU (EMC), 2009/125/CE (ERP) και 2011/65/EU (RoHS II). Θα φέρει πιστοποιητικό ENEC από διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμών με το οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με τα πρότυπα της οδηγίας LVD EN60598-1 (luminaires-general requirements & tests) και EN60598-2-2 (Luminaires-Particular requirements-Recessed luminaires). Το φωτιστικό θα διαθέτει πιστοποιητικό από αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο με το οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με την οδηγία IEC TR62778 (photobiological safety), εφόσον η τελευταία δεν αναφέρεται στο ENEC. Το εργοστάσιο κατασκευής του φωτιστικού θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001 και ISO50001 και όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά ISO θα πρέπει να έχουν ως πεδίο διαπίστευσης την παραγωγή φωτιστικών σωμάτων. Το φωτιστικό, θα πρέπει να είναι τυποποιημένο – βιομηχανοποιημένο προϊόν και να βρίσκεται δημοσιευμένο σε επίσημο κατάλογο του κατασκευαστή, τόσο έντυπο (hard copy) όσο κι ηλεκτρονικό (site), και σε πλήρη συμφωνία με τα δηλούμενα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά και εκθέσεις δοκιμών, καθώς και η αναγνώριση-διαπίστευση του εκάστοτε εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθούν από τον ανάδοχο. Το εκάστοτε αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο θα λειτουργεί εντός των πλαισίων της Ε.Ε.

Ενδεικτικός τύπος : LED PANEL WITH CEILING FRAME (Gruppo Disano)



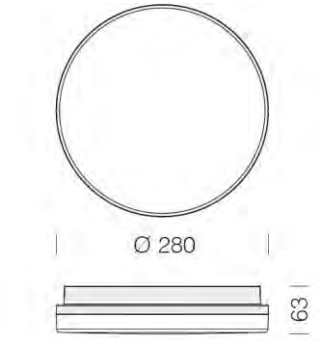
Γ. WC, Διάδρομοι, λεβητοστάσιο, εξωτερικά

<u>Φωτιστικό στεγανό, ορατής τοποθέτησης.</u>

Το φωτιστικό θα είναι κατασκευασμένο από άθραυστο και αυτοσβέσιμο polycarbonate. Θα είναι κυλινδρικής διατομής Ø280mm ±5% και θα έχει ύψος ίσο ή μικρότερο από 65mm. Το κάλυμμα της φωτεινής πηγής (διαχύτης) θα είναι επίσης από άθραυστο και αυτοσβέσιμο V2 polycarbonate και η εσωτερική του επιφάνεια θα είναι ματ ή opal για μείωση της θάμβωσης ενώ η εξωτερική του επιφάνεια είναι λεία για ευκολότερο καθαρισμό. Το κάλυμμα θα είναι ανοιγόμενο ή θα μπορεί να αφαιρείται εντελώς ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση στο χώρο των LED, χωρίς να απαιτείται η καθαίρεση ολόκληρου του φωτιστικού. Θα φέρει ενσωματωμένο driver. Το φωτιστικό θα φέρει πολλαπλά LEDs, επί τυπωμένου κυκλώματος (PCB) και όχι λαμπτήρες LED. Η συνολική κατανάλωση ισχύος του φωτιστικού (LED+driver) δεν θα υπερβαίνει τα 16W και η φωτεινή εκροή του φωτιστικού θα είναι μεγαλύτερη από 2025lm. Σε κάθε περίπτωση, ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 126lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LED θα είναι 4.000K και ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80. Η διάρκεια ζωής των LED εντός του φωτιστικού σώματος, θα είναι τουλάχιστον 50.000 ώρες λειτουργίας L80B20 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά το πέρας των πρώτων 50.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού σώματος, το 80% των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι χαμηλότερη από το 80% της ονομαστικής τους. Θα έχει κλάση μόνωσης II, δείκτη προστασίας έναντι στερεών και υγρασίας IP65 τουλάχιστον και δείκτη προστασίας έναντι κρούσης IK07 τουλάχιστον. Το φωτιστικό θα έχει συμμετρική κατανομή φωτισμού η οποία θα πρέπει να προκύπτει από αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο φωτομετρικό εργαστήριο σύμφωνα με το πρότυπο EN13032 ή LM79. Ο εργαστηριακός έλεγχος καθώς και η αναγνώριση-διαπίστευση του φωτομετρικού εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθούν από τον ανάδοχο. Θα φέρει πιστοποιητικό ENEC από διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμών με το

οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με τα πρότυπα EN60598-1 (luminaires-general requirements & tests) και EN60598-2 (Luminaires. Particular requirements), το οποίο θα αφορά το σύνολο της γραμμής παραγωγής του φωτιστικού και όχι μόνο ένα δείγμα και θα περιλαμβάνει επιθεώρηση της παραγωγής του κατασκευαστή. Το φωτιστικό θα ανήκει στην κατηγορία RG0 (exempt), όσον αφορά την αξιολόγηση του ως προς την φωτοβιολογική του καταλληλότητα. Το εκάστοτε εργαστήριο θα είναι αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο για τους εκάστοτε εργαστηριακούς ελέγχους, από το ΕΣΥΔ ή άλλο αντίστοιχο φορέα διαπίστευσης χώρας της Ε.Ε. Θα φέρει πιστοποιητικό CE, με το οποίο θα βεβαιώνεται συμφωνία με τις οδηγίες 2014/35/ΕΚ (LVD), 2014/30/ΕΚ (EMC), 2011/65/ΕΚ (ROHS, 2009/125/ΕΚ (Eco design, ERP) και τα πρότυπα EN60598-1, EN60598-2, EN55015, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN62493 & EN61547. Το προσφερόμενο φωτιστικό σώμα θα πρέπει να είναι δημοσιευμένο στον επίσημο κατάλογο του κατασκευαστή ή στην επίσημη ιστοσελίδα αυτού, όπου και θα πρέπει να είναι εμφανή όλα τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, για τη επιβεβαίωση αυτών από την υπηρεσία. Το εργοστάσιο κατασκευής του φωτιστικού θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001 και ISO50001 και όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά ISO θα πρέπει να έχουν ως πεδίο διαπίστευσης την παραγωγή φωτιστικών σωμάτων. Όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά και εκθέσεις δοκιμών, καθώς και η αναγνώριση-διαπίστευση του εκάστοτε εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθούν από τον ανάδοχο. Το εκάστοτε αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο θα λειτουργεί εντός των πλαισίων της Ε.Ε.

Ενδεικτικός τύπος: Disano / 745 Oblò J 2.0



Στον πίνακα 60 παρουσιάζονται όλα τα φωτιστικά σώματα που προτείνεται να αντικατασταθούν και οι αντίστοιχοι λαμπτήρες.

Όπως υπολογίζεται, συνολικά θα εγκατασταθούν 292 νέα φωτιστικά ισχύος 37W με UGR<16, 19 ισχύος 33W και 80 ισχύος 16W. Οι προβολείς της ΑΠΧ είναι τεχνολογίες LED, συνεπώς δεν προτείνεται η αντικατάστασή τους.

Πίνακας 60: Φωτιστικά σώματα προς αντικατάσταση στο 2^{ο} Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Στάθμη	Χώρος	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών	Ισχύς νέου φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς νέων φωτιστικών σωμάτων (W)
Ισόγειο	Διάδρομος-Κλιμακοστάσιο	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	5	16	80
	WC	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	6	16	96
	Βιβλιοθήκη	Φθορισμού με ανακλαστήρα	15	37	555
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	7	16	112
		Φθορισμού οροφής Τ8	1	33	33
		Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	1	16	16
	Λεβητοστάσιο	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	5	16	80
	Κουζίνα καθηγητών	Φθορισμού οροφής Τ8	2	33	66
	Εργαστηριο φυσικής	Φθορισμού με ανακλαστήρες	15	37	555
Α΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής Τ8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής Τ8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής Τ8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής Τ8	6	37	222
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής Τ8	6	37	222
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής Τ8	4	37	148
	Γραφείο Διευθυντή	Φθορισμού οροφής Τ8	5	37	185
	Γραφείο Καθηγητών	Φθορισμού οροφής Τ8	4	37	148
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	8	16	128
		Φωτιστικό οροφής τετράγωνο Τ4	14	33	462
Β΄ όροφος	WC	Φωτιστικό οροφής Τ8	13	16	208
	Αίθουσα τεχνολογίας	Φωτιστικό οροφής Τ8	6	37	222
	Αίθουσα Η/Υ	Φθορισμού οροφής Τ8	9	37	333
	Αίθουσα μουσικής	Φθορισμού οροφής Τ8	3	37	111
	Αίθουσα Η/Υ	Φθορισμού οροφής Τ8	9	37	333

Πίνακας 60: Φωτιστικά σώματα προς αντικατάσταση στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Στάθμη	Χώρος	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών	Ισχύς νέου φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς νέων φωτιστικών σωμάτων (W)
Γ΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής T8	2	37	74
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής T8	6	37	222
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού με ανακλαστήρα	4	37	148
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού με ανακλαστήρα	3	37	111
	Γραφείο καθηγητών	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	11	16	176
		Φθορισμού οροφής T8	2	37	62
	Αίθουσα διδασκαλίας 13	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 12	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 8	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Εργαστηριο φυσικής	Φθορισμού οροφής T8	11	37	407
	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φθορισμού οροφής T8	2	37	74
	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 14	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
Δ΄ όροφος	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	9	16	144
	Αίθουσα διδασκαλίας 7	Φθορισμού οροφής T8	2	37	74
	Αίθουσα διδασκαλίας 6	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 5	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 4	Φθορισμού οροφής T8	3	37	111
	Αίθουσα διδασκαλίας 3	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333

Πίνακας 60: Φωτιστικά σώματα προς αντικατάσταση στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου.

Στάθμη	Χώρος	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών	Ισχύς νέου φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς νέων φωτιστικών σωμάτων (W)
Ε΄ όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας 2	Φθορισμού οροφής T8	9	37	333
	Αίθουσα διδασκαλίας 1	Φθορισμού οροφής T8	2	37	74
	Διάδρομος	Φωτιστικό οροφής τύπου πλαφονιέρας	2	16	32
	Αίθουσα διδασκαλίας 18	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 17	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα διδασκαλίας 16	Φθορισμού οροφής T8	8	37	296
	Αίθουσα διδασκαλίας 15	Φθορισμού οροφής T8	3	37	111
	Αίθουσα Γαλλικών	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
Γ΄ όροφος	Αίθουσα 1	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα 2	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα 3	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Αίθουσα 4	Φθορισμού οροφής T8	4	37	148
	Λεβητοστάσιο	Φθορισμού οροφής T8	2	16	32
				Σύνολο : 12.535	

Στον πίνακα 61 υπολογίζεται η συνολική μείωση της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού εσωτερικών χώρων με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις. Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 61, η συνολική ονομαστική ισχύς των φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων θα μειωθεί κατά 50,2%.

Πίνακας 61: Μείωση εγκατεστημένης ισχύος φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων.

Χώρος κτηρίου	**Ισχύς (W)**		**Μείωση ισχύος**	
	Υφιστάμενη	**Προτεινόμενη**	**(W)**	**(%)**
Αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, βιβλιοθήκες, κουζίνες, κυλικείο	19.528	9.945	9.587	49,1
Χώροι γραφείων	1.800	925	875	48,6
Διάδρομοι, χώροι διαλείμματος και κλιμακοστάσια	3.758	1.249	2.429	64,8
Τουαλέτες	1.140	304	798	73,3
ΑΠΧ	1.680	1.680	0	0,0
Αποθήκες, μηχανοστάσια και κλιματιζόμενοι χώροι	420	112	294	73,3
Σύνολο εσωτερικών χώρων	**28.326**	**14.343**	**14.096**	**49,8**

Η νέα ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτιστικά εσωτερικού χώρου υπολογίζεται ακολουθώντας την ίδια ακριβώς προσέγγιση που υιοθετήθηκε και για την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας, ωστόσο με τη νέα εγκατεστημένη ισχύ ανά διακριτό εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 62 για το σύνολο των εσωτερικών χώρων του κτηρίου.

Πίνακας 62: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό των εσωτερικών χώρων του σχολικού κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού αιθουσών, κυλικείου και γραφείων	Συντελεστής ταυτοχρονισμού διαδρόμων	Συντελεστής ταυτοχρονισμού τουαλετών	Συντελεστής ταυτοχρονισμού αποθηκών, μηχανοστασίου και εξωτερικών χώρων	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	8	0,60	0,60	0,20	0,10	17	136	998.70
Φεβρουάριος	8	0,55	0,55	0,20	0,10	22	176	1.185,79
Μάρτιος	8	0,40	0,50	0,15	0,05	23	184	924,36
Απρίλιος	8	0,25	0,30	0,10	0,00	15	120	374,71
Μάιος	8	0,10	0,20	0,00	0,00	20	160	213,89
Ιούνιος	8	0,05	0,00	0,00	0,00	22	176	95,66
Ιούλιος	0	0,00	0,00	0,00	0,00	4	0	0,00
Αύγουστος	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00
Σεπτέμβριος	8	0,10	0,20	0,00	0,05	22	176	235,28
Οκτώβριος	8	0,25	0,30	0,10	0,10	23	184	576,62
Νοέμβριος	8	0,45	0,55	0,15	0,10	22	176	991,80
Δεκέμβριος	8	0,65	0,65	0,20	0,10	17	136	1.081,11
					Ετήσια σύνολα:		**1.624**	**6.677,91**
						Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:		**19.366,0**
					Ισχύς φωτιστικών αιθουσών και γραφείων (kW):		10,87	
					Ισχύς φωτιστικών διαδρόμων (kW):		1,25	
					Ισχύς φωτιστικών τουαλετών (kW):		0,30	
					Ισχύς φωτιστικών αποθηκών, μηχανοστασίων και εξωτερικών χώρων (kW):		0,11	

10.2. Φωτισμός εξωτερικών χώρων

Για τα φωτιστικά εξωτερικού χώρου προτείνεται η αντικατάσταση των προβολέων αλογόνου που βρίσκονται εγκατεστημένοι εξωτερικά του κτηρίου με ισάριθμους προβολείς τεχνολογίας LED και αντίστοιχης φωτεινής ροής. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου φωτιστικού LED εξωτερικού χώρου παρουσιάζονται στον πίνακα 63.

Πίνακας 63: Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενου φωτιστικού τους εξωτερικούς χώρους του κτηρίου.

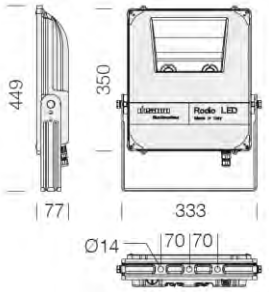
Περιγραφή τεχνικού χαρακτηριστικού	Τιμή
Τεχνολογία	LED
Ονομαστική κατανάλωση ισχύος (W)	130 (± 5%)
Ονομαστική τάση λειτουργίας (V)	220 – 240
Συχνότητας λειτουργίας (Hz)	50 – 60
Συντελεστής ισχύος	≥ 0,90
Κλάση προστασίας	I
Τύπος προστασίας	IP66
Κλάση προστασίας IK	IK09
Φωτεινή ροή (lm)	≥ 17.000
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	≥ 125
Θερμοκρασία χρώματος (K)	4.000
Διάρκεια ζωής στους 25 °C (h)	90.000 (L80B10)

Αναλυτικότερα οι προβολείς θα είναι σύμφωνοι με τα παρακάτω:

Προβολέας ασύμμετρης δέσμης με LED

Το σώμα του προβολέα θα είναι κατασκευασμένο από χυτό αλουμινίου, θα είναι κατάλληλα διαμορφωμένο έτσι ώστε να σχηματίζονται “πτερύγια” (ψύκτρες) για την αποτελεσματική απαγωγή της θερμότητας, ενώ θα είναι βαμμένο με κατάλληλη βαφή και κατόπιν κατάλληλης διαδικασίας ώστε να είναι εξαιρετικής αντοχής σε διάβρωση από νερό και UV ακτινοβολία. Θα διαθέτει βραχίονα στήριξης από γαλβανισμένο χάλυβα. Θα πρέπει επίσης να διαθέτει κατάλληλες διατάξεις που προστατεύουν τα LED από υπερτάσεις. Το κάλυμμα της φωτεινής πηγής (LED board) θα είναι από διαφανές πυρίμαχο γυαλί, πάχους τουλάχιστον 5mm με υψηλή μηχανική αντοχή. Θα φέρει LED modules, ανταυγαστήρα από αλουμίνιο, υψηλής καθαρότητας 99,95 τουλάχιστον, για την επίτευξη ασύμμετρης δέσμης και ενσωματωμένο LED driver. Ο προβολέας θα φέρει ενσωματωμένο ταχυσύνδεσμο (fast connector) για την ηλεκτρική του τροφοδοσία, χωρίς να απαιτείται παρέμβαση στο εσωτερικό του προβολέα, ώστε να διασφαλίζεται ο βαθμός στεγανότητας. Ο προβολέας θα έχει συντελεστή ισχύος 0,9 τουλάχιστον και θα πρέπει να είναι “Low Flicker” ώστε να μην δημιουργεί ενοχλήσεις στους χρήστες του χώρου και αλλοιώσεις της εικόνας σε οθόνες H/Y, κινητών, tablets κλπ κατά τη λειτουργία του. Η συνολική κατανάλωση ισχύος του προβολέα (LED+Driver) θα είναι ίση ή μικρότερη από 130W και η φωτεινή εκροή του προβολέα θα είναι μεγαλύτερη από 17300lm. Ο βαθμός απόδοσης του προβολέα θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 134lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LED θα είναι 4.000K ±10% και ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80, ενώ η διάρκεια ζωής των LED θα είναι τουλάχιστον 90.000 ώρες λειτουργίας L80B10 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά το πέρας των πρώτων 90.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού σώματος, το 90% των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι χαμηλότερη από το 80% της ονομαστικής τους. Το φωτιστικό θα φέρει παρέμβυσμα από σιλικόνη ή από άλλο παρεμφερές συνθετικό υλικό ώστε να εξασφαλίζεται βαθμός προστασίας από εισχώρηση νερού-σκόνης τουλάχιστον IP66 και θα έχει κλάση μόνωσης I. Ο προβολέας θα φέρει κατάλληλη διάταξη που θα αποτρέπει την δημιουργία σταγονιδίων (συμπυκνωμάτων) στο εσωτερικό του, θα είναι κατάλληλος για λειτουργία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος από -20°C τουλάχιστον έως +40°C τουλάχιστον και θα έχει δείκτη προστασίας έναντι χτυπημάτων τουλάχιστον IK09. Το βάρος του προβολέα δεν θα υπερβαίνει τα 6kg. Ο προβολέας θα έχει ασύμμετρη δέσμη. Η φωτομετρική καμπύλη του προβολέα (πολικό διάγραμμα) θα πρέπει να προέρχεται από εργαστηριακό έλεγχο (test report) σύμφωνα με το πρότυπο EN13032-1 ή LM79, από αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο φωτομετρικό εργαστήριο. Ο εργαστηριακός έλεγχος καθώς και η αναγνώριση-διαπίστευση του φωτομετρικού εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθούν από τον ανάδοχο. Θα φέρει πιστοποιητικό ENEC από διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμών με το οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με τα πρότυπα EN60598-1 και EN60598-2-5, το οποίο θα αφορά το σύνολο της γραμμής

παραγωγής του φωτιστικού και όχι μόνο ένα δείγμα και θα περιλαμβάνει επιθεώρηση της παραγωγής του κατασκευαστή. Θα φέρει πιστοποιητικό CE, με το οποίο θα βεβαιώνεται συμφωνία με τις οδηγίες 2014/35/ΕΚ (LVD), 2014/30/ΕΚ (EMC), 2011/65/ΕΚ (ROHS, 2009/125/ΕΚ (Eco design, ERP) και τα πρότυπα EN55015:2013-08, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN62471 & EN61547:2009. Το προσφερόμενο φωτιστικό σώμα θα πρέπει να είναι δημοσιευμένο στον επίσημο κατάλογο του κατασκευαστή ή στην επίσημη ιστοσελίδα αυτού, όπου και θα πρέπει να είναι εμφανή όλα τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, για τη επιβεβαίωση αυτών από την υπηρεσία. Όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά και εκθέσεις δοκιμών, καθώς και η αναγνώριση-διαπίστευση του εκάστοτε εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθούν από τον ανάδοχο. Το εκάστοτε αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο θα λειτουργεί εντός των πλαισίων της Ε.Ε. Το εργοστάσιο κατασκευής του φωτιστικού θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001 και ISO50001 και όλα τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά ISO θα πρέπει να έχουν ως πεδίο διαπίστευσης την παραγωγή φωτιστικών σωμάτων.
Ενδεικτικός τύπος: Disano / 1898 Rodio



Συνολικά εγκαθίστανται 10 προβολείς εξωτερικού χώρου, με συνολική ονομαστική ισχύ 1.300 W και 6 φωτιστικά LED επίτοιχα ή οροφής, συνολικής ισχύος 108 W. Η επιτυγχανόμενη μείωση της εγκατεστημένης ονομαστικής ισχύος των προβολέων εξωτερικού χώρου παρουσιάζεται στον πίνακα 64.

Πίνακας 64: Μείωση εγκατεστημένης ισχύος φωτιστικών σωμάτων εξωτερικών χώρων.

Τύπος προβολέα	Ισχύς (W)		Μείωση ισχύος	
	Υφιστάμενη	Προτεινόμενη	(W)	(%)
Υφιστάμενοι προβολείς LED	772	772	0	0,0
Νέοι προβολείς LED	2.400	1.300	1.100	46,0
Φωτιστικά LED	400	108	292	73,0
Σύνολα	**3.572**	**2.180**	**1.392**	**39,0**

Τέλος, στον πίνακα 65 αναλύεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού των εξωτερικών χώρων του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας.

Πίνακας 65: Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους εξωτερικούς προβολείς ασφαλείας του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	13,0	1,00	31	403	878,5
Φεβρουάριος	12,0	1,00	28	336	732,5
Μάρτιος	11,5	1,00	31	356,5	777,2
Απρίλιος	10,0	1,00	30	300	654,0
Μάιος	8,5	1,00	31	263,5	574,4
Ιούνιος	7,5	1,00	30	225	490,5
Ιούλιος	7,5	1,00	31	232,5	506,9
Αύγουστος	8,0	1,00	31	248	540,6
Σεπτέμβριος	9,0	1,00	30	270	588,6
Οκτώβριος	10,5	1,00	31	325,5	709,6
Νοέμβριος	11,5	1,00	30	345	752,1
Δεκέμβριος	13,0	1,00	31	403	878,5
			Ετήσια σύνολα:	**3.708**	**8.083,4**
			Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:		**23.441,8**
			Ισχύς φωτιστικών (kW):	2,180	

10.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό μετά τις παρεμβάσεις

Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου στην προτεινόμενη κατάσταση και η αντίστοιχη εξοικονόμηση ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας συνοψίζονται στον πίνακα 66.

Πίνακας 66: Κατανάλωση ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου στην υφιστάμενη και στην προτεινόμενη κατάσταση και εξοικονόμηση ενέργειας.

Φωτισμός	Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας (kWh)		Εξοικονόμηση		
	Υφιστάμενη λειτουργία	Προτεινόμενη	Υφιστάμενη λειτουργία	Προτεινόμενη	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	(%)
Εσωτερικοί χώροι πλην ΑΠΧ	12.066,6	6.677,9	34.993,3	19.366,0	5.388,7	15.627,3	44,7
Εσωτερικοί χώροι ΑΠΧ	1.885,6	1.885,6	5.468,3	5.468,3	0,0	0,0	0,0
Εξωτερικοί χώροι	13.245,0	8.083,4	38.410,4	23.441,8	5.161,6	14.968,6	39,0
Σύνολα	**27.197,3**	**16.646,9**	**78.872,0**	**48.276,1**	**10.550,3**	**30.595,9**	**38,8**

11. Σύνοψη καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας

11.1. Λοιπές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας

Οι λοιπές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας συνίστανται στις καταναλώσεις:

- στους κυκλοφορητές λειτουργίας των δικτύων κλιματισμού του νέου συστήματος κλιματισμού εσωτερικών χώρων
- στους ανεμιστήρες των τερματικών υδρονικών μονάδων κλιματισμού του νέου συστήματος κλιματισμού εσωτερικών χώρων
- στην κατανάλωση των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας
- στις καταναλώσεις των διαφόρων μηχανών γραφείων, όπως υπολογιστές, βιντεοπροβολείς κλπ και στον ανελκυστήρα του κτηρίου, που παραμένουν οι ίδιες με την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του κτηρίου και ίσες με 25.600 kWh.

Ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους 6 νέους κυκλοφορητές του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού βασίζεται στην ονομαστική κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος (πίνακας 49, ενότητα 9.1.1) και στις ετήσιες ώρες λειτουργίας τους, όπως έχουν υπολογιστεί από την υπολογιστική προσομοίωση της ετήσιας λειτουργίας του ενεργητικού συστήματος κλιματισμού για κάθε στάθμη κτηρίου που ο κάθε κυκλοφορητής εξυπηρετεί. Η κατανάλωση αυτή αναλύεται στον πίνακα 67.

Πίνακας 67: Ανάλυση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στους κυκλοφορητές υδραυλικών δικτύων του νέου συστήματος κλιματισμού.

Κυκλοφορητής	Κατανάλωση ισχύος (W)	Τεμάχια	Διάρκεια λειτουργίας σε ετήσια βάση (h)	Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Κυκλοφορητής στήλης 1	86,6	1	1.066	92,3
Κυκλοφορητής στήλης 2	560,7	1	1.066	597,7
Κυκλοφορητής στήλης 3	1.262,8	1	1.066	1.346,2
Κυκλοφορητής στήλης 4	764,0	1	1.066	814,4
Κυκλοφορητής στήλης 5	347,2	1	1.066	370,1
Κυκλοφορητής στήλης 6	143,4	1	1.066	152,9
Σύνολα :	**3.164,7**	**6**		**3.373,6**

Ομοίως, ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους ανεμιστήρες των υδρονικών τερματικών μονάδων κλιματισμού βασίζεται στην ονομαστική κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος κάθε μίας από αυτές (πίνακας 44, ενότητα 9.1.1) και στις ετήσιες ώρες λειτουργίας τους, όπως έχουν υπολογιστεί από την υπολογιστική προσομοίωση της ετήσιας λειτουργίας του ενεργητικού συστήματος κλιματισμού για κάθε θερμική ζώνη του κτηρίου. Η κατανάλωση αυτή αναλύεται στον πίνακα 68.

Πίνακας 68: Ανάλυση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στους ανεμιστήρες των υδρονικών τερματικών μονάδων του νέου συστήματος κλιματισμού.

Θερμική ζώνη 1 & 2	Κατανάλωση ισχύος (W)	Διάρκεια λειτουργίας σε ετήσια βάση (h)	Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Θέρμανση	2.932	564	1.653,6
Ψύξη	4.068	502	2.042,1
Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) :			**3.695,8**

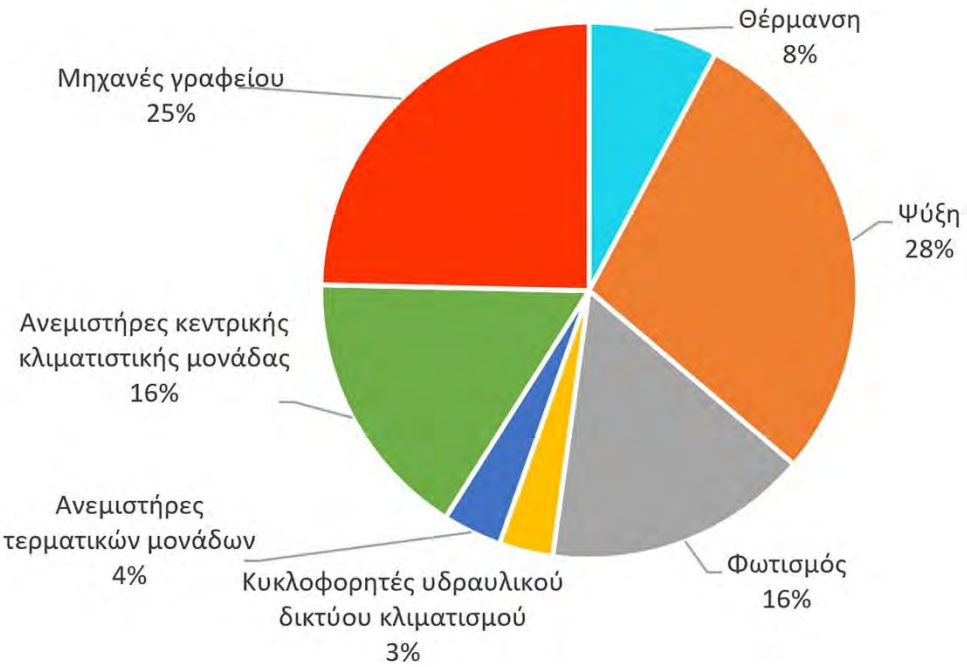
Τέλος, η ονομαστική ισχύς του ανεμιστήρα προσαγωγής και του ανεμιστήρα επιστροφής της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας δίνεται ίση με 5 kW και 6 kW αντίστοιχα (πίνακας 54, ενότητα 9.2.5). Άρα η συνολική κατανάλωση ισχύος από τους ανεμιστήρες της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας υπολογίζεται στα 11 kW, ενώ το ετήσιο χρονικό διάστημα λειτουργίας του έχει υπολογιστεί στις 1.545 h, συνεπώς η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον ανεμιστήρα υπολογίζεται στις 16.647 kWh.

11.2. Σύνοψη καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας

Στον πίνακα 69 παρουσιάζεται σύνοψη της αναμενόμενης συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις. Η ίδια πληροφορία δίνεται σε μορφή ποσοστιαίου διαγράμματος στο σχήμα 50.

Πίνακας 69: Υπολογισμός αναμενόμενης συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις.

	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	(%)
Θέρμανση	8.096,2	23.479,0	7,8
Ψύξη	29.493,9	85.532,3	28,4
Φωτισμός	16.646,9	48.276,1	16,0
Κυκλοφορητές υδραυλικού δικτύου κλιματισμού	3.373,6	9.783,4	3,2
Ανεμιστήρες τερματικών μονάδων	3.695,8	10.717,8	3,6
Ανεμιστήρας κεντρικής κλιματιστικής μονάδας	16.995,0	49.285,5	16,4
Μηχανές γραφείου	25.600,0	74.240,0	24,6
Σύνολο	**103.901,40**	**301.314,1**	**100,00**



Σχήμα 50: Ποσοστιαία ανάλυσης της τελικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου μετά τις παρεμβάσεις.

Η παραμένουσα αυτή ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε 301.472,9 kWh πρωτογενούς ενέργειας.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα στην υφιστάμενη και στην προτεινόμενη κατάσταση, καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- η χρήση πετρελαίου θέρμανσης έχει πλέον εξαλειφθεί από οποιαδήποτε χρήση του στην υφιστάμενη κατάσταση
- το δεσπόζον πλέον φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ψύξη των εσωτερικών χώρων
- παρά το γεγονός ότι πλέον όλες οι ανάγκες ενέργειας στο κτήριο καλύπτονται με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε ίση με 103.852,2 kWh, μειωμένη κατά 30.383,8 kWh ή κατά 22,6% σε σχέση με την ετήσια υφιστάμενη κατανάλωση, η οποία έχει υπολογιστεί ίση με 134.236,0 kWh (ενότητα 6, πίνακας 30).

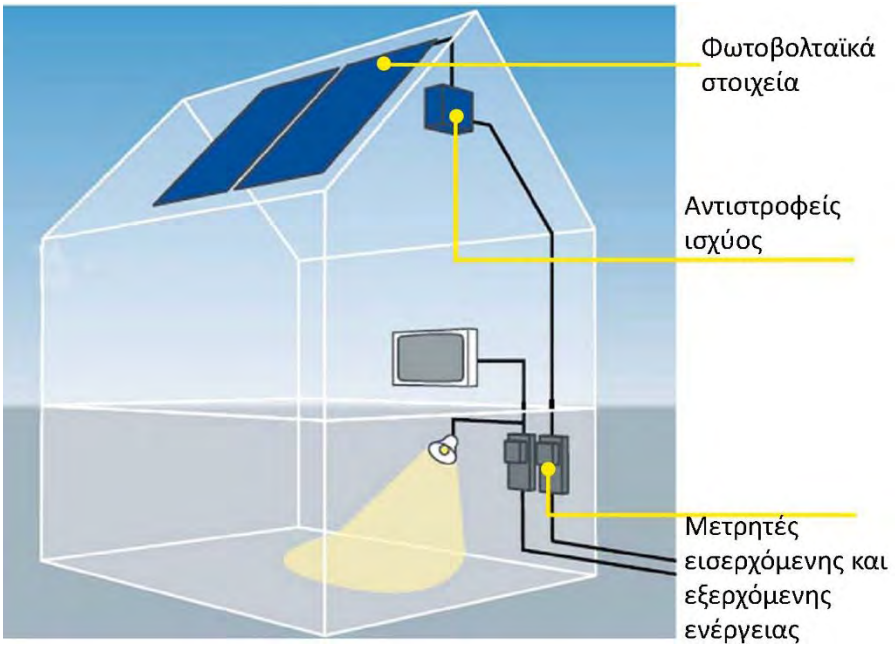
12. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

12.1. Γενική περιγραφή συστήματος

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. θα αποτελείται από φωτοβολταϊκό σταθμό, ο οποίος θα εγκατασταθεί επί του δώματος της ΑΠΧ. Ο φωτοβολταϊκός σταθμός θα εγκατασταθεί με στόχο το συμψηφισμό της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου. Το μέγεθος του φωτοβολταϊκού σταθμού, εκτός από την απαίτηση για την κάλυψη της ετήσιας παραμένουσας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, θα καθοριστεί από τη διαθέσιμη έκταση στο δώμα, καθώς επίσης και από τη μέγιστη δυνάμενη να εγκατασταθεί ισχύ για καθεστώς ετήσιου ταυτοχρονισμένου συμψηφισμού (net billing).

Η μέγιστη ισχύς που δύναται να εγκατασταθεί στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης σε καθεστώς net billing ισούται με το 100% της συμφωνημένης ισχύος διασύνδεσης της τοπικής κατανάλωσης με το ηλεκτρικό δίκτυο [10]. Η συμφωνημένη ισχύς διασύνδεσης της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου με το τοπικό δίκτυο ισούται με 85 kVA, η οποία καθορίζει και τη μέγιστη δυνάμενη ισχύ για το φωτοβολταϊκό σταθμό στα 85 kW_p. Το σύστημα θα συμπληρώνεται από πίνακες ελέγχου και μετατροπείς ισχύος (inverter) για τη διάθεση της ισχύος στο τοπικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η φιλοσοφία εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού σε καθεστώς net billing παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 51. Συγκεκριμένα, το παραγόμενο συνεχές ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο σε μετατροπέα για να διατεθεί στο δίκτυο. Ένας μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας μετράει την ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, ενώ ένας δεύτερος μετρητής ενέργειας καταγράφει την ενέργεια που καταναλώνεται από το δίκτυο για τις ανάγκες λειτουργίας του κτηρίου. Η παραγόμενη ενέργεια καταναλώνεται απευθείας στις εγκαταστάσεις του κτηρίου. Σε περίπτωση πλεονάσματος ενέργειας, τούτη εγχέεται στο δίκτυο και πωλείται σε «κλειδωμένη» τιμή. Η ενέργεια που θα καταναλώνεται στο κτήριο ουσιαστικά συμψηφίζεται με την τιμή χρέωσης από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ), ενώ το πλεόνασμα θα αποζημιώνεται σε μια τιμή που θα είναι κοντά στο τρέχον κόστος ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος. Σε χρονικά διαστήματα που η παραγωγή από το φωτοβολταϊκό σταθμό δεν θα επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης, τότε θα καταναλώνεται ενέργεια από το δίκτυο, η οποία θα χρεώνεται κανονικά, βάσει του υφιστάμενου συμβολαίου με τον πάροχη ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 51: Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σταθμό με στόχο το συμψηφισμό της παραγωγής – κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

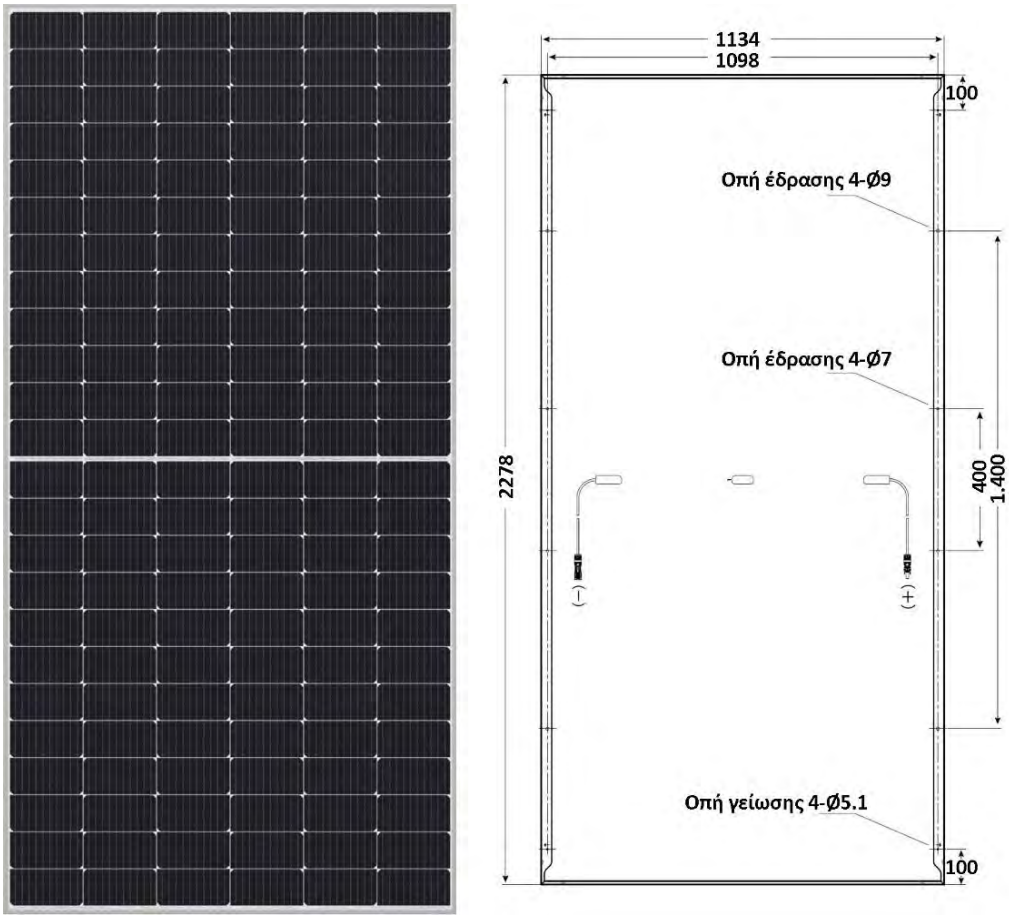
12.2. Ο προτεινόμενος εξοπλισμός

12.2.1. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Με δεδομένα την υψηλή δυνάμενη να εγκατασταθεί μέγιστη ισχύ του φωτοβολταϊκού σταθμού και τη σχετικά περιορισμένη διαθέσιμη έκταση, προτείνεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο με υψηλή ονομαστική ισχύ. Ως εκ τούτου προτείνεται η εγκατάσταση μονοκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού πλαισίου. Ενδεικτικά, στον πίνακα 70 παρουσιάζονται βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πλαισίου που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί. Στο σχήμα 52 παρουσιάζεται η εμπρόσθια όψη του πλαισίου και σκαρίφημα με τις βασικές διαστάσεις σου σε mm.

Πίνακας 70: Προδιαγραφές φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Ονομαστική ισχύς (W_p)	550
Τύπος στοιχείου	μονοκρυσταλλικό
Θερμοκρασιακό πεδίο λειτουργίας (°C)	-40 – 85
Τάση λειτουργίας σε μέγιστη ισχύ (V)	42,02
Ένταση λειτουργίας σε μέγιστη ισχύ (A)	13,09
Τάση ανοιχτού κυκλώματος σε πρότυπες συνθήκες (V)	50,70
Ένταση βραχυκύκλωσης (A)	13,81
Μέγιστη τάση συστήματος (V DC)	1.500
Προστασία υπερέντασης (A)	25
Θερμοκρασιακός συντελεστής τάσης ανοιχτού κυκλώματος (%/°C)	-0,341
Απόδοση στοιχείου στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας (%)	21,3
Βάρος (kg)	27,5
Μέγιστη αντοχή σε μηχανική τάση (Pa)	2.400



Σχήμα 52: Εμπρόσθια όψη του φωτοβολταϊκού πλαισίου και σκαρίφημα με τις βασικές διαστάσεις του σε mm.

12.2.2. Έδραση φωτοβολταϊκών πλαισίων

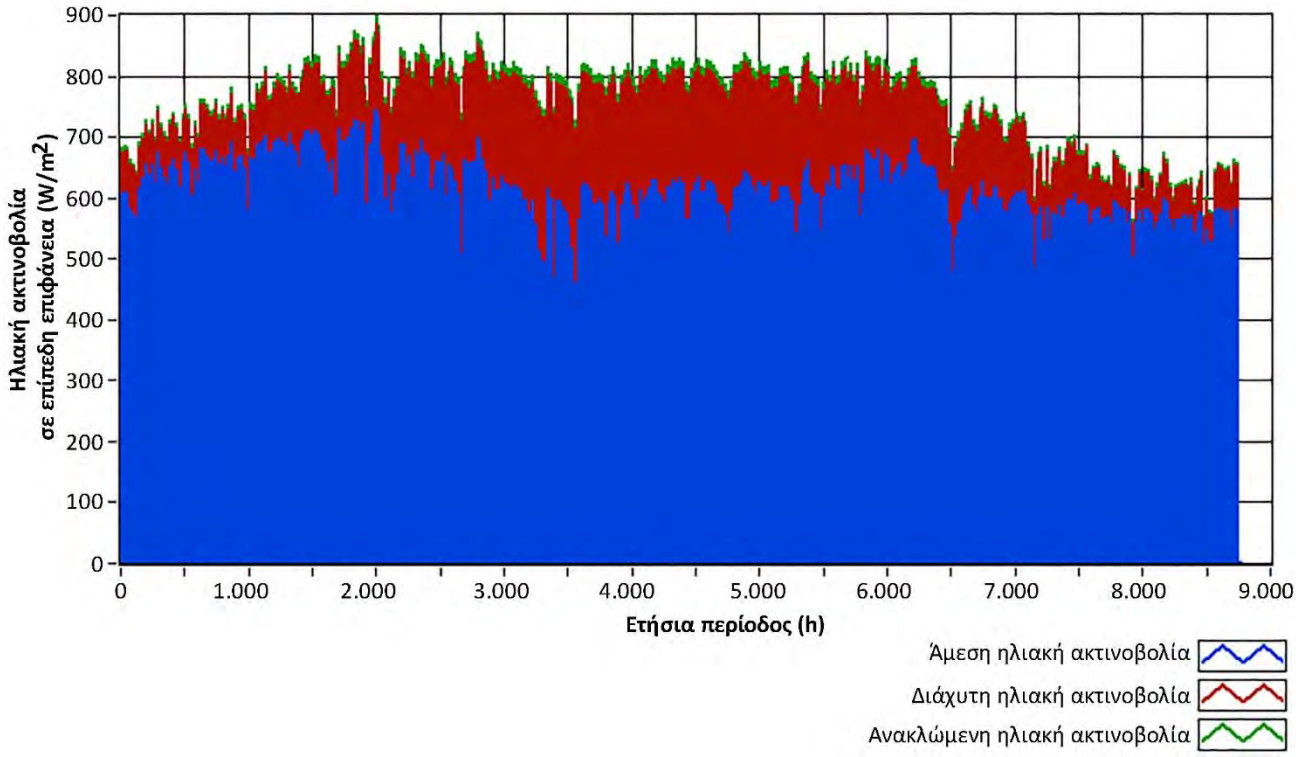
Η κλίση εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο επιλέγεται με στόχο τη μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ετήσια βάση. Για τις γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου (35° 21΄ 45΄΄Β, 24° 28΄ 51΄΄Α) εκτελέστηκαν επαναληπτικοί υπολογισμοί της συνολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδη επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό, υπό κλίση μεταβαλλόμενη ως προς το οριζόντιο επίπεδο και υπολογίστηκε η συνολική απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας ανά m^2 στην ετήσια περίοδο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 71.

Πίνακας 71: Μεταβολή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδη επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό συναρτήσει της κλίσης της ως προς το οριζόντιο επίπεδο, για τη γεωγραφική θέση του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Ηλιακή ακτινοβολία	**Κλίση επιφάνειας ως προς οριζόντιο επίπεδο**						
	15°	**20°**	**25°**	**30°**	**35°**	**40°**	**45°**
	Ετήσια πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²)						
Άμεση	1.038,9	1.065,2	1.083,4	1.093,3	1.095,0	1.088,2	1.073,3
Διάχυτη	702,7	693,3	681,4	667,0	650,2	631,2	610,2
Ανακλώμενη	7,4	13,1	20,4	29,1	39,3	50,9	63,7
Συνολική	1.749,0	1.771,6	1.785,1	1.789,4	1.784,5	1.770,3	1.747,1

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 71, η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας μεγιστοποιείται σε ετήσια βάση για κλίση επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο 30°. Στοχεύοντας στη μεγιστοποίηση της απολαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε ετήσια βάση, επιλέγεται ως γωνία εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων αυτή των 30°.

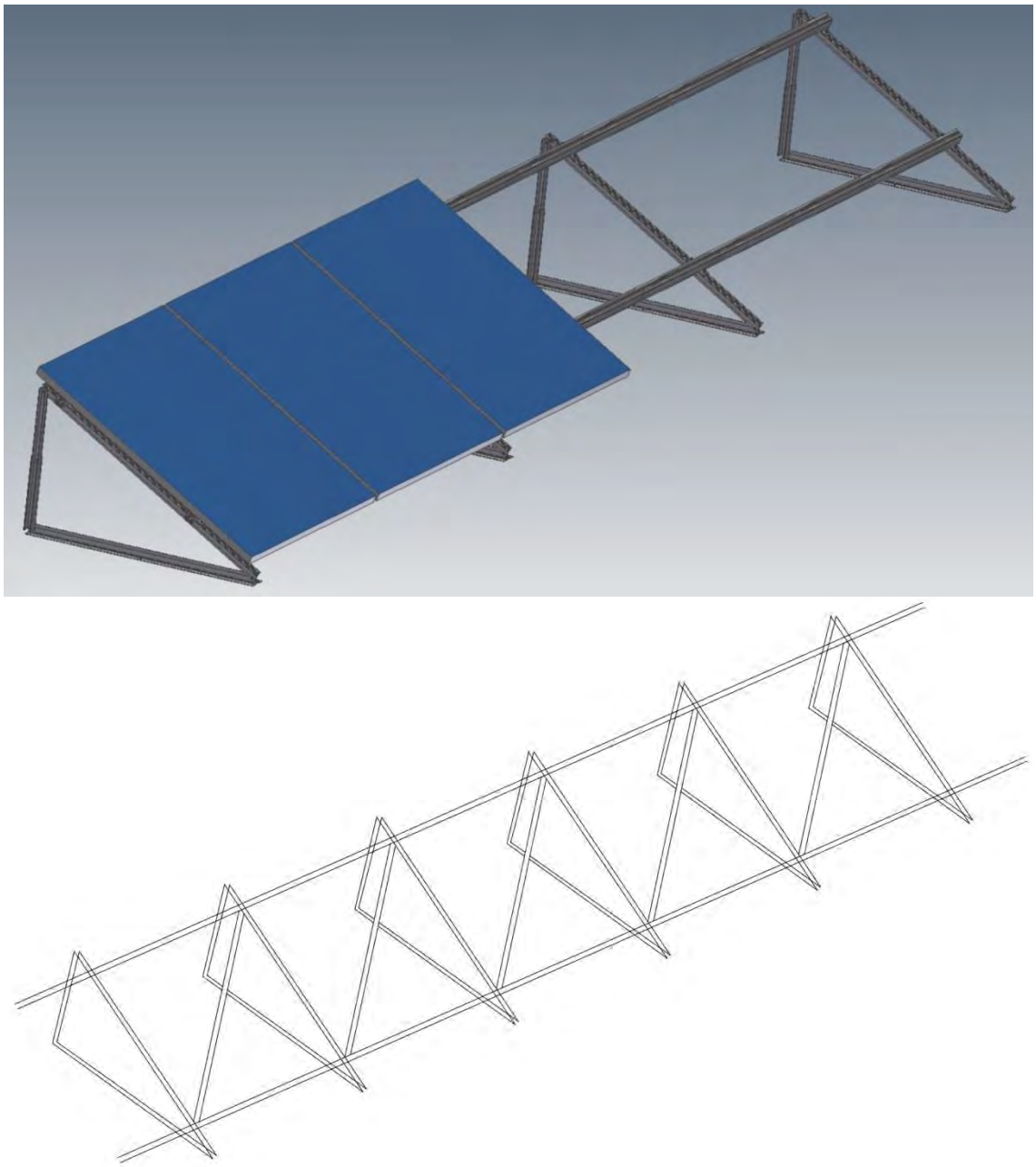
Για την επιλεγείσα κλίση εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, στο σχήμα 53 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδη επιφάνεια και νότιο προσανατολισμό, με ανάλυση στις συνιστώσες της. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους συνιστωσών της θα χρησιμοποιηθεί για τη διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού σταθμού.



Σχήμα 53: Ετήσια διακύμανση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια υπό κλίση 30° και νότιο προσανατολισμό στη γεωγραφική θέση του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν σταθερά επί βάσεως αλουμινίου, όπως παρουσιάζεται στα σχήματα 54, βάσει προτεινόμενου σχεδιασμού εμπειρογνώμονα που εξειδικεύεται στα συστήματα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων επί του εδάφους και επί στεγών και δωμάτων. Όπως εξηγείται στο σχήμα 54, κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο εδράζεται σε δύο οριζόντιες τεγίδες και μία διαγώνια, που ενώνει τις δύο απέναντι κορυφές του πλαισίου. Συνολικά το κάθε πλαίσιο εδράζεται σε 6 σημεία (2 σημεία ανά τεγίδα). Λόγω της γειτνίασης της θέσης εγκατάστασης με τη θάλασσα και των ισχυρών ανέμων, τα υλικά έδρασης θα είναι από κράμα αλουμινίου Alloy 6005A, με πάχος ανοδίωσης 20 μm και με τα ακόλουθα πιστοποιητικά:

- πιστοποιητικό κράματος
- πιστοποιητικό ανοδίωσης
- εικοσαετή εγγύηση προϊόντος
- πιστοποιήσεις κατασκευαστή κατά ISO 9001, 14001 και ΕΛΟΤ 1801.



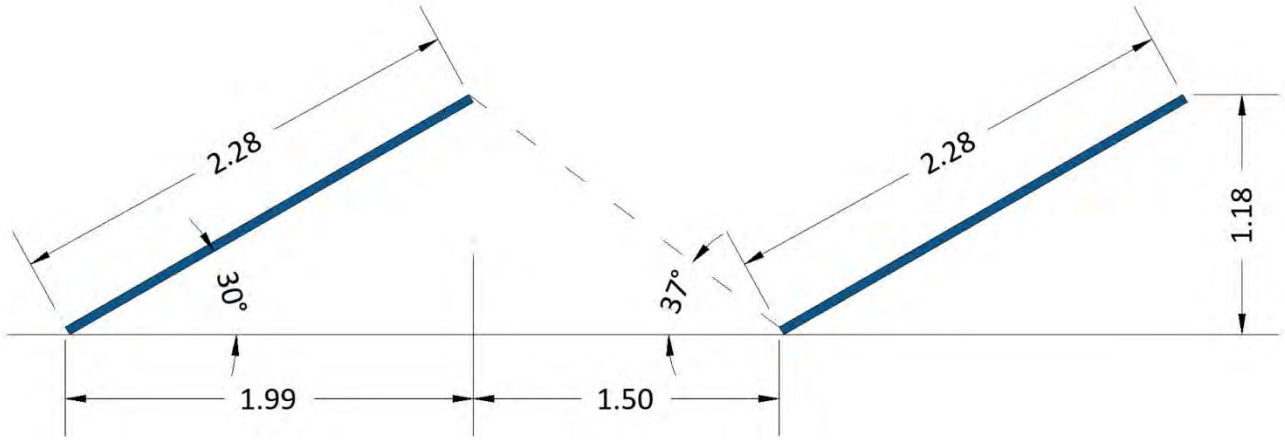
Σχήματα 54: Σκαρίφημα έδρασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε δώμα.

Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος έδρασης με το δώμα του κτηρίου, θα εφαρμοστεί κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή μπορεί να γίνει εναλλακτικά είτε με την προσθήκη φορτίου ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του

κτηρίου. Και στις δύο περιπτώσεις, ο προμηθευτής του συστήματος έδρασης οφείλει να παράσχει τις προδιαγραφές για την αγκύρωση και να μεριμνήσει σχετικά με τα ανωτέρω.

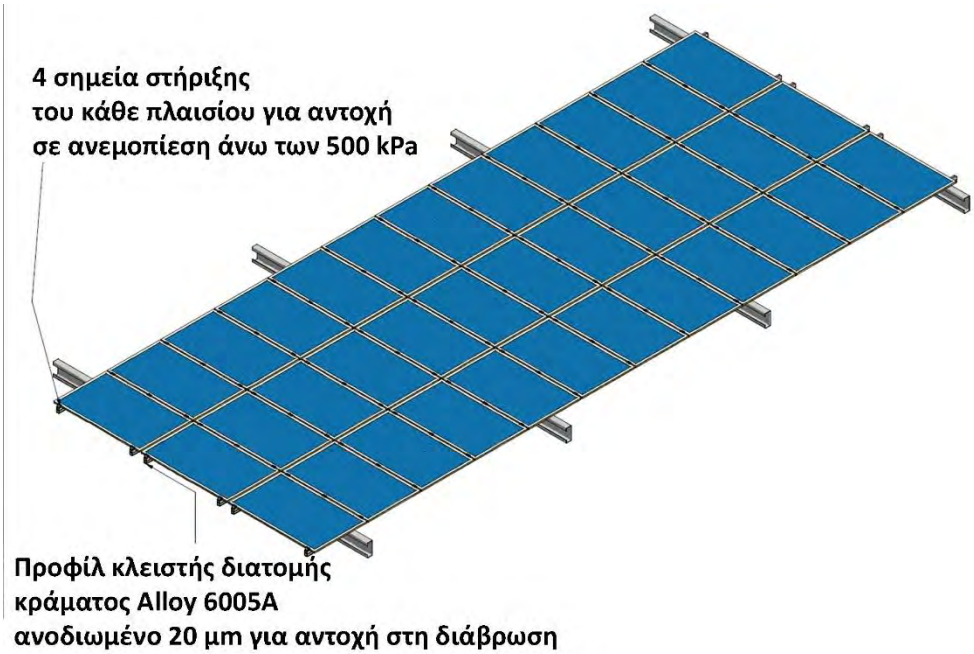
Με βάση το γεωγραφικό πλάτος της θέσης εγκατάστασης και της απαίτησης για ετήσια μεγιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, επιλέγεται κλίση εγκατάστασης 30^{o} με νότιο προσανατολισμό (σχήμα 55). Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα εγκατασταθούν σε σειρές, παράλληλες στη διεύθυνση ανατολή – δύσης, με απόσταση μεταξύ τους 1,5 m. Η απόσταση αυτή, όπως τεκμηριώνεται στο σχήμα 55, συνεπάγεται οπτική σκίαση των βορειότερων σειρών από τις νοτιότερες για ηλιακά ύψη μικρότερα των 37^{o}.

Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος έδρασης με τη στέγη του κτηρίου, θα εφαρμοστεί κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή μπορεί να γίνει με τη χρήση κοχλιών και θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να μην τραυματιστούν οι προτεινόμενες πλάκες πετροβάμβακα και να μην επηρεαστεί η στεγανότητα της κατασκευής. Ο προμηθευτής του συστήματος έδρασης οφείλει να παράσχει τις προδιαγραφές για την αγκύρωση και να μεριμνήσει σχετικά με τα ανωτέρω.



Σχήμα 55: Κλίση και απόσταση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων στο δώμα του 2^{ου} Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Η ανωτέρω έδραση θα εφαρμοστεί σε όλα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα εγκατασταθούν επί οριζόντιου δώματος κτηρίου. Ωστόσο, λόγω μη επάρκειας της απαιτούμενης επιφάνειας, 20 φωτοβολταϊκά πλαίσια θα χρειαστεί να εγκατασταθούν επί της στέγης της 6^{ης} στάθμης του κτηρίου, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 12.5. Τα πλαίσια αυτά θα ακολουθήσουν τον προσανατολισμό και την κλίση εγκατάστασης της στέγης, αφού θα εγκατασταθούν εφαπτομενικά σε αυτήν. Τα φωτοβολταϊκά αυτά πλαίσια θα τοποθετηθούν σταθερά επί βάσεως αλουμινίου, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 56, βάσει προτεινόμενου σχεδιασμού εμπειρογνώμονα που εξειδικεύεται στα συστήματα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων επί του εδάφους και επί στεγών. Όπως εξηγείται στο σχήμα 56, κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο εδράζεται σε δύο οριζόντιες τεγίδες. Συνολικά το κάθε πλαίσιο εδράζεται σε 4 σημεία (2 σημεία ανά τεγίδα). Τα υλικά έδρασης θα είναι από κράμα αλουμινίου Alloy 6005A, με πάχος ανοδίωσης 20 μm και με τα πιστοποιητικά που έχουν αναφερθεί παραπάνω.



Σχήμα 56: Σκαρίφημα έδρασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε δώμα ή στέγη.

Συστήνεται ισχυρώς η εκπόνηση μελέτης στατικής επάρκειας της στέγης της 6ης στάθμης του κτηρίου για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε αυτή.

12.2.3. Ο αντιστροφέας ισχύος του φωτοβολταϊκού σταθμού

Ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα θα έχει μέγιστη τάση κατάλληλη για τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ενώ θα διαθέτει και την υψηλότερη δυνατή απόδοση για μεγιστοποίηση της ενεργειακής απολαβής, με σύστημα ανίχνευσης μέγιστης παραγωγής ισχύος (maximum power point tracking). Ενδεικτικά στον πίνακα 72 παρέχονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά κατάλληλου για την περίπτωση τύπου αντιστροφέα ισχύος για φωτοβολταϊκά πλαίσια και ειδικότερα για το απαιτούμενο μέγεθος με βάση την ονομαστική ισχύ του συγκεκριμένου σταθμού.

Πίνακας 72: Προδιαγραφές αντιστροφέα ισχύος.

Τιμές εισόδου	
Μέγιστη ισχύς εισόδου DC (kW_p)	25,51
Μέγιστη τάση εισόδου (V)	1.000
Ονομαστική τάση εισόδου (V)	580
Ελάχιστη τάση εισόδου (V)	150
Τάση εκκίνησης (V)	188
Μέγιστη τάση MPP (V)	800
Μέγιστη ένταση εισόδου ανά ανίχνευση σημείου μέγιστης ισχύος (A)	24 / 24 / 24
Μέγιστη ένταση βραχυκύκλωσης ανά ανίχνευση σημείου μέγιστης ισχύος (A)	37,5 / 37,5 / 37,5
Στοιχειοσειρές ανά είσοδο MPP	2 / 2 / 2
Τιμές εξόδου	
Μέγιστη φαινόμενη ισχύς AC (kVA)	25,0
Μέγιστη ενεργή ισχύς AC (kW)	25,0
Ισχύς μέτρησης (kW)	25,0
Εύρος ονομαστικής τάσης AC (V)	176 - 275
Συχνότητα δικτύου (Hz)	44 - 66
Φάσεις τροφοδοσίας	3
Μέγιστος βαθμός απόδοσης (%)	98,2
Γενικά	
Βάρος (kg)	≤ 35,0

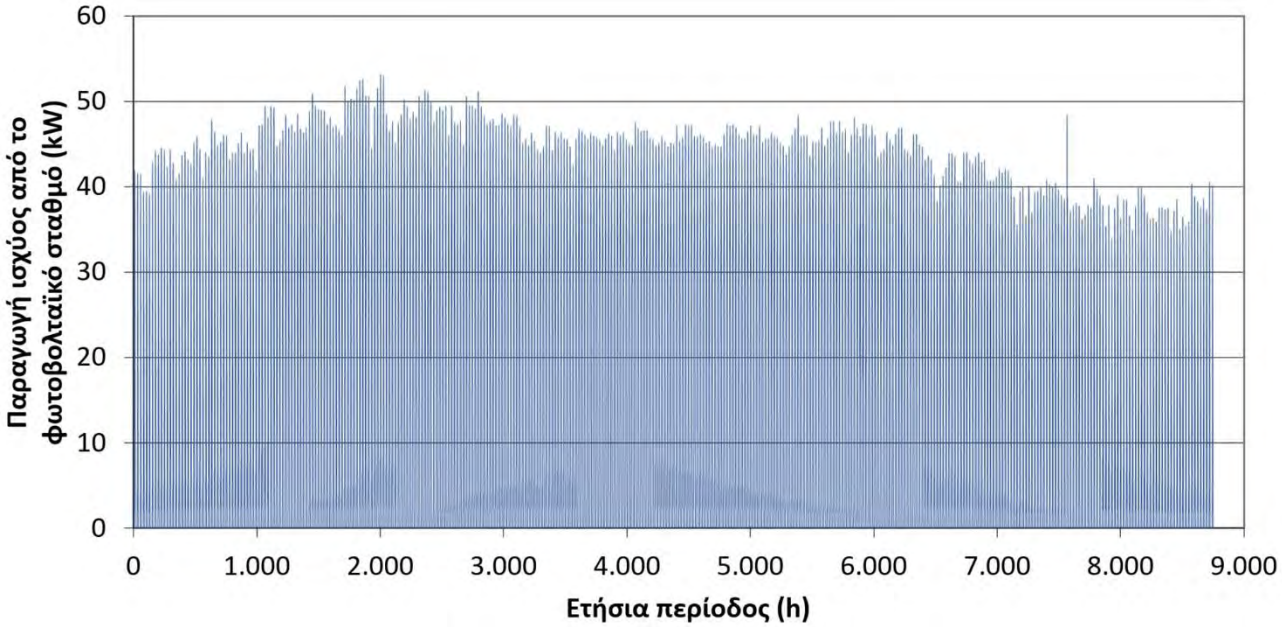
Πίνακας 72: Προδιαγραφές αντιστροφέα ισχύος.

Τύπος προστασίας	IP65
Διαστάσεις (Π x Υ x Β) (mm)	≤ 728 x 762 x 266

12.3. Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία οι ενεργειακοί υπολογισμοί του συστήματος υλοποιούνται με μέσες ωριαίες τιμές για διάστημα ενός έτους. Για τον υπολογισμό της απόρριψης θερμότητας προς το περιβάλλον λόγω θερμικής συναγωγής χρησιμοποιείται η προαναφερόμενη χρονοσειρά ταχύτητας ανέμου (ενότητα 2.4). Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιείται ετήσια χρονοσειρά μέσων ωριαίων τιμών θερμοκρασιών περιβάλλοντος βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.1. Τέλος, χρησιμοποιείται η χρονοσειρά ηλιακής ακτινοβολίας που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.5. Από τη χρονοσειρά αυτή, ακολουθώντας τη βασική θεωρία ηλιακής γεωμετρίας και ακτινοβολίας [3, 4], υπολογίζεται τελικά η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με δεδομένη την εγκατάσταση με κλίση 30^{o} ως προς το οριζόντιο επίπεδο και νότιο προσανατολισμό. Όλα τα μετεωρολογικά δεδομένα λήφθηκαν για το έτος αναφοράς 2017, στο οποίο η ετήσια αθροιστική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζεται πλησιέστερα στη μέση τιμή της δωδεκαετίας. Η ετήσια διακύμανση της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με διάκριση σε άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη έχει ήδη παρουσιαστεί στο σχήμα 53.

Η διαδικασία υπολογισμού παραγωγής ισχύος από το φωτοβολταϊκό σταθμό περιγράφεται στη σχετική βιβλιογραφία [11, 12]. Η τελικά προτεινόμενη ονομαστική ισχύς για το φωτοβολταϊκό σταθμό ανέρχεται στα 71,5 kW_p, η οποία διαμορφώνεται από την εγκατάσταση 130 πλαισίων ισχύος 550 W_p έκαστο. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από το φωτοβολταϊκό σταθμό παρουσιάζεται στο σχήμα 57.



Σχήμα 57: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τον προτεινόμενο φωτοβολταϊκό σταθμό.

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό υπολογίζεται με ολοκλήρωση της ανωτέρω ετήσιας χρονοσειράς ίση με **104.792,8 kWh**, η οποία αντιστοιχεί σε ετήσιο τελικό συντελεστή απασχόλησης ίσο με **16,7 %**. Η ανωτέρω παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με **303.899,0 kWh**, λαμβάνοντας συντελεστή μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή ίση με 2,9, βάσει Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων [7]. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό υπερβαίνει την παραμένουσα κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά:

104.792,8 – 103.852,2 = 940,6 kWh.

12.4. Διαμόρφωση και διασύνδεση φωτοβολταϊκού σταθμού

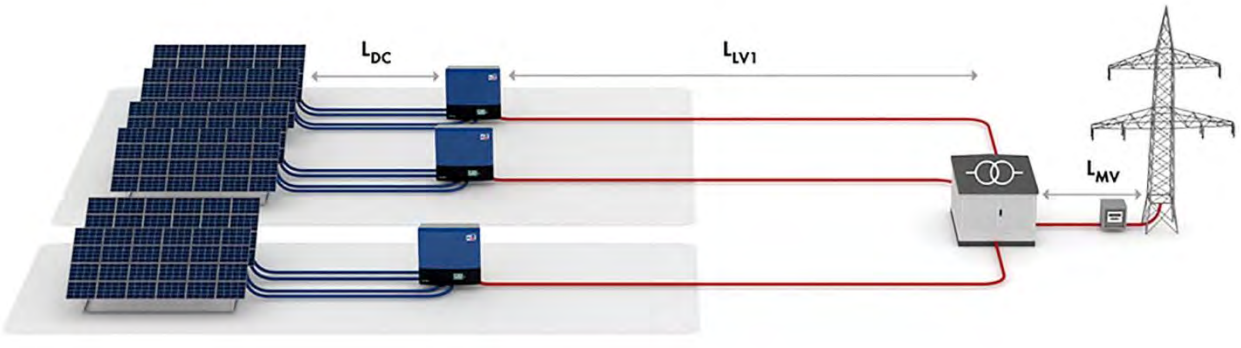
Για την εγκατάσταση συνολικά 71,5 kW_p φωτοβολταϊκής ισχύος θα χρησιμοποιηθούν 130 πλαίσια ονομαστικής ισχύος 550 W_p έκαστο. Για τη διασύνδεσή τους με το τοπικό δίκτυο θα χρησιμοποιηθούν τρεις (3) αντιστροφείς ισχύος ονομαστικής ισχύος 25,0 kW και με τρεις εισόδους έκαστος. Στους 2 αντιστροφείς θα διασυνδεθούν τρεις στοιχειοσειρές πλαισίων με 16, 15 και 15 πλαίσια, ενώ στον τρίτο αντιστροφέα θα διασυνδεθούν τρεις στοιχειοσειρές με 15, 10 και 13 πλαίσια. Συνεπώς θα προκύψουν συνολικά οι στοιχειοσειρές πλαισίων που αναλύονται στον πίνακα 73.

Πίνακας 73: Διαμόρφωση φωτοβολταϊκού σταθμού.

	Αντιστροφείς 1 & 2 Είσοδος			**Αντιστροφέας 3 Είσοδος**		
	A	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
Αριθμός στοιχειοσειρών	1	1	1	2	1	1
Φωτοβολταϊκά πλαίσια ανά στοιχειοσειρά	16	15	15	15	10	13
Συνολικός αριθμός πλαισίων ανά αντιστροφέα		46			38	
Συνολικός αριθμός πλαισίων			2 × 46 + 38 = 130			
Ισχύς αιχμής DC ανά στοιχειοσειρά (kW_p)	8,80	8,25	8,25	8,25	5,50	7,15
Συνολική ισχύς DC ανά αντιστροφέα (kW_p)		25,30			20,90	
Συνολική ισχύς DC (kW_p)			2 × 25,30 + 20,90 = 71,50			
Μέγιστη ισχύς εισόδου (kW_p)		25,51			25,51	
Ελάχιστη τάση εισόδου DC (V)		150			150	
Ελάχιστη τάση εισόδου DC (V)	577	541	541	541	360	469
Χαρακτηριστική τάση ϕ/β (V)	621	582	582	582	388	505
Μέγιστη τάση εισόδου DC (V)		1.000			1.000	
Μέγιστη φωτοβολταϊκή τάση (V)	912	855	855	855	570	741
Μέγιστη ένταση εισόδου ανά ανίχνευση σημείου μέγιστης ισχύος (A)	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
Μέγιστη ένταση βραχυκύκλωσης φωτοβολταϊκού (A)	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8

Στο σχήμα 58 παρουσιάζεται το ηλεκτρολογικό δίκτυο διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το δίκτυο αποτελείται από δύο μέρη:

- το τμήμα συνεχούς, το οποίο αφορά στη διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τους αντιστροφείς ισχύος με 6 παράλληλους βρόχους συνεχούς με μέσο συνολικό εκτιμούμενο μήκος ανά βρόχο 40 m και συνολικό μήκος 6 × 40 m = 240 m
- το τμήμα εναλλασσόμενης, χαμηλής τάσης, το οποίο αφορά στη διασύνδεση του κάθε αντιστροφέα ισχύος με τον ηλεκτρικό πίνακα του κτηρίου, μέσω του οποίου ο φωτοβολταϊκός σταθμός θα διασυνδεθεί με το δίκτυο χαμηλής τάσης, το οποίο αποτελείται από 3 κλάδους (ένας για κάθε αντιστροφέα ισχύος) με εκτιμώμενο μήκος 40 m ανά κλάδο (συνολικό μήκος δικτύου 3 × 40 = 120 m), βάσει της χωροθέτησης του σταθμού και της θέσης του κεντρικού πίνακα τροφοδοσίας του κτηρίου.



Σχήμα 58: Γραφική απεικόνιση της δομής διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού.

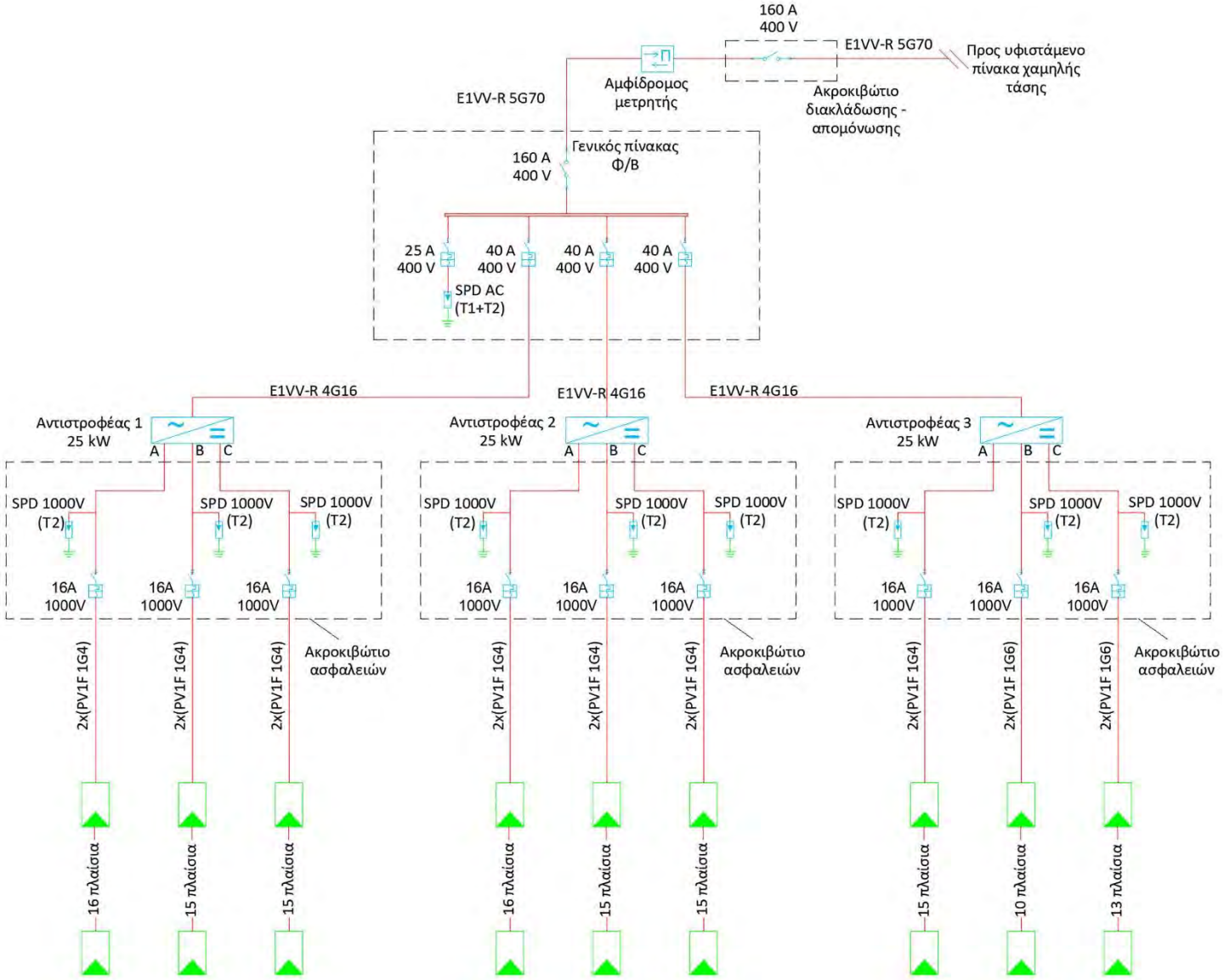
Η διαστασιολόγηση των αγωγών και οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας δίνονται στον πίνακα 74.

Πίνακας 74: Διαστασιολόγηση αγωγών μεταφοράς ισχύος και απώλειες μεταφοράς.

Είσοδος	Αγωγός	Μέσο μήκος (m)	Διατομή (mm^2)	Ένταση ρεύματος (A)	Τάση (V)	Πτώση τάσης (V)	Ποσοστιαίες απώλειες μεταφοράς (%)
Αγωγοί DC							
Αντιστροφείς 1 – 2							
A	Cu	40	4,0	14,26	624,73	4,9	0,79
B	Cu	40	4,0	14,26	585,69	4,9	0,84
C	Cu	40	4,0	14,26	585,69	4,9	0,84
Αντιστροφέας 3							
A	Cu	40	4,0	14,26	585,69	4,9	0,84
B	Cu	40	6,0	14,26	390,46	3,3	0,84
C	Cu	40	6,0	14,26	507,59	3,3	0,64
Αγωγός AC							
αντιστροφείς 1 & 2	Cu	40	16	37,88	3 ~ 220	1,6	0,74
αντιστροφέας 3	Cu	40	16	31,42	3 ~ 220	1,4	0,61

Οι καλωδιώσεις συνεχούς και εναλλασσόμενου θα πρέπει να είναι από πολύκλωνους ή λεπτοπολύκλωνους αγωγούς από συρματίδια ανωπτημένου χαλκού, με διπλή μόνωση. Ο αντιστροφέας ισχύος προτείνεται να τοποθετηθεί σε ειδικό κιβώτιο εντός του κλιμακοστασίου του κτηρίου. Από εκεί θα οδεύσει η καλωδίωση εναλλασσόμενου ρεύματος που θα καταλήξει στον κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα του κτηρίου. Οι βρόχοι συνεχούς ρεύματος θα οδεύσουν κατά μήκος των σειρών εγκατάστασης των πλαισίων μέχρι να φτάσουν στο κλιμακοστάσιο.

Στο σχήμα 59 παρουσιάζεται μονογραμμικό διάγραμμα διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού.



Σχήμα 59: Μονογραμμικό διάγραμμα διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού με το τοπικό δίκτυο χαμηλής τάσης.

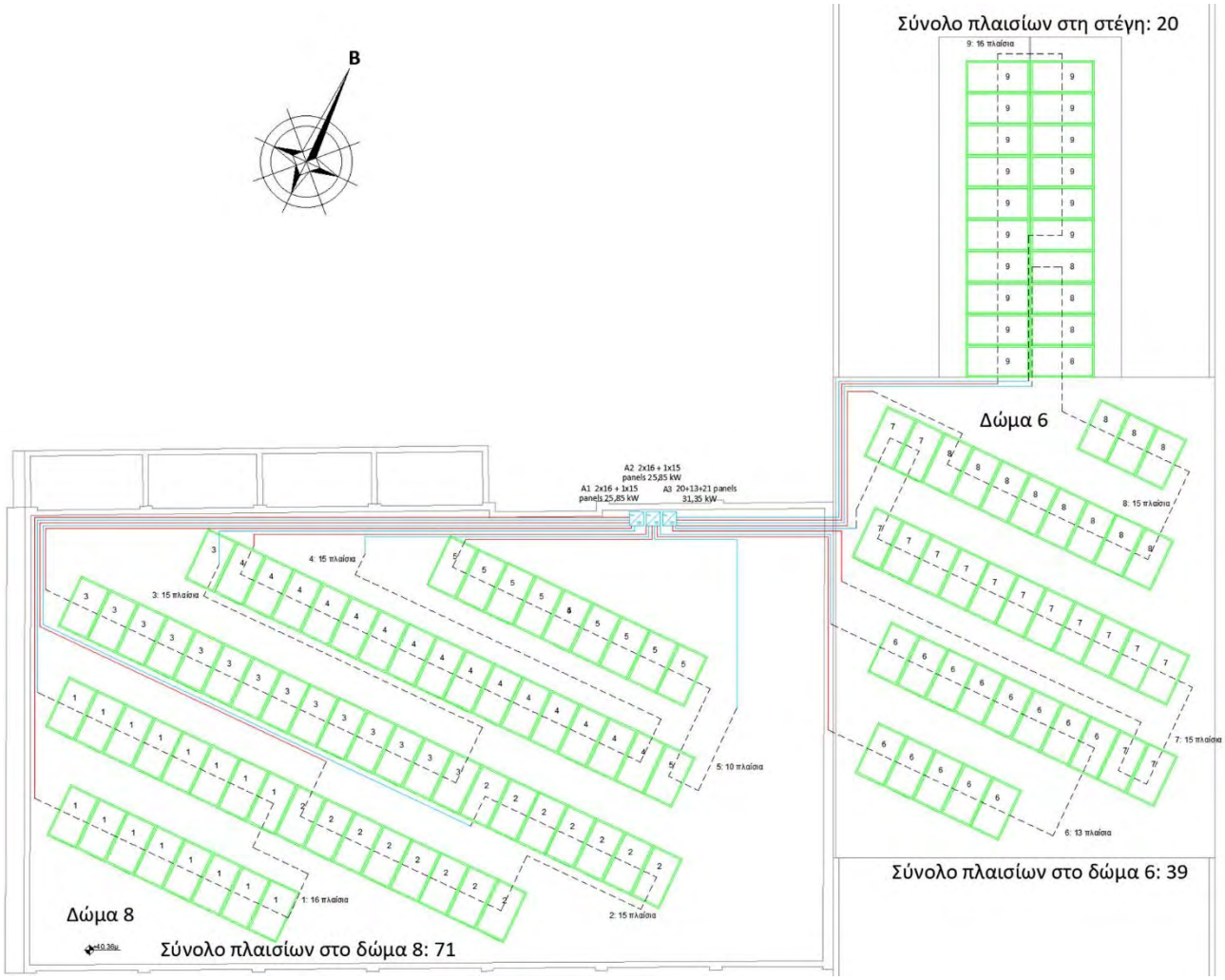
12.5. Χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού

Για την εγκατάσταση συνολικά 71,5 kW_p φωτοβολταϊκής ισχύος, λαμβάνοντας ονομαστική ισχύ 550 W_p ανά πλαίσιο, θα χρειαστεί να εγκατασταθούν 130 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η δέσμευση επιφάνειας επί της διαθέσιμης επιφάνειας εγκατάστασης προκύπτει με βάση την προβολή των διαστάσεων του κάθε πλαισίου επί του οριζόντιου επιπέδου (2.278 x 1.134 mm). Η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων παρουσιάζεται στο σχήμα 60.

Με βάση το σχήμα 60, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται σε 2 δώματα, μεταξύ των οποίων το δώμα της ΑΠΧ, και στη στέγη της 6ης στάθμης του κτηρίου. Ο προσανατολισμός των πλαισίων ακολουθεί τη διεύθυνση βορρά – νότου. Όλα τα πλαίσια που χωροθετούνται σε δώματα έχουν κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προσανατολισμό προς το νότο. Ανάμεσα στα ακραία πλαίσια και το άκρο των δωμάτων αφήνεται περιθώριο ασφαλείας πλάτους 0,75 m. Η απόσταση μεταξύ των παράλληλων σειρών διαμορφώνεται στο 1,5 m. Είναι κρίσιμο, για την ασφάλεια προσέγγισης των πλαισίων για τον τακτικό καθαρισμό τους να κατασκευαστεί περίφραξη του δώματος του κτηρίου με όρθιες ράβδους αλουμινίου ανά 1 m και συρματόσχοινα ή οριζόντιες ράβδους επίσης αλουμινίου μεταξύ τους.

Σχήμα 60: Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί των δωμάτων του κτηρίου.

Με βάση την ανωτέρω παρουσιαζόμενη χωροθέτηση και τη διαμόρφωση του φωτοβολταϊκού σταθμού, στο σχήμα 61 παρουσιάζονται οι προτεινόμενες οδεύσεις των καλωδιώσεων για τη διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τους αντιστροφείς ισχύος και η θέση των τελευταίων.



Σχήμα 61: Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί των δωμάτων του κτηρίου.

Στη μοναδική στέγη που χωροθετούνται πλαίσια, τούτα θα εγκατασταθούν εφαπτόμενα στη στέγη, άρα ακολουθώντας την κλίση της 5° ως προς το οριζόντιο επίπεδο, και τον προσανατολισμό της, ο οποίος είναι ΒΒΑ και ΔΒΔ.

Με την ανωτέρω χωροθέτηση, η συνολική έκταση που δεσμεύεται για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού επί των δωμάτων και της στέγης του κτηρίου αναλύεται στον πίνακα 75.

Πίνακας 75: Υπολογισμός επιφάνειας κάλυψης για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Δώμα - στέγη	Επιφάνεια κάλυψης (m^2)
Δώμα 8 (ΑΠΧ)	274,96
Δώμα 6	153,36
Στέγη	52,03
Σύνολο:	**480,35**

13. Αντιστάθμιση άεργου ισχύος

Για βελτίωση του συντελεστή ισχύος της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου απαιτείται συστοιχία πυκνωτών. Η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- την αποξήλωση παλαιών στοιχείων από το πεδίο των πυκνωτών του γενικού πίνακα Χ.Τ.
- την τοποθέτηση συστοιχιών σταθερών πυκνωτών με ισχύ όση υπολογίζεται παρακάτω
- την εγκατάσταση τηλεχειριζόμενων διακοπτών αέρος (ρελέ), ειδικοί για ζεύξη πυκνωτών με αντιστάσεις περιορισμού του ρεύματος ζεύξης αντίστοιχης δυναμικότητας με τον πυκνωτή που κάνουν ζεύξη
- την εγκατάσταση ρυθμιστών αέργου ισχύος, έως 8 βημάτων με οθόνη
- καλώδιο NYA 1×16 mm^2.

Για την προστασία των πυκνωτών έναντι ρευμάτων βραχυκύκλωσης θα πρέπει να τοποθετηθούν για τον καθένα πυκνωτή αυτόματος διακόπτης ισχύος κλειστού τύπου με ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος I=36 kA, ονομαστικό ρεύμα I_n=160 A και θερμικό ρεύμα έκτασης του προστατευμένου πυκνωτή. Το σύνολο των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να εγκριθούν από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου και θα συνοδεύονται από σχέδιο εγκατάστασης από τον ανάδοχο.

Ο πίνακας θα είναι επίτοιχος μεταλλικός, με βαθμό προστασίας IP66, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 65029, πριν τα κοψίματα για το όργανο ένδειξης. Η αντοχή του σε κραδασμούς, βάσει του προτύπου IEC 62208, θα είναι IK 10. Το πεδίο θα είναι πλήρως συμμορφωμένο με το πρότυπο IEC 62262 και θα είναι βαμμένο με ηλεκτροστατική βαφή. Στην κάτω πλευρά του πίνακα θα υπάρχουν στυπιοθλίπτες για την είσοδο όλων των καλωδίων εντός του πίνακα.

Για να επιτύχουμε διόρθωση του συντελεστή ισχύος από $\cos\phi_1$ σε $\cos\phi_2$ στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να διατεθεί στην εγκατάσταση από τους πυκνωτές άεργος ισχύς Q_c ίση με:

$$Q_c=P\cdot\left(\tan\phi_1-\tan\phi_2\right) \quad (14)$$

όπου P η μέγιστη κατανάλωση ισχύος από επαγωγικά φορτία που καταγράφεται στην εγκατάσταση. Τα μέγιστα επαγωγικά φορτία καταγράφονται λόγω του συστήματος κλιματισμού και έχουν υπολογιστεί ίσα με 105,8 kW (πίνακας 58δ, ενότητα 9.3) για τη λειτουργία ψύξης. Στην ισχύ αυτή θα πρέπει να προστεθεί η κατανάλωση σε λειτουργία ψύξης των ανεμιστήρων των υδρονικών τερματικών μονάδων, ίση με 4,068 kW και η κατανάλωση του ανεμιστήρα της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, ίση με 1,030 kW (ενότητα 11.1). Συνεπώς, η αναμενόμενη αιχμή κατανάλωσης επαγωγικής ισχύος στην εγκατάσταση εκτιμάται ότι θα διαμορφωθεί μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις στα:

P = 105,8 + 4,1 + 1,0 = 110,9 kW.

Με το προτεινόμενο σύστημα αντιστάθμισης ο συνολικός μέσος μηνιαίος συντελεστής ισχύος δεν θα πρέπει να είναι μικρότερος από 0,99 για κανένα μήνα του έτους.

Με βάση τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας για το 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου, ο ελάχιστος συντελεστής ισχύος $\cos\phi_1$ για τα έτη 2022 και 2023 καταγράφηκε ίσος με 0,8321 (πίνακας 1, ενότητα 1.1), που αντιστοιχεί σε $\tan\phi_1$ ίση με 0,66. Επιδιώκοντας, μετά την διόρθωση του συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης, την επίτευξη ενός νέου συντελεστή $\cos\phi_2$ ίσου με 0,99, υπολογίζεται η $\tan\phi_2$ ίση με 0,14249. Με τα ανωτέρω δεδομένα, η απαιτούμενη συνολική ισχύς της συστοιχείας των πυκνωτών αντιστάθμισης της εγκατάστασης υπολογίζεται από την ανωτέρω σχέση:

$$Q_c=P\cdot\left(\tan\phi_1-\tan\phi_2\right) \Rightarrow Q_c=110{,}9\ \text{kW}\cdot(0{,}66-0{,}14249) \Leftrightarrow Q_c=58{,}1\ \text{kVAr}$$

Με βάση το ανωτέρω αποτέλεσμα, επιλέγεται συνολική ισχύς για τη συστοιχία πυκνωτών ίση με 70 kVAr. Η απαιτούμενη χωρητικότητα του κάθε πυκνωτή, για σύνδεση σε τρίγωνο, δίνεται από τη σχέση:

$$C=\frac{Q_c/3}{2\cdot\pi\cdot f\cdot V^2} \quad (15)$$

όπου f = 50 Hz και V = 230 V η συχνότητα και η ενεργός τάση του δικτύου. Η απαιτούμενη χωρητικότητα του κάθε πυκνωτή υπολογίζεται τελικά ως:

$$C=\frac{Q_c/3}{2\cdot\pi\cdot f\cdot V^2} \Rightarrow C=\frac{58.117\ \text{VAr}}{2\cdot\pi\cdot 50\ \text{Hz}\cdot(230\ \text{V})^2} \Leftrightarrow C=3{,}50\ \text{mF}$$

Ο ελεγκτής αντιστάθμισης θα είναι 8 βημάτων, από τα οποία θα χρησιμοποιούνται τα 7 και το τελευταίο βήμα θα χρησιμοποιείται ως εφεδρικό. Τα βήματα του πίνακα αντιστάθμισης θα είναι 5, 5, 10, 10, 10, 10, 10, 10 kVAr.

Ας σημειωθεί επίσης ότι λόγω της μείωσης της άεργου ισχύος και, κατ' επέκταση, της συνολικά μεταφερόμενης ισχύος από το δίκτυο διανομής, επιτυγχάνεται περίπου μία εξοικονόμηση ενεργούς κατανάλωσης της τάξης του 5%, λόγω των χαμηλότερων απωλειών μεταφοράς δικτύου. Η εξοικονόμηση αυτή σαφώς εντοπίζεται εντός του δικτύου και πριν την καταμέτρηση της κατανάλωσης από τους μετρητές του κτηρίου. Συνεπώς από τη μείωση της άεργου ισχύος επωφελείται ο διανομέας ισχύος και όχι ο τελικός καταναλωτής.

14. Σύνοψη ενεργειακών αποτελεσμάτων

Σύμφωνα με τις ενεργειακές καταναλώσεις στο 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας, υπολογίζεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 76. Η ειδική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται ως προς την ωφέλιμη επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου, η οποία είναι ίση με 3.875,8 m^2 (πίνακας 12, ενότητα 3.1).

Πίνακας 76: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του 2ου Γυμνασίου – Λυκείου Ρεθύμνου.

Πηγή ενέργειας	Υφιστάμενες καταναλώσεις	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)
Ενεργή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	134.236	389.284
Πετρέλαιο θέρμανσης (L)	15.196	171.332
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	**560.615,9**	
Ετήσια ειδική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2)	**144,6**	

Στον πίνακα 77 συνοψίζονται οι εξοικονομήσεις πρωτογενούς ενέργειας στις διάφορες χρήσεις του κτηρίου.

Πίνακας 77: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στις διάφορες χρήσεις.

	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)		Εξοικονόμηση	
	Υφιστάμενη	Προτεινόμενη	kWh	%
Πρωτογενής ενέργεια κλιματισμού εσωτερικών χώρων συνολικά	405.720	109.011	296.709	73,1
Πρωτογενής ενέργεια για φωτισμό εσωτερικών και εξωτερικών χώρων	78.872	48.133	30.739	39,0
Πρωτογενής ενέργεια σε κυκλοφορητές και ανεμιστήρες	1.784	69.787	-68.003	-3.812,2
Πρωτογενής ενέργειας σε μηχανές γραφείου	74.240	74.240	0	0,0
Σύνολο:	**560.615**	**301.171**	**259.444**	**46,3**

Στον πίνακα 78 συνοψίζονται οι καταναλώσεις και η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση στις πηγές ενέργειας.

Πίνακας 78: Καταναλώσεις ενεργειακών πηγών και επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση.

	Κατανάλωση πηγής (L ή kWh)		Εξοικονόμηση	
	Υφιστάμενη	Προτεινόμενη	L ή kWh	%
Πετρέλαιο θέρμανσης	15.196	0	15.196	100
Ηλεκτρική ενέργεια	134.236	103.852	30.384	22,6

Με τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης εκμηδενίζεται, ενώ η παραμένουσα κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας υπερκαλύπτεται κατά 940,6 kWh από την παραγωγή του φωτοβολταϊκού σταθμού, που αντιστοιχεί σε επιπλέον εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας 2.727,7 kWh. Τούτο σημαίνει ότι με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό, η προσφορά πρωτογενούς ενέργειας είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση, συνεπώς το 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου αναβαθμίζεται σε **υποδομή μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης**.

15. Δείκτες αξιολόγησης έργου

Στην παρούσα ενότητα υπολογίζονται οι ακόλουθοι χαρακτηριστικοί δείκτες αξιολόγησης της προτεινόμενης επένδυσης:

- Ετήσια ποσοστιαία εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας:
  Η υφιστάμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ισούται με 560.615,9 kWh
  Η νέα κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με -2.727,7 kWh, λόγω του πλεονάσματος της παραγωγής 940,6 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό.
  Η επιτευχθείσα εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ισούται με:
  560.615,9 – (-2.727,7) = 563.343,7 kWh.
  Τα ανωτέρω συνεπάγονται ετήσια ποσοστιαία εξοκονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με: **100,5%**.

- Ενσωμάτωση τεχνολογιών Α.Π.Ε.:
  Η ποσοστιαία ενσωμάτωση τεχνολογιών Α.Π.Ε. επί της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας θα υπολογιστεί με κοινή βάση την κατανάλωση και παραγωγή από Α.Π.Ε. πρωτογενούς ενέργειας στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας.
  Η παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε. στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας προκύπτει από την παραγωγή 104.792,8 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό, που αντιστοιχεί σε 303.899,1 kWh πρωτογενούς ενέργειας, η οποία ισούται με τη συνολική διείσδυση πρωτογενούς ενέργειας λόγω παραγωγής από ΑΠΕ.
  Η παραμένουσα κατανάλωση 103.852,2 kWh ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε 301.171,8 kWh πρωτογενούς ενέργειας. Με βάση τα ανωτέρω, η ενσωμάτωση των τεχνολογιών ΑΠΕ ως προς τη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην προτεινόμενη λειτουργία του κτηρίου υπολογίζεται ίση σε **100,9%**.

- Ετήσια μείωση εκπομπών CO_2:
  Η ετήσια μείωση εκπομπών CO_2 οφείλεται στη μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και στο μηδενισμό της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης.
  Οι συντελεστές μείωσης εκπομπών CO_2 δίνονται από τον πίνακα Β.1 του Κ.ΕΝ.Α.Κ. ίσοι με:
  - 0,989 kg CO_2/kWh ηλεκτρικής ενέργειας
  - 0,264 kg CO_2/kWh πρωτογενούς ενέργειας που αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης.

  Στον πίνακα 82 αναλύονται και συνοψίζονται οι εξοικονομήσεις αυτές και οι αντίστοιχες μειώσεις εκπομπών CO_2.

Οι διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσα στα παραπάνω αποτελέσματα και αυτά της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (που συντάχθηκε σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ) οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο υπολογισμού τόσο των απαιτήσεων (θερμικές απώλειες , ψυκτικά φορτία) όσο και των καταναλώσεων του κτιρίου.

Οι παρόντες υπολογισμοί αποτυπώνουν καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου. Αντίθετα στους υπολογισμούς του ΚΕΝΑΚ λαμβάνονται υπόψη οι απαιτούμενες συνθήκες λειτουργίας σε μια ευρύτερη κλιματική ζώνη. Ως παράδειγματα αναφέρονται:

1. Στο παρόν τεύχος, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα συστήματα κλιματισμού, υπολογίζεται με βάση τα πραγματικά μηνιαία φορτία κλιματισμού του κτιρίου. Αντίθετα στη ΜΕΑ ο υπολογισμός γίνεται με βάση την ισχύ του εγκατεστημένου εξοπλισμού.
2. Στους παρόντες υπολογισμούς δεν υπολογίζεται κατανάλωση ενέργειας για τον αερισμό των χώρων του σχολείου καθώς δεν υπάρχει εγκατεστημένο και δεν μπορεί να εγκατασταθεί, σύστημα μηχανικού αερισμού. Αντίθετα στη ΜΕΑ υπολογίζεται κατανάλωση ενέργειας με βάση ένα εικονικό σύστημα που θα εξασφαλίζει τον απαιτούμενο μηχανικό εξαερισμό.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα κρίνονται απόλυτα ικανοποιητικά καθώς και κατά το δυσμενέστερο υπολογισμό (ΜΕΑ) η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας πλησιάζει το 80%.

Πίνακας 82: Μείωση εκπομπών CO_2.

Πηγή εκπομπής CO_2	Ειδικές εκπομπές (kg/kWh)	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση		Μείωση εκπομπών CO_2	
		Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής – πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Εκπομπές CO_2 (kg)	Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής – πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Εκπομπές CO_2 (kg)	(kg)	(%)
Ηλεκτρική ενέργεια	0,989	134.236	132.759,4	-941	-930,3	133.689,7	100,7
Ντίζελ θέρμανσης	0,264	15.196	45.231,5	0	0,0	45.231,5	100,0
Σύνολο			177.990,9		-930,3	178.921,2	100,5

16. Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας ενεργειακής αναβάθμισης που παρουσιάστηκε μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Όλες οι προτεινόμενες παρεμβάσεις έχουν υψηλό ενεργειακό αποτέλεσμα, τόσο αναφορικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., όσο και αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Η ενεργειακή αναβάθμιση της υποδομής είναι η μέγιστη δυνατή, αφού οδηγεί σε υποδομή μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι της τάξης του 100,5%.
- Η ενσωμάτωση τεχνολογιών παραγωγής από ΑΠΕ υπερβαίνει το 100%
- Η ετήσια ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και της εκπομπής CO_2 ισούται με 100,5%.
- Το σύνολο των προτεινόμενων παρεμβάσεων καθιστά το 2ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ρεθύμνου ως υποδομή μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, συνδυάζοντας μία πληθώρα παθητικών και ενεργητικών παρεμβάσεων. Το προτεινόμενο έργο δύναται να αναδείξει την υποδομή ως πρότυπο σε πανελλήνιο επίπεδο, αναφορικά με την ορθολογική χρήση ενέργειας. Επιπλέον, η χρήση του σχολικού κτηρίου από μεγάλο αριθμό χρηστών, ιδιαίτερα μικρής ηλικίας, δύναται να συμβάλει καταλυτικά στην καλλιέργεια ενεργειακής παιδείας.
- Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις, πέραν της εύλογης και αναμενόμενης εξοικονόμησης ενέργειας, αναβαθμίζουν την υποδομή και εξασφαλίζουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

ΡΕΘΥΜΝΟ ΙΟΥΛΙΟΣ 2026

ΟΙ ΣΥΝΤΑΚΤΕΣ

ΤΖΑΝΑΚΑΚΗ ΠΟΠΗ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΠΕΤΡΟΥΛΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Η ΑΝ/ΤΡΙΑ ΠΡ/ΝΗ Δ/ΝΣΗΣ

ΜΑΡΚΟΥΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑΝΝΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Αν/της Πρ/νος Τμήματος Μελετών
Δ/νσης Τ.Υ.Δ.Ρ.
GEORGIOS PETROULAKIS
27/08/2026 14:28
Ακριβές αντίγραφο