



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

**Προτάσεις για κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας με  
αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις αξιοποίησης φυσικού φωτισμού  
και συστήματα ελέγχου τεχνητού φωτισμού –  
Πιλοτική εφαρμογή στο Άσυλο Ανιάτων.**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Γεώργιος Μανουσάκης**

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π

**Επιβλέπων:** Γεώργιος Βόκας

Καθηγητής ΠΑΔΑ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2020





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

**Προτάσεις για κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας με  
αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις αξιοποίησης φυσικού φωτισμού  
και συστήματα ελέγχου τεχνητού φωτισμού –  
Πιλοτική εφαρμογή στο Άσυλο Ανιάτων.**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ**

<b>Επιβλέπων Καθηγητής:</b>	Φραγκίσκος Β. Τοπαλής Καθηγητής Ε.Μ.Π
<b>Επιβλέπων:</b>	Γεώργιος Βόκας Καθηγητής ΠΑΔΑ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2020



Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5<sup>η</sup> Μαρτίου 2020

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Γεώργιος Βόκας

Ιωάννης Γκόνοσ

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Καθηγητής ΠΑΔΑ

Αναπληρωτής Καθηγητής  
Ε.Μ.Π

.....

**Γεώργιος Μανουσάκης**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μανουσάκης Γεώργιος, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διατύπωση προτάσεων για την ενεργειακή και ποιοτική αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και την αξιοποίηση των επιπέδων του φυσικού φωτισμού στο κτήριο όπου στεγάζεται η μονάδα φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων. Στην προσέγγιση του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων ως μελέτη περίπτωσης ενός ενδεχόμενου κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, διατυπώθηκαν τρία σενάρια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με χρήση της τεχνολογίας net metering, αναλύοντας τα ενεργειακά οφέλη και την οικονομική απόδοση των σεναρίων αυτών.

Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται τα εθνικά και διεθνή πρότυπα και κανονισμοί για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, αναλύεται η θεωρία και ορισμένα παραδείγματα κτηρίων (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης, γίνεται αναφορά στη χρησιμότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτηρίου, παρατίθενται ποικίλα μέτρα και τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, προτείνονται δράσεις αναβάθμισης του κτηριακού κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που εφαρμόζονται σε υφιστάμενα κτήρια. Έπειτα, γίνεται μια εμβάθυνση στο φυσικό και τεχνητό φωτισμό στα κτήρια, μέσω προτάσεων αρχιτεκτονικών παρεμβάσεων για την αξιοποίηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού, τεχνικών αναβάθμισης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, την τοποθέτηση αισθητήρων και αυτοματισμών, τη συντήρηση και τον έλεγχο του συνόλου της εγκατάστασης φωτισμού.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού της μονάδας φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων και το προφίλ των ετήσιων καταναλώσεων του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων, όπως προέκυψε από τις επιθεωρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Παρουσιάζονται τα τρία σενάρια για την αναβάθμιση των συνθηκών φωτισμού και εξοικονόμησης ενέργειας για τις πτέρυγες μελέτης, όπου η πρώτη πρόταση αφορά στην αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, η δεύτερη στην επιπλέον αναβάθμιση με προσθήκη αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού και η τρίτη στην τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης. Για κάθε πρόταση παρουσιάζονται τα ενεργειακά οφέλη, το συνολικό κόστος της επένδυσης και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επιθεώρηση και τις προτάσεις αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού. Ύστερα μελετήθηκαν τρία σενάρια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με net metering, παρουσιάζοντας τα οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά των σεναρίων και τα οφέλη τους σύμφωνα με τη χωροθέτηση, το κόστος εγκατάστασης και τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης του κάθε σεναρίου τοποθέτησης φωτοβολταϊκών. Τέλος, παρουσιάζονται ορισμένα αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα των προσομοιώσεων που έγιναν με το πρόγραμμα DIALux για το φωτισμό των εσωτερικών πτερύγων της μονάδας φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων.

**Λέξεις κλειδιά:** Τεχνητός φωτισμός, φυσικός φωτισμός, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας, κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, βιοκλιματικός σχεδιασμός, αισθητήρες φωτισμού, αισθητήρες παρουσίας, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού, μελέτη φωτισμού, εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, ενεργειακή επιθεώρηση, ενεργειακός συμψηφισμός





## Abstract

The main scope of this diploma thesis is to make proposals for the energy and quality upgrading of the artificial lighting system and the use of daylight harvesting systems where the Asylon Aniaton care unit is housed. Considering Asylon Aniaton care unit as a case study of a potential zero-energy building, three photovoltaic installation scenarios using net metering technology were formulated and the energy benefits and financial performance of these scenarios were analyzed.

The first part of the thesis illustrates the national and international standards and regulations on energy saving measures and describes the theory and some examples of nearly zero energy buildings. Also, reference is made to the bioclimatic design, to a variety of energy saving measures and techniques through bioclimatic architecture applications and energy saving proposals about the upgrade of the building envelope and electromechanic systems at existing buildings. Furthermore, an overview of natural and artificial lighting in buildings is described through proposals for architectural interventions to harvest daylight levels, techniques of artificial lighting systems upgrade, installation of sensors and automation, maintenance and remote control of lighting systems.

The second part describes the existing actual lighting system of the Asylon Aniaton care unit and the annual energy consumption profile, as it was recorded during the energy and light inspection. Afterwards, three lighting upgrade scenarios were presented for three wings of Asylon Aniaton care unit. The first scenario concerned the replacement of existing luminaires with new, more efficient with LED technology. The second scenario proposes the installation of photosensors that dim the artificial lighting levels depending on the available daylight detected in a room area. The third upgrade scenario concerned the installation of sensors detecting presence and motion in some rooms. The energy benefits, the total cost of each investment and the conclusions drawn from the inspection and upgrading proposals were presented. Then, three photovoltaic installation scenarios using net metering were studied, presenting the econometric results of each scenario and the benefits with the criteria of installation special needs, total costs and the depreciation time of each photovoltaic scenario. Finally, some simulation results with the DIALux program were illustrated regarding the lighting design of inner wings of Asylon Aniaton unit care.

**Key words:** Artificial lighting, natural lighting, daylight harvesting, energy upgrading, energy saving, nearly zero energy buildings, bioclimatic design, light sensors, presence detectors, motion detectors, light economic analysis, lighting design, photovoltaic installation, energy inspection, net metering



## Ευχαριστίες

Φτάνοντας στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, που από την αρχή ενδιαφέρθηκε να βρούμε μαζί ένα θέμα διπλωματικής που να ανταποκρίνεται στα ανήσυχια ενδιαφέροντα μου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με το θέμα αυτό, για την καθοδήγηση του, τις πολύτιμες συμβουλές του και τη συμπαράσταση του κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες και στον Καθηγητή Βόκα Γεώργιο για τη σημαντική συμβολή του στον εμπλουτισμό της διπλωματικής μου και τις γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου, τον Διδάκτορα Λάμπρο Θ. Δούλο για την προθυμία του να λύσει κάθε μου απορία, τον Καθηγητή Παναγιώτη Κονταξή για τη βοήθεια του στη διεξαγωγή των μετρήσεων, τον κ. Νίκο Παπαδάκη από το Άσυλο Ανιάτων που μας καθοδηγούσε στο χώρο πάντα με χαμόγελο.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη δημιουργική αμφισβήτηση, το χιούμορ, την τρυφερότητα, τον αυθορμητισμό και την αυθεντικότητα που ρέει από τα άτομα της καθημερινότητάς μου που αγαπάω.



## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
Abstract .....	9
Ευχαριστίες.....	11
Εισαγωγή .....	19
1 Κατανάλωση ενέργειας – υφιστάμενη πραγματικότητα.....	21
1.1 Διεθνείς συμφωνίες για το κλίμα.....	22
1.2 Υφιστάμενα μέτρα και πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας στην Ελλάδα. ....	25
1.2.1 Οδηγία 2006/32/ΕΚ.....	25
1.2.2 2008: Ν. 3661/08: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις » .....	26
1.2.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ).....	26
1.2.4 Οδηγία 2010/31/ΕΕ .....	27
1.2.5 Οδηγία 2012/27/ΕΕ .....	28
1.3 Ενεργειακή επιθεώρηση και ενεργειακός έλεγχος.....	30
1.4 Επεμβάσεις μηδενικού, χαμηλού και υψηλού κόστους.....	32
2 Κτίρια (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας .....	37
2.1 Διαχωρισμός των ZEB ανάλογα με τη σύνδεση του κτιρίου στο δίκτυο .....	39
2.2 Πλεονεκτήματα και ζητήματα σχετικά με τα nZEB .....	40
2.3 Παραδείγματα ενεργειακής εξοικονόμησης προς την κατεύθυνση κτιρίων (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.....	43
2.3.1 Παραδείγματα στην Ελλάδα .....	43
2.3.2 Παράδειγμα αστικού οικισμού (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης εξωτερικού .....	46
3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίου .....	49
3.1 Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω βιοκλιματικών παρεμβάσεων .....	52
3.2 Διαχωρισμός ηλιακών συστημάτων.....	53
3.3 Εγκατάσταση – ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων .....	54

3.4	Ηλιοπροστασία – Σκιασμός.....	61
3.5	Φυσικός και νυχτερινός αερισμός .....	62
4	Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια .....	63
4.1	Αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων.....	64
4.1.1	Υαλοπίνακες .....	65
4.1.2	Πλαίσια των ανοιγμάτων .....	67
4.2	Εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση κτιριακού κελύφους .....	68
4.2.1	Τρόποι θερμομόνωσης.....	69
4.3	Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση φυσικού φωτισμού 70	
4.4	Αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων .....	71
4.4.1	Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης.....	71
4.4.2	Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού.....	74
4.5	Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης BEMS .....	75
4.5.1	Μέρη του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου .....	76
4.5.2	Πλεονεκτήματα των BEMS .....	78
4.6	Σύστημα Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ).....	80
4.6.1	Σύστημα Τριπαράγωγής (Trigeneration).....	83
4.7	Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα.....	84
4.7.1	Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.....	84
4.7.2	Θέρμανση με τη χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων .....	86
4.7.3	Ηλιακός κλιματισμός.....	88
4.8	Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β).....	89
4.9	Υβριδικά ΦΒ/Θ συστήματα.....	92
5	Αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω αξιοποίησης φυσικού φωτισμού και αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού .....	97
5.1	Εισαγωγή.....	97
5.2	Φυσικός Φωτισμός.....	97

5.3	Συστήματα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού .....	98
5.3.1	Ράφια φωτισμού .....	99
5.3.2	Ανακλαστικές περσίδες.....	101
5.3.3	Κανάλια φωτισμού ή Φωτεινοί αγωγοί ή Φωτοσωλήνες.....	103
5.3.4	Υαλοπίνακες ανακατεύθυνσης φωτός.....	105
5.3.5	Διαφανή μονωτικά υλικά .....	106
5.3.6	Πρισματικά φωτοδιαπερατά πάνελ.....	107
5.4	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού .....	108
5.4.1	Σχεδιασμός φωτισμού σε μονάδες περίθαλψης και φροντίδας .....	110
5.4.2	Αυτοματισμοί και αισθητήρες σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού	111
5.4.3	Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης.....	113
5.4.4	Χρησιμοποίηση λαμπτήρων μέγιστης ενεργειακής απόδοσης .....	115
5.4.5	Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης και αντικατάσταση συμβατικών .....	117
5.4.6	Σύστημα διαχείρισης και ελέγχου του τεχνητού φωτισμού.....	118
5.4.7	Συντήρηση συστήματος τεχνητού φωτισμού .....	120
5.4.8	Εκπαίδευση για τη σωστή διαχείριση του συστήματος τεχνητού φωτισμού	122
6	Περιγραφή κτηρίου Ασύλου Ανιάτων και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	123
6.1	Εισαγωγή.....	123
6.2	Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου.....	123
6.3	Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού του συστήματος τεχνητού φωτισμού	125
6.4	Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού στο σύστημα τεχνητού φωτισμού ...	126
7	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED .....	129
7.1.1	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α).....	132
7.1.2	1 <sup>ος</sup> Όροφος πτέρυγα Α.....	133
7.1.3	2 <sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα_1.....	135

7.1.4	2 <sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα_2.....	136
7.1.5	Συγκριτικά αποτελέσματα.....	136
7.2	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού εξοπλισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β).....	141
7.2.1	1 <sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα Α.....	146
7.2.2	2 <sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα_1.....	147
7.2.3	2 <sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα_2.....	148
7.2.4	Συνολικά αποτελέσματα .....	149
7.3	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση και παρουσία (Σενάριο Γ).....	150
7.3.1	Εισαγωγή .....	150
7.3.2	Συνολικά αποτελέσματα .....	152
8	Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και σχολιασμός των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης (Σενάρια Α, Β και Γ).....	155
8.1	Εισαγωγή.....	155
8.2	Εφαρμογή Σεναρίου Α.....	156
8.3	Εφαρμογή Σεναρίου Β.....	160
8.4	Εφαρμογή Σεναρίου Γ .....	162
9	Μελέτη σεναρίων για την εγκατάσταση Φ/Β με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)	165
9.1	Ενεργειακός συμψηφισμός (net metering) .....	165
9.2	Διεξαγωγή και επεξεργασία μετρήσεων των καταναλώσεων του Ασύλου Ανιάτων	166
9.2.1	Παρουσίαση διαγράμματος κατανάλωσης ισχύος για μια τυπική εβδομάδα του καλοκαιριού.....	167
9.2.2	Παρουσίαση διαγράμματος κατανάλωσης ισχύος για μια τυπική εβδομάδα του φθινοπώρου και της άνοιξης.....	170
9.2.3	Παρουσίαση διαγράμματος κατανάλωσης ισχύος για μια τυπική εβδομάδα του χειμώνα.....	171



9.2.4	Επιπλέον σχολιασμοί από την επεξεργασία των μετρήσεων κατανάλωσης	174
9.3	Τρία θεωρητικά σενάρια με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης του κτηρίου με τη χρήση NET-METERING.....	179
9.3.1	Σενάριο 1 <sup>ο</sup> : Μελέτη για την εγκατάσταση Φ/β συστήματος που καλύπτει το σύνολο των αναγκών του κτηρίου .....	181
9.3.2	Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Μελέτη για την εγκατάσταση Φ/Β χωρίς επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο	187
9.3.3	Σενάριο 3 <sup>ο</sup> : Υπολογισμός του Φ/Β συστήματος ανάλογα με τα δεδομένα του χώρου του κτηρίου του Ασύλου Ανιάτων .....	191
9.3.4	Διερεύνηση του καλύτερου πιθανού σεναρίου εγκατάστασης Φ/Β για το Άσυλο Ανιάτων .....	195
9.3.5	Τελική απόφαση.....	197
10	Επίλογος .....	199
	Βιβλιογραφία .....	203
	Παράρτημα.....	211
	Παράρτημα Α – Μελέτη τεχνητού φωτισμού .....	211
	Α' όροφος .....	215
	Β' όροφος .....	224
	Παράρτημα Β - Προσομοιώσεις στο DIALux για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού .....	233
	Α' όροφος .....	233
	Β' όροφος .....	235
	Παράρτημα Γ – Σχέδια και τρισδιάστατη απεικόνιση χώρων του Ασύλου Ανιάτων (DIALux eno).....	243



## Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διατυπώνονται τρεις προτάσεις για την ενεργειακή και ποιοτική αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση των επιπέδων του φυσικού φωτισμού για τη μονάδα φροντίδας και περίθαλψης του Ασύλου Ανιάτων, υπολογίζοντας τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη. Διατυπώνονται, επίσης, τρία σενάρια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με χρήση της τεχνολογίας net metering, υπολογίζοντας το κόστος και τις προϋποθέσεις των πιθανών επενδύσεων και αναλύοντας τα ενεργειακά οφέλη και την οικονομική απόδοση των τριών αυτών σεναρίων.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται διεθνή πρότυπα, ευρωπαϊκές οδηγίες, προγράμματα και κανόνες που εφαρμόζονται στην Ελλάδα και αφορούν στα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και περιλαμβάνουν ή αναφέρονται στον τομέα του φωτισμού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται κάποια βασικά στοιχεία για τα κτήρια (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB), περιγράφοντας τα χαρακτηριστικά τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους προς το παρόν και παρουσιάζονται ορισμένα ελληνικά και διεθνή παραδείγματα nZEB κτηρίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η χρησιμότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτηρίου και προτείνονται διάφορα μέτρα μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας μέσα από τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική μελέτη ενός κτηρίου για την εφαρμογή διαφόρων τεχνολογιών παθητικών ηλιακών συστημάτων, συστημάτων ηλιοπροστασίας – σκιασμού και αξιοποίησης του 'οικοσυστήματος' ενός κτηρίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο προτείνονται διάφορες δράσεις στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτήρια, είτε μέσω επέμβασης στο κτηριακό κέλυφος είτε μέσω ενσωμάτωσης καλύτερων συστημάτων μετατροπής, παραγωγής και παρακολούθησης της ενέργειας σε ένα κτήριο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δίνονται κάποια βασικά στοιχεία για το φυσικό και τεχνητό φωτισμό στα κτήρια. Περιγράφονται διάφορες αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε ένα κτήριο, στις οποίες περιλαμβάνονται σύγχρονα τεχνολογικά συστήματα και τύποι εξωτερικών ανοιγμάτων που αυξάνουν την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός. Έπειτα, αναλύονται πρακτικές και τρόποι αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσα από τη βελτίωση του εξοπλισμού, την τοποθέτηση αισθητήρων και αυτοματισμών, τη διαχείριση και τον έλεγχο του συστήματος, τη συντήρηση του και τη σωστή χρήση του από τους χρήστες.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται οι υπό μελέτη πτέρυγες της μονάδας φροντίδας του Ασύλου ανιάτων. Παρατίθενται οι κατόψεις κάθε ορόφου, γίνεται περιγραφή και καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού στο σύστημα τεχνητού φωτισμού, όπως προέκυψε από την επιθεώρηση και υπολογίζεται η υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς για το φωτισμό.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τρία σενάρια για την αναβάθμιση των συνθηκών φωτισμού και την εξοικονόμηση ενέργειας για τις πτέρυγες του Ασύλου ανιάτων. Στο πρώτο σενάριο γίνεται πρόταση για εγκατάσταση αποδοτικότερων φωτιστικών και συγκρίνεται η προτεινόμενη εγκατεστημένη ισχύς με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού. Στο δεύτερο σενάριο παρουσιάζεται το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, στο οποίο εφαρμόζεται και η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με σκοπό τη ρύθμιση της στάθμης

φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φως. Η ισοδύναμη ισχύς του δευτέρου σεναρίου συγκρίθηκε με την εγκατεστημένη ισχύ του υφιστάμενου συστήματος και την ισοδύναμη του πρώτου σεναρίου. Τέλος, στο τρίτο σενάριο γίνεται μελέτη της τοποθέτησης αισθητήρων παρουσίας – κίνησης στους χώρους λουτρών του κτηρίου και υπολογίστηκε το ποσό της εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος.

Στο όγδοο κεφάλαιο υπολογίζονται τα ποσά εξοικονόμησης ενέργειας που θα προκύψουν από τις παραπάνω παρεμβάσεις, τα κόστη από την εφαρμογή των σεναρίων και γίνεται σχολιασμός για τα οφέλη από την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού σύμφωνα με τα δεδομένα της μελέτης που συντάχθηκε για τον τεχνητό και το φυσικό φωτισμό.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν με τον αναλυτή ισχύος στον υποσταθμό Μέσης/Χαμηλής τάσης του Ασύλου Ανιάτων. Από την επεξεργασία των δεδομένων του αναλυτή δημιουργήθηκε το προφίλ της ετήσιας κατανάλωσης και των σφαλμάτων δικτύου του Ασύλου Ανιάτων. Ύστερα μελετήθηκαν τρία σενάρια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με net metering, αναλύθηκαν τα οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε σεναρίου και τα οφέλη τους, με σκοπό την εκλογή του βέλτιστου σεναρίου για τη μείωση των ηλεκτρικών καταναλώσεων του Ασύλου.

Στο δέκατο κεφάλαιο γίνεται μια σύνοψη των υπολογισμών της διπλωματικής εργασίας, σχολιασμός των συνολικών αποτελεσμάτων και αναφέρονται ορισμένα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για τα οποία δεν έγινε μελέτη ολοκληρωμένης πρότασης, αλλά προτείνονται για περαιτέρω διερεύνηση σε κάποια μελλοντική διπλωματική.

Τέλος στα Παραρτήματα Α, Β παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα για τις προσομοιώσεις που έγιναν με το πρόγραμμα DIALux για το φωτισμό εσωτερικών χώρων των πτερυγών της μονάδας φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων. Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε και ενδεικτικοί χώροι με τα επίπεδα φωτισμού, τις τιμές θάμβωσης και τα επίπεδα καταναλώσεων. Στο Παράρτημα Β παρατίθενται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τον παράγοντα φυσικού φωτισμού (DF) για ορισμένους χώρους του Ασύλου Ανιάτων τα επίπεδα θάμβωσης και οι ισοδύναμες γραμμές για τους χώρους αυτούς. Στο Παράρτημα Γ απεικονίζονται τα σχέδια των κατόψεων των πτερυγών, ενδείξεις για επίπεδα έντασης φωτισμού στο κτήριο και 3d ρεαλιστικές προσομοιώσεις για ενδεικτικούς χώρους του Ασύλου Ανιάτων με απεικόνιση του τεχνητού και φυσικού φωτισμού.

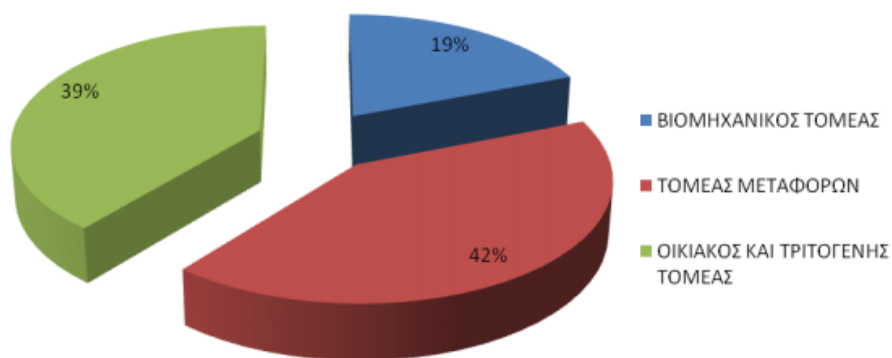
## 1 Κατανάλωση ενέργειας – υφιστάμενη πραγματικότητα

Η ενέργεια είναι ένα αγαθό που εξυπηρετεί κοινωνικές και αναπτυξιακές ανάγκες και παρουσιάζει μια διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ως συνάρτηση της αύξησης του πληθυσμού, των επιπρόσθετων αναγκών για κατανάλωση στην καθημερινότητα και τη διαδικασία της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών στη σύγχρονη πραγματικότητα. Το σύγχρονο παγκόσμιο ενεργειακό ζήτημα έχει αποτελέσει πηγή μιας αλυσίδας γεωπολιτικών προβλημάτων, διαδικασίας εξάντλησης των συμβατικών (μη ανανεώσιμων) πηγών ενέργειας, χρόνιας οικονομικής αστάθειας, ανησυχητικής περιβαλλοντικής ρύπανσης και σοβαρών κοινωνικών ανισοτήτων [1] .

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το μεγαλύτερο κομμάτι της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης (40%) οφείλεται στον κτιριακό τομέα [2] .

Στην Ελλάδα το πλήθος των κτιρίων εκτιμάται περίπου σε 4 εκατομμύρια, από τα οποία το 77% είναι κατοικίες. Η πλειοψηφία των κτιρίων έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1980, και κατ' επέκταση έχουν ελλιπή ή καθόλου θερμομονωτική προστασία και ηλεκτρομηχανολογικές (Η/Μ) εγκαταστάσεις χαμηλών αποδόσεων. Συνεπώς, είναι προφανές ότι τα ελληνικά κτίρια είναι ενεργοβόρα και ότι η πλειοψηφία τους θα χρειαστεί κάποιας μορφής ανακαίνιση στο κέλυφος και στις Η/Μ εγκαταστάσεις τα επόμενα χρόνια ώστε να εναρμονιστεί με τους νέους κανονισμούς ενεργειακής απόδοσης ή για να μειωθεί το λειτουργικό τους κόστος και να βελτιωθεί η ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος [3] [4] .

Ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής τομέας) αντιστοιχεί σε ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας που, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1, αντιπροσωπεύει το 39% της εγχώριας κατανάλωσης για το έτος 2016. Πολύ υψηλό είναι και το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια της χώρας. Σύμφωνα με το ακόλουθο σχήμα και πίνακα, το 74,2% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε στην Ελλάδα το 2016 αφορά τον οικιακό (37,6%) και τον τριτογενή τομέα (36,6%) [5] .



Εικόνα 1.1: Κατανομή τελικής ενέργειας ανά χρήση, έτος 2016 [πηγή: [ec.europa.eu/eurostat](http://ec.europa.eu/eurostat)]

Η τελική κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι περίπου 7,3Μtoe, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία για το 2012, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 42% επί της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 20% το 1980, 26% το 1990 και 32% το 2000. Με άλλα λόγια, τα ελληνικά κτήρια καταναλώνουν περίπου το 72% της τελικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλουν κατά 45% στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα [6] .

Λόγω της περιορισμένης παραγωγής ενέργειας, η Ελλάδα είναι, κυρίως, χώρα εισαγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ειδικότερα, η Ελλάδα εισάγει το 62% όλων των καυσίμων, με τις εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου να φτάνουν κοντά στο 100% – γεγονός που αποτελεί σοβαρή απειλή για την ενεργειακή της ασφάλεια [7] .

Η καλύτερη ενεργειακή απόδοση αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ για το 2020. Οι ευρωπαίοι ηγέτες αποφάσισαν ότι έως το 2020 η συνολική μας ενεργειακή κατανάλωση πρέπει να μειωθεί κατά 20 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, μείωση των εκπομπών αερίων του διοξειδίου του άνθρακα κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, και το 20% της συνολικής ενέργειας να παράγεται από ΑΠΕ. Κατά τη χρονική περίοδο 2014-2020 διατίθεται στα κράτη μέλη της ΕΕ ένα σημαντικό ποσό ευρωπαϊκής χρηματοδότησης, που θα συμβάλει στην αύξηση των επενδύσεων για καλύτερη ενεργειακή απόδοση [8] .

## 1.1 Διεθνείς συμφωνίες για το κλίμα

Η ηγεσία της ΕΕ δεσμεύτηκε να μετατρέψει την Ευρώπη σε μια οικονομία υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Έχει τεθεί, επίσης,

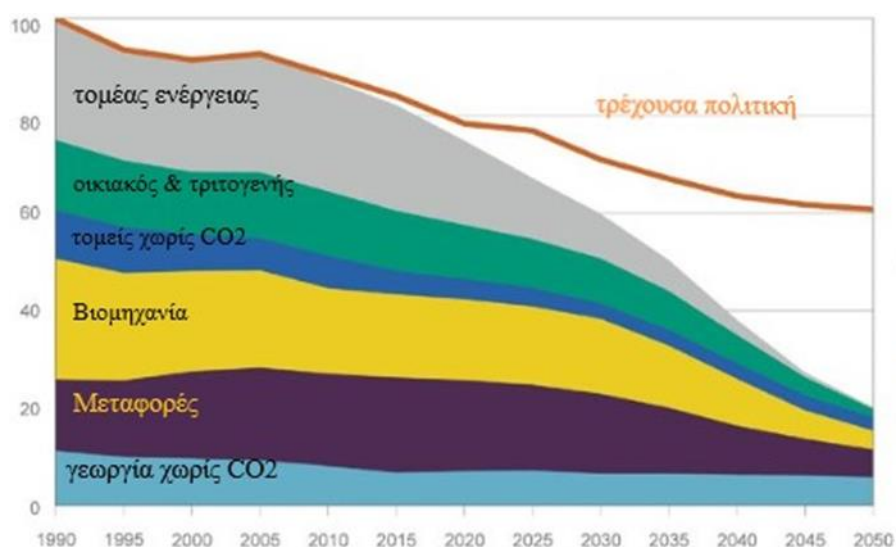
ο στόχος η ΕΕ να μειώσει έως το 2050 τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η ΕΕ και τα 28 κράτη μέλη της έχουν υπογράψει τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), το Πρωτόκολλο του Κιότο και τη νέα συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή. Ξεκίνησε ως τρόπος διακρατικής συνεργασίας με σκοπό να περιοριστούν η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή και να αντιμετωπιστούν οι συνέπειές τους. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι χώρες που είχαν υπογράψει την UNFCCC συνειδητοποίησαν ότι απαιτούνταν αυστηρότερες διατάξεις για να μειωθούν οι εκπομπές. Το 1997 ενέκριναν το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο εισήγαγε νομικά δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών για τις ανεπτυγμένες χώρες. Όμως το Πρωτόκολλο του Κιότο αφορά πλέον μόνο το 14% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών. Η συμφωνία των Παρισίων άρχισε να ισχύει στις 4 Νοεμβρίου 2016, αφού εκπληρώθηκε η σχετική προϋπόθεση, δηλαδή κύρωση από 55 τουλάχιστον χώρες, στις οποίες περιλαμβάνονται και όλες οι χώρες της ΕΕ, που να αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον το 55% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στη συμφωνία των Παρισίων στις 12 Δεκεμβρίου 2015 τα μέρη κατέληξαν σε μια νέα παγκόσμια συμφωνία για την κλιματική αλλαγή. Η συμφωνία είναι ισορροπημένη και περιλαμβάνει ένα σχέδιο δράσης για να συγκρατηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη «αρκετά κάτω» από τους 2°C [2] .

Σε αντίθεση, πάντως, με το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα συμπυκνώνει τη μελέτη των διαδικασιών παραγωγής και λειτουργίας των κτηριακών εγκαταστάσεων. Οι τεχνικές ενεργειακής εξοικονόμησης σε χώρους γραφείων δε διαφοροποιείται από εκείνες που εφαρμόζονται στον τριτογενή τομέα, ενώ σε κτηριακά συγκροτήματα με έντονες τις παραγωγικές διαδικασίες υπάρχει διαφοροποίηση στον ενεργειακό σχεδιασμό ανάλογα με την εκάστοτε χρήση των χώρων, του εξοπλισμού και την ύπαρξη και δραστηριότητα των ατόμων στο χώρο.

Επομένως, η ειδική ενεργειακή μελέτη των διαφόρων εσωτερικών συνθηκών είναι απαραίτητη καθώς εκείνες που επηρεάζονται από τη χρήση των μηχανημάτων, το παραγόμενο προϊόν και την ποσότητα και είδος του καυσίμου για τη διαδικασία παραγωγής συγκριτικά με τις απαιτήσεις σε ενέργεια για τη λειτουργία του κτηρίου. Κύρια στοιχεία της μελέτης αυτής θα είναι το σύνολο των συστημάτων κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί από την ΕΕ για την ενεργειακή εξοικονόμηση για το 2020 επιβλέπονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να καταγράφεται η πορεία προς την επίτευξη τους. Έπειτα κατά το 2014, η ΕΕ διατυπώνει επιπλέον τους στόχους για την επόμενη δεκαετία 2030, οι οποίοι συνοπτικά περιλαμβάνουν μείωση κατά 40% στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της ενέργειας από ΑΠΕ στο 27% και μια βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27%. Παρά ταύτα, οι προβλέψεις και εκτιμήσεις που υπάρχουν τονίζουν την αναγκαιότητα μεταβολής των πολιτικών της ΕΕ προκειμένου να επιτύχει τις επιδιώξεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ως μακροπρόθεσμη στοχοθέτηση για το 2050 υπάρχει η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο 80%-95% συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990 σε όλο το φάσμα των τομέων, δηλαδή στη βιομηχανία, τις μεταφορές, τα κτήρια, τις κατασκευές και τη γεωργία (Εικόνα 1.2) [9].



Εικόνα 1.2: Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ως το 2050 [πηγή: ec.europa.eu]

Ιδιαίτερη σημασία για την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου έχει η χρήση τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Με τον όρο αυτό περιγράφεται ο σχεδιασμός, ο οποίος, λαμβάνοντας υπόψη το τοπικό κλίμα, επιδιώκει την επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών εσωτερικής άνεσης, με την αξιοποίηση των διαθέσιμων φυσικών πηγών και την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.



## 1.2 Υφιστάμενα μέτρα και πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας στην Ελλάδα.

Οι ευρωπαϊκές οδηγίες δίνονται από την Ευρωπαϊκή επιτροπή και υπογραμμίζουν τη σημαντική σημασία του κτιριακού τομέα στην ενεργειακή κατανάλωση και την αναγκαιότητα θέσπισης μέτρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Έπειτα στο πλαίσιο αυτό που θέτει η Ευρωπαϊκή πολιτική, η Ελλάδα προχώρησε στις απαραίτητες διαδικασίες για την εναρμόνιση των παραπάνω Οδηγιών στην εθνική νομοθεσία. Στην ενότητα αυτή απαριθμούνται τα κυριότερα υφιστάμενα μέτρα πολιτικής, σε εθνικό επίπεδο, που έχουν ληφθεί, έπειτα από ευρωπαϊκές οδηγίες, τα τελευταία έτη και στοχεύουν στην ενεργειακή αναβάθμιση και ανακαίνιση των κτιρίων του οικιακού και τριτογενούς τομέα [10]

### 1.2.1 Οδηγία 2006/32/ΕΚ

Ο νόμος 3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις», αποτελεί εναρμόνιση με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ [11] .

Με βάση την απαίτηση της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ, θεσπίστηκε **Εθνικός Ενδεικτικός Στόχος εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ)** της τάξης του **9%** μέχρι το 2016, σε όλους τους τομείς (νοικοκυριά, επιχειρήσεις βιομηχανία, μεταφορές, κλπ.).

Μια πολύ ενδιαφέρουσα αναφορά της οδηγίας είναι και η υποχρέωση του Δημόσιου τομέα να μεριμνήσει ούτως ώστε "να επιτελεί υποδειγματικό ρόλο στο πλαίσιο της παρούσας οδηγίας".

Ο στόχος αυτός τέθηκε στο 1<sup>ο</sup> Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ) και ήταν **18,6 TWh μέχρι το 2016**, με την ανάλυση ανά τομέα.

Στο 2<sup>ο</sup> ΕΣΔΕΑ που εκπονήθηκε το 2011, προσδιορίστηκε ο **Εθνικός Ενδιάμεσος Στόχος** για την εξοικονόμηση ενέργειας για το **2010**, ο οποίος ήταν ίσος με **5.1 TWh (0.44 Mtoe)**. Ο στόχος αυτός υπερκαλύφθηκε με την ενεργοποίηση μέτρων που προδιαγράφηκαν στο 1<sup>ο</sup> ΕΣΔΕΑ, ενώ για την επίτευξη του στόχου συνέβαλλε σημαντικά και η οικονομική ύφεση.

Η Οδηγία 2006/32/ΕΚ, καταργήθηκε από την **Οδηγία 2012/27/ΕΕ** που τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012 [10] [12] .

### 1.2.2 2008: Ν. 3661/08: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις »

Με τον Νόμο 3661-΄Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων΄ ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003). Ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρα 4 και 5), στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6), στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8) και στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9) [14] .

### 1.2.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)

Η αναγκαιότητα για ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων για τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, οδήγησε στην θεσμοθέτηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) για πρώτη φορά το 2010. Στην Ελλάδα πριν τον ΚΕΝΑΚ μοναδική προϋπόθεση μελέτης ενεργειακής επάρκειας των νέων κτιρίων αποτελούσε από το 1979 ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, ο οποίος όμως είχε ξεπεραστεί από τις ανάγκες της εποχής, την τεχνολογία, και τις νέες εφαρμογές στη δόμηση [15] .

Σκοπός της εγκυκλίου αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικού χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Τα βασικά στοιχεία του Κ.Εν.Α.Κ. είναι τα παρακάτω:

- Ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.

- Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων.
- Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- Καθορίζεται η μορφή του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου και τα στοιχεία που περιλαμβάνει, ώστε να γίνει η ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.
- Καθορίζεται η διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, καθώς και η διαδικασία επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων και των δυνατοτήτων βελτίωσής της. Η υιοθέτηση του θεσμού των ενεργειακών επιθεωρήσεων και η έκδοση Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), αποτελεί βασικό εργαλείο της εθνικής ενεργειακής πολιτικής, εφοδιάζοντας αφενός την αγορά ακινήτων με νέα ποιοτικά κριτήρια, άμεσα σχετιζόμενα με την αξία των ακινήτων, αφετέρου τον πολίτη (ως ιδιοκτήτη ή αγοραστή ακινήτου ή ως μισθωτή) με μετρήσιμα στοιχεία του ετήσιου λειτουργικού κόστους για θέρμανση και δροσισμό, ζεστό νερό, φωτισμό, κλπ. Έχει αποδειχθεί ότι η ενεργειακή επιθεώρηση και τα ΠΕΑ των κτιρίων έχουν σημαντική προστιθέμενη αξία για την ίδια την κτηματαγορά, καθώς κάθε κτίριο αποκτά «Ενεργειακή Ταυτότητα», στην οποία αποτυπώνονται τα ενεργειακά του χαρακτηριστικά, αλλά και χρήσιμες συμβουλές για τη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης [5].

#### 1.2.4 Οδηγία 2010/31/ΕΕ

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι η κύρια νομοθετική πράξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη. Βασικό στοιχείο της Οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, και ειδικότερα για την επίτευξη των πιο μακροπρόθεσμων στόχων, αποτελούν τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB), όπου μεταξύ άλλων, στο άρθρο 9 (παρ. 3) αναφέρεται ότι:

- α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και
- β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας [10] [13].

### 1.2.5 Οδηγία 2012/27/ΕΕ

Η **Οδηγία 2012/27/ΕΕ** τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, καταργώντας τις Οδηγίες 2006/32/ΕΚ και 2004/8/ΕΚ για την συμπαράγωγή, με προθεσμία συμμόρφωσης έως 05.06.2014 [12] .

Η πρόοδος στην πορεία προς τον ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας κατά 9% έως το 2016, βάσει της 2006/32/ΕΚ, αποτελεί σημείο αναφοράς στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ και του 3<sup>ου</sup> Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ).

Στο πλαίσιο της **Οδηγίας 2012/27/ΕΕ** για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα:

**"Ως στόχος ενεργειακής απόδοσης για το 2020 τίθεται η επίτευξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα 18.4Μτοε."**

Η **Οδηγία 2012/27/ΕΕ** εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το **Νόμο 4342/2015** (9 Νοεμβρίου 2015) «για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ».

Συνοπτικά οι Ευρωπαϊκές οδηγίες που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αφορούν στην ενεργειακή απόδοση, καθώς και το ελληνικό θεσμικό πλαίσιο που εναρμονίζεται με τις οδηγίες φαίνονται στον Πίνακας 1.1.

Πίνακας 1.1: Ευρωπαϊκές οδηγίες και εθνικό θεσμικό πλαίσιο εναρμόνισης στις ευρωπαϊκές οδηγίες

[πηγή: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el\\_eneap\\_2017\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el_eneap_2017_el.pdf)]

Ευρωπαϊκό πλαίσιο	Εθνικό πλαίσιο
	1980: Κανονισμός Θερμομόνωσης 2000: Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ)
Οδηγία 2002/91	2008: Ν. 3661/2008 2010: Ν. 3851/2010 2010: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) 2010: Π.Δ. Ενεργειακών Επιθεωρητών
Οδηγία 2006/32	2008: Υ.Α για τα δημόσια κτήρια 2008: 1 <sup>ο</sup> ΕΣΔΕΑ 2010: Ν. 3855/2010 2011: Υ.Α. για τις ESCOs 2011: 2 <sup>ο</sup> ΕΣΔΕΑ
Οδηγία 2010/31	2013: Ν.4122/2013
Οδηγία 2012/27	2015: Ν.4342/2015

Τα διάφορα μέτρα πολιτικής που πραγματοποιήθηκαν, πραγματοποιούνται ή θα πραγματοποιηθούν σε εθνικό επίπεδο τις περιόδους 2014-2016 και τις περιόδους 2017-2020 παρατίθενται στον Πίνακα 1.2 και Πίνακα 1.3 [16].

Πίνακας 1.2: Εξοικονόμηση ενέργειας από υλοποιημένα μέτρα πολιτικής την περίοδο 2014-2016 (κτοε). [πηγή: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el\\_neeap\\_2017\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el_neeap_2017_el.pdf)]

Α/Α	Μέτρο πολιτικής	Αριθμός παρεμβάσεων	Νέα			Σωρευτική 2014-2020
			2014	2015	2016	
M1	Πρόγραμμα "Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον"	26,164 κτήρια	21,98	8,17	1,55	210,64
M2	Πρόγραμμα "Εξοικονομώ στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης	59 δήμοι	-	-	2,25	11,25
M3	Πρόγραμμα "Εξοικονομώ II" στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης	14 δήμοι	-	0,05	-0,17	1,12
M1 1	Αντικατάσταση παλαιών ελαφριών φορτηγών δημοσίου και ιδιωτικού τομέα	10,952 οχήματα	4,17	5,12	3,14	75,61
M1 2	Αντικατάσταση παλαιών επιβατικών οχημάτων ιδιωτικού τομέα	165,778 οχήματα	28,27	29,86	17,13	462,71
M1 4	Δράσεις ΕΠΠΕΡΑΑ	-	0,24	1,24	11,66	67,44
M1 6	Επέκταση Μετρό Αθήνας	-	29,3	-	-	205,10
M1 7	Συμψηφισμός προστίμων αυθαιρέτων	522 κτήρια	0,00	0,13	0,50	3,25
M1 8	Ενεργειακοί υπεύθυνοι	204 κτήρια	-	-	1,19	5,95
M1 9	ΠΕΑ- Άλλος λόγος έκδοσης	5,724 ΠΕΑ	2,09	3,51	226	15,73
Σύνολο σωρευτικών εξοικονομήσεων			86,06	48,08	39,84	1058,81

Πίνακας 1.3: Εξοικονόμηση ενέργειας από προγραμματισμένα μέτρα πολιτικής την περίοδο 2017-2020 (ktoe). [πηγή: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el\\_neeap\\_2017\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el_neeap_2017_el.pdf)]

A/A	Μέτρο πολιτικής	Νέα			Σωρευτική	
		2017	2018	2019	2020	2017-2020
M1	Πρόγραμμα 'Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον'	7,19	-	-	-	28,74
M4	Ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών	-	25,04	18,78	18,78	131,47
M5	Ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτηρίων	-	7,14	7,14	7,14	42,82
M6	Έργα ενεργειακής απόδοσης και επίδειξης σε ΜΜΕ και μέτρα στήριξης	-	3,01	3,01	3,01	18,08
M7	Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 50001 σε φορείς του Δημοσίου και ευρύτερου δημόσιου τομέα	-	1,19	1,19	-	5,97
M8	Ενεργειακή αναβάθμιση σε κτήρια επαγγελματικής χρήσης μέσω Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών	-	-	0,85	0,85	2,54
M10	Ανάπτυξη ευφύων συστημάτων μέτρησης ενέργειας	1,39	-	6,30	6,30	24,45
M14	Δράσεις ΕΠΠΕΡΑΑ	6,31	-	-	-	25,26
M18	Ενεργειακοί Υπεύθυνοι και σχέδια δράσης δημόσιων κτηρίων	8,39	76,13	84,53	-	437,00
M19	ΠΕΑ-Άλλος λόγος έκδοσης	2,62	2,62	2,62	2,62	20,97
M20	Ενεργειακή αναβάθμιση οδοφωτισμού	-	10,00	-	-	30,00
M21	Ενεργειακή αναβάθμιση αντλιοστάσιων	-	-	4,00	2,00	6,00
M22	Καθεστώτα επιβολής	25,00	44,33	33,50	33,00	333,00
	Σύνολο εξοικονόμησης ενέργειας	50,90	169,47	159,92	73,70	1097,70

### 1.3 Ενεργειακή επιθεώρηση και ενεργειακός έλεγχος

Για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ολοκληρωμένο ενεργειακό σύστημα χρειάζεται η διεξαγωγή ενός ενεργειακού ελέγχου, ο οποίος εκκινεί από την επιθεώρηση των επιμέρους τμημάτων ενός συστήματος ξεχωριστά και συνδυαστικά μεταξύ τους. Στο παράδειγμα ενός κτηρίου υπάρχουν ποικίλα ενεργειακά συστήματα, που μπορούν να διακριθούν στον κτηριακό εξοπλισμό, στο κτηριακό κέλυφος, στη δομή και στα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Τα προβλήματα, τα χαρακτηριστικά και ο βαθμός απόδοσης κάθε τμήματος υπόκειται σε έλεγχο για να καθοριστεί ο ολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης σε κτηριακό και βιομηχανικό τομέα διακρίνονται σε:

- Οικονομικά οφέλη, λόγω της μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης.
- Λειτουργικά οφέλη, που σχετίζονται με τη βελτίωση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός κτηρίου και με τη λειτουργικότητα και τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας.
- Περιβαλλοντικά οφέλη, λόγω μείωσης εκπομπών CO<sub>2</sub>, γενικά ρύπων και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Συνοπτικά ο σκοπός ενός ενεργειακού ελέγχου έχει δύο βασικούς στόχους, πρώτον τη βελτίωση του εσωτερικού κλίματος σε επίπεδα που ορίζονται από διεθνή και εθνικά πρότυπα, αλλά και την ενεργειακή εξοικονόμηση μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηριακών εγκαταστάσεων.

Καθώς ο ενεργειακός ελεγκτής δεν αποτελεί πάντα χρήστη του κτιρίου και η επίσκεψη του σε αυτό ενδέχεται να είναι σύντομη και αποσπασματική, οφείλει κανείς να βασιστεί στις απόψεις των χρηστών, που έχουν ίδια αντίληψη για το εσωκλίμα του κτιρίου.

Μια γενική ταξινόμηση των επεμβάσεων για την ενεργειακή βελτίωση ενός κτηρίου διακρίνεται σε :

- Επεμβάσεις χαμηλού κόστους, συντήρησης και ρύθμισης συστημάτων θέρμανσης – ψύξης.
- Επεμβάσεις αναβάθμισης συστήματος θέρμανσης ψύξης (αντικατάσταση πεπαλαιωμένων τμημάτων, θερμομόνωση αγωγών, εγκατάσταση θερμοστατών και αυτοματισμών
- Επεμβάσεις μείωσης των θερμικών απωλειών με αερισμό Επεμβάσεις αναδρομικής θερμομόνωσης του κελύφους (διαφανή και αδιαφανή στοιχεία του εξωτερικού κελύφους)
- Επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα (παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τεχνικές, Εφαρμογή συστημάτων Α.Π.Ε.) [17] .

Η εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια. Κατά τη φάση του σχεδιασμού ενός κτηρίου είναι χρήσιμη η αξιοποίηση των βιοκλιματικών αρχών σχεδιασμού και η χρήση του κατάλληλου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Όσον αφορά στις επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια, προτείνονται μια σειρά από τεχνικές δυνατότητες που μπορούν να εφαρμοστούν για την εξοικονόμηση ενέργειας, ανάλογα με τις οικονομικές δυνατότητες, το είδος και τη μορφή του κτιρίου [18] .

## 1.4 Επεμβάσεις μηδενικού, χαμηλού και υψηλού κόστους

Στην Ελλάδα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από υφιστάμενα ενεργοβόρα κτίρια και κτίρια που δεν πληρούν τις συνθήκες άνεσης και υγιεινής των ατόμων που υπάρχουν σε αυτά. Σε ένα ενεργοβόρο κτίριο, επιπρόσθετα με τη σπατάλη ενέργειας συγκριτικά με ένα κτίριο ενεργειακά αποδοτικότερο, δημιουργούνται και σοβαρά προβλήματα στις ώρες αιχμής χρησιμοποίησης φορτίου. Σε εθνικό επίπεδο η αυξημένη απαίτηση ενέργειας σε ώρες αιχμής φορτίου έχει ως συνέπεια την αύξηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας και τη διατάραξη της ενεργειακής ισορροπία.

Η απόδοση και ενεργειακά οφέλη που προσφέρει μια παρέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται από τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και το ύψος των διαθέσιμων επενδύσεων. Σε κάθε περίπτωση η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός υφιστάμενου κτιρίου υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες επεμβάσεων, τα μέτρα μηδενικού, χαμηλού και υψηλού κόστους, τα οποία επιλέγονται ανάλογα με τις δυνατότητες του κτιρίου, τα επιθυμητά δεδομένα εξοικονόμησης και το ποσό των επενδύσεων.

Οι επεμβάσεις μηδενικού κόστους ή «ενεργειακό νοικοκύρεμα» είναι οι ενέργειες που δεν απαιτούν ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου, αλλά αφορούν πρωτίστως την κινητοποίηση, ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των χρηστών του κτιρίου για αποδοτική χρήση τους, δηλαδή τη σωστότερη διαχείριση του υπάρχοντος ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και μείωση ενεργειακών καταναλώσεων στο κτίριο. Ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του κτιρίου και των εγκαταστάσεων του (ηλιασμός το χειμώνα, σκίαση και νυχτερινός αερισμός το καλοκαίρι και η ορθολογική χρήση του τεχνητού φωτισμού (αξιοποίηση φυσικού φωτισμού) και των ηλεκτρικών συσκευών αποτελούν επεμβάσεις μηδενικού κόστους. Με τις επεμβάσεις μηδενικού κόστους είναι δυνατό να επιτευχθεί μια εξοικονόμηση έως 15% [19] [20] .

Οι επεμβάσεις χαμηλού κόστους αποτελούν επεμβάσεις με μικρό διάστημα αποπληρωμής του κόστους, δηλαδή το κόστος επένδυσης αποπληρώνεται συχνά εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και σε λιγότερο από τρία χρόνια. Το σφράγισμα στα σημεία απωλειών θερμότητας του κτιρίου (αεροστεγανότητα κουφωμάτων), η προσθήκη εσωτερικά ρυθμιζόμενων σκιάστρων, η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής, η χρήση βλάστησης για σκίαση, η αντικατάσταση λαμπτήρων με άλλους υψηλής απόδοσης, η αντικατάσταση παλαιών ενεργοβόρων ηλεκτρικών συσκευών με νέες χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης αποτελούν επεμβάσεις χαμηλού κόστους. Οι επεμβάσεις χαμηλού κόστους επιφέρουν μια εξοικονόμηση της τάξης του 15-20% [19] [20] .



Οι επεμβάσεις υψηλού κόστους, χαρακτηρίζονται και επεμβάσεις ανακατασκευής, αποτελούν ριζικές ενέργειες ενεργειακής αναβάθμισης του υφιστάμενου κτιρίου που απαιτούν ένα σημαντικό αρχικό κόστος επένδυσης και το διάστημα αποπληρωμής κυμαίνεται από τρία έως και πέντε έτη. Διαταράσσουν την ομαλή λειτουργία της καθημερινής δραστηριότητας κατά την περίοδο εφαρμογής των επεμβάσεων, ενώ χρειάζεται και τεχνοοικονομική μελέτη πριν την εφαρμογή τους.

Ορισμένα παραδείγματα επεμβάσεων υψηλού κόστους είναι η αντικατάσταση των παλαιών παραθύρων και κουφωμάτων με νέα βελτιωμένα, η προσθήκη θερμομονωτικών υλικών (στην εξωτερική τοιχοποιία, την οροφή τα δάπεδα και την πιλοτή), μείωση του θερμαινόμενου ή κλιματιζόμενου όγκου σε χώρες με οροφές με υπερβολικό ύψος. Ακόμα, μια σειρά οικοδομικών παρεμβάσεων περιλαμβάνει τις επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα, όπως η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού (τοίχος θερμικής αποθήκευσης, προσάρτηση θερμοκηπίου), δημιουργία προθαλάμου ανάσχεσης της ροής θερμότητας από την είσοδο του κτιρίου, ανάπτυξη συστημάτων αερισμού και παθητικού δροσισμού, προσθήκη εσωτερικών ή εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων κλπ. Όσον αφορά στις επεμβάσεις στις κεντρικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, μπορεί να εκσυγχρονιστεί το σύστημα θέρμανσης, να γίνει αξιοποίηση συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού όπου είναι εφικτό. Για τον κλιματισμό μπορεί να γίνει εγκατάσταση κεντρικών μονάδων κλιματισμού με έλεγχο και ρύθμιση της χρήσης τους, ενώ για το ζεστό νερό χρήσης προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών.

Η ηλεκτρονική παρακολούθηση μέσα από την εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης και αυτομάτου ελέγχου (BEMS) όλων των ενεργειακών καταναλώσεων, εγκαταστάσεων, ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και συστημάτων ασφαλείας προσφέρει μια εποπτεία των καταναλώσεων και καλύτερη ενεργειακή διαχείριση του συνόλου του κτιρίου μέσω ενός ενιαίου συστήματος. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω των επεμβάσεων υψηλού κόστους ανέρχεται μέχρι και στην τάξη του 60% [19] [20].

Τα κτίρια έχουν πολλές προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας και βασική προϋπόθεση για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών τους αναγκών, και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, είναι η κατασκευή ή η ανακατασκευή τους με βάση τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Μπορούν να υλοποιηθούν πολλά προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας, τόσο στα νέα κτίρια όσο και στα ήδη υπάρχοντα. Υπό αυτές τις συνθήκες (βιοκλιματικά νέα κτίρια και ενεργειακές βελτιώσεις στα υφιστάμενα κτίρια) η εφαρμογή συστημάτων ΑΠΕ

προσφέρει σπουδαιότερα αποτελέσματα στην επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας ορυκτών καυσίμων και περιορισμού των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Τα κριτήρια αξιολόγησης των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας καθορίζονται κάθε φορά από το ίδιο το υπό εξέταση κτίριο και την ενεργειακή του συμπεριφορά. Οι κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή του κάθε κτιρίου, τα συγκεκριμένα ενεργειακά συστήματα και ο εξοπλισμός του (θέρμανση, κλιματισμός, φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης, όργανα, συσκευές, άλλες εγκαταστάσεις), τα ακριβή κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του (πολυώροφο, παραδοσιακό, τύπος τοιχοποιίας, τύπος οροφής, κουφώματα, όγκος επιφάνειας, ανοίγματα), η ύπαρξη τυχόν ζημιών ή απωλειών στο μηχανολογικό εξοπλισμό ή στο κτιριακό κέλυφος κατά τη διάρκεια ζωής και λειτουργίας του κτιρίου, αλλά και η κατηγοριοποίηση ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τα άτομα που το αξιοποιούν (γραφείο, σχολείο, νοσοκομείο, κοινωφελές ίδρυμα, κατοικία) είναι καθοριστικής σημασίας πρωτογενή στοιχεία ώστε να γίνει αντιληπτή η σκοπιμότητα των ενεργειακών επεμβάσεων και να ιεραρχηθούν σωστά οι επεμβάσεις αυτές.

Ασφαλώς η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται όχι μόνον με τεχνολογικές επεμβάσεις που σημαίνουν συνήθως υψηλές επενδύσεις, αλλά και με περιβαλλοντική εκπαίδευση των χρηστών των κτιρίων που συμβάλλει στη δημιουργία ενεργειακής συνείδησης και κατ' επέκταση στην αλλαγή νοοτροπίας [21] .

Τα οφέλη από την ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια είναι πολλαπλά και περιλαμβάνουν:

- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση/ψύξη χώρων, το ζεστό νερό χρήσης και τις άλλες επιμέρους τελικές χρήσεις,
- Βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών άνεσης των εσωτερικών χώρων των κτιρίων,
- Εξοικονόμηση χρημάτων,
- Εξοικονόμηση εθνικών ενεργειακών πόρων [21] .

Το κτιριακό κέλυφος έχει κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου. Τα απαραίτητα στοιχεία του κελύφους δεν περιορίζονται πλέον σε ορισμένες τιμές, όπως είναι τα εμβαδά, αλλά περιλαμβάνουν στοιχεία για τα υλικά, τη διαστρωμάτωση, τη γεωμετρία, τον προσανατολισμό, το χρώμα, τη θέση, την επίδραση από εξωγενείς παράγοντες κλπ.

Υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στις καταναλώσεις των κτιρίων, η οποία οφείλεται σε διάφορες αιτίες, όπως η χρήση, η χρονολογία κατασκευής και η κατάσταση του κελύφους,

το επίπεδο θερμομόνωσης, η κλιματική ζώνη, η παλαιότητα και το επίπεδο συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, ο κλιματισμός των χώρων, το επίπεδο ενεργειακής διαχείρισης κλπ.

Πέραν των τεχνικών και κατασκευαστικών προβλημάτων που παρατηρούνται στα κτίρια του δημοσίου τομέα υπάρχουν μείζοντα προβλήματα που σχετίζονται με τη διοίκηση και την λειτουργία τους. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι: η έλλειψη προγραμμάτων ενεργειακής διαχείρισης, η έλλειψη τεχνικού καθώς και εξειδικευμένου προσωπικού σε θέματα Ενεργειακής Διαχείρισης, Εξοικονόμησης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και η ελλιπής ενημέρωση των χρηστών των κτιρίων σε θέματα Εξοικονόμησης και Ορθολογικής χρήσης ενέργειας [22] .

Ένα κτίριο θα πρέπει να καλύπτει τις ανάγκες των ενοίκων του, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και ταυτόχρονα διατηρώντας συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του. Αυτό συμβαίνει όταν έχει σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική θέση, το φυσικό περιβάλλον και γενικότερα τις ιδιαιτερότητες της περιοχής αλλά και των ενοίκων. Πρόκειται για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίου, που αφορά τα δομικά στοιχεία του κτιρίου και σε συνδυασμό με την κατάλληλη επιλογή συστημάτων που ικανοποιούν της ανάγκες των ενοίκων, επιφέρουν την βέλτιστη λειτουργία του. Στα παραπάνω θα πρέπει να προστεθεί και η ορθολογική χρήση του κτιρίου από τους ενοίκους και τους υπεύθυνους για τη λειτουργία και τη συντήρησή του. Για την εφαρμογή όλων των παραπάνω σε υφιστάμενα κτίρια, απαραίτητη προϋπόθεση είναι να υπάρχει κατάλληλη ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου.



## 2 Κτίρια (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας

Η έννοια των κτιρίων (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, (nearly) Zero Energy Buildings ή εν συντομία nZEB, υπάρχει στη βιβλιογραφία ήδη από τη δεκαετία του 1970, όμως το ενδιαφέρον παγκοσμίως εντάθηκε μετά το 2000 μέσω ανάπτυξης εθνικών και διεθνών προγραμμάτων πάνω στη μελέτη και εφαρμογή τους.

Αν και δεν υπάρχει σαφής ορισμός για τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που τα χαρακτηρίζουν, όπως οι χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, η υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα και η κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια από ΑΠΕ.

Μια γενική ιδέα για τα nZEB συνοψίζεται στους παρακάτω ορισμούς:

**Zero energy building** είναι το κτίριο το οποίο είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται πλήρως τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις και η εισερχόμενη ενέργεια από το δίκτυο με την εξερχόμενη ενέργεια να είναι ίσες κατά τη διάρκεια ενός έτους.

**Nearly zero energy building** είναι το κτίριο που έχει πολύ υψηλή ενεργειακή συμπεριφορά. Η πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο πρέπει να καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από τεχνολογίες ΑΠΕ και να παράγεται η ενέργεια επί τόπου ή κοντά στο χώρο που βρίσκεται το κτίριο [23]. Η εισερχόμενη ενέργεια σε ένα κτίριο μηδενικής κατανάλωσης πρέπει να παράγεται από ΑΠΕ σε σταθμούς της περιοχής περιμετρικά του κτιρίου. Εν συνεχεία παρατίθεται ο Πίνακας 2.1, ο οποίος εξηγεί τις επιλογές που υπάρχουν για παροχή ενέργειας στο ZEB αναδεικνύοντας τη διαφορά on-site και off-site ενέργειας [23].

Πίνακας 2.1: Επιλογές παροχής ενέργειας σε κτίριο ZEB (Πηγή: Αγ. Σακκά 2014).

Επιλογή	Επιλογές παροχής ενέργειας στο ZEB	Παραδείγματα
0	Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας μέσω τεχνολογιών χαμηλής κατανάλωσης	Α. Φυσικός Φωτισμός Β. Υψηλά αποδοτικός εξοπλισμός θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού Γ. Φυσικός αερισμός
Παροχή ενέργειας από πηγές που βρίσκονται στο οικόπεδο του κτηρίου (on-site)		
1	Χρήση ΑΠΕ εγκατεστημένες πάνω στο κτήριο	Α. Φωτοβολταϊκά πάνελ Β. Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ Γ. Ανεμογεννήτρια στο κτήριο
2	Χρήση ΑΠΕ εγκατεστημένες στο οικόπεδο του κτηρίου	Α. Φωτοβολταϊκά πάνελ Β. Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ Γ. Υδροηλεκτρικός σταθμός μικρής ισχύος Δ. Ανεμογεννήτρια εγκατεστημένη στο οικόπεδο αλλά όχι πάνω στο κτήριο
Παροχή ενέργειας από πηγές που δε βρίσκονται στο οικόπεδο του κτηρίου (off-site)		
3	Χρήση ΑΠΕ που είναι διαθέσιμες εκτός του χώρου του κτηρίου για παραγωγή ενέργειας στο κτήριο	Α. Βιομάζα, pellets, biodiesel που εισάγονται στο κτήριο με σκοπό την παραγωγή ενέργειας στο χώρο που βρίσκεται το κτήριο
4	Αγορά ενέργειας από ΑΠΕ που είναι διαθέσιμες εκτός του χώρου του κτηρίου	Α. Ανεμογεννήτριες, Φωτοβολταϊκά πάρκα, Υδροηλεκτρικός σταθμός ιδιοκτησίας εταιρείας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας Β. Αγορά credits εκπομπής ρύπων ή αγορά «άλλων» πράσινων επιλογών

**Επιλογή 0:** Το βασικότερο βήμα για την επίτευξη του ZEB είναι η μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για το κτίριο, καθώς είναι προφανώς προτιμότερο να εξοικονομείται ενέργεια παρά να παράγεται επιπλέον. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τεχνικές που στοχεύουν στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, του φυσικού δροσισμού, τον προσανατολισμό και άλλα, ενώ περιλαμβάνει ακόμη την εγκατάσταση μόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων και εγκαταστάσεις υψηλής απόδοσης θέρμανσης-ψύξης-φωτισμού.

**Επιλογή 1:** Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν κτίρια που έχουν στην επιφάνεια τους, εγκατεστημένα στην οροφή ή ενσωματωμένα στο κέλυφος, συστήματα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά πάνελ, ηλιακούς συλλέκτες και ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος). Πρόκειται για τη συνηθέστερη λύση κατά την οποία δεν απαιτείται μεταφορά και διανομή της ενέργειας και συνεπώς δεν υπάρχουν απώλειες.

**Επιλογή 2:** Στην κατηγορία αυτή υπάγονται κτίρια που καλύπτουν τις ανάγκες τους από συστήματα ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά πάνελ, ηλιακοί συλλέκτες, μικρής ισχύος υδροηλεκτρικοί σταθμοί και ανεμογεννήτριες), με τη διαφορά ότι αυτά δεν είναι εγκατεστημένα πάνω στο κτίριο, αλλά στο οικόπεδό του.

**Επιλογή 3:** Εδώ ανήκουν ΑΠΕ που είναι διαθέσιμες έξω από το κτίριο και εισάγονται σε αυτό για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, όπως βιομάζα, pellets, αιθανόλη, biodiesel, βιοκαύσιμα κ.ά. και χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση. Χαρακτηρίζονται ως off-site ΑΠΕ γιατί απαιτείται να μεταφερθούν στο κτίριο, που σημαίνει πρόσθετη σπατάλη ενέργειας.

**Επιλογή 4:** Τέλος, όταν δεν καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου από τις παραπάνω μορφές ΑΠΕ, τότε μπορεί να αγοραστεί ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ όπως φωτοβολταϊκά πάρκα, ανεμογεννήτριες κλπ.

## 2.1 Διαχωρισμός των ZEB ανάλογα με τη σύνδεση του κτιρίου στο δίκτυο

Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας διαχωρίζονται με βάση τη διασυνδεσιμότητά τους ή μη στο εθνικό δίκτυο διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε δύο κατηγορίες:

**Off grid ZEB** το οποίο αποτελεί ένα κτίριο αποκομμένο από το δίκτυο, το οποίο πρέπει να καλύπτει τις ανάγκες του σε ηλεκτρική ενέργεια αποκλειστικά από τις πηγές που το ίδιο διαθέτει. Σε αυτό το κτίριο είναι αναγκαία η ύπαρξη συσσωρευτών ενέργειας που τροφοδοτούν το κτίριο όταν δεν είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας λόγω καιρικών συνθηκών με την αποθηκευμένη ενέργεια που προκύπτει σε περιόδους μεγάλης ηλιοφάνειας. Είναι αρκετά κοστοβόρα η επίτευξη ενός off-grid ZEB, λόγω του μεγάλου κόστους των συσσωρευτών, αλλά και οι περιορισμένες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας καθιστούν τη δημιουργία και λειτουργία του πολύ δύσκολη [24] .

**On-grid ZEB** το οποίο αποτελεί ένα κτίριο συνδεδεμένο στο δίκτυο με την ικανότητα να εξάγει τα πλεονάσματα ενέργειας στο δίκτυο, ενώ εισάγει ενέργεια σε περιόδους που η παραγόμενη ενέργεια του κτιρίου από ΑΠΕ δεν είναι αρκετή για την ομαλή λειτουργία του. Το on-grid ZEB αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή κτιρίου σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης [24] .

Συνοπτικά τα κύρια βήματα για την υλοποίηση ενός nZEB είναι αρχικά η σχεδίαση του κτιρίου σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής εξοικονόμησης ενέργειας στο μικροκλίμα που κατασκευάζεται το κτίριο. Έπειτα, εφαρμόζονται στο κτίριο παθητικά ηλιακά συστήματα τα οποία υποβοηθούν την καλύτερη

άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση ή το δροσισμό του κτιρίου, αλλά και τη χρήση συσκευών υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Τέλος, η εγκατάσταση ΑΠΕ και συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης του συνόλου των καταναλώσεων του κτιρίου καλύπτει τις απαιτήσεις σε ενέργεια.

## 2.2 Πλεονεκτήματα και ζητήματα σχετικά με τα nZEB

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των κτιρίων (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι:

- Η μείωση των αναγκών σε ενέργεια ενός κτιρίου, επομένως και του κόστους λειτουργίας του [25] .
- Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κτιρίου, η ενεργειακή ασφάλεια και η περιβαλλοντική αειφορία
- Η εξοικονόμηση κόστους από τη συντήρηση των Η/Μ συστημάτων μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος από τα έξοδα του κτιρίου τόσο στο λειτουργικό κομμάτι όσο και στο κομμάτι του κόστους αντικατάστασης σε περίπτωση βλάβης.
- Η μείωση ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ηλεκτρισμό.
- Οικονομικό όφελος καθώς η εξοικονόμηση χρημάτων από τους λογαριασμούς θα ισοσταθμίσει την επένδυση,
- Η επιπλέον κάλυψη περιφερειακών αναγκών για ενέργεια μέσω της ενσωμάτωσης και συνδυασμού των ΑΠΕ καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται.
- Η θερμικά άνετη διαμονή, χωρίς θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.
- Η δυνατότητα πλήρους ενεργειακής αυτάρκειας και δημιουργίας παθητικού εισοδήματος.
- Η εφαρμογή διαφόρων σχεδίων/λύσεων μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου, (οπότε τα nZEB εντάσσονται στα «έξυπνα κτίρια»). Η έννοια του μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου προσφέρει μία ευρεία γκάμα προσεγγίσεων, λόγω των πολλαπλών δυνατοτήτων παραγωγής και διατήρησης ενέργειας σε συνδυασμό με την αποτίμηση της ενέργειας αυτής σε σχέση με διάφορες άλλες παραμέτρους (κόστος, εκπομπές CO<sub>2</sub> κ.α.) [25] .

Καθώς η τεχνολογία για τα κτίρια (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης είναι αρκετά πρόσφατη υπάρχει αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα προκειμένου να γίνουν περισσότερο κατανοητές οι παράμετροι που σχετίζονται με τα κτίρια αυτά για την πιο βέλτιστη αξιοποίηση κάθε οφέλους που προσφέρουν.



Προς το παρόν, υπάρχουν συγκεκριμένα ζητήματα και προβληματισμοί κατόπιν ερευνών που αφορούν στα κτίρια (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης που παρατίθενται παρακάτω:

- Δεν έχει καθοριστεί ακόμη ένας ενιαία αποδεκτά ορισμός, ούτε μια ενιαία μεθοδολογία για τον έλεγχο και το χαρακτηρισμό των κτιρίων σε κτίρια (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.
- Προσεγγίζοντας το θέμα ρεαλιστικά, είναι δυνατό ένα κτίριο που χαρακτηρίζεται ως nZEB να μην επιτυγχάνει ετησίως την ενεργειακή του αυτάρκεια, δηλαδή να μην αντισταθμίζονται οι ενεργειακές του καταναλώσεις μέσω των τεχνολογιών που είναι εγκατεστημένες σε αυτό, άρα δεν έχει μηδενικό ενεργειακό κόστος ή ελάχιστες εκπομπές ρύπων. Παράγοντες που οδηγούν σε αστάθειες στην αντισταθμισμό των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου αποτελούν η ίδια κατάσταση του κτιρίου, η χρήση που γίνεται από τα άτομα του κτιρίου, οι λειτουργίες του κτιρίου, οι κλιματικές συνθήκες και το μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας.
- Με απόφαση του 2002, υπάρχει πρόβλεψη ότι από το 2019 όλα τα νέα κτίρια στην Ευρώπη θα πρέπει να παράγουν όση ενέργεια καταναλώνουν. Έτσι ενώ μπορεί να δίνεται περισσότερη έμφαση στις νέες κατασκευές, είναι καθοριστικής σημασίας ωστόσο να τονιστεί ότι η κατασκευή των νέων κτιρίων με μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας δεν θα λύσει το πρόβλημα στον κτιριακό τομέα, καθώς τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται είναι πολύ λίγα και οι ρυθμοί κατεδάφισης των παλαιών κτιρίων και κατασκευής νέων αρκετά μικροί. Με αυτά τα δεδομένα θα χρειάζονταν πολλά χρόνια για να ανανεωθεί το υπάρχον κτιριακό δυναμικό.
- Όπως προαναφέρθηκε, το ήδη υπάρχον δομημένο περιβάλλον ευθύνεται κυρίως για τη δαπάνη μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, ενώ έχει παράλληλα υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Θα ήταν λάθος η παράβλεψη των ήδη υπαρχουσών κατασκευών, καθώς αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του δομημένου περιβάλλοντος, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές ή σε πολυώροφα κτίρια, όπου δεν μπορεί να γίνει εύκολη εφαρμογή των δυνατοτήτων ενεργειακού σχεδιασμού και παροχής ενέργειας από Α.Π.Ε. Προκύπτει, λοιπόν, η αναγκαιότητα ενός περιεκτικότερου ορισμού που να περιλαμβάνει και αυτές τις περιπτώσεις [28].
- Η κατασκευή πολυώροφων κτιρίων μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου σε πυκνά δομημένα αστικά περιβάλλοντα έχει πρακτικές δυσκολίες, οπότε προκύπτει το ζήτημα σχεδίασης σε μια μεγαλύτερη κλίμακα, δηλαδή κλίμακα ομάδων κτιρίων,

οικοδομικών τετραγώνων, συνοικιών ή και πόλεων. Στο σενάριο αυτό, γίνεται λόγος για 'zero energy clusters' ή 'zero energy towns', όπου η παραγωγή ενέργειας του συγκροτήματος κτιρίων θα ισοφαρίζει τη συνολική ζήτηση, χωρίς να αποτελούν όλα τα κτίρια του συγκροτήματος κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Τα κτίρια που θα παράγουν περισσότερη από όση χρειάζονται τα ίδια, τέτοια κτίρια χαρακτηρίζονται positive energy buildings, θα καλύπτουν τις ανάγκες του οικιστικού συγκροτήματος με το ενεργειακό τους πλεόνασμα. Μια πρόσθετη κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών του οικιστικού συνόλου μπορεί να παρέχεται από εγκαταστάσεις ΑΠΕ της γύρω περιοχής. Για την πραγματοποίηση των προοπτικών για μεγαλύτερες κλίμακες σχεδίασης κτιριακών συγκροτημάτων χρειάζεται κατάλληλος αστικός βιοκλιματικός σχεδιασμός σε πολεοδομική κλίμακα [26] [27] .

## 2.3 Παραδείγματα ενεργειακής εξοικονόμησης προς την κατεύθυνση κτιρίων (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

### 2.3.1 Παραδείγματα στην Ελλάδα

2.3.1.1 **Η Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη** (Εικόνα 2.1), αποτελεί ένα κτίριο που ανήκει στο Υπουργείο Πολιτισμού παραχωρημένο για χρήση στην Ελληνική Εταιρεία Προστασίας Περιβάλλοντος και βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας.



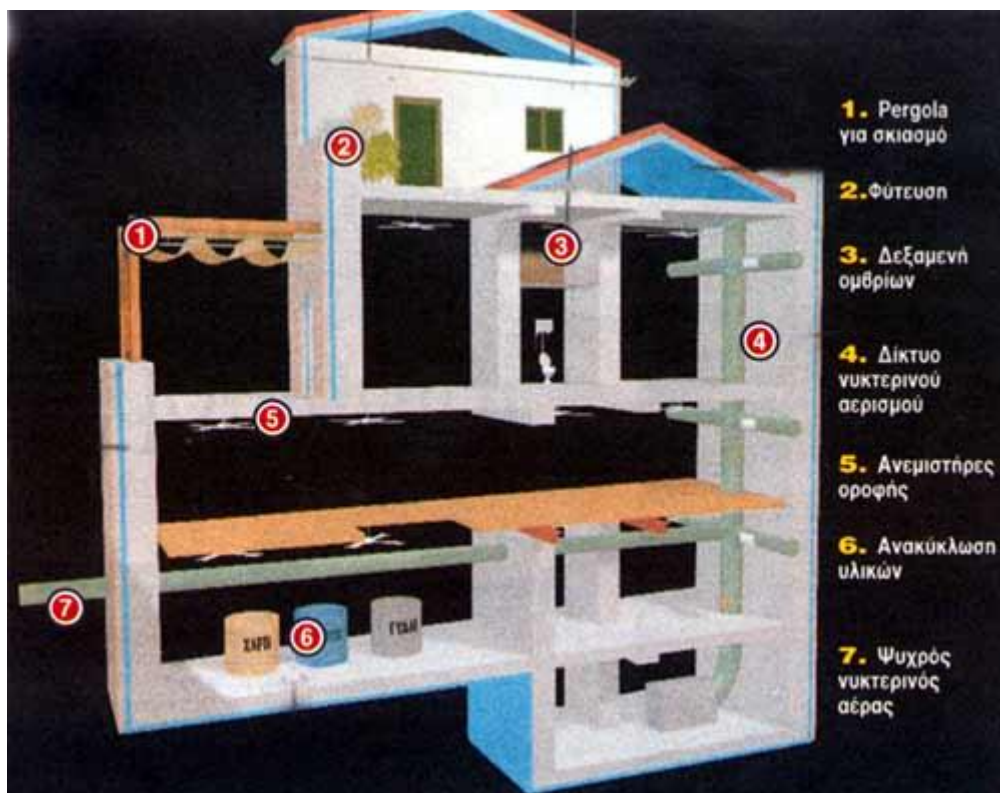
Εικόνα 2.1: Η πρόσοψη της Ευώνυμου Οικολογικής Βιβλιοθήκης μετά τα έργα

[πηγή:[www.evonymos.org](http://www.evonymos.org)]

Είναι ένα παράδειγμα κτιρίου στο οποίο έγιναν έργα για την εξοικονόμηση ενέργειας από το 2006. Συνοπτικά, τα μέτρα που έγιναν είναι:

- Θερμομόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία πάχους 4cm
- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με διπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής
- Έργα αεροστεγανότητας για την αποφυγή διαρροής του αέρα.
- Συστήματα σκίασης σύμφωνα με τον προσανατολισμό του κτιρίου
- Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στο κτίριο.
- Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών των οποίων η ενέργεια αξιοποιείται για το ζεστό νερό χρήσης.

- Αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης με αποδοτικότερο, το οποίο λειτουργεί με φυσικό αέριο.
- Εγκατάσταση στην οροφή υβριδικού συστήματος εξαερισμού.
- Φυσικό σύστημα ψύξης μέσω του συστήματος εξαερισμού και ένα βοηθητικό σύστημα ψύξης (1,5kW).
- Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με ενεργειακά αποδοτικότερους λαμπτήρες.
- Λειτουργία συστημάτων ανακύκλωσης και μικρή μονάδα κομποστοποίησης για τη λίπανση της φυτεμένης ταράτσας.
- Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) για τον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, της λειτουργίας των ΑΠΕ και την καταμέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας στις ανάγκες του κτιρίου [29] .



Εικόνα 2.2: Απεικόνιση εγκαταστάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στην Ευώνυμο Οικολογική Βιβλιοθήκη [πηγή: [www.evonymos.org](http://www.evonymos.org)]

### 2.3.1.2 Γενικό Νοσοκομείο Παπαγεωργίου Θεσσαλονίκης

Το Γενικό Νοσοκομείο Παπαγεωργίου Θεσσαλονίκης, μια νοσηλευτική μονάδα με λειτουργικότητα και υψηλές προδιαγραφές σχεδιασμού και τεχνολογίας αποτελεί ένα (σχεδόν) ενεργειακά αυτόνομο νοσοκομείο που επιτυγχάνει έως και 35% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με τα συμβατικά ελληνικά νοσοκομεία (Εικόνα 2.3). Στον

αρχιτεκτονικό σχεδιασμό λήφθηκαν υπόψη στη μελέτη του νοσοκομείου η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και δόθηκε έμφαση στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και της ηλιακής ακτινοβολίας με στροφή των κτιριακών όγκων προς το Νότο, την τοποθέτηση κατάλληλων στεγάστρων στα ανοίγματα και κατασκευή skylights στις οροφές όπου αυτό ήταν εφικτό. Με χρήση εσωτερικών φυτεμένων αίθριων και φυλλοβόλων φυτών στα αίθρια δημιουργήθηκε κατάλληλο μικροκλίμα στην περιφέρεια του νοσοκομείου προσφέροντας σκιά και δροσιά κατά τη θερινή περίοδο και βελτίωση του φυσικού φωτισμού και παθητική θέρμανση τους χειμερινούς μήνες. Επιπλέον, η χρήση στοιχείων νερού στο χώρο του νοσοκομείου πέρα από αισθητική βελτίωση και ψυχική ηρεμία οδήγησε στην αύξηση της υγρασίας προσφέροντας δροσιά στις θερινές περιόδους.



Εικόνα 2.3: Πανοραμική οπτική Γενικού Νοσοκομείου Παπαγεωργίου [πηγή:parageorgiou-foundation.gr]

Στο νοσοκομείο Παπαγεωργίου λειτουργεί μια μονάδα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια κάνοντας χρήση φυσικού αερίου και καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης τη χειμερινή περίοδο, ψύξης τη θερινή περίοδο και ζεστού νερού χρήσης.

Στο έργο συμπεριλαμβάνεται μονάδα συμπαραγωγής που αξιοποιεί τη θερμότητα της μηχανής και των καυσαερίων για να παράγει θερμό νερό σε υψηλές θερμοκρασίες. Η μονάδα του νοσοκομείου παράγει περίπου το 76% της συνολικής ζήτησης σε ενέργεια σε ώρες αιχμής. Στο νοσοκομείο περιλαμβάνεται επίσης ένας ψύκτης 'προσοροφητικού' τύπου, ώστε να αξιοποιεί κατά τη θερινή περίοδο το θερμό νερό για την παραγωγή ψυχρού νερού κλιματισμού [30] .

### 2.3.2 Παράδειγμα αστικού οικισμού (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης εξωτερικού

Το Beddington Zero Energy Development (BedZed) στο Hackbridge, προάστιο στο Λονδίνο, σαν project αστικού οικισμού υψηλής πυκνότητας και μικτών χρήσεων του αρχιτέκτονα Bill Dunster, με απαρχή κατασκευής το έτος 2002 σε ένα χώρο που χρησιμοποιούταν για την επεξεργασία λυμάτων. Ο οικισμός αποτελείται από 82 κατοικίες, 271 δωμάτια και 2500 τ.μ. χώρων εργασίας, γραφείων, καταστημάτων και δημόσιων εγκαταστάσεων, αλλά και από έκταση 4000 τ.μ. από χώρους πρασίνου και χώρους αθλητικών δραστηριοτήτων. Στόχος της δημιουργίας ενός τέτοιου συγκροτήματος κτιρίων ήταν πέρα από τη χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση των κατοικιών, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της περιοχής, η διατήρηση της ποιότητας ζωής και η προώθηση ενός μοντέλου αειφορίας και βιωσιμότητας.

Οι εγκαταστάσεις και σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εξοικονόμησης οικισμού περιγράφονται συνοπτικά ως εξής:

Οι νότιες όψεις των κτιρίων αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από γυάλινες επιφάνειες, ώστε να αξιοποιούν βέλτιστα την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να δημιουργείται στις πλευρές αυτές ένα τύπου διώροφο 'θερμοκήπιο' που γειτνιάζει με τους υπόλοιπους χώρους των κτιρίων με σκοπό τη μεταφορά θερμότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ο χώρος αυτός, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4 Εικόνα 2.4 σε θερινούς μήνες απομονώνεται σκόπιμα για να αποφευχθεί η θερμική επιβάρυνση του κτιρίου.



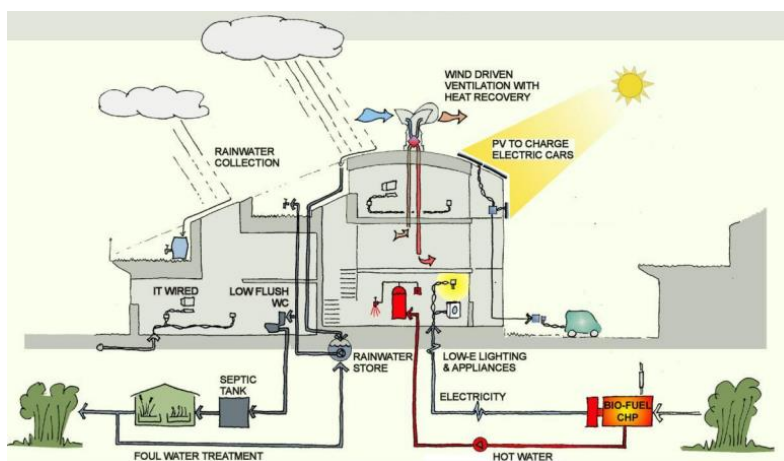
Εικόνα 2.4: Άποψη του διώροφου 'ηλιακού θερμοκηπίου' στις νότιες όψεις των κτιρίων με τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες [πηγή: [www.creatingasenseofplace.com/place/263/bedzed](http://www.creatingasenseofplace.com/place/263/bedzed)]

Ορισμένες κατοικίες έχουν κήπους στο ισόγειο, ενώ στην νότια πλευρά κάποιες οροφές των γραφείων έχουν κήπους και φεγγίτες για την καλύτερη μόνωση, για αισθητικούς σκοπούς και παροχή φυσικού φωτισμού (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5: Κήποι βόρειας όψης όπου φαίνονται οι φεγγίτες για την παροχή φυσικού φωτός στους χώρους εργασίας.[πηγή: [www.zeroenergybuildings.org](http://www.zeroenergybuildings.org)]

Ο προσανατολισμός του οικισμού για τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών, η επιτόπια επεξεργασία του νερού, η πρόβλεψη παροχής εναλλακτικών προοπτικών για τα αυτοκίνητα, η παροχή υπηρεσιών και εγκαταστάσεων για τον οικισμό και η ανακύκλωση των υγρών που παράγονται από οικιακές δραστηριότητες, 'γκρι νερά' για την άρδευση, μερικά από τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6 Αναπαράσταση συστημάτων επεξεργασίας και συλλογής υδάτων, ηλιακών συστημάτων για ενέργεια στα κτίρια και ηλεκτρική φόρτιση αυτοκινήτων και σύστημα φυσικού αερισμού.

[πηγή: [lewebpedagogique.com/eurostjo/files/2014/01/3-bedzed.pdf](http://lewebpedagogique.com/eurostjo/files/2014/01/3-bedzed.pdf)]

Η συνύπαρξη κατοικίας και χώρων εργασίας οδηγεί σε μείωση των αναγκών για μετακίνησης λόγω επαγγέλματος, παρέχεται τροφοδότηση ενέργειας για ηλεκτρικά αυτοκίνητα με φωτοβολταϊκούς ηλιακούς συλλέκτες, επιτυγχάνοντας 64% μείωση στις αποστάσεις ιδιωτικής χρήσης.

Έγινε επαναχρησιμοποίηση ανακυκλωμένων οικοδομικών υλικών και δόθηκε έμφαση στη θερμομόνωση των κατοικιών ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι απώλειες θερμότητας από τους τοίχους, τις οροφές, τα δάπεδα και τα ανοίγματα. Επιτυγχάνονται υψηλά επίπεδα θερμομόνωσης και ως συνέπεια καταναλώνεται 88% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση, 25% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια και ως 60% λιγότερη συνολική κατανάλωση συγκριτικά με μια συμβατική βρετανική κατοικία.

Ο αέρας στο συγκρότημα κτιρίων ανανεώνεται πάνω από δύο φορές την ώρα, χωρίς να χάνεται μεγάλο ποσό θερμότητας, επειδή ο θερμικός εναλλάκτης εκμεταλλεύεται μέχρι και το 70% της θερμότητας που εξέρχεται, ενώ χρησιμοποιούνται αιολικές καμινάδες με επίτευξη βέλτιστων επιπέδων φυσικού αερισμού και δροσισμού αποτρέποντας τις διαρροές θερμότητας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.7 'Αιολικές καμινάδες' στην οροφή των κτιρίων και φωτοβολταϊκοί ηλιακοί συλλέκτες

[πηγή: [www.zeroenergyhouse.co.nz](http://www.zeroenergyhouse.co.nz)]

Τέλος, έμφαση δόθηκε, επίσης, στην εγκατάσταση συστημάτων εκμετάλλευσης ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά πάνελ, ηλιακούς συλλέκτες, μιας μικρής ανεμογεννήτριας, αλλά και μια μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας από βιοκαύσιμα. Πέρα από την κατασκευή αυτόνομων κατοικιών από ενεργειακής άποψης, η εγκατάσταση των ανωτέρω συστημάτων συνεπάγεται τη μείωση ρύπων και επίτευξη μηδενικού ισοζυγίου εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [31].



### 3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίου

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική επικεντρώνεται στο σχεδιασμό κτηρίων, εσωτερικών και εξωτερικών χώρων από το πρίσμα των περιβαλλοντικών και χωρικών συνθηκών του τοπικού κλίματος που χαρακτηρίζει κάθε τόπο με σκοπό την διασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης. Κύρια στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού συνιστούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια στοχεύοντας στην αξιοποίηση των περιβαλλοντικών δεδομένων για τη θέρμανση, τον αερισμό, την ψύξη και το φυσικό φωτισμό των κτηρίων. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αντίληψη για το σχεδιασμό κτηρίων και οικιστικών συνόλων έχει ως αρχή τη βιωσιμότητα, την ήπια συμβιωτική διαχείριση του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Αποτελεί εδώ και πολλές δεκαετίες σπουδαία προσέγγιση για την κατασκευή κτηρίων παγκοσμίως και λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς, ως μέθοδος ένταξης ενός κτηρίου στο ευρύτερο πολεοδομικό και χωρικό οικοσύστημα που το περιβάλλει παρέχοντας πολλαπλά ενεργειακά, περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη [32] .

Πιο συγκεκριμένα, τα ενεργειακά οφέλη από την εφαρμογή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι:

- Η ενεργειακή εξοικονόμηση ως αποτέλεσμα της μείωσης απωλειών μέσω βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.
- Η παραγωγή θερμότητας από τα ηλιακά συστήματα άμεσου και έμμεσου κέρδους που συμβάλλουν στις ανάγκες θέρμανσης των χώρων ενός κτηρίου
- Η επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης των ατόμων χρησιμοποιούν ένα κτήριο.
- Η εξασφάλιση επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών ανάλογα τις εξωτερικές συνθήκες, επιφέροντας μείωση του φορτίου που καταναλώνεται για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων ενός χώρου από τα ηλεκτρομηχανολογικά του συστήματα.

Η θερμική λειτουργία ενός κτηρίου συνιστά μια δυναμική κατάσταση που εξαρτάται αρχικά από τα εκάστοτε τοπικά κλιματικά και περιβαλλοντικά δεδομένα (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, σχετική υγρασία, άνεμος, βλάστηση, σκιασμός από γειτονικά κτήρια), αλλά και από την ίδια τη σκοπιμότητα και χρήση του κτηρίου, καθώς προκύπτουν διαφορετικά δεδομένα εάν το κτήριο αφορά κατοικία, γραφείο, μονάδα φροντίδας, κλπ [32] .

Επίσης, η εξάρτηση της θερμικής λειτουργίας ενός κτηρίου από την ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων, των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων και το

ενεργειακό του προφίλ επιφέρει και μεταβλητότητα στην απόδοση του κτηρίου από εξωγενείς και μη-τεχνικούς παράγοντες.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ως βασικά στοιχεία τα ηλιακά παθητικά συστήματα, με κατεύθυνση τη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και την ανάδειξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους με κατανόηση των δεδομένων που αυτό θέτει και προσφέρει.

Οι κύριες αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού συνοψίζονται σε:

- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού για τη θέρμανση των χώρων και τη μείωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα.
- Μελέτη του προσανατολισμού και του σχήματος του κτηρίου, του προσανατολισμού των ανοιγμάτων για τη βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, του φυσικού αερισμού, δροσισμού και θέρμανσης των χώρων.
- Μείωση της κατανάλωσης του ψυκτικού φορτίου τους θερινούς μήνες μέσω διατάξεων ηλιοπροστασίας.
- Αξιοποίηση του ήλιου για φυσικό φωτισμό με ταυτόχρονη μείωση κατανάλωσης για τεχνητό φωτισμό, αλλά και τη μελέτη ηλιοπροστασίας και φυσικού σκιασμού.
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο.
- Αξιοποίηση του φυσικού αερισμού για δροσισμό κατά τους θερινούς μήνες.
- Βελτίωση, παρακολούθηση και ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών ενός χώρου για επίτευξη άνετου θερμικού εσωκλίματος για τα άτομα.
- Λειτουργική οργάνωση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου.
- Χρήση δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον.
- Φροντίδα και δημιουργία βλάστησης, αξιοποίηση στοιχείων νερού και γενικά διαμόρφωση και αξιοποίηση του εξωτερικού μικροκλίματος ενός κτηρίου [33].

Η μελέτη και η καταγραφή των τοπικών κλιματικών δεδομένων και των τοπογραφικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντα χώρου κάθε κτηρίου αναδεικνύει τη μοναδικότητα της διαδικασίας του αρχιτεκτονικού βιοκλιματικού σχεδιασμού νέου κτηρίου ή αρχιτεκτονικών παρεμβάσεων σε προϋπάρχον κτίριο. Παράλληλα, οι λειτουργίες που συντελούνται μέσα στο κτίριο, καθώς και ο πληθυσμός που δραστηριοποιείται σε αυτό συμβάλλουν στη διαμόρφωση των συνθηκών του κτηρίου.

Τα κλιματικά δεδομένα που συλλέγονται για την βιο-αρχιτεκτονική μελέτη είναι οι μέσες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες ανά μήνα, η σχετική υγρασία, η ένταση και διεύθυνση

των ανέμων. Ακόμα ο χαρακτήρας της περιοχής (ορεινή, παραθαλάσσια, αστική ή μη) καθορίζουν τη στρατηγική μελέτης αλλά και η περιφερειακή δόμηση, οι συνθήκες σκίασης λόγω γειτονικών κτιρίων.

Ο στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η διασφάλιση αποδεκτών εσωκλιματικών συνθηκών με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου χειμώνα-καλοκαίρι και συνεπώς ο περιορισμός της εξάρτησης από το μηχανολογικό εξοπλισμό για θέρμανση – ψύξη και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Το Ελληνικό κλίμα χαρακτηρίζεται από:

- ήπιους χειμώνες και σχετικά χαμηλές νυχτερινές θερμοκρασίες, με μεγάλη όμως ημερήσια ηλιοφάνεια.
- θερμά καλοκαίρια με σημαντική πτώση της νυχτερινής θερμοκρασίας.

Τα κλιματικά χαρακτηριστικά αυτά, κάνουν την Ελλάδα ιδανικό τόπο για την επίτευξη ενεργειακής κάλυψης στη χειμερινή θέρμανση και τη θερινή ψύξη των κτιρίων. Προϋπόθεση για την επίτευξη μεγάλων ποσοστών ενεργειακής επάρκειας είναι ο σωστός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός [34] .

Μέσα από την υιοθέτηση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτηρίων εκπληρώνονται τέσσερις βασικοί στόχοι:

- Η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα με την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας και υποκατάσταση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Η εξοικονόμηση χρήματος με τη χρήση της πλεονάζουσας ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση χώρων και την αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό.
- Η προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των ρύπων από τον περιορισμό χρήσης συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού.
- Η βελτίωση των εσωτερικών κτηριακών συνθηκών μέσω διασφάλισης βιολογικής, θερμικής, ακουστικής και οπτικής άνεσης και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης.

Ουσιαστικά η βιοκλιματική αρχιτεκτονική προτείνει μια εμπλουτισμένη οπτική για τον σχεδιασμό του δομημένου χώρου, που περιλαμβάνει την περιβαλλοντική διάσταση, τον ανθρώπινο παράγοντα και την αντίστοιχη ευαισθησία. Αφορά σε μια αρχιτεκτονική προσέγγιση φιλική προς το περιβάλλον και τα άτομα για μια εναλλακτική αντίληψη της διαδικασίας δόμησης του χώρου - χωρίς να αμελείται η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα – που οφείλει να προξενεί την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό περιβάλλον με το μικρότερο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

### 3.1 Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω βιοκλιματικών παρεμβάσεων

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν και ελαχιστοποιούν τις απαιτήσεις ενός κτιρίου σε ενέργεια είναι:

- τα συστήματα ενός κτιρίου που χαρακτηρίζονται ως μη ενεργειακά, όπως το κτιριακό κέλυφος και το εσωτερικό του κτιρίου, κυρίως οι τοίχοι, οι οροφές, τα δάπεδα, οι πόρτες και τα παράθυρα του.
- τα συστήματα και τις φυσικές συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, όπως η φύτευση, τα υπαίθρια σκίαστρα, η εκμετάλλευση των θερινών δροσερών ανέμων, η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- τα ενεργειακά συστήματα του κτιρίου, δηλαδή τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, φωτισμού και διακίνησης των ενοίκων.
- Ο ανθρώπινος παράγοντας που κατοικεί ή εργάζεται στο κτίριο, αλλά κυρίως το εξειδικευμένο προσωπικό με αρμοδιότητα διαχείρισης της λειτουργίας και συντήρησης του κτιρίου.

Τα παθητικά Συστήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Για τα μη ενεργειακά συστήματα ενός κτιρίου, οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας επικεντρώνονται στην προσθήκη θερμομονωτικής επένδυσης στους τοίχους, τα δάπεδα και τις οροφές και στη χρήση θερμομονωτικών αεροστεγών κουφωμάτων, στη μελέτη σκιασμού και ηλιασμού του κτιρίου, στην προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων για τη θέρμανση και το δροσισμό στην νότια όψη του κτιρίου και στη θωράκιση του κτιρίου από διαφεύγων αερισμό με τοποθέτηση διπλών περιστρεφόμενων θυρών και ανεμοθραυστών στις κύριες εισόδους και την απομόνωση των κατακόρυφων φρεάτων και κλιμακοστασίων. Ακόμα, με την κατάλληλη διάταξη στα αίθρια και τα παράθυρα βελτιώνεται ο φυσικός φωτισμός των χώρων του κτιρίου, με προσθήκη ηλιοπροστασίας στα παράθυρα στις νότιες όψεις του κτιρίου αποφεύγεται η υπερθέρμανση το καλοκαίρι, με την κατάλληλη εσωτερική διαρρύθμιση των χώρων και την προσθήκη παραθύρων για διαμπερή αερισμό [27] .

Στον περιβάλλοντα χώρο μια σειρά προτάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στις νότιες όψεις του κτιρίου για τον περιορισμό της διέλευσης ψυχρών χειμερινών ανέμων, και γενικά η δημιουργία περισσότερων χώρων πρασίνου, η κατασκευή υπαίθριων σκιάστρων και χρήση στοιχείων νερού ώστε με την κατεύθυνση των ανέμων το καλοκαίρι να βελτιώνεται το μικροκλίμα γύρω από το κτίριο.

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας για τα συστήματα παρασκευής και διανομής θερμού νερού οικιακής χρήσης αφορούν στον έλεγχο και μείωση της παροχής θερμού νερού ως αποτέλεσμα άλλων διαδικασιών εξοικονόμησης ενέργειας, η μόνωση των σωληνώσεων και των boilers, η εγκατάσταση τοπικών θερμαντών νερού με ταυτόχρονη αντικατάσταση του κεντρικού συστήματος παρασκευής θερμού νερού, η ανάκτηση και χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας για χρήση στη θέρμανση του νερού, η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων για την συμπαραγωγή θερμού νερού και ηλεκτρικής ενέργειας [27].

Σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα φωτισμού, επιτυγχάνεται με την αύξηση του φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, με την επιλογή κατάλληλων χρωμάτων στις επιφάνειες με σκοπό την αύξηση του συντελεστή χρησιμοποίησης, η εκ νέου ρύθμιση της στάθμης φωτισμού με τις αναθεωρημένες συνθήκες. Σε επίπεδο εγκαταστάσεων φωτισμού, προτείνεται η χρήση λαμπτήρων με υψηλή απόδοση, η συντήρηση και περιοδική αντικατάστασή τους, η χρήση αυτοματισμών έντασης ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό και τις ανάγκες του χώρου.

Μια ολιστική εποπτεία της κεντρικής εγκατάστασης και των ενεργειακών μεγεθών του κτιρίου, η έγκαιρη διάγνωση και πρόβλεψη βλαβών και φθορών, η παρακολούθηση των καταναλώσεων ενέργειας και ο χειρισμός αυτοματισμών και του εξοπλισμού επιτυγχάνεται με ένα κεντρικό σύστημα ενεργειακής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο, BEMS (Building Energy Management System).

### 3.2 Διαχωρισμός ηλιακών συστημάτων

Η διάκριση των συστημάτων θέρμανσης γίνεται σε:

- **Παθητικά ηλιακά συστήματα** που ονομάζονται τα συστήματα που χρησιμοποιούν τις διάφορες πηγές ενέργειας δίχως την διεύθυνση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά θερμότητας προς ένα χώρο.

Ως συστήματα που αποτελούν εξέλιξη του βιοκλιματικού σχεδιασμού βασίζονται στη φυσική ροή θερμότητας, αξιοποιούν τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτηρίου

και εκμεταλλεύονται τα δομικά στοιχεία του κτηριακού κελύφους με σκοπό τη συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση θερμότητας. Δηλαδή, συγκεντρώνουν τη θερμότητα, την αποθηκεύουν, τη μεταδίδουν και τη διαχέουν επιχειρώντας να ρυθμίσουν τη θερμική συμπεριφορά της κατοικίας [35] .

- **Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**, τα οποία αξιοποιούν τις διάφορες πηγές ενέργειας μέσω μηχανικών μέσων. Τις περισσότερες φορές απαιτούν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που απορρέει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε.

Ονομάζονται αλλιώς και θερμικά ηλιακά συστήματα και σε αυτά συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπεται σε θερμότητα και έπειτα μεταφέρεται νερό, αέρα ή κάποιο άλλο ρευστό. Το πιο διαδεδομένο παράδειγμα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση ΖΝΧ ή των χώρων [27] .

- **Υβριδικά ηλιακά συστήματα** λέγονται τα συστήματα που εμπεριέχουν και τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Έχουν ως βάση την παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με την ταυτόχρονη παρεμβολή μηχανικών συστημάτων χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Παραδείγματος χάρη, ένα παθητικό σύστημα μπορεί να μετατραπεί σε υβριδικό με την προσθήκη ενός ανεμιστήρα, προκειμένου να υποβοηθηθεί η ροή της θερμότητας στους χώρους του κτηρίου ή με την προσθήκη ενός θερμοστάτη για τον έλεγχο των επιπέδων της θερμότητας που αποδίδεται.

Ένας πρόσθετος διαχωρισμός των συστημάτων είναι βάση των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούν για τη λειτουργία τους. Οι πηγές ή μορφές ενέργειας διακρίνονται σε συμβατικές και ανανεώσιμες [36] .

### 3.3 Εγκατάσταση – ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων

Σημαντική παράμετρος της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αποτελεί η μελέτη του κτηρίου και ιδίως των δεδομένων του περιβάλλοντα χώρου, η μορφή και ο προσανατολισμός του κτηρίου για τη μεγιστοποίηση της θερμικής εκμετάλλευσης κατά το στάδιο του σχεδιασμού. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν δομικά αρχιτεκτονικά στοιχεία ενός κτηρίου και εντάσσονται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, λειτουργώντας χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή επιπρόσθετη παροχή ενέργειας, ενώ θερμαίνουν και δροσίζουν το κτήριο με φυσικό τρόπο.

Ο κατάλληλος σχεδιασμός του κτηρίου κρίνεται απαραίτητος, έτσι ώστε το κτηριακό κέλυφος να μπορεί να συλλέγει τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία, να επιτρέπει τη μέγιστη θερμοχωρητικότητα, αλλά και μειωμένες θερμικές απώλειες. Αποτελεί κανόνα πως τα

παθητικά ηλιακά συστήματα προσαρτώνται σε νότιες όψεις του κτηρίου με δυνατότητα απόκλισης έως 30° ανατολικά ή δυτικά του καθαρού νότου [35] .

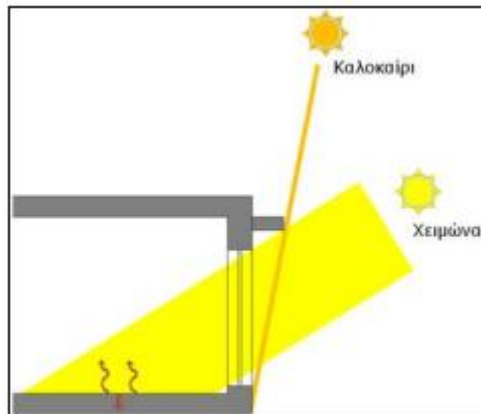
Ο τρόπος λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται στους εξής μηχανισμούς:

- Στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή στη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού και στη συνέχεια τη διατήρηση της στο εσωτερικό των χώρων με σκοπό τη θέρμανση τους.
- Στη θερμική υστέρηση ή θερμοχωρητικότητα των υλικών.
- Στη φυσική ροή της θερμότητας, την αρχή ότι μεταφέρεται από ένα θερμό προς ένα κρύο αντικείμενο.

Τα τρία είδη παθητικών ηλιακών συστημάτων για θέρμανση είναι:

- **Τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους**, στα οποία οι κτηριακοί χώροι θερμαίνονται με την άμεση είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας χωρίς την παρεμβολή κάποιας θερμικής μάζας ή ενός συστήματος διανομής της θερμότητας. Στα συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους δε κατασκευάζεται κάποια θερμική μάζα, αλλά η θερμότητα προσπίπτει άμεσα στα υλικά είτε ως αποτέλεσμα αλληπάλληλων ανακλάσεων (Εικόνα 3.1). Δε μπορεί κάθε άνοιγμα να χαρακτηριστεί τεχνική παθητικής θέρμανσης, αλλά πρέπει να έχει νότιο προσανατολισμό ή έστω μια μικρή απόκλιση προς το νότο. Το πιο γνωστό παθητικό σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους λειτουργεί με την αξιοποίηση των ανοιγμάτων κατάλληλου προσανατολισμού συνδυαστικά με την κατάλληλη θερμική μάζα που θα απορροφά κομμάτι της θερμότητας και την παρέχει στο χώρο διατηρώντας το χώρο θερμό για ένα χρονικό διάστημα.

Στα συστήματα αυτά χρειάζεται η μελέτη της απαιτούμενης ηλιοπροστασίας κατά τους θερινούς μήνες για την αποφυγή της υπερθέρμανσης, το οποίο μπορεί να εξασφαλιστεί με τη σκίαση των ανοιγμάτων είτε με σταθερά είτε με κινητά σκίαστρα [35] .



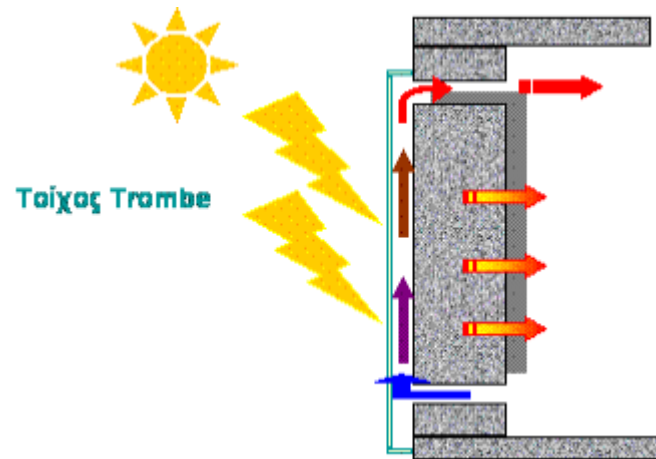
Εικόνα 3.1: Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους [πηγή: Τεχνική οδηγία ΤΕΕ Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010]

- **Τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους**, στα οποία τα ηλιακά οφέλη αξιοποιούνται με έμμεσο τρόπο για τη θέρμανση του κτηρίου. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται εκτός του χώρου και η αποθήκη της θερμότητας συχνά αποτελεί το στοιχείο που διαχωρίζει το συλλέκτη με το χώρο. Κύριο γνώρισμα των συστημάτων αυτών αποτελεί η καθυστέρηση στην απόδοση της θερμότητας σε ένα χώρο, από τη στιγμή που η ηλιακή ενέργεια έχει συλλεχθεί.

Τα πιο γνωστά παθητικά συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους είναι:

- Οι ηλιακοί τοίχοι που έχουν υαλοστάσιο τοποθετημένο στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας σε απόσταση 5-15 cm, λειτουργώντας ως ηλιακοί συλλέκτες που μεταφέρουν τη θερμότητα στον εσωτερικό χώρο είτε μέσω του υλικού του τοίχου είτε μέσω θυρίδων. Οι ηλιακοί τοίχοι θερμικής μάζας αποτελούνται από τοίχο με υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας και η εξωτερική τους πλευρά έχει σκούρο χρώμα για την αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Είτε είναι απλοί τοίχοι μάζας χωρίς θερμοσιφωνική ροή και χωρίς θυρίδες είτε είναι συμπαγούς κατασκευής είτε αποτελούνται από δοχεία νερού είτε είναι τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (τοίχοι Trombe – Michel). Στην περίπτωση των τοίχων Trombe – Michel, οι θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα του τοίχου επιτρέπουν τη φυσική κυκλοφορία του θερμού αέρα μεταξύ του διάκενου τοίχου και υαλοστασίου στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, ο ψυχρός αέρας του χώρου μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο κάτω μέρος του τοίχου στο διάκενο, όπου και θερμαίνεται και ανέρχεται, δημιουργώντας συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο (Εικόνα 3.2).

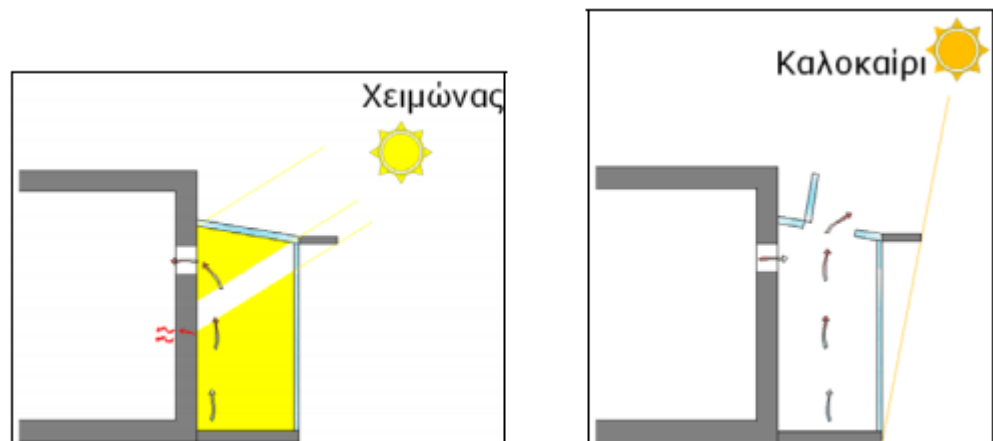




Εικόνα 3.2: Λειτουργία Τοίχου Trombe [πηγή: cres.gr]

- **Ηλιακοί χώροι ή Θερμοκήπια** που αποτελούν κλειστούς χώρους μεγάλης γυάλινης επιφάνειας που ενσωματώνονται σε ένα τμήμα του κτηριακού κελύφους. Είναι αποτελεσματικά σε νότιο προσανατολισμό, με θυρίδες και ανοίγματα προς το εσωτερικό του κτηρίου, αλλά και με σύστημα σκιασμού και αερισμού για τους θερινούς μήνες. Η λειτουργία τους βασίζεται στη διερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μέσω των νότιων υαλοστασίων η οποία μετατρέπεται σε θερμική και έπειτα ένα μέρος της ρέει ως θερμότητα στο χώρο από τα τις θυρίδες ή ανοίγματα του δομικού στοιχείου, ενώ το υπόλοιπο αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου και τον θερμαίνει με χρονική υστέρηση (Εικόνα 3.3). Στην Εικόνα 3.4 απεικονίζεται η πρόσοψη ενός ηλιακού θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα μέσα από μετρήσεις και σειρά προσομιώσεων σε κατοικίες με εγκατεστημένα θερμοκήπια αποδεικνύεται ότι αυτά συνδράμουν στην ενεργειακή εξοικονόμηση στη θέρμανση κατά 13%-30%. Επιπλέον, κατά τη θερινή περίοδο χρειάζεται η μέριμνα σκιασμού της γυάλινης επιφάνειας με σκίαστρα ή με σταθερά στέγαστρα ή με φυλλοβόλο βλάστηση, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση [35].



Εικόνα 3.3: Τρόπος λειτουργίας θερμοκηπίου χειμώνα και καλοκαίρι [πηγή: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)]



Εικόνα 3.4: Παράδειγμα ηλιακού θερμοκηπίου [πηγή: [www.evonymos.org](http://www.evonymos.org)]

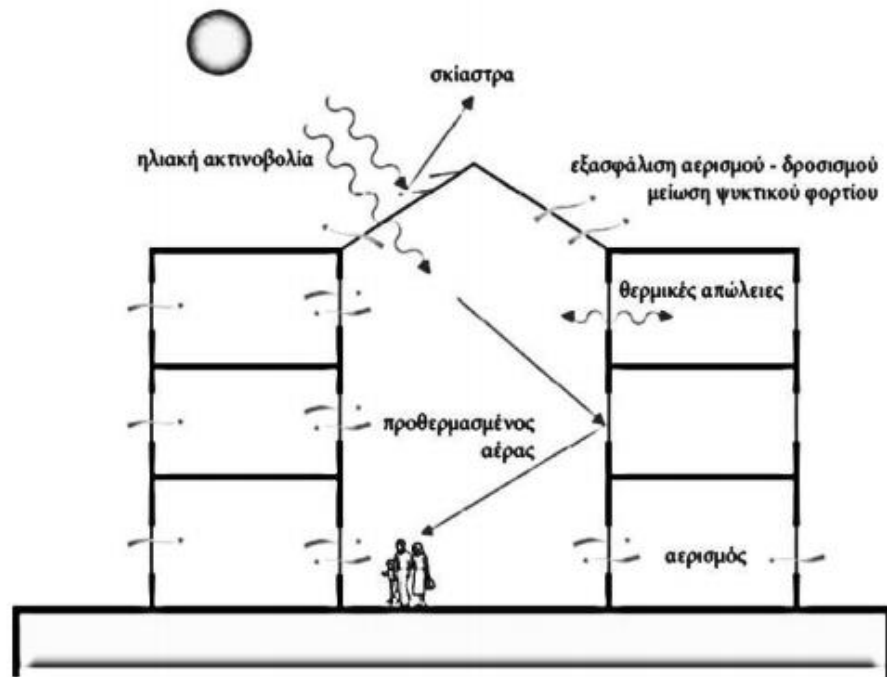
- **Ηλιακό αίθριο**, το οποίο είναι ο αιθριακός χώρος ενός κτηρίου που καλύπτεται με υαλοστάσια στα οποία συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία, συγκεντρώνεται στον εσωτερικό χώρο του αιθριακού χώρου και έπειτα μεταφέρεται στη μορφή θερμότητας στους χώρους ενός κτηρίου, ενώ ποσοστό αυτής αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Μπορεί να αποτελεί μεταβατικό χώρο ανάμεσα στους κυρίως κτηριακούς χώρους και τον υπαίθριο χώρο.

Για την αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τη θερινή περίοδο υπάρχουν ανοίγματα στη γυάλινη οροφή για τον αερισμό, αλλά και σκίαστρα για την ελεγχόμενη απόδοση του ηλιακού αιθρίου. Κατά τη χειμερινή περίοδο, τα ηλιακά αίθρια λειτουργούν ως προθάλαμοι θερμικής ανάσχεσης.

Πέρα από τη θερμική συνεισφορά τους σε ένα κτήριο, τα ηλιακά αίθρια ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, συνεισφέρουν και στο φυσικό φωτισμό ενός κτηρίου, αφού διοχετεύουν την ηλιακή ακτινοβολία στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου, παρέχοντας διάχυτο φωτισμό και

συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός σε ένα χώρο μειώνοντας τη θάμβωση (Εικόνα 3.5) [35] .

Στην Εικόνα 3.6 απεικονίζεται η οροφή ενός στεγασμένου ηλιακού αίθριου.



Εικόνα 3.5: Απεικόνιση λειτουργίας ηλιακού αίθριου για τον αερισμό και τη θέρμανση [πηγή: [http://www.elem.tee.gr/attachments/article/2460/vioklimatikos\\_sxediasmos.pdf](http://www.elem.tee.gr/attachments/article/2460/vioklimatikos_sxediasmos.pdf)]

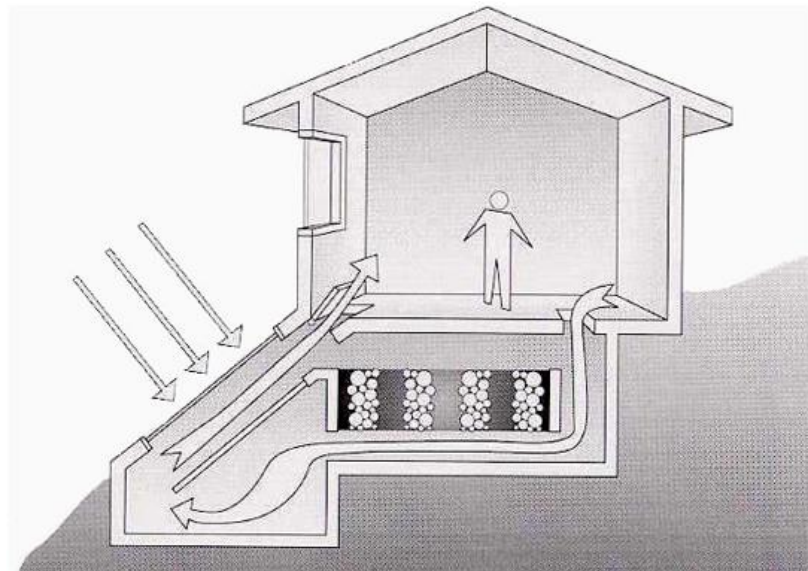


Εικόνα 3.6: Η οροφή ενός στεγασμένου ηλιακού αίθριου [πηγή: [tgs-klissenbauer.de](https://www.tgs-klissenbauer.de)]

- **Συστήματα απομονωμένου κέρδους**, όπως το **θερμοσιφωνικό πάνελ ή αεροσυλλέκτης** που βρίσκεται εκτός του κτηριακού περιβλήματος. Το θερμοσιφωνικό πάνελ προσαρτάται στην όψη ενός κτηρίου και αποτελείται

εξωτερικά από υαλοπίνακα και μονωμένη μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια για τη βέλτιστη απορρόφηση ηλιακής ενέργειας. Συνήθως, το σύστημα αυτό τοποθετείται σε χαμηλότερο επίπεδο από τους κύριους κτηριακούς χώρους στην κλίση των 40° περίπου. Η εγκατάσταση του πάνελ φέρει διάκενο αέρα για την ανακύκλωση και την κυκλοφορία του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω αγωγών. Η θερμότητα επίσης μπορεί να μεταφέρεται και στην αποθήκη θερμότητας (rock bed) της εγκατάστασης για τη σταδιακή απόδοση της στους εσωτερικούς χώρους (Εικόνα 3.7).

Ιδιαίτερα στα ψυχρά κλίματα ενδείκνυται η χρήση διπλού υαλοπίνακα, ενώ γενικά κατά τη νύχτα είναι σημαντικό το κλείσιμο των ανοιγμάτων κυκλοφορίας του αέρα για την αποφυγή θερμικών απωλειών. Κατά τη θερινή περίοδο προτείνεται η σκίαση του πάνελ για την αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων.



Εικόνα 3.7: Απεικόνιση λειτουργίας θερμοσιφωνικού πάνελ [πηγή:

[www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_systyma\\_kerdous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_systyma_kerdous.htm)]

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα γενικά χρειάζονται επαρκή συντήρηση προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη απόδοση των βιοκλιματικών κτηρίων. Ενώ από τη μια δε διαθέτουν μηχανικές εγκαταστάσεις, στα παθητικά ηλιακά συστήματα συσσωρεύεται σκόνη, φθείρονται τα κουφώματα και τα διάφανα υλικά, οπότε μια τακτική μέριμνα για την αποκατάσταση της βέλτιστης λειτουργικότητας των συστημάτων κρίνεται αναγκαία.

Επίσης, σε ένα βιοκλιματικό κτήριο όταν υπάρχει εύρυθμη και επαρκής λειτουργία του συστήματος σκίασης και αερισμού μειώνονται αρκετά τα προβλήματα υπερθέρμανσης και

διατηρείται μια θερμική άνεση κατά τις θερινές περιόδους. Επιπλέον, κατά την επιλογή των παθητικών τεχνικών και συστημάτων θα πρέπει να συνυπολογίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, ο τύπος και η χρήση του, τα δεδομένα της κλιματικής περιοχής, η επιλογή του συστήματος δόμησης στην περιοχή, η ανάλυση της σχέσης κόστους και οφέλους από μια επένδυση [36] .

### 3.4 Ηλιοπροστασία – Σκιασμός

Πέρα από τη θέρμανση στα βιοκλιματικά κτήρια, βασικό κομμάτι για την εύρυθμη λειτουργία τους αποτελεί και η εξασφάλιση ηλιοπροστασίας κατά τη θερινή περίοδο. Στην Ελλάδα αυτό επιδιώκεται μέσω των δομικών στοιχείων ενός κτηρίου ή και μέσω διατάξεων για σκίαση. Τρόποι για την ηλιοπροστασία και το σκιασμό των βιοκλιματικών κτηρίων είναι τα σταθερά ή κινητά εξωτερικά σκίαστρα, οι σταθερές περσίδες σκίασης, τα εξωτερικά ρολά ή παντζούρια, οι εσωτερικές κουρτίνες ή ένας συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων.

Συγκεκριμένα, στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται εξωτερικά ή εσωτερικά υφασμάτινα ρολά, ενώ η οροφή τους είναι συνήθως πλήρως σκιασμένη [36] .

Παρά ταύτα, τα εξωτερικά σκίαστρα με κινητές περσίδες αποτελούν την αποτελεσματικότερη μέθοδο σκιασμού, καθώς μπορούν να ρυθμιστούν κατά τη διάρκεια του έτους, έχουν όμως πολύ υψηλό κόστος. Επομένως, συνήθως επιλέγεται ο συνδυασμός της σταθερής σκίασης με συμπληρωματική εφαρμογή από εσωτερικά στόρια, ενώ η χρήση φυλλοβόλλων δέντρων και βλάστησης εμποδίζει τον άμεσο ηλιασμό και δημιουργώντας σκιά μειώνεται και η θερμοκρασία στο επίπεδο του εδάφους.

Στα ανοίγματα ενός κτηρίου κατά τη θερινή περίοδο, πρέπει να υπάρχει μέριμνα για τη μείωση της θερμογόνου ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ηλιοπροστασίας, χωρίς όμως να αγνοείται η ανάγκη για φυσικό φωτισμό και η επίδραση των διατάξεων ηλιοπροστασίας στο ηλιακό θερμικό κέρδος του χειμώνα.

Ένας άλλος τρόπος ηλιοπροστασίας και σκιασμού των ανοιγμάτων σε ένα βιοκλιματικό κτήριο αποτελεί η μείωση της επιφάνειας ανατολικών και δυτικών υαλοστασίων, καθώς κατά τη θερινή περίοδο τα παράθυρα αυτά δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Από την άλλη, τα νότια ανοίγματα δε δέχονται πολλή ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, ενώ έχουν υψηλά θερμικά κέρδη το χειμώνα [37] [38] .

### 3.5 Φυσικός και νυχτερινός αερισμός

Η εξάπλωση και η χρήση κλιματιστικών σωμάτων χωρίς μέριμνα για την αξιοποίηση των βιοκλιματικών πρακτικών και μεθόδων φυσικού δροσισμού και αερισμού των κτηρίων εντείνει τα υπάρχοντα οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Κατά τη θερινή περίοδο χρειάζεται και η εφαρμογή συστημάτων που σχετίζονται με το φυσικό δροσισμό και τα οποία υποβοηθούν τη θερμομονωτική ικανότητα του κτηριακού κελύφους κατά τη χειμερινή περίοδο. Ο φυσικός αερισμός μέσω διαμπερούς δροσισμού συμβάλλει στην ενεργειακή εξοικονόμηση στο κομμάτι της ψύξης μέχρι και έως 100% σε βόρειες περιοχές της Ελλάδας. Ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα διαμπερή ανοίγματα μπορούν να καλύψουν την ανάγκη σε ψύξη ενός χώρου με ελάχιστη επιπλέον ή μηδενική χρήση του συστήματος κλιματισμού.

Με τη μέριμνα και τις πρακτικές για φυσικό δροσισμό των κτηρίων προκύπτουν τα παρακάτω οφέλη:

- Σε συνθήκες που οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν, έχουμε απομάκρυνση της θερμότητας από το κτηριακό συγκρότημα προς το περιβάλλον.
- Σε περιπτώσεις που τα κτήρια αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα, έχουμε απομάκρυνση της αποθηκευμένης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου.
- Προκύπτει απομάκρυνση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα, επομένως αυξάνεται η αίσθηση θερμικής άνεσης ενός χώρου [37] [38] .

Ορισμένες επιπλέον τεχνικές φυσικού δροσισμού είναι οι πύργοι αερισμού, ο υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής, το αεριζόμενο κέλυφος, η ηλιακή καμινάδα, ενώ με την τεχνική του εξατμιστικού αερισμού έχουμε τα παραδείγματα των πύργων δροσισμού και τις ψυκτικές μονάδες εξάτμισης [36] .

## 4 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται συνοπτικά μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας ή βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης που μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε υφιστάμενα, όσο και σε νέα κτήρια. Οι προτάσεις της ενεργειακής εξοικονόμησης γίνεται από το πρίσμα ισχυουσών νομοθεσιών, ενεργειακών δράσεων και χρήσης της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής με σκοπό την προσέγγιση των κτιρίων (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Καταρχάς, σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ., κάθε νέο κτήριο και υφιστάμενο κτήριο που υπόκειται σε ριζική ανακαίνιση πρέπει να πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης, όπως αυτές ορίζονται στα άρθρα 6 και 7 του ν. 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) [39] .

Συγκεκριμένα, όμως, στα υφιστάμενα κτήρια είναι δυνατή η διερεύνηση διαφόρων επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας με γνώμονα το κόστος και το χρόνο απόσβεσης των επεμβάσεων αυτών.

Στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. αναγράφεται ότι οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια αναφέρονται στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου, στα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους και στα τεχνικά συστήματα του.

Επιγραμματικά οι κυριότερες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας αφορούν:

- Στο κτηριακό κέλυφος, όπως η θερμομόνωση, τα κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, τα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Στον περιβάλλοντα χώρο που βρίσκεται το κτήριο.
- Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης και στις ηλεκτρικές συσκευές του κτηρίου είτε με σωστή διαχείριση ή βελτίωση των υπαρχόντων, είτε και με διερεύνηση των σεναρίων εγκατάστασης ΑΠΕ.
- Στην σωστή ενεργειακή διαχείριση των συστημάτων του κτηρίου και στην αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων.

Μετά την καταγραφή των πιθανών σεναρίων δράσης για την ενεργειακή εξοικονόμηση, θα πρέπει να σχεδιαστεί και να δρομολογηθεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα δράσης. Χάρη σε αυτό διασφαλίζονται και οργανώνονται καλύτερα οι στόχοι και διευκολύνεται η μετέπειτα αποτίμηση των ενεργειακών οφελών των σχεδίων δράσης.

Ένα πρόγραμμα δράσης για την ενεργειακή διαχείριση αποτελείται από τα παρακάτω τρία βήματα:

- i. Αρχικά, την ενεργειακή επιθεώρηση προκειμένου να εκτιμηθεί η τρέχουσα κατάσταση του κτηρίου
- ii. Έπειτα την εκτέλεση των απλών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και τη σωστή συντήρηση του κτηρίου και του εξοπλισμού του, ώστε να μειωθεί ένα αρχικό ποσό κατανάλωσης.
- iii. Τέλος, τα διάφορα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν ένα υψηλό κόστος εφαρμογής θα πρέπει να αποδεικνύεται η οικονομική βιωσιμότητά τους, πριν την εφαρμογή τους.

#### 4.1 Αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων

Τα ανοίγματα που υπάρχουν σε ένα κτήριο (όπως οι πόρτες, τα παράθυρα, οι φεγγίτες, τα υαλοστάσια) συνιστούν στοιχεία και επιφάνειες μέσω των οποίων διοχετεύεται στο κτήριο ο φυσικός φωτισμός, τα ηλιακά κέρδη, η εξωτερική θέα και ο φυσικός αερισμός. Αποτελούν, δηλαδή, δομικά στοιχεία του κελύφους του κτηρίου που σχετίζονται άμεσα με τη θερμική, οπτική και ηχητική άνεση στο εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου.

Επίσης, τα κουφώματα, ειδικά τα εξωτερικά, διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διασφάλιση της θέρμανσης ή ψύξης ενός χώρου και στη μείωση των απωλειών ή εισροών θερμότητας του κτηρίου. Λόγω των παλιών κουφωμάτων, όμως, μπορεί να μεταφέρεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ κατά τη θερινή περίοδο να έχουμε ανεπιθύμητα επίπεδα θέρμανσης του χώρου από το εξωτερικό του περιβάλλον. Έτσι, έχει πολλαπλά οφέλη η αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων με σύγχρονα τα οποία απαρτίζονται από υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και εξασφαλίζοντας την αεροστεγανότητα τους εμποδίζεται η διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες.

Σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό θερμομόνωσης του 1979, σε νέα κτήρια είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων, ενώ για τα παλιά κτήρια, κτισμένα πριν το 1979, η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου.

Συνήθως χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά κουφώματα με θερμοδιακοπή και στην περίπτωση αντικατάστασης των μονών υαλοπινάκων με διπλούς υπάρχει και η εναλλακτική της προσθήκης ενός δεύτερου μονού κουφώματος στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά του παραθύρου ανάλογα με τη θέση του υφιστάμενου κουφώματος (Εικόνα 4.1) [37] [38] .





Εικόνα 4.1: Αντικατάσταση μονού με διπλό υαλοπίνακα (αριστερό σχήμα) και προσθήκη δεύτερου επιπλέον κουφώματος (δεξιά σχήμα)

#### 4.1.1 Υαλοπίνακες

Για την επιλογή των κατάλληλων υαλοπινάκων λαμβάνονται κυρίως υπόψη ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$ , ο συντελεστής ηλιακής ενέργειας  $g$  και ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας  $T_v$ .

- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  ( $W/m^2K$ ) σηματοδοτεί την ικανότητα του υαλοπίνακα να περιορίζει τις θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων. Όσο μικρότερη η τιμή του τόσο αυξάνεται η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Ένας νέος μονωτικός υαλοπίνακας έχει συντελεστή θερμοπερατότητας που κυμαίνεται από 2,7 έως 0,4  $W/m^2K$ .
- Ο συντελεστής ηλιακής ενέργειας  $g$  δείχνει την ικανότητα του υαλοπίνακα να διοχετεύει την ηλιακή ακτινοβολία στους εσωτερικούς χώρους. Όσο μεγαλύτερη η τιμή τόσο περισσότερο μπορεί να αξιοποιηθεί η ηλιακή ακτινοβολία.
- Ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας  $T_v$  αντιπροσωπεύει πόσο μπορεί ο υαλοπίνακας να μεταφέρει το φυσικό φως στους εσωτερικούς χώρους. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του τόσο περισσότερο αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός και μπορεί να μειωθεί η χρήση τεχνητού φωτισμού.

Η ιδιαίτερη συμβολή των υαλοπινάκων στην αρχιτεκτονική και τη λειτουργικότητα ενός κτηρίου αναδεικνύεται με την εξασφάλιση ομαλών οπτικών, θερμικών και ακουστικών συνθηκών για τα άτομα που χρησιμοποιούν ένα κτήριο. Ορισμένες από τις κατηγορίες υαλοπινάκων που έχουν αναπτυχθεί, συνοδευόμενες από μια περιγραφή των χαρακτηριστικών τους, παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Μονός υαλοπίνακας**

Έχει μεγάλους συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού κέρδους, δηλαδή δεν ενδείκνυται για εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά αξιοποιεί σε ικανοποιητικό βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία.

▪ **Διπλός υαλοπίνακας**

Η διάταξη περιλαμβάνει δύο υαλοπίνακες, όπου ανάμεσα τους παρεμβάλλεται κενό ξηρού αέρα. Μεγαλύτερο πάχος του ενδιάμεσου κενού αυξάνει και το συντελεστή θερμοπερατότητας, ενώ συνήθως τα πάχη των υαλοπινάκων είναι 4-12mm και του κενού 6-16mm. Η χρήση τους επιφέρει περιορισμό των ρευμάτων κοντά στα ανοίγματα, μείωση θορύβου, αποτρέπουν τη δημιουργία υδρατμών στην επιφάνεια τους το χειμώνα και έχουν καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα συγκριτικά με τους μονούς υαλοπίνακες.

▪ **Τριπλός υαλοπίνακας**

Έχει μεγαλύτερο κόστος και βάρος συγκριτικά με το διπλό υαλοπίνακα, όμως προσφέρει καλύτερες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ικανότητες.

▪ **Έγχρωμος υαλοπίνακας**

Προτιμάται σε περιπτώσεις που χρειάζεται μείωση των ηλιακών κερδών, διότι χαρακτηρίζεται από χαμηλή θερμοπερατότητα και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα.

▪ **Ανακλαστικός υαλοπίνακας**

Απαρτίζεται από ένα μονό ή διπλό υαλοπίνακα με ανακλαστική επίστρωση που μειώνει τα ηλιακά θερμικά κέρδη ανακλώντας ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ συγχρόνως περιορίζει τη διαπερατότητα του φυσικού φωτός. Το ανακλαστικό υλικό επειδή τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του υαλοπίνακα μπορεί να προκαλέσει θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο.

▪ **Απορροφητικός υαλοπίνακας**

Στην περίπτωση μονού υαλοπίνακα απορροφάται ένα μεγάλο ποσοστό της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτόν, ενώ δε μειώνεται αισθητά η διαπερατότητα σε φυσικό φως. Δεν προκαλεί θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο, όμως εκλύει αργότερα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου τη θερμότητα που απορροφά. Με χρήση διπλού υαλοπίνακα, όπου ο εξωτερικός είναι απορροφητικός επιλύεται το φαινόμενο θέρμανσης του χώρου, καθώς η ακτινοβολία που έχει απορροφηθεί εκλύεται στην ατμόσφαιρα εκτός του κτηρίου.

- **Υαλοπίνακας με χαμηλό συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας**

Αποτελεί διπλό υαλοπίνακα με μια επιφάνεια από μεταλλικά οξειδία στραμμένη στο διάκενο είτε από την πλευρά του εσωτερικού είτε από την πλευρά του εξωτερικού υαλοπίνακα. Ανάλογα με τη διάταξη υπάρχουν και διαφορετικά οφέλη. Δηλαδή, εάν η επίστρωση είναι στην εξωτερική επιφάνεια του εσωτερικού υαλοπίνακα, παγιδεύονται μέσα στο κτήριο τα θερμικά κέρδη κατά τη χειμερινή περίοδο. Στην περίπτωση που η επίστρωση των μεταλλικών οξειδίων υπάρχει στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού υαλοπίνακα, υπάρχει ενεργειακό κέρδος από την παρεμπόδιση της εισόδου της θερμικής ενέργειας τη θερινή περίοδο.
- **Αντιθαμβωτικός υαλοπίνακας**

Με τον αντιθαμβωτικό υαλοπίνακα μειώνεται αισθητά το πρόβλημα θάμβωσης και κατανέμεται ομαλότερα το φυσικό φως στον εσωτερικό χώρο.
- **Θερμομονωτικός υαλοπίνακας**

Αποτελούν υαλοπίνακες με υψηλή θερμομονωτική ικανότητα, για χρήση σε κτήρια με μεγάλα ανοίγματα. Το διάκενο τους, αντί για αέρα, περιέχει άλλο αέριο για καλύτερη θερμομόνωση.
- **Ηλεκτροχρωμικός υαλοπίνακας**

Στον υαλοπίνακα αυτόν ανάλογα με την παροχή ηλεκτρισμού μεταβάλλονται οι οπτικές ιδιότητες του, λειτουργώντας ως φίλτρο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, αποκόπτονται η υπέρυθρη αλλά και μέρος του φάσματος της ορατής.

Η μελέτη της χρήσης του κάθε κτηρίου, ο προϋπολογισμός της επένδυσης, η εκτιμώμενη απόσβεση και το κόστος της αγοράς και ενσωμάτωσης των υαλοπινάκων σε υφιστάμενη εγκατάσταση, αλλά και τα ποσοστά της προβλεπόμενης ενεργειακής εξοικονόμησης αποτελούν παράγοντες που θα πρέπει να συνεκτιμηθούν κατά την ανακαίνιση. Η εξασφάλιση ή/και η βελτίωση των οπτικών, θερμικών και ακουστικών συνθηκών εσωτερικού χώρου είναι βασικός γνώμονας για τις δράσεις αντικατάστασης παλιών κουφωμάτων [40] .

#### 4.1.2 Πλαίσια των ανοιγμάτων

Στην εκτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός ανοίγματος πρέπει να λαμβάνεται έντονα υπόψη η θερμομονωτική ικανότητα των πλαισίων του. Εκτιμάται ότι ένα πλαίσιο με κακές θερμομονωτικές ικανότητες μειώνει έως και 25% τα ενεργειακά κέρδη ενός διπλού υαλοπίνακα και έως 70% τα κέρδη ενός τριπλού υαλοπίνακα.

Οι κυριότερες κατηγορίες πλαισίων είναι:

- Τα πλαίσια ξύλου, τα οποία έχουν πολύ καλή θερμομονωτική συμπεριφορά και μειωμένη αεροστεγανότητα που προκαλεί θερμομονωτικές απώλειες, αλλά και αυτοαερισμό του χώρου.
- Τα πλαίσια αλουμινίου που συγκριτικά με τα πλαίσια ξύλου μειονεκτούν στη θερμομονωτική συμπεριφορά, αλλά με προσθήκη πλαστικού θερμομονωτικού υλικού περιμετρικά των πλαισίων παρατηρείται βελτίωση στην απόδοσή τους. Ως πλεονέκτημα έχουν ότι δε χρειάζονται συντήρηση και είναι εξασφαλισμένη η στεγανότητα τους σε αέρα και νερό.
- Τα συνθετικά πλαίσια, τα οποία κατασκευάζονται από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) με ενισχύσεις μεταλλικών διατομών αλουμινίου ή γαλβανισμένου χάλυβα. Παρουσιάζουν θερμομονωτική ικανότητα παρόμοια με των πλαισίων ξύλου, καθώς και καλά επίπεδα αεροστεγανότητας αέρα και νερού, χωρίς την απαίτηση συντήρησης.

Κατά την τοποθέτηση και την προσαρμογή των πλαισίων των υαλοπινάκων θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την εξασφάλιση της αεροστεγανότητας και για την αποτροπή δημιουργίας θερμογεφυρών. Επιπλέον, θα πρέπει να σφραγίζονται οι αρμοί με σιλικόνη και να εφαρμόζονται μη τοξικά υλικά που αποτρέπουν την εμφάνιση θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και τοιχοποιίας. Μέσω αντικατάστασης παλιών παραθύρων και κουφωμάτων υπολογίζεται ένα ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας της τάξης του 10%-20% [37] [38] .

## 4.2 Εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση κτιριακού κελύφους

Η θερμομόνωση ενός κτηρίου αφορά στις δράσεις προς την κατεύθυνση της μείωσης της μεταδόσεως θερμότητας είτε μεταξύ των εσωτερικών χώρων με το εξωτερικό περιβάλλον είτε μεταξύ των εσωτερικών χώρων μεταξύ τους. Στην Ελλάδα η ανάγκη θερμομόνωσης αφορά, κυρίως, στα κτήρια που είναι κατασκευασμένα μέχρι το 1980, ενώ σε εκείνα που κατασκευάστηκαν μετά το 1980 ( που τέθηκε σε εφαρμογή ο Κανονισμός Θερμομόνωσης) κρίνονται χρήσιμες επεμβάσεις για τη μερική βελτίωση και συντήρηση της μόνωσης. Για τις επεμβάσεις αυτές υπάρχει η ανάγκη τεκμηρίωσης μέσω ενεργειακής επιθεώρησης και μελέτης [38] [42] .

Σε ένα υφιστάμενο κτήριο οι δυνατότητες για βελτίωση των θερμομονωτικών ικανοτήτων του εξαρτώνται από παράγοντες όπως το υψηλό κόστος, ο περιορισμός των δυνατών

εφαρμογών, τα διαδικαστικά θέματα, η παρεμπόδιση ή αναταραχή της καθημερινότητας στο κτήριο, οι νομικές και θεσμικές δυσκολίες [43] .

#### 4.2.1 Τρόποι θερμομόνωσης

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο τρόπος θερμομόνωσης των χώρων και δομικών στοιχείων ενός κτηρίου είναι:

- Η αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής (όπως η οροφή, τοίχοι, δάπεδο, κλπ.)
- Η διαπερατότητα, ιδίως των εξωτερικών, στοιχείων κατασκευής από τον αέρα.
- Η θερμοχωρητικότητα των στοιχείων κατασκευής.
- Η χρήση των χώρων που θερμαίνονται.

Η θερμομόνωση διακρίνεται σε εσωτερική και εξωτερική, ανάλογα με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εσωτερική ή την εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων αντίστοιχα. Κατά κανόνα, η εσωτερική θερμομόνωση συνιστά την οικονομικότερη μέθοδο θερμομόνωσης, όμως με την εξωτερική θερμομόνωση επιτυγχάνονται τα μεγαλύτερα αποτελέσματα αξιοποιώντας τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων. Γενικά, όμως, η εξωτερική θερμομόνωση ενδείκνυται για κτήρια συνεχούς χρήσης, όπως νοσοκομεία ή μονάδες περίθαλψης, όπου προτιμάται η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης παρά η ταχεία απόδοση του συστήματος θέρμανσης. Από την άλλη μεριά, η εσωτερική θερμική προστασία ενδείκνυται για κτήρια διακοπτόμενης χρήσης με ανάγκη άμεσης απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης και είναι ανεκτές οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις μετά τη λειτουργία του εξοπλισμού.

Στα δομικά στοιχεία στα οποία επικεντρώνονται οι δράσεις θερμομόνωσης αφορούν στη θερμομόνωση τοιχοποιίας, τη θερμομόνωση οροφής και τη θερμομόνωση των δαπέδων.

Τα θερμομονωτικά υλικά ή θερμομονωτικές στρώσεις επιλέγονται ανάλογα με το σημείο εφαρμογής, την έκθεση και αντοχή τους στις συνθήκες που εφαρμόζονται και η τοποθέτηση τους έχει κάποιες προϋποθέσεις για την αποφυγή λαθών επιζήμιων για την κατασκευή του κτηρίου [43] .

Οι δράσεις βελτίωσης της θερμομόνωσης ενός κτηρίου θα πρέπει εκτός από τη θερμική προστασία να λαμβάνουν υπόψη και τον απαιτούμενο αερισμό, ειδικά το νυχτερινό κατά τους θερινούς μήνες. Η έλλειψη επαρκούς αερισμού λόγω υπερβολικής μόνωσης δε διευκολύνει την “αποφόρτιση” του κτηρίου σε συνθήκες δυσφορίας λόγω αυξημένης θερμότητας [41] .

Η αναβάθμιση της θερμικής και ακουστικής άνεσης ενός χώρου μέσω της βελτιωμένης θερμικής προστασίας αποτελεί άμεσο όφελος, όμως μέσω των δράσεων αυτών παρατείνεται και ο χρόνος ζωής του κτηρίου.

### 4.3 Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

Η λειτουργία του συστήματος τεχνητού φωτισμού στα σύγχρονα κτήρια σημειώνει υψηλά ποσοστά ενεργειακής κατανάλωσης, κυρίως εξαιτίας του φαινομένου της υπερδιαστασιολόγησης του εξοπλισμού, της έλλειψης μελέτης και συντήρησης του, αλλά και λόγω της αμέλειας στην αντικατάσταση του συμβατικού ενεργοβόρου εξοπλισμού.

Επίσης, ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες για την εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό αποτελούν οι δράσεις για την περαιτέρω εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού με παράλληλη μείωση της χρήσης του τεχνητού.

Επιγραμματικά ορισμένες προτάσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας από το φωτισμό ενός υπάρχοντος κτηρίου είναι:

- Σε μεγάλους χώρους η λειτουργία του συστήματος τεχνητού φωτισμού προτείνεται να χωρίζεται σε ζώνες λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα φυσικού φωτισμού.
- Η εγκατάσταση αυτοματισμών και αισθητήρων στοχεύοντας στη ρύθμιση των επιπέδων τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το φυσικό φωτισμό, αλλά και την έναυση και σβέση του συστήματος τεχνητού φωτισμού γενικότερα.
- Η αντικατάσταση των παρωχημένων στοιχείων ή διατάξεων του τεχνητού εξοπλισμού με σύγχρονα στοιχεία υψηλότερης απόδοσης και μειωμένης κατανάλωσης. Σε πρώτο επίπεδο αντικαθίστανται οι λαμπτήρες χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης με άλλους υψηλής φωτιστικής ικανότητας και χαμηλής ισχύος και τα μαγνητικά ballast με ηλεκτρονικά.
- Η τακτική επίβλεψη και συντήρηση του εξοπλισμού για τη διατήρηση της απόδοσης του σε σταθερά επίπεδα και την έγκαιρη επισκευή ή αναβάθμιση του.

Έπειτα από μια σειρά επεμβάσεων και ολιστική ενασχόληση με τα συστήματα τεχνητού και φυσικού φωτισμού αναμένεται για το φωτισμό ενός κτηρίου μια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% [38].

Αναλυτικότερη ανάλυση για τα συστήματα και τις διατάξεις τεχνητού και φυσικού φωτισμού γίνεται στο Κεφάλαιο 5.

## 4.4 Αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

### 4.4.1 Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Σε κτηριακές εγκαταστάσεις περίπου το 50% των ενεργειακών καταναλώσεων οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Στα ελληνικά δεδομένα, η πλειοψηφία του πληθυσμού χρησιμοποιεί τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης στην καθημερινότητα, επομένως λογικό είναι να υπάρχουν μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας προς την κατεύθυνση αυτή.

Ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης απαρτίζεται από τα ακόλουθα μέρη:

- Το Λέβητα
- Τον Καυστήρα
- Τους κυκλοφορητές και τη δεξαμενή καυσίμων
- Τις διατάξεις ασφαλείας
- Τις σωληνώσεις
- Τα θερμοκρασιακά σώματα

Τα μέτρα και οι τεχνικές παρέμβασης που συστήνονται για την ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης παρατίθενται στη συνέχεια:

***i. Αντικατάσταση του καυσίμου στο σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο, σε περιπτώσεις που υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο φυσικού αερίου***

Η επέμβαση της χρήσης του φυσικού αερίου ως καυσίμου στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης προσφέρει πλεονεκτήματα όπως:

- Τη μείωση εξάρτησης από το πετρέλαιο, με τη χρήση του φυσικού αερίου να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στη διάρθρωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας.
- Την περιβαλλοντική προστασία, μιας και το φυσικό αέριο αποτελεί, μετά τις ανανεώσιμες πηγές, την πιο καθαρή πηγή πρωτογενούς ενέργειας. Σε σύγκριση με άλλα συμβατικά καύσιμα δεν παραμένουν ίχνη και υπολείμματα κατά την καύση και δεν εκλύει ενώσεις θείου που αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης. Ακόμα, βελτιώνεται ο συνολικός βαθμός απόδοσης και μειώνεται η συνολική κατανάλωση του καυσίμου, γεγονός με θετικό αντίκτυπο στην ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Αποτελεί σε σχέση με άλλα καύσιμα οικονομικότερη λύση για την εξοικονόμηση ενέργειας σε διάφορες χρήσεις του.

- Η μειωμένη ανάγκη σε συντήρηση των εγκαταστάσεων και η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών που χρησιμοποιούνται λόγω των ιδιοτήτων καύσης του. Διατηρείται έτσι ομαλότερα μια ισορροπημένη λειτουργία των εγκαταστάσεων με μια περιοδικότητα στην επίβλεψη και συντήρηση του εξοπλισμού.
- Λόγω ευελιξίας του δικτύου διανομής μπορεί να συνδεθεί άμεσα το σύστημα κεντρικής θέρμανσης με το κτήριο και τους χώρους που γίνεται χρήση του.
- Η απουσία δεξαμενής αποθήκευσης για το φυσικό αέριο αμβλύνει ζητήματα όπως η προμήθεια καυσίμων, οι πιθανές καθυστερήσεις στον ανεφοδιασμό και περιοδικού ελέγχου των αποθεμάτων.
- Η εγκατάσταση φυσικού αερίου προσφέρει, επίσης, ευελιξία σε περιπτώσεις ανακαινίσεων [18] .

#### ***ii. Αντικατάσταση παλιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης***

Οι νέοι λέβητες υψηλής ενεργειακής απόδοσης αξίζει να αντικαθιστούν τους παλαιότερους προκειμένου να επιτυγχάνεται μια επαρκή εξοικονόμηση ενέργειας. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι λέβητες συμπίκνωσης με υψηλό βαθμό απόδοσης, επιτυγχάνοντας σημαντικά ποσοστά ενεργειακής εξοικονόμησης στα έξοδα των καυσίμων, ενώ με επιτοίχιους λέβητες φυσικού αερίου συμπίκνωσης παρέχουν αυτονομία. Ακόμα, όμως, με προσθήκη στοιχείου συμπίκνωσης σε επιδαπέδιο λέβητα υπάρχουν δυνατότητες για εξοικονόμηση ενέργειας.

Προτιμάται το φορτίο ζήτησης, καθώς είναι μεταβλητό και με διακυμάνσεις, να καλύπτεται από μικρότερες μονάδες υψηλότερου βαθμού απόδοσης. Έτσι, δεν υπάρχει η σπατάλη ενέργειας λόγω μεγάλων λεβήτων που λειτουργούν σε πλήρη ισχύ και δεν αποδίδουν αρκετά. Με το διαχωρισμό της παραγωγής ενέργειας για το φορτίο του κτηρίου σε περισσότερες μονάδες εξασφαλίζεται η δυνατότητα να λειτουργεί μόνο ένας λέβητας όταν η ζήτηση είναι μειωμένη. Εκτιμάται ότι τα κέρδη από τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας δύναται να αντισταθμίσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα το κόστος αγοράς περισσότερων λεβήτων και καυστήρων αντί του ενός.

Σχετικά με τους καυστήρες, μοντέλα προηγμένης τεχνολογίας επιδέχονται ρυθμίσεις που οδηγούν σε τέλεια καύση, άρα και αναβαθμισμένη απόδοση. Ένας νέος καυστήρας διπλού καυσίμου (πετρελαίου – φυσικού αερίου) με πολλές βαθμίδες έγχυσης συγκριτικά με έναν παλιό καυστήρα καταναλώνει έως και 5%-7% λιγότερο καύσιμο.



### **iii. Συντήρηση και έλεγχος του συστήματος θέρμανσης**

Η περιοδική συντήρηση του συστήματος θέρμανσης αποτελεί ένα βασικό παράγοντα διατήρησης της απόδοσης του συστήματος σε σταθερά επίπεδα. Σα μέτρο δεν έχει σημαντικό κόστος, αλλά παρουσιάζει σπουδαία οφέλη. Καθώς τα συστήματα θέρμανσης αποτελούν σύνθετες διατάξεις, είναι αναγκαίο να επεμβαίνει ειδικός τεχνικός στο ζήτημα της συντήρησης και να λαμβάνονται υπόψη οι οδηγίες του εκάστοτε κατασκευαστή. Μια σειρά βημάτων που συνήθως περιγράφουν τη διαδικασία συντήρησης είναι ο καθαρισμός του φλογοθαλάμου, των σωλήνων, των μπεκ του καυστήρα, της καπνοδόχου, αλλά και οι έλεγχοι των αντλιών καυσίμου, του κυκλώματος τροφοδοσίας και του κυκλώματος τροφοδοσίας νερού.

Μετά τη διαδικασία συντήρησης και ελέγχου των παραμέτρων, διεξάγονται μετρήσεις του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης, των θερμοκρασιών των καυσαερίων και της περιεκτικότητας τους σε CO<sub>2</sub> και αιθάλης, ενώ εκδίδεται και το πιστοποιητικό συντήρησης της εγκατάστασης βάσει νομοθετικών πλαισίων. Επιπρόσθετες τακτικές συντήρησης είναι καθαρισμός της καμινάδας, της δεξαμενής καυσίμου, η εξαέρωση του δικτύου και ο έλεγχος των σωμάτων θέρμανσης (καλοριφέρ).

Μέσα από την εφαρμογή των πρακτικών ορθής και τακτικής συντήρησης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης εκτιμάται μια εξοικονόμηση καυσίμου της τάξεως του 4%-6%.

### **iv. Θερμομόνωση συστήματος κεντρικής θέρμανσης**

Σημαντική παράμετρος εξοικονόμησης ενέργειας αναδεικνύεται η μόνωση των σωληνώσεων, ιδίως εκείνων που διαπερνούν μη θερμαινόμενους χώρους, καθώς η έλλειψη θερμομόνωσης στο λέβητα εμφανίζει απώλειες πάνω από 5%, όταν μπορεί μέσω μόνωσης το ποσοστό αυτό να πέσει κάτω από το 1%.

### **v. Κάλυψη αναγκών για ZNX**

Ένας τρόπος κάλυψης των αναγκών για ZNX από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης αποτελεί η διασύνδεση του boiler με το λέβητα, ώστε να εξασφαλίζεται ένα ποσοστό ζήτησης ZNX κατά τους χειμερινούς μήνες. Προτιμώνται όμως συνήθως οι ηλιακοί συλλέκτες έναντι του συστήματος κεντρικής θέρμανσης για την πλήρωση των απαιτήσεων σε ZNX.

### **vi. Χωρισμός θερμαινόμενων περιοχών σε ζώνες**

Μια αποδοτική διαχείριση και έλεγχος του συστήματος επικεντρώνεται στο διαχωρισμό ενός κτηρίου σε θερμοκρασιακές ζώνες παρόμοιας ζήτησης φορτίου ανάλογα με τις ώρες χρήσης και τα απαιτούμενα θερμοκρασιακά επίπεδα.

Με τον τρόπο αυτό, υπάρχει μια κατανομή της πολυβάθμιας λειτουργίας του λεβητοστασίου, γεγονός που ελαχιστοποιεί τις περιττές αναφλέξεις και διακοπές της λειτουργίας του συστήματος. Επίσης, δύναται με το διαχωρισμό των περιοχών σε ζώνες να καθοριστεί το θερμοκρασιακό επίπεδο του μέσου εναλλαγής θερμότητας, με το οποίο επιτρέπεται η ακριβέστερη συσχέτιση της θερμοκρασίας εξόδου του μέσου με εκείνη του χώρου θέρμανσης.

#### **vii. Συστήματα αντιστάθμισης και αισθητήρες ρύθμισης**

Ορισμένα συστήματα ρύθμισης των θερμοκρασιακών συνθηκών και της κατανάλωσης ενέργειας ενός χώρου αποτελούν οι θερμοστατικές βαλβίδες των θερμαντικών σωμάτων, οι θερμοστάτες των δωματίων, τα συστήματα ρύθμισης και αντιστάθμισης σε ένα λέβητα, οι θερμοστατικοί διακόπτες και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου με χρονοδιακόπτη.

Οι θερμοστατικές βαλβίδες των θερμαντικών σωμάτων (Thermostatic Radiator Valve – TRV) προσαρμόζονται ανάλογα με τη βέλτιστη θερμοκρασία για την εκάστοτε θερμαινόμενη περιοχή εξασφαλίζοντας χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση και θερμική άνεση στα άτομα ενός κτηρίου. Έπειτα, οι θερμοστάτες των δωματίων ρυθμίζονται στα επίπεδα των θεμιτών θερμοκρασιών όπως αυτά ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ. Στην εγκατάσταση ενός λέβητα μπορεί να εφαρμοστεί ένα σύστημα ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σταθερά επίπεδα, ενώ σε προηγμένα συστήματα εντοπίζεται ένας αισθητήρας που αποστέλλει τα δεδομένα των μεταβολών εξωτερικής θερμοκρασίας σε ηλεκτρονικές συσκευές με σκοπό την προσαρμογή της θερμοκρασίας του νερού. Ακόμα, οι θερμοστατικοί διακόπτες έχουν τη λειτουργία αυτόματης ρύθμισης της θερμοκρασίας πολλαπλών ξεχωριστών χώρων, να μειώνουν λάθη εξαιτίας ανεπαρκούς μελέτης σε ένα χώρο, ενώ διαθέτουν χαμηλό κόστος αγοράς τους συγκριτικά με τα οφέλη τους [37].

#### 4.4.2 Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Ορισμένοι τρόποι παρέμβασης για την αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού είναι:

- Η δημιουργία ενός κεντρικού συστήματος κλιματισμού με δυνατότητα λειτουργίας free cooling mode με ταυτόχρονη αντικατάσταση των αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split units).
- Η εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας όταν τα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα είναι κοντά μεταξύ τους.
- Σε περιπτώσεις διαθεσιμότητας νερού η εγκατάσταση υδρόψυκτων ψυκτών.
- Οι εγκαταστάσεις γεωθερμικών αντλιών θερμότητας
- Τα ενεργειακά αποδοτικά κλιματιστικά με προβλεπόμενη εξοικονόμηση έως 50%.

Παρατηρείται, επίσης, μια εξοικονόμηση έως 60% σε ηλεκτρική ενέργεια από την αξιοποίηση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών και κινητήρες υψηλής ενεργειακής απόδοσης [37] [38] .

#### 4.5 Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης BEMS

Η εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας (Building Energy Management System – BEMS) στοχεύει στην επιτήρηση και τον αυτοματισμό στον έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων σε ένα κτήριο προκειμένου να μπορούν να ρυθμιστούν οι παράμετροι και να αναλυθούν τα συνολικά δεδομένα των εγκαταστάσεων από ένα κεντρικό σταθμό ελέγχου. Επιπλέον είναι δυνατή η καταγραφή των καταναλώσεων ενέργειας στα επιμέρους συστήματα και εγκαταστάσεις του κτηρίου, αλλά και η δημιουργία εξ αυτών ενός αρχείου με στατιστικά στοιχεία καταναλώσεων ανά χρονικές περιόδους. Ένα σύστημα BEMS χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό μέτρο που συνδυάζεται με άλλα για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού συγκροτήματος. Ακόμα, ελέγχει τις παραμέτρους του περιβάλλοντος ενός κτηρίου μέσω δικτύου αισθητήρων και ενεργοποιητών που λειτουργούν είτε αποκεντρωμένα είτε μέσω ενός συστήματος κεντρικού ελέγχου. Ο χειριστής ενός συστήματος μπορεί να έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί το φάσμα των λειτουργιών του συστήματος και να επεμβαίνει όταν κρίνεται απαραίτητο. Ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίου αξιοποιείται για τον έλεγχο των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και κλιματισμού (Heating, ventilation & air conditioning – HVAC), της ασφάλειας και της προστασίας, την αναγνώριση και τη διάγνωση σφαλμάτων, το γενικό φωτισμό, το φωτισμό έκτακτης ανάγκης και τη διαχείριση ενέργειας [44] .

Η εξέλιξη και η επέκταση των Κτιριακών Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας μπορεί να προσεγγίσει την τεχνολογία των έξυπνων κτηρίων που οργανώνουν την απόδοση των κτιριακών συστημάτων στοχεύοντας στη συνεργασία των επιμέρους συσκευών με κατεύθυνση την ενεργειακή εξοικονόμηση και τη βελτίωση των κτιριακών συνθηκών.

Τα βασικά συστήματα που συνήθως παρακολουθούνται από ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης είναι:

- Το σύστημα κλιματισμού – θέρμανσης
- Τα παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.)
- Τα ανοίγματα, τα σκίαστρα κλπ.
- Η εγκατάσταση φωτισμού
- Τα συστήματα δροσισμού
- Οι ηλεκτρικές καταναλώσεις

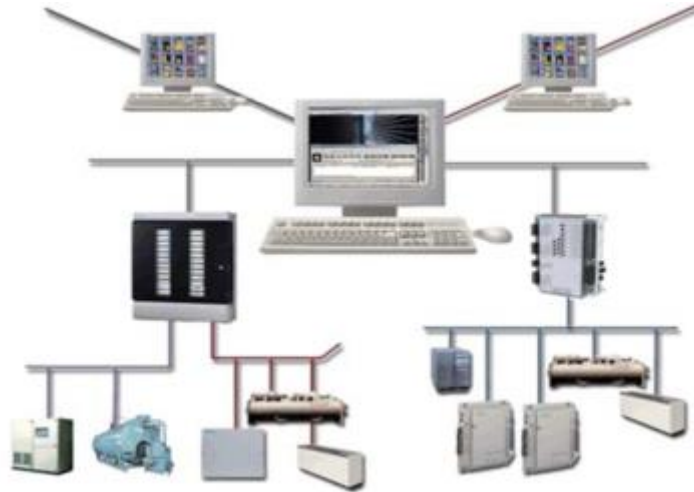
- Η ποιότητα του αέρα
- Οι εγκαταστάσεις ασφαλείας
- Τα επιμέρους συστήματα ελέγχου λειτουργιών των διάφορων χώρων του κτηρίου
- Η εγκατάσταση διανομής ηλεκτρικού ρεύματος

#### 4.5.1 Μέρη του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου

Ένα σύστημα BEMS απαρτίζεται από έναν κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές που εκτελούν εντολές, τους ελεγκτές και τις καλωδιώσεις διασύνδεσης. Αναλυτικότερα, το σύστημα ελέγχου BEMS ενός κτηρίου συγκροτείται από την Κεντρική Μονάδα Ελέγχου (ΚΜΕ), τις Τοπικές Μονάδες Ελέγχου (ΤΜΕ), ένα Δίκτυο Επικοινωνίας και τα Προγράμματα Ελέγχου (Εικόνα 4.2).

Στους επιμέρους χώρους όπου υπάρχουν μηχανήματα και συσκευές που λειτουργούν με κατανάλωση ενεργειακών πόρων και μπορούν να ελεγχθούν από το σύστημα BEMS τοποθετούνται οι Τοπικές Μονάδες Ελέγχου. Εκείνες ανταλλάσσουν πληροφορίες με άλλες ΤΜΕ των ποικίλων μονάδων του συστήματος και έπειτα συγκεντρώνονται τα δεδομένα στην Κεντρική Μονάδα Ελέγχου, η οποία σαν σύστημα έχει έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βάση δεδομένων και μια θέση ελέγχου και χειρισμών μέσω πληκτρολογίου και οθόνης ανάγνωσης. Αφού συλλεχθούν οι πληροφορίες μέσω του Δικτύου Επικοινωνίας στην Κεντρική Μονάδα Ελέγχου ξεκινάει η επεξεργασία τους σύμφωνα με κατάλληλους αλγόριθμους για κάθε λειτουργία και αυτοματοποιημένα εκτελούνται οι σωστοί χειρισμοί για την ορθότερη ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου με γνώμονες τη λειτουργία μέσω προτύπων, άνεσης, αλλά και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Κατά τη λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων τελείται η μέτρηση και η αναφορά των διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση και την κατάσταση των συστημάτων. Επίσης, στο στάδιο αυτό γίνεται η πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας του κτηρίου σύμφωνα με μια βάση μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί και μεταφερθεί σε τερματικές μονάδες υπολογιστών [44] .



Εικόνα 4.2: Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίου (BEMS) [πηγή: [www.acca.it](http://www.acca.it)]

Ένα σύστημα ελέγχου χρειάζεται επιπλέον να διαθέτει δυνατότητες έκτακτης ανάγκης, όπως είναι τα περιστατικά πυρκαγιάς, διαρροής νερού και αερίου, τα μηχανικά σφάλματα ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας σε πίνακες ή σε χώρους ελέγχου. Έπειτα οφείλει να συντελείται να εντοπίζεται το σημείο εκδήλωσης του περιστατικού από το προσωπικό συντήρησης και να ενεργοποιούνται τα αντίστοιχα συστήματα αποκατάστασης των σφαλμάτων [45] .

Επιπλέον, το σύστημα αυτομάτου ελέγχου χρειάζεται να διαθέτει δυνατότητες, όπως η άμεση διερεύνηση των σφαλμάτων, τη διακοπή λειτουργίας των μη κρίσιμων και ενεργοβόρων μηχανημάτων σε ώρες αιχμής για τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, τη δυνατότητα επίβλεψης και ελέγχου της εγκατάστασης μέσω ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών και διαδικτύου με τη βοήθεια καμερών. Ο έλεγχος για εξοικονόμηση ενέργειας με απενεργοποίηση ή μείωση της έντασης φωτισμού με χρήση dimming σε λαμπτήρες πυράκτωσης ή φθορισμού , ο έλεγχος της κατάστασης των ανοιγμάτων των θυρών και των παραθύρων συνδράμει στην εξοικονόμηση ενέργειας με δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας των χώρων.

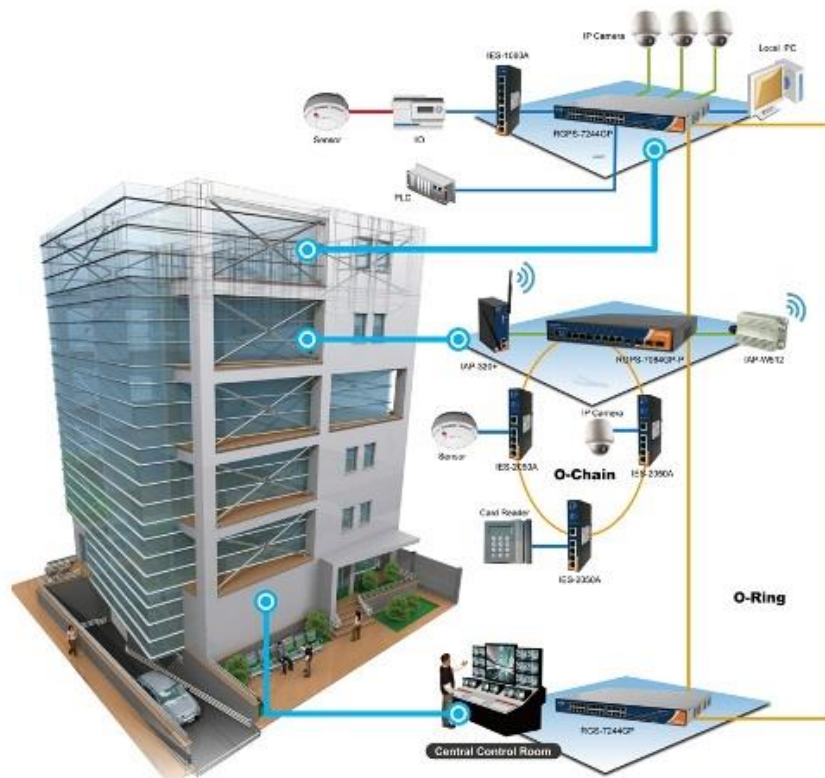
Μέσω ενός κατάλληλου συστήματος και των ενσωματωμένων αισθητήρων που διαθέτουν, μπορούν να επιδιορθωθούν ανθρώπινες αμέλειες, καθιστώντας σκόπιμο να έχουν τα συστήματα αυτά τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τον ανθρώπινο παράγοντα για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων [46] .

Σημαντικό είναι λοιπόν πως στον κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου υπάρχει μια εποπτεία των ολικών καταναλώσεων ανά πάσα στιγμή και μέσω ανατροφοδότησης πάλι στις

τοπικές μονάδες ρυθμίζεται η λειτουργία τους και εξασφαλίζεται μια πιο ισορροπημένη λειτουργία του κτηρίου συνολικά [37] [38] .

Ένας κεντρικός σταθμός ελέγχου συντονίζει τον προγραμματισμό και το χειρισμό του συστήματος. Είναι σημαντικό, όμως, να μπορούν τα άτομα που κάνουν χρήση των χώρων ενός κτηρίου να μπορούν να έχουν τη δυνατότητα μερικών επεμβάσεων στο χειρισμό των συστημάτων που τους επηρεάζουν, όπως η ρύθμιση της θερμοκρασίας ενός χώρου, ο έλεγχος του τεχνητού φωτισμού. Η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS σε ένα κτήριο χαρακτηρίζεται ως βιώσιμη επένδυση, χωρίς ιδιαίτερα υψηλό κόστος [47] .

Στην Εικόνα 4.3 απεικονίζεται η διάταξη των διασυνδέσεων ενός δικτύου BEMS σε ένα εμπορικό κέντρο.



Εικόνα 4.3: Διάταξη BEMS σε ένα εμπορικό κέντρο

[πηγή:[www.fibrecomlimited.com/services/BMS.html](http://www.fibrecomlimited.com/services/BMS.html)]

#### 4.5.2 Πλεονεκτήματα των BEMS

Για να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα από ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου χρειάζεται να είναι επαρκώς και κατάλληλα ορισμένο, εγκατεστημένο, λειτουργικό και με τακτική διατήρηση. Ο διαχειριστής της εγκατάστασης οφείλει μέσω του συστήματος διαχείρισης να επιβλέπει την κτηριακή απόδοση, να διαχειρίζεται και να μοιράζει τις

υπηρεσίες, να μπορεί το σύστημα να προσαρμόζεται έγκαιρα στις αλλαγές και απαιτήσεις, αλλά και να παρέχει τις σημαντικές διοικητικές πληροφορίες. Σε ένα Αυτοματοποιημένο Σύστημα Κτηρίου (Building Automation System – BAS) προβλέπονται η αυξημένη αξιοπιστία των εγκαταστάσεων και των υπηρεσιών, μειωμένα λειτουργικά κόστη, ευέλικτη διαχείριση του κτηρίου, ενίσχυση της παραγωγικότητας του προσωπικού και προστασία των ατόμων και του εξοπλισμού [48] .

Ως πλεονεκτήματα των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης αναδεικνύονται τα υψηλά ποσοστά ενεργειακής εξοικονόμησης που για τη θέρμανση, τη ψύξη και τον αερισμό φτάνουν στο 15%-20%, ενώ για το σύστημα φωτισμού η κλιμακα εξοικονόμησης είναι της τάξης του 50%-60%. Προκύπτουν έτσι χαμηλότερες λειτουργικές δαπάνες, μείωση του ενεργειακού κόστους, καλύτερη διαχείριση των φορτίων αιχμής, βελτιώνεται το περιβάλλον εργασίας και μια αυξημένη κτηριακή λειτουργικότητα και άνεση [44] .

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου (BEMS) συμπυκνώνει, επίσης, μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως η αυξημένη ευελιξία, η προσαρμοστικότητα στις απαιτήσεις ενός πελάτη, η παροχή εργαλείων για εύχρηστη λειτουργία, η ευκολία διεκπεραίωσης μιας πολυπλοκότητας αλληλοεξαρτώμενων λειτουργιών, η ευχέρεια στη συντήρηση και αποκατάσταση βλαβών, η οργανωτικότητα στην απόφαση λειτουργιών και εντολών, ο ασύρματος χειρισμός μέσω τηλεχειριστηρίων, η πλήρης και άμεση απόκριση σε ευρύ όγκο δεδομένων, η παράλληλη επεξεργασία, ο αυτοματισμός στην ανάλυση δεδομένων ενέργειας, η ακρίβεια των υπολογισμών, η δυνατότητα πρόβλεψης ενεργειακής ζήτησης, η προσιτή παρουσίαση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων με δυνατότητα επεξεργασίας, η πληθώρα ενδείξεων και πληροφοριών [44] .

Τέλος, επιπρόσθετα πλεονεκτήματα είναι η παροχή πληροφοριών στο φορέα διοίκησης του κτηρίου για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την αξιοποίηση ακινήτων και νέων επενδύσεων, η ενημέρωση των αρμόδιων των διαφόρων τμημάτων του φορέα, η επιβεβαίωση και η ορθολογική κατανομή τιμολογίων ενέργειας, ο καθορισμός πιθανών προϋπολογισμών, ο καθορισμός νέων δυνατοτήτων και στόχων εξοικονόμησης ενέργειας, η συνεπής μέτρηση του ενεργειακού οφέλους μέσα από υπάρχοντα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, η εξασφάλιση εύρυθμης λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων, η ευαισθητοποίηση των χρηστών μέσω δημοσίευσης ενεργειακών αναφορών [44] .

## 4.6 Σύστημα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ)

Κατά το συμβατικό τρόπο κάλυψης των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων ενός κτηρίου-καταναλωτή ή ενός συνόλου καταναλωτών αγοράζεται ηλεκτρική ενέργεια από το εθνικό δίκτυο και γίνεται καύση κάποιου καυσίμου σε ένα λέβητα για την παραγωγή θερμότητας, ζεστού νερού χρήσης ή/και ατμού [49] .

Συμπαγωγή ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας (Cogeneration ή Combined Heat and Power, CHP). Ο συμβατικός τρόπος που παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει μεγάλες απώλειες σε θερμότητα, καθώς μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια, ενώ με τη μέθοδο της συμπαγωγής ένα μεγάλο ποσοστό της θερμικής ενέργειας που απορρίπτεται μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί με ωφέλιμο τρόπο. Η θερμική ενέργεια που παράγεται από το συμβατικό τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, επίσης, πέρα από θέρμανση των χώρων και ΖΝΧ, ως μέσο για την παραγωγή ψύξης με μηχανές απορρόφησης/προσρόφησης οι οποίες λειτουργούν με ατμό ή θερμό νερό. Στην Εικόνα 4.4 απεικονίζεται ένα εγκατεστημένο σύστημα Συμπαγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας.

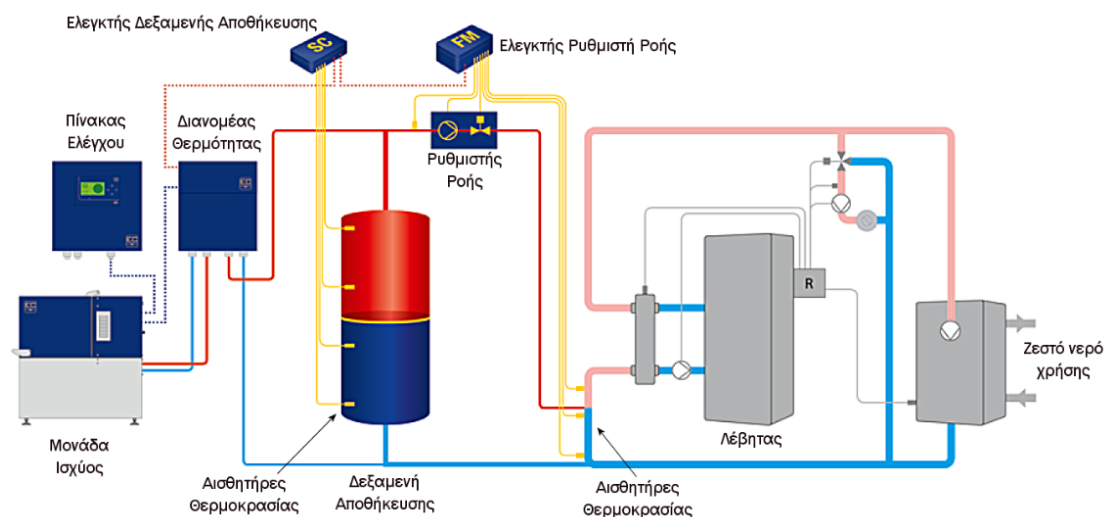


Εικόνα 4.4: Εγκατεστημένο σύστημα ΣΗΘ [πηγή:[www.cat.com/en\\_GB/by-industry/electric-power-generation/electric-power-industries/cogen-chp.html](http://www.cat.com/en_GB/by-industry/electric-power-generation/electric-power-industries/cogen-chp.html)]

Συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας των συστημάτων ΣΗΘ ξεκινάει με την κατανάλωση κάποιου καυσίμου σε έναν κινητήρα και αξιοποιώντας το έργο που παράγεται από την καύση το μετατρέπει σε μηχανικό έργο στον άξονα του. Το έργο αυτό μετέπειτα κινεί μια ηλεκτρική γεννήτρια στην οποία παράγεται η ηλεκτρική ισχύς. Κατά την διαδικασία αυτή, η θερμότητα που δημιουργείται στον κινητήρα, κυρίως λόγω των καυσαερίων, απορρίπτεται μέσω ενός



συστήματος, όπως τα διάφορα ψυγεία, για την ομαλή λειτουργία του κινητήρα. Η απαγωγή της θερμότητας από τα ψυγεία χρησιμοποιείται μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου συστήματος εναλλακτών θερμότητας για την υπερθέρμανση κάποιου ρευστού μέσου, συνήθως νερού ή ατμού. Το ρευστό αυτό, αφού θερμανθεί από τα καυσαέρια είναι κατάλληλο για χρήση σε κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ΖΝΧ ή σε περιπτώσεις χαμηλής ζήτησης θερμικής ισχύος αποθηκεύεται η θερμότητα με τη μορφή νερού σε ένα λέβητα ή δεξαμενή αποθήκευσης για τη μετέπειτα κάλυψη των αναγκών. Συνήθως το σύστημα κινητήρα – γεννήτριας τοποθετείται σε ειδικά σχεδιασμένο περίβλημα για την πιο αθόρυβη λειτουργία τους. Το συνολικό σύστημα εφοδιάζεται με διάφορους ρυθμιστές και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προκειμένου να υπάρχει εποπτεία και ευρυθμία του συστήματος. Τα μέρη του συστήματος ενός ΣΗΘ και τα ηλεκτρονικά στοιχεία ελέγχου του συστήματος απεικονίζονται στην Εικόνα 4.5.



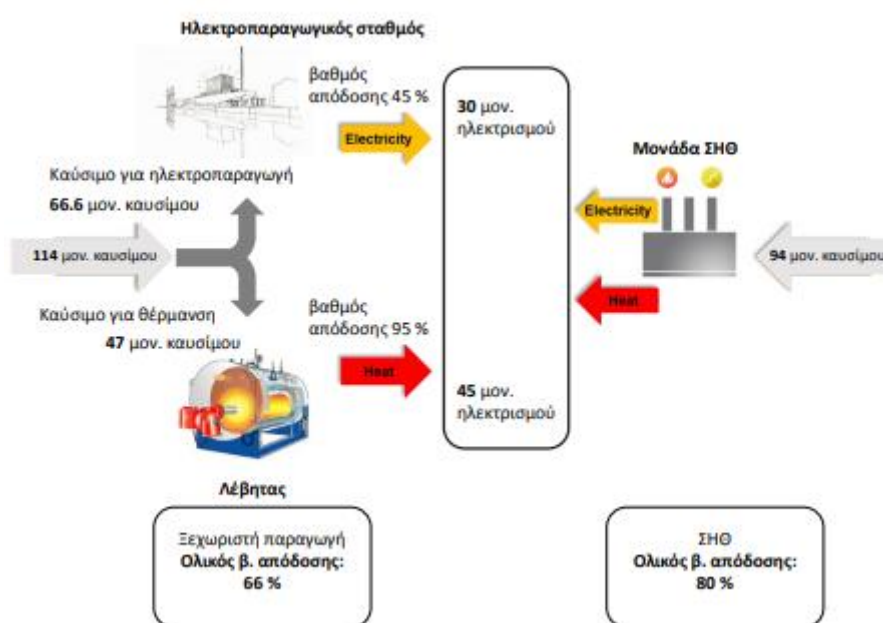
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα συστήματος ΣΗΘ με ηλεκτρονικά στοιχεία ελέγχου [πηγή:

[www.novatech.gr/symparagwgi\\_ilektrismoy\\_thermotitas-article-313.html](http://www.novatech.gr/symparagwgi_ilektrismoy_thermotitas-article-313.html)]

Με γνώμονα την οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων ΣΗΘ είναι κατάλληλο να εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που υπάρχει ταυτοχρονισμός στις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ή ψύξης. Καθώς ο βαθμός απόδοσης τέτοιων συστημάτων μπορεί να προσεγγίσει το 85% αποτελούν τεχνολογίες που ενδέχεται να καλύπτουν σχεδόν το σύνολο των απαιτήσεων σε ηλεκτρισμό, ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση και κλιματισμό ενός κτιρίου, καθιστώντας τα καλή επιλογή για κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Το μέγεθος της εγκατάστασης ποικίλλει ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις κάθε κτηρίου, τα δεδομένα του κτηρίου και τον προϋπολογισμό για εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης. Όταν η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αδυνατεί να καλύψει τις ανάγκες

του κτηρίου, υποβοηθείται από το δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ σε περίπτωση περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας τη διοχετεύει στο δίκτυο της ΔΕΗ [20] .

Ένα σύστημα ΣΗΘ μπορεί να γίνει αντιληπτό ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος (συνήα μια μηχανή ή ένας στρόβιλος) και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας (συνήαως κάποιος τύπος λέβητα). Η αλληλεπίδραση των βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας συναποτελεί σε ένα μέγεθος απόδοσης του συνολικού συστήματος. Σε γενικές γραμμές, ένα σύστημα ΣΗΘ επιτυγχάνει συνολική απόδοση 90%, τιμή κατά 30%-40% μεγαλύτερη από τον ολικό βαθμό απόδοσης ενός συμβατικού συστήματος ξεχωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (Εικόνα 4.6). Επιπροσθέτως, με την επέκταση του δικτύου και της χρήσης του φυσικού αερίου αναδεικνύονται περισσότερο τα οφέλη που προσφέρει η ΣΗΘ στους καταναλωτές.



Εικόνα 4.6: Σχηματική αναπαράσταση και σύγκριση συμβατικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής – θέρμανσης με ΣΗΘ [πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2017]

Οι εξελιγμένες τεχνικές σχεδίασης μέσω Η/Υ και τα προηγμένα υλικά αυξάνουν την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του συστήματος ΣΗΘ, επιτυγχάνοντας μείωση στα κόστη και την εκπομπή ρύπων στο περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα από την εγκατάσταση και τη λειτουργία των Συστημάτων ΣΗΘ σε ένα κτήριο είναι:

- Η βελτιωμένη απόδοση μετατροπής και χρήσης της ενέργειας, μέσω της ταυτόχρονης ηλεκτροπαραγωγής και αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας.

- Το μειωμένο περιβαλλοντικό αντίκτυπο συγκριτικά με τα συμβατικά συστήματα.
- Η εξοικονόμηση πόρων λόγω της μικρότερης απαίτησης σε καύσιμα με τη συνδυασμένη παραγωγή και χρήση της ενέργειας.
- Η ασφαλέστερη και βελτιωμένη παροχή ενέργειας, συρρικνώνοντας τις πιθανότητες να μείνουν οι καταναλωτές χωρίς ηλεκτρική ή/και θερμική ενέργεια, ενώ και το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας καθίσταται πιο ευσταθές.
- Χρήση πολλών καυσίμων. Συνεπώς, υπάρχουν πολλές μηχανές με διαφορετικά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ΣΗΘ.
- Μηδενικό κόστος χειρισμού μονάδας λόγω αυτοματοποιημένης λειτουργίας [49] .

Παρακάτω αναλύονται τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται για τη σωστή εγκατάσταση ενός συστήματος ΣΗΘ.

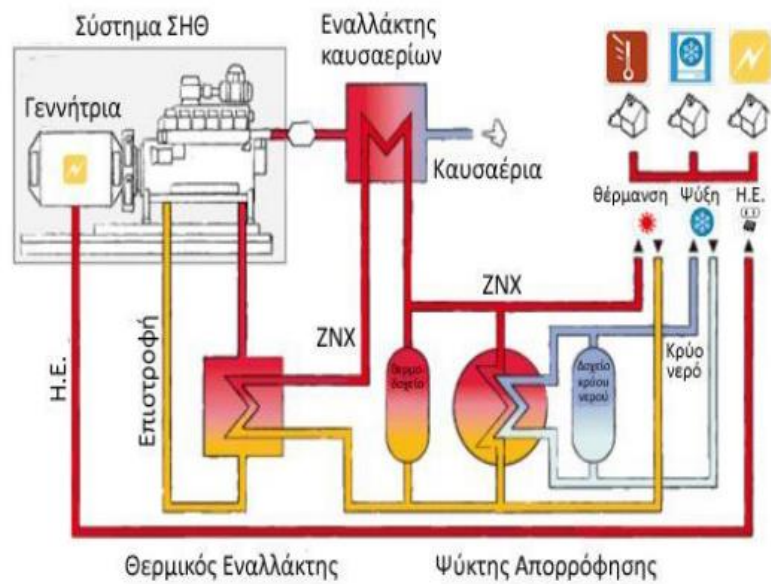
Το πρώτο βήμα αφορά στην προμελέτη των δεδομένων και των συνθηκών ενός υφιστάμενου κτηρίου, όπου συντελείται ενεργειακή διαγνωστική και συλλέγονται πληροφορίες και στοιχεία για τις τρέχουσες ενεργειακές του καταναλώσεις.

Έπειτα, σε δεύτερο βήμα γίνεται η τεχνοοικονομική μελέτη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ΣΗΘ, δηλαδή της μηχανής ΣΗΘ που θα καλύπτει το ολικό θερμικό προφίλ του κτηρίου για την τρέχουσα εγκατάσταση. Οι παράγοντες που προσμετρώνται στην τεχνοοικονομική μελέτη είναι το αρχικό κεφάλαιο, τυχόν δανεικό κεφάλαιο και εάν υπάρχουν κρατικές επιχορηγήσεις για το έργο.

Στο τρίτο και τελευταίο βήμα, κατά τη διαδικασία της μελέτης εφαρμογής, ο ενεργειακός μελετητής της εγκατάστασης σχεδιάζει λεπτομερώς το πλάνο και τα σχέδια της τελικής εγκατάστασης [49] .

#### 4.6.1 Σύστημα Τριπαραγωγής (Trigeneration)

Το σύστημα που περιλαμβάνει και τη δυνατότητα παραγωγής ψύξης ονομάζεται Τριπαραγωγή ή Trigeneration (Εικόνα 4.7). Σε θερινές περιόδους που δεν υπάρχει απαίτηση για θέρμανση είτε είναι μειωμένη, η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση των καυσαερίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διοχετεύεται σε ψύκτη απορρόφησης προκειμένου να παράγεται ψύξη για την κάλυψη των ψυκτικών αναγκών του κτηρίου [49] .



Εικόνα 4.7: Σύστημα Τριπαραγωγής ΣΗΘ με ψύκτη απορρόφησης [πηγή: CENERGY.com]

## 4.7 Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή αλλιώς θερμικά ηλιακά συστήματα ονομάζονται τα συστήματα που κάνουν χρήση μηχανικών μέσων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια για ανάγκες θέρμανσης, κλιματισμού ή την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αποτελούν συστήματα σχετικά απλής τεχνολογίας με πολλές δυνατότητες εφαρμογών σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών [50] .

Κατηγοριοποιούνται σε αυτόνομα, προθέρμανσης και υβριδικά συστήματα, ανάλογα με το αν συνδυάζονται ή όχι με συμβατικά συστήματα. Όταν χρησιμοποιούν αέρα για τη συλλογή, την αποθήκευση και τη διανομή της ενέργειας γίνεται λόγος για ηλιακά συστήματα αέρα, ενώ αντίστοιχα στην περίπτωση που γίνεται χρήση υγρού, το οποίο είναι και το πιο διαδεδομένο, λέγονται ηλιακά συστήματα υγρού.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, λόγω αυξημένης ηλιοφάνειας, είναι πολύ διαδεδομένα τα ενεργητικά θερμικά ηλιακά συστήματα, ιδιαίτερα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Την πιο διαδεδομένη τεχνολογία αποτελεί ο ηλιακός θερμοσίφωνας που μπορεί να επιτύχει ετήσια εξοικονόμηση έως και 1400kWh σε μια τυπική εγκατάσταση [40] .

### 4.7.1 Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

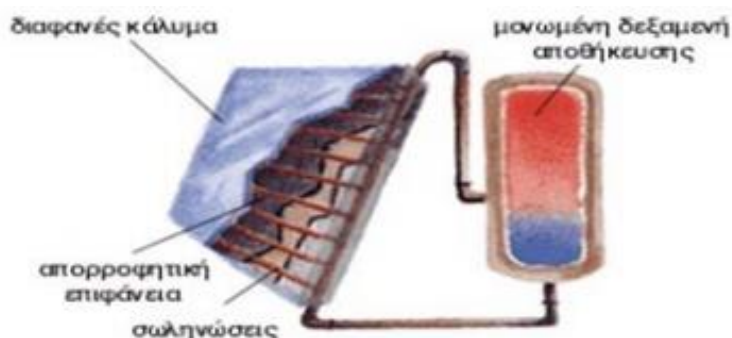
Αναφέρθηκε ήδη ότι η συνηθέστερη εφαρμογή των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Τα κυριότερα μέρη ενός ηλιακού θερμοσίφωνα είναι ένας ή περισσότεροι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες που απορροφάνε την ηλιακή ακτινοβολία, οι σωληνώσεις που μεταφέρουν τη συλλεγόμενη ενέργεια και το δοχείο αποθήκευσης στο οποίο αποθηκεύεται η ενέργεια.

Αναλυτικότερα, ο συλλέκτης έχει συνήθως μια μεταλλική μαύρη επιφάνεια που απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται, ενώ από πάνω από την επιφάνεια αυτή υπάρχει ένα διαφανές κάλυμμα (είτε από γυαλί είτε από πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα, χρησιμοποιώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έπειτα συνήθως κάποιο υγρό διοχετεύεται μέσα από λεπτούς σωλήνες που τοποθετούνται σε επαφή με τη μαύρη απορροφητική επιφάνεια. Το υγρό μέσα στους λεπτούς σωλήνες απαγάγει τη θερμότητα και τη μεταφέρει με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητών) σε μια δεξαμενή αποθήκευσης για την κάλυψη των αναγκών στο κτήριο εφαρμογής (Εικόνα 4.8) [51] .

Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου για αποφυγή σκίασης, με νότιο προσανατολισμό και η προτεινόμενη κλίση είναι  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$  ως προς τον ορίζοντα για τη μεγιστοποίηση της ακτινοβολίας που συλλέγεται ανά έτος ανάλογα με τα κλιματολογικά δεδομένα της εκάστοτε περιοχής [50] .

Στην Εικόνα 4.9 απεικονίζεται ένας ηλιακός συλλέκτης εγκατεστημένος σε κεκλιμένη κεραμοσκεπή και στην Εικόνα 4.10 παρουσιάζεται το διάγραμμα λειτουργίας και τα μέρη του συστήματος ενός ηλιακού θερμοσίφωνα.

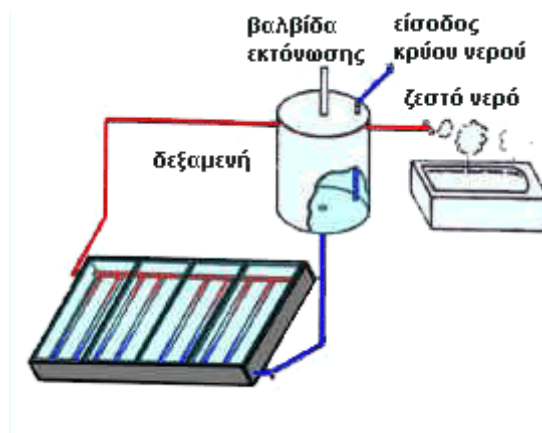


Εικόνα 4.8: Σχηματική αναπαράσταση ενός τυπικού ενεργητικού ηλιακού συστήματος. [πηγή:

[www.cres.gr/kape/kidsol/sun\\_heat/27.htm](http://www.cres.gr/kape/kidsol/sun_heat/27.htm)]



Εικόνα 4.9: Ηλιακός συλλέκτης [πηγή: [kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/energitika.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/energitika.htm)]



Εικόνα 4.10: Διάγραμμα ηλιακού θερμοσίφωνα [πηγή: [kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/energitika.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/energitika.htm)]

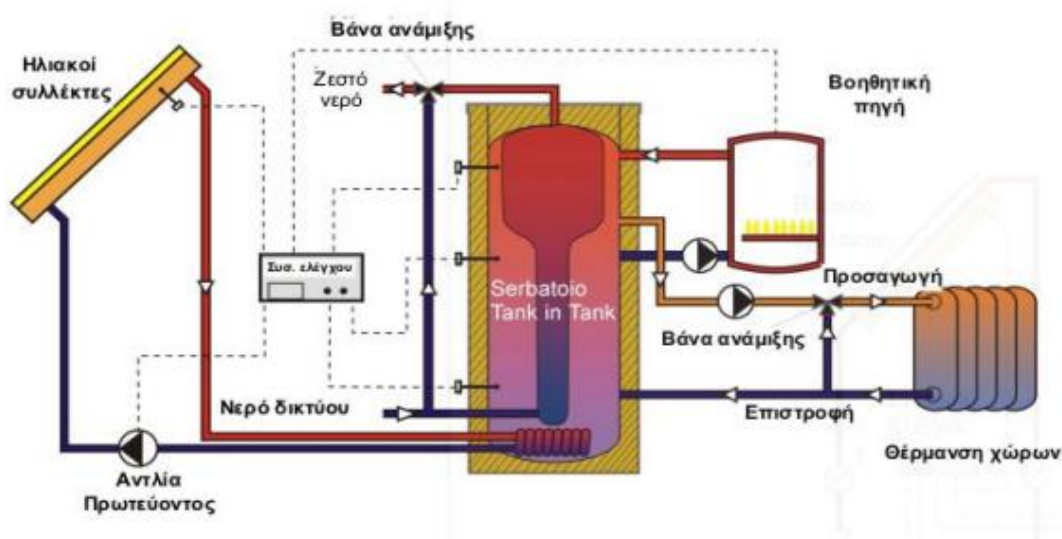
#### 4.7.2 Θέρμανση με τη χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν με την κατάλληλη μελέτη και ενσωμάτωση τους σε ένα κτήριο να υποβοηθήσουν την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ενώ παράλληλα να συνεισφέρουν στη θέρμανση των χώρων του κτηρίου. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά με τον όρο 'solar combisystems' ή συστήματα combi και έχουν πολλές εφαρμογές όπου απαιτείται θερμότητα υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται πάλι είτε αέρας είτε υγρό για το σύστημα των κυκλοφορητών τα οποία θερμαίνονται στους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και έπειτα μεταφέρονται μέσω ανεμιστήρων ή αντλιών σε δοχεία αποθήκευσης θερμότητας [52] .

Τα συστήματα που κάνουν χρήση αέρα για τη συλλογή, τη διανομή και την αποθήκευση της ενέργειας αποτελούνται από τους ηλιακούς συλλέκτες (παραγωγή ενέργειας), το θερμοδοχείο αδράνειας (αποθήκευση ενέργειας), το σύστημα βοηθητικής ενέργειας (ηλεκτρικός λέβητας, λέβητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου, βιομάζας ή αντλία θερμότητας), ένα σύστημα θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια θέρμανση, fan coils), αλλά και ένα σύστημα ελέγχου [27] [52] .

Η θέρμανση σε χαμηλές θερμοκρασίες με ενδοδαπέδια θέρμανση και fan coils είναι αποδοτική, ενώ η θέρμανση με συμβατικά θερμαντικά σώματα μειώνει την απόδοση σε ποσοστό 10%-15%, γεγονός που επιλύεται με υπερδιαστασιολόγηση του εξοπλισμού, δράση που έχει κόστος και δυσκολία εφαρμογής σε υφιστάμενα κτήρια. Στην Εικόνα 4.11 φαίνονται τα μέρη που αποτελείται ένα θερμικό ηλιακό σύστημα και η ροή της ενέργειας από την παραγωγή στους ηλιακούς συλλέκτες μέχρι τη θέρμανση του ΖΝΧ και των θερμαντικών σωμάτων στους χώρους του κτηρίου.

Για το σύστημα που έχει υγρό ρευστό μεταφοράς, προτείνεται η ενδοδαπέδια ή επιτοιχία θέρμανση με νερό χαμηλής θερμοκρασίας (30–45°C) που μεταφέρεται με δίκτυο πλαστικών σωλήνων στο δάπεδο ή στον τοίχο [52] [27] .



Εικόνα 4.11: Θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ΖΝΧ και θέρμανση των χώρων [πηγή: Θερμικά Ηλιακά Συστήματα», εκδόσεις ΚΑΠΕ]

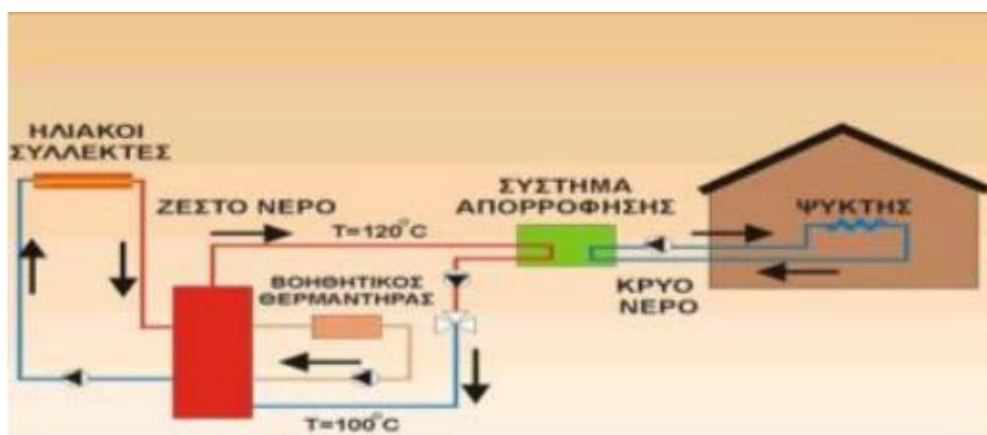
Καθώς τα οφέλη των θερμικών ηλιακών συστημάτων δεν αναδεικνύονται σε περιόδους με νεφελώδη καιρό, προκύπτει η απαίτηση ειδικά σε μονάδες φροντίδας και νοσηλείας να καλύπτεται το σύνολο των απαιτήσεων σε θέρμανση από το συμβατικό σύστημα θέρμανσης.

Σε επίπεδο αποτίμησης, τα θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μια αρκετά οικονομική λύση με υψηλό μέσο κύκλο ζωής (περί τα 20-30 χρόνια) και με συνολικό κόστος (αγοράς, εγκατάστασης και χρήσης) να αποπληρώνεται εντός μιας δεκαετίας το πολύ, ανάλογα με το κόστος των συμβατικών καυσίμων. Επίσης, μέσω κατάλληλης μελέτης και ελαχιστοποίηση των απωλειών του κτηρίου εφαρμογής των συστημάτων combi, αλλά και με την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών σε έκταση της τάξης του 15% της επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων

σε μια κατοικία, εκτιμάται ότι μπορεί να εξασφαλιστεί μέχρι και το 40% των συνολικών αναγκών σε θέρμανση και ΖΝΧ [52] .

#### 4.7.3 Ηλιακός κλιματισμός

Τα ηλιακά συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούν το καυτό νερό που παράγεται από τη ροή του από κυκλοφορητών μέσα από τους ηλιακούς συλλέκτες. Ένα σύστημα ηλιακού κλιματισμού απαρτίζεται από τους ηλιακούς συλλέκτες που συλλέγουν αρχικά την ηλιακή ενέργεια και θερμαίνουν το νερό το οποίο μέσω κυκλοφορητών καταλήγει στη δεξαμενή αποθήκευσης. Έπειτα, το θερμό νερό οδηγείται στους θερμοκίνητους ψύκτες (απορρόφησης ή προσρόφησης) και στον πύργο ψύξης, όπου το νερό ψύχεται και διοχετεύεται μέσω ενός δικτύου διαχείρισης του αέρα στους χώρους που για τον κλιματισμό τους (Εικόνα 4.12). Όταν η λειτουργία του συστήματος αυτού δεν καλύπτει τις ανάγκες για κλιματισμό των χώρων, απαιτείται η λειτουργία μιας εφεδρικής πηγής θερμότητας [53] .



Εικόνα 4.12: Σύστημα ηλιακού κλιματισμού [πηγή: Σταμάτης Πέρδιος, «Ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις», εκδόσεις ΤΕΚεκδοτική 2009]

Σημειώνεται ότι το ίδιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τους χειμερινούς μήνες με την παροχή κατευθείαν του ζεστού νερού στο κύκλωμα κλιματισμού για τη θέρμανση των χώρων.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων ηλιακού κλιματισμού αφορούν κυρίως στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέσω της μείωσης της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας και του λειτουργικού κόστους της εγκατάστασης, καθώς αξιοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία σε πρώτο επίπεδο για τη λειτουργία τους. Ακόμα, η χρονική σύμπτωση της υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας με τις υψηλές ψυκτικές ανάγκες ενός κτηρίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα εξοικονόμησης ενέργειας.



Πέρα, όμως, από τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που παρέχει η λειτουργία της εγκατάστασης αυτής, τα μειονεκτήματα είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, η μεγάλη κατανάλωση νερού, ο κίνδυνος διείσδυσης νερού στην οροφή του κτηρίου και η πιθανότητα διαρροής ψυκτικών αερίων που ελλοχεύουν κινδύνους για την υγεία των ατόμων ή την πρόκληση φωτιάς. Με σωστή εγκατάσταση και τακτική συντήρηση του εξοπλισμού ελαχιστοποιούνται οι πιθανοί κίνδυνοι και βλάβες, ενώ μεγιστοποιείται η απόδοση και ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης [54] .

#### 4.8 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β)

Για την προσέγγιση ενός κτιρίου ZEB είναι απαραίτητη η αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσα από την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, ειδικά σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλή ηλιοφάνεια. Η ενέργεια που προσπίπτει συνολικά ανά έτος σε μια επιφάνεια είναι συνυφασμένη με τη γεωγραφική θέση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) ως συστήματα υψηλής τεχνολογίας χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία μετατρέποντας την άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών ενός κτηρίου.

Στην Ελλάδα υπάρχουν ιδανικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων, καθώς χαρακτηρίζεται από κλίμα με υψηλό δυναμικό ηλιακής ενέργειας [55] [27] .

Ένα Φ/Β στοιχείο παράγει μια ποσότητα ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας που εξαρτάται άμεσα από την ένταση της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια που γίνεται η μετατροπή ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και από το μέγεθος της επιφάνειας αυτής. Σε περιπτώσεις που απαιτείται η κατανάλωση του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος σε περιόδους που δεν υφίσταται φως ημέρας ή σε ενδεχόμενα κακοκαιρίας, χρειάζεται ένα σύστημα αποθήκευσης. Για τη μέγιστη απόδοση τα Φ/Β πλαίσια προσανατολίζονται στον ήλιο, στραμμένα κατάλληλα προς το νότο για το βόρειο ημισφαίριο και με σωστή γωνία κλίσης για σταθερή κλίση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα την εκάστοτε τοποθεσία. Είναι απαραίτητο να αποφεύγεται η σκίαση των Φ/Β με κάθε τρόπο[27] .

Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων αναδεικνύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, ιδίως σε σχετικά ψυχρές, φωτεινές και ηλιόλουστες μέρες, άρα κατά την τοποθέτηση τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ελευθερία κίνησης του αέρα γύρω από αυτά.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κτήρια ανάλογα την ηλεκτρική εγκατάσταση διακρίνονται σε αυτόνομα ή συνδεδεμένα στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Τις περισσότερες φορές με την προϋπόθεση ότι είναι τεχνικά και οικονομικά συμφέρον είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο (Εικόνα 4.13) προκειμένου να πωλείται η πλεονάζουσα ενέργεια που δεν καταναλώθηκε έναντι ενός προσυμφωνημένου αντιτίμου, αλλά και να μπορεί να γίνεται λήψη ενέργειας από το δίκτυο σε περιπτώσεις που δεν επαρκεί η παραχθείσα ποσότητα για τις ανάγκες του κτηρίου.



Εικόνα 4.13: Σχηματικό διάγραμμα διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος. [πηγή: gneng.blogspot.com]

### Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτήριο

Η διαδικασία τοποθέτησης των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτήριο γίνεται είτε στην οροφή είτε στην πρόσοψη του κτηρίου με διάφορους τρόπους. Οι κυριότεροι τρόποι ενσωμάτωσης τους αναλύονται παρακάτω:

- Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα

Με αυτή τη μέθοδο τοποθέτησης μπορεί να γίνει καλύτερος ρυθμιζόμενος προσανατολισμός των Φ/Β πλαισίων, εάν έχουν κινητή βάση στήριξης, προς την επιθυμητή κατεύθυνση, ενώ σε σταθερή εγκατάσταση μπορεί να ρυθμιστεί η γωνία κλίσης με βάση τα μέγιστα οφέλη. Η ευκολία πρόσβασης τόσο στην εμπρόσθια όσο και στην οπίσθια πλευρά τους για λόγους συντήρησης, αλλά και το πλεονέκτημα του αερισμού και δροσισμού τους λόγω εγκατάστασης αυξάνει την απόδοσή τους. Ως μειονέκτημα έχει το υψηλότερο κόστος λόγω επιπλέον εργασίας και υλικών στην τοποθέτησή τους.

- Τοποθέτηση στο εξωτερικό του κτιρίου

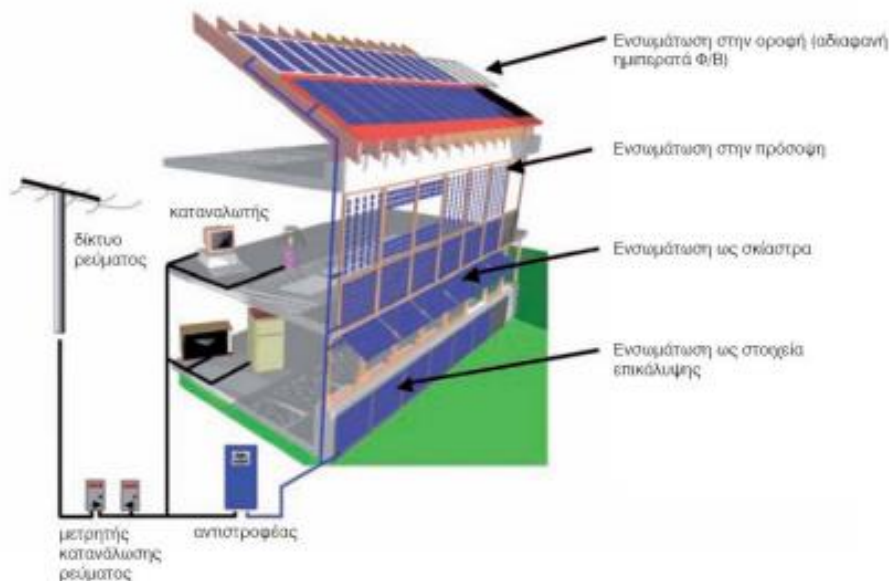
Τα Φ/Β πλαίσια προσαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου που προεξέχει από την οροφή ή την πρόσοψη. Σε αυτήν την περίπτωση επιτυγχάνεται καλός αερισμός των πλαισίων.

- Απευθείας τοποθέτηση

Στην εξωτερική οροφή του κτηρίου σε διάταξη και κλίση όπως τα κεραμίδια τοποθετούνται τα Φ/Β πλαίσια, τα οποία με αυτόν τον τρόπο προστατεύουν το κτήριο, διατηρώντας το κόστος εγκατάστασης σχετικά χαμηλό συγκριτικά με άλλες μεθόδους. Χρειάζεται όμως η λήψη επιπλέον μέτρων για τη στεγανοποίηση των Φ/Β πλαισίων.

- Ενσωμάτωση των Φ/Β στο κέλυφος του κτηρίου

Τα Φ/Β πλαίσια υποκαθιστούν ολόκληρα τμήματα του κτηρίου, εξοικονομούνται δομικά υλικά και έτσι το κόστος της εγκατάστασης είναι μειωμένο κατά ένα σημαντικό ποσοστό (Εικόνα 4.14) [56] .



Εικόνα 4.14: Τρόποι ενσωμάτωσης Φ/Β σε ένα κτήριο [πηγή:

[www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/PV%20for%20households.pdf](http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/PV%20for%20households.pdf)]

#### Πλεονεκτήματα από τη χρήση των Φ/Β [52]

- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και είναι αξιόπιστα, καθώς οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές συχνά υπερβαίνουν τα 25 χρόνια καλής λειτουργίας.
- Ως συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, μειώνουν το περιβαλλοντικό αντίκτυπο λόγω ρύπων που εκπέμπονται από την καύση ορυκτών καυσίμων από άλλα συστήματα.
- Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη, επομένως δεν προκαλούν ηχορύπανση.
- Το λειτουργικό τους κόστος είναι χαμηλό και με περιοδική πρακτικά μηδενική συντήρηση διατηρείται η απόδοσή τους σε σταθερά επίπεδα.
- Σε περίπτωση απομονωμένων περιοχών είναι ιδανική πρόταση για ενεργειακή αυτονομία λειτουργώντας ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

- Έχουν την ευελιξία της επέκτασης μιας υπάρχουσας εγκατάστασης για την κάλυψη περισσότερων αναγκών ενός κτηρίου.
- Μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Μπορούν να γίνουν μέρος της αρχιτεκτονικής ενός κτηρίου, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής, αφού μπορούν να αποτελέσουν δομικά στοιχεία του.

#### **Μειονεκτήματα των Φ/Β πλαισίων [52]**

- Βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης για την αγορά και εγκατάσταση τους. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας το κόστος τους μειώνεται, ενώ μέσω προγραμμάτων χρηματοδότησης και επιδότησης ποσοστού του αρχικού κόστους για την εγκατάσταση τους αποτελούν μια ελκυστική επένδυση.
- Η εγκατάσταση τους απαιτεί μεγάλη κατάλληλη επιφάνεια χώρου.
- Σε περιπτώσεις έλλειψης ηλιοφάνειας η παραγωγή τους σε ηλεκτρική ενέργεια μειώνεται απότομα. Σε νυχτερινές ώρες δεν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.
- Καθώς μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς τάσης, χρειάζονται οπωσδήποτε έναν αντιστροφέα που μετατρέπει τη συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση για τη χρήση της στο δίκτυο. Αυτό έχει, όμως, ως συνέπεια μια απώλεια ενέργειας κατά 4%-12%.
- Ενδεχομένως για πολλά άτομα η εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων σε εμφανείς θέσεις έχει αρνητική αισθητική επίπτωση στο κτήριο, αν και οι απόψεις δίστανται για τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και το αισθητικό αποτέλεσμα τεχνολογιών ΑΠΕ.
- Λόγω ετεροχρονισμού παραγωγής ενέργειας και ζήτησης προκύπτει η ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες).

#### **4.9 Υβριδικά ΦΒ/Θ συστήματα**

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας προς την κατεύθυνση της ενεργειακής εξοικονόμησης στον κτηριακό τομέα και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των τεχνολογιών ΑΠΕ. Καθώς τα συμβατικά Φ/Β συστήματα μετατρέπουν μόνο ένα μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ενώ επειδή η θερμική ενέργεια που παράγεται από την αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας μειώνει την απόδοση του, προέκυψε η ανάγκη να αξιοποιηθεί η θερμική ενέργεια που εκλύεται από αυτό. Η αρχή λειτουργίας των υβριδικών Φωτοβολταϊκών/θερμικών συστημάτων ή εν συντομία ΦΒ/Θ (PVT) είναι η ψύξη του Φ/Β

πλαisiού μέσω κάποιου ρευστού (νερού ή αέρα) και με κατάλληλη διάταξη η χρήση της θερμότητας που απάγεται από το Φ/Β για την κάλυψη θερμικών αναγκών σε ένα κτήριο.

Στην Εικόνα 4.15 παρατηρείται η εγκατάσταση μιας συστοιχίας υβριδικών φωτοβολταϊκών/θερμικών πλαισίων σε μια οριζόντια έκταση.

Τα συστήματα αυτά αποτελούνται δηλαδή από φωτοβολταϊκές γεννήτριες και μονάδες απαγωγής της θερμότητας που είναι ενσωματωμένες σε ενιαίες συσκευές [57] [58] .

Στη θερμική μονάδα απολαβής της θερμότητας του Φ/Β, το ρευστό που κυκλοφορεί έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή του Φ/Β, οπότε θερμαίνεται το ρευστό ενώ ταυτόχρονα ψύχει το Φ/Β. Επιτυγχάνεται, έτσι, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, αλλά παράγεται και θερμική ενέργεια μέσω του ρευστού απομάκρυνσης της θερμότητας που κυκλοφορεί στην οπίσθια επιφάνεια του Φ/Β πλαisiού. Η μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων κατά τη ψύξη τους διατηρεί την ηλεκτρική τους απόδοση σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο και παρέχοντας επιπλέον και ποσότητα θερμότητας έχουν μεγαλύτερη ολική αποδιδόμενη ενέργεια συγκριτικά με τα συμβατικά Φ/Β πλαisia. Αποτελεί οικονομικά αποδοτική λύση όταν το κόστος της πρόσθετης θερμικής μονάδας είναι σχετικά μικρό.

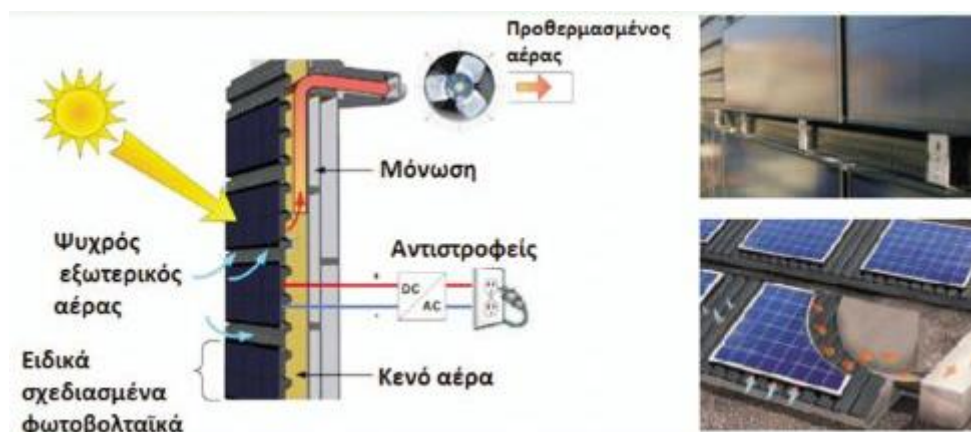


Εικόνα 4.15: Υβριδικά Φωτοβολταϊκά/Θερμικά (PV/T) Πλαisia. [πηγή: [www.renevol.gr/ybridiko-fotovoltaiko-thermiko-plaisio](http://www.renevol.gr/ybridiko-fotovoltaiko-thermiko-plaisio)]

Τα ΦΒ/Θ συστήματα χωρίζονται ανάλογα με το μέσο που κυκλοφορεί και ψύχει τα Φ/Β πλαisia σε ΦΒ/Θ συστήματα νερού ή αέρα.

Η χρήση αέρα στον κυκλοφορητή για την απαγωγή θερμότητας από το Φ/Β πλαisia αποτελεί απλούστερη και οικονομικότερη λύση, η οποία όμως δεν επιτυγχάνει ικανοποιητικά επίπεδα

ψύξης των Φ/Β πλαισίων όταν η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος υπερβαίνει τους 20°C (Εικόνα 4.16).



Εικόνα 4.16: Υβριδικό φωτοβολταϊκό θερμικό σύστημα με κυκλοφορητή αέρα. [πηγή: [www.4green.gr/news/data/fwtoboltaika/89477.asp](http://www.4green.gr/news/data/fwtoboltaika/89477.asp)]

Γενικά σε ετήσια βάση, αν και πιο ακριβή επένδυση, κρίνονται ως αποδοτικότερα τα Φ/Β συστήματα νερού, ειδικά σε χώρες με ήπιο και θερμό κλίμα θερμαίνοντας το νερό σε χαμηλές θερμοκρασίες (μέχρι 40°C) για να διατηρείται ταυτόχρονα χαμηλή η θερμοκρασία στα Φ/Β πλαίσια, εφόσον η θερμοκρασία νερού του δικτύου είναι κάτω των 20°C σχεδόν όλο το έτος. Η ψύξη του Φ/Β με νερό γίνεται μέσω εναλλάκτη θερμότητας σε επαφή με την οπίσθια επιφάνεια του φωτοβολταϊκού πλαισίου για την αποφυγή προβλημάτων σχετικά με την πίεση του νερού και τον ηλεκτρισμό που παράγεται [59] .

Τα πλεονεκτήματα των υβριδικών φωτοβολταϊκών/θερμικών συστημάτων συνοψίζονται σε:

- Μείωση του κόστους αναλογικά με την αγορά ξεχωριστά των συστημάτων φωτοβολταϊκών και θερμικού συστήματος. Το υβριδικό σύστημα, δηλαδή, έχει σχεδόν 25% λιγότερο κόστος από το συνολικό κόστος και των δύο συστημάτων μαζί [60] .
- Αύξηση της παραγόμενης ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας.
- Ταυτόχρονη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για ηλεκτρισμό και θερμικής ενέργειας για την κάλυψη περαιτέρω αναγκών σε ένα κτήριο, όπως υποβοήθηση αναγκών σε θέρμανση και ΖΝΧ.
- Διατήρηση της απόδοσης και αποτελεσματικότητας του Φ/Β πλαισίου σε σταθερά ιδανικά επίπεδα μέσω της ψύξης του. Επιτυγχάνεται έτσι μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή ενέργειας.
- Καλύτερο αισθητικό και πρακτικό αποτέλεσμα, αφού αξιοποιείται καλύτερα η επιφάνεια που προορίζεται για τις εγκαταστάσεις, συγκριτικά με την τοποθέτηση

συμβατικών φωτοβολταϊκών πλαισίων και ξεχωριστών ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ΖΝΧ.

- Μείωση του φαινομένου γήρανσης των Φ/Β πλαισίων που εντείνεται με την παρατεταμένη λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες [61] .

Σε περίπτωση που συνδυαστεί το σύστημα αυτό με το γεωθερμικό σύστημα αποθήκευσης/ανακύκλωσης τότε ενδείκνυται για χρήση από εταιρείες, ιδρύματα, νοσοκομεία και γενικά μεγάλα κτήρια με υψηλές απαιτήσεις σε ζεστό νερό χρήσης και χρήση θερμότητας.





## 5 Αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω αξιοποίησης φυσικού φωτισμού και αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

### 5.1 Εισαγωγή

Οι καθημερινές δραστηριότητες σε ένα κτίριο απαιτούν την εξασφάλιση κατάλληλων επιπέδων φωτισμού. Ο φωτισμός διαδραματίζει καθοριστικό παράγοντα για την ομαλή διεξαγωγή της καθημερινότητας, των επαγγελματικών δραστηριοτήτων, τη διασφάλιση της βιολογικής άνεσης και της ψυχοσυναισθηματικής κατάστασης των ατόμων στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Στην Ελλάδα, ο φωτισμός υπολογίζεται ότι έχει μερίδιο το 14% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ σε κτίρια του τριτογενή τομέα το ποσοστό αυτό κυμαίνεται στο 25%-35%. Μελέτες σχετικά με δράσεις αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και βελτιστοποίησης του τεχνητού συστήματος φωτισμού αναφέρονται σε εξοικονόμηση ενέργειας που προσεγγίζει έως και το 50%. Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης λόγω φωτισμού αποτελεί, επομένως, ένα πεδίο έρευνας νέων τεχνολογιών στα συστήματα τεχνητού φωτισμού και βελτίωσης των υφιστάμενων, λαμβάνοντας υπόψη τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, την αισθητική και τους ενεργειακούς κανονισμούς και δεσμεύσεις ανάλογα με την κατηγορία ενός κτιρίου [37] [62] .

### 5.2 Φυσικός Φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της καθημερινότητας, των συνηθειών, του τρόπου και της ποιότητας ζωής, της διαδικασίας παραγωγής, αλλά καθορίζει και το ίδιο το δομημένο περιβάλλον του ανθρώπου που ο ίδιος διαμορφώνει συνειδητά ή υποσυνείδητα σε σχέση με το φυσικό φως. Δεδομένου ότι κάθε τόπος ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του έχει διαφορετικό φως, προκύπτει η αναγκαιότητα ειδικής μελέτης στην κατασκευή ενός κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβολές της έντασης, της κατεύθυνσης και της φωτεινότητας του ηλίου. Η σχέση του εσωτερικού χώρου ενός κτιρίου με το εξωτερικό του περιβάλλον ορίζεται από το φως, που λειτουργεί ως στοιχείο σύνδεσης, διαχωρισμού, ενότητας, διαφοροποίησης, προσανατολισμού, εστίασης, κυριαρχίας, κίνησης και ιδιωτικότητας, συνυφασμένα όμως με το περίβλημα του κτιρίου, τα υλικά και τα χρώματα.

Οι δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης στον κτιριακό τομέα σχετικά με το φωτισμό επικεντρώνονται στη σταδιακή υποκατάσταση του τεχνητού φωτισμού με περαιτέρω αξιοποίηση του φυσικού, γεγονός που συμβάλλει στην αύξηση των εσωτερικών θερμικών κερδών κατά τη θερινή περίοδο. Ακόμα, επιφέρει τη μείωση του περιβαλλοντικού κόστους και την περαιτέρω ευφορία των ατόμων που χειρίζονται ή διαμένουν στο κτίριο, καθώς η συστηματική εργασία υπό τεχνητό φως αναδεικνύεται ως μακροπρόθεσμα επιβλαβής [63]. Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού γίνεται μέσω ανάλυσης των παραγόντων υπολογισμού της διαθεσιμότητας και στρατηγικών ελέγχου του φυσικού φωτισμού.

Οι παράγοντες υπολογισμού της διαθεσιμότητας του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο, λαμβάνουν υπόψη τα παρακάτω δεδομένα:

- Τον ηλιασμό του κτιρίου
- Τις διαστάσεις των χώρων του
- Τα ανοίγματα των χώρων του
- Τον προσανατολισμό του
- Τις ώρες λειτουργίας του
- Τον κυρίαρχο τρόπο χρήσης του χώρου, δηλαδή τη σκοπιμότητα του.

### 5.3 Συστήματα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού

Σκοπεύοντας στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, με γνώμονα την οπτική άνεση και την ομαλή κατανομή του φωτός, θα πρέπει μέσω κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών να διατηρείται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους η σωστή στάθμη φωτισμού χωρίς έντονες διαφοροποιήσεις για τη αποφυγή του φαινομένου της 'θάμβωσης'.

Μέρη ενός συστήματος φυσικού φωτισμού αποτελούν οι υαλοπίνακες ή άλλα φωτοδιαπερατά στοιχεία, τα πλαίσια και οι διατάξεις σκιασμού, ενώ χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί

Για την αποδοτικότερη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο, αποτελεί προϋπόθεση η διερεύνηση και μελέτη των παρακάτω παραγόντων:

- Γεωμετρία των εσωτερικών χώρων

- Γεωμετρία, ποσοστό και τοποθεσία των ανοιγμάτων
- Μέγεθος των γειτονικών κτιρίων
- Ο χρωματισμός των εσωτερικών επιφανειών ενός κτιρίου

Οι κυριότερες τεχνικές αξιοποίησης φυσικού φωτισμού είναι:

- Τα ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία και βελτίωση των υφιστάμενων
- Τα αίθρια
- Οι φωταγωγοί
- Οι ειδικοί υαλοπίνακες
- Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Τα ανοίγματα οροφής
- Τα διαφανή μονωτικά υλικά
- Τα ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες και οι περσίδες [62] .

### 5.3.1 Ράφια φωτισμού

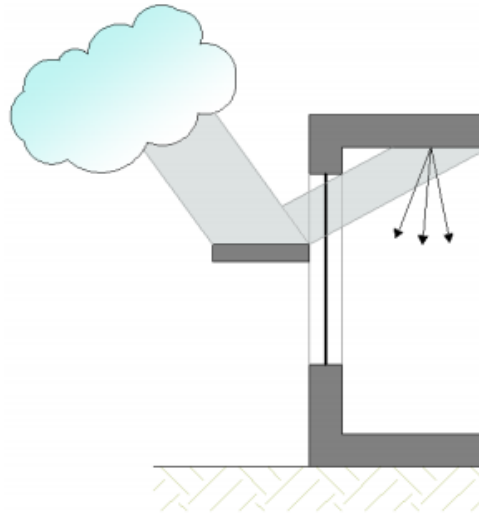
Τα ράφια φωτισμού ή ανακλαστήρες φωτισμού αποτελούν μια συνηθισμένη πρακτική αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού μέσω εγκατάστασης στην περιοχή των ανοιγμάτων, εξασφαλίζοντας ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στο εσωτερικό περιβάλλον του χώρου. Είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά ή κινητά στοιχεία με ανακλαστική επιφάνεια που τοποθετούνται στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό των παραθύρων (συνήθως πάνω από το επίπεδο των οφθαλμών), ώστε να κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία στις εσωτερικές επιφάνειες ενός κτιρίου. Τα κινητά ράφια προσφέρουν μεγαλύτερη ευχρηστία στην εφαρμογή και διαχείρισή τους, παρά το αυξημένο κόστος τους συγκριτικά με τα σταθερά ράφια. Η εγκατάσταση και χρήση τους προσφέρει ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού, οδηγεί σε αύξηση της στάθμης φωτισμού σε περιοχές μακριά από τα παράθυρα, ενώ μειώνουν τη στάθμη φωτισμού και θάμβωση στη ζώνη των παραθύρων.

Καθώς τα ράφια φωτισμού προκαλούν επεμβάσεις στον αρχιτεκτονικό και δομικό σχεδιασμό του κτιρίου είναι καλύτερο να λαμβάνονται υπόψη κατά την αρχική μελέτη ενός κτιρίου και προτιμάται να τοποθετούνται εσωτερικά ράφια φωτισμού σε περιπτώσεις τοποθέτησής τους σε υφιστάμενα κτίρια. Τα εσωτερικά ράφια μειώνουν το συνολικό φωτισμό στο δωμάτιο, αλλά συνεισφέρουν στην ομαλότερη διάχυση του. Τα ράφια εξωτερικά των παραθύρων συνήθως αυξάνουν το συνολικό φωτισμό με την εκμετάλλευση του μεριδίου φωτισμού από υψηλότερες γωνίες στον ουρανό.

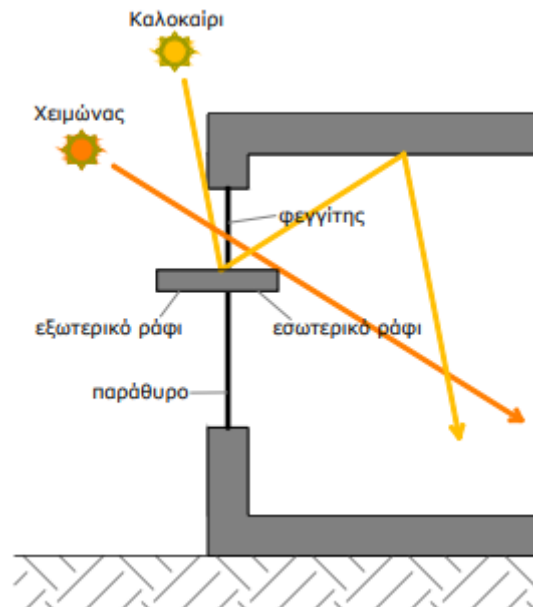
Αποδίδουν καλύτερα σε περιοχές με άφθονο ηλιακό φως, σε ανοίγματα στραμμένα στο νότο και σε ανοίγματα που το ταβάνι έχει υψηλή ανακλαστικότητα και είναι σε μεγάλο ύψος. Για

τη μέγιστη απόδοση τους απαιτείται συχνός καθαρισμός τους για τη μεγιστοποίηση του κέρδους από τις ανακλαστικές τους ιδιότητες [62] [63] [64] .

Τα ράφια φωτισμού κατασκευάζονται στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά (Εικόνα 5.1) ή εκατέρωθεν του υαλοστασίου και αποτελούν συγχρόνως στοιχείο της αρχιτεκτονικής σύνθεσης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.1: Ράφια φωτισμού εξωτερικά του ανοίγματος [πηγή: Τεχνική οδηγία ΤΕΕ Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010]



Εικόνα 5.2: Ανακλαστικά ράφια εκατέρωθεν του ανοίγματος [πηγή: Τεχνική οδηγία ΤΕΕ Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010]

Στην Εικόνα 5.3 απεικονίζονται τα ράφια φωτισμού στην πρόσοψη ενός κτηρίου.



Εικόνα 5.3: Ράφι φωτισμού [πηγή: <https://www.haikudeck.com/light-shelf-science-and-technology-presentation-TrCZQFCLPz#slide0>]

### 5.3.2 Ανακλαστικές περσίδες

Οι ανακλαστικές περσίδες προσομοιάζουν τη λειτουργία των ραφιών φωτισμού έχοντας όμως την ευελιξία της κίνησης και της πρακτικότητας λόγω μικρού μεγέθους. Η τοποθέτησή τους γίνεται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος, φεγγίτη ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Απαρτίζονται από πολλαπλές οριζόντιες, κάθετες και επικλινείς ράγες και κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με το χώρο τοποθέτησης. Οι κινητές ανακλαστικές περσίδες (Εικόνα 5.4) χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα αποτελεσματική τεχνολογία ρύθμισης της ποσότητας της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και ανακατεύθυνσης της στις περιοχές ενδιαφέροντος ενός χώρου, ενώ με τη χρησιμοποίηση ανακλαστήρων ή ειδικής βαφής με μεγάλη ανακλαστικότητα στην οροφή ενός χώρου εξασφαλίζεται αποδοτικότερη διάχυση του φωτός στο χώρο και μείωση της θάμβωσης. Υπάρχει δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο χειρισμό των ανακλαστικών περσίδων, όμως, χρειάζεται συχνά προσωπικό ελέγχου του συστήματος στη δεύτερη περίπτωση. Σε επίπεδο συντήρησης ο καθαρισμός τους ανά τακτικά χρονικά διαστήματα κρίνεται αναγκαίος για να διατηρηθεί η σωστή λειτουργία τους και να αυξηθεί ο χρόνος ζωής τους. Οι ανακλαστικές περσίδες μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά (Εικόνα 5.5) είτε εξωτερικά (Εικόνα 5.6) ενός χώρου.

Όταν οι περσίδες τοποθετούνται ανάμεσα στα παράθυρα απαιτούν ελάχιστο καθαρισμό και είναι ανθεκτικότερες σε βλάβες. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο καλοκαίρι ή κατά τη διάρκεια ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια, διότι οι πολύ στιλπνές επιφάνειες των περσίδων μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση.



Εικόνα 5.4: Κινητές περσίδες [πηγή: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)]



Εικόνα 5.5: Εσωτερικές ανακλαστικές περσίδες [πηγή: <http://www.dearnleys.com>]

Τα ράφια φωτισμού και οι ανακλαστικές περσίδες πέρα από τον ομοιόμορφο ηλιασμό του χώρου εφαρμογής τους, λειτουργούν και ως μέσα εξασφάλισης της θερμικής προστασίας και σκίασης των χώρων [63] [64] .



Εικόνα 5.6: Εξωτερικές ανακλαστικές περσίδες [πηγή: <http://www.horiso.com.au>]

### 5.3.3 Κανάλια φωτισμού ή Φωτεινοί αγωγοί ή Φωτοσωλήνες

Τα κανάλια φωτισμού, φωτεινοί αγωγοί ή φωτοσωλήνες (light ducts, light tubes) αποτελούν απλές κατασκευές για τη διείσδυση του φυσικού φωτός μέσω της οροφής σε σκοτεινά σημεία χώρων που είναι δύσκολη η εφαρμογή άλλων μεθόδων. Ένας φωτοσωλήνας είναι ένας σωλήνας με επίστρωση στο εσωτερικό του από υλικό μεγάλης ανακλαστικότητας, συνήθως καθρέφτες, ελάσματα από αλουμίνιο ή στιλπνή βαφή, ενώ φέρει στα άκρα του διαφανή καλύμματα και η συλλογή του φωτός γίνεται σε ένα θόλο στην οροφή που αντανακλά ηλιακό φως μέσα στο σωλήνα (Εικόνα 5.8) [62] [65].

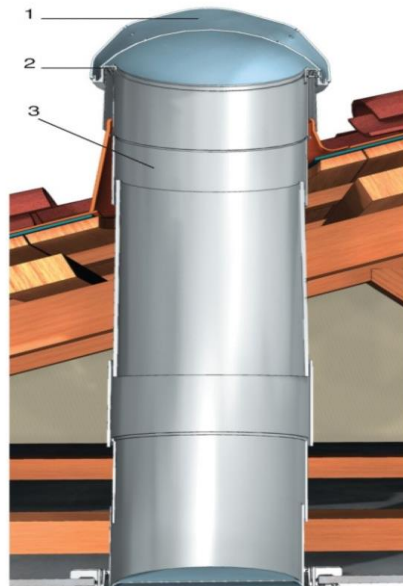
Σε επίπεδο πρακτικότητας κατασκευής, συνήθως, προτιμώνται σε υπόγειες εγκαταστάσεις (Εικόνα 5.9), αλλά και σε μεγαλύτερους κεντρικούς χώρους (όπως διάδρομοι και μεγάλες αίθουσες), ενώ σπανιότερα σε οικιακές εγκαταστάσεις (Εικόνα 5.7). Δε χρειάζονται ηλεκτρική εγκατάσταση ή μόνωση και κρίνονται ενεργειακά κερδοφόρες επενδύσεις αξιοποίησης φυσικού φωτισμού, ειδικά σε υπόγειες εγκαταστάσεις.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός φωτεινού αγωγού συντελούν η ένταση φωτισμού στο εξωτερικό επίπεδο φωτισμού του, η θέση του ηλίου, η ανακλαστικότητα του υλικού στο εσωτερικό του, η ύπαρξη ή απουσία γωνιών στη διαδρομή του σωλήνα, ο λόγος του μήκους του ως προς τη διάμετρο του και το συνολικό μήκος εγκατάστασης του. Σύμφωνα με Lechner για την εξασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων απόδοσης, το μήκος του δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 10 μέτρα [64].

Στα ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς προτείνεται η χρήση ανακλαστήρα στην είσοδο του φωτός για την ομαλότερη και καλύτερη διάχυση του φωτός, η εγκατάσταση ηλιοστάτη με καθρέφτη για την παρακολούθηση και εκμετάλλευση της κίνησης του ηλίου κατά τις εναλλαγές της μέρας και των εποχών. Σε αρκετές περιπτώσεις, τα κανάλια φωτισμού με κατάλληλες διατάξεις συνεισφέρουν και στον καλύτερο αερισμό ενός χώρου.



Εικόνα 5.7: Εγκατάσταση φωτοσωλήνα [πηγή: [www.solalighting.com](http://www.solalighting.com)]



Εικόνα 5.8: Φωτοσωλήνας με αριθμημένα μέρη(1- εξωτερικός θόλος, 2-προφίλ στερέωσης, 3- υπερανακλαστικός σωλήνας μεταφοράς φωτός) [πηγή: <http://www.ktirio.gr>]



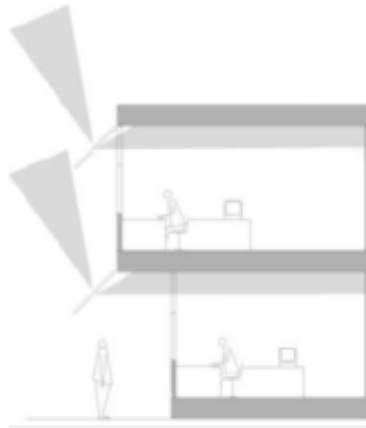


Εικόνα 5.9: Φωτοσωλήνας στο υπόγειο μετρό στην Potsdamer Platz στο Βερολίνο. Αριστερά όπως φαίνεται εκτός του σταθμού, δεξιά όπως φαίνεται στο εσωτερικό του σταθμού. [πηγή: [http://www.wikiwand.com/en/Light\\_tube](http://www.wikiwand.com/en/Light_tube)]

#### 5.3.4 Υαλοπίνακες ανακατεύθυνσης φωτός

Ο υαλοπίνακας ανακατεύθυνσης του ηλιακού φωτός μπορεί να ενσωματωθεί στα κατακόρυφα ανοίγματα ενός κτιρίου ή στην πρόσοψη του άνω τμήματος ενός παραθύρου υπό γωνία κλίσης  $45^\circ$  και όχι στο κάτω τμήμα διότι αλλοιώνει τη θέα εκτός του παραθύρου (Εικόνα 5.10).

Αποτελείται κυρίως από μια πολυμερή ταινία με ολογραφικά φράγματα διάθλασης επικαλυμμένη με δύο υαλοπίνακες (Εικόνα 5.11). Λειτουργεί ως μια επιφάνεια που προωθεί το διάχυτο φωτισμό από το ζενίθ του ουρανού στο βάθος ενός δωματίου. Συστήνεται η εγκατάσταση των υαλοπινάκων ανακατεύθυνσης φωτισμού σε προσόψεις χωρίς άμεσο ηλιακό φως, καθώς μπορούν να προκαλέσουν διαφοροποίηση του χρώματος. Η συντήρησή τους είναι απλή και η εγκατάστασή τους δεν περιλαμβάνει έντονες δυσκολίες παρέμβασης στο κέλυφος ενός υφιστάμενου κτιρίου [63].



Εικόνα 5.10 Λειτουργία των κατακόρυφων κατευθυντήριων υαλοπινάκων. [πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components]



Εικόνα 5.11: Εξωτερική εγκατάσταση υαλοπίνακα ανακατεύθυνσης φωτός [πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components]

### 5.3.5 Διαφανή μονωτικά υλικά

Τα διαφανή υλικά μόνωσης είναι φωτοδιαπερατά υλικά με υψηλή θερμομονωτική ικανότητα που μπορούν να αντικαταστήσουν τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας ενός κτιρίου, αφού έχουν 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα) [65] .

Οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες ενός διάφανου μονωτικού υλικού εξαρτώνται από τα υλικά κατασκευής του, τη δομή, το πάχος, την ποιότητα και την ομοιομορφία που το χαρακτηρίζει. Τις περισσότερες φορές αποτελούνται από γυαλί ή πλαστικό σε διάφορες διατάξεις [66] .

Πέρα από οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας έχουν και συναισθηματικά οφέλη καθώς δημιουργούν μια αίσθηση οικειότητας και συνέχειας του κτιρίου με το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ μπορούν να έχουν και ένα ευχάριστο αισθητικό αποτέλεσμα (Εικόνα 5.12).

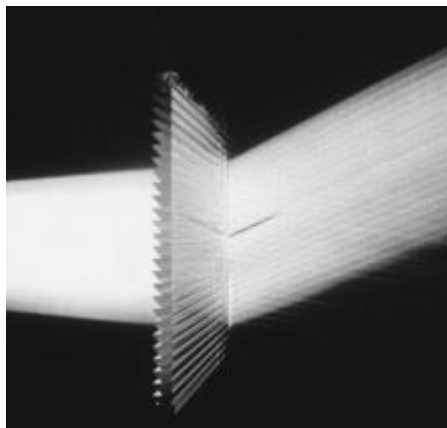


Εικόνα 5.12: Πρόσοψη κτιρίου με διαφανή μονωτικά υλικά. [πηγή: <http://www.tsb.wetterau.de/>]

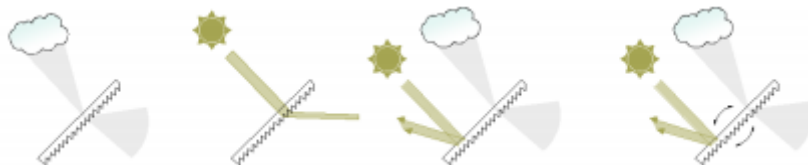
### 5.3.6 Πρισματικά φωτοδιαπερατά πάνελ

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά πάνελ ή πρισματικοί υαλοπίνακες συνιστούν κινητές ή σταθερές διατάξεις από ακρυλικό υλικό που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών μέσω κατάλληλου προσανατολισμού, ανακατευθύνουν το φως στο βάθος του χώρου και μειώνουν το φαινόμενο της θάμβωσης (Εικόνα 5.13). Αποτελούν ημιδιαφανή υλικά με λεπτό, επίπεδο και πριονωτό σχήμα στα οποία η ηλιακή ακτινοβολία διαθλάται με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης στο χώρο. Η τοποθέτησή τους γίνεται στο κέλυφος του κτιρίου ως αυτόνομες διατάξεις ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων για να προστασία από σκόνη και η εγκατάστασή τους συστήνεται σε ανοίγματα οροφής και υψηλά πλευρικά ανοίγματα, καθώς αλλοιώνουν τη θέα στον εξωτερικό χώρο. Συγκεκριμένα ανάλογα με το σχήμα της πριονωτής διάταξης ρυθμίζουν τη διέλευση της ακτινοβολίας ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης προσφέροντας ηλιοπροστασία τη θερινή περίοδο, χωρίς τη μείωση του κέρδους από τη διέλευση του φωτός κατά τη χειμερινή περίοδο (Εικόνα 5.14). Η συντήρησή τους είναι απλή και περιλαμβάνει τον καθαρισμό των ίδιων των διατάξεων και των υαλοπινάκων στους οποίους τοποθετούνται [62] [65] .

Η εφαρμογή των πρισματικών φωτοδιαπερατών πάνελ έχει περιορισμούς σε κλίματα χωρίς έντονη ηλιοφάνεια, ενώ κατά την εφαρμογή τους προτείνεται η εγκατάστασή τους σε χώρους με επιπλέον παράθυρα για θέα προς τα έξω, εκτός εάν τα πάνελ έχουν τη δυνατότητα να ανοίγουν όταν το επιθυμούν οι χρήστες.



Εικόνα 5.13: Διατομή ενός πρισματικού πάνελ και απεικόνιση της ανακατεύθυνσης φωτός μέσα από το πάνελ [πηγή: Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components]



Εικόνα 5.14: Σχηματική αναπαράσταση πολλαπλών λειτουργιών πρισματικών υαλοπινάκων [πηγή:Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010]

## 5.4 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στα υφιστάμενα κτίρια, συνήθως, υπάρχει ένα μεγάλο πεδίο εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας από τη λειτουργία του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Παράγοντας που οφείλεται για την ενεργειακή σπατάλη στο φωτισμό αποτελεί σε πρώτο επίπεδο η έλλειψη επαρκούς μελέτης φωτισμού λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και απαιτήσεις κάθε χώρου ή ακόμα και παράλειψη του σταδίου της μελέτης κατά την κατασκευαστική διαδικασία. Ακόμα, η έλλειψη συντήρησης και αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, η μη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και η μη μέριμνα ενημέρωσης των ατόμων ενός κτιρίου για τη σωστή διαχείριση του ενεργειακού εξοπλισμού αιτιολογούν την περίσσεια ενέργειας που χρησιμοποιείται άσκοπα. Το φαινόμενο της ανεπάρκειας ή έλλειψης μελέτης φωτισμού καλύπτεται συνήθως με την

υπερδιαστασιολόγηση των συστημάτων τεχνητού φωτισμού. Πέρα από τις οικονομικές συνέπειες λόγω υψηλής κατανάλωσης ενέργειας και τη μη φιλικότητα προς το περιβάλλον, δημιουργούνται προβλήματα στην οπτική άνεση και ποιότητα του φωτισμού ενός χώρου, επιβαρύνεται η ψυχοσυναισθηματική κατάσταση των ατόμων ενός χώρου.

Ένα πρώτο βήμα προς την εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό αποτελεί η καταγραφή του εξοπλισμού του φωτισμού, ορισμένων λειτουργικών παραμέτρων και χρόνων λειτουργίας, δηλαδή η συλλογή δεδομένων και καταγραφή:

- Των αυτοματισμών και των συστημάτων διαχείρισης λειτουργίας του εξοπλισμού
- Της διάταξης διακοπών
- Του είδους των φωτιστικών (τρόπου διανομής φωτός, ανακλαστήρες φωτισμού, κλπ.) και την ομαδοποίηση τους.
- Του είδους των λαμπτήρων, τον αριθμό τους, του χρόνου ζωής, της ειδικής ενεργειακής χρήσης τους, της ενεργειακής κατάταξής τους
- Των συνδεδειγμένων διατάξεων και ballasts
- Του μέσου χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού.

Μέσα από τα δεδομένα αυτά, υπολογίζονται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό (σε kW) και το ποσό της ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για φωτισμό στο κτίριο (σε kWh/έτος) [67] [68] .

Οι παράγοντες που μελετώνται για την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της μείωσης της κατανάλωσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού είναι:

- ο βέλτιστος σχεδιασμός του συστήματος τεχνητού φωτισμού
- η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για μείωση του τεχνητού μέσω αυτοματισμού σύζευξης με το φυσικό φωτισμό.
- η χρησιμοποίηση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων που προσαρμόζονται αισθητικά στο χώρο, αναδεικνύουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, προσφέρουν βέλτιστη ποιότητα φωτισμού και έχουν υψηλή ενεργειακή απόδοση.
- η χρησιμοποίηση κατάλληλων λαμπτήρων μέγιστης απόδοσης (lm/W) συνδυάζοντας ταυτόχρονα αυξημένη χρωματική και φωτεινή απόδοση.
- η χρήση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων (ηλεκτρονικά ballast) με αντικατάσταση των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών.
- η χρήση κατάλληλων συσκευών και αισθητήρων τοπικής εμβέλειας, αισθητήρες παρουσίας, ρυθμιστές έντασης φωτισμού ή χρονοδιακόπτες.

- η εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης, παρακολούθησης και καταγραφής και ελέγχου των καταναλώσεων (BMS)
- η σωστή και περιοδική συντήρηση των φωτιστικών και της εγκατάστασης φωτισμού.
- η διόρθωση του συντελεστή ισχύος τοπικά στα φωτιστικά ή στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.
- η εκπαίδευση των ατόμων για την ορθότερη διαχείριση του εξοπλισμού [62] .

#### 5.4.1 Σχεδιασμός φωτισμού σε μονάδες περίθαλψης και φροντίδας

Ο Σχεδιασμός Φωτισμού συγκροτεί μια σειρά μελετών και υλοποιήσεων των συστημάτων φωτισμού, συμπεριλαμβάνοντας το φυσικό και τον τεχνητό φωτισμό για την κάλυψη των αναγκών ενός χώρου ανάλογα τη σκοπιμότητα και τις απαιτήσεις του ανθρώπινου παράγοντα που εκκινεί από τον αρχικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου. Με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική λαμβάνεται έντονα υπόψη η αξιοποίηση μεγάλου μέρους του φυσικού φωτισμού και μείωση της χρήσης του τεχνητού φωτισμού. Γενικά, οι παράμετροι που πρέπει να υπολογιστούν είναι η κατανομή των λαμπροτήτων στις επιφάνειες του χώρου, η στάθμη της έντασης φωτισμού και η ομοιομορφία του φωτισμού στο επίπεδο εργασίας, το ενδεχόμενο θάμβωσης, η χρωματική απόδοση, η φωτεινή μαρμαρυγή, η ροή και η κατευθυντικότητα του φωτισμού στο χώρο και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Σε περιβάλλοντα περίθαλψης η διαδικασία μελέτης φωτισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη, ακόμα, την άνεση των ατόμων που μένουν στο κτίριο, τις κρίσιμες οπτικές απαιτήσεις για το προσωπικό της μονάδας περίθαλψης και την άνεση των επισκεπτών. Άρα η επιτυχία ενός συστήματος φωτισμού δεν επαφίεται μόνο στην κάλυψη των προτύπων και κανονισμών για τα επίπεδα φωτισμού, την αειφορία, τη βιωσιμότητα και τη λειτουργικότητα ενός χώρου, αλλά στον τρόπο που το φως διαμορφώνει το χώρο και την ευημερία των ατόμων που βρίσκονται σε αυτόν.

Σε μονάδες περίθαλψης ή σε νοσοκομειακές μονάδες, το θέμα του φωτισμού ενός χώρου έχει θετικές ή αρνητικές επιρροές στην ψυχολογία και τα συναισθήματα των ανθρώπων που εργάζονται, πόσο μάλλον σε άτομα που μένουν προσωρινά ή αναγκαστικά σε ένα περιβάλλον υγειονομικής εγκατάστασης και παροχής φροντίδας. Συχνά τέτοια περιβάλλοντα παρουσιάζουν τα προβλήματα του υπερφωτισμού ή υποφωτισμού, φτωχού φυσικού φωτισμού, λανθασμένη επιλογή χρωμάτων στις επιφάνειες, με συνέπεια την αρνητική επίδραση στην ψυχολογία των ατόμων ενός κτιρίου και την αίσθηση ενός αφιλόξενου και στρεσογόνου κλίματος στο χώρο. Η καθημερινότητα σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης και φροντίδας αναδεικνύει την αναγκαιότητα σε βέλτιστες συνθήκες φωτισμού

εξαιτίας της περιορισμένης πρόσβασης των ατόμων σε εξωτερικούς χώρους και των καταστάσεων που σχετίζονται με άγχος και πόνο [69] .

Σε χώρους υγείας και παροχής φροντίδας η συνεκτίμηση των ειδικών συνθηκών για το σχεδιασμό φωτισμού περιλαμβάνει, ακόμα, χώρους δραστηριοποίησης και ξεκούρασης του ατόμου που διαμένει σε επίπεδο καθημερινότητας ή νοσηλεύεται. Οι ασθενείς βρίσκονται συνήθως σε ξαπλωμένη στάση κοιτώντας το ταβάνι ή τη γωνία ταβανιού και τοίχου. Επομένως, οι γωνίες εκπομπής από τα φωτιστικά σώματα είναι μια κρίσιμη παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη από το σχεδιαστή φωτισμού.

Τα κριτήρια φωτισμού και οι ελάχιστες απαιτήσεις για τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση και λειτουργικότητα των χώρων σύμφωνα με τους κανονισμούς και τα πρότυπα περιγράφονται στην Τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Με τη χρήση διαφόρων υπολογιστικών εργαλείων για το σχεδιασμό φωτισμού μπορεί να γίνει μια αρκετά ρεαλιστική προσομοίωση του χώρου και των καταναλώσεων πριν την εφαρμογή των μέτρων. Μέσω προγραμμάτων προσομοίωσης του φυσικού, του τεχνητού φωτισμού και απόδοσης των ανοιγμάτων σε συνάρτηση με τα προϊόντα εξελιγμένης τεχνολογίας και υψηλής απόδοσης μπορεί να προκύψει μια αρκετά αξιόπιστη πρόβλεψη καλύτερης ενεργειακής απόδοσης και οπτικής άνεσης.

Με την έρευνα και την προώθηση των έξυπνων τεχνολογιών, δημιουργούνται νέα πεδία μελέτης του συνδυασμού στοιχείων βιοκλιματικού σχεδιασμού και ευφυών συστημάτων ελέγχου σαν μέρη ενός έξυπνου κτιριακού κελύφους προσαρμοσμένο στις συνθήκες του περιβάλλοντος που βρίσκεται.

#### 5.4.2 Αυτοματισμοί και αισθητήρες σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού

Οι αισθητήρες φωτισμού αποτελούν ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου των επιπέδων του φωτισμού ενός χώρου, καθώς καταγράφουν την ποσότητα του φυσικού φωτισμού του χώρου και ρυθμίζουν αυτόματα τη χρήση του τεχνητού φωτισμού προκειμένου να διατηρούνται σε μια ισορροπία η απαραίτητη ένταση του φωτισμού μέσα από το άθροισμα τεχνητού και φυσικού (Εικόνα 5.15). Έχουν προσαρτημένο ένα φακό για την είσοδο της ακτινοβολίας, ένα φωτοκύτταρο, αλλά και το κατάλληλο κύκλωμα για τη δημιουργία του σήματος ελέγχου. Η τοποθέτηση ενός αισθητήρα φωτισμού γίνεται είτε εξωτερικά σε θέση πλησίον του παραθύρου προκειμένου να δέχεται μόνο το φυσικό φως, είτε εσωτερικά για να αθροίζει την ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτός. Έτσι, είναι δυνατό ένας αισθητήρας να ελέγχει ένα μόνο φωτιστικό ή μια ομάδα φωτιστικών.

Τα τρία πιο συνήθη συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτός είναι:

- **τα συστήματα έναυσης και σβέσης**, των οποίων η χρήση αρμόζει περισσότερο σε χώρους με έντονο φυσικό φωτισμό, άρα με μειωμένη συχνότητα έναυσης – σβέσης, ειδικά προκύπτουν απότομες εναλλαγές της στάθμης φωτισμού. Προβλέποντας μια χρονική υστέρηση στο σύστημα αυτό μπορεί να αποφευχθεί η επαναληψιμότητα στις εναύσεις – σβέσεις σε περιπτώσεις παροδικών καιρικών νεφώσεων.
- **τα βοηθητικά συστήματα**, τα οποία προσομοιάζουν στα συστήματα έναυσης – σβέσης με την προσθήκη μιας ή δύο ενδιάμεσων θέσεων λειτουργίας μεταξύ της έναυσης – σβέσης.
- **τα συστήματα ρύθμισης της φωτεινής ροής**, τα οποία δεν παρουσιάζουν απότομες εναλλαγές στη λειτουργία τους όπως τα προηγούμενα δύο συστήματα, αλλά διατηρούν κατά τη λειτουργία τους τη συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού στην επιθυμητή στάθμη. Τα συστήματα αυτά δημιουργούν πιο ξεκούραστες εσωτερικές φωτεινές συνθήκες και προσφέρουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας [65] .



Εικόνα 5.15: Απεικόνιση λειτουργίας συστήματος σύζευξης φυσικού-τεχνητού φωτισμού [πηγή: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/texnitos\\_fotismos\\_systymata\\_elegxou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos_systymata_elegxou.htm)]

Σε γενικές γραμμές, οι αισθητήρες φωτισμού αντικαθιστούν ή συμπληρώνουν το χειροκίνητο έλεγχο σε ένα χώρο και κατ' επέκταση σε ένα κτίριο, γεγονός που έχει θετική επίπτωση στο χρόνο ζωής των λαμπτήρων, ενώ το ενεργειακό όφελος από τη σβέση των λαμπτήρων αντισταθμίζει το κόστος μείωσης του χρόνου ζωής τους. Με τη μείωση του τεχνητού φωτισμού, εξοικονομείται ενέργεια κατά τη θερινή περίοδο και από τη λειτουργία του συστήματος ψύξης – θέρμανσης, αφού ελαχιστοποιούνται τα θερμικά φορτία προερχόμενα από τα φωτιστικά σώματα [17] .

Η κυριότερη προϋπόθεση για την εφαρμογή του κατάλληλου συστήματος ελέγχου του φωτισμού αποτελεί η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτός σε ένα χώρο και τα οφέλη τους γίνονται περισσότερο αντιληπτά σε χώρους με άπλετο ηλιακό φως.



Μέσα από την εφαρμογή των αισθητήρων εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού εξοικονομείται ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας χρήσης του τεχνητού φωτισμού. Υπολογίζεται ότι σε χώρους γραφείων μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση της τάξης του 30% έως 50%, ενώ η απόσβεση της επένδυσης μπορεί να επιτευχθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα [65].

Στην Εικόνα 5.16 παρουσιάζονται σε απλοποιημένη μορφή τα βασικά μέρη ενός συστήματος αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και μείωσης της κατανάλωσης του τεχνητού φωτισμού μέσω αισθητήρα φωτισμού. Τα μέρη αυτά είναι:

- ο τρόπος κατανομής του φυσικού φωτός,
- τα φωτιστικά σώματα,
- ο αισθητήρας φωτισμού και
- η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα.



Εικόνα 5.16: Βασικά μέρη ενός τυπικού συστήματος ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα [πηγή:

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE5-Tech-Exoikon-Energias-final-2.pdf>]

#### 5.4.3 Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης

Τα φωτιστικά σώματα είναι οι διατάξεις που τοποθετούνται οι λαμπτήρες και ο εξοπλισμός που απαιτείται για τη λειτουργία τους, όπως τα ballast, starters, μετασχηματιστές και η καλωδίωση. Ακόμα, απαρτίζονται από τα μέρη που συγκρατούν τους λαμπτήρες, τους προστατεύουν και ρυθμίζουν τη διάχυση του φωτός στο χώρο σύμφωνα με τα αισθητικά και τα λειτουργικά κριτήρια που έχουν τεθεί.

Οι ομάδες φωτιστικών διακρίνονται ανάλογα με :

- Τον τύπο ενός λαμπτήρα που τοποθετείται σε αυτά,
- Τον τρόπο διάχυσης του φωτός (όπως άμεσου ή διάχυτου φωτισμού, wallwasher),
- Τη λειτουργία της εκάστοτε εφαρμογής και έργου (αρχιτεκτονικός ή τεχνητός φωτισμός, φωτισμός ανάδειξης κλπ.),

- Τον τρόπο εγκατάστασης και χρήσης του φωτιστικού σώματος (οροφής, χωνευτά, κρεμαστά, ράγας),
- Την κατασκευή τους (ανοικτά ή κλειστά, με ή χωρίς ανακλαστήρες, στεγανά ή μη).

Σε γενικές γραμμές, η απόδοση των φωτιστικών είναι συνυφασμένη με έναν αριθμητικό δείκτη, το δείκτη απόδοσης φωτιστικού ή light output ratio (LOR). Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης απόδοσης φωτιστικού τόσο περισσότερο αξιοποιείται το μεγαλύτερο μέρος της φωτεινής ροής των λαμπτήρων που είναι τοποθετημένοι στο φωτιστικό. Η αύξηση της φωτεινής ροής από το φωτιστικό σώμα επιτυγχάνεται με την κατάλληλη τοποθέτηση ανακλαστικών επιφανειών και διαχυτών γύρω από τους συμβατικούς λαμπτήρες και μέσω φακών όσον αφορά στα φωτιστικά LED.

Οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν στην προσαύξηση της απόδοσης των φωτιστικών σωμάτων πέρα από τις ανακλαστικές επιφάνειες ή φακούς στο λαμπτήρα συνοπτικά είναι:

- Η ασφαλής λειτουργία,
- Η προστασία των λαμπτήρων από μηχανικές καταπονήσεις,
- Η ευκολία στην απαγωγή της θερμότητας που παράγεται από τη λειτουργία των λαμπτήρων,
- Η ευκολία στην τοποθέτηση και τη συντήρηση,
- Η αποτροπή της θάμβωσης,
- Η εναρμόνιση της παρουσίας τους ανάλογα με τις αρχιτεκτονικές και λειτουργικές συνθήκες του χώρου,
- Η συμβατότητα με τις διατάξεις ελέγχου φωτισμού.

Από τον ΚΕΝΑΚ έχει καθοριστεί ως κατώτατο όριο φωτιστικής απόδοσης τα 55 lm/W για την επιλογή ενός φωτιστικού σώματος [62] [70] .

Σε περιπτώσεις υφιστάμενων εγκαταστάσεων υπάρχουν περιθώρια εξοικονόμησης ικανοποιητικών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας με την αναβάθμιση των φωτιστικών σωμάτων. Εάν υπάρχουν ανακλαστήρες στα φωτιστικά σώματα προτείνεται η αντικατάστασή τους με νέους ανακλαστήρες αλουμινίου οι οποίοι έχουν συντελεστή ανακλαστικότητας έως και 95%. Έτσι βελτιώνεται η απόδοση των παλαιών φωτιστικών σωμάτων χαμηλής απόδοσης, αλλά και οι συνθήκες οπτικής άνεσης σε ένα χώρο. Μέσω των σχεδιασμένων συστημάτων ανάκλασης και διάχυσης του φωτός ή τη βελτίωση της απόδοσης των υφιστάμενων μπορεί να επιτευχθεί μείωση στον αριθμό των λαμπτήρων χωρίς να μειωθεί η παραγόμενη ποσότητα φωτισμού στο χώρο με συνολική εξοικονόμηση της τάξης του 20% έως 50%. Σημαντικό είναι να λαμβάνονται υπόψη πιθανές αλλαγές στην εμφάνιση

του χώρου λόγω φωτισμού, άρα συνιστάται η διενέργεια μελέτης σε μικρές περιοχές ενός χώρου πριν την επιλογή εφαρμογής ενός μέτρου.

Μια επέμβαση χαμηλού κόστους που προτείνεται είναι η τροποποίηση της γεωμετρικής διάταξης των φωτιστικών σωμάτων σε εγκαταστάσεις που δεν έχει γίνει σωστή μελέτη του χώρου με συνέπεια την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας και την έλλειψη οπτικής άνεσης [65]

#### 5.4.4 Χρησιμοποίηση λαμπτήρων μέγιστης ενεργειακής απόδοσης

Τα χαρακτηριστικά ενός λαμπτήρα αφορούν στην ονομαστική ισχύ, στη χρωματική απόδοση, διαστάσεις και απόδοση, στο χρόνο έναυσης, στη διάρκεια ζωής, στη φωτεινή ροή, στη θερμοκρασία χρώματος. Η επιλογή ενός λαμπτήρα είναι συνυφασμένη με την επιλογή φωτιστικού σώματος, ενώ προσφέρεται μια ευρεία γκάμα λαμπτήρων για κάθε ειδική χρήση που απαιτείται σε ένα χώρο. Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους οι λαμπτήρες χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, τους λαμπτήρες εκκενώσεως αερίου που είναι η κατηγορία με τη μεγαλύτερη ποικιλία σε λαμπτήρες και τις φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED). Στην κατηγορία των λαμπτήρων εκκενώσεως ανήκουν οι λαμπτήρες αλογόνου, υδραργύρου, ατμών νατρίου υψηλής και χαμηλής πίεσης, μεταλλικών αλογονιδίων και φθορισμού (συμπαγείς ή γραμμικοί).

Αποτελέσματα μετρήσεων από το Department of Energy (DOE) στις ΗΠΑ έδειξαν ότι σε χαμηλά επίπεδα ισχύος (λίγα W) προτείνονται οι λαμπτήρες LED αντί των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού, ενώ και λόγω ραγδαίας εξέλιξης των LED εικάζεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού από LED.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και αλογόνου έχουν την υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση και η χρήση τους σε επίπεδο καθημερινής πρακτικής κρίνεται εντελώς ασύμφορη, άρα η αντικατάστασή τους κρίνεται απαραίτητη, πλην μερικών ειδικών περιπτώσεων απόδοσης φωτός.

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είναι εφικτή μέσω της ορθολογικής χρήσης των λαμπτήρων χωρίς εναλλαγές στην εγκατάσταση του φωτισμού. Συχνά σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις προτείνεται η αντικατάσταση των φωτιστικών με λαμπτήρες T8 όταν χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό ballast με σύστημα φωτιστικών και λαμπτήρων T5, δράση η οποία έχει σύντομη απόσβεση κόστους, καθώς η απόδοση του συστήματος λαμπτήρων T5 με ηλεκτρονικό ballast μπορεί να έχεις ως και 21% περισσότερη απόδοση από το σύστημα λαμπτήρων T8 με μαγνητικό ballast. Αντίστοιχα σε νέες εγκαταστάσεις είναι επιβεβλημένη η εγκατάσταση των λαμπτήρων T5. Επίσης, σε εγκαταστάσεις με υπερδιαστασιολογημένα

φωτιστικά σώματα προτείνεται η αφαίρεση λαμπτήρων ή η αντικατάσταση δύο λαμπτήρων χαμηλής απόδοσης με ένα υψηλής απόδοσης [17] [68] .

Στον Πίνακα 5.1 γίνεται σύγκριση διαφόρων τύπων λαμπτήρα μεταξύ τους με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ενώ στον Πίνακα 5.2 καταγράφονται οι τυπικές τιμές φωτεινής απόδοσης των διαφόρων τύπων λαμπτήρα.

Πίνακας 5.1: Σύγκριση λαμπτήρων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια.[πηγή: Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών Θεματική Ενότητα ΔΕ5,2011]

Τύπος λαμπτήρα	Πυρακτώσεως	Αλογόνου	Υδραργύρου	Ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης	Ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης	Μετ. αλογονιδίων	Φθορισμού	LED
Απόδοση	-	-	-	+	+	+	+	*
Θερμοκρασία χρώματος	+	+	-	+	-	+	+	+
Χρωματική απόδοση	+	+	-	-	-	+	+	+
Διάρκεια ζωής	-	-	+	+	+	+	+	+
Χρόνος έναυσης	+	+	-	-	-	+	+	+
Χρόνος επανέναυσης	+	+	-	+	+	+	+	+
Ύπαρξη υδραργύρου	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
Dimming	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓
Ballast	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X

\*: Ανάλογα με την ποιότητα η απόδοση μεταβάλλεται

+: Πλεονέκτημα

-: Μειονέκτημα

X: δεν υπάρχει ή δεν είναι αναγκαίο

✓: Υπάρχει ή είναι απαραίτητο

Πίνακας 5.2: Τυπικές τιμές (όχι μέγιστες) φωτεινής απόδοσης λαμπτήρων [πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017]

Τύπος λαμπτήρα	Φωτεινή απόδοση [lm/w]
Απλός πυράκτωσης (έχει καταργηθεί)	10-15
Πυράκτωσης αλογόνου	15-25
Ατμών υδραργύρου (έχει καταργηθεί)	40-60
Συμπαγής φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του ενσωματωμένου ballast)	50-70
Γραμμικός φθορισμού (T8 ή T5)	60-100
Ατμών μεταλλικών αλογονιδίων	65-100
Ατμών νατρίου υψηλής πίεσης	70-110
Φωτοдиодοι (LED) (Chip όχι φωτιστικό σώμα)	90-160

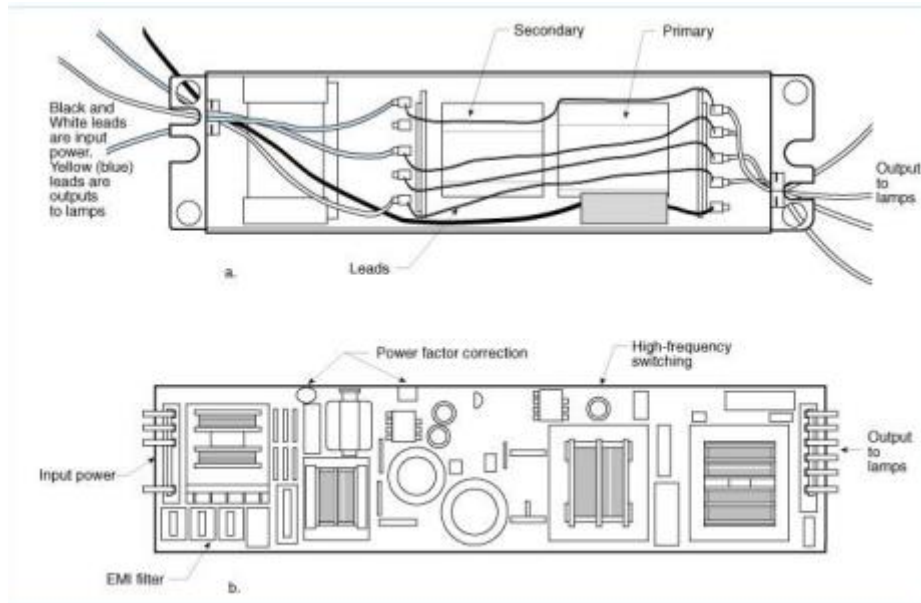
#### 5.4.5 Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης και αντικατάσταση συμβατικών

Οι στραγγαλιστικές διατάξεις έναυσης (ballast) είναι εξαρτήματα που συνδέουν το λαμπτήρα με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, εκκινούν τον λαμπτήρα, περιορίζουν την ένταση ρεύματος μετασχηματίζοντας τη τάση και προσφέροντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Είναι απαραίτητες διατάξεις για τη λειτουργία των λαμπτήρων εκκένωσης αερίου, ενώ δεν απαιτούνται για την έναυση των λαμπτήρων πυράκτωσης.

Διακρίνονται σε δύο ομάδες, τις ηλεκτρομαγνητικές και τις ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις:

- **Οι ηλεκτρομαγνητικές στραγγαλιστικές διατάξεις** αποτελούν απλά πηνία περιορισμού του ρεύματος και είναι εξαρτήματα χαμηλού κόστους. Αποτελούν παλαιότερη τεχνολογία συγκριτικά με τις ηλεκτρονικές διατάξεις, πλέον λέγονται συμβατικές και εμφανίζουν διάφορα μειονεκτήματα συγκριτικά με τη νέα τεχνολογία. Έχουν σημαντικές απώλειες ενέργειας, αυξημένη θερμοκρασία κατά τη λειτουργία τους που επηρεάζει την φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων, ενώ απαιτείται και εγκατάσταση πυκνωτή αντιστάθμισης για τη διόρθωση του χαμηλού συντελεστή ισχύος που προκαλούν.
- **Οι ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις** αποτελούν πιο σύγχρονα εξαρτήματα με μικρότερο μέγεθος και ευκολία εγκατάστασης, τα οποία προτείνεται λόγω των πλεονεκτημάτων τους να αντικαταστούν τα ηλεκτρομαγνητικά ballast. Λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες αποτρέποντας έτσι την εμφάνιση του στροβοσκοπικού φαινομένου (flicker) εξασφαλίζοντας έτσι πιο ομαλή, αθόρυβη, σταθερή, οικονομικότερη και αυξημένη φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων. Παράλληλα, η ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών ballast στο φωτιστικό σύστημα αυξάνει τη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων. Σε περίπτωση υπερτάσεως, τα ηλεκτρονικά ballast προκαλούν αποκοπή του κυκλώματος τροφοδοσία του λαμπτήρα, παρέχοντας έτσι και μεγαλύτερη ασφάλεια στην εγκατάσταση φωτισμού. Τέλος, είναι συμβατές με Συστήματα Κεντρικής Διαχείρισης (BMS) και παρέχουν τη δυνατότητα dimming και σύνδεσης με αισθητήρες φωτισμού [62] [65] .

Μια δράση εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι η αντικατάσταση των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών στραγγαλιστικών πηνίων με ηλεκτρονικές διατάξεις έναυσης (Εικόνα 5.17), που μπορούν να έχουν και δυνατότητα ρύθμισης (dimming) της στάθμης φωτισμού, ώστε να γίνεται εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού.



Εικόνα 5.17: Στοιχεία ενός ηλεκτρομαγνητικού ballast (a) και ενός ηλεκτρονικού ballast (b) [πηγή: The IESNA LIGHTING HANDBOOK, 9th Edition]

#### 5.4.6 Σύστημα διαχείρισης και ελέγχου του τεχνητού φωτισμού

Η επίβλεψη της κατανάλωσης της ενέργειας και ο έλεγχος της διαχείρισης των συστημάτων φωτισμού ενός κτιρίου μειώνει το χρόνο και το κόστος λειτουργίας του εξοπλισμού επιφέροντας καλύτερη κατανομή και εξοικονόμηση ενέργειας.

Παρακάτω παρατίθενται οι βασικότερες τεχνολογίες ελέγχου των συστημάτων φωτισμού.

- Ο προβλεπόμενος προγραμματισμός (Predictable scheduling) ή χρονοπρογραμματισμός αποτελεί μέθοδος προγραμματισμού της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων μέσω χρονοδιακοπών ή από έναν κεντρικό πίνακα σύμφωνα με ένα σταθερό χρονοδιάγραμμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κτήρια που κατά τη διάρκεια της ημέρας υπάρχουν επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες, όπως ο χρόνος άφιξης και αναχώρησης ατόμων σε ένα χώρο, μεσημεριανά γεύματα, ώρες καθαριότητας, κλπ. Με τη μέθοδο αυτή μειώνονται οι σπατάλες ενέργειας που συμβαίνουν όταν σε κάποιους χώρους λειτουργεί το σύστημα φωτισμού σε περιοχές χωρίς προσωπικό. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η ύπαρξη και τοπικού ελέγχου του συστήματος φωτισμού που υπόκειται σε χρονοπρογραμματισμό, ώστε να είναι εφικτή η έναυση των φωτιστικών σε περίπτωση που το χρειάζονται οι χρήστες.
- Οι αισθητήρες παρουσίας αποτελούν σύστημα ελέγχου έναυσης – σβέσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού ανιχνεύοντας την ύπαρξη ή μη κίνησης σε ένα χώρο. Ενδείκνυνται για χώρους που κατά την παραμονή σε αυτούς τα άτομα

απομακρύνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και επιστρέφουν ξανά σε αυτούς έπειτα από αρκετά λεπτά.

Οι αισθητήρες παρουσίας διακρίνονται σε:

- i. Είτε αυτόνομους είτε συνδεδεμένους σε σύστημα ελέγχου που τοποθετούνται σε τοίχο ή σε οροφή. Η εγκατάστασή τους εκ των υστέρων είναι δαπανηρή αφού πρέπει να γίνουν αλλαγές στο σκελετό του κτιρίου με διάνοιξη οροφής ή τοίχου, προκειμένου να γίνει η καλωδίωση με το σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.
- ii. Αισθητήρες που μπορούν να καλωδιωθούν σε κουτιά που υπάρχουν ήδη στο χώρο όταν είναι εξασφαλισμένη η ύπαρξη όλων των εξαρτημάτων στον ίδιο κεντρικό πίνακα. Αποτελεί πρόσφατη τεχνολογία και σε περιπτώσεις ανακαινίσεων προτείνεται για μικρούς χώρους με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους αγοράς εγκατάστασης, ενώ σαν μειονεκτήματα εντοπίζονται η έλλειψη ευελιξίας λόγω σταθερής θέσης πίνακα και η πιθανότητα περιορισμού της εμβέλειας των αισθητήρων λόγω επίπλων σε ένα χώρο.

Κατά την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η χρήση του χώρου εφαρμογής, να δοθεί έμφαση στο βαθμό ευαισθησίας του ανιχνευτή και να υπάρξει πρόβλεψη κάποιας χρονικής υστέρησης στο σύστημα για περιπτώσεις που ο χρήστης δεν επιθυμεί να σβήσουν τα φώτα ενώ παραμένει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα χωρίς να έχει φύγει όμως από το χώρο. Επισημαίνεται ότι δεν θα πρέπει να γίνεται χρήση λαμπτήρων εκκένωσης υψηλής έντασης στους αισθητήρες παρουσίας εξαιτίας του χρόνου που απαιτείται για την έναυση τους και την επαναφορά τους έπειτα σε πλήρη λειτουργία.

Τα επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας με εγκατάσταση αισθητήρα παρουσίας σε ένα χώρο διαφοροποιούνται ανάλογα με τον εκάστοτε χώρο, όμως συνήθως είναι της τάξης του 35% και 45% [65] .

- Οι τοπικοί διακόπτες on-off για χειροκίνητο έλεγχο της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων σε ομάδες και ρύθμιση του φωτισμού κατά ζώνες σε ένα χώρο. Στα συμβατικά συστήματα παρατηρείται η έλλειψη τοπικών διακοπών on-off και η ύπαρξη ενός ή περιορισμένων διακοπών για τον έλεγχο των φωτιστικών σωμάτων. Με τους τοπικούς διακόπτες παρέχεται μεγαλύτερη ευελιξία στη ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού σε ένα χώρο, η ομαδοποίηση των φωτιστικών σωμάτων και ο

τμηματικός φωτισμός ενός χώρου όταν κάποια σημεία του χώρου δεν χρησιμοποιούνται είτε αντιθέτως υπάρχει ήδη σε αυτά επαρκής φωτισμός.

Η ύπαρξη ζωνών φωτισμού με τη χρήση των τοπικών διακοπών θα πρέπει, όμως να έχουν παρόμοια στάθμη φωτισμού στην έκταση της επιφάνειας του χώρου εγκατάστασης.

Προτείνονται ορισμένες γενικές αρχές χρήσης των τοπικών διακοπών on-off όπως:

- i. Οι τοπικοί διακόπτες να μην απέχουν περισσότερο από 8 μέτρα από το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό ή 3x(ύψος χώρου) μέτρα.
- ii. Στην περίπτωση ύπαρξης φωτιστικών σωμάτων με τρεις ή τέσσερις λαμπτήρες φωτισμού, οι μεσαίοι λαμπτήρες πρέπει να συνδεθούν σε ξεχωριστό κύκλωμα ανεξάρτητα από τους εξωτερικούς λαμπτήρες. Έτσι, αυτή η συνδεσμολογία αφήνει περιθώριο σε διάφορα επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τον αριθμό των λαμπτήρων που λειτουργούν.
- iii. Σε χώρους που υπάρχουν αρκετά φωτιστικά σώματα, τα γειτονικά φωτιστικά πρέπει να τοποθετούνται σε κυκλώματα φωτισμού εναλλάξ για να υπάρχει η ευελιξία για φωτισμό μισής έντασης.
- iv. Τα φωτιστικά σώματα κοντά σε εξωτερικά ανοίγματα με φυσικό φωτισμό θα πρέπει να ελέγχονται ανεξάρτητα από τα φωτιστικά σώματα του υπόλοιπου χώρου.
- v. Οι χώροι εργασίας με ειδική κοινή χρήση και ίδια επίπεδα φωτισμού πρέπει να ομαδοποιούνται σε ένα κύκλωμα φωτισμού.
- vi. Οι χώροι με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού πρέπει να έχουν διαφορετικούς διακόπτες από τους χώρους με χαμηλότερες απαιτήσεις φωτισμού.
- vii. Η ύπαρξη ετικετών στους διακόπτες θα διευκολύνει και θα υπενθυμίζει στα άτομα ενός χώρου πως να κάνουν σωστή χρήση των διακοπών [17] .

#### 5.4.7 Συντήρηση συστήματος τεχνητού φωτισμού

Για τη διατήρηση της απόδοσης του τεχνητού συστήματος φωτισμού σε σταθερά επίπεδα με την πάροδο του χρόνου απαιτείται μια επίβλεψη και συντήρηση της λειτουργίας του. Τα φωτιστικά σώματα, οι λαμπτήρες και οι επιφάνειες ενός χώρου χρειάζονται καθαρισμό ανά τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να εξασφαλίζεται η μέγιστη απόδοση ενέργειας του συστήματος χωρίς να γίνεται σπατάλη ενέργειας και χρημάτων ή να υποβαθμίζονται οι συνθήκες φωτισμού ενός χώρου.



Συχνά κατά τη μελέτη φωτισμού υπερδιαστασιολογείται το σύστημα κατά 20% έως 35% σε σχέση με τα επιθυμητά επίπεδα έντασης φωτισμού, ώστε με το χρόνο να αντισταθμίζεται η μείωση της απόδοσης που προκύπτει λόγω γήρανσης ή ρύπανσης του εξοπλισμού και του χώρου. Με μια στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού, τα αρχικά επίπεδα φωτισμού λειτουργούν κατά 20% έως 35% λιγότερο (όσο δηλαδή θα έπρεπε αν αφαιρεθεί η υπερδιαστασιολόγηση), ενώ με την πάροδο του χρόνου προβλέπεται σταδιακή αύξηση της ισχύος, ώστε να διατηρείται σταθερός ο φωτισμός στα επιθυμητά επίπεδα. Με αυτόν τον τρόπο η πλήρης ισχύς λειτουργίας των φωτιστικών θα καταναλώνεται κοντά στην περίοδο συντήρησής τους, μέτρο που μειώνει την κατανάλωση ενέργειας όσο λειτουργεί ο εξοπλισμός [71] .

Κατά το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης φωτισμού προτείνεται ο καθορισμός κάποιων ελάχιστων επιπέδων κάτω από τα οποία δεν πρέπει να πέσει η ένταση φωτισμού, αλλά και μια συχνότητα καθαρισμού και συντήρησης του εξοπλισμού, ώστε να εξασφαλίζεται μια αυτοματοποίηση των ενεργειών σχετικά με την επίβλεψη του. Οι ενέργειες που γίνονται για τη συντήρηση του συστήματος τεχνητού φωτισμού εξαρτώνται άμεσα από το σύστημα, καθώς κάποια συστήματα εκ κατασκευής μεριμνούν για τη μείωση των αναγκών συντήρησής του, όπως τα αυτό-αεριζόμενα φωτιστικά σώματα που ελαχιστοποιούν τις πιθανότητες συσσώρευσης ρύπων στις επιφάνειές τους. Σχετικά με τα φωτιστικά σώματα θα πρέπει να γίνεται σε αυτά χρήση ειδικών υλικών και τεχνικών καθαρισμού για την αποφυγή γδαρσιμάτων και χημικών αντιδράσεων στις επιφάνειές τους, συνέπειες που μειώνουν το χρόνο ζωής και την απόδοσή τους. Ακόμα η αντικατάσταση των πλαστικών ή πρισματικών ανακλαστήρων στα φωτιστικά εξαιτίας του αποχρωματισμού που συμβαίνει σε αυτά, με πιο σύγχρονα υλικά παρατείνει το χρόνο ζωής και εξασφαλίζει τη σταθερή ή βελτιωμένη εξερχόμενη ποσότητα φωτός από αυτά.

Όσον αφορά στους λαμπτήρες, προτείνεται η προγραμματισμένη μαζική αντικατάστασή τους στο τέλος του ωφέλιμου χρόνου ζωής τους, καθώς μειώνεται η απόδοσή τους ενώ ταυτόχρονα καταναλώνουν την ίδια ποσότητα ενέργειας κατά τη λειτουργία τους. Για τους πρόωρα δυσλειτουργικούς ή καμένους λαμπτήρες θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για έγκαιρη αντικατάσταση.

Σε γενικές γραμμές, σε ένα κτίριο ο προγραμματισμός του καθαρισμού του εξοπλισμού και της αντικατάστασης των λαμπτήρων ελαχιστοποιεί τις απώλειες λόγω μειωμένης απόδοσης και διατηρεί τη λειτουργία του συστήματος στις συνθήκες που σχεδιάστηκε να λειτουργεί.

#### 5.4.8 Εκπαίδευση για τη σωστή διαχείριση του συστήματος τεχνητού φωτισμού

Η ενημέρωση των ατόμων που διαμένουν ή εργάζονται σε ένα χώρο σχετικά με τη βέλτιστη χρήση του συστήματος τεχνητού φωτισμού επικουρικά με το φυσικό φωτισμό αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση της κατανάλωσης. Συνήθως παρατηρείται να λειτουργεί ο τεχνητός φωτισμός σε χρονικές περιόδους που επαρκεί η αξιοποίηση του φυσικού φωτός για την ομαλή διεξαγωγή των δραστηριοτήτων και της καθημερινότητας σε ένα κτίριο, γεγονός που φέρει αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και κούραση στα άτομα λόγω της έντονης αθροιστικής έντασης φωτισμού στους διάφορους χώρους. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει ένας κεντρικός έλεγχος του συστήματος τεχνητού φωτισμού ή επιμέρους αυτοματισμοί για τον έλεγχο της στάθμης φωτισμού, παρατηρείται ότι όταν οι χρήστες ανάψουν το τεχνητό σύστημα φωτισμού κατά την έλευση τους στο χώρο δε μεριμνούν για τη λειτουργία του εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας που μπορεί να αξιοποιηθεί για ένα χρονικό διάστημα το φυσικό ηλιακό φως [65]

## 6 Περιγραφή κτηρίου Ασύλου Ανιάτων και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

### 6.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρατίθεται μια περιγραφή για ένα κτήριο που ανήκει στο οικοδομικό συγκρότημα του Ασύλου Ανιάτων στο οποίο διαμένουν και περιθάλπονται άτομα με ειδικές ανάγκες. Στο υπό μελέτη κτήριο καταγράφηκε ο υφιστάμενος εξοπλισμός του συστήματος τεχνητού φωτισμού για τους χώρους που χρησιμοποιούνται για τη διαβίωση και τις ανάγκες της καθημερινότητας των κατοίκων του Ασύλου και του προσωπικού. Συγκεκριμένα έγινε καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού σε μια πτέρυγα του Α' ορόφου και στις δύο πτέρυγες του Β' ορόφου με σκοπό τον υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύς του συστήματος. Με γνώμονα τα αρχιτεκτονικά και ηλεκτρολογικά σχέδια που μας παραχωρήθηκαν από μηχανικό του Ασύλου Ανιάτων και έπειτα από επισκέψεις στους υπό μελέτη χώρους μεταφέρθηκαν τα σχέδια στο πρόγραμμα μελέτης φωτισμού DIALux για την εκπόνηση προτάσεων βελτίωσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού.

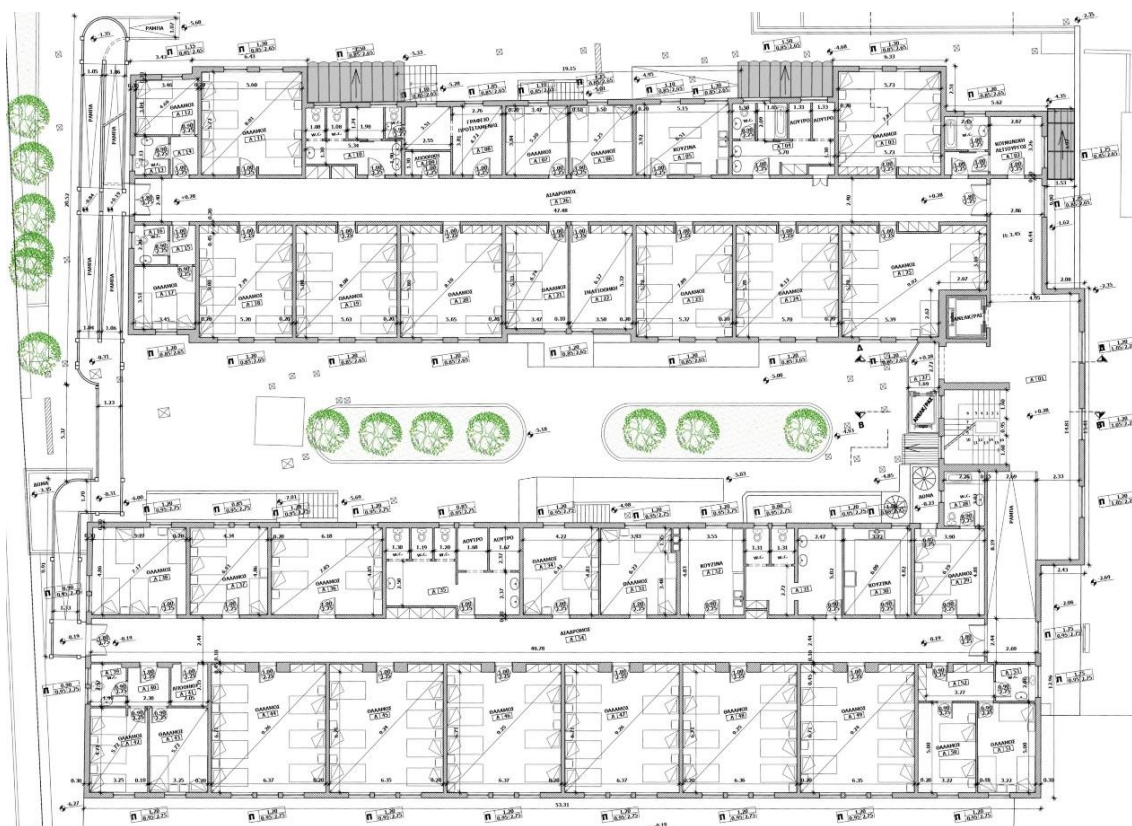
### 6.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου

Το υπό μελέτη κτήριο βρίσκεται στο οικοδομικό συγκρότημα του Ασύλου Ανιάτων επί της οδού Αγίας Ζώνης 39 στην Αθήνα. Έχει δυτικό προσανατολισμό και απαρτίζεται από το ισόγειο και δύο ορόφους. Κατά τις επισκέψεις μας ενημερωθήκαμε ότι δε γίνεται χρήση του ισογείου και μιας πτέρυγας του Α' ορόφου σε επίπεδο καθημερινότητας, οπότε έγινε καταγραφή του εξοπλισμού του συστήματος τεχνητού φωτισμού στους χώρους χρήσης του Α' και Β' ορόφου. Στον Α' όροφο βρίσκονται δύο πτέρυγες, όπου κατά την περίοδο των επισκέψεων μας χρησιμοποιούταν μόνο η μια πτέρυγα. Ενημερωθήκαμε ότι η δεύτερη πτέρυγα είναι πιο σύγχρονη αφού έχει ανακαινιστεί πρόσφατα, αλλά δε φιλοξενεί ακόμα άτομα και αναμένονται δωρεές για την εύρυθμη αξιοποίηση της. Δηλαδή, στο Άσυλο Ανιάτων γινόταν χρήση τριών πτερύγων, η μια του Α' ορόφου και δύο του Β' ορόφου.

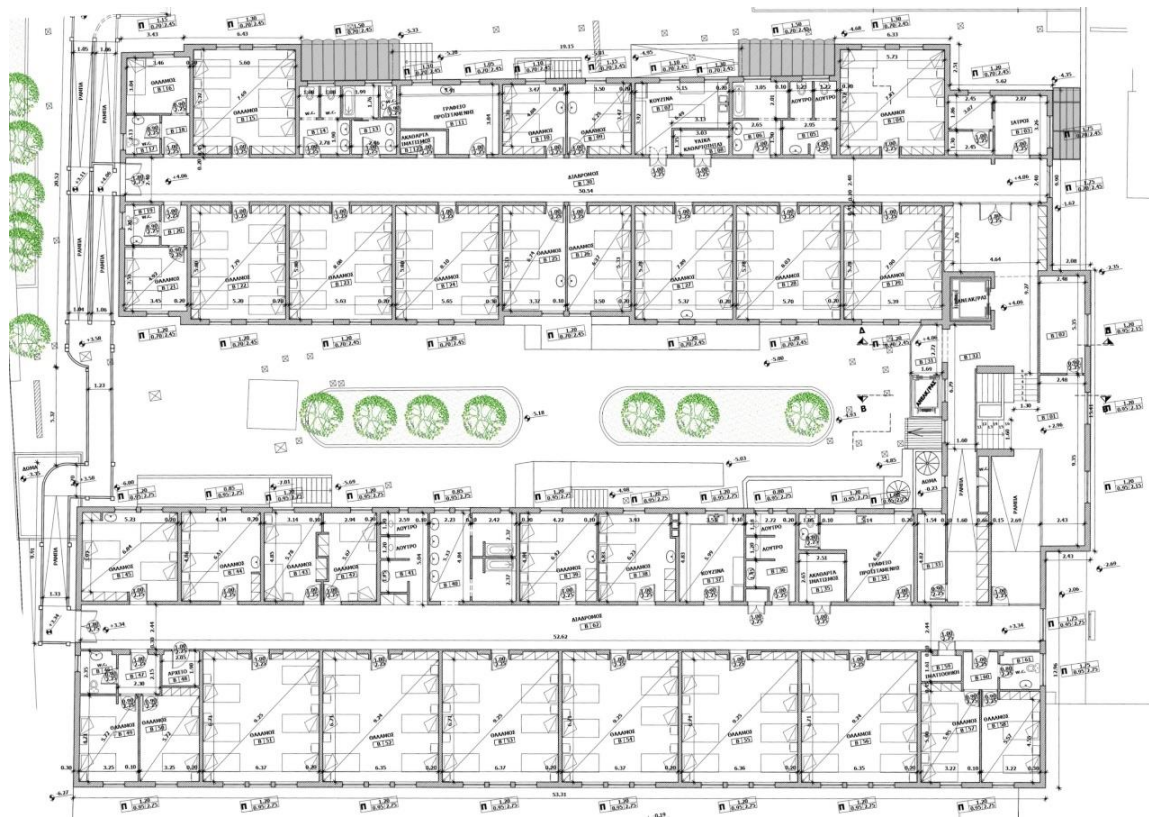
Στην πτέρυγα του Α' ορόφου υπάρχει ένας χώρος σε μεγάλο χώλ δίπλα στο κλιμακοστάσιο με μια ράμπα που οδηγεί σε ένα μεγάλο διάδρομο στον οποίο συναντιούνται τα δωμάτια – θάλαμοι των ατόμων που μένουν στο Άσυλο, η κουζίνα, τα λουτρά – τουαλέτες. Ο δεύτερος όροφος αποτελείται και αυτός από το χωλ δίπλα στο κλιμακοστάσιο που ενώνει τις δύο πτέρυγες. Η μια πτέρυγα αποτελείται ένα μεγάλο διάδρομο που σε αυτόν καταλήγουν 14

θάλαμοι κάποιοι εκ των οποίων έχουν αυτόνομο wc, τα κοινά λουτρά – τουαλέτες, το γραφείο της προϊσταμένης, μια κουζίνα και το γραφείο του ιατρού. Η δεύτερη πτέρυγα του Β' ορόφου απαρτίζεται από μεγάλο διάδρομο που ενώνει 16 θαλάμους με wc ή χωρίς, κοινά λουτρά, την κουζίνα και το γραφείο της προϊσταμένης.

Στην Εικόνα 6.1 φαίνεται η κάτοψη του Α' ορόφου με τις δύο πτέρυγες, η καταγραφή του εξοπλισμού έγινε στην κάτω πτέρυγα της εικόνας, ενώ η πάνω πτέρυγα βρίσκεται σε διαδικασία ανακαίνισης. Στην Εικόνα 6.2 φαίνεται η κάτοψη του Β' ορόφου με τις δύο πτέρυγες που είναι σε λειτουργία, θεωρώ την άνω πτέρυγα της εικόνας ως πτέρυγα\_1 και την κάτω πτέρυγα της εικόνας ως πτέρυγα\_2.



Εικόνα 6.1: Κάτοψη Α' ορόφου.



Εικόνα 6.2: Κάτοψη Β' ορόφου.

### 6.3 Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού του συστήματος τεχνητού φωτισμού

Το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού αποτελείται από διάφορα φωτιστικά σώματα ανάλογα το χώρο με λαμπτήρες φθορισμού και λαμπτήρες LED.

Στον Α' όροφο στην πτέρυγα που επισκεφθήκαμε ο διάδρομος φωτίζεται από 11 φωτιστικά σώματα οροφής με κάλυμμα (2 λαμπτήρες φθορισμού των 36 W σε κάθε φωτιστικό), κάθε θάλαμος – δωμάτιο διαθέτει από ένα φωτιστικό που αποτελείται από ένα στρογγυλό συμπαγή λαμπτήρα φθορισμού (E27 των 20 W), τα λουτρά έχουν φωτιστικά οροφής με κάλυμμα (με 2 λαμπτήρες LED T8 των 9 W ανά λαμπτήρα), η κουζίνα έχει φωτιστικά οροφής με κάλυμμα (2 λαμπτήρες φθορισμού των 36 W), στο ενωτικό υπάρχουν ακόμα τρεις λαμπτήρες κυκλικό (LED T9 32 και 20 W) και δύο φωτιστικά οροφής όπως στο διάδρομο. Στο διάδρομο υπάρχουν 13 φωτιστικά σώματα, όμως δύο εξ αυτών χρησιμοποιούνται για φωτισμό νυκτός μονάχα.

Στο Β' όροφο που μελετήθηκαν και οι δύο πτέρυγες, στους διαδρόμους υπάρχουν φωτιστικά οροφής με κάλυμμα (με δύο λαμπτήρες φθορισμού T8 των 36 W έκαστος), σε κάθε θάλαμο – δωμάτιο ένα φωτιστικό με δύο κυκλικούς λαμπτήρες LED (T9 32W και T9 20W, άρα σύνολο

52 W), στα γραφεία της προϊσταμένης υπάρχουν φωτιστικά οροφής με κάλυμμα όπως στους διαδρόμους, στα λουτρά – wc υπάρχουν φωτιστικά οροφής με κάλυμμα (με 2 λαμπτήρες LED T8 των 9 W ανά λαμπτήρα), στις κουζίνες φωτιστικά σε ανεμιστήρα οροφής (με στρογγυλό λαμπτήρα φθορισμού 16W), στο γραφείο ιατρού υπήρχαν δύο φωτιστικά οροφής με κάλυμμα όπως στο διάδρομο. Ακόμα, στο ενωτικό, το χώρο δηλαδή που ενώνει τις δύο πτέρυγες του Β' ορόφου έγινε καταγραφή 6 φωτιστικών σωμάτων οροφής με κάλυμμα, όπου πάλι κάθε φωτιστικό είχε δύο λαμπτήρες T8 των 36 W έκαστος.

Πάνω από κάθε κρεβάτι υπάρχει προσωπικός φωτισμός νυκτός ισχύος 9 W. Ακόμα σε κάθε διάδρομο λειτουργούν το βράδυ μόνο δύο φωτιστικά οροφής με λαμπτήρες νυκτός για τη δημιουργία ευνοϊκότερου περιβάλλοντος τις ώρες ξεκούρασης. Το σύστημα του τεχνητού φωτισμού λειτουργεί με χρονοδιακόπτη, ώστε να γίνεται η έναυση και η σβέση του εξοπλισμού ανάλογα με τις ώρες που έχει παρατηρηθεί ότι χρειάζεται τεχνητός φωτισμός.

#### 6.4 Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού στο σύστημα τεχνητού φωτισμού

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται κάποιοι πίνακες που αναφέρονται στο πλήθος των φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων ανά χώρο, στην ονομαστική ισχύ του κάθε λαμπτήρα, τη συνολική ισχύ των φωτιστικών σωμάτων και τη συνολική καταναλισκόμενη ισχύ της κάθε πτέρυγας. Θεωρώ ότι όλοι οι λαμπτήρες είναι φθορισμού με προσαύξηση 20% λόγω ballast.

Για διευκόλυνση των υπολογισμών θεωρούνται τα φωτιστικά με τους λαμπτήρες T9 32W και 20 W ως ένα φωτιστικό με ένα λαμπτήρα 52 W.

Επιπλέον, θεωρούμε μια απώλεια ισχύος στα ballast των λαμπτήρων της τάξης του 20% της ισχύος τους, οπότε στις στήλες της συνολικής ισχύος του φωτιστικού και της συνολικής ισχύος του συνόλου των όμοιων δωματίων στον Πίνακα 6.1, Πίνακα 6.2 και στον Πίνακα 6.3 συνυπολογίζεται ένα επιπλέον 20% σαν κατανάλωση.

Πίνακας 6.1: Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού πτέρυγας Α' ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Αριθμός όμοιων δωματίων	Σύνολο φωτιστικών	Λαμπτήρες/ φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (W)	Σύνολο (W)
Θάλαμος - Δωμάτιο	1	16	16	1	20	24	384
Διάδρομος	11	1	11	2	36	79,2	871,2
Ενωτικό_1	3	1	3	1	52	62,4	187,2
Ενωτικό_2	2	1	2	2	36	79,2	158,4
Προθάλαμοι δωματίων	1	2	1	1	20	24	48
Κουζίνα	2	2	4	2	36	79,2	316,8
Κοινά λουτρά- wc_1	4	1	4	2	9	19,8	79,2
Κοινά λουτρά- wc_2	3	1	3	2	9	19,8	59,4
wc θαλάμων	1	3	2	1	20	24	72
					<b>Σύνολο</b>		2176,2

Πίνακας 6.2: Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού της πτέρυγας\_1 του Β' ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Αριθμός όμοιων δωματίων	Σύνολο φωτιστικών	Λαμπτήρες /φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (W)	Σύνολο (W)
Θάλαμος - Δωμάτιο	1	14	14	1	52	62,4	873,6
Διάδρομος	11	1	11	2	36	79,2	871,2
Ενωτικό	6	1	6	2	36	79,2	475,2
Κουζίνα	1	1	1	1	16	19,2	19,2
Κοινά λουτρά- wc	2	2	4	2	9	19,8	79,2
wc θαλάμων	1	3	2	1	16	19,2	57,6
Γραφείο προϊσταμένης	2	1	2	2	36	79,2	158,4
γραφείο ιατρού	2	1	2	2	36	79,2	158,4
					<b>Σύνολο</b>		2692,8

Πίνακας 6.3: Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού της πτέρυγας\_2 του Β' ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Αριθμός όμοιων δωματίων	Σύνολο φωτιστικών	Λαμπτήρες/ φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (W)	Σύνολο (W)
Θάλαμος - Δωμάτιο	1	16	16	1	52	62,4	998,4
Προθάλαμος δωματίων	1	2	2	1	20	24	48
Διάδρομος	14	1	14	2	36	79,2	1108,8
Κουζίνα	1	1	1	1	16	19,2	19,2
κοινά λουτρά- wc_1	5	1	5	2	9	19,8	99
Κοινά λουτρά- wc_2	2	1	2	2	9	19,8	39,6
wc θαλάμων	1	2	2	1	16	19,2	38,4
Γραφείο προϊσταμένης	2	1	2	2	36	79,2	158,4
					<b>Σύνολο</b>		2509,8

Στον Πίνακα 6.4 παρουσιάζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς καθεμίας από τις τρεις πτέρυγες και η αθροιστική συνολική εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης του συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 6.4: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ορόφων και αθροιστικά

Όροφος	Πτέρυγα	Εγκατεστημένη ισχύς (W)
A	1	2176,2
B	1	2692,8
B	2	2509,8
Σύνολο		7378,8



## 7 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED

Τα φωτιστικά του Ασύλου ανιάτων θα αντικατασταθούν με νέα πιο σύγχρονα τεχνολογίας LED υψηλής απόδοσης (Σενάριο Α). Οι υπολογισμοί και οι προσομοιώσεις συντελέστηκαν με το πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών DIALux eno.

Στο πρόγραμμα εισήχθησαν τα γεωμετρικά δεδομένα και οι οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών στοιχείων κάθε χώρου (ανακλαστικότητα τοίχων, διαπερατότητα υαλοπινάκων κλπ). Συγκεκριμένα λήφθηκε 70% ανακλαστικότητα τοίχου, 50% ανακλαστικότητα οροφής και 25% ανακλαστικότητα δαπέδου. Επίσης ο συντελεστής συντήρησης (maintenance factor) θεωρήθηκε ίσος με 0.8. Οι διάφορες τιμές της στάθμης φωτισμού και τα επίπεδα αναφοράς προκύπτουν από το T.O.T.E.E. 20701-1/2017, ενώ το γραφείο της προϊσταμένης θεωρήθηκε ως χώρος αρχείου και σύμφωνα με το EN12464-2:2014 οι χώροι γραφείου με αρχείο έχουν E=300 lux. Τα δεδομένα αυτά βρίσκονται στον Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1: Στάθμη φωτισμού και επίπεδο αναφοράς για κάθε χώρο.

Χώρος	Στάθμη Φωτισμού (Lux)	Επίπεδο αναφοράς (m)
Θάλαμος	100	0,8
Λουτρά	200	0,8
Προθάλαμος	100	0,8
Διάδρομος	100	0
Ενωτικό	100	0
Γραφείο Προϊσταμένης	300	0,8
Κουζίνα	500	0,8
Ιατρός	500	0,8
Wc θαλάμων	200	0,8

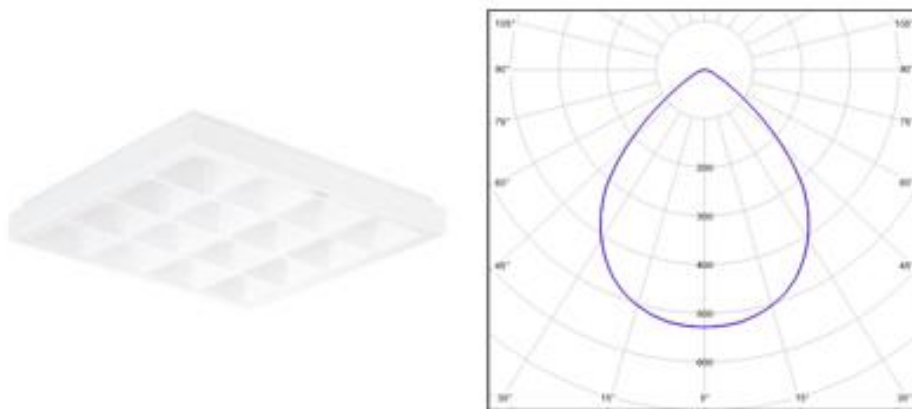
Ο τεχνητός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη του τεχνητού φωτισμού είναι τεχνολογίας LED, υψηλής απόδοσης, με οδηγό (driver) του οποίου η κατανάλωση είναι συνυπολογισμένη στην ονομαστική ισχύ των φωτιστικών. Τα προτεινόμενα φωτιστικά επιλέχθηκαν λόγω της υψηλής τους απόδοσης, της χαμηλής τους κατανάλωσης, της

απόδοσης και θερμοκρασίας του χρώματος τους, αλλά και επειδή έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Όλα τα φωτιστικά είναι επιφανειακής στήριξης (surface mounted) προκειμένου να μη χρειάζεται η επέμβαση στη δομή της οροφής των δωματίων και στην ανακατασκευή στοιχείων στους διάφορους χώρους αφού η υπάρχουσα εγκατάσταση είναι με κρεμαστά φωτιστικά ή επιφανειακής στήριξης.

Για το φωτισμό των θαλάμων - δωματίων που διαμένουν και κοιμούνται τα άτομα που κατοικούν στη μονάδα φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων επιλέχθηκαν φωτιστικά της εταιρείας Phillips SM461V W57L57 με πλακέτα LED28S/830 ή με πλακέτα LED40S/830 ανάλογα τις ανάγκες του εκάστοτε χώρου σε ένταση φωτισμού λαμβάνοντας υπόψη και το μέγεθος των χώρων.

Στην Εικόνα 7.1 βλέπουμε μια ενδεικτική φωτογραφία του φωτιστικού και το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού με χαρακτηριστικά:

- Με πλακέτα LED28S/830  
Ισχύς: 21 W  
Φωτεινή ροή: 2800lm  
Όφελος φωτός: 133,2lm/W
- Με πλακέτα LED40S/830  
Ισχύς: 29,5 W  
Φωτεινή ροή: 4000lm  
Όφελος φωτός: 135,5lm/W

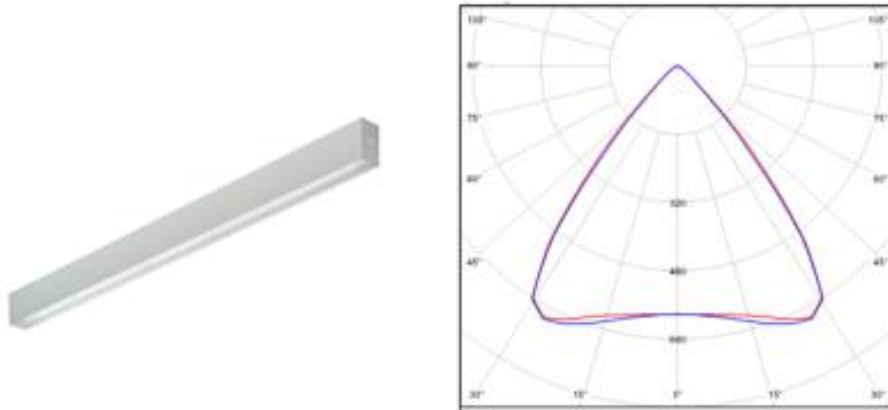


Εικόνα 7.1: Φωτιστικό SM461V-W57L57 επιφανειακής στήριξης με το πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Στους προθάλαμους των δωματίων επιλέχθηκαν τα φωτιστικά Phillips SM530C L1130 με πλακέτα LED 15S/830 OC (Εικόνα 7.2), καθώς υπάρχει σε αυτούς τους χώρους ανάγκη από μικρή στάθμη έντασης φωτισμού:

- Ισχύς 10,6 W
- Φωτεινή ροή: 1500lm

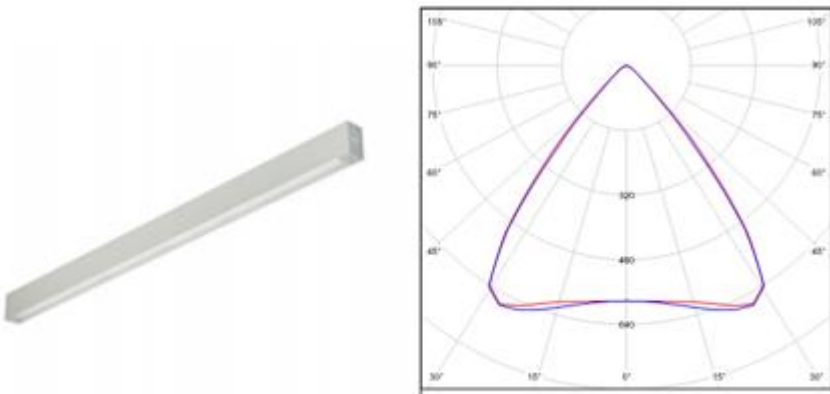
- Όφελος φωτός: 141,3lm/W



Εικόνα 7.2 Φωτιστικό Phillips SM530C L1130 επιφανειακής στήριξης με το πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Στους διαδρόμους χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της οικογένειας Phillips SM530C L1450 με πλακέτα LED31S/830 OC (Εικόνα 7.3):

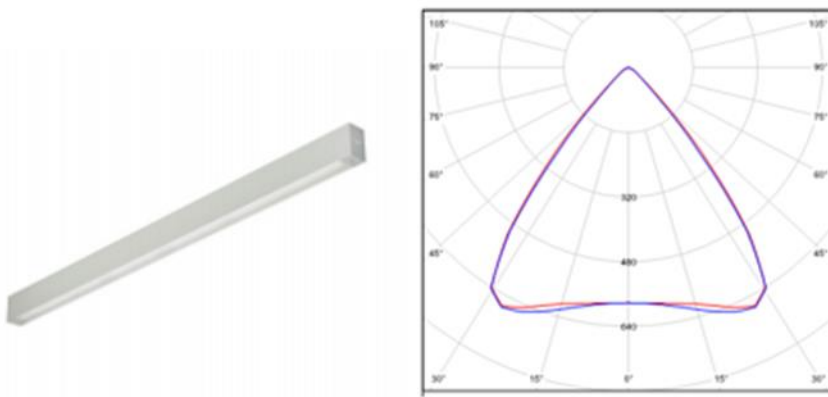
- Ισχύς: 22W
- Φωτεινή ροή: 3100lm
- Όφελος φωτός: 140,7 lm/W



Εικόνα 7.3: Φωτιστικό Phillips SM530C L1450 επιφανειακής στήριξης με το πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Στις κουζίνες και στο ιατρείο τοποθετήθηκαν φωτιστικά SM530C L1410 με LED 43S/830 OC (Εικόνα 7.4):

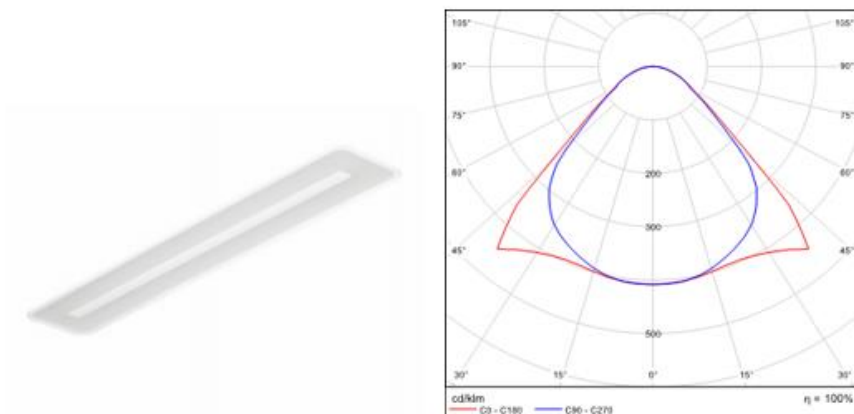
- Ισχύς: 32, 5 W
- Φωτεινή ροή: 4300lm
- Όφελος φωτός: 132,1 lm/W



Εικόνα 7.4: Φωτιστικό SM530C L1410 επιφανειακής στήριξης με το πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Σε ορισμένους θαλάμους χρησιμοποιήθηκαν τα φωτιστικά Phillips SM480C W24L134 με πλακέτα LED 35S/830 τα οποία έχουν τα ακόλουθα στοιχεία (Εικόνα 7.5):

- Ισχύς: 32W
- Φωτεινή ροή: 3500lm
- Όφελος φωτός: 109.3 lm/W



Εικόνα 7.5: Φωτιστικό Phillips SM480C W24L13 επιφανειακής στήριξης με το πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

#### 7.1.1 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)

Στους παρακάτω πίνακες αναγράφονται τα στοιχεία των φωτιστικών που επιλέχθηκαν για τη μελέτη φωτισμού μέσω του προγράμματος DIALux για κάθε χώρο, η ονομαστική ισχύς κάθε πλακέτας LED (Led module), οι τελικές καταναλώσεις κάθε χώρου και ο αριθμός όμοιων χώρων που υπάρχουν. Στους υπολογισμούς του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη φωτισμού και αναλύεται στους παρακάτω πίνακες δεν υπάρχει προσαύξηση 20% στην συνολική ισχύ λόγω ηλεκτρονικών ballast. Τα φωτιστικά της υφιστάμενης κατάστασης

χρησιμοποιούσαν ηλεκτρονικά ballast και για αυτό κατανάλωναν επιπλέον 20% ισχύ της ονομαστικής τους, ενώ τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη του DIALux συμπεριλαμβάνουν στην ονομαστική ισχύ τους και τις απώλειες του οδηγού (driver).

Για τη σύντομη αναφορά στα ονόματα των φωτιστικών που επιλέχθηκαν για κάθε χώρο δημιουργήθηκαν κωδικοποιημένα ονόματα που παραπέμπουν στο κάθε φωτιστικό, όπως φαίνεται στον Πίνακας 7.2.

Πίνακας 7.2 Σύντομη κωδικοποίηση ονόματος φωτιστικών

Φωτιστικό	Τύπος Φωτιστικού
SM461V W57L57, 21W	Φ1
SM461V W57L57, 29,5W	Φ2
SM530C L1130, 10,6W	Φ3
SM530C L1450, 22W	Φ4
SM530C L1410, 32,5W	Φ5
SM480C W24L134, 32W	Φ6

#### 7.1.2 1<sup>ος</sup> Όροφος πτέρυγα Α

Για την πτέρυγα του Α' ορόφου που έγινε η καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού, καθώς η δεύτερη πτέρυγα δεν ήταν σε χρήση προέκυψε μια συνολική κατανάλωση που περιγράφηκε στον Πίνακας 6.1. Μετά τη μελέτη φωτισμού η κατάσταση εξοπλισμού για την πτέρυγα του 1<sup>ου</sup> ορόφου του Ασύλου Ανιάτων παρατίθεται στον Πίνακας 7.3.

Πίνακας 7.3: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού πτέρυγας Α' ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς (W)	Αριθμός όμοιων δωματίων	Σύνολο (W)
Θάλαμος μικρός_1	1	Φ1	21	21	4	84
Θάλαμος μικρός_2	1	Φ6	32	32	3	96
Θάλαμος μεσαίος	2	Φ1	21	42	3	126
Θάλαμος μεγάλος	4	Φ1	21	84	6	504
Διάδρομος	11	Φ4	22	242	1	242
Ενωτικό	8	Φ1	21	168	1	168
Προθάλαμοι δωματίων	1	Φ3	10,6	10,6	2	21,2
Κουζίνα_1	4	Φ5	32,5	130	1	130
Κουζίνα_2	3	Φ5	32,5	97,5	1	97,5
Κοινά λουτρά-wc_1	3	Φ1	21	63	1	63
Κοινά λουτρά-wc_2	5	Φ1	21	105	1	105
wc θαλάμων	1	Φ1	21	21	3	63
					<b>Σύνολο</b>	1699,7

### 7.1.3 2<sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα\_1

Για την πτέρυγα\_1 του Β' ορόφου, καθώς είναι σε χρήση και οι δύο πτέρυγες του ορόφου προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα από τη μελέτη φωτισμού και παρατίθενται στον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού της πτέρυγας\_1 του Β' ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς (W)	Αριθμός όμοιων δωματίων	Σύνολο (W)
Θάλαμος μικρός_1	1	Φ1	21	21	4	84
Θάλαμος μεσαίος	2	Φ1	21	42	3	126
Θάλαμος μεγάλος	2	Φ6	32	64	7	448
Διάδρομος	10	Φ4	22	220	1	220
Ενωτικό	9	Φ2	29,5	265,5	1	265,5
Κουζίνα	3	Φ5	32,5	97,5	1	97,5
Κοινά λουτρά- wc	3	Φ2	29,5	88,5	2	151,5
wc θαλάμων	1	Φ1	21	21	3	63
Γραφείο προϊσταμένης	3	Φ4	22	66	1	66
γραφείο_ιατρού_1	2	Φ5	32,5	65	1	65
γραφείο_ιατρού_2	2	Φ2	29,5	59	1	59
Προθάλαμοι δωματίων	1	Φ3	10,6	10,6	2	21,2
					<b>Σύνολο</b>	<b>1645,5</b>

#### 7.1.4 2<sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα\_2

Για την πτέρυγα\_2 του Β' ορόφου προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα από τη μελέτη φωτισμού και παρατίθενται στον Πίνακα 7.5.

Πίνακας 7.5: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού της πτέρυγας\_2 του Β' ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς (W)	Αριθμός όμοιων δωματίων	Σύνολο (W)
Θάλαμος μικρός_1	1	Φ1	21	21	7	147
Θάλαμος μικρός_2	1	Φ6	32	32	2	64
Θάλαμος μεσαίος	2	Φ1	21	42	1	42
Θάλαμος μεγάλος	4	Φ1	21	84	6	504
Προθάλαμοι δωματίων	1	Φ3	10,6	10,6	2	21,2
Διάδρομος	12	Φ4	22	264	1	264
Κουζίνα	3	Φ5	32,5	97,5	1	97,5
Κοινά λουτρά-wc_1	2	Φ1	21	42	1	42
Κοινά λουτρά-wc_2	5	Φ1	21	105	1	105
Wc θαλάμων	1	Φ1	21	21	2	42
Γραφείο προϊσταμένης	4	Φ2	29,5	118	1	118
					Σύνολο	1446,7

#### 7.1.5 Συγκριτικά αποτελέσματα

Στους πίνακες αυτής της υποενότητας παρατηρούμε τα συγκριτικά αποτελέσματα του Σεναρίου Α, δηλαδή την ποσοστιαία μείωση της ισχύος διαμέσου της προτεινόμενης εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού σε σύγκριση με τον υφιστάμενο εξοπλισμό που καταγράφηκε κατά τις επισκέψεις στο Άσυλο Ανιάτων.



Κατά τη μελέτη φωτισμού διαπιστώθηκε ότι σε πολλούς χώρους του Ασύλου Ανιάτων δεν υπήρχε επαρκής μελέτη φωτισμού και δεν τηρούνταν τα πρότυπα για το φωτισμό των χώρων από τον υφιστάμενο εξοπλισμό. Με γνώμονα ότι πρέπει να ακολουθούνται τα πρότυπα που έχουν θεσπιστεί για τα επίπεδα φωτισμού, την ομοιομορφία φωτισμού και τη θάμβωση που προκαλείται από τον τεχνητό εξοπλισμό για τους χώρους αυτούς ενδέχεται να υπάρχει αύξηση των φωτιστικών σωμάτων που πρέπει να τοποθετηθούν, αλλά και αύξηση των επιπέδων κατανάλωσης.

Για το λόγο αυτό, σε ορισμένους χώρους ενδέχεται να υπάρχει ποσοστιαία αύξηση στην συνολική ισχύ και θα συμβολίζεται με το σύμβολο μείον (-) στα κελιά των πινάκων κάτω από τη στήλη με την ποσοστιαία μείωση.

Στην πρώτη στήλη αναφέρεται η ονομασία των χώρων και σημειώνεται σε παρένθεση ο αριθμός των παρόμοιων χώρων. Ο αριθμός των φωτιστικών στους πίνακες αφορά στα συνολικά φωτιστικά των παρόμοιων χώρων, όπως επίσης και η συνολική ποσοστιαία μείωση δεν αφορά αναγκαστικά κάθε χώρο ξεχωριστά, αλλά τη συνολική μείωση ή αύξηση της ισχύος για τους παρόμοιους χώρους.

Για τον υπολογισμό της συνολικής μείωσης (ή αύξησης) της ισχύος χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\text{Συνολική Μείωση (\%)} = \frac{\text{Κατανάλωση υφιστάμενη (Watt)} - \text{Κατανάλωση προτεινόμενη (Watt)}}{\text{Κατανάλωση υφιστάμενη (Watt)}} * 100$$

Τα συγκριτικά αποτελέσματα για τον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων και τη συνολική ισχύ μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και του προτεινόμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού παρουσιάζονται για την πτέρυγα του Α ορόφου στον Πίνακα 7.6, για την πτέρυγα 1 του Β' ορόφου στον Πίνακα 7.7 και για την πτέρυγα 2 του Β' ορόφου στον Πίνακα 7.8.

Πίνακας 7.6: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο A, Ά όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση		Συνολική Μείωση(%)
	Φωτιστικά	Σύνολο ισχύς χώρων (W)	Φωτιστικά	Σύνολο ισχύς χώρων (W)	
Θάλαμοι μικροί (4 χώροι)	4	96	4	84	12,50
Θάλαμοι μικροί (3 χώροι)	3	72	3	96	-33,33
Θάλαμοι μεσαίοι (3 χώροι)	3	72	6	126	-75,00
Θάλαμοι μεγάλοι (6 χώροι)	6	144	24	504	-250,00
Διάδρομος (1 χώρος)	11	871,2	11	242	72,22
Ενωτικό (1 χώρος)	5	345,6	8	168	51,39
Προθάλαμοι δωματίων (2 χώροι)	2	48	2	21,2	55,83
Κουζίνα_1 (1 χώρος)	2	158,4	4	130	17,93
Κουζίνα_2 (1 χώρος)	2	158,4	3	97,5	38,45
Κοινά λουτρά-wc_1 (1 χώρος)	3	59,4	3	63	-6,06
Κοινά λουτρά-wc_2 (1 χώρος)	4	79,2	5	105	-32,58
wc θαλάμων (3 χώροι)	3	72	3	63	12,50

Πίνακας 7.7: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο A, πτέρυγα\_1 Β όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση		Συνολική Μείωση(%)
	Φωτιστικά	Σύνολο ισχύς χώρων (W)	Φωτιστικά	Σύνολο ισχύς χώρων (W)	
Θάλαμοι μικροί_1 (4 χώροι)	4	249,6	4	84	66,35
Θάλαμοι μεσαίοι (3 χώροι)	3	187,2	6	126	32,69
Θάλαμοι μεγάλοι (7 χώροι)	7	436,8	14	448	-2,56
Διάδρομος (1 χώρος)	11	871,2	10	220	74,75
Ενωτικό (1 χώρος)	6	475,2	9	265,5	44,13
Κουζίνα (1 χώρος)	1	19,2	3	97,5	-407,81
Κοινά λουτρά- wc (1 χώρος)	4	79,2	6	151,5	-91,29
wc θαλάμων (3 χώροι)	3	57,6	3	63	-9,38
Γραφείο προϊσταμένης (1 χώρος)	2	158,4	3	66	58,33
γραφείο_ιατρού_ 1 (1 χώρος)	1	79,2	2	65	17,93
γραφείο_ιατρού_ 2 (1 χώρος)	1	79,2	2	59	25,51
Προθάλαμοι δωματίων (2 χώροι)	2	48	2	21,2	55,83

Πίνακας 7.8: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο A, πτέρυγα\_2 Β' όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση		Συνολική Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο ισχύς Χώρων (W)	Φωτιστικά	Σύνολο ισχύς Χώρων (W)	
Θάλαμοι μικροί_1 (7 χώροι)	7	436,8	7	147	66,35
Θάλαμοι μικροί_2 (2 χώροι)	2	124,8	2	64	48,72
Θάλαμοι μεσαίοι (1 χώρος)	1	62,4	2	42	32,69
Θάλαμοι μεγάλοι (6 χώροι)	6	374,4	24	504	-34,62
Προθάλαμοι δωματίων (2 χώροι)	2	48	2	21,2	55,83
Διάδρομος (1 χώρος)	14	1108,8	12	264	76,19
Κουζίνα (1 χώρος)	1	19,2	3	97,5	-407,81
Κοινά λουτρά-wc_1 (1 χώρος)	2	39,6	2	42	-6,06
Κοινά λουτρά-wc_2 (1 χώρος)	5	99	5	105	-6,06
Wc θαλάμων (2 χώροι)	2	38,4	2	42	-9,38
Γραφείο προϊσταμένης (1 χώρος)	2	158,4	4	118	25,51

Στον Πίνακα 7.9 παρουσιάζονται τα τελικά συγκριτικά αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού για την αντικατάσταση του τεχνητού εξοπλισμού της υφιστάμενης κατάστασης με τον προτεινόμενο, για την επίτευξη μεγάλων επιπέδων μείωσης στην καταναλισκόμενη ισχύ, αλλά και για τις πιο ευνοϊκές και σωστές συνθήκες φωτισμού, όπως ορίζονται από τα πρότυπα.

Πίνακας 7.9: Συνολική σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α.

Επίπεδο	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)		Μείωση (%)
	Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Α	
Α΄ όροφος πτέρυγα	2176,2	1699,7	21,90
Β΄ όροφος πτέρυγα_1	2692,8	1645,5	38,89
Β΄ όροφος πτέρυγα_2	2509,8	1446,7	42,36
Σύνολο:	7378,8	4791,9	35,06

Μια συνολική μείωση σχεδόν της τάξεως του 35% είναι ιδιαίτερα σημαντική, δεδομένου ότι σε ορισμένους χώρους υπήρχαν υποβαθμισμένες συνθήκες φωτισμού και δεν υπήρχαν περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά αντίθετα πρόταση παρεμβάσεων με επιπλέον τεχνητό εξοπλισμό για την επίτευξη των αναγκαίων επιπέδων φωτισμού. Επομένως, προτείνεται η αντικατάσταση του τεχνητού εξοπλισμού με αυτόν του Σεναρίου Α για το διττό λόγο των μεγάλων επιπέδων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και της καλύτερης διαβίωσης των ατόμων και εργασίας των ατόμων που εργάζονται στο Άσυλο Ανιάτων μέσα από τον ομαλότερο φωτισμό των χώρων. Επίσης, έγινε υπολογισμός των επιπέδων θάμβωσης (έλεγχος αν είναι τα επίπεδα UGR εντός ορίων) με τοποθέτηση στο πρόγραμμα DIALux, σημείων και επιφανειών υπολογισμού στις κεφαλές των κρεβατιών και στο μέσο της απόστασης των τοίχων των δωματίων, όπου αποτελούν τα σημεία με τα μεγαλύτερα επίπεδα θάμβωσης.

## 7.2 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού εξοπλισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Στην ενότητα αυτή γίνεται μελέτη της αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσω της εγκατάστασης αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης του φωτισμού των χώρων του Ασύλου Ανιάτων ανάλογα με τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β). Για τον υπολογισμό του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας από το φυσικό φωτισμό χρησιμοποιείται το ευρωπαϊκό πρότυπο CEN Daylight (CEN/TC 169/WG 11 – Daylight). Σε πρώτο στάδιο σχεδιάζονται οι ζώνες φυσικού φωτισμού σύμφωνα με τα πρότυπα και γίνεται έλεγχος της επάρκειας δυναμικού για την αξιοποίηση του φυσικού

φωτισμού μέσω του υπολογισμού του παράγοντα φυσικού φωτισμού (ΠΦΦ ή daylight factor, DF). Από το CEN/TC 169/WG 11 – Daylight αναφέρονται οι προϋποθέσεις των τιμών του DF για συγκεκριμένες στάθμες φωτισμού ενός χώρου. Προκειμένου να υπάρχουν πάνω από 500 lux στο 50% των ωρών λειτουργίας του τεχνητού εξοπλισμού ενός χώρου πρέπει ο ΠΦΦ να έχει τιμή μεγαλύτερη από 2,6% για την περιοχή της Αθήνας. Για τα 100 lux, 300 lux, 500 lux πρέπει ο ΠΦΦ να υπερβαίνει το 0,5%, το 1,5% και το 3,9% αντίστοιχα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μελέτη φυσικού φωτισμού αποτελεί η επιλογή φωτιστικών σωμάτων με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής τους (dimming), η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στο χώρο και η ύπαρξη ξεχωριστού διακόπτη για τον έλεγχο τους.

Για τον υπολογισμό των καταναλώσεων ενέργειας για το φωτισμό γίνεται χρήση των μέγιστων ωρών λειτουργίας του κτηρίου και του εκάστοτε χώρου όπως ορίζονται στο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι αντιπροσωπευτικές τιμές του τυπικού αριθμού των ωρών λειτουργίας για την ελληνική επικράτεια για τις χρήσεις των χώρων του κτηρίου που μελετάμε. Στο Άσυλο Ανιάτων υπάρχει ρύθμιση των ωρών λειτουργίας του εξοπλισμού με χρονοδιακόπτες και εφόσον υπάγεται στα κτήρια με 24ωρη λειτουργία γίνεται η παραδοχή ότι οι ώρες λειτουργίας του γενικού φωτισμού προσομοιάζουν με τις ώρες λειτουργίας ενός νοσοκομείου. Κατά τις βραδινές ώρες στο Άσυλο Ανιάτων λειτουργεί νυχτερινός φωτισμός σε διάφορους χώρους του κτηρίου, ενώ υπάρχει προσωπικό φωτιστικό μικρής ισχύος πάνω από κάθε κλίνη. Στους υπολογισμούς δε λαμβάνεται υπόψη ο φωτισμός ασφαλείας. Ο τεχνητός φωτισμός λειτουργεί από τις 6πμ ως 9μμ, έπειτα ανοίγει ο νυχτερινός φωτισμός τις υπόλοιπες ώρες. Επομένως λειτουργεί το σύστημα τεχνητού φωτισμού 15 ώρες ημερησίως. Παρουσιάζονται στον Πίνακα οι συνολικές ώρες λειτουργίας των κτηρίων και των θερμικών ζωνών ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιούνται τα φωτιστικά που προτάθηκαν για την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού στο Σενάριο Α. Για την επιλογή των παρακάτω χώρων αποτέλεσε κριτήριο η τιμή του μέσου παράγοντα φυσικού φωτισμού (average DF) που υπολογίστηκε για κάθε χώρο μέσω του προγράμματος DIALux.

Ο τύπος για τον υπολογισμό του DF αποτελεί μια ποσοστιαία σχέση της έντασης φυσικού φωτισμού σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό ενός χώρου ( $E_i$ ) προς την ένταση φυσικού φωτισμού σε σημείο του οριζόντιου επιπέδου στο εξωτερικό του χώρου κατά την ίδια χρονική στιγμή ( $E_o$ ).

Σε σχέση με την υπολογισμένη μέση τιμή του ΠΦΦ (average DF) για κάθε χώρο υπάρχει και ένας αντίστοιχος χαρακτηρισμός της πιθανής επίδρασης του φυσικού φωτισμού στην εξοικονόμηση ενέργειας από μείωση του τεχνητού φωτισμού.

Η επίδραση του παράγοντα του φυσικού φωτισμού στην εξοικονόμηση ενέργειας χωρίζεται στις ακόλουθες διαβαθμίσεις:

- Ισχυρή επίδραση, εάν η μέση τιμή του DF  $\geq 3\%$ .
- Μέτρια επίδραση, εάν η μέση τιμή του DF κυμαίνεται μεταξύ 3% και 2%.
- Ασθενής, εάν η μέση τιμή του DF κυμαίνεται μεταξύ 2% και 1%.
- Δε λαμβάνεται υπόψη, εάν DF  $\leq 1\%$ .

Έπειτα από την αποτίμηση των χώρων που κρίνεται σκόπιμο να γίνει εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού τοποθετήθηκαν αισθητήρες φυσικού φωτισμού σε κάθε εκάστοτε χώρο που επιλέχθηκε. Η εγκατάσταση των αισθητήρων έχει ιδιότητες τοπικού χαρακτήρα και η χρήση του αισθητήρα αποσκοπεί στη ρύθμιση της στάθμης φωτισμού σε επίπεδα μειωμένης ποσοστιαίας κατανάλωσης.

Όπως αναφέρθηκε, ο νυχτερινός φωτισμός ενεργοποιείται με χρονοδιακόπτη στις 9μμ και κλείνει αυτόματα ξανά στις 6πμ, ενώ καθώς το Άσυλο Ανιάτων αποτελεί μια μονάδα φροντίδας γίνεται χρήση του συνόλου των χώρων του κτηρίου κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Για τους χώρους που χρησιμοποιούνται περισσότερο στο Άσυλο Ανιάτων, δηλαδή οι θάλαμοι, τα λουτρά, οι διάδρομοι και οι ενωτικοί χώροι, θεωρήσαμε ότι γίνεται προσεγγιστικά κατά μέσο όρο δέκα ώρες χρήση του τεχνητού φωτισμού. Για τους υπόλοιπους χώρους δώσαμε τιμές όπως ορίζονται στο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Οι τιμές για τις συνολικές ώρες χρήσης στους χώρους του Ασύλου Ανιάτων ετησίως παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.10.

Πίνακας 7.10: Ώρες – μέρες χρήσης για τους χώρους μελέτης του Ασύλου Ανιάτων.

Κατηγορία	Σύνολο ωρών	Μέρες Λειτουργίας	Ώρες λειτουργίας /μέρα
Θάλαμοι	3650	365	10
Γραφεία	2190	365	6
Ιατρεία	2190	365	6
Διάδρομοι	3650	365	10
Κουζίνες	2190	365	6
Λουτρά-wc	2920	365	8

Σύμφωνα με το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 το κτήριο αναφοράς για τα κτήρια υγείας και κοινωνικής πρόνοιας διαθέτει σύστημα εφεδρείας φωτισμού, άρα βάση του ΕΛΟΤ EN 15193:2008 συνυπολογίζεται στην κατανάλωση ενέργειας μια επιπρόσθετη τιμή ίση με 5 kWh/(m<sup>2</sup>.έτος). Για απλοποίηση των υπολογισμών δε θα συνυπολογιστεί παρακάτω η επιπλέον τιμή αυτή.

Για τους υπολογισμούς της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας δε χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο του DIALux για την ενεργειακή κατανάλωση που παρουσιάζει για κάθε χώρο τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή της κατανάλωσης ενέργειας για τις περιπτώσεις χρήσης μόνο του εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού και της μέγιστης αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού αντίστοιχα. Έγιναν όμως υπολογισμοί του μέσου DF στις σχεδιασμένες Ζώνες Φυσικού Φωτισμού. Η τεχνική ομάδα του DIALux αναφέρεται στη χρήση του EN 15193:2008 για τους υπολογισμούς της αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και της ετήσια καταναλισκόμενης ισχύος μόνο με τεχνητό φωτισμό, αλλά και για το συνδυασμό τεχνητού και φυσικού φωτισμού. Παρά ταύτα δεν ήταν εύχρηστο εργαλείο για τον υπολογισμό και την εύρεση των ΖΦΦ, καθώς είχε προεπιλεγμένη επιφάνεια για τον υπολογισμό του daylight factor, η οποία προεπιλογή δεν τηρούσε τα ελληνικά πρότυπα μελέτης. Επομένως έγινε χρήση της μεθοδολογίας που προτείνεται από τον ΚΕΝΑΚ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για τον υπολογισμό της τελικής εξοικονόμησης ενέργειας μέσω αξιοποίησης φυσικού φωτισμού για κάθε χώρο του κτηρίου μελέτης. Αρχικά έγιναν ορισμένες παραδοχές για τη διευκόλυνση των υπολογισμών. Στους υπολογισμούς δε θα ληφθεί υπόψιν η παρασιτική καταναλισκόμενη ενέργεια για τη φόρτιση του εξοπλισμού ασφαλείας και για την εφεδρική ενέργεια ελέγχου του τεχνητού εξοπλισμού. Σύμφωνα με το EN 15193:2007, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τον συνδυαστικό τεχνητό και φυσικό φωτισμό υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο (χωρίς την παρασιτική ενέργεια):

$$WL_{t} = (P_n * F_c) * [(t_D * F_o * F_D) + (t_N * F_o)] / 1000 \text{ σε kWh.}$$

$P_n$  : Η εγκατεστημένη ισχύς σε W

$t_D, t_N$  : Ο χρόνος χρήσης μέρας, χρόνος χρήσης νύχτας (για το τεχνητό φωτισμό)

$F_c$  : Παράγοντας που σχετίζεται με το σταθερό φωτισμό (εδώ θεωρώ  $F_c=1$ )

$F_D$  : Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού

$F_o$  : Συντελεστής επίδρασης χρηστών



Σύμφωνα με Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για αυτόματο έλεγχο φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού) σε κτήρια περίθαλψης είναι  $FD=0.6$ . Επίσης, θεωρώ προς το παρόν ότι το σύστημα δεν έχει αισθητήρες παρουσίας – κίνησης, οπότε  $Fo=1$ .

Η αρχική εξίσωση γίνεται:

$$WL,t = (Pn) * [(tD * 0,6) + (tN)] / 1000 \text{ σε kWh}$$

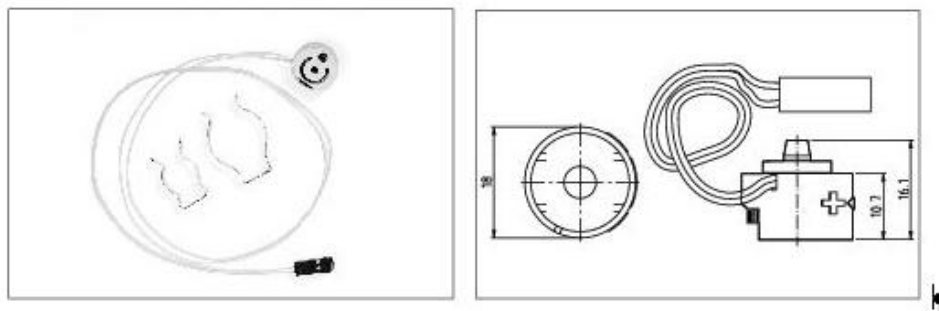
Δεν επιλέχθηκαν χώροι που είχαν DF κάτω από 0,5% στα  $E=100 \text{ lux}$ , χώροι με  $DF < 1,5\%$  για  $E=300 \text{ lux}$  και χώροι με  $DF < 2,6\%$  όταν  $E=500 \text{ lux}$ .

Για τα λουτρά και τα wc των θαλάμων θα γίνει μελέτη για αισθητήρες παρουσίας – κίνησης στην επόμενη ενότητα, οπότε δε κρίνεται αναγκαία η μελέτη αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού [72].

Εφόσον το βράδυ λειτουργεί νυχτερινός φωτισμός που δε λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, τότε η προσεγγιστική μείωση σύμφωνα με τον KENAK για κάθε χώρο είναι γύρω στο 40% μέσω αξιοποίησης φυσικού φωτισμού.

Στους παρακάτω Πίνακες καταγράφονται για κάθε χώρο η τιμή του συντελεστή φυσικού φωτισμού (DF), η υφιστάμενη κατανάλωση ενέργειας, η κατανάλωση ενέργειας μέσω αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, η κατανάλωση ενέργειας μέσω αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού προσεγγιστικά μέσω του KENAK με μείωση 40%.

Στο σύνολο των χώρων που έχουν περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού έγινε τοποθέτηση του αντίστοιχου αισθητήρα ανάλογα με τον αριθμό των φωτιστικών ανά χώρο. Για χώρους με πολλά φωτιστικά γίνεται χρήση του αισθητήρα LUXeye Sense DALI BT της εταιρείας OSRAM, ο οποίος ελέγχει ταυτόχρονα όλα τα φωτιστικά της ζώνης φωτισμού που του ορίζεται και ανιχνεύει επίσης παρουσία – κίνηση στο χώρο αυτό. Για μικρούς χώρους χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας SMART LS II/SMART LSII Ip της εταιρείας triodonic (Εικόνα 7.6), ο οποίος τοποθετείται πάνω στο εκάστοτε φωτιστικό και ρυθμίζει τα επίπεδα φωτισμού του ανάλογα με τα επίπεδα φυσικού φωτός. Για τους χώρους του Ασύλου Ανιάτων και τις ζώνες φυσικού φωτισμού τους αναλογεί ο αισθητήρας SMART LS/SMART LS II Ip, καθώς δεν αποτελούν χώρους με μεγάλους αριθμούς φωτιστικών.



Εικόνα 7.6: Αισθητήρας SMART LS II/SMART LSII [πηγή: <https://www.sensorzine.com/smart-ls-ii-light-sensor-technical-data-1349.html>]

### 7.2.1 1<sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα Α

Για την πτέρυγα του Α' ορόφου μετά τη μελέτη αξιοποίησης των επιπέδων του φυσικού φωτισμού η κατάσταση εξοπλισμού για την πτέρυγα του 1ου ορόφου του Ασύλου Ανιάτων παρατίθεται στον Πίνακα 7.3. Τα συγκριτικά αποτελέσματα για τη συνολική ισχύ μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης με την προτεινόμενη κατάσταση του σεναρίου Β, αλλά και τα ποσά της περαιτέρω ενεργειακής εξοικονόμησης έπειτα από την εφαρμογή του Σεναρίου Β στο Σενάριο Α παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.11.

Πίνακας 7.11: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Β και υπολογισμός επιπλέον εξοικονόμησης με ταυτόχρονη εφαρμογή σεναρίων Α και Β, Ά όροφος

Χώρος	DF(%)	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση - Σενάριο Α (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση - Σενάριο Β (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
Θάλαμος 1	2,043	87,6	153,3	91,98	40	-5
Θάλαμος 2	1,402	87,6	116,8	70,08	40	20
Θάλαμος 3	1,618	87,6	153,3	91,98	40	-5
Θάλαμος 5	1,162	87,6	116,8	70,08	40	20
Θάλαμος 6	1,214	87,6	116,8	70,08	40	20
Θάλαμος 7	1,393	87,6	76,65	45,99	40	47,5
Θάλαμος 8	1,649	87,6	76,65	45,99	40	47,5
Θάλαμος 9	1,771	87,6	306,6	183,96	40	-110
Θάλαμος 10	1,79	87,6	306,6	183,96	40	-110
Θάλαμος 11	1,678	87,6	306,6	183,96	40	-110
Θάλαμος 12	1,687	87,6	306,6	183,96	40	-110
Θάλαμος 13	1,654	87,6	306,6	183,96	40	-110
Θάλαμος 14	1,691	87,6	306,6	183,96	40	-110
Θάλαμος 15	1,566	87,6	76,65	45,99	40	47,5
Θάλαμος 16	1,12	87,6	76,65	45,99	40	47,5
Κουζίνα1	1,369	346,90	213,53	128,12	40	63,07
Κουζίνα2	2,951	346,90	213,53	128,12	40	63,07
Διάδρομος	0,583	4047,12	963,6	578,16	40	85,71
Ενωτικό1	0,772	867,24	323,025	193,815	40	77,65
Ενωτικό2	0,528	867,24	430,7	258,42	40	70,20

#### 7.2.2 2<sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα\_1

Τα συγκριτικά αποτελέσματα για τη συνολική ισχύ μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της προτεινόμενης κατάστασης του σεναρίου Β, αλλά και τα ποσά της περαιτέρω ενεργειακής εξοικονόμησης έπειτα από την εφαρμογή του Σεναρίου Β στο Σενάριο Α παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.12 για την πτέρυγα\_1 του Β' ορόφου.

Πίνακας 7.12: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Β και υπολογισμός επιπλέον εξοικονόμησης με ταυτόχρονη εφαρμογή σεναρίων Α και Β, Β' όροφος πτέρυγα\_1

Χώρος	DF(%)	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση- Σενάριο Α(kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση- Σενάριο Β (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
Θάλαμος 17	1,326	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 18	0,957	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 19	0,904	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 20	0,912	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 21	0,675	227,76	153,3	91,98	40	59,62
Θάλαμος 22	0,635	227,76	153,3	91,98	40	59,62
Θάλαμος 23	0,909	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 24	0,823	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 25	0,727	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 26	1,793	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 27	1,625	227,76	233,6	140,16	40	38,46
Θάλαμος 28	1,629	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 29	1,656	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 30	2,016	227,76	153,3	91,98	40	59,62
Ιατρός1	4,212	173,45	142,35	85,41	40	50,76
Ιατρός2	3,37	173,45	129,21	77,526	40	55,30
Κουζίνα2	2,951	42,05	213,53	128,115	40	-204,69
Γραφείο Προϊσταμένης	2,474	173,45	144,54	86,724	40	50,00
Διάδρομος	0,67	3179,88	803	481,8	40	84,85
Ενωτικό1	0,777	867,24	323,025	193,815	40	77,65
Ενωτικό2	0,518	867,24	430,7	258,42	40	70,20

### 7.2.3 2<sup>ος</sup> όροφος πτέρυγα\_2

Τα συγκριτικά αποτελέσματα για τη συνολική ισχύ μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της προτεινόμενης κατάστασης του σεναρίου Β, αλλά και τα ποσά της περαιτέρω ενεργειακής εξοικονόμησης έπειτα από την εφαρμογή του Σεναρίου Β στο Σενάριο Α παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.13 για την πτέρυγα\_2 του Β' ορόφου.

Πίνακας 7.13: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Β και υπολογισμός επιπλέον εξοικονόμησης με ταυτόχρονη εφαρμογή σεναρίων Α και Β, Β' όροφος πτέρυγα\_2

Χώρος	DF(%)	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση - Σενάριο Α (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση - Σενάριο Β (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β(%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β(%)
Θάλαμος 1	1,895	227,76	153,3	91,98	40	59,62
Θάλαμος 2	1,268	227,76	116,8	70,08	40	69,23
Θάλαμος 3	1,169	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 4	1,129	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 5	0,672	227,76	116,8	70,08	40	69,23
Θάλαμος 6	0,895	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 7	1,337	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 8	1,538	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 9	1,353	227,76	306,6	183,96	40	19,23
Θάλαμος 10	1,697	227,76	306,6	183,96	40	19,23
Θάλαμος 11	1,597	227,76	306,6	183,96	40	19,23
Θάλαμος 12	1,596	227,76	306,6	183,96	40	19,23
Θάλαμος 13	1,597	227,76	306,6	183,96	40	19,23
Θάλαμος 14	1,597	227,76	306,6	183,96	40	19,23
Θάλαμος 15	1,607	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Θάλαμος 16	1,555	227,76	76,65	45,99	40	79,81
Γραφείο Προϊσταμένης	1,63	173,45	258,42	155,052	40	10,61
Διάδρομος	0,583	4047,12	963,6	578,16	40	85,71

#### 7.2.4 Συνολικά αποτελέσματα

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με την εφαρμογή του σεναρίου Β για τις τρεις πτέρυγες που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.14.

Πίνακας 7.14: Συνολικά αποτελέσματα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από την υφιστάμενη μετά την εφαρμογή των Σεναρίων Α και Β

Επίπεδο	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)			Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
	Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Α	Σενάριο Β		
Α' όροφος πτέρυγα	7326,86	5703,13	3720,45	34,76	49,22
Β' όροφος πτέρυγα_1	9238,30	5429,74	3379,17	37,77	63,42
Β' όροφος πτέρυγα_2	8772,26	4827,86	3233,83	33,02	63,14
Σύνολο	25337,42	15960,73	10333,45	35,26	59,22

Το λογισμικό DIALux προτείνει τα αντίστοιχα προσεγγιστικά επίπεδα τιμών εξοικονόμησης όπως το T.O.T.E.E. 20701-1/2017 κατά την εφαρμογή των αποτελεσμάτων. Σχολιάζεται ότι η εκτίμηση μια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας της τάξεως του 40% σε κάθε χώρο που αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός έχει προβλήματα και κρίνονται χρήσιμες οι βελτιώσεις στα εργαλεία υπολογισμού. Όμως παρέχει μια εκτίμηση του μεγάλου ποσοστού εξοικονόμησης ενέργειας από την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου των επιπέδων φωτισμού στους χώρους που έχουν το περιθώριο αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

### 7.3 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση και παρουσία (Σενάριο Γ)

#### 7.3.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή γίνεται μελέτη του σεναρίου της τοποθέτησης αισθητήρων ανίχνευσης κίνησης και παρουσίας και εξάγονται ορισμένα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας ανά έτος στους χώρους που προτείνεται η εγκατάσταση των αισθητήρων (Σενάριο Γ). Η τοποθέτηση αισθητήρων έγινε σε χώρους γενικής χρήσης, όπως είναι τα λουτρά, τα wc των θαλάμων και οι διάδρομοι του κτηρίου του Ασύλου Ανιάτων. Τα κοινά λουτρά και τουαλέτες του Ασύλου Ανιάτων, αποτελούν χώρους με ασταθή ωράρια επισκεψιμότητας, όπου είναι πιθανό να λειτουργεί ο τεχνητός φωτισμός για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς την παρουσία ατόμων στους χώρους αυτούς. Προκειμένου να μην υπάρχει άσκοπη κατανάλωση ενέργειας, θα μελετηθεί η τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας – κίνησης στους χώρους

αυτούς. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, όποτε γίνεται και η χρήση του τεχνητού φωτισμού, στους θαλάμους, στους διαδρόμους και στους ενωτικούς χώρους των πτερυγών του Ασύλου Ανιάτων υπάρχουν άτομα τα οποία κάνουν συνεχόμενη χρήση των χώρων, είναι δηλαδή χώροι υψηλής κινητικότητας και παρουσίας ατόμων. Επομένως, αυτοί οι χώροι δεν αποτελούν χώρους όπου ενδείκνυται η τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας – κίνησης.

Τοποθέτηση αισθητήρων μόνο στα λουτρά και τα wc, καθώς στους υπόλοιπους χώρους υπάρχει μια συχνή κινητικότητα. Επίσης στα ατομικά wc που υπάρχουν σε ορισμένους θαλάμους έγινε η παραδοχή ότι τα άτομα που κάνουν χρήση των χώρων, οι εργαζόμενοι/ες του Ασύλου Ανιάτων που φροντίζουν τα άτομα που διαμένουν εκεί, μεριμνούν για τη μη άσκοπη κατανάλωση ενέργειας, αναβοσβήνοντας τους διακόπτες όταν χρησιμοποιούν τους χώρους αυτούς.

Για την εξοικονόμηση που προκύπτει μέσα από την τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας – κίνησης στα κοινά λουτρά και Wc των πτερυγών του κτηρίου γίνεται η θεώρηση ενός ποσοστού εξοικονόμησης της τάξεως του 40%. Η θεώρηση αυτή είναι καθαρά βιβλιογραφική και εμπειρική, σύμφωνα με τις ώρες που λειτουργεί ο τεχνητός φωτισμός των χώρων αυτών και ανάλογα την κίνηση που έχει. Οι υπολογισμοί της ενεργειακής εξοικονόμησης γίνονται συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15193:2008 θα πρέπει να υπάρχει ένας αισθητήρας κίνησης – παρουσίας κάθε  $15m^2$  για μεγάλους χώρους, να μην είναι σε περιοχές με πολλούς χρήστες ή σε περιοχές κίνησης χρηστών, ο φωτισμός να ελέγχεται ανά χώρο ξεχωριστά από τους υπόλοιπους χώρους,

Ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε για τη ρύθμιση της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού που επιλέχθηκε είναι ενδεικτικά ο ανιχνευτής κίνησης υπέρυθρων NEDIS PIROO22WT (Εικόνα 7.7) με τιμή στα 15€ με ΦΠΑ.



Εικόνα 7.7: Αισθητήρας κίνησης υπέρυθρων NEDIS PIRO022WT.

### 7.3.2 Συνολικά αποτελέσματα

Τα επίπεδα μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας μέσω της εφαρμογής του Σεναρίου Γ για τους χώρους εγκατάστασης των αισθητήρων παρουσίας – κίνησης, αλλά και τα αποτελέσματα συνολικής μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.15 και Πίνακα 7.16 αντίστοιχα.

Πίνακας 7.15: Αποτελέσματα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στους χώρους με το Σενάριο Γ.

Επίπεδο	Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ
		Κατανάλωση (kWh)		Κατανάλωση (kWh)
Α όροφος	Κοινά λουτρό- wc_1	173,45	40	104,07
	Κοινά λουτρό- wc_2	231,26	40	138,76
Β όροφος πτέρυγα_1	Κοινά λουτρό- wc	231,26	40	138,76
Β όροφος πτέρυγα_2	Κοινά λουτρό- wc_1	115,63	40	69,38
	Κοινά λουτρό- wc_2	289,08	40	173,45



Πίνακας 7.16: Επίπεδα μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης μέσω εφαρμογής του Σεναρίου Γ.

Επίπεδο	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)		Μείωση(%)
	Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Γ	
A όροφος	7326,86	7164,97	2,21
B όροφος πτέρυγα_1	9238,3	9145,80	1,00
B όροφος πτέρυγα_2	8772,26	8610,37	1,85
Σύνολο	25337,42	24921,14	1,64

Τα ποσοστά μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης μοιάζουν να είναι χαμηλά, καθώς έγινε μελέτη της εγκατάστασης αισθητήρων παρουσίας – κίνησης σε λίγους χώρους του κτηρίου μιας και οι περισσότεροι χώροι χαρακτηρίζονται από συνεχή κίνηση και παρουσία. Παρά ταύτα, η εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας κίνησης αποτελεί ένα μέτρο με μικρό κόστος επένδυσης το οποίο αξίζει να εφαρμόζεται στους χώρους όπου ενδείκνυται.



## 8 Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και σχολιασμός των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης (Σενάρια Α, Β και Γ)

### 8.1 Εισαγωγή

Μετά το πέρας της διερεύνησης των ποσοστών εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνονται με την εφαρμογή των σεναρίων εξοικονόμησης των κεφαλαίων που προηγήθηκαν, θα παρουσιαστούν σε αυτό το κεφάλαιο οι υπολογισμοί κόστους των σεναρίων και του χρόνου απόσβεσης τους.

Αρχικά θα γίνει υπολογισμός του κόστους για την προτεινόμενη εγκατάσταση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED ( Σενάριο Α). Έπειτα υπολογίζεται το κόστος, η εξοικονόμηση και η απόσβεση από την εφαρμογή του Σεναρίου Β, που αφορά στην εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα dimming για την αξιοποίηση των επιπέδων του φυσικού φωτισμού συνδυαστικά με τον τεχνητό φωτισμό. Για το Σενάριο Γ που μελετάει την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας – κίνησης σε επιλεγμένους χώρους, διεξάγονται οι υπολογισμοί εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους εγκατάστασης και απόσβεσης του μέτρου.

Για τα τρία αυτά σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού υπολογίζονται ακόμα, το ετήσιο όφελος σε ευρώ, η ηλεκτρική και η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, η μείωση των ρύπων σε CO<sub>2</sub> ετησίως και το πλήθος των δέντρων που σχετίζεται με τη μείωση αυτή σε CO<sub>2</sub>.

Από τις τιμές εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν προκύψει από προηγούμενους υπολογισμούς και με λαμβάνοντας την τιμή αγοράς της κιλοβατώρας ίση με 0,06428 €/kWh που αφορά στην τιμή αγοράς της κιλοβατώρας για το Άσυλο Ανιάτων με ημερήσια χρέωση, τιμή η οποία λήφθηκε από λογαριασμούς της ΔΕΗ του 2018 στο Άσυλο Ανιάτων. Στην τιμή αυτή κάναμε προσαύξηση 13% ΦΠΑ, οπότε λαμβάνεται ως τιμή κιλοβατώρας για τους υπολογισμούς μας ίση με 0,07264 €/kWh. Υπάρχει και νυχτερινή χρέωση, αλλά για την ευκολία των υπολογισμών επιλέξαμε την ημερήσια χρέωση και αμελήσαμε τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις για τον υπολογισμό του ετήσιου οικονομικού οφέλους από τις kWh. Επιπλέον, για τον υπολογισμό των κοστών εγκατάστασης του Σεναρίου Α, θεωρήθηκε ότι το ημερομίσθιο

ενός ηλεκτρολόγου και του βοηθού του ανέρχεται συνολικά στα 140 € ημερησίως και ότι κάθε ώρα ολοκληρώνουν την τοποθέτηση 2,5 φωτιστικών. Επομένως τοποθετούν ημερησίως (σε ένα εργάσιμο 8ωρο) συνολικά 20 φωτιστικά. Επίσης, τοποθετούν 24 αισθητήρες ανά 8ωρο εργασίας.

Το κόστος του ενός αισθητήρα SMART LS II / SMART LS II Ip θεωρήθηκε στα 30€, ενώ με προσαύξηση ΦΠΑ 24% το κόστος ανέρχεται στα 37,2€.

Για τους αισθητήρες παρουσίας – κίνησης θεωρήσαμε κόστος 15€ συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ.

Η πρωτογενής ενέργεια που δύναται να εξοικονομηθεί από τα τρία σενάρια επέμβασης Α, Β και Γ θα υπολογισθεί μέσω της διαίρεσης της ηλεκτρικής ενέργειας με το βαθμό απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ( $\eta_{\eta\lambda}$ ), ο οποίος θεωρήθηκε ίσος με 0,37 για περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες με το ηπειρωτικό δίκτυο.

$$\text{Πρωτογενής ενέργεια} = \frac{\text{Ενέργεια που καταναλώθηκε}}{0,37} \text{ (kWh)}$$

Η παραγόμενη μάζα ρύπων CO<sub>2</sub> θα υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη ότι ο συντελεστής εκπομπής CO<sub>2</sub> των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής  $F_{\text{σταθμού}}=0,85 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$  σε περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ έπειτα η αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια πολλαπλασιάστηκε με το συντελεστή  $F_{\text{σταθμού}}$ .

$$\text{Ρύποι CO}_2 = \text{Ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται} \times 0,85 \text{ (kg)}$$

Για τον υπολογισμό των δέντρων που απαιτούνται για να απορροφήσουν το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του συστήματος φωτισμού με την πρόταση του Σεναρίου Α, μπορεί να υπολογιστεί αν γίνει η θεώρηση ότι ένα μέσο δέντρο απορροφά περίπου 12 kg CO<sub>2</sub> ετησίως.

## 8.2 Εφαρμογή Σεναρίου Α

Για το Σενάριο Α θα γίνουν υπολογισμοί του συνολικού κόστους της αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών με νέα αποδοτικότερα LED τεχνολογίας, η ηλεκτρική και η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται για τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού, τα ποσά της ενεργειακής εξοικονόμησης, το ετήσιο όφελος σε €, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, τα ετήσια ποσά των μειωμένων ρύπων σε CO<sub>2</sub> και το πλήθος των δέντρων από την μείωση αυτή.

Στον Πίνακα 8.1 παρουσιάζονται τα κόστη αγοράς των φωτιστικών που επιλέχθηκαν κατά τη μελέτη φωτισμού.

Πίνακας 8.1: Κόστη φωτιστικών

Φωτιστικό	Τιμή (€)	Τιμή + ΦΠΑ 24% (€)
SM461V W57L57 1xLED28S/830	90	111,6
SM461V W57L57 1xLED40S/830	90	111,6
SM530C L1130 1xLED15S/830 OC	50	62
SM530C L1450 1xLED31S/830 OC	60	74,4
SM530C L1410 1xLED43S/830 OC	120	148,8
SM480C W24L134 1xLED35S/830 ACC-MLO	100	124

Για την πτέρυγα του Α' ορόφου ο αριθμός και το κόστος των φωτιστικών για το Σενάριο Α παρατίθενται στον Πίνακα 8.2, για την πτέρυγα 1 του Β' ορόφου στον Πίνακα 8.3 και για την πτέρυγα 2 του Β' ορόφου στον Πίνακα 8.4.

Πίνακας 8.2: Αριθμός και κόστος φωτιστικών για το Σενάριο Α (Α' όροφος)

Φωτιστικό	Κόστος / φωτιστικό (€)	Αριθμός φωτιστικών	Συνολικό κόστος φωτιστικών(€)
SM461V W57L57 1xLED28S/830	111,6	52	5803,2
SM461V W57L57 1xLED40S/830	111,6	1	111,6
SM530C L1130 1xLED15S/830 OC	62	2	124
SM530C L1450 1xLED31S/830 OC	74,4	11	818,4
SM530C L1410 1xLED43S/830 OC	148,8	7	1041,6
SM480C W24L134 1xLED35S/830 ACC- MLO	124	3	372
		<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	8270,8

Πίνακας 8.3: Αριθμός και κόστος φωτιστικών για το Σενάριο Α (Β' όροφος πτέρυγα 1)

Φωτιστικό	Κόστος / φωτιστικό (€)	Αριθμός φωτιστικών	Συνολικό κόστος φωτιστικών(€)
SM461V W57L57, 21W	111,6	16	1785,6
SM461V W57L57, 29,5W	111,6	14	1562,4
SM530C L1130, 10,6W	62	2	124
SM530C L1450, 22W	74,4	13	967,2
SM530C L1410, 32,5W	148,8	5	744
SM480C W24L134, 32W	124	14	1736
		<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	6919,2

Πίνακας 8.4: Αριθμός και κόστος φωτιστικών για το Σενάριο Α (Β' όροφος πτέρυγα 2)

Φωτιστικό	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Αριθμός φωτιστικών	Συνολικό κόστος φωτιστικών(€)
SM461V W57L57, 21W	111,6	42	4687,2
SM461V W57L57, 29,5W	111,6	4	446,4
SM530C L1130, 10,6W	62	2	124
SM530C L1450, 22W	74,4	12	892,8
SM530C L1410, 32,5W	148,8	3	446,4
SM480C W24L134, 32W	124	2	248
		<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	6844,8

Στον Πίνακα 8.5 παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη για την αγορά και την εγκατάσταση του εξοπλισμού.

Πίνακας 8.5: Συνολικό κόστος εξοπλισμού και εργασίας (Σενάριο Α)

Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)	Σύνολο Φωτιστικών	Μέρες Δουλειάς	Συνολικό Κόστος Εργασίας (€)	Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης(€)
22034,8	205	10,25	1435	23469,8

Επομένως για το Σενάριο Α, απαιτούνται 10,25 μέρες δουλειάς και το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 1435€ συνολικά, το κόστος του τεχνητού εξοπλισμού ανέρχεται στα 22034,8€, επομένως το συνολικό αρχικό κόστος για το Σενάριο Α είναι 23469,8€.

Τα τελικά αποτελέσματα για τη συνολική ισχύ, την εξοικονόμηση ενέργειας και το ετήσιο όφελος από την εφαρμογή του Σεναρίου Α παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.6.

Πίνακας 8.6: : Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Α)

Επίπεδο	P_υφιστ (W)	P_ΣενΑ (W)	E_υφιστ (kWh)	E_ΣενΑ (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)
Α όροφος	2176,2	1699,7	7326,86	5703,13	1623,73	
Β όροφος πτέρ_1	2692,8	1645,5	9238,3	5429,74	3808,56	
Β όροφος πτέρ_2	2509,8	1446,7	8772,26	4827,86	3944,4	
Σύνολο	7378,8	4791,9	25337,42	15960,73	9376,69	

Έγιναν υπολογισμοί (Πίνακας 8.7) της ετήσιας εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας, τα επίπεδα μείωσης των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα και το πλήθος των δέντρων που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Πίνακας 8.7: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το Σενάριο Α

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα
Qπρωτ_Υφιστ (kWh)	Qπρωτ_Σεν_Α (kWh)	Δqπρωτ (kWh)	CO <sub>2</sub> _Υφιστ (kg)	CO <sub>2</sub> _Σεν_Α (kg)	Μείωση ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
68479,51	43137,11	25342,41	21536,81	13566,62	7970,19	664,2

Είναι φανερό ότι το ετήσιο όφελος αποβαίνει πολύ χαμηλό, γεγονός που οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχει γίνει μελέτη φωτισμού στο Άσυλο Ανιάτων. Ουσιαστικά, η συγκεκριμένη μελέτη δε θα μπορούσε να αποτελεί μελέτη εξοικονόμησης μέσα από το πρίσμα του φωτισμού για το Άσυλο Ανιάτων, αλλά μια μελέτη για μια δομημένη πρόταση επαρκούς φωτισμού των διαφόρων χώρων του κτηρίου σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα.

Στην υφιστάμενη κατάσταση χρησιμοποιείται η ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας για το φωτισμό των χώρων του Ασύλου Ανιάτων, με εκπώσεις όμως στην ποιότητα της καθημερινότητας των ατόμων που διαμένουν και εργάζονται στο ίδρυμα αυτό. Ουσιαστικά

η πρόταση για την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση του τεχνητού εξοπλισμού χρησιμοποιεί κατά ένα μικρό ποσοστό λιγότερη ετήσια κατανάλωση ενέργειας από την υφιστάμενη εγκατάσταση, εξασφαλίζει όμως τις κατάλληλες φωτεινές συνθήκες. Κρίνεται αναγκαίο να προβεί η διοίκηση του Άσυλου Ανιάτων σε μέτρα για τη βελτίωση των χαμηλών φωτιστικών συνθηκών που επικρατούν στους χώρους διαβίωσης των ατόμων και καθημερινότητας των εργαζομένων. Η μελέτη του υφιστάμενου εξοπλισμού ανέδειξε ότι ενώ υπήρχε η ελάχιστη δυνατή κατανάλωση για τις χρήσεις του τεχνητού φωτισμού, υπάρχει ακόμα και στη συνθήκη αυτή περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας με ταυτόχρονη αναβάθμιση του επιπέδου διαβίωσης και εργασίας των ατόμων στο Άσυλο Ανιάτων. Επειδή το Άσυλο Ανιάτων αποτελεί μια μονάδα περίθαλψης και φροντίδας, όπου άτομα περνάνε όλο το υπόλοιπο της ζωής τους στους χώρους του, κρίνεται άμεσα αναγκαία η αντικατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού με αποδοτικότερα φωτιστικά που τηρούν τα πρότυπα.

Ένα περιβάλλον με χαμηλή ποιότητα φωτισμού έχει επιπτώσεις στη συναισθηματική και σωματική υγεία των ατόμων του κτηρίου. Επειδή, ειδικά στην περίπτωση αυτή, γίνεται λόγος για το Άσυλο Ανιάτων, όπου τα άτομα που διαμένουν εκεί έχουν την ευχέρεια ελάχιστων ή καθόλου κινήσεων στους χώρους, αποτελεί μείζονος σημασίας η αναβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης τους, οι οποίες κρίνονται, φωτιστικά τουλάχιστον, υποβαθμισμένες. Η αναβάθμιση αυτή θα διευκολύνει και την καθημερινότητα, θα αυξήσει τη διάθεση και την αποδοτικότητα των εργαζομένων στο Άσυλο Ανιάτων, καθώς ένας υποβαθμισμένος φωτιστικά χώρος επιβαρύνει τη διάθεση και τη λειτουργικότητα.

### 8.3 Εφαρμογή Σεναρίου Β

Για το Σενάριο Β θα γίνει υπολογισμός του κόστους της αναβάθμισης, της ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας που θα καταναλώνεται από το σύστημα φωτισμού, της ενεργειακής εξοικονόμησης, του ετήσιου οφέλους σε €, του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης, της ετήσιας μείωσης των ρύπων CO<sub>2</sub> και του αριθμού των δέντρων που ισοδυναμούν ετήσια με τη μείωση αυτή.

Υπενθυμίζεται ότι το Σενάριο Β αφορά στην αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσω της εγκατάστασης αισθητήρων φωτισμού για την αξιοποίηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού συνδυαστικά με τον τεχνητό φωτισμό σε χώρους του κτηρίου που είναι εφικτή η μελέτη.



Για τον υπολογισμό των παραπάνω τιμών έγινε χρήση των φωτιστικών που προτάθηκαν στο Σενάριο Α. Τα φωτιστικά που επιλέχθηκαν έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού, οπότε δε χρειάζεται επιπρόσθετος εξοπλισμός drive.

Το συνολικό κόστος για το Σενάριο Β αποτελεί το άθροισμα του κόστους του Σεναρίου Α και του συνολικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης των αισθητήρων ρύθμισης dimming του τεχνητού φωτισμού. Τα κόστη παρουσιάζονται στον Πίνακας 8.8.

Πίνακας 8.8: Συνολικό κόστος εξοπλισμού και εργασίας (Σενάριο Α+Β)

Συνολικό κόστος αισθητήρων(€)	Σύνολο αισθητήρων	Μέρες Δουλειάς	Συνολικό Κόστος Εργασίας (€)	Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης Σεναρίου Β(€)	Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης Σεναρίου Α+Β(€)
4798,8	129	5,375	752,5	5551,3	29021,1

Τα τελικά αποτελέσματα για τη συνολική ισχύ, την εξοικονόμηση ενέργειας και το ετήσιο όφελος από την εφαρμογή του Σεναρίου Β, παρουσιάζονται στον Πίνακας 8.9. Τέλος, έγιναν υπολογισμοί (Πίνακας 8.10) της ετήσιας εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας, τα επίπεδα μείωσης των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα και το πλήθος των δέντρων που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Πίνακας 8.9: Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Β)

Επίπεδο	E_υφιστ(kWh)	E_ΣενΒ (kWh)	Εξοικονόμηση(kWh)	Ετήσιο όφελος (€)
Α όροφος	7326,86	3720,45	3606,41	
Β όροφος πτέρ_1	9238,3	3379,17	5859,13	
Β όροφος πτέρ_2	8772,26	3233,83	5538,43	
Σύνολο	25337,42	10333,45	15003,97	1089,89

Πίνακας 8.10: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, μείωση ρύπων CO 2 για το Σενάριο Β

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			Ρύποι CO2			Δέντρα
Οπρωτ_Υφιστ (kWh)	Οπρωτ_Σεν_Β (kWh)	Δηπρωτ (kWh)	CO2 Υφιστ (kg)	CO2 Σεν_Β (kg)	Μείωση ρύπων CO2 (kg)	
68479,51	27928,24	40551,27	21536,81	8783,43	12753,37	1062,8

## 8.4 Εφαρμογή Σεναρίου Γ

Για το Σενάριο Γ που αφορά στην εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης στα κοινά λουτρά γίνονται οι υπολογισμοί του κόστους αναβάθμισης, της ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, της ενεργειακής εξοικονόμησης, του ετήσιου οφέλους σε €, του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης, της ετήσιας μείωσης των ρύπων σε CO<sub>2</sub>, αλλά και του αριθμού των δέντρων που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Το συνολικό κόστος για το Σενάριο Γ αποτελεί η αγορά του εξοπλισμού και η εγκατάσταση των αισθητήρων παρουσίας – κίνησης στα λουτρά του Ασύλου Ανιάτων, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.11.

Πίνακας 8.11: Συνολικό κόστος εξοπλισμού και εργασίας (Σενάριο Γ)

Συνολικό κόστος αισθητήρων(€)	Σύνολο αισθητήρων	Μέρες Δουλειάς	Συνολικό Κόστος Εργασίας (€)	Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης Σεναρίου Γ(€)
135	9	0,375	52,5	187,5

Τα τελικά αποτελέσματα για τη συνολική ισχύ, την εξοικονόμηση ενέργειας και το ετήσιο όφελος από την εφαρμογή του Σεναρίου Γ παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.12. Τέλος, έγιναν υπολογισμοί (Πίνακας 8.13) της ετήσιας εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας, τα επίπεδα μείωσης των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα και το πλήθος των δέντρων που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Πίνακας 8.12:Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Γ)

Επίπεδο	E_υφιστ (kWh)	E_ΣενΓ (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος(€)
A όροφος	7326,86	7164,97	161,89	
B όροφος πτέρ_1	9238,3	9145,8	92,5	
B όροφος πτέρ_2	8772,26	8610,37	161,89	
Σύνολο	25337,42	24921,14	416,28	30,24

Πίνακας 8.13: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το Σενάριο Γ

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα
Οπρωτ_Υφιστ (kWh)	Οπρωτ_Σεν_Γ (kWh)	Δηπρωτ (kWh)	CO <sub>2</sub> _Υφιστ (kg)	CO <sub>2</sub> _Σεν_Β (kg)	Μείωση ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
68479,51	67354,43	1125,08	21536,81	21182,97	353,84	29,5

Όπως αναφέρθηκε, οι υπολογισμοί εξοικονόμησης του σεναρίου Γ δεν έγιναν αθροιστικά με τα σενάρια Α και Β, αλλά υπολογίστηκε η εξοικονόμηση μόνο βάσει της υφιστάμενης κατάστασης του εξοπλισμού του Ασύλου Ανιάτων. Το ποσό της ετήσιας εξοικονόμησης μπορεί να μοιάζει αμελητέο, το οποίο οφείλεται αρχικά στις υπάρχουσες υποβαθμισμένες συνθήκες φωτισμού, αλλά και λόγω της εγκατάστασης του εξοπλισμού στις πέντε κοινόχρηστες τουαλέτες – μπάνια των χώρων μελέτης. Όμως το μικρό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού αποτελεί κριτήριο άμεσης εφαρμογής του σεναρίου Γ.



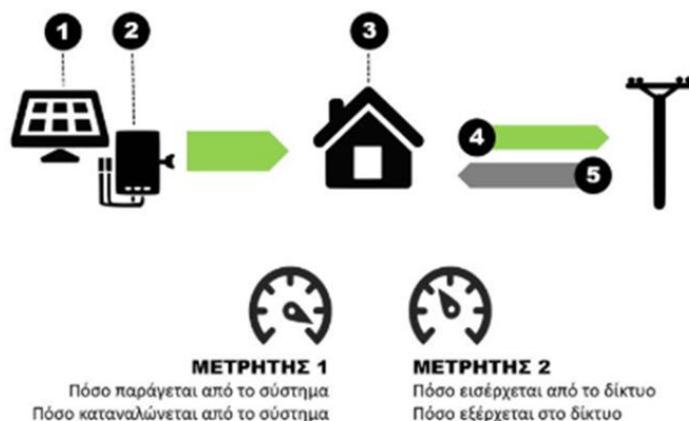
## 9 Μελέτη σεναρίων για την εγκατάσταση Φ/Β με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

### 9.1 Ενεργειακός συμψηφισμός (net metering)

Στο ελληνικό συγκείμενο θεσπίστηκε μέσω υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014) το δικαίωμα ανάπτυξης Φ/Β συστημάτων από αυτοπαραγωγούς με σκοπό την κάλυψη των αναγκών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της εφαρμογής του ενεργειακού συμψηφισμού [74].

Η αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό ή net metering αποτελεί ένα εργαλείο για την προώθηση της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών χρήσης μέσω των τεχνολογιών ΑΠΕ. Μέσω της τεχνολογίας του net metering, όταν η ενέργεια που παράγεται μέσω των Φ/Β (παραγόμενη) υπερκαλύπτει τις ανάγκες κατανάλωσης τη δεδομένη στιγμή, τότε μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο της ΔΕΗ (εγχεόμενη) και να την απορροφήσει πάλι από το δίκτυο όταν χρειαστεί (απορροφώμενη). Μέσω μετρητών ενέργειας γίνεται καταγραφή των ποσοτήτων παραγόμενης, εγχεόμενης και απορροφώμενης ενέργειας. Ένας μετρητής διπλής κατεύθυνσης, που εγκαθίσταται στη θέση του υφιστάμενου, καταγράφει τα ποσά εγχεόμενης και απορροφώμενης ενέργειας, ενώ ένας άλλος μετρητής καταγράφει τα ποσά της παραγόμενης ενέργειας μέσω του Φ/Β και τα επίπεδα των καταναλώσεων ενέργειας της εγκατάστασης (Εικόνα 9.1). Ο συμψηφισμός της εγχεόμενης ενέργειας με την απορροφώμενη γίνεται στο τέλος μιας περιόδου μέτρησης, συνήθως ετήσια. Εάν το ποσό της εγχεόμενης προκύψει μεγαλύτερο από το ποσό της απορροφώμενης, ο καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας χρεώνεται από τον πάροχο μόνο το πάγιο χρήσης λόγω χρήσης του δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, η περίσσεια εγχεόμενη ενέργεια 'χαρίζεται' στο δίκτυο, επομένως πρέπει να αποφεύγεται μια υπερδιαστασιολόγηση της εγκατάστασης μέσω net metering, δηλαδή η επιπλέον ενέργεια δεν πωλείται στο δίκτυο. Εάν το ποσό της εγχεόμενης είναι μικρότερο της απορροφώμενης, τότε χρεώνεται τη διαφορά ενέργειας που κατανάλωσε, αλλά και το πάγιο χρήσης του δικτύου για το σύνολο της ενέργειας που μεταφέρθηκε στο δίκτυο. Η εκκαθάριση του ενεργειακού συμψηφισμού γίνεται ανά τριετία [74] [75].

Μέσω του net metering εξασφαλίζεται η κάλυψη ενός μέρους ή (σχεδόν) του συνόλου των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών – αυτοπαραγωγών, επιτυγχάνοντας σημαντικά οικονομικά οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 9.1: Στοιχεία εγκατάστασης Φ/Β με net metering [πηγή: [www.netmetering.net.gr](http://www.netmetering.net.gr)]

Μέσω του ενεργειακού συμψηφισμού απομακρυσμένης αυτοπαραγωγής (virtual net metering), καθίσταται δυνατή η εγκατάσταση των σταθμών παραγωγής σε διαφορετικό χώρο από την εγκατάσταση κατανάλωσης. Το virtual net metering παρέχει ευελιξία στην τοποθεσία εγκατάστασης και διευρύνει τις δυνατότητες για καταναλωτές που λόγω έλλειψης επιπλέον χώρου στην τοποθεσία κατανάλωσης δε μπορούσαν να επωφεληθούν τις δυνατότητες της τεχνολογίας του net metering.

Πέρα από τα Φ/Β που αναφέρθηκαν ήδη, ενεργειακός συμψηφισμός net metering έχει επεκταθεί και σε άλλες τεχνολογίες, όπως μικρές ανεμογεννήτριες, σταθμούς βιομάζας, μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς και σταθμούς συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας [75].

## 9.2 Διεξαγωγή και επεξεργασία μετρήσεων των καταναλώσεων του Ασύλου Ανιάτων

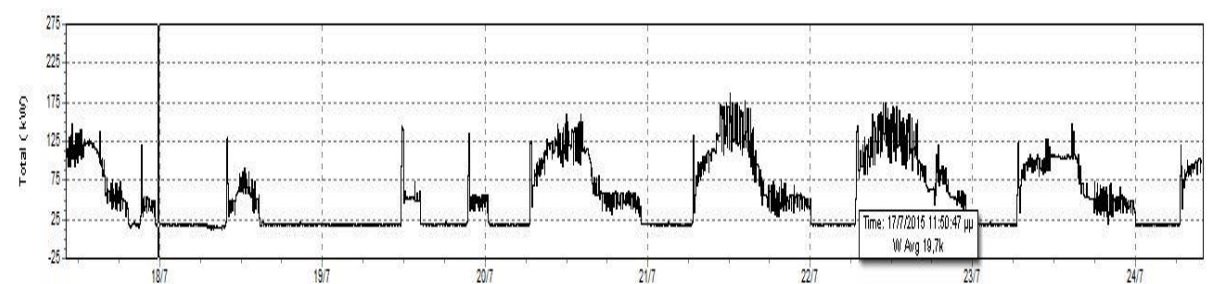
Με τον αναλυτή ισχύος FLUKE 435 έγινε ενεργειακή καταγραφή των καταναλώσεων των κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας τους. Με τον αναλυτή εντοπίζονται και οι ενεργειακά σπάταλες περιοχές της εγκατάστασης, γίνεται μια εκτίμηση της ποιότητας της εγκατάστασης, μελετάται το φορτίο που μοιράζεται στις διάφορες φάσεις. Οι μετρήσεις καλύπτουν το εύρος μιας εβδομάδας καταναλώσεων το μήνα Ιούλιο, όπου υπάρχει απαίτηση σε υψηλά ψυκτικά φορτία σε συνδυασμό με σταθερά φορτία για την ομαλή διεξαγωγή της καθημερινότητας των ατόμων που εργάζονται και των ατόμων που μένουν στη μονάδα φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων. Έγινε μια δεύτερη σειρά μετρήσεων

τη χειμερινή περίοδο στο διάστημα 14/01 – 21/01 για την καταμέτρηση δεδομένων για τις καταναλώσεις των χειμερινών φορτίων.

Ο αναλυτής μετρούσε ανά πέντε λεπτά τη στιγμιαία τάση, ρεύμα, συχνότητα και μέσω αυτών των μετρήσεων έκανε διάφορους υπολογισμούς για μια σειρά μεγεθών. Μετά την αποσύνδεση του μηχανήματος από το σημείο μέτρησης, εισαγάγαμε τα δεδομένα των μετρήσεων του αναλυτή στο πρόγραμμα Power Log της ίδιας εταιρείας. Μετά από μια αρχική επεξεργασία του όγκου των δεδομένων και τη μελέτη των γραφικών παραστάσεων των μετρούμενων, αλλά και υπολογισμένων μεγεθών προέκυψαν συμπεράσματα για το σύνολο των καταναλώσεων του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων στην Κυψέλη.

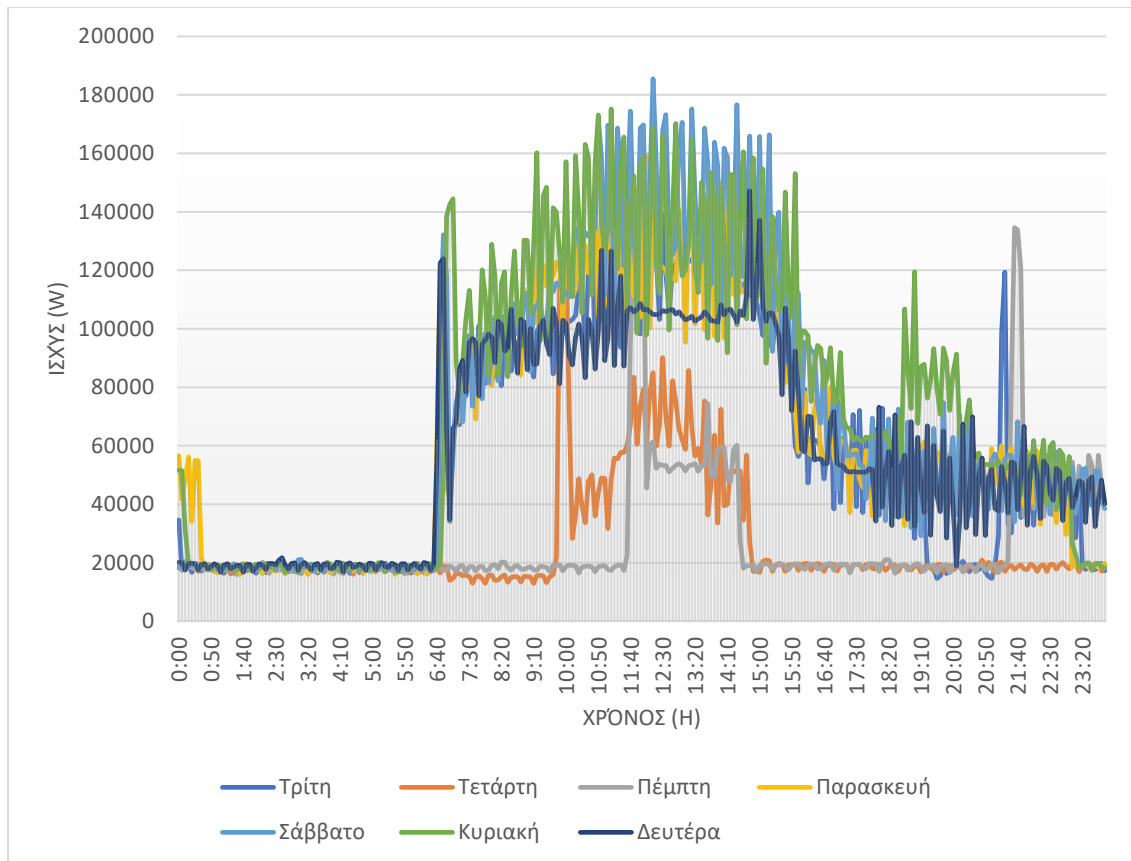
9.2.1 Παρουσίαση διαγράμματος κατανάλωσης ισχύος για μια τυπική εβδομάδα του καλοκαιριού

Οι μετρήσεις με τον αναλυτή ισχύος έλαβαν χώρα την εβδομάδα του Ιουλίου με ημερομηνίες 16/07/2019 ως 22/07/2019 και το διάγραμμα από το πρόγραμμα powerlog για τις καταναλώσεις ισχύος φαίνεται στην Εικόνα 9.2:



Εικόνα 9.2: Διάγραμμα από το powerlog για τη μέση καταναλισκόμενη ισχύ μιας τυπικής βδομάδας καλοκαιριού

Μέσω των μετρήσεων έγινε εξαγωγή του γραφήματος που περιγράφει τις διακυμάνσεις των ημερήσιων καταναλώσεων ισχύος για μια τυπική εβδομάδα καλοκαιριού και απεικονίζεται στην Εικόνα 9.3.



Εικόνα 9.3: Γράφημα τυπικής καλοκαιρινής εβδομάδας καταναλώσεων.

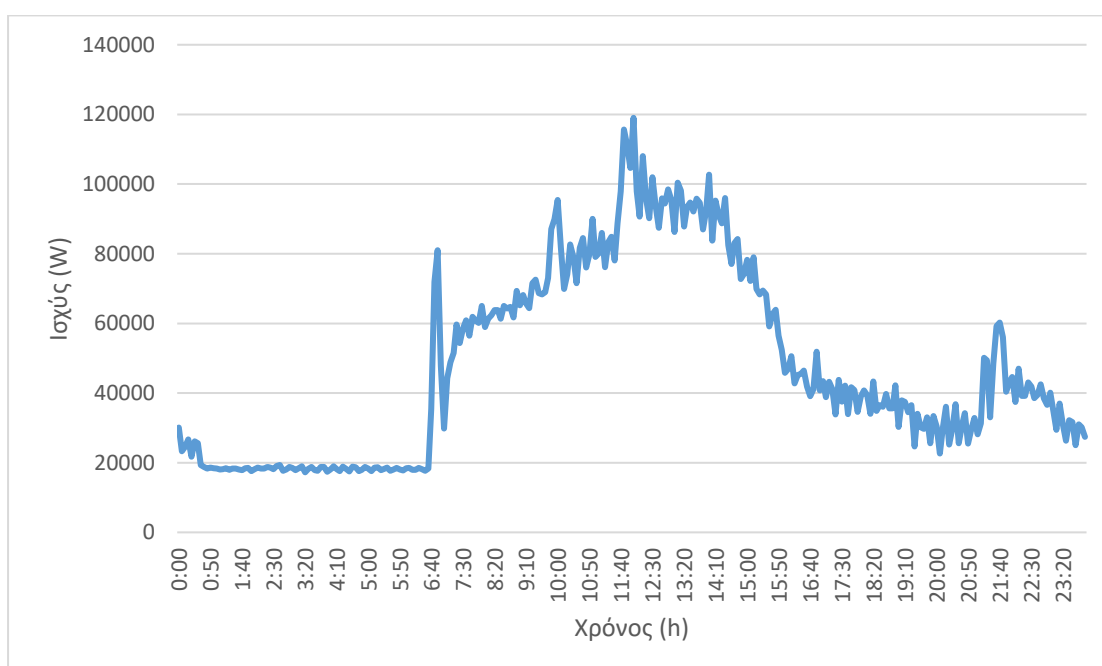
Παρατηρείται από την Εικόνα 9.3 ότι σχεδόν όλες οι μέρες έχουν παρόμοιες τιμές κατανάλωσης με εξαίρεση την Τετάρτη και την Πέμπτη, όπου οι τιμές των καταναλώσεων καταγράφηκαν αρκετά μικρότερες. Η εξήγηση για το φαινόμενο αυτό είναι οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες στην περιοχή της Αττικής που επικράτησαν τις δύο αυτές μέρες που έγινε η καταγραφή μέσω του fluke. Συγκεκριμένα η μειωμένη θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις των δύο εκείνων ημερών του καλοκαιριού επέφεραν μείωση στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς δεν υπήρχε απαίτηση σε ψυκτικά φορτία και δε λειτούργησε ο εξοπλισμός ψύξης του Ασύλου Ανιάτων, που αποτελεί σημαντικό φορτίο κατανάλωσης την περίοδο του καλοκαιριού.

Σχετικά με τις ώρες των καταναλώσεων παρατηρείται πως υπάρχει μια σταθερή διακύμανση της καταναλισκόμενη ισχύς κοντά στα 20kW όταν δεν υπάρχουν μεγάλες καταναλώσεις φορτίων συνήθως στο διάστημα από τις 12πμ ως τις 6:50πμ. Τα 20kW αφορούν σε καταναλώσεις όταν δεν υπάρχει φορτίο ψύξης για το Άσυλο Ανιάτων κυρίως σε ώρες βραδινές που τα άτομα που διαμένουν εκεί είναι σε βραδινή ανάπαυση. Έπειτα παρατηρείται ότι από τις 6:50π.μ η καταναλισκόμενη ισχύς αυξάνει απότομα και ως τις 4μμ περίπου κυμαίνεται από τα 50kW ως τα 190kW περίπου γεγονός που διαφοροποιείται

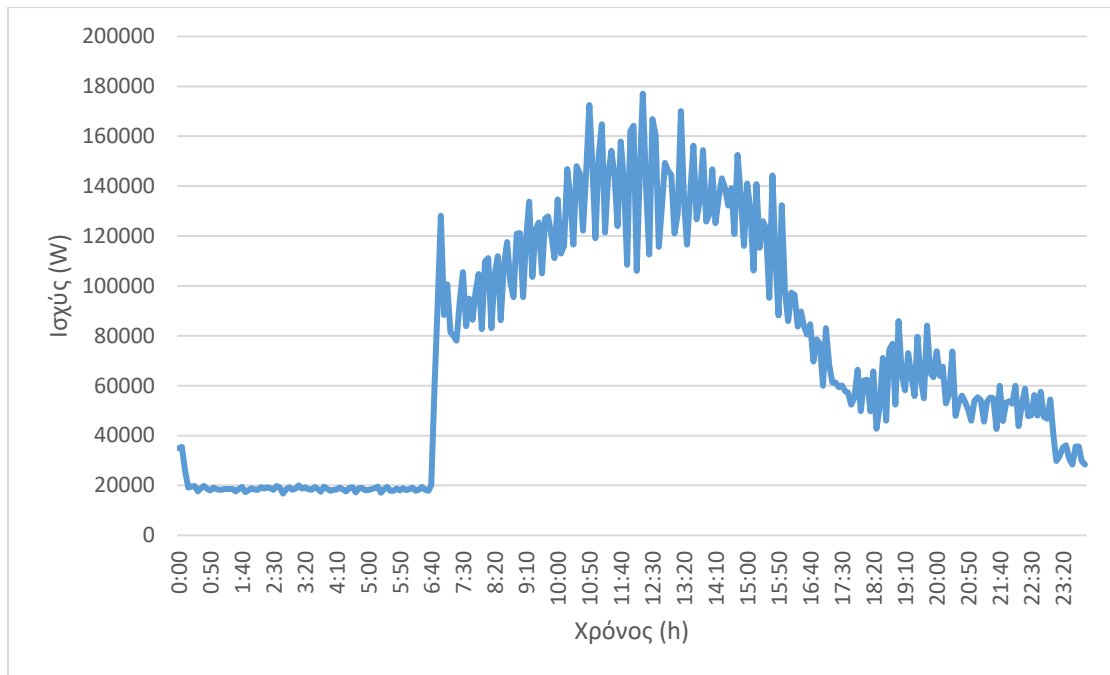


ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες τις εκάστοτε μέρας. Τις ώρες αυτές λειτουργεί το σύνολο του εξοπλισμού φωτισμού, κλιματισμού και γενικών χρήσεων για τη λειτουργία της μονάδας του Άσυλο Ανιάτων, αλλά και οι χώροι εργασίας των ατόμων που δουλεύουν στο Άσυλο Ανιάτων. Περίπου από τις 4μμ ως τις 12πμ, δηλαδή την υπόλοιπη μέρα σε γενικές γραμμές κυμαίνονται οι καταναλώσεις από περίπου 20kW ως 120kW, πάλι με διαφοροποιήσεις που εξαρτώνται από τις ανάγκες της εκάστοτε μέρας σε φορτίο ψύξης ώστε να διασφαλίζονται αρμονικές εσωτερικές συνθήκες στο Άσυλο Ανιάτων.

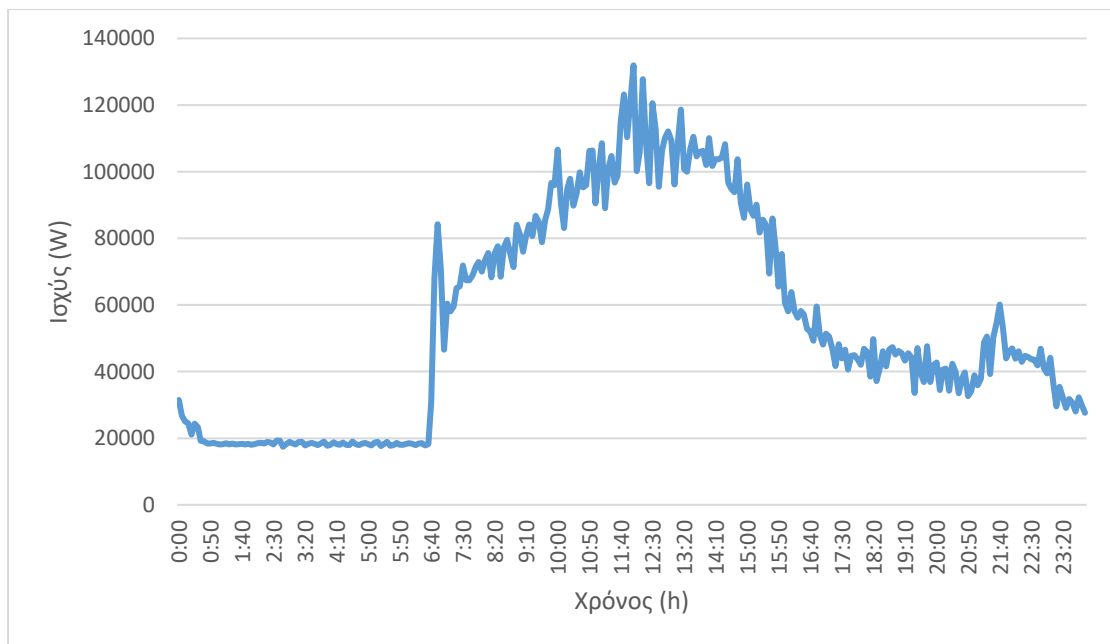
Τα διαγράμματα των καταναλώσεων για μια μέση τυπική καθημερινή μέρα, για μια μέρα σαββατοκύριακου και μια τυπική μέρα καλοκαιριού απεικονίζονται στις Εικόνα 9.4, Εικόνα 9.5 και Εικόνα 9.6 αντίστοιχα.



Εικόνα 9.4: Διάγραμμα των καταναλώσεων ισχύος για μια μέση καθημερινή καλοκαιρινή ημέρα.



Εικόνα 9.5: Διάγραμμα καταναλισκόμενης ισχύος για μια μέση καλοκαιρινή μέρα Σαββατοκύριακου

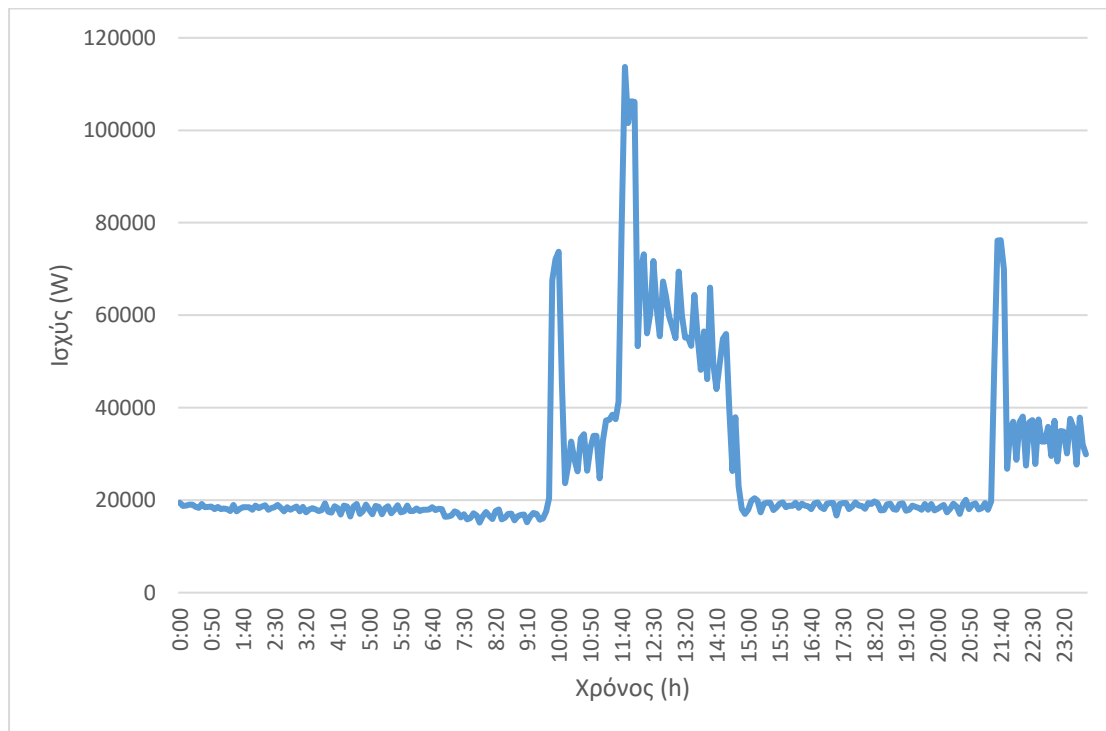


Εικόνα 9.6: Διάγραμμα καταναλισκόμενης ισχύος για μια μέρα μιας τυπικής εβδομάδας καλοκαιριού

### 9.2.2 Παρουσίαση διαγράμματος κατανάλωσης ισχύος για μια τυπική εβδομάδα του φθινοπώρου και της άνοιξης

Δύο από τις ημέρες που κατέγραφε ο αναλυτής ισχύος στον υποσταθμό Μ.Τ. για το φορτίου του καλοκαιριού, επικράτησαν αρκετά χαμηλότερες θερμοκρασιακές συνθήκες. Γίνεται, λοιπόν, η παραδοχή πως οι μέρες αυτές μπορούν προσεγγιστικά να θεωρηθούν τυπικές μέρες άνοιξης και φθινοπώρου, καθώς δε γινόταν χρήση του ψυκτικού φορτίου. Με συλλογή

και επεξεργασία των δεδομένων των δύο αυτών ημερών που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν προσεγγιστικά ως φθινοπωρινές ή ανοιξιάτικες μέρες παρουσιάζεται στην Εικόνα 9.7 το διάγραμμα της καταναλισκόμενης ισχύος μιας τυπικής φθινοπωρινής ή ανοιξιάτικης μέρας. Παρατηρείται πως οι καταναλώσεις για μια τυπική φθινοπωρινή ή ανοιξιάτικη μέρα είναι χαμηλότερες σε κατανάλωση ισχύος συγκριτικά με το καλοκαιρινό και χειμερινό φορτίο.

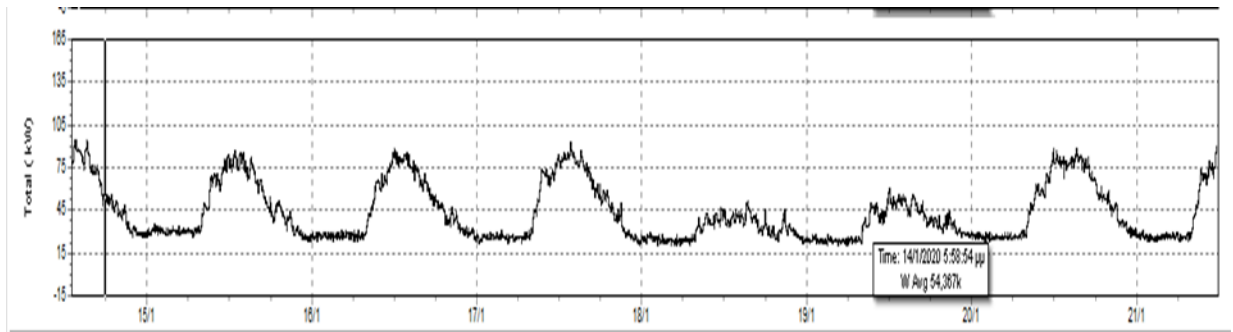


Εικόνα 9.7: Διάγραμμα της καταναλισκόμενης ισχύος για μια τυπική φθινοπωρινή ή ανοιξιάτικη μέρα.

### 9.2.3 Παρουσίαση διαγράμματος κατανάλωσης ισχύος για μια τυπική εβδομάδα του χειμώνα

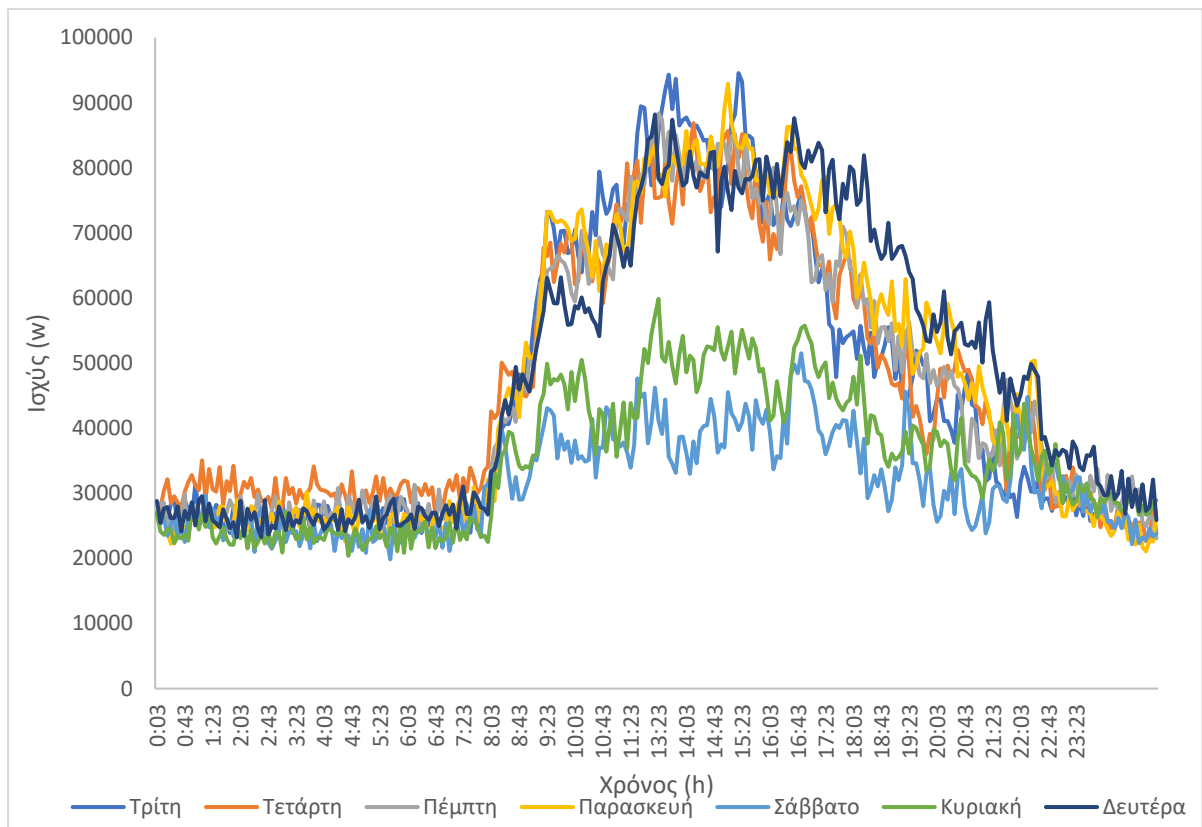
Για το προφίλ της κατανάλωσης του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων διεξήχθησαν μετρήσεις κατά τη χρονική περίοδο 14/01/2020 – 21/01/2020.

Για τη χρονική περίοδο 14/01/2020 – 21/01/2020 το διάγραμμα από το πρόγραμμα powerlog για τις καταναλώσεις ισχύος του χειμερινού φορτίου δίνεται στην Εικόνα 9.8.

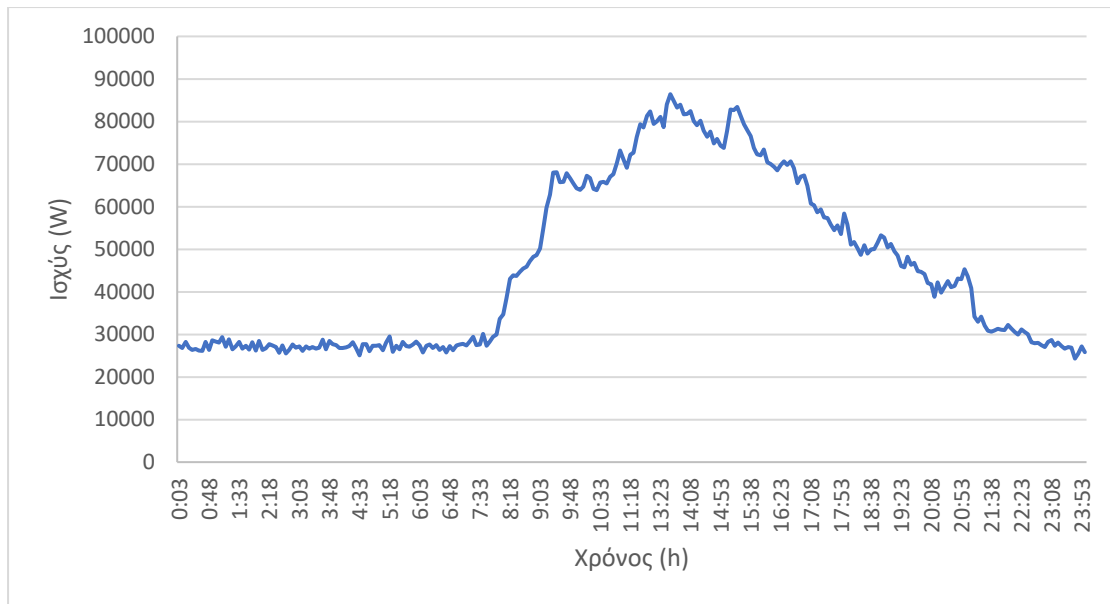


Εικόνα 9.8: Διάγραμμα από το powerlog για τη μέση καταναλισκόμενη ισχύ μιας τυπικής εβδομάδας χειμώνα.

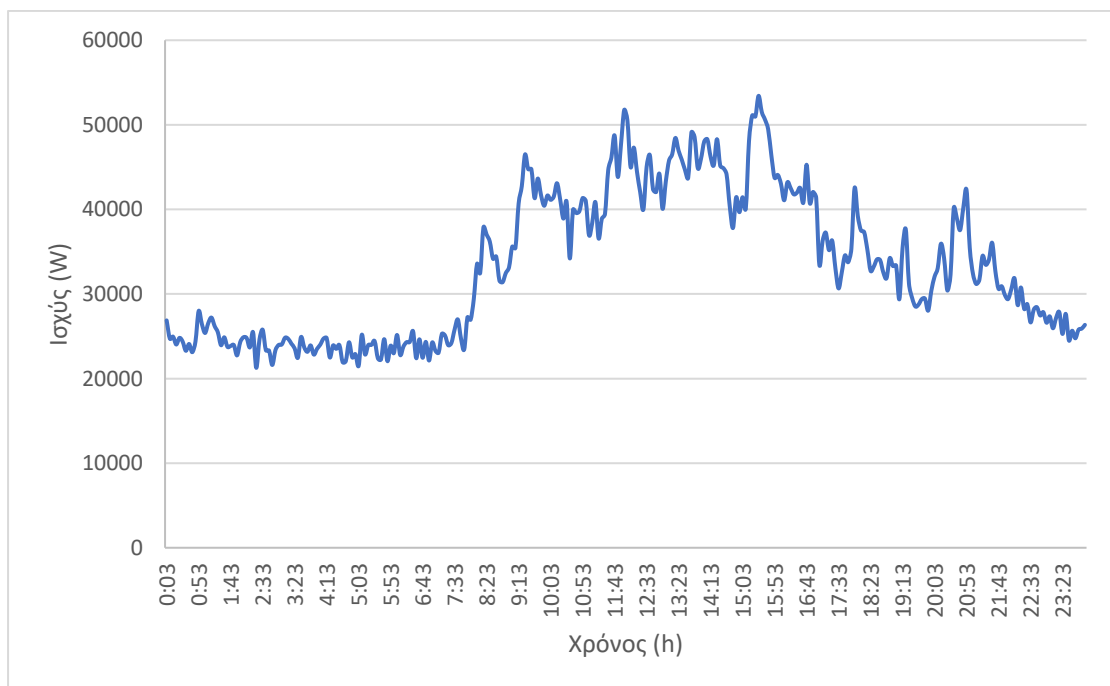
Μέσω των μετρήσεων έγινε εξαγωγή του γραφήματος που περιγράφει τις διακυμάνσεις των ημερήσιων καταναλώσεων ισχύος για μια τυπική εβδομάδα καλοκαιριού και απεικονίζεται στην Εικόνα 9.9.



Εικόνα 9.9: Γράφημα τυπικής χειμερινής εβδομάδας καταναλώσεων.



Εικόνα 9.10: Διάγραμμα της καταναλισκόμενης ισχύος για μια τυπική καθημερινή χειμωνιάτικη ημέρα



Εικόνα 9.11: Διάγραμμα της καταναλισκόμενης ισχύος για μια τυπική χειμωνιάτικη ημέρα σαββατοκύριακου

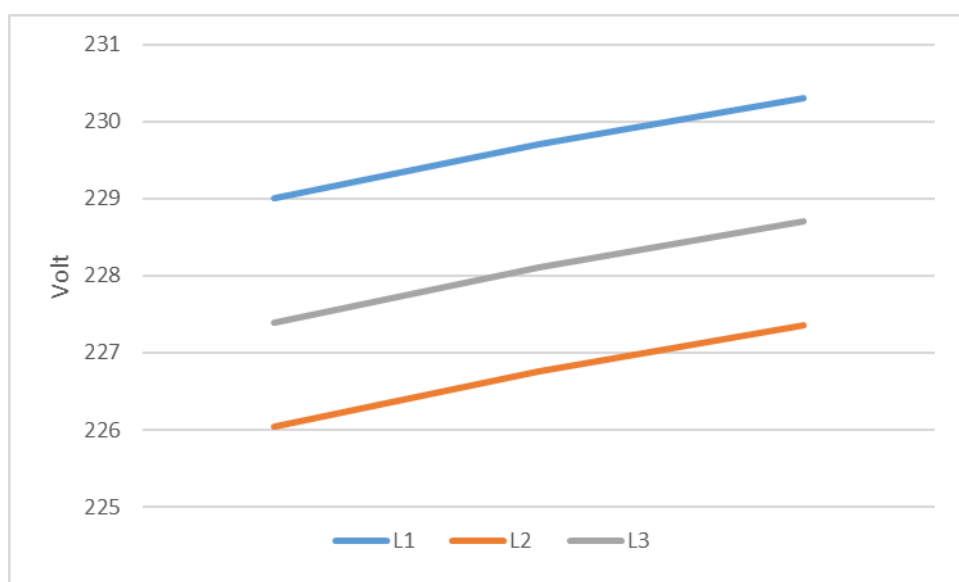
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.10 και στην Εικόνα 9.11, οι μέρες με τις μεγαλύτερες τιμές κατανάλωσης είναι οι καθημερινές που κυμαίνονται στα 25-85kW, ενώ τα σαββατοκύριακα κυμαίνεται στα 20-55 kW. Το φορτίο στις καθημερινές χειμερινές μέρες κυμαίνεται στα 25 kW από τις 11μμ-8π.μ που είναι και οι ώρες ανάπαυσης, ενώ από τις 8πμ παρουσιάζει σταδιακή απότομη αύξηση από 30kW μέχρι τα 65kW στις 9.30πμ. Έπειτα κυμαίνεται στα 65-

85kW από τις 9.30πμ έως τις 5μμ, όποτε σχολάνε τα περισσότερα άτομα που εργάζονται στο άσυλο ανιάτων και δεν υπάρχει πια φυσικό φως για τις εργασίες της καθημερινότητας. Τα επίπεδα κατανάλωσης μειώνονται σταδιακά μέχρι τις 11μμ. Παρόμοια δραστηριότητα υπάρχει και στα φορτία του σαββατοκύριακου με μόνη διαφορά ότι τα επίπεδα κατανάλωσης είναι σε χαμηλότερα από εκείνα των καθημερινών.

Το πλάνο εξοικονόμησης μέσω net metering εγκατάστασης Φ/Β υιοθετεί τη μειωμένη ισχύ που θα καταναλώνεται έπειτα από την αντικατάσταση των φωτιστικών με λαμπτήρες φθορισμού με φωτιστικά υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης LED και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, όπως υπολογίστηκε στην ενότητα 7.2.4.

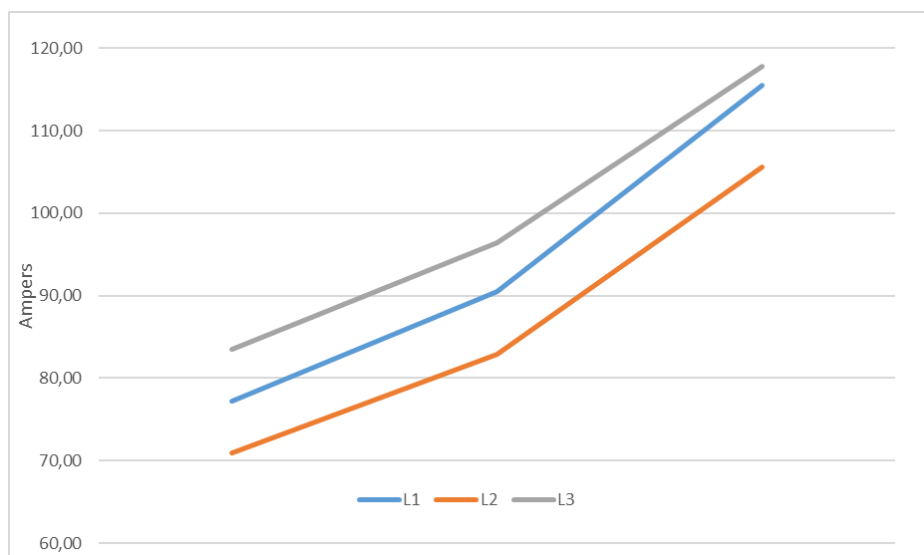
#### 9.2.4 Επιπλέον σχολιασμοί από την επεξεργασία των μετρήσεων κατανάλωσης

Στη γραφική παράσταση της Εικόνα 9.12 παρουσιάζεται η διακύμανση της τάσης των τριών φάσεων L1, L2 και L3.



Εικόνα 9.12: Διακύμανση τάσης των φάσεων όπως μετρήθηκαν από το fluke

Στη γραφική παράσταση της Εικόνα 9.13 παρουσιάζεται η διακύμανση των ρευμάτων των τριών φάσεων L1, L2 και L3.



Εικόνα 9.13: Διακύμανση των ρευμάτων των τριών φάσεων, όπως μετρήθηκαν με το fluke

Ο συντελεστής συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης (THD) ερμηνεύει το ποσοστό ύπαρξης αρμονικών στο δίκτυο, άρα και το ποσοστό που η φέρουσα κυματομορφή είναι διαταραγμένη. Σε περιπτώσεις που οι εγκαταστάσεις έχουν ένα μεγάλο ποσοστό αρμονικών υπάρχει κίνδυνος υπερφόρτισης του ουδέτερου αγωγού και η μείωση της φέρουσας ικανότητας των καλωδίων των φάσεων και του ουδέτερου. Καθώς οι αρμονικές ρεύματος συμβάλλουν στην αύξηση της αέργου ισχύος και συνεπώς την απορρόφηση μεγαλύτερου ποσοστού ρεύματος σε μια δεδομένη τιμή ενεργού ισχύος, οδηγώντας στην επιπρόσθετη αύξηση της θερμοκρασίας των καλωδίων και του φαινομένου Joule [73]. Διαπιστώθηκε, πως το φορτίο στο Άσυλο Ανιάτων δεν έχει ισομοιραστεί στις τρεις φάσεις (ασυμμετρία φορτίου), γεγονός που δημιουργεί μεγάλα ρεύματα στον ουδετερο.

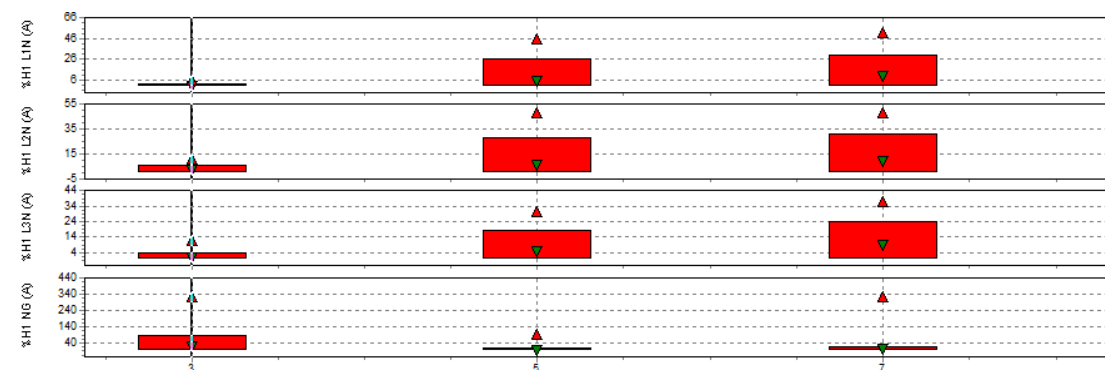
Από τα δεδομένα μέτρησης του αναλυτή ισχύος καταγράφηκε ο συντελεστής παραμόρφωσης για τις τρεις φάσεις, όπως φαίνεται στον Πίνακας 9.1.

Πίνακας 9.1: Μέσος και μέγιστος συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης για τις τρεις φάσεις, όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις του αναλυτή

Φάσεις	THD μέσο(%)	THD max(%)
L1N	2,635	3,96
L2N	2,645	3,62
L3N	2,601	3,4

Σύμφωνα, όμως, με τα πρότυπα (IEE, IEC, EN) η τιμή του συντελεστή συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης για τις φάσεις των τάσεων πρέπει να είναι κάτω από το 5% για τις

περισσότερες εγκαταστάσεις και ειδικά για τις νοσοκομειακές μονάδες πρέπει να είναι κάτω από το 3%, συνθήκη που τηρείται κατά μέσο όρο στο Άσυλο Ανιάτων. Όμως παρατηρείται ότι ο συντελεστής THD λαμβάνει και μέγιστες τιμές μεγαλύτερες από την τιμή 3 που ορίζεται από τα πρότυπα γεγονός που δύναται να προκαλέσει προβλήματα στις εγκαταστάσεις και στην ασφάλεια του εξοπλισμού.



Εικόνα 9.14: Αρμονικές ρεύματος 3<sup>ης</sup>, 5<sup>ης</sup> και 7<sup>ης</sup> τάξης όπως καταγράφηκαν και αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα powerlog

Οι αρμονικές ρεύματος 3<sup>ης</sup>, 5<sup>ης</sup>, 7<sup>ης</sup>, αλλά και 9<sup>ης</sup>, 11<sup>ης</sup> τάξης, όπως καταγράφηκαν από τις μετρήσεις στο Άσυλο Ανιάτων, έχουν μεγάλη τιμή (Εικόνα 9.14). Αυτό μπορεί να συμβαίνει, λόγω σφαλμάτων στο δίκτυο, αλλά ενδεχομένως συμβάλλει σε αυτό και η εγκατάσταση φωτισμού με τους λαμπτήρες φθορισμού που έχουν επαγωγικό συντελεστή ισχύος.

Με δεδομένες τις καταναλώσεις ενέργειας το έτος 2018 που μας δόθηκαν από το Άσυλο Ανιάτων παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα το μηνιαίο ποσό και η συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε τη χρονιά εκείνη (Πίνακας 9.2).

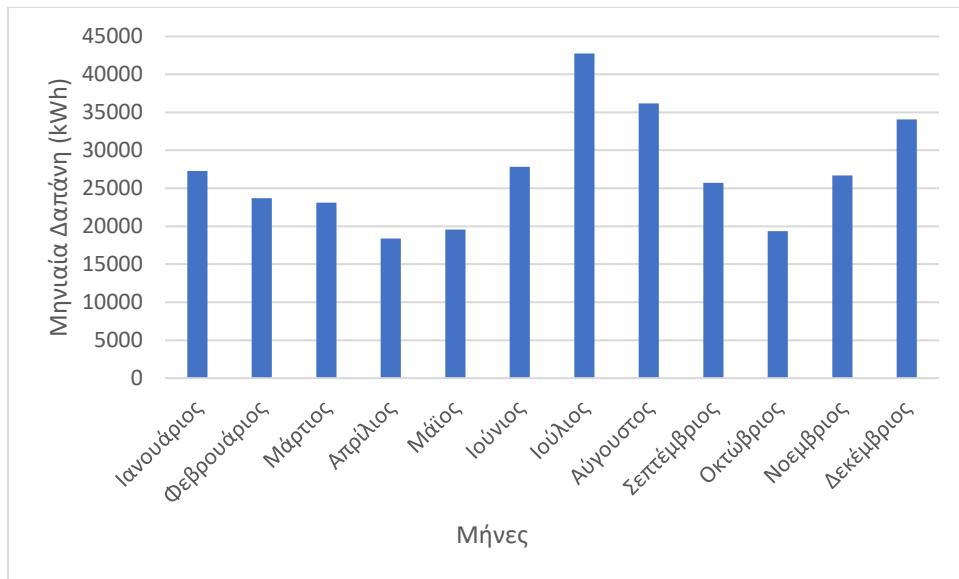


Πίνακας 9.2: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένα από λογαριασμό ΔΕΗ 2018

Μήνας	Κατανάλωση ενεργού ισχύος(kwh)	Κατανάλωση αέργου ισχύος(kWh)
Ιανουάριος	27266,1	5930,21
Φεβρουάριος	23694,68	5033,49
Μάρτιος	23111,04	6025,65
Απρίλιος	18392,55	5894,04
Μάιος	19554,89	5664,18
Ιούνιος	27813,91	5783,87
Ιούλιος	42746,36	6749,03
Αύγουστος	36166,72	6031,49
Σεπτέμβριος	25715,77	5294,94
Οκτώβριος	19363,41	5888,8
Νοέμβριος	26696,19	5773,2
Δεκέμβριος	34068,75	6778,59
ΣΥΝΟΛΟ	324590,37	

Η συνολική κατανάλωση του κτηρίου του Ασύλου Ανιάτων για το έτος 2018 ήταν 324590,37kWh και η συνολική χρέωση της ΔΕΗ για το έτος αυτό ήταν γύρω στα 50.000€ (συνυπολογίζοντας στην αξία ρεύματος και το Φ.Π.Α 13% και χρεώσεις του Δήμου). Παρατηρείται από τον Πίνακα 9.2 ότι η άεργη κατανάλωση είναι σημαντική. Αυτό οφείλεται στην ανεπαρκή αντιστάθμιση και απαιτείται συστοιχία πυκνωτών που θα βελτιώνει το συντελεστή ισχύος και κατά συνέπεια τη συνολική κατανάλωση.

Οι τιμές των μηνιαίων αναγκών σε ενέργεια του Ασύλου Ανιάτων παρουσιάζονται στο ακόλουθο γράφημα της Εικόνα 9.15.



Εικόνα 9.15: Μηνιαία δαπάνη σε kWh κατά τη διάρκεια του έτους 2018 στο Άσυλο Ανιάτων

Παρατηρείται από την Εικόνα 9.15 ότι οι καλοκαιρινοί μήνες μαζί με τους χειμερινούς έχουν τη μεγαλύτερη κατανάλωση σε ενέργεια, ενώ τους μήνες του φθινοπώρου και της άνοιξης υπάρχει χαμηλότερη ζήτηση. Αυτό συμβαίνει επειδή χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές θερμάστρες το χειμώνα και ψυκτικό φορτίο το καλοκαίρι. Οι χειμερινές τυπικές μέρες μπορούν να θεωρηθούν παρόμοιες με τις μέρες φθινοπώρου και άνοιξης σε καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας, στην περίπτωση που δε χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές θερμάστρες στο κτήριο του Ασύλου Ανιάτων. Το χειμερινό φορτίο είναι χαμηλότερο από το καλοκαιρινό, καθώς δεν υπάρχουν καταναλώσεις ψυκτικού φορτίου από τη χρήση κλιματιστικών.

Για τη μελέτη των σεναρίων χρησιμοποιήθηκαν οι καταναλώσεις που προκύπτουν μετά την αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED και αξιοποίησης των επιπέδων φυσικού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού.

Η μεταβολή της ετήσιας κατανάλωσης του κτηρίου σε kWh φαίνεται στον Πίνακα 9.3.

Πίνακας 9.3: Μεταβολή ηλεκτρικών καταναλώσεων μέσω εφαρμογή σεναρίων Α και Β.

Καταστάσεις	Καταναλώσεις (kWh)
Υπάρχουσα	324590,37
Σενάριο Α	315213,68
Σενάριο Α+Β	309586,4

### 9.3 Τρία θεωρητικά σενάρια με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης του κτηρίου με τη χρήση NET-METERING

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τρία θεωρητικά σενάρια εγκατάστασης φ/β συστημάτων για τη μείωση της εξάρτησης της κατανάλωσης ενέργειας του Ασύλου Ανιάτων από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και την χρήση του Net-metering.

Στην πορεία διερεύνησης των τριών θεωρητικών σεναρίων έγινε χρήση του διαδικτυακού προγράμματος PVGIS για την εξαγωγή σημαντικών δεδομένων της παραγωγής μιας ενδεχόμενης εγκατάστασης φ/β στην τοποθεσία που βρίσκεται το Άσυλο Ανιάτων. Έγινε επιλογή φωτοβολταϊκών κρυσταλλικού πυριτίου, εισήχθησαν απώλειες συστήματος της τάξης του 10%, γωνία κλίσης 30° για τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Τα δεδομένα προέκυψαν από τη βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας PVGIS-CMSAF του έτους 2016. Παράδειγμα εισαγωγής των δεδομένων αυτών στο PVGIS φαίνεται στην Εικόνα 9.16.

The image shows the PVGIS web interface for 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV'. On the left, a sidebar lists data types: GRID CONNECTED, TRACKING PV, OFF-GRID (highlighted), MONTHLY DATA, DAILY DATA, HOURLY DATA, and TMY. The main content area has a title bar with a PV icon and a help icon. Below the title bar, there are several input fields and dropdown menus: 'Solar radiation database\*' is set to 'PVGIS-CMSAF'; 'PV technology\*' is set to 'Crystalline silicon'; 'Installed peak PV power [kWp]\*' has a green arrow pointing down; 'System loss [%]\*' is set to '10'; under 'Fixed mounting options', 'Mounting position\*' is set to 'Free-standing'; 'Slope [°]\*' is set to '30'; 'Azimuth [°]\*' has a green arrow pointing down. At the bottom, there are two unchecked checkboxes: 'Optimize slope' and 'Optimize slope and azimuth'.

Εικόνα 9.16: Εισαγωγή δεδομένων στο PVGIS

Τοποθετώντας τα δεδομένα στο διαδικτυακό εργαλείο PVGIS προκύπτει ο Πίνακας 9.4 με την παραγωγή ενέργειας του Φ/β κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Πίνακας 9.4: Παραγωγή φ/β 1KWp με τη χρήση του εργαλείου PVGIS για την περιοχή του Ασύλου

Ανιάτων

Μήνες έτους	Παραγωγή ημέρας σε kWh	Παραγωγή μήνα σε kWh
Ιανουάριος	3,19	98,9
Φεβρουάριος	3,75	105
Μάρτιος	4,90	152
Απρίλιος	5,60	168
Μάιος	5,68	176
Ιούνιος	5,83	175
Ιούλιος	6,10	189
Αύγουστος	6,03	187
Σεπτέμβριος	5,30	159
Οκτώβριος	4,32	134
Νοέμβριος	3,53	106
Δεκέμβριος	2,87	89,1
Μέσος όρος	4,76	144,9
ΣΥΝΟΛΟ		1739

Από τον Πίνακα 9.4 γίνεται αντιληπτό ότι φ/β 1KWp στη θέση που βρίσκεται το Άσυλο Ανιάτων, σύμφωνα με τα κριτήρια που δόθηκαν στο PVGIS, παράγει 1739 kWh.

Οι ακόλουθες πληροφορίες αφορούν στην πλαισίωση της μελέτης για τα σενάρια εγκατάστασης φ/β στο Άσυλο Ανιάτων.

Η έκταση της ταράτσας του κτηρίου της μελέτης είναι περίπου στα 1755τ.μ. Τα πάνελ που συνιστώνται για τη συγκεκριμένη μελέτη είναι της τάξης των 250 Wp και το κάθε πάνελ κοστίζει 230€ περίπου και κάθε πάνελ διαστασιοποιείται στα 1.64 μέτρα μήκος και 0.92 μέτρα πλάτος. Η τιμή της εγκατάστασης ενός φ/β κοστολογείται στα 0,65 €/W σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα. Κατά μέσο όρο 1000W φ/β χρειάζονται 15 τ.μ. χώρο σε ταράτσες, επίσης τα 100KW φ/β συνδεδεμένα σε σειρά αντιστοιχούν συνήθως σε ένα στρέμμα δηλαδή σε 1000 μέτρα.

Σύμφωνα με την Isolargpower, κατά μέσο όρο κάθε φ/β παράγει ενέργεια για πέντε ώρες ημερησίως μέσα σε ένα χρόνο.

Από τους λογαριασμούς της ΔΕΗ για το Άσυλο Ανιάτων του έτους 2018 που μας παραχωρήθηκαν υπολογίσθηκαν οι ρυθμιζόμενες και οι μη ρυθμιζόμενες χρεώσεις.

Η ΔΕΗ κοστολογεί την ενέργεια που ένα φ/β αποθηκεύει στο δίκτυο για μετέπειτα χρήση με τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις, δηλαδή περίπου με 0,03€ ανά kWh.

Η ΔΕΗ κοστολογεί την αγορά ενέργειας από το δίκτυο της για τις ανάγκες κατανάλωσης με 0,073€ ανά kWh.

Υπάρχει διακύμανση στα συνολικά κόστη αγοράς και εγκατάστασης ενός φ/β συστήματος ανά τα χρόνια και μάλιστα παρατηρείται έντονη μείωση των κοστολογήσεων αυτών. Για το συγκεκριμένο χρονικό συγκείμενο (εν έτη 2019) θα χρησιμοποιηθεί ο Πίνακας 9.5 για την κοστολόγηση του φ/β συστήματος, ο οποίος αφορά σε συνολικό κόστος σε €/W για φ/β εγκατάσταση κάτω των 100KWp. Στην περίπτωση εγκατάστασης φ/β πλαισίων μεγαλύτερης συνολικής ισχύος από τα 100 KWp, τότε στο συνολικό κόστος προστίθεται ένα ποσό 25.000€ λόγω επιπλέον εξόδων για τον υποσταθμό μέσης τάσης [76]

Πίνακας 9.5: Πίνακας κοστολόγησης του φ/β συστήματος

Απαραίτητα στοιχεία για την εγκατάσταση ενός φ/β συστήματος	Κόστος σε €/W για φ/β<100KWp
Φ/β πλαίσια	0,23
Αντιστροφείς	0,1
Βάσεις στήριξης πλαισίων	0,05
Καλώδια(AC, DC, πίνακας) και σύνδεση	0,12
Κέρδος κατασκευαστή	0,08
Εργατικά	0,07
<b>Σύνολο</b>	<b>0,65</b>

9.3.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup>: Μελέτη για την εγκατάσταση Φ/β συστήματος που καλύπτει το σύνολο των αναγκών του κτηρίου

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς ο ετήσιος αριθμός των κιλοβατώραν που δεσμεύονται από το δίκτυο της ΔΕΗ για τη λειτουργία του κτηρίου αντιστοιχεί περίπου σε 324.590kWh. Θα γίνει χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ των 250 Wp, με τα στοιχεία που δόθηκαν παραπάνω για τις διαστάσεις και τα κόστη τους. Θα προτιμήσουμε για τα φ/β να βρίσκονται σε συνδεσμολογία εν σειρά, καθώς παράγεται έτσι μεγαλύτερη τάση. Οι υπολογισμοί της μελέτης λαμβάνουν ως ετήσια ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου την τιμή

309.586kWh που αφορά στη μειωμένη ετήσια ενέργεια μετά την εφαρμογή των Σεναρίων Α και Β της μελέτης φωτισμού στο κτήριο.

Σύμφωνα με το διαδικτυακό εργαλείο PVGIS, ένα πάνελ 1kWp παράγει 1739 kWh (στην τοποθεσία που βρίσκεται το Άσυλο Ανιάτων), άρα ένα πάνελ 250Wp παράγει περίπου 435kWh. Επομένως, για ετήσια παραγωγή γύρω στα 309.586 kWh (που αφορά στη νέα ετήσια ισχύ με εφαρμογή των Σεναρίων Α και Β της μελέτης φωτισμού) θα γίνει χρήση περίπου 178kW φ/β συστήματος. Εφαρμόζοντας το σενάριο αυτό, με την εγκατάσταση αυτή θα είναι δυνατό μέχρι και το 100% της ενέργειας που καταναλώνεται. Η εισαγωγή των δεδομένων στο εργαλείο PVGIS, καθώς και ορισμένα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στην Εικόνα 9.17.

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	38.005, 23.737
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-CMSAF
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	178
System loss [%]:	10

Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	30
Azimuth angle [°]:	0
Yearly PV energy production [kWh]:	309716.86
Yearly in-plane irradiation [kWh/m <sup>2</sup> ]:	2119.38
Year to year variability [kWh]:	7535.49
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.67
Spectral effects [%]:	0.45
Temperature and low irradiance [%]:	-6.69
Total loss [%]:	-17.9

Εικόνα 9.17: Ενδεικτικά δεδομένα εισαγωγής και αποτελέσματα προσομοίωσης στο PVGIS για 178kWp

Βάζοντας την τιμή του θεωρητικού εγκατεστημένου φ/β συστήματος στο PVGIS προκύπτει η πραγματική παραγωγή των 178kW φ/β πλαισίων, όπως φαίνεται στον Πίνακας 9.6.

Πίνακας 9.6: Πραγματική παραγωγή των 178kW φ/β πλαισίων (υπολογισμοί μέσω PVGIS)

Μήνες έτους	Παραγωγή ημέρας σε kWh	Παραγωγή μήνα σε kWh
Ιανουάριος	567,6	17597
Φεβρουάριος	668,5	18717
Μάρτιος	871,1	27003
Απρίλιος	998,1	29943
Μάιος	1009,5	31295
Ιούνιος	1035,5	31066
Ιούλιος	1087,8	33722
Αύγουστος	1074,6	33312
Σεπτέμβριος	945,1	28354
Οκτώβριος	771,2	23907
Νοέμβριος	631,1	18932
Δεκέμβριος	511,7	15864
Μέσος όρος	847,65	25809
ΣΥΝΟΛΟ		309712

Μέσω του εργαλείου PVGIS παρατηρούμε ότι η ετήσια παραγωγή προκύπτει ίση με 309.712kWh, τιμή ελάχιστα μεγαλύτερη από τη συνολική ενέργεια που υπολογίστηκε παραπάνω, γεγονός που οφείλεται σε μια μικρή στρογγυλοποίηση στο στην εγκατεστημένη ισχύ του φ/β συστήματος για τη διευκόλυνση των πράξεων. Επομένως, ανά έτος θα παράγονται γύρω στις 309.712kWh ενέργειας από 178 kWp φ/β εγκατάστασης.

#### 9.3.1.1 Κόστος σύνδεσης

Σύμφωνα με τον πίνακα κοστολόγησης της συνολικής εγκατάστασης του φ/β συστήματος υπολογίζεται εύκολα ένα ενδεικτικό κόστος της συνολικής εγκατάστασης. Επομένως, με έναν απλό πολλαπλασιασμό του τελικού συντελεστή του πίνακα κοστολόγησης με τα 178kW φ/β εγκατάστασης προκύπτει το συνολικό κόστος των 115.700€, ενώ λόγω του μεγέθους της εγκατάστασης που υπερβαίνει τα 100kW συνυπολογίζεται το ποσό των 25.000€ για έξοδα του υποσταθμού μέσης τάσης. Έτσι, το συνολικό κόστος της εγκατάστασης ισούται με 140.700€. Επομένως, το μοναδιαίο κόστος έργου για την εγκατάσταση αυτή ισούται με 0,79€/kW. Από δεδομένα του λογαριασμού κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος του 2018 που μας δόθηκαν από τη διοίκηση του Ασύλου Ανιάτων γνωρίζουμε ότι ετησίως το συνολικό κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος προσαυξημένο με το ΦΠΑ (χωρίς το συνυπολογισμό των

δημοτικών χρεώσεων) είναι περίπου 50.000€, οπότε μια επένδυση μεγέθους 115.700€ θα μπορούσε να γίνει πραγματικότητα.

Θα μελετήσουμε εάν υπάρχει επάρκεια χώρου για να εφαρμοστεί η εγκατάσταση αυτή στην ταράτσα του κτηρίου του Ασύλου Ανιάτων. Η ταράτσα του Ασύλου Ανιάτων με γεωμετρία σχήματος Π έχει διαθέσιμη συνολική έκταση περίπου 1500τ.μ. Ο αριθμός των φ/β πάνελ που χρειάζονται για την εγκατάσταση 178kW εγκατεστημένου φ/β συστήματος ισούται με 712 φ/β πλαίσια, καθώς κάθε πάνελ θα έχει ισχύ 250Wr. Επίσης, αφού για κάθε 1kW φ/β σε σειρά χρειάζονται περίπου 15 τ.μ., τότε για 178kW φ/β απαιτούνται κατά μέσο όρο 2670 τ.μ. χώρου, το οποίο δεν είναι εφικτό καθώς είναι έκταση κατά πολύ μεγαλύτερη από την υπάρχουσα. Αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί μέσω net-metering εξ αποστάσεως σε κάποια ιδιόκτητη έκταση του Ασύλου Ανιάτων.

#### 9.3.1.2 Χρόνος απόσβεσης

Κατ' αρχάς, θα γίνει υπολογισμός του ποσού ενέργειας που επιστρέφει το φ/β καθημερινά, μηνιαία και ετήσια στο δίκτυο της ΔΕΗ με χρήση των δεδομένων από το Fluke και του εργαλείου PVGIS. Με τη χρήση της ωριαίας κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας για κάθε μήνα, υπολογίσαμε τα ποσά των ημερησίων αναγκών σε ενέργεια και τα ποσά που καλύπτονται από τα φ/β. Για κάθε ώρα έγιναν υπολογισμοί που δείχνουν τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονταν άμεσα από τα φ/β ή αποθηκεύονταν στο δίκτυο. Μέσα σε ένα αρχείο Excel βάλαμε όλες τις ημερήσιες μετρήσεις σε μορφή πινάκων και για κάθε ώρα αφαιρούσαμε την παραγόμενη ενέργεια από την καταναλισκόμενη. Όταν το ποσό διαφοράς ενέργειας είχε θετική τιμή, τότε δεν επιστρεφόταν ενέργεια στο δίκτυο και υπήρχε άμεση κατανάλωση ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ. Το άθροισμα των θετικών ποσών ενέργειας συμβολίζεται με την παράμετρο Y1' (παράμετρος ημερήσιας ανάγκης από το δίκτυο της ΔΕΗ). Όταν το ποσό της διαφοράς ενέργειας είχε αρνητική τιμή, τότε η παραγωγή από τα Φ/Β ήταν μεγαλύτερη από την κατανάλωση ενέργειας την ώρα εκείνη, οπότε το επιπλέον ποσό ενέργειας επιστρεφόταν στο δίκτυο για αποθήκευση. Το άθροισμα των αρνητικών ποσών ενέργειας (ενέργεια που επιστρέφεται στο δίκτυο για μετέπειτα χρήση) συμβολίζεται με την παράμετρο Y2' (παράμετρος ημερήσιας αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ).

Η ολική κατανάλωση του κτηρίου μέσα σε ένα έτος είναι γνωστή και ισούται με:

$$K=309.586\text{kWh}$$

Η παράμετρος ετήσιας αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ ισούται με:

$$Y2=160.628\text{ kWh}$$



Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης από το δίκτυο της ΔΕΗ ισούται με:

$$Y1=162.138,4 \text{ kWh}$$

Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης ενέργειας από το Φ/Β όταν η κατανάλωση είναι πολύ μεγάλη ισούται με :  $\Phi/B = K-Y1=147.447,6 \text{ kWh}$ .

Η ετήσια αποθηκευμένη ενέργεια  $Y2$  υπόκειται σε ρυθμιζόμενες χρεώσεις από τη ΔΕΗ, καθώς γίνεται χρήση του δικτύου της ΔΕΗ, άρα το ετήσιο ποσό σε € λόγω της  $Y2$  είναι:  
 $Y2(\text{€})= Y2 * 0,03 =160.628*0,03 = 4818,84\text{€}$ .

Ο συντελεστής 0,103 περιλαμβάνει τις ρυθμιζόμενες(0,03€/kWh) και τις μη ρυθμιζόμενες χρεώσεις (0,073 €/kWh).

Το κόστος της τελικής ετήσιας κατανάλωσης σε € είναι:

$$K' (\text{€}) = (K-Y2-\Phi/B)*(0,03+0,073) = 1510,4*0,103 = 155,57 \text{ €}$$

Η παράμετρος ενεργειακού κόστους (A) ισούται με το άθροισμα του ετήσιου ποσού σε € λόγω της αποθηκευμένης ενέργειας  $Y2$  και του κόστους σε € της τελικής κατανάλωσης.

$$A = (K' \text{ σε €}) + (Y2 \text{ σε €}) = 155,57 + 4818,84= 4974,41\text{€}.$$

Το παλιό ολικό κόστος χωρίς τη χρήση Φ/Β είναι:  $X = K*0,103 = 31.887,36 \text{ €}$ .

Το παλιό κόστος αφορά στο κατά προσέγγιση κόστος της αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος χωρίς το Φ.Π.Α και τις χρεώσεις του δήμου.

Υπενθυμίζουμε ότι ως κατανάλωση επιλέχθηκε η αναμενόμενη τιμή μετά την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας για το φωτισμό των πτερύγων των ατόμων που διαμένουν στο Άσυλο Ανιάτων, ενώ για τις καταναλώσεις όπως μετρήθηκαν με το fluke έγινε μια αντίστοιχη μείωση της καταναλισκόμενης ισχύς σύμφωνα με ένα συντελεστή για το συνυπολογισμό της μείωσης κατανάλωσης των φωτιστικών.

Τα συγκεντρωτικά στοιχεία για το σενάριο αυτό, αλλά και ο χρόνος απόσβεσης της πρότασης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακας 9.7.

Πίνακας 9.7: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τον υπολογισμό της απόσβεσης του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου εγκατάστασης Φ/Β

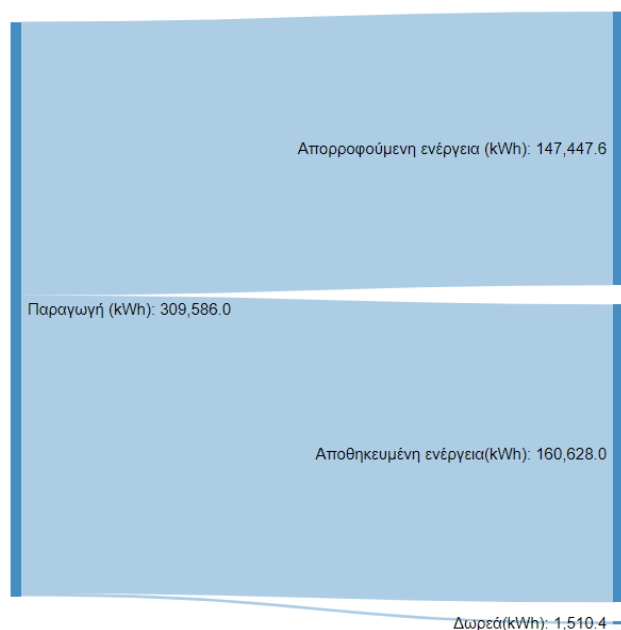
Μοναδιαίο κόστος έργου	0,79	€/kW
Κόστος έργου	140700	€
Αρχική ετήσια κατανάλωση (Κ)	309.586	kWh
Κόστος ετήσιας αποθηκευμένης ενέργεια στη ΔΕΗ (Υ2 σε €)	4819	€
Τελική ετήσια κατανάλωση του κτηρίου μαζί με τη χρήση Φ/Β (Κ')	1510,4	kWh
Κόστος τελικής ετήσιας κατανάλωσης σε €	115,57	€
Ενεργειακό κόστος (Α) σε €	4974,41	€
Παλαιό ολικό κόστος χωρίς τη χρήση Φ/Β (Χ)	31887,36	€
Απόσβεση σε έτη	5,23	έτη

Για τους υπολογισμούς επιλέχθηκε μια ενδεικτική χειμερινή, ανοιξιάτικη, καλοκαιρινή και φθινοπωρινή μέρα από το PVGIS και μετά με ωριαία διαφορά παραγωγής κατανάλωσης, υπολογίστηκε η μηνιαία με αναγωγή πολλαπλασιάζοντας επί τις μέρες του εκάστοτε μήνα και μετά το συνολικό άθροισμα για ένα έτος.

### 9.3.1.3 Σχολιασμός της διαστασιολόγησης και αποδοτικότητας του σεναρίου

Η επένδυση για το 1<sup>ο</sup> σενάριο έχει πολύ μεγάλο αρχικό κόστος προκειμένου να παράγονται ετησίως 309.586 kWh για την κάλυψη του συνόλου των ενεργειακών αναγκών του Ασύλου Ανιάτων. Από τις 309.586 kWh, μόνο οι 147.447,6 kWh είναι άμεσα ωφέλιμες και καταναλώνονται άμεσα. Το υψηλό ποσό της ετήσιας αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο (Υ2 = 160.628 kWh) επιφέρει χρεώσεις στον καταναλωτή προκειμένου να το χρησιμοποιήσει. Ετησίως προκύπτει μια διαφορά περίσσειας ενέργειας που δωρίζεται στο δίκτυο, αφού δε χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών ούτε άμεσα ούτε σε δεύτερο χρόνο από την αποθηκευμένη ενέργεια. Το πλεονάζον ποσό (Π) ισούται με  $\Pi = K - \Phi / \beta - \Upsilon 2 = 1.510,4 \text{ kWh}$ . Το σενάριο αυτό αποτελεί σενάριο υπερδιαστασιολόγησης, κατά το οποίο η αποθηκευμένη ενέργεια εισάγει το παράγοντα του κόστους λόγω της χρήσης του δικτύου της ΔΕΗ. Παρακάτω θα μελετήσουμε εναλλακτικά σενάρια εγκατάστασης Φ/Β με την τεχνολογία net metering.

Η απεικόνιση του διαμοιρασμού της ενέργειας που παράγεται ανά έτος από τα Φ/Β απεικονίζεται στο διάγραμμα Sankey της Εικόνα 9.18.



Εικόνα 9.18: Διάγραμμα Sankey του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου

### 9.3.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> : Μελέτη για την εγκατάσταση Φ/Β χωρίς επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο

Στο δεύτερο σενάριο γίνεται μελέτη μιας εγκατάστασης Φ/Β με net metering, όπου κατά τη διάρκεια κάθε εβδομάδας του έτους δε θα παράγεται περισσότερη ενέργεια από τα επίπεδα κατανάλωσης, δηλαδή δε θα υπάρχει καθόλου επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ. Με το 2<sup>ο</sup> σενάριο θα επιτυγχάνεται μια κάλυψη ορισμένων βασικών αναγκών σε ενέργεια σύμφωνα με τα δεδομένα των τυπικών εβδομάδων χειμώνα και καλοκαιριού. Σε μια τυπική εβδομάδα του χειμώνα και καλοκαιριού, οι μέρες του σαββατοκύριακου έχουν λιγότερες καταναλώσεις από τις καθημερινές, καθώς εργάζονται λιγότερα άτομα τις μέρες αυτές στο συγκρότημα του Ασύλου Ανιάτων.

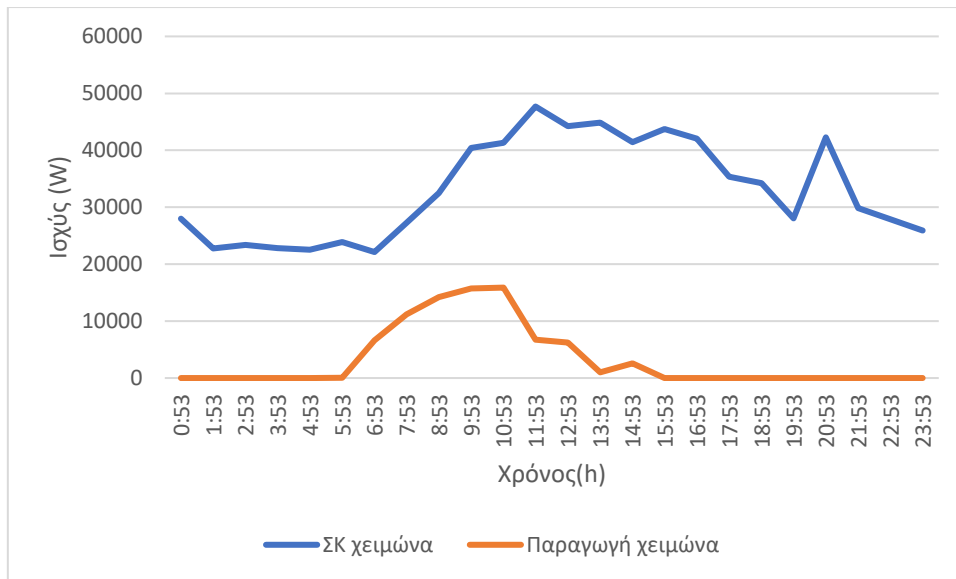
Η ελάχιστη τιμή φορτίου που καταγράφεται για τα σαββατοκύριακα του χειμώνα κυμαίνεται στα 21-25 kW/h, ενώ για τα σαββατοκύριακα του καλοκαιριού κυμαίνεται στα 16-20 kW/h. Θα μελετήσουμε την εγκατάσταση ενός συστήματος 20 kWp με το οποίο θα δε θα παράγεται περισσότερη ενέργεια από την αναγκαία για τις καθημερινές του χειμώνα και του καλοκαιριού, όμως θα καλύπτει ένα μεγάλο ποσοστό του φορτίου των σαββατοκύριακων ετησίως.

Πίνακας 9.8: Πραγματική παραγωγή των 20kWp φ/β πλαισίων στο Άσυλο Ανιάτων (υπολογισμοί μέσω PVGIS)

Μήνες έτους	Παραγωγή ημέρας σε kWh	Παραγωγή μήνα σε kWh
Ιανουάριος	63,8	1977
Φεβρουάριος	75,1	2103
Μάρτιος	97,9	3034
Απρίλιος	112,1	3364
Μάιος	113,4	3516
Ιούνιος	116,3	3490
Ιούλιος	122,2	3789
Αύγουστος	120,7	3743
Σεπτέμβριος	106,2	3186
Οκτώβριος	86,6	2686
Νοέμβριος	70,9	2127
Δεκέμβριος	57,5	1783
Μέσος όρος	95,2	2900
ΣΥΝΟΛΟ		34798

Από τον Πίνακα 9.8 προκύπτει πως η ετήσια παραγωγή των 20kWp Φ/β στο Άσυλο Ανιάτων θα είναι περίπου στα 34.798kWh, το οποίο είναι σχεδόν κατά 9 φορές μικρότερο από τη συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας μετά την εφαρμογή των σχεδίων εξοικονόμησης ενέργειας με αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στα παρακάτω διαγράμματα της Εικόνα 9.19 και της Εικόνα 9.20 παρατηρούμε πως για μια τυπική μέρα σαββατοκύριακου χειμώνα και καλοκαιριού αντίστοιχα η παραγωγή ισχύος από τα φωτοβολταϊκά δεν υπερβαίνει τις ελάχιστες καταναλώσεις φορτίου. Οι αποκλίσεις στα επίπεδα παραγωγής ισχύος από τα φωτοβολταϊκά για τις εποχές του χειμώνα και του καλοκαιριού οφείλονται στη διαφορά των επιπέδων ηλιοφάνειας που επηρεάζει την παραγωγή ισχύος.



Εικόνα 9.19: Απόδοση της εγκατάστασης 20kWp φ/β συγκριτικά με το φορτίο των σαββατοκύριακων για το χειμώνα.



Εικόνα 9.20: Απόδοση της εγκατάστασης 20kWp φ/β συγκριτικά με το φορτίο των σαββατοκύριακων για το καλοκαίρι.

Αποδεικνύεται πως η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση των 20kWp δεν επιστρέφει ενέργεια στο δίκτυο της ΔΕΗ.

### 9.3.2.1 Κόστος σύνδεσης

Σύμφωνα με τον πίνακα κοστολόγησης της συνολικής εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος υπολογίζεται το ενδεικτικό κόστος για την εγκατάσταση του 2<sup>ου</sup> σεναρίου. Επομένως, με έναν απλό πολλαπλασιασμό του τελικού συντελεστή 0,65 €/W από τον πίνακα κοστολόγησης με τα 20kW προκύπτει ένα συνολικό κόστος ίσο με 13.000€.

Ο αριθμός των Φ/Β πάνελ που χρειάζονται για την παραγωγή 20kWp ισούται με 80 φ/β πάνελ, καθώς κάθε πάνελ έχει ισχύ 250Wr. Επίσης, αφού για κάθε 1kW φωτοβολταϊκών πάνελ σε σειρά χρειάζονται περίπου 15τ.μ.. τότε για τα 20kW φ/β απαιτούνται κατά μέσο όρο 300τ.μ. χώρου. Η ταράτσα του Ασύλου Ανιάτων με γεωμετρία σχήματος Π έχει διαθέσιμη συνολική έκταση περίπου 1500τ.μ, οπότε τα φ/β ισχύος 20kW είναι εφικτό να εγκατασταθούν στην ταράτσα του κτηρίου αυτού.

#### 9.3.2.2 Χρόνος απόσβεσης

Εφόσον το 2<sup>ο</sup> σενάριο σχεδιάστηκε ώστε να μη γίνεται επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ για μετέπειτα χρήση, οι παράμετροι Y2 και Y2' θα είναι μηδενικές.

Δηλαδή, Y2'(παράμετρος ημερήσιας αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ) = 0, επομένως και Y2(παράμετρος ετήσιας αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ) = 0.

Η παράμετρος ολικής κατανάλωσης κτηρίου μέσα στο έτος είναι : K = 309.586 kWh.

Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ είναι : Y1 = 287.491 kWh.

Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης ενέργειας από το Φ/Β είναι: Φ/Β = 35.480.9 kWh.

Το κόστος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε € είναι:

$$K' (\text{€}) = (K - Y2 - \Phi/B) * (0,03 + 0,073) = 274.105,1 * 0,103 = 28.232,8 \text{ €}.$$

Η παράμετρος ενεργειακού κόστους για το 2<sup>ο</sup> σενάριο προκύπτει ίση με: A = K' σε € = 28.232,8 €.

Το παλιό ολικό κόστος χωρίς τη χρήση Φ/Β είναι : X=31.887,36€.

Υπενθυμίζουμε ότι ως κατανάλωση επιλέχθηκε η αναμενόμενη τιμή μετά την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας για το φωτισμό των πτερύγων των ατόμων που διαμένουν στο Άσυλο Ανιάτων, ενώ για τις καταναλώσεις όπως μετρήθηκαν με το fluke έγινε μια αντίστοιχη μείωση της καταναλισκόμενης ισχύς σύμφωνα με ένα συντελεστή για το συνυπολογισμό της μείωσης κατανάλωσης των φωτιστικών.

Τα συγκεντρωτικά στοιχεία για το 2<sup>ο</sup> Σενάριο, αλλά και ο χρόνος απόσβεσης της πρότασης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.9.

Πίνακας 9.9: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τον υπολογισμό της απόσβεσης του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου εγκατάστασης Φ/Β

Μοναδιαίο κόστος έργου	0,65	€/kW
Κόστος έργου	13.000	€
Αρχική ετήσια κατανάλωση (Κ)	309.586	kWh
Κόστος ετήσιας αποθηκευμένης ενέργεια στη ΔΕΗ (Υ2 σε €)	0	€
Τελική ετήσια κατανάλωση του κτηρίου μαζί με τη χρήση Φ/Β (Κ')	274.105	1
Κόστος τελικής ετήσιας κατανάλωσης σε €	28.232,80	€
Ενεργειακό κόστος (Α) σε €	28.232,80	€
Παλαιό ολικό κόστος χωρίς τη χρήση Φ/Β (Χ)	31.887,36	€
Απόσβεση σε έτη	3,56	έτη

Για τους υπολογισμούς έγινε αναγωγή των υπολογισμών από τα δεδομένα μιας ενδεικτικής μέρας κάθε εποχής από το PVGIS.

### 9.3.2.3 Σχολιασμός της διαστασιολόγησης και αποδοτικότητας του σεναρίου

Η επένδυση για το 2<sup>ο</sup> σενάριο έχει μικρό αρχικό κόστος επένδυσης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών με χρήση net metering χωρίς την επιστροφή ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ. Το σενάριο αυτό έχει ταχύτερη απόσβεση από το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Πέρα από το χαμηλό αρχικό κόστος για την επένδυση και το ρυθμό απόσβεσης, το 2<sup>ο</sup> σενάριο μπορεί να εφαρμοστεί στον υπάρχον χώρο του κτηρίου και υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης επιπλέον φωτοβολταϊκών για περαιτέρω κάλυψη αναγκών σε ενέργεια. Επομένως, το 2<sup>ο</sup> σενάριο αποτελεί μια καλή επένδυση που τα οφέλη της θα είναι άμεσα ορατά.

### 9.3.3 Σενάριο 3<sup>ο</sup> : Υπολογισμός του Φ/Β συστήματος ανάλογα με τα δεδομένα του χώρου του κτηρίου του Ασύλου Ανιάτων

Η ταράτσα του κτηρίου όπου στεγάζεται η μονάδα φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων έχει συνολική διαθέσιμη έκταση περίπου ίση με 1500τ.μ. Εφόσον για κάθε 1 kW φωτοβολταϊκών πάνελ σε σειρά χρειάζονται περίπου 15τ.μ., τότε στα 1500τ.μ μπορούν να εγκατασταθούν περίπου 100kW φωτοβολταϊκών πάνελ. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του συγκροτήματος του Ασύλου Ανιάτων είναι 309.586kWh, ενώ μέσα από το εργαλείο PVGIS θα

υπολογίσουμε το ποσό της ετήσιας παραγωγής μιας εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στο κτήριο της μελέτης.

Πίνακας 9.10: Πραγματική παραγωγή των 100kWp φ/β πλαισίων στο Άσυλο Ανιάτων (υπολογισμοί μέσω PVGIS)

Μήνες έτους	Παραγωγή ημέρας σε kWh	Παραγωγή μήνα σε kWh
Ιανουάριος	318,9	9886
Φεβρουάριος	375,5	10515,26
Μάρτιος	489,4	15170,69
Απρίλιος	560,7	16821,86
Μάιος	567,1	17581,58
Ιούνιος	581,8	17453,35
Ιούλιος	611,1	18945,36
Αύγουστος	603,7	18714,75
Σεπτέμβριος	531,0	15929,3
Οκτώβριος	433,3	13430,87
Νοέμβριος	354,5	10636,27
Δεκέμβριος	287,5	8912,3
Μέσος όρος	476,2	14500
ΣΥΝΟΛΟ		173998

Από τον Πίνακα 9.10 προκύπτει πως η ετήσια παραγωγή των 100 Φ/β στο Άσυλο Ανιάτων θα είναι περίπου στα 173.998kWh.

#### 9.3.3.1 Κόστος σύνδεσης

Σύμφωνα με τον πίνακα κοστολόγησης της συνολικής εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος υπολογίζεται το ενδεικτικό κόστος για την εγκατάσταση του 3<sup>ου</sup> σεναρίου. Επομένως, με έναν απλό πολλαπλασιασμό του τελικού συντελεστή 0,65 €/W από τον πίνακα κοστολόγησης με τα 20kW προκύπτει ένα συνολικό κόστος ίσο με 65.000€.

Ο αριθμός των Φ/Β πάνελ που χρειάζονται για την παραγωγή 100kWp ισούται με 400 φ/β πάνελ, καθώς κάθε πάνελ έχει ισχύ 250Wr. Επίσης, αφού για κάθε 1kW φωτοβολταϊκών πάνελ σε σειρά χρειάζονται περίπου 15τ.μ.. τότε για τα 100kW φ/β απαιτούνται κατά μέσο όρο 1500τ.μ. χώρου. Η ταράτσα του Ασύλου Ανιάτων με γεωμετρία σχήματος Π έχει



διαθέσιμη συνολική έκταση περίπου 1500τ.μ, οπότε τα φ/β ισχύος 100kW είναι εφικτό να εγκατασταθεί στην ταράτσα του κτηρίου αυτού.

### 9.3.3.2 Χρόνος απόσβεσης

Η πορεία των αριθμητικών υπολογισμών έγινε ακολουθώντας τη μέθοδο που ακολουθήθηκε στην ενότητα 9.3.1.2.

Η ολική κατανάλωση είναι  $K=309.586\text{kWh}$ .

Η παράμετρος ετήσιας αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ ισούται με:

$$Y_2 = 46.042,3\text{kWh}$$

Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης από το δίκτυο της ΔΕΗ ισούται με:

$$Y_1 = 256.483,9\text{kWh}$$

Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης ενέργειας από το Φ/Β όταν η κατανάλωση είναι πολύ μεγάλη ισούται με :  $\Phi/B = 173998 - Y_2 = 127.955,7\text{kWh}$ .

Η παράμετρος ετήσιας ανάγκης ενέργειας από τα Φ/Β προκύπτει αφαιρώντας από την ιδανική παραγωγή το ποσό της ετήσιας αποθηκευμένης ενέργειας.

Η ετήσια αποθηκευμένη ενέργεια  $Y_2$  υπόκειται σε μη ρυθμιζόμενες χρεώσεις από τη ΔΕΗ, καθώς γίνεται χρήση του δικτύου της ΔΕΗ, άρα το ετήσιο ποσό σε € λόγω της  $Y_2$  είναι:  
 $Y_2(\text{€}) = Y_2 * 0,06 = 46.042,3 * 0,03 = 1.381,3\text{€}$ .

Ο συντελεστής 0,103 περιλαμβάνει τις ρυθμιζόμενες (0,03€/kWh) και τις μη ρυθμιζόμενες χρεώσεις (0,073 €/kWh).

Το κόστος της τελικής ετήσιας κατανάλωσης σε € είναι:

$$K' (\text{€}) = (K - Y_2 - \Phi/B) * (0,03 + 0,073) = 135.588 * 0,103 = 13965,6\text{€}$$

Η παράμετρος ενεργειακού κόστους (A) ισούται με το άθροισμα του ετήσιου ποσού σε € λόγω της αποθηκευμένης ενέργειας  $Y_2$  και του κόστους σε € της τελικής κατανάλωσης.

$$A = (K' \text{ σε €}) + (Y_2 \text{ σε €}) = 13965,6 + 1.381,3 = 15.346,9 \text{ €}.$$

Το παλαιό ολικό κόστος χωρίς τη χρήση Φ/Β είναι:  $X = K * 0,103 = 31.887,36 \text{ €}$ .

Τα συγκεντρωτικά στοιχεία για το σενάριο αυτό, αλλά και ο χρόνος απόσβεσης της πρότασης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.11.

Πίνακας 9.11: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τον υπολογισμό της απόσβεσης του 3<sup>ου</sup> Σεναρίου εγκατάστασης Φ/Β

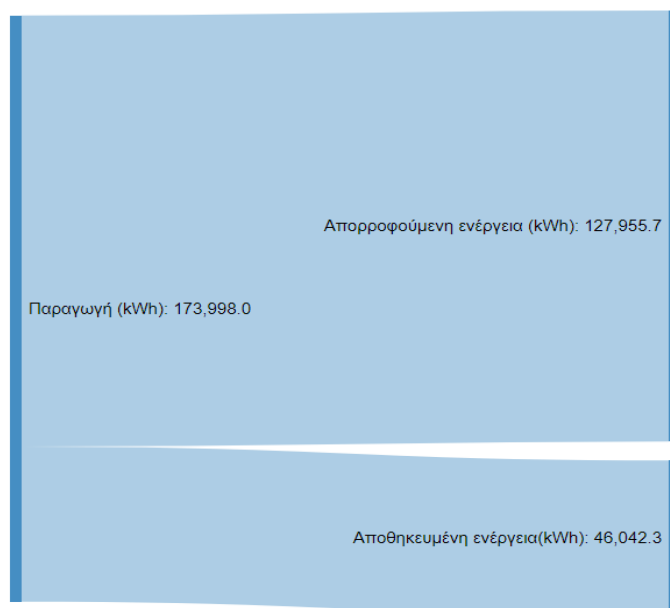
Μοναδιαίο κόστος έργου	0,65	€/kW
Κόστος έργου	65000	€
Αρχική ετήσια κατανάλωση (Κ)	309.586	kWh
Κόστος ετήσιας αποθηκευμένης ενέργεια στη ΔΕΗ (Υ2 σε €)	1381	€
Τελική ετήσια κατανάλωση του κτηρίου μαζί με τη χρήση Φ/Β (Κ')	135588	kWh
Κόστος τελικής ετήσιας κατανάλωσης σε €	13965,6	€
Ενεργειακό κόστος (Α) σε €	15346,9	€
Παλιό ολικό κόστος χωρίς τη χρήση Φ/Β (Χ)	31.887,36	€
Απόσβεση σε έτη	3,93	έτη

Για τους υπολογισμούς έγινε αναγωγή των υπολογισμών από τα δεδομένα μιας ενδεικτικής μέρας κάθε εποχής από το PVGIS.

#### 9.3.3.3 Σχολιασμός της διαστασιολόγησης και αποδοτικότητας του σεναρίου

Το 3<sup>ο</sup> σενάριο αποτελεί μια πρόταση εγκατάστασης Φ/Β που αξιοποιεί στο μέγιστο τα χωρικά δεδομένα του Ασύλου Ανιάτων. Με χρήση της τεχνολογίας net metering, από την παραγωγή των Φ/Β ένα ποσοστό περίπου της τάξεως του 75% καταναλώνεται απευθείας. Το υπόλοιπο 25% της ενέργειας που μεταφέρεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και καταγράφεται μέσω μετρητών για μετέπειτα κατανάλωση, ενώ ο καταναλωτής χρεώνεται λόγω χρήσης του δικτύου. Η χρέωση αυτή, όμως, αντισταθμίζεται από τα οφέλη της επένδυσης αυτής, καθώς η απόσβεση γίνεται σε λιγότερο από 4 χρόνια, αξιοποιείται εξ' ολοκλήρου ο χώρος για τη μέγιστη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και το ετήσιο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας μετά την επένδυση θα μειωθεί σχεδόν στο μισό των αρχικών εξόδων για το ηλεκτρικό ρεύμα. Αξίζει να σημειωθεί πως για το συγκεκριμένο σενάριο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών θα πρέπει να υπάρχει προσοχή να μπορέσει να εφαρμοστεί στην ταράτσα του κτηρίου και να μην παρεμποδίζει τη λειτουργία άλλων υφιστάμενων εγκαταστάσεων, όπως τη λειτουργία του ηλιακού θερμοσίφωνα. Η μέγιστη χρήση του χώρου της ταράτσας δύναται να επιφέρει στο παράδειγμα του Ασύλου Ανιάτων τα μέγιστα οφέλη, αλλά χρειάζεται η διεξαγωγή μιας στρατηγικής μελέτης για τη χωρική διάταξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Η απεικόνιση του διαμοιρασμού της ενέργειας που παράγεται ανά έτος από τα Φ/Β απεικονίζεται στο διάγραμμα Sankey της Εικόνα 9.21.



Εικόνα 9.21: Διάγραμμα Sankey του 3<sup>ου</sup> Σεναρίου

#### 9.3.4 Διερεύνηση του καλύτερου πιθανού σεναρίου εγκατάστασης Φ/Β για το Άσυλο Ανιάτων

Τα τρία πιθανά σενάρια που αναλύθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες του κεφαλαίου θα ελεγχθούν στην ενότητα αυτή μέσα από το πρίσμα ορισμένων κριτηρίων, ώστε να προκύψει η επιλογή της βέλτιστης πρότασης για το Άσυλο Ανιάτων.

Η σύγκριση θα γίνει έχοντας ως κριτήρια:

- Το κόστος εγκατάστασης,
- Το χρόνο απόσβεσης,
- Τη χωροθέτηση τους στην ταράτσα του κτηρίου,
- Το ετήσιο ποσό εξοικονόμησης,

##### 9.3.4.1 Κόστος εγκατάστασης

Τα τρία σενάρια εγκατάστασης Φ/Β με την τεχνολογία net metering έχουν διαφορετικά ποσά εγκατάστασης, ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής που χρειάζεται να επιτευχθεί. Σύμφωνα με τα κόστη εγκατάστασης των τριών σεναρίων, επιλέγονται το 2<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup> σενάριο, καθώς έχουν πιο προσιτό αρχικό κόστος εγκατάστασης, σύμφωνα με τον Πίνακα 9.12.

Πίνακας 9.12: Κόστη εγκατάστασης των τριών σεναρίων

Σενάρια	Κόστος εγκατάστασης (€)
1 (Εγκατάσταση 178 kW Φ/Β)	140700
2 (Εγκατάσταση 20 kW Φ/Β)	13000
3 (Εγκατάσταση 100 kW Φ/Β)	65000

#### 9.3.4.2 Χρόνος Απόσβεσης

Συγκρίνοντας τα τρία σεναρία από το χρόνο απόσβεσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9.13, παρατηρείται ότι τα κόστη που δαπανήθηκαν για το 2<sup>ο</sup> σενάριο μπορούν να αποσβεστούν σε 3,28 έτη. Όμως, και τα άλλα δύο σεναρία έχουν καλούς χρόνους απόσβεσης, ανάλογα με το ποσό που επενδύθηκε για το καθένα.

Πίνακας 9.13: Χρόνος απόσβεσης των τριών σεναρίων

Σενάρια	Χρόνος απόσβεσης (έτη)
1 (Εγκατάσταση 178 kW Φ/Β)	5,23
2 (Εγκατάσταση 20 kW Φ/Β)	3,56
3 (Εγκατάσταση 100 kW Φ/Β)	3,93

#### 9.3.4.3 Χωροθέτηση στην ταράτσα του κτηρίου

Σύμφωνα με το κριτήριο της χωροθέτησης, το 2<sup>ο</sup> σενάριο αποτελεί την πιο ασφαλή επιλογή για τα δεδομένα του κτηρίου. Το 1<sup>ο</sup> σενάριο θα μπορούσε να εφαρμοστεί, όπως προαναφέρθηκε, μόνο σε κάποιον άλλο χώρο που ανήκει στην ιδιοκτησία του Ασύλου Ανιάτων και να λειτουργεί σύμφωνα με το virtual net metering. Για το 3<sup>ο</sup> σενάριο υπάρχουν ορισμένες επιφυλάξεις, λόγω της πλήρους αξιοποίησης του διαθέσιμου χώρου. Έτσι ενδέχεται να προκύψουν μικρές τροποποιήσεις στο μέγεθος της εγκατάστασης, όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση 99kW Φ/Β αντί για τα 100 kW της αρχικής μελέτης. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο κριτήριο επιλέγονται το 1<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup> σενάριο.

#### 9.3.4.4 Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης

Για τα τρία διαφορετικά σεναρία θα παρουσιαστεί το ποσό εξοικονόμησης που θα έχουν μετά τα χρόνια της απόσβεσης σε ετήσια βάση.

Για το 1<sup>ο</sup> σενάριο μετά από 5,23 έτη (έτη απόσβεσης), θα υπάρχει ένα ετήσιο ποσό εξοικονόμησης ενέργειας περίπου 26912 €.

Για το 2<sup>ο</sup> σενάριο μετά από 3,56 έτη (έτη απόσβεσης), θα υπάρχει ένα ετήσιο ποσό εξοικονόμησης ενέργειας περίπου 3654 €.

Για το 3<sup>ο</sup> σενάριο μετά από 3,93 έτη (έτη απόσβεσης), θα υπάρχει ένα ετήσιο ποσό εξοικονόμησης ενέργειας περίπου 16540 €, το οποίο αποτελεί σχεδόν το μισό των ετήσιων δαπανών σε ενέργεια.

Επομένως το 1<sup>ο</sup> σενάριο έχει το μέγιστο ποσό ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα χρηματικά ποσά που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τη διοίκηση του Ασύλου Ανιάτων για την διερεύνηση περαιτέρω μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και αναβάθμισης της ποιότητας της καθημερινότητας των ατόμων που διαμένουν στη μονάδα φροντίδας.

#### 9.3.5 Τελική απόφαση

Αναλύοντας τα κριτήρια για τα τρία σενάρια εγκατάστασης Φ/Β με χρήση της τεχνολογίας του net metering προκύπτει το συμπέρασμα πως για χώρο του συγκροτήματος του Ασύλου Ανιάτων ενδείκνυται περισσότερο το 2<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup> σενάριο ανάλογα με το ποσό επένδυσης που διατίθεται. Το 2<sup>ο</sup> σενάριο έχει το χαμηλότερο αρχικό κόστος επένδυσης και την πιο σύντομη απόσβεση σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια, ενώ ανάλογα με το ποσό της επένδυσης επιτυγχάνεται ένα σεβαστό ποσό εξοικονόμησης. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης του δικτύου σε μετέπειτα χρόνο. Με το 3<sup>ο</sup> σενάριο μπορεί να επιτευχθεί μείωση σχεδόν μέχρι το μισό των δαπανών για ηλεκτρικό ρεύμα σε λιγότερο από 4 χρόνια από τη στιγμή της επένδυσης. Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε μια ενδεχόμενη εγκατάσταση Φ/Β στην ταράτσα του κτηρίου του Ασύλου Ανιάτων, είναι γνωστά τα ποσά της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης, οι δυνατότητες εξοικονόμησης και τα όρια που θέτει ο χώρος για μια ενδεχόμενη εγκατάσταση μέγιστου μεγέθους 100kWp (μέγιστο επιτρεπτό όριο εγκατάστασης).



## 10 Επίλογος

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας συντάχθηκε η μελέτη φωτισμού για τη μονάδα φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων και διερευνήθηκαν τρία σενάρια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με χρήση του net metering. Με τα μέτρα αυτά επιτυγχάνεται ένα σημαντικό ποσό εξοικονόμησης ενέργειας, ποιοτική αναβάθμιση της καθημερινότητας μέσα από τη βελτίωση των συνθηκών φωτισμού, αλλά και μείωση των ετήσιων δαπανών λειτουργικότητας του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων.

Έγινε μια βιβλιογραφική αναφορά στους διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα που διέπουν τις κτηριακές εγκαταστάσεις, τις τεχνικές εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός και αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Στο πρώτο μέρος έγινε περαιτέρω ανάλυση της έννοιας των κτηρίων (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB), η σημασία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και των παρεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων και ποιοτική βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών τους. Προτάθηκαν δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτήρια με επεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος, τα ανοίγματα του κτηρίου, την αναβάθμιση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και τοποθέτηση συμβατικών και υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στη μονάδα φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων έγιναν επισκέψεις για την καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού και συζητήσεις με άτομα για την αξιολόγηση της καθημερινότητας από πλευράς συνθηκών φωτισμού. Διαπιστώθηκε ότι δεν έχει διεξαχθεί μελέτη φωτισμού στο Άσυλο ανιάτων, Σχεδιάστηκε η κάτοψη του κτηρίου στο πρόγραμμα AutoCAD, μεταφέρθηκε στο πρόγραμμα DIALux eno για τη μελέτη αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού και την αξιοποίηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού από τα ανοίγματα του κτηρίου.

Στο Άσυλο Ανιάτων διαπιστώθηκε η ύπαρξη υποβαθμισμένων φωτιστικών συνθηκών που δεν τηρούσαν τα διεθνή πρότυπα φωτισμού. Ένα περιβάλλον με χαμηλή ποιότητα φωτισμού έχει επιπτώσεις στη συναισθηματική και σωματική υγεία των ατόμων του κτηρίου. Υπάρχει ακόμα και στη συνθήκη αυτή περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας με ταυτόχρονη αναβάθμιση του επιπέδου διαβίωσης και εργασίας των ατόμων στο Άσυλο Ανιάτων, αξιοποίησης των επιπέδων φυσικού φωτισμού και εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας – κίνησης.

Στη μελέτη φωτισμού χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, έπειτα από έρευνα αγοράς. Τα αποτελέσματα της μελέτης για τον τεχνητό φωτισμό και την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού κατέδειξαν ότι υπάρχουν περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας παρ' όλο που όλοι οι χώροι του κτηρίου στην πρότερα κατάσταση είναι σημαντικά υπο-φωτισμένοι. Με τη μελέτη αυξάνεται η στάθμη φωτισμού στα επιθυμητά από τα πρότυπα επίπεδα, ενώ επιτυγχάνεται και ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης.

Διερευνήθηκε η σκοπιμότητα εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στη στέγη του κτηρίου της μονάδας φροντίδας του Ασύλου Ανιάτων με εφαρμογή του συστήματος του net metering.

Υπάρχουν περιθώρια για περαιτέρω μελέτη και διερεύνηση άλλων μέτρων με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων, τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν έναυσμα για την ενασχόληση σε μια επόμενη διπλωματική εργασία.

Στους περισσότερους χώρους του Ασύλου ανιάτων υπάρχουν παλιά ξύλινα κουφώματα που έχουν υψηλό ποσοστό απωλειών θερμότητας και λειτουργούν αρνητικά στη διατήρηση σταθερών ευνοϊκών θερμοκρασιών στους εσωτερικούς χώρους. Προτείνεται η σύνταξη οικονομοτεχνικής μελέτης για την αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα τα οποία θα έχουν τα κατάλληλα πλαίσια και υαλοπίνακες για την αποφυγή απωλειών θερμότητας και εξασφάλιση της βέλτιστης μονωτικής ικανότητας.

Η εγκατάσταση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ) ενδέχεται να επιφέρει σημαντικά οφέλη, καθώς οι μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας που έγιναν στο Άσυλο Ανιάτων για την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού ανέδειξαν πως η υψηλή ανάγκη σε ηλεκτρική ενέργεια συμπίπτει με την υψηλή απαίτηση σε θερμότητα ή ψύξη των χώρων. Τα συστήματα ΣΗΘ είναι κατάλληλα για περιπτώσεις ταυτοχρονισμού φορτίου, ενώ λόγω της υψηλής τους απόδοσης, ενδέχεται η εγκατάσταση ενός συστήματος ΣΗΘ να επιφέρει κάλυψη για το σύνολο σχεδόν των απαιτήσεων σε ηλεκτρισμό, ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση και κλιματισμό των κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων.

Μετά από την εφαρμογή διαφόρων μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης των κτηρίων θα συνέβαλλε θετικά και μια μελέτη της εγκατάστασης ενός συστήματος κεντρικής διαχείρισης ενέργειας (BEMS) για την εξασφάλιση καλύτερης εποπτείας και ελέγχου του συνόλου του εξοπλισμού και των καταναλώσεων των κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων.



Σε επίπεδο φωτισμού, η μελέτη για την εγκατάσταση καναλιών φωτισμού και ραφιών φωτισμού θα μπορούσε να επιφέρει μια επιπρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και βελτίωση των οπτικών συνθηκών των εσωτερικών χώρων του Ασύλου ανιάτων, ειδικά στους ενωτικούς χώρους του κτηρίου με τη μονάδα φροντίδας.

Παραπάνω προτείνονται επιπλέον μέτρα, τα οποία δύναται να καταστήσουν το Άσυλο Ανιάτων ως ένα συγκρότημα κτηρίων προς την κατεύθυνση της σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Σημαντική κρίνεται και η αξιοποίηση και φροντίδα των εξωτερικών χώρων του συγκροτήματος κτηρίων του Ασύλου Ανιάτων. Παρατηρήθηκε κατά τις επισκέψεις η ύπαρξη έντονης βλάστησης και εγκαταστάσεων στοιχείων νερού (σιντριβάνι κοντά σε μια πλευρά κοντά στις πτέρυγες φροντίδας). Τα στοιχεία πρασίνου και στοιχεία νερού μπορούν να λειτουργήσουν πολύ θετικά για το φυσικό δροσισμό και τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος στο σύνολο του χώρου του Ασύλου Ανιάτων. Επιπλέον σημειώνονται σημαντικά γενικότερα οφέλη και στη ψυχική ανάταση των ατόμων που διαμένουν ή εργάζονται εκεί, παράμετρος που δε πρέπει να αμελείται κατά την εφαρμογή οποιονδήποτε δράσεων στο κτήριο, καθώς ειδικά τα άτομα που διαμένουν εκεί αντιλαμβάνονται το χώρο αυτό ως κατοικία τους για το υπόλοιπο της ζωής τους. Το γεγονός αυτό αφήνει παραπάνω ενδεχόμενα για ενασχόληση και για μια επόμενη διερεύνηση των αναγκών των ατόμων που διαμένουν και εργάζονται εκεί, την αναζήτηση επιπλέον τρόπων κοινωνικοποίησης των ατόμων με τη γειτονιά ή με άλλα ιδρύματα, την ενίσχυση των καλλιτεχνικών, πολιτισμικών και γενικότερα ψυχαγωγικών δράσεων στο χώρο του Ασύλου ανιάτων και τους τρόπους βελτίωσης των καθημερινών συνθηκών στους θαλάμους των ατόμων αυτών.



## Βιβλιογραφία

- [1] Τζανακάκη, Ε. and Ε. Μπάτρα, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα*. 2002, ΚΑΠΕ: Αθήνα.
- [2] Consilium.europa.eu. (2019). *Ενεργειακή Ένωση για την Ευρώπη - Consilium*. [online] Available at: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/energy-union/>.
- [3] Droutsas, K., Kontoyiannidis, S., Dascalaki, E. and Balaras, C. (2016). Mapping the energy performance of hellenic residential buildings from EPC (energy performance certificate) data. *Energy*, 98, pp.284-295.
- [4] Balaras, C., Dascalaki, E. and Vitali, M. (2014). *ΒΑΣΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ*. [online] Solarinstitute.gr. Available at: <https://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%2010o%20Synedrio%20F%20Tomos.pdf>.
- [5] Υπεκα.gr. (2019). [online] Available at: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=zW3CUxz37AY%3D&tabid=282&language=el-GR> [Accessed 11 Jun. 2019].
- [6] Greece 2011, European Commission, DG Energy, A1 – June 2011.
- [7] Σταμουλης, Α. (2017). *Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Ένωση και ενεργειακή ασφάλεια: Πώς η Ελλάδα παραμένει ασφαλής*. [online] Power Politics.
- [8] Γ.Δ.Ε, Ε. (2015). «Ενέργεια» *Μια βιώσιμη, ασφαλής και οικονομικά προσιτή ενέργεια για τους Ευρωπαίους*. Luxembourg: Publications Office.
- [9] Climate Action - European Commission. (2015). *2030 climate & energy framework - Climate Action - European Commission*. [online] Available at: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en) [Accessed 11 Jun. 2019].
- [10] ΚΑΠΕ, C. (n.d.). *Εφαρμόζοντας τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες στην Ελλάδα | EnergyHUB for ALL*. [online] Cres.gr. Available at: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.4.html> [Accessed 11 Jun. 2019].
- [11] Eur-lex.europa.eu. (2006). *Οδηγία 2006/32/ΕΚ Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006*. [online] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0032&from=EN>.

- [12] Eur-lex.europa.eu. (2012). *Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012*. [online] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN>.
- [13] Eur-lex.europa.eu. (2010). *Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων*. [online] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2012:115:FULL&from=EN>.
- [14] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2008) 'Νόμος 3661 - Μέτρα Για Τη Μείωση Της Ενεργειακής Κατανάλωσης Των Κτιρίων Σχέδιο Κανονισμού Για Την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτηρίων'.
- [15] Φ.Ε.Κ. 407/9-4-2010, Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων-Κ.Εν.Α.Κ.
- [16] ΚΑΠΕ (2017) '4ο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης Της Ελλάδας. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Available at: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el\\_neear\\_2017\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el_neear_2017_el.pdf).
- [17] ΤΕΕ, 2011. Τεχνολογίες Εξοικονόμησης & Διαχείρισης Ενέργειας Ηλεκτρομηχανολογικών Συστημάτων, Θεματική Ενότητα ΔΕ5
- [18] Cres.gr. (n.d.). *Εξοικονόμηση Ενέργειας στον κτιριακό τομέα*. [online] Available at: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm) [Accessed 31 Jul. 2019].
- [19] Eetaa.gr. (2000). *Δημόσια κτήρια για μια Αειφόρο Ανάπτυξη*. [online] Available at: <https://www.eetaa.gr/ekdoseis/pdf/083.pdf>.
- [20] Cres.gr. (n.d.). *ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟ*. [online] Available at: <http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi.htm> [Accessed 31 Jul. 2019].
- [21] Τσοπέλας, Ι. (2018). *Μεταπτυχιακή Εργασία « Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα»*.
- [22] Energia.gr. (2010). *ΚΑΠΕ: Περιθώρια Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Δημόσια Κτίρια*. [online] Available at: <https://www.energia.gr/article/41923/kape-perithoria-exoikonomhshs-energeias-sta-dhmosia-ktiria> [Accessed 31 Jul. 2019].
- [23] Κοσμόπουλος,, Ι. and Παπακώστας, Κ. (2011). *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ \_ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*. [online] Library.tee.gr. Available at: <http://library.tee.gr/digital/larlib/ekdiloseis/3706/4.6papakostas.pdf> [Accessed 31 Jul. 2019].

- [24] Marino, A., Rezessy, S. and Bertoldi, P. (2010). *Energy service companies market in Europe*. Luxembourg: Publications Office.
- [25] D Agostino D. (2015) «Assessment of the progress towards the establishment of definitions of Nearly Zero Buildings (nZEBs) in European Member States» Elsevier, *Journal of Building Engineering* 1, 20–32.
- [26] A.Arisoy, S.P.Corgnati, “Net zero energy buildings in focus at ClimaMed 2013 Conference, REHVA Journal, December 2013.
- [27] Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα. (2005). [ebook] ΚΑΠΕ. Available at: <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>.
- [28] Κοσμόπουλος, Ι. and Παπακώστα, Κ. (2009). *ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*. [ebook] Available at: <http://www.ktirio.gr/system/files/2012-06-83.pdf>.
- [29] Evonymos.org. (n.d.). *Evonymos Ecological Library*. [online] Available at: <http://www.evonymos.org/>.
- [30] Papageorgiou-hospital.gr. (n.d.). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Νοσοκομείο Παπαγεωργίου*. [online] Available at: [https://www.papageorgiou-hospital.gr/bioklimatikos\\_sxediasmos/](https://www.papageorgiou-hospital.gr/bioklimatikos_sxediasmos/) [Accessed 31 Jul. 2019].
- [31] Zeroenergybuildings.org. (2011). *BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT [ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ]*. [online] Available at: <http://www.zeroenergybuildings.org/2011/04/normal-0-false-false-false-en-us-x-none.html> [Accessed 31 Jul. 2019].
- [32] Σχεδιασμός, Β. (n.d.). *Εξοικονόμηση και Ορθολογική Χρήση Ενέργειας - Βιοκλιματικός Σχεδιασμός*. [online] Cres.gr. Available at: [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_bioclimatikos.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.htm) [Accessed 8 Oct. 2019].
- [33] Τσιπήρας, Κ. and Τσιπήρας, Θ. (2005). *ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ :ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ, ΓΕΩΒΙΟΛΟΓΙΑ, ΕΣΩΤΕΡΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ*. Αθήνα: Κέδρος.
- [34] Γεωργιάδου, Έ., Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε. and Ζήσης, Ξ. (1996). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και καθαρές τεχνολογίες δόμησης*. ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ.
- [35] Cres.gr. (n.d.). *Παθητικά Ηλιακά Συστήματα*. [online] Available at: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermans/pathitika\\_iliaka\\_systimata.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermans/pathitika_iliaka_systimata.htm) [Accessed 8 Oct. 2019].

- [36] Cres.gr. (2002). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Στην Ελλάδα : Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής.* [online] Available at: [http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate\\_brochure.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf) [Accessed 8 Oct. 2019].
- [37] Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια. (2008). ΚΑΠΕ.
- [38] Πρόγραμμα ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ, "Οδηγός επιλέξιμων Δράσεων / Ενεργειών και υποβαλλόμενων στοιχείων ανά άξονα προτεραιοτήτων του"
- [39] ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 4122 *Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.*
- [40] Περδίδος, Σ. (2007). *Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.* Σέλκα - 4Μ ΕΠΕ.
- [41] Cres.gr. (n.d.). *Θερμική Προστασία Κελύφους.* [online] Available at: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_xrisi\\_yalopin\\_akon.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrisi_yalopin_akon.htm).
- [42] Cres.gr. (n.d.). *Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης.* [online] Available at: [http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS\\_THERMOMONOSIS.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS_THERMOMONOSIS.pdf).
- [43] Αραβαντίνο, Δ. (2009). *Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων.* [online] Library.tee.gr. Available at: [http://library.tee.gr/digital/kma/kma\\_m1429/kma\\_m1429\\_aravantinos1.pdf](http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1429/kma_m1429_aravantinos1.pdf).
- [44] Triedrasi.gr. (n.d.). *Διαχείριση Ενέργειας (BEMS).* [online] Available at: [http://www.triedrasi.gr/index.php/diaxeirisi\\_energias.html](http://www.triedrasi.gr/index.php/diaxeirisi_energias.html).
- [45] Portal.tee.gr. (n.d.). *ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ.* [online] Available at: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/arxeia\\_diafora/energeia\\_ki%20apodosi%20ktiriwn/TECHNIKES\\_PRODIAGRAFES\\_SYSTIMATON\\_ENERGEIAKIS\\_DIAXIRISIS\\_.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/arxeia_diafora/energeia_ki%20apodosi%20ktiriwn/TECHNIKES_PRODIAGRAFES_SYSTIMATON_ENERGEIAKIS_DIAXIRISIS_.pdf).
- [46] Zemedes.eu. (n.d.). *Τεχνικό Οικονομικό Εγχειρίδιο για την Ανακαίνιση των Σχολείων της Μεσογείου σε Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτήρια nZEB.* [online] Available at: [http://zemedes.eu/sites/default/files/TOOLKIT\\_GREEK\\_0.pdf](http://zemedes.eu/sites/default/files/TOOLKIT_GREEK_0.pdf).
- [47] Cres.gr. (n.d.). *Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC.* [online] Available at: [http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS\\_HVAC.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_HVAC.pdf).
- [48] Kumara, W. H. C.D and Waidyasekara, K.G.A.S. (2013), "Contribution of building management system towards sustainable built environment", in Socio-economic

- sustainability in construction: practice, policy and research, Proceedings of 2nd World Construction Symposium, 14-16 June 2013, Colombo, Building Economics, University of Moratuwa, pp.118-128
- [49] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2017 Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμό, Θερμότητας & Ψύξης: Εγκαταστάσεις Σε Κτήρια. (2017). 1st Ed.
- [50] Cres.gr. (n.d.). *Index of /kape/energeia\_politis*. [online] Available at: [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/) [Accessed 5 Jan. 2020].
- [51] Allaboutenergy.gr. (n.d.). *Ηλιακά Συστήματα*. [online] Available at: <http://www.allaboutenergy.gr/HliakaSistimata.html>.
- [52] Θερμικά Ηλιακά Συστήματα, εφαρμογές στον οικιακό τομέα. (2010). Λευκωσία, Κύπρος: Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών.
- [53] Vidal, H., Colle, S. and Pereira, G. (2006). Modelling and hourly simulation of a solar ejector cooling system. *Applied Thermal Engineering*, 26(7), pp.663-672.
- [54] Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N. and Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 33(3), pp.289-296.
- [55] ΤΕΕ, 2011. Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Θεματική Ενότητα ΔΕ4
- [56] Τσελεπής, Ε. (2007). *Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών στα Κτήρια*. [online] Cres.gr. Available at: [http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/koinoniki\\_katoikia/07\\_Tselepis.pdf](http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/koinoniki_katoikia/07_Tselepis.pdf).
- [57] Tripanagnostopoulos, Y., Tselepis, S., Souliotis, M. and Tonui, J. (2004). DESIGN ASPECTS OF HYBRID PVT/WATER SOLAR SYSTEMS. *19th European Solar Energy Conference and Exhibition 7-11 June 2004, Paris, France*.
- [58] Vokas, G., Christandonis, N. and Skittides, F. (2006). Hybrid photovoltaic–thermal systems for domestic heating and cooling—A theoretical approach. *Solar Energy*, 80(5), pp.607-615.
- [59] Fraisse, G., Ménézo, C. and Johannes, K. (2007). Energy performance of water hybrid PV/T collectors applied to combisystems of Direct Solar Floor type. *Solar Energy*, 81(11), pp.1426-1438.
- [60] Kalogirou, S. (2001). Use of TRNSYS for modelling and simulation of a hybrid pv–thermal solar system for Cyprus. *Renewable Energy*, 23(2), pp.247-260.

- [61] Leenders, F., Schaap, A., van der Ree, B. and van der Helden, W. (2000). TECHNOLOGY REVIEW ON PV/THERMAL CONCEPTS. *Eurosun Conference*.
- [62] Τοπαλής, Φ., Οικονόμου, Λ. and Κουρτέση, Σ. (2010). *Φωτοτεχνία*. 2nd ed. Εκδόσεις Τζιόλα.
- [63] Daylight in buildings: A SOURCE BOOK ON DAYLIGHTING SYSTEMS AND COMPONENTS. (2000). Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- [64] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ (2011). 1st ed.
- [65] Cres.gr. (n.d.). *Αρχές, Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού*. [online] Available at: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm).
- [66] Designingbuildings.co.uk. (n.d.). *Transparent insulation*. [online] Available at: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Transparent\\_insulation](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Transparent_insulation) [Accessed 5 Jan. 2020].
- [67] Λαμπροπούλου, Ε. (2006). *Τεχνητός φωτισμός και ενέργεια, ΚΑΠΕ 2006*.
- [68] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων Για Τον Υπολογισμό Της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων Και Την Έκδοση Του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. (2017). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- [69] Ampt, A., Harris, P. and Maxwell, M. (2008). *The Health Impacts of the Design of Hospital Facilities on Patient Recovery and Wellbeing, and Staff Wellbeing: A Review of the Literature*. UNSW Research Centre for Primary Health Care and Equity.
- [70] Κούρης, Σ. and Σωτηρόπουλος, Β. (2012). *ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΙΔΕΙΑ*.
- [71] Δούλος, Λ., Θ. (2010), Διδακτορική διατριβή, *Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [72] Tsangrassoulis, A., Kontadakis, A. and Doulos, L. (2017). Assessing Lighting Energy Saving Potential from Daylight Harvesting in Office Buildings Based on Code Compliance & Simulation Techniques: A Comparison. *Procedia Environmental Sciences*, 38, pp.420-427.
- [73] New.abb.com. (n.d.). *Διαστασιολόγηση ουδετέρου αγωγού σε εγκαταστάσεις με αρμονικές / ABB*. [online] Available at: <https://new.abb.com/low->



voltage/el/news/Dimensioning-neutral-conductor-in-installations-with-harmonics  
[Accessed 9 Jan. 2020].

- [74] Dei.gr. (n.d.). *Net Metering / ΔΕΗ Α.Ε.*. [online] Available at: <https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/xrisimes-plirofories-gia-to-logarismo-sas/net-metering> [Accessed 15 Jan. 2020].
- [75] Netmetering.net.gr. (n.d.). *Net Metering - Ενεργειακός Συμψηφισμός: Ο απόλυτος οδηγός για επιχειρήσεις.* [online] Available at: <http://www.netmetering.net.gr/> [Accessed 15 Jan. 2020].
- [76] Ροβάτσος, Ι. and Νίκου, Α. (2019). *Πτυχιακή Εργασία: Μετρήσεις κατανάλωσης κτηρίου Ζ του Πανεπιστημίου δυτικής Αττικής για μελέτη και διαστασιολόγηση φ/β συστήματος, για σύνδεση στο δίκτυο μέσω Net metering..* Αθήνα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.


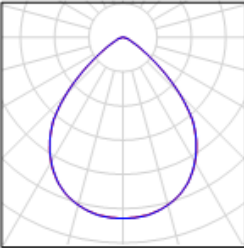

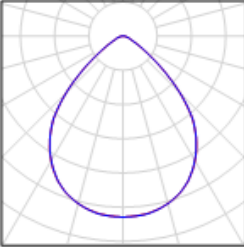



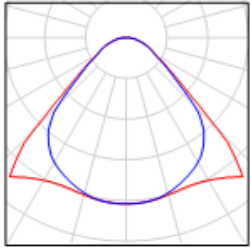
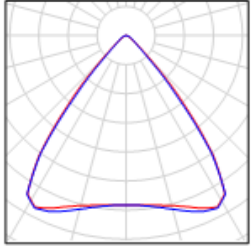
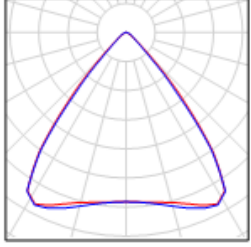
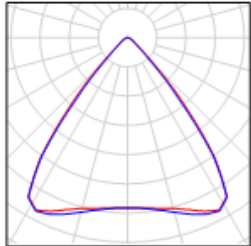
## Παράρτημα

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται ενδεικτικά δεδομένα από την πορεία εργασίας που έγινε στο λογισμικό DIALux ενο προκειμένου να τεκμηριωθούν τα δεδομένα μελέτης του τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση εξοπλισμού LED, μελέτης αξιοποίησης φυσικού φωτισμού και εγκατάστασης αισθητήρων παρουσίας – κίνησης.

### Παράρτημα Α – Μελέτη τεχνητού φωτισμού

Ο κατάλογος φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη φωτισμού στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και όπως παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στα αποτελέσματα του προγράμματος DIALux ενο:

Αριθμός τεμαχίων	Φωτιστικό (Εκπομπή φωτός)		
116	Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830 Εκπομπή φωτός 1 Εξοπλισμός: 1xLED28S/830/- Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.91% Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 2800 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 2797 lm Ισχύς: 21.0 W Ωφέλος φωτός: 133.2 lm/W  Χρωματομετρικά στοιχεία 1xLED28S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100		
21	Philips - SM461V W57L57 1xLED40S/830 Εκπομπή φωτός 1 Εξοπλισμός: 1xLED40S/830/- Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.91% Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 4000 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3996 lm Ισχύς: 29.5 W Ωφέλος φωτός: 135.5 lm/W  Χρωματομετρικά στοιχεία 1xLED40S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100		

19	<p>Philips - SM480C W24L134 1xLED35S/830 ACC-MLO          Εκπομπή φωτός 1          Εξοπλισμός: 1xLED35S/830/-          Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.95%          Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3500 lm          Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3498 lm          Ισχύς: 32.0 W          Ωφέλιος φωτός: 109.3 lm/W</p> <p>Χρωματομετρικά στοιχεία          1xLED35S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
7	<p>Philips - SM530C L1130 1 xLED15S/830 OC          Εκπομπή φωτός 1          Εξοπλισμός: 1xLED15S/830/-          Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.87%          Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 1500 lm          Φωτεινή ροή φωτιστικού: 1498 lm          Ισχύς: 10.6 W          Ωφέλιος φωτός: 141.3 lm/W</p> <p>Χρωματομετρικά στοιχεία          1xLED15S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>Δείτε φωτογραφία του φωτιστικού στον κατάλογο μας.</p>	
20	<p>Philips - SM530C L1410 1 xLED43S/830 OC          Εκπομπή φωτός 1          Εξοπλισμός: 1xLED43S/830/-          Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.87%          Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 4300 lm          Φωτεινή ροή φωτιστικού: 4294 lm          Ισχύς: 32.5 W          Ωφέλιος φωτός: 132.1 lm/W</p> <p>Χρωματομετρικά στοιχεία          1xLED43S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>Δείτε φωτογραφία του φωτιστικού στον κατάλογο μας.</p>	
36	<p>Philips - SM530C L1450 1 xLED31S/830 OC          Εκπομπή φωτός 1          Εξοπλισμός: 1xLED31S/830/-          Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.87%          Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3100 lm          Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3096 lm          Ισχύς: 22.0 W          Ωφέλιος φωτός: 140.7 lm/W</p> <p>Χρωματομετρικά στοιχεία          1xLED31S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>Δείτε φωτογραφία του φωτιστικού στον κατάλογο μας.</p>	

Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 683400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 682652 lm, Συνολική ισχύς: 5179.7 W, Ωφέλιος φωτός: 131.8 lm/W

Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιήθηκε στους περισσότερους χώρους της μελέτης φωτισμού.

Philips SM461V W57L57 1xLED28S/830 1xLED28S/830/-

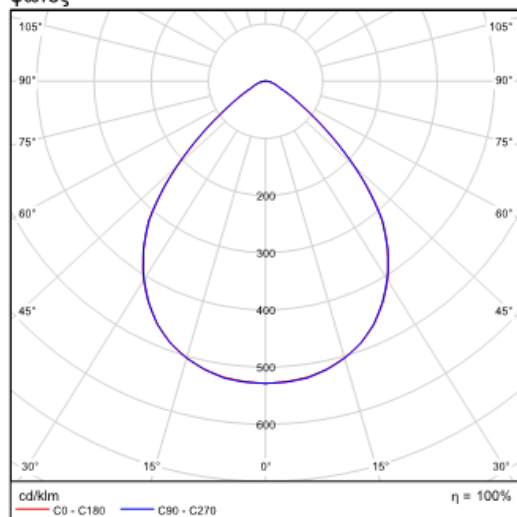
PowerBalance surface-mounted – sustainable performance When it comes to lighting an office space with LED luminaires, people are usually willing to invest in sustainability provided the investment pays back. At the same time, the system should comply with office lighting norms to ensure a comfortable working environment. PowerBalance is Philips' most energy-efficient office-norm-compliant LED luminaire. It more than halves energy costs compared to a T5 solution, and the light source has a longer lifetime. This results in significantly lower operational costs, ensuring a payback that meets the needs of the specification market. PowerBalance surface-mounted luminaires are easy to install on ceilings thanks to their intuitive mounting system. PowerBalance is also available in a recessed version.



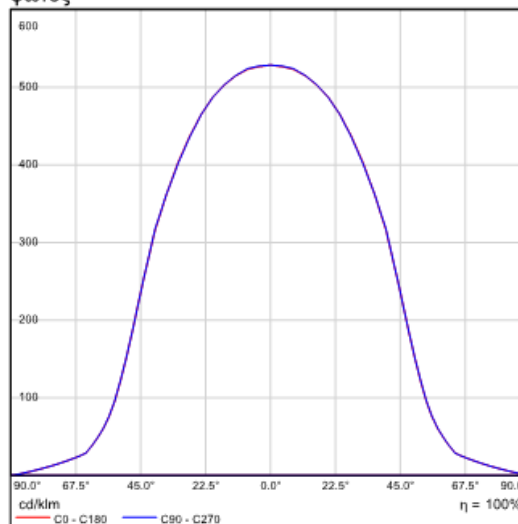
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.91%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 2800 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 2797 lm  
Ισχύς: 21.0 W  
Ωφελος φωτός: 133.2 lm/W

Χρωματομετρικά στοιχεία  
1xLED28S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

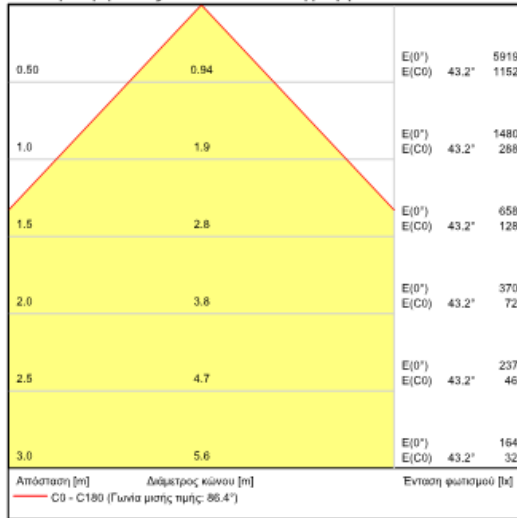
Εκπομπή φωτός 1 / Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός



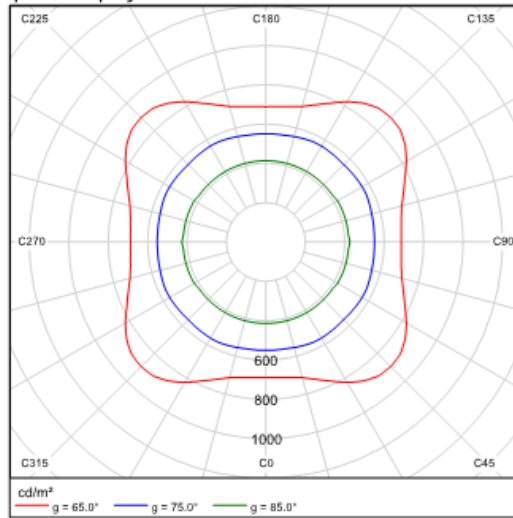
Εκπομπή φωτός 1 / Γραμμικό διάγραμμα κατανομής φωτός



Εκπομπή φωτός 1 / Κωνικό διάγραμμα



Εκπομπή φωτός 1 / Διάγραμμα πυκνότητας φωτεινότητας



Εκπομπή φωτός 1 / Διάγραμμα UGR

Αξιολόγηση θάμβωσης κατά UGR											
ρ Οροφή	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Τοίχοι	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Δάπεδο	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Μέγεθος χώρου X	Y	Οπτική κατεύθυνση εγκάρσια προς τον άξονα λάμπας					Οπτική κατεύθυνση παράλληλα προς τον άξονα λάμπας				
2H	2H	14.6	15.6	14.8	15.8	16.0	14.6	15.6	14.8	15.8	16.0
	3H	14.6	15.5	14.9	15.8	16.0	14.6	15.5	14.9	15.8	16.0
	4H	14.6	15.5	14.9	15.7	16.0	14.6	15.5	14.9	15.7	16.0
	6H	14.6	15.4	15.0	15.7	16.0	14.6	15.4	15.0	15.7	16.0
	8H	14.6	15.4	15.0	15.7	16.0	14.6	15.4	15.0	15.7	16.0
4H	12H	14.6	15.3	15.0	15.6	16.0	14.6	15.3	15.0	15.6	16.0
	2H	14.6	15.5	15.0	15.8	16.0	14.6	15.5	15.0	15.8	16.0
	3H	14.8	15.5	15.1	15.8	16.1	14.8	15.5	15.1	15.8	16.1
	4H	14.8	15.5	15.2	15.8	16.1	14.8	15.5	15.2	15.8	16.2
	6H	14.9	15.4	15.3	15.8	16.2	14.9	15.4	15.3	15.8	16.2
8H	8H	14.9	15.4	15.3	15.8	16.2	14.9	15.4	15.3	15.8	16.2
	12H	14.9	15.3	15.3	15.7	16.2	14.9	15.3	15.3	15.8	16.2
	4H	14.8	15.3	15.2	15.7	16.1	14.8	15.3	15.2	15.7	16.1
	6H	14.9	15.3	15.4	15.7	16.2	14.9	15.3	15.4	15.7	16.2
	8H	14.9	15.3	15.4	15.7	16.2	14.9	15.3	15.4	15.7	16.2
12H	12H	14.9	15.2	15.4	15.7	16.2	15.0	15.3	15.4	15.7	16.2
	4H	14.8	15.2	15.2	15.6	16.0	14.8	15.2	15.2	15.6	16.0
	6H	14.9	15.2	15.4	15.7	16.1	14.9	15.2	15.4	15.7	16.1
	8H	14.9	15.2	15.4	15.7	16.2	14.9	15.2	15.4	15.7	16.2
Παραλλαγή της θέσης παρατηρητή για αποστάσεις φωτιστικών S											
S = 1.0H	+1.2 / -1.9					+1.2 / -1.9					
S = 1.5H	+2.1 / -4.0					+2.1 / -4.0					
S = 2.0H	+3.5 / -5.0					+3.5 / -5.0					
Στόνταρ πίνακας	BK01					BK01					
σοστέλιος θάρβωσης	-3.1					-3.1					
Διαρθρωμένοι δείκτες εκτύφωσης αναφορικά με 2800lm Συνολική φωτεινή ροή											

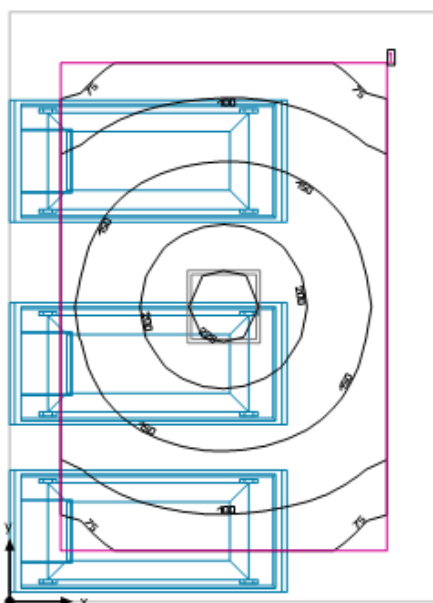
Οι τιμές UGR υπολογίζονται σύμφωνα με το CIE Publ. 117. Αναλογία διαστήματος-ύψους = 0.25

## Α΄ όροφος

Ενδεικτικά αποτελέσματα μελέτης τεχνητού φωτισμού (χωρίς φωτισμό ημέρας) για ορισμένους χώρους του Α΄ ορόφου του Ασύλου Ανιάτων, όπως προέκυψαν από το λογισμικό μελέτης φωτισμού.

Παράδειγμα από μικρού μεγέθους θάλαμο:

### Room15



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
 Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)  
 Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
 Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
 Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
 Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά  
 Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
 Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Room15)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.400 m	143 (≥ 100)	69.4	228	0.49	0.30

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιμος φωτός [lm/W]
1 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	2797	21.0	133.2

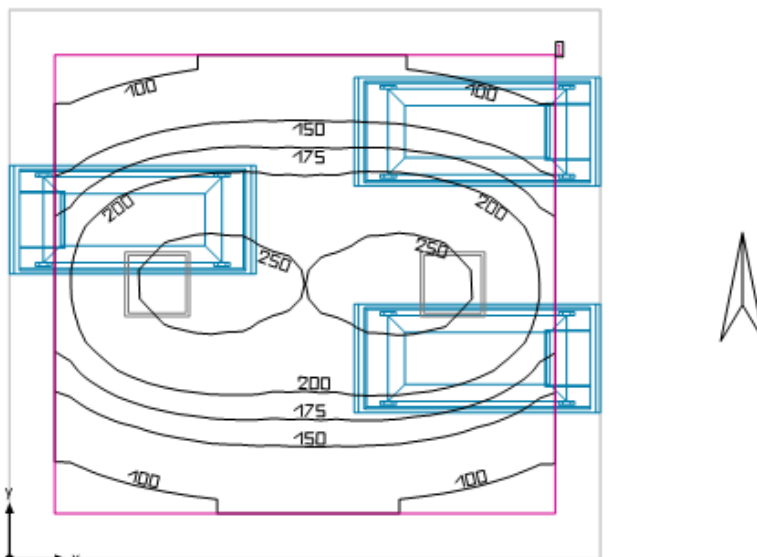
Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.35 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 15.61 m<sup>2</sup>),  
 Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.13 W/m<sup>2</sup> = 1.49 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 9.85 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 150 - 180 kWh/a από το πολύ 550 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσεώς τους.

## Παράδειγμα από μεσαίου μεγέθους θάλαμο

### Room1



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συννεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενιθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Room1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.400 m	178 (≥ 100)	77.1	264	0.43	0.29

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
2 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	5594	42.0	133.2

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.65 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 25.42 m<sup>2</sup>),

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.34 W/m<sup>2</sup> = 1.31 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 17.99 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 290 - 370 kWh/a από το πολύ 900 kWh/a

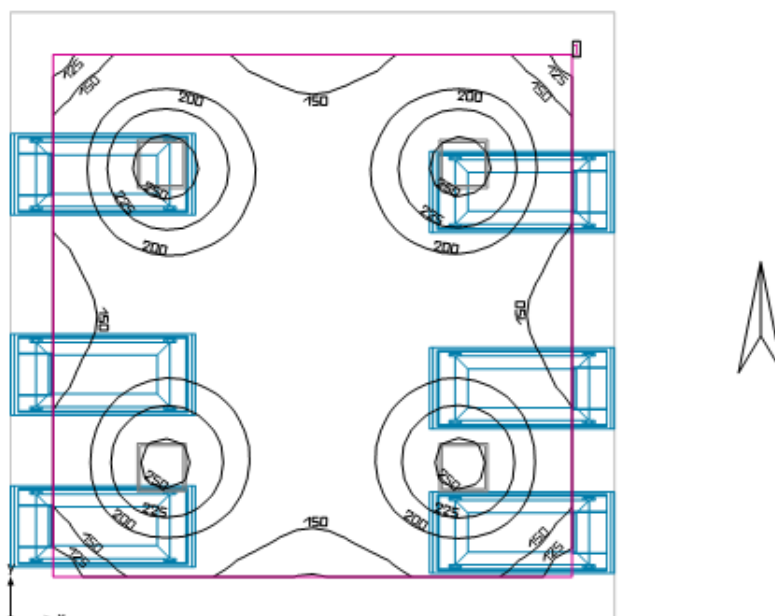
Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυτομείωσής τους.

Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.



## Παράδειγμα από μεγάλο μεγέθους θάλαμο:

### Room10



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 56.3%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° N 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μέτρια έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Room10)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.850 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	186 (≥ 100)	114	260	0.61	0.44

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιμος φωτός [lm/W]
4 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	11188	84.0	133.2

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.65 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 51.01 m<sup>2</sup>).

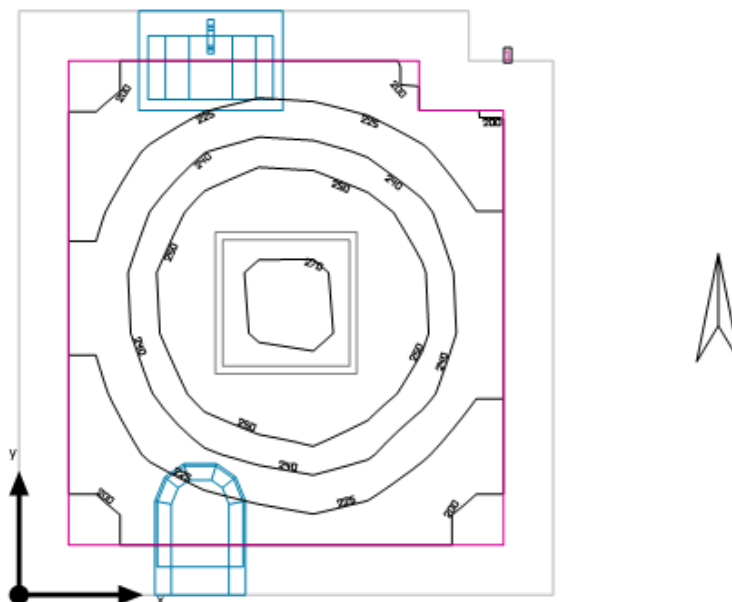
Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.23 W/m<sup>2</sup> = 1.20 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 37.73 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 590 - 740 kWh/a από το πολύ 1800 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσεώς τους.

Παράδειγμα από wc θαλάμου:

roomwc1



Υψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.1%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
 Τόπος: Athens (38.00° N 23.70° Δ)  
 Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
 Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
 Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
 Συνθήκες περιβάλλοντος: Πολύ καθαρά  
 Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
 Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

**Επίπεδο εργασίας**

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (roomwc1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Υψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.200 m	236 (≥ 200)	194	272	0.82	0.71

#	Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιμος φωτός [lm/W]
1	Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
	Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	2797	21.0	133.2

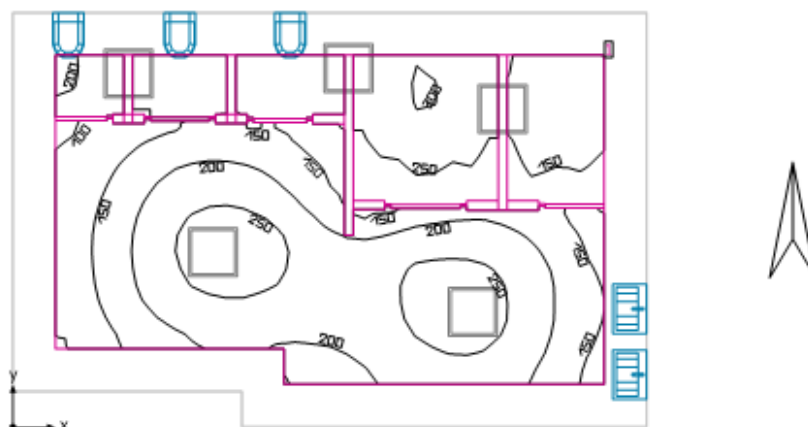
Ειδική τιμή σύνδεσης: 4.21 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 4.98 m<sup>2</sup>),  
 Ειδική τιμή σύνδεσης: 6.28 W/m<sup>2</sup> = 2.66 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 3.34 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 11 - 17 kWh/a από το πολύ 200 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

Παράδειγμα από κοινά λουτρά – wc:

wc&bath1



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 73.0%, Τοίχοι 63.4%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Πολύ καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

**Επίπεδο εργασίας**

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min Max Min/Μέσο Min/Max			
			Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (wc&bath1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	202 (≥ 200)	92.2	303	0.46	0.30

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
5 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	13985	105.0	133.2

Ειδική τιμή σύνδεσης: 3.00 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 35.04 m<sup>2</sup>),

Ειδική τιμή σύνδεσης: 4.42 W/m<sup>2</sup> = 2.19 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 23.74 m<sup>2</sup>)

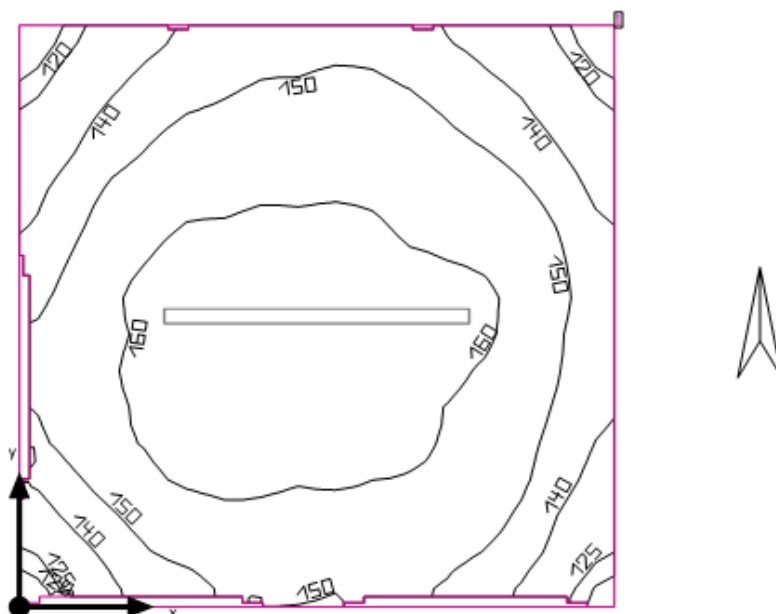
Κατανάλωση: 61 - 87 kWh/a από το πολύ 1250 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.

Παράδειγμα από τον προθάλαμο των δωματίων:

anteroom1



Υψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφισσμένως ουρανό

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μέτρια έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

**Επίπεδο εργασίας**

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (anteroom1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Υψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	152 (≥ 100)	112	165	0.74	0.68

#	Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
1	Philips - SM530C L1130 1 xLED15S/830 OC	1498	10.6	141.3
	Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	1498	10.6	141.3

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.24 W/m<sup>2</sup> = 1.48 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική έκταση χώρου 4.73 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 93 kWh/a από το πολύ 200 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.

## Διάδρομος Α' ορόφου:

### hallway1



A

Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 62.2%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
Τόπος: Athens (38.00° B 23.70° Δ)  
Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
Συνθήκες περιβάλλοντος: Κανονικά  
Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
Συντελεστής ρύπανσης: 0.75

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (hallway1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.400 m	157 (≥ 100)	67.2	200	0.43	0.34

#	Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
11	Philips - SM530C L1450 1 xLED31S/830 OC	3096	22.0	140.7
	Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	34056	242.0	140.7

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.72 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 140.93 m<sup>2</sup>),  
Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.59 W/m<sup>2</sup> = 1.65 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 93.41 m<sup>2</sup>)

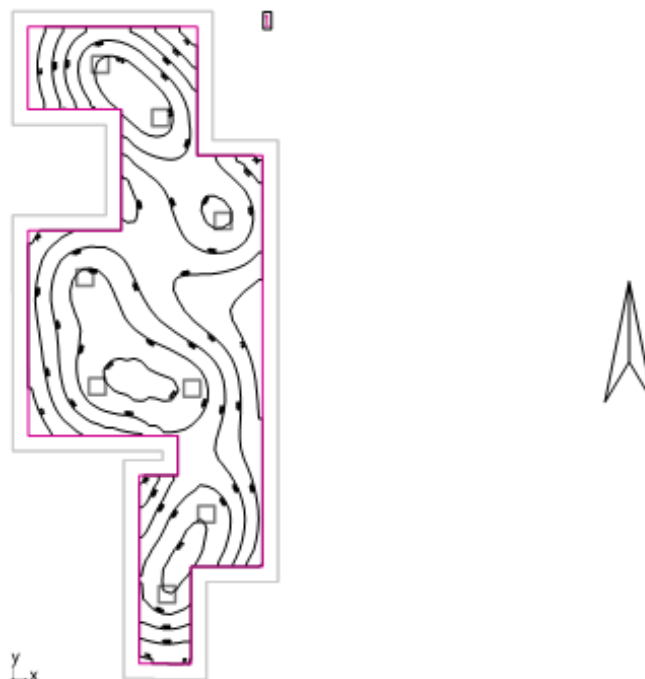
Κατανάλωση: 170 - 270 kWh/a από το πολύ 4950 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.

## Ενωτικός χώρος Α' ορόφου:

### Corridor



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τείχος 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)  
Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
Συνθήκες περιβάλλοντος: Κανονικά  
Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
Συντελεστής ρύπανσης: 0.75

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Corridor)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	130 (≥ 100)	57.0	194	0.44	0.29

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
8 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Λέθροισμα για όλα τα φωτιστικά	22376	168.0	133.2

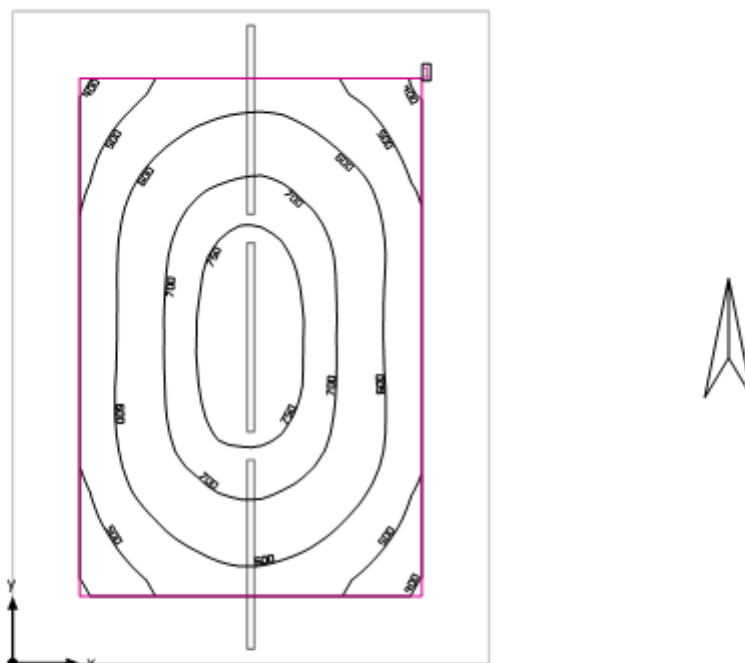
Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.24 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 135.54 m<sup>2</sup>),  
Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.65 W/m<sup>2</sup> = 1.27 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 101.82 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 140 - 180 kWh/a από το πολύ 4750 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσεώς τους.

Παράδειγμα από κουζίνα Α' ορόφου:

Kitchen1



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Κανονικά

Κατηγορία ρύπανσης: Μέσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.75

**Επίπεδο εργασίας**

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Kitchen1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	626 (≥ 500)	392	784	0.63	0.50

# Φωτιστικά	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιμος φωτός [lm/W]
3 Philips - SM530C L1410 1 xLED43S/830 OC	4294	32.5	132.1
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	12882	97.5	132.1

Ειδική τιμή σύνδεσης: 5.65 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 17.25 m<sup>2</sup>).

Ειδική τιμή σύνδεσης: 9.91 W/m<sup>2</sup> = 1.58 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 9.84 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 290 - 380 kWh/a από το πολύ 650 kWh/a

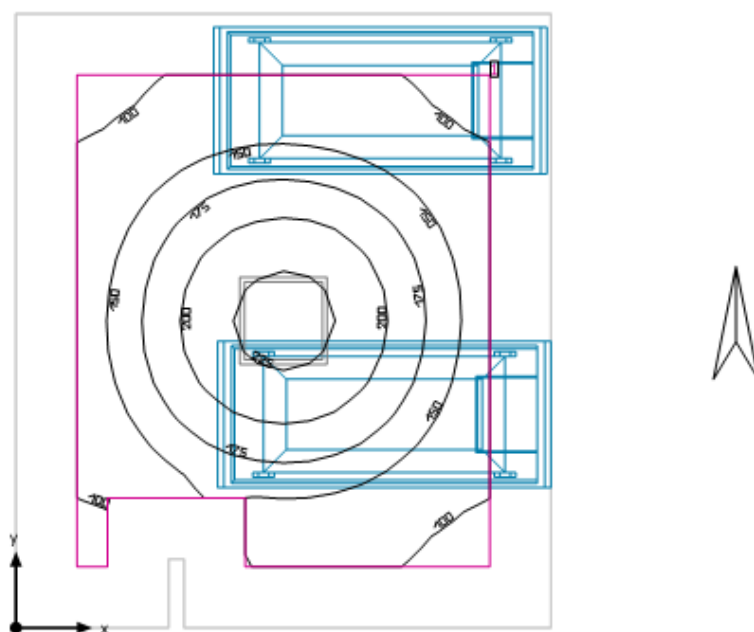
Τα μενέθ καταναλώσεις ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυθαιρεμίσής τους.

## Β' όροφος

Ενδεικτικά αποτελέσματα μελέτης τεχνητού φωτισμού (χωρίς φωτισμό ημέρας) για ορισμένους χώρους του Β' ορόφου του Ασύλου Ανιάτων, όπως προέκυψαν από το λογισμικό μελέτης φωτισμού.

### Παράδειγμα θαλάμου μικρού μεγέθους (δύο ατόμων):

#### Θάλαμος29



Υψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχι 51.8%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Θάλαμος29)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Υψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.400 m	157 (≥ 100)	84.4	231	0.54	0.37

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
1 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	2797	21.0	133.2

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.50 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 14.02 m<sup>2</sup>).

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.53 W/m<sup>2</sup> = 1.62 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 8.29 m<sup>2</sup>)

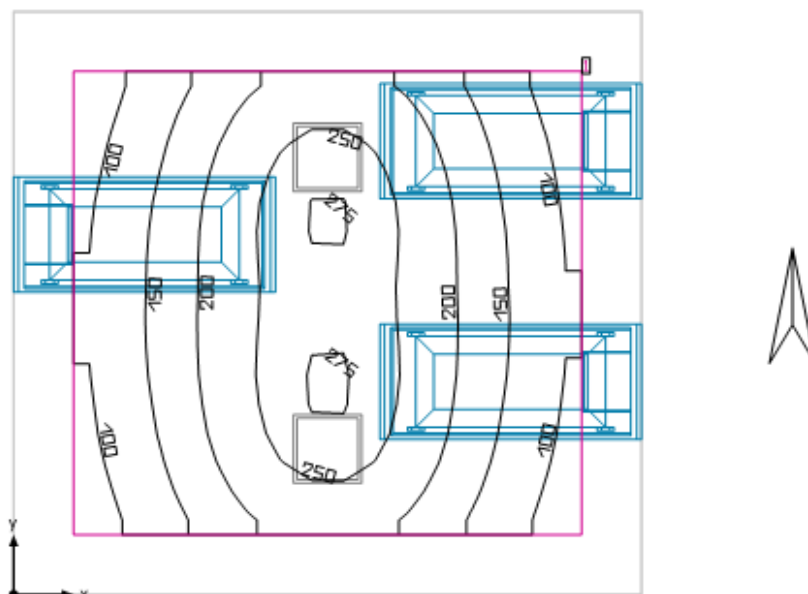
Κατανάλωση: 150 - 180 kWh/a από το πολύ 500 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.



## Παράδειγμα μεσαίου μεγέθους θαλάμο:

### Θάλαμος1



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° B 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Θάλαμος1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	184 (≥ 100)	77.2	277	0.42	0.28

# Φωτιστικά	Φι(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
2 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	5594	42.0	133.2

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.65 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 25.42 m<sup>2</sup>).

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.57 W/m<sup>2</sup> = 1.40 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 16.33 m<sup>2</sup>)

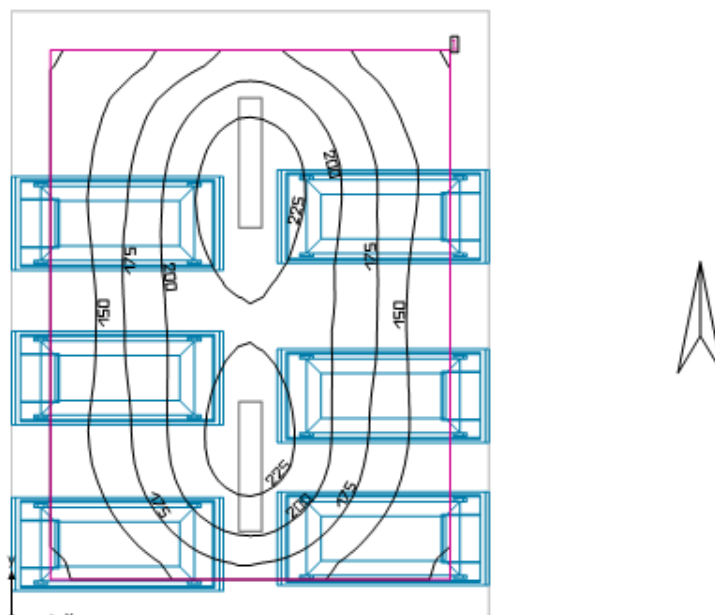
Κατανάλωση: 92 - 150 kWh/a από το πολύ 900 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.

Παράδειγμα θαλάμου μεγάλου μεγέθους:

Θάλαμος25



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 55.3%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
 Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)  
 Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
 Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
 Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
 Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά  
 Κατηγορία ρύπανσης: Μέτρια έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
 Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

**Επίπεδο εργασίας**

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Θάλαμος25)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.400 m	178 (≥ 100)	91.4	244	0.51	0.37

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
2 Philips - SM480C W24L134 1xLED35S/830 ACC-MLO	3498	32.0	109.3
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	6996	64.0	109.3

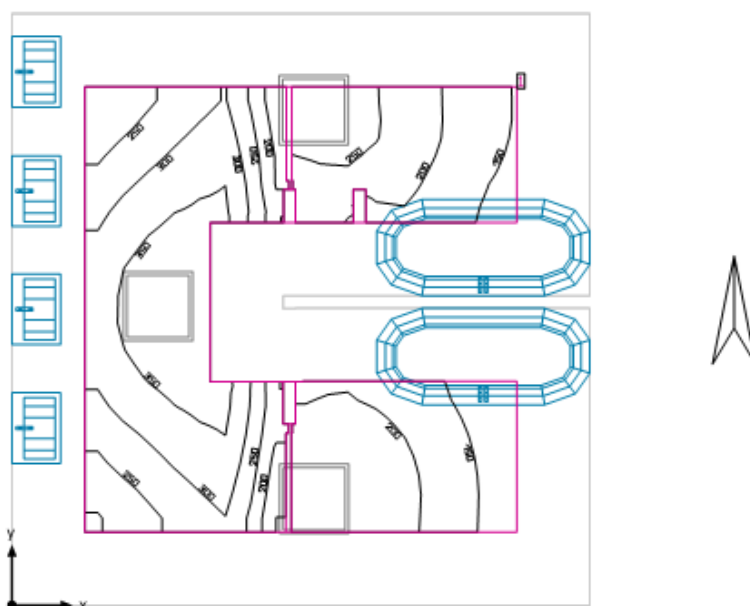
Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.08 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 30.71 m<sup>2</sup>),  
 Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.85 W/m<sup>2</sup> = 1.60 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 22.42 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 140 - 230 kWh/a από το πολύ 1100 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

## Παραδείγμα από λουτρό Β' ορόφου:

### Λουτρό2



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 57.7%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενιθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Πολύ καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Λουτρό2)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.600 m	245 (≥ 200)	114	385	0.47	0.30

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
3 Philips - SM461V W57L57 1xLED28S/830	2797	21.0	133.2
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	8391	63.0	133.2

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.76 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 22.83 m<sup>2</sup>).

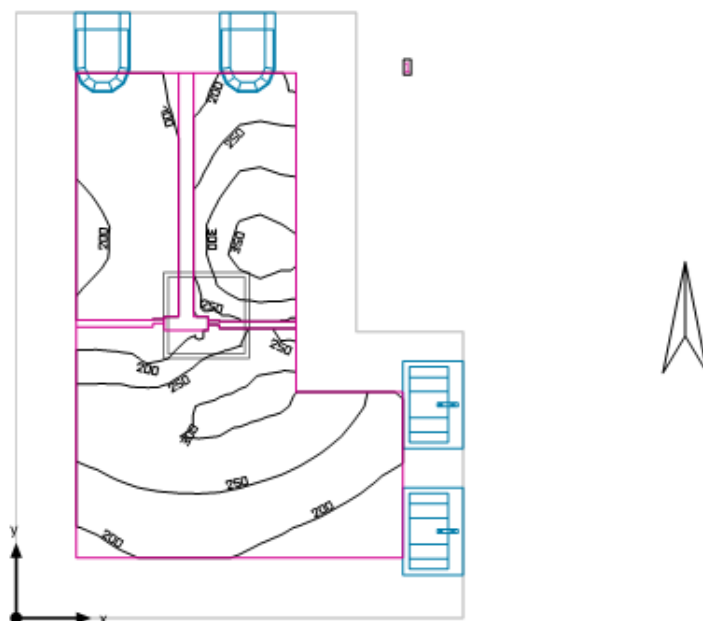
Ειδική τιμή σύνδεσης: 6.49 W/m<sup>2</sup> = 2.64 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 9.71 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 48 - 76 kWh/a από το πολύ 800 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσεώς τους.

## Παράδειγμα από τουαλέτες Β' ορόφου

### Λουτρό4



Υψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχι 75.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενιθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Πολύ καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Λουτρό4)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Υψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.400 m	208 (≥ 200)	90.0	374	0.43	0.24

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιμος φωτός [lm/W]
1 Philips - SM461V W57L57 1xLED40S/830	3996	29.5	135.5
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	3996	29.5	135.5

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.83 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 10.43 m<sup>2</sup>),

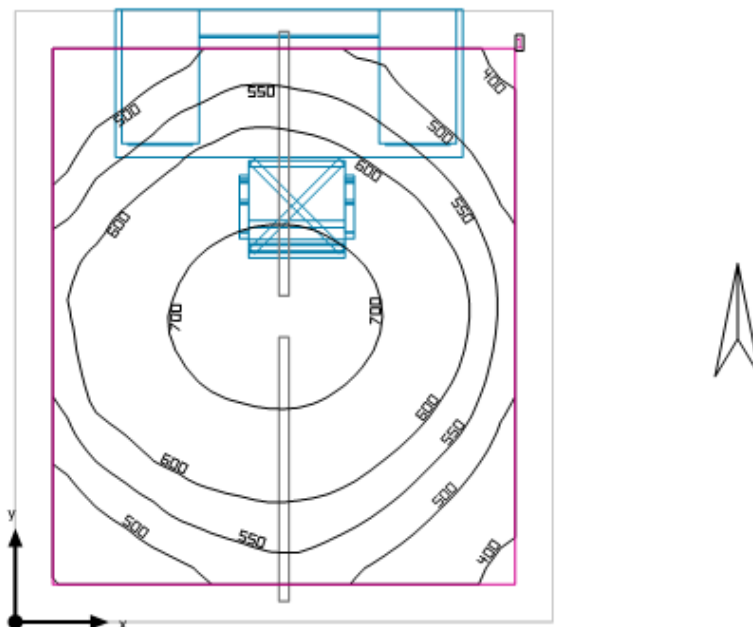
Ειδική τιμή σύνδεσης: 5.38 W/m<sup>2</sup> = 2.59 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 5.48 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 15 - 24 kWh/a από το πολύ 400 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

Παράδειγμα από γραφείο ιατρού:

Ιατρός1



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 56.3%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
 Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)  
 Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
 Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
 Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
 Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά  
 Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
 Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Ιατρός1)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.200 m	588 (≥ 500)	373	747	0.63	0.50

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
2 Philips - SM530C L1410 1 xLED43S/830 OC	4294	32.5	132.1
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	8588	65.0	132.1

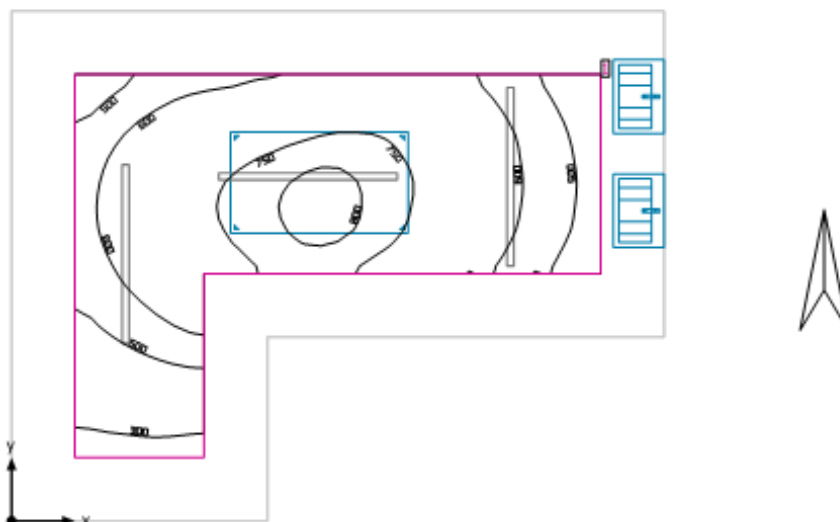
Ειδική τιμή σύνδεσης: 6.95 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 9.36 m<sup>2</sup>),  
 Ειδική τιμή σύνδεσης: 9.20 W/m<sup>2</sup> = 1.57 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 7.06 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 110 - 180 kWh/a από το πολύ 350 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

## Παράδειγμα κουζίνας:

### Κουζίνα2



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 52.2%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενιθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Κανονικά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.75

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Κουζίνα2)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	623 (≥ 500)	260	820	0.42	0.32

#	Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιμος φωτός [lm/W]
3	Philips - SM530C L1410 1 xLED43S/830 OC	4294	32.5	132.1
	Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	12882	97.5	132.1

Ειδική τιμή σύνδεσης: 6.03 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 16.16 m<sup>2</sup>).

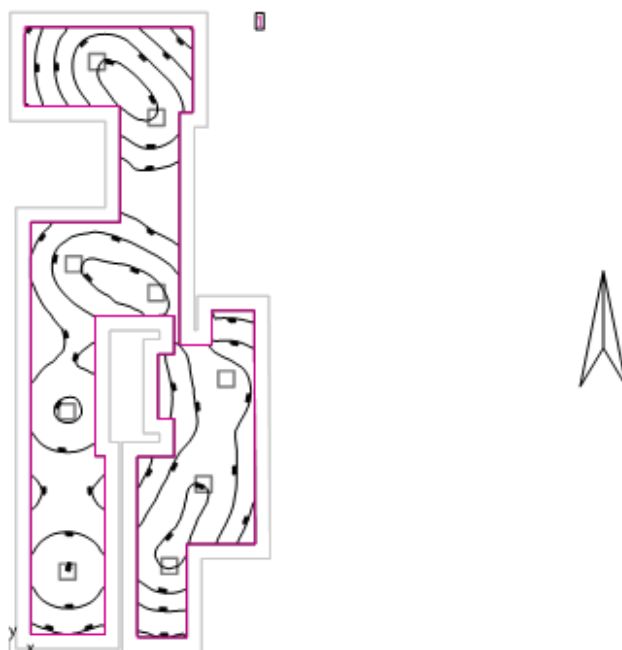
Ειδική τιμή σύνδεσης: 12.20 W/m<sup>2</sup> = 1.96 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 7.99 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 89 - 120 kWh/a από το πολύ 600 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

## Ενωτικός χώρος Β' ορόφου μεταξύ των δύο πτερύγων:

### ΕνωτικόΒ



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 69.6%, Τοίχοι 52.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενιθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

Συνθήκες περιβάλλοντος: Κανονικά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.75

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (ΕνωτικόΒ)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	181 (≥ 100)	73.8	269	0.41	0.27

#	Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφελος φωτός [lm/W]
9	Philips - SM461V W57L57 1xLED40S/830	3996	29.5	135.5
	Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	35964	265.5	135.5

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.85 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 143.44 m<sup>2</sup>),

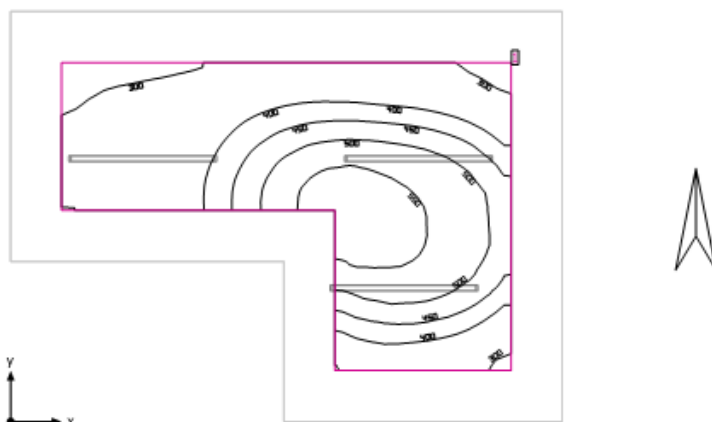
Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.76 W/m<sup>2</sup> = 1.52 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 96.21 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 240 - 290 kWh/a από το πολύ 5050 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

## Παράδειγμα από το γραφείο της προϊσταμένης:

### Γραφείο Προϊσταμένης2



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 59.1%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας  
 Τόπος: Athens (38.00° N 23.70° Δ)  
 Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός  
 Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)  
 Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>  
 Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά  
 Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ  
 Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας (Γραφείο Προϊσταμένης2)	Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) [lx] Ύψος: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	423 (≥ 200)	263	574	0.62	0.46

# Φωτιστικό	Φ(Φωτιστικό) [lm]	Ισχύς [W]	Ωφέλιος φωτός [lm/W]
3 Philips - SM530C L1450 1 xLED31S/830 OC	3096	22.0	140.7
Άθροισμα για όλα τα φωτιστικά	9288	66.0	140.7

Ειδική τιμή σύνδεσης: 3.76 W/m<sup>2</sup> (Βασική έκταση χώρου 17.54 m<sup>2</sup>),  
 Ειδική τιμή σύνδεσης: 7.25 W/m<sup>2</sup> = 1.72 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Έκταση του επιπέδου χρήσης 9.11 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 89 - 150 kWh/a από το πολύ 500 kWh/a

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξομειώσής τους.

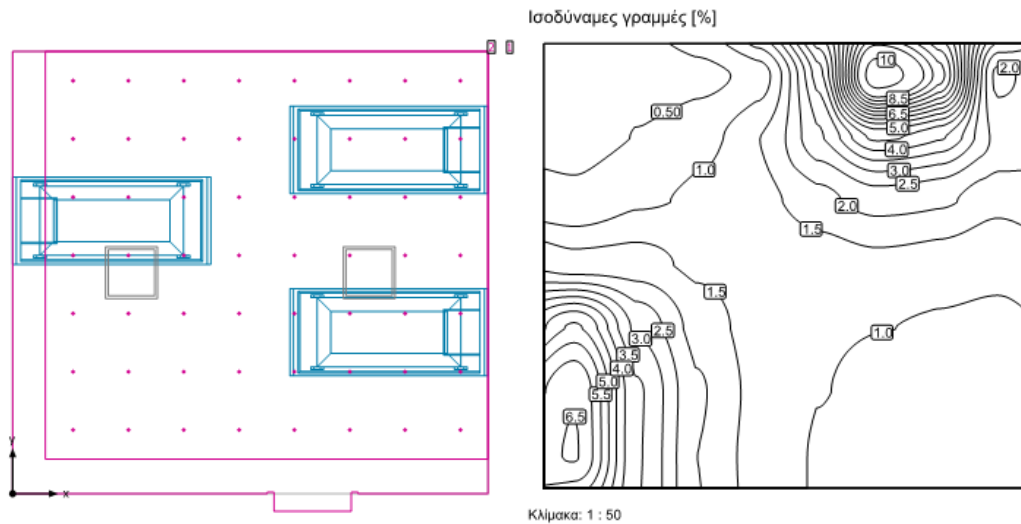
Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.



## Παράρτημα Β - Προσομοιώσεις στο DIALux για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Α' όροφος

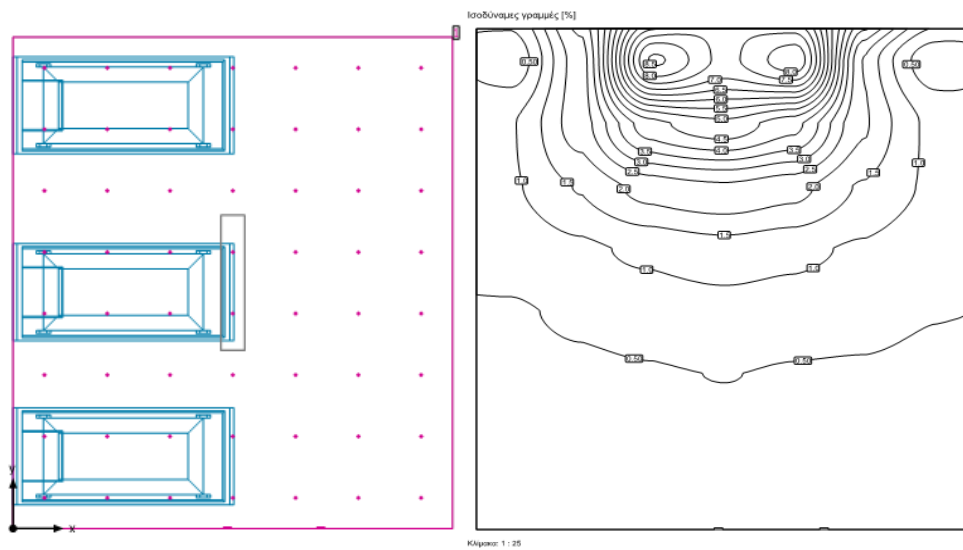
Room1



Γενικά

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επιφάνεια υπολογισμού 99	Λόγος φωτός ημέρας [%] Ύψος: 0.850 m	2.043	0.203	10.616	0.10	0.019

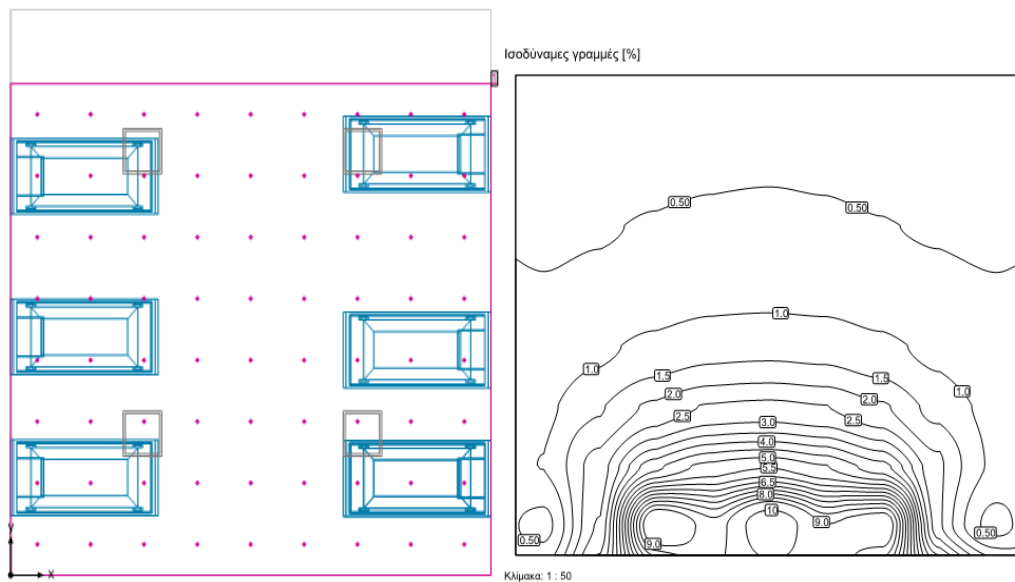
## Room2



### Γενικά

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επιφάνεια υπολογισμού 100	Λόγος φωτός ημέρας [%] Υψος: 0.850 m	1.402	0.181	8.591	0.14	0.023

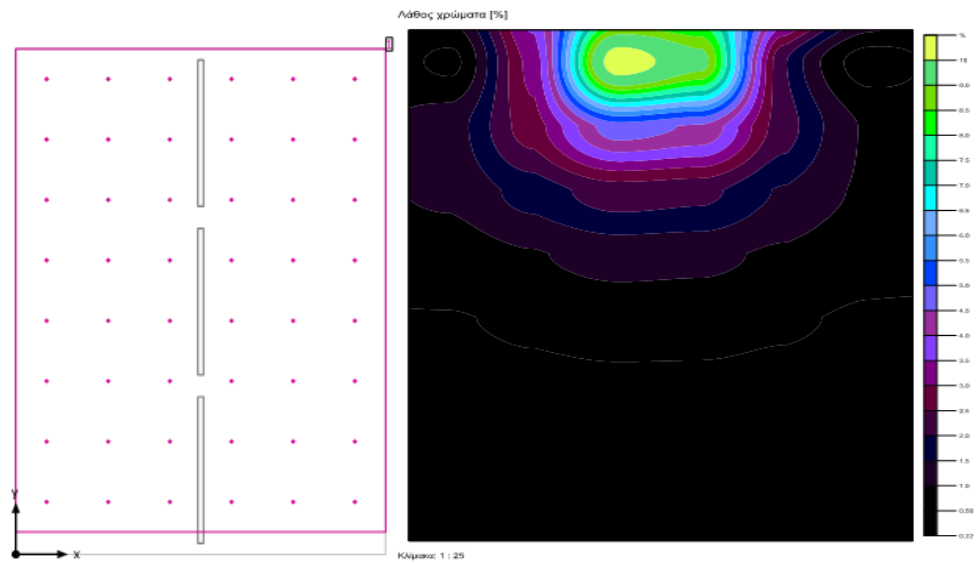
## Room9



### Γενικά

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επιφάνεια υπολογισμού 113	Λόγος φωτός ημέρας [%] Υψος: 0.850 m	1.771	0.310	10.860	0.17	0.028

## Kitchen1



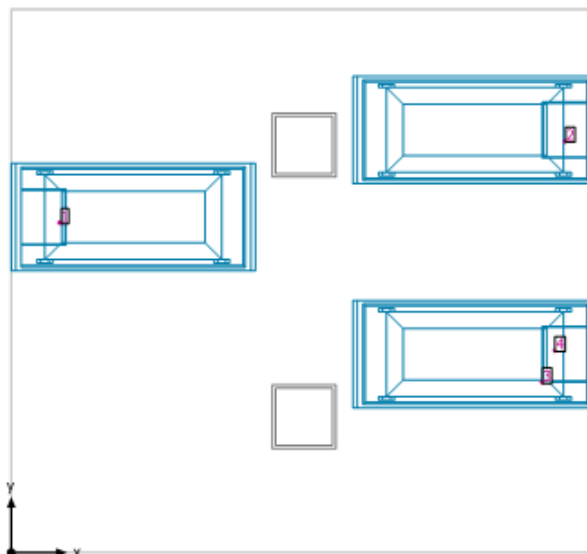
### Γενικά

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επιφάνεια υπολογισμού	104 Λόγος φωτός ημέρας [%] Υψος: 0.850 m	1.369	0.218	10.531	0.14	0.019

## Β' όροφος

Για το θάλαμο 1 του Β' ορόφου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το DF και τα επίπεδα θάμβωσης, τον έλεγχο αν το UGR είναι εντός ορίων στα κρεβάτια του θαλάμου.

### Θάλαμος1



## Αποτίμηση εκτύφλωσης

Σημεία

1 glare1

UGR

Μέγιστη εκτύφλωση για: 345°

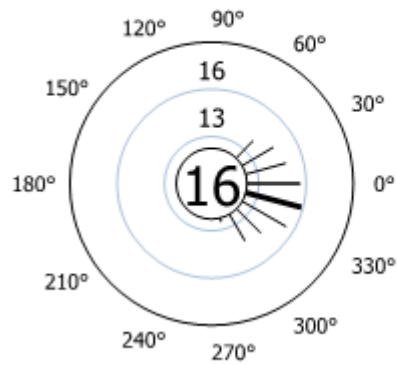
Max: 16.0

Οριακή τιμή: ≤19.0

Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 360°

Εύρος βήματος: 15°

Ύψος: 1.000 m



2 glare2

UGR

Μέγιστη εκτύφλωση για: 180°

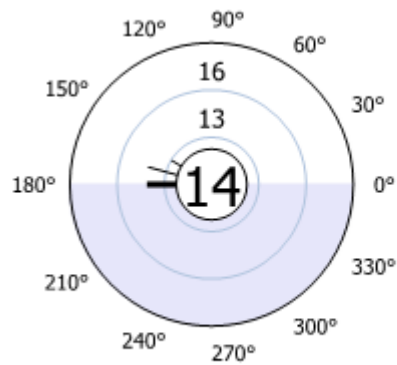
Max: 14.1

Οριακή τιμή: ≤19.0

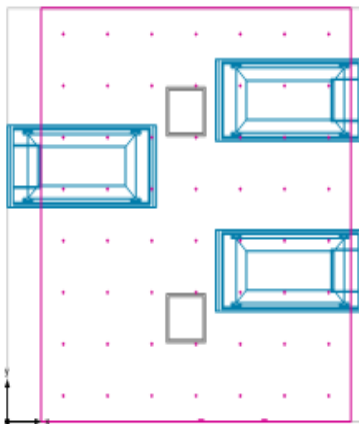
Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 180°

Εύρος βήματος: 15°

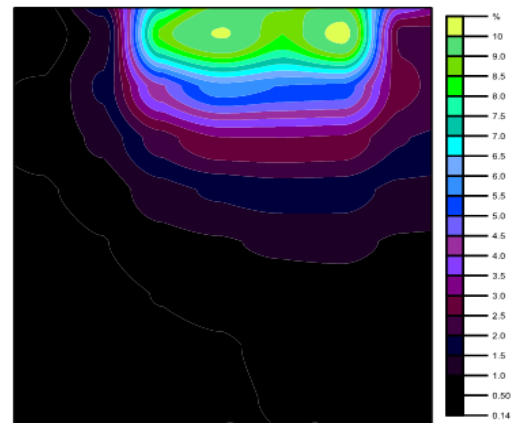
Ύψος: 1.000 m



Επιφάνεια υπολογισμού 19 / Φωτεινές σκηνές για τα τηλικά φωτός ημέρας / Λόγος φωτός ημέρας



Λάθος χρώματα [%]



Κλίμακα: 1 : 50

Επιφάνεια υπολογισμού 19: Λόγος φωτός ημέρας (Κάνναβος)

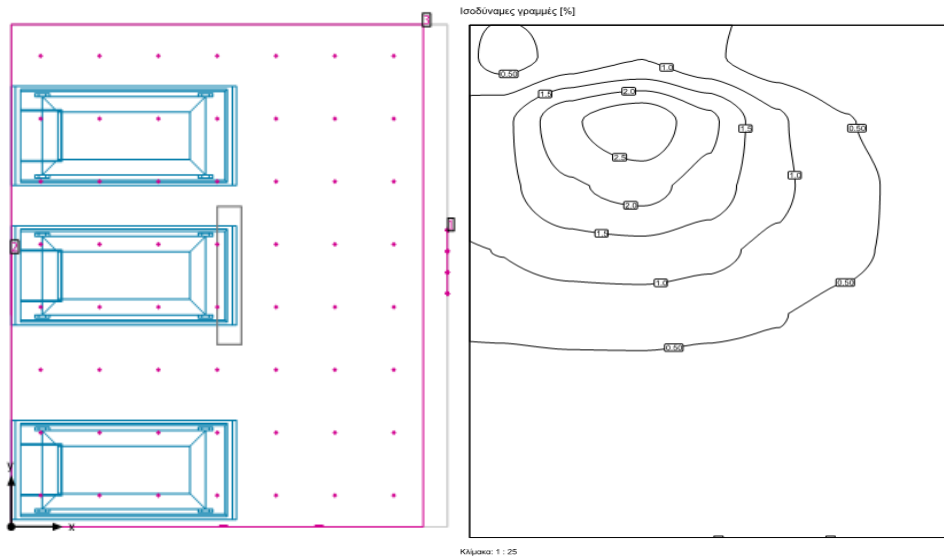
Φωτεινή σκηνή: Φωτεινές σκηνές για τα τηλικά φωτός ημέρας

Μέσος όρος: 1.895 %, Min: 0.138 %, Max: 10.385 %, Min/Μέσο: 0.053, Min/Max: 0.010

Ύψος: 0.850 m

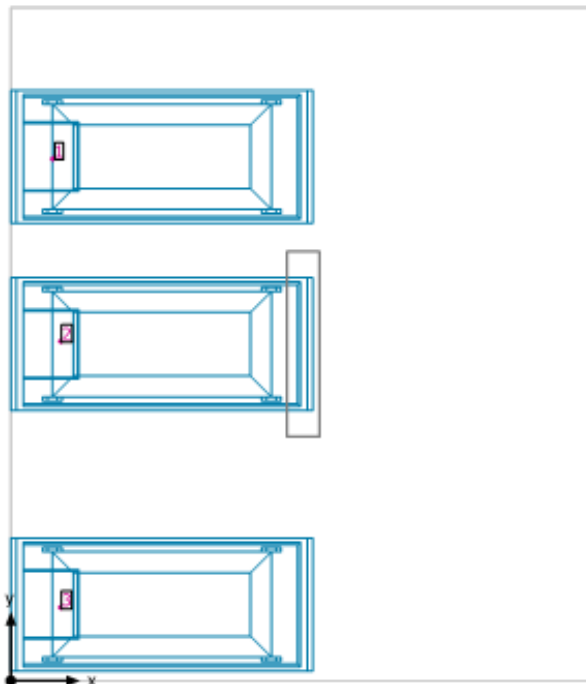
Για το θάλαμο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το DF και για τα σημεία υπολογισμού της θάμβωσης που είναι τοποθετημένα στα κρεβάτια στο ύψος του μαξιλαριού.

Θάλαμος 5



**Γενικά**

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
3 Επιφάνεια υπολογισμού	60 Λόγος φωτός ημέρας [%] Υψος: 0.000 m	0.672	0.079	2.878	/	0.034



## Αποτίμηση εκτύφλωσης

Σημεία

### 1 glare1

UGR

Μέγιστη εκτύφλωση για: 315°

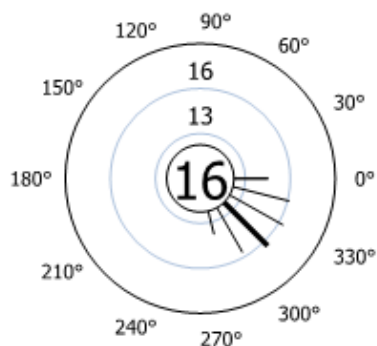
Max: 16.4

Οριακή τιμή:  $\leq 19.0$

Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 360°

Εύρος βήματος: 15°

Ύψος: 1.000 m



### 2 glare2

UGR

Μέγιστη εκτύφλωση για: 15°

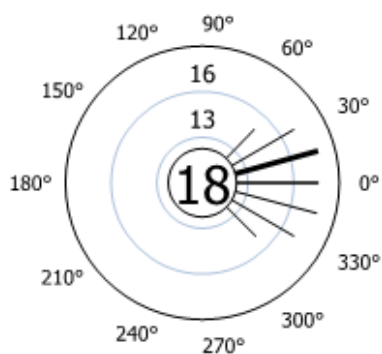
Max: 17.9

Οριακή τιμή:  $\leq 19.0$

Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 360°

Εύρος βήματος: 15°

Ύψος: 1.000 m



### 3 glare3

UGR

Μέγιστη εκτύφλωση για: 60°

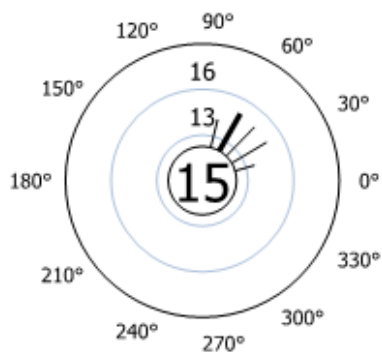
Max: 15.0

Οριακή τιμή:  $\leq 19.0$

Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 360°

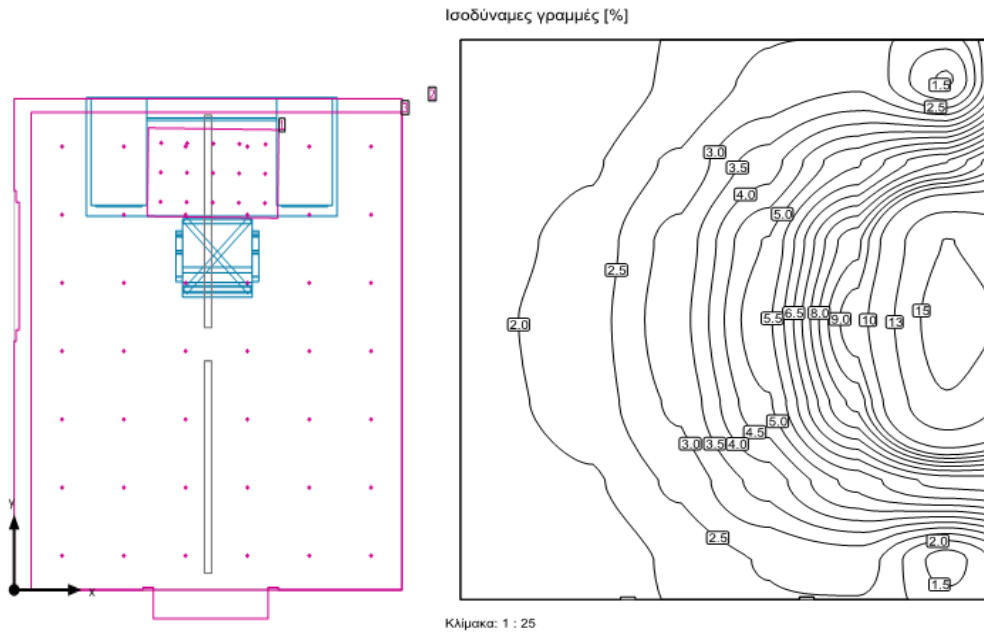
Εύρος βήματος: 15°

Ύψος: 1.000 m



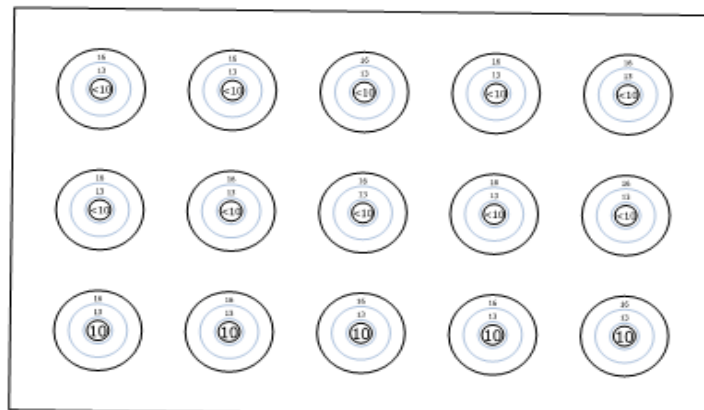
Για το ένα γραφείο του Ιατρού στο Β' όροφο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το DF και για τα σημεία υπολογισμού της θάμβωσης που είναι τοποθετημένα στο ύψος του γραφείου εργασίας.

Ιατρός1



Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
3 Επιφάνεια υπολογισμού 79	Λόγος φωτός ημέρας [%] Υψος: 0.850 m	4.212	1.295	16.123	0.31	0.081

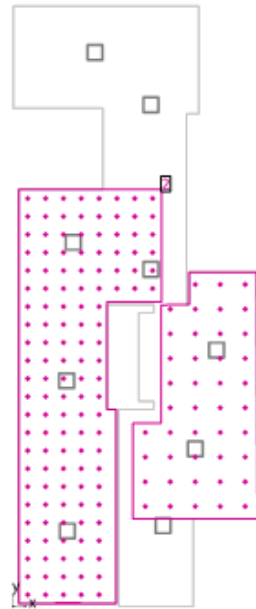
glare: UGR (Κάνναβος)  
Φωτεινή σκηνή: γενικό  
Μέγιστη εκτύφλωση για: 15°, Max: 10.2, Οριακή τιμή: ≤19.0, Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 360°, Εύρος βήματος: 15°, Υψος: 1.600 m



Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε χωρίς να ληφθούν υπόψη αντικείμενα και έπιπλα. Δεν υπολογίστηκε κανένα αποτέλεσμα στην επιφάνειά τους.

Για τον ενωτικό χώρο του Β' ορόφου μεταξύ των δύο πτέρυγων παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το για το DF στη ζώνη φυσικού φωτισμού του θαλάμου.

### ΕνωτικόΒ



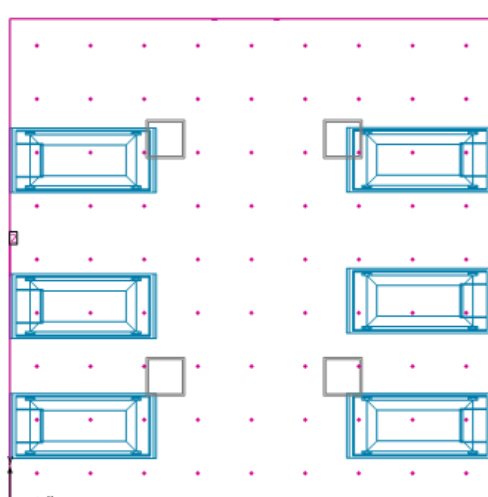
#### Γενικά

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσος όρος (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επιφάνεια υπολογισμού 77	Λόγος φωτός ημέρας [%] Ύψος: 0.850 m	0.777	0.085	5.957	/	0.017
2 Επιφάνεια υπολογισμού 78	Λόγος φωτός ημέρας [%] Ύψος: 0.850 m	0.518	0.009	6.338	/	0.00



Για το θάλαμο 11, που αποτελεί έναν από τους μεγάλους θαλάμους του Β' ορόφου, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το DF στη ζώνη φυσικού φωτισμού του θαλάμου, αλλά και οι τιμές για τη θάμβωση, από σημεία υπολογισμού που τοποθετήθηκαν στο μέσο των τοίχων που εφάπτονται με τα κρεβάτια.

Θάλαμος 11



Ύψος χώρου: 3.200 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 56.3%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Πληροφορίες φωτός ημέρας

Τόπος: Athens (38.00° Β 23.70° Δ)

Μοντέλο ουρανού: Συνεφιασμένος ουρανός

Ημερομηνία και ώρα: 21/3/2019 12:00 μμ (GTB Standard Time)

Πυκνότητα φωτεινότητας στο ζενίθ: 6830 cd/m<sup>2</sup>

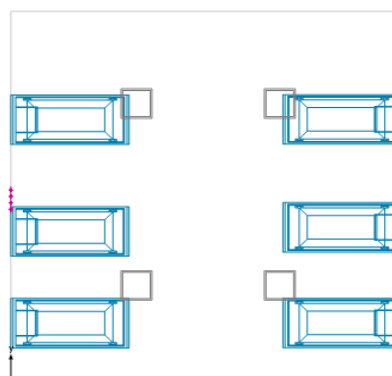
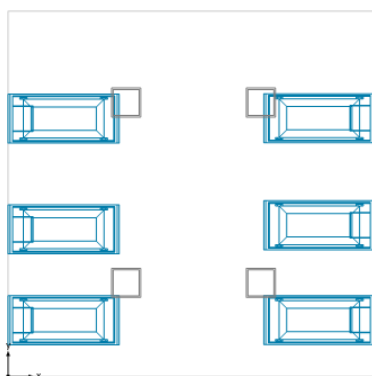
Συνθήκες περιβάλλοντος: Καθαρά

Κατηγορία ρύπανσης: Μεσαία έως μεγάλη κυκλοφορία, ποσότητα σκόνης κάτω από 600 μικρογραμμ./κ.μ

Συντελεστής ρύπανσης: 0.80

Επιφάνεια υπολογισμού 39 / γενικό / UGR

Επιφάνεια υπολογισμού 120 / γενικό / UGR



Επιφάνεια υπολογισμού 39: UGR (Κάνναβος)

Φωτεινή σκηνή: γενικό

Μέγιστη εκτύφλωση για: 15°, Max: 14.7, Οριακή τιμή: ≤19.0, Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 180°, Εύρος βήματος: 15°, Ύψος: 0.800 m

Επιφάνεια υπολογισμού 120: UGR (Κάνναβος)

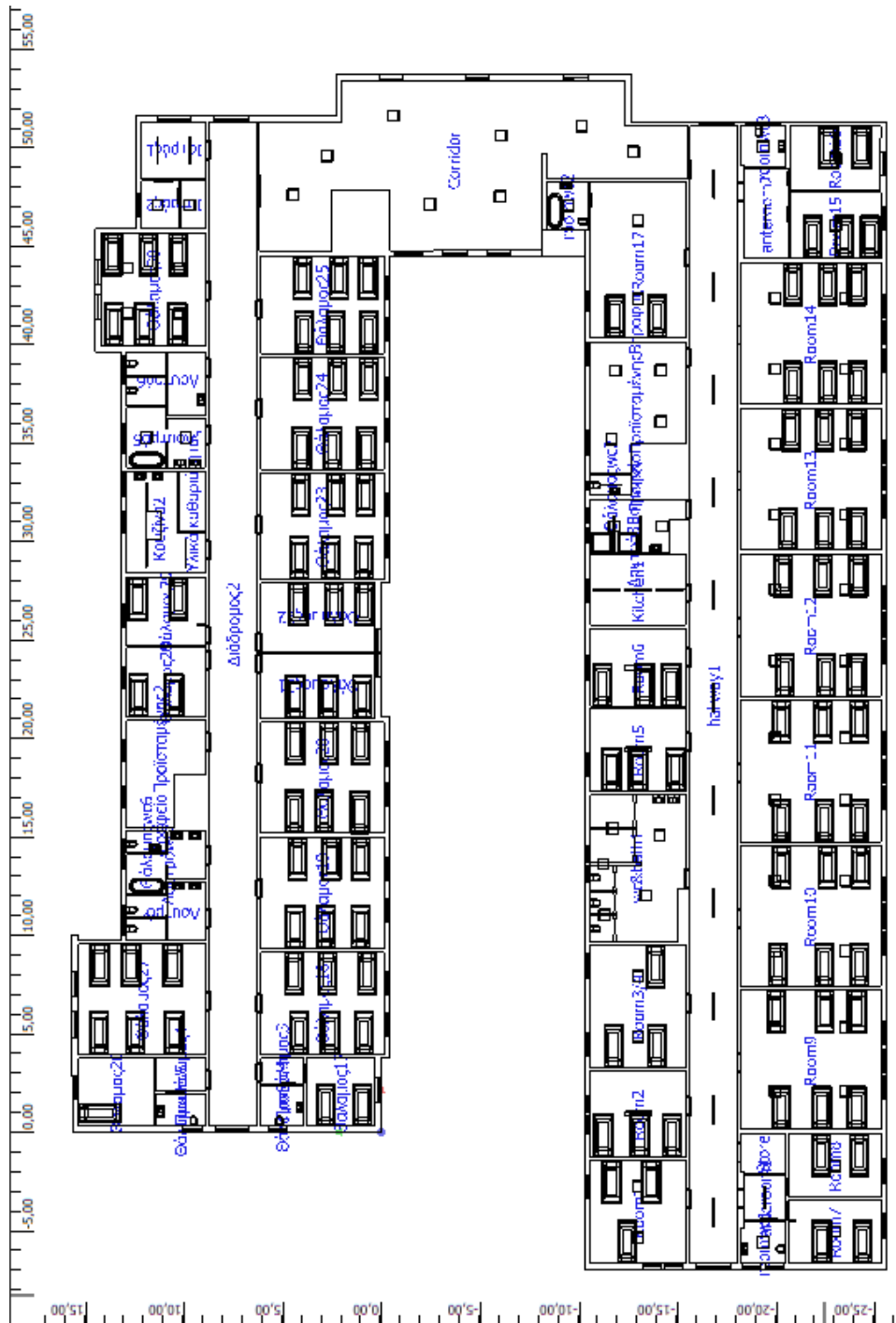
Φωτεινή σκηνή: γενικό

Μέγιστη εκτύφλωση για: 210°, Max: 14.0, Οριακή τιμή: ≤19.0, Περιοχή οπτικής γωνίας: 0° - 360°, Εύρος βήματος: 15°, Ύψος: 0.949 m

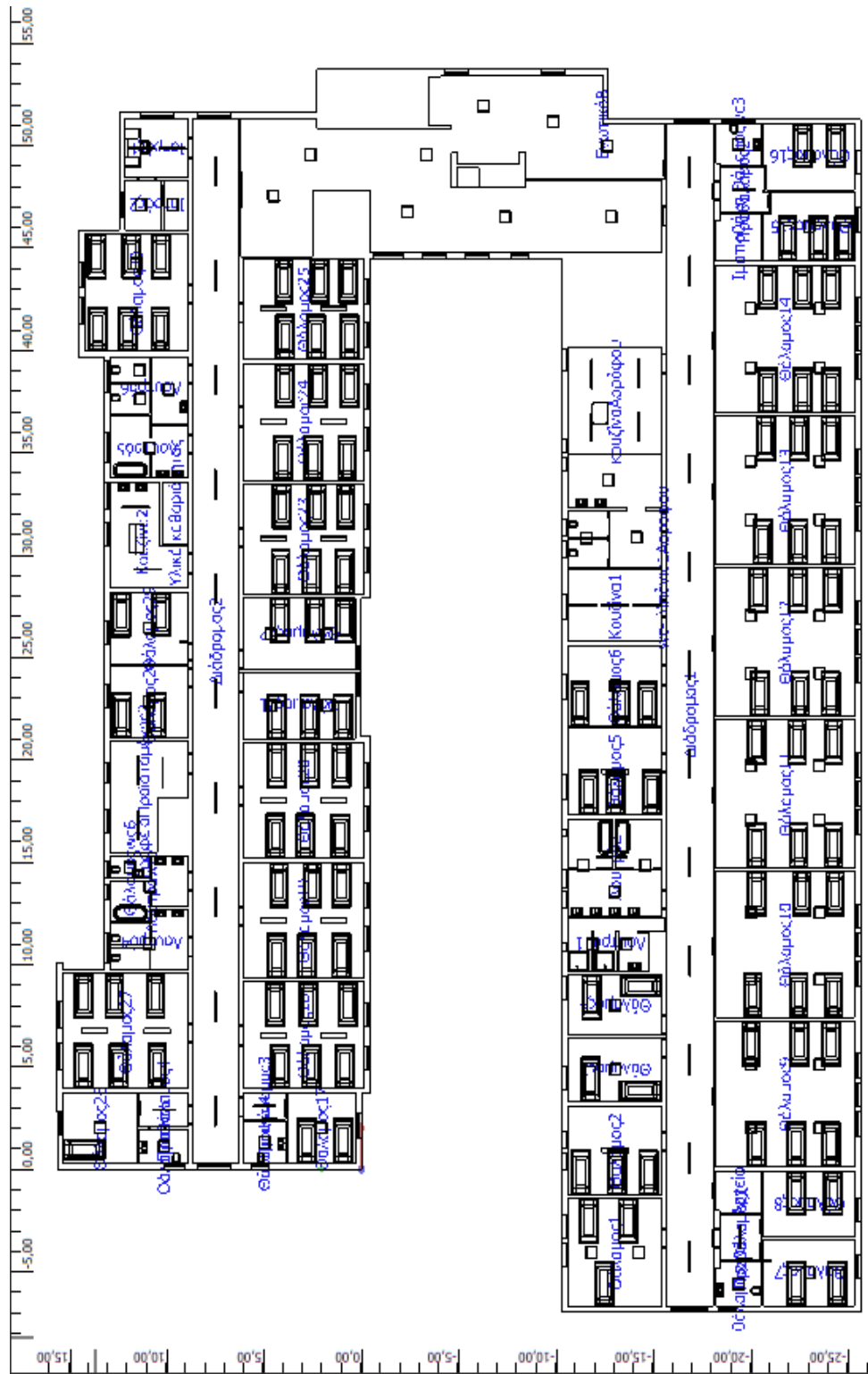


## Παράρτημα Γ – Σχέδια και τρισδιάστατη απεικόνιση χώρων του Ασύλου Ανιάτων (DIALux eno)

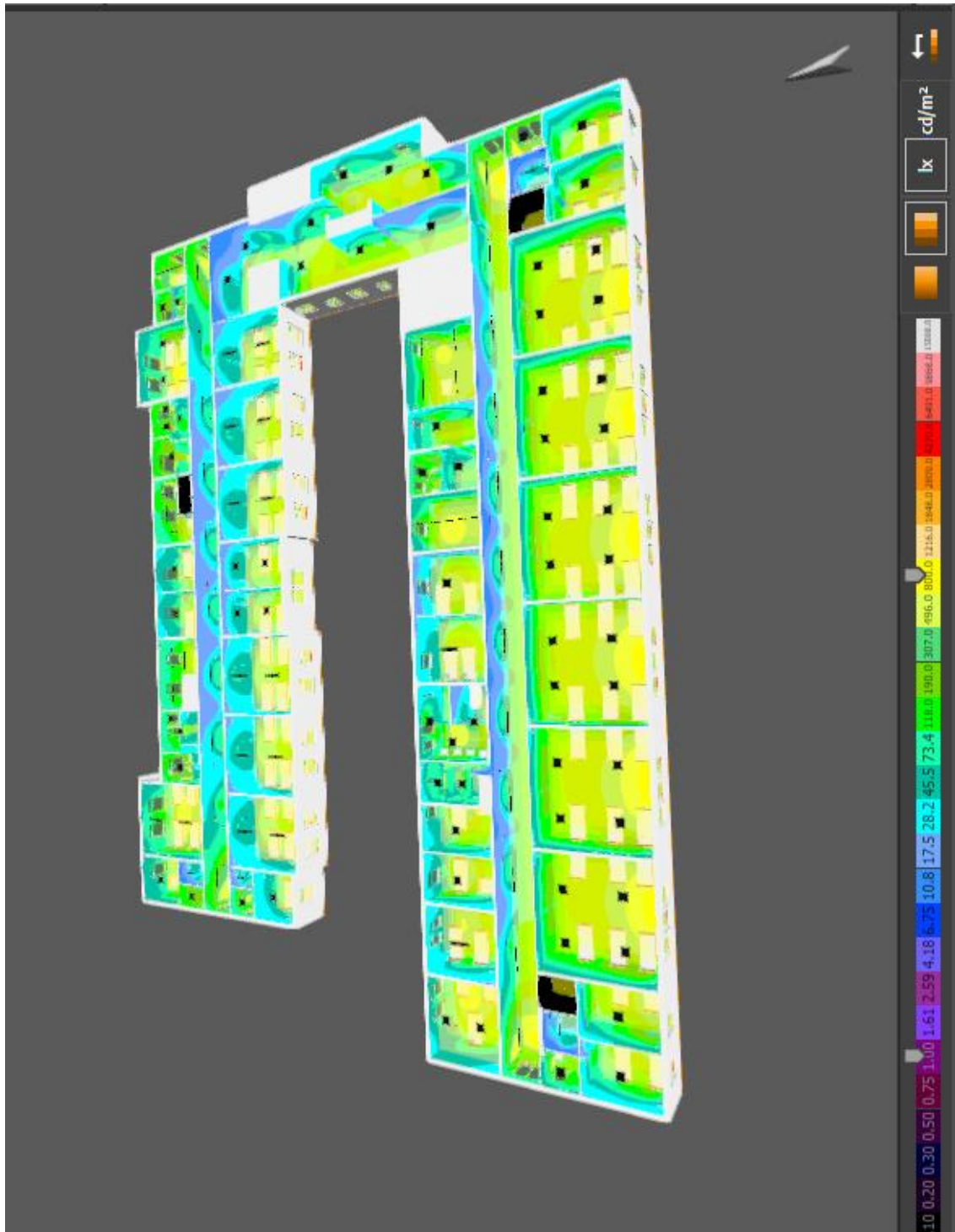
Αρχικά παρατίθενται οι κατόψεις των δύο ορόφων του Ασύλου Ανιάτων, όπως μελετήθηκαν στο λογισμικό DIALux eno.



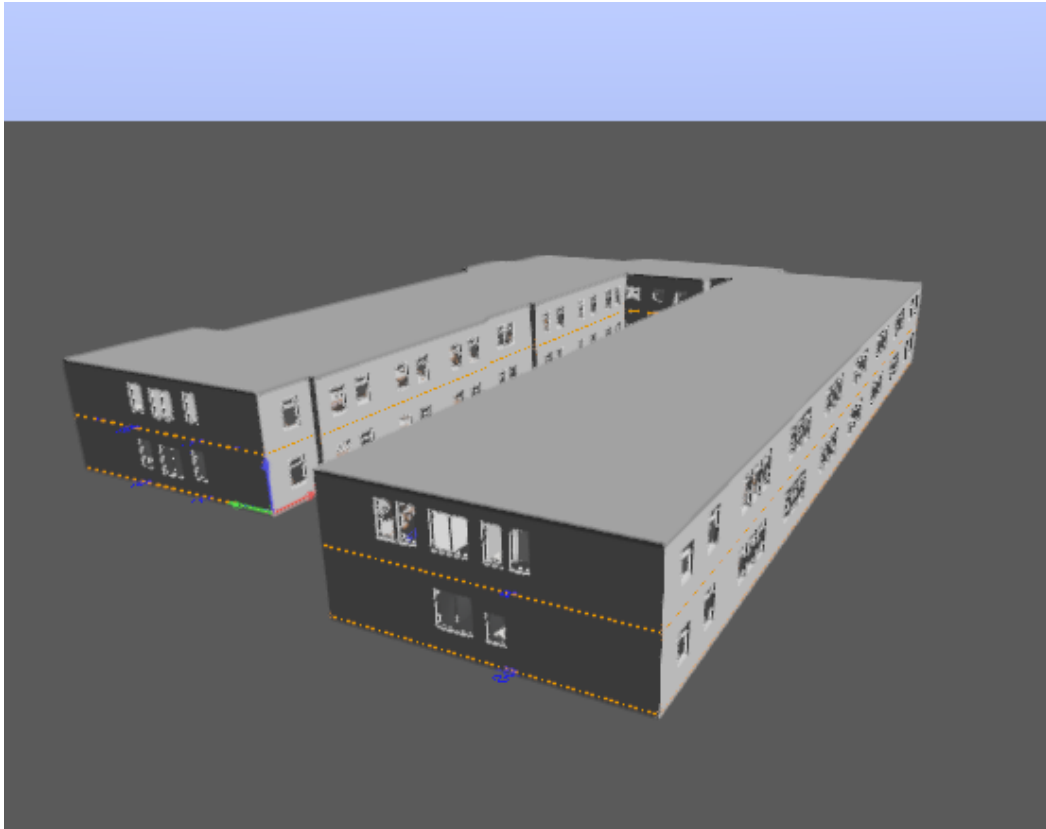
Εικόνα 0.1: Σχέδιο Α' ορόφου του Ασύλου Ανιάτων στο λογισμικό DIALux eno.



Εικόνα 0.2: Σχέδιο Β' ορόφου του Ασύλου Ανιάτων στο λογισμικό DIALux ενο.



Εικόνα 0.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση και λάθος χρώματα των χώρων του Β' ορόφου



Εικόνα 0.4: Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου μελέτης στο Άσυλο Ανιάτων στο λογισμικό DIALux ενο.



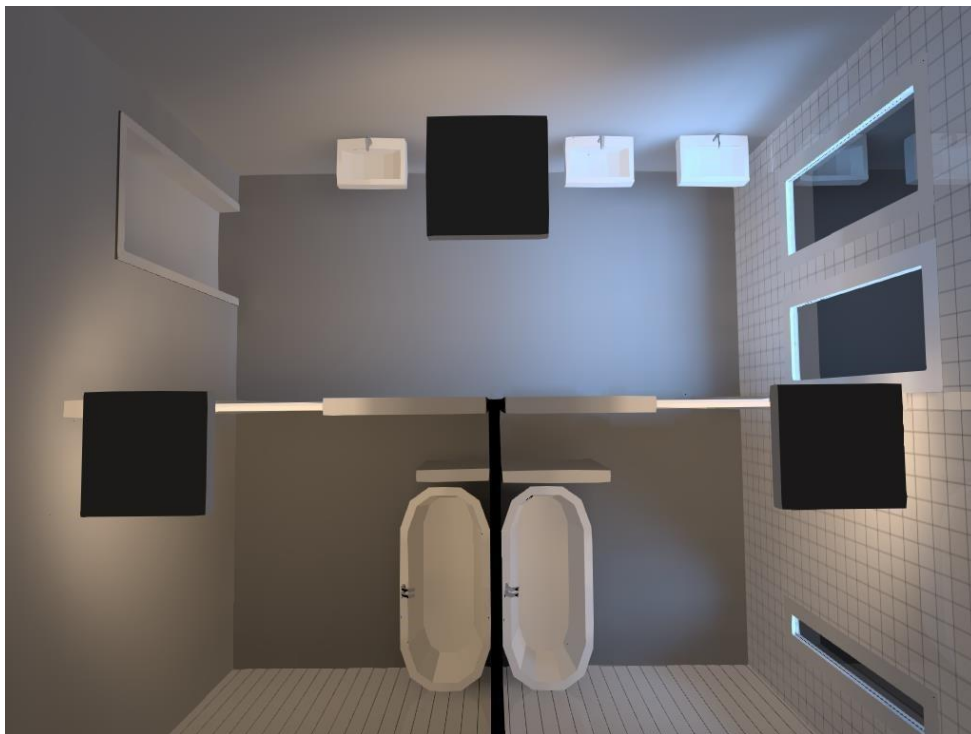
Εικόνα 0.5: 3d Απεικόνιση (raytracing) του θαλάμου 29 του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό.



Εικόνα 0.6: 3d Απεικόνιση (raytracing) του θαλάμου 1 του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό.



Εικόνα 0.7: 3d Απεικόνιση (raytracing) του θαλάμου 25 του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό.

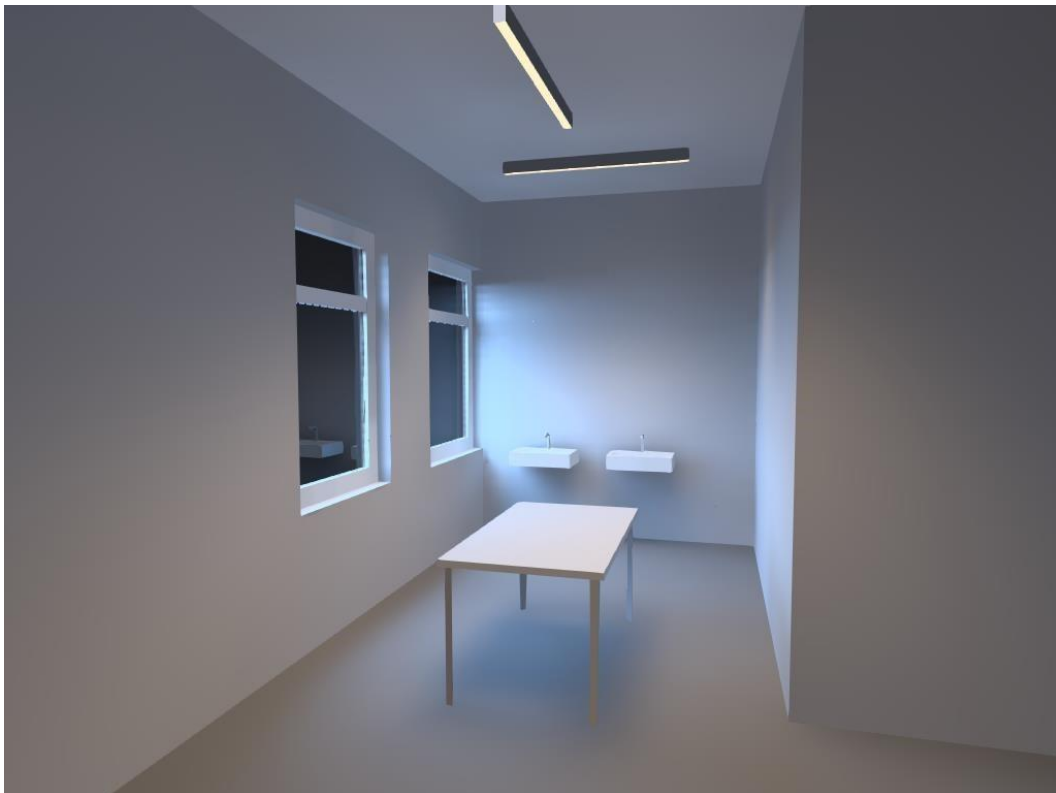


Εικόνα 0.8: 3d Απεικονίσεις (raytracing) ενός λουτρού του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό.





Εικόνα 0.9: 3d Απεικόνιση (raytracing) ενός ιατρείου του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό.



Εικόνα 0.10: 3d Απεικόνιση (raytracing) μιας κουζίνας του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό.



Εικόνα 0.11: 3d Απεικόνιση (raytracing) του ενωτικού χώρου του Β' ορόφου με φυσικό και τεχνητό φωτισμό

