



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

«Παθητική Πολυώροφη Κατοικία Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης Μέσω Βιοκλιματικής Σχεδίασης»



Διπλωματική Εργασία

Κικιδάκης Κωνσταντίνος

Επιβλέπων: Μαμάσης Ν., Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2022

Copyright © Κικιδάκης Κωνσταντίνος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, 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 στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς του συγγραφέα. Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Kikidakis Kotsantinos, 2022

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author. Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organization (L. 5343/1932, art. 202).

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 17 -
1.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	- 17 -
1.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	- 17 -
1.3	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	- 20 -
2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	- 22 -
2.1	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ.....	- 22 -
2.2	ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	- 22 -
2.2.1	<i>Παθητικό ηλιακό κέρδος θερμότητας</i>	<i>- 22 -</i>
2.3	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑΣ ΧΩΡΟΣ	- 25 -
2.3.1	<i>Περιβάλλοντας χώρος, προσανατολισμός κτιρίου και ηλιακή σκίαση</i>	<i>- 26 -</i>
2.4	ΑΕΡΙΣΜΟΣ – ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ – ΣΚΙΑΣΜΟΣ	- 26 -
2.4.1	<i>Φυσικός εξαερισμός.....</i>	<i>- 26 -</i>
2.4.2	<i>Φορτίο θέρμανσης.....</i>	<i>- 26 -</i>
2.5	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	- 28 -
2.5.1	<i>Ζώνη Φυσικού Φωτισμού</i>	<i>- 33 -</i>
2.7	ΒΕΜΣ	- 44 -
2.8	ΔΙΦΑΣΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	- 48 -
2.9	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	- 53 -
2.9.1	<i>Μονωτικά υλικά κτιρίων</i>	<i>- 53 -</i>
2.9.2	<i>Έξυπνα Κτίρια.....</i>	<i>- 54 -</i>
2.10	ΠΡΟΗΓΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ	- 60 -
2.10.1	<i>Ψυχρές στέγες.....</i>	<i>- 60 -</i>
2.10.2	<i>Πράσινοι τοίχοι.....</i>	<i>- 63 -</i>
2.11	ΑΠΕ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ.....	- 72 -
2.11.1	<i>Μέτρα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</i>	<i>- 72 -</i>
2.11.2	<i>Φωτοβολταϊκά.....</i>	<i>- 73 -</i>
2.11.3	<i>Ανεμογεννήτριες</i>	<i>- 78 -</i>
2.11.4	<i>Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ), ΣΗΘ από βιομάζα</i>	<i>- 80 -</i>
2.11.5	<i>Γεωθερμία</i>	<i>- 81 -</i>
3	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΟΤΕΕ17	- 84 -
3.1	ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ - ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	- 84 -
3.2	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	- 85 -
3.3	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ	- 86 -
3.4	ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	- 92 -
3.5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΚΙΑΣΜΟΥ.....	- 102 -
3.6	ΑΔΙΑΦΑΝΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ	- 110 -
3.6.1	<i>Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς.....</i>	<i>- 110 -</i>
3.7	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ	- 111 -
3.7.1	<i>Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών.....</i>	<i>- 111 -</i>
3.7.2	<i>Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων.....</i>	<i>- 113 -</i>
3.7.3	<i>Διαφανή δομικά στοιχεία (κουφώματα) σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή ηλιακούς χώρους.....</i>	<i>- 116 -</i>
3.8	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ, ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΖΝΧ	- 117 -
3.8.1	<i>Προδιαγραφές Τεχνικών Συστημάτων Θέρμανσης, Ψύξης, Κλιματισμού & Ζεστού Νερού Χρήσης - 117 -</i>	
3.8.2	<i>Συστήματα Θέρμανσης Χώρων</i>	<i>- 118 -</i>
3.8.3	<i>Συστήματα παραγωγής για την ψύξη χώρων.....</i>	<i>- 119 -</i>
4	ΣΕΝΑΡΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ.....	- 130 -
4.1	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 131 -
4.2	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	- 138 -
4.3	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ	- 145 -
4.4	ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	- 151 -
4.5	ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 152 -

5	ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	- 156 -
5.1	ΠΡΑΣΙΝΗ ΠΡΟΣΟΨΗ	- 157 -
5.2	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΜΕ ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	- 157 -
5.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΒEMS	- 161 -
5.4	ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	- 163 -
5.4.1	<i>Τοίχος Trombe</i>	- 163 -
5.4.2	<i>Σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας</i>	- 165 -
5.5	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΕ	- 167 -
5.5.1	<i>Γεωεναλλάκτης θερμότητας</i>	- 167 -
5.5.2	<i>Φωτοβολταϊκά πάνελ</i>	- 168 -
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	- 171 -
6.1	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	- 171 -
6.2	ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	- 172 -
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 173 -

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παθητική Πολυώροφη Κατοικία Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (NZEB)
Μέσω Βιοκλιματικής Σχεδίασης
Κικιδάκης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων: Μαμάσης Ν.)

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάλυση και ο σχεδιασμός ενός πολυώροφου κτιρίου με αξιοποίηση των βασικών αρχών βιοκλιματικού σε συνδυασμό με του παθητικού σχεδιασμού

Στο Πρώτο κεφάλαιο αναλύεται η παρούσα ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα καθώς επίσης περιγράφεται και το ενεργειακό πρόβλημα που δημιουργεί παγκόσμια προβλήματα όπως η ρύπανση τους περιβάλλοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης γίνεται ιστορική αναδρομή της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων που κατασκευάζονταν τις προηγούμενες δεκαετίες στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται όλα τα συστήματα που μπορούν να δώσουν παθητικό όπως και βιοκλιματικό χαρακτήρα στο κτίριο. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εστιάζει κυρίως στη γεωμετρία, στον περιβάλλοντα χώρο, στη δέντροφύτευση γύρω αλλά και πάνω στο κτίριο, στο διαμπερή αερισμό, στο σκιασμό των ευάλωτων προσανατολισμών και στην αξιοποίηση του φωτός και της θερμότητας του ήλιου. Από την άλλη μεριά, ο παθητικός σχεδιασμός αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου, με χρήση προηγμένου κτιριακού κελύφους με σωστή μόνωση, με άριστη αεροστεγανότητα και προσαγωγή επαρκούς αέρα στο κτίριο μέσω μηχανικού αερισμού. Τέλος στον παθητικό σχεδιασμό κομβικό σημείο είναι τα συστήματα μέτρησης ενέργειας BEMS για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κτιρίου συνολικά.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παραθέτονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του υφιστάμενου κτιρίου και γίνεται η μελέτη ενεργειακής απόδοσης βάσει της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Αναλύονται οι ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές της ελληνικής ενεργειακής νομοθεσίας στα κτίρια. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται προδιαγραφές σκιασμού, αδιαφανών και διαφανών επιφανειών καθώς και τα διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας που συναντάμε σε κτίρια όπως ψύξη, θέρμανση και ζεστού νερού χρήσης.

Στο Τέταρτο Κεφάλαιο αφού έχει προηγηθεί η ανάλυση του κτιρίου βάση του KENAK, αναλύονται τα σενάρια για την δυνητική αναβάθμιση του κτιρίου και γίνονται οι απαραίτητες συγκρίσεις από τεχνικής αλλά και από οικονομικής άποψης με χρήση συντελεστών επικαιροποίησης του χρήματος. Τα σενάρια είναι τρία και αποτελούν συνδυασμούς εγκατάστασης φυσικού αερίου, γεωθερμίας και φωτοβολταϊκού. Η παραπάνω ανάλυση γίνεται βάση του ελληνικού κανονισμού.

Στο Πέμπτο Κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των τρόπων που μπορεί να αξιοποιηθεί ο βιοκλιματικός και ο παθητικός σχεδιασμός ενός κτιρίου, αναζητώντας τη βέλτιστη λύση από τη χρήση των πλεονεκτημάτων και των δύο κατασκευαστικών προσεγγίσεων. Γίνονται προτάσεις για την χρήση καινοτόμων συστημάτων όπως οι πράσινοι τοίχοι, θερμομονώσεις με προηγμένα υλικά, συστήματα BEMS, συστήματα εξαερισμού και εγκατάσταση ΑΠΕ στο υπάρχον κτίριο με σκοπό

να αναβαθμιστεί σε κατηγορία παραπάνω από A+ του ελληνικού κανονισμού, αλλά και να υιοθετηθούν κατασκευαστικές λύσεις που ήδη εφαρμόζονται σε άλλες χώρες ανά τον κόσμο.

Στο Έκτο Κεφάλαιο εξάγονται τα συμπεράσματα από όλα τα σενάρια των προηγούμενων κεφαλαίων και συγκρίνονται όλες οι προτάσεις ως προς την ευκολία υλοποίησης, από οικονομικής σκοπιάς, όπως επίσης και ως προς τα επιπλέον οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την υιοθέτηση αυτών των μεθόδων στο υπάρχον κτίριο, όπως η ποιότητα του αέρα, που προς το παρόν δεν υπεισέρχονται στον ελληνικό κανονισμό. Τέλος δίνονται κατευθύνσεις για επιπλέον βελτιώσεις της κατασκευής βάση των προηγούμενων συμπερασμάτων.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS

Kikidakis Konstantinos (supervised by Mamasis N.)

The object of this diploma thesis is the analysis and design of a multi-storey building by exploiting the basic bioclimatic principles in combination with passive design.

In the first chapter, this energy situation in Greece is analyzed as well as the energy problem that creates global problems such as environmental pollution and greenhouse phenomenon. It also becomes a historical review of the energy performance of buildings manufactured in the previous decades in Greece.

The second chapter describes all systems that can give passive as well as a bioclimatic character to the building. Bioclimatic planning focuses mainly on geometry, surrounding area, planting around and on the building, in the bright ventilation, in the shadow of vulnerable orientations and the use of light and heat of the Sun. On the other hand, passive planning aims to minimize the energy needs of a building using advanced building shell with proper insulation, with excellent airtightness and adequate air in the building through mechanical ventilation. Finally, the passive focal design is the BEMS energy measurement systems to optimize the operation of the building in total.

In the third chapter, the architectural plans of the existing building are listed and an energy efficiency study is made under the Technical Directive. T.O.T.E.E. 20701-1/2017. The minimum requirements and specifications of Greek energy legislation in buildings are analyzed. These include shadows, opaque and transparent surfaces as well as the various energy production systems we encounter in buildings such as cooling, heating and hot water.

In the fourth chapter after having previously analyzed the building base of the KENAK, the scenarios for potential upgrading of the building are analyzed and the necessary comparisons are made by a technical but also an economic point of view using money update rates. There are three scenarios and they are combinations applications of natural gas, geothermal and photovoltaic. The above analysis is based on the Greek Regulation.

In the fifth chapter, there is an analysis of the ways that can be exploited by the bioclimatic and passive design of a building, looking for the optimal solution from using the benefits of both constructional approaches. Proposals are made for the use of innovative systems such as green walls, hurrictions with advanced materials, BEMS systems, ventilation systems and installation RES in the existing building in order to be upgraded to a category above a + of the Greek regulation, but also to adopt a construction sole apply to other countries around the world.

In the sixth chapter, the conclusions from all the scenarios of previous funds are exported and all proposals are compared in terms of ease of implementation, from an economic point of view, as well as the extra benefits that can arise from the adoption of these methods in the existing building, Like air quality, currently not involved in the Greek regulation at present. Finally, guidelines are given for additional construction improvements based on previous conclusions.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον Καθηγητή μου Κο Νίκο Μαμάση για την καθοδήγηση και την υπομονή του σε αυτή την διπλωματική.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου και την κόρη μου Κωνσταντίνα, που με στηρίζουν, και τέλος ευχαριστώ την σύντροφο μου Ειρήνη που για εμένα είναι καθημερινή πηγή έμπνευσης και δημιουργίας.

*Κικιδάκης Κωνσταντίνος,
Μάρτιος 2022*

Υπόμνημα Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 2.1 ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΟ ILET DU CENTER (A) ΚΑΙ ENERPOS. ΚΑΙ ΣΤΑ ΔΥΟ ΚΤΙΡΙΑ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΥΠΟΓΕΙΑ ΠΑΡΚΙΝΓΚ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ. ΑΥΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΕΙ ΝΑ ΥΠΑΡΧΕΙ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ ΦΥΤΕΥΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΝΤΡΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΩΣΤΕ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ ΕΝΑ ΑΝΕΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ. <<ΠΗΓΗ: FRANÇOIS GARDE, 2017>>	- 24 -
ΣΧΗΜΑ 2.2 ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΝΗΣΙ REUNION (ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ, ΤΟΥ ΚΗΠΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ). <<ΠΗΓΗ: FRANÇOIS GARDE, 2017>>	- 24 -
ΣΧΗΜΑ 2.3 CIRCE, ΙΣΠΑΝΙΑ-ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΣΕ ΠΡΟΣΟΨΗ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗΝ ΣΤΕΓΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΕΝΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΩΜΑΤΙΟ ΜΕ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ ΣΕ ΟΛΑ ΤΑ ΔΩΜΑΤΙΑ ΚΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ. ΈΝΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΩΜΑΤΙΟ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ ΓΙΑ ΝΑ ΕΠΕΚΤΕΙΝΕΙ ΤΗΝ ΩΦΕΛΙΜΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΕ ΚΡΥΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>> ...	- 27 -
ΣΧΗΜΑ 2.4 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΧΩΡ ΣΤΗΝ ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ. Ο ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ, ΕΠΙΤΡΕΠΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΣΜΟ ΜΕΣΩ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΣΤΟΙΒΑΣ. ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΤΟ ΦΩΣ ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ ΕΠΙΣΗΣ ΣΥΜΒΑΛΕΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 27 -
ΣΧΗΜΑ 2.5 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΕΡΣΙΔΩΝ- ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 28 -
ΣΧΗΜΑ 2.6 ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 29 -
ΣΧΗΜΑ 2.7 ΤΥΠΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 30 -
ΣΧΗΜΑ 2.8 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΝΕΦΟΣΚΕΠΟΥΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΑΙΘΡΙΟΥ (ΔΕΞΙΑ) ΟΥΡΑΝΟΥ. ΆΞΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΙΘΡΙΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 31 -
ΣΧΗΜΑ 2.9 ΓΡΑΦΕΙΟ ΒΟΡΙΝΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΑΠΟ ΝΟΤΙΑ ΛΕΥΚΗ ΠΡΟΣΟΨΗ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 31 -
ΣΧΗΜΑ 2.10 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΩΝΙΑΣ ΕΜΠΟΔΙΟΥ ΠΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΦΦ ΟΥΡΑΝΟΥ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 32 -
ΣΧΗΜΑ 2.11 Ο ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΠΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ (ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΠΑΡΟΧΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ). - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 33 -
ΣΧΗΜΑ 2.12 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΑΘΟΥΣ ΖΦΦ. <<ΠΗΓΗ: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>	- 34 -
ΣΧΗΜΑ 2.13 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΖΦΦ <<ΠΗΓΗ: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>	- 34 -
ΣΧΗΜΑ 2.14 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΖΦΦ. <<ΠΗΓΗ: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>	- 35 -
ΣΧΗΜΑ 2.15 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΦΦ ΑΠΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ. <<ΠΗΓΗ: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>	- 35 -
ΣΧΗΜΑ 2.16 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΦΦ ΑΠΟ ΦΕΓΓΙΤΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΤΟ ΔΩΜΑ. <<ΠΗΓΗ: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>	- 36 -
ΣΧΗΜΑ 2.17 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΑΘΟΥΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΥΣ ΖΦΦ. <<ΠΗΓΗ: EN 15193:2007, 2007>>	- 36 -
ΣΧΗΜΑ 2.18 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΖΦΦ ΛΟΓΩ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΟΡΟΦΗΣ. <<ΠΗΓΗ: EN 15193:2007, 2007>>	- 37 -
ΣΧΗΜΑ 2.19 ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΠΡΕΚΙΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΤΗΣ ΖΦΦ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 37 -
ΣΧΗΜΑ 2.20 ΣΕΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΖΦΦ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΠΡΕΚΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ (ΔΕΞΙΑ). - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 38 -
ΣΧΗΜΑ 2.21 Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΖΦΦ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΨΗΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ. ΓΕΝΙΚΑ ΕΠΙΜΗΚΕΙΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΧΟΥΝ ΑΥΞΗΜΕΝΑ ΠΟΣΤΑ ΖΦΦ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 38 -
ΣΧΗΜΑ 2.22 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΧΩΡΩΝ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΟΤΙ ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΟΝΤΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ ΣΥΝΕΧΩΣ) ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 39 -
ΣΧΗΜΑ 2.23 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΟΨΗΣ ΕΙΝΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΖΦΦ (ΚΑΘΩΣ ΕΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΜΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ). <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 40 -

ΣΧΗΜΑ 2.24 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΑΙΘΡΙΟ. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΤΕ ΤΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΥΤΩΝ ΚΑΘ΄ΥΨΟΣ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 41 -
ΣΧΗΜΑ 2.25 Η ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ ΚΑΘΕ ΟΡΟΦΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 42 -
ΣΧΗΜΑ 2.26 ΧΡΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΑΙΘΡΙΟΥ. <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>	- 42 -
ΣΧΗΜΑ 2.27 ΤΥΠΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΕΜΣ. <<ΠΗΓΗ: ΜΠΕΛΛΟΣ, 2018>>	- 45 -
ΣΧΗΜΑ 2.28 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΕΜΣ. <<ΠΗΓΗ: ΜΠΕΛΛΟΣ, 2018>>	- 46 -
ΣΧΗΜΑ 2.29 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΟΙΧΩΝ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 48 -
ΣΧΗΜΑ 2.30 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 49 -
ΣΧΗΜΑ 2.31 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΦΑΣΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΚΕΛΥΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ ΚΑΙ ΤΗ ΝΥΧΤΑ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 50 -
ΣΧΗΜΑ 2.32 ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΙΑ ΜΕΡΑ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 51 -
ΣΧΗΜΑ 2.33 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΦΑΣΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 52 -
ΣΧΗΜΑ 2.34 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΕΝΟΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 53 -
ΣΧΗΜΑ 2.35 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΑΥΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΥΚΩΝ ΣΤΕΓΩΝ (ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ 37°C). <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 62 -
ΣΧΗΜΑ 2.36 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΕΓΚΛΟΒΙΣΜΟΥ ΚΑΘΕΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 64 -
ΣΧΗΜΑ 2.37 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΟΙΧΟΥ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 65 -
ΣΧΗΜΑ 2.38 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΟΙΧΟΥ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 65 -
ΣΧΗΜΑ 2.39 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 67 -
ΣΧΗΜΑ 2.40 ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΑΠΤΥΣΟΜΕΝΟΣ ΣΕ ΤΣΟΧΑ ΚΑΙ ΑΔΡΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 68 -
ΣΧΗΜΑ 2.41 MUSEE DU QUAIBRANLY, JEAN NOUVEL/PATRIK BLANC, ΠΑΡΙΣΙ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 69 -
ΣΧΗΜΑ 2.42 CAIXA FORUM, HERZOG & DE MEURON/PATRIK BLANC, ΜΑΝΔΡΙΤΗ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 69 -
ΣΧΗΜΑ 2.43 ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ ΑΘΗΝΑΕUM, PATRICK BLANC, ΛΟΝΔΙΝΟ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 69 -
ΣΧΗΜΑ 2.44 OASIS D'ΑΒΟΥΚΙΡ, PATRIK BLANC, ΠΑΡΙΣΙ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 70 -
ΣΧΗΜΑ 2.45 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΠΟ ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ ΣΕ ΕΧΡΟ 2015, ΜΙΛΑΝΟ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 70 -
ΣΧΗΜΑ 2.46 BOSCO VERTICALE, STEFANO BOERI, ΜΙΛΑΝΟ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 71 -
ΣΧΗΜΑ 2.47 ΚΑΘΕΤΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 71 -
ΣΧΗΜΑ 2.48 ΒΑΡΝΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΕΓΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΟ SAINT-PIERRE, REUNION ISLAND, ΓΑΛΛΙΑ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 74 -
ΣΧΗΜΑ 2.49 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΕ ΔΩΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 75 -
ΣΧΗΜΑ 2.50 ΠΛΗΡΩΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΡΣΕ ΟΡΟΦΕΣ PLUS ENERGY ΣΥΝΟΙΚΙΑΣ, FREIBURG, ΓΕΡΜΑΝΙΑ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 76 -
ΣΧΗΜΑ 2.51 ΠΛΗΡΩΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΣΕ ΤΟΙΧΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΒΡΣΕ ΣΧΟΛΕΙΟ ΣΤΟ LIMEIL-BREVANNES, ΓΑΛΛΙΑ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 76 -
ΣΧΗΜΑ 2.52 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΜΕ ΣΚΙΑΣΜΟ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 77 -
ΣΧΗΜΑ 2.53 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΣΕ ΣΤΕΓΗ ΣΤΟΝ ΚΑΝΑΔΑ (Α) ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΣΟΨΗ ΝΟΤΙΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ (Β) ΤΟΜΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>> ..	- 78 -
ΣΧΗΜΑ 2.54(A) ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΑ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ΣΕ ΟΡΟΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ, (Β) ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΑ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ΣΕ ΟΡΟΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΣΑΡΑΓΟΣΑ, ΙΣΠΑΝΙΑ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 80 -
ΣΧΗΜΑ 2.55 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΣΕ ΤΟΙΧΟ. <<ΠΗΓΗ RACHESCO ET AL, 2013>>	- 81 -
ΣΧΗΜΑ 3.1 Όψεις και Προοπτικά Κτιρίου	- 86 -
ΣΧΗΜΑ 3.2 Ύψη Οροφών Κτιρίου	- 87 -
ΣΧΗΜΑ 3.3 Κατοψη 2 ^ο Οροφού	- 88 -
ΣΧΗΜΑ 3.4 Κατοψη 3 ^ο Οροφού	- 89 -
ΣΧΗΜΑ 3.5 Κατοψη 4 ^ο Οροφού	- 90 -
ΣΧΗΜΑ 3.6 Κατοψη 5 ^ο Οροφού	- 91 -
ΣΧΗΜΑ 3.7 Κατοψη 6 ^ο Οροφού	- 92 -

ΣΧΗΜΑ 3.8 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ - <<ΠΗΓΗ: ΚΕΝΑΚ, 2017>>	- 119 -
ΣΧΗΜΑ 4.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 137 -
ΣΧΗΜΑ 4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 144 -
ΣΧΗΜΑ 4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 151 -
ΣΧΗΜΑ 4.4 ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 155 -
ΣΧΗΜΑ 4.5 ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 155 -
ΣΧΗΜΑ 4.6 ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 155 -
ΣΧΗΜΑ 5.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΠΡΟΣΟΨΗΣ ΣΤΗ ΔΕΞΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	- 157 -
ΣΧΗΜΑ 5.2 ΑΔΥΝΑΜΑ ΣΗΜΕΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ. <<ΠΗΓΗ: HELLENIC PASSIVE HOUSE INSTITUTE, 2020>>	- 158 -
ΣΧΗΜΑ 5.3 ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑ ΜΠΑΛΚΟΝΙΩΝ. <<ΠΗΓΗ: HELLENIC PASSIVE HOUSE INSTITUTE, 2020>>.-	- 158 -
ΣΧΗΜΑ 5.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΦΑΣΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ. <<ΠΗΓΗ: HELLENIC PASSIVE HOUSE INSTITUTE, 2020>>	- 159 -
ΣΧΗΜΑ 5.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΟ. <<ΠΗΓΗ: HELLENIC PASSIVE HOUSE INSTITUTE, 2020>>	- 160 -
ΣΧΗΜΑ 5.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΕΝΑΚ Β ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ. <<ΠΗΓΗ: HELLENIC PASSIVE HOUSE INSTITUTE, 2020>>	- 160 -
ΣΧΗΜΑ 5.7 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΒΕΜΣ.....	- 161 -
ΣΧΗΜΑ 5.8 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α.....	- 162 -
ΣΧΗΜΑ 5.9 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ	- 164 -
ΣΧΗΜΑ 5.10 ΤΟΙΧΟΣ ΤΡΟΜΒΕ	- 164 -
ΣΧΗΜΑ 5.11 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	- 165 -
ΣΧΗΜΑ 5.12 ΤΥΠΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	- 166 -
ΣΧΗΜΑ 5.13 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	- 167 -
ΣΧΗΜΑ 5.14 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΝΕΛ.....	- 168 -
ΣΧΗΜΑ 5.15 ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΕΒΙΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	- 170 -

Υπόμνημα Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ. - <<ΠΗΓΗ: Α. ΤΣΑΓΚΡΑΣΟΥΛΗΣ, 2016>>.....	- 29 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>.....	- 50 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΥΝΟΤΗΤΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 55 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ. <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>.....	- 57 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (ΣΥΝΕΧΕΙΑ). <<ΠΗΓΗ: CASINI, 2016>>	- 58 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ. <<ΠΗΓΗ: ΤΟΤΕΕ, 2017>>	- 85 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ .	- 93 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΠΟ ΜΠΑΤΙΚΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΜΘΧ.....	- 94 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΟΚΩΝ, ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΑΕΡΑ	- 95 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΥΛΩΤΗΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ..	- 96 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΟΡΟΦΗΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ...	- 97 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΒΟΡΙΝΩΝ ΟΨΕΩΝ.....	- 98 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΟΨΕΩΝ.....	- 99 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΝΟΤΙΩΝ ΟΨΕΩΝ	- 100 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΥΤΙΚΩΝ ΟΨΕΩΝ.....	- 101 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	- 104 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ	- 105 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΟΨΗΣ 1	- 106 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΟΨΗΣ 2	- 107 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΟΨΗΣ 3	- 108 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΟΨΗΣ 4	- 109 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ U_w [$W/(M^2K)$] ΧΩΡΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΦΥΛΛΑ. <<ΠΗΓΗ: ΚΕΝΑΚ, 2017>>	- 114 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.18 ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ U_w [$W/(M^2K)$] ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΟΛΩΝ, ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΩΣ ΤΗΣ ΑΕΡΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΡΟΛΩΝ. <<ΠΗΓΗ: ΚΕΝΑΚ, 2017>>- 115 -	
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.19 ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ U_w [$W/(M^2K)$] ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΞΩΦΥΛΛΩΝ, ΑΔΙΑΦΟΡΩΣ ΤΗΣ ΑΕΡΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥΣ. <<ΠΗΓΗ: ΚΕΝΑΚ, 2017>>	- 116 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	- 121 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.21 ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ.....	- 122 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.22 ΣΥΣΤΗΜΑ ΖΝΧ	- 123 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.23 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	- 124 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.24 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	- 125 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.25 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	- 126 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.26 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	- 127 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.27 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	- 128 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.28 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	- 129 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 1ΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 131 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 132 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 1ΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 133 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 134 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 135 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 136 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 137 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2ΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 138 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 139 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 2ΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 140 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 141 -

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 142 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 143 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 144 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 3ΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 145 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.16 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 146 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 3ΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 147 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 148 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 149 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.20 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ	- 150 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 3 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	- 151 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	- 153 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.23 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΕΠΙΤΟΚΙΩΝ	- 154 -
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	- 156 -

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει το σχεδιασμό ενός πολυώροφου κτιρίου με αξιοποίηση των βασικών αρχών βιοκλιματικού κτιρίου σε συνδυασμό με του παθητικό σχεδιασμό. Περιγράφεται επιγραμματικά το ενεργειακό πρόβλημα που δημιουργεί παγκόσμια προβλήματα όπως η ρύπανση τους περιβάλλοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης γίνεται ιστορική αναδρομή της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων που κατασκευάζονταν τις προηγούμενες δεκαετίες στην Ελλάδα.

Επίσης, γίνεται ανάλυση των συστημάτων παθητικού και βιοκλιματικού σχεδιασμού στο κτίριο. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εστιάζει κυρίως στη γεωμετρία, στον περιβάλλοντα χώρο, στη δεντροφύτευση γύρω αλλά και πάνω στο κτίριο, στο διαμπερή αερισμό, στο σκιασμό των ευάλωτων προσανατολισμών και στην αξιοποίηση του φωτός και της θερμότητας του ήλιου. Από την άλλη μεριά, ο παθητικός σχεδιασμός αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου, με χρήση προηγμένου κτιριακού κελύφους με σωστή μόνωση, με άριστη αεροστεγανότητα και προσαγωγή επαρκούς αέρα στο κτίριο μέσω μηχανικού αερισμού. Τέλος στον παθητικό σχεδιασμό μεγάλης σημασίας είναι τα συστήματα μέτρησης ενέργειας BEMS για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κτιρίου συνολικά. Αναλύονται οι ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές της ελληνικής ενεργειακής νομοθεσίας στα κτίρια. Αφού έχει προηγηθεί η ανάλυση του κτιρίου βάση του KENAK, αναλύονται τα σενάρια για την δυναμική αναβάθμιση του κτιρίου και γίνονται οι απαραίτητες συγκρίσεις από τεχνικής αλλά και από οικονομικής άποψης με χρήση συντελεστών επικαιροποίησης του χρήματος και στη συνέχεια γίνεται ανάλυση των τρόπων που μπορεί να αξιοποιηθεί ο βιοκλιματικός και ο παθητικός σχεδιασμός ενός κτιρίου. Γίνονται προτάσεις για την χρήση καινοτόμων συστημάτων.

Τέλος, συγκρίνονται όλες οι προτάσεις ως προς την ευκολία υλοποίησης, από οικονομικής σκοπιάς, όπως επίσης και ως προς τα επιπλέον οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την υιοθέτηση αυτών των μεθόδων στο υπάρχον κτίριο και δίνονται κατευθύνσεις για επιπλέον βελτιώσεις της κατασκευής βάση των προηγούμενων συμπερασμάτων.

1.2 Περιγραφή ενεργειακού προβλήματος-Κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή συνιστά ένα παγκόσμιο φαινόμενο. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως, δεν παραπέμπει σε ένα απλό ή σύνηθες περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο προκαλείται για παράδειγμα από τα επίπεδα της θερμοκρασίας του αέρα που ολοένα και αυξάνονται ή από τη συστηματική εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Είναι γεγονός πως, η κλιματική αλλαγή δεν είναι συνυφασμένη μόνο με τις προφανείς περιβαλλοντικές συνέπειες που προκύπτουν, αλλά συνδέεται με άμεσο τρόπο και με το αναπτυξιακό μοντέλο της εκάστοτε χώρας ή περιοχής σε διεθνές επίπεδο. Αυτό συμβαίνει, διότι ποικίλοι παραγωγικοί τομείς επηρεάζονται τοιούτοτρόπως από την κλιματική αλλαγή. Ως εκ τούτου, καθίσταται αναγκαία η θεμελίωση και η ενίσχυση συγκεκριμένων μέτρων, προκειμένου αφενός να προληφθούν ή να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις της και αφετέρου να διατηρηθεί η δυναμική των παραγωγικών κλάδων. Ο συσχετισμός που παρατηρείται μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και του αναπτυξιακού μοντέλου είναι καθοριστικός κατά την εκπόνηση των σχεδίων προσαρμογής των αναπτυγμένων κρατών στη διαχείριση της κλιματικής αλλαγής. Η ορθή αξιολόγηση των αρνητικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο στη διαμόρφωση των μελετών προσαρμογής, οι οποίες δύνανται να είναι βραχυπρόθεσμες, μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. <<Πηγή: Κοροβέση, Α 2017>>

Ως αποτέλεσμα, τα καινά κλιματικά δεδομένα είναι απαραίτητο να αναλύονται και να επεξεργάζονται με σεβασμό και υπό το πρίσμα των επιστημονικών δεδομένων, και παράλληλα να παραπέμπουν στις αποκλίσεις που είναι πιθανό να παρατηρηθούν αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, και με γνώμονα την ακριβή αποτύπωσή τους και τη θέσπιση μέτρων για τη διαχείρισή της. Η διασφάλιση των προαναφερόμενων στοιχείων συνιστά πρωτεύουσα υποχρέωση και των επιστημόνων, προκειμένου η συναφής γνώση να προωθεί τον σχεδιασμό κοινωνικών και οικονομικών πολιτικών και συνάμα να μεταλαμπαδεύεται στους πολίτες που ενίοτε καθίστανται αποδέκτες πρόχειρων ή ελλιπών αξιολογήσεων της κλιματικής αλλαγής και των δυσμενών αποτελεσμάτων που αυτή επιφέρει σε διάφορους τομείς. Οι διευρυμένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου συνιστούν τον πρωταρχικό παράγοντα που επιδρά στην αύξηση της θερμοκρασίας στη Γη.

Πιο αναλυτικά, ο κλάδος της ενέργειας είναι παρών με ένα σημαντικό ποσοστό στις εκπομπές αερίων. Κατά συνέπεια, είναι αναπόφευκτη η τροποποίηση του υφιστάμενου ενεργειακού μοντέλου ή η μετάβαση σε ένα έτερο. Εντούτοις, η κλιματική αλλαγή είναι αναγκαίο να μην ερμηνεύεται αποκλειστικά και μόνο ως κίνδυνος αλλά και ως ευκαιρία. Η έγκαιρη παρατήρηση και επεξεργασία των χαρακτηριστικών της κλιματικής αλλαγής και ο συσχετισμός τους με το αναπτυξιακό μοντέλο ενός κράτους, προωθεί την προάσπιση των εμπλεκόμενων παραγωγικών τομέων και ως εκ τούτου και της αγοράς εργασίας, και τον εντοπισμό και την ανάπτυξη νέων κλάδων. Παράλληλα, η τακτική αυτή αναδεικνύει τον ρόλο που δύναται να διαδραματίσει ο εθνικός χωροταξικός σχεδιασμός, λειτουργεί υποστηρικτικά απέναντι στην Πολιτεία όσον αφορά τους μακροπρόθεσμους στόχους, προασπίζει το κοινωνικό κεφάλαιο και το ΑΕΠ, και τέλος καθιστά εμφανή τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που εμπύπτουν σε κάθε παραγωγικό τομέα. <<Πηγή: Ακαδημία Αθηνών, 2017>>

Διεθνώς, η κλιματική αλλαγή πιθανόν να επιδράσει αφενός στην ποσότητα της αναγκαίας ενέργειας και αφετέρου στη χωρική και χρονική κατανομή της. Οι ευρείες διαφοροποιήσεις των φορτίων που θα συντελεστούν ως αποτέλεσμα των τροποποιήσεων, θα επιφέρουν αλλαγές και στη χρεία για ενίσχυση των μονάδων παραγωγής, γεγονός που θα οδηγήσει σε αύξηση του κόστους της ηλεκτροπαραγωγής. Επιπλέον, οι υποδομές που αφορούν την ενέργεια, όπως για παράδειγμα οι μεταφορές, χαρακτηρίζονται από τρωτότητα σε σχέση με τις αρνητικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Το χαρακτηριστικό αυτό αναφέρεται σε ορισμένες ενεργειακές υποδομές, και ως επί το πλείστον εκείνες των ηλεκτρικών δικτύων, ενώ λειτουργεί επιδραστικά και στο σύνολο του ενεργειακού συστήματος. Αυτό σημαίνει πως, είναι αναγκαίο να προσμετρείται κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό. Ανάμεσα στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που αφορούν τις ενεργειακές υποδομές, συγκαταλέγονται και οι ακόλουθες:

- Η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων επιδρά στην παραγωγικότητα των υδροηλεκτρικών σταθμών, οι οποίοι σχεδιάζονται με γνώμονα τα ιστορικά δεδομένα που έχουν προκύψει αναφορικά με τους κλιματικούς παράγοντες. Ως εκ τούτου, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τη λειτουργία τους αλλά και την απόδοση και τη βιωσιμότητά τους.
- Τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως επίσης και τα κέντρα υψηλής τάσης αποτελούν υποδομές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ευαλωτότητα απέναντι σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Ακόμη, η άνοδος της στάθμης των θαλάσσιων υδάτων, επηρεάζει όχι μόνο τις παράλιες δικτυακές υποδομές αλλά και τις υποθαλάσσιες διασυνδέσεις.
- Ευάλωτες σε ακραία καιρικά φαινόμενα καθίστανται και οι υποδομές παραγωγής από ΑΠΕ, ως επί το πλείστον από αιολικά και σε δεύτερο βαθμό από ηλιακά πάρκα, μέσω της μετατροπής του αιολικού και ηλιακού δυναμικού ενός γεωγραφικού χώρου. Οι μεγάλες ταχύτητες ανέμου δύναται να επιφέρουν βλάβες στις ανεμογεννήτριες, εφόσον αυτές έχουν σχεδιαστεί υπό το πρίσμα διαφορετικών κλιματικών μοντέλων.

Από την άλλη πλευρά, οι μικρές ταχύτητες του ανέμου θέτουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα των αιολικών πάρκων.

- Η περιορισμένη διαθεσιμότητα υδάτων οδηγεί στη μείωση της ενεργειακής διαθεσιμότητας των θερμοηλεκτρικών μονάδων (πετρελαίου, λιγνίτη, πυρηνικά εργοστάσια, γεωθερμικά), οι οποίες ψύχονται από τα ύδατα των λιμνών και των ποταμών.
- Οι πετρελαϊκές εγκαταστάσεις, όπως για παράδειγμα τα διυλιστήρια και οι μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι, όπως και ορισμένες υποδομές φυσικού αερίου που εντοπίζονται σε παράκτιες ζώνες, είναι πιθανό να επηρεαστούν από την άνοδο της στάθμης των θαλάσσιων υδάτων.

Επιπρόσθετα, η κλιματική αλλαγή επενεργεί στα ενεργειακά αποθέματα και το ενεργειακό δυναμικό των ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας από υδροηλεκτρικά εργοστάσια είναι συνυφασμένη με τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων και κατά συνέπεια τον υδρολογικό κύκλο. Τα βιοκαύσιμα είναι τρωτά απέναντι στις μεταβολές των κλιματικών παραγόντων, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, η βροχόπτωση και τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα, δεδομένου πως αλλοιώνονται οι καλλιέργειες που αξιοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης και βιοντίζελ. Η μεταβολή που συντελείται στην περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας όσον αφορά τους υδρατμούς, καθώς και εκείνη που σχετίζεται με τη νεφοκάλυψη και τη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των νεφών, επιδρά καθοριστικά στην ατμοσφαιρική διαπερατότητα και ως αποτέλεσμα στην παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Οι προκείμενες αναδιαμορφώσεις δύνανται να αξιολογηθούν ως θετικές ή αρνητικές, ανάλογα με τις μεταβολές που προκύπτουν στους κλιματικούς παράγοντες κάθε περιοχής. Στην Νοτιοανατολική Ευρώπη, όπου εδράζεται και η Ελλάδα, οι επιστήμονες έχουν αποφανθεί πως η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών θα λειτουργήσει ευνοϊκά για την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά κατά 5,8%. <<Πηγή: Ακαδημία Αθηνών, 2017>>

Οικονομικά της Κλιματικής Αλλαγής

Με αφετηρία την Έκθεση της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ) της Τράπεζας της Ελλάδος, η Διακυβερνητική Διάσκεψη για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), έχει επισημάνει πως:

- Οι ανθρωπίνες δραστηριότητες υπολογίζεται πως έχουν επιφέρει άνοδο της θερμοκρασίας της Γης κατά περίπου 1,0°C, συγκριτικά με τα επίπεδα που υπήρχαν στην προβιομηχανική περίοδο, με ενδεχόμενο εύρος από 0,8°C έως 1,2°C. Η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να φθάσει σε 1,5°C μεταξύ των ετών 2030 και 2052, εφόσον συνεχίσει με τον ίδιο ρυθμό.
- Οι κίνδυνοι σχετικά με την υγεία, τους όρους διαβίωσης, την πρόσβαση σε πόσιμο νερό, την επισιτιστική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία, που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή, υπολογίζονται πως θα μεγιστοποιηθούν με την αύξηση της θερμοκρασίας και θα ενισχυθούν κατά 1,5°C. Η προοπτική αυτή είναι ακόμη πιο πιθανή, εφόσον η θερμοκρασία αυξηθεί κατά 2°C.
- Οι προαναφερόμενοι κίνδυνοι είναι συνυφασμένοι με το μέγεθος και τον ρυθμό της αύξησης της θερμοκρασίας, τη γεωμορφολογία, τον βαθμό ανάπτυξης και ευαλωτότητας κάθε περιοχής, όπως επίσης και από τις επιλογές και την υλοποίηση των μέτρων προσαρμογής και μετριασμού.
- Σημειώνεται πως υφίσταται ένα εκτεταμένο εύρος επιλογών διαχείρισης και προσαρμογής, το οποίο αναμένεται να περιορίσει τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής. Παρόλα αυτά, με το δεδομένο πως η θερμοκρασία της Γης θα αυξηθεί κατά 1,5°-2,0°C, για ορισμένα ανθρώπινα και φυσικά συστήματα, αναπτύσσονται περιορισμοί στις αποφάσεις και τις προοπτικές προσαρμογής, και ως εκ τούτου, ανάλογες απώλειες. Ο αριθμός και η διαθεσιμότητα των επιλογών προσαρμογής

ποικίλλουν ανά τομέα. Εκτιμάται ότι η όλη προσπάθεια των χωρών της παγκόσμιας κοινότητας να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, με βάση τους στόχους που έχουν θέσει στο πλαίσιο της συμφωνίας των Παρισίων τον Δεκέμβριο του 2015, θα έχει ως αποτέλεσμα οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως να μειωθούν και να φθάσουν τους 52-58 GtCO₂eq ετησίως το 2030. << Πηγή: Σταμπολής, 2014>>

Οι πρακτικές που υιοθετούνται για την ικανοποίηση των προαναφερόμενων επιδιώξεων, δεν θα δύναντο να αναστείλουν την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης κατά 1,5°C, έστω και εάν ενισχυθούν από συστηματική αύξηση της κλίμακας και των στόχων ελάττωσης των εκπομπών μετά το 2030. Η αποφυγή αποκλίσεων από τους στόχους και η μελλοντική ευρεία αξιοποίηση τεχνολογιών απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα (carbon dioxide removal – CDR), θα αναμενόταν να καταστούν πραγματοποιήσιμες, μόνο σε περίπτωση που οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ ξεκινήσουν να μειώνονται πολύ νωρίτερα του 2030. <<Πηγή: ΑΔΜΗΕ, 2018>>

Παράλληλα με τις στρατηγικές που ακολουθούνται για το κλίμα, προωθούνται αντίστοιχα και επιστημονικά – ερευνητικά εγχειρήματα, δεδομένου πως είναι απαραίτητη η εισαγωγή καινών ιδεών στον ενεργειακό κλάδο, προκειμένου οι τελευταίοι να αναδιαμορφωθούν. Οι ΑΠΕ αξιολογούνται ολοένα και περισσότερο ως εργαλείο που συντελεί καθοριστικά στη διαχείριση των αρνητικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, σε συνάφεια με την καλύτερη της ενεργειακής αποδοτικότητας. Επιδιώξεις και αναφορές στις ΑΠΕ υπάρχουν στην πλειοψηφία των 150 εθνικών στόχων, όπως αυτοί αναπτύχθηκαν υπό το πρίσμα της Συμφωνίας του Παρισιού και υποβλήθηκαν επίσης από τα συμμετέχοντα κράτη, σύμφωνα με όσα επισημαίνει ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA), σε τελευταία του Έκθεση. <<Πηγή: Ακαδημία Αθηνών, 2017>>

1.3 Ιστορική αναδρομή ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Από τα τέλη του 20ού αιώνα έως και τις μέρες μας, το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας καθορίζεται με βάση τις εκάστοτε ανάγκες της εθνικής οικονομίας, την ανάπτυξη των επιμέρους οικονομικών δραστηριοτήτων και ορισμένων κλάδων, τις καταναλωτικές συνήθειες που αξιοποιήθηκαν, αλλά και τις ευρωπαϊκές πολιτικές για την ενέργεια, το περιβάλλον και την ανάπτυξη. Είναι γεγονός πως, αρκετές επιδιώξεις, μελέτες και οράματα που εκπονήθηκαν κατά το παρελθόν, έχει υλοποιηθεί. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η κατάσταση του ενεργειακού ισοζυγίου στην Ελλάδα μεταξύ των ετών 1990 και 2016. Αυτό που παρατηρείται είναι πως, το φυσικό αέριο και οι ΑΠΕ, εξαιρουμένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών, απουσίαζαν από τον ενεργειακό συγκερασμό. Η Ελλάδα έχει επιτύχει την τελευταία τριακονταετία να διαφοροποιήσει σε μεγάλο βαθμό το ενεργειακό της ισοζύγιο, ενισχύοντας τοιούτο τρόπος με την ενεργειακή της ασφάλεια. Σχετικά με τη συνολική τελική κατανάλωση της χώρας, είναι αναγκαίο να υπογραμμιστεί πως το μερίδιο των ΑΠΕ άγγιξε το ποσοστό του 8% το 2016, ενώ από το 28% του μεριδίου του ηλεκτρισμού, περίπου ένα 5% παραπέμπει στις ΑΠΕ. Κατά συνέπεια, το συνολικό μερίδιο των ΑΠΕ διαμορφώνεται στο 13% της συνολικής τελικής κατανάλωσης. Με αφετηρία τα δεδομένα του ΥΠΕΝ, το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας ανήλθε σε 15,3% το 2016, ποσοστό που αντιστοιχεί σε αύξηση 50%, αναλογικά με το 2010. <<Πηγή: Ακαδημία Αθηνών, 2017>>

Στο ίδιο πλαίσιο, το μερίδιο της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ έφθασε στο 26,5% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2016, ενώ το μερίδιο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο 19% για το ίδιο έτος. Η ενίσχυση των μεριδίων είναι συνάρτηση της αύξησης της μη ελεγχόμενης παραγωγής ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, αιολικά), και της ελάττωσης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της τελευταίας

δεκαετίας. Η αξιοποίηση του λιγνίτη ουσιαστικά ήταν μια στρατηγική επιλογή, δεδομένου του γεγονότος πως συνιστά το κύριο εγχώριο καύσιμο, έστω κι αν χαρακτηρίστηκε σε μεγάλο βαθμό από τις σημαντικές αλλοιώσεις που επέφερε στο περιβάλλον. Η διευρυμένη εξάρτηση της Ελλάδας από τις εισαγωγικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την εμπορία αργού πετρελαίου και των συναφών προϊόντων, καθώς επίσης και οι μη προβλέψιμες και μη ελεγχόμενες αλλαγές στην τιμή τους, οδηγούν σε αβεβαιότητα αναφορικά με την εκπόνηση των ενεργειακών σχεδιασμών και την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού.

Η αξιολόγηση των τρεχουσών συνθηκών στην Ελλάδα, οδηγεί στο συμπέρασμα πως, υπάρχει ένα ευρύ σύνολο ιδιαιτεροτήτων και προκλήσεων που επιδρά στην υλοποίηση των εθνικών στρατηγικών για την ενέργεια. Στο ίδιο πλαίσιο, ο εντοπισμός και η αντίληψη των ελλειμμάτων της χώρας στους ενεργειακούς τομείς, καθώς επίσης και εκείνων που χαρακτηρίζονται από υψηλό δυναμικό, δύνανται να συντελέσουν καθοριστικά στην εκπόνηση ενός οδικού χάρτη για την ικανοποίηση των εθνικών επιδιώξεων, την ενίσχυση της εγχώριας αγοράς ενέργειας και τον περιορισμό της υψηλής ενεργειακής εξάρτησης.

Στο ίδιο πλαίσιο, μολονότι η αξιοποίηση του φυσικού αερίου διευρύνθηκε σημαντικά, στην πραγματικότητα αφορά ορισμένο μερίδιο της συνολικής τελικής κατανάλωσης και κείται μακριά από μέσα ευρωπαϊκά επίπεδα. Επιπλέον, η εισαγωγή των ΑΠΕ ενισχύθηκε τα τελευταία χρόνια, μέσω της υλοποίησης συγκεκριμένων πολιτικών στρατηγικών. Ωστόσο, αν και στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας οι εφαρμογές των ΑΠΕ πραγματώνονταν σε υψηλό επίπεδο, στην πορεία τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν ως υφεσιακά. Εντούτοις, εντοπίζονται προοπτικές βελτίωσης του θεσμικού πλαισίου και χρεία ενδυνάμωσης των αντίστοιχων υποδομών για την πρόσβαση και τον συσχετισμό των ΑΠΕ, καθώς επίσης και για τη διασφάλιση της ορθής λειτουργίας του εθνικού συστήματος που αφορά την ενέργεια, και μάλιστα σε καταστάσεις διευρυμένης εισροής ΑΠΕ.

Η ακολουθία κοινών ευρωπαϊκών στρατηγικών στον ενεργειακό κλάδο και ως επί το πλείστον σε σχέση με τις ανάγκες για μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου μετά τη Συμφωνία των Παρισίων, έχει καθορίσει σε μεγάλο βαθμό τις επιλογές και τις αποφάσεις που λαμβάνονται για τη μελέτη και τον σχεδιασμό του εθνικού ενεργειακού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, την τελευταία δεκαετία, η διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και στην τελική χρήση ενέργειας ενισχύεται. Παράλληλα, έχουν τεθεί σε εφαρμογή μέτρα και πολιτικές για την ικανοποίηση της ανάγκης εξοικονόμησης ενέργειας στα οικοδομήματα, αλλά και την προώθηση της συμπαραγωγής. Η Συμφωνία των Παρισίων, που διεξήχθη στις 12 Δεκεμβρίου 2015, ενέχει διεθνές αντίκτυπο για την κλιματική αλλαγή, δεδομένου πως στην πραγματικότητα συνιστά ένα σχέδιο δράσης για τη διατήρηση της ανόδου της θερμοκρασίας της Γης, προκειμένου να αποτραπεί η αναμενόμενη αύξηση κατά 2°C από το 2020 και έπειτα.

Σημειώνεται πως, η Ελλάδα παράγει μεγάλη ποσότητα λιγνίτη, η οποία καλύπτει ένα μεγάλο κομμάτι της ηλεκτροπαραγωγής. Ο λιγνίτης παραμένει το βασικό καύσιμο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αντικατοπτρίζοντας περίπου το ένα τρίτο της συνολικής παραγωγής. Ακόμη, σημαντική καθίσταται και η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, και ειδικότερα από υδροηλεκτρικά, φωτοβολταϊκά, αιολικά, γεωθερμία και βιοκαύσιμα. Όσον αφορά την παραγωγή φυσικού αερίου και πετρελαίου, είναι αμελητέα. Ως εκ τούτου, η χώρα υποχρεώνεται σε εκτεταμένη εισαγωγή πετρελαίου. Ο τομέας των μεταφορών είναι ο μεγαλύτερος στην κατανάλωση ενέργειας, και βασίζεται ως επί το πλείστον στα προϊόντα του πετρελαίου. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως, ένα μεγάλο μέρος πετρελαίου αξιοποιείται και για οικιακή χρήση, στη βιομηχανία αλλά και σε ποικίλες υπηρεσίες.

Όσον αφορά την οικιακή κατανάλωση πετρελαίου, αυτή αξιολογήθηκε ως υψηλότερη τα χρόνια που προηγήθηκαν της οικονομικής κρίσης. Πιο αναλυτικά, ελαττώθηκε κατά 62% κατά την περίοδο 2011-2014, ως αποτέλεσμα των αυξημένων τιμών του πετρελαίου θέρμανσης, του

μειωμένου εισοδήματος των νοικοκυριών και της διευρυμένης εισαγωγής του φυσικού αερίου στο πλαίσιο των ακολουθούμενων κυβερνητικών στρατηγικών. Η κατανάλωση ενισχύθηκε εκ νέου από το 2015 και έπειτα. Ακόμη, η Ελλάδα, σε αντιδιαστολή με άλλα κράτη, διαθέτει σημαντικό μερίδιο πετρελαίου που καταναλώνεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μάλιστα, η παραγωγή πετρελαίου το 2015, ανήλθε στο 11% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστώντας την ως την υψηλότερη στο σύνολο των χωρών μέλη του IEA. Αυτό συνέβη, διότι πολλά ελληνικά νησιά δεν είναι ακόμη συνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας, και κατά συνέπεια τροφοδοτούνται από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής που χρησιμοποιούν diesel και μαζούτ. Επισημαίνεται πως, το αργό πετρέλαιο που εισάγεται, διυλίζεται σε προϊόντα πετρελαίου σε εγχώρια διυλιστήρια, που ανήκουν στα ΕΛΠΕ, και βρίσκονται στον Ασπρόπυργο, στην Ελευσίνα και στη Θεσσαλονίκη και αντικατοπτρίζουν περίπου το 65% της συνολικής δυναμικότητας διύλισης, καθώς επίσης και σε εκείνο των Αγίων Θεοδώρων της Motor Oil, που παράγει το υπόλοιπο. Η ακαθάριστη παραγωγή διυλισμένων πετρελαϊκών προϊόντων εκτιμήθηκε σε 30,2 Mt το 2016. Η Ελλάδα εξήγαγε ένα μεγάλο μερίδιο, δεδομένου του περιορισμού της εγχώριας κατανάλωσης από το 2008. Οι συνολικές καθαρές εξαγωγές των προϊόντων του πετρελαίου, έφθασαν το 13,6 Mt το 2016, τα οποία η Ελλάδα προώθησε στην Ευρώπη. Η παραγωγή διυλισμένων πετρελαϊκών προϊόντων ενισχύθηκε κατά 57% την περίοδο 2011-2016 σε συνέχεια των έργων αναβάθμισης και διεύρυνσης που υλοποιήθηκαν. <<Πηγή: Ακαδημία Αθηνών, 2017>>

2 Ανάλυση και περιγραφή μεθόδων υλοποίησης βιοκλιματικού σχεδιασμού

2.1 Παθητικά μέτρα

Οι προσεγγίσεις παθητικού σχεδιασμού μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση και την άνεση ενός κτιρίου σημαντικά. Από μια μόνο αρχική επένδυση στο κόστος κατασκευής, που εφαρμόζονται παθητικά μέτρα που συμβάλλουν στην απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Οι παθητικές προσεγγίσεις θα πρέπει να αποτελούν τις αρχικές εκτιμήσεις στα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (Net ZEB: Net Zero Energy Building). Τα μέτρα απαριθμούνται ανά απαίτηση του κτιρίου που απευθύνονται. Θα γίνει φανερό ότι τα παθητικά μέτρα επηρεάζουν άμεσα: τα φορτία του μηχανολογικού και του ηλεκτρικού συστήματος- τα φορτία των πριζών, και τη συμπεριφορά των χρηστών. Για το λόγο αυτό συνιστάται ο σχεδιασμός Net ZEB να ξεκινά με παθητικό σχεδιασμό.

2.2 Παθητική αντιμετώπιση των απαιτήσεων θέρμανσης

Κατά την αντιμετώπιση των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου, οι παθητικές στρατηγικές είναι συνήθως προσανατολισμένες στη μεγιστοποίηση της ηλιακής θέρμανσης και την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας.

2.2.1 Παθητικό ηλιακό κέρδος θερμότητας

Το παθητικό ηλιακό κέρδος θερμότητας είναι ένα μέτρο σχεδιασμού που χρησιμοποιείται για την παθητική παροχή θερμότητας στα κτίρια με: την είσοδο της ηλιακής ενέργειας σε ένα κτίριο μέσω διαφανών επιφανειών, αποθηκεύοντας την ενέργεια αυτή χρησιμοποιώντας τη θερμική μάζα του κτιρίου (π.χ. τοίχοι από τούβλα, δάπεδα από σκυρόδεμα) και απελευθερώνει την ενέργεια αυτή ως θερμότητα κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου που εκτείνεται πέραν των ωρών του φωτός της ημέρας. <<Πηγή: François Garde, 2017>>

Ο προσανατολισμός του κτιρίου, η διάταξη και το μέγεθος/τοποθέτηση των παραθύρων είναι βασικά στοιχεία για την εφαρμογή αυτού του μέτρου. Η αξιοποίηση των ηλιακών κερδών πρέπει να σχεδιάζεται προσεκτικά, προκειμένου να χρησιμεύει ως σημαντική πηγή θέρμανσης όταν απαιτείται θέρμανση, αποφεύγοντας παράλληλα να αποτελεί πηγή υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια άλλων περιόδων του έτους. Αν και η ηλιοθερμική και τα BIPV/T (Building integrated photovoltaic and thermal) συστήματα μπορούν να συλλέγουν και να διανέμουν παθητικά την ηλιακή ενέργεια για σκοπούς θέρμανσης χώρων (π.χ. κτίριο Solar XXI), δεν αναφέρονται ως παθητικά μέτρα αλλά ως Μέτρα ανανεώσιμης ενέργειας.

Το Leaf House, μια πολυκατοικία στην Ιταλία, είναι ένα παράδειγμα χρήσης παθητικού ηλιακού σχεδιασμού για τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη (βόρειο ή νότιο ημισφαίριο) είναι δυνατόν να υπάρχουν σταθερές τέντες πάνω από τα παράθυρα επιτρέποντας στον χαμηλό ήλιο του χειμώνα να εισέρχεται στο κτίριο μέσω των παραθύρων όταν η θέρμανση είναι αναγκαία ενώ κατά τους θερμότερους μήνες εμποδίζει την είσοδο της ηλιακής ενέργειας στο κτίριο όταν ο ήλιος βρίσκεται σε υψηλή γωνία. Σε άλλα γεωγραφικά πλάτη, όπου οι γωνίες του ήλιου ποικίλλουν λιγότερο μεταξύ των εποχών, η κινητή σκίαση είναι απαραίτητη για την παροχή αυτής της λειτουργικότητας. Τα θερμικά ηλιακά κέρδη, μπορούν να προκαλέσουν γρήγορη και σημαντική αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Δεδομένου του υψηλού ποσοστού των κτιρίων που υιοθέτησαν αυτό το παθητικό μέτρο, δεν είναι έκπληξη η διαπίστωση ότι οι κύριες προσόψεις (με νότιο/βόρειο προσανατολισμό στα βόρεια/νότια ημισφαίριο) διαθέτουν μεγάλες επιφάνειες υαλοπινάκων με ηλιακή σκίαση, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το παθητικό ηλιακό θερμικό κέρδος. <<Πηγή: Francois Garde, 2017>>

Η αξιοποίηση των ηλιακών κερδών λειτουργεί ιδιαίτερα καλά σε συνδυασμό με συστήματα θέρμανσης που μπορούν να αντιδρούν γρήγορα στις μεταβολές της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας άλλες πηγές θέρμανσης ανάλογα με τις ανάγκες. Άλλα παθητικά μέτρα που συμβάλλουν στην αποτελεσματική παθητική είναι: προσανατολισμός του κτιρίου, προηγμένα τζάμια και θερμική μάζα (π.χ. τοίχοι από μπετόν, δάπεδα από σκυρόδεμα).

Αντιμετώπιση των απαιτήσεων ψύξης.

Τα παθητικά μέτρα που χρησιμοποιήθηκαν ειδικά από τα κτίρια που βρίσκονται σε περιοχή με ψυχρό κλίμα υιοθετούνται κυρίως για να δροσίσουν το κτίριο ή να αποφύγουν την υπερθέρμανση (επίσης υιοθετούνται και από κτίρια που βρίσκονται σε κλίμα θέρμανσης και ψύξης). Τα μέτρα ποικίλλουν από τα παραδοσιακά, όπως ο αερισμός και η ηλιοπροστασία, έως πιο σύνθετα, όπως τα συστήματα γεωσωλήνων. Όπως και άλλα παθητικά μέτρα, τα μέτρα αυτά ενσωματώνονται στο σχεδιασμό της δομής του κτιρίου.

Σε τροπικά κλίματα που βιώνουν θερμό καλοκαίρι, η βλάστηση είναι πρωταρχικής σημασίας. Η θερμική ετικέτα για κτίρια σε Ρεϊνιόν, PERENE, απαιτεί περιμετρική βλάστηση που εκτείνεται σε πλάτος τουλάχιστον τριών μέτρων γύρω από τα κτίρια, ώστε να αποφεύγεται η θέρμανση των κτιρίων ενώ εξωτερικός αέρας εισέρχεται στο κτίριο ώστε να γίνεται φυσικός αερισμός.

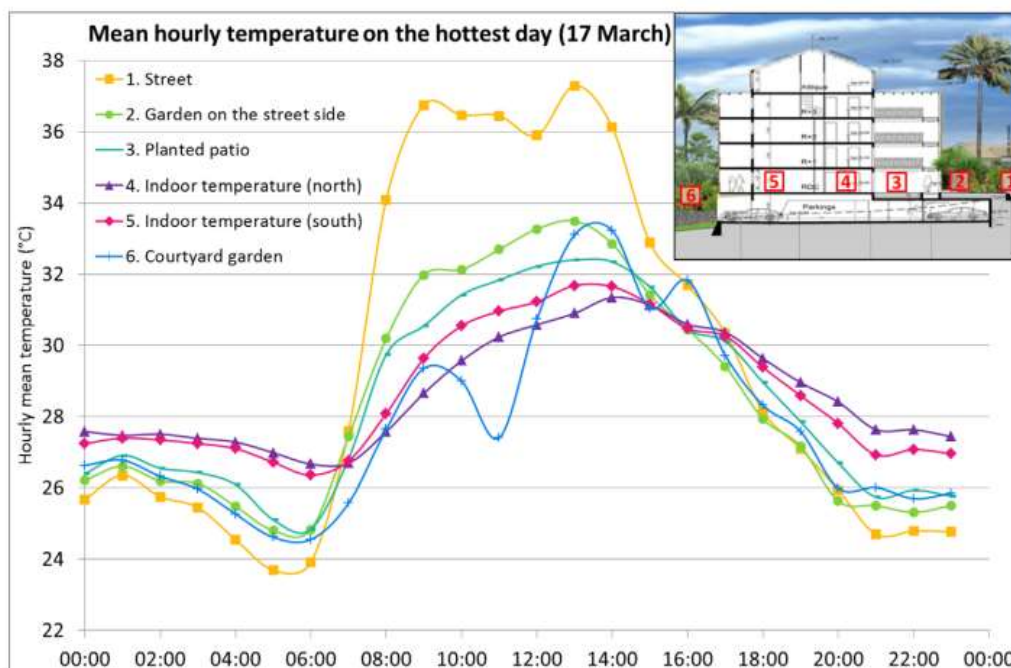
Συνηθίζεται η χρήση των αυτοφυών φυτών διότι δεν χρειάζονται πολύ νερό για να αναπτυχθούν και προσαρμόζονται σε ακραίες συνθήκες, όπως οι κυκλώνες (οι ρίζες είναι κατακόρυφες, επομένως το φυτό είναι ανθεκτικό στον άνεμο). Παραδείγματα χρήσης της βλάστησης του χώρου παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.1.

Στα γραφεία στο Ilet du Center (Σχήμα 2.1), δημιουργείται μια ζώνη προστασίας με τη χρήση ενός διπλού φλοιού από λωρίδες ξύλου και μια φυτεμένη περιοχή που δημιουργεί προστασία

από τη θερμότητα του δρόμου έξω. Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται η θερμοκρασία στο δρόμο, στο φυτεμένο αίθριο και στα γραφεία του Ilet du Center στο Saint-Pierre. Η σημασία της βλάστησης γύρω από ένα κτίριο καταδεικνύεται σαφώς από τη διαφορά θερμοκρασίας έως και 7 °C μεταξύ της εσωτερικής θερμοκρασίας και της αντίστοιχης μέγιστης εξωτερικής του δρόμου κατά τη διάρκεια μιας πολύ θερμής ημέρας του καλοκαιριού. <<Πηγή: Garde, 2017>>



Σχήμα 2.1 Βλάστηση του χώρου στο Ilet du Center (α) και ENERPOS. Και στα δύο κτίρια υπάρχουν υπόγεια πάρκινγκ αυτοκινήτων. Αυτό επιτρέπει να υπάρχει χώρος για φύτευση τοπικών φυτών και δέντρων γύρω από το κτίριο ώστε να δημιουργηθεί ένα άνετο μικροκλίμα. <<Πηγή: François Garde, 2017>>



Σχήμα 2.2 Αντίκτυπο της βλάστησης στη θερμική συμπεριφορά κτιρίου στο νησί Reunion (σύγκριση μεταξύ της θερμοκρασίας του δρόμου, του κήπου και του κτιρίου). <<πηγή: François Garde, 2017>>

Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη ποικιλία παραγόντων που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, προκύπτει ένα σημαντικό ερώτημα:

Υπάρχει ένα σύνολο μέτρων παθητικής και ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (δηλ. μέτρα σχεδιασμού) που έχουν καταγραφεί ως προς την επίτευξη ενός προκαθορισμένου επιπέδου μηδενικής ενεργειακής απόδοσης για συγκεκριμένο τύπο κλίματος και τυπολογία κτιρίου;

Η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι συχνά προφανής για ένα μεμονωμένο κτίριο για το οποίο πολλοί περιοριστικοί παράγοντες μπορούν να προσδιοριστούν. Με μια πρώτη ματιά, τα παραδείγματα σχεδιασμού αποδεικνύουν ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί δυνατοί συνδυασμοί του κτιριακού κελύφους, της απόδοσης των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και του επιτόπιου εξοπλισμού παραγωγής ενέργειας που μπορούν να επιτύχουν απόδοση Καθαρής Μηδενικής Ενέργειας.

Ωστόσο, ακόμη και σε αυτή την ευρέως ετερόκλητη ομάδα μη οικιστικών και οικιστικών κτιρίων, ορισμένοι συνδυασμοί είναι πιο συνηθισμένοι από άλλους. <<Πηγή: Francois Garde, 2017>>

Παρακάτω, παρουσιάζεται η μεθοδολογία για την ανάλυση των κτιρίωνμηδενικής ενέργειας. Οι βασικές αρχές παρουσιάζονται παρακάτω, συμπεριλαμβανομένων των πιθανών τρόπων με τους οποίους η ισορροπία μεταξύ φορτίου και της παραγωγής ενέργειας μπορεί να υπολογιστεί.

Οι θεμελιώδεις αρχές του σχεδιασμού κτιρίων υψηλής (ενεργειακής) απόδοσης συνοψίζονται ως εξής:

- Αξιολόγηση της παρεχόμενης και της πρωτογενούς ενέργειας και της απόδοσης (ισοζύγιο) του Net ZEB.
- Επιλογή και κατηγοριοποίηση κτιρίων ανάλογα με τη χρήση και τις περιφερειακές κλιματικές συνθήκες.
- Προσδιορισμός γενικών στρατηγικών σχεδιασμού για κάθε συνδυασμό τύπου κτιρίου-κλίματος.
- Προσδιορισμός παθητικών μέτρων, μέτρων ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής παροχής που εφαρμόζονται στα επιλεγμένα κτίρια.

Οι έννοιες των ορίων και της ισορροπίας εξετάζονται παρακάτω στο πλαίσιο του καθορισμού και της αξιολόγησης ενός κτιρίου με καθαρή μηδενική ενέργεια.

2.3 Προσανατολισμός – Περιβάλλοντας χώρος

Είναι σαφές ότι ακόμη και σε καλά σχεδιασμένα κτίρια ο έλεγχος της θάμβωσης και της ηλιακής θερμότητας μέσω των παραθύρων είναι πολύ σημαντικός. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ηλιακή σκίαση δεν ήταν τόσο σημαντική για τον ιδιοκτήτη του κτιρίου. Τα πιο συνηθισμένα παθητικά θέματα που σχολίασαν οι ιδιοκτήτες ήταν η μόνωση και ο φωτισμός της ημέρας. Αυτή η διαφορά μπορεί να ερμηνευθεί εξετάζοντας αυτούς τους ρόλους στο πλαίσιο της παράδοσης ενός κτιρίου. Για την ομάδα σχεδιασμού, η ηλιακή σκίαση είναι ένα από τα πιο δύσκολα μέτρα που απαιτούν την εξισορρόπηση της ανάγκης για θέα και φωτισμό ημέρας (μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας), ενισχύοντας την αντιληπτή ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος με το ενδεχόμενο υπερθέρμανσης λόγω υψηλού ηλιακού θερμικού κέρδους. Αυτό είναι πολύ πιο δύσκολο από τον προσδιορισμό του κατάλληλου επιπέδου μόνωσης για ένα κτίριο. Για τον χρήστη, η ισορροπία μεταξύ θέασης/φωτισμού και σκίασης είναι μία από τις σημαντικότερες πτυχές ενός κτιρίου υψηλών επιδόσεων.

Ωστόσο, από τη σκοπιά του ιδιοκτήτη, η επένδυση στην ποσότητα της μόνωσης στους τοίχους, και ιδίως οι κατασκευαστικές επιλογές που αφορούν τη μόνωση, μπορεί κάλλιστα να είναι πιο σημαντική από την ανάγκη για ηλιακή σκίαση. Οι ιδιοκτήτες θεωρούν την παροχή καλών συνθηκών φωτισμού ημέρας ως εξίσου σημαντική, γεγονός που υποδηλώνει ότι έχουν επίγνωση της ανάγκης για ηλιοπροστασία, ωστόσο, δεν έχουν διαφορετική οπτική γωνία.

Θεωρούν τη μειωμένη θάμβωση και τη βελτίωση της ποιότητας του φωτός ημέρας ως τελικά αποτελέσματα, παρά ως μέσα για την επίτευξη καλών συνθηκών φωτισμού ημέρας. Οι ομάδες σχεδιασμού οφείλουν να προσέχουν τρεις παθητικές αρχές που λειτούργουν καλά: παθητικός αερισμός/ψύξη, φωτισμός ημέρας και ηλιοπροστασία.

2.3.1 Περιβάλλοντας χώρος, προσανατολισμός κτιρίου και ηλιακή σκίαση

Δύο πτυχές του σχεδιασμού του κελύφους του κτιρίου παρουσιάζονται παρακάτω. Η πρώτη είναι η υψηλή θερμική μάζα. Μετριάζει πολύ καλά τις θερμοκρασίες στο εσωτερικό και μειώνει τις δαπάνες θέρμανσης και ανάγκες ψύξης. Το δεύτερο είναι να προχωρήσει κανείς σε ένα πολύ καλό επίπεδο μόνωσης της οροφής σε πολύ θερμά κλίματα. Η μόνωση της οροφής αποσκοπεί στην αποτροπή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της οροφής, αλλά και βοηθάει το κέλυφος του κτιρίου να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία έχοντας πολύ λίγες απώλειες (π.χ. μία κατσαρόλα που βράζει χάνει πολύ περισσότερη ενέργεια αν δε έχει καπάκι παρά από τα τοιχώματα της).

Δεν είναι μόνο η παροχή ηλιακής σκίασης που είναι απαραίτητη, αλλά και ο "καλός" σχεδιασμός της ηλιακής σκίασης που είναι απαραίτητος.

Απαιτείται προσεκτική προσαρμογή του κτιρίου στο οικόπεδο ή γήπεδο με σωστό προσανατολισμό για τη μέγιστη εξοικονόμηση των ηλιακών κερδών και διαμόρφωση του περιβάλλοντος έτσι ώστε να δημιουργηθεί το επιθυμητό μικροκλίμα. Υπάρχουν και άλλα οφέλη από την ηλιακή σκίαση πέραν της εξοικονόμησης ενέργειας. "Εξωτερικές περσίδες παρέχουν ένα εξαιρετικό αισθητικό χαρακτηριστικό και είναι αποτελεσματικές στη μείωση της ηλιακής θέρμανσης. Είναι σχετικά χαμηλού κόστους, ιδίως οι σταθεροί τύποι σκίασης."

2.4 Αερισμός – Δροσισμός – Σκιασμός

2.4.1 Φυσικός εξαερισμός

Ο φυσικός εξαερισμός χρησιμοποιείται στο να παρέχει καθαρό αέρα και να συμβάλλει στην άνεση των εσωτερικών χώρων. Είναι ένα μέσο για τον περιορισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της ψύξης ή/και συστημάτων μηχανικού αερισμού, ενώ ταυτόχρονα παρέχει επαρκή εναλλαγή αέρα. Ο φυσικός αερισμός πρέπει να σχεδιάζεται στα αρχικά στάδια της φάσης του σχεδιασμού, δεδομένου ότι πολλά απαιτούμενα χαρακτηριστικά πρέπει να ενσωματωθούν με τη δομή και τη διάταξη του κτιρίου, όπως: ανοίγματα παραθύρων κατάλληλα για ροές αέρα και διασταυρούμενο αερισμό και αξιοποίηση του φαινομένου της στοίβας. Παραδείγματα κτιρίων που χρησιμοποιούν φυσικό αερισμό παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.3 και Σχήμα 2.4.

Στον σχεδιασμό Net ZEB είναι σύνηθες να συναντάμε τον φυσικό αερισμό να χρησιμοποιείται ως θερινή αντικατάσταση του μηχανικού αερισμού. Ο φυσικός αερισμός δεν είναι κατάλληλος για το χειμώνα λόγω της ανάγκης ανάκτησης θερμότητας από τον εξερχόμενο απαγόμενο αέρα για τη μείωση της θέρμανσης. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

2.4.2 Φορτίο θέρμανσης.

Η ανάκτηση θερμότητας του αέρα λειτουργεί καλύτερα με τη χρήση συστήματος μηχανικού αερισμού. Όσον αφορά την απόρριψη θερμότητας, ο φυσικός (εγκάρσιος) αερισμός είναι μια συνήθως χρησιμοποιούμενη στρατηγική για τη μείωση των εσωτερικών φορτίων στον παθητικό σχεδιασμό. Μερικές φορές είναι πιο αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της νύχτας (νυχτερινός δροσισμός), οπότε οι εξωτερικές θερμοκρασίες τυγχάνουν χαμηλότερες από τις αντίστοιχες

εσωτερικές. Όταν συνδυάζεται με ένα σύστημα γαιοσωλήνων που παρέχουν ψύξη – δροσισμό (περιγράφεται λεπτομερώς παρακάτω), ο αερισμός μπορεί επίσης να μειώσει τα εσωτερικά φορτία του κτιρίου με την προψύξη του αέρα εξαερισμού.



Σχήμα 2.3 Circe, Ισπανία-φυσικός αερισμός μέσω παραθύρων σε πρόσοψη και ηλιακή καμινάδα στην στέγη πάνω από ένα κεντρικό δωμάτιο με συνδέσεις σε όλα τα δωμάτια κοντά στην πρόσοψη. Ένα κεντρικό δωμάτιο στο έδαφος λειτουργεί ως θερμική ζώνη για να επεκτείνει την ωφέλιμη περιοχή σε κρύες περιόδους. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.4 Κεντρικό χωλ στην Πορτογαλία. Ο φυσικός φωτισμός, επιτρέποντας τον φυσικό αερισμό μέσω φαινομένου της στοίβας. Εξαιτίας της θέσης και των διαστάσεων, το φως του ουρανού επίσης συμβάλει σημαντικά ως παράγοντας φυσικού φωτισμού. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Τα εσωτερικά παράθυρα ή οι πόρτες που χρησιμοποιούνται ως εσωτερικοί αεραγωγοί μπορούν να επιτρέψουν τον φυσικό αερισμό όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 Φυσικός διαμπερής αερισμός μέσω εσωτερικών περσίδων- ανοιγμάτων. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

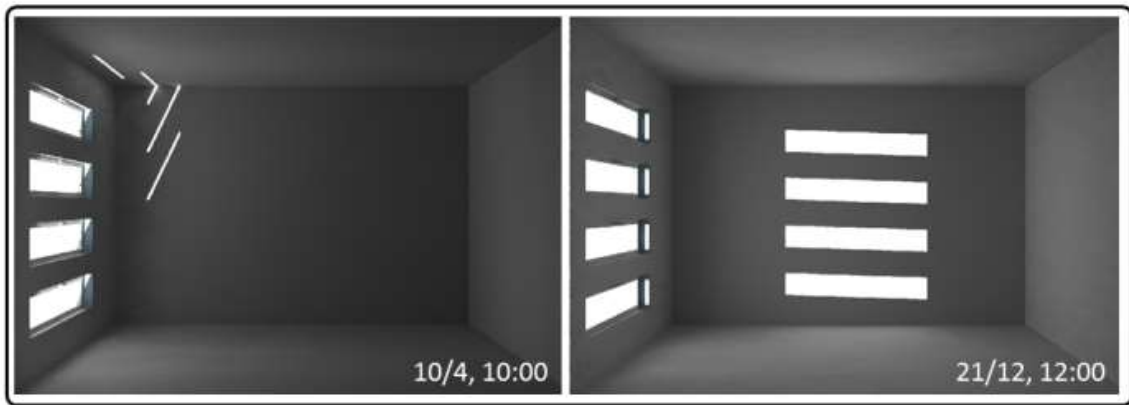
Η σκίαση του ήλιου είναι ένα πολύ συνηθισμένο μέτρο που χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα κτίρια και εφαρμόζεται με διάφορους τρόπους. Οι συσκευές που σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται για τη σκίαση του ήλιου μερικές φορές χρησιμοποιούνται και για τον έλεγχο της θάμβωσης. Για παράδειγμα, το κτίριο Pixel στη Μελβούρνη Αυστραλία έχει σχεδιαστεί με ένα σύστημα εξωτερικής σκίασης που εκτείνεται στη βόρεια και δυτική πρόσοψη και εν μέρει στη νότια πρόσοψη.

Η μοντελοποίηση έδειξε ότι αυτή η εξωτερική σκίαση περιορίζει τον άμεσο ήλιο στο επίπεδο εργασίας σε απόσταση 1,5 m από την πρόσοψη για περισσότερο από το 80% των ωρών εργασίας για κάθε τυπική διαμόρφωση υαλοπινάκων σε κάθε μία από τις βόρεια, δυτική, νότια και ανατολική πρόσοψη. Προκειμένου να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο, αυτό το σύστημα σκίασης έχει σχεδιαστεί κυρίως για τον έλεγχο της θάμβωσης, επιτρέποντας στο κτίριο να λειτουργεί με πολύ υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού της ημέρας χωρίς να βασίζεται σε περσίδες (Σχήμα 2.5). <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

2.5 Φωτισμός

Ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού δεν πραγματοποιείται στο πλαίσιο ορισμένης πρακτικής, δεδομένου του γεγονότος πως αυτός είναι συνυφασμένος με την υφιστάμενη αρχιτεκτονική και ενεργειακή σύνθεση του κτιρίου.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να επισημανθεί πως, προτιμάται ο φυσικός φωτισμός, για ψυχολογικούς κυρίως λόγους. Τα δύο βασικά γνωρίσματα που τον χαρακτηρίζουν, συνίστανται στην επίτευξη υψηλών τιμών φωτεινότητας, σε αντιστοιχία και με την ανακλαστικότητα των επιφανειών, και στο οπτικό ενδιαφέρον. Άλλωστε, ο φωτισμός δεν επιδρά μόνο στην απόδοση αλλά και στη διάθεση. Κατά συνέπεια, αναπτύσσεται η αίσθηση της άξαφνης αλλαγής στις εσωτερικές συνθήκες, σε αντιδιαστολή με τον τεχνητό φωτισμό που διακρίνεται για τη «σταθερή του χρονικότητα». <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.6 Δυναμικότητα στην κατανομή λαμπρότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Υπάρχουν ανάγκες που πρέπει να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα, οι οποίες πολλές φορές καθίστανται ανταγωνιστικές. Ανάμεσα σε αυτές συγκαταλέγονται η επάρκεια σε φυσικό φωτισμό και σκίαση, η χρέια αναφορικά με το κόστος των διαφανών τμημάτων της πρόσοψης, κ.ά. Επίσης, είναι αναγκαίο η αρχική μελέτη να συμπορεύεται αφενός με το χαμηλό κόστος και αφετέρου με την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, ικανοποιώντας με αυτό τον τρόπο ένα σύνολο παραμέτρων που συνδέονται τόσο με τη σχεδιαστική πρακτική όσο και με την οπτική επαφή με τον εξωτερικό χώρο.

Ο συνήθης σχεδιασμός ενός έργου, δεδομένων και των μεταβολών στα συστήματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων, αναδιαμορφώνεται. Η προσέγγιση που ακολουθείται από τα προκείμενα συστήματα (LEED, BREEAM, DGNB), προωθείται μέσω μιας ομάδας που εργάζεται για τη διαχείριση του εκάστοτε προβλήματος, το οποίο αφορά ως επί το πλείστον την ικανοποίηση των απαιτήσεων σχετικά με τη λειτουργικότητα του κτιρίου, την αξιοποίησή του στην περιοχή που ανεγείρεται, την εξοικονόμηση ύδατος και ενέργειας, κ.ά. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Η πολιτική αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού καθορίζει σε μεγάλο ποσοστό τις επιλογές και τις αποφάσεις που αφορούν τον προσανατολισμό του κτιρίου, την κάτοψη και τις προσόψεις του. Σε γενικό πλαίσιο, η μελέτη για τον φυσικό φωτισμό έχει ως αφετηρία τα ακόλουθα στάδια:

1	Διαθεσιμότητα φυσικού φωτισμού/ απαιτήσεις	Κλιματική περιοχή, αστικό περιβάλλον, χρήση κτηρίου
2	Κάτοψη/διαμερισματοποίηση	Περμετρική ζώνη, προσανατολισμός, αίθρια
3	Μέγεθος / ιδιότητες /θέση υαλοπινάκων	Επίδραση στο ενεργειακό ισοζύγιο (θέρμανση/ψύξη) , οπτική άνεση
4	Σχεδιασμός σκίασης ή/και συστημάτων φυσικού φωτισμού	
5	Χρήση συστήματος ρύθμισης της φωτεινής ροής των φωτιστικών με αισθητήρα φωτισμού	Εξοικονόμηση

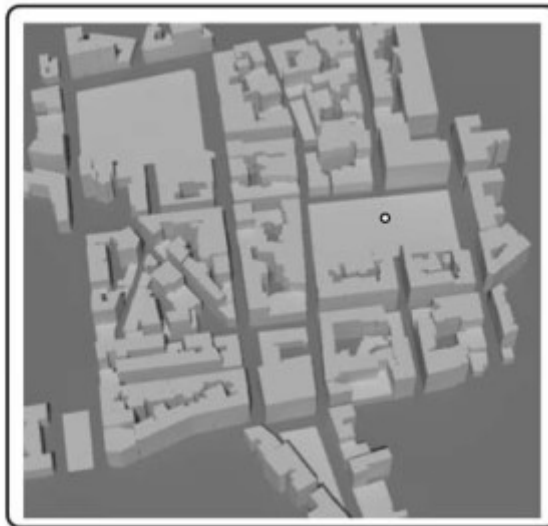
Πίνακας 2.1 Στάδια ανάλυσης. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Μία από τις παραμέτρους που είναι αναγκαίο να ικανοποιηθεί, συνίσταται στην εξασφάλιση φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων που εδράζονται σε αστικό χώρο, κατά το μέγιστο δυνατό. Η αστική γεωμετρία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη

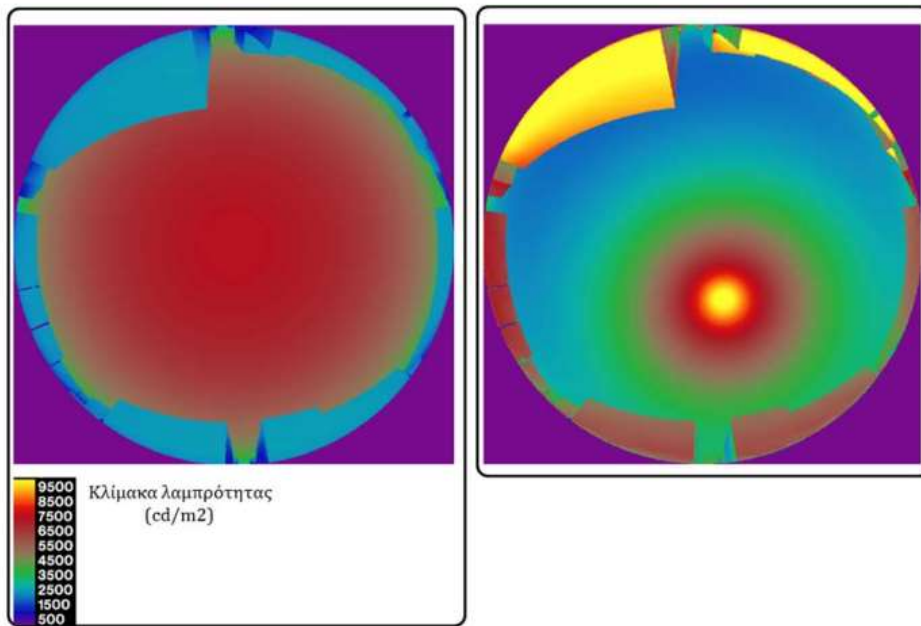
διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού, πόσω μάλλον όταν πρόκειται για χώρους που εντοπίζονται πλησίον του εδάφους. Σημειώσιμα πρακτική για την αξιολόγηση της επίδρασης των εξωτερικών παραγόντων, συνιστά η μελέτη της περιοχής της επιφάνειας εργασίας που δεν διαθέτει «οπτική» σύνδεση με τον ουρανό. Η μετακίνηση των ορίων της προκειμένης περιοχής (no-sky line), είναι συνυφασμένη με τις διαστάσεις των εξωτερικών εμποδίων, ενώ η εκτίμηση λαμβάνει χώρα μέσω της αξιολόγησης των γεωμετρικών στοιχείων του χώρου. Για την προκειμένη μεθοδολογία, έχει ήδη γίνει λόγος σε προηγούμενη ενότητα.

Καθόλα σημαντική και ενδιαφέρουσα καθίσταται η επιρροή του ύψους προεκίου στην επιφάνεια μιας τέτοιας περιοχής. Σημειώνεται πως, η αύξησή του προκαλεί αντίστοιχη αύξηση της περιοχής του κτιρίου που δύναται να αξιοποιήσει τον φυσικό φωτισμό.

Οπές που προωθούν τη σύνδεση με το αστικό περιβάλλον, δέχονται φωτισμό από τον ουρανό ή τον ήλιο και ενδεχομένως από εξωτερικές επιφάνειες λόγω ανάκλασης, προτιμώνται. Σε περιπτώσεις νεφοσκεπούς ουρανού, οι εκείθεν επιφάνειες των οικοδομημάτων χαρακτηρίζονται από περιορισμένη φωτεινότητα. Αντίθετα, δεν παρατηρείται το ίδιο σε αίθριες συνθήκες, όπου αντανακλάται το φως του ήλιου. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.7 Τυπικές συνθήκες φωτισμού σε αστικό περιβάλλον. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.8 Κατανομή λαμπρότητων σε χώρους αστικού περιβάλλοντος σε καταστάσεις νεφοσκεπούς (αριστερά) και αίθριου (δεξιά) ουρανού. Άξια παρατήρησης η ενίσχυση των λαμπρότητων των προσόψεων στην περίπτωση αίθριων συνθηκών. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Σημειώνεται πως, στην τελευταία περίπτωση, υπάρχει η πιθανότητα οι εκείθεν προσόψεις να παρέχουν φυσικό φωτισμό, με γνώμονα την ανακλαστικότητα τους, ο οποίος ενδέχεται να ακολουθείται από θάμβωση. Το ακόλουθο σχήμα αποτελεί ενδεικτικό παράδειγμα της συγκεκριμένης διαπίστωσης.

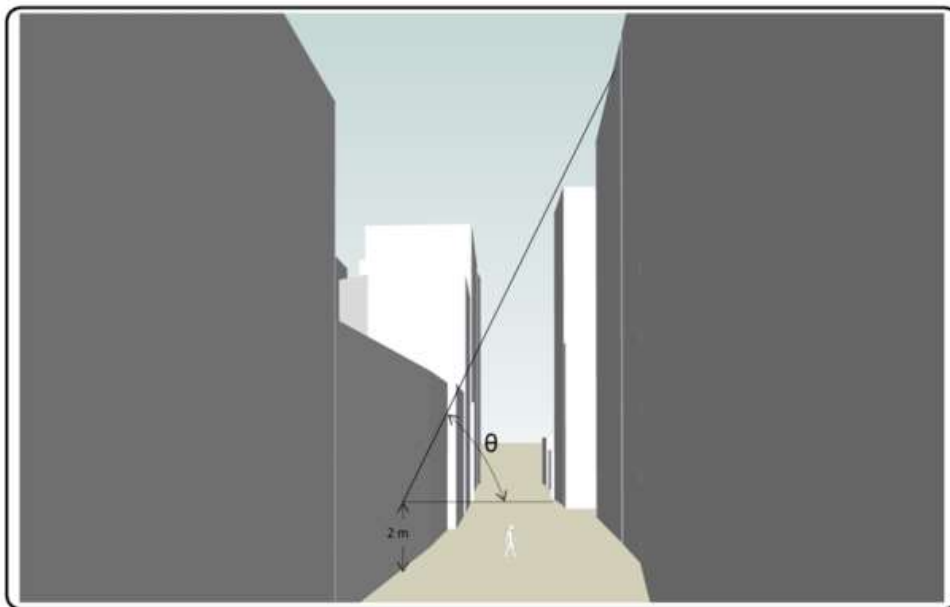


Σχήμα 2.9 Γραφείο βορινού προσανατολισμού απέναντι από νότια λευκή πρόσοψη. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Η πλήρης κάλυψη των προσόψεων με υαλοπετάσματα δύναται να μεγιστοποιήσει τις επιπτώσεις της ανάκλασης, σύμφωνα πάντοτε με την ανακλαστικότητά τους. Τότε, διαμορφώνονται ηλιακά ίχνη, τα οποία με βάση τον προσανατολισμό τους, είναι πιθανό να προκαλούν ενόχληση.

Η χρήση του Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού συνιστά μια απλοϊκή ερμηνεία αι προσέγγιση του θέματος της παροχής φυσικού φωτισμού σε αστικό πλαίσιο, για το οποίο δεν προσμετρείται η ανάκλαση από το έδαφος ή τις εκείθεν επιφάνειες (ΠΦΦ ουρανού). Ως εκ τούτου, υπολογίζεται πως ο ΠΦΦ, σε σημείο πάνω στην πρόσοψη του οικήματος και σε απόσταση 2μ από το έδαφος. Δεδομένης της κατανομής λαμπρότητας του νεφοσκεπούς ουρανού, η ενίσχυση του ΠΦΦ ουρανού είναι συνυφασμένη με τον περιορισμό του μέγιστου ύψους των απέναντι εμποδίων. Επισημαίνεται πως, χωρίς τα εμπόδια, η τιμή του ΠΦΦ ουρανού στην πρόσοψη ανέρχεται σε 40%. Από την άλλη πλευρά, η ύπαρξη εμποδίου με ύψος 250 μ., προκαλεί τη διαμόρφωση του 27%. Αξιοποιώντας μια τέτοια αναλογία, εκτιμώνται οι πιθανές τιμές του ΠΦΦ ουρανού σε διάφορα μέρη της ευρωπαϊκής επικράτειας. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Όσον αφορά την Αθήνα, έχει προταθεί το ΠΦΦ ουρανού να ανέρχεται σε 18%, κάτι που σημαίνει πως αφορά ύψος εμποδίου 400 μ. Σε κάθε περίπτωση, το ύψος των εκείθεν εμποδίων είναι καθοριστικά, πόσω μάλλον όταν τα ηλιακά κέρδη αξιοποιούνται υπό το πρίσμα μιας πολιτικής ηλιακού παθητικού σχεδιασμού. Για τον ίδιο λόγο προωθείται και η αναγωγή του ύψους των εμποδίων στη ζώνη που εκτείνεται 450 εκατέρωθεν του νότου, σε μέγεθος όχι μεγαλύτερο του 66.50, σε περιοχές με γεωγραφικό πλάτος < 46.50.



Σχήμα 2.10 Εκτίμηση γωνίας εμποδίου που αξιοποιείται για την εκτίμηση του ΠΦΦ ουρανού. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Ως εκ τούτου διαπιστώνεται πως, εφόσον υπάρχουν πυκνές αστικές γεωμετρίες, οι χώροι που εδράζονται χαμηλότερα, διαθέτουν ή δέχονται μειωμένο φυσικό φωτισμό. Ο σχεδιασμός που καλείται να βελτιώσει αυτή τη συνθήκη, αφορά στη διαφοροποίηση του μεγέθους των οπών, με τις μεγαλύτερες να αξιοποιούνται στον κάτω όροφο. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.11 Ο διαστάσεις των οπών περιορίζονται με την αύξηση της απόστασης τους από το έδαφος (μεγαλύτερη παροχή φυσικού φωτισμού). - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

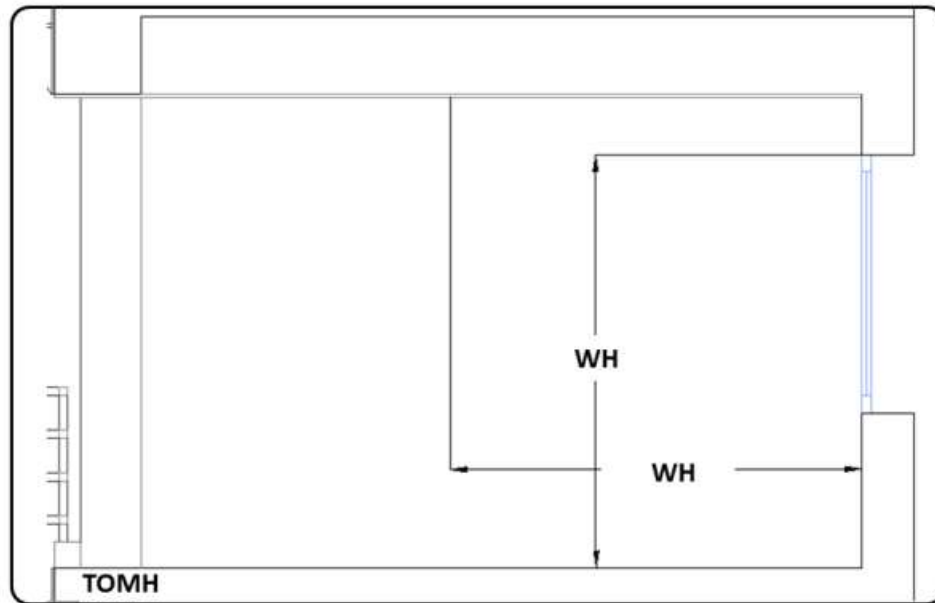
2.5.1 Ζώνη Φυσικού Φωτισμού

Η κάτοψη του κτιρίου μαζί με την εσωτερική διαρρύθμιση συντελούν καθοριστικά στη διαμόρφωση της περιοχής και σε εκείνη που δύναται να αξιοποιήσει το φυσικό φως (Ζώνη Φυσικού Φωτισμού, ΖΦΦ). Σε διάφορα συστήματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής εκτίμησης (πχ. LEED), το ποσοστό της ΖΦΦ σε αναλογία με το εύρος των περιοχών που αξιοποιούνται, συνιστά σύνηθες κριτήριο αξιολόγησης. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

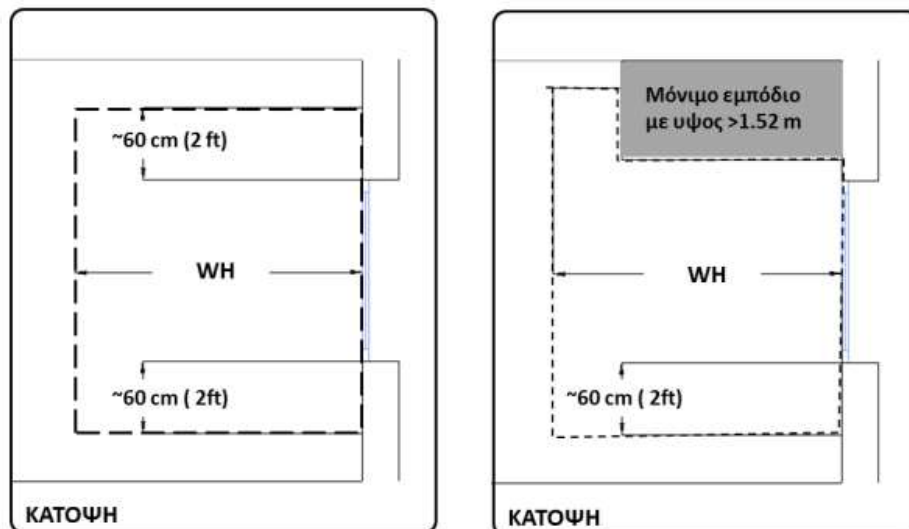
Ο καθορισμός της ζώνης φωτισμού προωθεί την εκτίμηση της έκτασης, όπου υιοθετείται ορισμένο σύστημα ελέγχου της φωτεινής ροής των φωτιστικών και οδηγεί σε πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας.

Η αξιολόγηση της προκείμενης περιοχής πραγματοποιείται ως επί το πλείστον με γεωμετρικά κριτήρια, ενώ εστιάζει στην απλότητα. Αναπόφευκτα, η κατανομή των τιμών φυσικού φωτισμού εντός της ζώνης, είναι αναγκαίο να χαρακτηρίζεται από σχετική ομοιομορφία, προκειμένου κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος ρύθμισης να εκλείπουν περιοχές με ανεπαρκή φωτισμό (π.χ. 500 lux). Σημειώνεται πως, σε προγενέστερο χρόνο, ο λόγος της μέγιστης από την ελάχιστη τιμή ήταν μικρότερος του 9/1, οπότε η συγκεκριμένη ζώνη απαιτούσε επιμέρους διαχωρισμό.

Με αφετηρία τον κανονισμό της ASHRAE 90.1 –2010, η ζώνη εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού από πλευρικά ανοίγματα, ορίζεται ως ακολούθως:

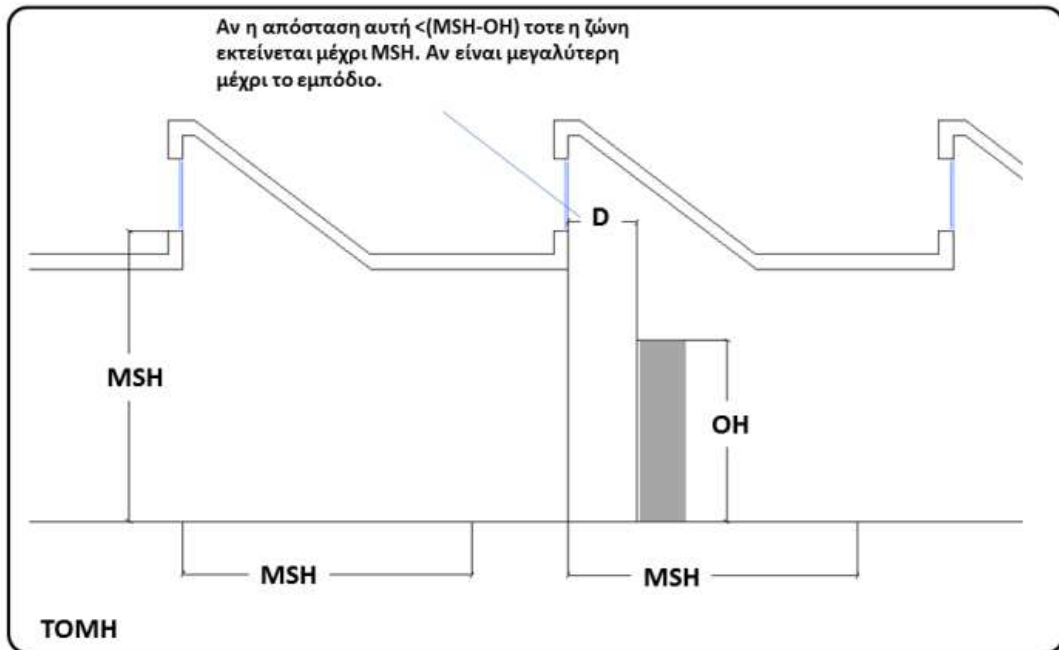


Σχήμα 2.12 Εκτίμηση βάθους ΖΦΦ. <<πηγή: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>



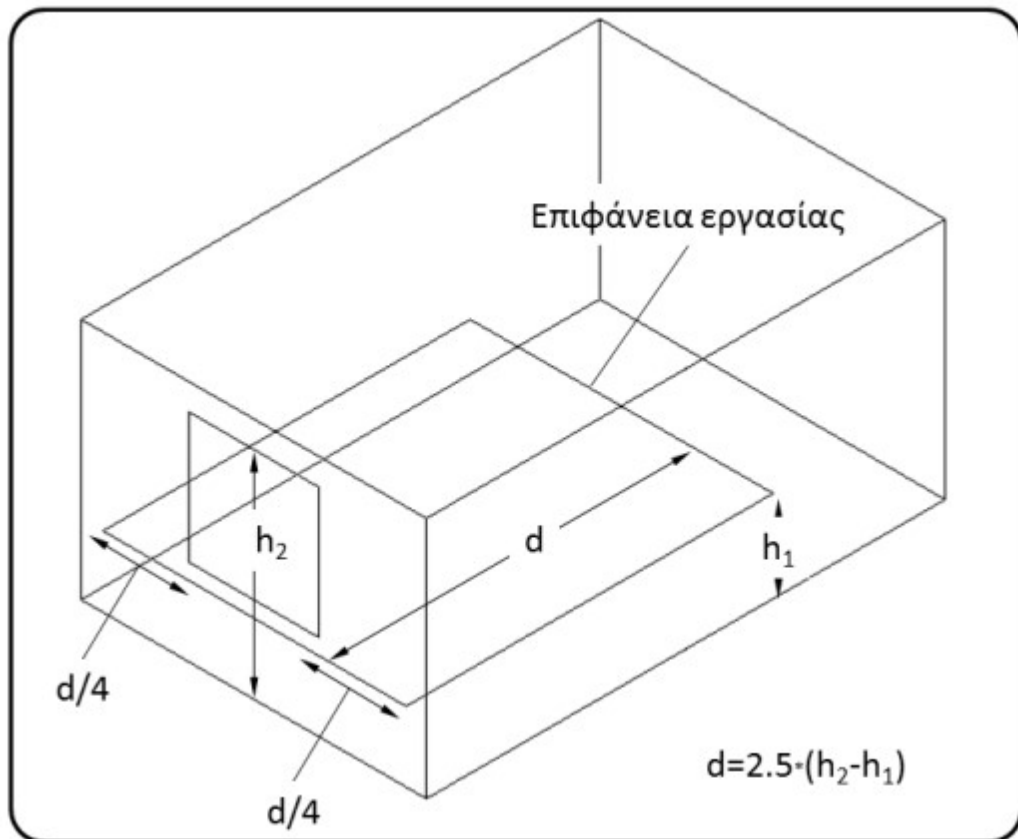
Σχήμα 2.13 Εκτίμηση πλάτους ΖΦΦ <<πηγή: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>

Πέραν της προαναφερόμενης κύριας ζώνης, προσδιορίζεται και η δευτερεύουσα:

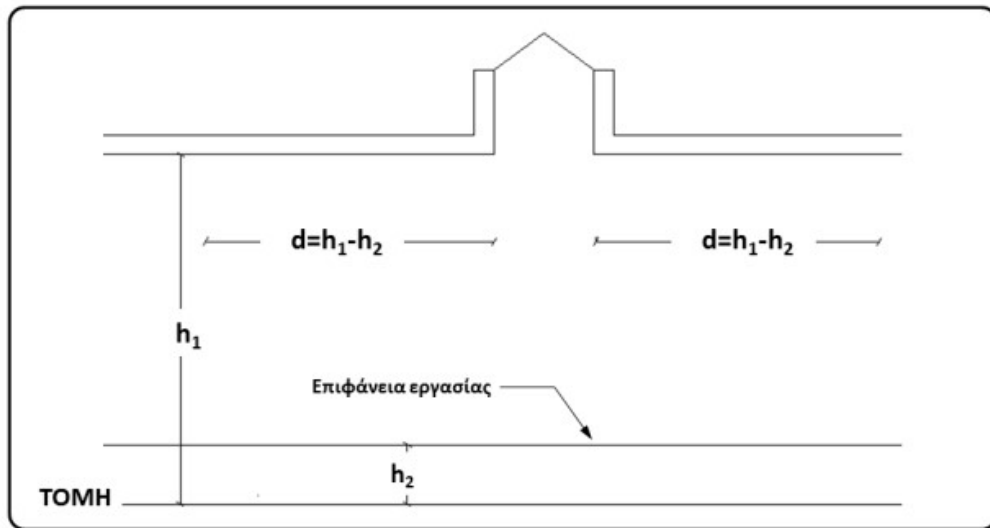


Σχήμα 2.16 Εκτίμηση ΖΦΦ από φεγγίτες και κατακόρυφα ανοίγματα στο δώμα. <<πηγή: ASHRAE 90.1-2010, 2010>>

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό μοντέλο EN 15193, η ζώνη εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού καθορίζεται ως ακολούθως τόσο για πλευρικό άνοιγμα όσο και για άνοιγμα οροφής:

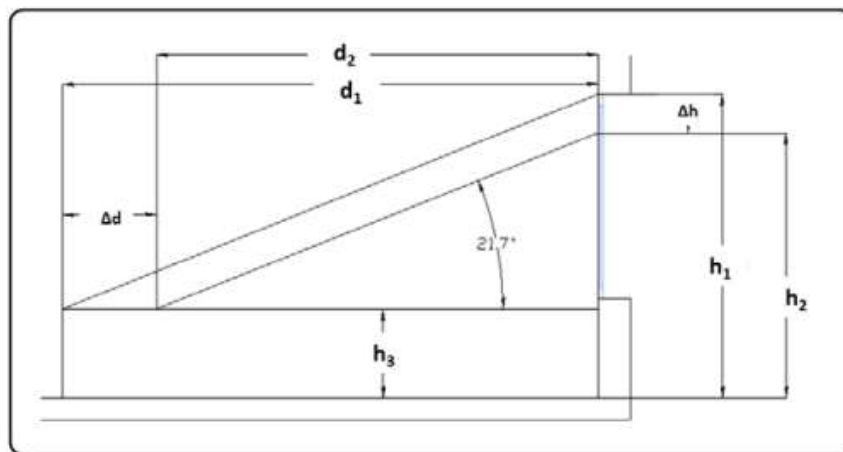


Σχήμα 2.17 Εκτίμηση βάθους και πλάτους ΖΦΦ. <<πηγή: EN 15193:2007, 2007>>



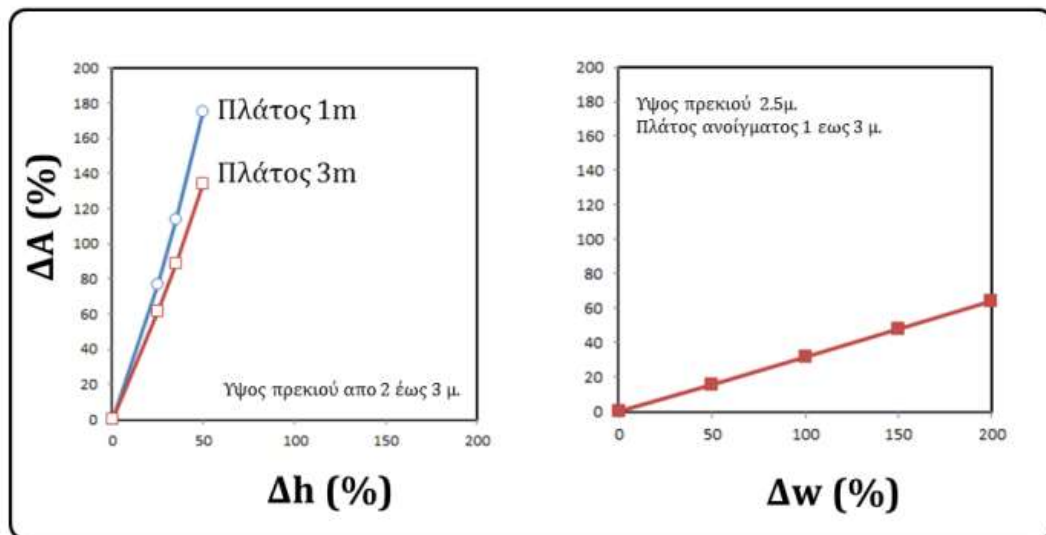
Σχήμα 2.18 Εκτίμηση πλάτους ΖΦΦ λόγω ανοιγμάτων οροφής. <<πηγή: EN 15193:2007, 2007>>

Σημειώνεται πως το ύψος πρεκιού επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το μέγεθος της ΖΦΦ. Έτσι, ενισχύονται και τα επίπεδα φωτισμού. Κατά συνέπεια, η προκείμενη αύξηση αφορά και περιοχές που εντοπίζονται μακριά από το άνοιγμα. <<πηγή: EN 15193:2007, 2007>>



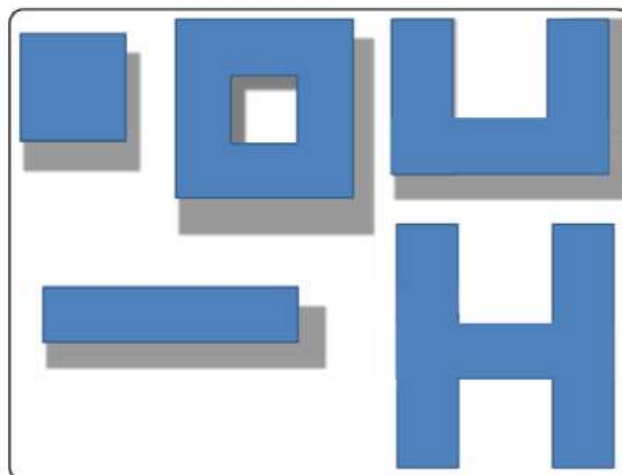
Σχήμα 2.19 Το ύψος του πρεκιού επηρεάζει το βάθος της ΖΦΦ. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Όπως περιγράφεται και στο ακόλουθο σχήμα, η περιοχή της ΖΦΦ (Α) μεταβάλλεται σε μεγαλύτερο βαθμό σε συνέχεια της τροποποίησης του πρεκιού (Δh), και όχι τόσο εξαιτίας της μεταβολής του πλάτους του ανοίγματος (Δw).



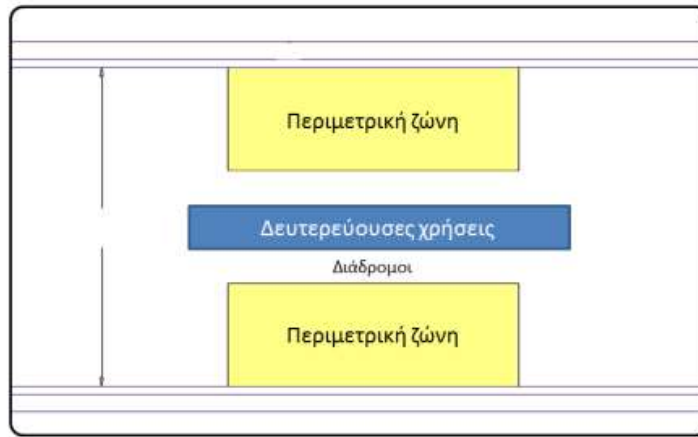
Σχήμα 2.20 Σετική μεταβολή της επιφάνειας της ΖΦΦ σε σχέση με την τροποποίηση του ύψους προεκτιμού (αριστερά) και του πλάτους του ανοίγματος (δεξιά). - <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Το συνολικό ποσοστό της ζώνης σε συνάφεια με την επιφάνεια του δαπέδου, τροποποιείται με το σχήμα του κτηρίου. Η «επιμήκυνση» της κάτοψης και κατά συνέπεια η αύξηση της περιμέτρου, προκαλεί αντίστοιχη διεύρυνση της έκτασης της ΖΦΦ.



Σχήμα 2.21 Η αύξηση της ΖΦΦ σε σχέση με την έκταση της κάτοψης επηρεάζεται από το σχήμα της. Γενικά επιμήκεις μορφές έχουν αυξημένα ποσά ΖΦΦ. - <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Με βάση όσα έχουν ήδη αναφερθεί, η ΖΦΦ επηρεάζει ποικιλοτρόπως την εξοικονόμηση ενέργειας από το σύστημα ηλεκτροφωτισμού, εφόσον συνδέεται με περιοχές που καθίστανται αξιοποιήσιμες για πολλές ώρες. Προκειμένου να καταστεί αυτό εφικτό, οι προκείμενοι χώροι τοποθετούνται στην περίμετρο, περιορίζοντας στο κέντρο του κτηρίου τις βοηθητικές χρήσεις. <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



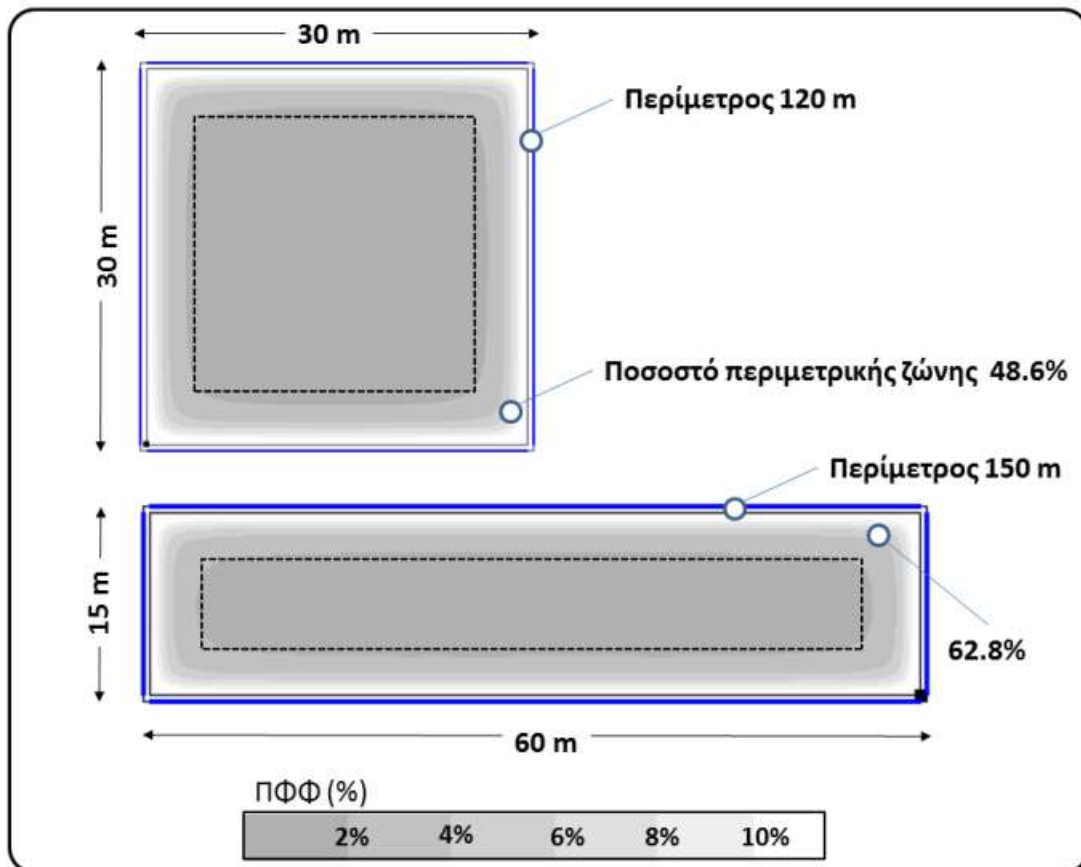
Σχήμα 2.22 Μεταφορά χώρων δευτερεύουσας λειτουργίας (υπό την έννοια ότι δεν χρειάζονται φυσικό φωτισμό συνεχώς) στο κέντρο της κατασκευής. - <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Είναι σημαντικό να προσμετρηθεί πως, η ΖΦΦ περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση εμποδίων, όπως είναι για παράδειγμα τα διαχωριστικά που τοποθετούνται μεταξύ των γραφείων ή των βιβλιοθηκών. Μια τέτοια πρακτική περιορίζει τη διείσδυση του φυσικού φωτισμού στην περιοχή. Η αξιοποίηση διαφανών πετασμάτων επιλύει σε μερικό βαθμό και με γνώμονα τις ιδιότητες του διαφανούς τμήματος, την προκείμενη προβληματική.

Στα συστήματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής αξιολόγησης, η αξιολόγηση πραγματοποιείται με το κριτήριο που αναφέρεται στο ποσοστό των ζωνών εκμετάλλευσης αναλογικά με το σύνολο των περιοχών που υπόκεινται σε συνεχή χρήση. Για παράδειγμα, στο προγενέστερο LEED (2009), απαιτούταν η ικανοποίηση κάποιων από τα ακόλουθα κριτήρια, αναφορικά με το 75% των χώρων που υπόκεινται σε τακτική χρήση:

- Ο λόγος της επιφάνειας της οπής προς την επιφάνεια της περιοχής που αξιολογείται, πολλαπλασιασμένος με τη διαπερατότητα στον ορατό χώρο του υαλοπίνακα, είναι αναγκαίο να βρίσκεται ανάμεσα στις 0.15 και 0.18. Επισημαίνεται πως, από το συνολικό ύψος της οπής, αφαιρούνται 76.2cm ποδιάς, έστω και εάν εντοπίζεται πλήρης κάλυψη της πρόσοψης με υαλοπίνακα. Επίσης, προσμετρείται ενδεχόμενη επίδραση ψευδοροφής. Σημειώνεται πως, αναγκαία καθίσταται και η ύπαρξη σκίασης, χωρίς αυτό να σημαίνει πως συνεκτιμάται.
- Με προσομοίωση κατά την διάρκεια των ισημεριών σε επιφάνεια εργασίας ύψους 76.2cm και κάρναβο μικρότερο από 1.5 m στις 9:00 και 15:00 με καθαρό ουρανό, τα επίπεδα φωτισμού της εξεταζόμενης περιοχής, είναι αναγκαίο να βρίσκονται μεταξύ 25-5000 lux.

Στο ακόλουθο σχήμα αποτυπώνεται το εύρος της περιμετρικής ζώνης, με βάση το EN 15193 (βλ. σχετική ενότητα), για ποικίλες κατόψεις ίδιου εμβαδού. Για την εκτίμηση έχει προσμετρηθεί ύψος πρεκιού στις οπές 2.5 μ., οπότε το βάθος της ΖΦΦ είναι 4.25μ από την πρόσοψη. <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.23 Η επίδραση του σχήματος της κάτοψης είναι καθοριστικής σημασίας για το μέγεθος της ΖΦΦ (καθώς επίσης και για το μήκος της περιμέτρου). <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Έως ώρα, δεν διαπιστώνεται αναφορά στον προσανατολισμό του κτιρίου που να επιδρά καθοριστικά στο συνολικό ενεργειακό του ισοζύγιο. Η «επιμήκυνση» της κάτοψης ενδεχομένως επιτείνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης σε συνδυασμό με τον περιορισμό χρήσης του συστήματος ηλεκτροφωτισμού. Ωστόσο, κάτι τέτοιο θα πρέπει να καθίσταται συμβατό και με τις απαιτήσεις για μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Στις προσόψεις με νότιο προσανατολισμό ο επαρκής φυσικός φωτισμός εξισορροπείται με την αποκοπή ηλιακών κερδών ως αποτέλεσμα του ύψους του ήλιου, ιδίως από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο. Στις ανατολικές και δυτικές προσόψεις, οι οποίες βέβαια επηρεάζονται και από το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου, η σκίαση είναι σε κάθε περίπτωση επιλέξιμη, δεδομένου πως καθορίζει την επάρκεια του φυσικού φωτισμού. Η βόρεια και η νότια πρόσοψη δεν χαρακτηρίζονται από προβλήματα ρύθμισης των ηλιακών κερδών. Μάλιστα, η νότια παρέχει σταθερό φωτισμό καθόλη τη διάρκεια της ημέρας. <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Οι διαφορές που εντοπίζονται στις ιδιότητες των υαλοπινάκων με γνώμονα τον προσανατολισμό, δύνανται να οδηγήσουν σε εξισορρόπηση ανάμεσα στα ηλιακά κέρδη και την παράλληλη παροχή φυσικού φωτισμού. Αυτό σημαίνει πως, θα υπάρχει ενισχυμένη διαπερατότητα στο ορατό τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας.

Πέραν τούτων, η αξιοποίηση του αίθριου λειτουργεί ενισχυτικά για την περιμετρική ζώνη. Ωστόσο, το όφελος περιορίζεται όσο οι όροφοι βρίσκονται κείτονται πλησίον του εδάφους. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού σε αίθρια επηρεάζεται με βάση:

- Το σχήμα του αίθριου αναφορικά με τον προσανατολισμό.
- Τον συσχετισμό των διαστάσεων.
- Την διαπερατότητα του καλύμματος, εφόσον αξιοποιηθεί κάτι τέτοιο.

- Την ανακλαστικότητα των εσωτερικών προσόψεων που διαμορφώνεται με γνώμονα το σχετικό ποσοστό υαλοπινάκων. Επισημαίνεται πως, η ανακλαστικότητα του δαπέδου είναι καθόλα καθοριστική για τον φωτισμό του ισογείου.

Η σύγκριση της επιρροής ποικίλων σχημάτων αιθρίων στην επίτευξη ορισμένων τιμών φωτισμού, λαμβάνει χώρα μέσω της αξιοποίησης των δεικτών που παραπέμπουν στη γεωμετρική αποτύπωση του αίθριου. Ανάμεσα σε αυτούς συγκαταλέγεται και ο δείκτης AR (Aspect Ratio), ο οποίος υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{AspectRatio (AR)} = \text{Πλάτος} * \text{Μήκος} / \text{Ύψος}^2 \quad [2-1]$$

Ορισμένα γνωρίσματα των αιθρίων που βρίσκονται σε συνάφεια με τον φυσικό φωτισμό, είναι τα ακόλουθα:

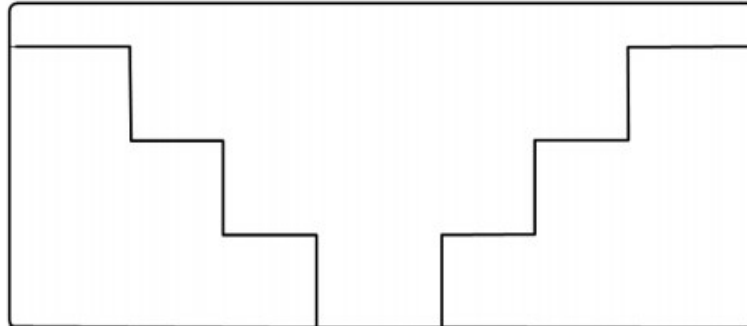
- Ενισχυμένα επίπεδα ανακλαστικότητας στο ανώτερο τμήμα των πλευρικών προσόψεων του αίθριου είναι αναγκαία για την πραγμάτωση ευρύτερων επιπέδων φωτισμού στη βάση. Η επιρροή του ποσοστού των υαλοπινάκων και της σχετικής ανακλαστικότητάς τους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.
- Σε γενικό πλαίσιο, το ποσοστό των υαλοπινάκων επί της πρόσοψης περιορίζεται όσο αυξάνεται το ύψος από το δάπεδο.



Σχήμα 2.24 Εσωτερικά ανοίγματα σε αίθριο. Παρατηρήστε τη διαφοροποίηση του μεγέθους αυτών καθ' ύψος. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

Είναι σαφές πως καθίσταται αναγκαία η λήψη μέριμνας και για την σκίαση σε όσες οπές των εσωτερικών προσόψεων απαιτείται, πόσω μάλλον σε όσες εδράζονται πλησίον της οροφής. Η επίδραση της ανακλαστικότητας παρουσιάζεται ελαττωμένη, εφόσον το ύψος του αίθριου τυχάνει μικρότερο του πλάτους του. Αυτό σημαίνει πως, η επιρροή του άμεσου φωτισμού από τον ουρανό είναι μεγαλύτερη. <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

- Είναι γεγονός πως τα στενά αίθρια (μικρό AR), χαρακτηρίζονται ως επί το πλείστον από υποφωτισμό. Μια ενδεδειγμένη πρακτική, η οποία ωστόσο παρουσιάζει δυσχέρεια λόγω του συνολικού ύψους, συνίσταται στην υποχώρηση έκαστου ορόφου κατά μια απόσταση, με σκοπό το πάνω μέρος του αίθριου να εκτείνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια από αυτή της βάσης.



Σχήμα 2.25 Η υποχώρηση κάθε ορόφου προσφέρει αυξημένη παροχή φυσικού φωτισμού. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

- Για το ίδιο γινόμενο (μήκος * πλάτος), οι μεγαλύτερες τιμές του ΠΦΦ στον πυρήνα της βάσης του αίθριου εντοπίζονται σε τετράγωνα αίθρια.
- Αν το αίθριο περιβάλλεται από διαφανή οροφή, η διαπερατότητα των επιφανειών που τη διαμορφώνουν, συντελεί καθοριστικά στη ροή του φυσικού φωτισμού που εισέρχεται σε αυτό. Έτσι, το ίδιο συμβαίνει και όταν εμφανίζεται οποιουδήποτε είδους εμπόδιο. Σε περιοχές με αίθριο κλίμα, ο περιορισμός των ηλιακών κερδών μέσω της σκίασης είναι αναγκαίος. Η διαχείριση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας πραγματοποιείται με τη μετατροπή ενός μεγάλου μέρους της σε διάχυτη, με τη βοήθεια εξωτερικού σκίαστρου, διαχυτικού υαλοπίνακα ή εσωτερικών πετασμάτων, ή με την αξιοποίηση συστημάτων φυσικού φωτισμού (βλ. σχετική ενότητα). <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>



Σχήμα 2.26 Χρήση εσωτερικής σκίασης αιθρίου. <<πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

- Έχει ήδη αναφερθεί πως η ενίσχυση της ανακλαστικότητας του δαπέδου, οδηγεί σε αύξηση της διάχυσης ανακλώμενου φωτισμού στις περιοχές του ισόγειου. Εντούτοις, σε πολλές περιπτώσεις, η ανακλαστικότητα διαμορφώνεται με βάση την παρουσία

κατασκευών ή φύτευσης. Όσον αφορά τη φύτευση, είναι αναγκαίο να προσμετρηθεί το γεγονός πως, πολλοί τύποι φυτών χρήζουν σημαντικών επιπέδων φωτισμού καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, προκειμένου να αναπτυχθούν. Κατά συνέπεια, το υπό σχεδιασμό αίθριο, δύναται να μην ικανοποιεί τις ανάγκες αυτές. <<Πηγή: Α. Τσαγκρασούλης, 2016>>

2.7 BEMS

Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS), συνίστανται στην εποπτεία μέσω υπολογιστή του μηχανολογικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού των κτιρίων, όπως είναι για παράδειγμα ο εξαερισμός, η θέρμανση, ο φωτισμός, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ. Αυτά μερικές φορές αποκαλούνται συστήματα διαχείρισης κτιρίου (BMS)- συνδέουν τις υπηρεσίες του κτιρίου σε έναν κεντρικό υπολογιστή για να επιτρέπουν τον έλεγχο των χρόνων ενεργοποίησης/απενεργοποίησης, της υγρασίας, θερμοκρασίες κ.λπ. Τα καλώδια δεδομένων συνδέουν τις ελεγχόμενες εγκαταστάσεις μέσω μιας σειράς κόμβων που ονομάζονται εξωτερικοί σταθμοί γύρω από το κτίριο, πίσω σε έναν κεντρικό σταθμό που είναι κεντρικός επιβλέπωντας υπολογιστής όπου οι χειριστές του κτιρίου μπορούν να εποπτεύουν και να παρακολουθούν το κτίριο. Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση χρημάτων σε λογαριασμούς ενέργειας σε ετήσια βάση, και συνάμα να ενισχύσουν την ευημερία και να διευκολύνουν τη λειτουργία του κτιρίου. Τα σημερινά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (EMS) καθιστούν τη διαχείριση της χρήσης της ενέργειας (και των λογαριασμών) ευκολότερη από ποτέ. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

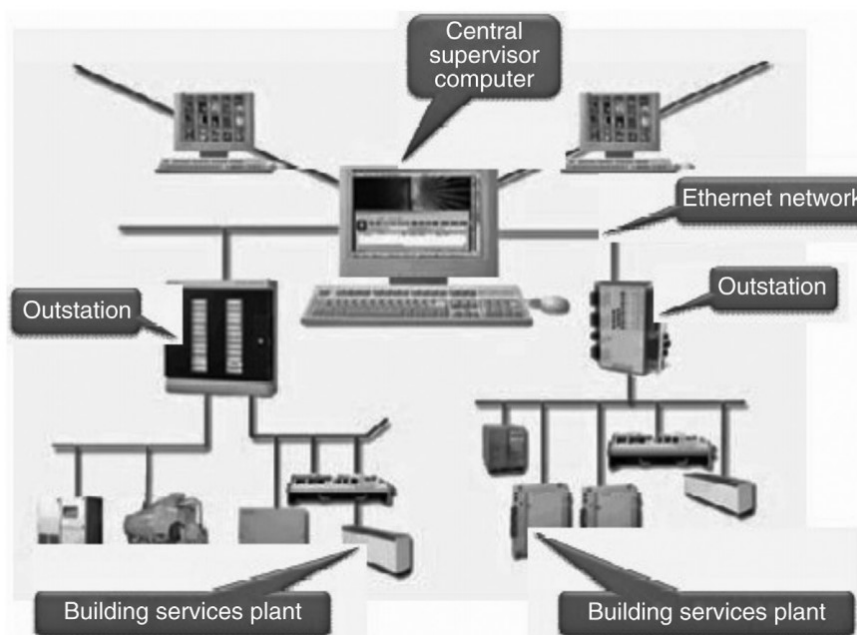
Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας επιτρέπουν στις εγκαταστάσεις να τροφοδοτούν τον εξοπλισμό μόνο όταν απαιτείται. Για πολλές εγκαταστάσεις, αυτό εξαλείφει τη σπατάλη του φωτισμού, της θέρμανσης και της ψύξης τμημάτων του κτιρίου που δεν χρησιμοποιούνται όλο το εικοσιτετράωρο. Βελτιστοποιημένοι έλεγχοι ενισχύουν τα τρέχοντα μηχανολογικά συστήματα του κτιρίου σας και αυξάνουν τη δυνατότητα διαχείρισης της άνεσης και της ποιότητας του αέρα στο σύνολο του κτιρίου. Με τη μείωση την περιττή χρήση του εξοπλισμού, τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας δύνανται να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των μηχανολογικών συστημάτων και του φωτισμού του κτιρίου σας και να μειώσουν το κόστος συντήρησης.

Τα συστήματα AMI χαρακτηρίζονται από χαμηλή παρεμβατικότητα και από την ικανότητα να προσαρμόζονται στη συμπεριφορά των χρηστών και να προβλέπουν τις απαιτήσεις τους. Στο συγκεκριμένο πλαίσιο ενός BMS για την εξοικονόμηση ενέργειας, αυτός ο οραματικός στόχος γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκος λόγω της παρουσίας αντίθετων στόχων, δηλαδή της ικανοποίησης των απαιτήσεων των χρηστών με την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, θα προσδιοριστούν τα κύρια συστατικά στοιχεία που συνθέτουν ένα BMS, δηλαδή, μια αισθητήρια υποδομή για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών, ένα λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων για την επεξεργασία των αισθητήριων δεδομένων και την εκτέλεση στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας, ένα υποσύστημα για τη διαδραστική διεπαφή με τον χρήστη, και μια υποδομή ενεργοποίησης για την τροποποίηση της περιβαλλοντικής κατάστασης.

Για την ποιοτική αξιολόγηση των διαφόρων BEMS, θα πρέπει να καθοριστεί ένα σύνολο σχετικών χαρακτηριστικών. Μέσω αυτής της διαδικασίας αξιολόγησης, οι τελικοί χρήστες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, εκτός από το ότι επηρεάζονται από πολύ σκληρές πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας, οι χρήστες μπορεί να ενοχλούνται από άλλα δομικά χαρακτηριστικά, όπως ένα σύνολο οργάνων, ή από αλγοριθμικά χαρακτηριστικά, όπως οι μέθοδοι εκμάθησης που τους αναγκάζουν να έχουν συνεχή αλληλεπίδραση.

Το λογισμικό BEMS παρέχει λειτουργίες παρακολούθησης, ελέγχου και συναγερμών και επιτρέπει στους χειριστές να βελτιστοποιούν την απόδοση του κτιρίου. Τα BEMS είναι ζωτικής σημασίας στοιχεία για τη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας, ιδίως σε μεγάλα πολύπλοκα κτίρια και πολυκτιριακές εγκαταστάσεις.

Τα ψηφιακά και αναλογικά σήματα εισόδου μεταφέρουν στο BEMS τις τιμές της θερμοκρασίας, υγρασίας και ούτω καθεξής, στις οποίες λειτουργεί το κτίριο. Οι εισοδοί μπορεί επίσης να περιέχουν πληροφορίες εάν ο εξοπλισμός, όπως οι ανεμιστήρες, οι αντλίες και οι λέβητες, λειτουργούν ή όχι.



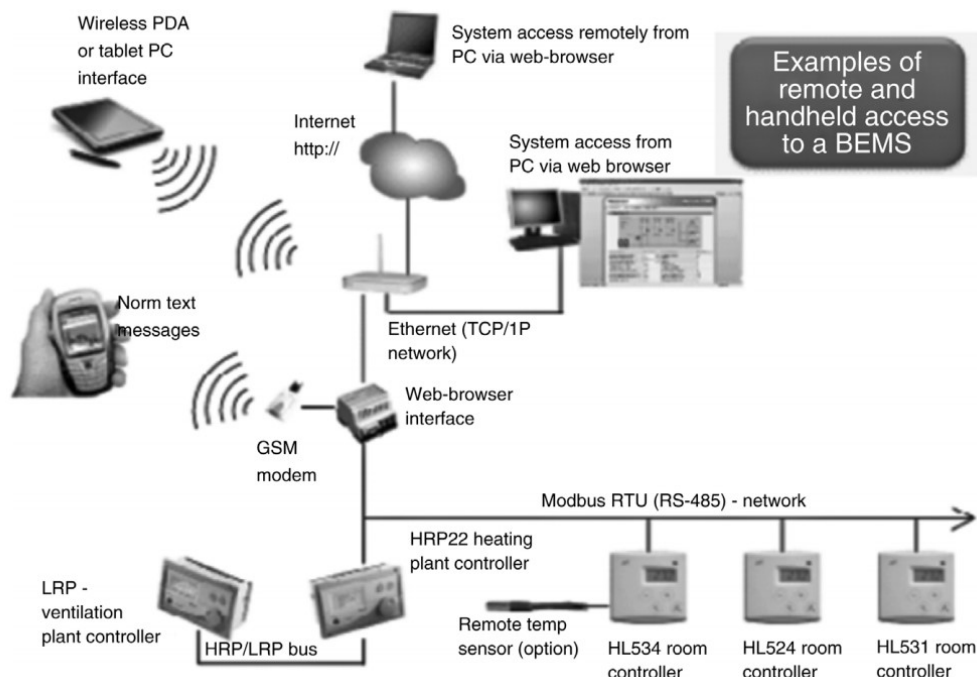
Σχήμα 2.27 Τυπική δομή συστήματος BEMS. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

Αναλογικές/ψηφιακές έξοδοι μεταδίδουν στη συνέχεια σήματα από τον κεντρικό υπολογιστή του εποπτικού ελεγκτή στον εξοπλισμό του εργοταξίου, όπως αντλίες, βαλβίδες, ανεμιστήρες κ.ο.κ., για να διατάξουν τις ρυθμίσεις τους ή για να αλλάξουν συσκευές, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των συνθηκών άνεσης. Τα BEMS δύνανται να αξιοποιηθούν στην εποπτεία σχεδόν οτιδήποτε και χρησιμοποιείται ευρέως για τον έλεγχο του φωτισμού και για την παρακολούθηση κρίσιμων συστημάτων. Τα προγράμματα των εξωτερικών σταθμών παρέχουν αυτόματα τους τοπικούς κόμβους για τη σύνδεση αυτών των εισόδων και εξόδων στον κεντρικό κύριο σταθμό εποπτείας(βλέπε Σχήμα 2.27).

Τα BEMS είναι ιδανικά για την παροχή ελέγχου σε εγκαταστάσεις πολλαπλών κτιρίων και μεγάλων σύνθετων κτιρίων. Χρησιμοποιούνται επίσης από μεγάλους οργανισμούς για τον έλεγχο των κτιρίων που εκτείνονται σε μεγάλες περιοχές, όπως ολόκληρες τοπικές αρχές, υγειονομικά ιδρύματα, ακόμη και απομακρυσμένα κτίρια σε ολόκληρη τη χώρα. Τα σύγχρονα συστήματα διαθέτουν ευφυείς εξωτερικούς σταθμούς που μπορούν να διερευνηθούν τοπικά σε ένα χώρο εγκαταστάσεων για τον εντοπισμό τοπικών προβλημάτων. Μπορούν επίσης να έχουν ασύρματες συνδέσεις με ορισμένες συσκευές για τη μείωση ή την αποφυγή της καλωδίωσης. Τα BEMS πρέπει να είναι καλά προδιαγεγραμμένα και σχεδιασμένα, με καλή τεκμηρίωση και διαισθητική γραφική διεπαφή χρήστη, εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Σε πολύ μικρά κτίρια, είναι δυνατόν να επιτευχθεί λογικός έλεγχος με τη χρήση αυτόνομων χειριστηρίων για φωτισμούς, θέρμανσης κ.λπ. και αυτό μπορεί να είναι φθηνότερη επιλογή από ένα πλήρες BEMS. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

Ωστόσο, το κόστος των ελέγχων έχει μειωθεί τόσο ώστε τα μίνι-BEMS είναι πλέον ανταγωνιστικά και τα υβριδικά συστήματα που διασυνδέουν μια σειρά από τοπικούς ελεγκτές είναι επίσης διαθέσιμα. Έτσι, τα BEMS μπορούν να εξεταστούν για τον έλεγχο σχεδόν οποιουδήποτε μεγέθους κτιρίων, αλλά η βελτίωση της διαχείρισης γίνεται πραγματικά εμφανής σε μεγάλα κατανεμημένες και πολύπλοκες τοποθεσίες/κτίρια. Η εξασφάλιση καλών διεπαφών χρήστη με BEMS είναι απαραίτητη. Η πρόσβαση στα σύγχρονα BEMS μπορεί να γίνει με

διάφορους τρόπους (βλ. Σχήμα 2.28), για παράδειγμα, μέσω φυλλομετρητών ιστού μέσω του Διαδικτύου, μέσω φορητών ταμπλετών και φορητούς υπολογιστές, ή μέσω έξυπνων κινητών τηλεφώνων.



Σχήμα 2.28 Τυπική διεπαφή χρήστη σε σύστημα BEMS. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

Τα BEMS μπορούν να επιτύχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας, βελτιωμένη άνεση, συντήρηση και διαχείριση του κτιρίου μέσω της καλύτερης ανατροφοδότησης του συστήματος σχετικά με την απόδοση των κτιρίων όσον αφορά τη χρήση ενέργειας και την άνεση. Οι εγκαταστάσεις παρακολούθησης ενός BEMS επιτρέπουν την παρακολούθηση της κατάστασης των εγκαταστάσεων, των περιβαλλοντικών συνθηκών και της χρήσης ενέργειας, παρέχοντας στον διαχειριστή του κτιρίου αναφορές σε πραγματικό χρόνο για τη λειτουργία του κτιρίου. Αυτό μπορεί συχνά να οδηγήσει στον εντοπισμό προβλημάτων που μπορεί να έχουν περάσει απαρατήρητα, για παράδειγμα, υψηλή κατανάλωση ενέργειας ή εγκαταστάσεις που έχουν αφεθεί σε λειτουργία συνεχώς. Μετρητές ενέργειας συνδεδεμένοι με ένα BEMS, που παρέχουν ενέργεια σε πραγματικό χρόνο και τελικά ένα ιστορικό αρχείο της ενέργειας των κτιρίων απόδοσης, μπορούν να καταγραφούν και να αναλυθούν με διάφορους τρόπους, τόσο αριθμητικά όσο και γραφικά. Τα BEMS μπορούν, επομένως, να βελτιώσουν τις πληροφορίες διαχείρισης μέσω της τάσης καταγράφοντας την απόδοση, ωφελώντας τον μελλοντικό σχεδιασμό/κοστολόγηση. Αυτό μπορεί επίσης να ενθαρρύνει τη μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του προσωπικού σε θέματα ενεργειακής απόδοσης. Βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης της τάξης του 10-20% είναι συνηθισμένες. Ωστόσο, είναι σημαντικό να καθοριστεί η καταλληλότητα των υφιστάμενων κτιρίων και του εξοπλισμού για να εξασφαλιστεί η μέγιστη εξοικονόμηση. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα BEMS σε ένα υφιστάμενο κτίριο, πρέπει να είναι δυνατή η ζωνοποίηση των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και φωτισμού ανάλογα με τη χρήση που γίνεται σε διάφορες περιοχές.

Το κύριο πλεονέκτημα μιας εγκατάστασης BEMS είναι η ευχέρεια με την οποία οι χρήστες δύνανται να εξετάζουν την απόδοση των ελέγχων και να κάνουν εύκολα προσαρμογές. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Στενός έλεγχος των περιβαλλοντικών συνθηκών, παρέχοντας καλύτερη άνεση για τους ενοίκους.
- Λειτουργίες ελέγχου εξοικονόμησης ενέργειας που θα μειώσουν τους λογαριασμούς ενέργειας (π.χ. καιρικές συνθήκες Αντιστάθμιση καιρού).
- Δυνατότητα καταγραφής και αρχειοθέτησης δεδομένων για σκοπούς διαχείρισης ενέργειας.
- Παροχή συμβάντων ή ταχείας πληροφόρησης σχετικά με την κατάσταση της εγκατάστασης.
- Αυτόματη δημιουργία συναγερμών του συστήματος για βλάβη του εξοπλισμού ή παραβίαση της κανονικής κατάστασης.
- Προσδιορισμός τόσο των προγραμματισμένων όσο και των μη προγραμματισμένων απαιτήσεων συντήρησης.
- (π.χ., τα συστήματα μπορούν να καταγράφουν τον αριθμό των ωρών λειτουργίας των κινητήρων, ή να εντοπίζουν τα φίλτρα στα συστήματα παροχής αέρα που έχουν φράξει).
- Ευκολία επέκτασης για τον έλεγχο άλλων εγκαταστάσεων, χώρων ή κτιρίων. Μόλις εγκατασταθεί και τεθεί πλήρως σε λειτουργία ένα BEMS σωστά, δύναται να αξιοποιηθεί ως εργαλείο για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του κτιρίου. Ακόμη και στο καλύτερα σχεδιασμένο, η στρατηγική ελέγχου είναι πιθανό να εξελίσσεται με γνώμονα τις απαιτήσεις του χρήστη και του κτιρίου.

Ένας καλά εκπαιδευμένος χειριστής του BEMS μπορεί να πραγματοποιεί τακτικές αναθεωρήσεις των ρυθμίσεων του BEMS για τη σταδιακή μείωση των σημείων ρύθμισης χώρου, των χρόνων λειτουργίας και της κατανάλωσης ενέργειας δίχως να τίθενται σε κίνδυνο οι συνθήκες άνεσης.

Αυτή η λεπτομερής ρύθμιση των ελέγχων του κτιρίου απαιτεί συχνά μία ή δύο πλήρεις εποχές θέρμανσης για την επίτευξη των βέλτιστων ρυθμίσεων. Αλλά η διαδικασία δεν τελειώνει εδώ: Καθώς η χρήση του κτιρίου και οι απαιτήσεις αλλάζουν, το ίδιο και τα σημεία και οι χρόνοι ρύθμισης. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

Αυτή η διαδικασία βελτιστοποίησης είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν τα BEMS ελέγχουν μεγάλες εγκαταστάσεις πολλαπλών κτιρίων και κτίρια που βρίσκονται σε μεγάλη έκταση. Ο χειριστής του BEMS μπορεί να παρακολουθεί τις λειτουργίες και τη χρήση ενέργειας από μακριά χωρίς να χρειάζεται να επισκεφθεί τα κτίρια. Αυτή η προσέγγιση του κεντρικού γραφείου BEMS είναι ιδιαίτερα αποδοτική και συνηθισμένη σε μεγάλα ακίνητα και μέσω παρόχων FM.

Ως αποτέλεσμα αυτής της συνεχούς βελτιστοποίησης, είναι σημαντικό να τηρούνται αρχεία με όλες τις αλλαγές στο σύστημα κατά τη διάρκεια της ζωής του κτιρίου με βάσιμους λόγους ως προς το γιατί έγιναν οι αλλαγές. Πάρα πολλά κτίρια έχουν υψηλές ώρες λειτουργίας και σημεία ρύθμισης που έχουν προγραμματιστεί κακώς πριν από πολλά χρόνια, συχνά ως αποτέλεσμα παραπόνων των ενοίκων. Εξακολουθεί να είναι πολύ συνηθισμένο να συναντάμε κτίρια πλήρως σε λειτουργία των πάντων σε υψηλά επίπεδα για 24x7, όπου μόνο μια μικρή βελτιστοποίηση μπορεί να εξοικονομήσει πολλή ενέργεια, χρήματα και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με μικρή ή καθόλου επένδυση.

Η αξία του BEMS είναι ανάλογη των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν. Είναι απαραίτητο το προσωπικό που θα εμπλέκεται στη λειτουργία του συστήματος, να εκπαιδευτεί κατάλληλα. Όλοι οι αξιόπιστοι προμηθευτές BEMS μπορούν να παρέχουν και να ενθαρρύνουν την εκπαίδευση, καθώς είναι στο δικό τους συμφέρον τους να λειτουργεί καλά το σύστημα. Εάν η εγκατάσταση ενός νέου BEMS αφορά το βασικό προσωπικό στην αρχή του έργου, βεβαιωθείτε

ότι γνωρίζουν τι μπορεί να κάνει το σύστημα και πώς να διατηρούν την αποδοτική λειτουργία του.

Πρόσβαση μέσω κινητών τηλεφώνων: Είναι σημαντικό να εκπαιδευτεί το προσωπικό να χρησιμοποιεί το BEMS ως εργαλείο για τη διαχείριση του κτιρίου. Η εξασφάλιση της εύκολης πρόσβασης του προσωπικού μέσω κινητών συσκευών μπορεί να το ενθαρρύνει. Ενδεχομένως, η εξοικονόμηση ενέργειας να είναι συνυφασμένη με την κατανόηση. <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

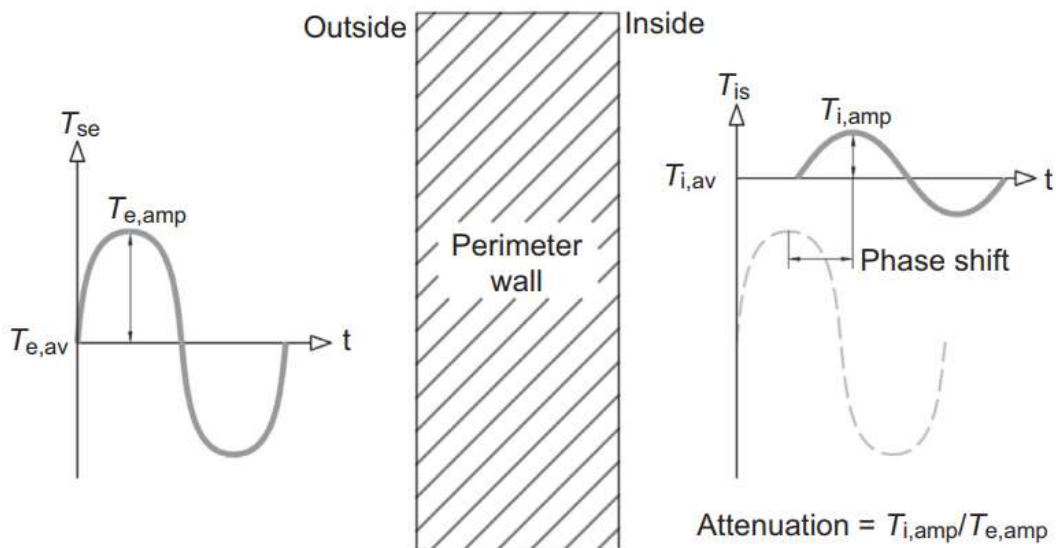
2.8 Διφασικά υλικά

Κάθε στοιχείο του κελύφους και της δομής του κτιρίου, καθώς και κάθε άλλο αντικείμενο στο εσωτερικό του με αισθητή μάζα, χαρακτηρίζεται από τη θερμοχωρητικότητά C (ή θερμική μάζα, J/K στις μονάδες SI), η οποία μετρά την ποσότητα θερμότητας που καθίσταται αναγκαία για τη μεταβολή της θερμοκρασίας του. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ειδικότερα, η θερμοχωρητικότητα του κελύφους του κτιρίου διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στον καθορισμό της ενεργειακής απόδοσης και της εσωτερικής άνεσης των κτιρίων, τόσο το καλοκαίρι όσο και τις χειμερινές εποχές.

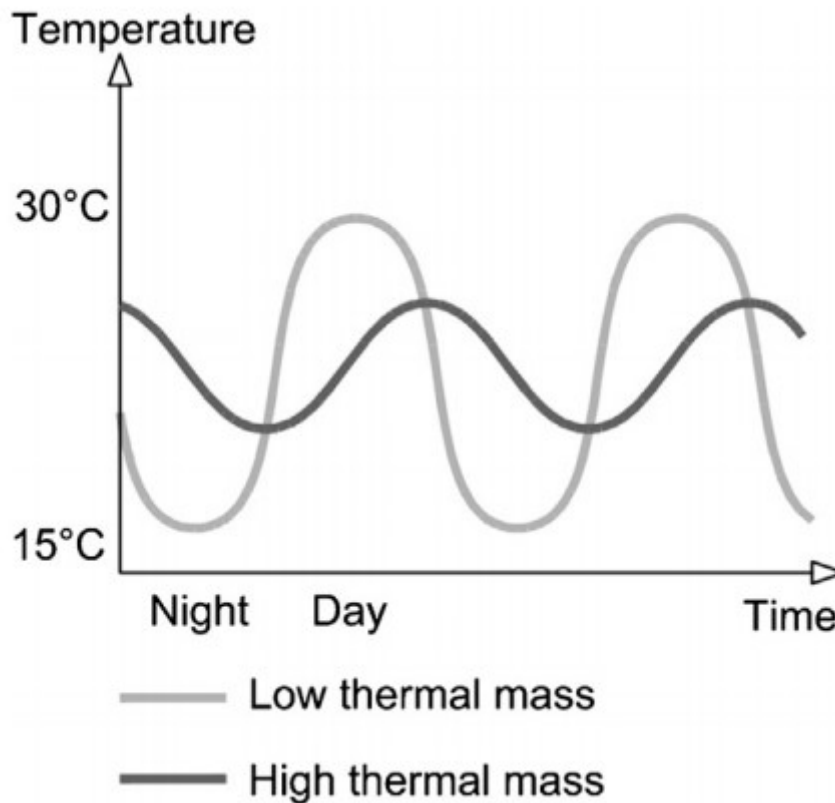
Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιριακού κελύφους καθορίζεται όχι μόνο από τη θερμική του αντίσταση στη διέλευση της θερμότητας (R-value), αλλά και από την ικανότητά του να αποθηκεύει και να απελευθερώνει θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας (αποθήκευση θερμικής ενέργειας [TES]).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, κατά τη διάρκεια της ημέρας, η καλή θερμοχωρητικότητα του κελύφους του κτιρίου επιτρέπει την αργή συσσώρευση εξωτερικής θερμότητας (ιδίως της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας), ακολουθούμενη από εξασθενημένη και καθυστερημένη απελευθέρωση της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, εφόσον η θερμοκρασία τυγχάνει χαμηλότερη και καθιστά εφικτή την ψύξη των χώρων μέσω φυσικού αερισμού(θερμική αδράνεια Σχήμα 2.29).



Σχήμα 2.29 Επεξήγηση θερμικής αδράνειας τοίχων. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ταυτόχρονα, η καλή θερμοχωρητικότητα των χαρακτηριστικών του κελύφους του κτιρίου και τα εσωτερικά χωρίσματα τους επιτρέπει να απορροφούν τη θερμότητα που υπάρχει στους εσωτερικούς χώρους, μειώνοντας τις ημερήσιες θερμοκρασίες αιχμής και διατηρώντας τις τιμές θερμοκρασίας πιο κοντά σε αυτές της άνεσης (Σχήμα 2.30).



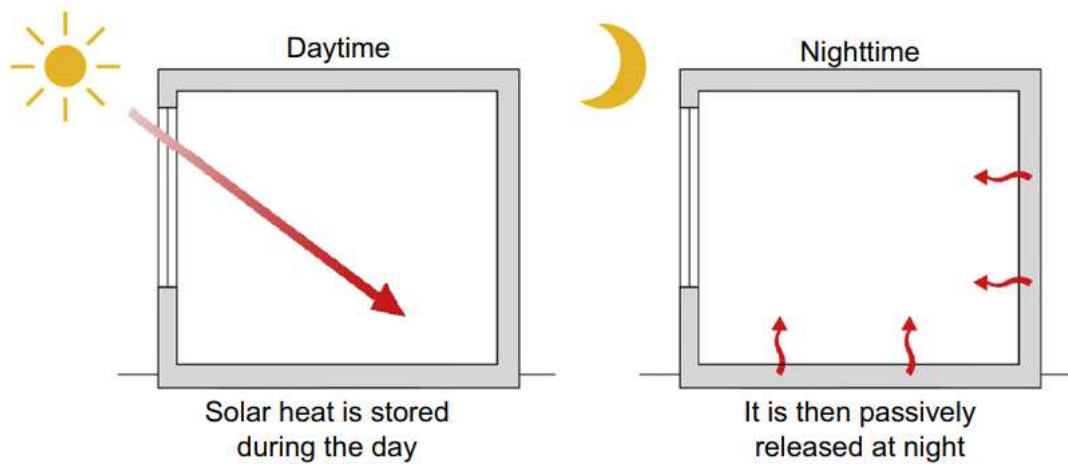
Σχήμα 2.30 Σχηματική απεικόνιση διακυμάνσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Επιπλέον, δεδομένου ότι η θερμική άνεση εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία ακτινοβολίας, η επαρκής θερμοχωρητικότητα παίζει θετικό ρόλο, διατηρώντας τη θερμοκρασία της επιφάνειας των τοίχων χαμηλότερη από εκείνη του αέρα κατά τη διάρκεια των ημερήσιων περιόδων αιχμής και μειώνοντας τα φαινόμενα ασύμμετρης ακτινοβολίας.

Κατά τη διάρκεια των ημερών του χειμώνα, η θερμική συγκέντρωση στο εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να συμβάλει στην αποθήκευση του θερμικού κέρδους από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, απελευθερώνοντάς το βράδυ όταν είναι περισσότερο αναγκαία (παθητικά ηλιακά συστήματα Σχήμα 2.31). Επιπλέον, η υψηλή θερμική μάζα μπορεί να αποτρέψει την ταχεία πτώση της θερμοκρασίας ή την απώλεια θερμότητας σε χώρους που υπόκεινται σε συχνές αλλαγές αέρα και δεν διαθέτουν συσκευές ανάκτησης θερμότητας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Από άποψη ενεργειακής απόδοσης, τα οφέλη που επιτυγχάνονται με την υψηλή θερμική μάζα έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης και του κλιματισμού φορτίων αιχμής και στη μετατόπισή τους σε περιόδους εκτός αιχμής ηλεκτρικής ενέργειας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Παραδοσιακά, η αποθήκευση θερμικής ενέργειας στο κέλυφος του κτιρίου επιτυγχάνεται χάρη της μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας των υλικών του μέσω της αισθητής θερμότητας (αισθητή αποθήκευση θερμικής ενέργειας). Για το λόγο αυτό, λόγω της σχετικά χαμηλής τιμής της ειδικής θερμοχωρητικότητας (J/kgK) των περισσότερων δομικών υλικών, μια υψηλή θερμοχωρητικότητα του κτιρίου



Σχήμα 2.31 Λειτουργία διφασικών υλικών σε κέλυφος κτιρίου την ημέρα και τη νύχτα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Materials	Specific heat capacity (J/kg K)	Volume mass (kg/m ³)
Still water (at 293 K)	4190	1000
Wood	1600	850/450
Cellular plastic materials	1450	80/10
Compact plastic materials	2200/900	2000/1050
Still air	1008	1
Natural stone	1000	3000/1500
Plasters and mortars	1000	2000/600
Concrete	1000	2400/1800
Waterproofing materials	1000	2100/1100
Porcelain	840	2300
Bricks	840	2000/600
Glass	750	2500
Metals	880/380	11,300/2700

Πίνακας 2.2 Ειδική θερμοχωρητικότητα και πυκνότητα βασικών κατασκευαστικών υλικών. <<Πηγή: Casini, 2016>>

στο περίβλημα επιτυγχάνεται συνήθως με τη χρήση στοιχείων υψηλής επιφανειακής μάζας (τουλάχιστον 200 kg/m²), χρησιμοποιώντας υλικά υψηλού ειδικού βάρους, όπως πέτρα, τούβλο ή σκυρόδεμα με μεγάλο πάχος (κατασκευή μεγάλου βάρους) (Πίνακας 2.2).

Η θερμοχωρητικότητα C ενός σώματος προκύπτει από τη μάζα του m (kg) και την ειδική θερμότητα c_p του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο (J/kgK).

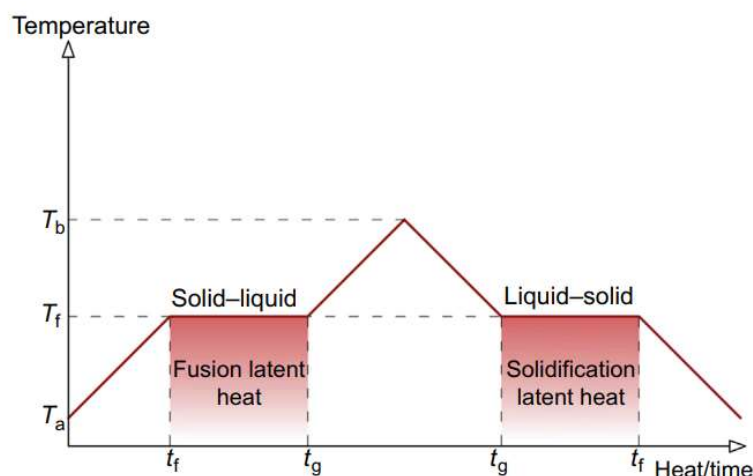
Επομένως, με ίση ειδική θερμότητα του υλικού (c_p) και διαφορά θερμοκρασίας(ΔT), μεγαλύτερη μάζα (m) έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα (C) και υψηλότερη θερμότητα αποθηκευμένη ενέργεια (Q). <<Πηγή: Casini, 2016>>

Σήμερα, οι θετικές επιδράσεις της αποθήκευσης θερμότητας στο περίβλημα μπορούν να επιτευχθούν καταφεύγοντας σε προηγμένα δομικά προϊόντα που χρησιμοποιούν αναδυόμενα έξυπνα υλικά όπως υλικά αλλαγής φάσης (PCM), ικανά να συσσωρεύουν και να απελευθερώνουν την εξωτερική θερμότητα μέσω του φαινομένου της μετάβασης φάσης, διατηρώντας παράλληλα μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία (αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας).

Με τη χρήση PCMs, η ικανότητα εξασθένησης και μετατόπισης του χρόνου των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του αέρα σε έναν χώρο, δεν είναι συνυφασμένη με την παραδοσιακή θερμική ικανότητα συσσώρευσης εξωτερικής αισθητής θερμότητας χωρίς ταχεία θέρμανση (αποθήκευση αισθητής θερμότητας), αλλά από την ικανότητα των υλικών να συσσωρεύουν την εξωτερική θερμότητα με τη μορφή λανθάνουσας θερμότητας για να υποστούν μια μετάβαση φάσης (Σχήμα 2.32). Κατά τη διάρκεια του μεταβατικού σταδίου, τα PCM είναι σε θέση να συσσωρεύουν θερμική ενέργεια 100-250 kJ/kg με τη μορφή λανθάνουσας θερμότητας, η ειδική θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών κυμαίνεται από ένα μέγιστο 1,5-2 kJ/kg (ξύλο και συμπαγή πλαστικά) έως την ελάχιστη τιμή 0,8-0,3 kJ/kg (τούβλα και μέταλλα).

Η συνολική ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας ενός PCM είναι επομένως το άθροισμα της λανθάνουσας θερμότητας στην περιοχή θερμοκρασιών μετάβασης φάσης και της αισθητής θερμότητας που αποθηκεύεται για χαμηλότερες ή υψηλότερες θερμοκρασίες.

Είναι επομένως δυνατό να διαχωριστεί η θερμοχωρητικότητα από τη μάζα του σώματος για να προκύψει το ίδιο ευεργετικό αποτελέσματα με ελαφρύτερα υλικά και σημαντικά μειωμένο πάχος. Τελικά, μέσω της χρήση PCM, το κέλυφος του κτιρίου τείνει να αποκτήσει ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του ανθρώπινου δέρματος, του οποίου ο κύριος μηχανισμός θερμορύθμισης για τη διατήρηση μιας σταθερής σωματικής θερμοκρασίας είναι η αφαίρεση της θερμότητας ως λανθάνουσα θερμότητα μέσω της εξάτμισης και της εφίδρωσης. Τα PCM εκμεταλλεύονται το φαινόμενο της μετάβασης φάσης για να απορροφήσουν ή να απελευθερώσουν λανθάνουσα θερμότητα χωρίς να αυξάνουν την εσωτερική τους θερμοκρασία. Η ενέργεια που προσφέρεται ή αφαιρείται από το υλικό κατά τη διάρκεια της μετάβασης φάσης χρησιμοποιείται για τη διάσπαση ή το σχηματισμό χημικών δεσμών ενώ διατηρώντας την κινητική ενέργεια του σώματος σταθερή και συνεπώς τη θερμοκρασία του. <<Πηγή: Casini, 2016>>

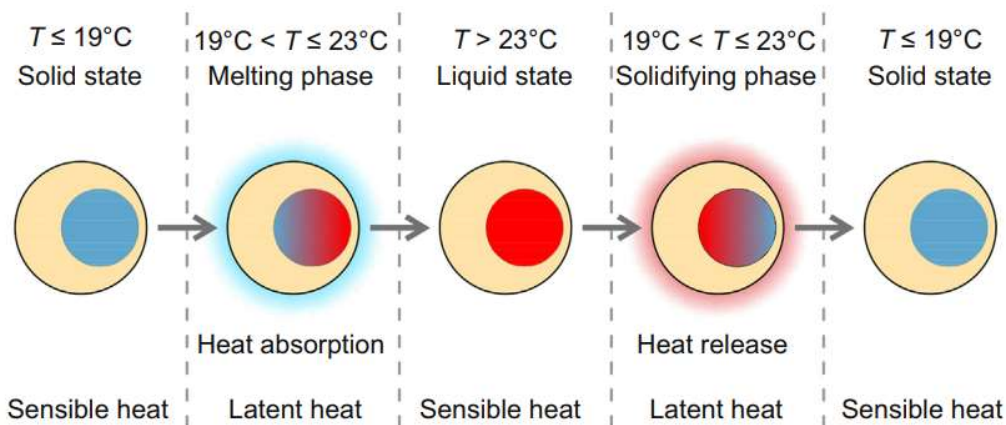


Σχήμα 2.32 Κρίσιμες θερμοκρασίες υγροποίησης και στερεοποίησης σε συνάρτηση με το χρόνο μέσα σε μια μέρα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, εφόσον η θερμοκρασία του αέρα υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή (τη λεγόμενη θερμοκρασία λειτουργίας στην οποία το PCM αρχίζει την αλλαγή φάσης, συνήθως 23-26°C), η πλεονάζουσα θερμότητα χρησιμοποιείται από τα PCM για να υποστούν τη μετάβαση φάσης (π.χ. από στερεό σε υγρή κατάσταση) και συνεπώς αφαιρούνται από το περιβάλλον. Τη νύχτα, όταν η θερμοκρασία μειώνεται και φθάνει κάτω από το επίπεδο ρύθμισης, το PCM επιστρέφει τη συσσωρευμένη θερμότητα στο περιβάλλον ενώ υφίσταται την αντίστροφη μετάβαση φάσης (υγρή στερεά) (Σχήμα 2.33). Ως εκ τούτου, καθίσταται εφικτή η απόσβεση των ταλαντώσεων της θερμοκρασίας ενός εσωτερικού περιβάλλοντος και η διατήρηση μιας κατάστασης άνεσης. Προφανώς, για να επιτελέσουν τα PCM τη λειτουργία τους, η ημερήσια θερμοκρασία πρέπει να υπερβεί το σημείο τήξης για να επιτραπεί η μετάβαση φάσης, στη συνέχεια να πέσει κάτω από το σημείο τήξης για να ξεκινήσει ένας νέος κύκλος την επόμενη ημέρα. Εάν αυτό δεν επιτρέπεται από τις συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, τα συστήματα που περιέχουν PCM των οποίων η ψύξη προκαλείται από εξαναγκασμένο αερισμό ή με τη χρήση πηνίων ψύξης ενσωματωμένων στον πίνακα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Τα PCM με διαφορετικές θερμοκρασίες λειτουργίας μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιοδήποτε στοιχείο του κτιρίου, περίβλημα ή χώρισμα ως πρόσθετα στοιχεία ή απευθείας ενσωματωμένα στα δομικά υλικά, ενισχύοντας την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας νέων ή υφιστάμενων κτιρίων, ιδίως σε ελαφριές κατασκευές και προσδίδουν υψηλές επιδόσεις σε εξαιρετικά μειωμένο πάχος και μάζα.

Τα PCM χρησιμοποιούνται επίσης σε συστήματα ψύξης ως ψυχροί συσσωρευτές (με θερμοκρασίες λειτουργίας 5-18°C), σε συστήματα θέρμανσης ως θερμοί συσσωρευτές (θερμοκρασίες γύρω στους 55-60°C), ή ως συσσωρευτές υψηλής θερμοκρασίας για εφαρμογές ηλιακής ψύξης (πάνω από 80°C). Ενσωματώνονται επίσης σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για παράδειγμα για την απομάκρυνση περίσσειας θερμότητας από φωτοβολταϊκά (ΦΒ) πλαίσια ή για την αποθήκευση ηλιακής θερμότητας για μεταγενέστερη απελευθέρωση.



Σχήμα 2.33 Βασική αρχή λειτουργίας διφασικών υλικών. <<Πηγή: Casini, 2016>>

2.9 Θερμομόνωση κελύφους

2.9.1 Μονωτικά υλικά κτιρίων

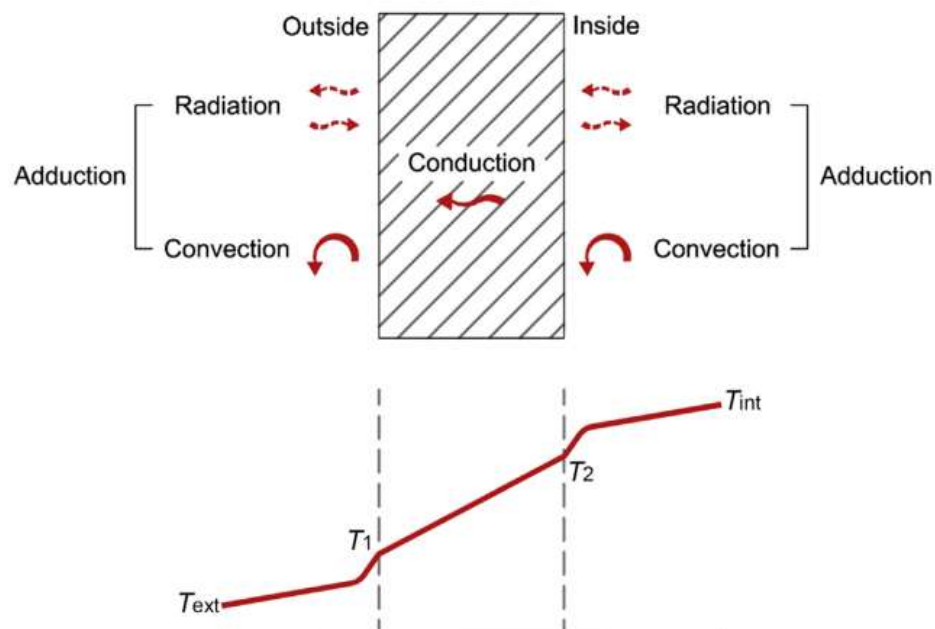
2.9.1.1 Φυσική της μεταφοράς θερμότητας

Η μετάδοση της θερμότητας μέσω των αδιαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους πραγματοποιείται σύμφωνα με τρεις διαφορετικούς τρόπους (Σχήμα 2.34):

- Συναγωγή μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτιρίου και του αέρα που τις διαπερνά. Ο αέρας που αγγίζει το κέλυφος ανταλλάσσει θερμότητα και μεταβάλλεται σε θερμοκρασία και κατά συνέπεια στην πυκνότητα, προκαλώντας ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις που συμβάλλουν στη μεταφορά θερμότητας (κινήσεις συναγωγής).
- Ακτινοβολία μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτιρίου και των σωμάτων που υπάρχουν στο εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον, μέσω της εκπομπής και απορρόφησης υπέρυθρων (IR) ακτινοβολίας.
- Αγωγή ή διάχυση, στο εσωτερικό των συνεχών μέσων (στερεά ή υγρά), που συνιστούν το κέλυφος του κτιρίου, ως αποτέλεσμα της ανταλλαγής ενέργειας σε ατομικό επίπεδο μεταξύ γειτονικών σωματιδίων.

Δεδομένου ότι οι μεταδόσεις θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία συνυπάρχουν και τα αποτελέσματά τους είναι δύσκολο να διαχωριστούν, θεωρούνται συνήθως μαζί ως μετάδοση με διάβαση (ή εξωτερική αγωγή).

Η ροή θερμότητας (F) η οποία σε σταθερές συνθήκες διέρχεται μέσω διάβασης και διάχυσης από το κέλυφος του κτιρίου είναι ευθέως ανάλογη της θερμοκρασιακής.



Σχήμα 2.34 Μετάδοση θερμότητας μέσω ενός ενιαίου τοίχου. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Διαφορά (ΔT) ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, προς την επιφάνεια (A), που μεταβάλλεται εξαιτίας της ροής και του συντελεστή θερμοπερατότητας (U) του κελύφους, με γνώμονα τον τύπο:

$$\Phi = \frac{Q}{t} = U \cdot A \cdot \Delta T \text{ (W)} \quad [2-2]$$

Θερμική διαπερατότητα, αγωγιμότητα ή καθολικός συντελεστής μετάδοσης ορίζεται ως η ποσότητα θερμότητας που σε σταθερή κατάσταση μεταδίδεται στη μονάδα χρόνου (θερμοροή) μέσω μιας μονάδας επιφάνειας του τοίχου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο περιβαλλόντων που χωρίζονται από τον ίδιο τον τοίχο είναι ίση με 1°C. Το αντίστροφο της (1/U) εκφράζει τη θερμική αντίσταση R στη διέλευση της θερμότητας (m²K/W).

$$U = \frac{\Phi}{A \cdot \Delta T} \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad [2-3]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας λαμβάνει υπόψη όλα τα φαινόμενα μεταφοράς θερμότητας που επηρεάζουν το κέλυφος του κτιρίου και ορίζεται ως το αντίστροφο του αθροίσματος των επιφανειακών θερμικών αντιστάσεων προσαγωγής και της εσωτερικής αντίστασης των επιμέρους στρωμάτων που αποτελούν το ίδιο το κέλυφος:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{is} + R_{int} + R_{es}} \quad [2-4]$$

Η τιμή της επιφανειακής θερμικής αντίστασης μεταβάλλεται σε σχέση με τη διεύθυνση της ροής θερμότητας (ανοδική, καθοδική ή οριζόντια), τα χαρακτηριστικά και την ταχύτητα του ρευστού που έρχεται σε επαφή με το κέλυφος του κτιρίου, καθώς και την ικανότητα εκπομπής της επιφάνειας. Είναι υψηλότερη για την εσωτερική επιφάνεια ($R_{is} = 0,10-0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$) σε σύγκριση με την εξωτερική επιφάνεια ($R_{es} = 0,02-0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$ ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου).

Όσον αφορά την εσωτερική διάχυση, η ροή θερμότητας που μεταδίδεται μέσω ενός στρώματος υλικού πάχους d είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας ΔT στα άκρα του στρώματος και του εμβαδού A της επιφάνειας κάθετη στη διεύθυνση μεταφοράς θερμότητας και είναι αντιστρόφως ανάλογη του πάχους d του ίδιου του στρώματος:

$$\Phi = \frac{\lambda}{d} \cdot A \cdot \Delta T \text{ [W]} \quad [2-5]$$

Η αναλογικότητα μεταξύ της ροής θερμότητας και της διαφοράς θερμοκρασίας εκφράζεται από την παράμετρο λ, η οποία ονομάζεται θερμική αγωγιμότητα. Η ίδια είναι συνυφασμένη με τη φύση και τη φυσική κατάσταση του υλικού και ορίζεται ως η ποσότητα της θερμότητας που μεταδίδεται στη μονάδα του χρόνου, υπό σταθερή κατάσταση, μέσω ενός ζεύγους στοιχείων με ισοθερμικές επιφάνειες με μοναδιαία επιφάνεια και μοναδιαία απόσταση μεταξύ τους, όταν η διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών των δύο στοιχείων είναι επίσης ίση με 1C(W/mK). Η τιμή του είναι ανάλογη του πορώδους του υλικού, της πυκνότητάς του και του βαθμού υγρασίας.

2.9.2 Έξυπνα Κτίρια

Για δεδομένη θερμική αγωγιμότητα ενός υλικού, η θερμική αντίσταση ενός ομοιογενούς στρώματος πάχους d δίνεται από την έκφραση:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad [2-6]$$

Στην περίπτωση ενός μη ομοιογενούς υλικού, όπως ένα κοίλο τούβλο, η αντίσταση R δίνεται από την έκφραση:

$$R = \frac{1}{C} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad [2-7]$$

όπου C είναι η θερμική αγωγιμότητα του δομικού στοιχείου.

Σε συνήθειες θερμοκρασίες, οι τιμές του λ κυμαίνονται μεταξύ μερικών δεκάδων και μερικών εκατοντάδων μονάδων για τα μέταλλα και μερικών δεκάδων και μερικών μονάδων για τα δομικά υλικά- μειώνονται σε μερικά δέκατα για τα θερμομονωτικά υλικά. Στα υγρά, το λ έχει τιμές μεταξύ μερικών εκατοστών και μερικών δεκάτων ($\lambda=0,6$ για το νερό). Η θερμική αγωγιμότητα των αερίων είναι ιδιαίτερα χαμηλή: ο αέρας έχει αγωγιμότητα $\lambda=0,026$ W/mK. <<Πηγή: Casini, 2016>>.

Στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζονται οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας και της μάζας όγκου των κυριότερων κατασκευαστικών υλικών.

Materials	Thermal conductivity (W/mK)	Volume mass (kg/m ³)
Metals	420/17	11,300/2700
Natural stones	4.1/0.63	3000/1500
Plaster and mortars	1.40/0.29	2000/600
Close-structure concrete	1.16/0.75	2000/1700
Open-structure concrete	1.06/0.13	1900/250
Glass	1	2500
Porcelain	1	2300
Bricks	0.90/0.25	2000/600
Waterproofing materials	0.70/0.23	2100/1100
Compact plastic materials	0.50/0.28	2000/1050
Water (calm at 293K temperature)	0.60	1000
Wood	0.22/0.12	850/450
Cellular plastic materials	0.059/0.032	80/10
Still air	0.026	1.025

Πίνακας 2.3 Θερμική αγωγιμότητα και πυνότητα βασικών κατασκευαστικών υλικών. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ο Πίνακας 2.3 δείχνει ότι ο λόγος μεταξύ των τιμών της θερμικής αγωγιμότητας των καλύτερων μονωτών και ενός από τους καλύτερους αγωγούς είναι μόλις 104. Επιπλέον, η προσεκτικότερη εξέταση δείχνει ότι οι χαμηλότερες τιμές λ εντοπίζονται στα πορώδη υλικά (υαλοβάμβακας, πολυστυρένιο αφρός, κ.λπ.), ενώ, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα συμπαγή υλικά, ο εν λόγω λόγος δεν υπερβαίνει το 103.

Αν συγκρίνει κανείς την τιμή αυτή με τον αντίστοιχο λόγο που σχετίζεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από 1020, φαίνεται ότι δεν είναι σωστό να μιλάμε για θερμομόνωση και μονωτικά υλικά- μάλλον, θα ήταν ακριβέστερο να μιλάμε για κακούς αγωγούς.

Η θερμική αντίσταση στη διέλευση της θερμότητας που παρέχουν οι κοιλότητες είναι το άθροισμα δύο διαφορετικών αντιστάσεων: η μία σχετίζεται με τη μετάδοση με ακτινοβολία μεταξύ των δύο επιφανειών (ανεξάρτητη από το πάχος του μεσοδιαστήματος), και μία που σχετίζεται με τη μετάδοση μέσω αγωγιμότητας μέσω ενός ρευστού. Εάν το διάκενο δεν έχει κανένα ρευστό, η θερμική ροή μεταδίδεται μόνο με ακτινοβολία μεταξύ των δύο επιφανειών (όπως συμβαίνει στα διπλά τζάμια με κοιλότητα κενού). Με την παρουσία ρευστού, η θερμική ροή είναι σίγουρα μεγαλύτερη από εκείνη που παρατηρείται σε κενή κοιλότητα, δεδομένου ότι η μετάδοση από την εσωτερική αγωγιμότητα μέσω του ρευστού προστίθεται σε εκείνη της ακτινοβολίας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ωστόσο, συνήθως αναπτύσσονται επίσης κινήσεις συναγωγής στο ρευστό (το μέγεθος εξαρτάται από χαρακτηριστικά όπως το πλάτος και ο προσανατολισμός της κοιλότητας σε σχέση με την κατακόρυφο και την κατεύθυνση της ροής θερμότητας), οπότε η μεταδιδόμενη θερμότητα είναι μεγαλύτερη από ό,τι θα ήταν με ένα εντελώς ακίνητο ρευστό. Ειδικότερα, η θερμική αντίσταση αρχικά αυξάνεται με το πάχος της κοιλότητας όσο αυτό παραμένει αρκετά μικρό ώστε η συναγωγή να είναι σχεδόν απύσχα, αλλά στη συνέχεια μειώνεται όσο αυξάνεται η έκταση της συναγωγής, μέχρι να φθάσει, για αρκετά μεγάλο πάχος, στην τιμή που προβλέπεται για ελεύθερη συναγωγή. Οι υψηλότερες τιμές της συνολικής θερμικής αντίστασης λαμβάνονται επομένως για ενδιάμεσα πάχη, της τάξης των μερικών εκατοστών.

Για μεσοδιαστήματα τέτοιου πάχους, σε συνήθεις θερμοκρασίες η θερμική αντίσταση ανά μονάδα επιφάνειας μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0,11 και 0,23 m²K/W, όταν ο συντελεστής εκπομπής των επιφανειών που οριοθετούν το μεσοδιάστημα είναι υψηλή ($\epsilon = 0,8-0,9$), και πολύ υψηλότερες τιμές εάν η ικανότητα εκπομπής είναι πολύ χαμηλή.

Τέλος, όσον αφορά τον προσανατολισμό της κοιλότητας σε σχέση με την κατακόρυφη θέση και την κατεύθυνση της ροής θερμότητας, μια οριζόντια κοιλότητα διαθέτει υψηλότερη θερμική αντίσταση όταν η ροή κατευθύνεται προς τα κάτω (η θερμοκρασία της άνω επιφάνειας είναι υψηλότερη από εκείνη της κάτω επιφάνειας), επειδή η συναγωγή παρεμποδίζεται ιδιαίτερα και αντιστρόφως εάν η ροή κατευθύνεται προς τα πάνω.

Τα περιβλήματα υφιστάμενων κτιρίων χωρίς θερμομονωτικά υλικά παρουσιάζουν κατά μέσο όρο τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας μεταξύ 3,5 και 1,0 W/m²K σε σχέση με το πάχος, τα υλικά που το αποτελούν και την παρουσία οποιουδήποτε διακενου αέρα. Τα ισχύοντα ευρωπαϊκά πρότυπα που προσανατολίζονται στην επίτευξη κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας απαιτούν, ανάλογα με την κλιματική περιοχή, ελάχιστες τιμές 0,45-0,20 W/m²K, καθιστώντας τη χρήση ειδικών μονωτικών υλικών με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

2.9.2.1 Ταξινόμηση και θερμικές ιδιότητες

Η μόνωση του κελύφους των κτιρίων επιτυγχάνεται συνήθως με τη χρήση υλικών (των λεγόμενων μονωτικών υλικών) με συγκεκριμένα θερμικά και φυσικά χαρακτηριστικά (θερμική αγωγιμότητα $\lambda=0,065$ W/mK), ώστε να προσδίδουν στα διάφορα στοιχεία στα οποία εφαρμόζονται υψηλά επίπεδα θερμικής αντίστασης, ή R-value (m^2/KW), μειώνοντας έτσι τη ροή θερμότητα για τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες (το αντίστροφο του R-value είναι ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ή τιμή U W/m²K) (Πίνακας 2.4).

Insulating material	Thickness (mm) for achieving $U = 0.25$ W/m²K	Thermal conductivity λ (mW/mK)
Innovative high-performance products		
Vacuum insulating panels	30	8
Aerogel	50–55	13–14
Polyurethane		
Polyurethane with pentane up to 32 kg/m ³	105–115	27–30
Soy-based polyurethane	100–145	26–38
Coated polyurethane with pentane up to 32 kg/m ³	75	20
Coated polyurethane with CO ₂	130	35
On-site-applied polyurethane (sprayed/injected)	80–100	23–28
Polyisocyanurate		
Polyisocyanurate up to 32 kg/m ³	95–105	25–28
Coated polyisocyanurate up to 32 kg/m ³	80–85	22–23
On-site-applied polyisocyanurate (sprayed/injected)	80–100	23–28
Polyisocyanurate up to 32 kg/m ³	95–105	25–28
Coated polyisocyanurate up to 32 kg/m ³	80–85	22–23
On-site-applied polyisocyanurate (sprayed/injected)	80–100	23–28
Phenolic foam		
Phenolic foam	80–95	20–25
Coated phenolic foam	75–85	20–23
Expanded polystyrene foam (EPS)		
EPS up to 30 kg/m ³	115–165	30–45
EPS with graphite (gray)	115–120	30–32
Extruded polystyrene foam		
Extruded polystyrene foam with CO ₂	95–140	25–37
Extruded polystyrene foam with hydrofluorocarbons 35 kg/m ³	110–120	29–31

Continued

Πίνακας 2.4 Θερμομονωτικά υλικά. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Insulating material	Thickness (mm) for achieving $U = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Thermal conductivity λ (mW/mK)
Mineral insulating materials		
Glass wool	135–180	30–44
Rock wool up to 160 kg/m^3	150–170	34–40
Vermiculite	235	39–60
Cellular glass	140–185	38–50
Expanded perlite panels	190	51
Biobased insulating materials		
Cotton	165–170	39–40
Cork 120 kg/m^3	155–200	41–55
Wood fiber	145–225	39–61
Sheep wool 25 kg/m^3	150–215	34–54
Injected cellulose fiber 24 kg/m^3	150–190	35–46
Hemp fiber	165	39

Πίνακας 2.5 Θερμομονωτικά υλικά (συνέχεια). <<Πηγή: Casini, 2016>>

Η συμπεριφορά των μονωτικών υλικών εξηγείται από το γεγονός ότι το βασικό υλικό καταλαμβάνει μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού όγκου τους, όπως φαίνεται καθαρά από τη σύγκριση μεταξύ της φαινόμενης πυκνότητάς τους και της πυκνότητας του ίδιου του βασικού υλικού. Με βάση την προέλευσή τους, τα μονωτικά υλικά ταξινομούνται σε φυτικά (φελλός, ξυλώδεις ίνες, ίνες κάνναβης, ίνες καρύδας, κ.λπ.), ζωικά (μαλλί προβάτου), ορυκτά (ίνες γυαλιού, ορυκτοβάμβακας, διογκωμένος βερμικουλίτης, ελαφρόπετρα, κ.λπ.) ή συνθετικά (πολυουρεθάνη, πολυστυρένιο, αφρός πολυαιθυλενίου, κ.λπ.). Η δομή των υλικών αυτών μπορεί να είναι ινώδης (ορυκτοβάμβακας, ίνες ξύλου), πορώδης (φελλός, διογκωμένος βερμικουλίτης, ελαφρόπετρα), ή κυψελοειδής (αφροί πολυουρεθάνης, πολυστερίνης, πολυαιθυλενίου). <<Πηγή: Casini, 2016>>

Τα κύτταρα ή οι πόροι μπορεί να είναι αλληλοεπικοινωνούντα (μονωτήρες ανοικτών κυττάρων), όπως στην περίπτωση ινώδη υλικά, ή μη επικοινωνούντες (μονωτές κλειστών κυψελών), όπως στην περίπτωση των συνθετικών μονωτήρων με κυψελοειδή δομή (διογκωμένη πολυστερίνη ή πολυουρεθάνη και πυροσυσσωματωμένη πολυστερίνη). Με τα υλικά του πρώτου τύπου, είναι απαραίτητο να αποφεύγεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης της υγρασίας στο εσωτερικό των κοιλοτήτων, η οποία θα μείωνε δραστικά τη θερμομόνωση. Όσον αφορά τη μέθοδο εγκατάστασης, ορισμένα μονωτικά υλικά κατασκευάζονται στο εργοστάσιο (μπλοκ, πάνελ, πλάκες, ματ, χύμα) και ορισμένα υλικά εφαρμόζονται επί τόπου με έγχυση, εκτύπωση ή ψεκασμό. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην ανάπτυξη των μονωτικών υλικών οφείλονται της πρόοδο στη νανοτεχνολογία και τις επιστήμες των υλικών και έχουν επιτρέψει την παραγωγή θερμομονωτικών υλικών υψηλής απόδοσης με θερμική αγωγιμότητα κάτω από $0,02 \text{ W/mK}$, σε σύγκριση με μια μέση τιμή των συμβατικών μονωτικών υλικών της τάξης των $0,025\text{-}0,040 \text{ W/mK}$.

Οι επιδόσεις αυτές επιτυγχάνονται χάρη στην υψηλότερη αραίωση του αέρα στο εσωτερικό των μονωτικών υλικών λόγω των νανοπορωδών στερεών δομών (aerogel), την εφαρμογή

μερικού κενού (μονωτικά πάνελ κενού dVIPs), ή με συνδυασμό και των δύο μεθόδων (VIPs με νανοπορώδη πυρήνα). Έτσι, η συνολική θερμική αγωγιμότητα των πορωδών υλικών εξαρτάται από τη συναγωγή εντός των πόρων, την αγωγιμότητα εντός των πόρων, την αγωγιμότητα στη στερεή μήτρα και την ακτινοβολία. Ειδικότερα:

- η μεταφορά θερμότητας με συναγωγή μειώνεται με τη μείωση της κίνησης του αέρα στο εσωτερικό των πόρων,
- η αγωγιμότητα μειώνεται με τη μείωση της πίεσης γύρω και μέσα στους πόρους,
- η ακτινοβολία μειώνεται σημαντικά με τη μείωση της θερμοκρασίας και του μεγέθους των πόρων,
- η αγωγιμότητα στο στερεό μέρος της πορώδους μήτρας καθορίζεται από τον τύπο και την ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιείται.

Στα νανοπορώδη υλικά, το υψηλό πορώδες μειώνει την αγωγή θερμότητας μέσω του στερεού μέρους, ενώ το μικρό μέγεθος των πόρων μειώνει την ακτινοβολία και την αγωγιμότητα στο αέριο. Η μείωση του μεγέθους των πόρων σε επίπεδο νανοκλίμακας αυξάνει τις συγκρούσεις ανάμεσα στα μόρια του αερίου και των τοιχωμάτων των πόρων, οδηγώντας σε μειωμένη αγωγιμότητα του αερίου (φαινόμενο Knudsen).

Η αγωγιμότητα στο αέριο μειώνεται επίσης με κάθε μείωση της πίεσης που μπορεί να επιτευχθεί. Ιδανικά, ένα κενό στο εσωτερικό των πόρων παράγει τις καλύτερες μονωτικές ιδιότητες. Στην πράξη, όσο μικρότεροι γίνονται οι πόροι, τόσο λιγότερο κενό χρειάζεται να επιτευχθεί για τις ίδιες μονωτικές ιδιότητες.

Εκτός από τις εξαιρετικές θερμικές ιδιότητες, τα νανοπορώδη μονωτικά υλικά παρουσιάζουν ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά ηχομόνωσης. Στο εσωτερικό αυτών των υλικών, τα οποία πάνω από 97% αποτελούνται από αέρα, η άμεση δόνηση μέσω της στερεάς φάσης που διεξάγεται μέσω της στερεάς μήτρας μειώνεται σημαντικά, με εμφανή ηχομονωτικά αποτελέσματα κυρίως σε χαμηλότερες συχνότητες (<400 mHz).

Η επιλογή του καταλληλότερου μονωτικού υλικού ή της τεχνολογίας εγκατάστασης εξαρτάται από τον τύπο της εφαρμογής και τις συνθήκες λειτουργίας. Εκτός από τη θερμική και θερμοϋγρομετρική συμπεριφορά, τα μονωτικά υλικά πρέπει να αξιολογούνται για τις πτυχές, όπως η περιορισμένη επίδραση στο χώρο διαβίωσης, η ακουστική συμπεριφορά, η συμπεριφορά στη φωτιά, η συμπίεση και η συμπεριφορά παρουσία νερού. Αντοχή σε βλαπτικούς παράγοντες όπως υγρασία και τα τρωκτικά πρέπει να εξετάζονται όταν είναι σχετικοί με την εφαρμογή. Για την επιλογή είναι επίσης σημαντικό να προσμετρούνται πτυχές όπως το βάρος της κατασκευής, ευκολία εγκατάστασης, ανταγωνιστική τιμή, πλήρης συμβατότητα με όλους τους σχετικούς συνδυασμούς υλικών, ενισχυμένη ανθεκτικότητα για αυξημένη λειτουργική διάρκεια ζωής, μειωμένη συντήρηση και μειωμένο κόστος. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη βιωσιμότητα του κύκλου ζωής των επιλεγμένων υλικών. Όσον αφορά την ενέργεια που ενσωματώνεται στο προϊόν, την εκπομπή ουσιών επιβλαβών για την υγεία ή το περιβάλλον, την ευκολία αποδόμησης και τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης/ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής, που αξιολογούνται μέσω ειδικών μελετών αξιολόγησης του κύκλου ζωής.

Τα προηγμένα μονωτικά υλικά αρχίζουν να εισέρχονται στην αγορά σε διάφορες εξειδικευμένες εφαρμογές. Το κόστος, σε περίπου 10 φορές υψηλότερο από τα παραδοσιακά μονωτικά υλικά, αποτελεί πρωταρχικό εμπόδιο για την ευρύτερη εφαρμογή, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με μακροπρόθεσμες επιδόσεις. Υπάρχει επίσης έλλειψη γνώσεων σχετικά με τις καινοτόμες εφαρμογές και οι λεπτομερείς οδηγίες σχεδιασμού είναι περιορισμένες. Απαιτείται μεγαλύτερη προσπάθεια για την ανάδειξη εφαρμογών που είναι βιώσιμες από πλευράς αγοράς, όπως θέσεις σε κτίρια με χώρο που συνήθως απαιτούν

συνδυασμό μόνωσης υψηλής θερμικής απόδοσης με χαμηλότερο κόστος υλικού. Επιπλέον, από τη σκοπιά των συστημάτων, η μόνωση υψηλής απόδοσης μπορεί να μειώσει το κόστος εργασίας, ιδίως για τις ανακαινίσεις κτιρίων (π.χ. μόνωση εσωτερικών τοίχων σε ιστορικά κτίρια), οπότε η εξέταση της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας δεν χρειάζεται να περιορίζεται μόνο στο υλικό κόστος ενός συστήματος. Η μόνωση υψηλής απόδοσης θα πρέπει να προσφέρει μεγαλύτερη αξία σε εφαρμογές με περιορισμούς χώρου και στο υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

2.10 Προηγμένο κτιριακό κέλυφος

2.10.1 Ψυχρές στέγες

Για τον περιορισμό της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από την οροφή, η οποία ταυτόχρονα θερμαίνει τους χώρους που βρίσκονται από κάτω και θερμαίνει τον περιβάλλοντα αέρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυτεμένα δώματα (πράσινα δώματα), να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης παρέχοντας πρόσθετη θερμική μάζα, βλάστηση σκιά και εξατμισοδιαπνοή. Είναι επίσης δυνατόν σήμερα να καταφύγουμε σε καινοτόμες στέγες υλικά επίστρωσης ικανά να μεγιστοποιήσουν τις τιμές της ηλιακής ανάκλασης (SR), μειώνοντας τόσο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όσο και την καλοκαιρινή υπερθέρμανση του κελύφους των κτιρίων.

Στην πραγματικότητα, η εστίαση των κτιριακών κανονισμών των περισσότερων χωρών μόνο στη χειμερινή ενεργειακή απόδοση, σε συνδυασμό με τη απόκλιση από τη βέλτιστη συμπεριφορά των παραδοσιακών υλικών (ασφάλτου ή ασφάλτινη στέγη, βότσαλα ή πήλινα κεραμίδια), έχει επιτείνει το φαινόμενο UHI η διαδικασία η οποία αυξάνει τη μέση αστική θερμοκρασία σε σύγκριση με εκείνη που παρατηρείται στο αγροτικό περιβάλλον. Η ιδιαίτερη μορφολογία των αστικών περιοχών, περίπου το 20-25% των αστικών περιοχών καλύπτονται από στέγες και το 30-45% από πεζοδρόμια, έχει αυξήσει την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας και έχει μειώσει την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον- κατά συνέπεια, μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας εγκλωβίζεται εντός της πόλης και το αστικό περιβάλλον θερμαίνεται περισσότερο. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Στο κέντρο της πόλης, η μεγάλη συγκέντρωση δομημένων εκτάσεων και οδοστρωμάτων, σε συνδυασμό με την υψηλή θερμική αγωγιμότητα ορισμένων υλικών, όπως το οπλισμένο σκυρόδεμα, καθορίζουν την απορρόφηση 10% περισσότερης ηλιακής ενέργειας από μια αντίστοιχη περιοχή που καλύπτεται από βλάστηση. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ πόλης και υπαίθρου κορυφώνεται μερικές ώρες μετά τη δύση του ηλίου και είναι ελάχιστη νωρίς το απόγευμα. Τη νύχτα η κατάσταση δεν βελτιώνεται: η θερμότητα που συσσωρεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας απελευθερώνεται ως υπέρυθη ακτινοβολία και αναχαιτίζεται από τα κτίρια που βρίσκονται απέναντι, αντί να διαχέεται στο διάστημα. Μια πρώτη και άμεση συνέπεια είναι η αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη του καλοκαιριού, σε συνδυασμό με την παραγωγή σκόνης και την εκπομπή ρύπων, συμβάλλει περαιτέρω στην αύξηση της θερμοκρασίας, μετατρέποντας την πόλη σε πραγματική θερμική νησίδα.

Βασικές δράσεις για τον μετριασμό του φαινομένου UHI είναι η αύξηση της ανακλαστικότητας των οδοστρωμάτων με αντικατάσταση ή επικάλυψη της σκούρας ασφάλτου με διαφανές σκυρόδεμα ή αδρανή υλικά, όπου είναι δυνατόν, ή καθιστώντας το πιο διαπερατό για την εκμετάλλευση της ψύξης μέσω της εξάτμισης της αποθηκευμένης υγρασίας, η φύτευση δέντρων για την παροχή σκιάς και, τέλος, η αντικατάσταση των συμβατικών στεγών με

φυτεμένα ή ψυχρές στέγες. Ταυτόχρονα, οι ηλιοανακλαστικές επιστρώσεις μπορούν να βελτιώσουν με λογικό τρόπο τη θερμομόνωση των κτιρίων.

Όταν το κέλυφος του κτιρίου εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία, την εξερχόμενη ή την εισερχόμενη θερμική ροή είναι διαφορετική από εκείνη που θα συνέβαινε ως αποτέλεσμα της κανονικής διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ροή θερμότητας υπολογίζεται, χρησιμοποιώντας την έννοια της "πλασματικής θερμοκρασίας" (ή θερμοκρασίας στον ήλιο), που ορίζεται ως η ομοιόμορφη θερμοκρασία που πρέπει να έχει το εξωτερικό περιβάλλον ελλείψει άμεσης ηλιακής ακτινοβολία, προκειμένου η ροή θερμότητας που μεταδίδεται να είναι η ίδια με αυτή που βρίσκεται στην πραγματικότητα στον πραγματικό κόσμο. Η τιμή της πλασματικής θερμοκρασίας t_{fs} λαμβάνεται ως το άθροισμα της θερμοκρασίας του αέρα και ενός δεύτερου όρου που λαμβάνει υπόψη την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από το κέλυφος του κτιρίου:

$$t_{fs} = t_e + \frac{a_s}{h_e} \cdot I \quad [2-8]$$

όπου t_e είναι η εξωτερική θερμοκρασία (°C)- a_s είναι ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας της εξωτερικής επιφάνειας (χωρίς διαστάσεις)- h_e είναι ο συντελεστής προσαγωγής της εξωτερικής επιφάνειας (W/m^2K)- και I είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια (W/m^2). <<Πηγή: Casini, 2016>>

Η συνολική θερμική ενέργεια που μεταδίδεται μέσω μιας αδιαφανούς επιφάνειας εκτεθειμένης στον ήλιο προκύπτει επομένως από την εξίσωση:

$$\Phi = U \cdot A \cdot (t_{fs} - t_i) [W] \quad [2-9]$$

όπου U είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της επιφάνειας (W/m^2K)- A είναι η επιφάνεια (m^2),

και t_i είναι η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα (°C). Είναι προφανές ότι όσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής απορρόφησης της επιφάνειας που εκτίθεται στον ήλιο, τόσο υψηλότερη είναι η πλασματική θερμοκρασία και συνεπώς η εισερχόμενη ροή θερμότητας. Το καλοκαίρι, σε μέρη που χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά φαινόμενα υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων (Σχήμα 2.35 Απόκριση στην ηλιακή ακτινοβολία μαύρων και λευκών στεγών (θερμοκρασία αέρα 37°C)).

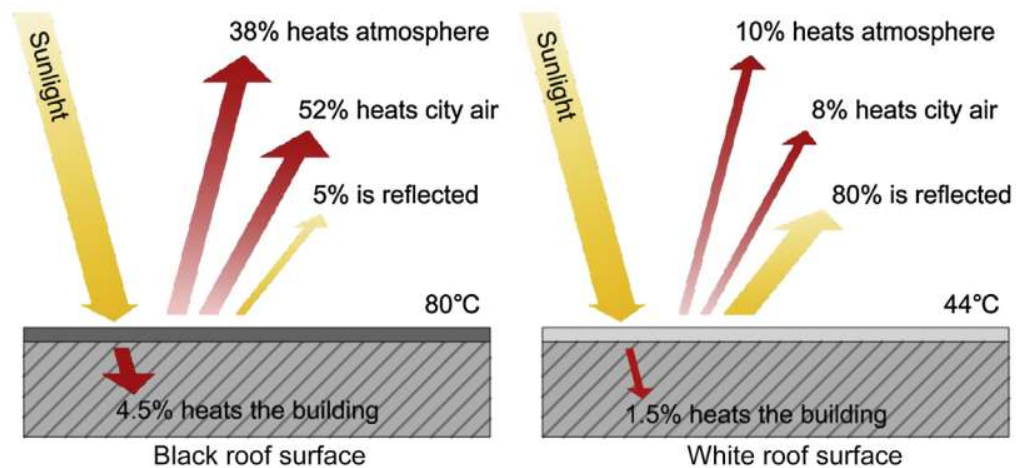
Ταυτόχρονα, η υιοθέτηση ψυχρών στεγών πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά υπό το πρίσμα των κλιματικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Σε θερμότερα κλίματα, τα οφέλη που επιτυγχάνονται με γνώμονα τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης για την ψύξη του καλοκαιριού είναι σημαντικά (έως και 25% για χαμηλής θερμομόνωσης στέγες) και, με δεδομένο το λογικό κόστος παρέμβασης, οι επενδύσεις αυτές είναι οικονομικά αποδοτικές ακόμη και βραχυπρόθεσμα (λιγότερο από ένα έτος σε πολλές περιπτώσεις).

Σε ψυχρότερα κλίματα, από την άλλη πλευρά, ένα μέρος του ηλιακού κέρδους κατά τη διάρκεια του χειμώνα χάνεται, και η ανεπαρκής απορρόφηση της ηλιακής θερμότητας από την οροφή μπορεί να εμποδίσει τη γρήγορη ξήρασή της, υπονομεύοντας την ποιότητα διαβίωσης των ανθρώπων σε εσωτερικούς χώρους σε πολύ βροχερά κλίματα.

Αυτό δεν εμποδίζει την κερδοφορία των ψυχρών στεγών στις περισσότερες εύκρατες περιοχές, επειδή η παρατεταμένη χιονοκάλυψη καθιστά το υποκείμενο χρώμα της στέγης και η θέρμανση τα φορτία και οι δαπάνες είναι συνήθως πιο έντονα τα βράδια (ιδίως σε κτίρια κατοικιών), ενώ το όφελος από μια πιο σκούρα οροφή το χειμώνα πραγματοποιείται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ακόμη, είναι αναγκαίο να προσμετρείται το περιβάλλον του κτιρίου: σε πυκνοδομημένες περιοχές, το ηλιακό φως που αντανακλάται από ψυχρές στέγες μπορεί να αναπηδήσει στα υψηλότερα παράθυρα των γειτονικών ψηλότερων κτιρίων, προκαλώντας ανεπιθύμητη θερμότητα και θάμβωση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η ανάκλαση της ψυχρής οροφής πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά για να παρέχει ενέργεια και άνεση, χωρίς να επηρεάζονται σημαντικά τα γύρω κτίρια.

Τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας των ψυχρών επιστρώσεων είναι επίσης μειωμένα (δυνατότητα εξοικονόμησης έως και 13%) για στέγες που είναι ήδη καλά μονωμένες κατά του ψύχους, παρά τα άλλα θετικά αποτελέσματα, όπως η μείωση του φαινομένου UHI ή η παράταση της διάρκειας ζωής των στοιχείων της οροφής, δεδομένου ότι η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία επιβραδύνει την υποβάθμιση που σχετίζεται με τη θερμότητα, όπως το ξεθώριασμα του χρώματος.



Σχήμα 2.35 Απόκριση στην ηλιακή ακτινοβολία μαύρων και λευκών στεγών (θερμοκρασία αέρα 37°C). <<Πηγή: Casini, 2016>>

2.10.1.1 Πρότυπα και κανονισμοί

Η απόδοση των ψυχρών στεγών μετράται συνήθως με τη χρήση SR ή του δείκτη ηλιακής αντανακλαστικότητας (SRI). Το SR μετρά την ικανότητα ενός υλικού να αντικατοπτρίζει τη δεχόμενη ηλιακή ακτινοβολία χωρίς να την απορροφά. Για να ταξινομηθεί ως ψυχρή στέγη, ένα υλικό πρέπει να έχει ελάχιστη τιμή SR 0,65.

Ο δείκτης SRI αντιθέτως μετρά την ικανότητα μιας επιφάνειας να παραμένει δροσερή στον ήλιο αντανακλώντας ηλιακή ακτινοβολία και εκπέμποντας θερμική ακτινοβολία. Ο SRI προσδιορίζεται με τη σύγκριση τη θερμοκρασία της επιφάνειας σε αναφερόμενες συνθήκες με την τυπική μαύρη (SR= 0,05, ικανότητα εκπομπής = 0,90: SRI = 0) και λευκή (SR = 0,80, ικανότητα εκπομπής = 0,90: SRI = 100).

επιφάνειες:

$$SRI = \frac{T_{\text{black}} - T_{\text{surface}}}{T_{\text{black}} - T_{\text{white}}} \quad [2-10]$$

Η θερμοκρασία T_{surface} λαμβάνεται αναλυτικά από το SR του υλικού και το θερμικό εκπομπής: μια υψηλή τιμή SR μειώνει την ενέργεια που απορροφάται από τον ήλιο, ενώ υψηλή θερμική εκπομπή επιτρέπει στο σώμα να φτάσει στο σημείο θερμικής ισορροπίας (ισοδυναμία μεταξύ απορρόφησης ενέργειας και ενέργειας που απελευθερώνεται στο περιβάλλον), σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων λαμβάνει υπόψη τις τιμές SR για τη χορήγηση μονάδων Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) που σχετίζονται με τη μείωση του φαινομένου UHI για τις στέγες (ελάχιστες τιμές SRI 78 για επίπεδες στέγες και 29 για κεκλιμένες στέγες, για τουλάχιστον το 75% της επιφάνειας της στέγης) και πλακόστρωτους χώρους. <<Πηγή: Casini, 2016>>

2.10.2 Πράσινοι τοίχοι

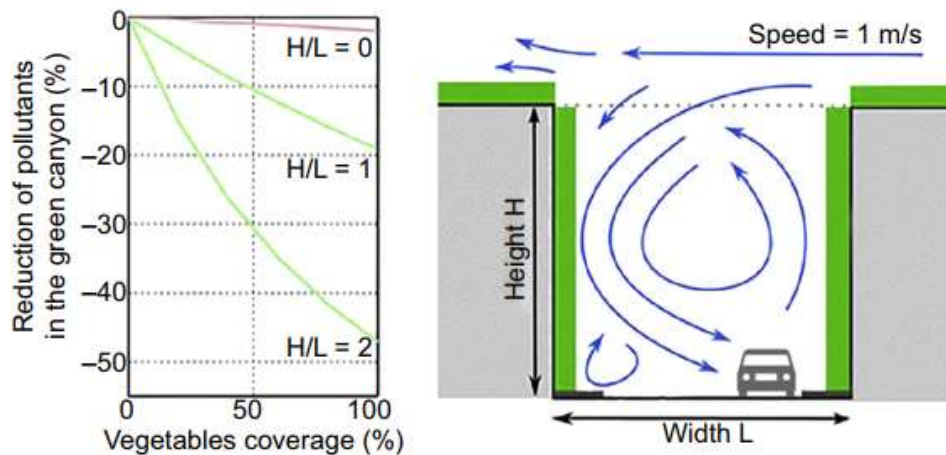
Μια ενδιαφέρουσα μορφή αλληλενέργειας ανάμεσα στο κέλυφος του κτιρίου και το περιβάλλον αποτελεί η χρήση φυτικών ειδών ως σύστημα επένδυσης αδιαφανών τοίχων. Η υιοθέτηση μιας φυτικής επιδερμίδας δίνει μια δυναμική εικόνα και μια αντίληψη του κελύφους εναρμονισμένη με το φυσικό περιβάλλον. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Η πράσινη κάλυψη των κατακόρυφων τοίχων επιτυγχάνεται συνήθως με τη φύτευση αναρριχώμενων ειδών στο έδαφος ή σε περιμετρικές γλάστρες, στη συνέχεια καλλιεργώντας κατά μήκος των πλευρών του κτιρίου σε ειδικά κατασκευασμένες πέργκολες ή συρμάτινα πλέγματα, ή απευθείας στην επιφάνεια του κτιρίου, προκαλώντας ζημιές στα υλικά της πρόσοψης και προσελκύνοντας ζώα. Αντίθετα, τα συστήματα πράσινων τοίχων που διατίθενται σήμερα επιτρέπουν την ημιεντατική καλλιέργεια πολύ μεγαλύτερου εύρους φυτών, δεν ενέχουν κίνδυνο για την ακεραιότητα της πρόσοψης και είναι σχεδιασμένα για να ελαχιστοποιούν τη συντήρηση των φυτών.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η βλάστηση του τοίχου μειώνει τις ροές θερμότητας που εισέρχονται μέσω του κελύφους του κτιρίου χάρη στη σκίαση και την απορρόφηση της ενέργειας ακτινοβολίας που απαιτείται για τη φωτοσύνθεση και της θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες εξάτμισης-διαπνοής. Το φαινόμενο του φωτοτροπισμού (αυτοπροσανατολισμός των φύλλων προς το ηλιακό φως) συμβάλλει να καταστήσει το σύστημα αυτό ακόμη πιο αποτελεσματικό μέσω της αυτορρύθμισης ανάλογα με τη γωνία του ήλιου. Όσον αφορά τις αεριζόμενες προσόψεις, οι πράσινοι τοίχοι είναι πιο αποτελεσματικοί για τα υψόμετρα που είναι εκτεθειμένα στην ανατολή και τη δύση και τα οποία δέχονται περισσότερο άμεσο ηλιακό φως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Τα οφέλη αυτά προστίθενται σε εκείνα της μείωσης του UHI και της βελτίωσης της ποιότητας του αέρα, χάρη στον καθαρισμό του αέρα και το φιλτράρισμα της σκόνης που επιτελούν τα φυτά. Όσον αφορά την ποιότητα του αέρα, πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η παρουσία κάθετων κήπων σε μεγάλες πόλεις μειώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση (Σχήμα 2.36), ιδίως κατά μήκος των λεγόμενων "δρόμων-φαράγγια", δηλαδή μακρόστενους διαδρόμους με ψηλά κτίρια. Λόγω των ατμοσφαιρικών συνθηκών που χαρακτηρίζονται από μικρή κίνηση του αέρα, οι υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, όπως για παράδειγμα τα διοξείδια του αζώτου (NO_x) και τα σωματίδια (PM_{10}), που καθίστανται επικίνδυνες για τον ανθρώπινο οργανισμό, παρατηρούνται συχνά στα φαράγγια των δρόμων. Οι κατακόρυφοι κρεμαστοί κήποι μειώνουν την παρουσία NO_x κατά 40%, ενώ για τα αιωρούμενα σωματίδια φτάνει το 60%.

Οι πράσινοι τοίχοι είναι επίσης πολλά υποσχόμενοι όσον αφορά την ακουστική άνεση για τους χρήστες των κτιρίων και κατοίκους των δρόμων, παρέχοντας οφέλη τόσο στη μόνωση όσο και στην απορρόφηση του θορύβου. Έχει παρατηρηθεί ότι η συμπεριφορά των πράσινων τοίχων προς τα ηχητικά κύματα διαφοροποιείται ανάλογα με τα συστατικά τους: τα φυλλώματα και τα κλαδιά διαχέουν την ηχητική ενέργεια με δονώντας και μετατρέποντάς την σε θερμότητα, και είναι πιο αποτελεσματικά για τις υψηλότερες συχνότητες, ενώ το εδαφικό υπόστρωμα απορροφά τον ήχο μέσω της δικής του μεγαλύτερης μάζας και με παρεμβολές μεταξύ των εισερχόμενων ηχητικών κυμάτων και εκείνων που αντανακλά εν μέρει, και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στον περιορισμό του θορύβου της κυκλοφορίας (0,10 kHz). <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.36 Φαινόμενο ηχητικού εγκλοβισμού κάθετων πράσινων τοίχων σε αστικά κέντρα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Είναι γνωστό ότι η μάζα είναι υψίστης σημασίας για την ηχητική συμπεριφορά, οπότε τα βαρύτερα συστήματα πράσινων τοίχων όπως μεταλλικά ή πολυμερή κουτιά που περιέχουν επιφανειακό χώμα αναμένεται να έχουν καλύτερη απόδοση από ό,τι τα ελαφρύτερα που βασίζονται σε γεφυφάσματα χωρίς υπόστρωμα.

Οι πράσινοι τοίχοι μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις ανακλάσεις του θορύβου της πρόσοψης στα αστικά φαράγγια των δρόμων και έτσι να αποτρέψουν τον θόρυβο της κυκλοφορίας από το να διαθλάται πάνω από τις στέγες και να φτάνει στο εσωτερικό αυλές: οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί αν εφαρμοστούν σε άκαμπτα τούβλινες προσόψεις, σε αντίθεση με τις ήδη ήπια απορροφητικές επιφάνειες, και ότι η βλάστηση στο πάνω μισό των τοίχων είναι καλύτερη στην παγίδευση του θορύβου μέσα στο φαράγγι του δρόμου.

Παρόλα αυτά, η δημιουργία ενός "πράσινου τοίχου" απαιτεί μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό. Κατ' αρχάς είναι σημαντικό να προσδιοριστούν σωστά τα είδη φυτών που θα χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τις κλιματικές συνθήκες και την έκθεση της πρόσοψης. Ειδικότερα, τα ζητήματα αφορούν τους εποχικούς κύκλους ανάπτυξης (φυλλοβόλα ή αειθαλή), το μέγεθος, τον ρυθμό ανάπτυξης, το βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας, το σχήμα και την πυκνότητα των φύλλων, την ανάγκη συντήρησης, τις επαναλαμβανόμενες καιρικές αντιξοότητες και τη μέθοδο στερέωσης των φυτών. <<Πηγή: Casini, 2016>> στον τοίχο (άμεση ή ανεξάρτητη στήριξη). Κανονικά, για τη μείωση της συντήρησης κόστους, περίπου το 80% των φυτικών ειδών που χρησιμοποιούνται σε κατακόρυφους τοίχους είναι αειθαλή, αφήνοντας περίπου το 20% των εποχιακών φυτών για να δοθεί η εντύπωση ενός ζωντανού έργου που αλλάζει χρώμα και εμφάνιση με τις εποχές που περνούν.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί εξαιρετικά καινοτόμα συστήματα πράσινων τοίχων, τα οποία αποτελούνται από αρθρωτά στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως πραγματικά στοιχεία επένδυσης της επιφάνειας του συγκροτήματος τοίχου. Η εμφάνιση που επιτυγχάνεται είναι ουσιαστικά αυτή ενός κατακόρυφου κήπου και δίνει στο κτίριο ένα μεταβαλλόμενο και ισχυρό χαρακτήρα από αισθητική, οπτική και οσφρητική άποψη.

Τα συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά είναι κυρίως δύο τύπων: ο πράσινος τοίχος και ο ζωντανός τοίχος. Ο πράσινος τοίχος αποτελείται συνήθως από στοιχεία μεταξύ 200 και 1000mm πλάτος, 200mm ύψος και 85mm πάχος, με οργανικό στρώμα από *Sphagnum* (βρύα που χαρακτηρίζονται από εξαιρετικές τιμές ελαφρότητας και υγροσκοπικότητας), χώμα και φυσικές ίνες ή ανόργανα μέσα για τη φιλοξενία προκαλλιεργούμενων φυτικών ειδών που συγκρατούνται μεταξύ τους με μία δομή κλωβού από γαλβανισμένο χάλυβα (30mm). Οι μονάδες συνδέονται με ένα πλέγμα στήριξης από γαλβανισμένο χάλυβα που στερεώνεται στον τοίχο σε απόσταση 50mm για να επιτρέψει την κυκλοφορία του αέρα (Σχήμα 2.37 και Σχήμα 2.38).



Σχήμα 2.37 Εγκατάσταση στοιχείων πράσινου τοίχου. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.38 Ανάπτυξη στοιχείων του πράσινου τοίχου. <<Πηγή: Casini, 2016>>

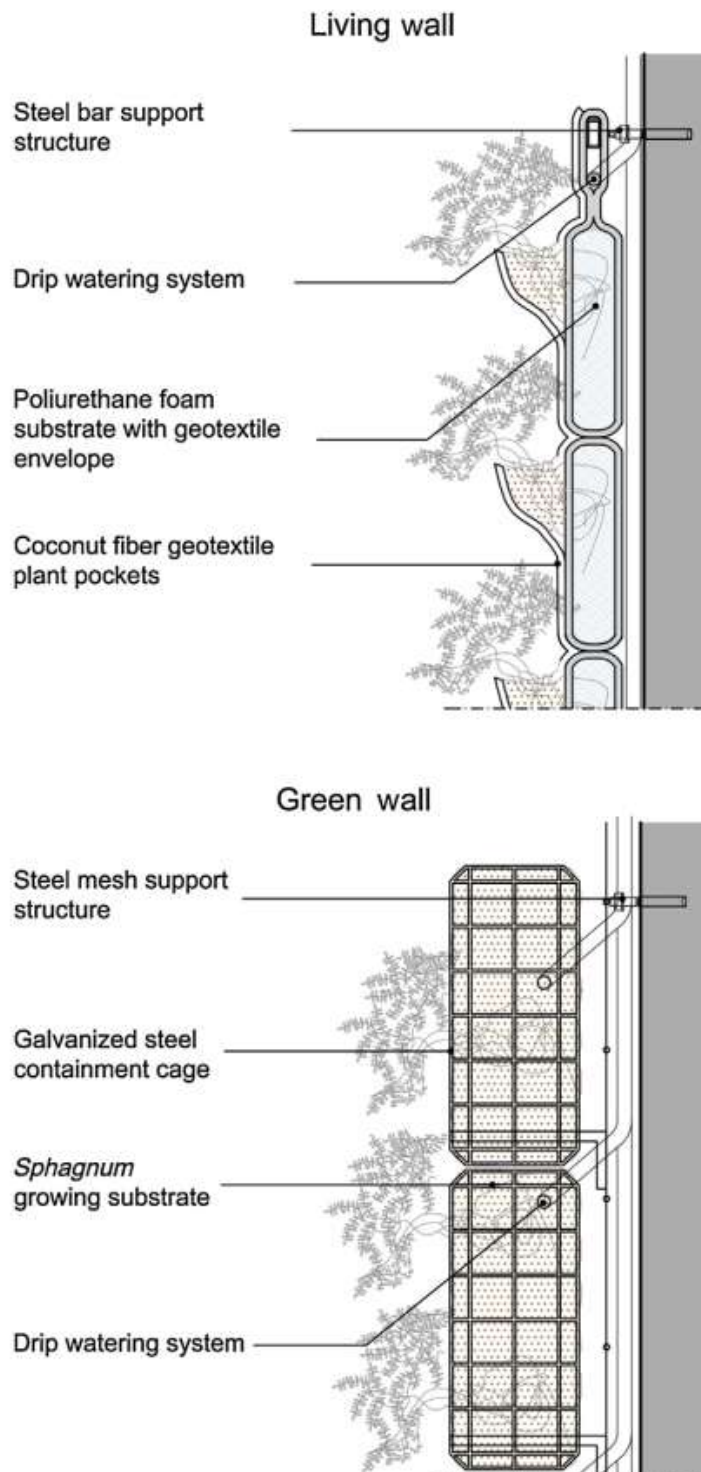
Παρόμοια συστήματα χρησιμοποιούν ελαφρύ ανακυκλωμένο πλαστικό και διατίθενται ως πλαισιωμένα κουτιά ή κουτιά με προκομμένες οπές που μπορούν να υποδιαιρεθούν σε μικρότερα κελιά.

Οι μονάδες είναι εύκολα εναλλάξιμες και το σύστημα στερέωσης επιτρέπει τη συντήρηση χωρίς να απαιτείται επέμβαση σε ολόκληρη τη δομή. Ο τοίχος ολοκληρώνεται από ένα ολοκληρωμένο

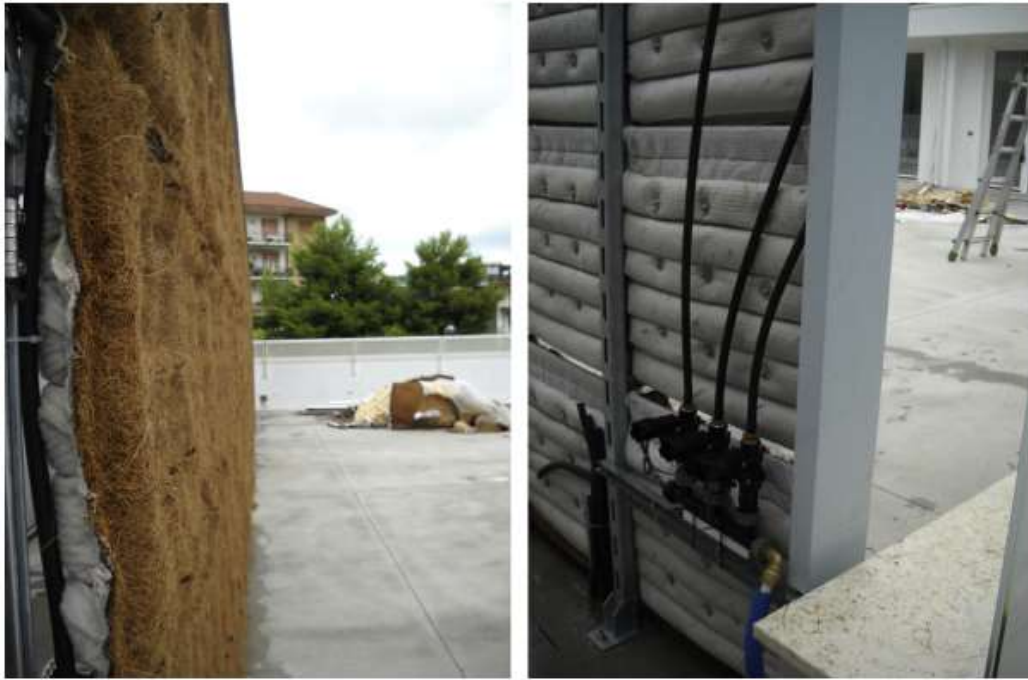
δίκτυο άρδευσης υπό πίεση που αποτελείται από διάτρητους σωλήνες με σύστημα ανάκτησης και ανακύκλωσης νερού. Το νερό ανακτάται στη βάση του τοίχου, μεταφέρεται σε μία δεξαμενή συλλογής και στη συνέχεια αναδιανέμεται στο πράσινο τοίχωμα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Το σύστημα Tree box Rain Garden της βρετανικής εταιρείας Tree box Rain Garden απλοποιεί περαιτέρω τον κάθετο κήπο, καθώς εγκαταλείποντας την άρδευση υπό πίεση υπέρ μιας μεθόδου αυτόματης άρδευσης που δεν απαιτεί ρεύμα για τη λειτουργία της. Το νερό της βροχής συγκεντρώνεται σε μεγάλες δεξαμενές, κρυμμένες πίσω από τη φύτευση, στη συνέχεια τροφοδοτείται με τριχοειδή δράση μέσω ενός σχοινού. Σε περιόδους υψηλών βροχοπτώσεων το σύστημα μειώνει την παροχή νερού ώστε να μην υπερβρέχονται τα φυτά και να εξοικονομείται χωρητικότητα. Μία γεμάτη νερό δεξαμενή μπορεί να συντηρήσει τα φυτά για έως και 6 εβδομάδες, οπότε το σύστημα μπορεί να απαιτεί ξαναγέμισμα σε πιο ξηρά κλίματα.

Το σύστημα ζωντανού τοίχου (Σχήμα 2.39), που σχεδιάστηκε από τον βοτανολόγο Patrick Blanc και τώρα διαθέσιμο σε διάφορες εμπορικές εκδόσεις, χρησιμοποιεί αντίθετα ένα εξαιρετικά τεχνολογικό καλλιεργητικό μέσο με βάση διογκωμένο αφρό πολυουρεθάνης με πάχος 140mm, που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο στρώσεων τσόχας πολυαμιδίου στην οποία σχηματίζονται οι θήκες για τη συγκράτηση των φυτών, χωρίς την ανάγκη επιφανειακού χώματος και το περίβλημα για τους σωλήνες του συστήματος ποτίσματος (Σχήμα 2.40). <<Πηγή: Casini, 2016>>.



Σχήμα 2.39 Συστήματα ζωντανών και πράσινων τοίχων. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.40 Ζωντανός τοίχος αναπτυσσόμενος σε τσόχα και αδρευτικό σύστημα. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ένα υδροπονικό σύστημα διανέμει νερό αναμειγμένο με θρεπτικά συστατικά και παρακολουθεί την ανάπτυξη των φυτών με χιλιάδες αισθητήρες, ενώ ελέγχει τα επίπεδα υγρασίας, pH και το υποκείμενο θρεπτικό υπόστρωμα- η λύση αυτή εξοικονομεί νερό και ενέργεια, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κήπου στην οροφή. Το σύστημα, παρόμοιο με την ανθρώπινη κυκλοφορική διαδικασία, επιτρέπει στον ζωντανό τοίχο να αναπτύσσεται τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους.

Υπάρχουν πλέον πολλά παραδείγματα πράσινων τοίχων που χρησιμοποιούν ένα από τα δύο συστήματα που περιγράφονται παραπάνω, αφενός σε νέες κατασκευές και αφετέρου σε αναπλάσεις ήδη υπάρχοντων κτιρίων, όλα με σκοπό την ενίσχυση της τυπικής ποιότητας καθώς και την ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους του κτιρίου.

Οι εσωτερικοί πράσινοι τοίχοι μπορούν να ενσωματωθούν με τη θέρμανση, τον εξαερισμό και τον κλιματισμό συστήματα ώστε να λειτουργούν ως "βιοφίλτρα" ή "ενεργά ζωντανά τοιχώματα" για τον καθαρισμό του αέρα από πτητικές οργανικές ενώσεις και ρύπους εσωτερικών χώρων: η φυσική φυτοεξυγίανση αξιοποιείται αποτραβώντας τον μολυσμένο αέρα των καυσαερίων μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών, όπου τα ευεργετικά βακτήρια αποικοδομούν ενεργά τις βλαβερές ουσίες. Απαιτείται συνεχής ροή νερού για να παγιδεύει τους αιωρούμενους ρύπους και τους οδηγεί στη ριζόσφαιρα που περιβάλλει τις ρίζες των φυτών. Οι δοκιμές έδειξαν ελπιδοφόρα μείωση των ρύπων που ψεκάζονται στο βιοφίλτρο μετά από ένα 80% της φορμαλδεΐδης, 50% του τολουολίου και 10% του τριχλωροαιθυλενίου, μερικών από τους πιο κοινούς ρύπους εσωτερικών χώρων. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα2.41 Musee du quai Branly, Jean Nouvel/Patrik Blanc, Παρίσι. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα2.42 Caixa Forum, Herzog & de Meuron/Patrik Blanc, Μανδρίτη. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα2.43 Ξενοδοχείο Athenaeum, Patrick Blanc, Λονδίνο. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.44 Oasis d'Aboukir, Patrik Blanc, Παρίσι. <<Πηγή: Casini, 2016>>

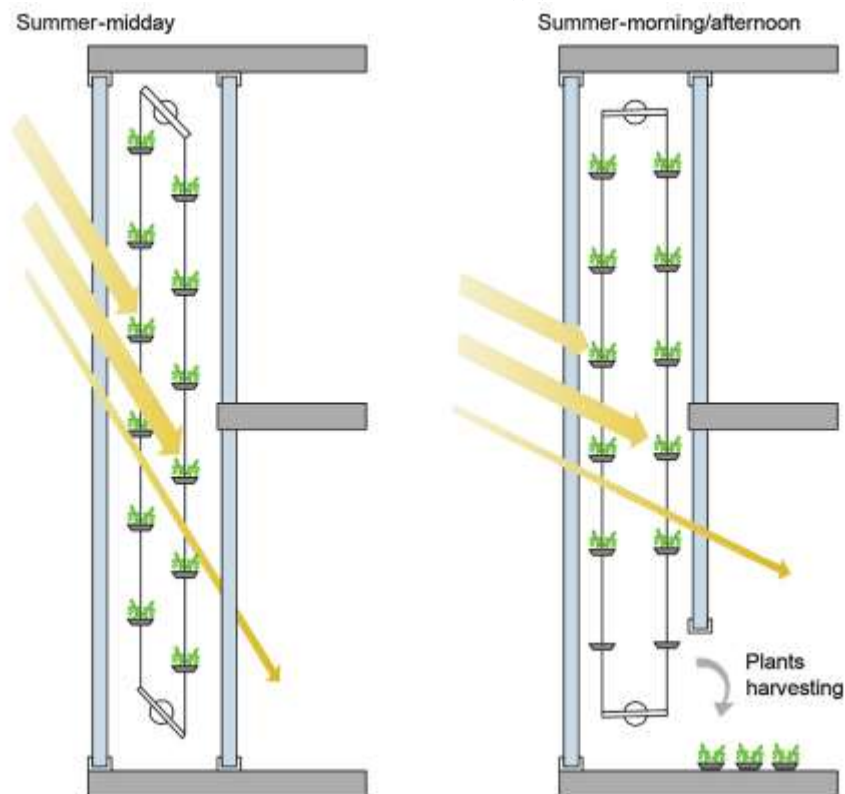
Ένα άλλο ενδιαφέρον σύστημα πράσινου τοίχου αναπτύχθηκε από την Αγυρ για να επιτρέψει την ανάπτυξη καλλιεργειών μέσα σε μια πρόσοψη με διπλά τζάμια, συνδυάζοντας τη σκίαση του ήλιου και τη γεωργική παραγωγή των φυτών με το θερμικό όφελος μιας σύγχρονης διπλής όψης με τζάμια. Το σύστημα ονομάστηκε "κάθετα ενσωματωμένο θερμοκήπιο" (Σχήμα 2.47) , το σύστημα έχει σχεδιαστεί γύρω από δύο σειρές δίσκων που αναρτώνται σε ένα συνεχές σύστημα καλωδίων. Οι δίσκοι φιλοξενούν τις καλλιέργειες που θα καλλιεργούνται, τα οποία τρέφονται υδροπονικά μέσω ενός λεπτού φιλμ νερού εμπλουτισμένου με θρεπτικά συστατικά το οποίο περνά από τον ένα δίσκο στον επόμενο πριν ανακτηθεί στον πυθμένα και επαναχρησιμοποιηθεί. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.45 Λεπτομέρεια από περίπτερο σε Expo 2015, Μιλάνο. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.46 Bosco Verticale, Stefano Boeri, Μιλάνο. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 2.47 Κάθετο ολοκληρωμένο θερμοκήπιο. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ένας κινητήρας μετακινεί τον ανελκυστήρα με καλώδιο ανάρτησης, φέρνοντας τις καλλιέργειες στον πυθμένα για εύκολη συγκομιδή ή συντήρηση. Η θέση των φυτών προς τον ήλιο και η απόσταση μεταξύ τους μπορούν να μεταβληθούν με τρόπο παρόμοιο με μια βενετσιάνικη περσίδα, παρακολουθώντας την ηλιακή ανύψωση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και ρυθμίζοντας την ακτινοβολία των εσωτερικών χώρων. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει εποχικούς τρόπους λειτουργίας: κατά τη διάρκεια χειμώνα, οι δίσκοι θα είναι ευθυγραμμισμένοι ώστε να

εισέρχεται η μεγαλύτερη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία και το θερμοκήπιο θα είναι κλειστό για να λειτουργεί ως θερμαινόμενο ρυθμιστικό στοιχείο για καλύτερη θερμομόνωση- τη νύχτα, ο αέρας από το κτίριο μπορεί να διοχετευθεί στα φυτά για να διατηρηθεί η θερμοκρασία και να καθαριστεί. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Παράλληλα με την ανάπτυξη τεχνολογικών συστημάτων για την κάθετη κηπουρική, η έρευνα δοκιμάζει εναλλακτικές λύσεις, όπως το οργανικό σκυρόδεμα για τις προσόψεις και τα φουτουριστικά βιοσυνθετικά φύλλα "Silk leaf" του ερευνητή Julian Melchiorri, τα οποία μπορούν να παράγουν οξυγόνο παρουσία νερού και ηλιακού φωτός.

2.11 ΑΠΕ στα κτήρια

2.11.1 Μέτρα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Στα προηγμένα κτήρια εγκαθίστανται συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και τις απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήσης. Αξιοσημείωτες είναι οι διαφορετικές προσεγγίσεις του συστήματος ενσωμάτωση και τον καθορισμό των ορίων και όχι απλώς οι ίδιες οι τεχνολογίες. Αυτό το ζήτημα διερευνάται και μπορεί να διαπιστωθεί στα δελτία δεδομένων για τις διάφορες τεχνολογίες. Παραδείγματα των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν στα κτήρια στις διάφορες περιπτώσεις μελετών περιλαμβάνουν:

- Φωτοβολταϊκά: Ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα κτιρίων (BIPV), Ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά/θερμικά συστήματα κτιρίων (BIPV/T),
- Ηλιοθερμία: επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες με σωλήνες κενού, συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες.
- συλλέκτες, ηλιακοί συλλέκτες αέρα,
- ΣΗΘ με βιομάζα: βιοκαύσιμα, βιοαέριο,
- Ανεμογεννήτριες: ανεμογεννήτριες οριζώντιου άξονα, ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα.

Αφού πραγματοποιηθούν όλα τα απαραίτητα βήματα για τη μείωση της ενεργειακής ζήτησης του κτιρίου, το τελευταίο βήμα σχεδιασμού που πρέπει να πραγματοποιηθεί είναι η ενσωμάτωση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών παραγωγής ενέργειας. Αυτό γίνεται προκειμένου να μετακινηθεί το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου προς ή πέρα από το μηδενικό ενεργειακό κόστος. Επομένως, η χαμηλότερη ενεργειακή ζήτηση του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη απαιτούμενη δυναμικότητα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κτήρια κατοικιών παρέχουν είτε τη θέρμανση και ψύξη είτε την ενέργεια που είναι απαραίτητη για την ικανοποίηση των φορτίων που οφείλονται σε: συστήματα θέρμανσης/ψύξης χώρων, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης και φορτίων πρίζας. Οι πιο συνηθισμένες στρατηγικές κάνουν χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Όλα τα κτήρια οικιστικής μελέτης εκτός από τα EcoTerra, Plus Energy Settlement και Plus Energy Houses είναι εξοπλισμένα με ηλιοθερμικούς συλλέκτες.

Για τη θέρμανση/ψύξη χώρων και το ζεστό νερό χρήσης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν γεωθερμικές πηγές ενέργειας (EcoTerra, Energy Flex House, Leaf house και Riehen), ανάλογα με τη σκοπιμότητα και το κόστος ανάπτυξης. Οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να μεταφέρουν τη θερμότητα του περιβάλλοντος σε ένα χρήσιμο επίπεδο θερμοκρασίας, εφόσον πληρούν ορισμένες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης. Παραδείγματα αυτών των προσεγγίσεων μπορεί να δει κανείς στο LIMA, στο

Riverdale και στο Plus Energy Houses. Επιπλέον, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μικτές στρατηγικές:

- ένα ενσωματωμένο στο κτίριο φωτοβολταϊκό θερμικό σύστημα BIPV/T είναι σε θέση να συλλέγει τη θερμότητα (ÉcoTerra),
- η γεωθερμία και η ηλιοθερμία μπορούν να συνδυαστούν με συστήματα χαμηλής ενέργειας (ακτινοβολία θέρμανση) για τη θέρμανση χώρων (Leaf house και Riehen),
- κτίρια εξοπλισμένα με σταθμούς μεταφοράς (δεξαμενές αποθήκευσης ζεστού νερού) που συνδέονται με ένα δίκτυο τηλεθέρμανσης που τροφοδοτείται από μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας που τροφοδοτείται με ξυλοτεμαχίδια και φυσικό αέριο (Plus Energy Settlement)

2.11.2 Φωτοβολταϊκά

Από το σύνολο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών (PV) παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου. Η επιχειρηματική υπόθεση για την ενσωμάτωση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στα κτίρια έχει αλλάξει δραματικά κατά τη διάρκεια τις τελευταίες δεκαετίες λόγω: πολύ σημαντικής πτώσης του κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων, αύξηση της αποδοτικότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σταθερά αυξανόμενων λιανικών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε αντιδιαστολή με την κεντρική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ατμοπαραγωγή μέσω ρότορα (η βάση της ηλεκτρικής ενέργειας στα δίκτυα), τα φωτοβολταϊκά συστήματα (συμπεριλαμβανομένων των ενσωματωμένων στο κτίριο φωτοβολταϊκών - BIPV) έχουν επίσης το πλεονέκτημα της γεωγραφικής κατανομής της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας και εφοδιασμού) και την τοποθέτηση της παραγωγής κοντά στο σημείο κατανάλωσης, μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Όσον αφορά την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε κτίρια, υπάρχουν συγκεκριμένα οφέλη. Τα φωτοβολταϊκά επιτρέπουν στους σχεδιαστές κτιρίων να προχωρήσουν στο σχεδιασμό κτιρίων προς την κατεύθυνση της καθαρής μηδενικής ενέργειας, χρησιμοποιώντας μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που δεν έχει κινούμενα μέρη και απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Στο δίκτυο διατηρείται η συνδεσιμότητα με αποτέλεσμα να μην μειώνεται η αξιοπιστία της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά δομικά υλικά, όπως η εξωτερική επένδυση (Σχήμα 2.49).

Χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους εγκατάστασης, υιοθέτησαν Φ/Β συστήματα με διάφορα επίπεδα ικανότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό υποδηλώνει ότι τα Φ/Β συστήματα αποτελούν κοινό στοιχείο των καθαρών ZEB. Τα Φ/Β συστήματα των κτιρίων μελέτης περιπτώσεων περιγράφονται σε τρεις κατηγορίες: Φ/Β που εφαρμόζεται σε κτίρια (BAPV), Ολοκληρωμένα στο κτίριο φωτοβολταϊκά (BIPV) και Ολοκληρωμένα στο κτίριο φωτοβολταϊκά/θερμικά (BIPV/T). Αν και υπάρχουν διάφοροι ορισμοί, η BIPV συνήθως διακρίνεται από τα συστήματα BAPV με βάση το κατά πόσον οι φωτοβολταϊκές μονάδες αντικαθιστούν τα συμβατικά δομικά υλικά. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

2.11.2.1 Συστήματα BAPV

Ορισμένα κτίρια της μελέτης περίπτωσης περιλαμβάνουν δομές BAPV που βασίζονται σε φωτοβολταϊκές συστοιχίες εγκατεστημένες σε στέγη ή στον τοίχο με μια πρόσθετη δομή στήριξης (ή κολλημένες στην οροφή). Δύο τέτοιες ενδιαφέρουσες εφαρμογές είναι το κτίριο

ENERPOS (Σχήμα 2.51) όπου το πλαίσιο και τα φωτοβολταϊκά πάνελ δημιουργούν μια μεγάλη δομή που μοιάζει με ομπρέλα για τη σκίαση του κτιρίου- και το Pixel κτίριο (Σχήμα 2.52) όπου πολλά από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του κτιρίου τοποθετούνται σε ένα σύστημα που τοποθετείται στην οροφή και προσαρμόζει την κατεύθυνση των πλαισίων ώστε να ταιριάζουν καλύτερα με την τρέχουσα θέση του ήλιου. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Από τα κτίρια της βάσης δεδομένων μόνο το κτίριο Pixel χρησιμοποιεί ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής ακτινοβολίας για μεγάλο μέρος της φωτοβολταϊκής του εγκατάστασης σε επίπεδη στέγη. Απαιτείται ένας ειδικά σχεδιασμένος μηχανισμός για να τη βελτιστοποίηση των προσανατολισμών των φωτοβολταϊκών μονάδων προκειμένου να μεγιστοποιηθεί το κέρδος της ηλιακής ακτινοβολίας από τον ήλιο (Σχήμα 2.49) και την επακόλουθη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά η παρακολούθηση ήταν να ελέγχεται χρονικά από το σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) με τις κατευθύνσεις των πάνελ προκαθορισμένες σύμφωνα με την ώρα και την ημερομηνία. Ωστόσο, η τελική εγκατάσταση υιοθέτησε ένα σύστημα αισθητήρων φωτός για τη ρύθμιση της κατεύθυνσης για βέλτιστο προσανατολισμό ανά λεπτή βάση. Αυτή η αλλαγή σημαίνει ότι τις συννεφιασμένες ημέρες με διάχυτο ουρανό τα πάνελ θα είναι γενικά



Σχήμα 2.48 ΒΑΡVεγκατάσταση στέγης σε κτίριο στο Saint-Pierre, ReunionIsland, Γαλλία. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>



Σχήμα 2.49 Σύστημα παρακολούθησης ηλιακής γωνίας σε δώμα κτιρίου στην Αυστραλία. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

οριζόντιες και όταν τα πάνελ επηρεάζονται από την υπερσκίαση, τα πάνελ προσανατολίζονται στην ελαχιστοποίηση του φορτίου που προκαλείται από τη σκίαση. Μια δυσκολία που διαπιστώθηκε με αυτή την προσέγγιση ήταν ότι η ασυνήθιστα υψηλή κατανάλωση ενέργειας τη νύχτα προκαλούνταν από τους αισθητήρες φωτός που προσανατολίζουν τα πάνελ τη νύχτα προς την πιο φωτεινή πηγή φωτός, που είναι τα φώτα της πόλης. <<Πηγή: Bartok, 2010>>

2.11.2.2 Συστήματα BIPV

Παραδείγματα κτιρίων μελέτης περίπτωσης που περιλαμβάνουν φωτοβολταϊκά υλικά/συστήματα που είναι πλήρως "ενσωματωμένα στην οροφή", όπου τα φωτοβολταϊκά στοιχεία εγκαθίστανται στην οροφή και αντικαθιστούν τη συμβατική στέγη υλικά περιλαμβάνουν τα εξής: Αλλαγή της οροφής και αντικατάσταση των υλικών κάλυψης: Kraftwerk B, το Leaf House, το Case Zero-Energy House, το Laion School, Marche, Pantin, EnergyFlexHouse και PlusEnergySettlement (Σχήμα 2.50). Το σπίτι ÉcoTerra είναι ένα άλλο παράδειγμα εγκατάστασης BIPV ενσωματωμένης στην οροφή με εκτεταμένη λειτουργικότητα για την παραγωγή θερμικής ενέργειας και περιγράφεται στην ενότητα BIPV/T Systems παρακάτω. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Οι εγκαταστάσεις BIPV μπορούν επίσης να είναι πλήρως "ενσωματωμένες στον τοίχο", όπου οι φωτοβολταϊκές μονάδες αντικαθιστούν συμβατικά εξωτερικά υλικά στους τοίχους. Παράδειγμα εφαρμογής στη μελέτη περίπτωσης περιλαμβάνουν το Green Office, ένα σχολείο στο Limeil-Brévannes (Σχήμα 2.51), και Solar XXI, το οποίο συγκεντρώνει επίσης θερμική ενέργεια και περιγράφεται στην ενότητα BIPV/T Systems παρακάτω.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες μπορούν επίσης να εφαρμοστούν ως συσκευές σκίασης- δύο τέτοιες εφαρμογές BIPV είναι στα κτίρια Green Office και ZEB@BCA Academy (Σχήμα 2.52).



Σχήμα 2.50 Πλήρως ενσωματωμένη BIPVσε οροφές PlusEnergy συνοικίας, Freiburg, Γερμανία. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

2.11.2.3 Συστήματα BIPV/T

Η απόδοση μιας φωτοβολταϊκής μονάδας είναι το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο πάνελ, το οποίο μετουσιώνεται σε ηλεκτρική ενέργεια, τυπικά της τάξης του 10-22%. Η περισσότερη μη μετατρεπόμενη ηλιακή ενέργεια απορροφάται από το πάνελ, θερμαίνοντάς το (κάποια ανακλάται).

Τα συστήματα BIPV/T εκμεταλλεύονται το πάνελ ως πηγή θερμότητας περνώντας είτε αέρα είτε



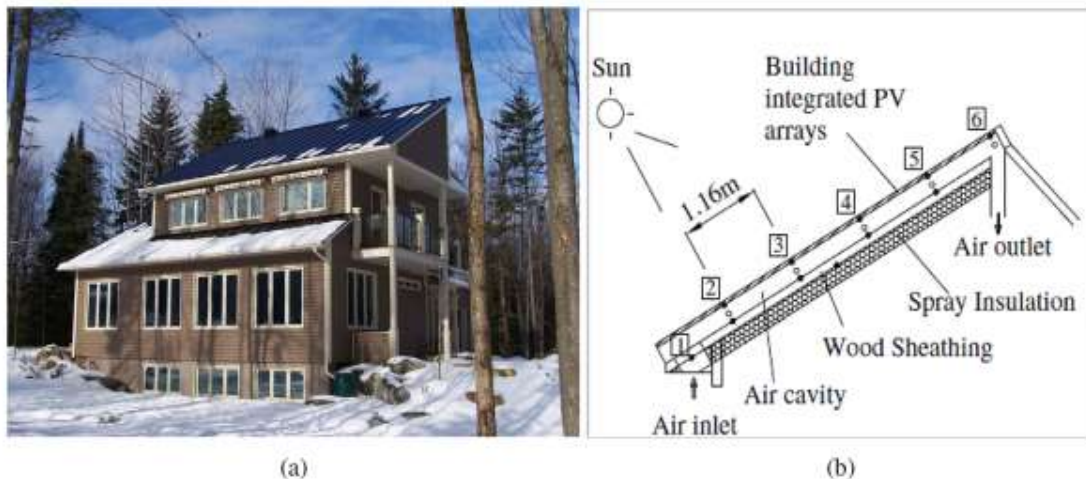
Σχήμα 2.51 Πλήρως ενσωματωμένο σε τοίχο σύστημα BIPVσε σχολείο στο Limeil-Brevannes, Γαλλία. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>



Σχήμα 2.52 Φωτοβολταϊκή συσκευή με σκιασμό σε κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας στην Σιγκαπούρη. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

νερό πίσω από τα πάνελ, προκειμένου να ψύχεται το πάνελ και να θερμαίνεται ο αέρας/το νερό. Τα περισσότερα BIPV/Τουστήματα βασίζονται στον αέρα και χρησιμοποιούν τον θερμαινόμενο αέρα για τις ανάγκες θέρμανσης του χώρου, με αποτέλεσμα να συλλέγουν θερμική ενέργεια καθώς και ηλεκτρική ενέργεια από τα πάνελ BIPV. Τα δύο πλεονεκτήματα των συστημάτων BIPV/T έναντι των συστημάτων BIPV είναι η παραγωγή θερμικής ενέργειας και η βελτιωμένη ηλεκτρική απόδοση των πλαισίων λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών των πλαισίων (που ψύχονται από αέρα). Οι συλλέκτες BIPV/T μπορούν να αξιοποιήσουν περισσότερη ηλιακή ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας από ό,τι BIPV και τους ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες. Η φωτοβολταϊκή συστοιχία για το σύστημα BIPV/T με βάση τον αέρα που εφαρμόζεται σε κτίρια μπορεί να είναι ένα εξωτερικό στρώμα που δημιουργεί ένα κέλυφος κτιρίου διπλής στρώσης. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Ένα σύστημα BIPV/T αναπτύσσεται επίσης στο σπίτι ÉcoTerra (Σχήμα 2.53), όπου είναι ενσωματωμένο ως στοιχείο οροφής. Αυτό το σύστημα BIPV/T με βάση τον αέρα συνδυάζεται με ένα σύστημα κοίλου πυρήνα αεριζόμενη πλάκα σκυροδέματος που βρίσκεται στο υπόγειο για θέρμανση χώρου και μια θερμότητα αέρα-νερού εναλλάκτη για την παροχή ζεστού νερού χρήσης. Κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης (χειμώνας) ο θερμαινόμενος αέρας που παράγεται από το σύστημα BIPV/T διοχετεύεται στην πλάκα σκυροδέματος για τις ανάγκες θέρμανσης του χώρου. και κατά την περίοδο ψύξης (καλοκαίρι) διοχετεύεται στον εναλλάκτη θερμότητας για ζεστό νερό χρήσης.



Σχήμα 2.53 Φωτοβολταϊκό ενσωματωμένο σε στέγη στον Καναδά (a) Κύρια πρόσοψη νοτίου προσανατολισμού και (b) τομή αερόψυκτου συστήματος. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

2.11.3 Ανεμογεννήτριες

Μεταξύ των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η αιολική ενέργεια αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους. Σε σύγκριση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η ενσωμάτωση συστημάτων αιολικής ενέργειας σε κτίρια είναι πιο πρόσφατη ανάπτυξη και υπάρχουν διάφορα σχέδια ανεμογεννητριών κατάλληλα για κτίρια και αστικές περιοχές. Οι δύο γενικοί τύποι ανεμογεννητριών είναι με βάση τον άξονα του πτερυγίου του δρομέα: οριζόντιος άξονας και κάθετος άξονας.

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι ο συνηθέστερος τύπος ανεμογεννήτριας. Αυτές οι ανεμογεννήτριες έχουν πτερύγια που περιστρέφονται σε άξονα παράλληλο προς το έδαφος και είναι στραμμένα προς τον άνεμο. Αυτοί οι τύποι ανεμογεννητριών χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κλίμακα κοινής ωφέλειας και γίνονται τόσο σε αγροτικές περιοχές όσο και σε θαλάσσιες εγκαταστάσεις. Για βέλτιστη παραγωγή, ο άξονας πρέπει να μπορεί να περιστρέφεται έτσι ώστε ο σαρώσιμος δίσκος να είναι στραμμένος προς τον άνεμο.

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα έχουν πτερύγια που περιστρέφονται σε άξονα κάθετο στο έδαφος, επιτρέποντας την παραγωγή ενέργειας ανεξάρτητα από την κατεύθυνση του ανέμου. Κάθε τύπος ανεμογεννήτριας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με την ικανότητα παραγωγής, θέση/μέθοδο εγκατάστασης, προβλήματα θορύβου, απόδοση παραγωγής και θέματα σχεδιασμού.

Παρόλο που έχουν εφαρμοστεί σε κτίρια ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα φαίνεται να είναι πιο ελκυστικές για τους σχεδιαστές και τους πελάτες με ορισμένα πλεονεκτήματα όσον αφορά την εμφάνιση του σχεδιασμού, τις λιγότερες εκπομπές θορύβου και τη δυνατότητα λειτουργίας σε χαμηλότερους ανέμους ταχύτητας και σε αστικά περιβάλλοντα. Αυτά τα δύο τελευταία ζητήματα είναι σημαντικά για τον προσδιορισμό του κατά πόσον η αιολική παραγωγή είναι κατάλληλη για μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Ενώ ορισμένες ανεμογεννήτριες είναι σε θέση να εκκινήσουν από μόνες τους όταν η κατάσταση του ανέμου είναι σε ένα ελάχιστο επίπεδο, άλλες απαιτούν έναν μικρό ηλεκτροκινητήρα για να αρχίσει η περιστροφή των πτερυγίων. Εάν ο αιολικός πόρος είναι πολύ χαμηλός, τότε είναι πιθανό να χρησιμοποιείται ετησίως περισσότερη ενέργεια για την εκκίνηση των ρότορων από όση λαμβάνεται από την αιολική ενέργεια. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι οι αστικές τοποθεσίες επηρεάζονται από τις μεταβαλλόμενες κατευθύνσεις του ανέμου - η κατεύθυνση του ανέμου δεν είναι σχεδόν ποτέ σταθερή. Εάν οι ανεμογεννήτριες δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε θέση με υψηλό αιολικό δυναμικό και μακριά από άλλα κτίρια ή κατασκευές ώστε να αποφεύγεται η κάλυψη, τότε είναι εξαιρετικά απίθανο να επιτευχθεί η θεωρητική παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας. Από αυτή την άποψη, οι κάθετου άξονα οι ανεμογεννήτριες προσφέρουν σήμερα υψηλότερη θεωρητική παραγωγή, καθώς μπορούν να αντιμετωπίσουν καλύτερα τη μεταβαλλόμενη κατεύθυνση του ανέμου και τον ανεμοστρόβιλο.

Η παραγωγή μιας οριζόντιας ανεμογεννήτριας αυξάνεται καθώς αυξάνεται το μέγεθος του πτερυγίου (δηλ. επιφάνεια του δίσκου). Δεδομένου ότι ο άξονας πρέπει να περιστρέφεται για να αντιμετωπίζει την κατεύθυνση του ανέμου, η "στήλη" στην οροφή του κτιρίου ή στην περιοχή του χώρου που επηρεάζεται από την ανεμογεννήτρια μπορεί να γίνει αρκετά μεγάλη.

Σε γενικές γραμμές, τα μικρά συστήματα παραγωγής αιολικής ενέργειας με κατακόρυφο άξονα που χρησιμοποιούν την οροφή του κτιρίου και στέγη για την εγκατάσταση δύνανται να περιορίσουν το κόστος μεταφοράς ενέργειας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε κτίρια. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να περιστρέφονται με χαμηλή ταχύτητα και επομένως να αποφεύγεται η δημιουργία ηχορύπανσης που παρατηρείται μερικές φορές με τα συστήματα οριζόντιου άξονα, επιτρέποντάς τους να μην παρεμβαίνουν στο περιβάλλον. Ωστόσο, ένα μειονέκτημα των συστημάτων παραγωγής αιολικής ενέργειας με κατακόρυφο άξονα είναι ότι η απόδοση είναι χαμηλή σε σύγκριση με τα οριζόντια συστήματα αιολικής παραγωγής. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Χρήση των διαθέσιμων δεδομένων αιολικών περιοχών και κατανόηση των χαρακτηριστικών σχεδιασμού του κτιρίου και των διαθέσιμων θέσεων για ανεμογεννήτριες σε πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης του κτιρίου, ένας κατάλληλος τύπος συστήματος αιολικής παραγωγής μπορεί να επιλεγεί ανάλογα με το φορτίο ζήτησης. Προσεκτική εξέταση της κατάλληλης δυναμικότητας παραγωγής από ανεμογεννήτριες σε συνδυασμό με τους διαθέσιμους πόρους του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να αναληφθεί προκειμένου να καταστεί αποτελεσματική η εφαρμογή ενός συστήματος σε ένα Net ZEB.

Από τα 30 κτίρια της περίπτωσης, δύο κτίρια περιλαμβάνουν συστήματα ανεμογεννητριών εγκατεστημένα στο κτίριο ή στο χώρο του κτιρίου. Το κτίριο Pixel (Σχήμα 2.54) διαθέτει τρεις ανεμογεννήτριες, η καθεμία με κατακόρυφο άξονα στην "πράσινη" οροφή του. Η ονομαστική ισχύς κάθε ανεμογεννήτριας είναι 1,7 κιλοβάτ. Η πατενταρισμένη τεχνολογία ανεμογεννήτριας που εφαρμόζεται στο κτίριο δεν έχει ηλεκτρικό κινητήρα για την έναρξη της περιστροφής της. Ένας διαφορετικός σχεδιασμός που περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα έχει εγκατασταθεί στην τοποθεσία Circe στη Σαραγόσα της Ισπανίας και η ανεμογεννήτρια δύναται να ξεκινήσει την περιστροφή της σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου με την υψηλή αεροδυναμική της απόδοση σε όλους τους τύπους ανέμου (Σχήμα 2.54).



Σχήμα 2.54(a) Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα σε οροφή κτιρίου στην Αυστραλία, (b) Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα σε οροφή κτιρίου στην Σαραγόσα, Ισπανία. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Στη Νέα Ζηλανδία, το κτιριακό έργο Meridian περιελάμβανε την ανάπτυξη ενός αιολικού ανεμογεννήτριας σε μια απομακρυσμένη τοποθεσία ως μέρος μιας εγκατάστασης δικτύου. Από αυτή τη σημαντική συμβολή σε ένα αποδοτικό δίκτυο, το κτίριο αντισταθμίζει την τοπική ενεργειακή του χρήση ως μέρος του ενεργειακού για το έργο.

2.11.4 Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ), ΣΗΘ από βιομάζα

Τα συστήματα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν συνήθως θερμότητα αποβλήτων "χαμηλής θερμοκρασίας" από κύκλους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Rankine ή Brayton) για την παραγωγή χρήσιμου ζεστού νερού για θέρμανση χώρων ή για τη λειτουργία ενός θερμικού κύκλου ψύξης (συνήθως απαιτεί επίσης έναν ψύκτη απορρόφησης) για την παραγωγή κρύου νερού για την ψύξη χώρων.

Αποδόσεις των επιμέρους διεργασιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης, και την παραγωγή ψύξης δεν είναι υψηλότερες από ό,τι στα συμβατικά συστήματα. Ωστόσο, στη ΣΗΘΥΑ και CCHP η ωφέλιμη θέρμανση και ψύξη που προκύπτει από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απόβλητα θερμότητας είναι επιθυμητές εκροές που λαμβάνονται υπόψη στον συνολικό υπολογισμό της απόδοσης.

Τα συστήματα αυτά εμπνέονται στη στρατηγική της "επαναχρησιμοποίησης ενεργειακών ροών". Τα συστήματα μεγιστοποιούνται οφέλη τους (και είναι οικονομικά βιώσιμα) όταν διαστασιολογούνται ώστε να ταιριάζουν σε ταυτόχρονες και συνεχείς απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης/ψύξης, με δυνατότητα εξαγωγής της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας). Τα συστήματα ΣΗΘΥΑ και ΣΗΘΥΑ είναι πιο δημοφιλή σε μεγάλες χωρητικότητες, αν και τα συστήματα μικρής κλίμακας για οικιακή χρήση (συνήθως μικρότερα από 5 kW_e) έχουν επίσης εισαχθεί πρόσφατα στην αγορά. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Τα συστήματα βιομάζας και σφαιριδίων βιομάζας είναι πιο συνηθισμένα σε σχετικά μεγάλα κτίρια επειδή οι λέβητες βιομάζας παρουσιάζουν μεγάλες οικονομίες κλίμακας (δηλ. οι μονάδες χαμηλής δυναμικότητας είναι πολύ ακριβότερες από τις αντίστοιχες μονάδες ορυκτών καυσίμων, ενώ το κόστος των μονάδων υψηλής δυναμικότητας συστημάτων είναι σε λογική ισοτιμία με τους συμβατικούς τύπους φυσικού αερίου). Μεγαλύτερα κτίρια μπορούν επίσης να φιλοξενήσουν ευκολότερα τους πρακτικούς περιορισμούς που σχετίζονται με τα στερεά καύσιμα, δηλαδή τις απαιτήσεις μεταφοράς και αποθηκευτικού χώρου.

Οι ηλιοθερμικοί συλλέκτες (STC) είναι η πιο κοινή τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση νερού (ή άλλων υγρών) ή αέρα με τη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια. Το θερμαινόμενο νερό ή αέρας από έναν STC χρησιμοποιείται για ζεστό νερό χρήσης και για τη θέρμανση και την ψύξη κτιρίων είτε απευθείας είτε μέσω εναλλακτών θερμότητας. Με βάση το νερό, οι συλλέκτες είναι μέσα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας με τη χρήση ενός κυκλοφορούντος υγρού, όπως το νερό σε συνδυασμό με αντιψυκτικό στους θερμικούς συλλέκτες με την πιο διαδεδομένα είναι ο ηλιακός θερμικός συλλέκτης επίπεδης πλάκας.

Οι θερμικοί συλλέκτες όπως οι εκκενωμένοι θερμικοί συλλέκτες και οι συγκεντρωμένοι θερμικοί συλλέκτες υπάρχουν ως εναλλακτικές λύσεις με βελτιωμένη απόδοση συλλογής θερμότητας σε σύγκριση με τους επίπεδους συλλέκτες πλάκας. Οι εκκενωμένοι θερμικοί συλλέκτες περιλαμβάνουν σωλήνες που εισάγονται σε γυάλινους σωλήνες κενού και οι συγκεντρωτικοί θερμικοί συλλέκτες βασίζονται στη συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι συλλέκτες με βάση τον αέρα είναι συστήματα που θερμαίνουν τον αέρα μέσω της χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας, που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των κτιρίων ή την προθέρμανση της ψυχρής εξωτερικής εισροής αέρα σε χειμερινές περιόδους.

Παρόμοια με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα ηλιοθερμικά συστήματα μπορούν επίσης να εφαρμοστούν ως ενσωματωμένοι στο κτίριο συλλέκτες στην οροφή, στους εξωτερικούς τοίχους και στις διατάξεις σκίασης ενός κτιρίου. Ο βαθμός ενσωμάτωσης των συλλεκτών εξαρτάται από τη χρήση του εξωτερικού υλικού φινιρίσματος. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>



Σχήμα 2.55 Ενσωματωμένοι ηλιακοί συλλέκτες σε τοίχο. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

Τα περισσότερα συστήματα ηλιακών συλλεκτών που αναπτύσσονται στα κτίρια είναι επίπεδες ηλιοθερμικές πλάκες συλλέκτες ενώ οι συλλέκτες εκκενωμένων σωλήνων αναπτύσσονται σε: CIRCE Zaragoza, IESC Cargese και Die Sprösslinge (Κέντρο ημερήσιας φροντίδας). Μόνο το κτίριο Solar XXI είχε σύστημα συγκέντρωσης- έναν ηλιακό συλλέκτη παραβολικού συγκεντρωτή που εγκαταστάθηκε στην οροφή.

2.11.5 Γεωθερμία

Το έδαφος κάτω από και γύρω από ένα κτίριο μπορεί να θεωρηθεί από ενεργειακή άποψη ως ένα τεράστιο σύστημα αδράνειας. Οι υπόγειες θερμοκρασίες παραμένουν περίπου σταθερές όλο το χρόνο (όσο πιο βαθιά τόσο πιο σταθερές) σε μια τιμή περίπου ίδια με τη μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος θερμοκρασία περιβάλλοντος. Δεδομένης αυτής της σταθερότητας, η αδράνεια μπορεί να αξιοποιηθεί σε κλίματα θέρμανσης για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων που καταλαμβάνονται όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλή και σε ψυχρά κλίματα η ίδια αδράνεια μπορεί να αξιοποιηθεί για ψύξη των εσωτερικών χώρων όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος του αέρα είναι υψηλή.

Η σχεδόν σταθερή θερμοκρασία του εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την προθέρμανση/πρόψυξη αέρα εξαερισμού σε έναν εναλλάκτη θερμότητας με γεωσωλήνα ή για να παρέχει μια πιο ευνοϊκή πηγή θερμότητας απορροφητή θερμότητας σε ένα σύστημα αντλίας θερμότητας από το έδαφος (GSHP). Συστήματα GSHP μεγάλης χωρητικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε απευθείας (εναλλάκτης θερμότητας με σωλήνες γης) είτε ως "σύστημα αποθήκευσης" για να αυξήσει την απόδοση της αντλίας θερμότητας.

Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί πως, τα συστήματα GSHP δύνανται να επηρεάσουν τη θερμοκρασία του εδάφους εάν οι εισροές θερμότητας εκροές προς/από το έδαφος είναι σημαντικές και πάντα προς την ίδια κατεύθυνση. Πάρτε για παράδειγμα ένα ψυκτικό κλίμα όπου η θερμότητα μεταφέρεται από τον εσωτερικό αέρα μεταφοράς και από εκεί στο έδαφος. Σε αυτή την περίπτωση το έδαφος θερμαίνεται και, εάν η κατεύθυνση μεταφοράς θερμότητας είναι μόνο προς μία κατεύθυνση και είναι σημαντική, τότε η θερμοκρασία του εδάφους θα αυξηθεί συν τω χρόνω και η αποτελεσματικότητα του μηχανισμού θα μειωθεί. Κατά συνέπεια, για μεγάλα συστήματα GSHP, συνιστάται οι σχεδιαστές να επιδιώκουν τη χρήση του εδάφους τόσο ως πηγή θερμότητας και ως απαγωγέας θερμότητας, ώστε να διατηρείται ακριβής ισορροπία μεταξύ των εισροών θερμότητας και των θερμικών εκροών σε ετήσια βάση.

Οι εναλλάκτες θερμότητας για τα συστήματα GSHP μπορεί να είναι είτε οριζόντια ρηχά πεδία όπως το Circe, είτε κατακόρυφα σε ένα σύστημα βαθιάς γεώτρησης, όπως το σύστημα στον παιδικό σταθμό Monheim (Die Sprösslinge). Οι οριζόντιοι εναλλάκτες θερμότητας είναι λιγότερο δαπανηροί, αλλά απαιτούν πολύ μεγαλύτερη έκταση για να αποκτήσουν επαρκή επαφή με τη γη ως αποδέκτη θερμότητας.

Αντιμετώπιση των απαιτήσεων θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης λέβητες με καύση βιομάζας. Η βιομάζα είναι βιολογικό υλικό που προέρχεται από τη φύση, όπως γεωργικά και δασικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα.

Η βιώσιμη και καθαρή βιομάζα μπορεί να γίνει μια σημαντική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με τη δυνατότητα μεγάλων εγκαταστάσεων παραγωγής βιοενέργειας. Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες για την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκύπτει από καύση της βιομάζας εξακολουθεί να υφίσταται. Η συμβατική χρήση της βιομάζας στα κτίρια είναι για θέρμανση με καύση σε λέβητα. Τα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα ταξινομούνται σε 4 κατηγορίες: πλήρως αυτοματοποιημένα, ημιαυτοματοποιημένα, καύση σφαιριδίων και συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

Η χρήση της βιομάζας και των βιοκαυσίμων δεν αποτελεί από μόνη της ένα ενεργειακά αποδοτικό σύστημα, αλλά μάλλον συνιστάται στη χρήση ενός μη ορυκτού ανανεώσιμου καυσίμου για τη λειτουργία συστημάτων για τον κλιματισμό χώρων ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, η χρήση βιομάζας δεν παρέχει οφέλη όσον αφορά τη μείωση της τελικής χρήσης ενέργειας, αλλά μάλλον από την άποψη της πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Συντελεστές μετατροπής της βιομάζας από την τελική ενέργεια σε πρωτογενή ενέργεια είναι συχνά αμφιλεγόμενοι, καθώς εξαρτώνται ως επί το πλείστον από τον τύπο του καυσίμου (π.χ. ξύλο, συσσωματώματα ξύλου, βιοκαύσιμο, βιοαέριο) και τις τεχνικές εκμετάλλευσης που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια, συγκομιδής και

επεξεργασίας των βιοκαυσίμων. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των επίσημων συντελεστών μετατροπής που χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες. <<Πηγή Pacheco et al, 2013>>

3 Ενεργειακή ανάλυση προτεινόμενου κτιρίου βάσει ΤΟΤΕΕ17

Στο κεφάλαιο αυτό, παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του υφιστάμενου οικοδομήματος και πραγματοποιείται η μελέτη ενεργειακής απόδοσης βάσει της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Με αφετηρία την Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», η Ελλάδα υποχρεώθηκε να συμπορευτεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με τη διατύπωση και την υλοποίηση σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Ως εκ τούτου, σε πρώτο στάδιο θεσπίστηκε ο ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει αυτού, καθίστατο υποχρεωτική η έκδοση σχετικού «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.). Επιπλέον, απαραίτητος πλέον είναι ο προσδιορισμός των ελάχιστων τεχνικών προδιαγραφών ενεργειακής απόδοσης τόσο των νέων όσο και των ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων, όπως αναγκαία καθίσταται και η αναφορά της πρακτικής εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσής τους. Σημειώνεται πως, η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την 31/2010/ΕΚ. Κατά συνέπεια, η κύρωσή της από το ελληνικό κράτος συντελέστηκε με τον ν. 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις».

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), συνιστά υποχρέωση της Ελλάδας απέναντι στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δη την προκείμενη Κοινοτική Οδηγία. Παράλληλα, συνιστά και υποχρέωση απέναντι στους πολίτες της. Αυτό συμβαίνει, διότι οι κτιριακές υποδομές ενός κράτους οφείλουν να προσιδιάζουν και να ικανοποιούν τις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης και να διαθέτουν τη βέλτιστη δυνατή ενεργειακή συμπεριφορά, όπως αυτή επιτυγχάνεται μέσω της ορθής διαχείρισης και της εξοικονόμησης ενέργειας. Ως εκ τούτου, πέραν της ασφάλειας και της διατήρησης της αισθητικής ενός κτιρίου, προσμετρείται πλέον και η μέριμνα σχετικά με τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, χωρίς αυτό να σημαίνει πως υπάρχει έκπτωση στην ποιότητα των συνθηκών διαβίωσης των χρηστών. Η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας προασπίζει ποικιλοτρόπως το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και συνεισφέρει στην οικονομία αφενός των χρηστών των κτιριακών υποδομών και αφετέρου της ίδιας της χώρας.

3.1 Ελάχιστες απαιτήσεις - κτίριο αναφοράς

Με αφετηρία το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ. αλλά και τα άρθρα 6 και 7 του ν. 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42), κάθε νέο οικοδόμημα αλλά και κάθε πλήρως ανακαινιζόμενο, είναι απαραίτητο να ικανοποιεί ορισμένα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης.

Σε κάθε περίπτωση, καθίσταται απαραίτητη η εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω της εκπόνησης σχετικής ενεργειακής μελέτης, στο πλαίσιο των σταδίων που αναφέρονται στα άρθρα 4 και 5 του Κ.Εν.Α.Κ.

Επιπλέον, με γνώμονα το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., για τις ελάχιστες απαιτήσεις για τα προαναφερθέντα κτίρια, γίνεται λόγος στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου, στα θερμοφυσικά στοιχεία των δομικών γνωρισμάτων του κτιριακού κελύφους και στα τεχνικά συστήματα. Σημειώνεται πως, οι προκείμενες απαιτήσεις προσεγγίζονται αναλυτικά και στη συναφή ενότητα της παρούσας τεχνικής οδηγίας.

Το «κτίριο αναφοράς» πρέπει να είναι το ίδιο με εκείνο που τίθεται υπό εξέταση. Ειδικότερα, θεωρείται πως διαθέτει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό μελέτη κτίριο. Επίσης, το «κτίριο αναφοράς», ικανοποιεί τις προδιαγραφές που αναφέρονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ και χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα τεχνικά γνωρίσματα στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του και στα Η/Μ τεχνικά

συστήματα που αφορούν στη Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στον φωτισμό. Στις ακόλουθες ενότητες, αναπτύσσονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του «κτιρίου αναφοράς».

3.2 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου

Με αφετηρία την τελική ανηγμένη σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωση του κτιρίου, αποσαφηνίζεται και η θεματική της ενεργειακής απόδοσής του και εκδίδεται το «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου - Π.Ε.Α.». Οι κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης παρατίθενται στον πίνακα 1.3.

Επισημαίνεται πως, ο δείκτης RR ισοδυναμεί με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του επονομαζόμενου «κτιρίου αναφοράς», ενώ ο λόγος T προκύπτει από το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του υπό εξέταση κτιρίου (EP), προς την αντίστοιχη του «κτιρίου αναφοράς» (RR). <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 3.1 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

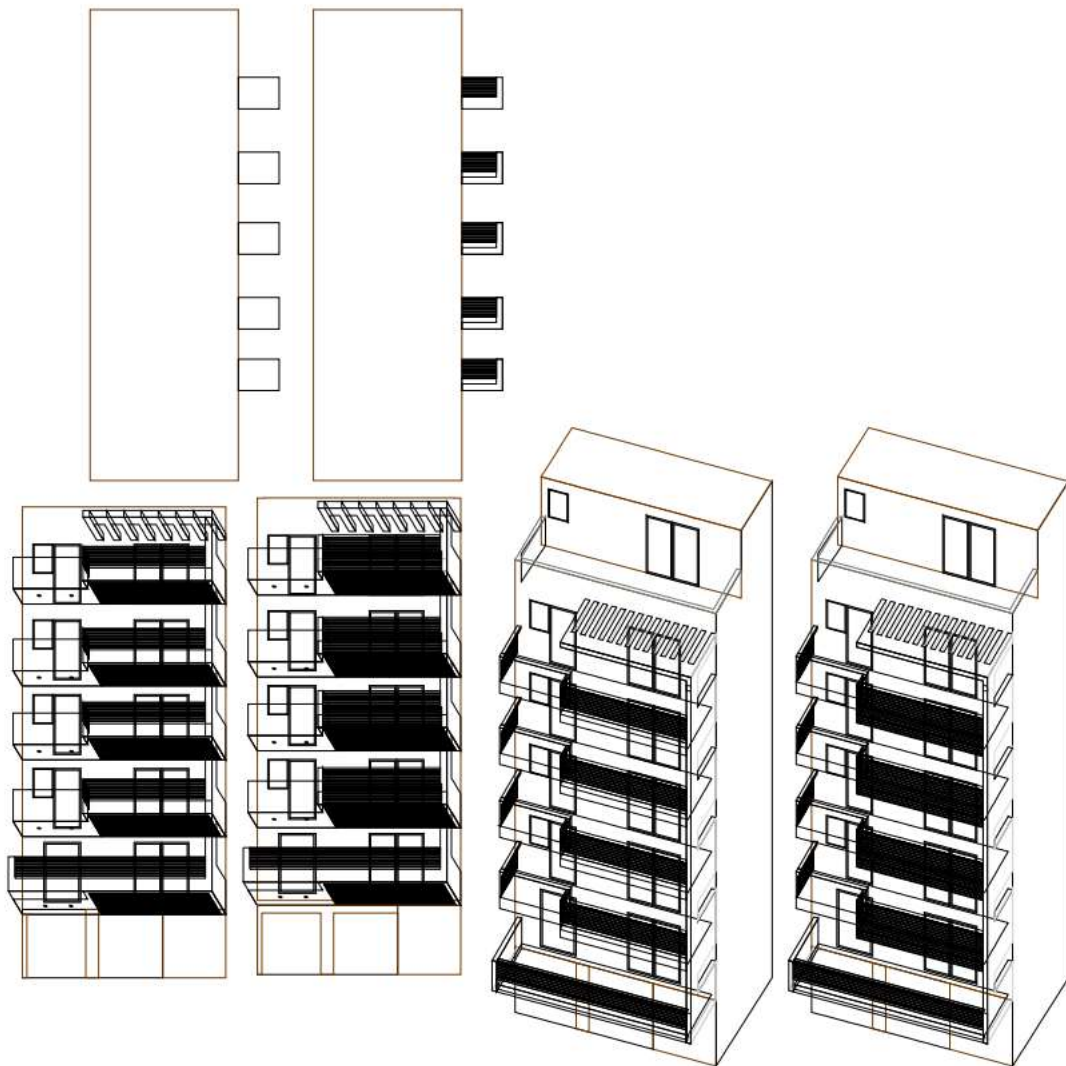
Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του «κτιρίου αναφοράς» παραπέμπει στο ύψιστο μέγεθος της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Κτίρια που παρουσιάζουν χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, κατανέμονται στη συναφή κατηγορία.

Εφόσον ένα κτίριο χαρακτηρίζεται από μεικτή χρήση, που σημαίνει πως περιλαμβάνει περισσότερα από ένα τμήματα που ανήκουν σε διαφορετικές βασικές κατηγορίες κύριας χρήσης (σύμφωνα με την παράγραφο 1.5), τότε η εξέταση πραγματοποιείται μεμονωμένα, ενώ το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης εκδίδεται ξεχωριστά. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Αυτό σημαίνει πως, σε κτίριο κατοικιών με ισόγειο κατάστημα, είναι αναγκαίο να αξιολογηθούν εξατομικευμένα τόσο το κατάστημα όσο και το τμήμα με τις κατοικίες και κατά συνέπεια να εκδοθούν κατ' ελάχιστον δύο Π.Ε.Α.

3.3 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου και τοπογραφικά οικοπέδου

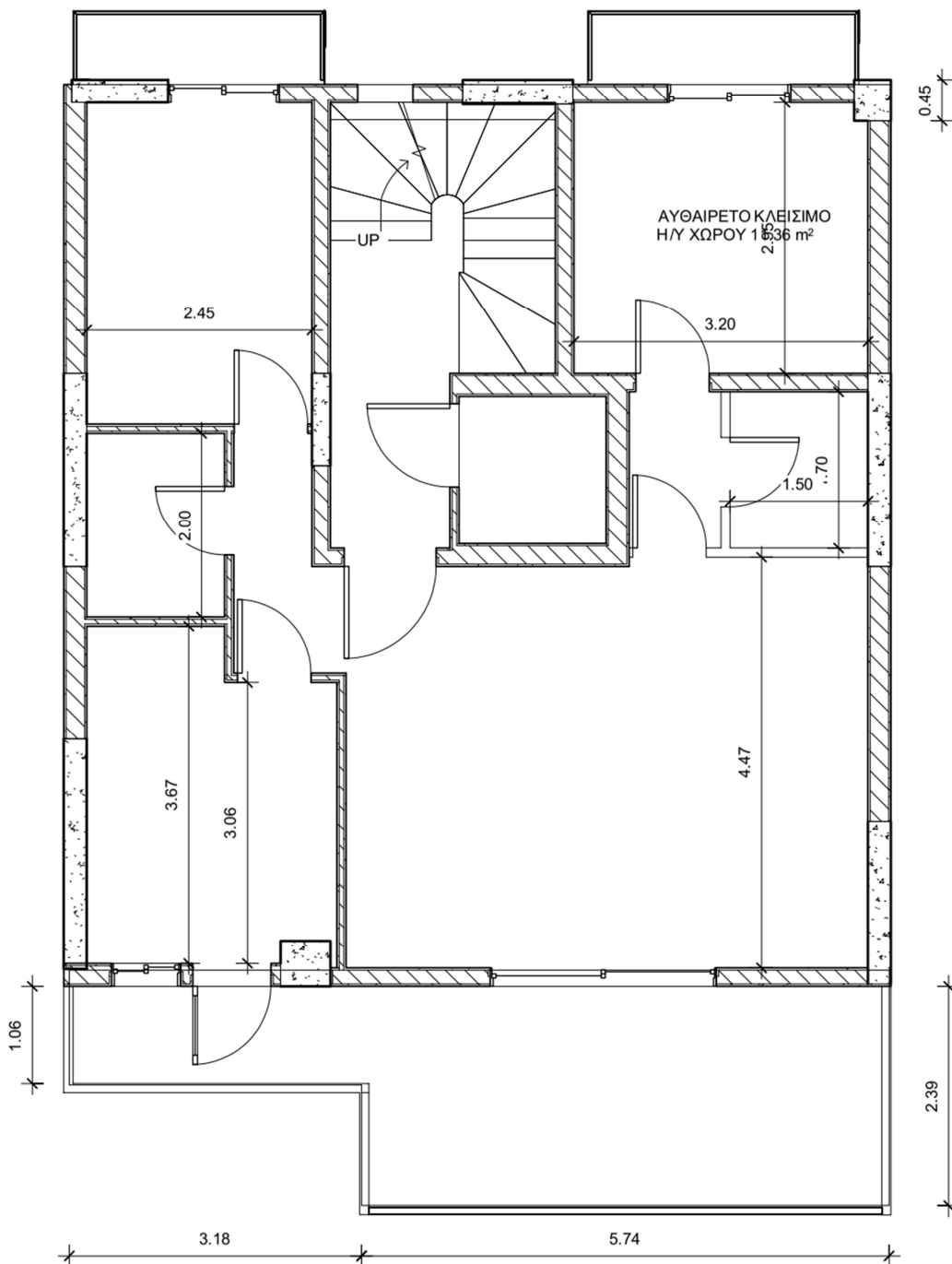
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια δηλαδή οι κατόψεις, τομές και προοπτικά του κτιρίου προς μελέτη. Παραθέτονται σχήματα για όλους τους ορόφους και το δώμα.



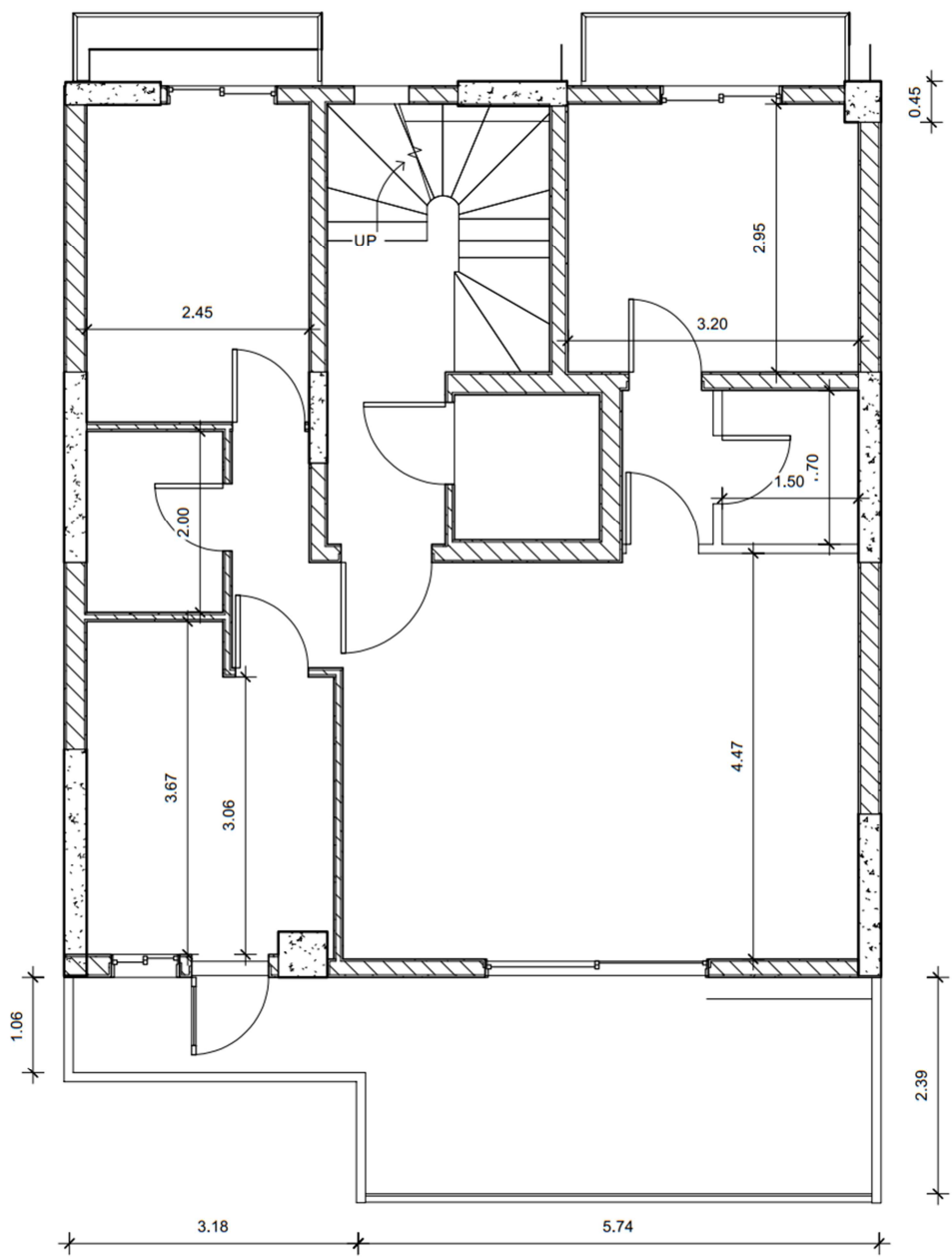
Σχήμα 3.1 Όψεις και προοπτικά κτιρίου

6ος	2.20	
5ος	2.85	ΜΙΚΤΟ
4ος	2.85	ΜΙΚΤΟ
3ος	2.85	ΜΙΚΤΟ
2ος	2.85	ΜΙΚΤΟ
1ος	2.85	ΜΙΚΤΟ
ΠΥΛΩΤΗ	3.20	ΜΙΚΤΟ

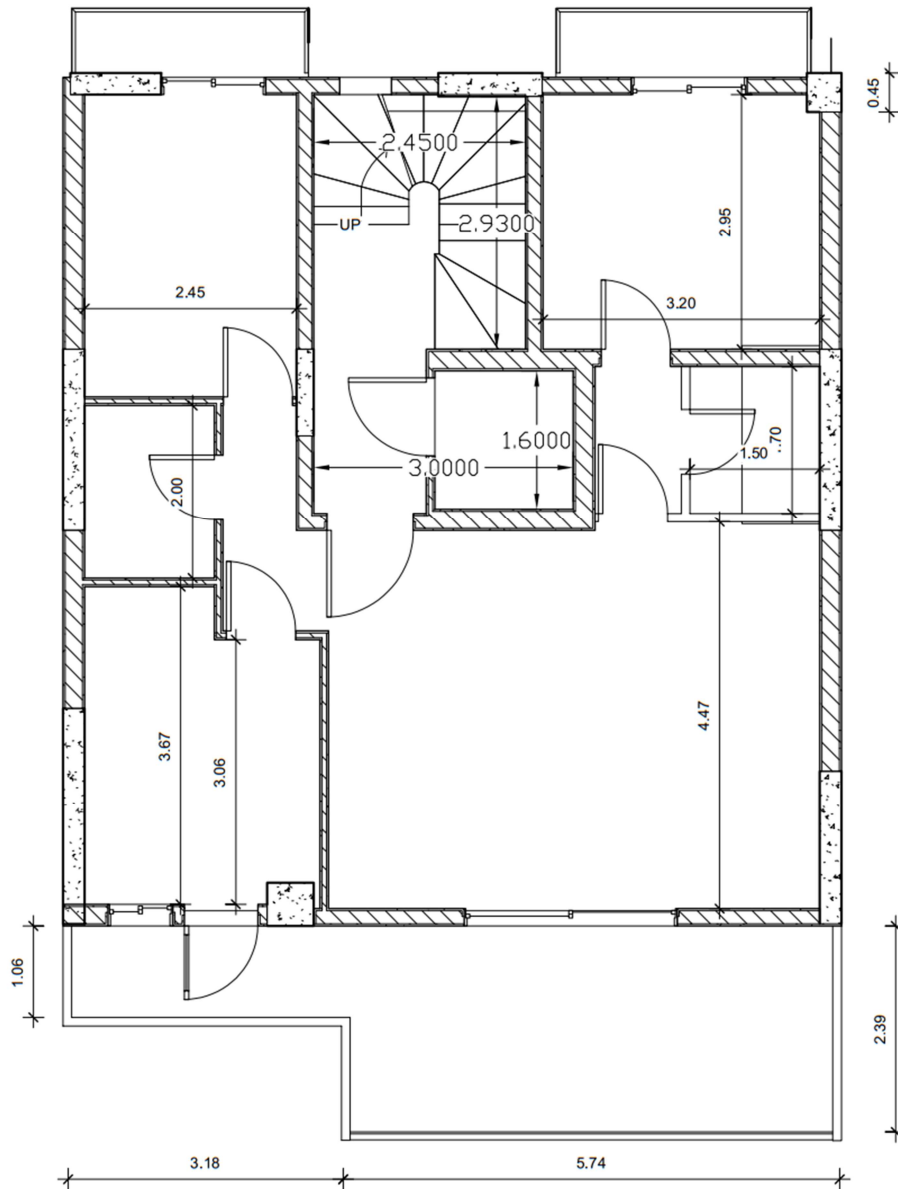
Σχήμα 3.2 Ύψη ορόφων κτιρίου



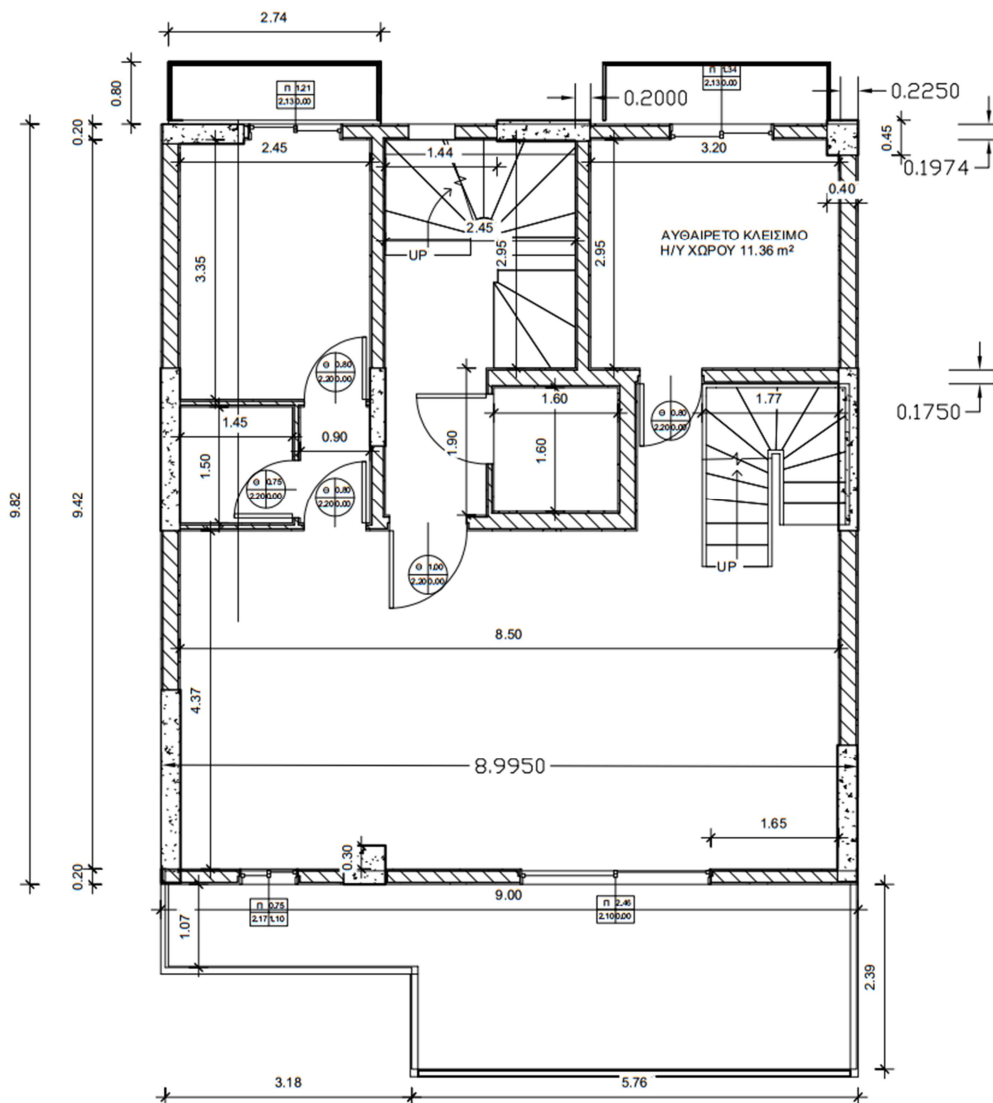
Σχήμα 3.3 Κάτοψη 2^{ου} ορόφου



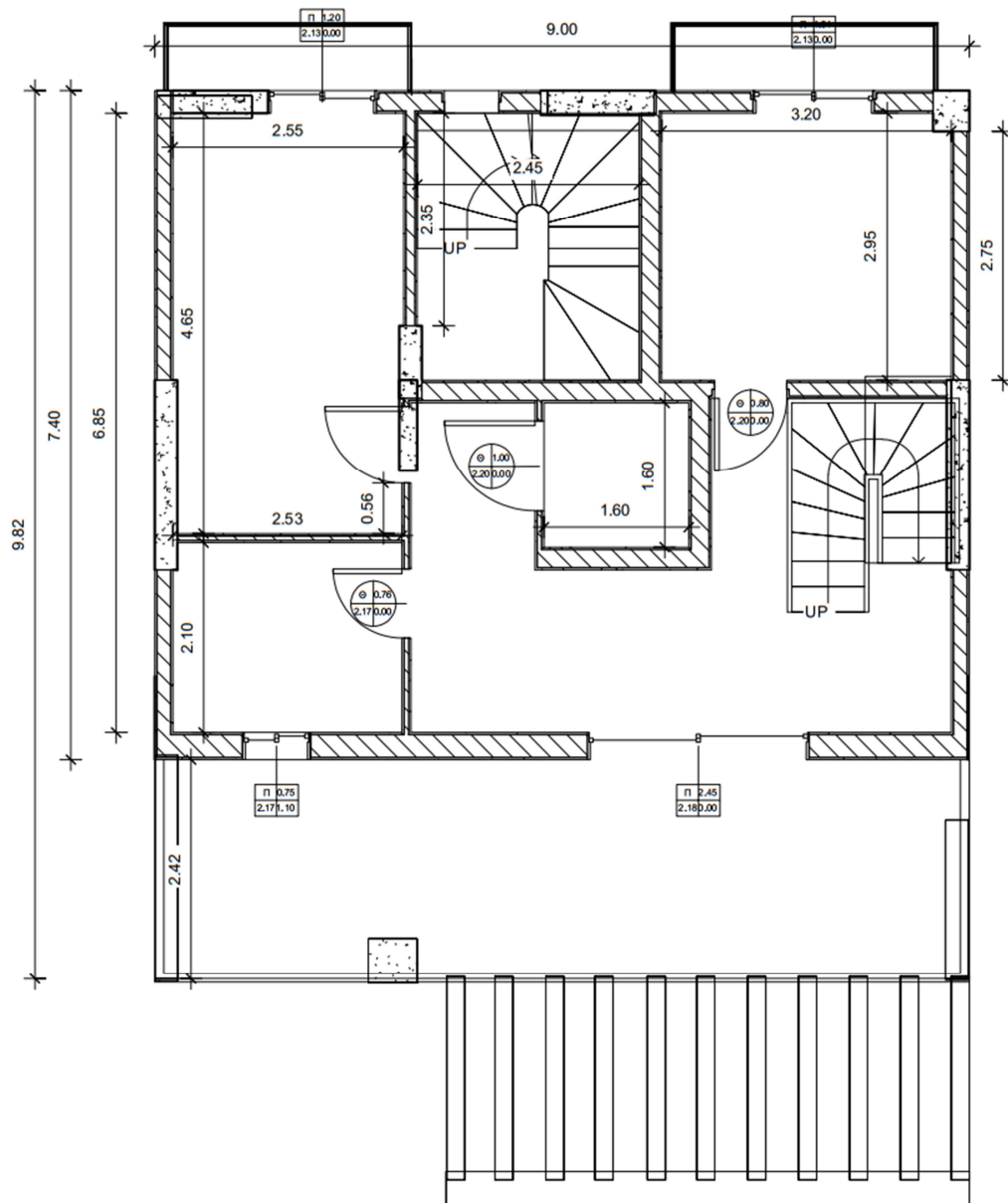
Σχήμα 3.4 Κάτοψη 3^{ου} ορόφου



Σχήμα 3.5 Κάτοψη 4^{ου} ορόφου



Σχήμα 3.6 Κάτοψη 5^{ου} ορόφου

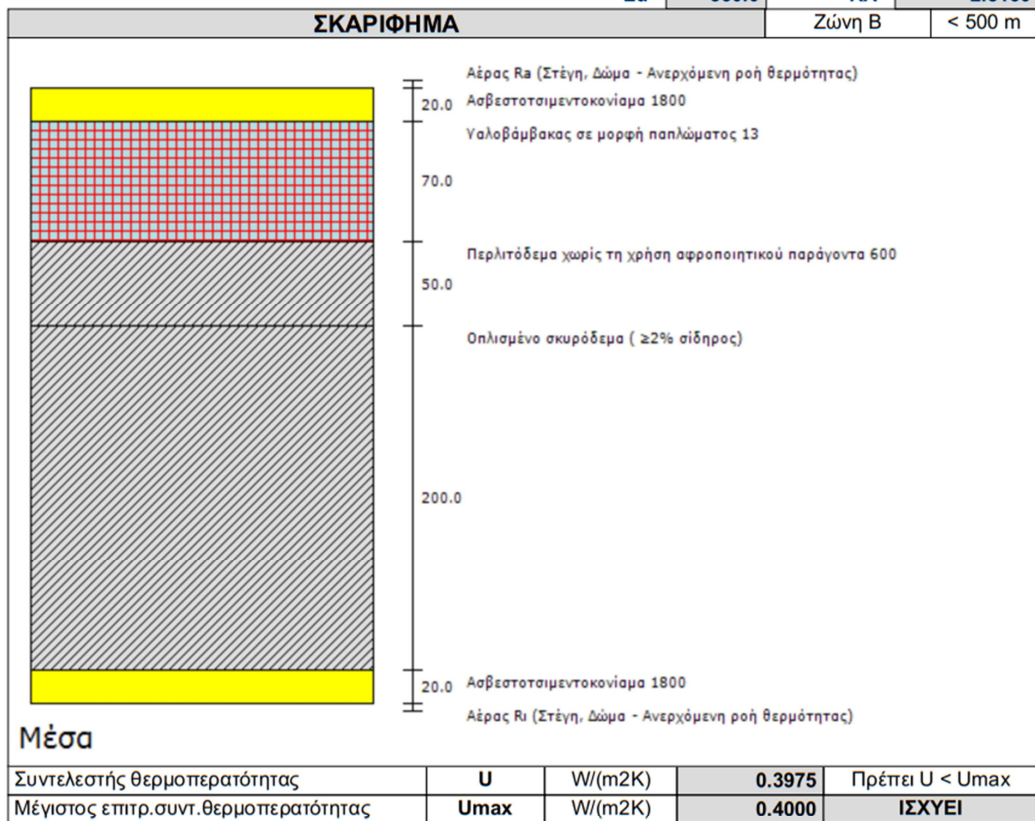


Σχήμα 3.7 Κάτοψη 6^{ου} ορόφου

3.4 Δομικά υλικά κτιρίου

Τα δομικά υλικά ενός κτιρίου είναι η αφετηρία κάθε ενεργειακής μελέτης και πρέπει να υπάρχει γνώση τους σε όλα τα δομικά και φέροντα στοιχεία του κτιρίου. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με όλα τα δομικά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν για την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου. Τα δεδομένα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι η θερμική διαπερατότητα U που υπολογίζεται γνωρίζοντας το πάχος και ο συντελεστής αγωγιμότητας κτων υλικών.

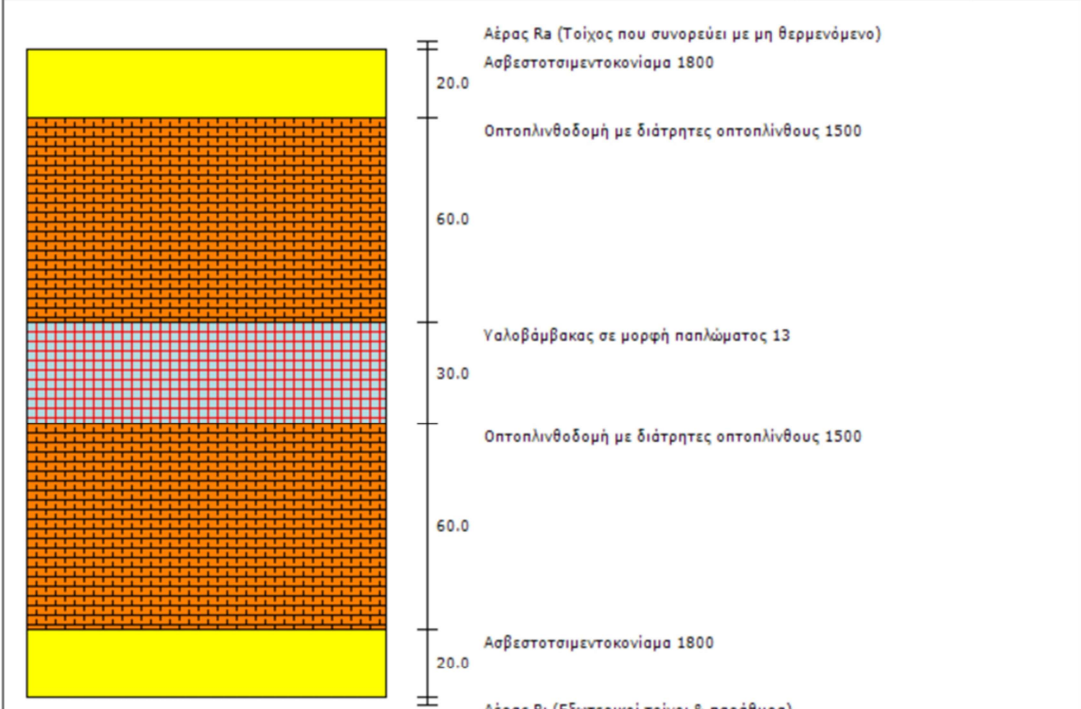
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Δώμα Βατό				ΦΥΛΛΟ 1
ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	Οροφές				
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ					
a/a	Στρώσεις Δομικού Στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα ρ Kg/m ³	Πάχος Στρώσης mm	Συντ.θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ.αντιστ. d/λ (m ² K)/W
1	Αέρας Ri (Στέγη, Δώμα - Ανερχόμενη ροή θερμότητας)				0.1000
2	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	2400.0	200.0	2.5000	0.0800
4	Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα 600	600.0	50.0	0.2000	0.2500
5	Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13	13.0	70.0	0.0350	2.0000
6	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
7	Αέρας Ra (Στέγη, Δώμα - Ανερχόμενη ροή θερμότητας)				0.0400
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
$\Sigma d =$			360.0	$RA =$	2.5160



Πίνακας 3.2 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας δώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Τοιχοποιία σε επαφή με μή θερμανόμενο χώρο				ΦΥΛΟ 2
ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	Εξωτερικός τοίχος- Τοιχοποιία				
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ					
α/α	Στρώσεις Δομικού Στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα ρ Kg/m ³	Πάχος Στρώσης mm	Συντ.θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ.αντιστ. d/ λ (m ² K)/W
1	Αέρας Ri (Εξωτερικοί τοίχοι & παράθυρα)				0.1300
2	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
3	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους 1500	1500.0	60.0	0.5100	0.1176
4	Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13	13.0	30.0	0.0350	0.8571
5	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους 1500	1500.0	60.0	0.5100	0.1176
6	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
7	Αέρας Ra (Τοίχος που συνορεύει με μη θερμανόμενο)				0.1300
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
Σd=			190.0	RL=	1.3983

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Ζώνη Β < 500 m



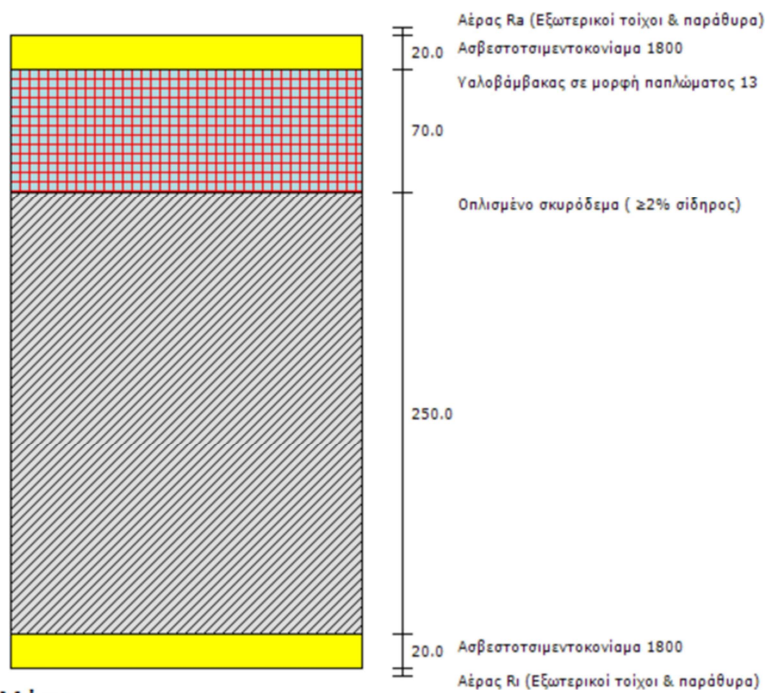
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0.7152	Πρέπει U < U _{max}
Μέγιστος επιπρ.συντ.θερμοπερατότητας	U_{max}	W/(m ² K)		Δεν απαιτείται

Πίνακας 3.3 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας τοιχοποιίας από μπαιτική οπτοπλινθοδομή σε επαφή με ΜΟΧ

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα				ΦΥΛΟ 3
ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	Εξωτερικός τοίχος- Οπλισμένο Σκυρόδεμα				
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ					
α/α	Στρώσεις Δομικού Στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα ρ Kg/m ³	Πάχος Στρώσης mm	Συντ.θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ.αντιστ. d/ λ (m ² K)/W
1	Αέρας Ri (Εξωτερικοί τοίχοι & παράθυρα)				0.1300
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	2400.0	250.0	2.5000	0.1000
4	Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13	13.0	70.0	0.0350	2.0000
5	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
6	Αέρας Ra (Εξωτερικοί τοίχοι & παράθυρα)				0.0400
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					

$\Sigma d =$ 360.0 **$R_{L} =$ 2.3160**

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Ζώνη Β < 500 m



Μέσα

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0.4318	Πρέπει $U < U_{max}$
Μέγιστος επιτρ.συντ.θερμοπερατότητας	U_{max}	W/(m ² K)	0.4500	ΙΣΧΥΕΙ

Πίνακας 3.4 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας δοκών, υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε επαφή με εξωτερικό αέρα

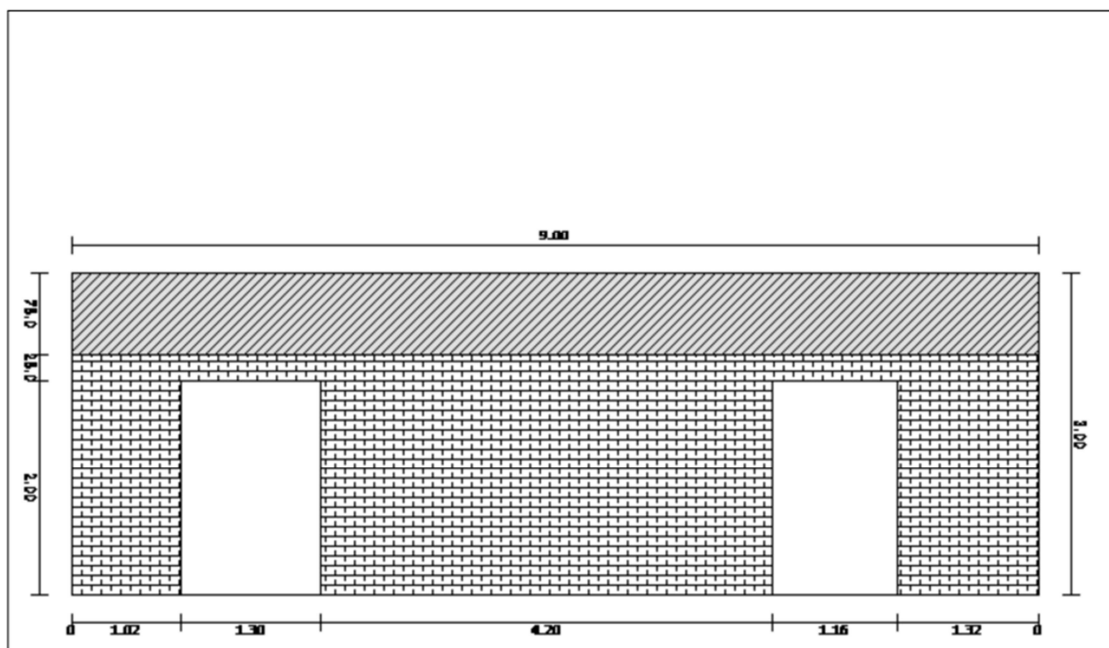
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ		Δάπεδο σε προεξοχή / Πυλωτή			ΦΥΛΟ 4
ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ		Δάπεδο ΡΙΛΟΤΙΣ			
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ					
α/α	Στρώσεις Δομικού Στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα ρ Kg/m ³	Πάχος Στρώσης mm	Συντ.θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ.αντιστ. d/λ (m ² K)/W
1	Αέρας Ri (Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση)				0.1700
2	Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2000.0	5.0	1.0500	0.0048
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
4	Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα 600	600.0	50.0	0.2000	0.2500
5	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	2400.0	200.0	2.5000	0.0800
6	Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13	13.0	70.0	0.0350	2.0000
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1800	1800.0	15.0	0.8700	0.0172
8	Αέρας Ra (Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση)				0.0400
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
		$\Sigma d =$	360.0	$RA =$	2.5850
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ				Ζώνη B	< 500 m
<p>Αέρας Ra (Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση) 15.0 Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1800 Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13 70.0 Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος) 200.0 Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα 600 50.0 Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1800 20.0 Πλακίδια επίστρωσης τοίχων 5.0 Αέρας Ri (Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση)</p>					
Μέσα					
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0.3868	Πρέπει U < U _{max}	
Μέγιστος επιτρ. συντ. θερμοπερατότητας	U_{max}	W/(m ² K)	0.4000	ΙΣΧΥΕΙ	

Πίνακας 3.5 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας πυλωτής από οπλισμένο σκυρόδεμα

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ		Οροφή σε εσοχή			ΦΥΛΟ 5
ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ		Οροφές			
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ					
α/α	Στρώσεις Δομικού Στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα ρ Kg/m ³	Πάχος Στρώσης mm	Συντ.θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ.αντιστ. d/λ (m ² K)/W
1	Αέρας Ri (Οροφή που συνορεύει με μη θερμενόμενο)				0.1000
2	Ασβεστοκονίαμα	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	2400.0	200.0	2.5000	0.0800
4	Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροπιοητικού παράγοντα 600	600.0	50.0	0.2000	0.2500
5	Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13	13.0	70.0	0.0350	2.0000
6	Ασβεστοκονίαμα	1800.0	20.0	0.8700	0.0230
7	Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2000.0	5.0	1.0500	0.0048
8	Αέρας Ra (Στέγη, Δώμα - Ανερχόμενη ροή θερμότητας)				0.0400
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
Σd=			365.0	RΛ=	2.5208
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ				Ζώνη Β	< 500 m
<p>Αέρας Ra (Στέγη, Δώμα - Ανερχόμενη ροή θερμότητας)</p> <p>Πλακίδια επίστρωσης τοίχων</p> <p>Ασβεστοκονίαμα</p> <p>Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος 13</p> <p>Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροπιοητικού παράγοντα 600</p> <p>Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)</p> <p>Ασβεστοκονίαμα</p> <p>Αέρας Ri (Οροφή που συνορεύει με μη θερμενόμενο)</p> <p>Μέσα</p>					
Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	W/(m ² K)	0.3967	Πρέπει U < U _{max}
Μέγιστος επιτρ.συντ.θερμοπερατότητας		U_{max}	W/(m ² K)	0.4000	ΙΣΧΥΕΙ

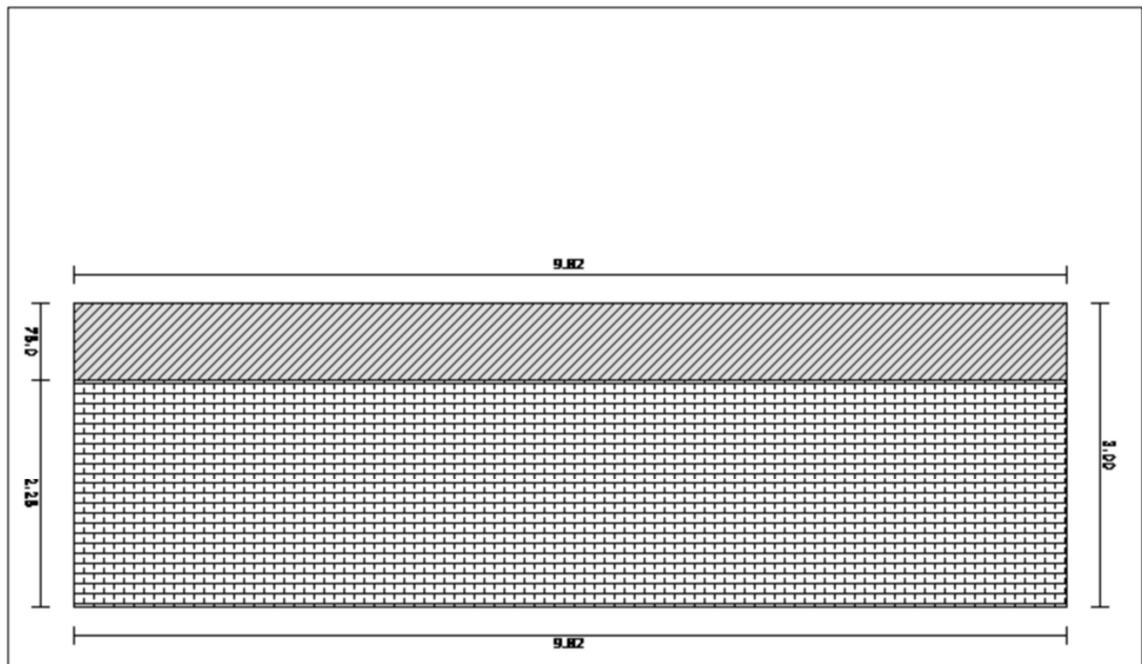
Πίνακας 3.6 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m (W/m^2K)								
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη				Όψη: Όψη 1				
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)				Προσανατολισμός: Βορράς (0°) Γωνία: 359.7°				
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)				Συντελεστής Διόρθωσης b_u : 1.0		Εξωτερική Τοιχοποιία		
A/A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάν (m ²)	Αφαιρ. (m ²)	Υπολ. (m ²)	Θερμ. U (W/m^2K)	Ai * Ui (W/K)
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.00	3.00	27.00	11.67	15.33	0.7152	10.9640
2	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα	9.00	0.75	6.75		6.75	0.4318	2.9147
3	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	1.16	2.00	2.32		2.32	3.5000	8.1200
4	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	1.30	2.00	2.60		2.60	3.5000	9.1000
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Σύνολα Τοιχων (W)		U_m (W/m^2K) : 0.6286			22.08		13.8787	
Σύνολα Ανοιγμάτων (F)		U_m (W/m^2K) : 3.5000			4.92		17.2200	



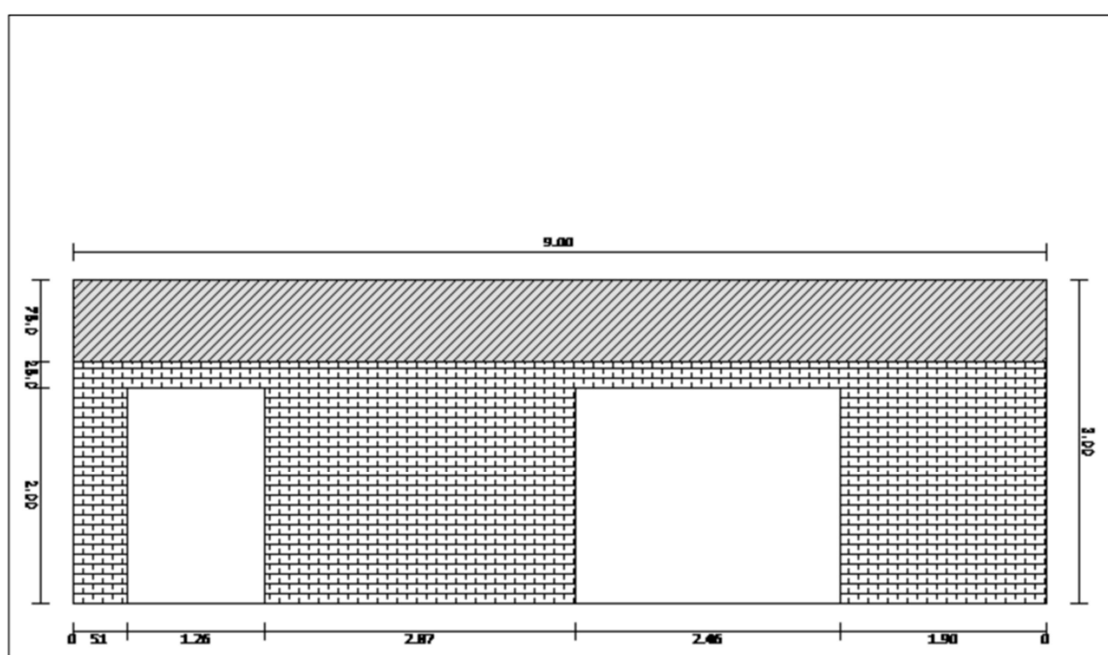
Πίνακας 3.7 Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας βορινών όψεων

Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m (W/m^2K)								
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη				Όψη: Όψη 2				
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)				Προσανατολισμός: Ανατολή (90°) Γωνία:90.0°				
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)			Συντελεστής Διόρθωσης bu: 1.0			Εξωτερική Τοιχοποιία		
A/A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάν (m ²)	Αφαιρ. (m ²)	Υπολ. (m ²)	Θερμ. U (W/m^2K)	Ai * Ui (W/K)
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.82	3.00	29.46	7.37	22.10	0.7152	15.8023
2	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα	9.82	0.75	7.37		7.37	0.4318	3.1802
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Σύνολα Τοιχων (W)		U_m (W/m^2K) : 0.6444			29.46			18.9826
Σύνολα Ανοιγμάτων (F)		U_m (W/m^2K) :			0.00			0.0000



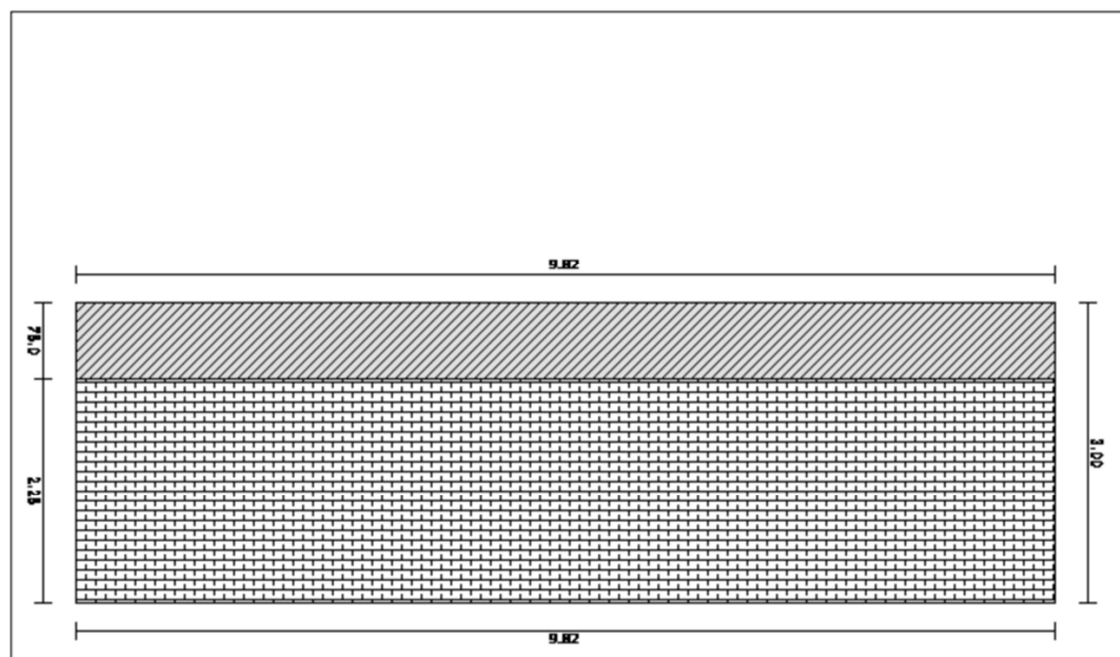
Πίνακας 3.8 Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ανατολικών όψεων

Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m (W/m^2K)								
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη				Όψη: Όψη 3				
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)				Προσανατολισμός: Νότος (180°) Γωνία: 179.9°				
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)				Συντελεστής Διόρθωσης b_u : 1.0		Εξωτερική Τοιχοποιία		
A/A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάν (m ²)	Αφαιρ. (m ²)	Υπολ. (m ²)	Θερμ. U (W/m^2K)	Ai * Ui (W/K)
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.00	3.00	27.00	14.19	12.81	0.7152	9.1617
2	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα	9.00	0.75	6.75		6.75	0.4318	2.9147
3	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με διδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	1.26	2.00	2.52		2.52	3.5000	8.8200
4	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με διδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	2.46	2.00	4.92		4.92	3.5000	17.2200
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Σύνολα Τοιχων (W)		U_m (W/m^2K) : 0.6174			19.56		12.0764	
Σύνολα Ανοιγμάτων (F)		U_m (W/m^2K) : 3.5000			7.44		26.0400	



Πίνακας 3.9 Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας νοτίων όψεων

Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m (W/m^2K)								
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη				Όψη: Όψη 4				
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)				Προσανατολισμός: Δύση (270°) Γωνία: 270.0°				
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)			Συντελεστής Διόρθωσης b_u : 1.0			Εξωτερική Τοιχοποιία		
A/A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάν (m ²)	Αφαιρ. (m ²)	Υπολ. (m ²)	Θερμ. U (W/m^2K)	Ai * Ui (W/K)
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.82	3.00	29.46	7.37	22.10	0.7152	15.8023
2	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα	9.82	0.75	7.37		7.37	0.4318	3.1802
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Σύνολα Τοιχων (W)		U_m (W/m^2K) : 0.6444			29.46		18.9826	
Σύνολα Ανοιγμάτων (F)		U_m (W/m^2K) :			0.00		0.0000	



Πίνακας 3.10 Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας δυτικών όψεων

3.5 Ανάλυση σκιασμού

Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως, τα δομικά γνωρίσματα μιας κτιριακής υποδομής δύνανται να σκιάζονται εξωτερικά ως αποτέλεσμα εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων της ίδιας της εγκατάστασης. Τέτοια στοιχεία αποτελούν τα προστεγάσματα, τα πλευρικά στοιχεία ή ακόμη εσοχές. Όσον αφορά τα εσωτερικά σκίαστρα των οπών και των εξωτερικών παραθυρόφυλλων, ήτοι κουρτίνες και περσίδες, δεδομένου πως δεν είναι σταθερά, δεν προσμετρούνται.

Ο περιορισμός της ηλιακής ακτινοβολίας συνεκτιμάται, εφόσον πρόκειται για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή πλήρως ανακαινιζόμενου οικοδομήματος ή για την ενεργειακή επιθεώρηση, με την αξιοποίηση τριών ανεξάρτητων μεταξύ τους συντελεστών σκίασης.

Σημειώνεται πως, οι συντελεστές σκίασης εξαρτώνται από το είδος και τη γεωμετρία των σκιάστρων. Δεδομένου πως με βάση την εποχή οι συντελεστές σκίασης μεταβάλλονται και καθορίζονται για έκαστη εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, υπάρχουν δύο συναφείς μέσοι συντελεστές σκίασης, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Εφόσον υφίστανται ταυτόχρονα πρόβολο και εξωτερικό σκίαστρο, η σκίαση του πρώτου παραθεωρείται. Επισημαίνεται πως, ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου είναι το αποτέλεσμα του γινομένου των τριών συντελεστών σκίασης από:

- εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (F_{hor}).
- οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο (F_{ove}).
- πλευρικό εμπόδιο (F_{fin}).

$$F_s = F_{hor} \times F_{ove} \times F_{fin} \quad [3-1]$$

Υπογραμμίζεται πως το σύνολο των συντελεστών είναι μειωτικό, και λαμβάνει αφενός τιμή ίση με την μονάδα (1), εφόσον δεν υφίσταται σκίαση και, αφετέρου τιμή ίση με μηδέν (0), εφόσον υπάρχει πλήρης σκίαση.

Στις περιπτώσεις που εντοπίζονται καλά θερμομονωμένες κτιριακές υποδομές, τα ηλιακά θερμικά κέρδη από τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία τυγχάνουν περιορισμένα. Για λόγους απλοποίησης κατά την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ο συνολικός συντελεστής σκίασης F_s για τα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο του 0,6 [W/(m²·K)], ισοδυναμεί με 0,9.

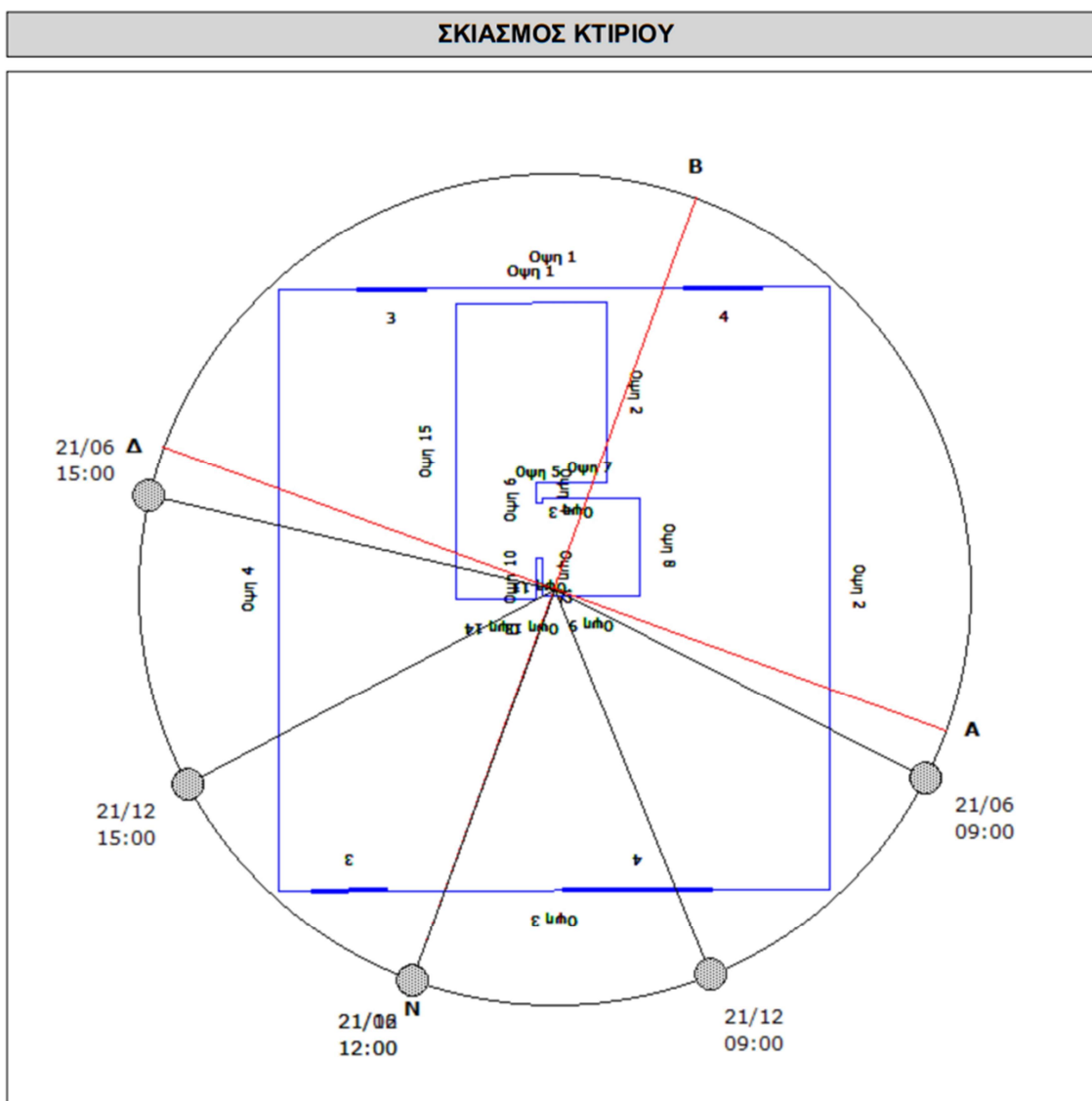
Εφόσον πρόκειται για φυτεμένη όψη, τα ηλιακά θερμικά κέρδη από τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία περιορίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό. Ως εκ τούτου, ο μέσος συντελεστής σκίασης θα ισοδυναμεί με τον μέσο συντελεστή σκίασης του ίδιου δομικού στοιχείου, εάν δεν ήταν φυτεμένο, πολλαπλασιασμένος με τον συντελεστή του 0,5.

Ο συντελεστής σκίασης για τις οριζόντιες ή κεκλιμένες επιστεγάσεις και τα κουφώματα οροφής, είναι συνυφασμένος με τα μορφολογικά στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου, καθώς επίσης και τα συστήματα ή τις υποδομές που εντοπίζονται στις επιστεγάσεις. Όσον αφορά τις οριζόντιες επιφάνειες, διατηρείται ένας μέσος συντελεστής σκίασης. Για λόγους απλοποίησης, ο μέσος συντελεστής σκίασης οριζόντιων δομικών στοιχείων θεωρείται πως ισοδυναμεί με 0,9, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός σκίασης των οριζόντιων επιφανειών. Ωστόσο, προϋποτίθεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων είναι μικρότερος του 0,6 [W/(m²·K)].

Σε περίπτωση που ο συντελεστής θερμοπερατότητας των οριζόντιων δομικών στοιχείων τυγχάνει μεγαλύτερος του 0,6 [W/(m²·K)], ο εκτιμητής είναι αναγκαίο να υπολογίσει τον βαθμό σκίασης του οριζόντιου δομικού στοιχείου. Από την άλλη πλευρά, εφόσον το οριζόντιο δομικό

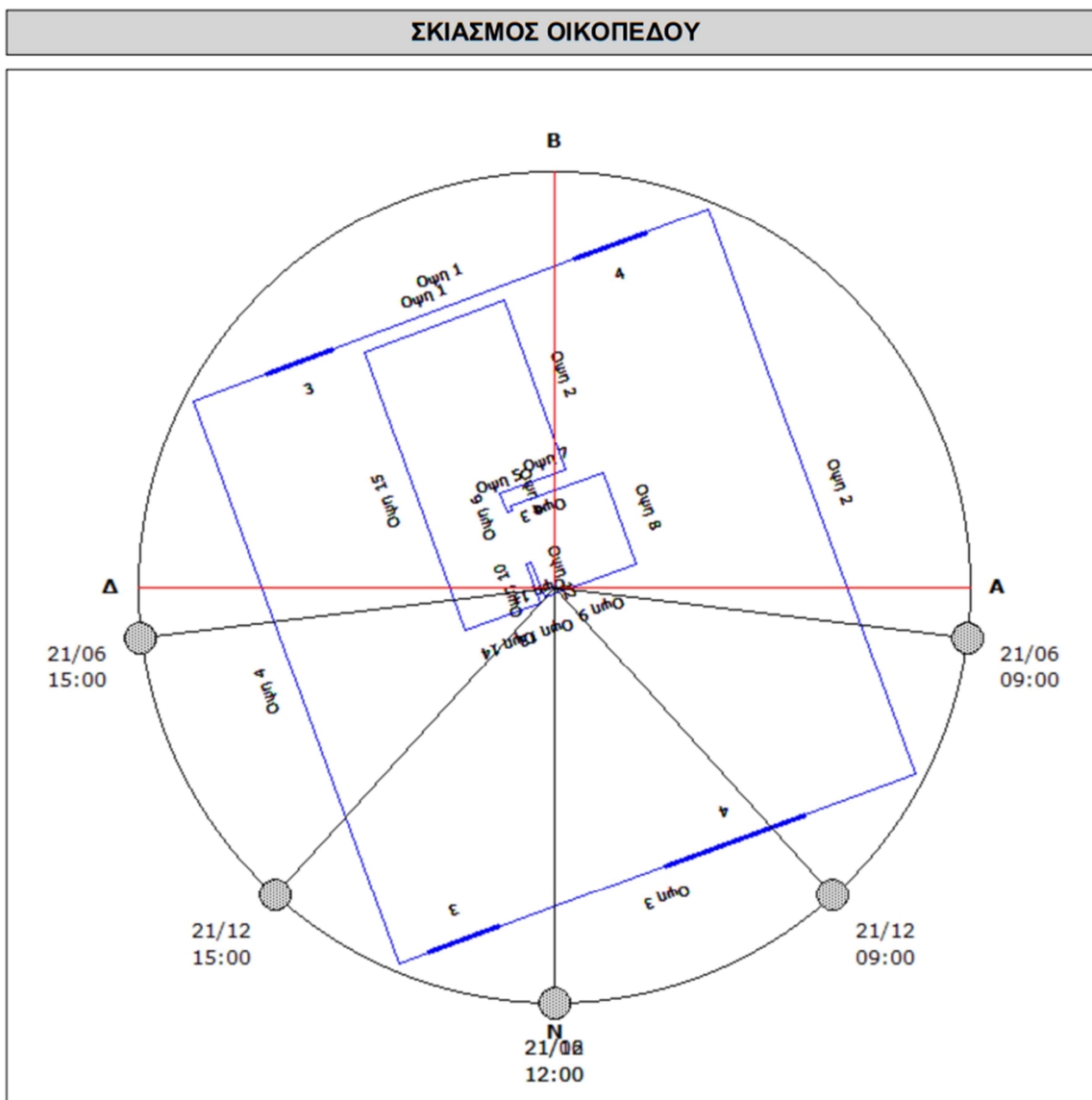
στοιχείο δεν σκιάζεται από εμπόδια ή υποδομές, τότε ο μέσος συντελεστής σκίασης λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του (1,0) σε κάθε χρονική περίοδο. Σημειώνεται πως, η ελάχιστη τιμή του μέσου συντελεστή σκίασης για οριζόντια δομικά στοιχεία πλήρως σκιασμένα από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, εκτιμάται σε 0,3. Επιπλέον, εφόσον πρόκειται για μερική σκίαση, ο μέσος συντελεστής σκίασης του οριζόντιου δομικού στοιχείου ισοδυναμεί με 0,6.

Επιπρόσθετα, ο μέσος συντελεστής σκίασης για επιστεγάσεις που αποτυπώνονται ως οριζόντια επιφάνεια ή κεκλιμένη επιφάνεια, εκτιμάται ως ίσος με αυτόν μιας συμβατικής υποδομής, πολλαπλασιασμένος με τον μειωτικό συντελεστή του 0,5.



ημέρα	ώρα	ηλιακό ύψος	ηλιακό αζιμούθιο	προσανατολισμός Ανατολικός		προσανατολισμός Νότιος		προσανατολισμός Δυτικός	
				HSA	VSA	HSA	VSA	HSA	VSA
21 / 6	09:00	49	-83	-333	52	-423	68	-513	-52
	12:00	76	0	-250	-85	-340	76	-430	85
	15:00	49	83	-167	-50	-257	-79	-347	50
21 / 12	09:00	16	-42	-292	36	-382	17	-472	-36
	12:00	29	0	-250	-58	-340	30	-430	58
	15:00	16	42	-208	-17	-298	31	-388	17

Πίνακας 3.11 Σκίασμός κτιρίου

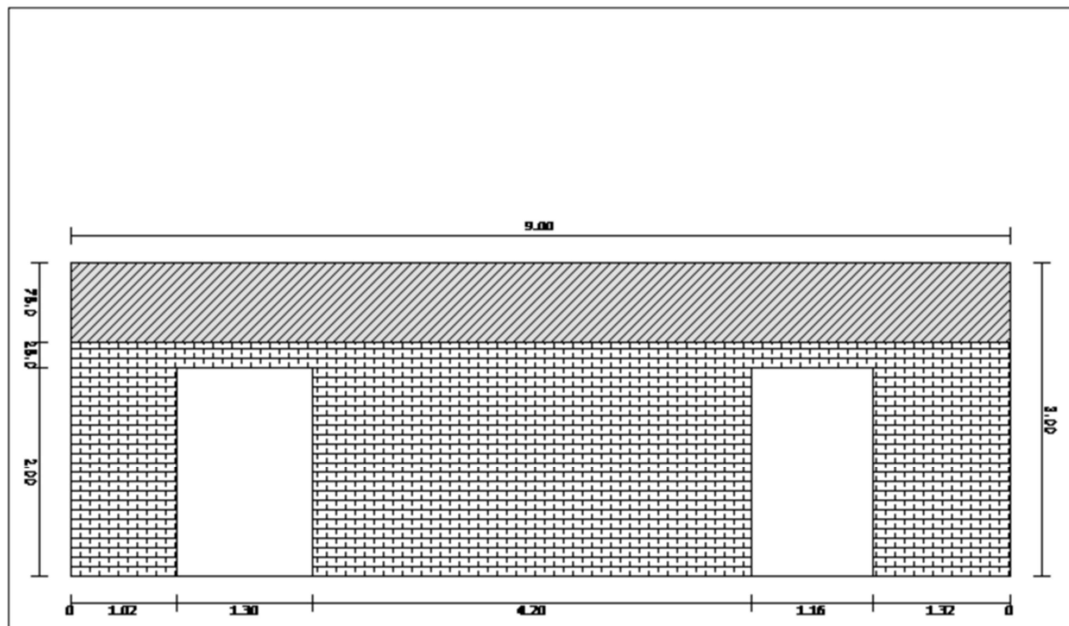


ημέρα	ώρα	ηλιακό ύψος	ηλιακό αζιμούθιο	προσανατολισμός Ανατολικός		προσανατολισμός Νότιος		προσανατολισμός Δυτικός	
				HSA	VSA	HSA	VSA	HSA	VSA
21 / 6	09:00	49	-83	-333	52	-423	68	-513	-52
	12:00	76	0	-250	-85	-340	76	-430	85
	15:00	49	83	-167	-50	-257	-79	-347	50
21 / 12	09:00	16	-42	-292	36	-382	17	-472	-36
	12:00	29	0	-250	-58	-340	30	-430	58
	15:00	16	42	-208	-17	-298	31	-388	17

Πίνακας 3.12 Σκιασμός οικοπέδου

Συντελεστές Σκίασης									
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη					Όψη: Όψη 1				
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)					Προσανατολισμός: Βορράς (0°) Γωνία:359.7°				
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)			Συντελεστής Διόρθωσης bu: 1.0			Εξωτερική Τοιχοποιία			
A/A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	F_hor_h	F_hor_c	F_ov_h	F_ov_c	F_fin_h	F_fin_c
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.00	3.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
2	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα	9.00	0.75	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
3	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με διδύμο	1.16	2.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
4	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με διδύμο	1.30	2.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									

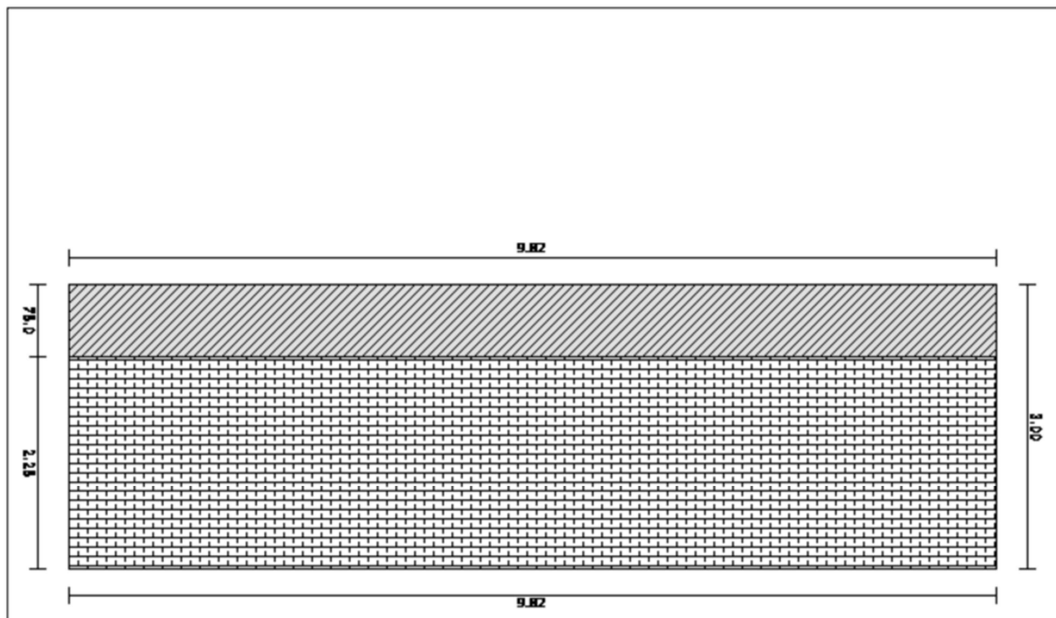
Γενικές Παράμετροι σκίασης όψης	
Οριζοντας (Fhor)	Όχι Σκίαση
Πρόβολο (Fov)	Προτεινόμενη Τιμή: Fov=0.90
Προεξοχές Αριστερά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90
Προεξοχές Δεξιά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90



Πίνακας 3.13 Συντελεστές σκίασης όψης 1

Συντελεστές Σκίασης										
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη					Όψη: Όψη 2					
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)					Προσανατολισμός: Ανατολή (90°) Γωνία:90.0°					
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)					Συντελεστής Διόρθωσης bu: 1.0			Εξωτερική Τοιχοποιία		
A/A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	F_hor_h	F_hor_c	F_ov_h	F_ov_c	F_fin_h	F_fin_c	
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.82	3.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
2	Εξωτερική Δοκός / Υποστύλωμα / Τοίχωμα	9.82	0.75	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

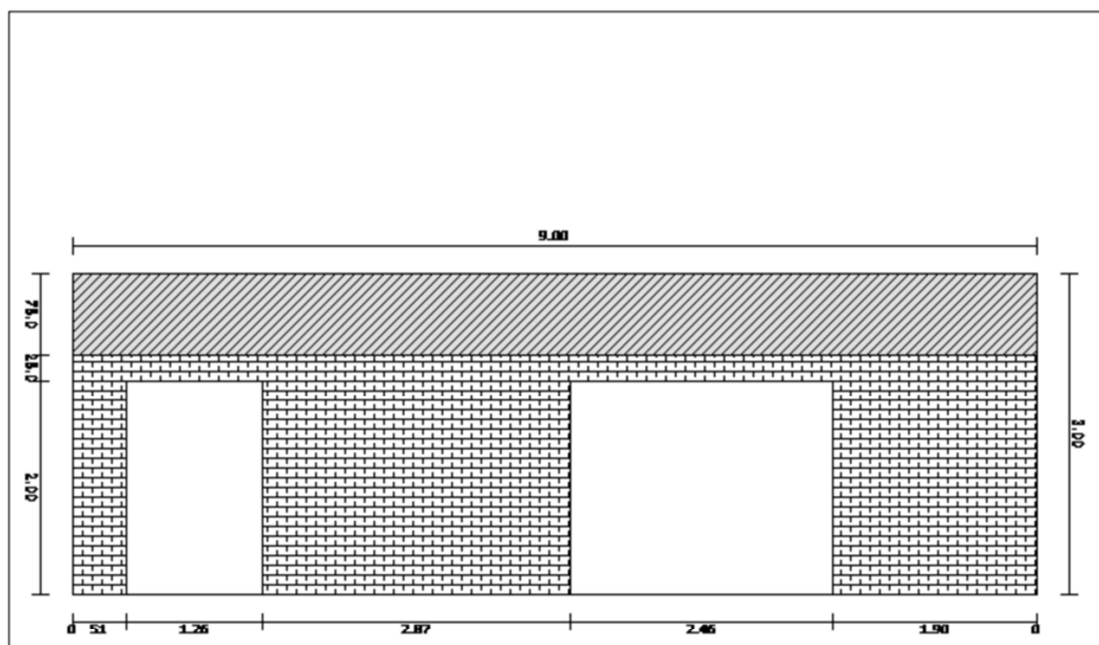
Γενικές Παράμετροι σκίασης όψης	
Οριζοντας (Fhor)	Προτεινόμενη Τιμή: Fhor=0.90
Πρόβολοι (Fon)	Προτεινόμενη Τιμή: Fon=0.90
Προεξοχές Αριστερά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90
Προεξοχές Δεξιά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90



Πίνακας 3.14 Συντελεστές σκίασης όψης 2

Συντελεστές Σκίασης										
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη					Όψη: Όψη 3					
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)					Προσανατολισμός: Νότος (180°) Γωνία: 179.9°					
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)					Συντελεστής Διόρθωσης bu: 1.0			Εξωτερική Τοιχοποιία		
A/ A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	F_hor_h	F_hor_c	F_ov_h	F_ov_c	F_fin_h	F_fin_c	
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.00	3.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
2	Εξωτερική Δοκός / Υποσύλωμα / Τοίχωμα	9.00	0.75	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
3	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με δίδυμο	1.26	2.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
4	Μεταλλικό πλαίσιο με ποσοστό πλαισίου 20% με δίδυμο	2.46	2.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

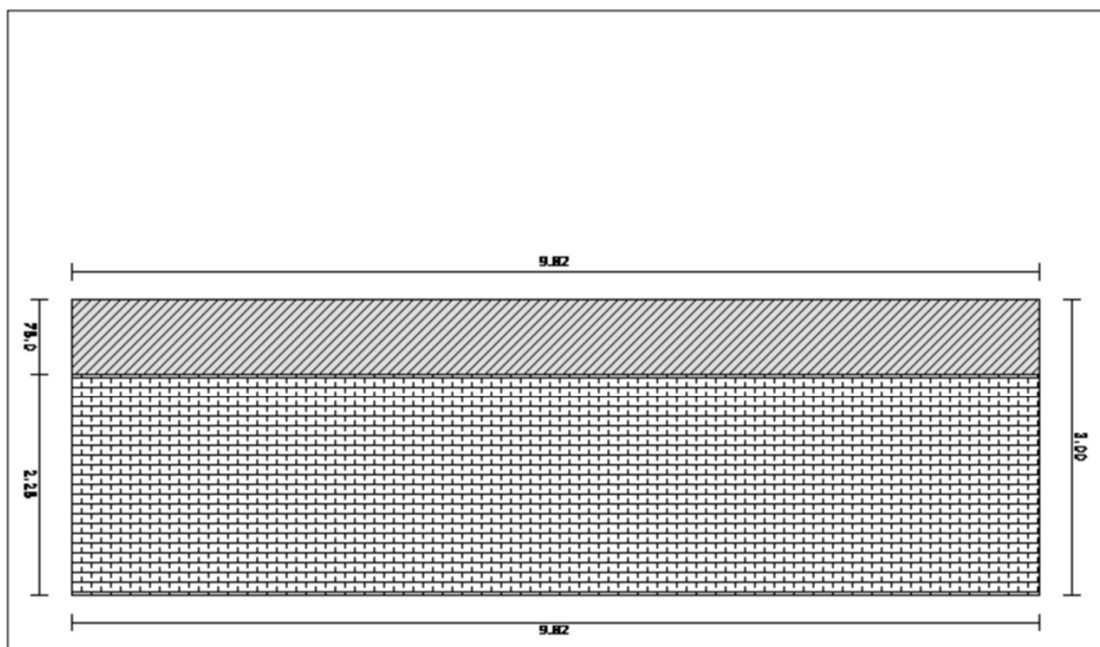
Γενικές Παράμετροι σκίασης όψης	
Οριζοντας (Fhor)	Προτεινόμενη Τιμή: Fhor=0.90
Πρόβολοι (Fov)	Προτεινόμενη Τιμή: Fov=0.90
Προεξοχές Αριστερά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90
Προεξοχές Δεξιά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90



Πίνακας 3.15 Συντελεστές σκίασης όψης 3

Συντελεστές Σκίασης														
Ζώνη: Ζώνη 1 Θερμαινόμενη Ζώνη					Όψη: Όψη 4									
Επίπεδο: Επίπεδο 1 (3.00m)					Προσανατολισμός: Δύση (270°) Γωνία:270.0°									
Τοιχοποιία (Κατακόρυφη)					Συντελεστής Διόρθωσης bu: 1.0					Εξωτερική Τοιχοποιία				
A/ A	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Μήκος (m)	Ύψος (m)	F_hor _h	F_hor _c	F_ov _h	F_ov _c	F_fin _h	F_fin _c					
1	Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	9.82	3.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90					
2	Εξωτερική Δοκός / Υποσύλωμα / Τοίχωμα	9.82	0.75	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90					
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														

Γενικές Παράμετροι σκίασης όψης	
Οριζοντας (Fhor)	Προτεινόμενη Τιμή: Fhor=0.90
Πρόβολοι (Fov)	Προτεινόμενη Τιμή: Fov=0.90
Προεξοχές Αριστερά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90
Προεξοχές Δεξιά (Ffin)	Προτεινόμενη Τιμή: Ffin=0.90



Πίνακας 3.16 Συντελεστές σκίασης όψης 4

3.6 Αδιαφανείς επιφάνειες

3.6.1 Ελάχιστες απαιτήσεις & προδιαγραφές κτηρίου αναφοράς

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην παράγραφο 2.1 του άρθρου 9 του Κ.Εν.Α.Κ., αφενός κατά την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης και αφετέρου κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του επονομαζόμενου ως «κτίριο αναφοράς», ισοδυναμεί με το μέγιστο επιτρεπτό όριο ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη. Πέραν τούτου, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του «κτιρίου αναφοράς», U_m , είναι απαραίτητο να βρίσκεται εντός των ορίων. Εφόσον πρόκειται για υποδομές, και δη εκείνες με μεγάλης επιφάνειας οπές, στις οποίες το «κτίριο αναφοράς» δεν ανταποκρίνεται στα κριτήρια του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m , οι επιμέρους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του που αλληλεπιδρούν με τον εξωτερικό αέρα, περιορίζονται αυτόματα στο λογισμικό πρόγραμμα κατά 0,001, έως ότου ο υπολογιζόμενος συντελεστής U_m του «κτιρίου αναφοράς», να καταστεί ίσος ή μικρότερος του αντίστοιχου για την κλιματική ζώνη μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας. Σημειώνεται πως, η απαίτηση αυτή δεν αφορά την περίπτωση που το «κτίριο αναφοράς» παραπέμπει σε κτιριακή μονάδα, όπως για παράδειγμα το διαμέρισμα. Επίσης, εφόσον πρόκειται για υποδομή μεικτής χρήσης και ποικίλες κύριες κατηγορίες κύριων χρήσεων, που σημαίνει ότι εκδίδεται ξεχωριστό ΠΕΑ, το «κτίριο αναφοράς» καθορίζεται μεμονωμένα για έκαστη κατηγορία κύριας χρήσης.

Με γνώμονα τον Κ.Εν.Α.Κ., στο «κτίριο αναφοράς» τα δομικά στοιχεία που συνιστούν παθητικά ηλιακά συστήματα, αντικαθίστανται με συμβατικά ίδιων διαστάσεων και συντελεστή θερμοπερατότητας U που ισοδυναμεί με το μέγιστο επιτρεπτό της κλιματικής ζώνης, όπου εδράζεται το υπό εξέταση κτίριο.

Όσον αφορά τα παθητικά ηλιακά συστήματα (Π.Η.Σ.), που είναι πιθανό να περιλαμβάνονται στο εξεταζόμενο κτίριο, εκτός αυτού του άμεσου ηλιακού κέρδους, και με αφετηρία το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., δεν προσμετρούνται στις εκτιμήσεις της ενεργειακής απόδοσης για το «κτίριο αναφοράς». Παράλληλα, στο «κτίριο αναφοράς» τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. για τους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

3.7 Διαφανείς επιφάνειες

3.7.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U_w βρίσκεται σε άμεση συνάφεια και εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, το σύστημα υαλοπινάκων που διαθέτει, το ποσοστό επιφάνειας πλαισίου και υαλοπινάκων πάνω στο κούφωμα και το μήκος της θερμογέφυρας που διαμορφώνεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Ως εκ τούτου, κουφώματα που απαρτίζονται από κοινό τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, έστω και εάν είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί, χαρακτηρίζονται από διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Αυτός είναι και ο λόγος, για τον οποίο προτείνεται η εκτίμηση του συντελεστή θερμοπερατότητας μεμονωμένα. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή πλήρως ανακαινιζόμενου οικοδομήματος, η εκτίμηση του U_w πραγματοποιείται σύμφωνα με τα κριτήρια της τεχνικής οδηγίας «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων». Σχετικά με την ενεργειακή επιθεώρηση, ο υπεύθυνος καλείται να αποσαφηνίσει τον συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, δεδομένου πως η επιρροή του στον τελικό σχηματισμό της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, κρίνεται καθόλα σημαντική.

Ακόμη, εφόσον η επιθεώρηση πραγματοποιείται κτίρια 3^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων ισοδυναμεί με εκείνον που αναφέρεται στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης. Αυτό συμβαίνει, αφού ο υπεύθυνος αξιολογήσει την ποσότητα και τον τύπο των κουφωμάτων του κτιρίου και αφού λάβει υπόψη του τις διαστάσεις, τα δελτία αποστολής και τα πιστοποιητικά των κουφωμάτων. Εάν κάτι τέτοιο δεν καθίσταται δυνατό, τότε ο επιθεωρητής είναι απαραίτητο να προχωρήσει σε εκτίμηση του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων, με γνώμονα την αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων».

Για την εκτίμηση του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος, είναι αναγκαίο να προσμετρηθεί η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου και του υαλοπίνακα με βάση τον τύπο τους, όπως επίσης και η γραμμική θερμογέφυρα που διαμορφώνεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} \quad [3-2]$$

- όπου: U_w [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
 U_f [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
 U_g [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
 A_f [m²] η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος,
 A_g [m²] η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος,
 l_g [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα),

Ψ_g [W/(m²·K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

A_w [m²] το εμβαδό επιφανείας του κουφώματος ($A_w = A_f + A_g$).

Τέλος, εφόσον υπάρχει επικαθήμενο ρολό σε μια οπή, τότε είναι απαραίτητο να συνεκτιμηθεί και η θερμοπερατότητα του κιβωτίου του ρολού.

3.7.2 Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Προκειμένου να απλοποιηθούν οι υπολογισμοί του ενεργειακού επιθεωρητή, έχουν αποτυπωθεί οι τιμές θερμοπερατότητας των πιο κοινών κουφωμάτων που εντοπίζονται στα κτίρια, και οι οποίες δύνανται να αξιοποιηθούν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση. Στον Πίνακα 3.17. παρουσιάζεται το εύρος τιμών αυτών, εφόσον απουσιάζουν εξωτερικά προστατευτικά φύλλα, το οποίο αντιστοιχεί σε συγκερασμό ποικίλων υαλοπινάκων και πλαισίων για ποσοστά πλαισίου πάνω στο κούφωμα και μήκη θερμογέφυρας που δημιουργούνται στη σύζευξη υαλοπίνακα και πλαισίου. Αντίστοιχα, στον Πίνακα 3.18 αναφέρονται οι τιμές, εφόσον υφίστανται ρολά και στον Πίνακα 3.19 οι τιμές, εφόσον υπάρχουν εξώφυλλα. Το «κτίριο αναφοράς» υποτίθεται πως διαθέτει κουφώματα χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα.

Ο επιθεωρητής εκτιμά το ποσοστό του πλαισίου και με γνώμονα με τον τύπο του υαλοπίνακα και του πλαισίου, προχωρά στην επιλογή του αντίστοιχου συντελεστή θερμοπερατότητας κουφώματος από τους προαναφερθέντες Πίνακες, εφόσον δεν υφίστανται εξωτερικά προστατευτικά φύλλα, εφόσον υπάρχουν ρολά και εφόσον εντοπίζονται εξώφυλλα ανάλογα με την περίπτωση που αναφέρεται σε κάθε Πίνακα.

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

Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό κούφωμα (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Διπλό κούφωμα (αλουμινίου)*	20%	3,9	–	–	–	–
	30%	3,6	–	–	–	–
	40%	3,3	–	–	–	–
Εξωτερικές πόρτες χωρίς υαλοπίνακες [W/(m².K)]						
Υλικό	Σε επαφή με εξωτερικό αέρα		Σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο			
Μέταλλο	6,0		4,0			
Συνθετικό	3,5		2,7			
Ξύλο	3,5		2,7			

* Οι τιμές για το διπλό ξύλινο κούφωμα ισχύουν, εφόσον και τα δύο φύλλα του κουφώματος δεν παρουσιάζουν προβλήματα αεροστεγανότητας. Σε αντίθετη περίπτωση ισχύουν οι τιμές του μονού παράθυρου.

Πίνακας 3.17 Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w [W/(m²K)] χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα. <<Πηγή: KENAK, 2017>>

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12mm
	[%]	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	4.5	3.3	3.0	2.9	2.5
	30%	4.6	3.6	3.3	3.2	2.9
	40%	4.7	3.8	3.6	3.5	3.2
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	-	2.9	2.7	2.6	2.2
	30%	-	2.9	2.7	2.6	2.3
	40%	-	2.9	2.7	2.5	2.4
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	-	2.8	2.5	2.5	2.0
	30%	-	2.7	2.5	2.4	2.1
	40%	-	2.7	2.5	2.4	2.1
Συνθετικό πλαίσιο	20%	-	2.8	2.5	2.4	1.9
	30%	-	2.7	2.4	2.4	2.0
	40%	-	2.7	2.4	2.4	2.1
Ξύλινο πλαίσιο	20%	3.9	2.7	2.4	2.3	1.8
	30%	3.7	2.6	2.4	2.2	1.8
	40%	3.4	2.5	2.3	2.2	1.8

Πίνακας 3.18 Τυπικές τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w $[W/(m^2K)]$ με χρήση ρολών, ανεξαρτήτως της αεροστεγανότητας των ρολών. <<Πηγή: KENAK, 2017>>

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επιστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12mm
			[%]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	4.9	3.5	3.2	3.2	2.7
	30%	5.0	3.9	3.5	3.5	3.1
	40%	5.1	4.1	3.9	3.8	3.5
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	-	3.2	2.8	2.8	2.4
	30%	-	3.1	2.8	2.8	2.4
	40%	-	3.1	2.8	2.7	2.5
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	-	3.0	2.7	2.7	2.1
	30%	-	2.9	2.7	2.6	2.2
	40%	-	2.8	2.7	2.6	2.2
Συνθετικό πλαίσιο	20%	-	3.0	2.7	2.6	2.0
	30%	-	2.9	2.6	2.6	2.1
	40%	-	2.8	2.6	2.6	2.2
Ξύλινο πλαίσιο	20%	4.2	2.8	2.6	2.4	1.9
	30%	4.0	2.8	2.5	2.4	1.9
	40%	3.7	2.7	2.4	2.4	1.9

Πίνακας 3.19 Τυπικές τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w [W/(m²K)] με χρήση με χρήση εξώφυλλων, αδιαφόρως της αεροστεγανότητάς τους. <<Πηγή: KENAK, 2017>>

3.7.3 Διαφανή δομικά στοιχεία (κουφώματα) σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή ηλιακούς χώρους

Για τον σχεδιασμό και την αποσαφήνιση της ενεργειακής απόδοσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οπής, ήτοι του διαφανούς δομικού στοιχείου, που βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με μη θερμαινόμενο ή ηλιακό χώρο και ο μειωτικός συντελεστής καθορίζονται με γνώμονα τις πρακτικές που αναφέρονται στην αναθεωρημένη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων». <<Πηγή: ΤΟΤΕΕ, 2017>>

Τα κουφώματα της θερμικής ζώνης που συσχετίζονται με μη θερμαινόμενο ή ηλιακό χώρο, σύμφωνα με την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, δεν χαρακτηρίζονται ως αδιαβατικά, που σημαίνει πως ανάμεσα στους χώρους αυτούς και στη θερμική ζώνη, υφίσταται ανταλλαγή θερμότητας, με τη βοήθεια των διαχωριστικών επιφανειών.

Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης, η αποσαφήνιση του συντελεστή θερμοπερατότητας πραγματοποιείται με βάση τα κριτήρια, για τα οποία γίνεται λόγος στις ενότητες 3.2.3.1. έως 3.2.3.4 του ΚΕΝΑΚ. Ο συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας καθορίζεται αντίστοιχα. Όσον αφορά την επιθεώρηση κτιριακών μονάδων, όπως είναι για παράδειγμα τα διαμερίσματα, ισχύουν τα αναφερόμενα στην ενότητα 2.2 του ΚΕΝΑΚ. Ειδικότερα, εφόσον το διαμέρισμα εφάπτεται με μη θερμαινόμενους χώρους, όπως ένα κλιμακοστάσιο, δεν καθίσταται αναγκαία η επακριβής περιγραφή του μη θερμαινόμενου χώρου και των διαχωριστικών επιπέδων ανάμεσα στη θερμική ζώνη και τον μη θερμαινόμενο χώρο. Για το σύνολο των διαφανών δομικών στοιχείων τέτοιων κτιριακών μονάδων, ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) περιορίζεται κατά το ήμισυ του εκτιμώμενου με γνώμονα την πραγματική θέση του δομικού στοιχείου. Ακόμη, θεωρείται πως όλα αυτά τα διαφανή δομικά στοιχεία, διαθέτουν πλήρη σκίαση καθόλη τη διάρκεια του έτους. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

3.8 Συστήματα Ψύξης, Θέρμανσης, ΖΝΧ

3.8.1 Προδιαγραφές Τεχνικών Συστημάτων Θέρμανσης, Ψύξης, Κλιματισμού & Ζεστού Νερού Χρήσης

Πέρα από τον ενδεδειγμένο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τις ορθές επιλογές των στοιχείων του κελύφους του οικοδομήματος, προκειμένου να μειωθούν κατά το μέγιστο δυνατό τα θερμικά/ψυκτικά φορτία, σημαίνουσα είναι η μελέτη των τεχνικών συστημάτων θέρμανσης-ψύξης -κλιματισμού (Θ.Ψ.Κ.), ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.), φωτισμού και των λοιπών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Ο ερευνητής είναι απαραίτητο να σχεδιάζει τις προκείμενες υποδομές, αποσκοπώντας στην εύρυθμη λειτουργία τους και τη μείωση των καταναλώσεων ενέργειας στο ελάχιστο, συνεκτιμώντας παράλληλα ορισμένα χαρακτηριστικά του κτιρίου, όπως:

- τη χρήση του
- το προφίλ λειτουργίας του
- τη θέση του
- τη δυνατότητα αξιοποίησης των ΑΠΕ
- τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού
- τα υφιστάμενα συστήματα παραγωγής - διανομής Θ.Ψ.Κ. & Ζ.Ν.Χ. με υψηλό βαθμό απόδοσης
- τα υφιστάμενα συστήματα αυτομάτου ελέγχου για τη σωστή διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας
- την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάθε συστήματος, κ.ά.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως, στον Κ.Εν.Α.Κ. γίνεται λόγος για τις ελάχιστες προδιαγραφές αφενός των Η/Μ τεχνικών συστημάτων των κτιρίων, είτε πρόκειται για νέες είτε για πλήρως ανακαινιζόμενες υποδομές, και αφετέρου του «κτιρίου αναφοράς».

Ο μελετητής δύναται να προωθήσει την αξιοποίηση τεχνολογιών με βελτιωμένες προδιαγραφές και απόδοση σε σχέση με εκείνες του «κτιρίου αναφοράς», με σκοπό η τελική ενεργειακή κατάταξη του οικοδομήματος να τυγχάνει η υψηλότερη της κατηγορίας που ορίζεται με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. Στην πλειοψηφία των κτιρίων, και δη σε εκείνα που εδράζονται εκτός αστικού χώρου, εντοπίζεται ενίοτε αυξημένη δυνατότητα αξιοποίησης των ΑΠΕ και μείωση της κατανάλωσης των συμβατικών καυσίμων. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Σε κάθε περίπτωση, η τοποθέτηση και εφαρμογή συστημάτων που ικανοποιούν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων, θέτουν ως προαπαιτούμενο την τήρηση των γενικότερων διατάξεων, σύμφωνα και με τη σήμανση CE.

Στο πλαίσιο της προκείμενης ενότητας γίνεται λόγος για το σύνολο των παραγόντων που συνδέονται με τα τεχνικά συστήματα Θ.Ψ.Κ. και Ζ.Ν.Χ. και που καθίστανται απαραίτητοι για τις εκτιμήσεις της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, με γνώμονα τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται ως επί το πλείστον με τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις συνθήκες λειτουργίας των τεχνικών συστημάτων, τις αποδόσεις και τις ζημίες των επιμέρους συστημάτων, κ.ά. Επισημαίνεται πως, οι αποδόσεις δημιουργούνται με βάση τη διαστασιολόγηση των συστημάτων, την ποιότητα κατασκευής τους, τη συντήρησή τους, αλλά και την ορθολογική εφαρμογή τους. Πέραν τούτων, οι επιμέρους διατάξεις αυτόματης εποπτείας και η ρύθμιση των συνισταμένων λειτουργίας των συστημάτων επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την τελική απόδοσή τους. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Όσον αφορά τον αερισμό των οικιακών υποδομών, αξιοποιείται ο φυσικός αερισμός. Στις περιπτώσεις εφαρμογής μηχανικού αερισμού, αυτός προσμετρείται και στο «κτίριο αναφοράς».

Στις εγκαταστάσεις του τριτογενούς τομέα, είναι αναγκαία η χρήση μηχανικού αερισμού, με τη βοήθεια κεντρικών κλιματιστικών μονάδων ή/και συστήματος εξαερισμού, προκειμένου να ικανοποιείται η ανάγκη για νωπό αέρα. Σε ενδεχόμενη έλλειψη συστήματος μηχανικού αερισμού, τότε εκτιμάται πως διατίθεται σύστημα αερισμού χωρίς ανάκτηση θερμότητας και πραγματοποιείται σύγκριση με το συναφές «κτίριο αναφοράς» που θα έχει στην κατοχή του σύστημα μηχανικού αερισμού και ανάκτησης θερμότητας.

Ο υπεύθυνος της επιθεώρησης είναι απαραίτητο να προσμετρά τις συνισταμένες των συστημάτων Θ.Ψ.Κ. και Ζ.Ν.Χ. που θα έχουν καταγραφεί κατά την επιθεώρηση λεβήτων, τεχνικών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού ή τις υφιστάμενες τελικές Η/Μ μελέτες εφαρμογής της υποδομής. Εάν εκλείπουν ορισμένα δεδομένα, τότε καταγράφονται οι τυπικές κατά περίπτωση τιμές, οι οποίες και αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

3.8.2 Συστήματα Θέρμανσης Χώρων

Το σύστημα ή τα συστήματα θέρμανσης που ικανοποιούν τις ανάγκες μια κτιριακής υποδομής, εκπονούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις θέρμανσης κατά τη διάρκεια δυσμενών κλιματικών συνθηκών, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της τεχνικής οδηγίας του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές».

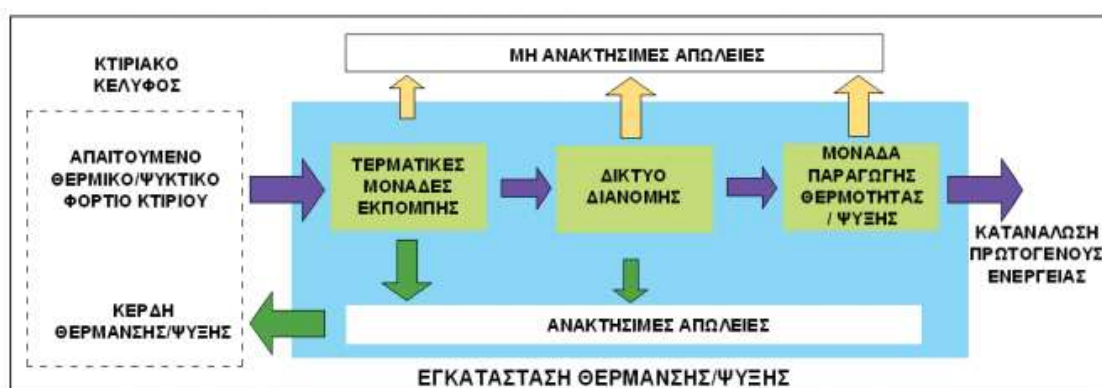
Κατά τη διάρκεια της πραγματικής περιόδου θέρμανσης, οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες τροποποιούνται διαρκώς ανά ημέρα και ανά ώρα. Ως εκ τούτου, έκαστο σύστημα θέρμανσης λειτουργεί ως επί το πλείστον σε συνθήκες μερικού φορτίου, και άρα η πραγματική του απόδοση περιορίζεται σε σχέση με την ονομαστική.

Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος θέρμανσης, είναι απαραίτητο να προσμετρείται η πραγματικότητα και να προτείνεται η πλήρωση των μερικών φορτίων με κατά το δυνατόν αυξημένο βαθμό απόδοσης λειτουργίας, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, μέσω της αξιοποίησης πολυβάθμιων λεβήτων ή/και λεβήτων διαφορετικής ισχύος,.

Για κάθε σύστημα θέρμανσης του κτιρίου ή μιας θερμικής ζώνης αυτού, είναι αναγκαίο να αποσαφηνίζονται εκείνα τα τεχνικά χαρακτηριστικά που θεωρούνται ως δεδομένα για τις εκτιμήσεις της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των υποδομών. Οι παράγοντες που χρήζουν καθορισμού, συνίστανται στις αποδόσεις των μονάδων παραγωγής θερμότητας, του δικτύου διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας (Σχήμα 3.8).

Συνήθεις μονάδες παραγωγής θερμότητας στην ελληνική επικράτεια αποτελούν οι λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, αερίου. Σημειώνεται πως ως «αέριο καύσιμο» ερμηνεύεται κάθε καύσιμο που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση σε θερμοκρασία 15 °C και πίεση 1 bar. Ακόμη, καθόλα σημαντικό κρίνεται και το ποσοστό των κτιρίων και δη των κατοικιών, που αξιοποιούν ηλεκτρικές μονάδες για τη θέρμανση των χώρων. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Σε μικρότερο ποσοστό και ως επί το πλείστον σε εγκαταστάσεις του τριτογενούς τομέα, όπου καθίσταται αναγκαία και η ψύξη, οι μονάδες παραγωγής θερμότητας είναι ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας νερού ή άμεσης εξάτμισης. Επίσης χρησιμοποιούνται ΑΠΕ. Τέλος, σε χαμηλό ποσοστό αξιοποιούνται συστήματα τηλεθέρμανσης ή/και συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης (Σ.Η.Θ.).



Σχήμα 3.8 Διάγραμμα διαδικασίας λειτουργίας εγκατάστασης θέρμανσης/ψύξης - <<Πηγή: ΚΕΝΑΚ, 2017>>

3.8.3 Συστήματα παραγωγής για την ψύξη χώρων

Το σύστημα ή τα συστήματα ψύξης χώρων, που εντοπίζονται σε μια κτιριακή υποδομή ή σε μέρος αυτής, αποσκοπεί στην ικανοποίηση των αναγκών ψύξης σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος και δη τους θερινούς μήνες, σύμφωνα με τα κριτήρια της τεχνικής οδηγίας του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές». Κατά την περίοδο ψύξης, οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες υπόκεινται σε διαρκείς μεταβολές ανά ημέρα και παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις από τις συνθήκες σχεδιασμού για κάθε κλιματική ζώνη. Κατά συνέπεια, έκαστο σύστημα ψύξης λειτουργεί ως επί το πλείστον σε συνθήκες μερικού φορτίου, ενώ η πραγματική ενεργειακή απόδοσή του τυγχάνει χαμηλότερη της ονομαστικής. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Ο σχεδιασμός του προκείμενου συστήματος είναι αναγκαίο να αποσκοπεί στην κάλυψη των μερικών φορτίων με τον κατά το δυνατόν καλύτερο βαθμό απόδοσης, προσμετρώντας παράλληλα ορισμένα χαρακτηριστικά του κτιρίου, όπως:

- τη χρήση του
- το προφίλ λειτουργίας του
- τη θέση του
- τη δυνατότητα αξιοποίησης των ΑΠΕ
- τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού
- τα υφιστάμενα συστήματα παραγωγής - διανομής Θ.Ψ.Κ. & Ζ.Ν.Χ. με υψηλό βαθμό απόδοσης
- τα υφιστάμενα συστήματα αυτομάτου ελέγχου για τη σωστή διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας
- την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάθε συστήματος, κ.ά.

Η αξιοποίηση πολυβάθμιων συστημάτων ψύξης μεταβλητής ψυκτικής ικανότητας (αντλίες θερμότητας ή/και περισσοτέρων του ενός συστήματα ψύξης διαφορετικής ισχύος, συντελούν καθοριστικά στην καλύτερευση της απόδοσης των ψυκτικών μονάδων και εν τέλει τον περιορισμό της ενέργειας που καταναλώνεται.

Για έκαστο σύστημα ψύξης που εφαρμόζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της κτιριακής υποδομής ή μιας θερμικής ζώνης του, είναι απαραίτητο να αποσαφηνίζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά που εκλαμβάνονται ως δεδομένα στις εκτιμήσεις της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη ή/και κλιματισμό των υποδομών.

Οι παράγοντες που χρήζουν προσδιορισμού συνίστανται στην απόδοση των συστημάτων παραγωγής ψύξης, των τεχνικών συστημάτων διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής ψύξης.

Οι μονάδες παραγωγής ψύξης που εντοπίζονται στις ελληνικές εγκαταστάσεις, αφορούν στην πλειοψηφία τους ψύκτες ή αντλίες θερμότητας με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και ενίοτε κινητήρων φυσικού αερίου ή άλλου συμβατικού καυσίμου. Στις κατοικίες αξιοποιούνται ως επί το πλείστον τοπικά συστήματα αντλιών θερμότητας άμεσης εξάτμισης μικρής ψυκτικής ικανότητας.

Από την άλλη πλευρά, σε ένα σημαντικό εύρος νεόδμητων κτιρίων του τριτογενούς τομέα, αξιοποιούνται κεντρικά ή ημικεντρικά συστήματα ψύξης / κλιματισμού. Επισημαίνεται πως, σε εγκαταστάσεις που εντοπίζονται συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, προωθείται η εφαρμογή ψυκτών προσρόφησης ή/και απορρόφησης. Εντούτοις, τέτοιες πρακτικές είναι ελάχιστες στην Ελλάδα και συναντώνται και υφίστανται κατά κύριο λόγο σε βιομηχανικές υποδομές. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ						Ζώνη 1					
Μονάδα παραγωγής θερμότητας											
Είδος μονάδας παραγωγής θερμότητας: Λέβητας 90.00 kW											
Θερμική απόδοση μονάδας (%): 0.56 (COP Συντελεστής Επίδοσης=1.00)											
Είδος καυσίμου: Fuel oil											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ	1.00	ΦΕΒ	1.00	ΜΑΡ	1.00	ΑΠΡ	1.00	ΜΑΙ	0.00	ΙΟΥΝ	0.00
ΙΟΥΛ	0.00	ΑΥΓ	0.00	ΣΕΠΤ	0.00	ΟΚΤ	0.00	ΝΟΕ	1.00	ΔΕΚ	1.00
Είδος μονάδας παραγωγής θερμότητας:											
Θερμική απόδοση μονάδας (%):											
Είδος καυσίμου:											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΙ		ΙΟΥΝ	
ΙΟΥΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠΤ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
Είδος μονάδας παραγωγής θερμότητας:											
Θερμική απόδοση μονάδας (%):											
Είδος καυσίμου:											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΙ		ΙΟΥΝ	
ΙΟΥΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠΤ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
Είδος μονάδας παραγωγής θερμότητας:											
Θερμική απόδοση μονάδας (%):											
Είδος καυσίμου:											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΙ		ΙΟΥΝ	
ΙΟΥΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠΤ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Τύπος: Δίκτυο διανομής Θερμού μέσου						Θερμική ισχύς (KW):					
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input checked="" type="checkbox"/>						Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/>					
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (C):											
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (C):											
Βαθμός θερμικής απόδοσης του δικτύου διανομής (%): 0.97											
Υπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς: <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input checked="" type="checkbox"/> ΟΧΙ											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων: σώματα καλοριφερ											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.86 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.12)											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων				Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (KW)			
Κυκλοφορητές				1				0.10			

Πίνακας 3.20 Σύστημα θέρμανσης

ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ						Ζώνη 1					
Μονάδα παραγωγής ψύξης											
Είδος μονάδας παραγωγής Ψύξης: Αερόψυκτη Α.Θ. 20.00 kW											
Θερμική απόδοση ΕΕΡ: 2.50 (Βαθμός Απόδοσης=1.00)											
Είδος καυσίμου: Electricity											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ	0.00	ΦΕΒ	0.00	ΜΑΡ	0.00	ΑΠΡ	0.00	ΜΑΙ	0.50	ΙΟΥΝ	0.50
ΙΟΥΛ	0.50	ΑΥΓ	0.50	ΣΕΠΤ	0.50	ΟΚΤ	0.00	ΝΟΕ	0.00	ΔΕΚ	0.00
Είδος μονάδας παραγωγής Ψύξης:											
Θερμική απόδοση μονάδας (%):											
Είδος καυσίμου:											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΙ		ΙΟΥΝ	
ΙΟΥΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠΤ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
Είδος μονάδας παραγωγής Ψύξης:											
Θερμική απόδοση μονάδας (%):											
Είδος καυσίμου:											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΙ		ΙΟΥΝ	
ΙΟΥΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠΤ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
Είδος μονάδας παραγωγής Ψύξης:											
Θερμική απόδοση μονάδας (%):											
Είδος καυσίμου:											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ		ΦΕΒ		ΜΑΡ		ΑΠΡ		ΜΑΙ		ΙΟΥΝ	
ΙΟΥΛ		ΑΥΓ		ΣΕΠΤ		ΟΚΤ		ΝΟΕ		ΔΕΚ	
Δίκτυο διανομής ψύξης											
Τύπος: Δίκτυο διανομής ψυχτού μέσου						Θερμική ισχύς (KW):					
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input checked="" type="checkbox"/>						Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/>					
Θερμοκρασία προσαγωγής ψυχρού μέσου στο δίκτυο διανομής (C):											
Θερμοκρασία επιστροφής ψυχρού μέσου στο δίκτυο διανομής (C):											
Βαθμός ψυκτικής απόδοσης του δικτύου διανομής (%): 0.98											
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς: <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων: τοπικές αντλίες θερμότητας											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.93 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.14)											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων				Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (KW)			

Πίνακας 3.21 Μονάδα παραγωγής ψύξης

ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	Ζώνη 1		
Είδος ηλιακού συλλέκτη	Απλός επίπεδος		
Χρήση ηλιακού συλλέκτη για:	<input checked="" type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/> Θέρμανση χώρων
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για ZNX :	0.332		
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για θέρμανση χώρων :	1.000		
Εμβαδόν επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών (m ²) :	2.00		
Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών (ο) :	180.00		
Κλίση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών (ο) :	45.00		
Συντελεστής σκίασης F-s :	1.00		
Είδος ηλιακού συλλέκτη			
Χρήση ηλιακού συλλέκτη για:	<input type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/> Θέρμανση χώρων
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για ZNX :			
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για θέρμανση χώρων :			
Εμβαδόν επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών (m ²) :			
Κλίση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών (ο) :			
Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών (ο) :			
Συντελεστής σκίασης F-s :			
Είδος ηλιακού συλλέκτη			
Χρήση ηλιακού συλλέκτη για:	<input type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/> Θέρμανση χώρων
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για ZNX :			
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για θέρμανση χώρων :			
Εμβαδόν επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών (m ²) :			
Κλίση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών (ο) :			
Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών (ο) :			
Συντελεστής σκίασης F-s :			
Είδος ηλιακού συλλέκτη			
Χρήση ηλιακού συλλέκτη για:	<input type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/> Θέρμανση χώρων
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για ZNX :			
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για θέρμανση χώρων :			
Εμβαδόν επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών (m ²) :			
Κλίση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών (ο) :			
Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών (ο) :			
Συντελεστής σκίασης F-s :			

Πίνακας 3.23 Ηλιακοί συλλέκτες

ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΕΚΤΕΣ						Ζώνη 1						
Μέση Θερμοκρασία δικτύου νερού (°C) και θερμικό φορτίο για ZNX κτιρίου												
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Θερμοκρασία νερού δικτύου (°C)	11.30	10.90	11.80	14.30	17.70	21.60	24.70	25.70	24.20	21.10	16.90	13.50
Μέσο ημερήσιο θερμικό φορτίο για ZNX (kWh/ημέρα)	37.00	37.39	36.53	34.14	30.88	27.16	24.19	23.24	24.67	27.63	31.65	34.90
Μέση μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²) για οριζόντια και κεκλιμμένη (45°) επιφάνεια												
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Μέση μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (kWh/m ²)	63.0	79.0	118.0	154.0	195.0	214.0	222.0	203.0	153.0	109.0	71.0	56.0
Μέση μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο 45° (kWh/m ²)	104.0	108.0	135.0	151.0	171.0	178.0	189.0	190.0	167.0	144.0	114.0	98.0
Αποτελέσματα υπολογισμών για κάλυψη φορτίου ZNX από ηλιακούς συλλέκτες												
	Μέσο μηνιαίο φορτίο για ZNX (kWh/μήνα)	Μέσο μηνιαίο φορτίο κάλυψης από Η.Σ. (kWh/μήνα)	Ποσοστό κάλυψης φορτίου από Η.Σ. - fi (%)	Ποσοστό ηλιακής αξιοποίησης από Η.Σ. (%)								
Ιανουάριος	1147.12	95.08	8.29	45.71								
Φεβρουάριος	1046.82	103.43	9.88	47.88								
Μάρτιος	1132.30	134.02	11.84	49.64								
Απρίλιος	1024.06	155.34	15.17	51.44								
Μάιος	957.42	179.26	18.72	52.42								
Ιούνιος	814.66	188.28	23.11	52.89								
Ιούλιος	749.93	199.56	26.61	52.79								
Αύγουστος	697.05	200.26	28.73	52.70								
Σεπτέμβριος	740.08	173.93	23.50	52.07								
Οκτώβριος	856.64	145.87	17.03	50.65								
Νοέμβριος	949.48	109.90	11.57	48.20								
Δεκέμβριος	1081.91	88.15	8.15	44.98								
Σύνολα	11197.48											
Μέσος ετήσιος όρος			16.88	50.11								

Πίνακας 3.24 Υπολογισμοί ηλιακών συλλεκτών

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	4.20		2.00			
Φεβρουάριος	3.20		1.80			
Μάρτιος	1.80		1.90			
Απρίλιος	0.10		1.70			
Μαιος		2.00	1.50			
Ιούνιος		9.50	1.20			
Ιούλιος		13.30	1.10			
Αυγουστος		13.00	1.10			
Σεπτέμβριος		3.60	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.40		1.60			
Δεκέμβριος	2.70		1.90			
ΕΤΗΣΙΟ	12.40	41.50	18.50			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑ- ΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ Α ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝ- ΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ- ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	6.40			2.50	0.40			8.90
Φεβρουάριος	5.00			2.20	0.40			7.20
Μάρτιος	2.90			2.40	0.40			5.20
Απρίλιος	0.20			2.10	0.40			2.30
Μαιος			0.50	1.90	0.30			2.30
Ιούνιος			1.80	1.50	0.30			3.30
Ιούλιος			2.50	1.40	0.20			3.90
Αυγουστος			2.40	1.40	0.20			3.80
Σεπτέμβριος			0.80	1.50	0.30			2.30
Οκτώμβριος	0.10			1.80	0.30			1.90
Νοέμβριος	0.80			2.00	0.40			2.80
Δεκέμβριος	4.20			2.30	0.40			6.50
ΕΤΗΣΙΟ	19.60		8.00	23.00	4.10			50.60

Πίνακας 3.25 Απαιτήσεις και καταναλώσεις κτιρίου αναφοράς

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	7.40		2.70			
Φεβρουάριος	5.70		2.50			
Μάρτιος	3.40		2.60			
Απρίλιος	0.50		2.30			
Μαιος		1.40	2.10			
Ιούνιος		5.30	1.70			
Ιούλιος		7.20	1.50			
Αυγουστος		7.10	1.50			
Σεπτέμβριος		2.20	1.60			
Οκτώμβριος	0.30		2.00			
Νοέμβριος	1.10		2.20			
Δεκέμβριος	4.90		2.60			
ΣΥΝΟΛΑ	23.40	23.20	25.30			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	9.10	9.00
Πετρέλαιο	41.50	21.60
Φυσικό αέριο		
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή		
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ		
ΣΥΝΟΛΑ	50.60	19.90

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	3.50
Φεβρουάριος	2.80
Μάρτιος	2.10
Απρίλιος	0.90
Μαιος	0.90
Ιούνιος	1.30
Ιούλιος	1.50
Αυγουστος	1.50
Σεπτέμβριος	0.90
Οκτώμβριος	0.80
Νοέμβριος	1.10
Δεκέμβριος	2.60
ΣΥΝΟΛΑ	19.90

Πίνακας 3.26 Πρωτογενείς ενέργειες κτιρίου αναφοράς

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	4.00		2.00			
Φεβρουάριος	3.10		1.80			
Μάρτιος	1.60		1.90			
Απρίλιος			1.70			
Μαιος		2.20	1.50			
Ιούνιος		10.20	1.20			
Ιούλιος		14.00	1.10			
Αυγустος		13.80	1.10			
Σεπτέμβριος		4.00	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.30		1.60			
Δεκέμβριος	2.50		1.90			
ΕΤΗΣΙΟ	11.60	44.30	18.50			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m²)								
	ΘΕΡΜΑ- ΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ Α ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝ- ΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ- ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	7.80			1.90	0.10			9.70
Φεβρουάριος	6.00			1.70	0.10			7.70
Μάρτιος	3.20			1.80	0.20			5.00
Απρίλιος	0.20			1.50	0.20			1.70
Μαιος			0.50	1.30	0.20			1.80
Ιούνιος			2.10	1.00	0.20			3.10
Ιούλιος			2.80	0.90	0.20			3.70
Αυγустος			2.80	0.90	0.20			3.70
Σεπτέμβριος			0.90	1.00	0.20			1.90
Οκτώμβριος	0.10			1.30	0.20			1.40
Νοέμβριος	0.70			1.50	0.10			2.20
Δεκέμβριος	5.00			1.80	0.10			6.80
ΕΤΗΣΙΟ	23.10		9.10	16.40	2.20			48.60

Πίνακας 3.27 Απαιτήσεις και καταναλώσεις υπάρχοντος κτιρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	8.90		5.40			
Φεβρουάριος	6.80		4.80			
Μάρτιος	3.80		5.00			
Απρίλιος	0.40		4.30			
Μαιος		1.60	3.70			
Ιούνιος		6.00	2.80			
Ιούλιος		8.20	2.50			
Αυγουστος		8.00	2.50			
Σεπτέμβριος		2.50	2.80			
Οκτώμβριος	0.30		3.70			
Νοέμβριος	1.10		4.30			
Δεκέμβριος	5.80		5.10			
ΣΥΝΟΛΑ	27.20	26.30	47.00			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	26.50	26.20
Πετρέλαιο	22.10	12.00
Φυσικό αέριο		
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή	2.20	
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ		
ΣΥΝΟΛΑ	48.60	32.00

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	6.40
Φεβρουάριος	5.00
Μάρτιος	3.30
Απρίλιος	1.10
Μαιος	1.20
Ιούνιος	2.00
Ιούλιος	2.50
Αυγουστος	2.40
Σεπτέμβριος	1.20
Οκτώμβριος	0.90
Νοέμβριος	1.50
Δεκέμβριος	4.50
ΣΥΝΟΛΑ	32.00

Πίνακας 3.28 Πρωτογενείς ενέργειες υπάρχοντος κτιρίου

4 Σενάρια βελτιώσεων

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται σενάρια βελτίωσης του υφιστάμενου κτηρίου που βάσει ΚΕΝΑΚ 2017 έχει μελετηθεί ήδη ως κτίριο κατηγορίας Β. Μετά από τις βελτιώσεις, πρόκειται να καταταχτεί σε κατηγορία Α+, δηλαδή ως κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης βάσει ΚΕΝΑΚ 2017. Παρόλα αυτά, όσοι μηχανικοί ασχολούνται με τα αμερικανικά πρότυπα αμφισβητούν έντονα την αρτιότητα του ελληνικού κανονισμού ενεργειακής επιθεώρησης με βασικό επιχείρημα την έλλειψη πιστοποίησης αεροστεγανότητας και ποιότητας αέρα στον εσωτερικό χώρο, απαιτήσεις απαραίτητες για να χαρακτηριστεί ένα κτίριο ως παθητικό.

Με χρήση του λογισμικού ECOLINEτης εταιρίας ACEHELLAS,προσομοιώθηκε το υπό μελέτη κτίριο και δημιουργήθηκαν επιπλέον σενάρια βελτιώσεων με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση σε κατηγορία Α+. Εξετάστηκαν οι ακόλουθοι συνδυασμοί:

- Χρήση λέβητα φυσικού αερίου ως κύριο καύσιμο και αξιοποίηση γεωθερμίας με χρήση αντλίας θερμότητας με γεωεναλλάκτη στο υπόγειο.
- Χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος στο δώμα του κτιρίου και αξιοποίηση γεωθερμίας με χρήση αντλίας θερμότητας με γεωεναλλάκτη.
- Χρήση λέβητα φυσικού αερίου ως κύριο καύσιμο και φωτοβολταϊκού συστήματος στο δώμα του κτιρίου.

(Χρήση λέβητα βιομάζας ως κύριο καύσιμο και φωτοβολταϊκού συστήματος.) Θα μπορούσε να εξεταστεί και αυτό το σενάριο αν το κτίριο δεν ήταν μέσα στον αστικό ιστό, αλλά στην ύπαιθρο και σε περιοχές με δραστηριότητες τέτοιες ώστε που παρέχεται εύκολα η βιομάζα που απαιτείται.

4.1 Συνδυασμός φυσικού αερίου και γεωθερμίας

Παρακάτω, παραθέτονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το σενάριο εγκατάστασης συστήματος θέρμανσης φυσικού αερίου και γεωναλλάκτη θερμότητας στο υπόγειο και γίνεται η αναλυτική σύγκριση των ενεργειακών απαιτήσεων σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ με το κτίριο αναφοράς.

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	5.40		2.00			
Φεβρουάριος	4.30		1.80			
Μάρτιος	2.60		1.90			
Απρίλιος	0.10		1.70			
Μαιος		1.90	1.50			
Ιούνιος		9.40	1.20			
Ιούλιος		13.30	1.10			
Αυγустος		13.00	1.10			
Σεπτέμβριος		3.60	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.70		1.60			
Δεκέμβριος	3.60		1.90			
ΕΤΗΣΙΟ	16.70	41.00	18.50			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑ- ΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ Α ΓΙΑ ΘΕΡΜΑ- ΝΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ- ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	4.30			2.30	0.40			6.60
Φεβρουάριος	3.50			2.10	0.40			5.50
Μάρτιος	2.30			2.20	0.40			4.50
Απρίλιος	0.40			2.00	0.30			2.40
Μαιος			0.60	1.70	0.30			2.40
Ιούνιος			2.00	1.40	0.30			3.40
Ιούλιος			2.70	1.30	0.20			4.00
Αυγустος			2.60	1.30	0.20			3.90
Σεπτέμβριος			0.90	1.40	0.20			2.30
Οκτώμβριος	0.30			1.70	0.30			2.00
Νοέμβριος	0.80			1.90	0.30			2.70
Δεκέμβριος	3.00			2.20	0.40			5.20
ΕΤΗΣΙΟ	14.60		8.80	21.50	3.80			44.90

Πίνακας 4.1 Απαιτήσεις και καταναλώσεις κτιρίου αναφοράς 1ου σεναρίου

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	4.50		2.50			
Φεβρουάριος	3.70		2.30			
Μάρτιος	2.70		2.50			
Απρίλιος	1.00		2.10			
Μαιος		1.80	1.90			
Ιούνιος		5.70	1.60			
Ιούλιος		7.70	1.40			
Αυγουστος		7.60	1.40			
Σεπτέμβριος		2.70	1.50			
Οκτώμβριος	0.80		1.90			
Νοέμβριος	1.40		2.10			
Δεκέμβριος	3.40		2.40			
ΣΥΝΟΛΑ	17.40	25.50	23.70			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	11.10	10.90
Πετρέλαιο	29.40	17.30
Φυσικό αέριο		
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή		
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ	4.50	
ΣΥΝΟΛΑ	44.90	18.70

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	2.80
Φεβρουάριος	2.30
Μάρτιος	1.90
Απρίλιος	1.00
Μαιος	1.00
Ιούνιος	1.40
Ιούλιος	1.70
Αυγουστος	1.60
Σεπτέμβριος	1.00
Οκτώμβριος	0.80
Νοέμβριος	1.10
Δεκέμβριος	2.20
ΣΥΝΟΛΑ	18.70

Πίνακας 4.2 Πρωτογενείς ενέργειες κτιρίου αναφοράς 1^{ου} σεναρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	3.00		2.00	0.60		
Φεβρουάριος	2.30		1.80	0.50		
Μάρτιος	1.10		1.90	0.40		
Απρίλιος			1.70			
Μαιος		1.70	1.50			
Ιούνιος		8.10	1.20			
Ιούλιος		11.10	1.10			
Αυγустος		10.80	1.10			
Σεπτέμβριος		3.10	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.20		1.60			
Δεκέμβριος	1.80		1.90	0.30		
ΕΤΗΣΙΟ	8.40	34.90	18.50	1.80		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	3.00			1.90	0.10			4.80
Φεβρουάριος	2.30			1.70	0.10			4.00
Μάρτιος	1.40			1.70	0.20			3.10
Απρίλιος	0.20			1.50	0.20			1.70
Μαιος			0.40	1.30	0.20			1.70
Ιούνιος			1.30	1.00	0.20			2.30
Ιούλιος			1.80	0.90	0.20			2.70
Αυγустος			1.80	0.90	0.20			2.60
Σεπτέμβριος			0.60	1.00	0.20			1.60
Οκτώμβριος	0.10			1.30	0.20			1.40
Νοέμβριος	0.40			1.50	0.10			1.90
Δεκέμβριος	2.00			1.80	0.10			3.70
ΕΤΗΣΙΟ	9.30		5.80	16.40	2.20			31.50

Πίνακας 4.3 Απαιτήσεις και καταναλώσεις μετά την εφαρμογή του 1ου σεναρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

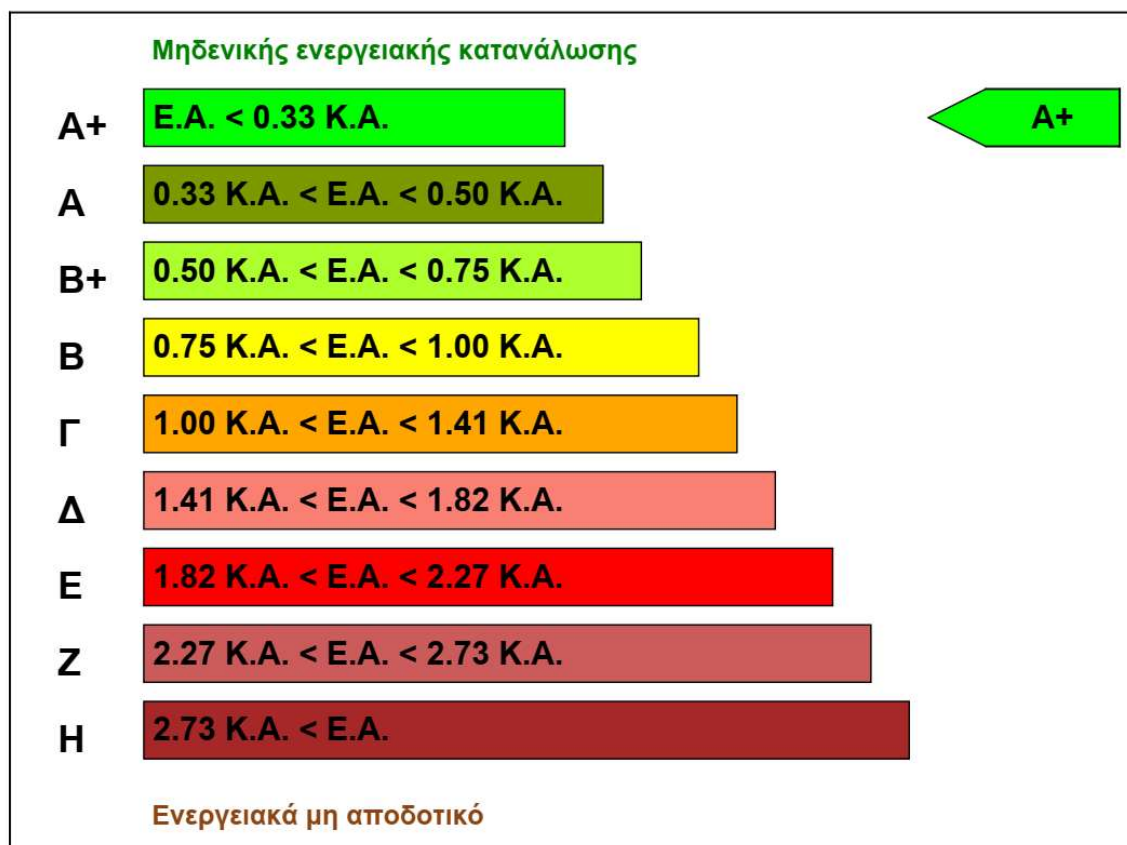
ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	2.50					
Φεβρουάριος	2.00					
Μάρτιος	1.30					
Απρίλιος	0.40					
Μαιος		0.40				
Ιούνιος		0.90				
Ιούλιος		1.20				
Αυγустος		1.10				
Σεπτέμβριος		0.50				
Οκτώμβριος	0.30					
Νοέμβριος	0.60					
Δεκέμβριος	1.70					
ΣΥΝΟΛΑ	8.80	4.20				

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	1.50	1.50
Πετρέλαιο		
Φυσικό αέριο	3.30	4.30
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή	2.20	
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ	10.30	
ΣΥΝΟΛΑ	31.50	4.50

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	0.70
Φεβρουάριος	0.60
Μάρτιος	0.40
Απρίλιος	0.20
Μαιος	0.20
Ιούνιος	0.30
Ιούλιος	0.40
Αυγустος	0.40
Σεπτέμβριος	0.20
Οκτώμβριος	0.20
Νοέμβριος	0.30
Δεκέμβριος	0.50
ΣΥΝΟΛΑ	4.50

Πίνακας 4.4 Πρωτογενείς ενέργειες μετά την εφαρμογή του 1^{ου} σεναρίου

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ



Σχήμα 4.1 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου 1^{ου} σεναρίου

Τελική Χρήση	Αναφοράς	Υπάρχον
Θέρμανση	17.40	8.80
Ψύξη	25.50	4.20
ZNX	23.70	0.00
Φωτισμός	0.00	0.00
ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.00	0.00
Φωτοβολταϊκά	0.00	0.00
Σύνολο	66.60	13.00

Πίνακας 4.7 Καταναλώσεις ενέργειας 1^{ου} σεναρίου

4.2 Συνδυασμός φωτοβολταϊκού και γεωθερμίας

Παρακάτω, παραθέτονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το σενάριο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα και γεωεναλλάκτη θερμότητας στο υπόγειο και γίνεται η αναλυτική σύγκριση των ενεργειακών απαιτήσεων σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ με το κτίριο αναφοράς.

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	5.40		2.00			
Φεβρουάριος	4.30		1.80			
Μάρτιος	2.60		1.90			
Απρίλιος	0.10		1.70			
Μαιος		1.90	1.50			
Ιούνιος		9.40	1.20			
Ιούλιος		13.30	1.10			
Αυγустος		13.00	1.10			
Σεπτέμβριος		3.60	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.70		1.60			
Δεκέμβριος	3.60		1.90			
ΕΤΗΣΙΟ	16.70	41.00	18.50			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	2.10			2.30	0.40			4.40
Φεβρουάριος	1.70			2.10	0.40			3.80
Μάρτιος	1.20			2.20	0.40			3.40
Απρίλιος	0.30			2.00	0.30			2.30
Μαιος			0.60	1.70	0.30			2.40
Ιούνιος			2.00	1.40	0.30			3.40
Ιούλιος			2.70	1.30	0.20			4.00
Αυγустος			2.60	1.30	0.20			3.90
Σεπτέμβριος			0.90	1.40	0.20			2.30
Οκτώμβριος	0.30			1.70	0.30			2.00
Νοέμβριος	0.50			1.90	0.30			2.40
Δεκέμβριος	1.50			2.20	0.40			3.70
ΕΤΗΣΙΟ	7.60		8.80	21.50	3.80			37.90

Πίνακας 4.8 Απαιτήσεις και καταναλώσεις κτιρίου αναφοράς 2ου σεναρίου

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	1.70		2.50			
Φεβρουάριος	1.50		2.30			
Μάρτιος	1.30		2.50			
Απρίλιος	0.80		2.10			
Μαιος		1.80	1.90			
Ιούνιος		5.70	1.60			
Ιούλιος		7.70	1.40			
Αυγουστος		7.60	1.40			
Σεπτέμβριος		2.70	1.50			
Οκτώμβριος	0.80		1.90			
Νοέμβριος	0.90		2.10			
Δεκέμβριος	1.50		2.40			
ΣΥΝΟΛΑ	8.60	25.50	23.70			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	10.80	10.70
Πετρέλαιο	21.50	15.00
Φυσικό αέριο		
Άλλα ορυκτά καύσιμα		
Ηλιακή		
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ	5.60	
ΣΥΝΟΛΑ	37.90	16.30

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	1.90
Φεβρουάριος	1.60
Μάρτιος	1.50
Απρίλιος	1.00
Μαιος	1.00
Ιούνιος	1.50
Ιούλιος	1.70
Αυγουστος	1.70
Σεπτέμβριος	1.00
Οκτώμβριος	0.90
Νοέμβριος	1.00
Δεκέμβριος	1.60
ΣΥΝΟΛΑ	16.30

Πίνακας 4.9 Πρωτογενείς ενέργειες κτιρίου αναφοράς 2^{ου} σεναρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	3.00		2.00	0.60		
Φεβρουάριος	2.30		1.80	0.50		
Μάρτιος	1.10		1.90	0.40		
Απρίλιος			1.70			
Μαιος		1.70	1.50			
Ιούνιος		8.10	1.20			
Ιούλιος		11.10	1.10			
Αυγουστος		10.80	1.10			
Σεπτέμβριος		3.10	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.20		1.60			
Δεκέμβριος	1.80		1.90	0.30		
ΕΤΗΣΙΟ	8.40	34.90	18.50	1.80		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	2.60			1.90	0.10		0.80	4.40
Φεβρουάριος	2.00			1.70	0.10		0.80	3.70
Μάρτιος	1.20			1.70	0.20		1.00	3.00
Απρίλιος	0.20			1.50	0.20		1.20	1.70
Μαιος			0.40	1.30	0.20		1.30	1.70
Ιούνιος			1.30	1.00	0.20		1.40	2.30
Ιούλιος			1.80	0.90	0.20		1.50	2.70
Αυγουστος			1.80	0.90	0.20		1.50	2.60
Σεπτέμβριος			0.60	1.00	0.20		1.30	1.60
Οκτώμβριος	0.10			1.30	0.20		1.10	1.40
Νοέμβριος	0.40			1.50	0.10		0.90	1.90
Δεκέμβριος	1.70			1.80	0.10		0.80	3.50
ΕΤΗΣΙΟ	8.10		5.80	16.40	2.20		13.50	30.30

Πίνακας 4.10 Απαιτήσεις και καταναλώσεις μετά την εφαρμογή του 2ου σεναρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	1.70				0.10	
Φεβρουάριος	1.30				0.10	
Μάρτιος	1.00				0.10	
Απρίλιος	0.40				0.10	
Μαιος		1.00			1.50	
Ιούνιος		3.80			3.50	
Ιούλιος		5.30			4.20	
Αυγουστος		5.10			4.30	
Σεπτέμβριος		1.60			2.60	
Οκτώμβριος	0.30					
Νοέμβριος	0.60				0.10	
Δεκέμβριος	1.20				0.10	
ΣΥΝΟΛΑ	6.40	16.90			56.10	

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	1.20	1.20
Πετρέλαιο		
Φυσικό αέριο		
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή	15.80	
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ	7.20	
ΣΥΝΟΛΑ	30.30	4.40

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	0.60
Φεβρουάριος	0.50
Μάρτιος	0.40
Απρίλιος	0.20
Μαιος	0.20
Ιούνιος	0.30
Ιούλιος	0.40
Αυγουστος	0.40
Σεπτέμβριος	0.20
Οκτώμβριος	0.20
Νοέμβριος	0.30
Δεκέμβριος	0.50
ΣΥΝΟΛΑ	4.40

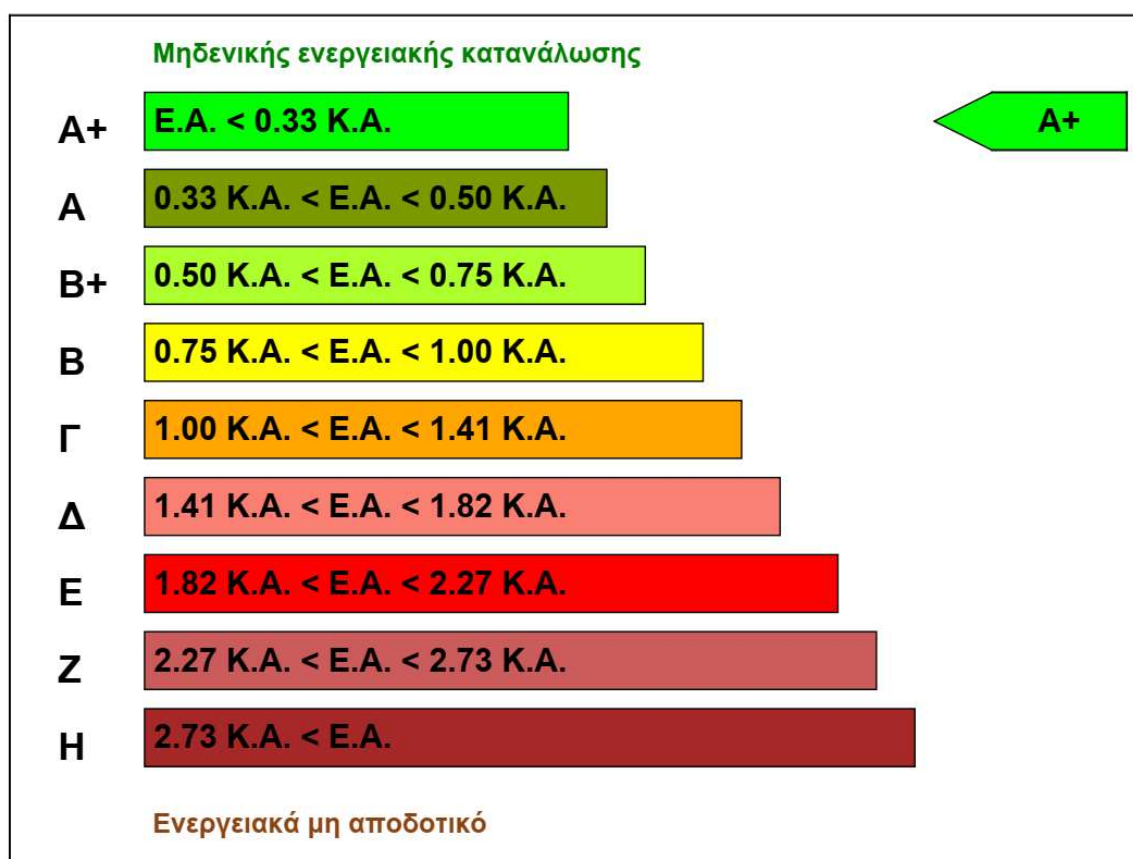
Πίνακας 4.11 Πρωτογενείς ενέργειες μετά την εφαρμογή του 2^{ου} σεναρίου

	ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ					ΖΩΝΗ : Ζώνη 1							
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛ
Ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση													
Μεταφορά	8.96	7.84	7.11	3.58	-0.65	-4.83	-7.48	-7.39	-3.84	0.37	4.11	7.39	15.18
Αερισμός	3.52	3.08	2.79	1.40	-0.25	-1.89	-2.94	-2.90	-1.51	0.15	1.61	2.90	5.96
Συνολικές απώλειες	12.48	10.92	9.91	4.98	-0.90	-6.72	-10.42	-10.29	-5.35	0.52	5.73	10.29	21.13
Ηλιακή Θέρμανση	3.51	3.58	4.62	5.16	6.21	6.51	6.86	6.70	5.65	4.72	3.84	3.36	60.71
Ηλιακός Χώρος													
Εσωτερικά θερμικά κέρδη	3.71	3.35	3.71	3.59	3.71	3.59	3.71	3.71	3.59	3.71	3.59	3.71	43.63
Συνολικά κέρδη	7.21	6.92	8.33	8.74	9.91	10.10	10.56	10.41	9.23	8.43	7.43	7.06	104.33
Συντελεστής χρήσης	0.94	0.92	0.85	0.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.06	0.67	0.91	
/energy_demand/heat_dem/demand	5.71	4.54	2.84	0.29							0.72	3.90	17.99
Ενεργειακή ζήτηση για ψύξη													
Μεταφορά	14.50	12.85	12.66	8.94	4.90	0.54	-1.94	-1.85	1.52	5.91	9.48	12.93	80.44
Αερισμός	5.69	5.04	4.97	3.51	1.92	0.21	-0.76	-0.73	0.60	2.32	3.72	5.08	31.56
Συνολικές απώλειες	20.20	17.89	17.62	12.45	6.82	0.75	-2.70	-2.57	2.12	8.23	13.20	18.01	112.00
Ηλιακή Θέρμανση	3.51	3.58	4.62	5.16	6.21	6.51	6.86	6.70	5.65	4.72	3.84	3.36	60.71
Ηλιακός Χώρος													
Εσωτερικά θερμικά κέρδη	3.71	3.35	3.71	3.59	3.71	3.59	3.71	3.71	3.59	3.71	3.59	3.71	43.63
Συνολικά κέρδη	7.21	6.92	8.33	8.74	9.91	10.10	10.56	10.41	9.23	8.43	7.43	7.06	104.33
Συντελεστής χρήσης	0.35	0.38	0.46	0.63	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.53	0.38	
/energy_demand/cool_dem/demand	0.11	0.13	0.29	0.88	3.75	9.35	13.26	12.98	7.12	1.88	0.42	0.14	50.30
Ενεργειακή κατανάλωση													
Θέρμανση	1.61	1.25	0.73	0.04							0.18	1.06	4.87
/energy_consumption/distribution_heating	6.13	4.88	3.05	0.31							0.77	4.19	19.34
/energy_consumption/ahu_h													
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση													
Ψύξη					0.34	1.68	2.38	2.33	0.64				7.35
/energy_consumption/distribution_cooling	0.11	0.14	0.31	0.94	4.03	10.06	14.26	13.96	7.66	2.02	0.45	0.15	54.09
/energy_consumption/ahu_c													
Υγραση													
Ζεστό νερό χρήσης	2.31	2.09	2.23	1.96	1.75	1.42	1.30	1.28	1.39	1.69	1.91	2.19	21.52
Ηλιακή ενέργεια για ΖΝΧ													
Φωτισμός													
Βοηθητικά συστήματα													
/energy_consumption/dhw_demand	1.99	1.79	1.91	1.68	1.50	1.22	1.11	1.10	1.20	1.45	1.64	1.88	18.47
/energy_consumption/consumption	3.92	3.34	2.96	1.99	2.08	3.09	3.67	3.61	2.03	1.69	2.09	3.25	33.74

	ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ					ΣΥΝΟΛΑ ΚΤΙΡΙΟΥ							
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛ
Ενεργειακή απαίτηση													
Θέρμανση	5.71	4.54	2.84	0.29							0.72	3.90	17.99
Ψύξη	0.11	0.13	0.29	0.88	3.75	9.35	13.26	12.98	7.12	1.88	0.42	0.14	50.30
Υγραση													
Ζεστό νερό χρήσης	1.99	1.79	1.91	1.68	1.50	1.22	1.11	1.10	1.20	1.45	1.64	1.88	18.47
Ενεργειακή κατανάλωση													
Θέρμανση	1.61	1.25	0.73	0.04							0.18	1.06	4.87
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση													
Ψύξη					0.34	1.68	2.38	2.33	0.64				7.35
Υγραση													
Ζεστό νερό χρήσης	2.31	2.09	2.23	1.96	1.75	1.42	1.30	1.28	1.39	1.69	1.91	2.19	21.52
Ηλιακή ενέργεια για ΖΝΧ													
Φωτισμός													
Βοηθητικά συστήματα													
Φωτοβολταϊκά													
/energy_consumption/consumption	3.92	3.34	2.96	1.99	2.08	3.09	3.67	3.61	2.03	1.69	2.09	3.25	33.74
Καύσιμα													
/prim_energy_consumption/consumption													
Καύσιμα													
Εκπομπές CO2													

Πίνακας 4.12 Μηνιαία ανάλυση ενεργειακών αναγκών για όλα τα συστήματα κτιρίου αναφοράς 2^{ου} σεναρίου

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ



Σχήμα 4.2 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου 2^{ου} σεναρίου

Τελική Χρήση	Αναφοράς	Υπάρχον
Θέρμανση	8.60	6.40
Ψύξη	25.50	16.90
ZNX	23.70	0.00
Φωτισμός	0.00	0.00
ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.00	0.00
Φωτοβολταϊκά	0.00	16.90
Σύνολο	57.70	6.40

Πίνακας 4.14 Καταναλώσεις ενέργειας 2^{ου} σεναρίου

4.3 Συνδυασμός φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκού

Παρακάτω, παραθέτονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το σενάριο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα και συστήματος θέρμανσης φυσικού αερίου και γίνεται η αναλυτική σύγκριση των ενεργειακών απαιτήσεων σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ με το κτίριο αναφοράς.

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	5.40		2.00			
Φεβρουάριος	4.30		1.80			
Μάρτιος	2.60		1.90			
Απρίλιος	0.10		1.70			
Μαιος		1.90	1.50			
Ιούνιος		9.40	1.20			
Ιούλιος		13.30	1.10			
Αυγустος		13.00	1.10			
Σεπτέμβριος		3.60	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.70		1.60			
Δεκέμβριος	3.60		1.90			
ΕΤΗΣΙΟ	16.70	41.00	18.50			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	8.40			2.50	0.40			10.90
Φεβρουάριος	6.70			2.20	0.40			8.90
Μάρτιος	4.30			2.40	0.40			6.60
Απρίλιος	0.50			2.10	0.40			2.60
Μαιος			0.60	1.90	0.30			2.50
Ιούνιος			2.00	1.50	0.30			3.50
Ιούλιος			2.70	1.40	0.20			4.10
Αυγустος			2.60	1.40	0.20			4.00
Σεπτέμβριος			0.90	1.50	0.30			2.40
Οκτώμβριος	0.30			1.80	0.30			2.10
Νοέμβριος	1.40			2.00	0.40			3.40
Δεκέμβριος	5.80			2.30	0.40			8.10
ΕΤΗΣΙΟ	27.30		8.80	23.00	4.10			59.10

Πίνακας 4.15 Απαιτήσεις και καταναλώσεις κτιρίου αναφοράς 3ου σεναρίου

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	9.80		2.70			
Φεβρουάριος	7.90		2.50			
Μάρτιος	5.30		2.60			
Απρίλιος	1.10		2.30			
Μαιος		1.80	2.10			
Ιούνιος		5.70	1.70			
Ιούλιος		7.70	1.50			
Αυγустος		7.60	1.50			
Σεπτέμβριος		2.70	1.60			
Οκτώμβριος	0.80		2.00			
Νοέμβριος	2.10		2.20			
Δεκέμβριος	7.00		2.60			
ΣΥΝΟΛΑ	34.10	25.50	25.30			

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	11.10	10.90
Πετρέλαιο	48.10	21.40
Φυσικό αέριο		
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή		
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ		
ΣΥΝΟΛΑ	59.10	23.60

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)	
Ιανουάριος	4.30
Φεβρουάριος	3.60
Μάρτιος	2.70
Απρίλιος	1.00
Μαιος	1.00
Ιούνιος	1.40
Ιούλιος	1.60
Αυγустος	1.60
Σεπτέμβριος	1.00
Οκτώμβριος	0.80
Νοέμβριος	1.40
Δεκέμβριος	3.20
ΣΥΝΟΛΑ	23.60

Πίνακας 4.16 Πρωτογενείς ενέργειες κτιρίου αναφοράς 3^{ου} σεναρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ		
Ιανουάριος	3.00		2.00	0.60		
Φεβρουάριος	2.30		1.80	0.50		
Μάρτιος	1.10		1.90	0.40		
Απρίλιος			1.70			
Μαιος		1.70	1.50			
Ιούνιος		8.10	1.20			
Ιούλιος		11.10	1.10			
Αυγустος		10.80	1.10			
Σεπτέμβριος		3.10	1.20			
Οκτώμβριος			1.50			
Νοέμβριος	0.20		1.60			
Δεκέμβριος	1.80		1.90	0.30		
ΕΤΗΣΙΟ	8.40	34.90	18.50	1.80		

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m ²)								
	ΘΕΡΜΑ- ΝΣΗ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ Α ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝ- ΣΗ ΧΩΡΩΝ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ- ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΣΥΝΟΛΑ
Ιανουάριος	3.80			1.90	0.10		4.00	5.70
Φεβρουάριος	3.00			1.70	0.10		4.20	4.70
Μάρτιος	1.80			1.70	0.20		5.20	3.50
Απρίλιος	0.20			1.50	0.20		5.80	1.70
Μαιος			0.40	1.30	0.20		6.60	1.70
Ιούνιος			1.60	1.00	0.20		6.90	2.60
Ιούλιος			2.20	0.90	0.20		7.30	3.00
Αυγустος			2.10	0.90	0.20		7.30	3.00
Σεπτέμβριος			0.60	1.00	0.20		6.50	1.60
Οκτώμβριος	0.10			1.30	0.20		5.60	1.40
Νοέμβριος	0.50			1.50	0.10		4.40	2.00
Δεκέμβριος	2.50			1.80	0.10		3.80	4.30
ΕΤΗΣΙΟ	11.90		6.90	16.40	2.20		67.60	35.20

Πίνακας 4.17 Απαιτήσεις και καταναλώσεις μετά την εφαρμογή του 3ου σεναρίου

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ

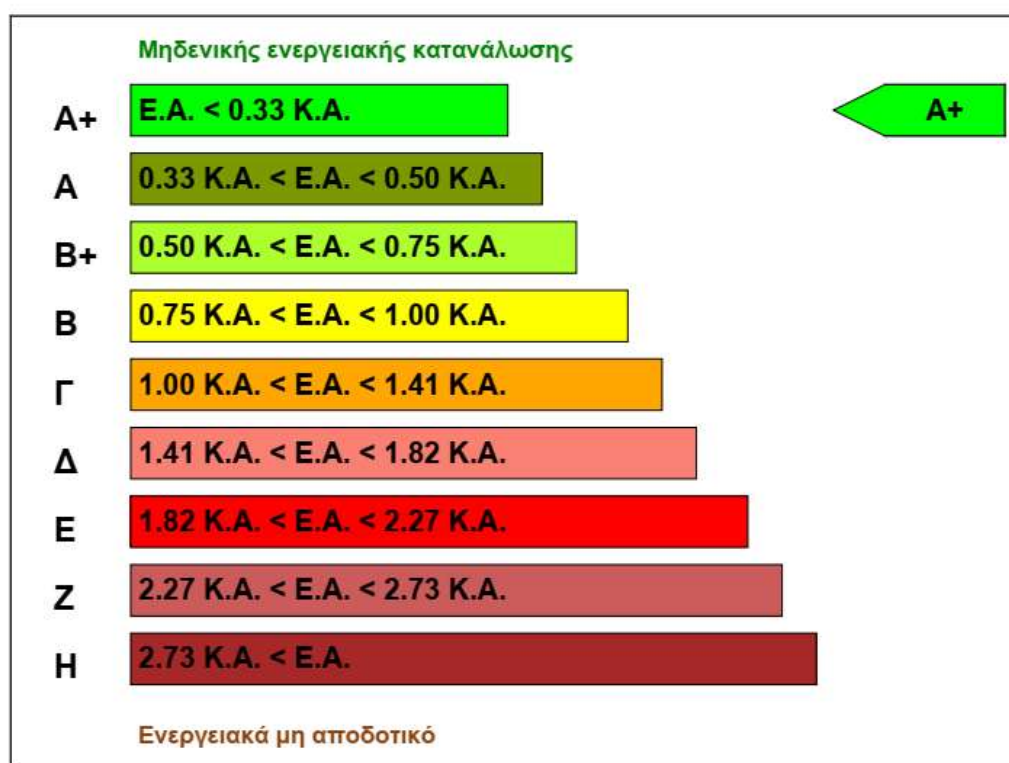
ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m²)						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΟ-ΒΟΛΤΑΙΚΑ	ΑΠΕ - ΣΗΘ
Ιανουάριος	4.30		3.60		2.80	
Φεβρουάριος	3.40		3.20		2.50	
Μάρτιος	2.10		3.40		2.70	
Απρίλιος	0.40		1.60		0.10	
Μαιος		1.20	1.30		1.80	
Ιούνιος		4.50	1.00		4.20	
Ιούλιος		6.30	0.90		5.90	
Αυγουστος		6.10	0.90		5.80	
Σεπτέμβριος		1.90	1.00		3.20	
Οκτώμβριος	0.30		1.30			
Νοέμβριος	0.80		2.90		2.30	
Δεκέμβριος	2.90		3.40		2.70	
ΣΥΝΟΛΑ	14.30	19.90	24.80		230.00	

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ		
Πηγή Ενέργειας	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (kWh/m ²)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	1.20	1.20
Πετρέλαιο		
Φυσικό αέριο	23.00	18.60
Άλλα ορυκτά κα		
Ηλιακή	69.90	
Βιομάζα		
Γεωθερμία		
Άλλο ΑΠΕ		
ΣΥΝΟΛΑ	35.20	8.30

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂ (kg/m²)	
Ιανουάριος	1.30
Φεβρουάριος	1.10
Μάρτιος	0.80
Απρίλιος	0.40
Μαιος	0.40
Ιούνιος	0.60
Ιούλιος	0.70
Αυγουστος	0.70
Σεπτέμβριος	0.40
Οκτώμβριος	0.30
Νοέμβριος	0.50
Δεκέμβριος	1.00
ΣΥΝΟΛΑ	8.30

Πίνακας 4.18 Πρωτογενείς ενέργειες μετά την εφαρμογή του 3^{ου} σεναρίου

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ



Σχήμα 4.3 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου 3^{ου} σεναρίου

Τελική Χρήση	Αναφοράς	Υπάρχον
Θέρμανση	34.10	14.30
Ψύξη	25.50	19.90
ZNX	25.30	24.80
Φωτισμός	0.00	0.00
ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.00	0.00
Φωτοβολταϊκά	0.00	33.90
Σύνολο	84.90	25.10

Πίνακας 4.21 Καταναλώσεις ενέργειας 3^{ου} σεναρίου

4.4 Συγκρίσεις-Αποτελέσματα

Από τις παραπάνω αναλύσεις παρατηρείται καταρχάς ότι και τα τρία σεναρία δίνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα του κτιρίου σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης που βάσει ΚΕΝΑΚ 2017 αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατηγορία A+.

4.5 Οικονομοτεχνική επιλογή σεναρίου

Πέρα από την επαρκή ενεργειακή κατάσταση που επιτυγχάνεται με τα συγκεκριμένα σενάρια αναβάθμισης, είναι εξίσου σημαντικό να μπορούν οι ιδιοκτήτες να ανταπεξέλθουν και οικονομικά στα διάφορα κόστη της επένδυσης. Οι συγκεκριμένες επιλογές σεναρίων προϋποθέτουν μία τεχνοοικονομική μελέτη, ώστε η τελική απάντηση να εμπεριέχει και τον οικονομικό παράγοντα που πολλές φορές μπορεί να γίνει τροχοπέδη.

Τα βασικότερα μεγέθη που επηρεάζουν την παρούσα μελέτη είναι:

- Το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης (ΑΚ)
- Τα ετήσια κόστη συντήρησης και λειτουργίας (ΕΚ)
- Τα ετήσια οφέλη από τη λειτουργία του συστήματος (ΕΟ)
- Η τελική αξία της επένδυσης στο τέλος του ωφέλιμου χρόνου ζωής της (ΤΑ)
- Κόστη που δίνονται σε κάποιο μεμονωμένο έτος (ΜΚ)

Ως ωφέλιμος χρόνος ζωής μιας επένδυσης λογίζονται τα έτη στα οποία η επένδυση έχει κάποιο οικονομικό ενδιαφέρον (όφελος-ζημία). Πέραν των ετών αυτών δεν ενδιαφέρει τον μελετητή από οικονομικής άποψης τι πρόκειται να γίνει στην επένδυση. Για τη μελέτη ενός ενεργειακού συστήματος σε πολυκατοικία, εύλογο είναι να θεωρηθούν τα 30 έτη ως επαρκής οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης.

Το χρήμα είναι παραγωγικός πόρος. Σημειώνεται πως, ένας παραγωγικός πόρος ή ένα πραγματικό κεφάλαιο δύναται να μετουσιωθεί σε χρήμα και, μέσω αυτού σε άλλους πόρους ή και σε προϊόντα. Η αξία και το ευκαιριακό κόστος καθενός από αυτούς, τροποποιείται συστηματικά. Το χρήμα, όπως και κάθε παραγωγικός πόρος, χαρακτηρίζεται από κόστος απόκτησης, το οποίο εκφράζεται ως % της ποσότητας ανά έτος. Η απόκτηση δύναται να πραγματοποιηθεί μέσα από ποικίλες πηγές (κεφαλαιαγορά: τράπεζες, χρηματιστήριο, ομολογίες, ίδια κεφάλαια, κλπ).

Για να μπορούμε να συγκρίνουμε ποσά που ανακύπτουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, πρέπει να κάνουμε κάποια 'αναγωγή'. Η διαχρονική αυτή αναγωγή γίνεται με βάση απλές μαθηματικές εκφράσεις που αναφέρονται ως τύποι αναγωγής ή τύποι επικαιροποίησης.

Χρειαζόμαστε ένα μέτρο της διαχρονικής αξίας του χρήματος:

συντελεστής επικαιροποίησης (ΣΕ) (συμβολίζεται με r)

- a.k.a επιτόκιο αναγωγής ή επιτόκιο προεξόφλησης (discount rate)
- εκφράζεται σε % ανά χρονική περίοδο ανατοκισμού

Το οριακό κόστος απόκτησης του χρήματος ενισχύεται υπό το πρίσμα της διαρκούς αυξανόμενης ζητούμενης ποσότητας (μέτρο της σπανιότητας). Από την άλλη πλευρά, η οριακή απόδοση του χρήματος χαρακτηρίζεται ως επί το πλείστον από φθίνουσα πορεία, και συναρτάται με βάση τη διαθέσιμη προς επένδυση ποσότητα, στην περίπτωση που οι επενδυτικές ευκαιρίες είναι λίγες.

Στο πλαίσιο αυτό για τα παραπάνω σενάρια που μελετήθηκαν, ορίζουμε τις ακόλουθες οικονομικές παραμέτρους κατόπιν συγκεκριμένων προσφορών που λήφθηκαν από αρμόδιες εταιρίες εγκατάστασης και συντήρησης των συγκεκριμένων ανανεώσιμων συστημάτων. Επίσης, παρουσιάζονται και τα ποσά εξοικονόμησης που προκύπτουν από την απεξάρτηση από την τιμολόγηση της ΔΕΗ λόγω αυτόνομης παραγωγής σε ρεύμα και σε διαφορά τιμής στο καύσιμο από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο. Τα ετήσια κόστη, πριν από την αλλαγή των συστημάτων, για την κατανάλωση ρεύματος (χωρίς τα πάγια ποσά) θεωρήθηκαν 800€ και για το πετρέλαιο 1500€ σε ένα μέσο νοικοκυριό. Ως καθαρό όφελος θεωρήθηκε [ΕΩ]-[ΕΚ].

	Γεωθερμία (για 5 νοικοκυριά)	Φυσικό αέριο	Φωτοβολταϊκά
AK	20000/5=4000	10000	5000
EK	800/5=200	300	200
EO	1200	900	450
TA	2000/5=400	500	300
MK	3000/5=600 (κάθε 5 έτη)	1000 (κάθε 10 έτη)	400 (κάθε 3 έτη)

Πίνακας 4.22 Οικονομικά στοιχεία σεναρίων

Ως επιτόκιο λαμβάνεται στη συγκεκριμένη επένδυση $r=8\%$ σε όλα τα σεναρία.

Για την αξιολόγηση επενδύσεων χρησιμοποιούμε κάποιους δείκτες για να εξετάσουμε την εξέλιξη των χρηματικών ροών μιας επένδυσης μέσα στο χρόνο. Χρησιμοποιούμε για το λόγο αυτό κάποιο επιτόκιο, r , για την χρηματοοικονομική ισοδυναμία των χρηματοροών (προεξόφληση – discounted cashflows, DCF). Στην παρούσα φάση θεωρούμε ότι το επιτόκιο προεξόφλησης δεν περιλαμβάνει παράγοντες κινδύνου ή αβεβαιότητες μελλοντικών ροών κόστους και οφέλους και πληθωρισμό, αλλά είναι βέβαιο για την περίοδο της επένδυσης.

1. Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ - NPV) $\mathbf{ΚΠΑ}_{nr} = \mathbf{ΠΑο} - \mathbf{ΠΑκ} \geq \mathbf{0}$ [για δεδομένο r , n]
2. Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA - IRR) $\mathbf{ΚΠΑ}_{nr} = \mathbf{IRR} = \mathbf{0}$ [για δεδομένο n]
3. Δείκτης αποδοτικότητας (PI-Profitability Index), Λόγος Οφέλους – Κόστους (B/C-Benefit Cost ratio), Λόγος εισροών εκροών νομισματικών μονάδων $\mathbf{ΠΑο/ ΠΑκ} > \mathbf{1}$
Ο δείκτης αυτός μπορεί να αφορά, με κατάλληλο μετασχηματισμό και την Ισοδύναμη Ετήσια Απόδοση, για κάποιο έτος t [π.χ ΙΕΑ: Λόγος των ισοδύναμων ετήσιων χρηματοροών οφέλους/κόστους για κάποιο έτος t]
4. Περίοδος αποπληρωμής (Discounted PayBack period - DPB)
Ο χρόνος επιστροφής των χρημάτων της επένδυσης $\mathbf{ΚΠΑ}_{nr} = \mathbf{DPB} = \mathbf{0}$ [για δεδομένο r]

Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθεί το κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας. Ο τύπος υπολογισμού της καθαρής παρούσας αξίας της επένδυσης υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$[ΚΠΑ] = - [AK] - \{[EK]-[EO]\} * [P/R]_{nr} - [MK] * \{[P/F]_{mr} + [P/F]_{2mr} + \dots\} + [TA] * [P/F]_{nr} \quad [4-1]$$

Όπου:

[ΚΠΑ]: καθαρή παρούσα αξία

Δείκτης n : χρονικός ορίζοντας επένδυσης

Δείκτης m : έτος του μεμονωμένου κόστους (πρώτη πληρωμή)

Δείκτης $2m$: έτος του μεμονωμένου κόστους (δεύτερη πληρωμή)

$[P/R]_{nr}$: Παρούσα αξία σειράς ισόποσων πληρωμών σε ημερομηνίες και επιτόκιο r

$[P/F]_{nr}$: Παρούσα αξία μιας μελλοντικής νομισματικής μονάδας σε ημερομηνίες και επιτόκιο r

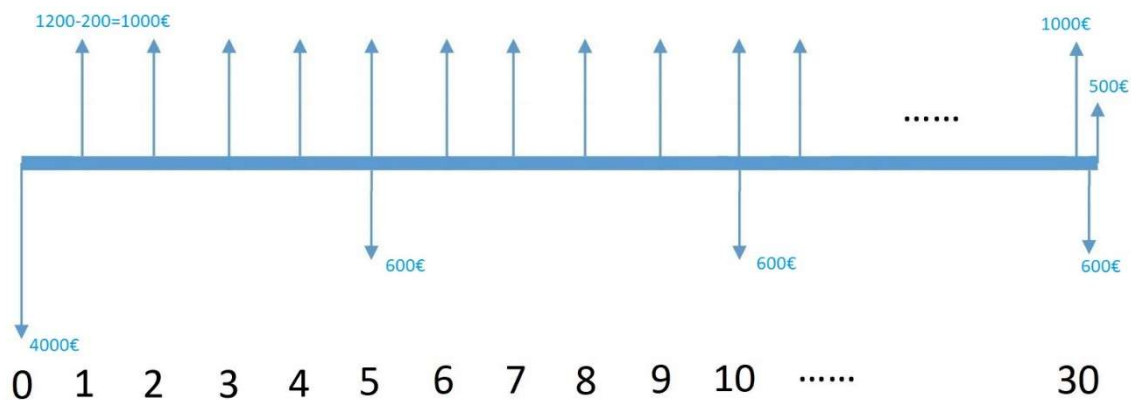
Τιμές μετασχηματισμών για επιτόκιο				i=	8,00%	
N	F/P,i,N	P/F,i,N	F/A,i,N	P/A,i,N	A/F,i,N	A/P,i,N
1	1,08	0,925926	1	0,925926	1	1,08
2	1,1664	0,857339	2,08	1,783265	0,480769	0,560769
3	1,259712	0,793832	3,2464	2,577097	0,308034	0,388034
4	1,360489	0,73503	4,506112	3,312127	0,221921	0,301921
5	1,469328	0,680583	5,866601	3,99271	0,170456	0,250456
6	1,586874	0,63017	7,335929	4,62288	0,136315	0,216315
7	1,713824	0,58349	8,922803	5,20637	0,112072	0,192072
8	1,85093	0,540269	10,63663	5,746639	0,094015	0,174015
9	1,999005	0,500249	12,48756	6,246888	0,08008	0,16008
10	2,158925	0,463193	14,48656	6,710081	0,069029	0,149029
11	2,331639	0,428883	16,64549	7,138964	0,060076	0,140076
12	2,51817	0,397114	18,97713	7,536078	0,052695	0,132695
13	2,719624	0,367698	21,4953	7,903776	0,046522	0,126522
14	2,937194	0,340461	24,21492	8,244237	0,041297	0,121297
15	3,172169	0,315242	27,15211	8,559479	0,03683	0,11683
16	3,425943	0,29189	30,32428	8,851369	0,032977	0,112977
17	3,700018	0,270269	33,75023	9,121638	0,029629	0,109629
18	3,996019	0,250249	37,45024	9,371887	0,026702	0,106702
19	4,315701	0,231712	41,44626	9,603599	0,024128	0,104128
20	4,660957	0,214548	45,76196	9,818147	0,021852	0,101852
21	5,033834	0,198656	50,42292	10,0168	0,019832	0,099832
22	5,43654	0,183941	55,45676	10,20074	0,018032	0,098032
23	5,871464	0,170315	60,8933	10,37106	0,016422	0,096422
24	6,341181	0,157699	66,76476	10,52876	0,014978	0,094978
25	6,848475	0,146018	73,10594	10,67478	0,013679	0,093679
26	7,396353	0,135202	79,95442	10,80998	0,012507	0,092507
27	7,988061	0,125187	87,35077	10,93516	0,011448	0,091448
28	8,627106	0,115914	95,33883	11,05108	0,010489	0,090489
29	9,317275	0,107328	103,9659	11,15841	0,009619	0,089619
30	10,06266	0,099377	113,2832	11,25778	0,008827	0,088827

Πίνακας 4.23 Συντελεστές μετασχηματισμών επιτοκίων

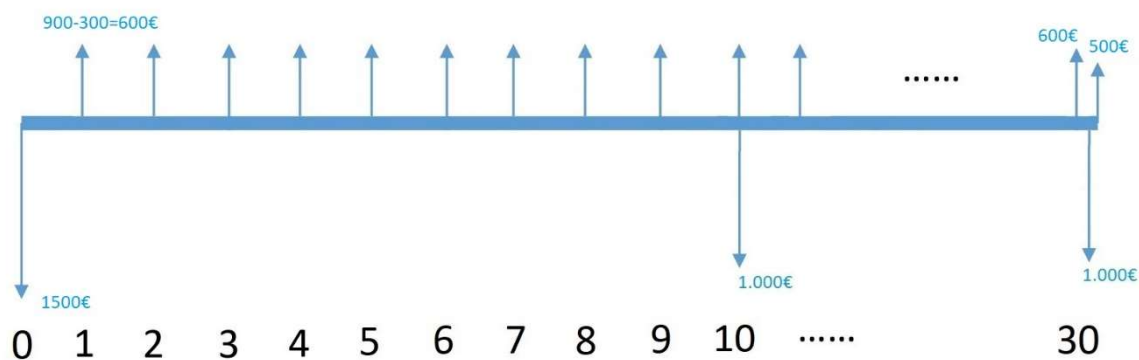
Οπότε εφαρμόζοντας την υπολογίζονται όλες οι ΚΠΑ και για τα 3 σενάρια:

- Γεωθερμία: [ΚΠΑ]=6.146,16€
- Φυσικό Αέριο:[ΚΠΑ]=4.527,24€
- Φωτοβολταϊκό: [ΚΠΑ]= 1.333,41€

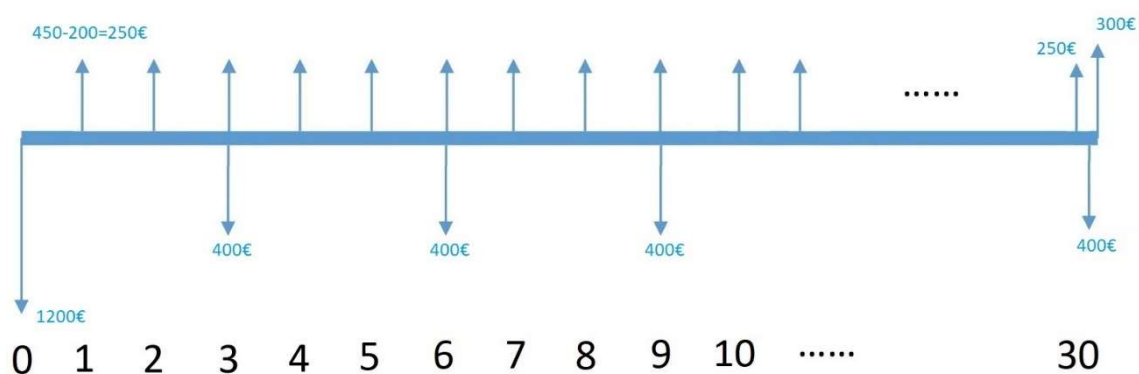
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ταμειακές ροές για όλα τα σενάρια.



Σχήμα 4.4 Ταμειακή ροή 1^{ου} σεναρίου(Γεωθερμίας)



Σχήμα 4.5 Ταμειακή ροή 2^{ου} σεναρίου(Φυσικού Αερίου)



Σχήμα 4.6 Ταμειακή ροή 3^{ου} σεναρίου(Φωτοβολταϊκών)

Με τους παραπάνω συνδυασμούς καταλήγουμε στα εξής συγκεντρωτικά αποτελέσματα:

Φ.Α + Γεωθερμία	Φ.Β + Γεωθερμία	Φ.Α. + Φ.Β
10.673,40€	7.479,57€	5.860,65€

Πίνακας 4.24 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα σεναρίων

Σε πρώτη ανάλυση παρατηρείται εύκολα ότι το η πιο επικερδής επιλογή είναι ο συνδυασμός φυσικού αερίου με γεωθερμία ακολουθούμενη από Φ.Β + Γεωθερμία και τέλος Φ.Α + Φ.Β. Η ανάλυση αυτή μπορεί να καθοδηγήσει κάποιον στην απόφαση του αν έχει διαθέσιμο το απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο στην τράπεζα είτε εάν πρέπει να δανειστεί με κάποιο μικρό επιτόκιο, όμως δεν διαφαίνονται ξεκάθαρα το σύνολο των ωφελειών που προκύπτουν από τα παραπάνω συστήματα καθώς υπάρχουν και ποιοτικά κριτήρια επιλογής κατάλληλων σεναρίων, τα οποία αναλύθηκαν διεξοδικά στο δεύτερο κεφάλαιο. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι στις πολυκατοικίες μοιράζεται το κόστος της γεωθερμίας καθώς αξιοποιείται από όλα τα νοικοκυριά, γεγονός που την καθιστά ανταγωνιστική επιλογή σε αντίθεση με τις μονοκατοικίες που πρέπει να επωμισθούν εξολοκλήρου το κόστος.

Για πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα προτείνεται να διενεργηθούν πραγματικές μετρήσεις ετήσιας κατανάλωσης ρεύματος και καυσίμου για θέρμανση πριν και μετά τις παραπάνω επιλογές, ώστε να φανεί το ποσοστό εξοικονόμησης από τις παραπάνω αλλαγές σε κάποιο κτίριο κατοικίας.

5 Αξιοποίηση Βιοκλιματικού και Παθητικού σχεδιασμού

Η πλήρης αξιοποίηση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας στο κτήριο είναι μια τακτική που βοηθάει στην μείωση των ενεργειακών αναγκών σε βάθος χρόνου και αναλόγως την τεχνοοικονομική ανάλυση που έχει προηγηθεί για την επένδυση, να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία η οποία υπό συνθήκες μπορεί να αποσβέσει μεγάλο ποσοστό του αρχικού κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης.

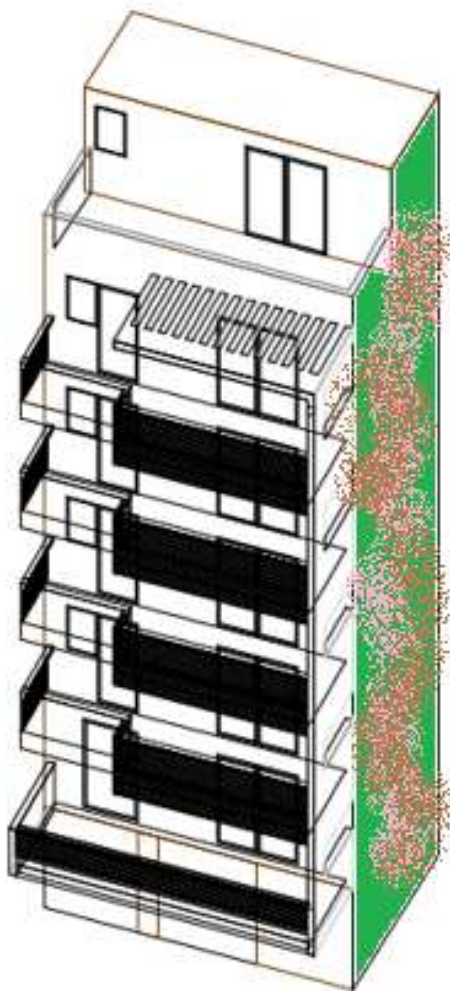
Ο παθητικός σχεδιασμός βασίζεται στη Γερμανική φιλοσοφία γύρω από τη δόμηση η οποία στηρίζεται στην απλότητα σχεδιασμού και στη συνεχή δειγματοληψία μετρήσεων ορισμένων τιμών διαφόρων παραμέτρων που επηρεάζουν τον τρόπο καλής λειτουργίας του κτιρίου. Από την άλλη ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αξιοποιεί το περιβάλλον του κτιρίου, τον τρόπο με τον οποίο ο άνεμος κλιματίζει το κτίριο και γενικότερα παραμέτρους της φύσης οι οποίες με την ίδια τη γεωμετρία του κτιρίου εισέρχονται με τρόπο αξιοποιήσιμο στο κτίριο.

Πολλές φορές τα δύο είδη σχεδιασμού έρχονται σε αντίθεση καθώς από αρχιτεκτονικής άποψης ένα κτίριο παθητικό βασίζεται στην απλότητα της γεωμετρίας του, στην προσπάθεια εξάλειψη θερμογεφυρών (π.χ. μπαλκόνια), ενώ ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βασίζεται κυρίως σε σύνθετες γεωμετρίες και διαμορφώσεις και ενώ είναι ευρέως αποδεκτή και ανερχόμενη μέθοδος σχεδιασμού στους χώρους των αρχιτεκτόνων, πολλές ειδικότητες μηχανικών θέτουν τα πλεονεκτήματά της υπό αμφισβήτηση με το επιχείρημα ότι οι παράμετροι του κτιρίου δεν είναι πειραματικά υπολογίσιμες.

Τα σίγουρο είναι, ότι και οι δύο σχεδιασμοί έχουν πολλά θετικά στοιχεία και έχουν δώσει λύσεις σε κτίρια που υπό τις ισχύουσες τεχνικές δόμησης το ενεργειακό τους αποτέλεσμα θα ήταν πολύ υποδεέστερο. Αυτό που προτείνεται στην παρούσα μελέτη είναι η αξιοποίηση και των δύο σχεδιασμών με κατάλληλο συνδυασμό των λύσεων που αναφέρθηκαν στο 2^ο κεφάλαιο.

5.1 Πράσινη πρόσοψη

Επειδή στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια όλη τη διάρκεια του χρόνου, το κυριότερο πρόβλημα που καλούνται να διαχειριστούν τα κτίρια το καλοκαίρι είναι τα θερμικά κέρδη μέσω του κτιριακού κελύφους. Μία πολύ σωστή από πολλές απόψεις λύση είναι ο σκιασμός κάποιας εκτεθειμένης πλευράς της πολυκατοικίας με πράσινη πρόσοψη. Με τον τρόπο αυτό μειώνουμε πολύ έως και εκμηδενίζουμε τους συντελεστές σκιασμού και δημιουργούμε μικροκλίμα που δροσίζει το κτίριο. Προσοχή χρειάζεται στις κατάλληλες απεντομώσεις και στη γενικότερη φροντίδα του ζωντανού πράσινου τοίχου από γεωπόνο.



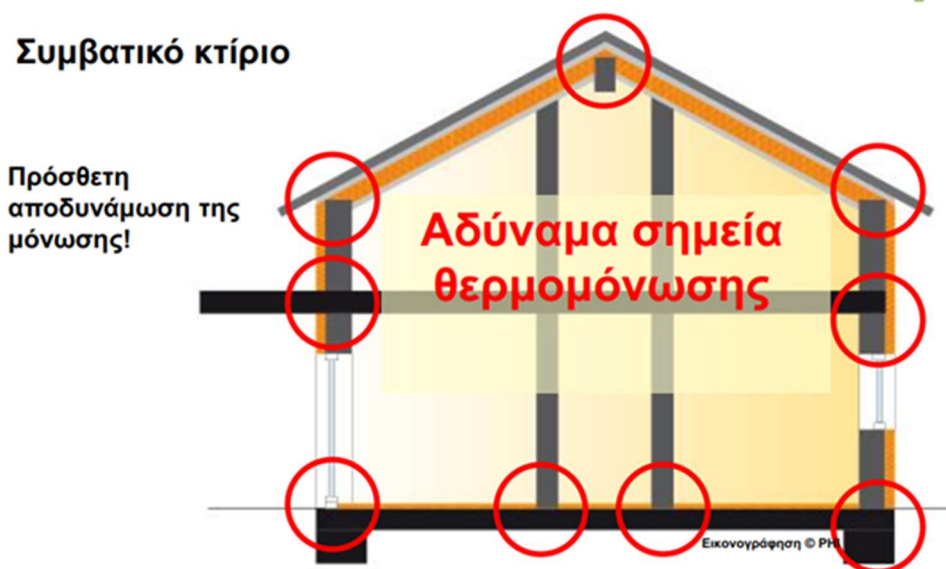
Σχήμα 5.1 Εφαρμογή πράσινης πρόσοψης στη δεξιά πλευρά του κτιρίου

Το αποτέλεσμα με τη χρήση της Ελληνικής βλάστησης και αναρριχητικών φυτών όπως η βουκαμβίλια, μπορεί να δώσει ένα πολύ όμορφο αποτέλεσμα που σε μεγάλη κλίμακα θα μπορούσε μελλοντικά να αλλάξει ριζικά την εικόνα μίας μεγαλούπολης όπως η Αθήνα.

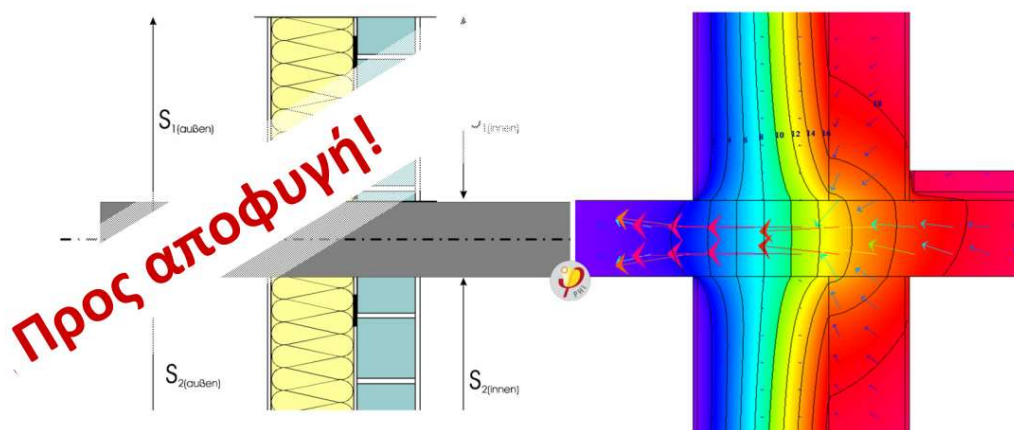
5.2 Θερμομόνωση κελύφους με προηγμένα υλικά

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό μέτρο ώστε να επιτευχθεί η απαίτηση του παθητικού κτιρίου είναι να θερμομονωθούν όλα τα δομικά καθώς και να καλυφθούν όλες οι θερμογέφυρες με προηγμένα μονωτικά υλικά που φέρουν σήμανση CE. Η βασική λογική της επιτυχής μόνωσης των παθητικών κτιρίων είναι η μονοκοντυλιά. Δηλαδή να σχεδιαστεί η μόνωση του κτιριακού

κελύφους χωρίς να σηκωθεί καθόλου το μολύβι. Αυτό σημαίνει ότι η θερμομόνωση δεν θα διακόπτεται πουθενά, ούτε καν στα μπαλκόνια.

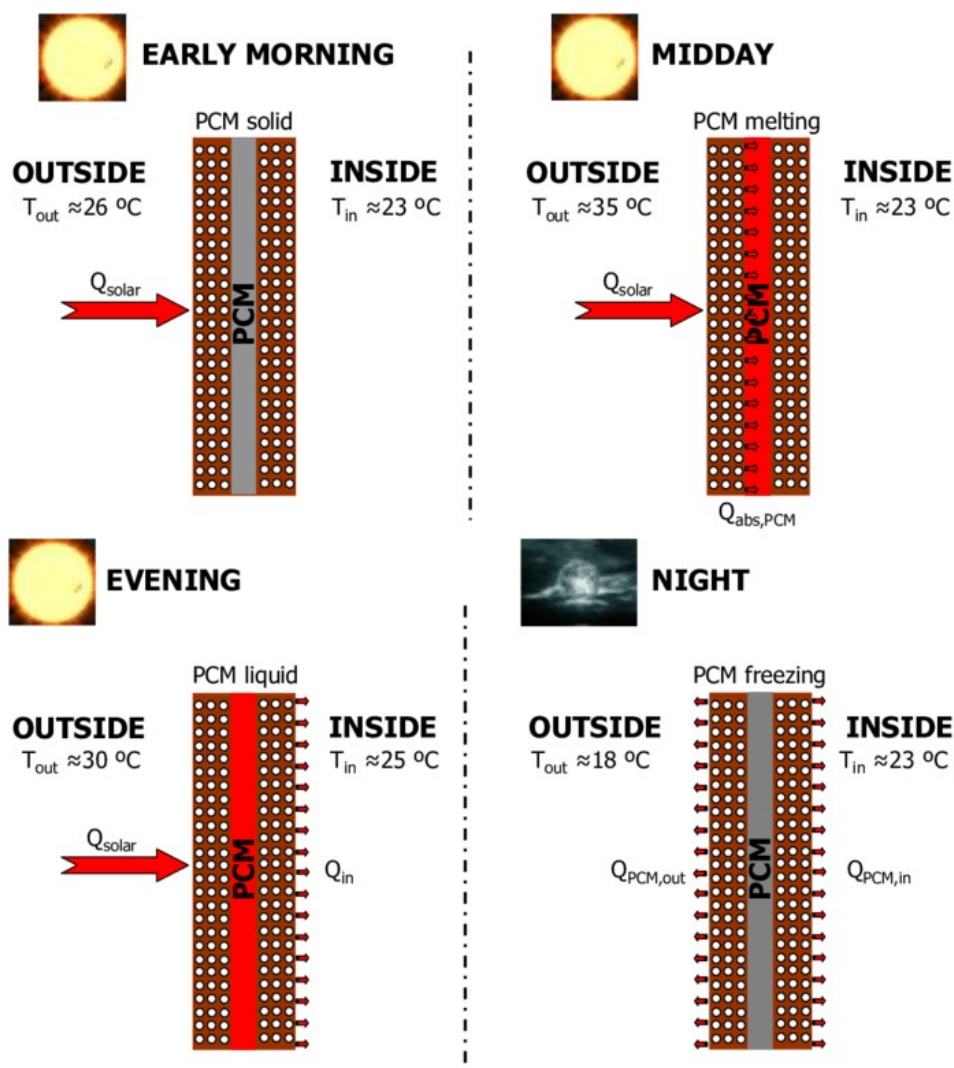


Σχήμα 5.2 Αδύναμα σημεία θερμομόνωσης. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>



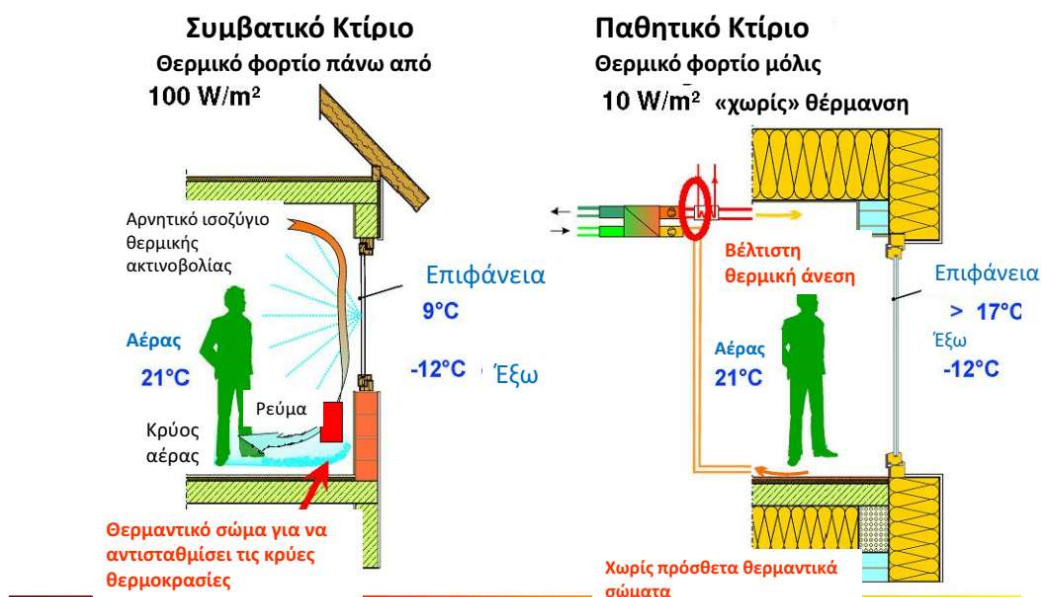
Σχήμα 5.3 Θερμογέφυρα μπαλκονιών. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>

Η εξάλειψη θερμογεφυρών προϋποθέτει θυσίες που στην Ελλάδα δεν είναι όλοι πάντα διατεθειμένοι να κάνουν, όπως η ανυπαρξία προβόλων ή μείωση του μήκους τους ή τα μικρά κουφώματα στις βορινές πλευρές. Ακόμα όμως και να μην έρθουν μηχανικοί και ιδιώτες σε συμφωνία στον τρόπο κατασκευής του κτιρίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά που θα βελτιώσουν άρδην την επίδοση του κελύφους. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>



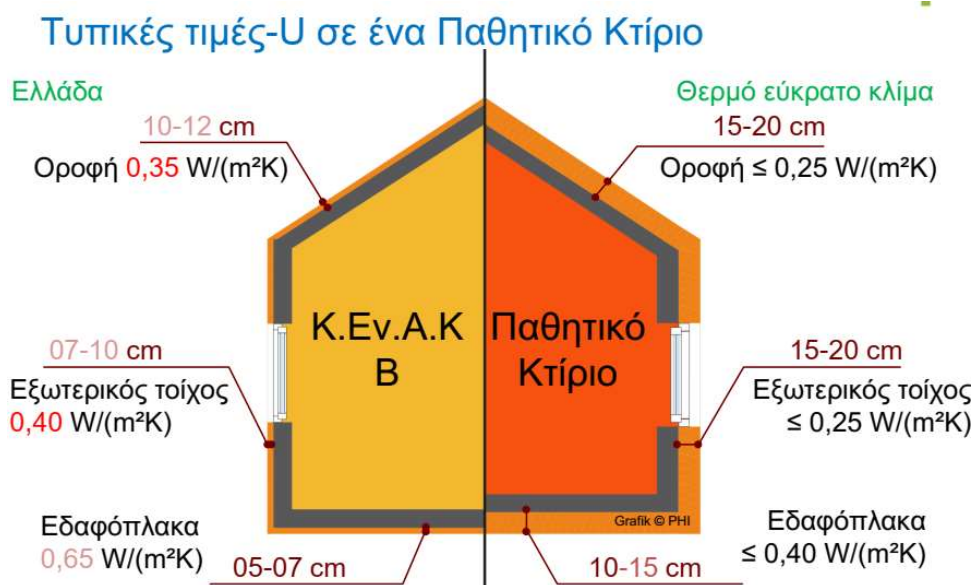
Σχήμα 5.4 Αρχή λειτουργίας διφασικών υλικών. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>

Μία συνεχώς ανερχόμενη λύση οικοδομικών υλικών είναι τα διφασικά υλικά. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην θερμοκρασία ατμοποίησης του υλικού που βρίσκεται σε μία θερμοκρασιακή περιοχή ενδιαφέροντος. Με την αλλαγή φάσης του υλικού με την ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται η αποβολή θερμότητας είτε εντός είτε εκτός του κελύφους, αναλόγως αν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση ή για ψύξη. Σε συνδυασμό με τα διφασικά, μπορούν να αξιοποιηθούν μονωτικά υλικά από συνθετικά υλικά ώστε να μειωθεί ακόμα περισσότερο η περιττή ροή θερμότητας. Χαρακτηριστικό είναι το σημείο εσωτερικά του κουφώματος που ενώνεται με τον υαλοπίνακα, όπου τοποθετείται ένα συνθετικό υλικό και βελτιώνει πολύ την ενεργειακή απόδοση του κουφώματος συνολικά. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>



Σχήμα 5.5 Σύγκριση συμβατικού κτιρίου με παθητικό. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>

Στο υπό μελέτη κτίριο, θα χρησιμοποιηθούν τα παραπάνω υλικά σε όλους τους τοίχους, εσωτερικά των κουφωμάτων και όπου αλλού χρειάζεται μόνωση κάποιο δομικό, είτε λόγω επιφανειακής απώλειας θερμότητας είτε λόγω ύπαρξης θερμογέφυρας. Επίσης τα μπαλκόνια θα μονωθούν και εξωτερικά ενώ οι στρώσεις των μονωτικών θα ακολουθήσουν ένα επαυξημένο προφίλ (βάσει γερμανικών προτύπων) και όχι το πάχος που προτείνει ο KENAK 2017.



Σχήμα 5.6 Σύγκριση KENAK Β κατηγορίας με παθητικό κτίριο. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>

5.3 Εφαρμογή συστημάτων BEMS

Οι σύγχρονες απαιτήσεις για ασφάλεια, άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας, προωθούν τη διαχείριση της κατοικίας σαν ένα ζωντανό σύστημα που δρα, χωρίς αυτό να σημαίνει πως καθίσταται αναγκαία η συνεχής ανθρώπινη παρέμβαση ή η φυσική παρουσία. Το λογισμικό της ενεργειακής κατάταξης των κτιριακών υποδομών αποτελεί το ΤΕΕ-KENAK, ενώ οι αυτοματισμοί με αφετηρία τις συναφείς οδηγίες ΤΟΤΕΕ, διακρίνονται σε 4 κατηγορίες: Α, Β, Γ, Δ.



Σχήμα 5.7 Υπόδειγμα χώρου με BEMS <<Πηγή: Μπέλλος, 2018>>

Η κατηγορία Α εκλαμβάνεται ως μέσο εξοικονόμησης περισσότερης ενέργειας στα ενεργειακά υποσυστήματα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και φωτισμού. Αποτελεί τη μοναδική κατηγορία που περιλαμβάνει αυτοματισμούς BEMS (Building Energy Management System = Συστήματα Ενεργειακής διαχείρισης Κτιρίων).

ΚΛΑΣΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
A	<p>Συστήματα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ολοκληρωμένος διάταξη ελέγχου (με έλεγχο παρουσίας και ποιότητα ελέγχου) της λειτουργίας των θερματικών μονάδων. 2. Ρύθμιση λειτουργίας δικτύου διανομής ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου. Έλεγχος διακοπτόμενης λειτουργίας των θερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής με βέλτιστη εκκίνηση / παύση, π.χ. έξυπνοι ελεγκτές, που προσαρμόζονται στην λειτουργία της εγκατάστασης. 3. Αντλίες διανομής με μεταβλητή ταχύτητα, με σταθερό ΔΡ (υδραυλική ισορροπία δικτύου π.χ. ρυθμιστές στροφών -inverters) ή αναλογικό ΔΡ (υδραυλική ισορροπία, π.χ. με στραγγαλιστικές διατάξεις). 4. Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης / ψύξης λειτουργεί με αυτόματο έλεγχο, με βέλτιστη εκκίνηση / παύση, π.χ. έξυπνοι ελεγκτές, που προσαρμόζονται ανάλογα στη λειτουργία της εγκατάστασης και στις απαιτήσεις των φορτίων. 5. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό φορτίο). 6. Σε περίπτωση αντλίας θερμότητας υπάρχει σύστημα απόψυξης.
	<p>Συστήματα αερισμού</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και ύπαρξης κεντρικής κλιματιστικής μονάδας υπάρχει έλεγχος της ροής αέρα μέσα στο χώρο βάσει της ζήτησης φορτίου. 2. Αυτόματος έλεγχος ροής αέρα ή πίεσης σε επίπεδο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (με ή χωρίς επαναφορά πίεσης). Υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) και νυκτερινού αερισμού (night ventilation - cooling). 3. Έλεγχος της θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα (θερμοκρασία ανάλογα με τη μεταβολή του απαιτούμενου φορτίου). 4. Εφαρμόζεται έλεγχος της υγρασίας του αέρα προσαγωγής ή απόρριψης
	<p>Συστήματα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Μεμονωμένος αυτόματος έλεγχος (σε επίπεδο θερμικής ζώνης) της λειτουργίας των θερματικών μονάδων με θερμοστατικές βαλβίδες ή ηλεκτρονικό ελεγκτή. 2. Κεντρικός έλεγχος δικτύου διανομής π.χ. αντιστάθμιση ή χρονοδιακόπτης σε σχέση με τη μονάδα παραγωγής θέρμανσης / ψύξης.

Σχήμα 5.8 Περιγραφή διατάξεων ελέγχου κατηγορίας Α. <<Πηγή: TOTEE, 2017>>

Το σύστημα εποπτείας του κτιρίου ανακατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου με γνώμονα την απλότητα, τη φιλικότητα προς το χρήστη και τον έλεγχο λειτουργίας βάσει ενεργειακών παραγόντων. Οι χρήστες επιλέγουν τη λειτουργία του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες τους. Το BEMS αποδεσμεύει τον φωτισμό των ζωνών, μετά την περάτωση του ωραρίου λειτουργίας και ανά τακτά χρονικά διαστήματα μίας ώρας. Τα φώτα των υποδομών παραμένουν αναμμένα όσο εντοπίζονται εργαζόμενοι μέσα σε αυτές. Τοπικοί θερμοστάτες ελέγχουν τον κλιματισμό ανά ζώνες, ενώ οι χρήστες καθορίζουν την επιθυμητή θερμοκρασία στη ζώνη τους.

Τοιουτοτρόπως, τα κύρια μεγέθη καταγράφονται και έπεται η συστηματική ανάλυσή τους από εξειδικευμένο προσωπικό. Εν συνεχεία, καθορίζονται οι στόχοι και οι ανάγκες βελτιώσεων των υφιστάμενων συνθηκών αλλά και εκείνων που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας.

Ο περιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης μελετάται. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν υπέρβαση κατά 25% με χρόνο αποπληρωμής του ενεργειακού μέρους της επένδυσης περίπου 3 έτη και IRR μεγαλύτερο του 30%. Οι προκείμενοι δείκτες είναι χαμηλοί. Η τελική τιμή τους θα εκτιμηθεί μετά την παρέλευση ενός έτους και αναμένεται να είναι χαμηλότερη.

Οι χρήστες συμμετέχουν με άμεσο τρόπο στη λειτουργία του κτιρίου, διαθέτοντας τον έλεγχο του χώρου τους, του φωτισμού και του κλιματισμού, γεγονός που και οι ίδιοι στην πλειοψηφία τους έχουν κατανοήσει.

5.4 Αξιοποίηση Συστημάτων Αερισμού

Στο υπό μελέτη κτίριο θα αξιοποιήσουμε δύο συστήματα αερισμού:

- Τοίχος Trombe
- Σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας

5.4.1 Τοίχος Trombe

Ο τοίχος Trombe συγκαταλέγεται στα συστήματα παθητικού ηλιακού σχεδιασμού και αποσκοπεί στη θέρμανση των εσωτερικών χώρων, μέσω της αξιοποίησης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Πρόκειται για συμπληρωματικό σύστημα άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, το οποίο τοποθετείται στη νότια πλευρά των κτιρίων, όπου ο ήλιος προσπίπτει άμεσα. Η χρήση των τοίχων Trombe δεν προωθείται σε περιπτώσεις αποκλίσεων από τη νότια κατεύθυνση που τυγχάνουν μεγαλύτερες των 30°, δεδομένου πως οι ζημίες θα είναι μεγαλύτερες του 10%.

Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Εφόσον υπάρχουν βαριές πέτρες, καθίσταται αναγκαία η κάλυψη των αρμών με συνδετικό κονίαμα, ώστε να μην αναστέλλεται η αγωγή της θερμότητας. Το βέλτιστο πάχος των τοίχων αναφέρεται μεταξύ 25 - 40cm, ενώ προτιμώνται τα 30 cm. Η εξωτερική πλευρά του τοίχου βάφεται σε σκούρο χρώμα, προκειμένου να απορροφάται η μέγιστη δυνατή θερμότητα, ενώ η εσωτερική πλευρά βάφεται σε ανοιχτό χρώμα, ούτως ώστε να διαθέτει υψηλό συντελεστή ακτινοβολίας.

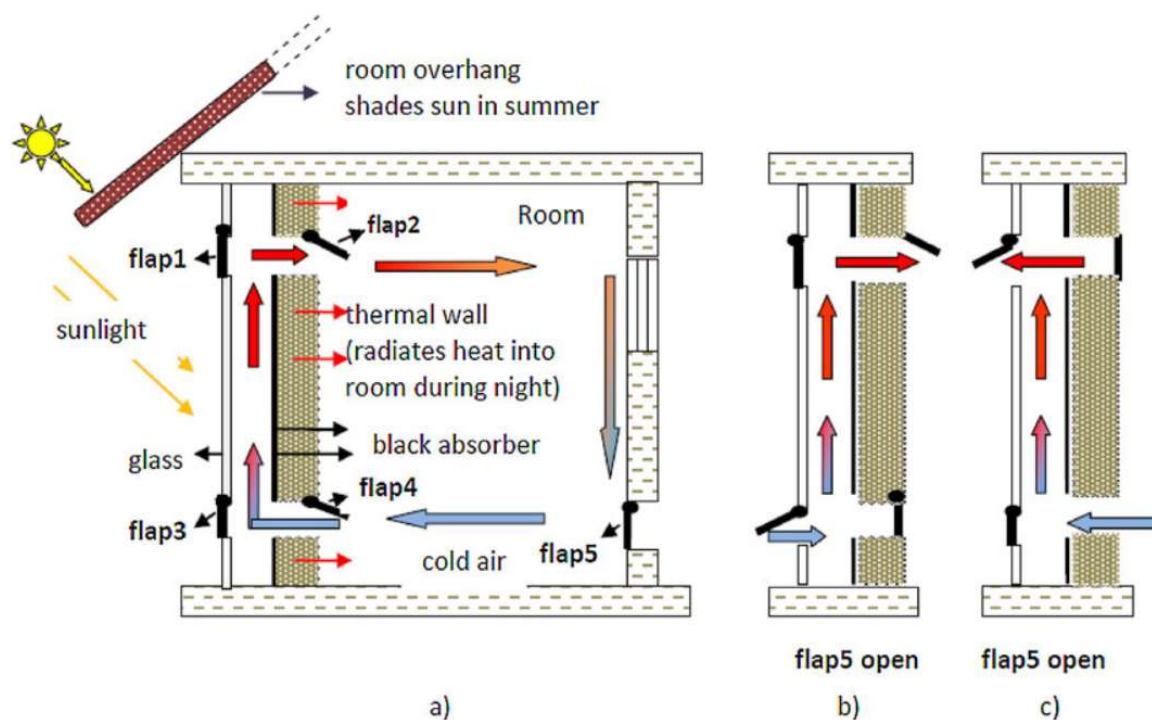
Ο τοίχος Trombe τοποθετείται πίσω από γυάλινο πέτασμα και σε μικρή απόσταση τουλάχιστον 15cm. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, συγκεντρώνεται θερμότητα στη μάζα του, η οποία διακινείται στο εσωτερικό με τη βοήθεια της αγωγής. Το μεγάλο πάχος του τοίχου λειτουργεί αντιστρόφως ανάλογα με τη διακύμανση της θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο και ανάλογα με τον χρόνο που απαιτείται για την αγωγή της θερμότητας από τη μια πλευρά στην άλλη.

Στη βάση και στο άνω μέρος του τοίχου εντοπίζονται θυρίδες, οι οποίες προωθούν του τοίχου τη μεταλαμπάδευση μέρους της θερμότητας που εντοπίζεται στο διάκενο ανάμεσα στον τοίχο και το εξωτερικό υαλοπέτασμα στο εσωτερικό του χώρου, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο την αποδοτικότητα του συστήματος αναφορικά με την ταχύτητα θέρμανσης του χώρου και την ετήσια ενεργειακή απόδοσή του.

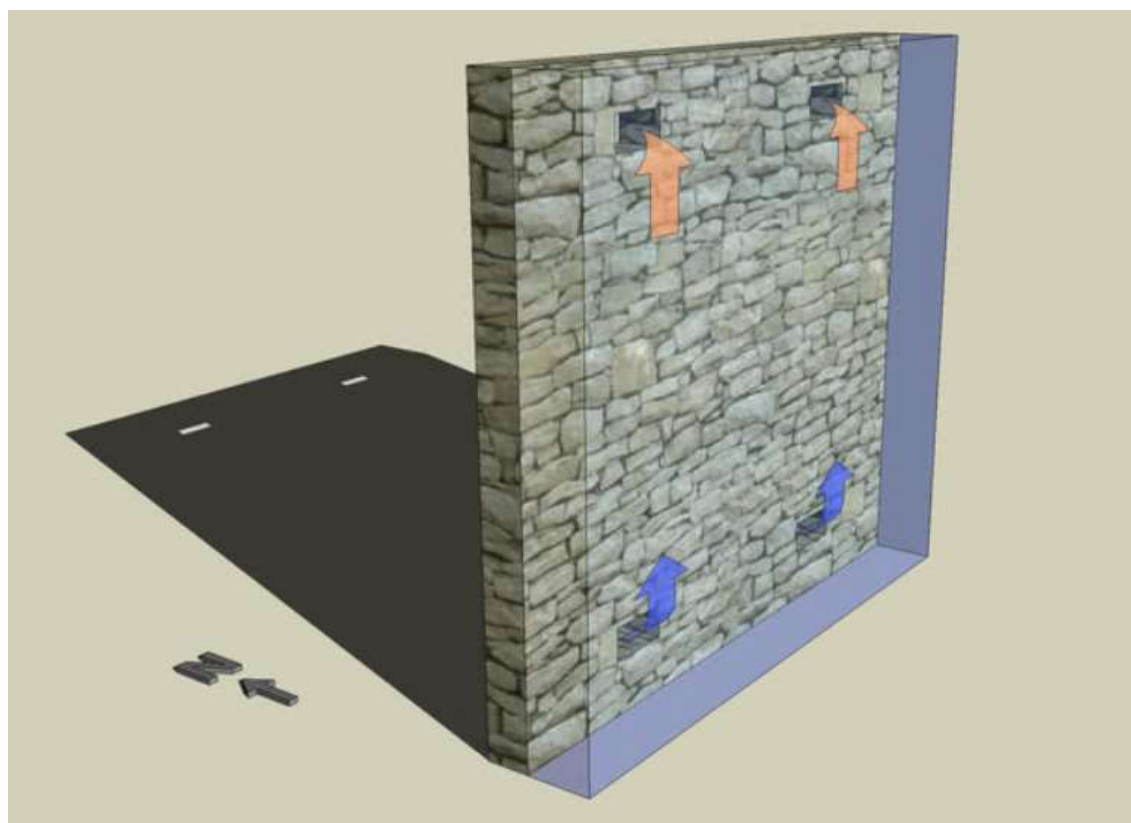
Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η παρουσία των θυρίδων προωθεί τη μεταφορά ψυχρού αέρα. Για την αναστολή της ψύξης του χώρου, πραγματοποιείται αποκλεισμός των θυρίδων.

Οι διαστάσεις των οπών αερισμού των τοίχων Trombe εκτιμώνται σε συνάφεια με τον προσδοκώμενο συντελεστή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Εάν αυτός τυγχάνει μικρότερος ή ίσος με 25%, η επιφάνεια των οπών στην κορυφή, είναι αναγκαίο να ανέρχεται στο 3% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου.

Εάν ο συντελεστής βρίσκεται ανάμεσα στο 25% και 50%, το αντίστοιχο ποσοστό είναι 2%, ενώ για συντελεστή μεταξύ 50% και 75%, το αντίστοιχο ποσοστό είναι 1%.



Σχήμα 5.9 Αρχή λειτουργίας τοίχου Trombe. <<Πηγή: Casini, 2016>>



Σχήμα 5.10 Τοίχος Trombe. <<Πηγή: Casini, 2016>>

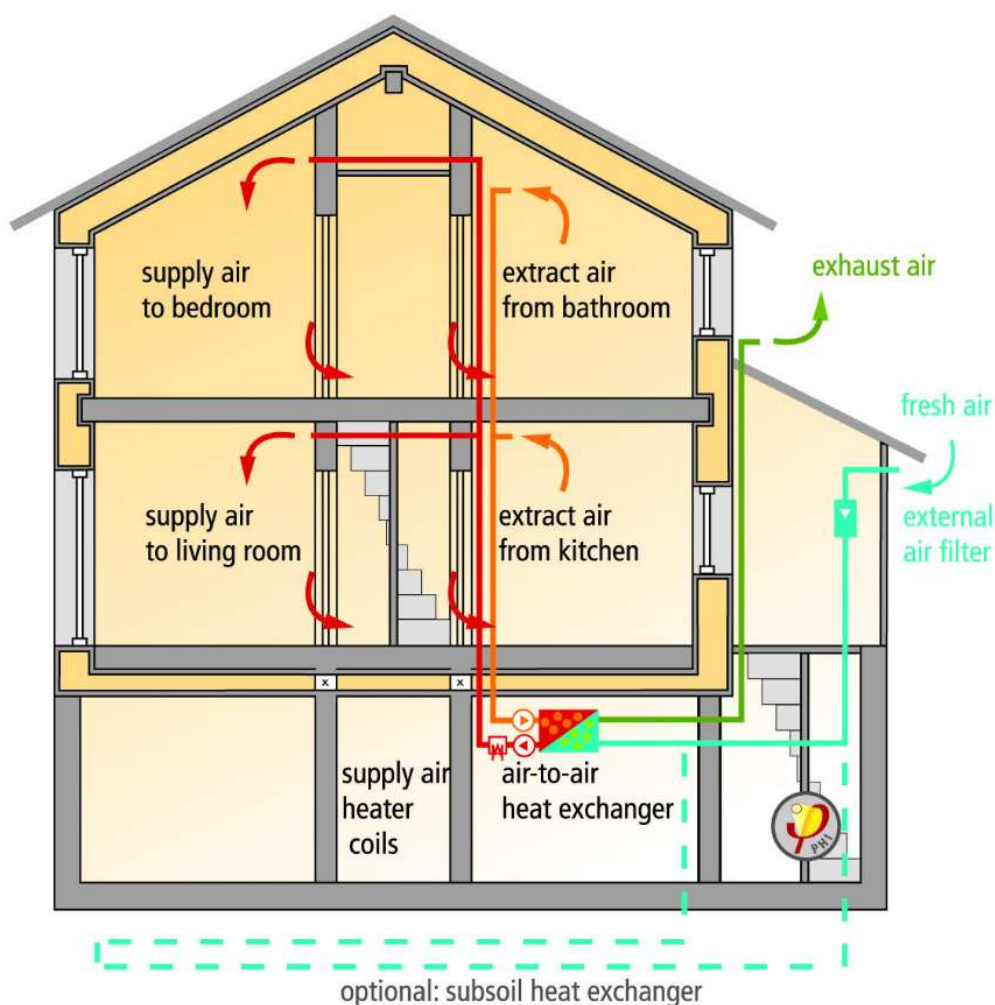
5.4.2 Σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας

Οι συνθήκες ασφαλούς και υγιεινής παραμονής σε έναν χώρο, στον οποίο ενδέχεται να συγκεντρωθούν πολλά άτομα μαζί μπορούν να διασφαλιστούν με 100% επιτυχία με τη χρήση μηχανημάτων μηχανικού αερισμού που πετυχαίνουν παράλληλη ανάκτηση θερμότητας.

Ένας εύκολος τρόπος για να επιτευχθεί η απαιτούμενη παροχή αέρα είναι ο μηχανικός αερισμός. Τα συστήματα μηχανικού αερισμού συμβάλλουν στην είσοδο φρέσκου και καθαρού αέρα και ταυτόχρονα στη μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της ανάκτησης θερμότητας του αποβαλλόμενου ακάθαρτου αέρα. Ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας (HRV) είναι ένα σύστημα ανανέωσης του αέρα μέσα σε ένα κλειστό περιβάλλον, όπως το δωμάτιο. Η εγκατάσταση μηχανικού αερισμού εξασφαλίζει τη συνεχή, ομοιόμορφη και ισορροπημένη ανανέωση του αέρα μέσα στον χώρο και φροντίζει για την ουσιαστική μείωση των περιοχών που παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση σωματιδίων.

Ο μηχανικός αερισμός αντισταθμίζει τα μειονεκτήματα του φυσικού αερισμού μέσω ανοίγματος παραθύρων, ενώ αποστειρώνει παράλληλα τον αέρα του χώρου μέσω των ειδικών λαμπών UV-C ακτινοβολίας. Έτσι επιτυγχάνεται η βέλτιστη ατμόσφαιρα στον χώρο, με μηδενικές απώλειες θέρμανσης ή ψύξης τον χειμώνα ή το καλοκαίρι αντίστοιχα.

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι σε έναν χώρο θα εισέρχεται φρέσκος, καθαρός αέρας από το εξωτερικό περιβάλλον που θα φιλτράρεται και κατόπιν θα διαχέεται αποστειρωμένος στον χώρο, διατηρώντας παράλληλα την εσωτερική θερμοκρασία σταθερή. <<Πηγή: Hellenic Passive House Institute, 2020>>



Σχήμα 5.11 Αρχή λειτουργίας συστήματος αερισμού. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Στην παρούσα μελέτη προτείνεται ο εναλλάκτης ανάκτησης θερμότητας να τοποθετηθεί στο υπόγειο του κτιρίου και να υπάρξει ένα συνολικό σύστημα αεραγωγών σε όλους τους ορόφους, με δυνατότητα απομονωμένης χρήσης ανά κατοικία. Πολλές φορές, το προκείμενο σύστημα δύναται να συσχετιστεί και με ένα σύστημα γεωθερμίας και να προσφέρει ακόμα μεγαλύτερη κλιματιστική απόδοση. Ο θερμός αέρας από τους χώρους με υγρασία (κουζίνα, μπάνια) θα απορροφάται μέσω εξαερισμού και αφού συναλλάξει θερμότητα στον εναλλάκτη θα εισέρχεται στους χώρους που έχουν ανάγκη για ζεστό αέρα (σαλόνι, δωμάτια, καθιστικό).



Σχήμα 5.12 Τυπική θέση τοποθέτησης εναλλάκτη θερμότητας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

5.5 Εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ

Στο υπό μελέτη κτίριο θα αξιοποιήσουμε δύο συστήματα ΑΠΕ:

- Γεωεναλλάκτης θερμότητας
- Φωτοβολταϊκά πάνελ

5.5.1 Γεωεναλλάκτης θερμότητας

Το εύρος του διαθέσιμου ελεύθερου χώρου και η σύσταση του υπεδάφους αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες σχετικά με τον τύπο του γεωθερμικού εναλλάκτη. Ο κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος τίθεται σε εφαρμογή σε υποδομές με μικρές περιβάλλοντες περιοχές ή σε χώρους όπου δεν υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης σε νερό μέσω του υδροφόρου ορίζοντα. Ο αριθμός των γεωτρήσεων βρίσκεται σε συνάφεια με την ισχύ της υποδομής, ενώ η απόδοση των κατακόρυφων συστημάτων χαρακτηρίζεται ως σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των κάθετων συστημάτων συνίσταται στο γεγονός πως οι θερμοκρασιακές διαταραχές του υπεδάφους, οι οποίες είναι το αποτέλεσμα της εκμετάλλευσης του θερμικού περιεχομένου του, αποκαθίστανται άμεσα. Στην παρούσα μελέτη ο εναλλάκτης προτείνεται να τοποθετηθεί στον κοινόχρηστο χώρο του υπογείου.

Η μελέτη, η εγκατάσταση και η δοκιμαστική λειτουργία των γεωθερμικών εναλλακτών αναφέρονται αναλυτικά και προσιδιάζουν στο γερμανικό μοντέλο VDI 4460. Με αφετηρία το πρότυπο αυτό, η ανάπτυξη του κατακόρυφου γεωθερμικού εναλλάκτη πραγματοποιείται σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια.

α. Η διάμετρος έκαστης γεώτρησης είναι 6-8" και το βάθος εκτιμάται μεταξύ 60–120m.

β. Στα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης, η εγκατάσταση σωληνώσεων από ακτινοδικτυομένο πολυαιθυλένιο Pex είναι αναπόφευκτη, προκειμένου να διασφαλιστεί η λειτουργία επί μακρόν. Μετά την τοποθέτηση του δικτύου, συντελείται η πλήρωση των γεωτρήσεων με θερμοαγώγιμο μείγμα.

γ. Το εύρος που υφίσταται μεταξύ των κάθετων γεωτρήσεων, είναι ωφέλιμο να τυγχάνει μεγαλύτερο των 6m για την αναστολή τοπικού θερμικού κορεσμού του υπεδάφους.

δ. Η μέση απόδοση του κάθετου γεωθερμικού εναλλάκτη εντοπίζεται μεταξύ 35–65w/m, με γνώμονα τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους και τη διαρκή χρεία σε μέγιστο φορτίο.



Σχήμα 5.13 Σύστημα γεωθερμικής αντλίας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

5.5.2 Φωτοβολταϊκά πάνελ

Επενδυτικό ενδιαφέρον για τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζει το πρόγραμμα επιδότησης που αφορά την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μέσω ενός φωτοβολταϊκού σε ταράτσα ή σε στέγη. Σημειώνεται πως, σε τέτοια προγράμματα, το εισόδημα είναι αφορολόγητο και εγγυημένο για 25 έτη. Όσον αφορά την απόδοση της επένδυσης αυτής, εκτιμάται σε ποσοστό άνω του 10% του αρχικού κεφαλαίου, δίχως να προσμετράται το περιβαλλοντικό όφελος. Ωστόσο, υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανά περίπτωση και κατά συνέπεια είναι επιτακτική η συμμετοχή εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού για τη βέλτιστη αξιοποίησή της.



Σχήμα 5.14 Σύστημα φωτοβολταϊκών πάνελ. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σε ταράτσα, παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες. Πιο συγκεκριμένα, ένα εμπόδιο αφορά στη μελέτη χωροθέτησης των πλαισίων, εφόσον υπάρχει κλιμακοστάσιο και στηθαίο. Αμφότερα, ανάλογα με τη θέση και το ύψος τους επιφέρουν ανεπιθύμητες σκιάσεις. Ένα έτερο εμπόδιο που προκαλεί σκίαση σε αντίθεση με τη στέγη, συνδέεται με το ίδιο το φωτοβολταϊκό, δεδομένου πως η μπροστινή σειρά δύναται να σκιάζει την όπισθεν πλευρά για κάποιες ώρες και σε ορισμένες εποχές του χρόνου. Ανάλογα λειτουργούν και οι καμινάδες, οι κεραιές, οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, κ.ά. Σε αντιδιαστολή με τη στέγη, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε μια ταράτσα δύναται να τοποθετηθούν με βάση τον καλύτερο δυνατό προσανατολισμό και την αντίστοιχη κλίση. Εντούτοις, πλεονέκτημα που χαρακτηρίζει την ταράτσα σε σχέση με τις στέγες, ελλοχεύει τον κίνδυνο για διευρυμένη έκθεση σε ανεμοπιέσεις.

Πέραν τούτων, το τεχνικό προσωπικό είναι απαραίτητο να διαθέτει εξειδίκευση στη χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών, προκειμένου να διατηρηθεί η σταθερότητα και η στεγανότητα του δώματος. Επιπρόσθετα, σημαντική καθίσταται η συνεκτίμηση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών του επιπέδου της ταράτσας, με σκοπό να διασφαλιστεί η στατικότητα της. Σχετικά με τα τρία πρώτα χαρακτηριστικά της ταράτσας και των στεγών, η προβληματική συνδέεται με τον σχεδιασμό μελέτης σκίασης από εξειδικευμένο επιστήμονα και η εφαρμογή ειδικών προγραμμάτων, μέσω των οποίων αφενός θα αποσαφηνίζεται το εύρος της ζημίας που προκαλεί κάθε εμπόδιο και αφετέρου θα προωθούνται προτάσεις για την επίλυση των προβλημάτων.

Επιπλέον, όταν εντοπίζεται σκίαση σε ένα πλαίσιο, έστω και μερική, τότε παράγεται λιγότερο ρεύμα και ως εκ τούτου λιγότερη ενέργεια. Το ρεύμα αυτό διαχέεται στο σύνολο των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τα οποία βρίσκεται σε σύνδεση, επιφέροντας σημαντική συνολική μείωση της παραγόμενης ενέργειας. Πέραν τούτου, και με δεδομένο πως συνιστά έναν πυρήνα συμφόρησης (bottleneck), η επιπρόσθετη ενέργεια των άλλων φωτοβολταϊκών συγκεντρώνεται στα άκρα του και καταναλώνεται ως θερμότητα, περιορίζοντας τον χρόνο ζωής του προκειμένου πλαισίου.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι σαφές πως παρόμοια προβλήματα προκύπτουν, εφόσον εμφανιστούν εμπόδια κάθε είδους. Προκειμένου να αποφευχθούν οι αντίστοιχες επιπτώσεις, και δη όταν υπάρχει απουσία επαρκούς χώρου, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός της ενδεδειγμένης μελέτης, που να υποδεικνύει ποια εμπόδια είναι ωφέλιμο να απομακρυνθούν και ποια εμπόδια να καταστούν διαχειρίσιμα με άλλους τρόπους. Κάποιες από τις προσεγγίσεις που δύνανται να λειτουργήσουν βοηθητικά απέναντι σε τέτοια προβλήματα, συνιστανται στην τήρηση αποστάσεων και στην τοποθέτηση υψηλότερων βάσεων στήριξης.

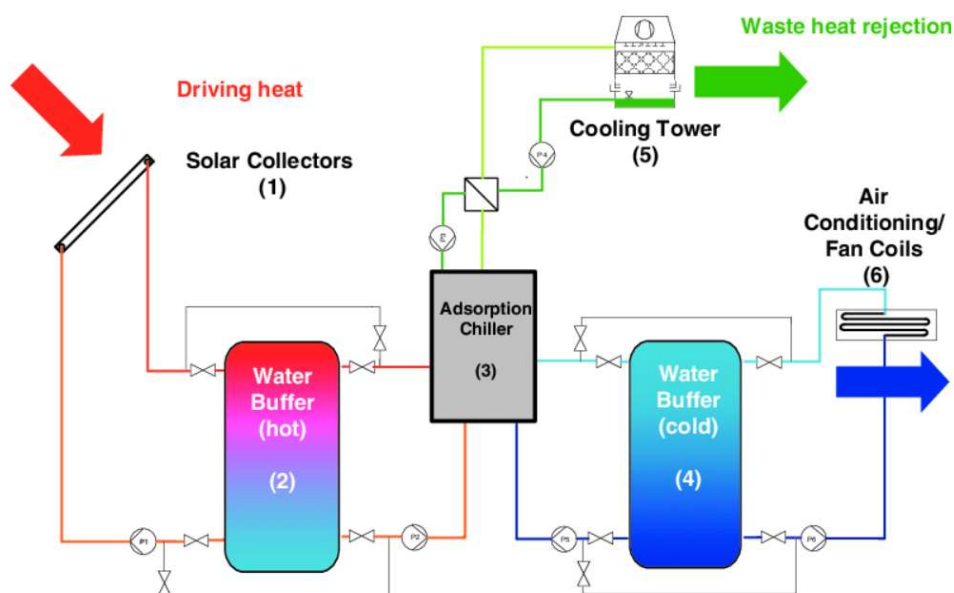
Βασική επιδίωξη αποτελεί η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος χωρίς σκιάσεις από τις 9:00 το πρωί έως τις 15:00 το μεσημέρι, και ως επί το πλείστον τους θερινούς μήνες, επειδή την περίοδο εκείνη παραγωγή είναι εκτεταμένη. Εφόσον είναι αναγκαία η συνύπαρξη με συγκεκριμένα εμπόδια, τότε απαιτείται η ομαδοποίηση των πλαισίων που σκιάζονται σε παράλληλο χρόνο και η τοποθέτησή τους σε ξεχωριστή είσοδο του αντιστροφέα. Αναφορικά με την αποφυγή σκιάσεων από την έμπροσθεν πλευρά των φωτοβολταϊκών προς την όπισθεν, με αξιοποίηση ενδεδειγμένων προγραμμάτων με βάση την κλίση των πλαισίων, το ύψος των βάσεων στήριξης και τον προσανατολισμό, εκτιμάται η ελάχιστη απόσταση ανάμεσά τους.

Σχετικά με την ανεμοπίεση που υφίσταται ένα φωτοβολταϊκό σε ταράτσα, είναι αναγκαίο να προσμετρείται, δεδομένου πως αφενός είναι σε μεγαλύτερο βαθμό εκτεθειμένο και αφετέρου έχει τέτοια κλίση και επιφάνεια που προσιδιάζει σε φτερό αεροπλάνου. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να διαμορφώνονται κενά ανάμεσα στα πλαίσια, προκειμένου να εκτονώνεται ο άνεμος. Επιπλέον, το φωτοβολταϊκό θα πρέπει να τοποθετείται με τα κατάλληλα υλικά πάνω στην ταράτσα, και με γνώμονα τις προδιαγραφές των αντίστοιχων Ευρωκωδίκων.

Η ανθεκτικότητα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε ανέμους είναι συνυφασμένο με την πρακτική πάκτωσης της βάσης στήριξης στην ταράτσα, αλλά και εκείνη των πλαισίων. Εφόσον θεωρηθεί ως δεδομένο ότι χρησιμοποιούνται πιστοποιημένα υλικά που αντέχουν απέναντι σε υψηλές ανεμοπιέσεις, τότε η μελέτη εστιάζει στον τρόπο πάκτωσης των βάσεων.

Με αφετηρία τους σχετικούς ευρωκώδικες, μία δύναμη 120-150 κιλών ανά τετραγωνικό είναι αρκετή, ώστε να μην προκληθούν προβλήματα από την ανεμοπίεσης στο φωτοβολταϊκό. Η συγκεκριμένη δύναμη δύναται να εξασφαλιστεί αφενός με την τοποθέτηση βαρών και αφετέρου με κατάλληλη αγκύρωση στην ταράτσα. Καθεμιά από τις πρακτικές αυτές, παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στη μεν πρώτη, είναι σημαντικό το γεγονός πως δεν πραγματοποιείται παρέμβαση στην πλάκα του δώματος. Από την άλλη πλευρά, το επιπρόσθετο βάρος δημιουργεί πρόβλημα στην ανθεκτικότητα των ταρατσών που έχουν κατασκευαστεί εδώ και δεκαετίες. Στη δε δεύτερη, το πλεονέκτημα έγκειται στο γεγονός πως δεν προστίθεται επιπρόσθετο φορτίο στο δώμα. Ωστόσο, αλλοιώνεται η στεγανότητα της ταράτσας, αφού είναι αναγκαίο να δημιουργηθούν οπές για τη στήριξη των βάσεων. Σημειώνεται πως, το μειονέκτημα αυτό έχει αντιμετωπιστεί με την αξιοποίηση ειδικών εποξειδικών ρητινών συνδυαστικά με μονωτικά υλικά, οι οποίες αφενός επαναφέρουν τη στατικότητα και τη στεγανότητα της πλάκας και αφετέρου αλλά παρέχουν αντοχή σε ριπές ανέμου ακόμη και 10 φορές μεγαλύτερες συγκριτικά με την πρώτη πρακτική.

Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της στατικότητας από μηχανικό, και δη σε παλαιές κατασκευές. Επισημαίνεται πως, το βάρος που προσθέτει ένα φωτοβολταϊκό σε μια ταράτσα, είναι μικρότερο ή ίσο των 20-30 κιλών ανά τετραγωνικό.



Σχήμα 5.15 Ηλιακό σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας. <<Πηγή: Casini, 2016>>

Μια εφαρμογή που εξελίσσεται με ταχεία ανάπτυξη στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε), συνίσταται στη θέρμανση χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα Βεβιασμένης Κυκλοφορίας, τα οποία χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η ενδεδειγμένη αξιοποίηση μιας τέτοιας εφαρμογής, καθίσταται ιδιαίτερα αποδοτική σε τεχνικό και οικονομικό επίπεδο.

Το προκείμενο θερμικό ηλιακό σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας είναι δυνατόν να υλοποιηθεί σε οικιακούς και επαγγελματικούς χώρους με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών υψηλής απορρόφησης, θερμοδοχείων συστημάτων ελέγχου με κυκλοφορητές, διαφορικούς θερμοστάτες, οι οποίοι εξοικονομούν ενέργεια κατά τη διάρκεια των ακόλουθων εφαρμογών:

- Ηλιακή θέρμανση χώρων
- Ηλιακή ψύξη χώρων
- Ζεστό νερό χρήσης για κατοικίες, υπηρεσίες και επιχειρήσεις
- Θέρμανση πισίνας και κολυμβητηρίου

Για τη θέρμανση χώρων και επιφανειών με ηλιακή ενέργεια είναι αναγκαίο το ηλιακό σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας με επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών να βρίσκεται σε αναλογία με τον θερμαινόμενο χώρο, τον προσανατολισμό των ηλιακών συλλεκτών και τον τύπο των ηλιακών συλλεκτών.

Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ζεστών νερών χρήσης και θέρμανσης χώρων απαρτίζεται από:

- ηλιακούς συλλέκτες υψηλής απορρόφησης
- δοχείο αποθήκευσης
- δίκτυο σωληνώσεων
- σύστημα ελέγχου

Οι ηλιακοί συλλέκτες εντοπίζονται πλησίον της οροφής του οικοδομήματος με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° – 60° ως προς τον ορίζοντα, ενισχύοντας τριτογενώς το εύρος της συλλεγόμενης ακτινοβολίας.

Για την αποθήκευση του ζεστού νερού χρήσης είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός σχετικού δοχείου, του συσσωρευτή, με έναν εναλλάκτη για το κλειστό κύκλωμα του ηλιακού, και ενίοτε ηλεκτρική αντίσταση ή επιπρόσθετος εναλλάκτης. Ακόμη, είναι πιθανό το προκείμενο δοχείο να περιλαμβάνει ενσωματωμένο εναλλάκτη (σερπαντίνα) ή ενσωματωμένο εσωτερικά μικρότερο δοχείο (tank in tank). Η βεβαιωμένη κυκλοφορία θα συντελείται μέσω ενός κυκλοφορητή, με την εποπτεία του οποίου θα επιφορτίζεται ένας διαφορικός θερμοστάτης.

6 Συμπεράσματα - προτάσεις

6.1 Δυνατότητες ποιοτικής αναβάθμισης κτηρίου

Η πραγματοποιηθείσα ανάλυση μας επέτρεψε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα πως ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων πριν από την ανοικοδόμησή τους, καθίσταται καθόλα αναγκαίος. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται από πολλαπλά οφέλη, τα οποία συνίστανται σε περιβαλλοντικά και οικονομικά. Επιπλέον, μια τέτοια πρακτική λειτουργεί ενισχυτικά και σε μια μελλοντική ανακατασκευή του κτιρίου. Σημειώνεται πως, σε κάθε περίπτωση, η βιοκλιματική μελέτη συντελεί στην εξοικονόμηση ενέργειας, το ποσό της οποίας εκτιμάται μέσω της αξιοποίησης μεθόδων προκαταρκτικού σχεδιασμού.

Δεδομένου του γεγονότος πως η χρεία εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη λειτουργία των κτιρίων αποτελεί πρωταρχικό στόχο, έδωσε το έναυσμα για περαιτέρω ενεργειακή μελέτη των οικοδομημάτων αυτών την τελευταία δεκαετία.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, παρέχει τη δυνατότητα στον μελετητή να αξιολογήσει όλες τις συναφείς παραμέτρους και να προχωρήσει στους αντίστοιχους συγκερασμούς στοιχείων. Το σημαντικό πλεονέκτημα της προκείμενης μελέτης συνίσταται στο γεγονός πως πραγματεύεται ένα ευρύ πεδίο παθητικών συστημάτων θέρμανσης, ενώ την τελική επιλογή την προσεγγίζει αναφορικά με την απόδοση του παθητικού ηλιακού κτιρίου αλλά και τη διασφάλιση των συνθηκών θερμικής άνεσης που εντοπίζονται σε αυτό. Η υλοποίηση του αντίστοιχου σχεδιασμού είναι σαφές πως αποτελεί μια αξιόπιστη και ενδεδειγμένη μέθοδο, δεδομένου πως τα αποτελέσματά του προσιδιάζουν σε εκείνα έτερων συναφών πρακτικών.

Τα κτίρια που αξιοποιούν και συνδυάζουν κατάλληλα τον βιοκλιματικό και παθητικό σχεδιασμό είναι αδιαμφισβήτητα το μέλλον της δόμησης και της αρχιτεκτονικής. Αυτά που σήμερα φαντάζουν σενάρια επιστημονικής φαντασίας και λογικές προχωρημένες θα αποτελέσουν αύριο τον κεντρικό πυλώνα όπου θα αναπτύσσονται τα προγράμματα σπουδών σε όλες τις τεχνικές σχολές και την βασική αρχή σχεδιασμού και οργάνωσης για όλα τα τεχνικά γραφεία. Είναι στο χέρι όλων μας να υιοθετηθεί ο σωστός τρόπος κατασκευής, σχεδιασμού και δόμησης όσο ακόμα δεν έχουν καταστραφεί τα πάντα γύρω μας από τις λάθος επιλογές μας και να μετατραπούν οι κατοικίες μας από χώρους αναγκαστικής διαμονής σε χώρους απόλυτης κάλυψης των βιοτικών αναγκών μας.

6.2 Επίλογος

Ο πλανήτης Γη δηλαδή το σπίτι μας απειλείται. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη ο πλανήτης μας βιώνει την έκτη μαζική εξαφάνιση ζωής (πηγή indicator life). Περίπου 16300 είδη ζωής είναι προς εξαφάνιση για το έτος 2022 σύμφωνα με την Παγκόσμια Ένωση Προστασίας της Φύσης (πηγή indicator life).

Οι κλιματικές αλλαγές με υπαιτιότητα του ανθρώπου που έχουν προκληθεί στο πλανήτη μας, έχουν φέρει μεγάλες οικολογικές καταστροφές (πιθανών μη αναστρέψιμες). Η αιτία όλων των παραπάνω είναι ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζει ο άνθρωπος τα τεχνολογικά επιτεύγματα του, μη λαμβάνοντας υπόψη το κόστος που έχει η εφαρμογή αυτή στο φυσικό περιβάλλον.

Η αλόγιστη αυτή χρήση της τεχνολογίας χωρίς να δίνεται σημασία στις οικολογικές καταστροφές ξεκίνησε από τη Βιομηχανική Επανάσταση και φτάνει μέχρι και τις μέρες μας! Πηγή του κακού είναι η εγωιστική τάση του ανθρώπου να κυριαρχήσει παντού ακόμα και πάνω στον ίδιο τον άνθρωπο.

Αυτό μόνο με ένα τρόπο διορθώνεται. Με την παιδεία! Αν διδαχθεί ο άνθρωπος από πολύ μικρή ηλικία ότι το σπίτι μας είναι ο πλανήτης Γη και ότι το φυσικό περιβάλλον είναι αυτό που μας δίνει ζωή, τότε σίγουρα μεγαλώνοντας θα βρει τρόπο να το προστατέψει. Η προστασία του περιβάλλοντος ίσως μας δώσει χρόνο να αναπτύξουμε την τεχνολογία που απαιτείται ώστε να μπορέσουμε να μετοικήσουμε από τον πλανήτη Γη προς άλλους φιλόξενους πλανήτες διότι εξαιτίας του υπερπληθυσμού η Γη μας στο κοντινό μέλλον δεν θα μπορεί να μας ταΐσει όλους.

Εύχομαι και ελπίζω η παραπάνω εργασία μου να βάλει ένα λιθαράκι στον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη τεχνολογία και τη γνώση ώστε να δημιουργήσουμε βιοκλιματικές πολυκατοικίες.

Ο λόγος που εστίασα στις πολυκατοικίες είναι γιατί κατά την άποψή μου στο άμεσο μέλλον και εξ αιτίας του υπερπληθυσμού της Γης, η μορφή κατοικίας για τον σύγχρονο άνθρωπο θα είναι η πολυκατοικία.

Βιβλιογραφία

- 1) Ακαδημία Αθηνών (2017), “Ενέργεια και Μεταφορές στην Ελλάδα: Προϋποθέσεις και Μέτρα για Καθαρή και Βιώσιμη Ενέργεια Στις Μεταφορές”, Επιτροπή Ενέργειας της Ακαδημίας Αθηνών, Αθήνα 2017
- 2) ΑΔΜΗΕ (2018), “Μηνιαίο Δελτίο Ενέργειας – Δεκέμβριος 2017”, http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/Monthly_Energy_Reports/Energy_Report_201712_v1.pdf
- 3) Solution Sets for Net Zero Energy Buildings (), François Garde, Josef Ayoub, Daniel Aelenei, Laura Aelenei, Alessandra Scognamiglio, © 2017 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany
- 4) Smart Buildings, Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy-Efficiency and Environmental Performance, Marco Casini, Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Cambridge (2016)
- 5) Nearly Zero Energy Building Refurbishment, Fernando Pacheco, Torgal Marina Mistretta Arturas Kaklauskas, Claes G. Granqvist Luisa F.Cabeza Editors, Springer-Verlag London (2013)
- 6) Bartok, B. (2010), “Changes in solar energy availability for south-eastern Europe with respect to global warming”, Physics and Chemistry of the Earth. Vol. 35 (1-2), pp. 63-69.
- 7) Φυσικός φωτισμός, Τμήμα Αρχιτεκτόνων μηχανικών Θεσσαλίας, Α. Τσαγκρασούλης, σύστημα Καλλίπος, Αθήνα (2016)
- 8) Κοροβέση, Α., Μεταξά, Κ., Τουλουπάκη, Ε. και Χρυσόγελος, Ν. (2017), “Ενεργειακή Φτώχεια στην Ελλάδα”, Heinrich Boll Stiftung, Θεσσαλονίκη 2017
- 9) Σταμπολής, Κ. (2014), “Renewable Energy Sources and Energy Efficiency and the SEE Energy Security”, IENE Working Paper
- 10) ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ (BEMS), διπλωματική εργασία μεταπτυχιακού προγράμματος, Μπέλλος Λάμπρος, Αθήνα (2018)
- 11) Passive House Basics Seminar, Hellenic Passive House Institute, Athens (2020)