



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## **Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Λαμπαδάριο Κτίριο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Χατζής Ιωάννης**

**Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς**  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Λαμπαδάριο Κτίριο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χατζής Ιωάννης

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 27<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2010.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς

.....  
Δημήτριος Ασκούνης

.....  
Βασίλειος Ασημακόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

.....

Χατζής Ιωάννης

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

Copyright © ΧΑΤΖΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## Περίληψη

Στο παγκόσμιο, σύγχρονο ενεργειακό πρόβλημα με τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις σε ενέργεια και με κρίσιμες παραμέτρους τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την οικονομική συνιστώσα, το μερίδιο ευθύνης του κτιριακού τομέα είναι μεγάλο.

Σε ευρωπαϊκό αλλά και σε ελληνικό επίπεδο, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και για ένα παρόμοιο ποσοστό για τις εκπομπές ρύπων διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>. Η μεγάλη πρόκληση είναι η σταδιακή αντικατάσταση της χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες και φιλικές στο περιβάλλον και η υιοθέτηση βιοκλιματικών αρχιτεκτονικών με επιπρόσθετο σκοπό τη διαβίωση σε ένα υγιεινό και άνετο περιβάλλον.

Για τους παραπάνω λόγους, από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής ένωσης έχει θεσπιστεί το κατάλληλο νομικό πλαίσιο με τη μορφή της οδηγίας 2002/91/EK (EPBD, 2003) με το οποίο καλείται να εναρμονιστεί και η ελληνική νομοθεσία και το πράττει με την έκδοση κατάλληλου κανονισμού (KENAK).

Χαρακτηριστικό είναι στην περίπτωση της Ελλάδος ότι κατά πρώτον η πλειοψηφία των κτιρίων είναι απλές κατοικίες και κατά δεύτερον η παλαιότητά τους ξεπερνά τα 30 χρόνια, πριν την εμφάνιση των νέων τάσεων δόμησης. Αυτό σημαίνει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας περνά μέσα από την ενεργειακή αναβάθμιση υφισταμένων κτιρίων στη χώρα μας.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας λοιπόν είναι η προσέγγιση μιας Ενεργειακής Επιθεώρησης όπως αυτή ορίζεται από τον κανονισμό για ένα παλαιό και δημόσιο κτίριο (τριτοβάθμιας εκπαίδευσης), το Λαμπαδάριο κτίριο, εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, στην Αθήνα. Αυτό γίνεται μέσω συλλογής δεδομένων, εκτίμησης της ενεργειακής κατάστασης του και μελέτη της θερμομόνωσης του. Κατόπιν, προτείνονται και αναλύονται τεχνοοικονομικά παρεμβάσεις με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.

**Λέξεις Κλειδιά:** Εξοικονόμηση Ενέργειας, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κτιρίων, Ενεργειακή Επιθεώρηση, Θερμομόνωση κελύφους, Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση.

## Abstract

The building sector has a great attribute to the modern, global energy problem. It is defined by the growing demands on energy, with its critical parameters which are the environmental impacts and the economic factor

Furthermore, in Europe, as in Greece too, the building sector is responsible for the 40% of the overall energy consuming and for an equivalent percentage of the carbon dioxide emissions. The great challenge is the step by step replacement of use of compatible energy resources with renewable resources, friendly to the environment and next, the adoption of bioclimatic architectures with the plus aim of creating a healthy and convenient environment to live in.

For the reasons above, the European Parliament and the EU Council has approved the right law field in the form of the directive 2002/91/EK (EPBD, 2003) with which the Greek law has to be complied, achieving this with the suitable regulation.

What is characteristic about the case of Greece is firstly that the majority of the buildings are simple dwellings and secondly that most of them are aging more than 30 years, that is before the rise of these new energy trends. That means that energy saving in the country passes through upgrading the energy status of older buildings.

This present thesis aims at simulating an Energy Inspection as it is defined in the referring Greek regulation, taking place on an old, public building, called Lampadario, fielded in the campus of Technical University of Athens, Zografou. This is achieved through collecting all the right data and evaluating its energy status. After this, suggestions are made and analyzed in technical and cost terms, focusing on energy saving.

**Key Words:** Energy Saving, Bioclimatic Architecture, Building Environmental Assessment, Energy Inspection, Building Envelop Thermal Insulation, Technical and Economic Evaluation.

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης

Υπεύθυνος ανάθεσης αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Ιωάννης Ψαρράς, τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερα για την εμπιστοσύνη και την κατανόηση που μου επέδειξε. Πέρα από τα αδιαμφισβήτητα επιστημονικά και καθηγητικά του προσόντα που δικαίως αναφέρονται συχνά θα ήθελα να σταθώ στη φιλικότητα με την οποία αντιμετώπισε έναν απλό διπλωματούχο φοιτητή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην επιβλέπουσα της διπλωματικής και διδάκτορα ΕΜΠ Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου και στον υποψήφιο διδάκτορα Βαγγέλη Μαρινάκη για την καθοδήγηση, την επίβλεψη και την υποστήριξη με πληροφορίες, συμβουλές και υποδείξεις που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες για την αμέριστη συνεργασία με το εργαστήριο οφείλω γενικότερα στην Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ και συγκεκριμένα στον Γεώργιο Δήμου, Διευθυντή της Διεύθυνση Συντήρησης Εγκαταστάσεων ΕΜΠ.

Ευχαριστίες οφείλω επίσης στον Βασίλη Ζησόπουλο για την επιτόπου συνεργασία στα μέρη της επιθεώρησης και τη βοήθεια που μου προσέφερε στη συλλογή δεδομένων και στην επίλυση αποριών σε τεχνικής φύσεως θέματα καθώς και για την λειτουργία των κτιρίων.

Ευχαριστώ επίσης όλα τα υπόλοιπα μέλη της τεχνικής υπηρεσίας της πολυδύναμης μονάδας των Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών για τη συνεργασία μας και τη βοήθεια που μου προσέφεραν.

Πρέπει να αναφερθώ επίσης στη βοήθεια που μου προσέφεραν οι συνάδελφοί μου Πέτρος και Νίκη.

Κλείνοντας, χρωστώ απεριόριστη ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου. Με την παράδοση της διπλωματικής μου εργασίας και μέσα από αρκετές δυσκολίες κλείνει μια πολυετής προσπάθεια επιμόρφωσης μου και επέκτασης των γνώσεων μου και των οριζόντων μου. Χωρίς την έμπρακτη επιμονή και υπομονή τους, χωρίς την πίστη τους στις ικανότητες μου και την στήριξη τους με κάθε δυνατό τρόπο και με κάθε θυσία η εκπλήρωση των στόχων μου και των φιλοδοξιών μου θα ήταν δίχως αστείο αδύνατη.



*το Λαμπαδάριο κτίριο*



## Περιεχόμενα

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>15</b>
1.1 Σκοπός - Αντικείμενο .....	15
1.2 Φάσεις υλοποίησης .....	16
1.3 Οργάνωση τόμου.....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....</b>	<b>23</b>
2.1 Εισαγωγή στις έννοιες.....	23
2.1.1 Μικροκλίμα – Θερμική νησίδα - Θερμική άνεση .....	23
2.1.2 Πρόγραμμα «Thermopolis 2009» .....	24
2.1.3 Η ανάγκη για βιοκλιματική δόμηση.....	25
2.1.4 Κοινοτικές οδηγίες – Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων.....	27
2.2 Βιοκλιματική δόμηση .....	28
2.2.1. Αναδρομή.....	28
2.2.2. Αρχικές έννοιες /ορισμοί – Βασικές αρχές/ στόχοι της βιοκλιματικής δόμησης .....	28
2.2.3. Βιοκλιματικές Αρχές .....	30
2.2.4. Στοιχεία Αρχιτεκτονικής και Παθητικά Συστήματα .....	32
2.3 Ενημέρωση και αποδοχή .....	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΣΠΑΚ) .....</b>	<b>53</b>
3.1 Εισαγωγή στις έννοιες.....	53
3.1.1 Σκοπός της έρευνας .....	55
3.1.2 Ορισμοί.....	55
3.2 Παρουσίαση και Περιγραφή των Συστημάτων Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κτιρίων .....	56
3.2.1 Πρόλογος .....	56
3.2.2 Παρουσίαση των ΣΠΑΚ.....	58
3.3 Κατηγοριοποίηση.....	86
3.3.1 Σύστημα Κατάταξης ATHENA .....	86
3.3.2 Σύστημα Κατάταξης IEA Annex .....	87
3.3.3 Κατηγοριοποίηση με βάση τα χαρακτηριστικά .....	88
3.4 Αποτίμηση και συμπεράσματα .....	96
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ .....</b>	<b>100</b>

<b>4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης .....</b>	<b>100</b>
<b>4.2 Ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου .....</b>	<b>101</b>
<b>4.3 Μελέτη θερμομόνωσης κτιρίου.....</b>	<b>112</b>
4.3.1 Βασικές έννοιες – Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας.....	112
4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικών στοιχείων .....	114
4.3.3 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	118
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....</b>	<b>122</b>
<b>5.1 Εισαγωγή.....</b>	<b>122</b>
<b>5.2 Θερμογραφία του Λαμπαδαρίου .....</b>	<b>122</b>
5.2.1 Παρουσίαση της θερμοκάμερας FLIR b50 .....	123
5.2.2 Υπέρυθρες φωτογραφίες του Λαμπαδαρίου .....	128
<b>5.3 Ανάλυση καυσαερίων του λέβητα .....</b>	<b>138</b>
5.3.1 Παρουσίαση του αναλυτή καυσαερίων KANE900plus .....	142
5.3.2 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων στον λέβητα του Λαμπαδαρίου και ανάλυση.....	147
<b>5.4 Ενεργειακή ανάλυση.....</b>	<b>149</b>
5.4.1 Παρουσίαση του αναλυτή ενέργειας Landis & Gyr ZxD300/400 .....	150
5.4.2 Μετρήσεις του ενεργειακού αναλυτή και συμπεράσματα.....	150
5.4.3 Μετρήσεις του ενεργειακού αναλυτή για την αυτόνομη μονάδα κλιματισμού .....	160
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....</b>	<b>170</b>
<b>6.1 Ενεργειακή επιθεώρηση και προτάσεις βελτίωσης .....</b>	<b>170</b>
<b>6.2 Οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης επενδύσεων.....</b>	<b>171</b>
6.2.1 Κατηγορίες Κριτηρίων Οικονομικής Αξιολόγησης .....	172
<b>6.3 Μελέτη των επενδύσεων.....</b>	<b>176</b>
6.3.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστοιχιών στην οροφή του κτιρίου.....	177
6.3.2 Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο περιμετρικό κέλυφος του κτιρίου .....	183
6.3.3 Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με νέα διπλά χαμηλής εκπομπής.....	190
6.3.4 Αντικατάσταση παλαιών μαγνητικών ballasts με νέα ηλεκτρονικά .....	193
6.3.5 Εγκατάσταση συστήματος BEMS.....	196

6.3.6 Αποτίμηση επενδύσεων και οικονομικών δεικτών .....	200
6.3.7 Μελέτη άλλων επενδύσεων .....	201
<b>6.4 Συμπεράσματα .....</b>	<b>203</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>208</b>
7.1 Συμπεράσματα .....	208
7.2 Προοπτικές.....	209
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.214</b>	
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ .....</b>	<b>222</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ).....	222
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ).....	223
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ 1 <sup>ου</sup> ΟΡΟΦΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ).....	224
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ 2 <sup>ου</sup> ΟΡΟΦΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ).....	225
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ).....	226
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ.....</b>	<b>227</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	227
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....	234
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΞΗ .....	241
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	245
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (ΑΠΟΥΣΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ).....	251
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ - ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΣΗ .....</b>	<b>252</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ – ΑΠΟΓΕΥΜΑ 26/4/2010.....	252
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ – ΗΜΕΡΑ – ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ - ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ 27/4/2010.....	255
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ – ΑΠΟΓΕΥΜΑ – ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ/ ΟΡΟΦΗ 10/9/2010 .....	268
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ..</b>	<b>271</b>

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....</b>	<b>271</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ .....</b>	<b>276</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>278</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## Εισαγωγή



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Σκοπός - Αντικείμενο**

Ο αιώνας που πέρασε χαρακτηρίστηκε από την αλματώδη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας σε όλους τους τομείς. Σε αυτό συντέλεσαν η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η εφαρμογή του ηλεκτρισμού ολόενα και περισσότερο στη ζωή του ανθρώπου. Τότε τέθηκε για πρώτη φορά το θέμα εξάντλησης των φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενέργειας αλλά και παρατηρήθηκαν οι επιπτώσεις από την ανθρώπινη δραστηριότητα στο φυσικό περιβάλλον με την εκδήλωση φαινομένων όπως η όξινη βροχή, ο ευτροφισμός, η καταστροφή της οζοντόσφαιρας, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων. Αν σε αυτά προστεθεί και το οικονομικό κόστος στη διαχείριση ενέργειας καταστρώνεται τότε το περίφημο ενεργειακό πρόβλημα.

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο [1]. Το σημαντικότερο μέρος αυτού του ποσού ενέργειας ξοδεύεται για τη θέρμανση των χώρων, ενώ οι απαιτήσεις σε ψύξη αν και προς το παρόν μικρές, παρουσιάζουν αυξητική τάση. Σε γενικές γραμμές η κατανάλωση αυτή διακρίνεται είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο), είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας και ευθύνεται για τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ταυτόχρονα, εξαιτίας του υψηλού κόστους των συμβατικών πηγών ενέργειας, προκαλείται και σημαντική οικονομική επιβάρυνση, ενώ, αν και οι ενδείξεις είναι θετικές, παραμένει περιορισμένη ακόμα η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που χαρακτηρίζονται από ελάχιστους ρύπους, λόγω πρώτης εισόδου στην αγορά και αρχικού υψηλού κόστους. Επιπλέον, θεαματικά είναι τα αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας, τις τρεις τελευταίες δεκαετίες από την εφαρμογή βιοκλιματικών αρχών στη δόμηση και από την εκτεταμένη χρήση θερμικής μόνωσης [2].

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 37% της ενεργειακής κατανάλωσης και το 40% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [3]. Πολύ ενδιαφέροντα είναι επίσης τα στοιχεία ότι το 77% του κτιριακού όγκου στη χώρα είναι κατοικίες και ότι ο μέσος όρος ηλικίας των κτισμάτων είναι 34 έτη [4] δηλαδή αρκετά παλιός χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις νέες τάσεις και ανάγκες για εξοικονόμηση ενέργειας. Το συμπέρασμα είναι πολύτιμο και με αυτό καταπιάνεται η παρούσα διπλωματική εργασία: Η ενεργειακή εξοικονόμηση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα περνά μέσα από την επέμβαση σε ήδη υφιστάμενα και παλαιά κτίρια.

Με τον νόμο 3661 'Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003). Ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων

ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρα 4 και 5), στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6), στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8) και στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9).

Συγκεκριμένα στο πέμπτο άρθρο για τα υφιστάμενα κτίρια διαβάζονται τα εξής: «Στα κτίρια συνολικής επιφάνειας άνω των χιλίων (1.000) τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, η ενεργειακή απόδοσή τους αναβαθμίζεται, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό, ώστε να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, όπως αυτές καθορίζονται στον Κανονισμό. Οι απαιτήσεις αυτές θεσπίζονται είτε για το ανακαινιζόμενο κτίριο ως σύνολο είτε μόνο για τις ανακαινιζόμενες εγκαταστάσεις ή τα δομικά στοιχεία αυτού, εφόσον αποτελούν μέρος ανακαίνισης που πρέπει να ολοκληρωθεί εντός περιορισμένου χρονικού διαστήματος, με στόχο τη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.»

Η παρούσα διπλωματική λοιπόν είναι μια απόπειρα προσέγγισης της Ενεργειακής Επιθεώρησης όπως ορίστηκε παραπάνω και όπως σε λίγα χρόνια θα αρχίσουν να διεξάγεται από τους πιστοποιημένους ενεργειακούς επιθεωρητές, σε ένα παλαιό και ογκώδες κτίριο, στο Λαμπαδάριο της Πολυτεχνειούπολης. Σκοπός της εργασίας είναι να σχηματιστεί το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου μέσω της καταγραφής διαφόρων δεδομένων (εκτίμηση ενεργειακής κατανάλωσης, μελέτη θερμομόνωσης, επιθεώρηση λέβητα, θερμογράφιση) και να μελετηθούν τεχνοοικονομικά τρόποι παρέμβασης (νέες τεχνολογίες, ενσωμάτωση ΑΠΕ) που θα βελτιώσουν αυτή την εικόνα.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Φεβρουαρίου 2010- Οκτωβρίου 2010, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, η οποία συνίσταται από πέντε φάσεις. Οι συγκεκριμένες φάσεις απεικονίζονται εποπτικά και στο Σχήμα 1.1.

**Φάση 1:** Εφαρμογή των βιοκλιματικών αρχών στον κτιριακό τομέα

Στην πρώτη φάση, μελετήθηκαν μέσω βιβλιογραφικής έρευνας η ανάγκη που επιβάλλει την εφαρμογή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στο σύγχρονο ενεργειακό πρόβλημα, οι αρχές και οι στόχοι που την διέπουν καθώς και οι τρόποι εφαρμογής όπου αναφέρονται Παθητικά Συστήματα και Στοιχεία Αρχιτεκτονικής για βιώσιμη δόμηση

**Φάση 2:** Μελέτη των Εργαλείων Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης των Κτιρίων

Σε δεύτερη φάση και πάλι μέσω βιβλιογραφικής αλλά και εκτεταμένης διαδικτυακής έρευνας μελετήθηκαν τα προσφάτως αναδεδειγμένα Εργαλεία Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κτιρίων σε Ευρώπη και Αμερική. Πρόκειται κυρίως για λογισμικές εφαρμογές που αξιοποιούν δεδομένα για τον υπολογισμό διαφόρων ενεργειακών και περιβαλλοντικών δεικτών.

**Φάση 3:** Επιτόπια επιθεώρηση του κτιρίου και συλλογή δεδομένων



Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης, σε τεχνικό επίπεδο πλέον επιθεωρήθηκε το κτίριο του Λαμπαδαρίου. Κατά πρώτον μέσω ειδικού εξοπλισμού επιθεωρήθηκε ο λέβητας και ο καυστήρας του, δεύτερον με τη βοήθεια φωτογραφικής κάμερας υπερύθρων έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν προβλήματα θερμομόνωσης, κατά τρίτον με τη βοήθεια ενός ενεργειακού αναλυτή συλλέχθηκαν εποχικά δεδομένα για τη συνολική ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου για διάστημα τριών μηνών. Τέλος, επιθεωρήθηκε κάθε γραφείο για να καταμετρηθεί όλος ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του και να ερωτηθούν οι ένοικοι για τη χρήση του.

**Φάση 4:** Επεξεργασία δεδομένων και υπολογισμός δεικτών

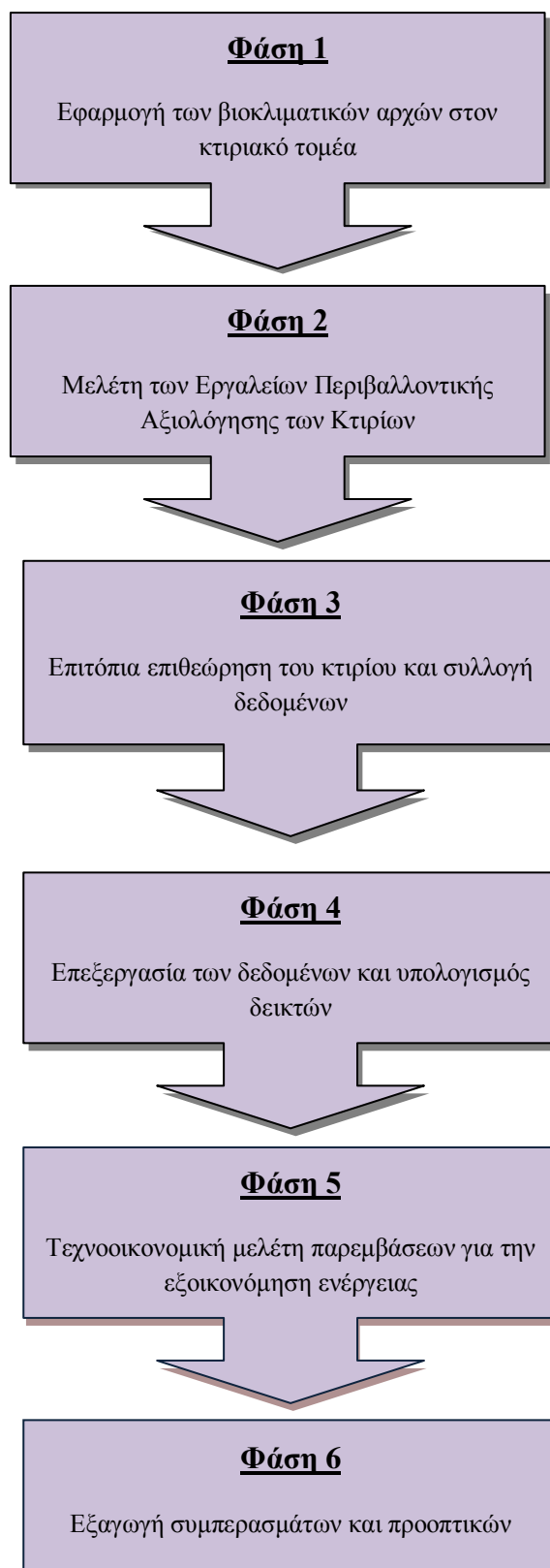
Στην τέταρτη φάση έγινε πλήρης επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν στην προηγούμενη φάση. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε από την καταγραφή και τη χρήση του ηλεκτρικού εξοπλισμού η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου και έγινε προσπάθεια ταύτισης αυτών των δεδομένων με την εικόνα που προέκυψε από τον ενεργειακό αναλυτή. Υπολογίστηκαν επιπλέον η ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του και εκτιμήθηκε τέλος η απόδοση του λέβητά του.

**Φάση 5:** Τεχνοοικονομική μελέτη παρεμβάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας

Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής, συλλέχθηκαν από διάφορες βιβλιογραφικές πηγές και μέσω των ιστοχώρων αναγνωρισμένων φορέων (ΚΑΠΕ, ΕΜΠ, ΡΑΕ, ΥΠΑΝ, κτλ) και κυρίως από επιχειρήσεις της αγοράς τα δεδομένα εκείνα, που καθιστούν δυνατή την μελέτη ενός επενδυτικού σχεδίου τεχνικών παρεμβάσεων, που θα οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας, ως προς την τεχνοοικονομική αποδοτικότητα.

**Φάση 6:** Συμπεράσματα και Προοπτικές

Κατά την διάρκεια της τελευταίας φάσης της διπλωματικής παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται και εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται από την παρουσιαζόμενη εργασία.



Σχήμα 1.1: Φάσεις ολοκλήρωσης Διπλωματικής Εργασίας

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Αρχικά, παρατίθεται μια σύντομη περίληψη της διπλωματικής εργασίας, στην οποία παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα σημεία της. Η περίληψη αυτή παρατίθεται και στην Αγγλική γλώσσα. Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας περιεχομένων και η εισαγωγή που ξεκινά με μια ευρεία περίληψη της εργασίας και το σκοπό της.

Μετά την εισαγωγή που είναι και το κεφάλαιο 1, ακολουθεί το κύριο μέρος της διπλωματικής εργασίας που αποτελείται συνολικά από 6 κεφάλαια.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Συγκεκριμένα περιγράφονται οι συνθήκες που οδήγησαν στην ανάγκη και στη γέννηση της βιοκλιματικής δόμησης. Στη συνέχεια αναλύονται λεπτομερώς οι αρχές της και η λειτουργία της ενώ στο τέλος του κεφαλαίου δίνονται πληροφορίες για την εφαρμογή της, την ενημέρωση και την αποδοχή της από το κοινό.

Το κεφάλαιο 3 αφορά τα Εργαλεία Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κτιρίων. Αρχικά ορίζεται τι είναι ένα τέτοιο εργαλείο, στην συνέχεια αναφέρονται και παρουσιάζονται εκτενώς μερικά από τα πιο διαδεδομένα στην αγορά. Ακολουθεί μια κατά το δυνατόν σύγκρισή τους με βάσει συγκεκριμένες παραμέτρους και εκτιμάται η προοπτική τους και η αποδοχή τους στο χώρο της ενεργειακής και περιβαλλοντικής αξιολόγησης.

Στο κεφάλαιο 4 αφού παρουσιαστεί με στοιχεία το κτίριο του Λαμπαδαρίου γίνεται μια πρώτη εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου με βάσει τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την αυτοψία και παρατίθενται στο παράρτημα ([ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ](#)). Το κεφάλαιο κλείνει με τη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου που περιλαμβάνει την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται αναλυτικά το σύνολο του εργαστηριακού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε στις αυτοψίες του κτιρίου και αξιολογούνται τα δεδομένα που κατεγράφησαν. Συγκεκριμένα αυτό αφορά πρώτον τη θερμογράφηση του κτιρίου, την επιθεώρηση του λέβητα και τη μελέτη απόδοσης του και τρίτον τα δεδομένα που προέκυψαν από τον ενεργειακό αναλυτή που ήταν συνδεδεμένος. Κλείνοντας γίνεται σύντομη αναφορά στη συμπεριφορά ενός τυπικού κλιματιστικού όπως αυτή καταγράφηκε από κάποιον ενεργειακό αναλυτή.

Στο κεφάλαιο 6 συγκεντρώνονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις για την ενεργειακή βελτιστοποίηση του εξεταζόμενου κτιρίου και γίνεται η αξιολόγηση επένδυσής τους.

Το κεφάλαιο 7 αποτελεί ουσιαστικά τον επίλογο της εργασίας, στο οποίο παρατίθενται όλα τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν και οι προοπτικές που αναπτύσσονται.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

### **2.1 Εισαγωγή στις έννοιες**

#### **2.1.1 Μικροκλίμα – Θερμική νησίδα - Θερμική άνεση**

Όταν εντός συγκεκριμένης περιοχής διαπιστώνονται διαφοροποιήσεις από μέρος σε μέρος, ακόμα και αν πρόκειται για απόσταση λίγων χιλιομέτρων, τότε διαμορφώνεται μιας μικρής κλίμακας κλίμα που καλείται μικροκλίμα [5]. Το μικροκλίμα επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους :τοπογραφία, δομή εδάφους και κάλυψη που προέρχεται από ανθρώπινη παρέμβαση στο τοπίο. Σε μεσαίες – μέτριας έντασης - κλιματικές ζώνες υπάρχει η δυνατότητα επέμβασης στο μικροκλίμα με απλές στρατηγικές όπως είναι η εγκατάσταση ανεμοφρακτών ή σκιάστρων [6] αλλά και άλλες τεχνικές οι οποίες θα αναλυθούν περαιτέρω στη συνέχεια.

Επιπλέον, οι μορφές αστικής παρέμβασης διαφοροποιούν το κλίμα μιας πόλης σε σχέση με τα περίχωρα της, δημιουργώντας το λεγόμενο αστικό κλίμα. Ο χώρος ανάμεσα στα κτίρια και τις οροφές τους λέγεται «αστικός θόλος» (urban canopy). [7]. Οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων καθώς και η άνεση – ανοχή του ανθρώπου απέναντι στη θερμότητα επηρεάζονται από αυτές τις μικροκλιματικές συνθήκες.

Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία σε πυκνοκατοικημένες και πυκνοδομημένες περιοχές κυμαίνεται ψηλότερα από αυτές που διαπιστώνονται στα προαστιακά περίχωρα. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως «θερμική νησίδα» και είναι μια απευθείας «αντανάκλαση» των μικροαλλαγών που επιφέρει η ανθρώπινη παρέμβαση στο φυσικό τοπίο [8]. Στο σύνολο της επιφάνειας η ισορροπία της θερμότητας που διαμορφώνεται καθορίζει την ένταση της «θερμικής νησίδας», σημειώνεται δε ότι η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας από μέρος σε μέρος στην αστική περιοχή μπορεί να φτάσει ακόμα και τους 15 °C [9]. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα μιας πόλης με 1 εκατομμύριο κατοίκους (ή και περισσότερους) μπορεί να είναι υψηλότερη κατά 1 ως 3 °C από τη θερμοκρασία μακριά από την πόλη, ενώ κατά τη διάρκεια μιας ανέφελης (δίχως σύννεφα) και χωρίς άνεμο νύχτας η διαφορά με τα περίχωρα μπορεί να ξεπεράσει και τις θερμοκρασίες που αναφέρθηκαν και να πλησιάσει πιο ακραίες τιμές.

Η δυσφορία και ανθυγιεινές συνθήκες διαβίωσης καθώς και πάσης φύσεως ανεπιθύμητες συνθήκες που αναπτύσσονται εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών, των ανέμων σε μορφή σήραγγας στους διαδρόμους μιας πόλης που δημιουργούνται εξαιτίας του λανθασμένου σχεδιασμού των κτιρίων και της πολεοδομίας, είναι συνήθως συνέπεια στο αστικό περιβάλλον. Οι αστικές νησίδες σχετίζονται με επίπεδα θνητότητας άνω του μέσου όρου, ιδίως μεταξύ των ηλικιωμένων, καθώς επίσης και με αυξημένο αίσθημα δυσφορίας των πολιτών.

Η θερμική άνεση – ανοχή του ανθρώπου που πριν αναφέρθηκε ορίζεται ως μια κατάσταση νοητική που εκφράζει την ικανοποίηση σχετικά με τη θερμότητα, στην οποία το άτομο δε θα προτιμούσε ούτε θερμότερο μα ούτε ψυχρότερο περιβάλλον [10]. Αν και μάλλον πρόκειται για υποκειμενική κατάσταση που δύσκολα

προσδιορίζεται και παραμετροποιείται είναι εν γένει δυνατόν να παρουσιαστούν κάποια κριτήρια που επηρεάζουν την άνεση στη θερμότητα. Αυτά είναι [11]:

- Περιβαλλοντική θερμοκρασία του αέρα: επιδρά στις ξηρές και υγρές ανταλλαγές καθώς και στο συντελεστή μεταφοράς θερμότητας.
- Ταχύτητα του ανέμου: επιδρά έντονα στις απώλειες εκ μεταφοράς και εφίδρωσης. Μια ελάχιστη ταχύτητα των 0,1 m/s υπάρχει πάντα λόγω της διαρκούς κίνησης παντού.
- Σχετική υγρασία: παρουσιάζει μια μικρή επίδραση όπου όταν δεν υπάρχει εφίδρωση, τότε η λανθάνουσα αναπνευστική ανταλλαγή και η μη αισθητή επιδερμική διαπνοή είναι οι μόνες 2 μεταφορές που σχετίζονται με τη υγρασία. Διαφορετικά, η υγρασία του αέρα έντονα επηρεάζει την εξάτμιση του ιδρώτα και επομένως την υγρασία του δέρματος.
- Μέση ακτινοβολούσα θερμοκρασία : η ομοιόμορφη επιφανειακή θερμοκρασία μιας νοητής μαύρης «περίφραξης» με την οποία κανείς ανταλλάσσει την ίδια θερμότητα μέσω της ακτινοβολίας όπως θα συνέβαινε και στο πραγματικό περιβάλλον. Για εξωτερικούς χώρους η μέση ακτινοβολούσα θερμοκρασία αναπαριστά τη ομοιόμορφη επιφανειακή θερμοκρασία μιας νοητής περίφραξης της οποίας όλες οι επιφάνειες βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία.

Επιπλέον εξωτερικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς της θερμικής άνεσης είναι το επίπεδο δραστηριότητας, ο ρουχισμός καθώς και ο χρόνος που το άτομο ξοδεύει σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους [10].

### 2.1.2 Πρόγραμμα «Thermopolis 2009»

Η Αθήνα είναι μια πόλη που ανήκει στην κατηγορία των ευρωπαϊκών πόλεων που βιώνουν πολύ ψηλές θερμοκρασίες. Το ερευνητικό πρόγραμμα Θερμόπολις 2009 πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2009 και συνέλλεξε έναν όγκο δεδομένων που τώρα υπόκεινται σε μελέτη προκειμένου να καταδειχθούν τρόποι βελτίωσης στην πρόβλεψη των ημερών καύσωνα στη περιοχή της πρωτεύουσας καθώς και να μελετηθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες της πόλης.

Ένα πλήθος μέσων παρατήρησης βοήθησαν στη συλλογή των στοιχείων: 10 δορυφόροι, οι ERS και NAVISAT του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA), δορυφόροι της NASA και του Αμερικανικού Οργανισμού Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA), 2 αεροσκάφη, και με τη συμμετοχή των δήμων Αθηνών και Αμαρουσίου, και τη συνδρομή της EMY, καθώς και της Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας, επιβλεπόμενα από ένα επιστημονικό επιτελείο με ειδικούς από την Ισπανία και την Ελλάδα.

Χαρακτηριστικά, αποκαλύπτεται αρχικά ότι ο τρόπος δόμησης και τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένη η πρωτεύουσα εκτοξεύουν τη θερμοκρασία ως και 12 °C ψηλότερα σε σύγκριση με περιαστικές περιοχές.

Αποδεικνύεται ότι διάφορα είδη μικροσωματιδιακών ρύπων που κατακλύζουν τον ουρανό της πρωτεύουσας επιδρούν ως αέρια θερμοκηπίου, καθώς δεν αφήνουν να



διαφύγει προς τα άνω η θερμότητα που απελευθερώνει η πόλη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ενώ την περίοδο των ερευνών ο αέρας της πόλης είχε θερμοκρασία 38 °C, η θερμοκρασία των μαρμάρων της Ακρόπολης έφτανε ή και ξεπερνούσε τους 54 °C, στην ασφαλτο της οδού Πατησίων καταγράφηκαν 66°C ενώ πάνω από την Ανατολική Αττική, μετρήθηκε στη λίμνη του Μαραθώνα θερμοκρασία 26 °C θερμοκρασία που δε παραπέμπει σε λίμνη.

Στα συμπεράσματα που προκύπτουν με μια πρώτη ανάλυση βεβαιώνεται ότι η Αθήνα αποτελεί μια αστική – θερμική νησίδα. Δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία στο υπεριώδες και ορατό φάσμα, η οποία συσσωρεύεται στα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένες οι κατοικίες, τα διάφορα κτίρια άλλων χρήσεων (γραφεία, εμπορικά καταστήματα, βιοτεχνίες και άλλα) και οι δρόμοι. Στη συνέχεια, η ακτινοβολία αυτή απελευθερώνεται με βραδείς ρυθμούς στην ατμόσφαιρα και είναι τόσο έντονη ώστε παρατηρείται αυτή η διαφοροποίηση στη θερμοκρασία πάνω από την πόλη σε σύγκριση με τα περίχωρα.

Το πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον τείνει να λειτουργήσει σαν μια γιγάντια παγίδα θερμότητας, που απορροφά ζέστη τη μέρα και την απελευθερώνει τη νύχτα, κάνοντας τα αθηναϊκά βράδια συχνά πολύ ζεστά σε συνδυασμό και με τη θερμότητα που εκπέμπουν οι εξωτερικές μονάδες των κλιματιστικών που λειτουργούν τις νυχτερινές ώρες [13].



Εικόνα 2.1 «Αστική νησίδα» Αττικής. Φωτογραφία από το λεκανοπέδιο με ορατό το νέφος.

### 2.1.3 Η ανάγκη για βιοκλιματική δόμηση

Ο όρος βιοκλιματική αρχιτεκτονική αναφέρεται σε έναν εναλλακτικό τρόπο κατασκευής κτιρίων ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και να γίνεται χρήση ενός αριθμού παθητικών τεχνολογιών προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα. Λέγοντας παθητικές τεχνολογίες (κυρίως ηλιακές) εννοούνται θερμαντικές ή ψυκτικές τεχνικές που παθητικά απορροφούν ή προστατεύουν από την ηλιακή ενέργεια χωρίς να διαθέτουν κινητά μέρη, (όπως είναι για παράδειγμα τα φυσικά σκίαστρα).

Τα βιοκλιματικά σπίτια χτίζονται έτσι ώστε κατά τη διάρκεια του χειμώνα να ελαχιστοποιείται η έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες και να μεγιστοποιείται το

κέρδος από τις ηλιακές ακτίνες. Αντίστροφα, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οι βιοκλιματικές οικίες σκιάζονται από τον ήλιο και διάφορες ψυκτικές τεχνικές εφαρμόζονται, συχνά με την συνεισφορά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη δόμηση υλικά που απαντώνται κατά τόπους.

Υπολογίζεται ότι οι 4,5 δις τόνοι διοξειδίου του άνθρακα από τους συνολικά 6 δις που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας μπορούν να αποδοθούν στις βιομηχανοποιημένες / αναπτυγμένες χώρες [14]. Περίπου οι μισές από αυτές τις εκπομπές οφείλονται – ξεκινούν (με τον έναν ή τον άλλο τρόπο ) στα κτίρια. Επομένως, χτίζοντας ενεργειακά αποδοτικότερα κτίρια μπορεί να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του άνθρακα ως και 60% ή και περισσότερο που μεταφράζεται σε 1,35 δις τόνους αερίων του άνθρακα. Ως συνέπεια το χτίσιμο περισσότερων βιοκλιματικών σπιτιών θα οδηγήσει στην εξοικονόμηση των συμβατικών μορφών ενέργειας και πιθανόν θα μειώσει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου, που είναι σημαντικός παράγοντας για μια οικονομία ή ακόμα αξίζει να αναφερθεί η δημιουργία νέων τομέων δραστηριοποίησης και ανάπτυξης και απασχόλησης γύρω από την κατασκευή βιοκλιματικών κτιρίων [15].

Στην Ευρώπη το ποσοστό της ενέργειας που δαπανάται στον κτιριακό τομέα περίπου τοποθετείται στο 40 - 45% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης [16]. Από αυτό περίπου τα 2/3 χρησιμοποιούνται στις ιδιωτικές κατοικίες. Η ηλιακή ενέργεια, για παράδειγμα, καλύπτει το 13% της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα κτίρια, ενώ θα μπορούσε να φτάσει σχετικά σύντομα μέχρι το 57% [17].

Στην Ελλάδα η χρήση της ενέργειας σε δημόσια ή ιδιωτικά κτίρια όπως σχολεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, αθλητικές εγκαταστάσεις αποτελεί το 30% της συνολικής εθνικής κατανάλωσης και αποδίδει περίπου το 40% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Η θέρμανση και η ψύξη των κτιρίων καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας στις κύριες χρήσεις. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μόνο το 3% των κτιρίων στην Ελλάδα κατασκευάστηκαν μετά το 1981 (οπότε και η οδηγία για την θερμομόνωση τέθηκε σε ισχύ), προκύπτει το συμπέρασμα ότι η περιορισμένη εφαρμογή μόνωσης στην πλειοψηφία των κατοικιών προκαλεί σημαντικές απώλειες ενέργειας στη χώρα [18].

Εξαιτίας αυτής της προοπτικής για σημαντική εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας καθώς και της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έλαβε μια εξέχουσα θέση στην προσοχή παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια και θεωρείται σημαντική παράμετρος στη σύγχρονη αρχιτεκτονική. Για παράδειγμα στην Ελλάδα η Αρχή για την Ορθολογική Διαχείριση της Ενέργειας και την Εξοικονόμηση Ενέργειας, που ενεργοποιήθηκε το 1998, καθορίζει τα μέτρα που θα οδηγήσουν σε μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται και που θα γίνονταν υποχρεωτικά μετά το 2007.

Ένα βιοκλιματικό κτίριο λοιπόν μπορεί να είναι τόσο λειτουργικό ώστε να καταναλώνει ακόμα και 10 φορές λιγότερη ενέργεια για θέρμανση σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο στην Ευρώπη [19]. Το επιπλέον κόστος ενός τυπικού βιοκλιματικού κτιρίου στην κατασκευή είναι συνήθως 3-5% επιπλέον, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις κάτω του 10%. Το κόστος αυτό συνήθως αποσβένεται μέσα σε λίγα

χρόνια [20]. Βιοκλιματικές τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοσθούν και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια αν και σε τέτοιες περιπτώσεις το κόστος είναι λίγο ψηλότερο. Πέρα από την επιδίωξη για ορθολογικότερη διαχείριση της ενέργειας, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική μπορεί να βελτιώσει το φωτισμό την ημέρα, και τις εσωτερικές συνθήκες άνεσης. Για παράδειγμα, σε ένα σχέδιο για φυσικό εξαερισμό σε σπίτια στην Ταϊλάνδη βρέθηκε ότι αν και η εξοικονόμηση ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες ήταν λιγότερη του 20%, η εσωτερική ποιότητα του αέρα ήταν σημαντικά καλύτερη, πράγμα που δικαιολόγησε το βιοκλιματικό σχεδιασμό [21].

#### 2.1.4 Κοινοτικές οδηγίες – Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων

Προκειμένου να προωθήσει και να υποστηρίξει τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική στον κατασκευαστικό τομέα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εκδώσει οδηγίες ώστε να πείσει τα κράτη μέλη της στην υιοθέτηση πολιτικών πιο φιλικών στο περιβάλλον. Η πιο σχετική οδηγία για βιώσιμα κτίρια ήταν η 2002/91/EC του Ευρωκοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16 Δεκεμβρίου 2002 σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Energy Performance of Buildings - EPBD). Καταληκτική ημερομηνία ορίστηκε ο Ιανουάριος του 2006, με μια περίοδο χάριτος ως τον Ιανουάριο του 2009. Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να εφαρμόσουν τις ελάχιστες απαιτήσεις για την απόδοση, να εκδώσουν πιστοποιητικά για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, να επιβάλλουν μέσω σώματος ειδικών επιθεωρητών τακτική επιθεώρηση των θερμοσυσσωρευτών και των συστημάτων κλιματισμού, και να επιβάλλουν την ενεργειακή αναβάθμιση των ήδη υπάρχοντων κτιρίων. Προκειμένου να το πετύχουν αυτό, η οδηγία προέβλεψε την υιοθέτηση μιας κοινής μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης παλιών και νέων κτιρίων, καθορίζοντας τις ελάχιστες απαιτήσεις [22].

Ακόμα παραπέρα πήγε η οδηγία 2006/32/EC σχετικά με την ενεργειακή απόδοση σε τελικούς χρήστες και με τις ενεργειακές υπηρεσίες. Κύριος στόχος αυτής της οδηγίας είναι να κάνει την τελική χρήση της ενέργειας πιο οικονομική και λειτουργική, παρέχοντας κίνητρα και νομικά πλαίσια προκειμένου να εξαλείψει τους φραγμούς της αγοράς που αποτρέπουν να συμβεί κάτι τέτοιο και επίσης να δημιουργήσει συνθήκες για την ανάπτυξη και την προώθηση στην αγορά ενεργειακών υπηρεσιών μέσω του σχηματισμού και της δραστηριοποίησης τέτοιων εταιριών (εταιρείες ενεργειακών υπηρεσιών -energy service companies - ESCO) [22].

.Το σύστημα περιβαλλοντικών ελέγχων και αξιολόγησης είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την προώθηση των βιοκλιματικών κτιρίων. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που δίνουν τη δυνατότητα αξιολόγησης και πιστοποίησης των κτιρίων,(εργαλεία/ συστήματα περιβαλλοντικής αξιολόγησης κτιρίων – ΣΠΑΚ) που αναφέρονται εκτενώς στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 3. Μια δημοφιλής μέθοδος στην Ευρώπη είναι η μέθοδος BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method, 2009) [23] που αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο τη δεκαετία του 1990 που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα κτιρίων όπως κατοικίες, γραφεία, βιομηχανικές και λιανικής πώλησης μονάδες και σχολεία, ενώ διευκρινίζει περιβαλλοντικά και βιώσιμα θέματα. Αυτά περιλαμβάνουν τη διαχείριση του κτιρίου, θέματα άνεσης και υγείας,

πρόσβασης με μέσα μεταφοράς, τη χρήση του νερού, τη διαχείριση των απορριμμάτων, την οικολογική χρήση της γης και της μόλυνσης ανάλογα με την απόδοσή του.

Η μέθοδος BREEAM προτείνει ένα ευθύ σύστημα βαθμολόγησης όπου προσμετρούνται θετικά ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η διαχείριση του κτιρίου. Τα επίπεδα αξιολόγησης διακρίνονται σε : Εγκρίνεται (36 βαθμοί), Καλό (48 βαθμοί), Πολύ καλό (60 βαθμοί), ή Άριστο (70 βαθμοί).

## 2.2 Βιοκλιματική δόμηση

### 2.2.1. Αναδρομή

Ο προσανατολισμός των κτιρίων ώστε να εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία πιο αποδοτικά, συνέβη πρώτη φορά στην Ελλάδα πριν 2500 χρόνια. Λίγους αιώνες αργότερα, τα ρωμαϊκά λουτρά χτίζονταν έτσι ώστε τα παράθυρα τους να κοιτούν προς το Νότο αφήνοντας έτσι τη ζέστη του ήλιου να εισέλθει. Στα 1200 μ.Χ., οι Ανασάζι, (πρόγονοι των Ινδιάνων Pueblo της βόρειας Αμερικής) έχτισαν κατοικίες σε απότομες βουνοπλαγιές αιχμαλωτίζοντας τον χειμερινό ήλιο.

Πιο πρόσφατα, το 1891 ο Clarence Kemp, ένας εφευρέτης από τη Βαλτιμόρη, καθιέρωσε ευρεσιτεχνία τον πρώτο εμπορικό ηλιακό θερμοσίφωνα. Το 1940 το ηλιακό σπίτι Sloan στο Σικάγο, σχεδιασμένο από τον Keck, έγινε το πρώτο σύγχρονο σπίτι που έκανε χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης. Το 1953, ο Dan Trivich του πανεπιστημίου του Wayne έκανε τους πρώτους θεωρητικούς υπολογισμούς για τις λειτουργικότητες διάφορων υλικών βασισμένους στο ηλιακό φάσμα. Το 1977, το Τμήμα Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών εγκαινίασε το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμης Ενέργειας ειδικευόμενο στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Τέλος, το 1994, ολοκλήρωσε την κατασκευή της Ερευνητικής Εγκατάστασης για την Ηλιακή Ενέργεια, που παγκοσμίως αναγνωρίστηκε ως το πιο αποδοτικό ενεργειακά κτίριο στις Ηνωμένες Πολιτείες [15].

### 2.2.2. Αρχικές έννοιες /ορισμοί – Βασικές αρχές/ στόχοι της βιοκλιματικής δόμησης

Η ενέργεια που καταναλώνεται σε ένα κτίριο αποτελεί μόνο μέρος της συνολικής ενέργειας που δαπανάται για να φτάσει στο σημείο που είναι. Συγκεκριμένα, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για ένα κτίριο περιλαμβάνει [25]:

- Ενέργεια παραγωγής ή ενσωματωμένη ενέργεια, δηλαδή η ενέργεια για την παραγωγή, συναρμολόγηση, συντήρηση, καταστροφή και ανακύκλωση των δομικών υλικών του κτιρίου.
- Προκληθείσα ενέργεια, που είναι η ενέργεια που καταναλώνεται για την κατασκευή: αρχιτέκτονες, πολιτικοί μηχανικοί, συνεργείο οικοδόμων και όσοι εργάζονται στη φάση κατασκευής.

- Ενέργεια λειτουργίας, δηλαδή η απαραίτητη ενέργεια για να διατηρηθεί ένα επίπεδο άνεσης. Συνήθως είναι μια ποσότητα που μένει σταθερή σε μακρά περίοδο χρόνου.
- «Γκρίζα» ενέργεια που αναφέρεται στις απώλειες μετατροπής που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της κατασκευής, της θέρμανσης, της ψύξης κλπ.

Δυο σημαντικές παρατηρήσεις πρέπει να γίνουν: από τη μια μεριά όπως διαπιστώθηκε από τα παραπάνω η ενέργεια που απαιτείται για ένα σπίτι δεν περιλαμβάνει απλώς την ενέργεια χρήσης όπως φάνηκε. Από την άλλη μεριά η ενέργεια χρήσης μαζί με τη γκρίζα ενέργεια είναι μεγέθη που σταθερά αυξάνουν κατά τη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου και μπορούν σημαντικά να μειωθούν αν εφαρμοσθούν οι βασικές βιοκλιματικές αρχές κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή [15].

Η ενεργειακή λειτουργικότητα ενός κτιρίου χτισμένου με βάση τις βιοκλιματικές αρχές καθορίζεται από ένα σύνολο περιβαλλοντικών, τεχνικών και χρηστικών παραγόντων. Αρχικά, η τοποθεσία ενός κτιρίου είναι μια σημαντική παράμετρος. Το γεωγραφικό πλάτος σχετίζεται άμεσα με τη μέση θερμοκρασία και είναι καθοριστικής σημασίας. Μέρη με ηπειρωτικό κλίμα έχουν αυξημένη περίοδο ξηρασίας και μεγάλη θερμική διαφοροποίηση, ενώ το Μεσογειακό κλίμα παρουσιάζει ήπιους χειμώνες και σχετικά δροσερά καλοκαίρια. Επιπλέον παράγοντες είναι το υψόμετρο που σχετίζεται με την πτώση της μέσης θερμοκρασίας. Τοπογραφική άνεση που σχετίζεται με μικροκλιματικές διαφορές, ειδικά σε σχέση με τον ήλιο και τους συνθήκες ανέμους. Η βλάστηση που προωθεί τη θερμική σταθερότητα και αυξάνει την υγρασία [27].

Συνοψίζοντας η βιβλιογραφία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αναγνωρίζει τους επόμενους παράγοντες ως βαρύνουσας σημασίας στην κατασκευή κτιρίων, είναι οι άξονες αναφοράς που στη συνέχεια θα καθορίσουν/διαμορφώσουν τις βιοκλιματικές αρχές [28]:

- Τοπογραφία: κλίση, προσανατολισμός και διαμόρφωση του εδάφους, θέαση.
- Κίνηση του ήλιου και η επίδραση του στο έτος (π.χ. αζιμούθιο).
- Κλιματικές συνθήκες όπως οι μέρες λακιάδας, οι επικρατούντες άνεμοι, η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η παρουσία σταγονιδίων νερού στον αέρα.
- Περιβαλλοντικές συνθήκες όπως ο φωτισμός και η σκίαση της τοποθεσίας.
- Η μάζα και ο όγκος, το μέγεθος του κτιρίου.
- Οι τοπικές αρχιτεκτονικές τεχνοτροπίες/ ιδιομορφίες σε συνδυασμό με τη κουλτούρα και τη παράδοση.
- Η διαθεσιμότητα και οι δυνατότητες τοπικών δομικών υλικών.

Αρκετές έρευνες ανέφεραν σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει με τη χρήση παθητικών συστημάτων, με έναν μέσο όρο 50% εξοικονόμηση στη θέρμανση χώρου ενώ στα εντυπωσιακότερα αποτελέσματα κατεγράφησαν αποτελέσματα εξοικονόμησης ως και 75%. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών που απαντώνται στις βιοκλιματικές κατασκευές

υποδηλώνουν το εξής: Δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες που να μπορούν να εφαρμοσθούν σε κάθε περίπτωση. Διαφορετικές τοποθεσίες σε διαφορετικές χώρες χαρακτηρίζονται από ένα μοναδικό σύνολο συνθηκών που με τη σειρά τους καθορίζουν έναν μοναδικό τρόπο δράσης-σχεδίασης κάθε φορά [14].

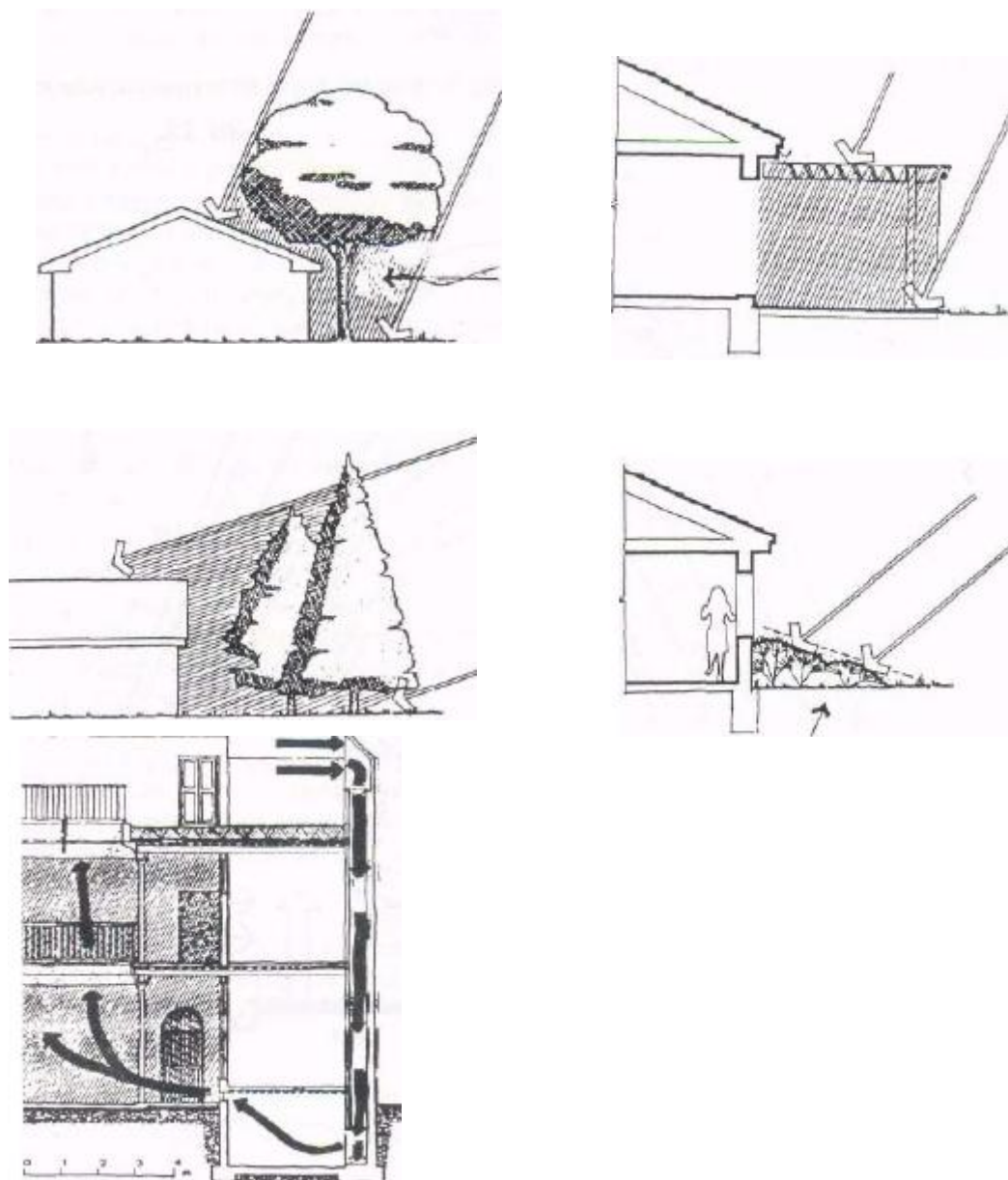
### 2.2.3. Βιοκλιματικές Αρχές

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός περιλαμβάνει τις ακόλουθες αρχές [30]:

- Προστασία του κτιρίου από τη ζέστη, χρησιμοποιώντας κατάλληλες τεχνικές που σκοπεύουν στη δημιουργία ενός «φάκελου» στο εξωτερικό του κτιρίου, ειδικά μέσω επαρκούς μόνωσης και της συμπίεσης του αέρα του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση του κτιρίου κατά τον χειμώνα και για τον φωτισμό κατά την ημέρα για όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται όπως προειπώθηκε με τον κατάλληλο προσανατολισμό του κτιρίου και ειδικά των ανοιγμάτων του, μέσω του διαμόρφωσης των εσωτερικών χώρων σύμφωνα με τις απαιτήσεις για θέρμανση, και μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία.
- Προστασία του κτιρίου από τον καλοκαιρινό ήλιο, πρωτίστως μέσω της σκίασης αλλά επίσης με κατάλληλη μεταχείριση του «φακέλου», δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στην θερμική συμπεριφορά της οροφής και αυτό λόγω της εντονότερης έκθεσης τους στον ήλιο σε σχέση με τους τοίχους.
- Έξοδος της ζέστης που συσσωρεύεται στο εσωτερικό του σπιτιού το καλοκαίρι στο εξωτερικό του με φυσικά μέσα, όπως είναι ο φυσικός εξαερισμός κυρίως τις νυχτερινές ώρες.
- Ρύθμιση και βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό του κτιρίου ώστε οι κάτοικοι να νιώθουν άνετα και ευχάριστα (αυξάνοντας για παράδειγμα την κίνηση του αέρα στο εσωτερικό).
- Χρησιμοποιώντας την απομόνωση χώρων και ελέγχοντας ταυτόχρονα τον ηλιακό φωτισμό, ώστε σε κάθε χώρο να εξασφαλίζεται επαρκής και άνετος φωτισμός, ιδανικά διανεμημένος.
- Βελτίωση μέσω του σχεδιασμού του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο, διαμορφώνοντας ειδικά τους εξωτερικούς χώρους [31].

Γίνεται κατανοητό λοιπόν ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι μια απαιτητική εργασία. Ο αρχιτέκτονας πρέπει να λογαριάσει πολλούς, συχνά ανταγωνιζόμενους παράγοντες που αφορούν όχι μόνο το κτίριο, αλλά και το περιβάλλοντα χώρο ώστε το τελικό σχέδιο που προκύπτει να εκμεταλλεύεται κάθε ιδιαίτερη συνθήκη. Όλα τα παραπάνω πρέπει να εξεταστούν διεξοδικά και σε βάθος ώστε να επιτευχθούν τα μέγιστα επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο. Σε γενικές γραμμές ένα τέτοιο βιοκλιματικό κτίριο δε θα πρέπει να προκύπτει ούτε φτηνότερο, ούτε ακριβότερο στην κατασκευή του αφού δεν απαιτεί την αγορά και εγκατάσταση σύνθετων και ακριβών συστημάτων αλλά απαιτεί απλώς και μόνο το σεβασμό των αρχών που

αναφέρθηκαν με σκοπό τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση και τη φυσική άνεση. Υπάρχουν λοιπόν πολλοί περιορισμοί αλλά και άφθονη ελευθερία κινήσεων που ανταποκρίνεται σε κάθε περίπτωση αλλά και σε κάθε υποκειμενική αισθητική [32]. Όλα αναλύονται ενδελεχώς στη συνέχεια.



Εικόνα 2.2 Ορισμένες από τις βιοκλιματικές αρχές σε μορφή εικόνας

## 2.2.4. Στοιχεία Αρχιτεκτονικής και Παθητικά Συστήματα

### Α Κλίμα και κλιματολογικές ζώνες

Η μελέτη του κλίματος ενός τόπου είναι η πρώτη βασική προϋπόθεση για το σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτιρίου. Αυτό απαιτεί τη συγκέντρωση πολλών μετεωρολογικών, γεωγραφικών, γεωλογικών, δασολογικών δεδομένων, τα οποία δυστυχώς σήμερα δε βρίσκονται συγκεντρωμένα σε μια βάση δεδομένων ανοιχτή στο ευρύ κοινό.

Πρέπει να προσεχτούν τα παρακάτω μεγέθη [33]:

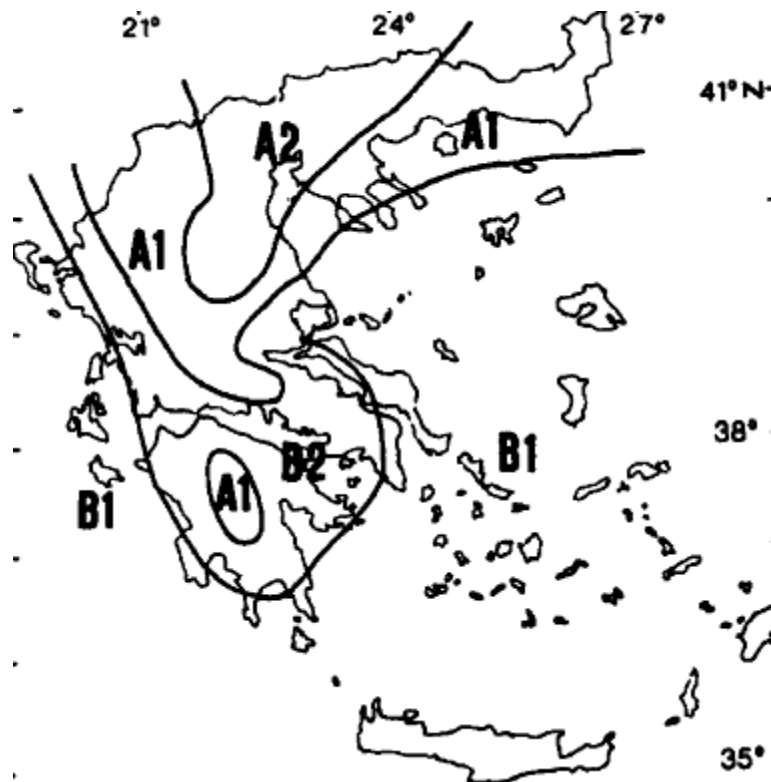
- Μέση θερμοκρασία. Θεωρείται από τα σημαντικότερα στοιχεία διαμόρφωσης του κλίματος μιας περιοχής. Εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, τη γειτνίαση με θάλασσα και άλλους δευτερεύοντες παράγοντες. Η μέση ετήσια θερμοκρασία παρουσιάζει συνήθως απλή κύμανση με ελάχιστες τιμές τον Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο και μέγιστες τιμές τον Ιούλιο ή τον Αύγουστο.
- Απόλυτες μέγιστες ή ελάχιστες θερμοκρασίες Η γνώση αυτών των τιμών έχει μεγάλη σημασία τόσο από κλιματική άποψη όσο και από άποψη πρακτικής εφαρμογής κυρίως λόγω των δυσμενών τους επιπτώσεων (π.χ. παγετοί και καύσωνες)
- Υγρασία. συσχετίζεται με την υγιεινή αξία του κλίματος και την θερμική άνεση. Κύριος ρυθμιστής της είναι το ανάγλυφο του εδάφους, η παρουσία υδάτινων πηγών ή μαζών, καθώς και η υγρότητα ή ξηρότητα των επικρατούντων ανέμων.
- Βροχόπτωση και Ημέρες βροχής. Η βροχή και όλα τα ατμοσφαιρικά δεδομένα που μπορούν να σχετιστούν με αυτήν και λογαριάζεται για πολλούς λόγους μεταξύ των οποίων και η υδροδότηση κατοικημένων περιοχών. Από ομβρομετρικής άποψης η Ελλάδα μπορεί να διαιρεθεί σε 2 τμήματα : το δυτικό με άφθονες βροχές και το ανατολικό με λιγότερες. Όμοια συγκαταλέγονται οι ημέρες χιονιού, χαλαζιού, ομίχλης και καταιγίδας.
- Μέση Συννεφιά. Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες με μικρή νέφωση και μεγάλη ηλιοφάνεια. Η νέφωση εμποδίζει μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας να φτάσει στη γη και μέρος της γήινης θερμότητας να διαφύγει στην ατμόσφαιρα.
- Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου. Ο άνεμος είναι η ανεξάντλητη πηγή αιολικής ενέργειας και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό.
- Πίεση: το βασικό αίτιο δημιουργίας των ανέμων, συντελεί στη διαμόρφωση καιρικών συστημάτων και ατμοσφαιρικών διαταραχών. Στην Ελλάδα, κυριαρχούν δύο αντικυκλωνικά συστήματα που φέρουν υψηλές πιέσεις που σε συνδυασμό με τις χαμηλές πιέσεις της Μεσογείου επηρεάζουν το κλίμα της περιοχής. Ο λόγος γίνεται για τον αντικυκλώνα του Ατλαντικού και τον σιβηρικό αντικυκλώνα.
- Ηλιοφάνεια που διακρίνεται σε θεωρητική και πραγματική.
- Βαθμοημέρες Θέρμανσης και Δροσισμού. Ο αριθμός Βαθμοημερών αντιστοιχεί στη θετική απόκλιση μιας συγκεκριμένης τιμής θερμοκρασίας που λαμβάνεται ως βάση και στη μέση τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας για αυτήν την ημέρα. Η θεωρία των βαθμοημερών επιτρέπει τον υπολογισμό της κατανάλωσης με



απλοποιημένο τρόπο και την πραγμάτωση ορισμένων ελέγχων που αφορούν στην θερμική συμπεριφορά των κτιρίων.

Μία από τις πολλές μελέτες που έχουν γίνει πάνω στο θέμα, βασισμένη στη μέθοδο του Givoni για τη Βιοκλιματική Χάρτα Κτιρίων και στο υπολογιστικό πρόγραμμα ESP (Energy Simulation Computer Program) διαιρούν την Ελλάδα σε 4 κλιματικές ζώνες [34]:

- A1: ψυχρός χειμώνας, ήπιο, ξηρό καλοκαίρι
- A2: ψυχρός χειμώνας, ζεστό, ξηρό καλοκαίρι
- B1: ήπιος χειμώνας, ήπιο, υγρό καλοκαίρι
- B2: ήπιος χειμώνας, ζεστό, ξηρό καλοκαίρι



Εικόνα 2.3. Χάρτης της Ελλάδος με χαραγμένες τις κλιματικές ζώνες

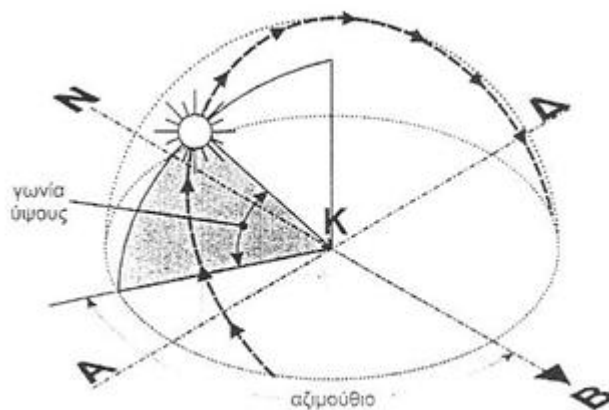
### Β΄ Ήλιος, ηλιακή γεωμετρία

Το βασικό στοιχείο που πρέπει να γνωρίζει ο μελετητής για να διερευνήσει τις συνθήκες ηλιασμού κατά τη μελέτη ενός κτίσματος είναι η διεύθυνση των ηλιακών ακτινών σε διαφορετικές ώρες και ημέρες του έτους, ως προς ένα σημείο K, στο οποίο υποτίθεται ότι βρίσκεται το κτίσμα.

Η φαινόμενη διαδρομή του ηλίου ως προς το σημείο αυτό κατά τη διάρκεια της μέρας μπορεί να απεικονιστεί όπως στο σχήμα. Η διεύθυνση των ηλιακών ακτινών μπορεί να βρεθεί και να αποτυπωθεί στα αρχιτεκτονικά σχέδια, με τη βοήθεια δύο γωνιών, που αντιστοιχούν στα σχέδια της κάτοψης (αζιμούθιο) και της τομής (γωνία ύψους).

Καθώς η φαινόμενη διαδρομή του ηλίου πάνω από τον ορίζοντα αλλάζει από ημέρα σε ημέρα, η διεύθυνση των ηλιακών ακτινών ως προς το σημείο K είναι διαφορετική για κάθε ημέρα και ώρα του έτους.

Στις 21 Ιουνίου γίνεται η μεγαλύτερη φαινόμενη διαδρομή, οπότε και είναι η μεγαλύτερη μέρα του έτους (θερινό ηλιοστάσιο). Στις 22 Μαρτίου και 23 Σεπτεμβρίου η διαδρομή ξεκινά ακριβώς από την Ανατολή και καταλήγει ακριβώς στη Δύση, με τη μέρα και τη νύχτα να έχουν ακριβώς την ίδια διάρκεια (ισημερίες)



Εικόνα 2.4. Διαδρομή του Ήλιου

-Εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα – φυσικός φωτισμός.

Η 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου θεωρείται η μέρα του χειμώνα με τη μικρότερη διάρκεια ως προς την εμφάνιση του ηλιακού φωτός, συνεπώς, εάν τη μέρα αυτή εξασφαλίζεται επαρκής ηλιασμός του κτιρίου τότε, σίγουρα εξασφαλίζεται και τον υπόλοιπο χειμώνα και μάλιστα αυξημένος σε διάρκεια και ένταση.

Η οπτική άνεση στον εσωτερικό χώρο εξαρτάται από τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες του χώρου σε φωτισμό, σε συνάρτηση πάντοτε με τη χρήση και τις λειτουργικές απαιτήσεις του χώρου. Τα προτεινόμενα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού ποικίλουν από χώρα σε χώρα για διάφορους λόγους. Λόγω της συνεχώς μεταβαλλόμενης έντασης του εξωτερικού διαθέσιμου φωτισμού είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί ο εσωτερικός φωτισμός με όρους φωτομετρικούς (lux ) κάθε στιγμή. Ο λόγος όμως του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο στον εσωτερικό χώρο – συνήθως στο επίπεδο εργασίας- προς τον αντίστοιχο φωτισμό στο ύπαιθρο από τον

ανεμπόδιστο ουράνιο θόλο είναι σταθερός. Αυτός ο σταθερός λόγος, εκφρασμένος επί % λέγεται συντελεστής φυσικού φωτός και χρησιμεύει για τον προσδιορισμό της ελάχιστης οπτικής απαίτησης για συγκεκριμένη χρήση του χώρου.

Στα συστήματα φυσικού φωτισμού, θα αναφερθούν α) στο εξωτερικό ή εσωτερικό ράφι ανάκλασης β) στους φωτοσωλήνες γ) στα ηλιοστάσια. Η λειτουργία του ραφιού στηρίζεται στη μείωση του επιπέδου φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αύξησή του στο πίσω μέρος του χώρου, προσπάθεια που αποσκοπεί στην αύξηση της ομοιογένειας. Το υλικό του πρέπει να έχει υψηλό συντελεστή ανάκλασης.

Η βασική μορφή ενός φωτοσωλήνα είναι ένας απλός κενός σωλήνας μέσα στον οποίο ταξιδεύει μια δέσμη φωτός που συλλέγεται σε κάποιο ηλιοστάσιο. Στο εσωτερικό του μπορεί να υπάρχουν αμφίκυρτοι φακοί για να διατηρούν συγκεντρωμένη τη φωτεινή δέσμη. Κάθε τέτοιος φακός προκαλεί μικρή απώλεια φωτός η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν. Ιδιαίτερα αποτελεσματικοί είναι οι φωτοσωλήνες, στο εσωτερικό των οποίων υπάρχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες.

Τα ηλιοστάσια αποτελούνται από συστήματα κατόπτρων και φακών τα οποία συλλέγουν και συγκεντρώνουν το φυσικό φως. Τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων και η θέση τους ρυθμίζεται ανάλογα με τη διεύθυνση φυσικού φωτός ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας.

Υπάρχουν και άλλα συστήματα φυσικού φωτισμού όπως είναι οι πρισματικοί ακριλικοί υαλοπίνακες, τα σκίαστρα Koester, το σύστημα Fisch, το σύστημα Inglas – Y, και το σύστημα Lif.

-εξασφάλιση προστασίας από τον ήλιο το καλοκαίρι - Σκίαση.

Η ηλιοπροστασία των κτιρίων μειώνει την επιβάρυνση τους από πρόσθετη θερμότητα που οφείλεται στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με βλάστηση και δέντρα φυλλοβόλα, σε περίπτωση που το ύψος του κτιρίου μπορεί να το επιτρέψει. Σε ψηλότερα κτίρια απαιτείται η σκίαση των ανοιγμάτων των προσανατολισμένων προς το Νότο, στην Ανατολή και στη Δύση ή σε ενδιάμεσους προσανατολισμούς. Η σκίαση επιτυγχάνεται με προεξοχές του ίδιου του κτιρίου, οριζόντιες, κατακόρυφες ή σε μορφή εσχάρας ή πέργκολας.

Μολονότι τα παράθυρα καλύπτουν κατά κανόνα σχετικά μικρό ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά, επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν μικρή αντίσταση στο πέρασμα της θερμότητας και απαραίτητα χρειάζονται ηλιοπροστασία.

Η μελέτη της ηλιοπροστασίας πρέπει να λογαριάζει τις ανάγκες του φυσικού φωτισμού και του χειμερινού ηλιασμού για την παθητική θέρμανση του χώρου. Ειδικά ο φυσικός φωτισμός μπορεί να περιορίσει την ανάγκη ηλεκτροφωτισμού και συνεπώς τα εσωτερικά θερμικά κέρδη το καλοκαίρι.

Τα δέντρα και οι θάμνοι και τα αναρριχητικά φυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο. Τα φυλλοβόλα δέντρα προστατεύουν μεγάλες επιφάνειες του κτιρίου το καλοκαίρι αλλά αφήνουν τον ήλιο να περάσει το χειμώνα. Σε θερμές περιοχές, ένα σπίτι που η σκέπη του σκιάζεται μπορεί να είναι κατά 12 °C πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Η σκίαση είναι αποτελεσματική όταν γίνεται πριν εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβιστεί

μέσω των υαλοπινάκων στο χώρο, άρα προτιμώνται πάντα τα εξωτερικά σκίαστρα. Παράλληλα η χρήση κινητών σκιάστρων δίνει τη δυνατότητα σκίασης των ανοιγμάτων όταν κρίνεται απαραίτητη. Εν γένει όμως τα εξωτερικά κινητά σκίαστρα είναι ακριβότερα. Στον ανατολικό προσανατολισμό, αν το κτίριο αερίζεται καλά κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να επαρκούν απλώς οι οριζόντιες εσωτερικές περσίδες. Το ίδιο ισχύει εν γένει και για το νότιο προσανατολισμό. Ο βόρειος προσανατολισμός δεν έχει ιδιαίτερη ανάγκη σκίασης.

Από τη στιγμή που αποτελούν στοιχεία των όψεων, τα συστήματα σκίασης υφίστανται διάφορες καταπονήσεις από τα καιρικά φαινόμενα, τις θερμοκρασιακές διαφορές, την ηλιακή ακτινοβολία καθώς και τις επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η σημαντικότερη μηχανική καταπόνηση είναι δυναμικής φύσεως και οφείλεται στον άνεμο. Οι στατικές καταπονήσεις (χιόνι, ίδιον βάρος) είναι μικρής σημασίας και συνήθως προβλέψιμες. Οι συνδέσεις υφίστανται διαρκείς κραδασμούς και υγρασία που επιτείνει τη διάβρωση λόγω ηλεκτρόλυσης, εξαιτίας της επαφής ανόμοιων υλικών ώστε σταδιακά οι συνδέσεις χαλαρώνουν.

Ειδικότερα οι συνιστώμενες τεχνικές σκίασης συνοψίζονται στις εξής :

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό.
- Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: συνιστώνται για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα.
- Εξωτερικά κινητά σκίαστρα: πρόκειται για μεταλλικές περσίδες οριζόντιες αν πρόκειται για οριζόντιο προσανατολισμό ή κάθετες για ανατολικό ή δυτικό.
- Εσωτερικά κινητά σκίαστρα: όπως είναι τα βενετσιάνικα στόρια για νότιους, ανατολικούς ή δυτικούς προσανατολισμούς.

Ειδικά διάτρητα ρολά, κατάλληλα για όλους τους προσανατολισμούς, είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά. Το ύφασμα τους αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου σε αραιή ύφανση και μειώνουν την εισερχόμενη ακτινοβολία ως και 70 – 80%. Έχουν όμως ιδιαίτερα ψηλό κόστος.

Σκίαση από δέντρα, τεχνική στην οποία θα δίνεται έμφαση. Κρίνεται πολύ αποτελεσματική στον δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό. Χρησιμοποιούνται κυρίως φυλλοβόλα δέντρα και η βλάστηση που δημιουργείται ευθύνεται για τη δημιουργία ευχάριστου μικροκλίματος. Ένα δέντρο ή μια συστάδα δέντρων που δρα ως ανεμοφράκτης προστατεύει μια επιφάνεια ανάλογα με το πόσο ψηλός είναι. Οι πυκνοί ανεμοφράκτες από υψηλή βλάστηση προσφέρουν μεγάλη μείωση της ταχύτητας του ανέμου αλλά για μικρή απόσταση πίσω τους. Τα πυκνά δέντρα και οι θάμνοι στο δυτικό προσανατολισμό βοηθούν στον καλοκαιρινό σκιασμό του κτιρίου. Τα κοντά και πλατιά δέντρα προσφέρουν προσφορότερο σχήμα σκιάς, τόσο το θέρος όσο και το χειμώνα. Το καλοκαίρι μια πυκνή κάλυψη από αναρριχώμενα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του τοίχου και κατά συνέπεια μειώνει την εξωτερική θερμοκρασία του κελύφους. Ένα καλά αρδευόμενο γρασίδι καταναλώνει τους θερμούς μήνες μέσω της εξάτμισης ως και το 80% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας [33].

### Γ Παθητική Θέρμανση και Δροσισμός

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν κυρίως κατά τέσσερις τρόπους :

- Από το εσωτερικό μέρος τους. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου. Είναι απλή κατασκευή, φτηνή λύση και δεν απαιτεί χρόνο κατασκευής. Ο χώρος θερμαίνεται πολύ γρήγορα αλλά και ψύχεται επίσης, ενώ δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα των θερμογεφυρών και μειώνεται ο εσωτερικός χώρος.
- Από το εξωτερικό μέρος του. Εδώ ο εσωτερικός χώρος δε μειώνεται καθόλου και επίσης εκμεταλλευόμαστε και τη θερμοχωρητικότητα του τοίχου. Το πρόβλημα των θερμογεφυρών αντιμετωπίζεται, ωστόσο είναι ακριβότερη λύση, απαιτεί χρόνο και προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις.
- Θερμομόνωση με χρήση ειδικών θερμομονωτικών τούβλων. Εξασφαλίζεται συγκεκριμένος συντελεστής θερμοχωρητικότητας ανάλογα με τους κανονισμούς ή και τις επιπλέον ανάγκες που μπορεί να υπάρχουν. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων η κατάλληλη στενότητα, ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των τούβλων.
- Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ των δύο τοίχων. Η μέθοδος αυτή είναι και η δημοφιλέστερη στη χώρα μας. Εξασφαλίζεται θερμομόνωση αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται η στατική αντοχή του κτίσματος ωστόσο η μέθοδος επιδέχεται βελτίωση [33].
- Στα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται αναφέρονται τα εξής:
- Εξηλασμένη πολυστερίνη. Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και είναι μη ανακυκλώσιμο υλικό. Ευθύνεται για τη διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον και έχει επιπτώσεις στην υγεία. Επίσης πάνω του αναπτύσσονται ισχυρά ηλεκτροστατικά πεδία και απαγορεύει κάθε δυνατότητα διαπνοής του κτιρίου.
- Πολυουρεθάνη. Επίσης προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και δεν ανακυκλώνεται, δεν επιτρέπει τη διαπνοή και απελευθερώνει αμίνες – επικίνδυνες ουσίες για τον άνθρωπο.
- Υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας. Προέρχεται από μη ανανεώσιμα υλικά που βρίσκονται όμως σε αφθονία στη φύση. Μολύνει με ρύπους μόνο κατά την παραγωγή του και κατατάσσεται στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά.
- Περλίτης. Προέρχεται από μη ανανεώσιμο υλικό με διαθεσιμότητα στη φύση όμως, ενώ ανακυκλώνεται μερικώς. Δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες και γενικά, είναι καλό θερμομονωτικό υλικό.
- Το Heraklith. Είναι αποδεκτό υλικό και ανανεώσιμο. Απαιτεί λιγότερη ενέργεια για τη παραγωγή του σε σχέση με άλλα ενώ στα πλεονεκτήματά του είναι ότι η Ελλάδα είναι χώρα παραγωγός του μαγνησίου. Δεν έχει επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων, παρουσιάζει όμως μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Ο διογκωμένος φελλός. Προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, είναι πλήρως ανακυκλώσιμο και παρουσιάζει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κατά την

παραγωγή του Είναι απόλυτα φιλικό στο περιβάλλον και υγιεινό αλλά είναι πιο ακριβό από άλλα υλικά.

Τέλος, αξίζει να αναφερθούν εξαιρετικά οικολογικά υλικά, φιλικά στο περιβάλλον και στον άνθρωπο που θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι τα λινάρωμαλλο, ρολό από ίνες κοκοφοίνικα, μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού, Τζίβα, διογκωμένος (σε κόκκους) άργιλος [33].

Σχετικά με μεθόδους Εναλλακτικής θέρμανσης περιγράφονται εν συντομία τα βιοκλιματικά τζάκια και σόμπες. Η θαλπωρή που δημιουργούν τα τζάκια είναι σχετική, γιατί το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας χάνεται με τα καυσαέρια μέσω της καμινάδας και μόνο ένα μικρό μέρος της ενέργειας, περίπου 10%, ζεσταίνει το χώρο μέσω της άμεσης ακτινοβολίας της φλόγας. Ακόμα για να μην καπνίζει το τζάκι, η καμινάδα – αν είναι καλά φτιαγμένη- δημιουργεί ισχυρά ρεύματα κρύου αέρα από τα παράθυρα προς την εστία [33].



**Εικόνα 2.5 Βιοκλιματικό τζάκι**

Παρατίθενται κάποια στοιχεία για τις αποδόσεις, όπως καταγράφονται από τον αρχιτέκτονα Robert Chareye [33].

**Πίνακας 2.1 Αποδόσεις τζακιών και σομπών, απόδοση διαφόρων τύπων καυσόξυλων**  
**ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ - ΤΖΑΚΙΑ ΚΑΙ ΣΟΜΠΕΣ**

<b>ΤΖΑΚΙΑ</b>	<b>ΑΠΟΔΟΣΗ</b>	<b>ΣΟΜΠΕΣ</b>	<b>ΑΠΟΔΟΣΗ</b>
1 Ανοικτής εστίας	0,1	Μη-αεροστεγής	0,3
2 Ανοικτής εστίας με φυσική κυκλοφορία ζεστού αέρα	0,2	Αεροστεγής	0,5
3 Κλειστής εστίας με φυσική ή τεχνητή κυκλοφορία αέρα ή νερού	0,7	Αντίστροφης έλξης καυσαερίων, με θυρίδες	0,6
4 Κλειστής εστίας με προθέρμανση αέρα	0,8	Αεροστεγής με καταλυτικό φίλτρο	0,9
<b>ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΑΥΣΟΞΥΛΩΝ</b>			
Ελάτη		4.900 Kcal/Kg	
Πεύκη		4.800 Kcal/Kg	
Δρυς		4.700 Kcal/Kg	
Οξιά		4.700 Kcal/Kg	
Άλλα πλατύφυλλα		4.200 Kcal/Kg	
Ελαιόδεντρα		4.100 Kcal/Kg	
Φρύγανα		4.000 Kcal/Kg	

Εναλλακτικές μέθοδοι δροσισμού μπορούν να παρέχουν παρόμοιες συνθήκες εσωτερικού χώρου με αυτές που προσφέρουν τα συμβατικά κλιματιστικά που λειτουργούν με συμπίεση. Ακόμα και σε περιπτώσεις που τα συμβατικά κλιματιστικά κρίνονται απαραίτητα, οι εναλλακτικές μέθοδοι προσφέρουν τη δυνατότητα μικρότερων εγκαταστάσεων και μείωσης του χρόνου λειτουργίας. Σε σύγκριση με την παθητική ηλιακή θέρμανση, ο φυσικός δροσισμός έχει μόνο πρόσφατα αποτελέσει αντικείμενο έρευνας και ανάπτυξης, στο βαθμό που δεν εντασσόταν στις φυσικές προτεραιότητες των ανεπτυγμένων χωρών του Βορρά.

Σήμερα, το πρόβλημα της εξεύρεσης αποδοτικών εναλλακτικών λύσεων στον κλιματισμό έχει επιλυθεί ως ένα βαθμό. Υπάρχουν πολλά συστήματα και διάφορα συστήματα θα είχαν σημαντικό εμπορικό ενδιαφέρον αν αναπτύσσονταν και προωθούνταν στην αγορά. Μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δυο κύριες κατηγορίες: Αυτές που περιορίζουν ή μετακυλούν χρονικά τα θερμικά και ηλιακά κέρδη και αυτές που απορρίπτουν την πλεονάζουσα θερμότητα σε έναν αποδέκτη θερμότητας. Για παράδειγμα, ο αερισμός μεταφέρει τη θερμότητα στο εξωτερικό περιβάλλον, η εξάτμιση στους υδρατμούς, η ακτινοβολία στον ουρανό και η αγωγή στο έδαφος.

Ο περιβάλλον χώρος του κτιρίου μπορεί να διαμορφωθεί ώστε να βελτιωθεί το μικροκλίμα. Η βλάστηση και πάλι παρέχει ηλιοπροστασία και πολύ περισσότερο φυσικό δροσισμό από εξάτμιση. Άλλα μέτρα που προκαλούν εξάτμιση είναι η χρήση τεχνητών λιμνών, πιδάκων και σιντριβανιών ή μικρών καταρρακτών.

Η διάκριση του κτιρίου σε θερμικές ζώνες συστήνεται ως τακτική προστασίας των ζωτικών χώρων, ενώ η διάταξη των χώρων καθορίζει τη δυνατότητα διαμερούς

αερισμού. υπαίθριοι και ημιυπαίθριοι χώροι, όπως μπαλκόνια, στοές και αυλές μπορούν να διαμορφώσουν το μικροκλίμα, να κατευθύνουν τον άνεμο και να προστατεύσουν από τον ήλιο ανοίγματα και τοίχους.

Ο νότιος προσανατολισμός των υαλοστασίων επιτρέπει τον εύκολο σκιασμό τους, ενώ ο δυτικός επιβαρύνει σημαντικά το φορτίο δροσισμού στα κτίρια στη διάρκεια των ζεστών απογευματινών ωρών. Τα νότια κατακόρυφα υαλοστάσια δέχονται λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και περισσότερη τον χειμώνα.

Τα φυτά και τα δέντρα εκτός από την ηλιοπροστασία το καλοκαίρι και την ανεμοπροστασία το χειμώνα που προαναφέρθηκαν, λόγω του μηχανισμού της εξατμισο-διαπνοής, την αποβολή δηλαδή υδρατμών από τα φύλλα τους, συμβάλλουν στο δροσισμό. Ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο κατά τη διάρκεια μιας θερινής μέρας, εξατμίζει περίπου 1460 κιλά νερού και ο δροσισμός που πετυχαίνει είναι ισοδύναμος με τη λειτουργία 5 μικρών κλιματιστικών.

Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή του, διότι παρουσιάζει ειδικά κατασκευαστικά προβλήματα. Προχειρότητα και κακώς εννοούμενη οικονομία οδηγούν σε αποτυχία και δημιουργούν επιφυλάξεις για τα αποτελέσματα. Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι ένα φυτεμένο δώμα συνδέεται ποικιλοτρόπως με το κτίριο και ασκεί διάφορες επιδράσεις σε αυτό, ενώ δεν έχει καμιά σύνδεση με το έδαφος.

Βασικές παράμετροι για την κατασκευή δώματος, έτσι ώστε αυτό να μπορεί να δημιουργηθεί κήπος σε αυτό είναι [33]:

- Η φέρουσα κατάσταση να είναι ικανή να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία του κήπου.
- Η κατασκευαστική επικάλυψη του δώματος (φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση) να είναι ικανή να δεχτεί την κατασκευή κήπου επάνω της.
- Ο διαχωρισμός της κατασκευαστικής επικάλυψης του δώματος από τη κατασκευή του κήπου για την προστασία της, τόσο από τις διάφορες μηχανικές και χημικές επιδράσεις όσο κυρίως και από την διείσδυση των ριζών των φυτών σε αυτήν.
- Η πληρότητα στην κυρίως κατασκευή του κήπου, που θα αποτελείται από όλες τις απαραίτητες στρώσεις.
- Η επιλογή φυτών ικανών να αναπτύσσονται στις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στα δώματα.
- Η πρόβλεψη για την άρδευση και την απορροή του πλεονάζοντος νερού, όσο και των όμβριων.
- Η προστασία από τους ανέμους.

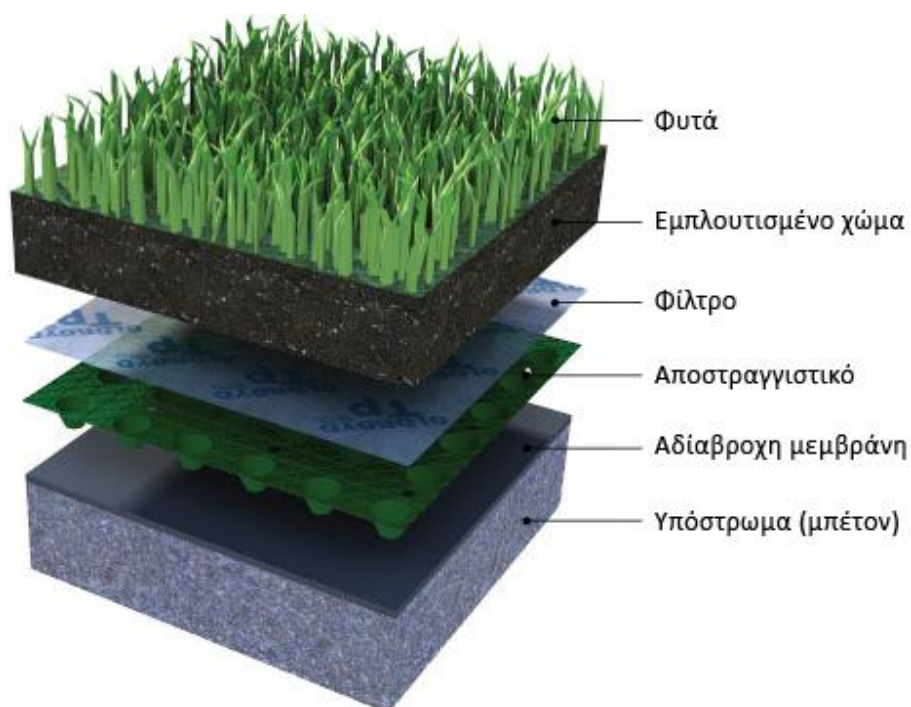
Επιπλέον η καλή λειτουργία του κήπου απαιτεί την κατασκευή κυρίως τριών στρώσεων, κάθε μια από τις οποίες εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό. Οι στρώσεις αυτές είναι :

- Η στρώση αποστράγγισης. Συνήθως αποτελείται από διογκωμένη άργιλο, χαλίκια, ελαφρόπετρα ή κόκκους περλίτη και έχει ως στόχο να συγκρατεί την απαραίτητη για την ανάπτυξη των φύλλων ποσότητα νερού και να απομακρύνει την πλεονάζουσα.



- Η στρώση φύτευσης που αποτελείται από μία στρώση χώματος ή μείγματος χώματος με άλλα πρόσμεικτα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά.
- Το διαχωριστικό φίλτρο μεταξύ των στρώσεων φύτευσης και αποστράγγισης, που εμποδίζει να περάσουν στην αποστραγγιστική στρώση και να δυσχεράνουν τη λειτουργία της. Ως φίλτρα χρησιμοποιούνται συνήθως μεμβράνες από υαλώδεις ίνες ή ίνες πολυπροπυλενίου.

Μεταξύ κηπευτικού και δομικού τμήματος επάνω από την στεγανωτική στρώση του δομικού τμήματος τοποθετείται ειδική ασφαλική μεμβράνη προστασίας από τις ρίζες με σπλισμό υαλοπιλήματος. [33]



Εικόνα 2.6 Διάφορες στρώσεις για τη δημιουργία ενός φυτεμένου δώματος



Εικόνα 2.7 Δημιουργία φυτεμένου δώματος στην οροφή κτιρίου

Τέλος, κλείνοντας το κομμάτι της θέρμανσης και του δροσισμού, επιβάλλεται μια αναφορά στα Επιχρίσματα και στα Κρύσταλλα. Στη περιοχή της Μεσογείου τα κτίρια είναι βαμμένα με ανοιχτά χρώματα για να αντανakλούν μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και να μειώνουν τη θερμοκρασία του κτιριακού κελύφους.

Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου καθορίζει και το ποσό της θερμότητας που θα μεταδοθεί από τους τοίχους και την οροφή προς το εσωτερικό του κτιρίου, ενώ καθορίζει και τη θερμοκρασία του στρώματος αέρα που περιβάλλει το κτίριο και τελικά διεισδύει σε αυτό.

Κρύσταλλα ειδικής τεχνολογίας είναι ικανά να περιορίσουν το ψυκτικό φορτίο μειώνοντας κυρίως τη διαπερατότητα και δευτερευόντως την απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα ανακλαστικά κρύσταλλα καλύπτονται από λεπτή στρώση οξειδίου μετάλλου. Τα απορροφητικά μειώνουν τη διαπερατότητα της ακτινοβολίας και αυξάνουν, μετά την απορρόφηση, την εκπομπή προς τα έξω. Καθώς, όμως το ορατό φάσμα της ακτινοβολίας χρειάζεται για το φυσικό φωτισμό, τα κρύσταλλα τελευταίας τεχνολογίας επιτρέπουν την επιλεκτική διέλευση της ακτινοβολίας.

Οι πρόοδοι που σημειώθηκαν τα τελευταία χρόνια βασίστηκαν στα κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής (Low- e) που είναι σχεδόν αδιαπέραστα από την υπέρυθρη ακτινοβολία (θερμή ακτινοβολία, κυρίως προερχόμενη από γειτονικά κτίρια), ενώ μειώνουν λίγο την ηλιακή ακτινοβολία. Τα πιο πρόσφατα προϊόντα, κρύσταλλα πράσινης ή μπλε απόχρωσης, που είναι σχεδόν αδιαπέραστα σε ευρύτερο φάσμα υπέρυθρης ακτινοβολίας, θα παρέχουν υψηλό αισθητικό αποτέλεσμα και περιορισμό των ηλιακών κερδών κατά 30 -50%.

Η έρευνα στην τεχνολογία των κρυστάλλων εστιάζεται τώρα σε προϊόντα με ρυθμιζόμενες ηλιακές και οπτικές ιδιότητες. Η συμπεριφορά τους θα προσαρμόζεται στις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες και μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας [33].

### Δ Συστήματα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας

Στα συστήματα τεχνητού φωτισμού σημειώνεται πρόσφατα μεγάλη πρόοδος. Ήδη αποτελούν παρελθόν οι ενεργοβόρες λάμπες πυράκτωσης των 100 W, λόγω της απαγόρευσης διάθεσης από τα καταστήματα των χώρων –μελών της ευρωπαϊκής Ένωσης και θα ακολουθήσουν στη συνέχεια και λαμπτήρες χαμηλότερης κατανάλωσης. Οι νέες τεχνολογίας λαμπτήρες αν και ακριβότεροι στην αγορά τους προς το παρόν, έχουν 8 ως 15 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καταναλώνουν 4 ως 5 φορές λιγότερη ενέργεια. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι εκφράζονται επιφυλάξεις για το υψηλό επίπεδο υδραργύρου που περιέχουν οι νέες λάμπες και τους πιθανούς κινδύνους για την υγεία.

Στο μέλλον, θα επεκταθεί και η χρήση ανιχνευτών παρουσίας, με ενσωματωμένο διακόπτη. Ένας τέτοιος διακόπτης δίνει εντολή να σβήσουν τα φωτιστικά, όταν ο χώρος που ελέγχει είναι κενός και να ανάψουν και πάλι, όταν κάποιος επισκεφτεί το χώρο. Έτσι με απλό και αποτελεσματικό τρόπο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας κατά το ένα τρίτο τουλάχιστον. Επιπλέον, όταν ο φωτισμός είναι επαρκής - κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης μέρας δίνει εντολή να μην ανάψουν τα φώτα, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας ως και 45% [13].



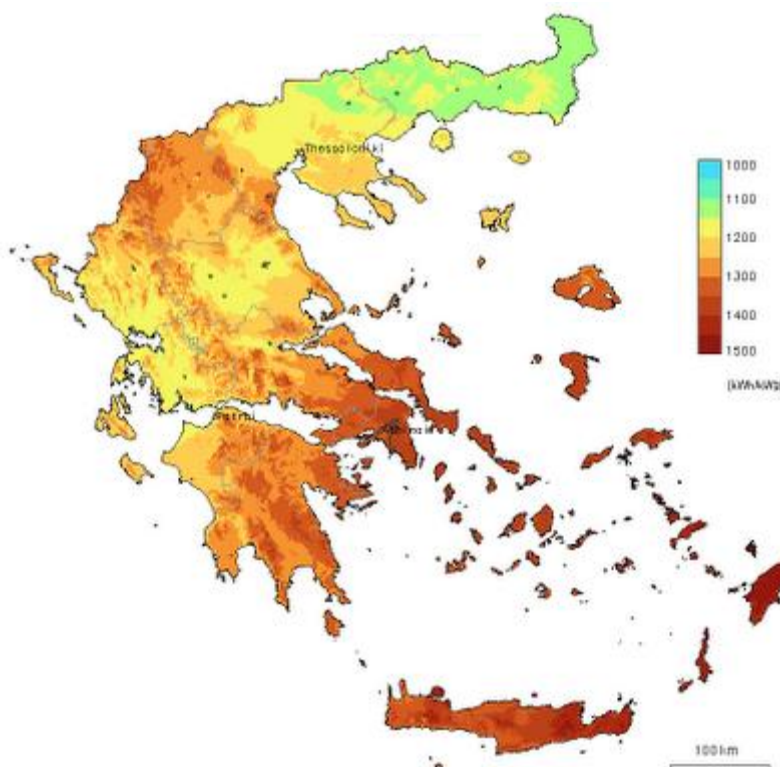
Εικόνα 2.8 Ένας διακόπτης με ενσωματωμένο ανιχνευτή κίνησης.

Η ενσωμάτωση Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου είναι μια τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος, καθώς η τεχνολογία αυτή αναπτύσσεται ραγδαία ενώ το κόστος των Φ/Β στοιχείων μειώνεται. Σήμερα έχουν αναπτυχθεί Φ/Β στοιχεία κατάλληλα για στέγες και προσόψεις κτιρίων, το πάχος τους συνεχώς μειώνεται, ενώ πλέον κατασκευάζονται αρκετά εύκαμπτα ικανά ακόμα και να τυλιχτούν σε ρολό [13].



Εικόνα 2.9 Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο κτιριακό περιβάλλον

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι Φ/Β στοιχείων είναι τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου και τα άμορφα πολυκρυσταλλικά που διαφέρουν μεταξύ τους τόσο στον τρόπο κατασκευής τους όσο και στα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, εμφάνιση, ανακλαστικότητα κτλ.)



**Εικόνα 2.10** Χάρτης της Ελλάδος χρωματισμένος ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται από τον ήλιο

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία, τους συσσωρευτές για την αποθήκευση της ενέργειας και το σύστημα μετατροπής της ισχύος. Πιο διαδεδομένος τύπος συσσωρευτή σήμερα είναι τύπου μολύβδου – οξέος, ανοικτού ή κλειστού τύπου, ειδικά σχεδιασμένοι για ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για την μετατροπή της ισχύος χρησιμοποιούνται μετατροπείς ισχύος, ή αντιστροφής συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο και ρυθμιστές φόρτισης.

Οι βασικοί τύποι εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων είναι οι εξής:

- Αυτόνομο σύστημα: Έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος.
- Σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο. Αποτελείται από μια συστοιχία Φ/Β στοιχείων, η οποία συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω αντιστροφέα. Συνήθως, σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, όπου η ζήτηση φορτίου είναι χαμηλή, το δίκτυο χρησιμοποιείται ως μέσο προσωρινής αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών μειώνοντας το κόστος.

- Υβριδικό σύστημα: Το σύστημα είναι αυτόνομο και λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. μια ανεμογεννήτρια).
- Σύστημα μικρής ισχύος: Εγκαθίσταται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιείται συχνά για τη λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για τη κυκλοφορία του νερού ή του αέρα. Δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση ενέργειας.

Η χρήση των Φ/Β πλαισίων ως λειτουργικών δομικών στοιχείων ενός κτιρίου διαμορφώνει νέες, οικονομικά ελκυστικότερες λύσεις. Σε αυτό συμβάλλει και η ανάπτυξη νέων ημιδιάφανων έως και διάφανων πλαισίων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και στη θέση των υαλοπινάκων, παρέχοντας ταυτόχρονα ηλιακή ενέργεια και ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στην οροφή ή στην πρόσοψη ενός κτιρίου γίνεται με πολλούς τρόπους. Στις καινοτόμες λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση των Φ/Β στοιχείων στη θέση άλλων δομικών υλικών στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα. Υπάρχουν 4 βασικοί τρόποι για την τοποθέτησή τους σε ένα κτίριο :

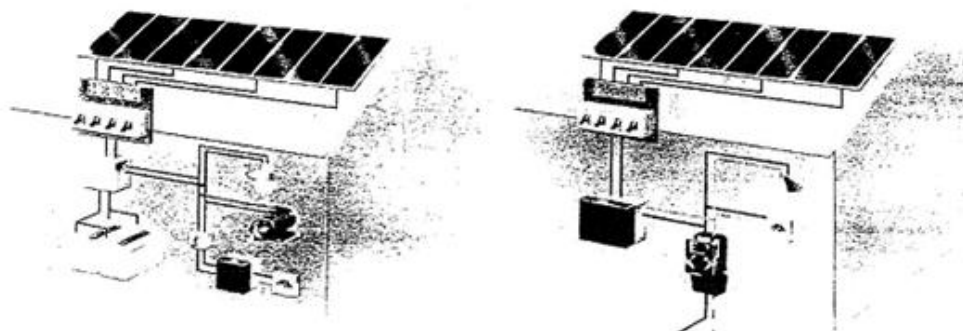
- Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα: Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση στο εμπρός και στο πίσω μέρος των πλαισίων διευκολύνοντας τη συντήρηση, τον αερισμό και δροσισμό τους, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Το κόστος τους όμως λόγω των πρόσθετων υλικών και της επιπλέον εργασίας που απαιτείται είναι υψηλότερο.
- Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους, η οποία εξέρχεται από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου: Επιτρέπει τον καλό αερισμό των πλαισίων και αποτελεί καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα κτίρια. Το κόστος σε σχέση με την προηγούμενη τεχνική είναι χαμηλότερο πρέπει όμως να προσεχθεί η μόνωση στα σημεία στήριξης, κάτι που ίσως απαιτεί πρόσθετες εργασίες.
- Απευθείας τοποθέτηση: Εδώ, η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Παραδείγματος χάριν, τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται με τρόπο που το ένα επικαλύπτει το άλλο εν μέρει, όπως τα κεραμίδια. Το Φ/Β κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για τη στεγανοποίηση του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα επιπρόσθετα υλικά και υποκαθιστά άλλα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην εξωτερική κάλυψη.
- Ενσωμάτωση των πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου: Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των πλαισίων μεταξύ τους. Τα νέα ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ενέργειας. Και πάλι,

το κόστος μειώνεται σημαντικά καθώς αντικαθίστανται δομικά στοιχεία του κελύφους από Φ/Β στοιχεία [33].

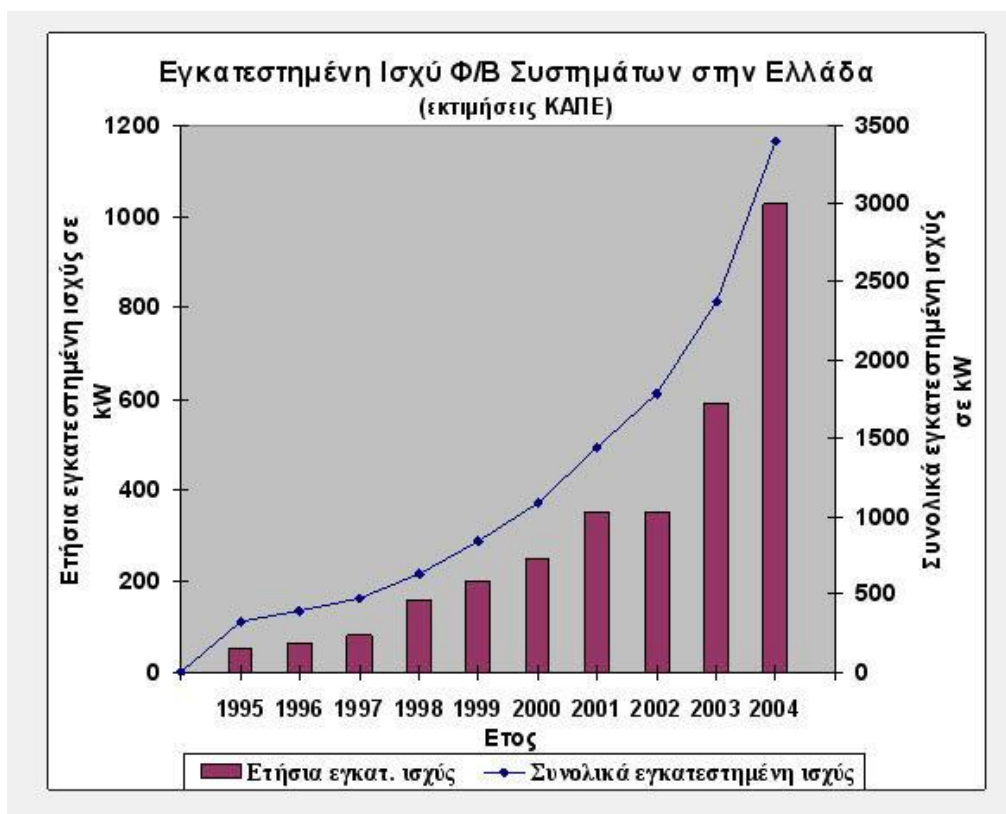
Το κόστος για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα κατανέμεται από υπολογισμούς ως εξής [33]:

- Φ/Β πλαίσια : 40 -60%.
- Συσσωρευτές :15 -20%
- Αντιστροφείς : 10 -15%
- Υποδομή στήριξης : 10-15%
- Σχεδιασμός και εγκατάσταση :8 -12%.

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν διάρκεια ζωής ως και 20 ετών χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση, ενώ σε αυτό το διάστημα οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4 -5 φορές. Επίσης το κόστος ανά W μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του Φ/Β συστήματος.



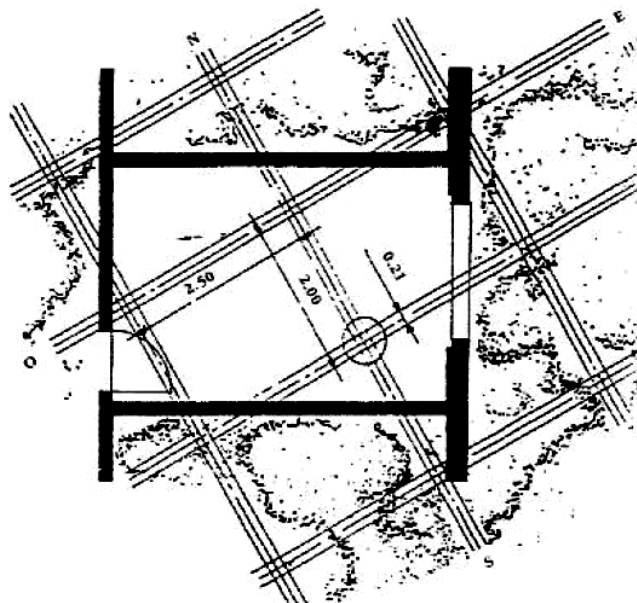
**Εικόνα 2.11** Οι δυο τύποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκών. Αριστερά αυτόνομη εγκατάσταση, δεξιά διασύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ



Σχήμα 2.1 Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β Συστημάτων στην Ελλάδα – πηγή ΚΑΠΕ

Κλείνοντας το τρίτο μέρος που αναφερόταν στην βιοκλιματική αρχιτεκτονική θα πρέπει να αναφερθούν και υπόλοιπες παράμετροι που εξετάζονται εξίσου ενδελεχώς στο σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού ή σωστότερα ενός οικολογικού κτιρίου, φιλικού προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Τέτοιες παράμετροι, που αφορούν κυρίως τη νέα επιστήμη της γεωβιολογίας, είναι η μελέτη για την ύπαρξη του ανθυγιεινού ραδονίου στο εσωτερικό ενός σπιτιού και η εξασφάλιση ότι βρίσκει διέξοδο στο εξωτερικό μέρος, η μελέτη ύπαρξης των επιβλαβών γραμμών και κόμβων Hartman λόγω του μαγνητικού πεδίου της γης, η ύπαρξη ακτινοβολίας και ραδιενέργειας, η παρουσία έντονων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων λόγω μετασχηματιστών ή πυλώνων και καλωδιώσεων υψηλής τάσης του ηλεκτρικού δικτύου, η ποιότητα του αέρα και η καθαρότητα του από ρύπους, η παρουσία αμιάντου στην κατασκευή [33].





Εικόνα 2.12 Κάτοψη ενός χώρου και σχεδιασμένες πάνω του οι γραμμές και οι κόμβοι Hartman

### 2.3 Ενημέρωση και αποδοχή

Σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύτηκε [22], η ανάπτυξη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στην Ελλάδα μέχρι τώρα είναι μάλλον απογοητευτική, περιορισμένη σε μερικά μόνο, πολύ ενδιαφέροντα δημόσια πιλοτικά προγράμματα, και σε πολύ λίγα επίσης ενδιαφέροντα, μα όχι αντιπροσωπευτικά, ιδιωτικά κτίρια. Χαρακτηριστικά, οι κοινές κατοικίες ή τα κτίρια πολλαπλής χρήσης ακόμα απέχουν πολύ πίσω από τα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης που έχουν θεσπιστεί και εφαρμόζονται σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Στην έρευνα που διεξήχθη, φανερώθηκε ότι όλοι οι παράγοντες της αγοράς ταυτίζουν την άποψη τους στο ποιον θεωρούν ως υπεύθυνο για αυτή την δυσάρεστη επικρατούσα κατάσταση.

Στην διεξαγωγή της έρευνας ερωτήθηκαν τρεις κατηγορίες ανθρώπων : πανεπιστημιακοί που δραστηριοποιούνται στον τομέα της έρευνας, κοινωνικοί λειτουργοί και εκπρόσωποι κατασκευαστικών εταιριών. Η ανάλυση των συνεντεύξεων που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας αποκαλύπτουν σχετική ομοφωνία ανάμεσα στους πανεπιστημιακούς ερευνητές και στους κοινωνικούς λειτουργούς σε αρκετά σημεία της συζήτησης που έγινε βάσει ερωτηματολογίου. Αντιθέτως, στα περισσότερα σημεία, οι αντιπρόσωποι των κατασκευαστικών εταιριών διατύπωσαν διαφορετικές προσεγγίσεις. Τα μέλη των δύο πρώτων τμημάτων φάνηκαν να είναι ενήμεροι των περισσότερων, αν όχι όλων, των ζητημάτων που καθορίζουν τη σύλληψη και υλοποίηση ενός βιοκλιματικού σχεδίου για κτίρια. Το έργο που επιτελείται από τους ερευνητές στα πανεπιστήμια, και η εμπειρία των ανωτάτων μελών που καταρτίζουν τα δημόσια σώματα και τους οργανισμούς, τους έχει προσδώσει μια στάση αντίληψης και κατανόησης των προβλημάτων που σχετίζονται με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην Ελλάδα. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι οι περισσότερες απαντήσεις εστίαζαν σε δύο συγκεκριμένα προβλήματα : στην έλλειψη πληροφόρησης και στην έλλειψη οικονομικών κινήτρων.

Καταμετρώντας αυτούς τους φραγμούς που περιορίζουν την ώθηση της βιώσιμης δόμησης στη χώρα μας, πέρα από την έλλειψη οικονομικών κινήτρων και τεχνικής εξειδίκευσης, εντοπίζεται επιπλέον κώλυμα λόγω της έλλειψης περιβαλλοντικής συνείδησης, της άγνοιας των επενδυτών, της απουσίας πολεοδομικού αστικού σχεδιασμού τα τελευταία 30 χρόνια, καθώς και της εγκατάλειψης κάθε περιβαλλοντικής πολιτικής και μέριμνας από το κράτος, και στις δυο εκφάνσεις του, και στην κεντρική/ κρατική διοίκηση και στην τοπική αυτοδιοίκηση.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις κυβερνητικές πρωτοβουλίες, όλα τα μέλη της συνέντευξης συμφώνησαν ότι τελικά το ελληνικό κράτος ενσωμάτωσε στους νόμους του επιτέλους τις κοινοτικές οδηγίες. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη αρκετά βήματα που πρέπει να γίνουν, πριν ο κανονισμός μπορέσει να υλοποιηθεί επιτυχώς, και αυτά περιλαμβάνουν την επεξεργασία με κριτήρια και κατευθυντήριες γραμμές, καθώς επίσης και την καθιέρωση ενός μηχανισμού λογιστικών ελέγχων και επιθεωρήσεων. Η προοπτική των οικονομικών κινήτρων, και ο ρόλος του κράτους ήταν τα θέματα με τις πιο αποκλίνουσες απαντήσεις. Λιγότεροι από τους μισούς από τους ερωτηθέντες πιστεύουν ότι το κράτος θα έπρεπε να παρέχει οικονομικά κίνητρα στους επενδυτές, ενώ οι υπόλοιποι δεν επικυρώνουν αυτήν την πολιτική. Τελικά, με όρους μελλοντικής διάδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε κτίρια στην Ελλάδα, η πλειοψηφία των ερωτηθέντων αποκρίθηκαν απαισιόδοξα. Όπως οι περισσότεροι παρατήρησαν, υπάρχουν αρκετά εμπόδια να ξεπεραστούν που αποτρέπουν μια γρηγορότερη και πιο αποτελεσματική προώθηση στον ελληνικό κατασκευαστικό τομέα. Ωστόσο, όπως φάνηκε, υπάρχουν σημάδια μεταστροφής της αντιμετώπισης και της αποδοχής και από το κρατικό μηχανισμό και από την κοινή γνώμη και αυτός είναι ο πιο σημαντικός λόγος να μας δώσει το αίσθημα μιας συγκρατημένης αισιοδοξίας [22].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### Συστήματα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κτιρίων



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΣΠΑΚ)**

### **3.1 Εισαγωγή στις έννοιες**

Ο βιομηχανικός τομέας, που περιλαμβάνει και τον κατασκευαστικό τομέα, ξεκίνησε να αναγνωρίζει την επιρροή που έχουν οι δραστηριότητες του στο περιβάλλον στις αρχές του 1990. Χρειάστηκαν σημαντικές αλλαγές για να μετριάσουν την επίδραση του κατασκευαστικού τομέα στο περιβάλλον. Έπρεπε να δοθεί σημασία στο τρόπο σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων. Η κίνηση οδηγήθηκε σε δύο άξονες, ο πρώτος ήταν η δημόσια πολιτική και ο άλλος ήταν η διαρκώς αυξανόμενη απαίτηση της αγοράς για περιβαλλοντικά προϊόντα και υπηρεσίες. Έτσι γεννήθηκε η ανάγκη για ένα κριτήριο που θα μετρά την «περιβαλλοντική απόδοση». Ο ακριβής ορισμός της έννοιας «περιβαλλοντική απόδοση» είναι σύνθετος, αφού οι διάφοροι παράγοντες στον κατασκευαστικό τομέα έχουν διαφορετικά ενδιαφέροντα και απαιτήσεις. Για παράδειγμα, οι επενδυτές ενδιαφέρονται περισσότερο για την οικονομική απόδοση, ενώ οι μισθωτές/ ενοικιαστές ασχολούνται περισσότερο με θέματα υγιεινής και άνεσης.

Για τις ανάγκες διάφορων ομάδων σχετιζόμενων συμφερόντων αναπτύχθηκαν διάφοροι δείκτες. Ωστόσο, η πρώτη πραγματική απόπειρα να αναπτυχθούν «περιεκτικά» μέσα παράλληλης αξιολόγησης για ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών εκτιμήσεων για τα κτίρια ήταν η μέθοδος BREEAM [23], το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης για κτίριο, δημιουργήθηκε το 1990 στο Ηνωμένο Βασίλειο [35]. Εκτοτε, πλήθος διαφορετικών εργαλείων εφευρέθηκαν παγκοσμίως.

Η ανάπτυξη τόσων διαφορετικών εργαλείων για τον κτιριακό τομέα είναι εξαιρετικά δραστήρια. Οργανισμοί και ερευνητικές ομάδες συνεχώς συνεισφέρουν νέες γνώσεις καθώς αυξάνεται η εμπειρία. Τα εργαλεία κέρδισαν αξιοσημείωτη επιτυχία τα τελευταία χρόνια, και αυτή η επιτυχία έχει επισκιάσει όλους τους μηχανισμούς που επιζητούν την τη περιβαλλοντική επαγρύπνηση [36]. Η συζήτηση για τη βιωσιμότητα των κτιρίων έχει ανοίξει διεθνώς. Για παράδειγμα ο σύλλογος GBC [36] έχει οργανώσει πλήθος σημαντικών συνεδρίων, που έχουν σημαντικά συνεισφέρει στην ανάπτυξη βιώσιμων κτιρίων. Στις μέρες μας, η προσοχή εστιάζεται και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Πέρα από αυτά, ο Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης (ISO) δραστηριοποιείται στον καθορισμό πρότυπων απαιτήσεων πάνω στην περιβαλλοντική αξιολόγηση των κτιρίων. Η Τεχνική Επιτροπή 59 (ISO TC 59) «Κατασκευή Κτιρίων» και η Υποεπιτροπή 17 (SC 17) «Βιωσιμότητα των Κτιριακών Κατασκευών) έχουν δημοσιεύσει δύο τεχνικές διευκρινήσεις:

- ISO/ TC 21929-1:2006 Βιωσιμότητα των Κτιριακών Κατασκευών- Δείκτες Βιωσιμότητας – Μέρος 1: Πλαίσιο για την ανάπτυξη δεικτών για τα κτίρια [71]

- ISO/ TC 21931-1:2006 Βιωσιμότητα των Κτιριακών Κατασκευών- πλαίσιο για τις μεθόδους αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης σε κατασκευαστικά έργα- Μέρος 1: Κτίρια [71]

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Πιστοποίησης (CEN) και η CEN/TC «Βιωσιμότητα Κατασκευαστικών Έργων» αναπτύσσει εθελοντικά οριζόντια πρότυπες μεθόδους για την αξιολόγηση διαφόρων πλευρών της βιωσιμότητας για νέα και προϋπάρχοντα κατασκευαστικά έργα για την Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντων (EPD). Η Τεχνική επιτροπή 350 (TC) διαθέτει τρεις ομάδες εργασίας (OE). Αναφέρονται επίσης οι εκτιμώμενες προθεσμίες για τις τρεις αυτές ομάδες:

- OE 1: Περιβαλλοντική Απόδοση των Κτιρίων Πλαίσιο για την αξιολόγηση integrated κτιριακή απόδοση (υπό έγκριση, 09/2007)
- OE 2: Περιγραφή Κύκλου Ζωής Κτιρίων Αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων – Μέθοδοι υπολογισμού (υπό ανάπτυξη, 11/2008)
- OE 3: Επίπεδο Προϊόντος Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος – κανόνες κατηγορίας προϊόντος (υπό ανάπτυξη, 02/2010) [72]

Τα περιβαλλοντικά εργαλεία αξιολόγησης διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό. Μια ποικιλία εργαλείων υπάρχει για τα συστατικά υλικά ενός κτιρίου, μια άλλη για ολόκληρα κτίρια και ούτω καθεξής. Τα εργαλεία/ συστήματα καλύπτουν διαφορετικές φάσεις του κύκλου ζωή ενός οικοδομήματος και λαμβάνουν υπόψη διαφορετικά περιβαλλοντικά θέματα. Επιπλέον, κατηγοριοποιούνται σε παγκόσμια, εθνικά ή ακόμα τοπικά εργαλεία. Μερικά, αλλάζοντας τα δεδομένα από χώρα σε χώρα μπορούν να επεκτείνουν τη χρήση τους από εθνικά περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα. Άλλος παράγοντας διαφοροποίησης είναι ο σκοπός ύπαρξης: άλλα συστήματα δημιουργήθηκαν για να εστιάσουν στην έρευνα, άλλα είναι συμβουλευτικά, άλλα για τη λήψη αποφάσεων και τη συντήρηση. Όπως λογικά ακολουθεί, απευθύνονται σε διαφορετικούς χρήστες, όπως είναι οι σχεδιαστές, οι αρχιτέκτονες, ερευνητές, σύμβουλοι, ιδιοκτήτες, μισθωτές και αρχές. Άλλη διαίρεση ακολουθείται για παλιά και νέα κτίρια. Επιπλέον, ο τύπος κτιρίου (κατοικία ή γραφείο) επηρεάζει την επιλογή εργαλείου/συστήματος. Σε αυτή την έκθεση παρουσιάζονται 16 τέτοια διαφορετικά εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης που επιλέχτηκαν γιατί είναι ευρέως διαδεδομένα και αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικά μια γκάμα εργαλείων της αγοράς. Τέτοια εργαλεία λοιπόν, είναι τα ακόλουθα (παρατίθενται με τις διεθνείς ονομασίες τους) ATHENATM Environmental Impact Estimator, Building Environmental Assessment Tool (BEAT) 2002, BeCost, Building for Environment and Economic Sustainability (BEES) 4.0, BREEAM, EcoEffect, Eco-Profile, Eco-Quantum, Envest 2, Environmental Status Model, EQUER, ESCALE, LEGEP, Leadership in Energy and Design (LEED®), Programmation et Analyse de Projets d' Ouvrages et d' Opérations Soucieux de l'Environnement (PAPOOSE), και TEAM™. Η τελευταία μέθοδος TEAM™ είναι η μόνη που δε περιορίζεται στην περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων. Είναι ένα επαγγελματικό Εργαλείο Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA) που εκτιμά τον κύκλο ζωής, το

περιβαλλοντικό και οικονομικό προφίλ για προϊόντα και τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων και κτιρίων. Κανένα εργαλείο απ' όσα αναφέρθηκαν δε δοκιμάστηκε στην πράξη, η έρευνα βασίστηκε στη βιβλιογραφία.

### 3.1.1 Σκοπός της έρευνας

Εφόσον το πεδίο που ερευνούν τα εργαλεία/ συστήματα περιβαλλοντικής αξιολόγησης κτιρίων (ΣΠΑΚ) είναι πρακτικά απέραντο, σκοπός της έκθεσης αυτής είναι να ξεκαθαρίσει αυτό το πεδίο αναλύοντας και κατηγοριοποιώντας αυτά τα εργαλεία, φροντίζοντας πρώτα να παρουσιαστούν το καθένα ξεχωριστά, στη συνέχεια όμως αναλύοντάς τα περισσότερο σαν σύνολο, συζητώντας τις διαφορές τους και αποτιμώντας τη μελλοντική τους μορφή που φαίνεται ότι θα λάβουν.

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδελεχώς τα συστήματα/εργαλεία που επιλέχθηκαν και ακολουθεί η κατηγοριοποίησή τους. Αρχικά, παρουσιάζονται τα συστήματα που ήδη υπάρχουν με βάση τα οποία ταξινομούνται τα εργαλεία και έπειτα ταξινομούνται ανάλογα με επιμέρους χαρακτηριστικά τους, όπως είναι ο τύπος των κτιρίων που εξετάζουν, τους χρήστες τους, τη φάση του κύκλου ζωής που καταγράφουν, τη βάση δεδομένων που χρησιμοποιούν και τέλος τον τρόπο που παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους. Ακολουθώντας, παρουσιάζονται όποιες αβεβαιότητες και λάθη ενδεχομένως προέκυψαν, εκτιμάται η παρούσα κατάσταση και γίνεται προσπάθεια να φανεί η μελλοντική εξέλιξη.

### 3.1.2 Ορισμοί

Όπως αναφέρθηκε, δόθηκε έμφαση σε συστήματα που είναι αναγνωρισμένα διεθνώς. Επιστημονικά περιοδικά έχουν δημοσιολογήσει αρκετές έρευνες στις οποίες συγκρίνονται τα αποτελέσματα των εν λόγω εργαλείων/ συστημάτων [38]. Ωστόσο, η βιβλιογραφία που αφορά αυτά καθ' αυτά τα εργαλεία είναι περιορισμένη. Από την άλλη μεριά, τα περισσότερα από αυτά έχουν παρουσιαστεί σε πρακτικά διεθνών συνεδρίων [35, 39] ενώ επιπλέον πληροφορίες συλλέχθηκαν από τις επίσημες ιστοσελίδες τους στο διαδίκτυο.

Το είδος και η μορφή των κτιρίων διαφέρει για διαφορετικές ηπείρους. Στην Ευρώπη για παράδειγμα, ο όγκος των κτιρίων είναι παλαιός οπότε για τη βιώσιμη δόμηση κριτικές παράμετροι είναι η αναπαλαίωση και η συντήρηση. Η κατάσταση στη Βόρεια Αμερική είναι διαφορετική. Εκεί το αστικό τοπίο αναπτύσσεται ταχύτατα χωρίς βέβαια η αναπαλαίωση και η συντήρηση να παύουν να λογαριάζονται [40]. Λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα, την επιρροή της δυτικής κουλτούρας στη δόμηση και στη ζωή και τη μέση –συνήθη διαμόρφωση ενός νέου κτιρίου, αυτή η έκθεση εστιάζει στα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης που αναπτύσσονται στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική.

## 3.2 Παρουσίαση και Περιγραφή των Συστημάτων Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κτιρίων

### 3.2.1 Πρόλογος

Τα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων και η βιωσιμότητα στον κτιριακό τομέα έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλή σαν πεδία έρευνας. Σήμερα υπάρχουν πλήθος προγραμμάτων στον τομέα: BEQUEST “Building Environmental Quality for Sustainability through Time” [73], CRISP “A European Thematic Network on Construction and City Related Sustainability Indicators” [74], IEA Annex 31 “Energy related Environmental Impact of Buildings” [56], και PRESCO “European Thematic Network on Practical Recommendations for Sustainable Construction” [41]. Η πρόκληση των πράσινων κτιρίων (The Green Building Challenge - GBC) έχει αναλυθεί πολλές φορές [42, 44, 43, 58]. Έχουν πλέον δημοσιευθεί εκατοντάδες άρθρα για τις μεθόδους περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων [44, 45, 46]. ενώ σε λίγες μελέτες συγκρίνονται και τα εργαλεία/συστήματα [47], ή ακόμα και τα αποτελέσματά τους. [48, 49].

Στο παρελθόν, τα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων έχουν αναλυθεί περισσότερο ξεχωριστά παρά σαν σύνολο, χωρίς να έχει δοθεί έμφαση σε κοινά σημεία ή σε διαφορές, ενώ τα αδύναμα τους σημεία ή οι περιορισμοί τους δεν έχουν ιδιαίτερα καταδειχθεί. Ωστόσο, τα θέματα αυτά είναι σημαντικά για τις διαδικασίες ανάπτυξης των εργαλείων, ενώ επιπλέον επηρεάζουν τις εργασίες προτυποποίησης.

Τα περισσότερα από τα 16 εργαλεία που αναλύονται σε αυτήν την έκθεση (Πίνακας 3.1) έχουν αναπτυχθεί στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική από ερευνητικά ινστιτούτα. Συνήθως διατίθενται στην αγορά σε τιμές που κυμαίνονται σε μεγάλο εύρος, ενώ το BEES είναι το μόνο δωρεάν διαθέσιμο ακόμα και στο διαδίκτυο. Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν γίνεται λόγος για πανεπιστήμια ή εκπαιδευτικούς σκοπούς τα εργαλεία προσφέρονται σε βελτιωμένες τιμές. Εφτά από τα εργαλεία που θα παρουσιαστούν δε περιορίζονται σε εθνικό επίπεδο, αλλά χρησιμοποιούνται διεθνώς BEES, TEAM™, ATHENA™, BEAT, Envest 2, BREEAM και LEED®. Μετά την έκδοση BEES 3.0 που κυκλοφόρησε το 2002, πάνω από 22000 αντίγραφα του ζητήθηκαν σε πάνω από 80 χώρες. Η νέα του έκδοση BEES 4.0 κυκλοφόρησε το Μάιο του 2007. ATHENA™ προορίζεται κυρίως για τις αγορές της Βόρειας Αμερικής. Το εργαλείο BEAT αν και αρχικά σχεδιάστηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στη Δανία, λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος έξω από τη χώρα διατέθηκε και στα Αγγλικά. Σήμερα ο χρήστης του μπορεί μέσα από ένα παράθυρο διαλόγου να επιλέξει ανάμεσα σε 4 διαφορετικές γλώσσες. Το εργαλείο Envest2 χρησιμοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Ιρλανδία αλλά με τροποποίηση των δεδομένων του μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα μέρη. Ομοίως, εκδόσεις του, BREEAM έχουν αναπτυχθεί για τον Καναδά, το Χονγκ Κονγκ και τη Νέα Ζηλανδία [35]. Το εργαλείο LEED® χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Ισπανία, την Κίνα και την Ινδία.



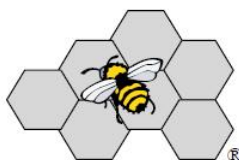
**Πίνακας 3.1 Τα ΣΠΑΚ που παρουσιάζονται και αναλύονται στην έκθεση**

Όνομα	Ίδρυμα Ανάπτυξης	Αναφορά
<i>ATHENA</i> <sup>TM</sup> Environmental Impact Estimator	ATHENA Sustainable Material Institute; Canada	ATHENA Institute (2003); <i>ATHENA</i> <sup>TM</sup> ; DOE (1996/2006); Trusty and Meil (2002a,b)
BEAT 2002	Danish Building Research Institute (SBI), Denmark	BEAT (2002); Forsberg and von Malmberg (2004); Hansen (2005); IEA Annex 31 (2001); Petersen (2002a,b)
BeCost (προηγουμένως γνωστό ως LCA-house)	VTT, Finland	BeCost; CRISP (2004); IEA Annex 31 (2001)
BEES 4.0	U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	BEES 4.0; DOE (1996/2006); IEA Annex 31 (2001); Lippiatt (2002); Trusty (2003)
BREEAM	Building Research Establishment (BRE), UK	BREEAM; BREEAM fact file; CRISP (2004); Grace (2000); IEA Annex 31 (2001)
EcoEffect	Royal Institute of Technology (KTH), Sweden	CRISP; EcoEffect; Forsberg and von Malmberg (2004); Glaumann (2000); IEA Annex 31 (2001)
EcoProfile	Norwegian Building Research Institute (NBI), Norway	Boonstra and Pettersen (2003); IEA Annex 31 (2001); Pettersen (2000a,b); Pettersen et al. (2000)
Eco-Quantum	IVAM, the Netherlands	CRISP; EcoQuantum; IEA Annex 31 (2001); Peupartier and Putzeys (2005)
Envest 2	Building Research Establishment (BRE), UK	DOE (1996/2006); CRISP; Envest 2; IEA Annex 31 (2001); Peupartier and Putzeys (2005)
Environmental Status Model (Miljostatus)	Association of the Environmental Status of Buildings, Sweden	Boonstra and Pettersen (2003); Environmental Status Model; Carlson (2000); Carlson and Lundgren (2002)
EQUER	Ecole des Mines de Paris, Centre d'Energetique et Procedes. France	DOE (1996/2006); EQUER; IEA Annex 31 (2001); Nibel and Rialhe (2000); Peupartier and Putzeys (2005)
ESCALE	CTSB and the University of Savoie, France	ESCALE; Gerard et al. (2000); IEA Annex 31 (2001)
LEED®	U.S. Green Building Council, USA	CRISP; IEA Annex 31 (2001); LEED®; LEED® (2005)
LEGEP® ( προηγουμένως γνωστό ως Legoe)	University of Karlsruhe, Germany	IEA Annex 31 (2001); Kohler et al. (2005); LEGEP; Peupartier and Putzeys (2005)
PAPOOSE	TRIBU, France	IEA Annex 31 (2001); Nibel and Rialhe (2000); PAPOOSE
TEAM <sup>TM</sup> <sup>a</sup>	Ecobilan, France	IEA Annex 31 (2001); Nibel and Rialhe (2000); TEAM <sup>TM</sup>

### 3.2.2 Παρουσίαση των ΣΠΑΚ

#### BEES 4.0

# BEES<sup>®</sup> 4.0

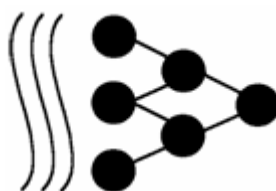


Εικόνα 3.1 Λογότυπο του ΣΠΑΚ BEES 4.0.

Το ΣΠΑΚ BEES (**B**uilding for **E**nvironmental and **E**conomic Sustainability), έκδοση 4.0 είναι ένα λογισμικό που implements μια λογική, συστηματική τεχνική για την επιλογή περιβαλλοντικών προϊόντων, εκτιμώντας το κόστος σε σχέση με την απόδοση για διάφορες εναλλακτικές δομικών προϊόντων, διαθέσιμων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Λειτουργικό για το περιβάλλον των Windows, με ελάχιστες απαιτήσεις Windows 95, 60 MB ελεύθερου χώρου στο δίσκο και έναν εγκατεστημένο εκτυπωτή, είναι λογισμικό σχεδιασμένο ώστε να είναι εύχρηστο, προσαρμόσιμο και διαφανές στη χρήση του και στους υπολογισμούς του, το BEES 4.0 είναι ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων που απευθύνεται σε σχεδιαστές, οικοδόμους και κατασκευαστές δομικών προϊόντων. Περιλαμβάνει πραγματικά δεδομένα, περιβαλλοντικά και οικονομικά, για πάνω από 230 δομικά προϊόντα, εκτιμώντας την περιβαλλοντική απόδοση τους χρησιμοποιώντας μια Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA) όπως, καθορίζεται από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) στα κριτήρια 14040.

Αναλύονται τα εξής στάδια του κύκλου ζωής για ένα προϊόν: απόκτηση πρώτης ύλης, κατασκευή, μεταφορά, εγκατάσταση, χρήση και τέλος διαχείριση υπολειμμάτων. Η οικονομική απόδοση εκτιμάται με χρήση της διεθνούς πρότυπης μεθόδου κόστους κύκλου ζωής (ASTM –E917) που καλύπτει το κόστος αρχικής επένδυσης, αντικατάστασης, λειτουργίας, συντήρησης, επισκευής και απόθεσης /αποδόμησης. Έπειτα, περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση συνδυάζονται σε μια συνολική χρησιμοποιώντας το ASTM πρότυπο για Ανάλυση Απόφασης Πολλαπλών Συνεισφορών (E1765). Για την τελική ολοκληρωμένη ανάλυση του εργαλείου τα δομικά στοιχεία καθορίζονται και ταξινομούνται με βάση την ASTM κατάταξη για δομικά στοιχεία, γνωστή ως UNIFORMAT II (E1557).

## TEAM



TEAM

TOOLS FOR ENVIRONMENTAL ANALYSIS  
AND MANAGEMENT®

Εικόνα 3.2 Λογότυπο του ΣΠΑΚ TEAM™

Το ΣΠΑΚ TEAM™ του ιδρύματος Ecobilan, είναι ένα πολυδύναμο και προσαρμόσιμο λογισμικό αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA), που επιτρέπει στο χρήστη να χτίζει και να αξιοποιήσει μια μεγάλη βάση δεδομένων και να σχεδιάσει συστήματα αναπαραστάσεων οποιασδήποτε λειτουργίας που αφορά προϊόντα, διαδικασίες και δραστηριότητες. Δίνει τη δυνατότητα περιγραφής οποιουδήποτε βιομηχανικού συστήματος και υπολογισμού του συσχετισμένου κύκλου ζωής και πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων σύμφωνα με το πρότυπο της σειράς ISO 14040.

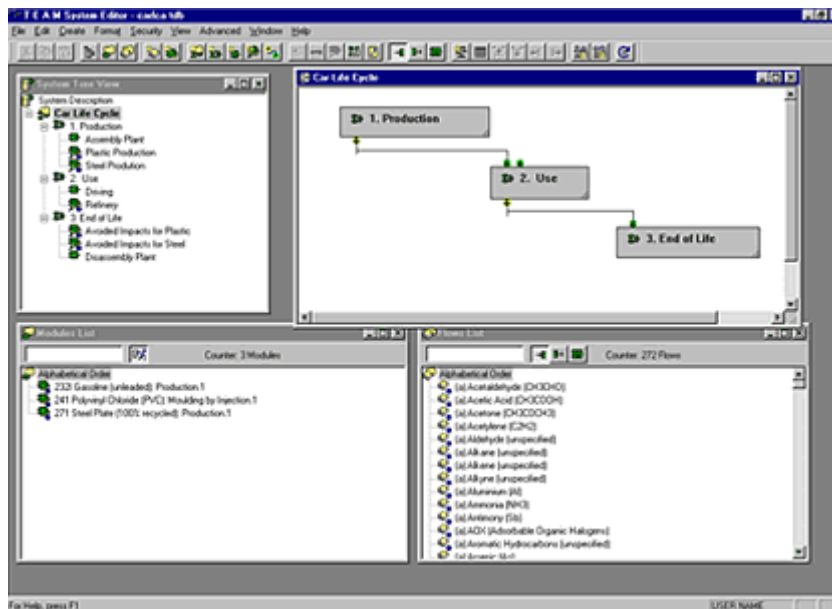
Προσφέροντας δυνατότητες υπολογισμού, συνδεδεμένο με μια περιεκτική διαδικασία και με μια βάση δεδομένων για διάφορα υλικά, το ΣΠΑΚ TEAM™ επιταχύνει τη διαδικασία με σύγχρονες μεθοδολογίες. Χρησιμοποιείται κυρίως για:

- Να μεταφράσει καταλόγους Κύκλου Ζωής χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων Ecobilan, μια οποιαδήποτε άλλη βάση ή και οποιονδήποτε συνδυασμό.
- Να παρουσιάσει αναλύσεις κινδύνου/ ευαισθησίας με αυτοματοποιημένο τρόπο που καταδεικνύει τα αδύναμα σημεία
- Να ερευνήσει υποθετικά σενάρια μέσω φιλικών προς τον χρήστη πινάκων ελέγχου
- Να βγάλει αποφάσεις για τις επιδράσεις στον Κύκλο Ζωής χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε από τα πρωτόκολλα που ενσωματώνει
- Να συντάξει αναφορά των ευρημάτων σε διάφορες μορφές γραφικών αναπαραστάσεων που ο χρήστης μπορεί να διαλέξει.

Για να παραμείνει το λογισμικό προσαρμόσιμο και ελαστικό, έχει σχεδιαστεί ώστε να χειρίζεται μια ποικιλία μεθοδολογιών και κανόνων δίνοντας στον χρήστη την ελευθερία να καθορίσει ειδικά θέματα κατά τη διαδικασία ακόμα και να αξιολογήσει την επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα (ανάλυση ευαισθησίας).

Προκειμένου ο χρήστης να εξοικειωθεί με τις έννοιες και τη λειτουργία του προγράμματος, το ίδρυμα Ecobilan έχει αναπτύξει μια περιορισμένων δυνατοτήτων έκδοση του λογισμικού που καλείται TEAM Discovery και απευθύνεται κυρίως σε φοιτητές και καθηγητές Πανεπιστημίων.

Η έκδοση TEAM Batiment δίνει τη δυνατότητα σχεδιασμού και σύγκρισης κτιρίων ή districts και άμεση αξιολόγηση της περιβαλλοντικής τους απόδοσης με βάση διάφορα κριτήρια (κατανάλωση πηγών ενέργειας, πόρων, και νερού, παραγωγή ρύπων, μόλυνση νερού και αέρα και άλλα)



Εικόνα 3.3 Περιβάλλον του TEAM System Editor

## ATHENA



Εικόνα 3.4 Λογότυπο του ΣΠΑΚ

Το σύστημα αξιολόγησης ATHENA® Impact Estimator for Buildings (εκτιμητής επίδρασης για κτίρια) είναι σχεδιασμένο για να εκτιμά ολόκληρα κτίρια και προσομοιώσεις αυτών βασισμένο σε διεθνώς αναγνωρισμένη μεθοδολογία αξιολόγησης Κύκλου ζωής (LCA).

Οι μόνες απαιτήσεις είναι ένα λειτουργικό σύστημα Προσωπικού Υπολογιστή (PC) με Windows, ή κατάλληλα τροποποιημένο για λόγους συμβατότητας σύστημα Mac με εγκατεστημένη την εφαρμογή Visual C#. Στο διαδίκτυο, πέρα από την πλήρη έκδοση, διατίθεται μια δωρεάν δοκιμαστική έκδοση για περιορισμένο χρόνο χρήσης.

Χρησιμοποιώντας τον ATHENA® Impact Estimator αρχιτέκτονες, μηχανικοί με δράση στη Βόρεια Αμερική και άλλοι εύκολα αξιολογούν και συγκρίνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιομηχανικών, ερευνητικών, εμπορικών και οικιακών σχεδίων για νέα και ανακαινισμένα κτίρια. Όπου θεωρείται απαραίτητο, το λογισμικό προχωρά επίσης στο διαχωρισμό ιδιόκτητων ή ενοικιασμένων εγκαταστάσεων. Ακόμα, θέτει το περιβάλλον ως εξίσου σημαντική παράμετρο με άλλα παραδοσιακά σχεδιαστικά κριτήρια κατά τη διαδικασία σύλληψης ενός σχεδίου. Προσομοιώνει πάνω από 1200 διαφορετικούς συνδυασμούς και δίνει τη δυνατότητα αναπαράστασης ως και 95% του κτιριακού όγκου της Βόρειας Αμερικής.

- Ο εκτιμητής λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές επιδράσεις από:
- Κατεργασία πρώτων υλών, περιλαμβάνοντας την εξαγωγή τους και την ανακύκλωση τους
- Τη μεταφορά τους στο μέρος εγκατάστασής τους
- Την επιτόπου κατασκευή τους και εγκατάσταση
- Την κατά τόπους ποικιλία στην ενεργειακή χρήση, μεταφορά και άλλους παράγοντες
- Τον τύπο του κτιρίου και την υποτιθέμενη lifespan
- Τις επιδράσεις συντήρησης και αντικατάστασης
- Την καταστροφή και την αποδόμηση/ απόθεση των υλικών

Αν και το ΣΠΑΚ Impact Estimator δεν περιλαμβάνει δυνατότητα ενεργειακής εξομοίωσης, επιτρέπει στους χρήστες να εισάγουν δεδομένα από κάποια εξωτερική εξομοίωση, ώστε να υπολογιστούν τα φορτία κύκλου καυσίμων και οι επιδράσεις τους στα τελικά αποτελέσματα.

Ο εκτιμητής επιδράσεων έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει ευκολία στη χρήση. Το πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή πληροφοριών όπως είναι η γεωγραφική θέση (με επιλογή από τον χρήστη μιας πόλης της Βόρειας Αμερικής), ο χρόνος ζωής του κτιρίου, ο τύπος λειτουργίας του και άλλα. Έπειτα, μέσα από πλαίσια διαλόγου, ο χρήστης καλείται να περιγράψει διάφορες λεπτομέρειες όπως για παράδειγμα είναι το πλάτος, ή η επιφάνεια και η κλίση μιας οροφής ή άλλου μέρους ενός κτιρίου (ή ακόμα και σχεδίου). Άμεσα τότε ο Εκτιμητής Impact Estimator πληροφορεί για τις πιθανές επιπτώσεις όπως είναι η κατανάλωση ενέργειας, η πιθανότητα επιδράσεων στην υγεία, η πιθανότητα επιδράσεων στο φαινόμενο της παγκόσμιας υπερθέρμανσης ή στο φαινόμενο του ευτροφισμού των υδάτινων πόρων και άλλα.

### **Εικόνα 3.5 Περιβάλλον του ATHENA® Impact Estimator**

Καθώς τα σχεδιαστικά δεδομένα εισάγονται για κάθε εφαρμογή, το λογισμικό του συστήματος χτίζει ένα «δέντρο» ώστε οι πληροφορίες κάθε εφαρμογής να διακρίνονται εύκολα. Το δέντρο μπορεί να παρουσιάσει επίσης σαν τιμή ή ποσοστό, την επίδραση κάθε εφαρμογής σε ένα συγκεκριμένο θέμα, για παράδειγμα την επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επιτρέποντας έτσι στο χρήστη να εντοπίσει τις επιρροές κάθε εφαρμογής, με το που εκτελείται, ή γρήγορα να δείξει την αιτία της συγκεκριμένης επιρροής.

Τα αποτελέσματα από ένα ξεχωριστό σχέδιο μπορούν να φανούν σε πίνακες περίληψης και γραφήματα είτε ομάδων εφαρμογών, είτε ανάλογα με το στάδιο του κύκλου ζωής. Στους πίνακες αυτούς φαίνονται με λεπτομέρεια η χρήση ενέργειας ανάλογα με τη μορφή της ενέργειας και τις εκπομπές με βάση ξεχωριστά κριτήρια.

Το ΣΠΑΚ ATHENA® Impact Estimator επιτρέπει μονομιάς πολλαπλές συγκρίσεις, δίνοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να αλλάζει σχέδιο, να υποκαθιστά υλικά κάνοντας παράλληλα οποιαδήποτε σύγκριση περιβαλλοντικών δεικτών. Επιτρέπει ακόμα και τη σύγκριση ολόκληρων παρόμοιων μελετών.

## BEAT 2002



Εικόνα 3.6 Λογότυπο του ΣΠΑΚ

Το BEAT 2002 είναι ένα σύστημα αξιολόγησης προϊόντων, δομικών υλικών και κτιρίων, που αναπτύχθηκε από το ίδρυμα DBUR. Οι μόνες απαιτήσεις για εγκατάσταση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι για τη μνήμη 64 MB RAM (128+ MB προτείνεται) και ταχύτητα επεξεργαστή τουλάχιστον 200 MHz (500+ MHz προτείνεται). Το λειτουργικό σύστημα πρέπει να είναι Microsoft Windows 95 ή νεότερο. Αποτελείται από τρία μέρη:

- μια βάση δεδομένων που περιέχει δεδομένα για πηγές ενέργειας, μέσα μεταφοράς, προϊόντα, δομικά υλικά και κτίρια, διαθέσιμη σε Δανέζικα ή Αγγλικά.
- μια εφαρμογή που απευθύνεται στον χρήστη και του επιτρέπει να προσθέτει να επεξεργάζεται ή και να αφαιρεί δεδομένα στη βάση δεδομένων. Το ινστιτούτο συνεχώς ενημερώνει τη βάση δεδομένων με νεότερες εκδόσεις.
- ένα κατάλογο - εργαλείο για την διεξαγωγή υπολογισμών και την παρουσίαση αποτελεσμάτων με διάφορους τρόπους

Αρχικά, το BEAT αναπτύχθηκε για την περιβαλλοντική αξιολόγηση οποιουδήποτε προϊόντος, ωστόσο είναι εξειδικευμένο για χρήση που αφορά τον κατασκευαστικό τομέα, απευθυνόμενο για παράδειγμα σε αρχιτέκτονες, μηχανικούς και παραγωγούς δομικών προϊόντων.

Η βάση δεδομένων που αναφέρθηκε παραπάνω, ειδικά για τα δομικά υλικά και τα κτίρια παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά: για τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται κυρίως στον Δανέζικο κατασκευαστικό τομέα περιλαμβάνονται κυρίως δεδομένα για τα πρωτεύοντα συστατικά (πατώματα και δάπεδα, εσωτερική και εξωτερική τοιχοποιία, στέγη και οροφή). Λόγω έλλειψης πληροφοριών επιφάνειες (χαλιά, ταπετσαρίες, πλακάκια, μπογιά) και εγκαταστάσεις (ηλεκτρισμός, θέρμανση, εξαερισμός, ύδρευση) περιγράφονται ελλιπώς. Συνολικά, η βάση διαθέτει στοιχεία για περίπου 200 δομικά προϊόντα και έκδοχα τους. Για σκοπούς παρουσίασης, η βάση διαθέτει μόνο ένα κτίριο.

Λόγω ενδιαφέροντος για το ΣΠΑΚ BEAT και εκτός της Δανίας, έχει προστεθεί μια ακόμα δυνατότητα στο λογισμικό με την οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει γλώσσα ανάμεσα σε Δανέζικα, αγγλικά, Γαλλικά, Γερμανικά, Ισπανικά ή και να προσθέσει και ο ίδιος κάποια γλώσσα της αρεσκείας του.

Σχετικά με το λογισμικό περιβάλλον και τα παράθυρα διαλόγου / επικοινωνίας με το χρήστη, αυτό μπορεί να υποδιαιρεθεί σε 3 μέρη:

- Ένα μέρος όπου ο χρήστης έχει την ευκαιρία να προσδιορίσει έναν αριθμό βασικών δεδομένων όπως μονάδες, εκπομπές αερίων, ευτροφισμός των υδάτων, πρώτες ύλες, πηγές ενέργειας και άλλα. Εκτιμάται ότι σπάνια θα χρειαστεί ο χρήστης να επέμβει και να επεξεργαστεί αυτά τα δεδομένα, αφού τα μεγέθη έχουν τις συνηθέστερες τιμές τους όπως έχουν προσδιοριστεί από το ίδρυμα DBUR.
- Ένα δεύτερο μέρος στο οποίο διακρίνονται, επεξεργάζονται ή και διαγράφονται όλα τα δεδομένα για τις πηγές ενέργειας, τα προϊόντα, τα δομικά στοιχεία και τα κτίρια. Ο χρήστης πιθανόν να χρειαστεί να επέμβει για να καθορίσει νέα κτίρια (όπου απαιτείται η τροφοδότηση με ελάχιστα βασικά δεδομένα όπως, γεωμετρία του κτιρίου, αριθμός ορόφων) ή νέα δομικά στοιχεία που δεν έχουν ακόμα περιληφθεί στην αρχική βάση.
- Το τρίτο μέρος στο οποίο διεξάγονται οι υπολογισμοί και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα προϊόντα, τα δομικά στοιχεία και τα κτίρια. Μπορούν να παρουσιαστούν είτε ως πίνακες εισόδου- εξόδου, είτε ως πίνακες που συνδέουν τις πρώτες ύλες και τις πηγές ενέργειας με τα στάδια του κύκλου ζωής του κτιρίου μαζί με τις επιδράσεις. Επίσης, άλλος τρόπος παρουσίασης είναι με πίνακες περιβαλλοντικών επιδράσεων, σύμφωνα με τη Δανέζικη μέθοδο EDIP, για τα επιμέρους υλικά ή συνολικά οι επιδράσεις και οι δείκτες για ένα ολόκληρο κτίριο. Ως και έξι υπολογισμοί μπορούν να παρουσιαστούν ταυτόχρονα, κάτι που αξιοποιείται στη παράθεση και σύγκριση εναλλακτικών επιλογών.



## BeCost



Εικόνα 3.7 Λογότυπο του ΣΠΑΚ

Το ΣΠΑΚ BeCost είναι ένα διαδικτυακό σύστημα αξιολόγησης κύκλου ζωής για κτιριακές δομές και κτίρια. Αναπτύχθηκε στη Φινλανδία και απευθύνεται κυρίως σε σχεδιαστές και παραγωγούς που δραστηριοποιούνται εντός της χώρας. Σχετικά με τις φάσεις του κύκλου ζωής ενός κτιρίου, η αξιολόγηση του αφορά κυρίως το σχεδιασμό και την ανάπτυξη της αξίας.

Χρησιμοποιεί δείκτες που συγκεκριμένα είναι τα περιβαλλοντικά προφίλ (υλικά, ενέργεια, επιβλαβείς εκπομπές στον αέρα) και το Κόστος Κύκλου Ζωής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει τις οικολογικές επιδράσεις (χρήση από σχεδιαστές και εργολάβους, κατασκευαστές), να χαράξει και να σχεδιάσει εναλλακτικές επιλογές, να πιστοποιήσει την εκπλήρωση περιβαλλοντικών απαιτήσεων (χρήση από το σχεδιαστή), να εξετάσει το περιβαλλοντικό προφίλ ενός κτιρίου (χρήση από τους ιδιοκτήτες των κτιρίων), να ελέγξει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον δραστηριοτήτων όπως συντήρηση και επισκευή και τέλος να συγκρίνει περιβαλλοντικά προφίλ δομών και κτιρίων ή και ανταγωνιστικών υλικών εφόσον χρησιμοποιούν τις ίδιες μονάδες για τους δείκτες τους (χρήση από τους παραγωγούς προϊόντων).

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει:

- περιβαλλοντικά προφίλ και κόστη υλικών που παράγονται στη Φινλανδία
- υπολογισμοί υλικών ποσοτήτων
- Υπολογισμούς περιβαλλοντικών προφίλ για σχέδια δομών
- Αποτελέσματα που εμπλέκουν περιβαλλοντικά προφίλ με την ύλη και την ενέργεια που καταναλώνεται και με την επίδραση του κόστους για το κτίριο

Το ΣΠΑΚ BeCost είναι ένα εύκολο στη χρήση πρόγραμμα. Πρώτα, ο χρήστης πρέπει να καθορίσει το κτίριο επιλέγοντας τη δομή (όγκος και επιφάνεια), τα υλικά που χρησιμοποιούνται και το χρόνο ζωής και λειτουργίας του κτιρίου. Τα στοιχεία που συλλέγονται αξιολογούνται για διάφορους σκοπούς:

**BeCost** Ohje

**Rakenne**  
 Ulkoseinä  
 Väliseinä  
 Väliopohja  
 Alapohja  
 Yläopohja  
 Sokkeli

**Talo**  
 Rakenteet  
 Raaka-aineet ja energia  
 Emissiot  
 Kustannukset

**Ulkoseinä**  
 Rakenteen nimi: Outdoor wall  
 Pinta-ala (m2): 100  
 Tarkastelujakso (v): 50

Rakennekerros	Valitse materiaali
1 Pinnote	Pinnote (sem.perust)
2 Ulkokuori	Betonikuori+teräs
3 Tuulensuoja	Lacosteinharkko (PUR täyte)+laasti
4 Koolaus	Lacosteinharkko (PUR täyte)+laasti
5 Lämmöneriste 1	Kipsikartonkilevy
6 Koolaus	Tuulensuojavuorivitelevy
7 Lämmöneriste 2	Vuorivilla
8 Koolaus	-
9 Höyrynsulkku	Polyeteeni
10 Sisäkuori	Betonikuori+teräs
11 Pinnote	Pinnote sem.perust

Laske massat

Εικόνα 3.8 Περιβάλλον του BeCost – σελίδα για το σχεδιασμό δομής

**BeCost**

**Rakenne**  
 Ulkoseinä  
 Väliseinä  
 Väliopohja  
 Alapohja  
 Yläopohja  
 Sokkeli

**Talo**  
 Rakenteet  
 Raaka-aineet ja energia  
 Emissiot  
 Kustannukset

**Ulkoseinä**  
 Rakenteen nimi: Outdoor wall  
 Pinta-ala (m2): 100  
 Tarkastelujakso (v): 50

Rakennekerros	Materiaali	Oletus tiheys kg/m3	Syötä tiheys kg/m3	Oletus kerros-paksuus mm	Syötä kerros-paksuus mm	Laskettu massa kg	Syötä massa kg/m2
1 Pinnote	Pinnote (sem.perust)	1600		14		224.0	
2 Ulkokuori	Betonikuori+teräs	2500		80		20000.0	
3 Tuulensuoja	-						
4 Koolaus	-						
5 Lämmöneriste 1	-						
6 Koolaus	-						
7 Lämmöneriste 2	Vuorivilla	25		125		312.5	
8 Koolaus	-						
9 Höyrynsulkku	-						
10 Sisäkuori	Betonikuori+teräs	2500		150		37500.0	
11 Pinnote	Pinnote sem.perust	1600		14		224.0	

Laske massat      Muodosta tulostaulukot

Εικόνα 3.9 Περιβάλλον του BeCost – σελίδα υπολογισμών

## Eco-Quantum

Το ΣΠΑΚ Eco-Quantum εκδόθηκε το Δεκέμβριο 2002 από το τμήμα IVAM του πανεπιστημίου του Άμστερνταμ και είναι διαθέσιμο μόνο στα Ολλανδικά και μπορεί κανείς να το «κατεβάσει» από την ηλεκτρονική ιστοσελίδα του [www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl). Το ΣΠΑΚ Eco-Quantum μετατρέπει τη ποικιλομορφία της πληροφορίας για την περιβαλλοντική απόδοση των κτιρίων σε πληροφορία που μπορούν να αξιοποιήσουν όλοι όσοι εμπλέκονται στην κατασκευή του. Ο τομέας της βιομηχανίας που τροφοδοτεί με υλικά την κατασκευή υποβάλλει σχετικά στοιχεία (σύμφωνα με τον κανονισμό MRPI του Ολλανδικού προτύπου NEN 8006) σε περιβαλλοντικά θέματα, που δοκιμάζονται στη βάση ενός προγράμματος υπολογιστή που περιέχει πληροφορίες αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) σχετικά με κτιριακά προϊόντα σαν εργαλείο πολιτικών. Οι πολιτικοί μηχανικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Eco-Quantum για να καθορίσουν περιβαλλοντικούς στόχους για σχέδια κατοικιών. Οι αρχιτέκτονες από την άλλη για να βελτιστοποιήσουν τους περιβαλλοντικούς όρους των σχεδίων τους.

Το IVAM παρέχει συμβουλές σε πολλαπλά επίπεδα, για ξεχωριστά προϊόντα ή κτίρια ως και ολόκληρες πόλεις. Υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων:

- Στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων
- Στη βιώσιμη ανάπτυξη μιας περιοχής
- Στις κλιματικά ουδέτερες περιοχές
- Στη χρήση γης
- Στην άνεση ζωής και στην κινητικότητα

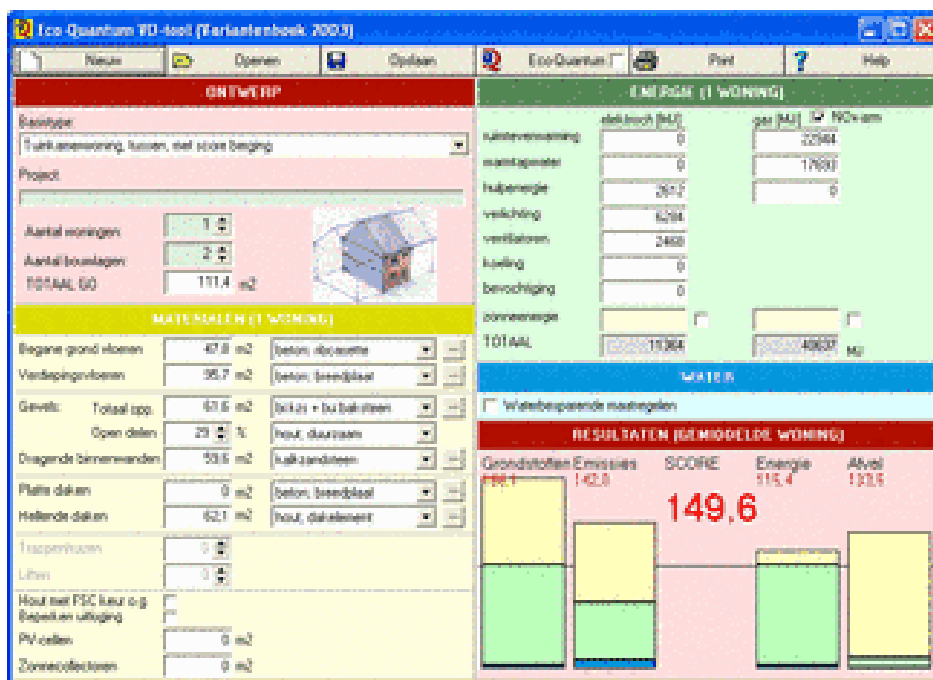
Στον κτιριακό τομέα το τμήμα IVAM δραστηριοποιείται στα ακόλουθα:

- Στη βελτίωση της συγκρισιμότητας υλικών και διαδικασιών κυρίως σε ότι αφορά τη βιωσιμότητα.
- Στη βιώσιμη αποδόμηση/ κατεδάφιση όπου κάποιες μέθοδοι ποσοτικοποιούνται με γρήγορο και πρακτικό τρόπο.

Οι εφαρμογές αυτές απευθύνονται σε αρχιτέκτονες ώστε από το σχεδιασμό ακόμα να επιβλέπουν την συμπεριφορά του κτιρίου και κατά δεύτερον, σε κοινότητες και κατασκευαστικές εταιρίες ώστε να θέτουν μετρήσιμα περιβαλλοντικά κριτήρια για τα κτίρια και να διαλέγουν την κατάλληλη μέθοδο κατεδάφισης.

Το ΣΠΑΚ Eco-Quantum εστιάζει επίσης τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός κτιρίου, στην κατανάλωση νερού και ενέργειας, στο εσωτερικό κλίμα, στην τοποθεσία αλλά και σε κάθε φάση του κύκλου ζωής του κτιρίου. Αυτές οι εφαρμογές απευθύνονται στους αρχιτέκτονες που μέσω του ενσωματωμένου εργαλείου VO Tool διευκολύνονται να σχηματίσουν εικόνα της απόδοσης του κτιρίου και στις τοπικές αρχές, στους επενδυτές, και τις κατασκευαστικές εταιρίες που μπορούν έτσι να θέσουν κριτήρια και στόχους.

Το Eco-Quantum διεξάγει μια ανάλυση κύκλου ζωής. Δέχεται τα δεδομένα στην είσοδο του που μπορεί να είναι ποσότητες, λεπτομέρειες σχετικές με τα υλικά των συστατικών του κτιρίου, ενεργειακές καταναλώσεις για εσωτερική θέρμανση, ψύξη ή για ζεστό νερό. Έπειτα το πρόγραμμα υπολογίζει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις. Ανάλογα με το τι θα του ζητηθεί, το πρόγραμμα μπορεί να παρουσιάσει είτε γραφήματα στατιστικής είτε ένα περιβαλλοντικό προφίλ συνταγμένο σε μια αναφορά. Ο χρήστης βέβαια μπορεί να επιλέξει αν θα εξετάσει τη συνολική εικόνα του κτιρίου ή την επίδραση που έχει ένα συγκεκριμένο συστατικό από μόνο του ή στη συνολική εικόνα.



Εικόνα 3.10 Περιβάλλον του Eco-Quantum.

Το ΣΠΑΚ Eco-Quantum επιτρέπει την πραγματική περιβαλλοντική απόδοση να συγκριθεί με μια ολόκληρη σειρά που σχετίζεται με συστήματα χαμηλής κατανάλωσης, τεχνικές εξοικονόμησης νερού, με την επιλογή τοποθεσίας, υλικών και διαμόρφωσης κτιρίων.

## Envest 2



Εικόνα 3.11 Λογότυπο του ΣΠΑΚ

Το ΣΠΑΚ Envest 2 είναι ένα λογισμικό εργαλείο που απλοποιεί τη σύνθετη διαδικασία του σχεδιασμού κτιρίων με χαμηλές περιβαλλοντικές επιδράσεις λογαριάζοντας επίσης τα κόστη ολόκληρου του κύκλου ζωής. Επιτρέπει να εξεταστεί οποιαδήποτε αλλαγή της ισορροπίας μεταξύ περιβάλλοντος και κόστους και να βελτιστοποιήσει την ιδέα της καλύτερης τιμής ανάλογα με τις εκάστοτε προτεραιότητες.

Οι σχεδιαστές εισάγουν τα σχέδια του κτιρίου (ύψος, αριθμός ορόφων, επιφάνεια παραθύρων) και επιλέγουν τα υλικά συστατικά (εξωτερικός τοίχος, οροφή). Το εργαλείο εντοπίζει τα συστατικά που επηρεάζουν περισσότερο την περιβαλλοντική εικόνα του κτιρίου και τον κύκλο ζωής του και δείχνουν τι αντίκτυπο έχουν επιλογές διαφορετικών υλικών. Επίσης το ΣΠΑΚ προβλέπει την περιβαλλοντική και οικονομική επίδραση για εφαρμογή διαφορετικών στρατηγικών για τη θέρμανση, τη ψύξη και τη λειτουργία ενός κτιρίου.

Με την ολοκλήρωση των συγκρίσεων ανάμεσα σε διαφορετικά κτίρια, οι σχεδιαστές μπορούν γραφικά να παρουσιάσουν τα περιβαλλοντικά και οικονομικά πιστοποιητικά διαφορετικών σχεδίων σε πελάτες. Το ΣΠΑΚ Envest 2 παράγει περιληπτικά ή λεπτομερώς τις πληροφορίες που μεταβιβάζονται στον χρήστη για να δημιουργήσει την περιβαλλοντική αναφορά του για το κτίριο.

Τα περιβαλλοντικά δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν είτε ως προς το πώς κυμαίνονται 12 δείκτες (από την κλιματική αλλαγή ως την τοξικότητα), είτε σαν το βαθμό που επιτυγχάνεται από την αξιολόγηση σε μια βαθμονομημένη κλίμακα (Ecopoint Score) που προσφέρεται για την ευκολία στην αντίληψη και την επικοινωνία, ειδικά όταν οι συγκρίσεις αφορούν κόστη (μετρημένα σε £Sterling).

Το ΣΠΑΚ Envest 2 είναι διαδικτυακά οργανωμένο, έτσι ώστε να παρέχει την δυνατότητα σε μεγάλες σχεδιαστικές εταιρίες να αποθηκεύουν και να μοιράζονται πληροφορίες με ελεγχόμενο τρόπο, επιτρέποντας εσωτερική αξιολόγηση και σύγκριση σχεδίων.

Διατίθενται δύο εκδόσεις του εργαλείου που είναι:

- Envest 2 estimator (εκτιμητής) και χρησιμοποιεί προκαθορισμένα περιβαλλοντικά και οικονομικά δεδομένα σχετικά με την απόδοση ενός κτιρίου στον κύκλο ζωής

του. Προορίζεται για χρήση από σχεδιαστικές ομάδες που ενδιαφέρονται συγκεκριμένα για την περιβαλλοντική απόδοση ενός κτιρίου αλλά επίσης επιθυμούν μια εκτίμηση για το κόστος του κύκλου ζωής.

- Envest 2 calculator (υπολογιστής) που παρέχει τα περιβαλλοντικά δεδομένα, καλείται όμως ο χρήστης να εισάγει τις οικονομικές πληροφορίες (κεφάλαιο, οικονομικό κόστος ζωής). Απευθύνεται κυρίως σε σχεδιαστικές ομάδες που δίνουν πρωτεύουσα σημασία στο κόστος ζωής και έχουν συγκεκριμένα δικά τους οικονομικά δεδομένα και απλώς ενδιαφέρονται να έχουν πρόσβαση στα περιβαλλοντικά δεδομένα του ΣΠΑΚ για να αξιολογήσουν μια μελέτη.

## EQUER



Εικόνα 3.12 Λογότυπο του ΣΠΑΚ

Το ΣΠΑΚ EQUER διεξάγει ετήσιες προσομοιώσεις του κύκλου ζωής κτιρίων προκειμένου να παρέχει σε μηχανολόγους, ηλεκτρολόγους και αρχιτέκτονες μηχανικούς υπολογισμένους ενεργειακούς δείκτες (όπως είναι παγκόσμια θέρμανση, οξείδωση, ευτροφισμός, εξάντληση των φυσικών πόρων). Επίσης, απευθύνεται πέραν των άλλων και σε πανεπιστήμια και ερευνητικά εργαστήρια. Η Ελβετική βάση δεδομένων Oekoinventare αλλά και άλλα δεδομένα που συλλέγονται στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής μελέτης REGENER χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των υλικών και άλλων διαδικασιών. Το ΣΠΑΚ EQUER συνδέεται με το εργαλείο ενεργειακής εξομοίωσης COMFIE. Λογαριάζεται επίσης αυτόματα η αντικατάσταση των συστατικών στο τέλος της ζωής τους.

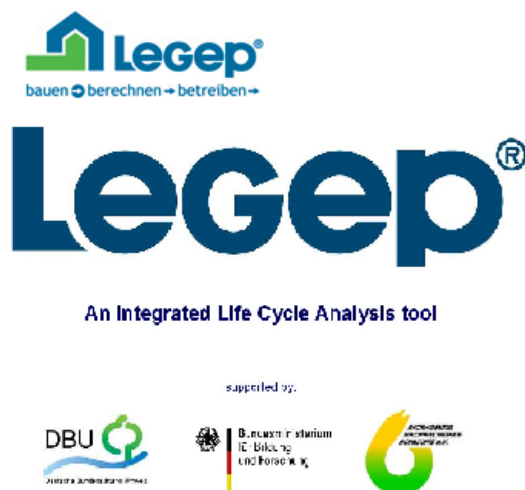
Για τη χρήση του, δεν απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οποιοδήποτε λειτουργικό περιβάλλον προσωπικού υπολογιστή μετά τα Windows 95 είναι κατάλληλο για την εγκατάσταση του προγράμματος. Ο κώδικας του είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Pascal

Στην είσοδο του συστήματος τα δεδομένα που εισάγονται μπορεί να είναι η γεωμετρία ενός κτιρίου, τα υλικά που χρησιμοποιούνται, τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού ψύξης και θέρμανσης. Επίσης, μπορούν να ληφθούν υπόψη η κατανάλωση νερού, η παραγωγή ρύπων, θέματα μεταφοράς ανάλογα με τους στόχους της μελέτης. Αναγνώσιμα αρχεία εισόδου δημιουργούνται με το περιβάλλον PLEIADES και το σχεδιαστικό πρόγραμμα ALCYONE 2-3D. Στην έξοδο του συστήματος παράγονται αποτελέσματα σε μορφή πινάκων και γραφημάτων που περιλαμβάνουν 12 γνωστούς ενεργειακούς δείκτες (όπως είναι τα αέρια του θερμοκηπίου, κατανάλωση ενέργειας και νερού, ρύποι)

Στα δυνατά του σημεία συγκαταλέγονται η σύνδεση του με ένα πολυδύναμο εργαλείο ενεργειακής εξομοίωσης και με ένα φιλικό στο χρήστη περιβάλλον (COMFIE και PLEIADES). Επίσης, θετικά δρα η εξομοίωση κύκλου ζωής στην εξάλειψη λαθών όταν για παράδειγμα λογαριάζεται η ανακαίνιση του κτιρίου.

Στα αδύναμα σημεία του, η υπεραπλουστευμένη περιγραφή του εξοπλισμού (περιορίζεται στο να καθορίσει τη μέγιστη ισχύ, τη θέση του θερμοστάτη και λίγα ακόμα). Οι επιδράσεις από την επεξεργασία του εξοπλισμού θέρμανσης περιλαμβάνονται στο κατάλογο θέρμανσης με τη τιμή 1 kWh.

## LEGEP



Εικόνα 3.13 Λογότυπο του ΣΠΑΚ LEGEP

Το ΣΠΑΚ LEGEP είναι ένα εργαλείο για συνδυασμένη ανάλυση κύκλου ζωής, διαθέσιμο στα Γερμανικά. Υποστηρίζει τις ομάδες σχεδιασμού στο σχεδιασμό, στην κατασκευή, στην επίβλεψη ποσοτήτων και στην εκτίμηση νέων και παλαιότερων κτιρίων ή κτιριακών προϊόντων. Η βάση δεδομένων του περιέχει όλα τα συστατικά στοιχεία ενός κτιρίου όπως περιγράφονται στον κανονισμό DIN 276, τα κόστη Κύκλου Ζωής (LCC/WLC) βασισμένα στον DIN 18960 και στην τελική έκθεση EU – TG4 LCC στο μέρος που αφορά την κατασκευή. Όλες οι πληροφορίες δομούνται και καταλέγονται κατά μήκος του κύκλου ζωής σε όλα τα στάδια (κατασκευή, συντήρηση, λειτουργική χρήση, ανακαίνιση, καταστροφή). Το ΣΠΑΚ LEGEP καθορίζει τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση, ζεστό νερό, ηλεκτρισμό καθώς και τα κόστη τους [75]. Η περιβαλλοντική αξιολόγηση συνυπολογίζει τις ροές ύλης/υλικών (από την είσοδο ως τους ρύπους), καθώς και την επίδραση προσανατολισμένης εκτίμησης, βασισμένης στον ISO 14040 – 43.

Το LEGEP είναι οργανωμένο σε 4 λογισμικά εργαλεία, καθένα από τα οποία έχει τη δική του βάση δεδομένων. Η μέθοδος βασίζεται στο σχεδιασμό κόστους με βάση τα στοιχεία. Η βάση δεδομένων είναι ιεραρχικά δομημένη, ξεκινώντας με τα δεδομένα κύκλου ζωής χαμηλά στη βάση, ακολουθούν τα δεδομένα κτιριακών υλικών, τη περιγραφή της διαδικασίας, και τα απλά συστατικά για στρώσεις υλικών, και πιο σύνθετα υλικά όπως παράθυρα και τέλος «μακροστοιχεία» όπως κτίρια ή κτιριακά αντικείμενα. Τα δεδομένα μπορούν πλήρως να κλιμακοποιηθούν και να τεθούν είτε χαμηλά στη κλίμακα, είτε ψηλά.

Τα στοιχεία κάθε επιπέδου περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το κόστος, την ενέργεια, τη ροή υλικών και τον υπολογισμό των επιδράσεων. Ένα κτίριο μπορεί να περιγραφεί χρησιμοποιώντας είτε στοιχεία που έχουν εκ των προτέρων αξιολογηθεί είτε καθορίζοντας τα στοιχεία από το σκαρίφημα. Ο χρήστης μπορεί επίσης να προσδιορίσει μια συγκεκριμένη σύνθεση εναλλάσσοντας τα επίπεδα ή τις περιγραφές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το πλεονέκτημα μιας κατοπτικής προσέγγισης (από το υψηλότερο επίπεδο προς τα κάτω) είναι η πληρότητα του.: αν ένα στοιχείο δεν αλλάξει ή εξαλειφθεί παραμένει στους υπολογισμούς ως το τέλος.



Τα κόστη των υλικών καθορίζονται από τη βάση δεδομένων SIRADOS που εκδίδεται κάθε χρόνο. Υπάρχουν περίπου 6000 στοιχεία έτοιμα για χρήση για το κτιριακό «ενδυμα», τον τεχνικό εξοπλισμό και τις εργασίες διαμόρφωσης του τοπίου. Οι κατάλογοι κύκλου ζωής βασίζονται στα δεδομένα που παρέχει το ECOINVENT.

Στα πλαίσια της εισόδου στο σύστημα η περιγραφή ενός κτιρίου μπορεί να γίνει με 150 απλά στοιχεία / συστατικά, 40 σύνθετα στοιχεία και 15 μακροστοιχεία, όπως τα παραδείγματα που παρατέθηκαν παραπάνω. Αυτό ανταποκρίνεται στην αύξηση της γνώσης κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού επιτρέποντας την λεπτομερή περιγραφή του κτιρίου χωρίς να ξεφεύγει από το γενικότερο πλαίσιο. Σε κάθε επίπεδο μια ολοκληρωμένη εκτίμηση μπορεί να γίνει και να καταχωρηθεί αυτομάτως.

Στην έξοδο περιλαμβάνεται σε κάθε φάση ένα ολοκληρωμένο σύνολο που συνδέει το κόστος, την ενέργεια, τη ροή της ύλης και περιβαλλοντικούς δείκτες. Ο αριθμός των δεικτών που παρατίθενται, μπορούν να επιλεγθεί από τη λίστα δεικτών CML και μπορεί να είναι η προοπτική για το πράσινο κτίριο σε 100 χρόνια, η πιθανότητες οξείδωσης, το φωτοχημικό φαινόμενο, το φαινόμενο του ευτροφισμού, η καταστροφή της οζοντόσφαιρας, η κατανάλωση ανανεώσιμων και μη πηγών ενέργειας και άλλα. Είναι δυνατό επίσης να φανούν ξεχωριστά ή όλοι μαζί οι δείκτες για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του κτιρίου. Οι διάφορες εκτιμήσεις παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων και γραφημάτων Με το ΣΠΑΚ LEGEP η κύρια προσπάθεια των σχεδιαστών και άλλων ενδιαφερομένων μετατοπίζεται από τη δύσκολη εργασία της περιγραφής του κτιρίου και τη είσοδο πολλών δεδομένων στην ερμηνεία ενός αριθμού αποτελεσμάτων για οποιαδήποτε στιγμή. Οι συνδυασμένες επιδράσεις και αλλαγές που επιφέρει οποιαδήποτε μεταβολή των μεταβλητών γίνεται αμέσως ορατή και με την εμπειρία που αποκτάται πάνω στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) ευρίσκονται νέες μέθοδοι σχεδιασμού.

Αν και το ΣΠΑΚ LEGEP εφαρμόζεται σήμερα κυρίως στο σχεδιασμό νέων κτιρίων λαμβάνει υπόψη τη μορφή που ενδεχομένως θα έχει ο κύκλος ζωής στο μέλλον κάτι που εκτιμάται από τους χρήστες. Για τα ήδη υπάρχοντα κτίρια το σύστημα LEGEP υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων στο στάδιο της αναπαλαίωσης και μακροπρόθεσμα στη βιώσιμη διαχείριση κτιρίων και κτιριακών συγκροτημάτων.

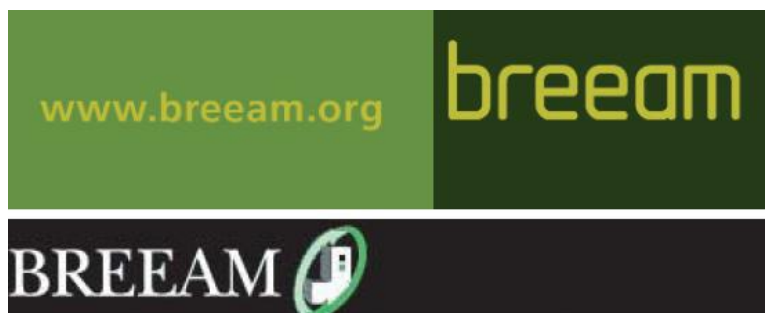
## PAPOOSE



Εικόνα 3.14 Λογότυπο του ιδρύματος CSTB που ανέπτυξε το ΣΠΑΚ PAPOOSE

Το ΣΠΑΚ PAPOOSE αναπτύχθηκε από το ερευνητικό ίδρυμα CSTB της Γαλλίας το 1997 και ασχολείται με τα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού κτιρίων. Προορίζεται σε εκείνους που παρεμβαίνουν σε αυτά τα στάδια και καλύπτει όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής και κυρίως τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η αρχιτεκτονική PAPOOSE βασίζεται σε ένα σύστημα υπολογισμού ποσοτήτων και σε αρκετά πακέτα συναρτήσεων που αντιστοιχούν σε κάποιο περιβαλλοντικό αντικείμενο. Το σύστημα υπολογισμού ποσοτήτων (mètreur) συλλέγει και μετασχηματίζει τα δεδομένα που παρέχονται από το χρήστη και τα μεταβιβάζει σε κάθε πακέτο συναρτήσεων. Στο τέλος ένα αθροιστικό σύστημα ποσοτήτων (agrégateur) υπολογίζει τους δείκτες που σχετίζονται με τους στόχους που θέτει και θέλει να αξιολογήσει ο χρήστης.

## BREEAM



Εικόνα 3.15 Λογότυπο του ΣΠΑΚ BREEAM

Το BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) χρησιμοποιείται ευρέως και υπήρξε από τα πρωτοπόρα εργαλεία για την περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων. Μέχρι σήμερα πάνω από 110.000 κτίρια έχουν πιστοποιηθεί και πάνω από μισό εκατομμύριο έχουν αιτηθεί πιστοποίησης. Το BREEAM παρέχει στους πελάτες του :

- Αναγνώριση στην αγορά για τις επιδόσεις που επιτυγχάνει
- Καινοτόμες λύσεις που ελαχιστοποιούν τις επιδράσεις στο περιβάλλον
- Μια αξιολόγηση ανώτερη από αυτή που επιζητούν οι κανονισμοί
- Έναν τρόπο να μειωθούν τα τρέχοντα έξοδα, και να βελτιωθούν οι χώροι εργασίας και ζωής

Το ΣΠΑΚ BREEAM ρυθμίζει περιβαλλοντικά θέματα και θέματα βιωσιμότητας και δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες όπως εργολάβους και σχεδιαστές να αποδείξουν την περιβαλλοντική credential των κτιρίων στους πελάτες τους. Συγκεκριμένα το ΣΠΑΚ BREEAM:

- Χρησιμοποιεί ένα σύστημα βαθμολόγησης που είναι διαφανές και εύκολο στην κατανόηση, υποστηριζόμενο από μια βάση δεδομένων.
- Έχει μια θετική επιρροή στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση των κτιρίων
- Θέτει και διατηρεί ένα ενεργό και δραστήριο τεχνικό πρότυπο με αυστηρή πιστοποίηση ποιότητας.

Σχεδιαστές, εργολάβοι και ιδρυτές χρησιμοποιούν τη μέθοδο BREEAM για να διευκρινίσουν την βιωσιμότητα των κτιρίων τους με έναν τρόπο που είναι γρήγορος, αντιληπτός, ευκρινής, αλλά και αναγνωρίσιμος στην αγορά. Οι εκτιμητές περιουσίας και οι μεσίτες την χρησιμοποιούν για την προβολή των περιβαλλοντικών επιδόσεων και των πλεονεκτημάτων ενός κτιρίου στους πιθανούς αγοραστές του ή ενοικιαστές του. Οι σχεδιαστικές ομάδες την χρησιμοποιούν για να βελτιώσουν την απόδοση των κτιρίων και να αυξήσουν τις εμπειρίες και τη γνώση τους στα θέματα βιωσιμότητας. Οι διαχειριστές την χρησιμοποιούν για να μειώσουν τα τρέχοντα έξοδα να μετρήσουν και να βελτιώσουν την απόδοση των κτιρίων, να αναπτύξουν σχέδια δράσης και να αποκτήσουν εικόνα της περιβαλλοντικής αλλά και οικονομικής απόδοσης του.

Η μέθοδος BREEAM χρησιμεύει στην αξιολόγηση διαφόρων τύπων κτιρίων όπως γραφεία, σχολεία, δικαστήρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εκπαιδευτικά ιδρύματα, νοσοκομεία, βιοτεχνίες, και οικίες. Επιπλέον, όμως μπορεί να ανασχεδιαστεί και να προσαρμοσθεί ώστε να λειτουργήσει για κάθε πιθανό τύπο κτιρίου που δεν εντάσσεται στις παραπάνω κατηγορίες ή αποτελεί συνδυασμό τους. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα των κατοικιών, υπάρχουν διάφορες εκδόσεις όπως η BREEAM Ecohomes για νέα σπίτια έξω από την Αγγλία, η BREEAM multi-residential που καλύπτει κτίρια που στεγάζουν ιδιώτες και έχουν κοινόχρηστες εγκαταστάσεις και τέλος από τον Απρίλιο του 2007 την έκδοση που είναι σύμφωνη με τον Κυβερνητικό Κώδικα του Ηνωμένου Βασιλείου για τα Βιώσιμα Κτίρια (CSH) για την αξιολόγηση νέων κατοικιών στην Αγγλία

Το ΣΠΑΚ BREEAM βαθμολογεί και δίνει μονάδες πιστοποίησης και ομαδοποιεί τις περιβαλλοντικές επιδράσεις στους παρακάτω τομείς:

- Ενέργεια. Αξιοποιήσιμη ενέργεια και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
- Διαχείριση. Πολιτική διαχείρισης, ανάθεσης και προμήθειας
- Υγεία και ευζωία. Θόρυβος, φωτισμός, ποιότητα αέρα
- Μεταφορά. Θέματα τοποθεσίας και μεταφοράς
- Ρύποι. Επάρκεια πόρων, διαχείριση απορριμμάτων.
- Μόλυνση. Μόλυνση αέρα και υδάτων.
- Οικολογία. Οικολογική αξία, συντήρηση πόρων και αναβάθμιση του τοπίου

Το σύνολο των βαθμών που συγκεντρώνονται για κάθε τομέα πολλαπλασιάζονται με έναν περιβαλλοντικό παράγοντα που λαμβάνει υπόψη τη σπουδαιότητα αυτού του τομέα με δίνοντας του κάποια συγκεκριμένη βαρύτητα. Έπειτα οι βαθμοί προστίθενται και υπολογίζεται το τελικό σύνολο που αντιστοιχίζεται σε μια κλίμακα βαθμονόμησης που έχει τις εξής κατατάξεις: Εγκρίνεται, Καλά, Πολύ Καλά, Άριστα, και Εντυπωσιακά. Υπάρχει επίσης και ένα σύστημα κατάταξης 5 αστερών.

## EcoEffect



Εικόνα 3.16 Λογότυπο του ΣΠΑΚ EcoEffect

Το ΣΠΑΚ EcoEffect αναπτύχθηκε στο Βασιλικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας στη Στοκχόλμη, στο Πανεπιστήμιο Gayle της Σουηδίας με την υποστήριξη επιχειρήσεων και οργανισμών που ασχολούνται με τον κατασκευαστικό τομέα. Αποσκοπεί στη λήψη μιας ολιστικής προσέγγισης μέσω της μελέτης πέντε τομέων που αξιολογούνται παράλληλα και αυτοί είναι η χρήση υλικών, η χρήση ενέργειας, το εσωτερικό και εξωτερικό κλίμα που διαμορφώνεται και το κόστος κύκλου ζωής. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών μπορούν να παρουσιαστούν με διάφορους τρόπους. Ο πιο απλός δείχνει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιδράσεων εντός και εκτός κτιρίου συσχετισμένα με τη χρήση υλικών και την κατανάλωση ενέργειας. Για να απλοποιηθούν οι συγκρίσεις μεταξύ κτιρίων ένα αθροιστικό περιβαλλοντικό φορτίο υπολογίζεται.

Αρχικά, η μέθοδος αναπτύχθηκε για πολυκατοικίες, αλλά αφού οι δομές και οι αρχές που ισχύουν είναι σε γενικές γραμμές οι ίδιες, η μέθοδος έχει προσαρμοστεί και σε άλλους τύπους κτιρίων, όπως σχολεία, γραφεία και άλλα.

Η ανάπτυξη της μεθόδου κινήθηκε αρχικά σε τρεις άξονες: την υγεία, τη βιοποικιλότητα και τους φυσικούς πόρους. Ως τώρα, η αξιολόγηση έχει περιοριστεί στην εξέταση των χαρακτηριστικών του κτιρίου και στο στενό εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Για τους χρήστες, έχει γίνει η παραδοχή ότι έχουν μια φυσιολογική συμπεριφορά. Για κτίρια που ήδη υπάρχουν και αξιολογούνται είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αληθινά στοιχεία για τις καταναλώσεις νερού και ενέργειας. Ωστόσο, οι επιδράσεις των επιμέρους υλικών του κτιρίου, της διαχείρισής του ή του τρόπου ζωής και της συμπεριφοράς των χρηστών είναι δύσκολο να υπολογιστούν τότε. Μέχρι στιγμής, στην τελική περιβαλλοντική εικόνα δεν συνυπολογίζονται η σημασία της τοποθεσίας και αυτή της μεταφοράς αγαθών και υπηρεσιών (χωρίς να εννοείται όμως το ίδιο και για την μεταφορά των συστατικών υλικών του κτιρίου κατά την κατασκευή ή την ανακαίνιση).

Στο ΣΠΑΚ EcoEffect, χρησιμοποιείται μεθοδολογία Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA) για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση υλικών και ενέργειας λαμβάνοντας σαν όριο του συστήματος τα όρια του εξεταζόμενου κτιρίου. Η συνολική περιβαλλοντική επίδραση που υπολογίζεται εκφράζεται σα φορτίο που προκύπτει από τη χρήση του κτιρίου και συνήθως υπολογίζεται ανά κάτοικο. Μπορεί να είναι τριών ειδών εκπομπές, απολείμματα και εξάντληση των φυσικών πόρων.

Για το εσωτερικό περιβάλλον, πρωτεύουσα σημασία στην αξιολόγηση για το ΣΠΑΚ EcoEffect έχουν η υγεία και η άνεση, για το εξωτερικό και πάλι η υγεία και το

οικοσύστημα. Κατά την αξιολόγηση παλαιών κτιρίων, πολλά ζητήματα που αφορούν την ανθρώπινη υγεία εξερευνούνται μέσω ερωτηματολογίων που δίνονται στους χρήστες. Κάποιες μετρήσεις και συμπληρώσεις καταλόγων διεξάγονται επί τόπου στο κτίριο. Στο περιβαλλοντικό προφίλ που σχηματίζεται για τον εσωτερικό χώρο γίνονται δυο παρουσιάσεις, η μία δείχνει τις επιπτώσεις στην υγεία και η άλλη τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Όμοια για τον εξωτερικό χώρο συνδυάζονται οι κίνδυνοι για την υγεία και το οικοσύστημα. Στο τέλος, οι επιδράσεις ομαδοποιούνται στους τομείς υγεία και άνεση, οικοσύστημα, χωρητικότητα βιολογικής παραγωγής και πιθανότητα για ανακύκλωση νοικοκυριού.

Τα κόστη για την επένδυση, τη χρήση και τη συντήρηση συνοψίζονται για το χρονικό διάστημα 50 ετών και χρησιμοποιούνται σαν βάση για τους δείκτες κόστους. Ωστόσο, κόστη που δεν συνδέονται φανερά με τις περιβαλλοντικές επιδράσεις σε ένα κτίριο δεν περιλαμβάνονται όπως για παράδειγμα είναι το κόστος κεφαλαίου. Τα περιβαλλοντικά κόστη χρησιμοποιούνται σα μέσα μελέτης για το πώς οι επενδύσεις μπορούν να αποσβεστούν σε διαφορετικά σενάρια. Τα δεδομένα εισάγονται από το χρήστη και εκτείνονται σε τέτοιο βαθμό ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια για την αξιολόγηση.

Όλα μαζί τα περιβαλλοντικά προφίλ δείχνουν περίπου 50 διαφορετικές στήλες. Προκειμένου να γίνουν ερμηνείες και συγκρίσεις, υπάρχει μια διαδικασία πρόσθεσης βαρών που παράγει τελικά ένα μικρότερο ποσό δεικτών. Οι βαρύτητες αυτές έχουν προκύψει από συστημική ανάλυση των προβλημάτων που σημαίνει ότι τα βάρη είναι προσεκτικά καθορισμένα. Παρέχεται ωστόσο στο χρήστη η δυνατότητα να εισάγει δικά του βάρη ή και να αποφύγει τελείως τη διαδικασία.

## EcoProfile



**Εικόνα 3.17** Λογότυπο του ιδρύματος SINTEF που ανέπτυξε το ΣΠΑΚ EcoProfile

Η μέθοδος EcoProfile απευθύνεται σε ιδιοκτήτες, μισθωτές και σε κάθε ενδιαφερόμενο γκρουπ που αποδέχεται την πρόκληση για καλύτερη περιβαλλοντική συμπεριφορά με συγκριτικά πλεονεκτήματα αλλά και εξοικονόμηση οικονομικών πόρων. Παρέχει τη βάση για ευρύτερη κατανόηση της περιβαλλοντικής εικόνας από ιδιοκτήτες, μηχανικούς και συμβούλους. Σχηματίστηκε το 2003 με τη συνεργασία και την υποστήριξη ειδικών στην ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA)

Το ΣΠΑΚ EcoProfile είναι ένα απλό έντυπο πάνω στο οποίο μπορεί να υπολογιστούν και να αναφερθούν τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για κάθε κατηγορία επιδράσεων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται σε τέτοια μορφή που γίνεται εύκολα κατανοητή και προσφέρεται για τη σύγκριση προϊόντων της ίδιας κατηγορίας. Με την εφαρμογή του EcoProfile, οι κατασκευαστές αναφέρουν τα αποτελέσματα της αξιολόγησης σε συμφωνία με το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης της σειράς ISO 14001 του προτύπου ISO 14040 δηλώνοντας ότι οι πληροφορίες που παρείχαν είναι αληθείς και ακριβείς. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία βάσης δεδομένων που είναι σαφώς καθορισμένη και ασφαλής και που δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες και στους ειδικούς προμηθευτές να εντοπίσουν τα πιο βιώσιμα προϊόντα ώστε να λάβουν ολοκληρωμένες αποφάσεις.

## Environmental Status Model



Εικόνα 3.18 Λογότυπο του ΣΠΑΚ Environmental Status Model

Το ΣΠΑΚ Environmental Status Model αναπτύχθηκε στη Σουηδία το 1995 από μια ομάδα κατόχων – ιδιοκτητών κτιρίων σε συνεργασία με εταιρίες συμβούλων για την περιβαλλοντική επιθεώρηση και αξιολόγηση των κτιρίων. Ο σύνδεσμος ονομάστηκε Σύνδεσμος για την Περιβαλλοντική Κατάσταση των Κτιρίων (Association for Environmental Status of Buildings). Τέθηκε σε λειτουργία τον Απρίλιο του 1997 καταρχήν ως ένα πρακτικό εργαλείο για τη διαχείριση των κτιρίων. Η τέταρτη έκδοσή του έλαβε χώρα τον Ιανουάριο του 2002 και ως σήμερα περίπου 20.000.000 τ.μ. κτιρίων έχουν επιθεωρηθεί ενώ περίπου 600 άνθρωποι έχουν εκπαιδευθεί και έχουν λάβει άδεια για να το χρησιμοποιούν. Το σύστημα χρησιμοποιείται ευρέως και έχει κερδίσει την αποδοχή στον τομέα της ακίνητης περιουσίας (real estate).

- Η τέταρτη έκδοση περιλαμβάνει:
- Ένα αναθεωρημένο μέρος για το εσωτερικό περιβάλλον με ερωτηματολόγιο
- Μια νέα μέθοδο για την εικόνα της γης
- Ένα νέο μέρος σχεδιασμένο να καταγράφει την περιβαλλοντική εικόνα από τη μεριά των μισθωτών /ενοικιαστών
- Μια νέα μορφή του προγράμματος που το καθιστά φιλικότερο στον χρήστη

Η περιβαλλοντική αξιολόγηση περιέχει περίπου 90 ερωτήσεις σχετικές με το περιβάλλον (που αποκαλούνται από το Σύνδεσμο περιβαλλοντικές εικόνες / πλευρές (aspects) και χωρίζονται σε 4 κατηγορίες:

- Εσωτερικό Περιβάλλον (46 εικόνες)
- Εξωτερικό Περιβάλλον (8 εικόνες)
- Ενέργεια (6 εικόνες)
- Φυσικοί πόροι (29 εικόνες)

Για κάθε περιβαλλοντική εικόνα υπάρχει ένα σύστημα κατάταξης σε 5 τάξης ανάλογα με το πόσο καλά καλύπτει τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες και οδηγίες για κάθε περιβαλλοντική εικόνα, για την εκδήλωση της, το πώς αναγνωρίζεται, το πώς δοκιμάζεται, υπολογίζεται και κατατάσσεται με παραδείγματα μετρήσεων και παραπομπές.

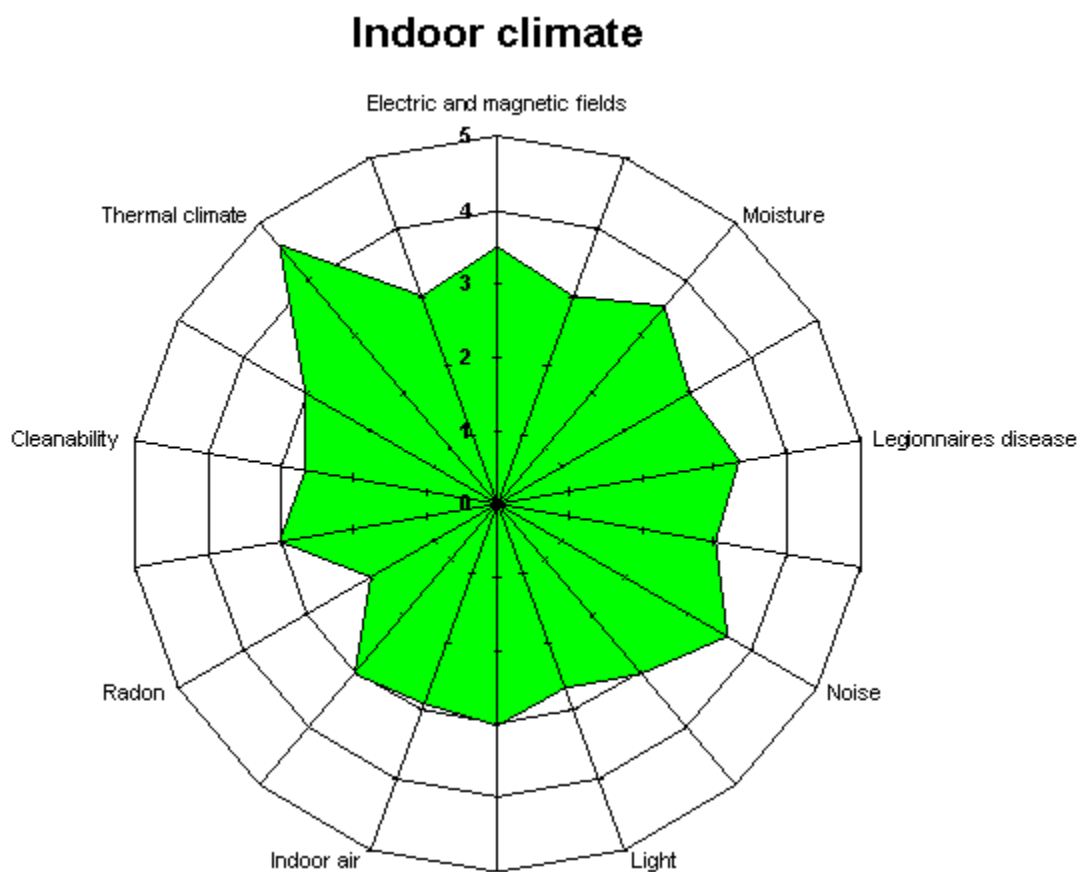
Πριν την περιβαλλοντική επιθεώρηση συλλέγονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που περιγράφουν το κτίριο και τις λειτουργίες που στεγάζει. Αρχικά, η επιθεώρηση είναι οπτική αλλά περιλαμβάνει επίσης απλές μετρήσεις VOC, φορμαλδεΐδης, ποιότητας του αέρα και μέτρηση ραδονίου. Όπου απαιτείται υποβάλλονται



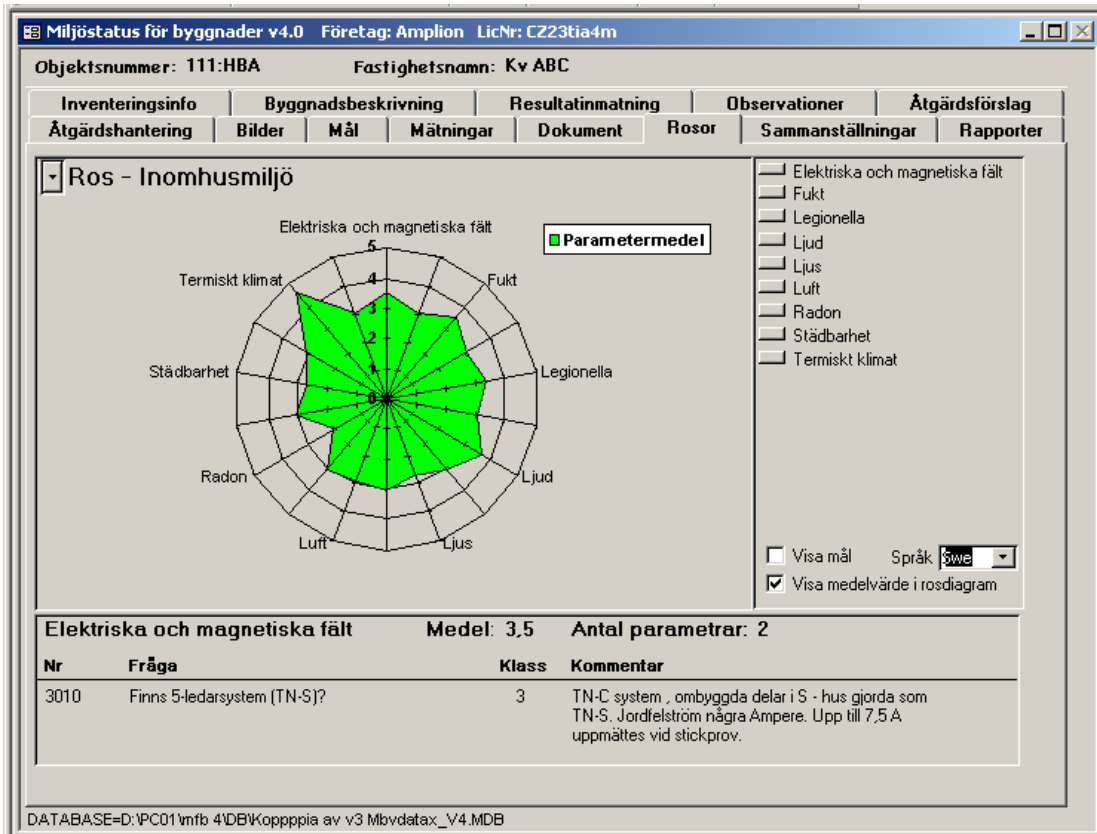
ερωτηματολόγια και περεταίρω τεστ και μετρήσεις. Όλες οι ερωτήσεις της επιθεώρησης έχουν τον ίδιο βαθμό σημασίας μπορεί ωστόσο ο χρήστης να επιδώσει ιδιαίτερη βαρύτητα όπου επιθυμεί. Τελικά, τα αποτελέσματα της επιθεώρησης μπορούν να συνοψιστούν στις 4 κύριες κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω και κάποιες υποκατηγορίες.

Έπειτα τα αποτελέσματα τροφοδοτούν μια βάση δεδομένων και επεξεργάζονται προκειμένου να σχηματιστεί μια Περιβαλλοντική Αναφορά στην οποία τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με κείμενο και μια σειρά επεξηγηματικών γραφημάτων (που αποκαλούνται περιβαλλοντικά «τριαντάφυλλα») και περιγράφουν την περιβαλλοντική κατάσταση του κτιρίου. Ακολουθούν συγκεκριμένες προτάσεις που μπορεί να ενσωματωθούν στο σχέδιο διαχείρισης του κτιρίου.

Το ΣΠΑΚ Environmental Status Model αναπτύσσεται με βάση τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των μελών του συνδέσμου και ανταποκρίνεται σε όλα τις σύγχρονες απαιτήσεις και τα τελευταία ερευνητικά ευρήματα. Υπάρχει στενή συνεργασία με το εθνικό πρόγραμμα της Σουηδίας το EcoEffect αλλά και με άλλα αντίστοιχα προγράμματα των βόρειων χωρών



**Εικόνα 3.19 Το περιβαλλοντικό τριαντάφυλλο με τις υποκατηγορίες για το εσωτερικό περιβάλλον. Όσο μεγαλύτερο είναι τόσο υψηλότερα έχει αξιολογηθεί.**



Εικόνα 3.20 Λογισμικό περιβάλλον του Environmental Status Model

## ESCALE

Η μέθοδος ESCALE είναι μια μέθοδος που αναπτύχθηκε από το ίδρυμα CSTB σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Savoy για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής ποιότητας των κτιρίων στη φάση του σχεδιασμού. Χρησιμοποιούνται 11 περιβαλλοντικά κριτήρια, καθορισμένα σαν έννοιες, τα οποία απεικονίζουν την άποψη που έχουν οι συμμετέχοντες. Τα κριτήρια απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.2 Τα περιβαλλοντικά κριτήρια που χρησιμοποιεί το ESCALE**

Περιβαλλοντικά κριτήρια		Έμμεσα περιβαλλοντικά κριτήρια
1. Πηγές ενέργειας	6. Σύνδεση με το περιβάλλον (διαμόρφωση τοπίου, εξωτερική άνεση, οικολογική συμπεριφορά)	10. Συντήρηση
2. Άλλες πηγές (πηγές νερού, πρώτες ύλες)	7. Άνεση (θερμική, οπτική, ακουστική)	11. Προσαρμοστικότητα
3. Απολείμματα (κατασκευής, λειτουργίας, καταστροφής)	8. Υγεία (ποιότητα εσωτερικού αέρα, νερού)	
4. Μόλυνση μεγάλης κλίμακας (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή, τρύπα του όζοντος, ραδιενεργά απόβλητα)	9. Περιβαλλοντική διαχείριση	
5. Τοπική μόλυνση (μόλυνση αέρα, υδάτων, γης)		

Η μέθοδος ESCALE θεωρεί δυο τύπους κριτηρίων αξιολόγησης: αυτά που είναι καθαρά περιβαλλοντικά και άλλα που οι επιδράσεις τους στο περιβάλλον είναι έμμεσες. Με βάση αυτά τα 11 κριτήρια κατασκευάζεται ένα δέντρο με τα υποκριτήρια και για κάθε κριτήριο κατασκευάζεται μια διεπίπεδη δομή που προσαρμόζεται στη βάση δεδομένων που μπορεί να είναι απλοποιημένη (χρήση στον πρωταρχικό, πρόχειρο σχεδιασμό και μια λεπτομερέστερη για τις πιο προχωρημένες διαδικασίες σχεδιασμού όπου πλέον υπάρχουν πιο ακριβή δεδομένα. Ωστόσο για κάποια από τα κριτήρια αρκεί μια μονοεπίπεδη προσέγγιση για να εκτιμηθούν όλα τα χαρακτηριστικά, όπως θα ήταν για παράδειγμα η αξιολόγηση του υποκριτηρίου «Ποιότητα του εσωτερικού αέρα» που έχει νόημα να εξεταστεί μόνο στα προχωρημένα στάδια σχεδιασμού, ενώ η «Διαμόρφωση του Εδάφους» υποκριτήριο της Σύνδεσης με το Περιβάλλον θα χρειαστεί να εκτιμηθεί στην αρχική φάση, όπου ίσως επηρεάσει τις μετέπειτα επιλογές.

Στη μέθοδο ESCALE, η αξιολόγηση κάθε κριτηρίου (ή υπο-κριτηρίου) είναι το συνδυαστικό αποτέλεσμα της άθροισης των επιβαρυμένων αξιολογήσεων κατώτερων επιπέδων του δέντρου. Η προσθήκη βαρών, αν και ενέχει στοιχεία υποκειμενικότητας, είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ενός προφίλ ευανάγνωστου που θα συνθέτει απόψεις. Το τελικό περιβαλλοντικό προφίλ της αξιολόγησης του

εργαλείου ESCALE συναποτελούν 24 προφίλ μικρότερων κριτηρίων, που αναπαριστούν τις αποδόσεις τους με μορφή γραφημάτων με στήλες. Έτσι, πριν το τελικό προφίλ εύκολα μπορούν να εντοπιστούν οι επιμέρους επιρροές και να εξηγηθεί πώς προκύπτει το εν λόγω αποτέλεσμα. Επίσης, αυτά τα υπο-προφίλ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναφερθούν οι συντελεστές βαρύτητας, οι τιμές αναφοράς, οι συναρτήσεις και άλλα στοιχεία της μεθοδολογίας του συστήματος.

## LEED



Εικόνα 3.21 Λογότυπο του ΣΠΑΚ LEED

Το ΣΠΑΚ LEED είναι ένα διεθνώς αναγνωρισμένο σύστημα πιστοποίησης πράσινων κτιρίων, που παρέχει αντικειμενική επιβεβαίωση ότι ένα κτίριο ή μια κοινότητα είναι σχεδιασμένο με ώστε να παρουσιάζει βελτιωμένη απόδοση σε όλα τα θέματα που έχουν σημασία: στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην επάρκεια και χρήση του νερού, στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>, στο βελτιωμένο εσωτερικό περιβάλλον και στο διαχείριση των πόρων και το πώς μεταβάλλουν τις επιρροές τους. Είναι στις Ηνωμένες Πολιτείες, το εθνικά αποδεκτό ως ορόσημο για το σχεδιασμό, την κατασκευή και λειτουργία υψηλής απόδοσης πρασίνων κτιρίων, δίνοντας στους χρήστες του την ικανότητα να αποκτήσουν μια άμεση και μετρήσιμη εικόνα της απόδοσης των κτιρίων τους. Το ΣΠΑΚ LEED ακολουθεί μια ολιστική προσέγγιση της βιωσιμότητας του κτιρίου (δηλαδή από όλους τους παράγοντες που συνεισφέρουν) υπολογίζοντας την απόδοση κομβικών σημείων για την υγεία του ανθρώπου και για το περιβάλλον:

- βιώσιμη ανάπτυξη και κατάλληλη επιλογή τοποθεσίας τέτοια που να μη βλάπτει το οικοσύστημα
- επάρκεια και εξοικονόμηση νερού,
- επάρκεια και σωστή διαχείριση της ενέργειας, παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εκπομπή όσο το δυνατόν λιγότερων ρύπων που βλάπτουν την ατμόσφαιρα
- επιλογή υλικών, ελαχιστοποίηση απορριμμάτων, χρήση πόρων που ανακυκλώνονται
- ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, ποιότητα αέρα, φυσικός φωτισμός, χαμηλοί θόρυβοι
- Τοποθεσία και σύνδεση με την κοινότητα, πρόσβαση με φυσικά μέσα, υγιεινό περιβάλλον, χώροι για άσκηση και άθληση

Αναπτύχθηκε από το Σύλλογο Πράσινων Κτιρίων των Η.Π.Α. ([U.S. Green Building Council \(USGBC\)](#)) και πιο συγκεκριμένα από μια ανοιχτή διαδικασία που διεξάγεται από τις επιτροπές LEED ([LEED committees](#)). Κάθε επιτροπή αποτελείται από μια

ομάδα τεχνικών και ειδικών εμπειρογνομώνων που αντιπροσωπεύουν τον κάθε κατασκευαστικό τομέα που άπτεται ενός συγκεκριμένου θέματος του κτιρίου.

Το ΣΠΑΚ LEED μπορεί να προσαρμοστεί σε κάθε τύπο κτιρίου, και μπορεί να εφαρμοστεί για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός οικοδομήματος: το σχεδιασμό και την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση, τη λειτουργία και τη διαχείριση, την αναπροσαρμογή και την ανακαίνιση. Επίσης, με το LEED για την ανάπτυξη Γειτονιάς (Neighborhood Development) τα οφέλη χρήσης του LEED επεκτείνονται και πέρα από τα στενά πλαίσια του κτιρίου στις γειτονικές περιοχές.

Το LEED απευθύνεται σε αρχιτέκτονες, διακοσμητές, μηχανικούς, διαχειριστές εγκαταστάσεων, αρχιτέκτονες τοπίου, κατασκευαστές, μεσίτες που επιθυμούν την ανάπτυξη βιώσιμων κτιρίων. Το κράτος και οι τοπικές αρχές υιοθετούν το LEED για δημόσια και κοινωφελή κτίρια, υπάρχουν εφαρμογές του LEED ακόμα και σε υπηρεσίες και τμήματα (Departments) όπως τα Τμήματα Άμυνας, Αγροτικής Πολιτικής, Ενέργειας ενώ μελέτες με το LEED πραγματοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα όπως στον Καναδά, στη Βραζιλία, στο Μεξικό και στην Ινδία.

### 3.3 Κατηγοριοποίηση

Προκειμένου να ακολουθήσει η κατηγοριοποίηση των εργαλείων περιβαλλοντικής αξιολόγησης κτιρίων θα χρησιμοποιηθούν 2 γνωστά και διαδεδομένα συστήματα κατάταξης που αναπτύχθηκαν από το ινστιτούτο [ATHENA](#) [53] και το δεύτερο από το [IEA Annex \(2001\)](#).



#### ANNEX 31

Εικόνα 3.22 Λογότυπο του συστήματος κατάταξης IEA Annex

#### 3.3.1 Σύστημα Κατάταξης ATHENA

Το ινστιτούτο [ATHENA](#) έχει προτείνει το σύστημα κατάταξης “Assessment Tool Typology” (τυπολόγιο εργαλείων αξιολόγησης) που αργότερα καθιερώθηκε ως Σύστημα Κατάταξης [ATHENA](#) που έχει 3 επίπεδα:

- Επίπεδο 1: Εργαλεία σύγκρισης προϊόντος και πηγές πληροφοριών (BEES 3.0 και TEAM™)

- Επίπεδο 2: Σχεδιασμός ολόκληρου κτιρίου ή εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων (ATHENA™, BEAT 2002, BeCost, Eco-Quantum, Envest 2, EQUER, LEGEP® και PAPOOSE)
- Επίπεδο 3: Πλαίσια ή Συστήματα αξιολόγησης ολόκληρου κτιρίου (BREEAM, EcoEffect, EcoProfile, Environmental Status Model, ESCALE, και LEED®)

Τα ΣΠΑΚ BEAT (2002), BeCost, EQUER, Environmental Status Model, LEGEP® και PAPOOSE δεν αναφέρονταν στην κατάταξη ATHENA. Ωστόσο κατηγοριοποιήθηκαν βάσει των ομοιοτήτων που παρουσιάζουν με άλλα ΣΠΑΚ των ομάδων [54]. Επιπροσθέτως στα τρία επίπεδα που αναφέρθηκαν υπάρχει ακόμα μια κατηγορία για υποστηρικτικά εργαλεία και τεχνικές, που εδώ ωστόσο αμελείται, εφόσον κρίνεται ότι βρίσκεται εκτός θέματος.

### 3.3.2 Σύστημα Κατάταξης IEA Annex

Σύμφωνα με το πρόγραμμα IEA Annex 31 “Energy related environmental impact of buildings” τα ΣΠΑΚ κατηγοριοποιούνται σε πέντε τάξεις [56]:

- Τάξη 1: Λογισμικό Ενεργειακού Σχεδιασμού.
- Τάξη 2: Περιβαλλοντικά Εργαλεία LCA για Κτίρια και Κτιριακά Συγκροτήματα. (BEES 3.0, TEAM™, ATHENA™, BEAT 2002, BeCost, Eco-Quantum, Envest 2, EQUER, LEGEP®, PAPOOSE, EcoEffect, και ESCALE)
- Τάξη 3: Πλαίσια Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης και Συστήματα Βαθμονόμησης. (BREEAM, EcoProfile, Environmental Status Model, και LEED®))
- Τάξη 4: Περιβαλλοντικές Οδηγίες ή Πίνακες Ελέγχου για το Σχεδιασμό και τη Διαχείριση Κτιρίων.
- Τάξη 5: Δηλώσεις Περιβαλλοντικών Προϊόντων, Κατάλογοι, Πληροφορίες Αναφορών, Πιστοποιητικά και Ετικέτες.

Το ΣΠΑΚ Environmental Status Model δεν αναφερόταν στην κατάταξη IEA Annex 31 αρχικά, όμως λόγω των ομοιοτήτων του με άλλα εργαλεία, εντάχθηκε στις παραπάνω τάξεις. Σε αυτήν την κατάταξη τα ΣΠΑΚ διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες: η πρώτη περιλαμβάνει Διαδραστικό Λογισμικό και η δεύτερη Παθητικά Εργαλεία. Όταν λέμε Διαδραστικό Λογισμικό εννοείται εργαλείο που παρέχει υπολογισμούς και εκτιμήσεις, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να προσεγγίσει την πραγματική εικόνα πριν αναλάβει δράση, να εξερευνήσει δηλαδή ένα φάσμα επιλογών με έναν διαδραστικό τρόπο [55]. Τα παθητικά μέσα υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων, χωρίς να επιτρέπουν διαδραστικότητα με το χρήστη [56, 55]. Τα εργαλεία της πρώτης και δεύτερης τάξης είναι διαδραστικά, ενώ τα εργαλεία της τρίτης, τέταρτης και πέμπτης είναι παθητικά.

Στην κατάταξη με το σύστημα [ATHENA](#) τα ΣΠΑΚ διακρίνονται σε διαφορετικά επίπεδα με κριτήρια τη διαδικασία αξιολόγησης που ακολουθούν και το σκοπό λειτουργίας τους [53]. Η κατάταξη IEA Annex 31 περιλαμβάνει πέρα από την ταξινόμηση των ΣΠΑΚ και κριτήρια για την αξιολόγηση λογισμικού ενεργειακού

σχεδιασμού, διαφορετικές περιβαλλοντικές οδηγίες πίνακες ελέγχου και άλλα όπως προαναφέρθηκαν, όπως δηλαδή γίνεται κατανοητό ένα πεδίο πολύ ευρύτερο σε σύγκριση με το πρόγραμμα κατάταξης [ATHENA](#). Όπως επίσης παρατηρείται όλα τα ΣΠΑΚ που περιγράφονται στην κατά [ATHENA](#) κατάταξη, ανήκουν στη δεύτερη και Τρίτη κατηγορία της κατάταξης IEA Annex 31.

Τα εργαλεία ΣΠΑΚ είναι λύσεις για implementing μεθόδους εκτίμησης και υπολογισμού. Συχνά τα εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη φάση του σχεδιασμού ώστε να βοηθήσουν τη λήψη αποφάσεων. Τα δεκατρία από τα ΣΠΑΚ που περιγράφηκαν παραπάνω είναι απλώς εργαλεία αξιολόγησης ενώ επιπλέον, τα εννιά από αυτά χρησιμοποιούνται και σαν σχεδιαστικά εργαλεία (πρόκειται για τα εργαλεία του επιπέδου 1 και του επιπέδου 2 καθώς επίσης και τα Ecorprofile και ESCALE του επιπέδου 3). Τα περισσότερα από τα ΣΠΑΚ είναι προγράμματα λογισμικού που παρουσιάζουν ωστόσο μια μεγάλη ποικιλομορφία. Όσους περισσότερους υπολογισμούς και εκτιμήσεις περικλείουν τόσο περισσότερο εξαρτώνται από τις πληροφορίες και την τεχνολογία. Σε σύνδεση με τα προηγούμενα η κατάταξη IEA Annex 31 προχώρησε σε διαχωρισμό διαδραστικού λογισμικού και παθητικών εργαλείων, με τη πρώτη κατηγορία να κρίνεται ως περισσότερο εξαρτώμενη από την τεχνολογία ενώ με παρόμοιο τρόπο τα επίπεδα 1 και 2 της κατάταξης [ATHENA](#) άπτονται της τεχνολογίας περισσότερο σε σχέση με τα εργαλεία του επιπέδου 3.

Μόνο μερικά από τα εργαλεία που αναφέρονται περιλαμβάνουν ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (LCC), αναλύοντας το καθένα σε διαφορετικό βάθος και ακρίβεια. Για παράδειγμα το Envest 2 παρέχει πλήρη ανάλυση LCC, ενώ το Beat υπολογίζει μόνο τα κόστη που διαφοροποιούν τις λύσεις. Φυσιολογικά, η ανάλυση LCC μπορεί να πραγματοποιηθεί ξεχωριστά με εργαλεία που εστιάζουν αποκλειστικά εκεί, αλλά συνδυάζοντας τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν με τα αποτελέσματα ενός ΣΠΑΚ θα μπορούσε να είναι δύσκολο και χρονοβόρο. Πέρα από όλα αυτά, η βιώσιμη δόμηση θέτει προκλητικές απαιτήσεις για τα ΣΠΑΚ, εκτιμώντας επιπροσθέτως, εκτός από την περιβαλλοντική προοπτική και την οικονομική και κοινωνική προοπτική.

### 3.3.3 Κατηγοριοποίηση με βάση τα χαρακτηριστικά

Τα προγράμματα κατάταξης [ATHENA](#) και IEA Annex 31 είναι και τα δυο ευρέως διαδεδομένα κυρίως γιατί δίνουν έμφαση στον τύπο και το πλαίσιο των ΣΠΑΚ. Ωστόσο, τα εργαλεία ΣΠΑΚ μπορούν να χωριστούν και με βάση το περιεχόμενο και τα χαρακτηριστικά τους. Μια τέτοια διαίρεση επιχειρείται και εδώ κρατώντας ως βάση τα επίπεδα στα οποία ταξινομήθηκαν τα ΣΠΑΚ με την μέθοδο κατάταξης [ATHENA](#) μιας και όπως φάνηκε εστιάζει περισσότερο στα ΣΠΑΚ κάνοντας την εξής παραδοχή –εκτίμηση: Μόνο εργαλεία που ανήκουν στο ίδιο επίπεδο μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους, αφού η πληροφορία σύγκρισης μεταξύ επιπέδων παρέχεται ήδη μέσω της [ATHENA](#) κατάταξης [53].

Όπως είναι λογικό και έχει προειπωθεί: διαφορετικά εργαλεία αξιολόγησης έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικούς λόγους, οι ομάδες χρηστών τους ποικίλλουν, οι φάσεις



του κύκλου ζωής του κτιρίου που καλύπτουν διαφέρουν από εργαλείο σε εργαλείο, ενώ να σημειωθεί επίσης ότι λαμβάνουν υπόψη διαφορετικά περιβαλλοντικά θέματα με άλλη βαρύτητα. Με την κατηγοριοποίηση που ακολουθεί είναι ευκολότερο να καταδειχθούν ομοιότητες και διαφορές πιο σχολαστικά και από τις πληροφορίες που λαμβάνονται μέσω της ανάδρασης διευκολύνεται η ανάπτυξη και η βελτίωση των εργαλείων. Η παρούσα κατηγοριοποίηση χρησιμοποιεί σαν κριτήρια:

- Τον τύπο του υπό αξιολόγηση κτιρίου
- Τους χρήστες του ΣΠΑΚ
- Τις φάσεις του κύκλου ζωής που καλύπτει
- Τη βάση δεδομένων που χρησιμοποιεί
- Τον τύπο των αποτελεσμάτων που δίνει.

α) Με βάση τον τύπο του υπό αξιολόγηση κτιρίου

Τα ΣΠΑΚ μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση παλαιών και νέων κτιρίων ή κτιρίων που αναπαλαιώνονται ή ακόμη και σε παράγωγα κτιρίων ή σε σύνθετα οικοδομικά συγκροτήματα (πίνακας 3.2). Σύμφωνα με την κατάταξη [ATHENA](#), τα εργαλεία του επιπέδου 1 προσφέρονται περισσότερο για σύγκριση προϊόντων και αναζήτηση πληροφοριών ενώ τα εργαλεία των επιπέδων 2 και 3 για την αξιολόγηση ολόκληρων κτιρίων [53] ενώ κάποια πάλι μπορούν να αξιοποιηθούν και για τους δυο στόχους της σύγκρισης και της αξιολόγησης ως ένα βαθμό. Τέτοια είναι τα BEAT και EcoEffect, και επίσης TEAM™. Το τελευταίο δε, όταν χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός ολόκληρου κτιρίου το αναλύει σε στα επιμέρους κομμάτια του και τα στοιχεία του [54]. Παρατηρείται επίσης ότι όταν τα εργαλεία του πρώτου επιπέδου χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων για ένα ολόκληρο κτίριο μπορούν να υπερφορτωθούν[53]. Να σημειωθεί επίσης ότι αν και το TEAM™ αξιολογεί ολόκληρα κτίρια δε σχεδιάστηκε πρωταρχικά για αυτό το σκοπό. Αυτός είναι και ο λόγος που θεωρείται κυρίως εργαλείο σύγκρισης προϊόντων.

Καταγράφονται λοιπόν διάφοροι τύποι κτιρίων: κατοικίες (οικογενειακές και μη), γραφεία και διάφορα άλλα. Τα περισσότερα ΣΠΑΚ της έρευνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρκετούς τύπους κτιρίων, κάποια ωστόσο περιορίζουν τη χρήση τους σε συγκεκριμένους τύπους μόνο, για παράδειγμα το Envest 2 που ασχολείται μόνο με την περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων. Όπου μάλιστα οι αναφορές των ΣΠΑΚ δε προσδιορίζουν τον τύπο κτιρίου για τον οποίο προορίζονται, είναι αδύνατο με διαφορετικό τρόπο να εκτιμηθούνε την καταλληλότητα ενός ΣΠΑΚ για κάποιον τύπο κτιρίου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το εργαλείο σημειώνεται στον πίνακα 3.3 ότι αξιολογεί γενικόλογα «κτίρια».

Στο ερώτημα αν ένα ΣΠΑΚ μπορεί να ανταποκριθεί εξίσου σε διαφορετικούς τύπους κτιρίων, κάποια εργαλεία έχουν αναπτύξει ειδικές εκδόσεις για άλλους τύπους, όπως για παράδειγμα είναι το BREEAM που διαθέτει εκδόσεις για κατοικίες, γραφεία, σχολεία, φυλακές, αποθήκες, εξειδικεύοντας έτσι στις απαιτήσεις της κάθε κατηγορίας. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και με το εργαλείο LEED®.

Πίνακας 3.3 Τα ΣΠΑΚ κατηγοριοποιημένα με βάση τα είδη κτιρίων

ΑΘΗΝΑ αξιολόγηση	ΣΠΑΚ	Παλιό κτίριο	Νέο κτίριο	Ανακαινιζόμε νο κτίριο	Συστατικά	Κτίρια	Κατοικίες		Γραφεία	Άλλος τύπος κτιρίου
							πολυκατοικ ίες	μονοκατοικία		
1	BEES 4.0				■	■				
2	TEAM™ ATHENA™	■	■	■			■	■	■	■
	BEAT 2002	■	■	■	■	■				
	BeCost				■	■				
	Eco-Quantum					■		■		
	Envest 2								■	
	EQUER		■				■	■	■	■
	LEGEP®	■	■		■					
	PAPOOSE				■	■	■	■	■	■
3	BREEAM	■	■	■			■	■	■	■
	EcoEffect	■	■	■	■		■		■	■
	EcoProfile	■					■	■	■	■
	Environmental	■					■	■	■	
	Status Model									
	ESCALE		■				■	■	■	■
	LEED®	■	■	■			■	■	■	■

## β) Με βάση τους χρήστες

Καθώς τα ΣΠΑΚ αναπτύσσονται για διαφορετικούς λόγους (εμπορική ή επιστημονική χρήση, υποστήριξη ή λήψη αποφάσεων), απευθύνονται όπως είναι λογικό σε διαφορετικές ομάδες χρηστών. Αυτές μπορούν σε βασικές γραμμές να προσδιοριστούν και να αναγνωριστούν ότι ανήκουν στο τρίπτυχο αρχιτέκτονες, μηχανικοί και κατασκευαστές (Architects, Engineers, Constructors – αναφέρονται εδώ σαν AEC, ο ρόλος τους από χώρα σε χώρα διαφέρει, για αυτό και αναφέρονται σε μια ομάδα), άλλη ομάδα είναι οι παραγωγοί δομικών προϊόντων, οι επενδυτές, οι ιδιοκτήτες των κτιρίων, οι σύμβουλοι, οι κάτοικοι, ερευνητές ή και οι αρμόδιες αρχές [54].

Οι επαγγελματίες AEC, οι σύμβουλοι, οι ερευνητές και οι αρχές συναποτελούν το κύριο όγκο χρηστών και θεωρούνται οι κύριοι χρήστες των ΣΠΑΚ των επιπέδων 1, 2 και 3 [Πίνακας 3.3] Οι παραγωγοί δομικών προϊόντων ανήκουν κυρίως στα επίπεδα 1 και 2 του συστήματος κατάταξης [ATHENA](#). Επενδυτές, κάτοικοι και υπεύθυνοι εγκαταστάσεων τείνουν να χρησιμοποιούν κυρίως ΣΠΑΚ του επιπέδου 3. Κάποια από τα εργαλεία όπως τα as LEED®, EQUER, Eco-Quantum και EcoEffect εμπλέκουν περισσότερες ομάδες χρηστών. Παράλληλα, εργαλεία όπως τα ATHENA™, EcoProfile και Environmental Status Model περιορίζουν τη χρήση τους σε συγκεκριμένες ομάδες. Ορισμένα ΣΠΑΚ συνηθίζουν να αναφέρουν τις κύριες κατηγορίες χρηστών στις οποίες απευθύνονται, ενώ άλλα κατονομάζουν όλους τους πιθανούς χρήστες κάνοντας περίπλοκο τον καθορισμό των πραγματικών – κύριων χρηστών.

Είναι ολοφάνερη η ανάγκη για μια έρευνα στους χρήστες των ΣΠΑΚ που θα αποκαλύπτουν τα κίνητρα που τους ώθησαν στην επιλογή ενός ΣΠΑΚ που θα μπορούσαν για παράδειγμα να είναι η τιμή, η διαθεσιμότητα, η εθνικότητα της γλώσσας που χρησιμοποιεί, τι μέρος του κύκλου ζωής καλύπτει. Οι πληροφορίες που θα συλλέγονταν από μια τέτοια έρευνα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στη βελτίωση και την περεταίρω ανάπτυξη των ΣΠΑΚ.

Πίνακας 3.4 Τα ΣΠΑΚ κατηγοριοποιημένα με βάση τους χρήστες

ATHENA κατάταξη	ΣΠΑΚ	AEC επαγγελματίες	Παραγωγοί δομικών προϊόντων	Επενδυτές, Υιοκτιήτες	Σύμβουλοι	Κάτοικοι	Διαχειριστές εγκαταστάσεων	Ερευνητές	Άλλες
1	BEES 4.0	■	■		■			■	
	TEAM™	■	■		■			■	■
2	ATHENA™	■			■			■	
	BEAT 2002	■	■		■			■	■
	BeCost	■	■	■			■	■	
	Eco-Quantum	■	■	■	■			■	■
	Envest 2	■			■	■	■	■	■
	EQUER	■	■		■	■	■	■	■
	LEGEPI®	■			■		■		
3	PAPOOSE	■		■					■
	BREEAM	■		■	■	■	■	■	■
	EcoEffect	■		■	■	■	■	■	
	EcoProfile			■	■				■
	Environmental Status Model	■		■		■			
	ESCALE	■		■	■			■	■
	LEED®	■	■	■	■	■	■	■	■

γ) Με βάση τον κύκλο ζωής που καλύπτει.

Ο κύκλος ζωής ενός κτιρίου διαιρείται σε φάσεις για να δοθεί η δυνατότητα σύγκρισης των ΣΠΑΚ. Οι πιθανές φάσεις είναι λοιπόν οι ακόλουθες [54]:

- Παραγωγή πρώτων υλών και άλλων πιο σύνθετων δομικών υλικών
- Κατασκευή
- Χρήση/ λειτουργία του κτιρίου
- Συντήρηση
- Καταστροφή (κατεδάφιση)
- Αποδόμηση (ανακύκλωση, χρήση γης, επανάχρησιμοποίηση για απόληψη ενέργειας)

Τα εργαλεία όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.5 καλύπτουν διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής. Τέσσερα ΣΠΑΚ επιπέδου 2 και άλλα δυο επιπέδου 3 καλύπτουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής. Το ΣΠΑΚ ATHENA™ δεν καλύπτει την φάση χρήσης και λειτουργίας ενός κτιρίου, τα TEAM™ και BREEAM δεν καλύπτουν τη φάση της κατεδάφισης, καλύπτουν ωστόσο τη φάση της αποδόμησης. Ένα πρόγραμμα LCA για την κατεδάφιση θα μπορούσε να κατασκευαστεί μέσω ενός εργαλείου LCA όπως το TEAM™. Δυο από τα ΣΠΑΚ τα EcoProfile και ESCALE εστιάζουν περισσότερο στη χρήση και στη συντήρηση των κτιρίων. Αν και εκ πρώτης όψεως μπορεί κάποια

ΣΠΑΚ να καλύπτουν τις ίδιες φάσεις, αυτό δε σημαίνει αυτόματα ότι τις καλύπτουν με τον ίδιο τρόπο, καθώς μπορεί να εφαρμόζουν άλλα κριτήρια που διαφέρουν σε ουσία, στη βαρύτητα που τους δίνεται ή ακόμα και στο πλήθος. Επιπλέον, μπορούν για την ίδια φάση να χρησιμοποιούν τα ίδια κριτήρια να αλλάζουν όμως οι δείκτες στους οποίους ανταποκρίνονται τα κριτήρια, ή ο χρήστης να επιλέγει συγκεκριμένα κριτήρια ή δείκτες ως σημαντικά για τις πληροφορίες που θέλει να αντλήσει [54]. Συνεπώς η σύγκριση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη.

**Πίνακας 3.5 Τα ΣΠΑΚ σε κατηγορίες με βάση το κύκλο ζωής του κτιρίου**

ATHENA κατάταξη	ΣΠΑΚ	Παρογωγή	Κατασκευή	Χρήση/Λειτουργία	Συντήρηση	Καταστροφή	Απόθεση
1	BEES 4.0	■		■	■		■
	TEAM™	■	■	■	■		■
2	ATHENA™	■	■		■	■	■
	BEAT 2002	■	■	■	■	■	■
	BeCost						
	Eco-Quantum	■	■	■	■	■	■
	Envest 2	■	■	■	■	■	■
	EQUER	■	■	■	■	■	■
	LEGEP®		■	■	■	■	■
	PAPOOSE	■		■	■	■	■
3	BREEAM	■	■	■	■		■
	EcoEffect	■	■	■	■	■	■
	EcoProfile			■	■		
	Environmental Status Model						
	ESCALE	(■)	(■)	■	■		
	LEED®	■	■	■	■	■	■

δ) Με βάση τη βάση δεδομένων που χρησιμοποιούν τα ΣΠΑΚ

Μια περιβαλλοντική αξιολόγηση ενός κτιρίου απαιτεί μια ποσότητα δεδομένων, διαφορετική από εργαλείο σε εργαλείο, για να πραγματοποιήσει την λειτουργία της. Η σύγκριση των βάσεων δεδομένων που το κάθε εργαλείο χρησιμοποιεί είναι δύσκολη. Υπάρχουν διαδεδομένες βάσεις δεδομένων (Oekoinventare, (ETHZ), DEAM™, ATHENA™) που μπορούν να χρησιμοποιούνται από πλήθος ΣΠΑΚ και υπάρχουν και ΣΠΑΚ που χρησιμοποιούν συνδυασμένες πληροφορίες από διαφορετικές βάσεις δεδομένων. Τα εργαλεία των επιπέδων 1 και 2 επικεντρώνονται σε μια ή γενικότερα σε λίγες βάσεις δεδομένων. Επίσης κάποια χρησιμοποιούν δεδομένα που συλλέγουν τα ίδια από κατασκευής τους. Τα ΣΠΑΚ επιπέδου 3, πλαίσια περιβαλλοντικής αξιολόγησης, βασίζονται περισσότερο σε οδηγίες ή σε ερωτηματολόγια που συμπληρώνονται από το χρήστη.

Κάποιες φορές δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας της βάσης δεδομένων από το χρήστη. Τα περισσότερα εργαλεία δεν αναφέρουν αν διαθέτουν αυτή τη δυνατότητα πρόσθεσης ή επεξεργασίας των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, η δυνατότητα αυτή αποκλείεται πλήρως στα ΣΠΑΚ ATHENA™ και Eco-Quantum, το Envest 2 δίνει τη δυνατότητα προσθήκης δεδομένων, ενώ το BEAT(2002) επιτρέπει την προσθήκη, επεξεργασία ακόμα και διαγραφή της βάσης δεδομένων.

Και πάλι οποιαδήποτε σύγκριση αποτελεσμάτων είναι ιδιαίτερα δύσκολη εφόσον χρησιμοποιούνται διαφορετικές βάσεις δεδομένων, πόσο μάλλον δε αν συνυπολογιστούν τη δυνατότητα επεξεργασίας της βάσης από ένα χρήστη του ΣΠΑΚ με τα στοιχεία υποκειμενικότητας, ή ακόμα το πλήθος πηγών από το οποίο η βάση

μπορεί να αντλήσει τις πληροφορίες που χρειάζεται και τη μέθοδο συλλογής των πληροφοριών [57]. Οι χρήστες χρειάζονται διαφορετικά δεδομένα σε κάποια έκταση, αλλά αυτό δε συνεπάγεται ότι οι χρήστες χρειάζονται όλα τα δεδομένα ταυτόχρονα [58]. Εάν το ΣΠΑΚ χρησιμοποιείται από διαφορετικούς χρήστες με διαφορετικές ανάγκες, η ποσότητα της απαιτούμενης πληροφορίας μπορεί να γίνει υπερβολικά ογκώδης, οπότε πρέπει να γίνουν αναπόφευκτα κάποιοι συμβιβασμοί. Η ανανέωση των δεδομένων είναι μια πρόκληση εξαιτίας της ανάπτυξης των εργαλείων, των διαδικασιών και των προϊόντων.

Πίνακας 3.6 Τα ΣΠΑΚ σε κατηγορίες με βάση τη βάση δεδομένων που χρησιμοποιούν

ATHENA κατέταξη	ΣΠΑΚ	Βάση Δεδομένων
1	BEES 4.0	Γενικά δεδομένα
2	TEAM™	DEAM Starter Kit
	ATHENA™	ATHENA Institute
	BEAT 2002	Συλλεγθέντα DBUR (Danish Building and Urban Research)
	BeCost	Περιβαλλοντικά προφίλ υλικών που παράγονται στη Φινλανδία
	Eco-Quantum	Συνδυασμός βάσεων διαθέσιμων δημοσίως όπως BUWAL, APME και ETH και δεδομένων από LCA συλλεγθέντα από IVAM
	Invest 2	Βάση του HB για την χρήση ζωής παράγοντα έκθεσης ενέργειας και νερού κατενάλωσης και LCA δεδομένων για υλικά
3	EQUER	Βάση προϊόντων Σουηδίας και Γερμανίας προϊόντος Oekoinventare (ETHZ) σε δομικά υλικά
	LEGEF®	SIRADOS, ECOINVENT, GEMIS, the Baustoff Ökoinventare, και LEGEP
	PAPOOSE	
	BREEAM	Green Guide
	EcoEffect	Συνδυασμένο από βάση για την ενέργεια και υλικά
	EcoProfile	Δεπριλαμβάνει βάση
	Environmental Status Model	Δεν αναφέρεται
ESCALE	Δεπριλαμβάνει βάση	
LEED®	Δεπριλαμβάνει βάση (γρήση του LEED συστήματος αξιολόγησης και οδηγού αναφορών)	

ε) Με βάση τη μορφή των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής αξιολόγησης ενός κτιρίου μπορούν να παρασταθούν με γραφήματα, πίνακες, βαθμούς, πιστοποιητικά και αναφορές, με τα γραφήματα και τους πίνακες να είναι η πιο δημοφιλής μορφή παρουσίασης. Τα περισσότερα από τα ΣΠΑΚ του επιπέδου 3 είθισται να παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους σε αναφορές συγκριτικά με τα ΣΠΑΚ των επιπέδων 1 και 2. Ελάχιστα μόνο εργαλεία έχουν βαθμολογίες και πιστοποιητικά όπως για παράδειγμα

είναι το BREEAM (pass, good, very good, excellent) και το LEED® (silver, gold, platinum)

Αντί για πιστοποιητικά και αναφορές, καταναλωτές και κάποιοι σχεδιαστές θα προτιμούσαν τίτλους καθώς θα τους διευκολύνει στη λήψη αποφάσεων [58]. Οι κατασκευαστές δομικών/ κτιριακών προϊόντων θα καλωσόριζαν τους τίτλους με κάποια αντικειμενική αξία. Το πρόβλημα ωστόσο τοποθετείται με το σύστημα τιτλοδότησης που δε θα ήταν consistent και ενημερωμένο σχετικά με τα υλικά και οτιδήποτε ακόμα χρησιμοποιείται στη δόμηση ενός κτιρίου [58]. Εργαλεία του επιπέδου 1 όπως είναι το BEES 32 προορίζονται για σύγκριση προϊόντων και ως πηγή πληροφοριών. Προς το παρόν περιλαμβάνει ένα ρεαλιστικό περιβάλλον και δεδομένα οικονομικής απόδοσης για 230 κτιριακά παράγωγα, ενώ ενθαρρύνει τους κατασκευαστές των προϊόντων να συνεργάζονται μαζί τους ώστε να συμπεριλαμβάνονται τα προϊόντα τους στη βάση δεδομένων στο μέλλον. Εμπόδια προκύπτουν όταν ΣΠΑΚ επιπέδου 1 χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων σε ολόκληρα κτίρια οπότε και μπορεί να υπερφορτωθούν [53]. Όπως σημειώνεται, στον πραγματικό κύκλο ζωής ενός κτιρίου (ή κτιριακού παραγώγου) τα συστατικά του υποπροϊόντα και το περιβάλλον βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση [58]. Συγκριτικά, κατά την προσέγγιση για τιτλοδότηση φαίνεται ρεαλιστικότερο αν δοθεί σημασία σε ολόκληρο το κτίριο.

Σε όποια μορφή και αν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, αυτό που έχει σημασία είναι να παρουσιάζονται συγκεντρωτικά και περιεκτικά για ολόκληρο το κτίριο και για κάθε φάση του κύκλου ζωής, κάτι απαραίτητο καθώς τα ΣΠΑΚ καλύπτουν άλλες πλευρές του κύκλου ζωής το καθένα και υπάρχει ο κίνδυνος των λάθος υποθέσεων και συμπερασμάτων στην περίπτωση που συγκρίνονται αποτελέσματα από διαφορετικά εργαλεία. Μπορεί το ένα εργαλείο να καλύπτει εξ' ολοκλήρου τις φάσεις ζωής του κτιρίου, το άλλο όμως λιγότερες και επιπλέον να θέτει λιγότερα κριτήρια για κάθε φάση του κύκλου ζωής που καλύπτει. Δεν υπάρχει συνεπώς κανένα κοινό σημείο σύγκρισης των αποτελεσμάτων των δυο εργαλείων σε οποιοδήποτε επίπεδο που θα έδινε αληθινή πληροφορία.

Πέρα από αυτά, οι χρήστες των ΣΠΑΚ θα έπρεπε να μπορούν να εντοπίσουν τα συστατικά, τα προϊόντα ή τις πρώτες ύλες που προκαλούν στο κτίριο τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τότε θα ήταν δυνατή η εποπτεία και η σύγκριση διαφορετικών λύσεων και ένα εργαλείο θα μπορούσε επωφελώς να προτείνει λύσεις για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός κτιρίου, κάτι που προφανώς όμως θα καθιστούσε δυσκολότερη τη λειτουργία χρήσης του. Αλλάζοντας ένα μέρος ενός κτιρίου θα προκαλούσε και άλλες αλλαγές και στο υπόλοιπο κτίριο. Επίσης, πρέπει να εξεταστεί η συμβολή που θα έχει στο τελικό αποτέλεσμα η υποκειμενικότητα του χρήστη: διαφορετικές γνώσεις και ικανότητες, άλλη βαρύτητα σε άλλες πλευρές της αξιολόγησης [59]. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης θα πρέπει να μεταφράζονται με σαφήνεια. Το πρόβλημα παρουσιάζεται όταν ποιοτικά δεδομένα και κριτήρια χρησιμοποιούνται ειδικά αν λαμβάνουν χώρα συγκρίσεις [54]. Μπορούν να γίνουν τεσσάρων ειδών συγκρίσεις ανάμεσα σε διαφορετικά επίπεδα [59]:

- Σύγκριση της απόδοσης ενός συγκεκριμένου κριτηρίου σε μια δηλωμένη αξιολόγηση
- Σύγκριση των επιδόσεων ενός κριτηρίου με άλλα κριτήρια για το ίδιο κτίριο
- Σύγκριση της επίδοσης ενός και μόνο κριτηρίου για διάφορα κτίρια
- Σύγκριση της συνολικής εικόνας ενός κτιρίου με εκείνη άλλων

Αφού η σύγκριση αποτελεσμάτων διαφορετικών ΣΠΑΚ είναι αδύνατη, όταν ο χρήστης διαλέξει ένα ΣΠΑΚ είναι σε κάποιο βαθμό προκαθορισμένος ο δρόμος στον οποίον θα κινηθεί: οι όροι, οι βάσεις δεδομένων, η βαρύτητα των συστημάτων βαθμολόγησης.

Σχεδόν πάντα οι υπολογισμοί και οι αναλύσεις περικλείουν αβεβαιότητες, κάποιες φορές μάλιστα περιέχουν και λάθη, τυχαία ή συστηματικά. Τα τυχαία λάθη, δεν επηρεάζουν δραστικά τα αποτελέσματα καθώς θετικά και αρνητικά σφάλματα αλληλοαναιρούνται, σε αντίθεση με τα συστηματικά που οφείλονται στις μεθόδους μέτρησης ή στα όργανα μέτρησης.

Τέτοιες αβεβαιότητες και σφάλματα, είτε βρίσκονται εντός καθορισμένου εύρους είτε όχι, δεν αναφέρονται από τα ΣΠΑΚ και για να εντοπιστούν πρέπει τα ΣΠΑΚ να δοκιμαστούν και να ερευνηθούν στην πράξη στα διάφορα στάδια της αξιολόγησης. Το λάθος μπορεί να βρίσκεται αρχικά στις τιμές στη βάση δεδομένων. Η πιθανότητα λάθους αυξάνεται όταν στο χρήστη δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας της βάσης. Επίσης τη πιθανότητα εμφάνισης λάθους επηρεάζει η μέθοδος συλλογής δεδομένων. Η ταχεία ανάπτυξη των διαδικασιών και των προϊόντων απαιτεί τη συνεχή ανανέωση της βάσης δεδομένων. Ωστόσο, ένα λάθος στη βάση δρα πολλαπλασιαστικά σαν λάθος στους υπολογισμούς στο τελικό αποτέλεσμα.

Λάθη που εμπεριέχονται στους αρχικούς ορισμούς – παραδοχές και επηρεάζουν το αποτέλεσμα είναι πολύ δύσκολο να ανακαλυφθούν. Επίσης, «πρόσφορο» έδαφος για τη παρουσία λαθών είναι η ερμηνεία που επιδέχονται τα αποτελέσματα [59]. Διαφορετικά ΣΠΑΚ χρησιμοποιούν διαφορετικές μονάδες, κάτι που μπορεί να παραπλανήσει τους χρήστες κατά τη μέτρηση ενός μεγέθους [57], για παράδειγμα ο όγκος ενός τόνου ξύλου ή ενός τόνου τσιμέντου ή ανάστροφα το βάρος ενός κυβικού μέτρου ξύλου και ενός κυβικού μέτρου τσιμέντου [54]. Άλλο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι να εκφραστούν τα αποτελέσματα προς την επιφάνεια ( ανά τετραγωνικό μέτρο) και να μην καταδείξουν την πραγματικότητα και αυτό γιατί θα έπρεπε να εκφραστούν συναρτήσει του όγκου (λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη και το ύψος του χώρου) [60]. Ακόμα και συναρτήσει της επιφάνειας μπορούν να παρουσιαστούν διαφορετικά αποτελέσματα αν για παράδειγμα μετρηθεί η επιφάνεια ενός δωματίου από το εξωτερικό του (περιλαμβάνοντας και τους τοίχους) ή από το εσωτερικό του (χωρίς τους τοίχους). Ένα τέτοιο μέγεθος είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης που συχνά εκφράζεται σε Giga Joules/ m<sup>2</sup> και που προκύπτει σημαντικά μικρότερος αν υπολογιστεί η επιφάνεια από το εξωτερικό του χώρου

Φαίνεται λοιπόν ότι πέρα από τα όποια λάθη επιδέχονται ο δείκτες, οι μονάδες μέτρησης και οι πρωταρχικές παραδοχές, τα αποτελέσματα είναι το σημείο εκείνο στο οποίο λόγω ερμηνείας αναμένεται να παρουσιαστεί το μεγαλύτερο σφάλμα. Οι ικανότητες και η γνώσεις του χρήστη είναι βασικές προϋποθέσεις για την αποφυγή

λαθών κατά την αξιολόγηση, στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Βέλτιστο θα ήταν με την κάθε αξιολόγηση να γίνεται μια αναφορά με τις αβεβαιότητες και τα πιθανά λάθη που μπορεί να προέκυψαν όπως επίσης να πληροφορείται ο χρήστης για τα περιθώρια λάθους ώστε να εκτιμούν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και να εντοπίζουν εύκολα τα αδύναμα σημεία των υπολογισμών της αξιολόγησης.

### 3.4 Αποτίμηση και συμπεράσματα

Όπως έχει γίνει κατανοητό η διαφορετικότητα των ΣΠΑΚ καθιστά απαγορευτική τη σύγκρισή τους. Η χρήση τους δεν είναι προφανής- πού και πότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν, ποιος θα έπρεπε να τα χρησιμοποιήσει και πώς θα αξιοποιούνταν τα αποτελέσματά της αξιολόγησης. Είναι πολύ πιθανόν, αυτά τα θέματα να έχουν μειώσει τη χρήση και διάδοση των ΣΠΑΚ. Ένα ακόμα βασικό στοιχείο είναι η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των ΣΠΑΚ την οποία ο χρήστης δε μπορεί να υπολογίσει αφού τα ΣΠΑΚ δεν συνηθίζεται να αναφέρουν τα περιθώρια λαθών τους και τις αδυναμίες τους. Η αξιοπιστία των ΣΠΑΚ βάλλεται επίσης από το γεγονός ότι ο χρήστης μπορεί να διαλέξει το εργαλείο εκείνο που τη δίνει εικόνα πλησιέστερη στο αποτέλεσμα που επιθυμεί, εικόνα όμως που μπορεί να απέχει από τη πραγματικότητα.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη και να συζητηθεί περαιτέρω η επαναχρησιμοποίηση των δομικών προϊόντων κατά την περιβαλλοντική αξιολόγηση των κτιρίων. Μετά την πρωταρχική τους λειτουργία, τα προϊόντα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αλλού ή να ανακυκλωθούν ώστε να κατασκευαστούν νέα υλικά. Για την αξιολόγηση βιώσιμων πόρων στον κύκλο ζωής των κτιρίων (LCA) προτείνονται μέθοδοι διαχωρισμού υλικών σε κύκλο ζωής φυσικών πόρων και κύκλο ζωής καταλοίπων (life cycle resource LCR - life cycle waste LCW). Συνεπώς η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και η υποκατάσταση είναι θέματα που χρήζουν εκτενέστερης διερεύνησης.

Τα ΣΠΑΚ συχνά εκτιμούν και δέχονται ως δεδομένες τιμές για το χρόνο ζωής/λειτουργικής χρήσης ενός κτιρίου, χωρίς ανάλυση και επιπλέον ένα κτίριο μπορεί να αποτελείται από 60 τουλάχιστον βασικά δομικά υλικά και 2000 μικρότερα προϊόντα, που το μήκος της ζωής του καθενός διαφέρει [40]. Ο χρόνος ζωής των μη προσβάσιμων υλικών του κτιρίου θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ίδιος με του κτιρίου, ωστόσο των τα προσβάσιμα μέρη θα μπορούσαν να έχουν συντομότερο χρόνο [61]. Σε αυτήν την περίπτωση, τα προσβάσιμα υλικά απαιτείται να συντηρούνται ή να αντικαθίστανται, γεγονός που έχει αναμφίβολα περιβαλλοντική επίδραση, κάτι που θα πρέπει όμως να εξεταστεί.

Μια μερικώς παραμελημένη πλευρά για να εκτιμηθεί το όφελος των ΣΠΑΚ είναι η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης και πώς επηρέασαν τη λήψη αποφάσεων (aftermath). Η ανάγκη έρευνας της γνώμης των χρηστών που θα διευκρινίσει και θα φωτίσει αυτές τις πτυχές, αλλά θα βοηθούσε και την βελτίωση των ΣΠΑΚ είναι ολοφάνερη. Η έρευνα επίσης, καλό θα ήταν να περιλαμβάνει ερωτήσεις και για το είδος του κτιρίου που αξιολογήθηκε και να συγκριθεί η ποιότητα των κτιρίων που αξιολογούνται με τον όγκο των υπολοίπων κτιρίων καθώς



υπάρχει ο κίνδυνος κτίρια «χαμηλής ποιότητας» να μην αξιολογηθούν ποτέ, όταν η αξιολόγηση δεν είναι υποχρεωτική. Μόνο «υψηλής ποιότητας» κτίρια θα αξιολογούνταν με σιγουριά, γνωρίζοντας εκ των προτέρων ότι θα επιτύχουν στην εξέταση. Υπάρχει τότε, επίσης η πιθανότητα η αξιολόγηση να γίνει υποχρεωτική. Οι υποχρεωτικές απαιτήσεις θα σήμαιναν ότι όλα τα κτίρια θα έπρεπε να αξιολογηθούν, όχι μόνο τα «υψηλής ποιότητας».

Μια τυποποιημένη κλίμακα για το ήδη υπάρχον σύνολο κτιρίων θα ξεκαθάριζε μάλλον τη παρούσα κατάσταση και θα έκανε ευκολότερη την ανάλυση και τη σύγκριση νέων σχεδίων και κτιρίων. Κλείνοντας πρέπει να επισημανθεί η παράμετρος του χρόνου και της εξέλιξης. Δε σημαίνει ότι οι κανόνες που ισχύουν σήμερα στη δόμηση και στην αξιολόγηση θα είναι ίδιοι με τους αυριανούς κανόνες και για να γίνει σαφές είναι δύσκολο να υποτεθεί ότι ένα κτίριο «υψηλής ποιότητας» σήμερα θα παραμείνει και στο μέλλον καθώς τα κριτήρια και οι απαιτήσεις ενδεχομένως θα αλλάξουν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Ενεργειακή Επιθεώρηση



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ**

### **4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης**

Για τους σκοπούς αυτής της διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε η μελέτη του κτιρίου του Λαμπαδαρίου, της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (ΣΑΤΜ) του Εθνικού Μετσοβείου Πολυτεχνείου. Το αρχικό κτίριο της Σχολής στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου φέρει το όνομά του Καθηγητή Δημήτριου Λαμπαδαρίου, Ακαδημαϊκού και Πρύτανη του ΕΜΠ (1928-1933). Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1968 από την εταιρία ΕΔΟΚ – ΕΤΕΡ και είναι από τα παλαιότερα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Σημειώνεται ότι η κοινοπραξία ΕΔΟΚ - ΕΤΕΡ ήταν από τις μεγαλύτερες ελληνικές τεχνικές εταιρίες της δεκαετίας του 1970, με διεθνή προβολή και σημαντική δράση στην Ελλάδα, αλλά και σε χώρες της Αφρικής και της Ασίας.

Το κτίριο αποτελείται από 5 ορόφους, εκ των οποίων ο ένας είναι ημιυπόγειος και ο τρίτος όροφος είναι το διαμορφωμένο μικρής εκτάσεως κλιμακοστάσιο. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι 4.695 τετραγωνικά μέτρα (τ.μ. ή m<sup>2</sup>), χωρίς να περιλαμβάνεται η οροφή ενώ περιλαμβάνεται και η ανακαινιζόμενη πτέρυγα στο νότιο τμήμα του ισογείου. Οι χώροι του ως επί το πλείστον λειτουργούν σαν γραφεία, για τα μέλη της κοινότητας της σχολής δηλαδή καθηγητές, ομότιμοι καθηγητές, λέκτορες και λοιπό προσωπικό με εκπαιδευτικά καθήκοντα.



Εικόνα 4.1. Άποψη του Λαμπαδαρίου κτιρίου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Σχετικά με τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, αυτό βρίσκεται σε υψόμετρο 198 μέτρων (m) πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας με βορειοανατολικό προσανατολισμό. Συγκεκριμένα, μέσω της παροχής δορυφορικών υπηρεσιών της ιστοσελίδας Google (πρόγραμμα [Google Earth](#)) προσδιορίζεται περεταίρω η ακριβής γεωγραφική θέση του κτιρίου μέσω των ακόλουθων συντεταγμένων:

- Γεωγραφικό πλάτος (φ): 37° 58' 30,34" Βόρεια
- Γεωγραφικό μήκος (λ): 23° 46' 49,43" Ανατολικά

Το κτίριο χρησιμοποιεί συμβατικές πηγές ενέργειας, διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης για τους χειμερινούς μήνες μέσω καύσης φυσικού αερίου, όπως άλλωστε και όλη η Πολυτεχνειούπολη και καλύπτει τις υπόλοιπες ανάγκες, συμπεριλαμβανομένης και της ψύξης μέσω ηλεκτροδότησης. Κατά καιρούς, στα χρόνια ύπαρξής, διάφορες εργασίες ανακαίνισης- ανακατασκευής λαμβάνουν χώρα με κυριότερη από μονωτικής άποψης την τοποθέτηση ασφαλοτόπανου στην οροφή του κτιρίου για θερμομονωτικούς λόγους. Άλλες αλλαγές που αξίζει να αναφερθούν είναι η σταδιακή αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων με μονό κρύσταλλο με κουφώματα διπλού κρυστάλλου, κάτι που συμβαίνει όμως ακανόνιστα και δίχως προγραμματισμό στο χρόνο, ενώ ακόμα και η εγκατάσταση νέων κουφωμάτων φαίνεται αναποτελεσματική αφού για παράδειγμα δεν μπορεί να εμποδίσει την εισροή υδάτων κατά την εκδήλωση πολύ έντονων καταιγίδων (όπως διαπιστώθηκε τέλη Ιουνίου 2010). Τέλος, να σημειωθεί ότι η διαρρύθμιση των χώρων των γραφείων αλλάζει συνεχώς ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του προσωπικού, με τη προσθήκη χωρισμάτων και γυψοσανίδων χωρίς όμως ταυτόχρονα να ενημερώνονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου για αυτές τις αλλαγές, κάτι που καθιστά τη διαδικασία επιθεώρησης ιδιαίτερα δύσκολη.



Εικόνα 4.2. Δορυφορική φωτογραφία της ΣΑΤΜ από το Google Earth. Φαίνεται «φωτισμένο» το κτίριο του Λαμπαδαρίου.

## 4.2 Ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου

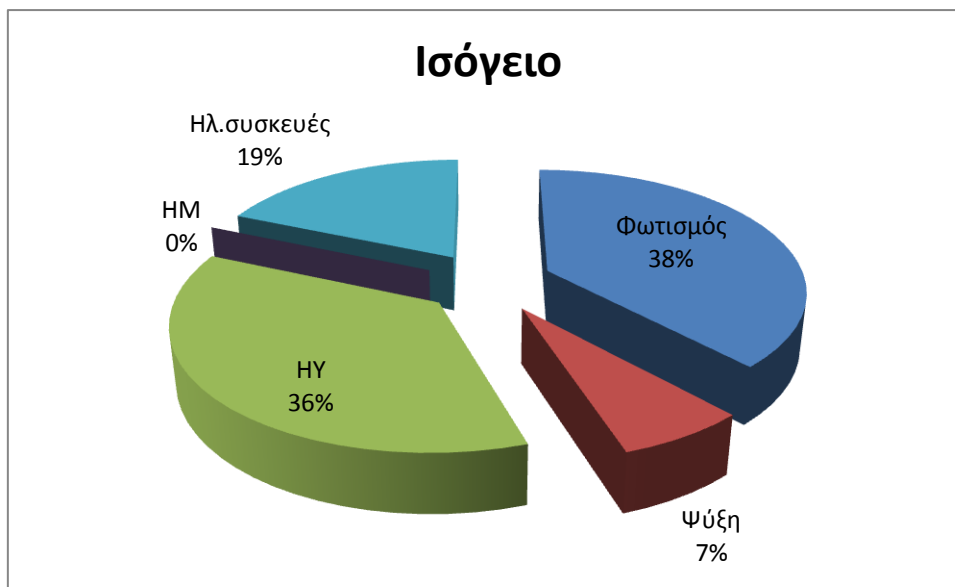
Για την αποτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου συλλέχτηκαν δεδομένα που αφορούν μια περίοδο περίπου οχτώ μηνών του έτους 2010. Επειδή δεν υπήρχε δυνατότητα μέσω τιμολογίων της ΔΕΗ να φανεί η κατανάλωση (η επιχείρηση ηλεκτρισμού αποστέλλει ένα τιμολόγιο που αφορά τις καταναλώσεις ολόκληρης της Πολυτεχνειούπολης στο κτίριο Διοίκησης) έγινε καταγραφή σχεδόν όλων των ηλεκτρικών συσκευών σε κάθε γραφείο και μέσω ερωτήσεων προς τους κατόχους τους κατορθώθηκε στο τέλος να καταστρωθεί ένας πίνακας που εκτιμά την

ενεργειακή «εικόνα» του κτιρίου (**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**) σε διάστημα ενός έτους. Αυτός ο τρόπος καταγραφής επομένως και τα αποτελέσματα που προέκυψαν, εμπεριέχει μεγάλη δόση υποκειμενικότητας και μάλλον εκτιμά παρά απηχεί την πραγματικότητα. Η ηλεκτρική ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για τον φωτισμό και την τροφοδότηση των ηλεκτρικών συσκευών όπως είναι οι ηλεκτρικοί υπολογιστές και σε ένα μεγάλο μέρος της χρησιμοποιείται για την ψύξη των χώρων. Να σημειωθεί εδώ ότι η ψύξη δε παρέχεται μέσω του κεντρικού συστήματος θέρμανσης (λέβητας φυσικού αερίου και συμπαραγωγή) αλλά μέσω αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων, τοποθετημένων σε κάθε γραφείο αλλά και μιας αρκετά μεγάλης κλιματιστικής μονάδας που ωστόσο ψύχει μόνο την ανακαινιζόμενη πτέρυγα που αναφέρθηκε, νοτιοδυτικά του κτιρίου. Το κεντρικό σύστημα θέρμανσης (η παραπάνω αναφερθείσα μεγάλη κλιματιστική μονάδα και μια επιπλέον μικρή κλιματιστική μονάδα αποκλειστικά για θέρμανση, δύο λέβητες ισχύος 650 και 700 Mcal/h, εκ των οποίων ο δεύτερος βρισκόταν εκτός λειτουργίας τον χειμώνα του 2009- 2010) λειτουργεί από το Νοέμβριο μήνα ως το Μάρτιο κάθε ακαδημαϊκού έτους για δέκα (10) ώρες ημερησίως (από τις 7πμ ως τις 5 μμ), τις πέντε (5) εργάσιμες μέρες της εβδομάδας και κυκλοφορεί ζεστό νερό σε περίπου 220 θερμαντικά σώματα του κτιρίου. Δεν υπάρχουν ωστόσο διαθέσιμα ηλεκτρομηχανολογικά σχέδια που να καταφαίνονται αυτά τα θερμαντικά σώματα (στην πραγματικότητα 264 με κάποια εκτός λειτουργίας). Επιπλέον, επειδή ο λογαριασμός του φυσικού αερίου είναι ένας ενιαίος για όλη την Πολυτεχνειούπολη δεν υπάρχει δυνατότητα να υπάρξουν πληροφορίες για την κατανάλωση φυσικού αερίου για τη θέρμανση του κτιρίου και να σχηματιστεί πλήρως η εικόνα της ενεργειακής κατανάλωσης.

Καταμετρήθηκαν 50 γραφεία, 6 εργαστήρια, 2 αμφιθέατρα, 1 αίθουσα διδασκαλίας, μία βιβλιοθήκη, μία αίθουσα ΗΥ, ένα λεβητοστάσιο, μια αίθουσα συνεδριάσεων, 7 WC, 4 μικρές κουζίνες και άλλοι χώροι. Ειδικότερα σε κάθε όροφο, το υπόγειο, εκτάσεως 1.200 τμ αποτελείται από το διάδρομο στον οποίο υπάρχουν μεταλλικές ντουλάπες όπου οι φοιτητές αποθηκεύουν εργαστηριακό εξοπλισμό που χρησιμοποιούν σε υπαίθριες ασκήσεις, το λεβητοστάσιο που περιλαμβάνει όσα αναφέρθηκαν παραπάνω: δύο λέβητες φυσικού αερίου (ο ένας εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας) και δυο μονάδες κλιματισμού για ψύξη και θέρμανση των νέων πτερύγων που εφάπτονται του Λαμπαδαρίου, δύο αντλίες θέρμανσης και μια ψύξης. Τέλος, το υπόγειο διαθέτει και δύο μεγάλους εργαστηριακούς χώρους εκ των οποίων, ο πρώτος έχει στατικό μη ηλεκτρικό εξοπλισμό και ο δεύτερος (εργαστήριο δομικής μηχανικής/μηχανουργείο) έχει αρκετά ενεργοβόρο εξοπλισμό (κορδέλα, τροχός μετάλλων, μπετονιέρα, τόννος παρασκευής δοκιμίων) που χρησιμοποιείται σε μεταπτυχιακές και διδακτορικές εργασίες, φέτος ωστόσο δεν έλαβαν χώρα τέτοιου είδους εργασίες. Να σημειωθεί ότι κανένας χώρος του υπογείου δε διαθέτει κλιματισμό σε λειτουργία.

Το ισόγειο, εκτάσεως 1.030 τμ, είναι μικτής χρήσης, έχει εργαστηριακούς χώρους, μια αίθουσα διδασκαλίας και ως επί το πλείστον γραφεία. Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης (χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η θέρμανση) του οφείλεται στην ηλεκτρική κατανάλωση για φωτισμό και σχεδόν εξίσου καταναλώνεται ισχύς στους ηλεκτρικούς υπολογιστές των χρηστών όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.

Τα δεδομένα από τα οποία προκύπτουν τα συμπεράσματα εκτίθενται με λεπτομέρεια στο [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ](#).



**Σχήμα 4.1. Κατανομή της ενέργειας ανά χρήση για το ισόγειο, χωρίς τη συμμετοχή της θέρμανσης**

Η ανακαινιζόμενη πτέρυγα (720 τμ) περιλαμβάνει εκτός από ένα μεγάλο διάδρομο, έναν μικρότερο, δυο αμφιθέατρα, ένα μεγάλο και ένα μικρότερο, ελάχιστα γραφεία και εργαστηριακούς χώρους για μεταπτυχιακούς φοιτητές. Ο χώρος αυτός ήταν εκτός λειτουργίας φέτος λόγω ανακαίνισης ωστόσο στις αρχές Ιούνη οπότε και ολοκληρώθηκε το κύριο μέρος των εργασιών τέθηκε σε λειτουργία από τον κεντρικό έλεγχο ο κλιματισμός του μεγάλου αμφιθεάτρου ο οποίος είναι μεγάλης ισχύος. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν δεδομένα για τις ώρες χρήσης φωτισμού των αμφιθεάτρων καθώς και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποίησαν κατά καιρούς τα συνεργεία ανακαίνισης οπότε ενδέχεται η πραγματικότητα να απέχει από το παρακάτω διάγραμμα και να υπάρχουν επιπλέον καταναλώσεις ενέργειας που ωστόσο δεν είναι δυνατόν να διερευνηθούν.

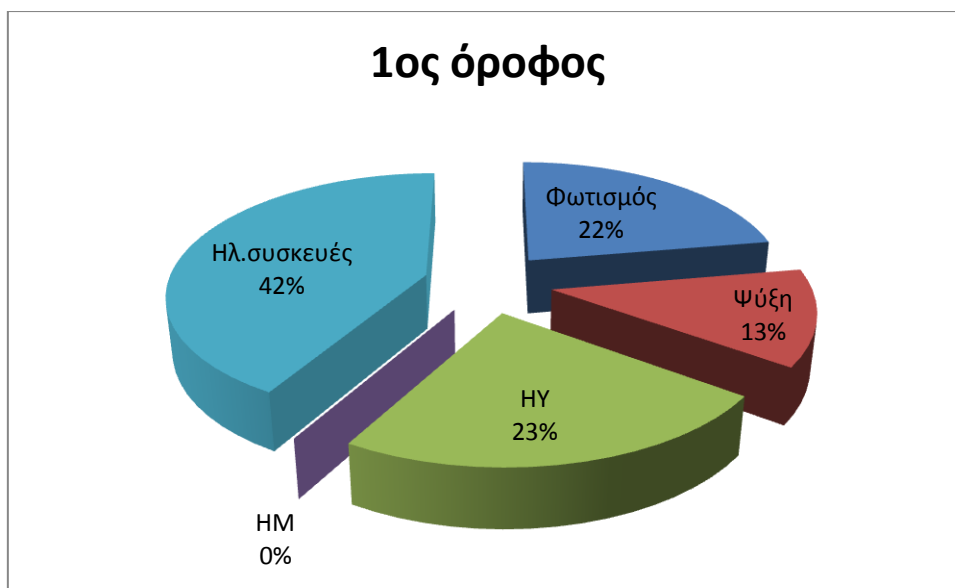


Σχήμα 4.2. Κατανομή της ενέργειας ανά χρήση για την ανακαινιζόμενη πτέρυγα, χωρίς τη συμμετοχή της θέρμανσης.

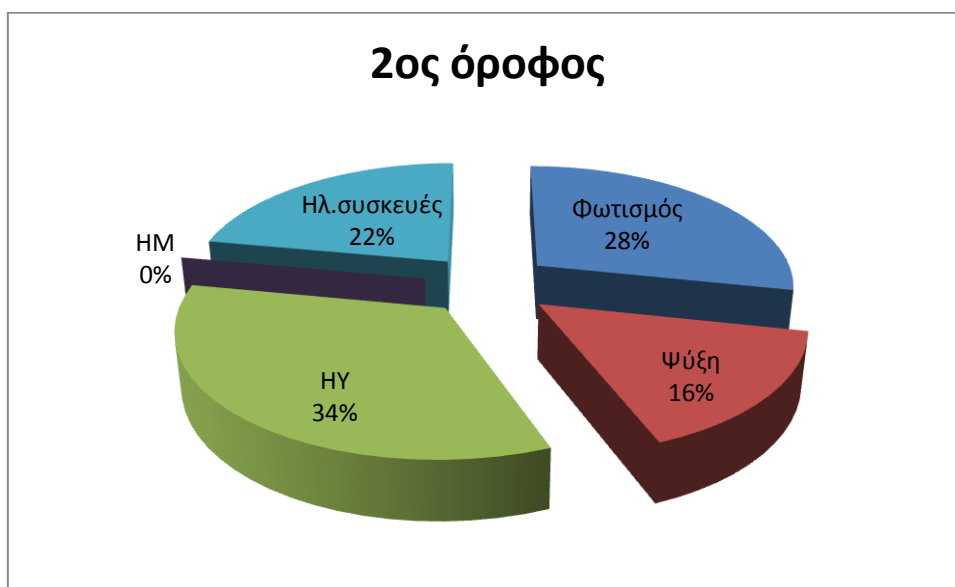
Ο πρώτος (1.150 τμ) και ο δεύτερος όροφος (1.150 τμ) παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με το ισόγειο, λόγω της παρόμοιας χρήσης των χώρων. Η χρήση τους είναι κυρίως γραφειακή με την απουσία εργαστηριακών χώρων να δικαιολογεί την αυξημένη παρουσία ηλεκτρικών καταναλώσεων συσκευών και χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Τέλος να σημειωθεί η παρουσία και άλλων φορτίων και καταναλώσεων που είναι αδύνατο να εκτιμηθούν πλήρως, όπως των δύο μηχανικών ανελκυστήρων. Ωστόσο με βάση μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν [77] σε κάποιο ενδεικτικό ανελκυστήρα εκτιμήθηκε για ένα έτος η κατανάλωση ενέργειας των δυο ανελκυστήρων σε ένα έτος 2.070 kWh (ημερήσια κατανάλωση του καθενός περίπου 4,5 kVA). Επίσης, κάποια εκτίμηση έγινε για την εκτός λειτουργίας κατανάλωση (off mode consumption) των αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων και των υπολογιστών. Όπως σημειώνεται σε έρευνα του ΚΑΠΕ μια αυτόνομη κλιματιστική μονάδα καταναλώνει περίπου 15W συνεχώς όταν δε βρίσκεται σε λειτουργία, ενώ για έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή η εκτός λειτουργίας κατανάλωση είναι 0,5 W στην καλύτερη περίπτωση. Άρα για τις 61 αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες και τους 114 Η/Υ η εκτός λειτουργίας κατανάλωση υπολογίζεται περίπου 8.398 kWh ετησίως[70]. Και πάλι τα δεδομένα με κάθε λεπτομέρεια παρατίθενται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, στο τέλος.



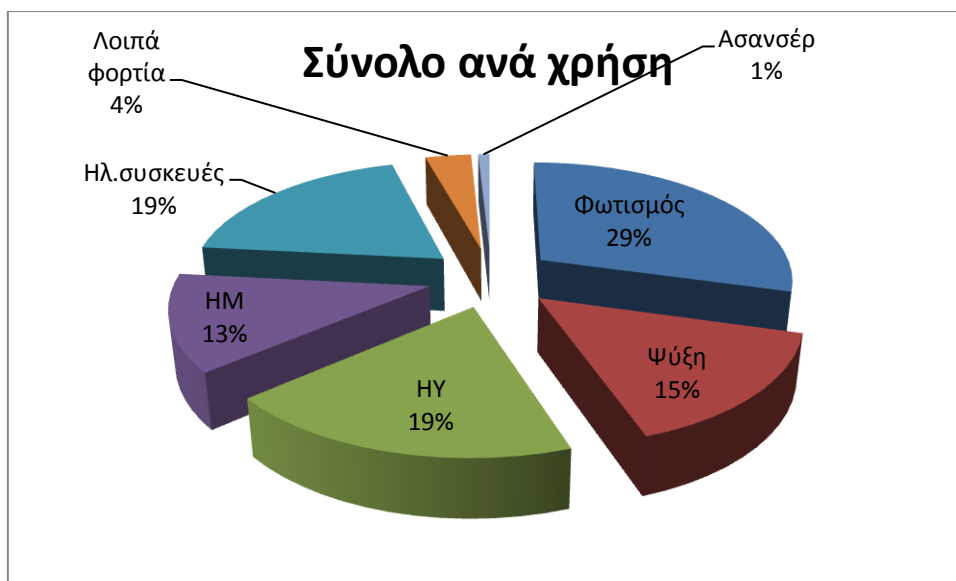


Σχήμα 4.3. Κατανομή της ενέργειας ανά χρήση για τον πρώτο όροφο, χωρίς τη συμμετοχή της θέρμανσης.

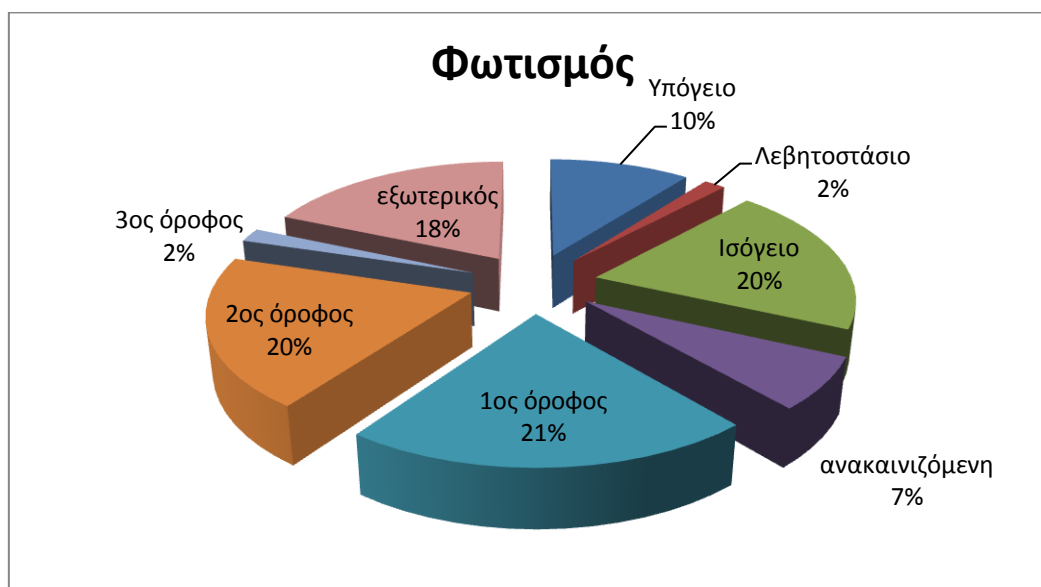


Σχήμα 4.4. Κατανομή της ενέργειας ανά χρήση για τον δεύτερο όροφο, χωρίς τη συμμετοχή της θέρμανσης.

Τέλος, παρατίθενται διαγράμματα και ένας πίνακας για την κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη χρήση για ολόκληρο το κτίριο χωρίς πάντως επαναλαμβάνεται τη συμμετοχή της θέρμανσης, για την οποία δεν υπάρχει εικόνα και την κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τον όροφο και πάλι για όλο τον όγκο του κτιρίου. Όπως φαίνεται σημαντικό μέρος της κατανάλωσης καταγράφεται στη κατηγορία φωτισμός αλλά δε μπορούν να αμεληθούν οι καταναλώσεις των ΗΥ ή και υπόλοιπων ηλεκτρικών συσκευών (όπως ψυγεία).



Σχήμα 4.5. Κατανομή της ενέργειας ανά χρήση για ολόκληρο το κτίριο.



Σχήμα 4.6. Κατανομή της ενέργειας μόνο για τον φωτισμό ολόκληρου του κτιρίου. Φανερές οι ομοιότητες ισόγειου, 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου.

Κατά την επιθεώρηση διαπιστώθηκαν τα εξής τα οποία και επισημαίνονται. Ο φωτισμός αποτελείται κυρίως από λαμπτήρες φθορίου ενώ δεν υπάρχουν παρά ελάχιστοι (λιγότεροι μιας πεντάδας) λαμπτήρες πυράκτωσης. Ωστόσο, σε χώρους όπως τουαλέτες (WC) και κουζίνες τα φώτα συχνά ξεχνιούνται ανοιχτά παρά την ελάχιστη χρήση τους και συνήθως μένουν έτσι για ώρες. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με την τοποθέτηση ανιχνευτών κίνησης στους εν λόγω χώρους ώστε μόλις οι χώροι αδειάζουν να παύει αυτόματα να λειτουργεί ο φωτισμός. Επιπλέον η ποιότητα του φωτισμού θα μπορούσε και πρέπει να βελτιωθεί με τη χρήση ανακλαστήρων που μπορούν να αντικαταστήσουν τα λευκά πλαστικά καλύμματα του λαμπτήρα και θα αυξήσουν κατά πολύ την απόδοση του σε

φωτεινότητα, όπως ήδη συμβαίνει σε κάποια από τα γραφεία που πρόσφατα ανακαινίστηκαν.

Οι χώροι φωτίζονται κυρίως από 3 τύπους φωτιστικών (στο εμπόριο ονομάζονται T8): ένα τετράγωνο πλαίσιο που περιέχει 4 λαμπτήρες των 18 W, ένα ορθογώνιο πλαίσιο με δυο λαμπτήρες των 36 W και τέλος άλλο ένα μακρόστενο ορθογώνιο πλαίσιο με έναν λαμπτήρα των 36 W. Άλλοι τύποι που παρουσιάζονται είναι ροοστάτες (μεγάλο αμφιθέατρο), στρογγυλοί λαμπτήρες των 18W (εξωτερικός φωτισμού ισογείου), προβολείς ισχύος 400 W (οροφή). Συγκεκριμένα καταγράφηκαν (λαμβάνοντας υπόψη και την προσαύξηση 25% στην ισχύ λόγω μαγνητικών μπάλαστ που προστίθενται για αντιστάθμιση ισχύος σε κάθε λαμπτήρα):

**Πίνακας 4.1. Μερική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού για τους κυριότερους τύπους φωτιστικών**

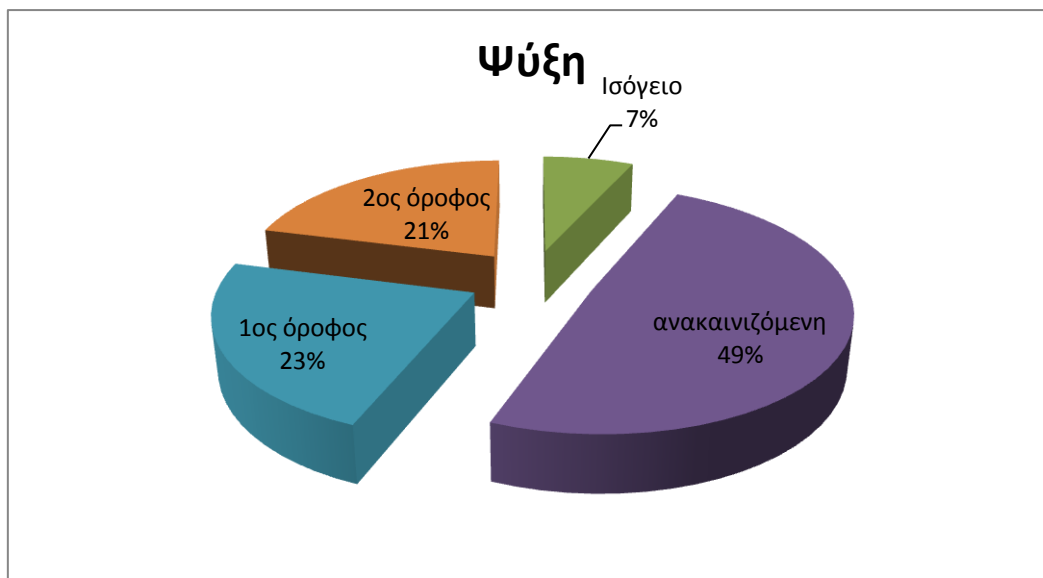
Τύπος	πλαίσια	διπλές	μονές	P εγκ. (W)
	4 × 18 W	2 × 36 W	1 × 36W	
Πλήθος	156	302	108	46080

Η επιπλέον κατανάλωση αυτή εξαιτίας των μαγνητικών ballast μπορεί να αποφευχθεί με την αντικατάσταση νέων ηλεκτρονικών που θα επιβαρύνουν την ηλεκτρική κατανάλωση μόνο κατά 10%. Σε γενικές γραμμές ο φωτισμός του κτιρίου είναι συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 55,6 kW και σύμφωνα με τα στοιχεία που καταγράφησαν για τη διάρκεια λειτουργίας τους η ετήσια κατανάλωσή τους προκύπτει 71.496 kWh. Από τα 55,6 kW περίπου τα 15,8 kW λειτουργούν συνεχώς για το φωτισμό κυρίως κοινόχρηστων χώρων.

Η ψύξη επί το πλείστον επιτυγχάνεται με τη χρήση μικρών αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων, τοποθετημένων σε κάθε γραφείο. Υπολογίζονται περί τα 60 κλιματιστικά (splts) συνολικά εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος 65,4 kW. Με βάση τις απαντήσεις των χρηστών για τη διάρκεια λειτουργίας τους εκτιμάται η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση τους σε 19.025,1 kWh και με τη προσθήκη της κατανάλωσης της κλιματιστικής μονάδας (32 RT = 38,4 kW) που το καλοκαίρι ψύχει το μεγάλο αμφιθέατρο της ανακαινιζόμενης πτέρυγας εκτιμάται σε 37.454 kWh περίπου. Αν οι απαντήσεις που δόθηκαν κατά τις ερωτήσεις στο προσωπικό του κτιρίου είναι σωστές τότε ο κλιματισμός του αμφιθέατρου είναι προγραμματισμένος να λειτουργεί πολλές ώρες (10) καθημερινά, πολλές παραπάνω μάλιστα από όσες χρησιμοποιείται και αυτό είναι κάτι που πρέπει να περιοριστεί στις ώρες και στις μέρες της βδομάδας που ο χώρος λειτουργεί.

Σχετικά με τον κλιματισμό, όπως σημειώθηκε οι περισσότερες κλιματιστικές μονάδες ισχύος μεγαλύτερης των 9,000 BTU/h είναι πεπαλαιωμένες και ξεπερασμένες – ενεργοβόρας τεχνολογίας. Σταδιακά, συνιστάται η αντικατάστασή τους με νέα κλιματιστικά που πιθανόν ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας (όπως inverter). Εξυπακούεται επίσης η χρήση των κλιματιστικών τους καλοκαιρινούς μήνες για ψύξη να συνοδεύεται με κλείσιμο των παραθύρων εκτός αν

παραμένουν ανοιχτά για τον φυσιολογικό εξαερισμό των χώρων κάτι που δικαιολογείται για εύλογο χρονικό διάστημα.



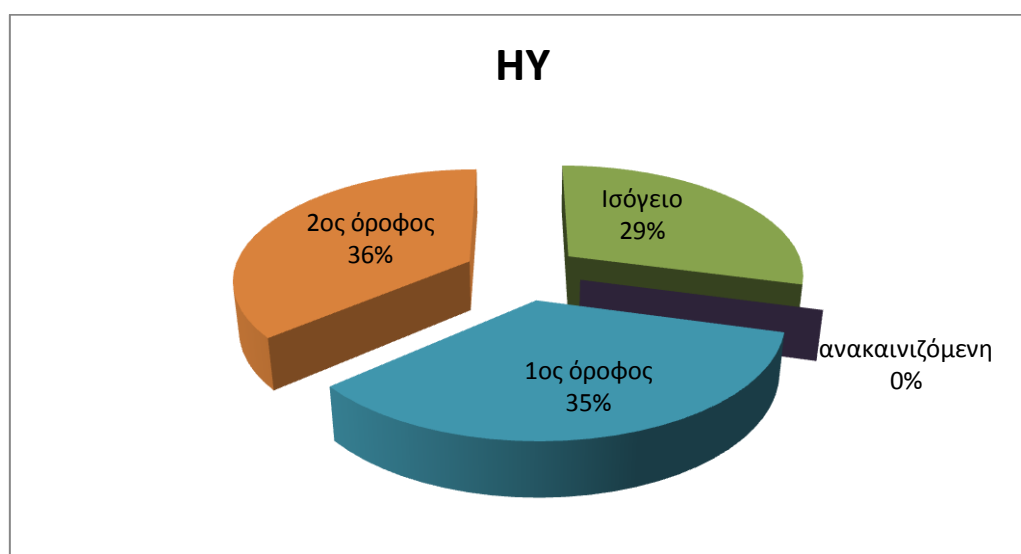
**Σχήμα 4.7. Κατανομή της ενέργειας ανά όροφο για τη ψύξη του κτιρίου. Το σταθερό ωράριο λειτουργίας της μεγάλης κλιματιστικής μονάδας που τροφοδοτεί την ανακαινιζόμενη πτέρυγα και λειτούργησε τις αρχές Ιουνίου επικρατεί.**

Λέγοντας ηλεκτρικές συσκευές εννοούνται οποιοσδήποτε συσκευές κοινής χρήσης μπορεί να βρίσκονται στους χώρους του κτιρίου, στην πράξη όμως πρόκειται κυρίως για 13 ψυγεία, 6 φωτοτυπικά, μερικά πλωτέρ και προτζέκτορες και τέλος εργαστηριακός εξοπλισμός μεγάλης ισχύος που ωστόσο χρησιμοποιείται σπάνια (κολιματέρ, μηχανές θλίψεως, τόνος) συνολικά εγκατεστημένης ισχύος 16,8 kW. Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωσή τους, με βάση τα στοιχεία της καταγραφής υπολογίστηκε σε 46.382,5 kWh.



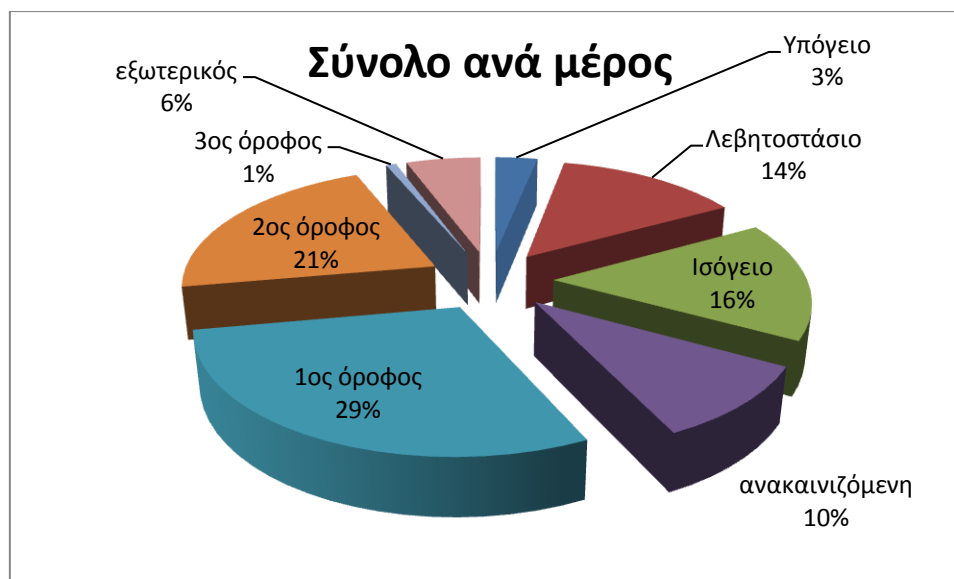
**Σχήμα 4.8. Κατανομή της ενέργειας σε άλλου τύπου καταναλώσεις για ολόκληρο το κτίριο.**

Η επόμενη κατηγορία περιλαμβάνει την κατανάλωση από τους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές, τοποθετημένους σχεδόν σε κάθε γραφείο. Στον όρο έχουν προστεθεί και οι καταναλώσεις περιφερειακών ηλεκτρονικών συσκευών όπως εκτυπωτές και σκάνερ. Καταμετρήθηκαν 114 ΗΥ συνολικά εγκατεστημένης ισχύος περί τα 22,8 kW και ετήσιας συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης εκτιμώμενης στα 46.412,7 kWh. Είναι σαφές ότι μεγάλα ποσά ενέργειας θα εξοικονομηθούν με την αντικατάσταση παλαιών ογκωδών οθονών με νέας τεχνολογίας και με αντικατάσταση παλαιών εκτυπωτών με εκτυπωτές λέιζερ. Σημαντικό επίσης για να μειωθούν οι εκτός λειτουργίας καταναλώσεις είναι μετά τη χρήση των συσκευών το βγάλσιμο τους από την πρίζα [70].



Σχήμα 4.9. Κατανομή της ενέργειας σε άλλου τύπου καταναλώσεις για ολόκληρο το κτίριο.

Στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό πρέπει επίσης να σημειωθεί τι περιλαμβάνει. Εντοπίζεται στο λεβητοστάσιο και αναφέρεται στις ηλεκτρικές καταναλώσεις που απαιτούνται για τον εξαερισμό του λεβητοστασίου (373W - ώρες λειτουργίας καυστήρα μόνο) για τη λειτουργία της μικρής (1.119W - εργάζεται για όλες τις ώρες θέρμανσης) και της μεγάλης κλιματιστικής μονάδας (7.460W - όλες τις ώρες ψύξης και θέρμανσης), στις ηλεκτρικές καταναλώσεις για τη λειτουργία των 2 λεβήτων (2×1.100W - ώρες καύσης του καυστήρα), και τέλος στις καταναλώσεις των 2 αντλιών θέρμανσης (7.460W - όλες τις ώρες θέρμανσης) και της μιας αντλίας ψύξης (2.000 W - όλες τις ώρες ψύξης). Με αυτά τα δεδομένα και όπως φαίνεται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ εκτιμάται ετήσια κατανάλωση περίπου στις 31.305,8 kWh.



Σχήμα 4.10. Κατανομή της ενέργειας ανάλογα με το μέρος που καταναλώνεται (δεν αφορά όλη την κατανάλωση- δεν καταμερίζονται τα Λοιπά Φορτία)

Αναφέρεται και πάλι ότι οι παραπάνω αριθμοί ενδέχεται να λαθεύουν λόγω του ότι βασίζονται σε απαντήσεις σε ερωτήσεις προς το προσωπικό του κτιρίου σχετικά με τη διάρκεια των ηλεκτρικών φορτίων που καταναλώνουν.

Πίνακας 4.2. Όλες οι καταναλώσεις συγκεντρωμένες συνοπτικά (όλα τα μεγέθη σε kWh)

	Φωτισμός	Ψύξη	ΗΥ	ΗΜ	Ηλ.συσκευές	Λοιπά φορτία	Ασανσέρ	Σύνολο ανά μέρος
Υπόγειο	7.461							7.461
Λεβητοστάσιο	1.134			31.306				32.440
Ισόγειο	14.158	2.550	13.543		6.919			37.170
ανακαινιζόμενη	4.860	18.432						23.292
1ος όροφος	15.246	8.597	16.017		28.469			68.328
2ος όροφος	14.114	7.879	16.853		10.995			49.840
3ος όροφος	1.296							1.296
Οροφή (εξωτ. χώροι)	13.226							13.226
Σύνολο ανά χρήση	71.496	37.457	46.413	31.306	46.383	8398	2.070	243.522

Η ετήσια συνολική κατανάλωση (ηλεκτρική μόνο) του κτιρίου είναι 243.522 kWh. Λαμβάνοντας υπόψη την τιμή της kWh για το Πολυτεχνείο (καταναλωτής Μέσης Τάσης Β2) αυτό μεταφράζεται σε ετήσιο κόστος (τιμολόγηση 2010):

$$243.521,8 \text{ kWh} * 0,09412\text{€/ kWh} = 22.920,28 \text{ €}$$

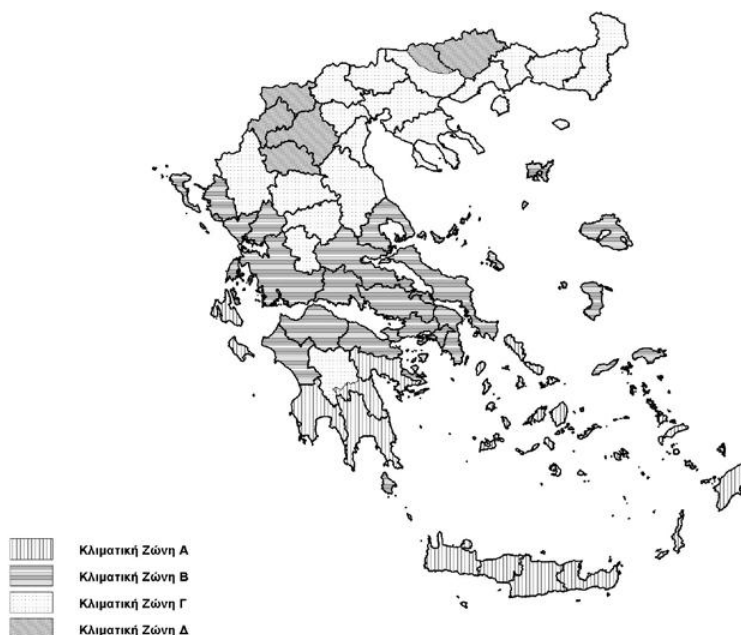
Με τα παραπάνω στοιχεία και αν επιπλέον υπήρχε εικόνα της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση τότε σύμφωνα με τις οδηγίες του Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων [69] για τον υπολογισμό ενεργειακών δεικτών θα μπορούσε να υπολογιστεί ο δείκτης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου που ισούται με το πηλίκο της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης σε kWh προς τη συνολική επιφάνεια του κτιρίου. Και αφού σύμφωνα με το χάρτη 4.1. το κτίριο ανήκει στην Β

κλιματική ζώνη και όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.2. [69] για κτίριο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης θα μπορούσε το κτίριο να τοποθετηθεί σε κάποια ενεργειακή κατηγορία. Μπορεί ωστόσο με τα παρόντα στοιχεία να υπολογιστεί ο δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου διαιρώντας την ηλεκτρική κατανάλωση με την επιφάνεια του κτιρίου οπότε προκύπτει:

$$243.521,843 \text{ kWh} / 4695 \text{ m}^2 = 51.868 \text{ kWh/m}^2$$

**Πίνακας 4.3. Όρια ενεργειακών κατηγοριών εκπαιδευτικών κτιρίων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης για τις 4 κλιματικές ζώνες**

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m <sup>2</sup> *έτος)]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
<b>A+</b>		<b>EK &lt;</b>	45		<b>EK &lt;</b>	50		<b>EK &lt;</b>	55		<b>EK &lt;</b>	65
<b>A</b>	45	<b>≤ EK &lt;</b>	65	50	<b>≤ EK &lt;</b>	70	55	<b>≤ EK &lt;</b>	85	65	<b>≤ EK &lt;</b>	95
<b>B+</b>	65	<b>≤ EK &lt;</b>	100	70	<b>≤ EK &lt;</b>	105	85	<b>≤ EK &lt;</b>	125	95	<b>≤ EK &lt;</b>	140
<b>B</b>	100	<b>≤ EK &lt;</b>	130	105	<b>≤ EK &lt;</b>	140	125	<b>≤ EK &lt;</b>	165	140	<b>≤ EK &lt;</b>	185
<b>Γ</b>	130	<b>≤ EK &lt;</b>	150	140	<b>≤ EK &lt;</b>	165	165	<b>≤ EK &lt;</b>	190	185	<b>≤ EK &lt;</b>	215
<b>Δ</b>	150	<b>≤ EK &lt;</b>	170	165	<b>≤ EK &lt;</b>	185	190	<b>≤ EK &lt;</b>	215	215	<b>≤ EK &lt;</b>	245
<b>E</b>	170	<b>≤ EK &lt;</b>	215	185	<b>≤ EK &lt;</b>	235	215	<b>≤ EK &lt;</b>	270	245	<b>≤ EK &lt;</b>	310
<b>Z</b>	215	<b>≤ EK &lt;</b>	255	235	<b>≤ EK &lt;</b>	280	270	<b>≤ EK &lt;</b>	325	310	<b>≤ EK &lt;</b>	370
<b>H</b>	255	<b>≤ EK</b>		280	<b>≤ EK</b>		325	<b>≤ EK</b>		370	<b>≤ EK</b>	



**Χάρτης 4.1. Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας**

### 4.3 Μελέτη θερμομόνωσης κτιρίου

#### 4.3.1 Βασικές έννοιες – Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας

Από την [τεχνική οδηγία \[68\]](#) του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.) για τις θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων αντλούνται οι ακόλουθες πληροφορίες:

Η απαίτηση για θερμομονωτική προστασία των κτιριακών κατασκευών που επιβάλλει ο [KENAK \[69\]](#) επιβάλλει τον έλεγχο επάρκειας της θερμομονωτικής προστασίας του κτιρίου σε δύο στάδια:

Κατά το πρώτο στάδιο ελέγχεται η θερμική επάρκεια ενός εκάστου των επί μέρους δομικών στοιχείων του κτιρίου. Για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού, θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{εξεταζ.}$  αυτού του δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{max}$  που ορίζει ο κανονισμός, ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων. Πρέπει, δηλαδή να ισχύει:

$$U_{εξεταζ.} \leq U_{max} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Κατά το δεύτερο στάδιο ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου. Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου ( $U_m$ ) να μην υπερβαίνει τα όρια που θέτει ο κανονισμός για κάθε κτίριο ( $U_{m, max}$ ), αυτού εντασσομένου σε μια από τις κλιματικές ζώνες του ελλαδικού χώρου. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_{m, max}$ ) υπολογίζεται λαμβανομένου υπόψη του λόγου του συνόλου της εξωτερικής περιμετρικής επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του ( $F/V$ ). Πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m, max} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = d / \lambda \quad [m^2 \cdot K / W]$$

όπου:  $R$   $[W/(m^2 \cdot K)]$  η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση,

$d$   $[m]$  το πάχος της στρώσης,

$\lambda$   $[W/(m \cdot K)]$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης,

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $R_{ss}$ ) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_{ss} = \sum (d/\lambda) = \sum R \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς



τους. Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του. Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του.

Όστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του.

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \quad [m^2 \cdot K/W]$$

όπου:  $R_T$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

$n$  [-] το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_i$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U$ ), που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = 1/R_T \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

ή, σύμφωνα και με τη σχέση  $1/U = R_i + \sum R + R_a$  [ $m^2 \cdot K/W$ ]

όπου:  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

$n$  [-] το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_i$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Κατά τον έλεγχο του πρώτου σταδίου θα πρέπει να εξετασθούν ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια όλα τα επί μέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου κτιρίου, διαφανή και αδιαφανή. Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονωμένα και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους

που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή του κτιρίου. Επιπλέον όμως, θερμομονωμένα οφείλουν να είναι και όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν μεταξύ τους δύο διαφορετικά διαμερίσματα θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή του κτιρίου, όπως αυτή περιγράφεται στην παράγραφο του ίδιου κτιρίου ή χώρους με διαφορετική χρήση ή χώρους με διαφορετικά ωράρια λειτουργίας.

#### 4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικών στοιχείων

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3 (πηγή [KENAK \[69\]](#)), ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιρίου που ανήκει στην Β κλιματική ζώνη, αντιστοιχεί σε  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Πίνακας 4.4. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας τοιχοποιίας για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες**

Ζώνη	Τοιχοποιία $U_T$ ( $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ )	Οροφή $U_O$ ( $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ )	Δάπεδο $U_\Delta$ ( $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ )	Ανοίγματα $U_{YA}$ ( $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ )
Α κλιματική ζώνη	$\leq 0,7$	$\leq 0,5$	$\leq 2$	$\leq 3,8$
Β κλιματική ζώνη	$\leq 0,6$	$\leq 0,54$	$\leq 1,5$	$\leq 3,2$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$	$\leq 0,4$	$\leq 0,7$	$\leq 2,8$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,4$	$\leq 0,35$	$\leq 0,5$	$\leq 2,8$

Σημειώνεται εδώ ότι όλοι οι χώροι του κτιρίου είναι θερμαινόμενοι. Σε πρώτη φάση υπολογίστηκαν οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $k$ , για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου που μελετήθηκε, σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κελύφους του κτιρίου, παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες. Όλες οι ζητούμενες τιμές για τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας λήφθηκαν από την [τεχνική οδηγία \[68\]](#) του (Τ.Ε.Ε.) που παρατίθεται παρακάτω αυτούσια.

**Πίνακας 4.5. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )**

Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης $\text{m}^2\text{K/W}$	$1/a_i$ (εσωτερ.)	$1/a_e$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα	0,12	0,04
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή)	0,12	0,04
Τοίχος, οροφή που συνορεύει με μή	0,12	0,12
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0,12	0,00
Δάπεδο επάνω από μή θερμαινόμενο χώρο	0,17	0,17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση	0,17	0,04

Αρχικά υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $1/\Lambda$ ) κάθε δομικού στοιχείου. Οι κατακόρυφοι τοίχοι έχουν πάχος 20 εκ. και είναι χτισμένοι από οπτόπλινθο εκτός από το βορειοδυτικό τοίχο που είναι αποκλειστικά οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για κάθε θερμική αντίσταση  $d/\lambda$ , σε  $m^2K/W$ .

**Πίνακας 4.6. Θερμικές Αντιστάσεις  $d/\lambda$  σε  $m^2K/W$**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ σε $m$	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας $\lambda$ σε $W/mK$	Θερμική Αντίσταση $d/\lambda$ σε $m^2K/W$
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,20	2,03	0,0985
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
			0,1443

Σύμφωνα με το θεωρητικό μέρος, η αντίσταση θερμοδιαφυγής  $1/\Lambda$  προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων  $d/\lambda$ . Κατά συνέπεια από τον Πίνακα 4.5 και για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο, για πάχος τοίχου 20cm η αντίσταση θερμοδιαφυγής προκύπτει 0,1443 ( $m^2K/W$ ). Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ο ακόλουθος συγκεντρωτικός πίνακας.

**Πίνακας 4.7. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	0,1443
Αντίσταση θερμικής μετάβασης	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,04
			0,3043

Με βάση τον Πίνακα 4.6, η αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε 0,3043  $m^2K/W$  για πάχος τοιχοποιίας  $d=20$  εκ. Το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) και αυτός προκύπτει ίσος με 3,286  $W/m^2K$ .

Για τις κατακόρυφες επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων που είναι κατασκευασμένες από οπτόπλινθους ακολουθείται η ίδια διαδικασία. Για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο η αντίσταση θερμοδιαφυγής προέκυψε ίση με 0,4805  $m^2K/W$ . Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα αποτελέσματα.

**Πίνακας 4.8. Θερμικές Αντιστάσεις  $d/\lambda$  σε  $m^2K/W$**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ σε $m$	Συντελεστής Θερμικής	Θερμική Αντίσταση $d/\lambda$
----------------------------	---------------------------	----------------------	-------------------------------

Τοιχοποιία από διάτρητους οπτόλιθους	0,20	0,46	0,4347
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
			0,4805

**Πίνακας 4.9. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής (d=20cm)	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	0,4805
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,04
			0,6405

Η αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε  $0,6405 m^2K/W$ . Το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) και αυτός προκύπτει ίσος με  $1,5612 W/m^2K$ .

Για τις οριζόντιες επιφάνειες των δαπέδων τώρα μελετούνται τα δομικά στοιχεία που τις αποτελούν (οπλισμένο σκυρόδεμα, παλαιού τύπου B160 με κισηρομπετόν και μωσαϊκό) σε δύο περιπτώσεις α) για δάπεδο σε επαφή με το έδαφος (υπόγειο) και β) για δάπεδο σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο λαμβάνοντας υπόψη όμως ότι στην περίπτωση επαφής με θερμαινόμενο χώρο η ροή θερμότητας είναι ελάχιστη έως μηδενική –όταν επικρατούν οι αυτές τιμές θερμοκρασίας εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου, (θα μπορούσε όμως αυτός ο θερμαινόμενος χώρος, εκτιμώμενος, να θεωρηθεί ως μη θερμαινόμενος και το αντίστοιχο γινόμενο  $k \cdot F$  να υπεισέλθει με κάποιο μειωτικό συντελεστή)[62]. Επομένως αρκεί ο υπολογισμός για το δάπεδο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος

Το δάπεδο του υπογείου όπως και η πλάκα – δάπεδο κάθε ορόφου αποτελείται από 15 εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με κισηρομπετόν (παλαιά ονομασία B160), πάνω από το οποίο υπάρχει στρώση κεραμικού υλικού με βάση το τσιμέντο και συγκεκριμένα μωσαϊκό πάχους 8 εκ. Επομένως με παρόμοιο τρόπο συμπληρώνονται οι παρακάτω πίνακες 4.9 και 4.10

**Πίνακας 4.10. Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $m^2K/W$**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε $W/mK$	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $m^2K/W$
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,074
Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο(Μωσαϊκό)	0,08	1,2	0,067

	0,141
--	-------

**Πίνακας 4.11. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	0,141
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,17
			0,481

Όπως φαίνεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής του δαπέδου υπολογίστηκε περίπου 0,141  $m^2K/W$  και αθροίζοντας μαζί και τις αντιστάσεις θερμικής μετάβασης υπολογίζεται η ζητούμενη αντίσταση θερμοπερατότητας ίση με 0,481  $m^2K/W$ . Τελικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας με αντιστροφή υπολογίζεται 2,0795  $W/m^2K$ .

Ο υπολογισμός για το δομικό στοιχείο ολοκληρώνεται με τον υπολογισμό των συντελεστών για την οροφή – ταράτσα όπου παρουσιάζεται αξιοσημείωτη ροή θερμότητας προς το περιβάλλον. Για την οροφή πέραν της πλάκας που είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως και οι άλλες οροφές των χαμηλότερων ορόφων, η οροφή διαθέτει επίστρωση με ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανο).

**Πίνακας 4.12. Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $m^2K/W$**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε $W/mK$	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $m^2K/W$
Γυψοσανίδες	0,04	0,210	0,190
ελαφροσκυρόδεμα	0,08	0,2	0,4
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,074
Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	0,006	0,23	0,026
			0,69

**Πίνακας 4.13. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	0,69
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,04
			0,85

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής της οροφής υπολογίζεται περίπου σε 0,69  $m^2K/W$  και συνολικά με την άθροιση των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης προκύπτει τελικά 0,85  $m^2K/W$ . Με αντιστροφή ο συντελεστής θερμοπερατότητας βγαίνει 1,1764  $W/m^2K$ .

Ενδεικτικά, επισημαίνεται ότι αν στην διαδικασία μόνωσης της οροφής συμπεριλαμβάνονταν 5 εκ διογκωμένης πολυστερίνης σε πλάκες (θερμική αγωγιμότητα 0,035 W/mK) τότε τα μεγέθη θα άλλαζαν σημαντικά: η συνολική θερμική αντίσταση θα προέκυπτε 2,2786 και ο συντελεστής θερμοπερατότητας θα ήταν μόλις 0,439 W/m<sup>2</sup>K. Ωστόσο, μια τέτοια παρέμβαση τώρα είναι αδύνατη γιατί προϋποθέτει το «ξήλωμα» της υπάρχουσας μόνωσης και έπρεπε να είχε προβλεφθεί εξ' αρχής.

### 4.3.3 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Η μελέτη κάθε ορόφου λόγω του ότι οι όροφοι χωρίζονται από τοίχο αλλά είναι όλοι οι χώροι θερμαινόμενοι, απλοποιεί τη διαδικασία και την περιορίζει στον υπολογισμό του συντελεστή θερμομόνωσης για το κέλυφος του κτιρίου. Μένει μόνο να προστεθούν σε κάθε δομικό στοιχείο οι συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων. Από τον [KENAK \[69\]](#) (σ. 74) αξιοποιείται ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 4.14 Συντελεστής θερμοπερατότητας ανοιγμάτων

ΥΛΙΚΟ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ: ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΚΟΠΗ									
Κατηγορία	Αρ. υαλίστων	Υαλοστάσια		Διάκενο		Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ] U <sub>n</sub>	Σύμβολο		
		Υλικό	Πάχος (mm)	Υλικό	Πλάτος (mm)				
ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ	ΑΠΛΟ, μονό	1	Καθαρό γυαλί	3,2	-	-	6,07	YA46	
	>>	1	>>	6,4	-	-	5,25	YA47	
	ΑΠΛΟ, διπλό	2	Καθαρό γυαλί	3	Αέρας	12,7	3,22	YA48	
						6,4	3,56	YA49	
	ΑΠΛΟ, διπλό	2	Καθαρό γυαλί	3	Αργό	12,7	3,08	YA50	
						6,4	3,37	YA51	
ΑΠΛΟ, τριπλό	3	Καθαρό γυαλί	3	Αέρας	12,7	2,39	YA52		
					6,4	2,73	YA53		
ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ	ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, διπλό	2	1:low-e clear	3	3	Αέρας	12,7	3,03	YA54
			2: clear				6,4	3,41	YA55
	ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, διπλό	2	1:low-e clear	3	3	Αργό	12,7	2,89	YA56
			2: clear				6,4	3,17	YA57

Χρησιμοποιούνται όλοι οι συντελεστές που υπολογίστηκαν πριν και με δεδομένα για την επιφάνεια των τοίχων και των παραθύρων που βρίσκονται στο [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α](#) κατασκευάζεται ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 4.15 Θερμομόνωση περιβλήματος

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής k	k*F
Εξωτερικοί τοίχοι - οπτόπλινθος	1342,6	1,56	2096,005
Εξωτερικοί τοίχοι - σκυρόδεμα	242,0	3,29	795,343
Δάπεδο πάνω από έδαφος	1200,0	2,08	2495,400
Οροφή μεταξύ θερμ. χώρου και αέρα	1150,0	1,18	1352,860
Κούφωμα αλουμινίου - μονό	388,0	6,07	2355,160
Κούφωμα αλουμινίου - διπλό	372,0	3,56	1324,320
	4694,6		10419,088

Από την [τεχνική οδηγία \[68\]](#) του (Τ.Ε.Ε.) τώρα και αναλόγως με την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτίριο υπολογίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το συντελεστή θερμοπερατότητας  $k_{m,max}$  (Πίνακας 4.16). Ο λόγος της περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του (F/V) δίνει για το κτίριο του Λαμπαδαρίου (κάθε όροφος ύψους 3,60μ. περίπου)

$$F/V = 4.695 \text{ τμ} / [(1200*3,5) + (1030*3,5) + (2* 1150 *3,6) \text{ τμ.} + (36*13,1*4)] = 0,2612\text{μ}^{-1}.$$

Οπότε από τον Πίνακα 4.15 και αφού το Λαμπαδάριο βρίσκεται στην Β κλιματική ζώνη προκύπτει ότι ο μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $k_{m,max} = 1,137 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Για το Λαμπαδάριο όμως το  $k_m$  προκύπτει από τον Πίνακα 4.16 να είναι

$$k_m = \sum k*F / \sum F = 10419/4695 = 2,2194 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει κατά πολύ τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή οπότε μπορεί να ειπωθεί ότι το κτίριο κρίνεται ελλιπώς θερμομονωμένο.

Πίνακας 4.16. Επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του F/V

F/V m <sup>-1</sup>	$k_m$ σε kcal/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C			$k_m$ σε W/m <sup>2</sup> K		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
≤0,2	1,335	1,015	0,807	1,553	1,180	0,938
0,3	1,245	0,955	0,760	1,448	1,111	0,884
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,831
0,5	1,092	0,845	0,675	1,270	0,983	0,775
0,6	1,030	0,795	0,635	1,198	0,924	0,738
0,7	0,985	0,750	0,600	1,145	0,872	0,698
0,8	0,947	0,717	0,575	1,101	0,834	0,669
0,9	0,927	0,695	0,550	1,078	0,808	0,640
≥1,0	0,920	0,680	0,530	1,070	0,791	0,616

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **Αποτελέσματα Μετρήσεων και Καταγραφικός Εξοπλισμός**





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

### **5.1 Εισαγωγή**

Για τη μελέτη του κτιρίου του Λαμπαδαρίου, της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (ΣΑΤΜ), στα πλαίσια της διπλωματικής, ελήφθησαν κάποιες μετρήσεις από ειδικό εξοπλισμό με σκοπό να συμπληρωθεί η ενεργειακή εικόνα του κτιρίου. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται αυτός ο εξοπλισμός και οι μετρήσεις του ενώ σε κάθε επιμέρους ενότητα παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη των μετρήσεων.

Συγκεκριμένα παρουσιάζονται σε ενότητες α) η θερμοκάμερα υπερύθρων που χρησιμοποιήθηκε για θερμογράφιση του κτιρίου, β) ο αναλυτής καυσαερίων που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της απόδοσης του καυστήρα και του λέβητα και γ) ένας ενεργειακός αναλυτής που επί 3 μήνες (Απρίλιος 2010 – Ιούνιος 2010) κατέγραφε δεδομένα τάσης, ρεύματος και ισχύος προκειμένου να καταδειχθεί η ενεργειακή κατανάλωση και η ενεργειακή «συμπεριφορά» των χρηστών. Πέρα από αυτά τα τρία βασικά μέρη χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον ένα υγρασιόμετρο σαν σύνεργο την περίοδο θερμογράφισης, ενώ ελάχιστα δεδομένα υπάρχουν επίσης από έναν μετρητή φυσικού αερίου που εγκαταστάθηκε πρόσφατα και μόνο για 1 μέρα της άνοιξης κατέγραψε τις καταναλώσεις φυσικού αερίου του μόνου καυστήρα που λειτουργούσε τον χειμώνα του 2009 -2010) και για τις καταναλώσεις ενός και μόνο κλιματιστικού στη διάρκεια μιας καλοκαιρινής μέρας από κάποιον άλλο ενεργειακό αναλυτή.

### **5.2 Θερμογραφία του Λαμπαδαρίου**

Η θερμογραφία είναι μια μέθοδος με την οποία ανιχνεύονται οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια διάφορων υλικών. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται και ερμηνεύονται θερμοκρασιακές διαφορές που εμφανίζονται στα υλικά και στην κατασκευή εν γένει και εξάγονται συμπεράσματα ως προς την ορθή θερμική θωράκιση τους. [63].

Η θερμογραφία με υπέρυθρες ακτίνες είναι μια εύκολη και γρήγορη μέθοδος για να ανακαλυφθούν σημεία διαφυγής και απώλειας της ενέργειας, σημεία υγρασίας και μούχλας και ηλεκτρολογικά θέματα σε ένα κτίριο. Μια κάμερα υπερύθρων δείχνει επακριβώς πού εντοπίζεται το πρόβλημα και βοηθά τον επιθεωρητή να εστιάσει σωστά και να διαγνώσει περιοχές απώλειας ενέργειας.

Με τη θερμογραφία εντοπίζονται:

- Θερμικές γέφυρες στο κέλυφος του κτιρίου
- Σημεία διαφυγής θερμού αέρα από το κτίριο

- Αγωγούς θερμού, κρύου νερού ή αέρα μέσα από την κατασκευή ενός κτιρίου
- Ύπαρξη νερού μέσα στα υλικά
- Υποεπιφανειακές ανωμαλίες στα υλικά (κενά ή ρήγματα)

Για τον εντοπισμό θερμικών γεφυρών και σημείων διαφυγής θερμού αέρα οι ιδανικές συνθήκες είναι η απουσία ηλιακής ακτινοβολίας, να έχει παρέλθει ένα χρονικό διάστημα στο οποίο έχει αποκατασταθεί η θερμική ισορροπία και η διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κτιρίου να είναι μεγάλη.

Για τον εντοπισμό υγρασίας, εσωτερικών ανωμαλιών και διαφορετικών υλικών πίσω από ενιαία επιφάνεια απαιτείται ο ουρανός να είναι καθαρός με έντονη ηλιακή ακτινοβολία και ασθενείς ανέμους. Και πάλι κατά την νυχτερινή θερμογράφηση θα πρέπει να μην υπάρχουν σύννεφα στον ουρανό γιατί αντανακλούν την υπέρυθη ακτινοβολία. Οι κατάλληλες ώρες για τη θερμογράφηση είναι όταν ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας είναι μεγάλος δηλαδή είτε νωρίς το πρωί είτε αμέσως μετά τη δύση του ήλιου.

Η παρούσα θερμογράφηση με τη θερμοκάμερα του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεως και Διοίκησης έγινε σε τρία μέρη α) μια νυχτερινή θερμογράφηση του εξωτερικού του Λαμπαδαρίου στις 26 Απριλίου του 2010, β) μια πρωινή θερμογράφηση στις 27 Απριλίου του 2010 του εξωτερικού, του εσωτερικού και της οροφής του κτιρίου και τέλος γ) μια απογευματινή θερμογράφηση αμέσως μετά τη δύση του ήλιου στις 10 Σεπτέμβρη του 2010. Συνολικά λήφθηκαν 414 φωτογραφίες (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ), η μεγάλη πλειοψηφία των οποίων είναι τραβηγμένες στο υπέρυθρο φάσμα ενώ παράλληλα από το υγρασιόμετρο καταγραφόταν η υγρασία και η θερμοκρασία εκείνων των ωρών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περίοδος εκείνη του Απριλίου δεν ενδείκνυται για θερμογράφηση καθώς δεν επικρατούν ακραίες συνθήκες που θα διαφοροποιούσαν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό με το εξωτερικό του κτιρίου και θα αποκάλυπταν τους διαύλους διαφυγής του αέρα καθώς επίσης και από το γεγονός ότι πλήθος των παραθύρων στο κτίριο παρέμεναν ανοιχτά για ώρες ώστε ο φυσικός εξαερισμός τελικά εξαφάνιζε κάθε ίχνος υγρασίας καθιστώντας τα προβληματικά σημεία άορα στην κάμερα.

Παρά ταύτα οποιεσδήποτε ανωμαλίες εντοπίστηκαν αναφέρονται παρακάτω εκτενώς.

### 5.2.1 Παρουσίαση της θερμοκάμερας FLIR b50

Η θερμοκάμερα FLIR b50 είναι μια ικανή κάμερα υπέρυθρων, με μπαταρίες Λιθίου που επιτρέπουν την εργασία ως και 5 ώρες χωρίς διακοπή για φόρτιση. Τα φώτα LED που διαθέτει επιτρέπουν την εργασία ακόμα και στο σκοτάδι. Ο συναγερμός μόνωσης και ο συναγερμός σημείου είναι ιδανικά για ένα κτίριο. Η οπτική ψηφιακή κάμερα των 2,3 Mpixel και η τριπλή λειτουργία (υπέρυθη, ψηφιακή, εικόνα μέσα σε εικόνα) βοηθούν στην παραγωγή επαγγελματικών ραδιομετρικών φωτογραφιών JPEG. Το λογισμικό FLIR QuickReport™ δίνει τη δυνατότητα περεταίρω ανάλυσης και επεξεργασίας των φωτογραφιών αργότερα στον υπολογιστή.

Χαρακτηριστικά της κάμερας:

- Ενσωματωμένος φωτισμός LED
- Ανάλυση υπέρυθρης φωτογραφίας 140 x 140 pixels
- Ψηφιακή κάμερα 1536 x 1536 pixels
- Βάρος μόλις 600 g
- Σκόπευση με λέιζερ
- Δυνατότητα αντιγραφής απευθείας σε USB
- Μίξη εικόνας (τριπλή λειτουργία) και εικόνα μέσα σε εικόνα για καλύτερη αντίληψη του χώρου
- Μπαταρία Λιθίου διάρκειας 5 ωρών
- Κατάλογος 21 γλωσσών
- Συναγερμός μόνωσης και σημείων δρόσου
- Μεγάλο εύρος θερμοκρασίας από -20 °C to +120 °C
- Σφάλμα ακριβείας μόλις  $\pm 2\%$
- Micro SD κάρτα μνήμης για αποθήκευση έως και 2000 ραδιομετρικές JPEG εικόνες
- Διαθέσιμο λογισμικό πρόγραμμα για ανάλυση και επεξεργασία σε βάθος κάθε εικόνας

Ιδανικές συνθήκες για τη λειτουργία της κάμερας FLIR b50 είναι οι εξής:

- Η διαφορά θερμοκρασιών αέρα εντός του σχετικού τμήματος του κτιρίου πρέπει να είναι τουλάχιστον +10 °C επί αρκετές ώρες πριν τη διενέργεια θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα διαρκεί η διαδικασία. Για την ίδια χρονική περίοδο, η διαφορά θερμοκρασιών περιβάλλοντος δεν πρέπει να ποικίλλει περισσότερο από το  $\pm 30\%$  της διαφοράς, όταν ξεκινά η θερμογραφική απεικόνιση.
- Κατά τη διάρκεια της θερμογραφικής απεικόνισης, η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν πρέπει να μεταβάλλεται περισσότερο από  $\pm 2$  °C.
- Για αρκετές ώρες πριν από την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα συνεχίζεται αυτή, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απ' ευθείας από τον ήλιο.
- Αρνητική πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής  $\approx 10\text{--}50$  Pa.
- Κατά τη διενέργεια θερμογραφικής απεικόνισης προκειμένου να εντοπιστούν μόνον διαρροές αέρα στα περιβάλλοντα τμήματα του κτιρίου, οι απαιτήσεις ως προς τις συνθήκες μέτρησης μπορεί να είναι χαμηλότερες. Μια διαφορά 5 °C μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι αρκετή για τον εντοπισμό τέτοιων ατελειών. Για να εντοπιστούν ωστόσο διαρροές αέρα, ορισμένες απαιτήσεις θα πρέπει να ικανοποιούνται αναφορικά με τη διαφορική πίεση: μια τιμή γύρω στα 10 Pa θα πρέπει να επαρκεί.



### Εφαρμογές

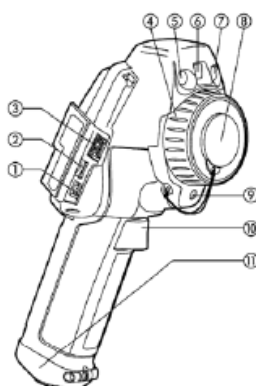


Κτίριο: νερό και υγρασία στους τοίχους

Κτίριο: Απώλειες θερμότητας

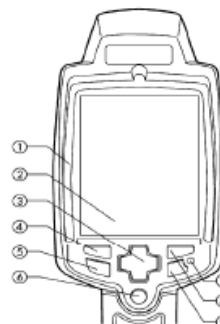
Ηλεκτρικά : θερμά σημεία , λάθος συνδέσεις

Εικόνα 5.1 Η κάμερα FLIR b50 που χρησιμοποιήθηκε στις λήψεις φωτογραφιών

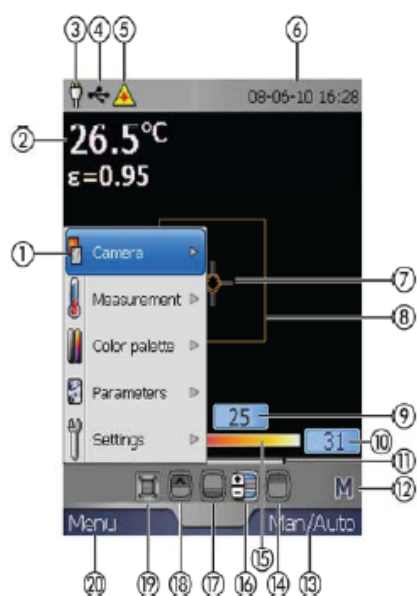


1. υποδοχή σύνδεσης USB mini-B (για τη σύνδεση της κάμερας με υπολογιστή)
2. κάρτας μνήμης MicroSD™.
3. υποδοχή σύνδεσης USB A (για τη σύνδεση μιας συσκευής κάρτας μνήμης (memory stick) USB ή άλλης συσκευής USB με την κάμερα)
4. δακτύλιος εστίασης πάνω στο φακό υπερύθρων
5. λυχνία ψηφιακής κάμερας
6. ψηφιακή κάμερα
7. λυχνία ψηφιακής κάμερας
8. καπάκι φακού
9. δείκτης λέιζερ
10. προγραμματιζόμενο πλήκτρο για την αποθήκευση εικόνων
11. κάλυμμα για τη υποδοχή της μπαταρίας, συμπεριλαμβανομένου του κουμπιού απασφάλισης.

1. Προστατευτικό ελαστικό πλαίσιο
2. Οθόνη LCD
3. Κουμπιά κατεύθυνσης
4. Αριστερό κουμπί επιλογής
5. Κουμπί κάμερας/αρχειοθέτησης
6. Κουμπί για την ενεργοποίηση του δείκτη λέιζερ.
7. Ενδεικτική λυχνία λειτουργίας.
8. Δεξιά κουμπί επιλογής
9. Κουμπί On/Off.

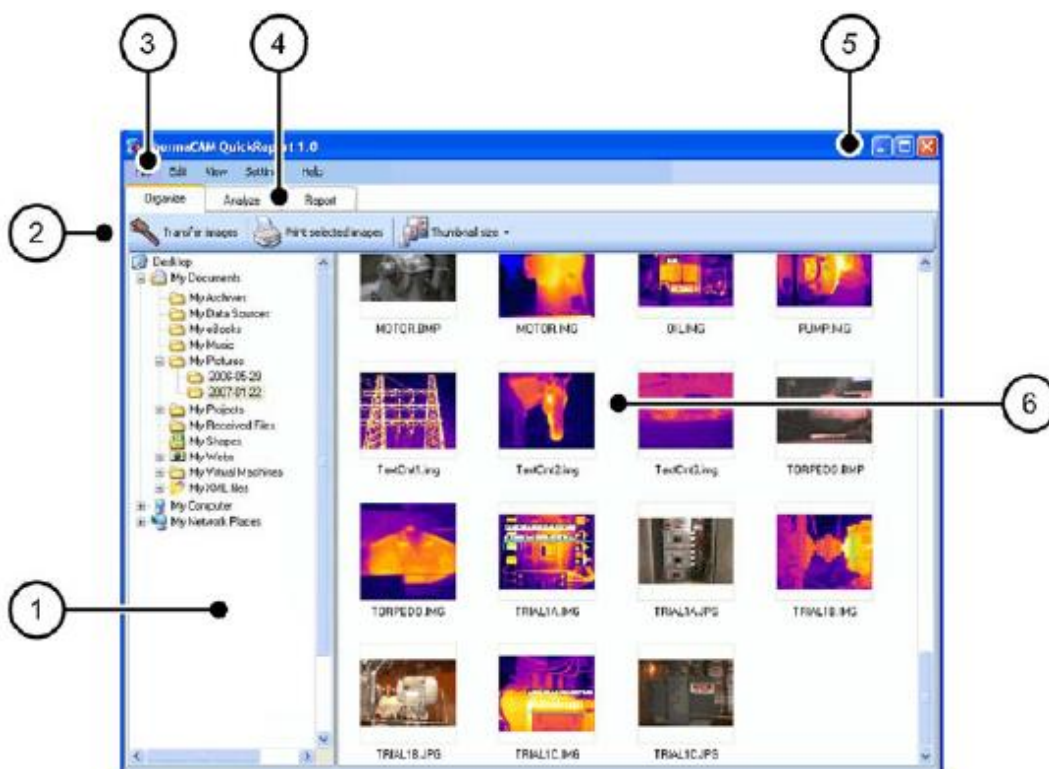


Σχήμα 5.1 Γνωριμία με τη κάμερα. Πηγή το εγχειρίδιο της κάμερας



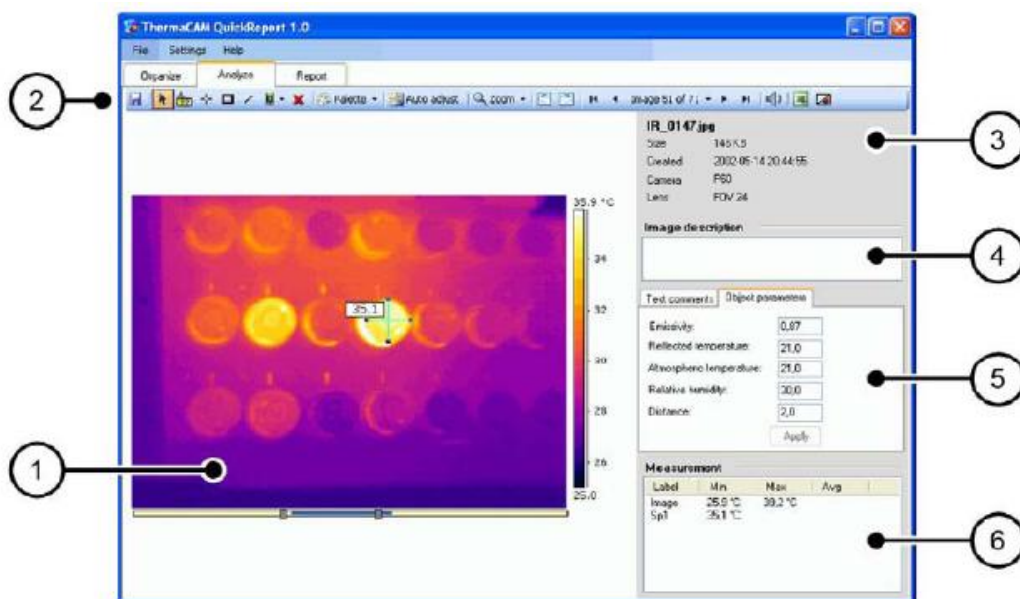
1. Σύστημα μενού.
2. Πίνακας αποτελεσμάτων μέτρησης (συντελεστής εκπομπής)
3. Ενδεικτική λυχνία λειτουργίας
4. Ένδειξη USB
5. Ένδειξη δείκτη λέιζερ
6. Ημερομηνία & ώρα.
7. Σημείο μέτρησης
8. Περιοχή μέτρησης
9. Τιμή ορίου για μια ισόθερμη στην θερμοκρασιακή κλίμακα
10. Τιμή ορίου για τη θερμοκρασιακή κλίμακα
11. Ένδειξη εύρους θερμοκρασιών
12. Ένδειξη για αυτόματο ή χειροκίνητο τρόπο λειτουργίας
13. Τρέχουσα λειτουργία για το δεξί κουμπί επιλογής
14. Εργαλείο τροποποίησης της μέγιστης θερμοκρασίας.
15. Κλίμακα θερμοκρασίας
16. Εργαλείο τροποποίησης της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας ταυτόχρονα
17. Εργαλείο τροποποίησης της ελάχιστης θερμοκρασίας.
18. Εργαλείο ρύθμισης ισόθερμης
19. Εργαλείο αλλαγής μεγέθους της περιοχής εικόνας σε εικόνα
20. Τρέχουσα λειτουργία για το αριστερό κουμπί επιλογής

Σχήμα 5.2 Στοιχεία της οθόνης της κάμερας. Πηγή το εγχειρίδιο της κάμερας



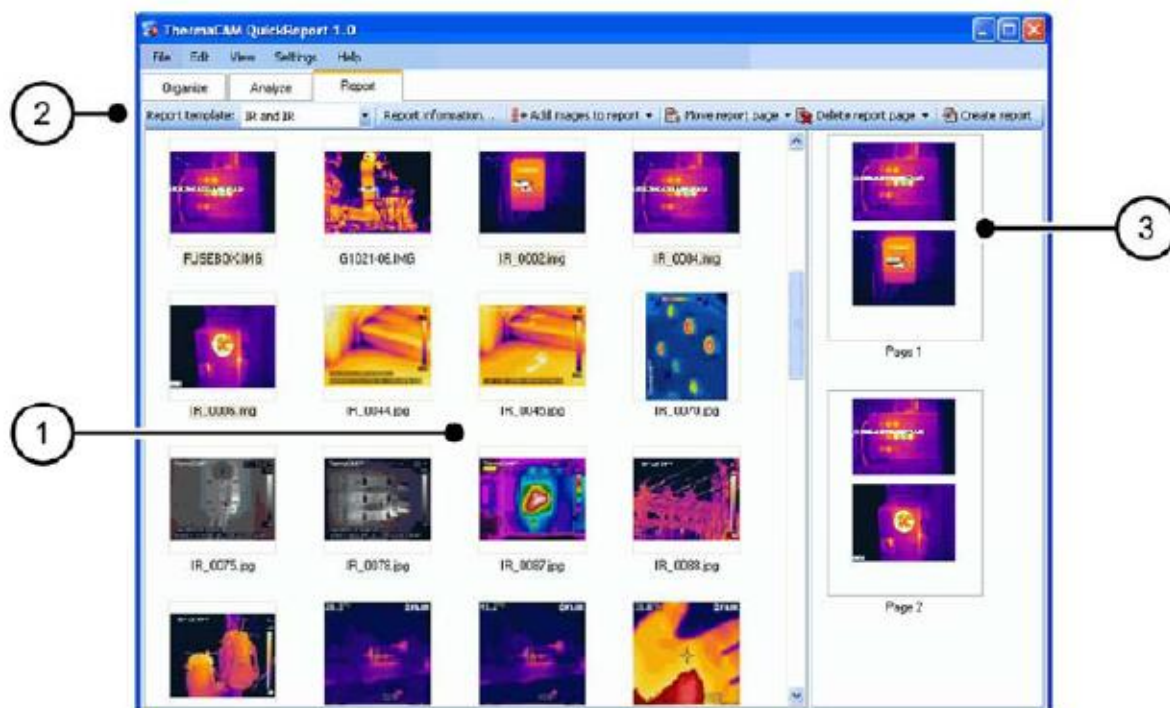
- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Υποπαράθυρο δενδρικής δομής φακέλων</li> <li>2 Μεταφορά εικόνων, Εκτύπωση επιλεγμένων εικόνων, Μέγεθος μικρογραφιών</li> <li>3 Γραμμή μενού</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>4 Καρτέλες Οργάνωσης, Ανάλυσης, Έκθεσης</li> <li>5 Κουμπιά ελαχιστοποίησης, μεγιστοποίησης και κλεισίματος παραθύρου</li> <li>6 Υποπαράθυρο εικόνων</li> </ol> |
|---|---|

Εικόνα 5.2 Καρτέλα Οργάνωσης της λογισμικής εφαρμογής – Πηγή το εγχειρίδιο της κάμερας



- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1 Υπέρυθρη εικόνα με εργαλεία μέτρησης | 4 Πλαίσιο κειμένου Περιγραφή εικόνας |
| 2 Γραμμή εργαλείων εικόνας             | 5 Καρτέλα Σχόλια & Καρτέλα           |
| 3 Πληροφορίες εικόνας από την κάμερα   | Παράμετροι αντικειμένου              |
|  | 6 Πίνακας αποτελεσμάτων μέτρησης     |

Εικόνα 5.3 Καρτέλα Ανάλυσης της λογισμικής εφαρμογής – Πηγή το εγχειρίδιο της κάμερας



- 1 Υποπάρθυρο εικόνων
- 2 Πρότυπο έκθεσης, Πληροφορίες έκθεσης, Προσθήκη εικόνων σε έκθεση, Μετακίνηση σελίδας έκθεσης, Διαγραφή σελίδας έκθεσης, Σύνταξη έκθεσης
- 3 Υποπάρθυρο προεπισκόπησης έκθεσης

Εικόνα 5.4 Καρτέλα Έκθεσης της λογισμικής εφαρμογής – Πηγή το εγχειρίδιο της κάμερας

## 5.2.2 Υπέρυθρες φωτογραφίες του Λαμπαδαρίου



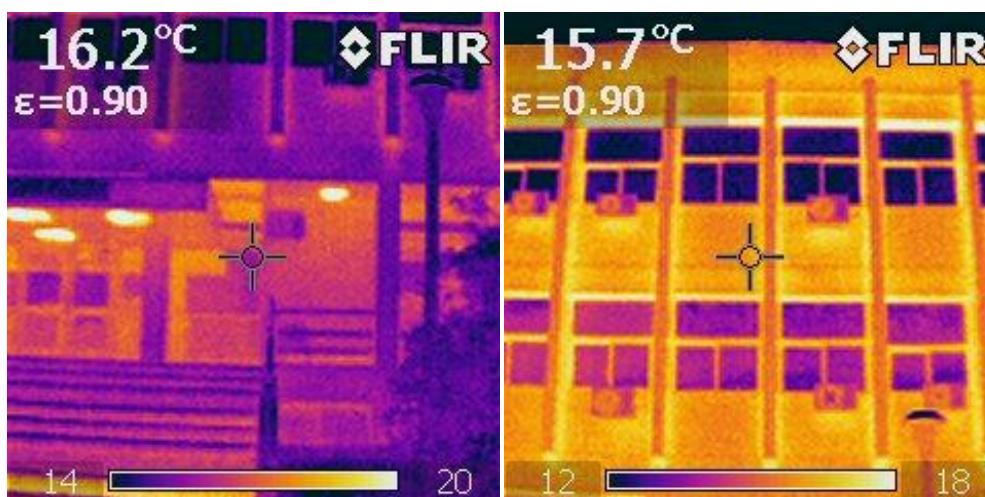
Εικόνα 5.5 Η είσοδος του Λαμπαδαρίου

Με σκούρα χρώματα όπως σκοτεινό μπλε και μωβ απεικονίζονται δροσερές και ψυχρές επιφάνειες, καθώς επίσης και ο καθαρός – ανέφελος ουρανός (η θερμοκρασία σε αυτά τα σημεία είναι λανθάνουσα αφού δεν αφορά επιφάνεια και δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί με τη μέθοδο της υπέρυθρης θερμογράφησης). Με σκούρο μπλε επίσης λόγω ανακλαστικότητας του σκοτεινού για νύχτα ή φωτεινού για μέρα περιβάλλοντος απεικονίζονται οι γυάλινες επιφάνειες των παραθύρων. Πλησιάζοντας σε όλο και φωτεινότερα χρώματα όπως κόκκινο και κίτρινο της φωτιάς σημαίνει ότι η θερμοκρασία σε αυτά τα σημεία είναι υψηλότερη. Η κατανομή των χρωμάτων και ο τρόπος επικάλυψης τους φανερώνει τυχόν προβλήματα. Η αυτόματη ρύθμιση της κάμερας επιλέγει κατάλληλο εύρος θερμοκρασιών για τη σωστή αντιστοίχιση με χρώματα. Συνήθως, για μια ομαλή περίπτωση δίχως προβλήματα, το εύρος αυτόματα επιλέγεται στους 5 °C. Σε περίπτωση που υπερβαίνει κατά πολύ αυτό το εύρος, αυτό συνεπάγεται ότι στην επιφάνεια παρουσιάζονται μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασιών που τυχόν οφείλονται σε κάποιο πρόβλημα. Διαφορετικά, το μεγαλύτερο των 5 °C εύρος μπορεί να παρουσιάζεται λόγω κάποιας φυσιολογικής υπερθέρμανσης στον χώρο (για παράδειγμα θερμαντικό σώμα καλοριφέρ στο χώρο), κάποιου δροσισμού (ανοικτό παράθυρο σε θερμαινόμενο δωμάτιο) ή της απευθείας ακτινοβολήσης αντικειμένου ή επιφάνειας από τον ήλιο κατά την ημέρα (όπως για παράδειγμα η οριζόντια άμεσα ακτινοβολούμενη επιφάνεια της οροφής σε σύγκριση με κάποιον πλαϊνό σκιερό τοίχο) και δεν υποδηλώνει κάποιο πραγματικό πρόβλημα.



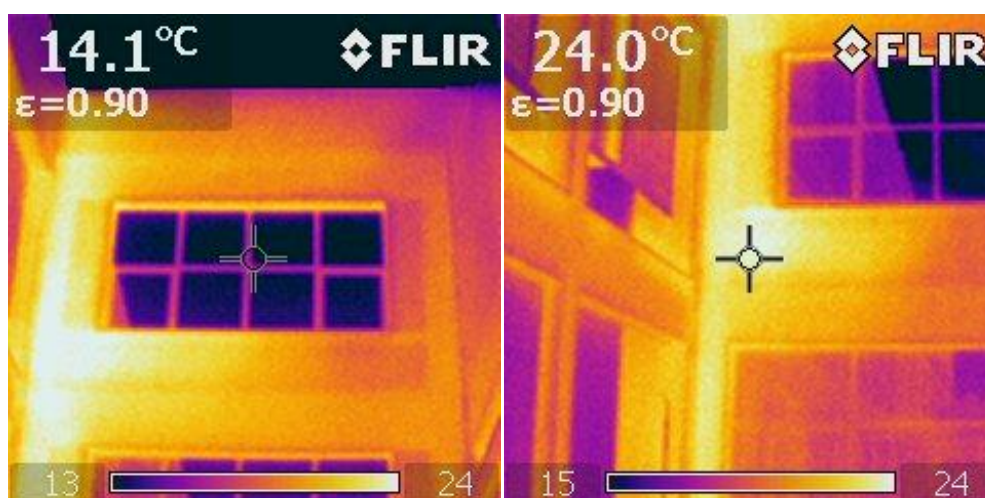
Οι παραπάνω κανόνες γενικεύονται όπως είναι λογικό και στις υπόλοιπες λήψεις πέραν της βραδινής που πρώτη ακολουθεί.

Το πρώτο σύνολο που ακολουθεί αποτελείται από 4 φωτογραφίες οι οποίες λήφθηκαν βραδινές ώρες. Οι συνθήκες που επικρατούσαν θεωρήθηκαν κατάλληλες για την αποκάλυψη προβλημάτων, ωστόσο δεν κατέστη δυνατό να επιθεωρηθούν οι εσωτερικοί χώροι και η οροφή του κτιρίου. Οι πρώτες 2 φωτογραφίες είναι απολύτως ενδεικτικές της εικόνας που επικρατεί στο σύνολο της εξωτερικής επιφάνειας. Οι υπόλοιπες φωτογραφίες παρατίθενται στο παράρτημα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ) στο τέλος και δεν παρουσιάζουν τίποτα διαφορετικό.



Εικόνα 5.5 Τυπικές νυχτερινές λήψεις του εξωτερικού του Λαμπαδαρίου

Οι δυο επόμενες θερμοαπεικονίσεις αφορούν το ίδιο σημείο στο κτίριο, σημείο στο οποίο εντοπίζεται πρόβλημα. Πρόκειται για το τμήμα της ένωσης του παλαιού κτιρίου του Λαμπαδαρίου με την νεόκτιστη πτέρυγα στα νοτιοανατολικά του συγκροτήματος. Η θερμογέφυρα των δυο τμημάτων κρίνεται προβληματική καθώς το τμήμα του τοίχου ακριβώς στο σημείο επαφής των δυο χώρων είναι εξόχως θερμότερο της υπόλοιπης τοιχοποιίας.



Εικόνα 5.6 Προβληματική θερμογέφυρα στην ένωση του Λαμπαδαρίου με το νεόκτιστο τμήμα

Από το ίδιο σημείο άλλες 3 φωτογραφίες παρουσιάζουν το πρόβλημα όπως φαίνεται κατά τη θερμογράφιση του Σεπτέμβρη ενώ οι υπέρυθρες εικόνες με περισσότερη λεπτομέρεια, είναι επεξεργασμένες από το λογισμικό της θερμοκάμερας για την κατάδειξη της θερμοκρασίας σε περισσότερα από ένα σημεία.

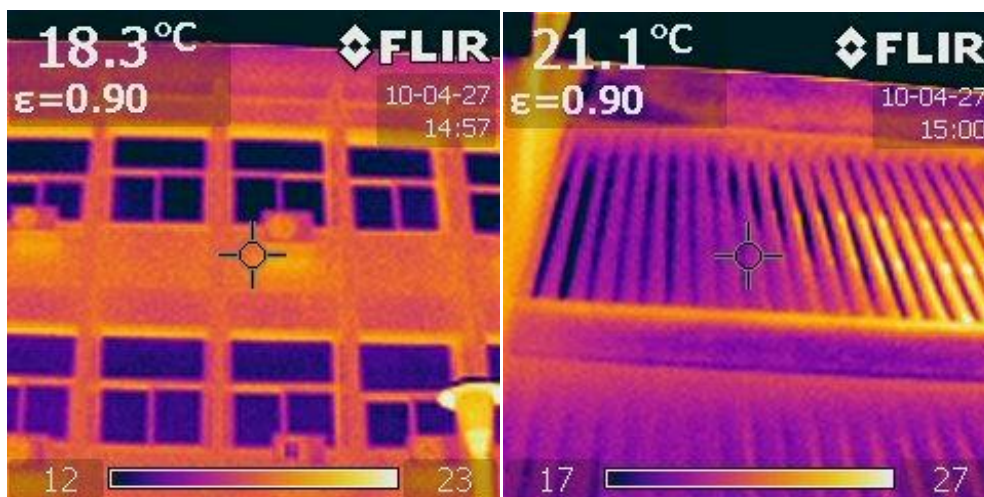


**Εικόνα 5.7** Η ένωση του Λαμπαδαρίου με το νεόκτιστο τμήμα σε κανονική ψηφιακή φωτογραφία



Εικόνα 5.8 Η θερμολογία σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια με περισσότερες τιμές θερμοκρασίας

Ακολουθούν 5 φωτογραφίες από το εξωτερικό του κτιρίου κατά την ημερήσια λήψη στις οποίες δεν εμφανίζεται κάποιο πρόβλημα. Όπως είναι φυσικό τα διαφορετικά υλικά (σκίαστρα, τούβλο επένδυσης, σοβάς και φέρων οργανισμός) θερμαίνονται επίσης διαφορετικά και απεικονίζονται με διαφορετικά χρώματα. Χαρακτηριστική αλλά και φυσιολογική είναι η διαφορά θερμοκρασίας της επιφάνειας που άμεσα θερμαίνεται από τον ήλιο και το εσωτερικό ενός χώρου όπως φαίνεται από το ανοικτό παράθυρο.



**Εικόνα 5.9** Υπέρυθρη φωτογραφία των 2 ψηλότερων ορόφων τη μέρα. Φαίνεται η λανθάνουσα τιμή στο σκοτεινό τμήμα του ουρανού και της αντανάκλασης στα παράθυρα.

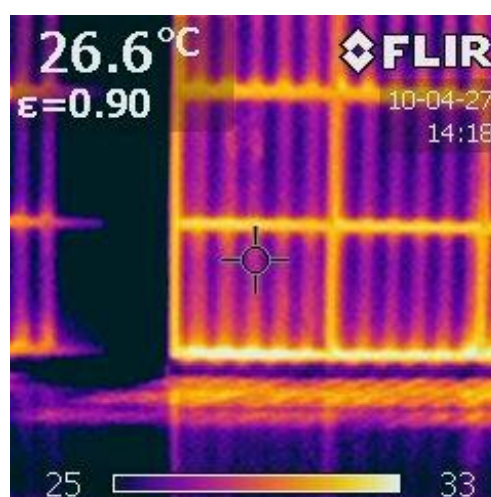


**Εικόνα 5.10** Φωτογραφία του εξωτερικού του κτιρίου και αντίστοιχη λήψη στο υπέρυθρο φάσμα.

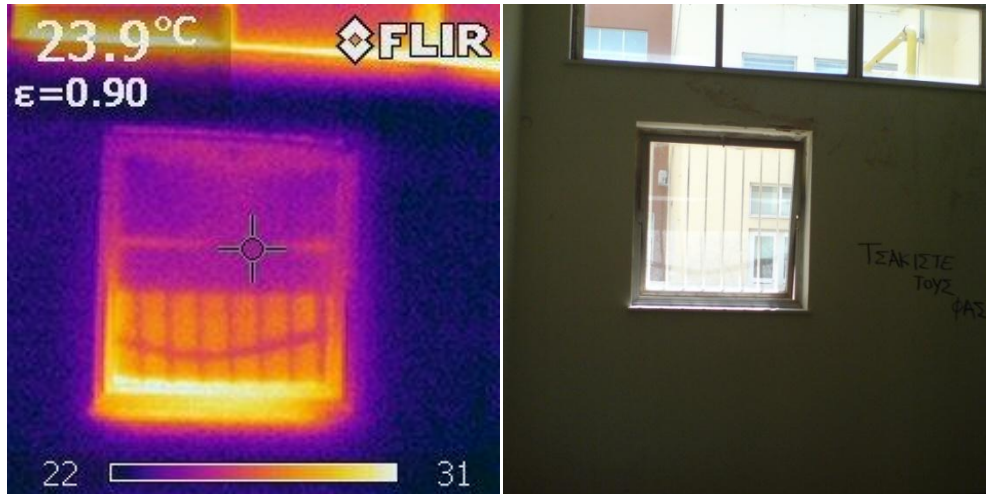


Εικόνα 5.11 Φωτογραφία του ανατολικού τοιχίου του κτιρίου και αντίστοιχη λήψη στο υπέρυθρο φάσμα.

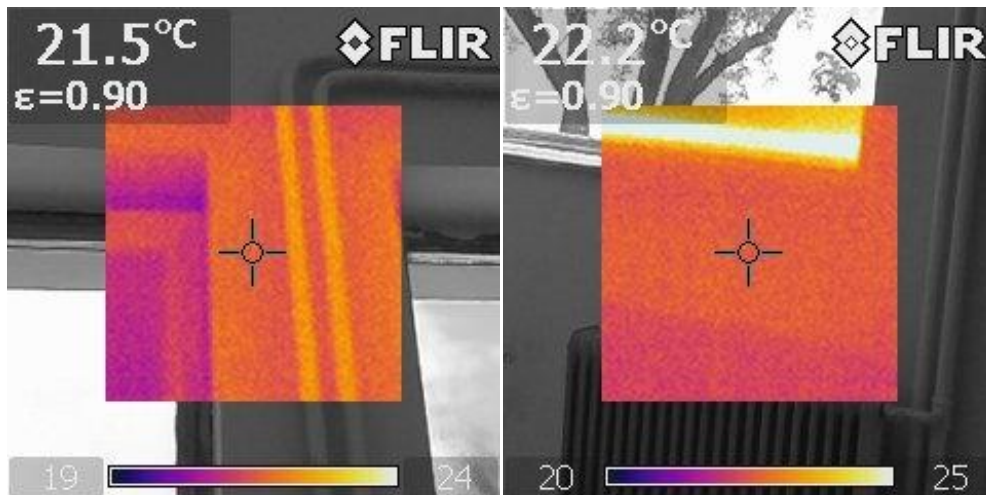
Το επόμενο σύνολο φωτογραφιών αφορούν το εσωτερικό του κτιρίου στους ορόφους του ισογείου, του πρώτου και του δεύτερου την ημέρα και είναι ενδεικτικές της κατάστασης που επικρατεί. Σε κάθε γραφείο η εικόνα είναι παρόμοια και όλες οι θερμοαπεικονίσεις παρατίθενται στο τέλος, στο παράρτημα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ).



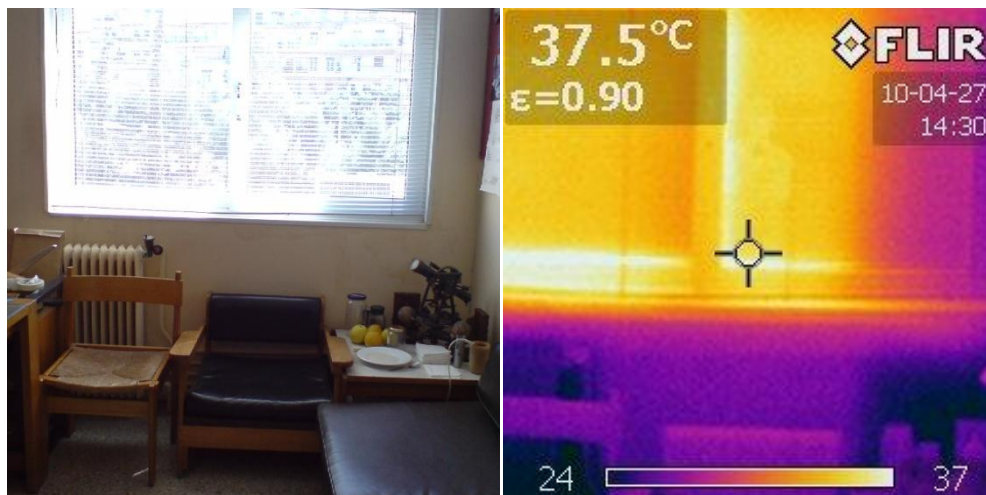
Εικόνα 5.12 Ο μεγάλος ναλοπίνακας που υπάρχει σε κάθε όροφο για άμεσο φωτισμό της εισόδου. Ακτινοβολείται άμεσα από τον ήλιο, συνεπώς δε προκύπτουν συμπεράσματα



Εικόνα 5.13 Ανοικτό παράθυρο της ανακαινιζόμενης πτέρυγας. Δε προσφέρεται για συμπεράσματα

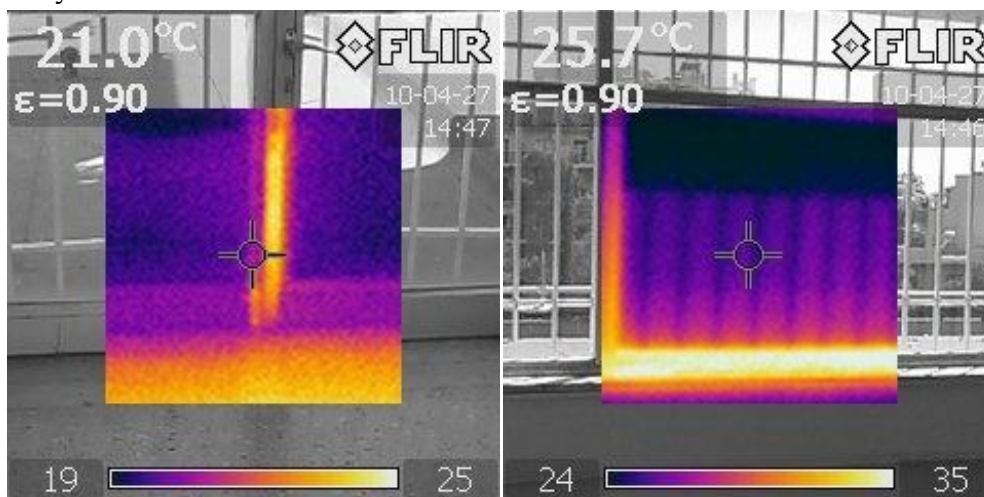


Εικόνα 5.14 Τυπική εικόνα τοίχου γραφείου με το παράθυρο και τις σωληνώσεις ενός καλοριφέρ (εκτός λειτουργίας τον Απρίλιο)

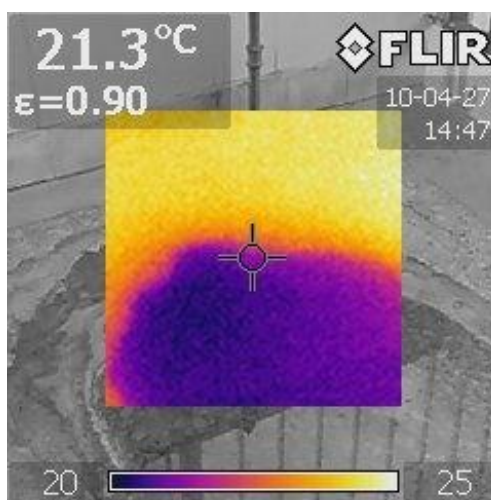


Εικόνα 5.15 Τυπική εικόνα γραφείου με παράθυρο διπλού γυαλιού και ημισκιασμένον με περσίδες.

Στον 3<sup>ο</sup> όροφο παρατηρούνται τα εξής 2 θέματα ακόμα και με γυμνό οφθαλμό. Πρώτον η κυριαρχία παραθύρων και μάλιστα μονού υαλοπίνακα καθιστά τον όροφο εξαιρετικά ευάλωτο στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Κατά δεύτερον η ύπαρξη μιας βρύσης φαίνεται πως έχει δημιουργήσει προβλήματα με την καθίζηση του μαρμάρου του δαπέδου και τη συγκέντρωση λιμναζόντων υδάτων που ίσως με την παράταση του φαινομένου διαπερνούν το δάπεδο και δημιουργούν προβλήματα υγρασίας.



Εικόνα 5.16 Θύρα και παράθυρο του τρίτου ορόφου.



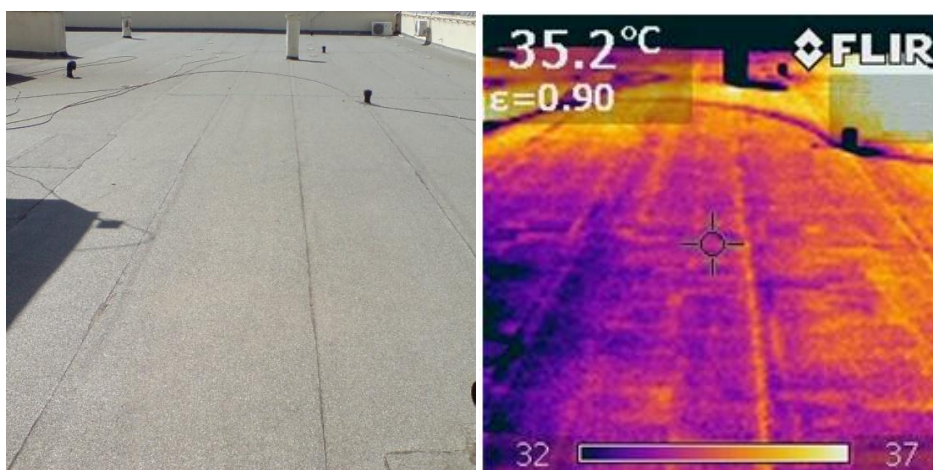
Εικόνα 5.17 Η βρύση και η συγκέντρωση λιμναζόντων υδάτων.

Το επόμενο σύνολο φωτογραφιών (Απρίλης και Σεπτεμβρης) αφορούν την οροφή (ταράτσα) με την μόνωση της με ασφαλτόπανο. Η άμεση ακτινοβοληση της (φωτογραφίες Απρίλη) δε βοηθά στη λήψη συμπερασμάτων, ωστόσο μπορούν να διαπιστωθούν η ποιότητα των ενώσεων, η σωστή τοποθέτηση του ασφαλτόπανου και κυρίως των πλακών από ελαφρομετόν που βρίσκονται από κάτω και δε φαίνονται με γυμνό μάτι. Όπως φαίνεται από την κατανομή των χρωμάτων σ τις ακόλουθες εικόνες τα δυσκολότερα σημεία με τον κίνδυνο δημιουργίας θερμογεφυρών κατά την τοποθέτηση του ασφαλτόπανου είναι οι ενώσεις με κατακόρυφα τοιχία της οροφής. Η συγκόλληση του ασφαλτόπανου με την επιφάνεια γίνεται με το φλογισμό του ώσπου να γίνει σχεδόν κολλώδης η κάτω επιφάνειά του. Όταν πλησιάζονται ωστόσο

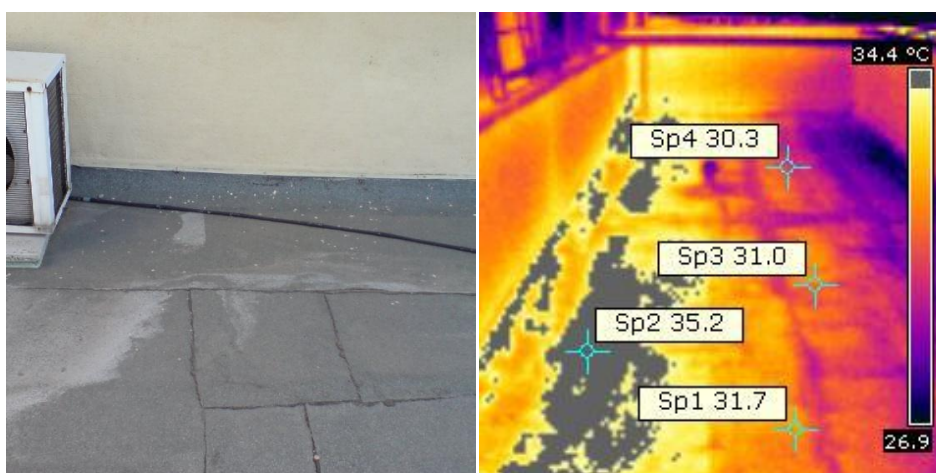
κατακόρυφα σημεία τότε α) είναι δύσκολο να σταθεί το ασφαλτόπανο και β) δεν μπορεί να τοποθετηθεί ελαφρομετόν στο γείσο που θα μονώσει την γωνία.



Εικόνα 5.18 Η οροφή της ανακαινιζόμενης πτέρυγας όπως φαίνεται από τον 3<sup>ο</sup> όροφο του υπόλοιπου κτιρίου

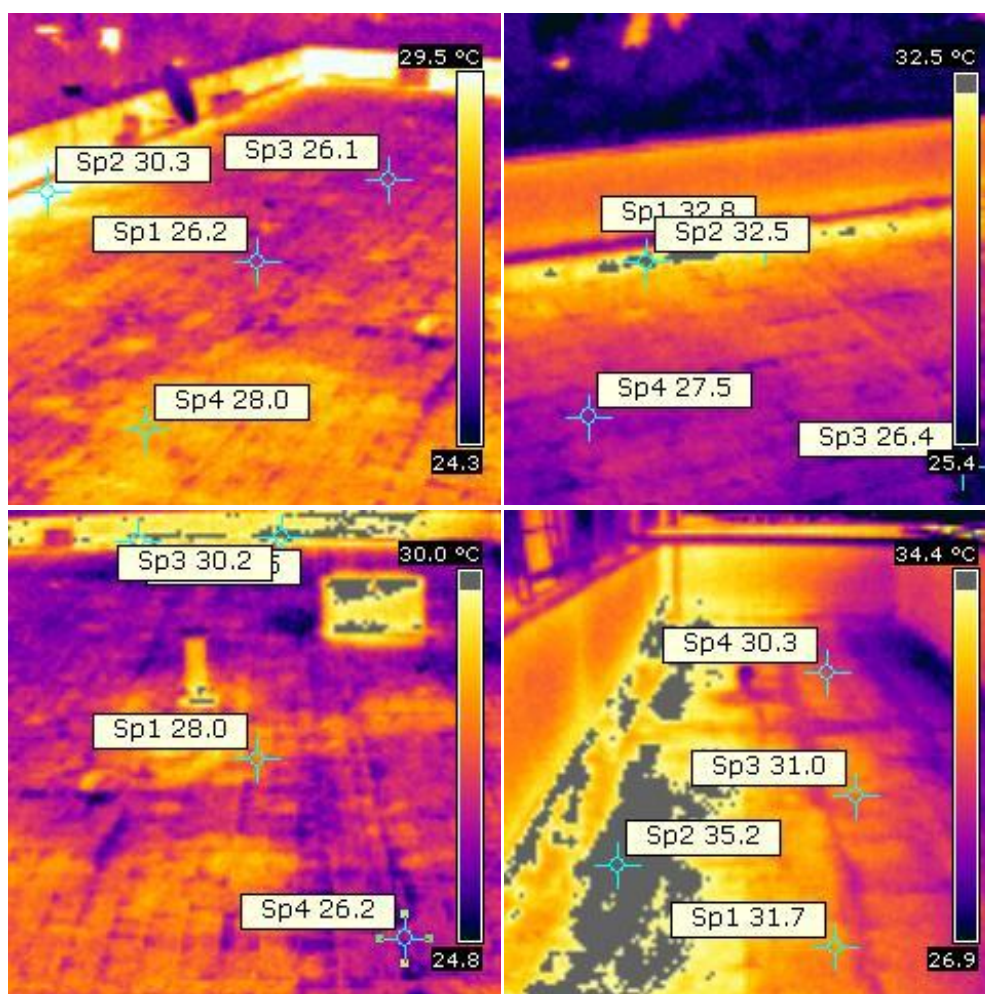


Εικόνα 5.19 Η μονωμένη με ασφαλτόπανο οροφή. Διακρίνονται οι ενώσεις των «μοκετών» στους αρμούς τους με πιο κίτρινο που γίνονται με πυράκτωσή.



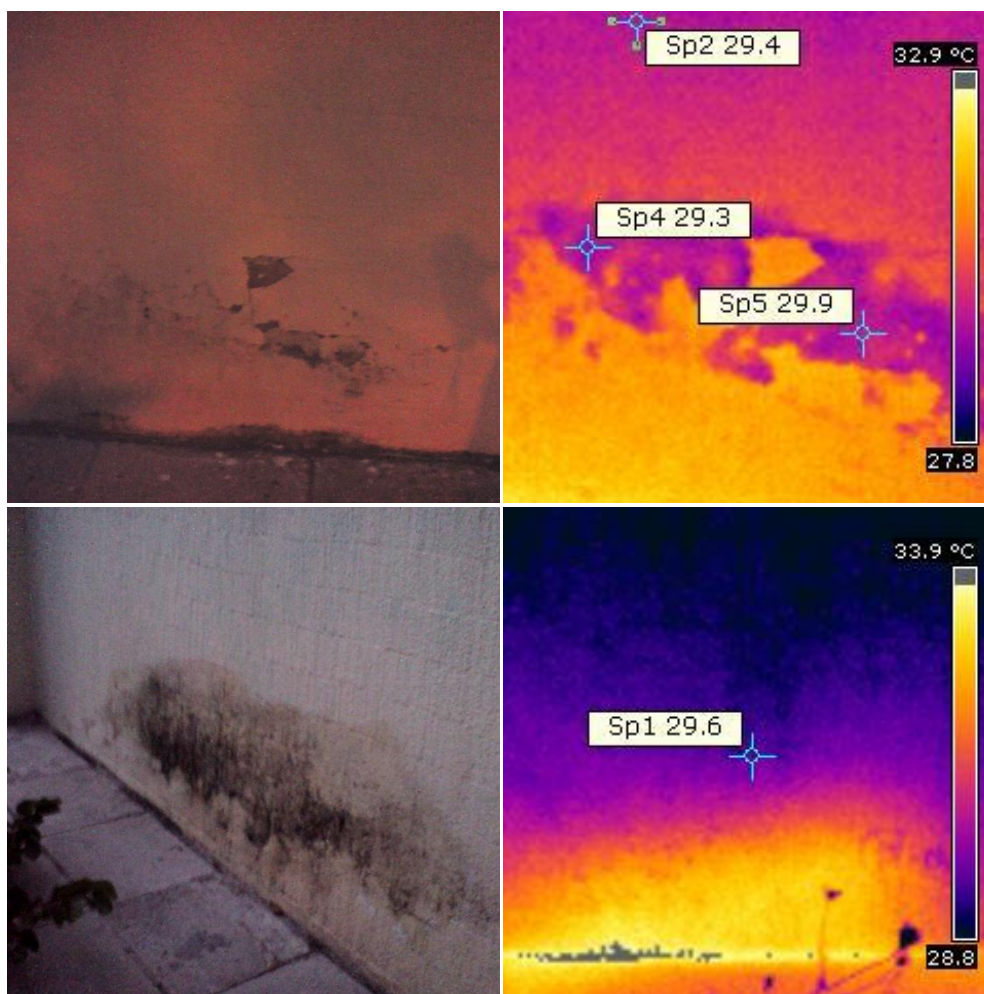
Εικόνα 5.20 Θερμογέφυρα ασφαλτόπανου με τοιχίο. Κατά τη διαδικασία τοποθέτησης της μόνωσης τα σημεία αυτά απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή





Εικόνα 5.21 Θερμογέφυρα ασφαλτόπανου με διάφορα κατακόρυφα τοιχία

Το τελευταίο σύνολο φωτογραφιών αφορά και πάλι το εξωτερικό του κτιρίου και συγκεκριμένα το της ανακαινιζόμενης πτέρυγας κατά τη τελευταία θερμογράφιση την περίοδο του Σεπτέμβρη αλλά παρουσιάζει το πρόβλημα που δημιουργεί η υγρασία. Συγκεκριμένα φαίνεται ο φουσκωμένος και σκασμένος σοβάς που επιτρέπει τη συγκέντρωση υγρασίας επιτείνοντας περαιτέρω το πρόβλημα με τη συγκέντρωση νερού και αέρα και από το εξωτερικό περιβάλλον πλέον.



Εικόνα 5.22 Σκασμένος σοβάς και παρουσία μούχλας στο νότιο τμήμα της ανακαινιζόμενης πτέρυγας.

### 5.3 Ανάλυση καυσαερίων του λέβητα

Μια ανάλυση καυσαερίων πραγματοποιείται με σκοπό να μελετηθούν η αποδοτικότητα και οι εκπομπές. Χάρη στην πρόοδο της ηλεκτρονικής είναι πλέον εύκολο και φτηνό να απεικονιστούν αυτά τα μεγέθη. Η απεικόνιση πλέον και λόγω των αυστηρών περιβαλλοντικών κανονισμών που έχουν τεθεί τείνει να καταστεί υποχρεωτική. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση μπορεί να είναι χαμηλού κόστους, συσκευές χειρός που παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα με ακρίβεια σαν να διεξάγονταν σε εργαστηριακό χώρο.



**Εικόνα 5.23 Φωτογραφία από λεβητοστάσιο με δυο λέβητες**

Παράμετροι που επηρεάζουν τον τύπο της ανάλυσης και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί είναι η σημασία που δίνει ο χρήστης στην απόδοση, στους περιβαλλοντικούς κανονισμούς ή και στα δυο, αν η ανάλυση είναι σημειακή σε περιοδική βάση ή βασίζεται σε συνεχή παρατήρηση, τι είδους αέρια και εκπομπές πρέπει να καταγραφούν και ποια είναι η απαιτούμενη ακρίβεια.

Ως είσοδοι στη διαδικασία καύσης λειτουργούν το καύσιμο και ο αέρας. Επομένως, τα συστατικά των καυσαερίων αποτελούνται κυρίως από οξυγόνο, άζωτο, υδρογόνο και άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα την απόδοση της καύσης επηρεάζουν κυρίως το οξυγόνο (O) και ο άνθρακας (C), ενώ υπεύθυνα για περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

Η ανάλυση καυσαερίων διεξάγεται εισάγοντας έναν ακροδέκτη μέσα στη φλόγα του καυστήρα, ανάμεσα στον τελευταίο εναλλάκτη θερμότητας και στον εκτροπέα ή σε κάθε πηγή αέρα που εισέρχεται σε καύσιμο και δεν πέρασε τη διαδικασία της καύσης. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως δοκιμασία «in situ». Είναι επίσης απαραίτητο να μετρηθεί η θερμοκρασία του αέρα από την καύση ή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αν αυτή είναι η πηγή του αέρα της καύσης.

Ανάλογα με το αέριο που μετράται οι περισσότεροι ακροδέκτες σήμερα είναι υπέρυθροι ή κάποιου είδους ηλεκτροχημικοί. Δεν μετρούνται απευθείας όλα τα αέρια αλλά κάποιες τιμές υπολογίζονται βασισμένες σε άλλες μετρήσεις και μέσω κατάλληλων σχέσεων / συναρτήσεων. Επίσης δεν χρησιμοποιούν όλοι οι αναλυτές τη μέθοδο «in situ». Κάποιες μονάδες αντλούν καυσαέρια σε ένα σωλήνα του οργάνου. Αυτή η μέθοδος συνηθίζεται όταν απαιτείται συνεχής απεικόνιση και για πολύ μεγάλα συστήματα, οπότε δεν είναι εύκολο να προσεγγιστεί το σημείο στην καύση ώστε να εισαχθεί ο ακροδέκτης. Ο σωλήνας μπορεί να χρειάζεται να θερμανθεί προκειμένου να κρατήσει το προϊόν που θα μετρηθεί πριν συμπυκνωθεί. Σε άλλη περίπτωση πρέπει τα καυσαέρια να κρυώσουν και να στεγνωθούν προκειμένου πιθανή υγρασία να μην καταστρέψει τον ακροδέκτη.

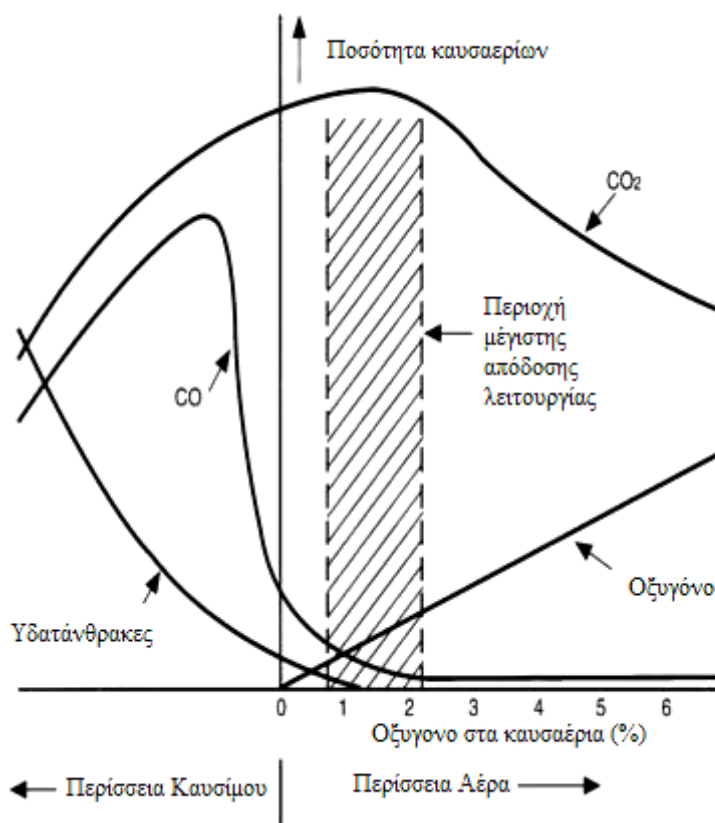
Οι ακροδέκτες και οι αισθητήρες δεν έχουν απεριόριστο χρόνο ζωής. Λόγω των μετρήσεων κάποια ηλεκτροχημικά μέρη φθείρονται αφού εκτίθενται σε υψηλές

θερμοκρασίες και διαβρωτικά αέρια. Για αυτούς τους λόγους προτιμούνται υπέρυθροι αισθητήρες που ωστόσο είναι ακριβότεροι και όχι πάντα ακριβείς.

Οι τιμές των μετρήσεων υπολογίζονται είτε σε μέρος στο εκατομμύριο (ppm) είτε σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) αναλόγως το μέγεθος. Μεγάλοι αριθμοί όπως του οξυγόνου και του διοξειδίου συνήθως δίνονται σε εκατοστιαία ποσοστά, ενώ μικροί όπως το μονοξείδιο ή τα οξείδια του αζώτου σε ppm.

Οι πιο συνηθισμένες μετρήσεις που συνδέονται με την αποδοτικότητα είναι αυτές του οξυγόνου (O) ή του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και της θερμοκρασίας. Άλλος ένας δείκτης είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), αν το οξυγόνο βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις δε πρέπει κανονικά να παρουσιάζεται μονοξείδιο του άνθρακα σε ποσότητες. Αν παρουσιάζεται σε μετρήσιμες ποσότητες, σημαίνει ότι η μονάδα χρειάζεται περισσότερο οξυγόνο για να μην γίνεται ατελής καύση του άνθρακα. Διαφορετικά κάτι άλλο πρέπει να είναι λάθος με τη λειτουργία της μονάδας. Σε γενικές γραμμές, η περίσσεια οξυγόνου συνήθως χαμηλώνει την απόδοση του καυστήρα, ενώ από την άλλη η έλλειψη οξυγόνου σημαίνει την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα, κάπνισμα του λέβητα ή ακόμα και έκρηξη.

Περίσσεια του οξυγόνου σημαίνει περίσσεια του αέρα στην καύση. Για παράδειγμα, περίσσεια 3% του οξυγόνου σημαίνει περίπου 15% περίσσεια αέρα στην καύση και συνδέεται άμεσα με τη πτώση της απόδοσης περίπου 3% απώλειες. Οι μετρήσεις του οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα και της θερμοκρασίας των καυσαερίων και του αέρα εντός της καύσης πρέπει να επαρκούν για τον καθορισμό της καυστικής απόδοσης [64].



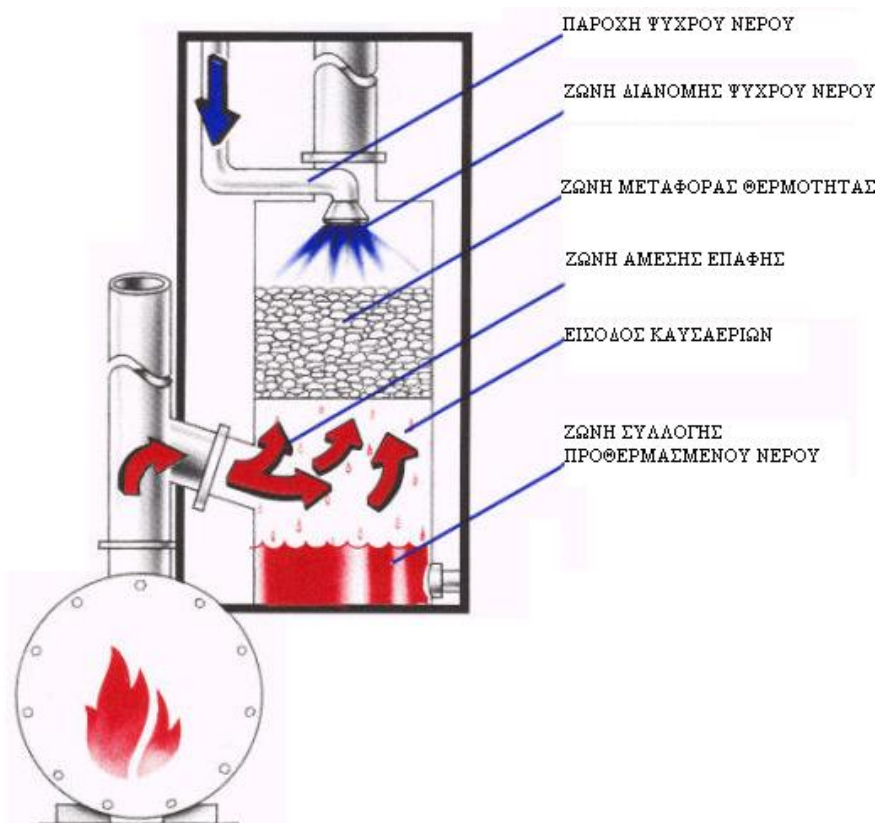
Σχήμα 5.3 Συμπεριφορά της απόδοσης καύσης συναρτήσει διάφορων παραμέτρων

Από τη καύση του φυσικού αερίου, οι εκπομπές που ανησυχούν ιδιαίτερα για περιβαλλοντικά θέματα είναι αυτές του οξειδίου του αζώτου NOx. Τυπικά πάνω από 70 ppm θεωρείται ανεξέλεγκτο, όμως οι κανονισμοί παγκοσμίως επιβάλλουν συνήθως να είναι κάτω από μια δεκάδα ή κάτω από 50 ppm αν πρόκειται για πολύ μεγάλους καυστήρες.

**Πίνακας 5.1 Οι επιδράσεις των διάφορων αερίων**

Εκπομπή	Προέλευση	Επίδραση	Αέριο του θερμοκηπίου – σχέση με CO2
CO <sub>2</sub> (Διοξείδιο του Άνθρακα)	Πλήρης καύση του άνθρακα του καυσίμου	Παγκόσμια υπερθέρμανση	1
CO (Μονοξείδιο του Άνθρακα)	Ατελής καύση του άνθρακα του καυσίμου	Smog	
NOx (Οξείδιο του Αζώτου)	Υποπροϊόν της καύσης	Όξινη βροχή	
N <sub>2</sub> O (Διοξείδιο του Αζώτου)	Υποπροϊόν της καύσης	Παγκόσμια υπερθέρμανση	310
H <sub>2</sub> O (ατμός)	Μίξη του υδρογόνου με το οξυγόνο κατά την καύση	Τοπική ομίχλη	
Σωματίδια (Σκόνη, Soot, καπνός)	Άκαυτος άνθρακας από τα καύσιμα μαζί με στάχτη	Smog, Respiratory Hazard	

Τα καυσαέρια των μεγάλων καυστήρων συνήθως βρίσκονται στους 230 °C με 340 °C. Οι εξοικονομητές επαναχρησιμοποιούν μέρος αυτής της θερμότητας για την προθέρμανση του νερού (απομάστευση) του καυστήρα [65]. Μαζί με τους συμπυκνωτές θεωρούνται μέτρα βελτίωσης της απόδοσης. Κατά τη λειτουργία, το κρύο νερό ψεκάζεται και έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια προκαλώντας συμπύκνωση και εξάγοντας τη θερμότητα καθώς συμπυκνώνεται σε προθερμασμένο πλέον νερό.



Εικόνα 5.24 Διαδικασία της καύσης στον καυστήρα

### 5.3.1 Παρουσίαση του αναλυτή καυσαερίων KANE900plus



Εικόνα 5.25 Λογότυπο της εταιρίας KANE

Ο αναλυτής χειρός KANE900 PLUS είναι εύκολος στη χρήση για μετρήσεις καυσαερίων σε εσωτερικούς (οικιακούς) και βιομηχανικούς καυστήρες. Εφαρμόζει σε όλους τους τύπους καυστήρων και μπορεί να παραθέσει ταυτόχρονο 8 παραμέτρους, δείχνοντας τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς της απόδοσης του καυστήρα και της πιθανής μόλυνσης.

Μετρά το οξυγόνο  $O_2$ , τις θερμοκρασίες του καυσίμου και τη διαφορά πριν και μετά την καύση, υπολογίζει το διοξείδιο του άνθρακα  $CO_2$ , την περίσσεια αέρα και τις απώλειες. Το μονοξείδιο του άνθρακα  $CO$  μετράται με έναν αντισταθμισμένο αισθητήρα υδρογόνου για αυξημένη ακρίβεια και κατόπιν υπολογίζει την αναλογία μονοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου  $CO/CO_2$  που είναι ένας δείκτης μόλυνσης, απόδοσης και ασφάλειας (ένδειξη poison index). Μετρά επίσης το μονοξείδιο του αζώτου και υπολογίζει άλλα οξείδια. Προαιρετικά, μπορεί να μετρήσει είτε διοξείδιο του αζώτου είτε του θείου, μπορεί να προστεθεί ένας αισθητήρας πίεσης και να ταιριάξει με αισθητήρες που μετρούν μονοξείδιο του άνθρακα ή του αζώτου.

Ο αναλυτής KANE900 PLUS διαθέτει μνήμη για να αποθηκεύει ως και 150 μετρήσεις και μπορεί να μεταφέρει δεδομένα σε υπολογιστή ή εκτυπωτή. Μπορεί να παρουσιάσει και να τυπώσει επίσης την ώρα και την ημερομηνία κάθε μέτρησης καθώς και επιπλέον λεπτομέρειες όπως το όνομα της εταιρίας και τον τηλεφωνικό αριθμό.

Κατά την αγορά, ο αναλυτής προμηθεύεται μαζί με τον ακροδέκτη καυσαερίων, το προστατευτικό λαστιχένιο «μανίκι», το φορτιστή της μπαταρίας του, το εγχειρίδιο χρήσης του και την προστατευτική του θήκη.

Συνοπτικά μετρά:

- Οξυγόνο ως και 21%
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ως 10,000ppm με αισθητήρα υδρογόνου (εναλλακτικά CO ως 100,000ppm με αισθητήρα μεγάλου εύρους)
- Οξείδιο του αζώτου (NO) ως 5000ppm με υπολογισμένη NOx (εναλλακτικά NO ως 100ppm με καλύτερη ακρίβεια μικρού εύρους)
- Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) ως και 5000ppm
- (Εναλλακτικά κάθε αισθητήρας τοξικότητας μπορεί να αντικατασταθεί με αισθητήρα των 1000ppm διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>))
- Θερμοκρασία εισόδου
- Θερμοκρασία καυσαερίων
- Διαφορική πίεση

Διάφορα χαρακτηριστικά του είναι:

- Παρουσίαση με μεγάλους χαρακτήρες
- Σύνδεση μέσω υπερύθρων με εκτυπωτή
- Μεγάλη αποθηκευτική μνήμη
- Μπαταρία μεγάλης διάρκειας ζωής.



Εικόνα 5.26 Ο αναλυτής καυσαερίων KANE900 PLUS και ο εκτυπωτής της KANE

Προαιρετικά μπορεί να περιλαμβάνει:

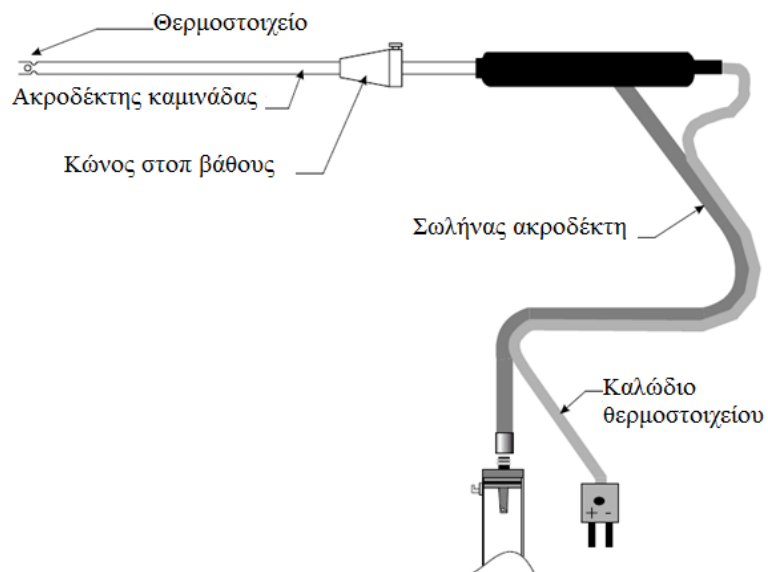
- Μεγάλου εύρους CO αισθητήρα αντί του CO αισθητήρα
- χαμηλού εύρους NO αισθητήρα στη θέση του NO αισθητήρα
- NO<sub>2</sub> αισθητήρα στη θέση κάθε αισθητήρα τοξικών αερίων
- SO<sub>2</sub> αισθητήρα στη θέση κάθε αισθητήρα τοξικών αερίων
- KMIRP υπέρυθρο θερμικό εκτυπωτή χαρτιού
- KANE ImPrint υπέρυθρο εκτυπωτή απλού χαρτιού



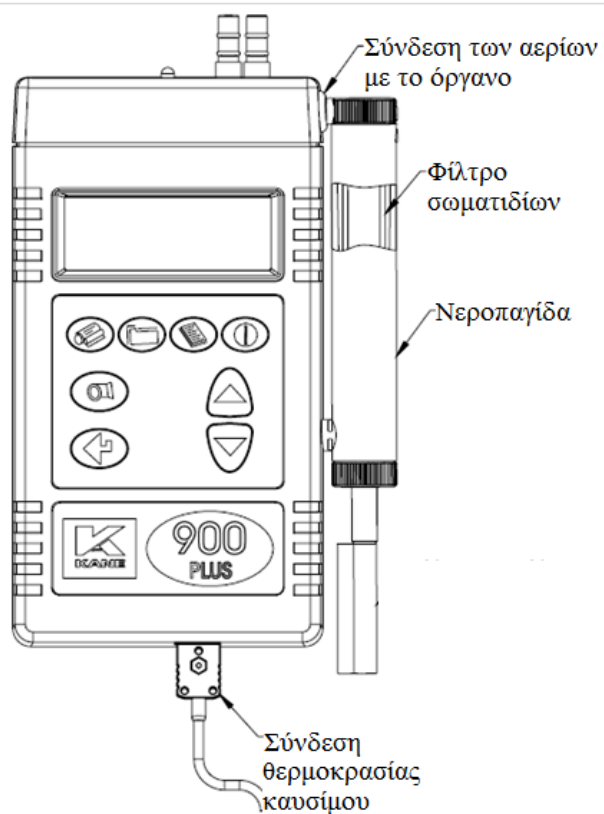


	<b>ON/OFF</b> Ανοίγμα / κλείσιμο συσκευής		<b>UP</b> Πάνω
	<b>MENU</b> Πρόσβαση στο μενού		<b>DOWN</b> Κάτω
	<b>PUMP</b> Ανοίγει και κλείνει την αντλία		<b>STORE</b> Αποθήκευση
	<b>ENTER</b> Επιβεβαίωση εντολής		<b>PRINT</b> Εκτύπωση

Εικόνα 5.27 Παρουσίαση των λειτουργιών του KANE900plus



Εικόνα 5.28 Στοιχεία του ακροδέκτη



Εικόνα 5.29 Στοιχεία σύνδεσης του οργάνου

### 5.3.2 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων στον λέβητα του Λαμπαδαρίου και ανάλυση

Παρατίθενται εδώ, όπως γράφει και ο τίτλος οι μετρήσεις του αναλυτή από τον έναν από τους δυο λέβητες που φέτος λειτουργούσε και θέρμαινε το Λαμπαδάριο κτίριο. Οι μετρήσεις λήφθηκαν στις 15 Απριλίου του 2010, την ίδια μέρα που λήφθηκαν μετρήσεις σε άλλους λέβητες εντός της πολυτεχνειούπολης, κρίνονται όμως επισφαλείς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν παρακάτω πρέπει να εξεταστούν διεξοδικότερα. Στο αβέβαιο των συμπερασμάτων ευθύνεται το γεγονός ότι ο καυστήρας δεν βρισκόταν σε κανονική λειτουργία (η «χειμερινή» περίοδος λειτουργίας του είχε λήξει λίγες μέρες πριν), αλλά τέθηκε εκτάκτως σε λειτουργία για τη διεξαγωγή των μετρήσεων από την ομάδα του εργαστηρίου. Η διαδικασία κρατά λίγα λεπτά της ώρας, ενώ ο καυστήρας βρίσκεται σε λειτουργία και αφού το όργανο προετοιμαστεί κατάλληλα. Μετά τη λήψη των μετρήσεων, έγινε η δοκιμή καπνού από μια χειροκίνητη αντλία με τη μέθοδο Brigon και της κλίμακας της.

Πίνακας 5.2 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων από το Λαμπαδάριο

	<b>ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ ΛΕΒΗΤΑΣ</b>
	<b>650.000 kcal/h</b>
<b>DATE</b>	15-04-10
<b>TIME</b>	13:43:00
<b>FUEL</b>	NATURAL GAS
<b>NET</b>	177 °C
<b>FLUE</b>	204 °C
<b>AMBIENT</b>	26.6 °C
<b>O<sub>2</sub></b>	10.3 %
<b>CO<sub>2</sub></b>	6.0 %
<b>SMOKE</b> ( <i>Brigon smoke scale 0-9</i> )	1
<b>CO</b>	16 ppm
<b>NO</b>	27 ppm
<b>NO<sub>x</sub></b>	28 ppm
<b>Λ</b>	1.97
<b>CO/CO<sub>2</sub> INDEX (Pindex)</b>	0.02 %
<b>LOSSES</b>	11.5 %
<b>EFF (N)*</b>	88.5 %

Για την κεντρική θέρμανση δημοσίων κτιρίων, όπως το Λαμπαδάριο σύμφωνα με το ΦΕΚ 369/Β/24.5.93 (ΥΠ. ΑΠΟΦ.ΑΡ. ΟΙΚ. 10315/93) έπρεπε μέχρι πρότινος να ισχύουν τα εξής:

- δείκτης αιθάλης να κυμαίνεται μεταξύ 0-1 BACHARACH

- CO<sub>2</sub> τουλάχιστον 10%
- Θερμοκρασία καυσαερίων από 180 ως 280 °C
- Εσωτερικός βαθμός απόδοσης 80% τουλάχιστον

Πλέον, και σύμφωνα με την ενότητα 4.2 «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ» του [KENAK \[69\]](#) για υφιστάμενο λέβητα αερίου καυσίμου (του Λαμπαδαρίου είναι φυσικού αερίου περίπου 756 kW) ισχύουν τα εξής όρια εκπομπών:

- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας 11 %
- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή περιεκτικότητας των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα 60 ppm
- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή περιεκτικότητας των καυσαερίων σε οξείδια του αζώτου 65 ppm
- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης, 0 BACHARACH
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων 180 °C
- Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων 280 °C
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή περιεκτικότητας των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα 9 %

Η απόδοση του λέβητα δεν κρίνεται ικανοποιητική με 88,5% αφού οι απώλειες φτάνουν το 11,5% (όριο 11%) και επίσης είναι χαμηλότερη συγκριτικά με τις αποδόσεις άλλων λεβήτων εντός του Πολυτεχνείου. Για την περίσσεια οξυγόνου στην καύση μπορεί να ειπωθεί ότι είναι εντός των φυσιολογικών ορίων αλλά κρίνεται υψηλότερη σε σύγκριση με τους άλλους λέβητες που μετρήθηκαν κάτι που βελτιώνει μεν την καύση του άνθρακα, ρίχνει όμως την απόδοση του. Αυτό φαίνεται να έρχεται σε αντίφαση με την σημαντική (συγκριτικά με άλλους λέβητες, μα όχι εκτός ορίων) παρουσία μονοξειδίου του άνθρακα (CO) που ερμηνεύεται ότι ο καυστήρας επιζητά ακόμα περισσότερο οξυγόνο για να επιτύχει πλήρη καύση του άνθρακα, κάτι που δικαιολογεί τη χαμηλή παρουσία διοξειδίου του άνθρακα. Άρα, πιθανότερη εξήγηση είναι ότι ο καυστήρας απαιτεί ακόμα περισσότερο αέρα (και συνεπώς οξυγόνο O) για να επιτύχει πλήρη καύση και ότι σε αυτή την περίπτωση η απόδοση του θα ήταν χαμηλότερη, σύμφωνα με τα όσα ελέγχθησαν παραπάνω. Η σημαντική συγκριτικά συγκέντρωση του δηλητηριώδους αερίου μονοξειδίου του άνθρακα (16 ppm) βρίσκεται ωστόσο εντός των περιβαλλοντικών ορίων. Η χαμηλή συγκριτικά και πάλι αλλά εντός των επιτρεπόμενων ορίων, συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου θέτουν ερωτήματα για την ορθή λειτουργία του συγκεκριμένου καυστήρα και του λέβητα και συνιστάται επιθεώρηση από μηχανολόγο μηχανικό ή πιστοποιημένο επιθεωρητή για να απαντήσει στα ερωτήματα που γεννούνται.

Μια πρώτη στρατηγική δράσης για να βελτιωθεί η απόδοση είναι η ακόλουθη: Ξεκινώντας από την μείωση της περισσειας, αυτή μπορεί να φτάσει περίπου στο 30%. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα το διοξείδιο να ανέλθει περίπου στο 11,8%. Κατόπιν, θα εκτοξευθεί το μονοξείδιο του άνθρακα, αλλά ρυθμίζοντας σωστά τον

διασκορπιστήρα (ψεκαστικό) μπορεί να ελεγχθεί σωστά η ανάμιξη του μίγματος και να πέσει εν τέλει σε φυσιολογικά όρια. Η σταθερά καλή ποιότητα του φυσικού αερίου σε σύγκριση με το πετρέλαιο επιτρέπει τη μείωση της περισσειας χωρίς να υπάρξει κίνδυνος να δημιουργηθούν καπνός ή κατάλοιπα που θα «μπουκώσουν» τον λέβητα.

Με >100% λ που προκύπτει από τις παραπάνω μετρήσεις, υπολογίζεται θερμοκρασία καυσαερίων μόνο 177 βαθμούς, αφού με την μείωση της περισσειας στο 30%, που βρίσκεται τώρα, θα πέσει δραστικά και η θερμοκρασία καυσαερίων. Προκύπτει λοιπόν ζήτημα υγροποίησης των καυσαερίων οπότε είναι δύο τα ζητήματα που μένει να εξεταστούν: α) να ισχύουν τα παραπάνω, οπότε μένει να εξεταστεί αν η καμινάδα είναι σωστά διαστασιοποιημένη (σύμφωνα με το τελευταίο πρότυπο EN13384 οπότε αποφεύγεται ο κίνδυνος υγροποίησης) ή β) ο λέβητας είναι σημαντικά υποφορτισμένος, είτε γιατί δε δουλεύει δηλαδή στο πλήρες ονομαστικό του φορτίο (αυτό εξαρτάται και από τις απαιτήσεις θέρμανσης), είτε γιατί το ψεκαστικό του καυστήρα είναι αρκετά μικρό για τον συγκεκριμένο λέβητα οπότε μειώνεται η απόδοσή του σε σχέση με την ονομαστική.

Σε κάθε περίπτωση, επαναλαμβάνεται ότι η συνθήκες και η περίοδος κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στο λέβητα δεν ήταν η ενδεδειγμένη, και καλό θα ήταν στο μέλλον, στη χειμερινή περίοδο κανονικής λειτουργίας να επαναληφθεί.

## 5.4 Ενεργειακή ανάλυση

Ο αναλυτής ενέργειας είναι ένα όργανο μέτρησης διάφορων παραμέτρων ενός συστήματος διανομής ηλεκτρικής ισχύος. Ο όρος χρησιμοποιείται επίσης για να συμπεριλάβει και το υπολογιστικό λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανάλυση της ηλεκτρικής ενέργειας για παράδειγμα πώς καταναλώνεται σε ένα κτίριο, πόσες είναι οι απώλειες και με ποιο κόστος συνδέονται ο κλιματισμός, η θέρμανση και η επιτόπου παραγωγή ενέργειας.

Ένας ενεργειακός αναλυτής μπορεί να μετρήσει για ένα μονοφασικό ή τριφασικό σύστημα τις ενεργές τιμές (RMS) τάσης και ρεύματος, το συντελεστή ισχύος, τη στιγμιαία ενεργό και άεργο ισχύ, τις διακυμάνσεις της συχνότητας, την αρμονική παραμόρφωση, την ενέργεια και τις φασικές γωνίες. Για μη ημιτονικά, περιοδικά σήματα είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι συχνότητες αρμονικών συνιστωσών καθώς επίσης και άλλα προβλήματα διανομής ενέργειας όπως διακοπές παροχής, πτώση τάσης, flickering και άλλα. Το όργανο μπορεί εκτός από την παράθεση των μετρήσεων να τις τυπώσει ή να τις αποθηκεύσει, να συνδυαστεί με άλλα παρόμοια όργανα σε άλλες τοποθεσίες, ή να συνεργαστεί με κάποιο υπολογιστικό λογισμικό.

#### 5.4.1 Παρουσίαση του αναλυτή ενέργειας Landis & Gyr ZxD300/400



Εικόνα 5.30 Ο αναλυτής ενέργειας ZxD που είναι μόνιμα εγκατεστημένος για τη μελέτη του ηλεκτρικού φορτίου του Λαμπαδαρίου

Ο ενεργειακός αναλυτής που χρησιμοποιήθηκε έχει τα εξής χαρακτηριστικά: καλώδιο και λειτουργία Plug & Play, υψηλή ακρίβεια μετρήσεων, μονοφασική καταγραφή ενέργειας, καταγραφή συμβάντων, ρυθμίσεις κοστολόγιου για την κατανάλωση ενέργειας, πληροφορίες για την απόδοση και το φορτίο. Διαθέτει εξωτερικό έλεγχο, εικοσιτέσσερις καταχωρητές για την ενέργεια, οχτώ κανάλια ταυτόχρονης καταγραφής, ένα ψηφιακό περιβάλλον με εύκολες εντολές επικοινωνίας και λειτουργίας με το σύστημα, ενώ προσφέρεται και σε διάφορες εκδοχές ανάλογα με τις ανάγκες εφαρμογής και για διάφορες τιμές ρεύματος και τάσεων ανάλογα με το καθεστώς ηλεκτροδότησης που επικρατεί. Είναι ιδανικός για μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εφαρμογές στη βιομηχανία ή οπουδήποτε αλλού.

Για την καταγραφή των μετρήσεων χρησιμοποιούνται ως και οχτώ κανάλια που παρέχουν τις πληροφορίες για υπολογισμούς ενέργειας και απόδοσης. Κάθε ένας από τους 24 καταχωρητές έχει εκτεταμένες δυνατότητες και υπάρχουν πλήθος επιλογές για εσωτερικό και εξωτερικό έλεγχο,

Δεδομένα από αρκετά μετρητικά σημεία (για παράδειγμα νερού ή αερίου) μπορούν επίσης να περαστούν μέσω δυο εισόδων. Σε συνδυασμό με τις οχτώ ελεύθερα ρυθμιζόμενες εξόδους ο μετρητής μπορεί να καταστεί το κεντρικό σημείο παρατήρησης της ενεργειακής κατανάλωσης για μια βιομηχανία. Οι διάφορες επιλογές μνήμης (προηγούμενες τιμές κατανάλωσης, προφίλ φορτίου και δεδομένα ενέργειας και απόδοσης) διευκολύνουν την παρακολούθηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Καταγράφονται επίσης πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο και την ποιότητα παροχής.

#### 5.4.2 Μετρήσεις του ενεργειακού αναλυτή και συμπεράσματα

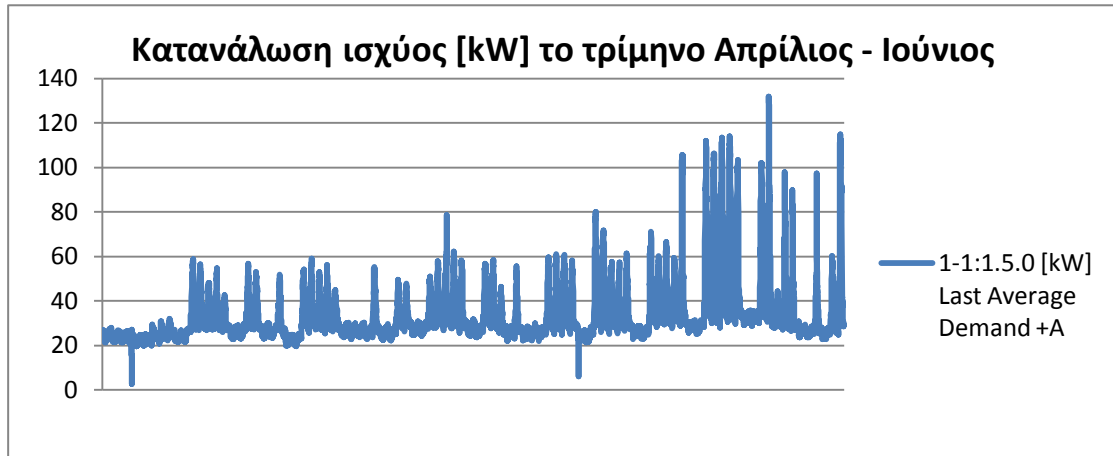
Στο Λαμπαδάριο, προτού προκύψει η ανάγκη ενεργειακής καταγραφής για την εκπόνηση τούτης της διπλωματικής, είχε τοποθετηθεί ο ενεργειακός αναλυτής Landis & Gyr που παρουσιάζεται παραπάνω με υπεύθυνους μηχανικούς από το τεχνικό τμήμα στο Κτίριο Διοίκησης της Πολυτεχνειούπολης για την παρατήρηση και για την

έρευνα από μέρος του Πολυτεχνείου. Έτσι σε συνεννόηση με την τεχνική ομάδα έγινε η προμήθεια των δεδομένων για την κατανάλωση τριών μηνών (Απρίλιος, Μάιος και Ιούνιος του 2010) στο Λαμπαδάριο. Τα δεδομένα αποτελούνται από ένα φύλλο εργασίας Microsoft Office Excel 2007 με καταγεγραμμένες τις τιμές ανά τέταρτο συνήθως, των τάσεων και ρευμάτων για τις τρεις φάσεις, των ισχύων ενεργών και άεργων, και την εκτίμηση της ενέργειας για διάρκεια περίπου ενός τετάρτου. Από αυτά τα δεδομένα προκύπτουν τα έξι βασικά διαγράμματα (ένα ανά δεκαπενθήμερο) για την κατανάλωση ισχύος και τα υπόλοιπα από περαιτέρω επεξεργασία.

Με μια πρώτη ματιά στο συνοπτικό διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για όλο το τρίμηνο που ακολουθεί και σε σύγκριση με το αμέσως ακόλουθο διάγραμμα θερμοκρασιών για το ίδιο τρίμηνο (σταθμός Ελληνικού Αττικής – πηγή <http://freemeteo.com>) προκύπτουν καταρχήν πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Η σταδιακή αύξηση της κατανάλωσης ισχύος που φαίνεται από το ύψος των αιχμών στο διάγραμμα μοιάζει να ακολουθεί κατά πολύ την ίδια αύξηση της θερμοκρασίας στο λεκανοπέδιο Αττικής και τα σημεία μεταβολής να συμπίπτουν χρονικά στα δυο διαγράμματα. Αυτό επιδέχεται την πολύ λογική και απλή εξήγηση ότι η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη σταδιακή μετάβαση από την άνοιξη στο καλοκαίρι συνοδεύεται με την έναρξη χρήσης των κλιματιστικών και την ολοένα περισσότερο χρήση τους.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω ομοιότητες. Πρώτον, η σχετικά ταχεία άνοδος της θερμοκρασίας που προσεγγίζει τελικά τους 30 °C, από τις 10 Μαΐου ως τις 15 Μαΐου συνοδεύεται με αιχμές στην κατανάλωση ισχύος στα επίπεδα των 80kW τις ίδιες μέρες λόγω χρήσης κλιματιστικών. Αμέσως μετά ακολούθησε μια σύντομη περίοδος αλλαγής του καιρού και μια επαναφορά της θερμοκρασίας σε φυσιολογικότερα επίπεδα για την εποχή που και πάλι συνοδεύεται με μια πτώση στην κατανάλωση ισχύος. Τα ίδια μπορούν να ειπωθούν και για άλλα δυο χρονικά σημεία, ένα στο τέλος Μαΐου και αρχές Ιουνίου με τη θερμοκρασία λίγο πάνω από τους 30 °C και την κατανάλωση ισχύος και πάλι περίπου στα 80kW και τέλος, ο καύσωνας τις μέρες γύρω από τις 15 Ιουνίου με θερμοκρασίες στο επίπεδο των 35 °C και την κατανάλωση ισχύος να βρίσκεται στο μέγιστό σημείο της περίπου στα 130kW οπότε και μεγιστοποιήθηκε και η χρήση των κλιματιστικών. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κλιματιστικών εκείνων που τους θερμούς μήνες εργάζονται ένα αξιόλογο ωράριο καθημερινά (πάνω από 3 ώρες, για 20 μέρες το μήνα -υπολογισμοί στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ) είναι περίπου 98 kW, τιμή που δικαιολογεί τους αριθμούς που εμφανίζονται όπως αναλύεται και παρακάτω.

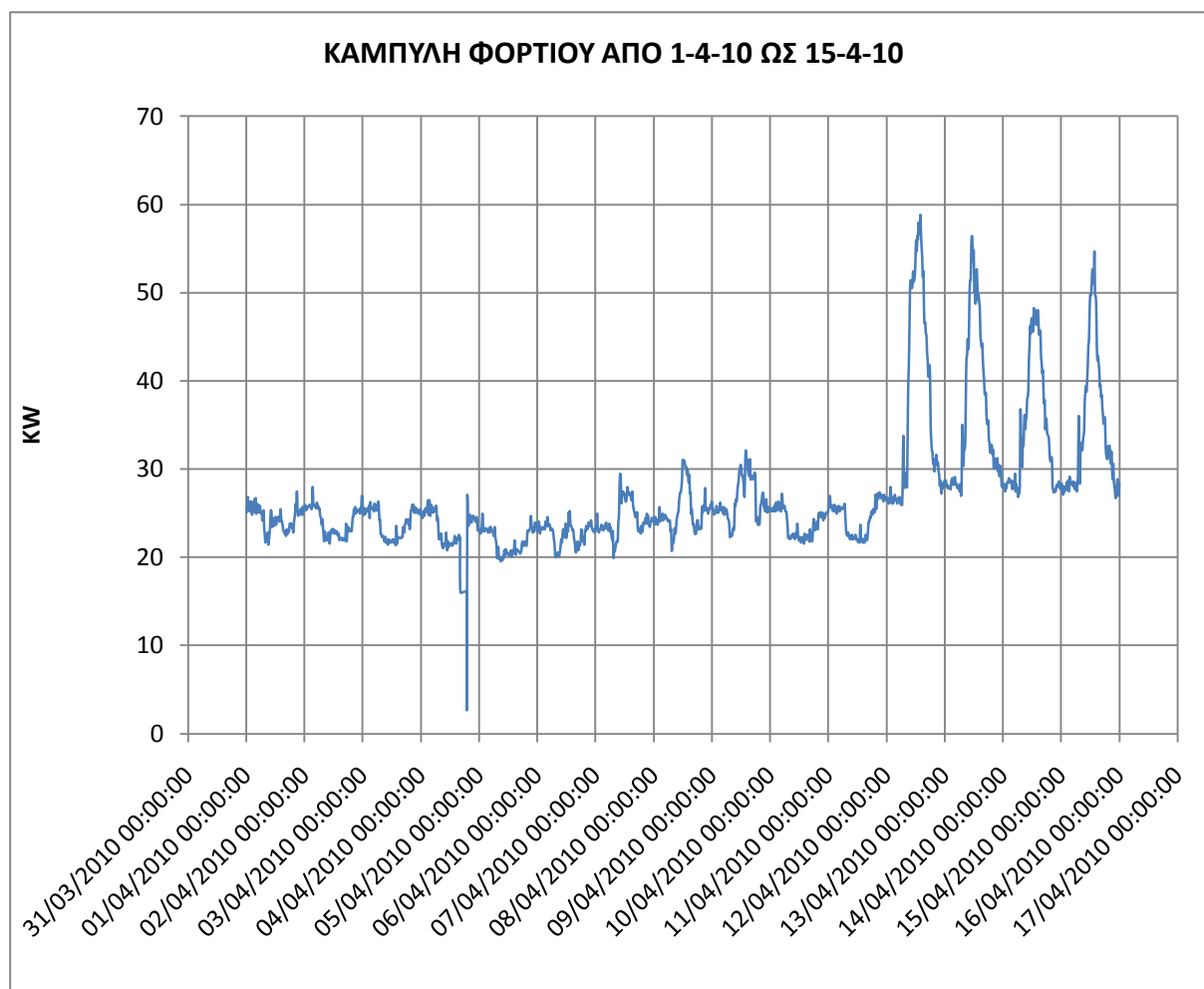


Σχήμα 5.1 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για όλο το τρίμηνο με βάση τα δεδομένα του αναλυτή



Σχήμα 5.2 Οι θερμοκρασίες των μηνών Απρίλιος ως Ιούνιος –πηγή <http://freemeteo.com> – σταθμός Ελληνικού Αττικής

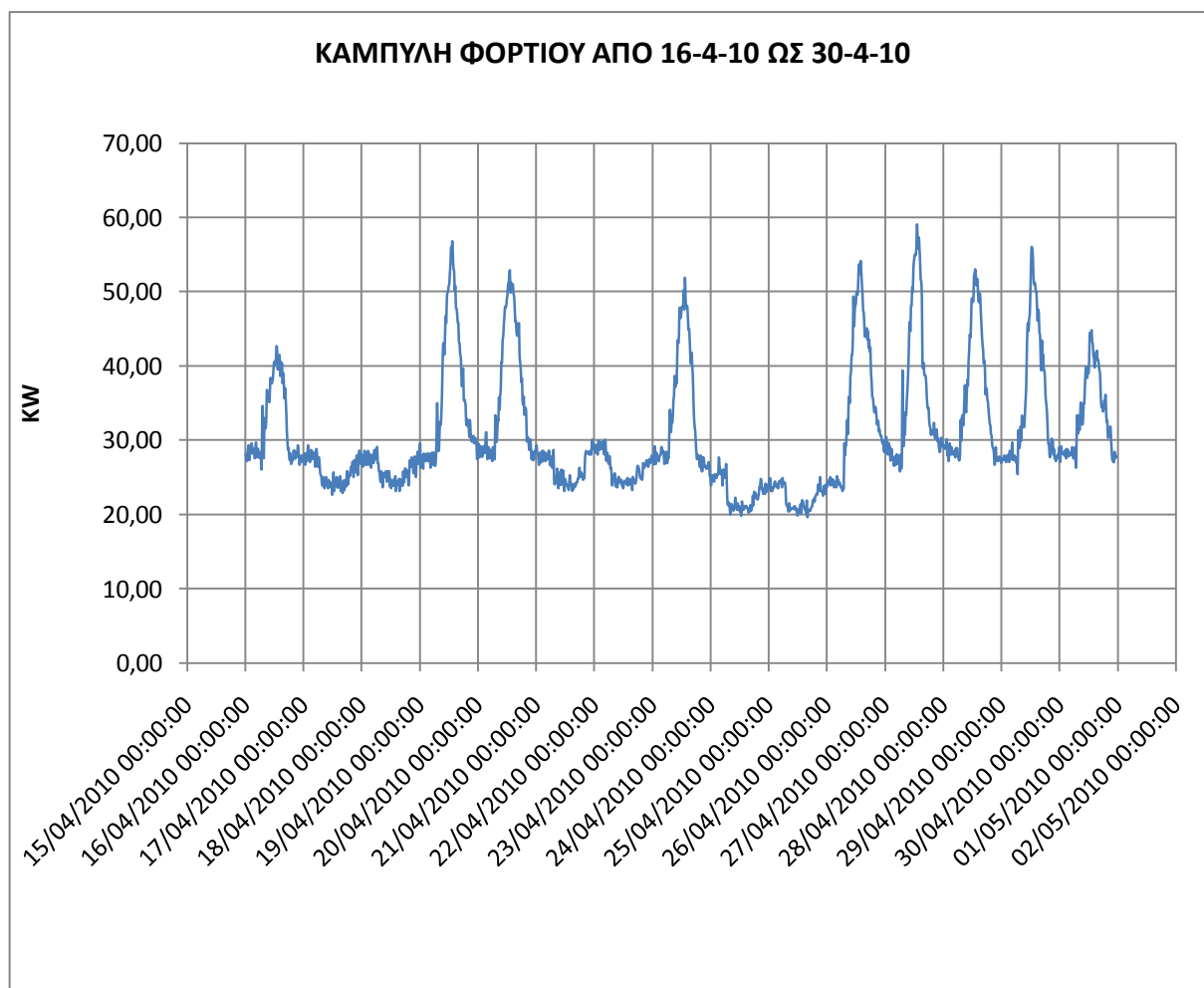




Σχήμα 5.3 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το 1ο δεκαπενθήμερο του Απριλίου

Πάνω, φαίνεται αναλυτικά το διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος το πρώτο δεκαπενθήμερο του Απριλίου. Το διάστημα από την 1<sup>η</sup> Απριλίου ως και τις 11 Απριλίου βρίσκεται εντός των διακοπών του Πάσχα που σύμφωνα με το Ακαδημαϊκό ημερολόγιο του Πολυτεχνείου είναι κλειστά όλα τα τμήματα κάτι που εξηγεί και τη χαμηλή δραστηριότητα που φαίνεται. Αυτή πλησιάζει τα 25 kW περίπου και οφείλεται κυρίως στη μικρή παρουσία ανθρώπων στο κτίριο, στον φωτισμό των κοινόχρηστων χώρων (κλίμακες, διάδρομοι) που μένει σχεδόν μόνιμα ανοιχτός και σε κάποιες ηλεκτρικές συσκευές που δε κλείνουν (ψυγεία, υπολογιστές). Οι αριθμοί συμπίπτουν αφού σύμφωνα με τους υπολογισμούς από την καταγραφή ([ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ](#)) ο φωτισμός κοινοχρήστων χώρων που δε κλείνει παρά μόνο λίγες ώρες τη μέρα είναι περίπου 12 kW και οι ηλεκτρικές καταναλώσεις συσκευών (υπολογιστές, ψυγεία) που λειτουργούν συνεχώς εκτιμάται γύρω στα 10 με 13 kW. Πρέπει οπωσδήποτε όμως και πάλι να συμπληρωθεί ότι η καταγραφή στηρίζεται ως ένα βαθμό στις υποκειμενικές απαντήσεις των καταναλωτών σχετικά με την «ενεργειακή συμπεριφορά» τους οπότε ενέχει στοιχεία που θεωρούνται επισφαλή. Ωστόσο η σύγκλιση των δεδομένων που προέκυψαν από τον αναλυτή με αυτά της καταγραφής είναι εμφανής σε αυτή την εργασία.

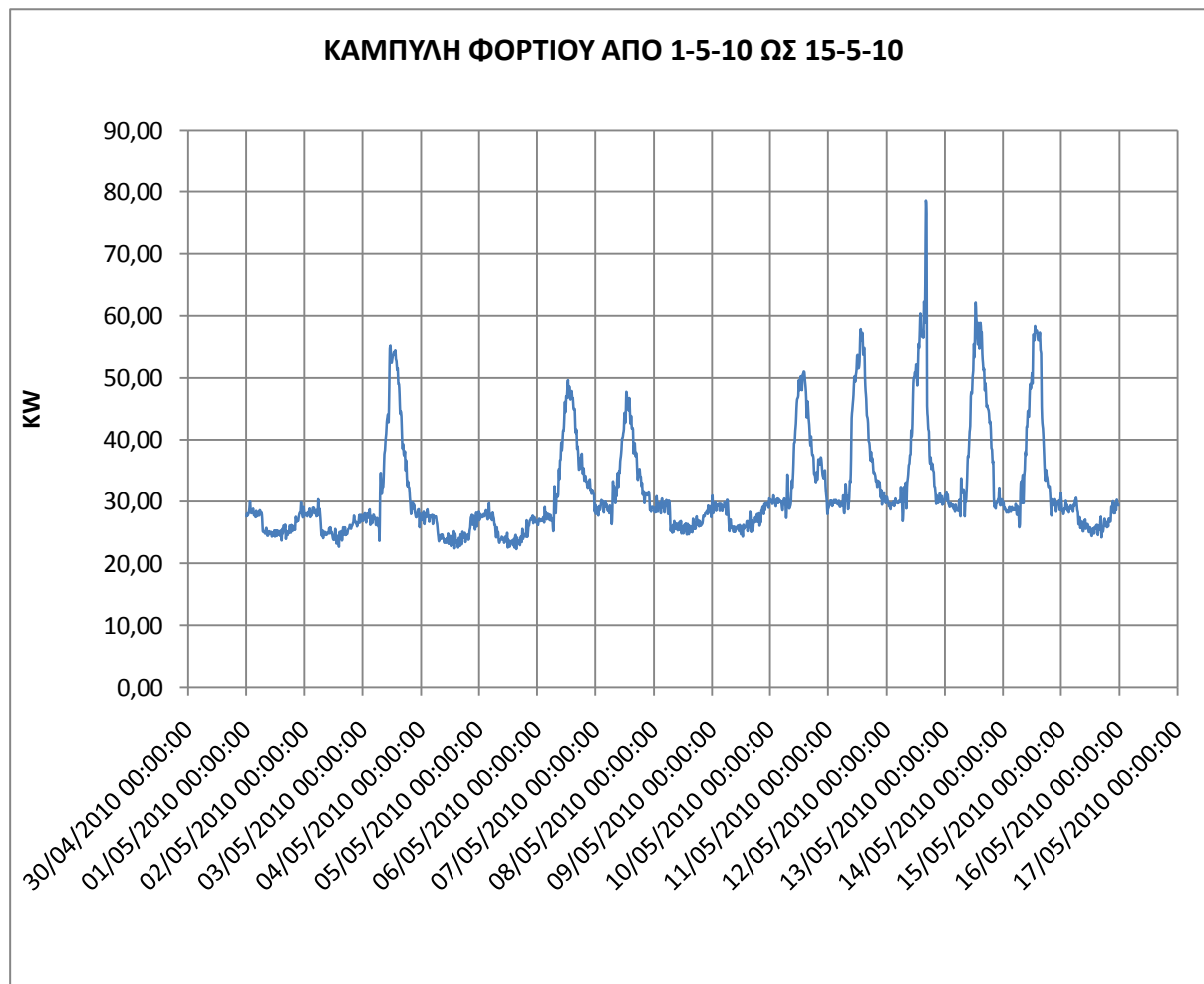
Την πρώτη βδομάδα των διακοπών ως και τις 7 Απριλίου, η κατανάλωση είναι ελάχιστα ψηλότερη τις βραδινές ώρες, προφανώς λόγω της λειτουργίας του επιπλέον εξωτερικού και άλλου φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους. Μετά τις 8 Απρίλη και ενώ βρισκόμαστε ακόμα σε διακοπές φαίνεται σταδιακά κάποιοι ένοικοι (καθηγητές, διδάκτορες κτλ) να επιστρέφουν στα καθήκοντά τους, οπότε παρουσιάζονται μικρές αιχμές τις μεσημεριανές ώρες κυρίως. Σημειώνεται ότι την Κυριακή του Πάσχα (4 Απρίλη) πρέπει από τα δεδομένα να σημειώθηκε ολιγόλεπτη διακοπή ρεύματος. Από τις 12 Απρίλη η επιστροφή στις καθημερινές δραστηριότητες των ενοίκων επαναφέρουν σε φυσιολογικά επίπεδα την καμπύλη φορτίου, που κυμαίνεται περί τα 55kW τις μεσημεριανές ώρες αιχμής. Πληροφοριακά, η μέση μέγιστη θερμοκρασία του πρώτου δεκαπενθήμερου του Απρίλη ήταν 20,49 °C.



**Σχήμα 5.4 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Απριλίου**

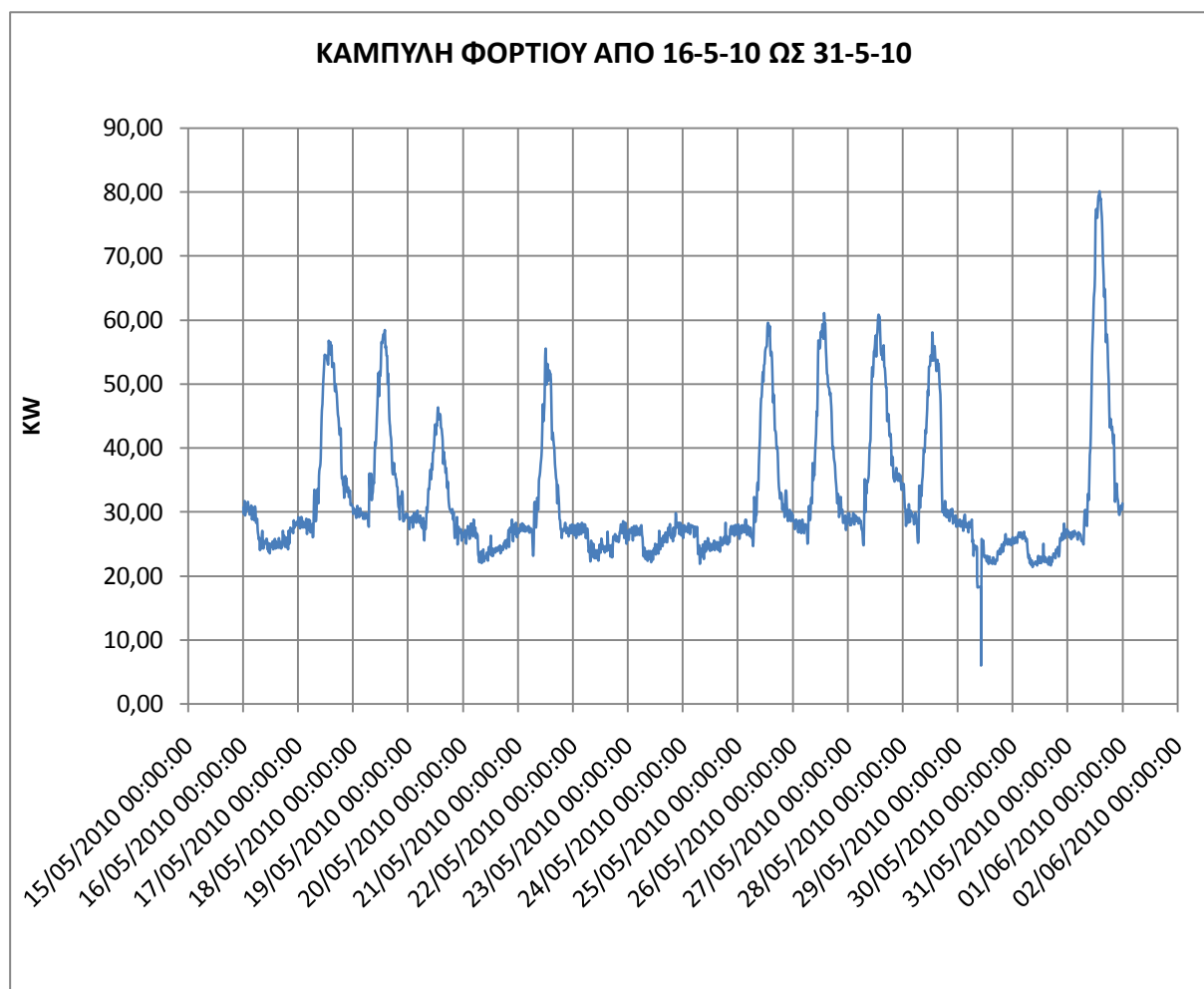
Στο διάγραμμα του σχήματος 5 οι μέρες 17, 18, 24 και 25 Απριλίου είναι Σαββατοκύριακα και έτσι δικαιολογείται η χαμηλή κατανάλωση που κυμαίνεται στα 25 με 30 kW για τους ίδιους λόγους που και πριν εξηγήθηκαν. Το ίδιο ισχύει και για τις 21 και 22 Απριλίου που είχε προκηρυχτεί 48ωρη απεργία. Η κατανάλωση ισχύος τις μέρες με κανονική δραστηριότητα το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Απρίλη

βρίσκεται περίπου στα 55 kW, ενώ η μέση μέγιστη θερμοκρασία του δεύτερου δεκαπενθήμερου του Απρίλη ήταν 22,61 °C.



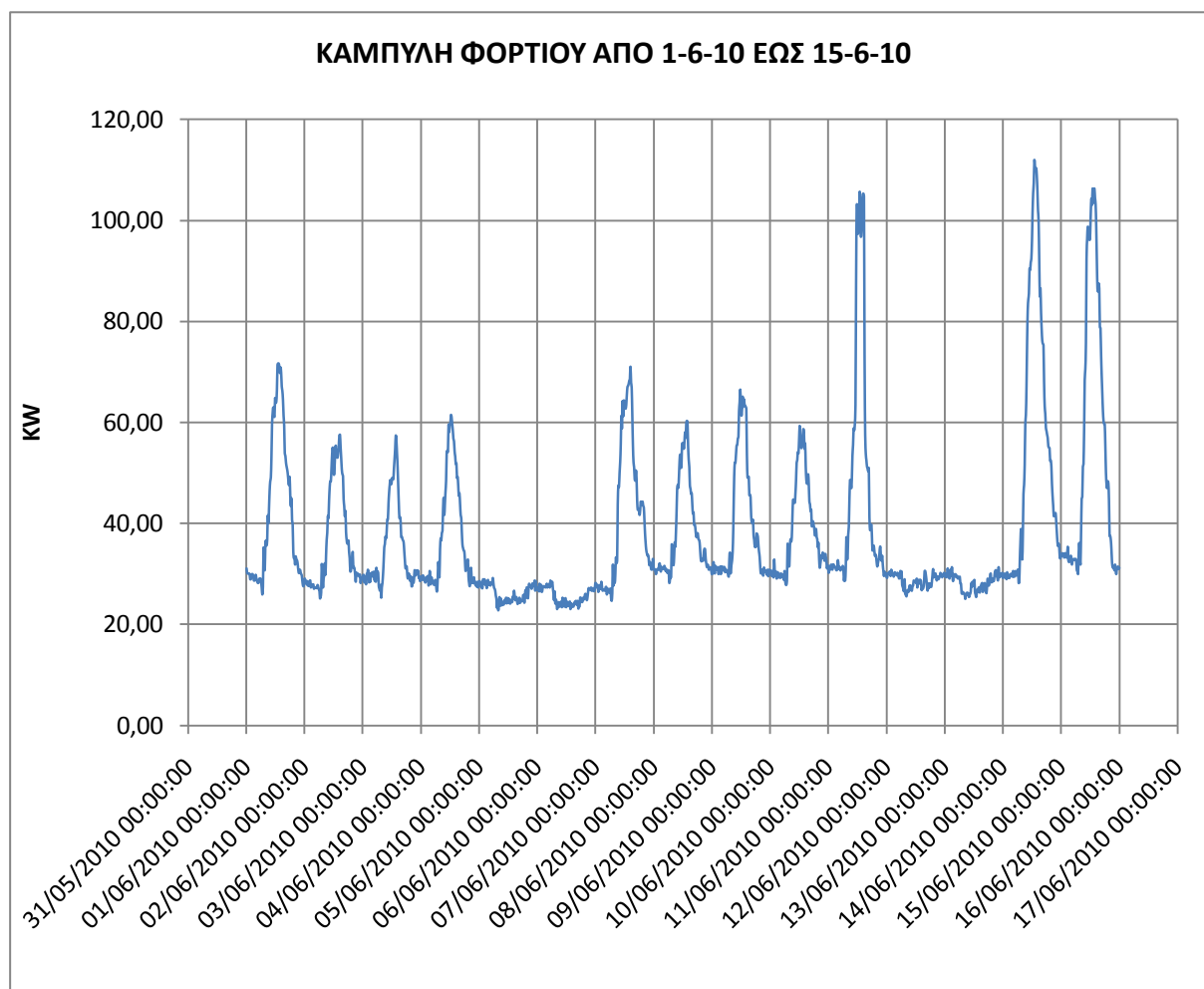
**Σχήμα 5.5** Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το πρώτο δεκαπενθήμερο του Μάη

Για το πρώτο δεκαπενθήμερο του Μάη, όπως και πριν παρατηρούνται τα εξής: οι μέρες 1, 2, 8, 9 και 15 Μάη είναι Σαββατοκύριακα με τις ελάχιστες ανεξάρτητες καταναλώσεις των περίπου 25 με 30 kW και μικρές αιχμές τις νυχτερινές ώρες λόγω του επιπλέον φωτισμού. Στις 4 και 5 Μαΐου πραγματοποιήθηκε και πάλι γενική απεργία, για αυτό και οι μέρες εκείνες ομοιάζουν τόσο με τα Σαββατοκύριακα. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία του πρώτου δεκαπενθήμερου του Μαΐου ήταν 25,67 °C. Οι καταναλώσεις ισχύος, μεταξύ 50 και 80 kW, λόγω των πολλών διακοπών λειτουργίας και της αστάθειας στο πρόγραμμα εργασίας δεν συγκεντρώνονται κάπου συγκεκριμένα. Μπορεί μόνο να επισημανθεί ότι στις 12 Απριλίου που η κατανάλωση απότομα ανεβαίνει τις μεσημεριανές ώρες στο επίπεδο των 80 kW, η θερμοκρασία για πρώτη φορά φτάνει τους 28,6 °C που είναι και η μέγιστη θερμοκρασία αυτού του δεκαπενθήμερου.



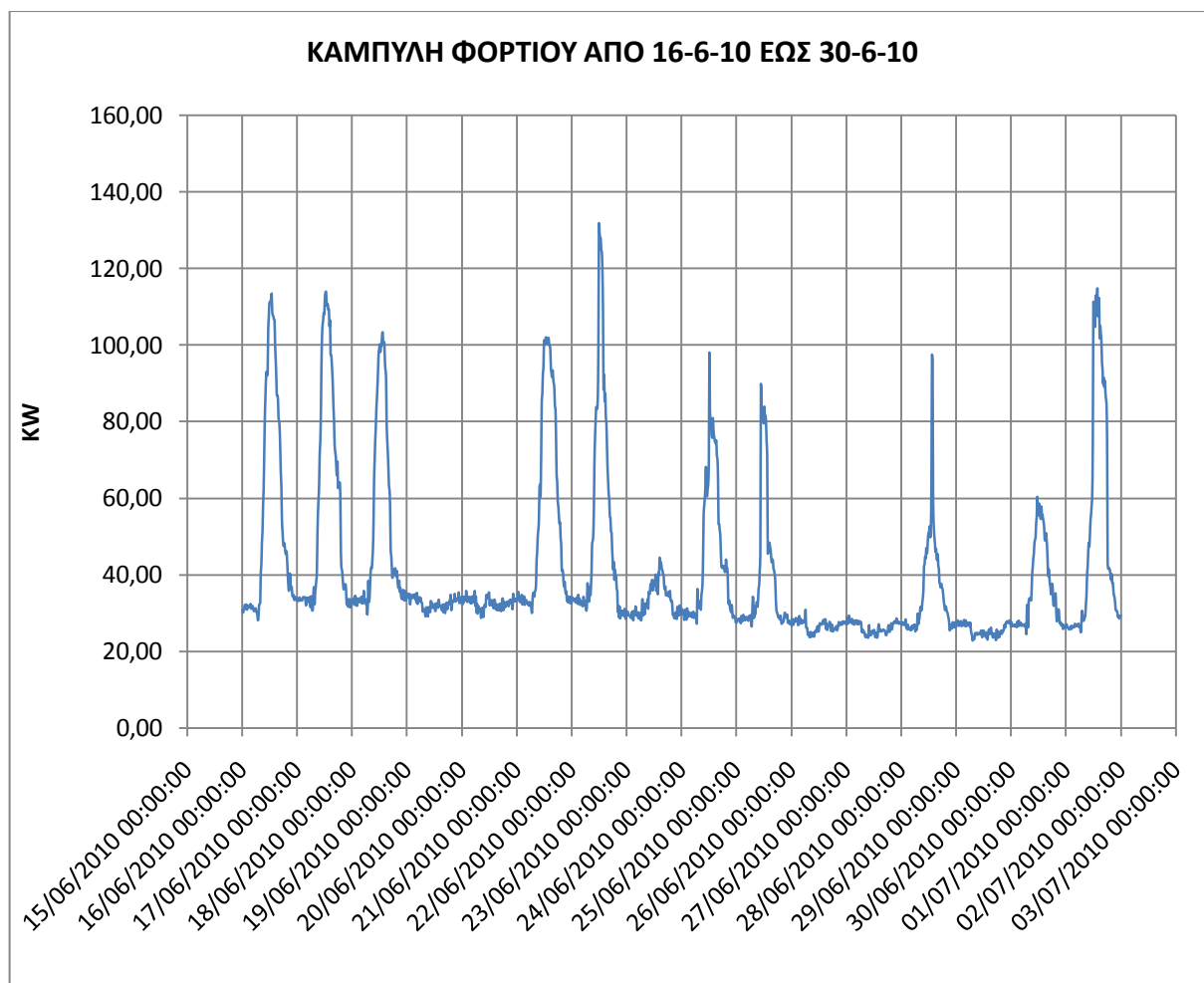
**Σχήμα 5.6** Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαΐ.

Το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαΐου η μέση μέγιστη θερμοκρασία ήταν 25,28 °C ενώ η κατανάλωση ισχύος κυμαίνεται κυρίως στα επίπεδα μεταξύ 50 και 60 kW. Στις 31 Μαΐου για πρώτη φορά το θερμομέτρο ξεπερνά τους 30 °C και συγκεκριμένα φτάνει τους 31,4 °C οδηγώντας λόγω χρήσης κλιματιστικών την κατανάλωση ισχύος στα 80 kW. Αυτό επιπλέον μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ήταν η μέρα των πρυτανικών εκλογών, οπότε η παρουσία του προσωπικού στο κτίριο ήταν αυξημένη λόγω της προσέλευσης στις εκλογές. Μπορεί να εκτιμηθεί ότι η χρήση κλιματιστικών οδηγεί σε κατανάλωση περίπου 25 kW παραπάνω σε σχέση με τις υπόλοιπες μέρες. Οι μέρες 16, 22, 23, 29 και 30 είναι Σαββατοκύριακα, η Δευτέρα 24 Μαΐου είναι αργία (του Αγίου Πνεύματος). Αξίζει να σημειωθεί, όπως εξάλλου φαίνεται και στο διάγραμμα ότι στις 29 Μαΐου υπήρξε προγραμματισμένη διακοπή ρεύματος για συντήρηση του δικτύου σε όλη την Πολυτεχνειούπολη από τις 8 ως τις 10 το πρωί.



**Σχήμα 5.7 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου**

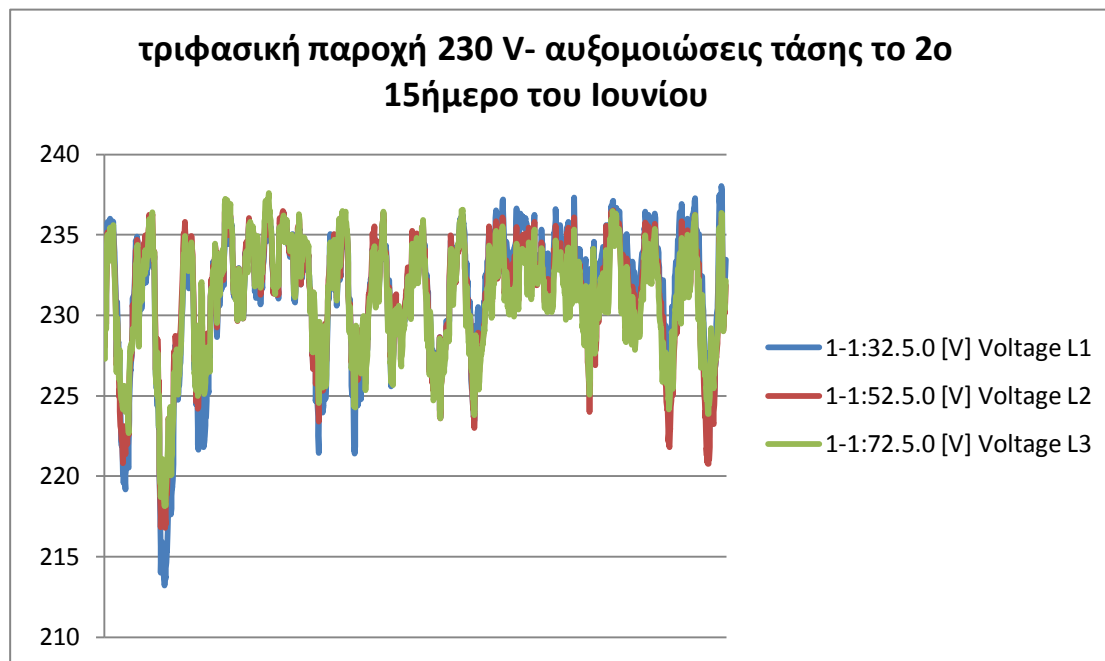
Η μέση μέγιστη θερμοκρασία του πρώτου δεκαπενθήμερου του Ιουνίου ήταν 28,96 °C. Οι μέρες, 5, 6, 12 και 13 Ιουνίου είναι Σαββατοκύριακα και η κατανάλωση είναι όπως αναμενόταν χαμηλή. Στις 11 Ιουνίου η θερμοκρασία έφτασε τους 33,2 °C ενώ και στις 14 και 15 ήταν σταθερά πάνω από τους 32 °C. Ταυτόχρονα τις μέρες εκείνες ολοκληρώθηκε το κύριο μέρος των εργασιών ανακαίνισης στην πτέρυγα με τα δύο αμφιθέατρα, οπότε και τέθηκε σε λειτουργία ο κλιματισμός της πτέρυγας απευθείας από τη μεγάλη κλιματιστική μονάδα στο υπόγειο του λεβητοστασίου ανεβάζοντας την ηλεκτρική κατανάλωση κατά 32 RT (δηλαδή 38,4 kW) δικαιολογώντας την άνοδο που παρουσιάζεται στην καμπύλη από τα 70 kW περίπου στα 110 kW (με μια απόκλιση των 5 kW).



**Σχήμα 5.8** Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου

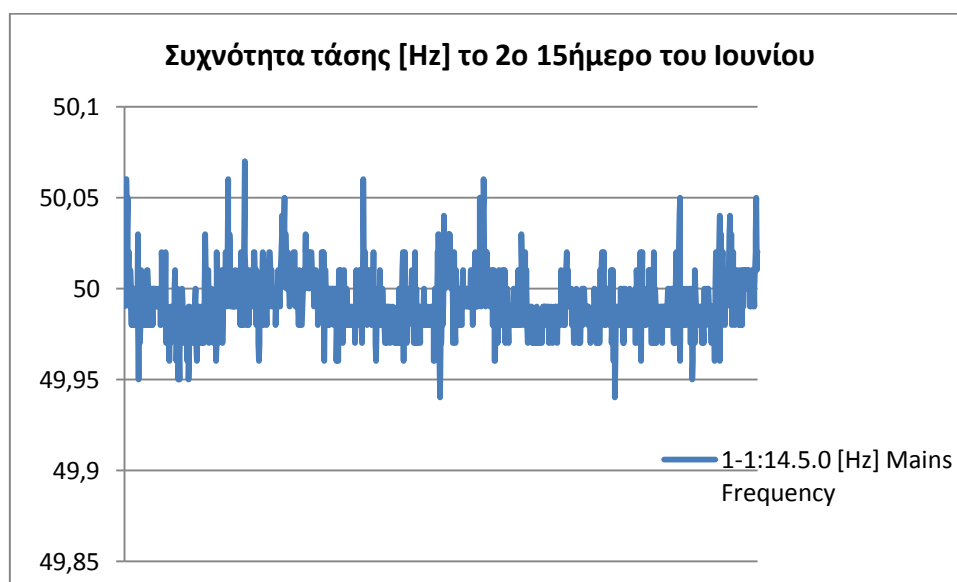
Το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου η μέση μέγιστη θερμοκρασία ήταν 30,27 °C. Στις 12, 16 και 18 Ιουνίου η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 35 °C, ενώ από τις 21 Ιουνίου και έπειτα πέφτει ελάχιστα κάτω από τους 30 °C. Τις περισσότερες μέρες κανονικής δραστηριότητας η κατανάλωση ισχύος βρίσκεται στα επίπεδα των 100 kW και παραπάνω. Η κατανάλωση ισχύος φτάνει στη μέγιστη αιχμή του τριμήνου που μελετάται στις 22 Ιουνίου στα 131,8 kW. Οι μέρες 19, 20, 26 και 27 Ιουνίου είναι Σαββατοκύριακα. Στις 29 Ιουνίου πραγματοποιήθηκε στάση εργασίας στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς που δικαιολογεί την χαμηλή προσέλευση κόσμου άρα και κατανάλωσης.

Στη συνέχεια ακολουθούν κάποια σχόλια για την ποιότητα παροχής ρεύματος από το δίκτυο. Η εικόνα για όλο το τρίμηνο είναι η ίδια για αυτό διαλέχθηκε ως ενδεικτικό απλώς ένα δεκαπενθήμερο τυχαία, αυτό το δεύτερο του Ιουνίου. Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η παροχή τάσης για τις τρεις φάσεις. Όπως φαίνεται και όπως λογικά αναμενόταν δε παραμένει σταθερή αλλά κυμαίνεται από τα 213 ως τα 237 Volts. Ο μέσος όρος της πρώτης φάσης είναι 231,27 V με τυπική απόκλιση τα 4,19 V, της δεύτερης φάσης 231,10 V με τυπική απόκλιση 3,76 V και της τρίτης 230,99 V με τυπική απόκλιση 3,47 V. Σε γενικές γραμμές κρίνεται ικανοποιητικά σταθερή και δε φαίνεται κάποιος κίνδυνος για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό του κτιρίου.



**Σχήμα 5.9 Η παροχή της ενεργού τιμής της τάσης των τριών φάσεων για το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου**

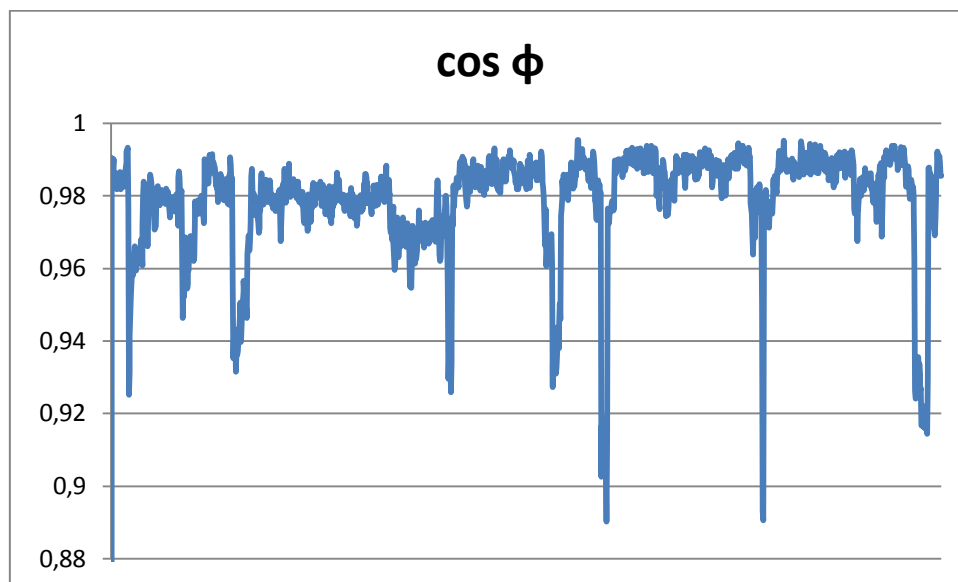
Το ίδιο μπορεί να διαπιστωθεί και για τη συχνότητα της παροχής είναι πολύ κοντά, σχεδόν σταθερά στα 50 Hz, με μια ελάχιστη απόκλιση των 0,05 Hz που δε προκαλεί κάποια διαμόρφωση συχνότητας.



**Σχήμα 5.10 Η συχνότητα παροχής των 50 Hz του δικτύου**

Η χρήση μεγάλου ειδικού ηλεκτρικού εξοπλισμού φέτος (τόρνος, μπετονιέρα και άλλα) ήταν ελάχιστη στους εργαστηριακούς χώρους που διαθέτει το κτίριο. Συνεπώς η χρήση περιορίστηκε στις απλές καταναλώσεις του κάθε γραφείου. Μιγαδικά ηλεκτρικά φορτία, επαγωγικά και χωρητικά έλειψαν με αποτέλεσμα ο συντελεστής ισχύος να προσεγγίζει κατά πολύ τη μονάδα στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Όπως

υπολογίζεται από τις ενεργές τιμές ρεύματος και τάσης για μια απλώς φάση ο συντελεστής ισχύος είναι κατά μέσο όρο 0,979 και η ηλεκτρική εγκατάσταση δεν απαιτεί αντιστάθμιση για διόρθωση του συντελεστή. Η εικόνα είναι πανομοιότυπη και για τις άλλες 2 φάσεις.



Σχήμα 5.11 Ο συντελεστής ισχύος για μια φάση στο διάστημα των τριών μηνών

#### 5.4.3 Μετρήσεις του ενεργειακού αναλυτή για την αυτόνομη μονάδα κλιματισμού

Ο αναλυτής ισχύος τριών φάσεων Fluke 1735 είναι ένα εργαλείο για μελέτες ηλεκτρικών φορτίων, για δοκιμές κατανάλωσης ενέργειας και για logging ποιότητας ισχύος, υπολογίζοντας τις σημαντικότερες παραμέτρους για τις ισχείς των τριών φάσεων, των αρμονικών και άλλων διαταραχών της τάσης. Μπορεί να υπολογίσει ενεργές τιμές τάσης, ρεύματος, τις γωνίες των φάσεων, THD για ρεύματα και τάσεις, αρμονικές ως και την 50ή, ενεργό και άεργο ισχύ και ενέργεια, συντελεστή ισχύος και άλλα.

Χάρη στη μνήμη του που επιτρέπει την παρακολούθηση δεδομένων ως και για 45 μέρες, ο αναλυτής μπορεί να αποκαλύψει επίμονα ή καλά κρυμμένα προβλήματα. Σε ελάχιστο χρόνο τοποθετείται και τίθεται σε λειτουργία. Τα τέσσερα ελαστικά καλώδια ρεύματος συνδέονται με μια πρίζα και αυτομάτως το όργανο ανιχνεύει, scales και τροφοδοτεί τα καλώδια τα οποία με ευκολία ρυθμίζονται σε κάποιες τάξεις ρευμάτων από 15 A, 150 A, ως και 3000 A για υψηλή ακρίβεια σε οποιαδήποτε εφαρμογή. Οι συνδέσεις της τάσης καταγράφουν και η έγχρωμη οθόνη επιβεβαιώνει άμεσα τη σωστή σύνδεση. Τέλος, με το λογισμικό που διαθέτει μπορεί να παράγει γραφήματα και αναφορές.

Εφαρμογές:

- Μελέτη φορτίων – επιβεβαίωση της ικανότητας του ηλεκτρικού συστήματος πριν την πρόσθεση φορτίων.



- Ενεργειακή αξιολόγηση – ποσοτικοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά τις βελτιώσεις στο σύστημα για να δικαιολογηθούν οι όποιες παρεμβάσεις εξοικονόμησης
- Μετρήσεις αρμονικών συνιστωσών – αποκάλυψη θεμάτων αρμονικών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν βλάβες ή να διαταράξουν τον εξοπλισμό.
- Καταγραφή συμβάντων της τάσης – απεικόνιση για βυθίσεις και πρηξίματα που προκαλούν «πλαστές» επανεκκινήσεις ή ενοχλητικές διακοπές λειτουργίας των κυκλωμάτων.

Περιλαμβάνει:

- 4 ελαστικά καλώδια ρεύματος (15 A/150 A/3000 A)
- Λογισμικό καταγραφής
- Τους οδηγούς και τους συνδέσμους τάσης
- Ένα σύνολο χρωμάτων για την εύκολη ταυτοποίηση και εντοπισμό
- Καλώδιο σύνδεσης με Η.Υ.
- Αντάπτορα ac καμπύλης (115/ 30 V, 50/60 Hz)
- Έντυπο εγχειρίδιο στα Αγγλικά
- Πολύγλωσσο εγχειρίδιο σε CD
- Ελαφριά θήκη μεταφοράς



Εικόνα 5.31 Ο αναλυτής ενέργειας FLUKE 1735 που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη ενός κλιματιστικού του Λαμπαδαρίου.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του a/c όπως δίνονται από τον κατασκευαστή ήταν:

- R410 – 9.000 BTU

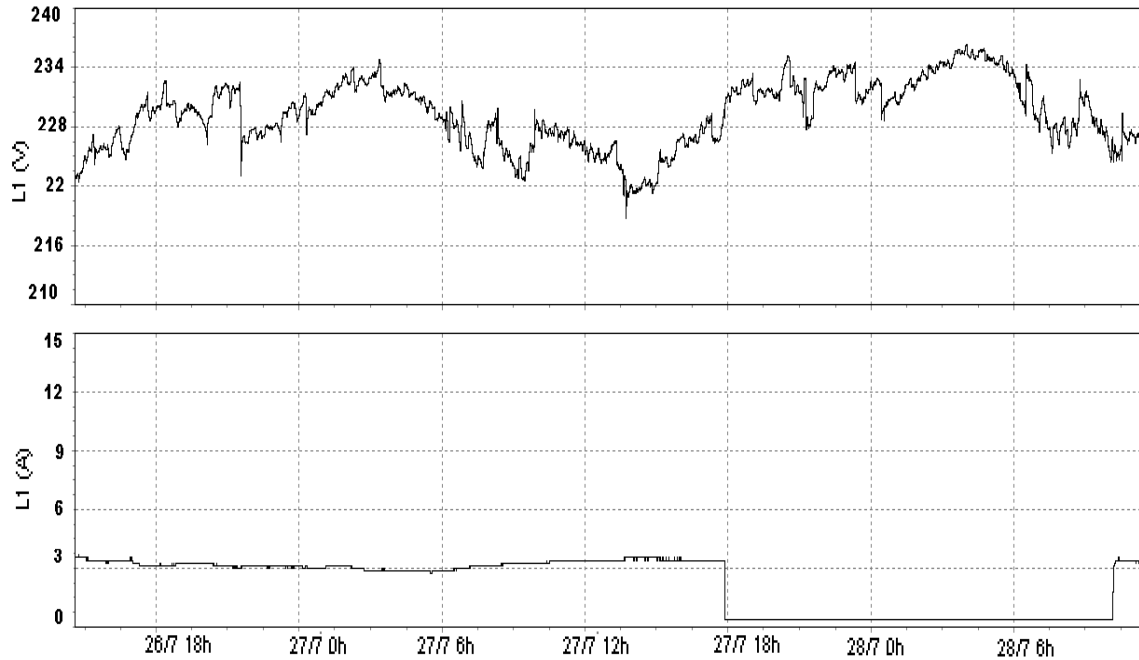
- Ψύξη: 3,2 kW 5,1 A, 1,12 kW
- Θέρμανση: 3,6 kW 4,7 A, 1,02 kW
- COP (συντελεστής απόδοσης) 3,52

Όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί για 44 ώρες και 38 λεπτά ο αναλυτής κατέγραφε δεδομένα ανά ένα λεπτό, λαμβάνοντας 2680 μετρήσεις για κάθε παράμετρο. Γενικά, διαπιστώθηκε ότι η ισχύς του ήταν περίπου ίση με 800W όλη την ημέρα. Την πρώτη μέρα το κλιματιστικό είχε μείνει ανοικτό και το βράδυ, όπου εκεί παρατηρείται μια μικρή μείωση της ισχύς κατά τις νυχτερινές ώρες, μιας και ο χώρος ήταν κλειστός και δεν υπήρχαν άτομα. Την επόμενη μέρα, γύρω στις 6 μμ, το κλιματιστικό σταματά να λειτουργεί ως τις 10 πμ της επόμενης μέρας, οπότε και ετέθη ξανά σε λειτουργία.

Instrument Information		File Summary	
Model number	Fluke 1735	First recording	7/26/2010 2:39:12 PM
Serial number	S094901077B6	Last recording	7/28/2010 11:18:12 AM
Firmware revision	V01.08	Recording interval	0h 1m 0s 0ms
Measurement topology	Single phase with neutral mode	Number of RMS recordings	2680
Power Log Version	2.9	Number of DC recordings	0
		Number of frequency recordings	2680
		Number of harmonic recordings	0
		Number of dips	0
		Number of swells	0
		Number of interruptions	0
		Number of recorded transients	0
		Number of voltage profiles	0
		Number of active energy recordings	2680
		Number of reactive energy recordings	2680
		Number of rapid voltage changes	0

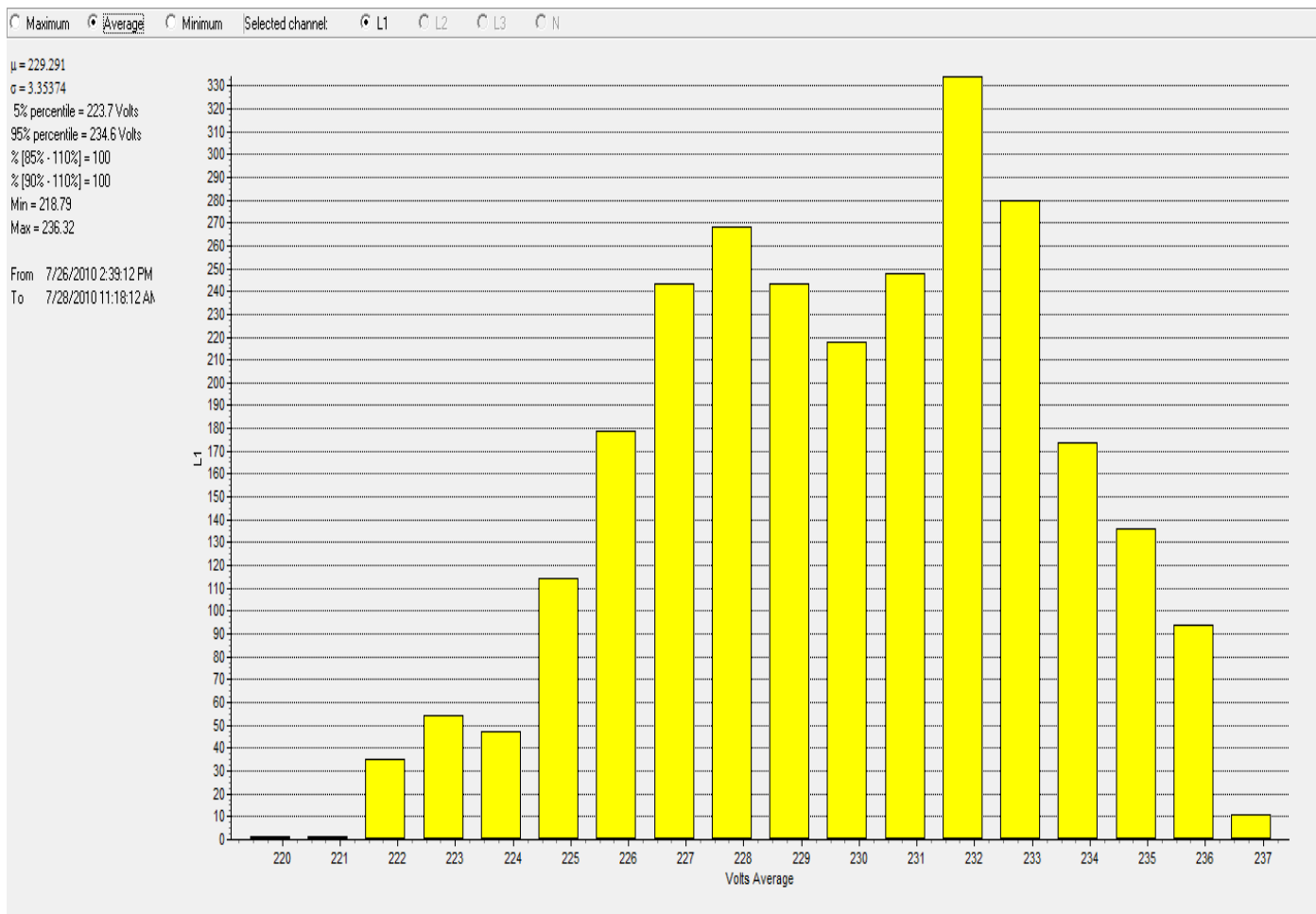
**Εικόνα 5.32 Τα στοιχεία της μέτρησης του αναλυτή όπως παρουσιάζονται στον αναλυτή του**

Στο επόμενο σχήμα καταγράφονται η τάση και το ρεύμα της γραμμής που τροφοδοτεί το κλιματιστικό. Όπως είναι αναμενόμενο η τάση (ενεργός τιμή RMS) δεν είναι σταθερή με την ονομαστική των 230 V του δικτύου αλλά παρουσιάζει αποκλίσεις, όπως φαίνεται και εξηγείται καλύτερα στο ακόλουθο διάγραμμα του σχήματος 5. Το ρεύμα τις ώρες λειτουργίας κινείται ελαφρά πάνω από τα 3 A με μέση τιμή τα 3,213 A. Τις ώρες εκτός λειτουργίας και επειδή δε βγήκε εκτός τροφοδοσίας παρατηρείται κάποια ελάχιστη κατανάλωση ρεύματος τιμής 0,409 A. Το ρεύμα εκκίνησης κατά την επανέναρξη λειτουργίας είναι χαρακτηριστικά μεγάλο όπως αναμένεται και αγγίζει στιγμιαία τα 13 A.

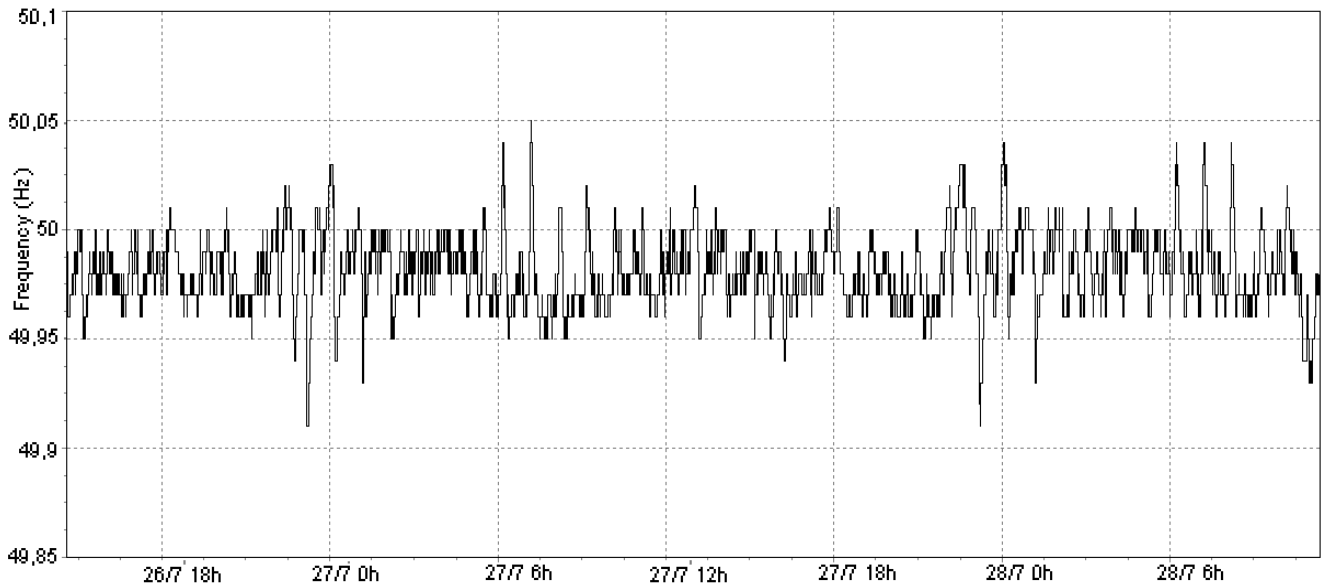


Σχήμα 5.12 Το ρεύμα και η τάση (ενεργές τιμές) της γραμμής του κλιματιστικού (κόκκινο οι μέγιστες τιμές, πράσινο οι χαμηλότερες και μαύρο οι μέσες)

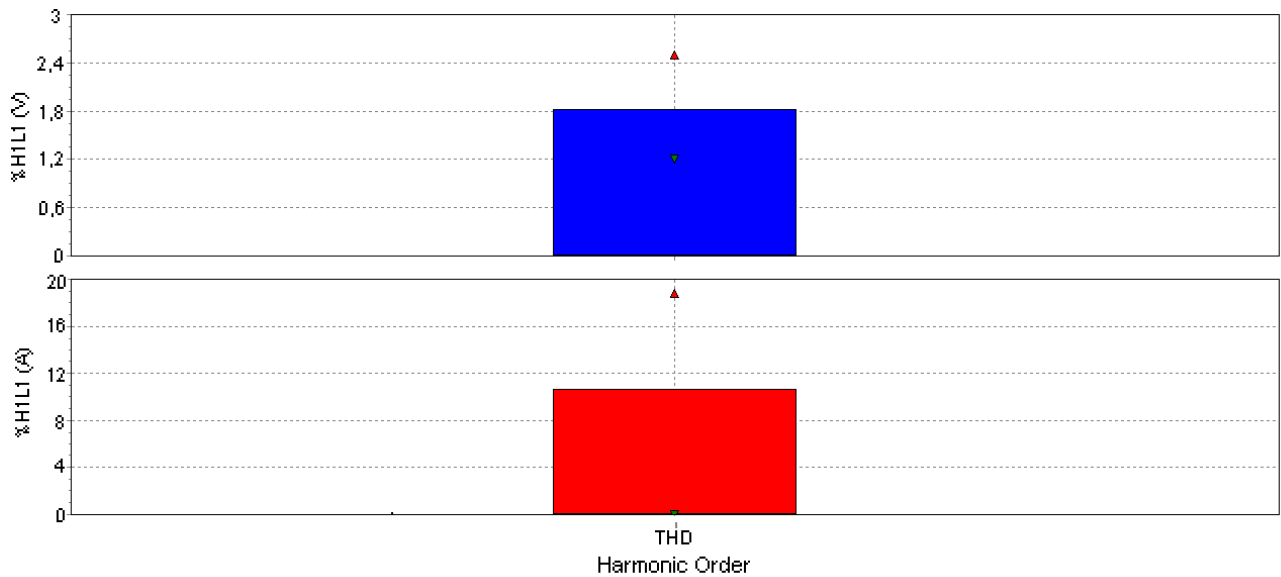
Σχετικά με την ποιότητα της τάσης του δικτύου αυτή είναι κατά μέσο όρο 229,291 V πολύ κοντά στην τιμή των 230 V και τυπική απόκλιση τα 3,35 V. Η συχνότητα του δικτύου επίσης ελάχιστα αποκλίνει από τα 50 Hz και μπορεί να θεωρηθεί σταθερή.



Εικόνα 5.33 Διάγραμμα πυκνότητας της εμφάνισης διαφόρων τιμών της τάσης

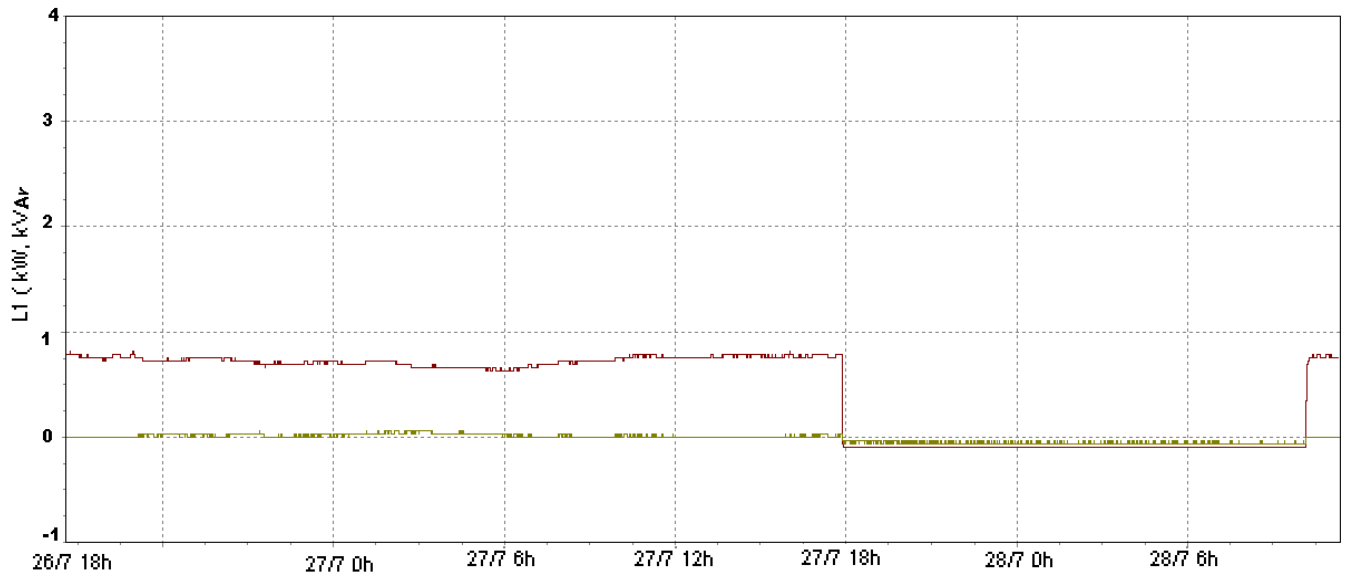


Σχήμα 5.13 Η διαφοροποίηση στο χρόνο της συχνότητας του δικτύου

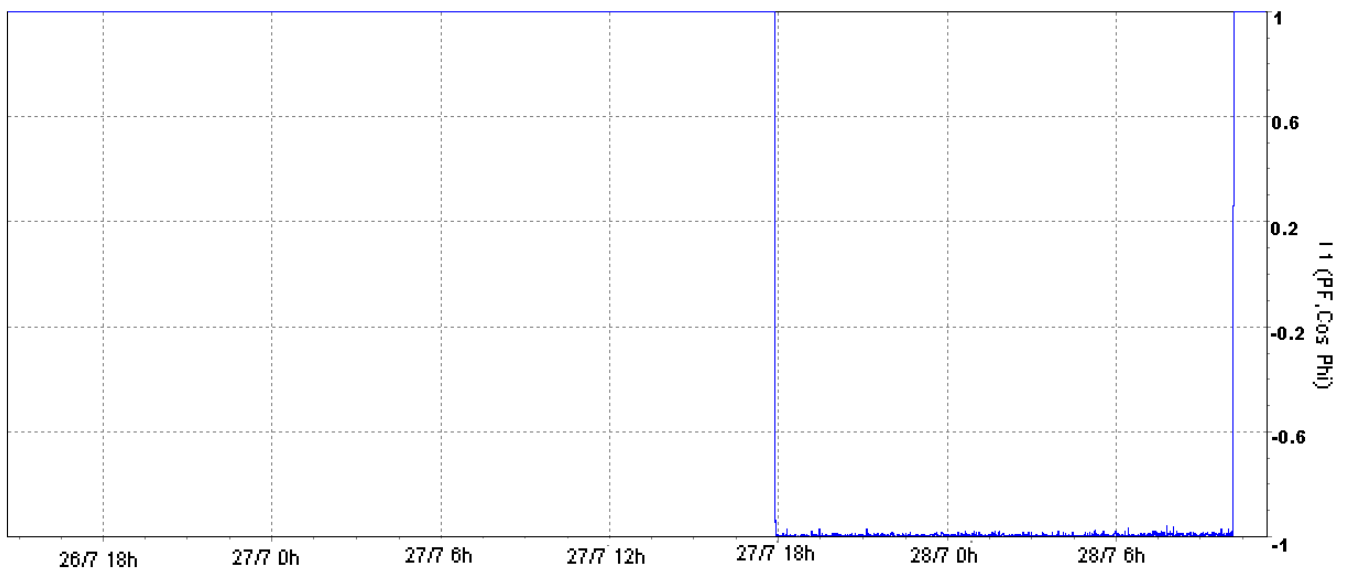


Σχήμα 5.14 Διάγραμμα των αρμονικών της τάσης, του ρεύματος και του ουδετέρου.

Η ισχύς παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με εκείνα του ρεύματος, λογικό για περίπου σταθερή τάση. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι περίπου σταθερή στα 800 kW. Η άεργος ισχύς κατά την περίοδο λειτουργίας είναι μηδαμινή και μη αξιόλογη. Ωστόσο, επαγωγικά και χωρητικά φορτία εμφανίζονται στις απότομες αλλαγές κατάστασης, δηλαδή από τη λειτουργία στην αποκοπή και το ανάποδο. Αυτές είναι οι στιγμές που επηρεάζουν επίσης τον συντελεστή ισχύος, ο οποίος την υπόλοιπη ώρα προσεγγίζει τη μονάδα. Σχετικά με την παρουσία αρμονικών όπως φαίνεται και στο παραπάνω γράφημα είναι σε φυσιολογικά πλαίσια (THD (A) ως 8% και THD(V) ως 2%).



Σχήμα 5.15 Διάγραμμα της ισχύος που καταναλώνεται από το κλιματιστικό



Σχήμα 5.16 Διάγραμμα της ενέργειας που καταναλώνεται από το κλιματιστικό



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.**

### **Οικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων Ενεργειακής Βελτίωσης**





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ** **ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

### **6.1 Ενεργειακή επιθεώρηση και προτάσεις βελτίωσης**

Σύμφωνα με τον [KENAK \[69\]](#), μετά τη διαδικασία επιθεώρησης, ο επιθεωρητής προσδιορίζει τα πεδία που μπορούν να βελτιωθούν, συντάσσει έκθεση Ενεργειακής Επιθεώρησης με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

Η έκθεση αποτελείται από το συμπληρωμένο έντυπο καταγραφής στοιχείων, περιλαμβανομένων των συστάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

Ειδικότερα για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων, πέραν της έκθεσης Ενεργειακής Επιθεώρησης, ο επιθεωρητής εκδίδει Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου, στο οποίο το κτίριο εντάσσεται σε ενεργειακή κατηγορία.

Αυτολεξεί ο [KENAK \[69\]](#) αναφέρει τα εξής: «Εφόσον πρόκειται για Ενεργειακή Επιθεώρηση νέου κτιρίου ή κτιρίου που υφίσταται ριζική ανακαίνιση (απαιτείται έκδοση πολεοδομικής άδειας), το κτίριο θα πρέπει υποχρεωτικά να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας (σύμφωνα με το Νόμο 3661), οι οποίες αντιστοιχούν στην Κατηγορία Ενεργειακής Απόδοσης Β του Πιστοποιητικού. Σε περίπτωση που το κτίριο δεν ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις, τότε ο Ενεργειακός Επιθεωρητής θα εκδώσει Πιστοποιητικό στο οποίο θα συμπεριλάβει διαπιστώσεις / υποδείξεις βελτίωσης, οι οποίες θα εξασφαλίζουν τις απαιτήσεις της κατηγορίας Β και τις οποίες ο ιδιοκτήτης υποχρεούται να εφαρμόσει εντός χρονικού διαστήματος 1 έτους. Μετά την εφαρμογή, θα επαναληφθεί η Ενεργειακή Επιθεώρηση και θα εκδοθεί νέο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης. Εφόσον ο ιδιοκτήτης δεν έχει εφαρμόσει μέτρα βελτίωσης, τότε το κτίριο εμπίπτει στις διατάξεις του νόμου περί αυθαιρέτων.»

Σύμφωνα με την [παράγραφο 28](#), του άρθρου 15 (Ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων) του Κεφαλαίου ΣΤ' που δημοσιεύεται στο ΦΕΚ 407: «Για τη σύνταξη των συστάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ο Ενεργειακός Επιθεωρητής δύναται να ανατρέχει σε κατάλογο προτεινόμενων συστάσεων, όπως καθορίζονται με σχετική [TOTEΕ](#) (τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος-υπό δημόσια διαβούλευση σ.σ.) κατόπιν έγκρισής της με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ.»

Σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν και βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν στα κεφάλαια 4 και 5 προηγουμένως, προτείνονται και εδώ ανάλογες δράσεις με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο κτίριο του Λαμπαδαρίου. Οι δράσεις αυτές εντάσσονται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο επενδύσεων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός σχεδίου επένδυσης είναι ότι οι ωφέλειες από την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών δεν

εξαντλούνται μέσα σε μια και μόνη χρονική περίοδο αλλά έχουν διάρκεια. Γενικότερα, κάθε πράξη που έχει ως αποτέλεσμα τη στέρηση πόρων για την ικανοποίηση σημερινών αναγκών, με την ελπίδα αποκόμισης ωφελειών στο μέλλον και μάλιστα για μακρά χρονική περίοδο αποτελεί επένδυση. Η δέσμευση ενός ποσού τώρα, είτε λόγω επένδυσής του είτε λόγω δανεισμού του κλπ., εμπεριέχει τον κίνδυνο αυτό το ποσό να χαθεί οριστικά για ποικίλους λόγους (π.χ. αποτυχία επένδυσης, οικονομικό περιβάλλον κλπ.). Αυτό το ρίσκο πρέπει να το πληρωθεί ο επενδυτής. Επιπλέον αποκλείει την εναλλακτική χρησιμοποίησή του (κόστος ευκαιρίας).

Οι οικονομικοί πόροι, οι οποίοι δεσμεύονται για την εφαρμογή ενός επενδυτικού σχεδίου καθώς και μια σειρά από αρνητικές δευτερογενείς επιδράσεις (π.χ., διακοπή λειτουργίας, όχληση ενοίκων και περιοίκων), συνιστούν το κόστος του σχεδίου επένδυσης. Αντίθετα, τα έσοδα από την εκμετάλλευση της επένδυσης καθώς και οι θετικές δευτερογενείς επιδράσεις αποτελούν τις ωφέλειες. Το κόστος και οι ωφέλειες ενός σχεδίου επένδυσης αποτελούν την πρωταρχική βάση για την αξιολόγησή του.

Σε ένα πρόγραμμα Διαχείρισης Ενέργειας, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα έσοδα και τα έξοδα που οφείλονται στην εφαρμογή μίας δράσης ενεργειακής βελτίωσης, για κάθε περίοδο της συνολικής διάρκειας ζωής του έργου. Η διαφορά ανάμεσα στα έσοδα (εισροές) και τα έξοδα (εκροές), για μία δεδομένη περίοδο, ονομάζεται χρηματοροή. Κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου, πρέπει να γίνεται η ακριβής εκτίμηση όλων των χρηματοροές που συνδέονται με αυτό. Οι χρηματοροές είναι θετικές όταν αντιπροσωπεύουν εισροές και αρνητικές για τις εκροές. Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι χρηματοροές δεν μπορούν απλά να προστίθενται, διότι η αξία του χρήματος μεταβάλλεται από τη μία περίοδο στην επόμενη. Συνεπώς πρέπει να γίνεται αναγωγή σε μία κοινή περίοδο αναφοράς [66].

## 6.2 Οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης επενδύσεων

Κατά την οικονομική αξιολόγηση επενδύσεων χρησιμοποιούνται κριτήρια που βασίζονται σε δείκτες αποδοτικότητας και λαμβάνουν υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος. Τα κριτήρια αυτά περιλαμβάνουν:

- Το ύψος των απαιτούμενων κεφαλαίων για την κάλυψη των δαπανών υλοποίησης του μέτρου.
- Την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Αξιολογείται το ετήσιο όφελος ως προς την δαπάνη υλοποίησης του μέτρου. Το ετήσιο όφελος περιλαμβάνει όχι μόνο τα καθαρά οφέλη από τη μειωμένη χρήση ενέργειας, αλλά και τα οφέλη (ή την επιβάρυνση) από τις ενδεχόμενες μεταβολές των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης. Πολλές φορές, επίσης, περιλαμβάνει και τα οφέλη από την μείωση των εκπομπών ρύπων, εφόσον αυτές συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στη διαμόρφωση των λειτουργικών εξόδων.
- Το ύψος της χρηματοδότησης από τρίτους. Αξιολογείται η δυνατότητα τυχόν χρηματικής υποστήριξης, η οποία είναι δυνατόν να διατίθεται από αντίστοιχα

εθνικά ή/και κλαδικά προγράμματα. Επίσης, αξιολογείται η δυνατότητα συνεισφοράς άλλου επιχειρηματικού κεφαλαίου στη χρηματοδότηση του μέτρου (χρηματοδότηση από τρίτους).

### 6.2.1 Κατηγορίες Κριτηρίων Οικονομικής Αξιολόγησης

Τα κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης ανήκουν σε δύο κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

*Απλά Κριτήρια:* περιλαμβάνεται η Απλή Περίοδος Αποπληρωμής (ΑΠΑ), η οποία ορίζεται σαν ο λόγος των κερδών προς το επενδυμένο κεφάλαιο (συνολικά ή μόνο ίδια κεφάλαια).

*Σύνθετα Κριτήρια:* χρησιμοποιούνται κυρίως σε επενδυτικά έργα με μεγάλους κύκλους ζωής, δηλαδή περισσότερο από πέντε χρόνια, τα οποία απαιτούν υψηλά επενδυτικά κεφάλαια. Για το λόγο αυτό συνυπολογίζεται η διαχρονική μεταβολή της αξίας του χρήματος κατά την τεχνοοικονομική αξιολόγηση, μέσω ενός επιτοκίου αναγωγής για τον υπολογισμό της χρονικής αξίας του χρήματος. Στα σύνθετα κριτήρια περιλαμβάνονται:

- Η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value ή NPV): κριτήριο αποδοχής είναι το  $NPV > 0$ .
- Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης ( Internal Rate of Return ή IRR): η τιμή του επιτοκίου για την οποία μηδενίζεται η NPV του έργου.
- Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής ( Discount Back Period ή DPB): το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου.

Συνήθως ο υπολογισμός των παραπάνω δεικτών είναι επαρκής για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης. Παρακάτω, παρουσιάζονται λεπτομερώς οι δείκτες.

#### *Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value, NPV)*

Ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) μιας επένδυσης βασίζεται στην έννοια της παρούσας αξίας του χρήματος. Η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης είναι η παρούσα αξία των διαχρονικών εισροών μείον την παρούσα αξία των διαχρονικών δαπανών και εκφράζεται ως εξής:

όπου:

d: το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία πάνω από το γενικό πληθωρισμό (συνήθως χρησιμοποιείται το επιτόκιο δανεισμού κεφαλαίου). Σαν χρονικό σημείο αναφοράς λαμβάνεται ο χρόνος έναρξης εμπορικής λειτουργίας της εγκατάστασης.

$F_t$ : Καθαρή χρηματική ροή ή καθαρή ταμειακή ροή (KTP) της επένδυσης για τη χρονική περίοδο  $t$

$N$ : η οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης ή περίοδος μελέτης

$C$ : (ή  $K_0$ ) το συνολικό κόστος επένδυσης ανηγμένο στο χρόνο αναφοράς

$SV_N$ : υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής.

Στην παρούσα αξιολόγηση η υπολειμματική αξία  $SV_N$  λαμβάνεται μηδενική οπότε ο τύπος παραπάνω μετασχηματίζεται σε:

—————

Με βάση αυτό το κριτήριο, μια επένδυση κρίνεται ως συμφέρουσα όταν η συνολική καθαρή παρούσα αξία της είναι μεγαλύτερη από το μηδέν, δηλαδή όταν:

Για την καθαρή ταμειακή ροή (KTP ή  $F_t$ ) αυτή υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

όπου:

$E$ : τα έσοδα

$\Delta$ : οι λειτουργικές δαπάνες, δηλαδή κόστη συντήρησης, υποστήριξης

$A$ : οι αποσβέσεις της επένδυσης, δηλαδή το κόστος επένδυσης προς τον χρόνο ζωής  $C/N$

$\Phi\%$ : ο φορολογικός συντελεστής λαμβάνεται 25%.

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την Καθαρή Παρούσα Αξία, άρα και τη βιωσιμότητα μιας επένδυσης είναι το επιτόκιο αναγωγής  $d$  σε παρούσα αξία. Αυτό θα φανεί και στη συνέχεια με τον ορισμό του δείκτη του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης. Επομένως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή αυτής της παραμέτρου. Συνήθως λαμβάνεται υπ' όψη ο ρυθμός απόδοσης κάποιας άλλης εναλλακτικής επένδυσης και ακολουθεί σύγκριση. Για παράδειγμα αν  $NPV(A) > NPV(B)$ , προκρίνεται η επένδυση  $A$ .

Το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία μπορεί να αντιπροσωπεύει την ευκολία δανεισμού κεφαλαίων συγκεκριμένου επενδυτή. Με άλλα λόγια δεν υπάρχει ένα απόλυτο μέτρο επιλογής για το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία, αλλά μια ομάδα μέτρων ανάλογα με το επιτόκιο που αντιστοιχεί σε κάθε επενδυτή ή για την ομάδα επιτοκίων που εξετάζονται.

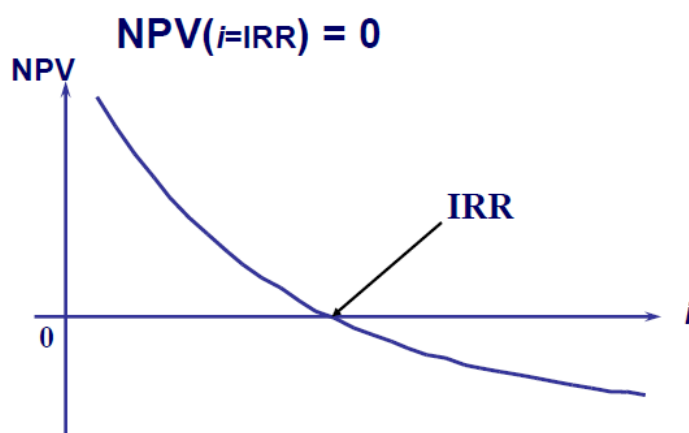
Ο βαθμός κινδύνου μίας επένδυσης εξαρτάται από την ευαισθησία της  $NPV$  στις μεταβολές σημαντικών παραμέτρων και από το εύρος των πιθανών τιμών των παραμέτρων αυτών.

*Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return, IRR)*

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA ή IRR) μιας επένδυσης βασίζεται, όπως και ο δείκτης ΚΠΑ, στην έννοια της παρούσας αξίας. Ο EBA είναι το επιτόκιο προεξόφλησης πάνω από το γενικό πληθωρισμό, το οποίο εξισώνει την παρούσα αξία των αναμενόμενων εισροών με την παρούσα αξία των δαπανών. Η μέθοδος υπολογισμού του EBA είναι ίδια με αυτή της ΚΠΑ, με την διαφορά ότι αποφεύγεται η αυθαίρετη επιλογή ή η αβεβαιότητα που υπάρχει στο επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία μιας επένδυσης. Το ζητούμενο λοιπόν είναι να βρεθεί ένα επιτόκιο  $d$  το οποίο να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

ή μέσω του επαναληπτικού αλγορίθμου:

ξεκινώντας από μια αρχική τιμή επιτοκίου  $k$  και την αντίστοιχη NPV και προχωρώντας κατά βήματα ως ότου μηδενιστεί η NPV.

**Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης - IRR**

Σχήμα 6.1 Οπτικοποίηση της σχέσης για την Καθαρή Παρούσα Αξία και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης

Η επιχείρηση θέτει ένα ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο για την τιμή του IRR, κάτω από το οποίο απορρίπτει την επένδυση. Το επιτόκιο αυτό είναι το κόστος ευκαιρίας της επένδυσης, δηλ. το επιτόκιο αναγωγής  $d$ . Οπότε γίνεται κατανοητό ότι:

- για  $IRR > d$  η επένδυση είναι αποδεκτή
- για  $IRR < d$  η επένδυση απορρίπτεται

Μεταξύ δύο εναλλακτικών επενδύσεων A και B προκρίνεται αυτή με το μεγαλύτερο IRR, δηλ. αν  $IRR(A) > IRR(B)$ , προκρίνεται η επένδυση A. Η εξίσωση επιλύεται είτε με αριθμητικές μεθόδους είτε με γραφική παράσταση. Σύμφωνα με τον οικονομικό

δείκτη EBA μια επένδυση θεωρείται συμφέρουσα, όταν ο EBA είναι μεγαλύτερος από κάποιο βαθμό απόδοσης, π.χ. το κόστος ευκαιρίας μιας άλλης επένδυσης ή από τα αποδεκτά επιτόκια δανειοδότησης.

#### *Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής ( Discounted Payback period, DPB)*

Η μέθοδος της έντοκης περιόδου αποπληρωμής (EΠΑ), βασίζεται και αυτή στην έννοια της παρούσας αξίας. Η EΠΑ είναι η χρονική διάρκεια N κατά την οποία γίνεται η επανάκτηση του κεφαλαίου επένδυσης. Βρίσκεται αν λυθεί η ακόλουθη εξίσωση ως προς N:

---

### **6.2.2 Σύγκριση Εναλλακτικών Επενδύσεων**

Η συστηματική προσέγγιση για την οικονομική αξιολόγηση επενδύσεων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Προσδιορισμός του προβλήματος και καθορισμός του στόχου.
- Καθορισμός των δυνατών εναλλακτικών σχεδίων προς αξιολόγηση.
- Καθορισμός του χρονικού ορίζοντα του προγράμματος.
- Εκτίμηση των χρηματικών ροών για κάθε εναλλακτικό σχέδιο.
- Καθορισμός του ελάχιστου αποδεκτού ρυθμού επιστροφής (ή Απλή Περίοδος Αποπληρωμής)
- Σύγκριση των εναλλακτικών σχεδίων με ένα συγκεκριμένο κριτήριο αξιολόγησης.
- Συμπληρωματικές αναλύσεις αβεβαιότητας – ανάλυση ευαισθησίας και κινδύνου.
- Επιλογή του καλύτερου επενδυτικού σχεδίου.

Ο καθορισμός του χρονικού ορίζοντα για την οικονομική αξιολόγηση δεν είναι πάντα εύκολος. Συνήθως, χρησιμοποιείται το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο της διάρκειας ζωής των διαφόρων εναλλακτικών προτάσεων. Για την σύγκριση των εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- Μέθοδος Παρούσας Αξίας: θα πρέπει να υπολογιστεί η καθαρή παρούσα αξία για κάθε σχέδιο και να επιλεγεί αυτό με την μεγαλύτερη, εφόσον η χρονική διάρκεια ζωής είναι κοινή.
- Μέθοδος Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης: με την βοήθεια της μεθόδου δοκιμής και λάθους υπολογίζεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για τα επενδυτικά σχέδια. Τελικά επιλέγεται αυτό με τον μεγαλύτερο βαθμό αποδοτικότητας.
- Μέθοδος Χρόνου Αποπληρωμής: η έντοκη περίοδος αποπληρωμής δεν είναι συμβατή με τις προηγούμενες μεθόδους και μπορεί να οδηγήσει σε εντελώς διαφορετικές επιλογές. Επιλέγεται πάντα εκείνο το εναλλακτικό επενδυτικό σχέδιο με την μικρότερη περίοδο αποπληρωμής.

Στην παρούσα φάση οι προτεινόμενες επενδύσεις θα αξιολογηθούν όπου τίθεται θέμα επιλογών και σύγκρισης με την πρώτη μέθοδο, θα υπολογιστούν όμως και οι δείκτες του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής [66].

### 6.3 Μελέτη των επενδύσεων

Μόλις πρόσφατα δημοσιεύτηκε σε Φύλλο της Εφημερίδος της Κυβέρνησης η έγκριση του [KENAK \[69\]](#), (Απρίλιος 2010) ενώ παράλληλα τον Ιούνιο εκδόθηκε η [υπουργική απόφαση Δ6/Β/14826/2008 - ΦΕΚ 1122/Β'/17.6.2008](#) σύμφωνα με την οποία θεσπίζονται μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα, όπως είναι και το Λαμπαδάριο ως εκπαιδευτικό ίδρυμα. Οι τεχνικές οδηγίες είναι ακόμα υπό δημόσια διαβούλευση, σε λίγες μέρες συστήνεται το προσωρινό σώμα Επιθεωρητών, ενώ αναμένεται πολύ σύντομα (τέλη Σεπτεμβρίου – αρχές Οκτώβρη) και η έκδοση από το ΤΕΕ του λογισμικού αξιολόγησης που θα χρησιμοποιούν οι επιθεωρητές. Η εικόνα όπως είναι λογικό δεν έχει ξεκαθαρίσει ακόμα κάτι που θα αρχίσει να συμβαίνει όταν ο μηχανισμός τεθεί σε λειτουργία, ίσως σε λίγους μήνες από τώρα με την εκκίνηση του προγράμματος για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις.

Σχετικά με το χρηματοδοτικό σχήμα, στο δημόσιο τομέα και υπό την παρούσα δύσκολη οικονομική συγκυρία, προκειμένου να βρεθούν οι οικονομικοί πόροι για επενδύσεις, αναμένεται, όπως συνέβη και σε άλλες χώρες που προηγούνται σε αυτόν τον τομέα, να κυριαρχήσει η τάση συμπράξεων με τον ιδιωτικό τομέα για την υλοποίηση επενδυτικών προγραμμάτων που αποσκοπούν στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Αυτό αναμένεται να συμβεί με τη δραστηριοποίηση των καλούμενων Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ ή ESCO) και μηχανισμών χρηματοδότησης όπως είναι η Χρηματοδότηση από Τρίτους (ΧΑΤ). Η ΕΕΥ θα αναλαμβάνει αφού μελετήσει τους κινδύνους την εκτέλεση έργων βελτίωσης και θα πληρώνεται μέσω των παροχών ενέργειας από την εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύπτει στα τιμολόγια μετά τις παρεμβάσεις της.

Σε ένα κτίριο δημόσιο και εκπαιδευτικό, όπως είναι το Λαμπαδάριο θα μπορούσε το επενδυτικό έργο να το αναλάβει το ίδιο το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς λόγους είτε με δικούς του πόρους, είτε με κάποια κρατική ή Ευρωπαϊκή επιχορήγηση (όπως είναι τα Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης). Πρέπει να εξεταστούν και άλλες επιλογές όπως είναι η πιστοποίηση και η υποστήριξη από το πρόγραμμα [GreenBuilding](#) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την επίτευξη μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης άνω του 25%.

Το πρόγραμμα [GreenBuilding](#) επικεντρώνεται στην πραγματοποίηση ενεργειακών επεμβάσεων οικονομικά αποδοτικών και παρέχει πληροφοριακή υποστήριξη και δημόσια αναγνώριση και προβολή σε οργανισμούς / επιχειρήσεις που ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν και είναι διατεθειμένοι να δεσμευτούν στην υιοθέτηση μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.



Το GB Plan (GBP) ενθαρρύνει τα μέλη του να προβούν σε κερδοφόρες επενδύσεις χωρίς την ανάγκη συγκεκριμένων οικονομικών κίνητρων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Οι επενδύσεις GBP αφορούν στη χρήση ώριμων τεχνολογιών αγοράς και προϊόντων και υπηρεσιών, των οποίων η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι αποδεδειγμένη. Η υποστήριξη που παρέχει το πρόγραμμα [GreenBuilding](#) στα Μέλη του έγκειται σε τεχνική πληροφόρηση και σε και προβολή και δημόσια αναγνώριση, όπως παρουσιάσεις στην ηλεκτρονική σελίδα του προγράμματος, δημοσιεύσεις σε εφημερίδες και περιοδικά, παρουσιάσεις σε Εκθέσεις και Συνέδρια σε ολόκληρη την Ευρώπη, τακτικά Δελτία Τύπου και φυλλάδια και καταλόγους επιτυχημένων εφαρμογών. Η επίσημη πλακέτα Μέλους του GBP που δίδεται από την Ε.Ε. επιτρέπει στα Μέλη να προβάλλουν το υπεύθυνο επιχειρηματικό πνεύμα τους στους πελάτες τους.

Το GBP είναι συμπληρωματικό της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (2002/91/EC) καθώς ενθαρρύνει την διερεύνηση και την επίτευξη περαιτέρω ενεργειακής εξοικονόμησης στον τριτογενή κτιριακό τομέα.

Μια ακόμα δυνατότητα είναι το Πολυτεχνείο να υποβάλλει συνολική πρόταση και μελέτη για συγκεκριμένες επενδύσεις με στόχο την ένταξη στο πρόγραμμα «[ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ](#)» που συγχρηματοδοτείται από το ταμείο συνοχής και εντάσσεται στο ΕΣΠΑ 2007 -2013 και τελικά την επιχορήγηση των εξόδων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των επενδύσεων.

Σε αυτή τη διπλωματική θα εξεταστεί το σενάριο το Πολυτεχνείο να χρηματοδοτήσει πλήρως με δικούς του πόρους τα παρακάτω επενδυτικά σχέδια. Τα σχέδια αυτά προτείνονται ανεξάρτητα και δεν πρέπει να φανεί το αποτέλεσμά τους σαν συνδυασμένες δράσεις. Υπολογίζονται δηλαδή τα οφέλη σε σχέση με τη σημερινή κατάσταση, στην περίπτωση που λάβει χώρα μόνο μία από τα παρακάτω προτάσεις. Προφανώς αν εφαρμόζονταν όλες οι προτάσεις συνδυαστικά το όφελος και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης θα ήταν στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Ορίζονται για τον υπολογισμό των δεικτών μηδενική υπολειμματική αξία για όλες τις επενδύσεις και επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5%. Ταυτόχρονα οι επενδύσεις εξετάζονται αναλόγως με τον χρόνο ζωής τους (έτη στα οποία αποδίδουν οφέλη) άλλοτε με εικοσαετή και άλλοτε με δεκαετή οικονομικό κύκλο ζωής (N=10), δε λαμβάνεται υπόψη κανένα δάνειο άρα ούτε και τόκοι, επίσης λαμβάνεται υπόψη φορολογικός συντελεστής  $\Phi\Sigma = 0,25$ .

### 6.3.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστοιχιών στην οροφή του κτιρίου

Το πρώτο μέρος της μελέτης περιλαμβάνει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων στην οροφή του Λαμπαδαρίου και σύνδεση τους με το δίκτυο Χαμηλής Τάσης (μέσω μετασηματιστή ΜΤ/ΧΤ αφού το Πολυτεχνείο είναι καταναλωτής ΜΤ ή μέσω ξεχωριστής γραμμής σύνδεσης στην πλησιέστερη γραμμή ΧΤ) για πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάσταση αφορά την οροφή του τρίτου ορόφου μόνο και όχι και αυτήν της ανακαινιζόμενης πτέρυγας στα νότια και αυτό επειδή αυτή βρίσκεται περίπου 8 μέτρα χαμηλότερα και θα σκιάζεται συνεχώς από τα

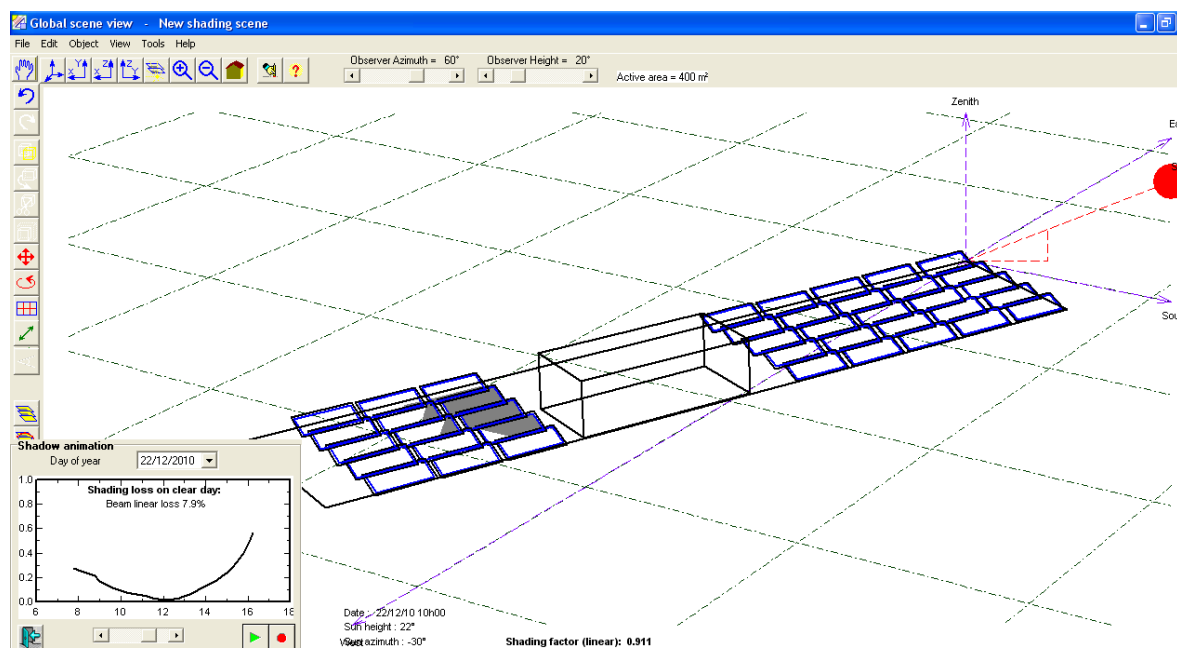
περιβάλλοντα υψηλότερα κτίρια, αποδίδοντας χαμηλά και βλάπτοντας τον χρόνο ζωής του ίδιου του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Επιπλέον, στον τρίτο όροφο του κτιρίου λαμβάνονται υπόψη ο εξής περιορισμός: Μόνο τα 488 τ.μ. από τα 1.200τ.μ. μπορούν να αξιοποιηθούν και αυτό λόγω του πιθανού σκιασμού που θα προκαλείται από το κλιμακοστάσιο, επιφάνειας 120 τ.μ. και ύψους 5,5 μέτρων και επιπλέον από την ελάχιστη απόσταση ασφαλείας των 0,50 μέτρων από το γείσο της οροφής αν πρόκειται για δώμα.

Για τον υπολογισμό αυτών και άλλων τεχνικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε λογισμικό πρόγραμμα [[PVsyst v5.1](#)] που εξομοιώνει τις συνθήκες και παρουσιάζει τα αποτελέσματα.



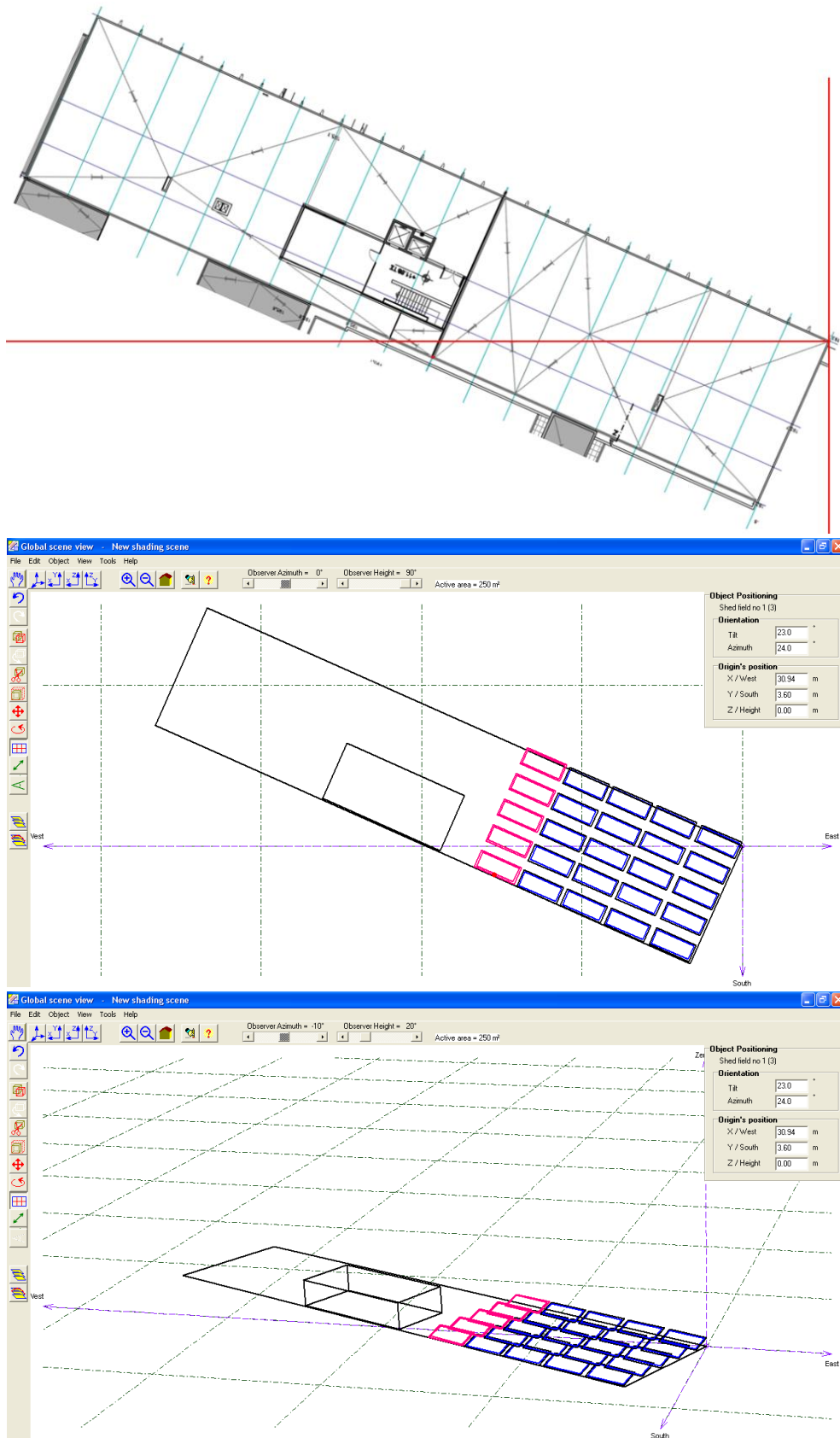
**Εικόνα 6.1 Μια συστοιχία Φ/Β πλαισίων**

Όπως φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες κατά την προσομοίωση με το πρόγραμμα στις 22 Δεκέμβρη που αναμένεται και τη μεγαλύτερη σκίαση αφού ο ήλιος βρίσκεται χαμηλότερα στον ορίζοντα το δυτικό τμήμα σκιάζεται τις ώρες που αναμένεται λειτουργία των συστοιχιών. Αυτό έχει άσχημες συνέπειες στην απόδοση, στην ποιότητα της ισχύος και τον χρόνο ζωής του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Αυτός είναι και ο λόγος που τελικά επιλέγεται η εγκατάσταση των πάνελ μόνο στο ανατολικό τμήμα της οροφής.



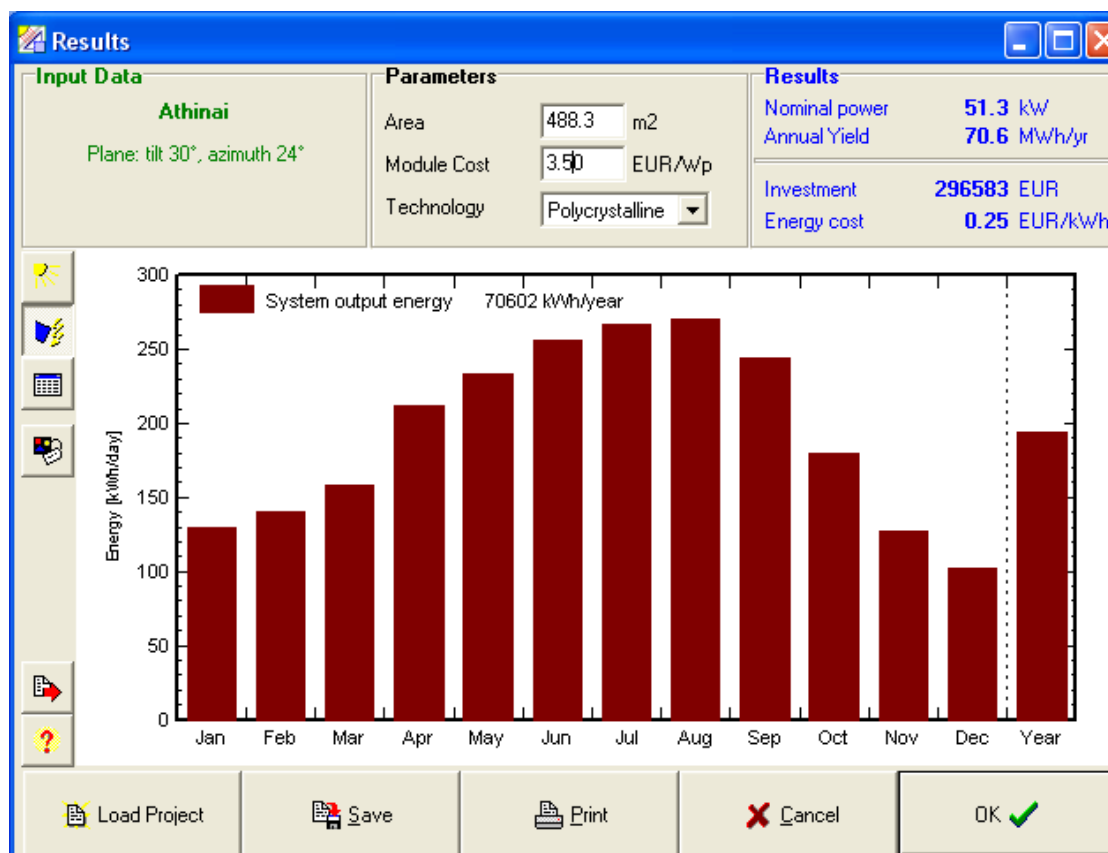
Εικόνα 6.2 Εγκατάσταση Φ/Β σε όλη την οροφή και σκίαση στις 10:00 της 22<sup>ης</sup> Δεκέμβρη

Το αζιμούθιο λόγω του προσανατολισμού του κτιρίου τοποθετείται στις  $24^\circ$  ώστε να τοποθετηθούν στην οροφή όσο το δυνατόν περισσότερα πάνελ. Αυτό οδηγεί σε πολύ μικρές απώλειες σε σχέση με το βέλτιστο μηδενικό αζιμούθιο της τάξης του 1,4%. Συγκεκριμένα, στα 488 τ.μ. που μένουν ελεύθερα τοποθετούνται εξαεριζόμενες συστοιχίες πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών πλαισίων συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 51,3 kW κόστους 179.450 € σε νότιο προσανατολισμό με  $30^\circ$ , κλίση όπως ισχύει στον αθηναϊκό χώρο για επίτευξη μέγιστου δυνατού αποτελέσματος, κόστος καλωδίωσης και προσθήκης αντιστροφών για τη διαμόρφωση του ρεύματος 30.763 € και λοιπά έξοδα (όπως αρχική υποστήριξη, μεταφορά, επιβίβαση) με κόστος 86.369 €. Το συνολικό κόστος φτάνει τα 296.583 €. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται περίπου 70,6 MWh/έτος. (έχουν συμπεριληφθεί απώλειες 12%). Το ετήσιο κόστος συντήρησης εκτιμάται περίπου στα 100€.



Εικόνα 6.2 Τελική μορφή της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών

Προϋποθέτοντας ότι η σύμβαση (που προϋποθέτει την έκδοση πολεοδομικής άδειας) υπογράφεται την περίοδο από τον Αύγουστο του 2011 ως το Φεβρουάριο του 2012 και περίπου ένα έτος μετά, τον Φεβρουάριο του 2013 η εγκατάσταση είναι ολοκληρωμένη και τίθεται σε λειτουργία (ο νόμος προβλέπει μέγιστο διάστημα 18 μήνες). Οπότε με πώληση ρεύματος στη ΔΕΗ, για εγκατάσταση ως και 100 kW, η τιμή πώλησης της kWh για το μήνα Φεβρουάριο του 2013 (αν τότε υπογραφόταν η σύμβαση) ανέρχεται στα 0,41943 ευρώ/kWh. Η τιμή εξαρτάται από την ημερομηνία υπογραφής της Σύμβασης με το ΔΕΣΜΗΕ και κάθε 1η Αυγούστου πέφτει 2,5% κάθε 1η Φεβρουαρίου 5%. Άρα αφού η σύμβαση υπογράφεται μεταξύ Αυγούστου 2011 και Φεβρουαρίου του επόμενου έτους η τιμή «κλειδώνει» στα 0,40894€. Από τη στιγμή που τίθεται σε ισχύ η σύμβαση, η τιμή πώλησης «κλειδώνει» πλέον στην τιμή της περιόδου εκείνης και αναπροσαρμόζεται ετησίως κατά 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους δηλαδή του πληθωρισμού. Λόγω της δύσκολης οικονομικής συγκυρίας για την Ελλάδα (περίοδος αποπληθωρισμού) είναι δύσκολο να γίνει όποια εκτίμηση για την πορεία του πληθωρισμού, σύμφωνα όμως με εκτιμήσεις (σενάριο χαμηλής και υψηλής ανάπτυξης) γίνεται η υπόθεση ότι ο πληθωρισμός την δεκαετία 2013 – 2033 είναι σταθερός στο 2% [67] οπότε τελικά η τιμή πώλησης της kWh αναπροσαρμόζεται ετησίως κατά 5%. Εξετάζεται ακόμα 1 σενάριο για πληθωρισμό 8% οπότε οι τιμές αναπροσαρμόζονται κατά 2%. Λαμβάνεται ακόμα υπόψη η αποπληθωρισμένη ΚΤΡ για κάθε έτος.



Σχήμα 6.2 Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Εδώ, η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια

**Πληθωρισμός 2% (συντελεστής προσαρμογής 5%)****Πίνακας 6.1 Υπολογισμός για την ΚΠΑ στην εγκατάσταση των Φ/Β συστοιχιών για N=20**

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ		ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΤΡ €	ΑΠΟΠΛΗΘ. ΚΤΡ €	ΑΝΗΓ. ΚΤΡ €	0,05 ← d	
	€/kWh	kWh					€	0,02 ← p
1	0,40894	70.602,00	28.871,98	100,00	28.771,98	28.207,83	26.864,60	
2	0,4109847	70.602,00	29.016,34	100,00	28.916,34	27.793,48	25.209,51	
3	0,4130396	70.602,00	29.161,42	100,00	29.061,42	27.385,23	23.656,39	
4	0,4151048	70.602,00	29.307,23	100,00	29.207,23	26.982,97	22.198,95	
5	0,4171803	70.602,00	29.453,77	100,00	29.353,77	26.586,61	20.831,31	
6	0,4192662	70.602,00	29.601,04	100,00	29.501,04	26.196,08	19.547,91	
7	0,4213626	70.602,00	29.749,04	100,00	29.649,04	25.811,27	18.343,59	
8	0,4234694	70.602,00	29.897,79	100,00	29.797,79	25.432,12	17.213,46	
9	0,4255867	70.602,00	30.047,27	100,00	29.947,27	25.058,54	16.152,96	
10	0,4277147	70.602,00	30.197,51	100,00	30.097,51	24.690,44	15.157,79	
11	0,4298532	70.602,00	30.348,50	100,00	30.248,50	24.327,75	14.223,93	
12	0,4320025	70.602,00	30.500,24	100,00	30.400,24	23.970,38	13.347,61	
13	0,4341625	70.602,00	30.652,74	100,00	30.552,74	23.618,26	12.525,27	
14	0,4363333	70.602,00	30.806,01	100,00	30.706,01	23.271,32	11.753,60	
15	0,438515	70.602,00	30.960,04	100,00	30.860,04	22.929,46	11.029,46	
16	0,4407076	70.602,00	31.114,84	100,00	31.014,84	22.592,63	10.349,94	
17	0,4429111	70.602,00	31.270,41	100,00	31.170,41	22.260,74	9.712,29	288.118,57
18	0,4451257	70.602,00	31.426,76	100,00	31.326,76	21.933,73	9.113,92	297.232,48
19	0,4473513	70.602,00	31.583,90	100,00	31.483,90	21.611,52	8.552,41	
20	0,4495881	70.602,00	31.741,82	100,00	31.641,82	21.294,04	8.025,50	313.810,39

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (NVP) προκύπτει θετική:

$$-296.583\text{€} + 313.810,39 \text{€} = 17.227 \text{€}$$

Επιπλέον ο δείκτης Εσωτερικής Απόδοσης (IRR) είναι ίσος με 0,0572 (5,72%). Ακόμα, ο υπολογισμός της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) προκύπτει ίσος με 17 έτη και 11 μήνες. Όλοι οι δείκτες αποδεικνύουν τη βιωσιμότητα της επένδυσης όταν αυτή εξετάζεται μακροπρόθεσμα συγκεκριμένα σε βάθος 20ετίας.

Μικρότερος οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης, περιορίζει τις δυνατότητες της επένδυσης. Μια τέτοιου μεγέθους επένδυση παρουσιάζει μακροπρόθεσμα τα οφέλη της και για αυτόν το λόγο οι Συμβάσεις τέτοιου είδους όπως και ο πραγματικός χρόνος ζωής και ωφέλειας του συστήματος των Φ/Β τέτοιου είδους ξεπερνούν το διάστημα 20 ετών.

**Πληθωρισμός 8% (συντελεστής προσαρμογής 2%)****Πίνακας 6.2 Υπολογισμός για την ΚΠΑ στην εγκατάσταση των Φ/Β συστοιχιών για πληθωρισμό 8%**

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ	ΕΣΟΔΑ		ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	ΚΤΡ €	ΑΠΟΠΛΗΘ. ΚΤΡ €	ΑΝΗΓ. ΚΤΡ €	0,05 ← d	0,08 ← p
	€/kWh	kWh	€	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ					
1	0,40894	70.602,00	28.871,98	100,00	28.771,98	26.640,72	25.372,12		
2	0,4109847	70.602,00	29.016,34	100,00	28.916,34	24.791,10	22.486,26		
3	0,4130396	70.602,00	29.161,42	100,00	29.061,42	23.069,89	19.928,64		
4	0,4151048	70.602,00	29.307,23	100,00	29.207,23	21.468,19	17.661,93		
5	0,4171803	70.602,00	29.453,77	100,00	29.353,77	19.977,68	15.653,04		
6	0,4192662	70.602,00	29.601,04	100,00	29.501,04	18.590,66	13.872,63		
7	0,4213626	70.602,00	29.749,04	100,00	29.649,04	17.299,93	12.294,74		
8	0,4234694	70.602,00	29.897,79	100,00	29.797,79	16.098,82	10.896,31		
9	0,4255867	70.602,00	30.047,27	100,00	29.947,27	14.981,09	9.656,95		
10	0,4277147	70.602,00	30.197,51	100,00	30.097,51	13.940,97	8.558,55		
11	0,4298532	70.602,00	30.348,50	100,00	30.248,50	12.973,06	7.585,08		
12	0,4320025	70.602,00	30.500,24	100,00	30.400,24	12.072,35	6.722,34		
13	0,4341625	70.602,00	30.652,74	100,00	30.552,74	11.234,18	5.957,73		
14	0,4363333	70.602,00	30.806,01	100,00	30.706,01	10.454,20	5.280,08		
15	0,438515	70.602,00	30.960,04	100,00	30.860,04	9.728,37	4.679,51		
16	0,4407076	70.602,00	31.114,84	100,00	31.014,84	9.052,94	4.147,25		
17	0,4429111	70.602,00	31.270,41	100,00	31.170,41	8.424,39	3.675,54	194.428,69	
18	0,4451257	70.602,00	31.426,76	100,00	31.326,76	7.839,49	3.257,47	197.686,16	
19	0,4473513	70.602,00	31.583,90	100,00	31.483,90	7.295,20	2.886,96		
20	0,4495881	70.602,00	31.741,82	100,00	31.641,82	6.788,69	2.558,59	203.131,71	

Για αυτό το σενάριο υψηλού πληθωρισμού η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ – NPV) σε βάθος εικοσαετίας (N=20) ισούται με -93. 451€ (που προέρχεται από -296.583€ + 203.131,71 €) και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA – IRR) αρνητικός που και πάλι καθιστούν την επένδυση μη βιώσιμη. Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ) ξεπερνά τα 20 έτη.

**6.3.2 Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο περιμετρικό κέλυφος του κτιρίου**

Το δεύτερο μέρος της επένδυσης περιλαμβάνει την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλους τους τοίχους της περιμετρικής επιφάνειας. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για τη θερμομόνωση των δομικών στοιχείων σε ήδη υφιστάμενα κτίρια όπου η παρέμβαση στο εσωτερικό της τοιχοποιίας για την τοποθέτηση θερμομόνωσης είναι αδύνατη.

Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης εφαρμόζεται επενδύοντας εξωτερικά το κτίριο με θερμομονωτικό υλικό συνήθως από διογκωμένη πολυστερίνη ή πετροβάμβακα, το οποίο «σοβατίζεται» με ένα ειδικό ελαστικό πολύ ισχυρό στεγανό επίχρισμα. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου

από τους εξωτερικούς τοίχους αλλά και η εισροή θερμότητας το καλοκαίρι από το περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου.



**Εικόνα 6.2 Τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών**

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι:

- Δε δημιουργούνται θερμογέφυρες στα δοκάρια, στις κολώνες, στα σενάζια και στα δάπεδα, στα σημεία όπου ο τούβλινος τοίχος (οπτοπλινθοδομή) συναντά τα στοιχεία αυτά, έστω και αν είναι θερμομονωμένα. Παρέχει λοιπόν εξαιρετική θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Προστατεύει τις επιφάνειες των τοίχων από υγρασίες, καθώς είναι στεγανά επιχρίσματα, και εκτός από την συντηρητική προστασία που προσφέρουν στο κτίριο, μειώνουν και τις ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης του.
- Δε δημιουργούν επιφάνειες με θερμοχωρητικότητα στην εξωτερική πλευρά των τοίχων, που θα συσώρευαν θερμότητα και θα την επανακτινοβολούσαν στο περιβάλλον, εντείνοντας το φαινόμενο των θερμικών νησίδων στην πόλη. Δηλαδή δε συμβάλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης, όπως κάνουν οι τοίχοι των συμβατικών κτιρίων. Αντιθέτως εκμεταλλεύονται τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων μόνο για το εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλοντας στην οικονομία ενέργειας.
- Αυξάνουν, σε μία καινούργια κατοικία, το εμβαδόν των λειτουργικών χώρων κατά 6 περίπου τετραγωνικά μέτρα κάθε εκατό τετραγωνικά εμβαδού κατοικίας. Αυτό συμβαίνει γιατί δε χρειάζεται διπλή τούβλινη δομή (διπλό τοίχο) αλλά μονή.
- Αυξάνει το χρόνο ζωής του κτιρίου καθώς το προστατεύει από διάβρωση και παγοπληξίες. Το σύστημα αυτό σπάνια παρουσιάζει ρηγματώσεις.
- Η εφαρμογή του συστήματος είναι λιγότερο οχληρή από τα συμβατικά επιχρίσματα καθώς τα επιχρίσματα που χρησιμοποιούνται τοποθετούνται με σπάτουλες καθώς παρουσιάζουν υψηλή θιξοτροπικότητα. Ως αποτέλεσμα δεν αφήνουν υπολείμματα πέρα από τα υπολείμματα θερμομονωτικού υλικού.
- Η ποιότητα κατασκευής του συστήματος χαρακτηρίζεται ως υψηλή, καθώς χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα τεμάχια για την προστασία των γωνιών,



νεροσταλάκτες, υαλόπλεγμα για τον οπλισμό σ' όλη την επιφάνεια εφαρμογής του επιχρίσματος

Ένα τέτοιο σύστημα έχει ένα κόστος περίπου 40 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο και οι κατασκευαστές δίνουν μέσο χρόνο απόσβεσης από την εξοικονόμηση ενέργειας και μόνο, τα 4- 6 έτη.

Η εξωτερική θερμομόνωση όμως μπορεί να παίξει ένα σημαντικό ρόλο και στην ανάπλασή του αυξάνοντας την αξία του. Αυτή η αύξηση της αξίας δεν επιτυγχάνεται μόνο μέσα από την ανάπλαση αλλά και από δύο ακόμη παραμέτρους: από την καλύτερη βαθμονόμηση του κτιρίου στην ενεργειακή του ταυτότητα αλλά και από την αύξηση της ζωής του και τη μείωση του κόστους συντήρησής του.

Το πάχος πολυστερίνης που απαιτείται, αποφασίζεται βάσει μελέτης θερμομόνωσης και αφού γίνει η ενεργειακή εκτίμηση της παρούσης κατάστασης ώστε το κτίριο να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις βάσει του νόμου 3661.

Η εφαρμογή του συστήματος ακολουθεί την ακόλουθη σειρά εργασιών:

- Αλφαδιάζεται – επιπεδώνεται ο εξωτερικός τοίχος με ράμματα.
- Τοποθετούνται οι μαρμαροποδιές των παραθύρων καθώς θα πρέπει να προεξέχουν της τελικής επιφάνειας του συστήματος.
- Ορίζεται στη βάση του τοίχου, (συνήθως 50 εκατοστά ύψος από αυτή) είτε με ράμμα είτε με ειδικό μεταλλικό τεμάχιο, οριζόντιος οδηγός ο οποίος πρέπει να είναι απολύτως κάθετος προς τις κάθετες ακμές-γωνίες του κτιρίου.
- Επικολλώνται οι θερμομονωτικές πλάκες από πολυστερίνη ή άλλο θερμομονωτικό υλικό τοποθετημένες έτσι ώστε το μεγαλύτερο μήκος τους να αναπτύσσεται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με το έδαφος) παίρνοντας ως βάση έναρξης τον οριζόντιο οδηγό. Οι πλάκες αυτές είναι σημαντικό να διασταυρώνονται έτσι ώστε να συμπίπτουν οι κάθετες απολήξεις τους με τις κάθετες απολήξεις των θερμομονωτικών πλακών της από κάτω σειρά. Ειδικά στη βάση, κάτω από τον οδηγό η πυκνότητα του θερμομονωτικού υλικού αυξάνεται (ή ακόμη αλλάζει σε ορισμένες περιπτώσεις και το ίδιο το υλικό) ώστε να αποφευχθεί μελλοντικά εμφάνιση ανερχόμενης υγρασίας.
- Ανάλογα με το ύψος της τοιχοποιίας αλλά και το αν αυτή είναι οπτοπλινθοδομή, από σκυρόδεμα ή από τσιμεντοσανίδα, οι θερμομονωτικές πλάκες πακτώνονται με ειδικά βύσματα ώστε να εξασφαλίζεται πρόσθετη μηχανική στερέωση.
- Πληρώνονται τα κενά ανάμεσα στους αρμούς των θερμομονωτικών φύλλων ή στην επαφή που αυτά έχουν με στοιχεία που διακόπτουν τη συνέχεια της επιφάνειας και κατόπιν τρίβονται όλα τα σημεία που εξέχουν από τα θερμομονωτικά φύλλα έτσι ώστε να εξασφαλισθεί επίπεδη επιφάνεια χωρίς ανωμαλίες (καμπύλες ή ακμές)
- Τοποθετούνται τα γωνιόκρανα και οι νεροσταλάκτες με το αρχικό υλικό επιχρίσματος ώστε να διαμορφωθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοσθεί το ειδικό επίχρισμα και ενισχύονται με ορθογώνια τεμάχια υαλοπλέγματος, η νοητή προέκταση των διαγωνίων των παραθύρων και των εξωτερικών θυρών.

- Ακολουθεί διάστρωση με οδοντωτή σπάτουλα (υπό γωνία 45 μοιρών) ώστε να προσδιορίζεται το πάχος της στρώσης, μία πρώτη στρώση επιχρίσματος καλύπτοντας την πολυστερίνη (η οποία σημειωτέον πρέπει να έχει προηγουμένως καθαρισθεί από υπολείμματα λόγω του τριψίματος που προηγήθηκε). Η έναρξη διάστρωσης του επιχρίσματος γίνεται ξεκινώντας τώρα από την οροφή και καταλήγοντας προς τα κάτω.
- Με νωπό και μαλακό ακόμα το επίχρισμα τοποθετείται το υαλόπλεγμα (καρέ 4Χ4 mm) βυθίζοντάς το μέσα στο επίχρισμα με την ίσια πλευρά της σπάτουλας, αποφεύγοντας να δημιουργηθούν ζάρες ή φούσκες (σημεία δηλαδή όπου δε θα έχει καλυφθεί από το επίχρισμα).
- Μετά τη σκλήρυνση του πρώτου στρώματος ακολουθεί η τελική στρώση οποία μπορεί να πάρει ειδική υφή ανάλογα με τη διάμετρο του χαλαζιακού του κόκκου αλλά και την τεχνοτροπία που θα επιλέξει ο αρχιτέκτονας ή ο ιδιοκτήτης του έργου.

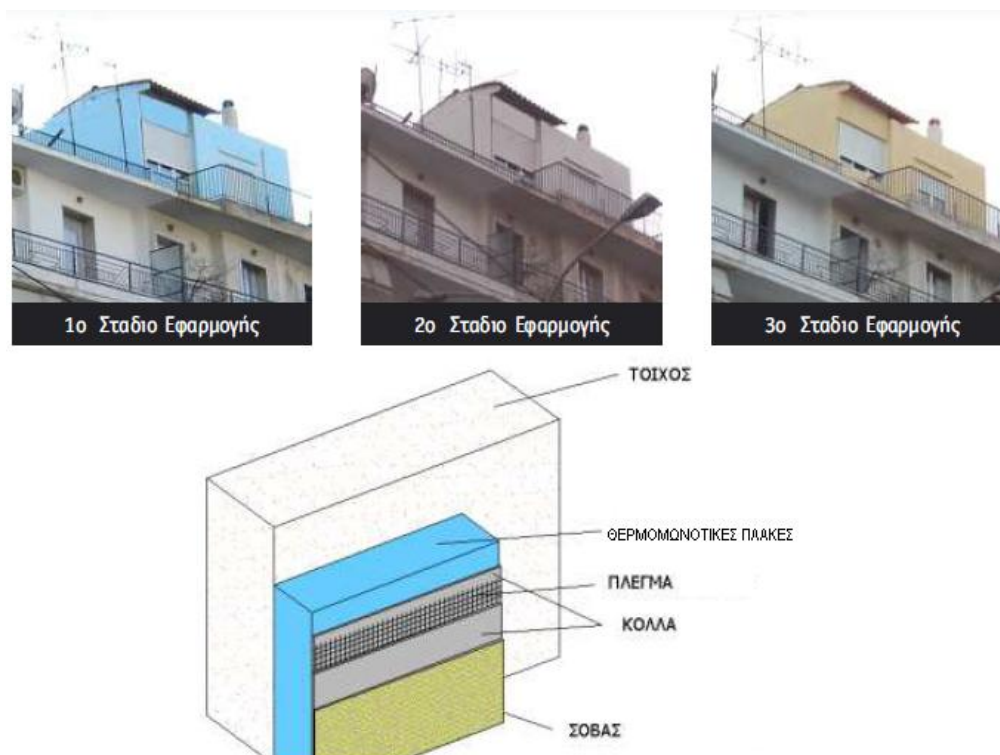


Εικόνα 6.3 Εξομάλυνση επιφάνειας, διάστρωση κόλλας, τοποθέτηση υαλοπλέγματος

Σημαντικό για την αποφυγή προβλημάτων αλλά και αύξησης του κόστους εφαρμογής του συστήματος είναι η κατάλληλη μελέτη και προεργασία για την αποφυγή προβλημάτων και θερμογεφυρών. Αυτό σημαίνει τα παρακάτω:

- Η εξωτερική θερμομόνωση δεν πρέπει να τραυματίζεται από μερεμέτια και ύστερες επεμβάσεις καθώς αυτό θα δημιουργήσει αισθητικά προβλήματα αφού θα είναι εμφανή τα «μπαλώματα» των επιδιορθωτικών επεμβάσεων.
- Πρέπει να δίνεται έμφαση σε μια επίπεδη επιφάνεια τοιχοποιίας και σκυροδέματος.
- Πρέπει να αποφεύγεται η ανάπτυξη σωληνώσεων από την εξωτερική όψη της τοιχοποιίας και όταν αυτό είναι αδύνατον να επιτευχθεί, τουλάχιστον θα πρέπει οι σωλήνες αυτές να «τρέχουν» σε κάθετες ή οριζόντιες κατευθύνσεις, προκειμένου να μη δημιουργείται πρόβλημα στην εφαρμογή των θερμομονωτικών φύλλων.
- Ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δοθεί στους λαμπάδες στα παράθυρα και στις πόρτες ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί το θερμομονωτικό υλικό στα σημεία αυτά χωρίς να μειώνει τις διαστάσεις τους ή το πάχος του προκειμένου αυτές να διατηρηθούν.

- Σε παλαιά κτίρια και πριν την έναρξη εφαρμογής του συστήματος πρέπει να ελέγχεται επιμελώς η επιφάνεια, ώστε να αποκαλυφθεί αν το υπόστρωμα είναι σαθρό σε τμήματά του. Σε περίπτωση τέτοια είναι αναγκαία η εξυγίανση-αποκατάσταση της σταθερότητάς του.



Εικόνα 6.4 Τα στάδια εφαρμογής και οι στρώσεις σε τομή

Η στρώση του δομικού στοιχείου αναμένεται να αλλάξει με την προσθήκη της θερμομόνωσης. Στο σενάριο που εξετάζεται προστίθενται πλάκες πολυστερίνης πάχους 50 mm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,030 \text{ W/m}^2$ . Επομένως, επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία που ακολουθήθηκε στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο για τον υπολογισμό της θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου υπολογίζονται εκ νέου οι συντελεστές για τις εξωτερικές τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή και από σκυρόδεμα. Με βάση τους νέους συντελεστές θα υπολογιστεί το κέρδος σε εξοικονόμηση ενέργειας κάνοντας όμως μια παραχώρηση: λόγω έλλειψης δεδομένων για την θέρμανση τους μήνες του χειμώνα από φυσικό αέριο η εξοικονόμηση θα υπολογιστεί υποθέτοντας ότι η θέρμανση είναι ηλεκτροδοτούμενη, όπως δηλαδή συμβαίνει και το καλοκαίρι.

Επομένως για το δομικό στοιχείο από σκυρόδεμα ο νέος συντελεστής υπολογίζεται στους 2 επόμενους πίνακες:

Πίνακας 6.4. Θερμικές Αντιστάσεις  $d/\lambda$  σε  $\text{m}^2\text{K/W}$

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ σε $\text{m}$	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας $\lambda$	Θερμική Αντίσταση $d/\lambda$ σε $\text{m}^2\text{K/W}$

		σε W/mK	
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,20	2,03	0,0985
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Προσθήκη θερμομόνωσης	0,05	0.03	1.6667
			1.8110

Κατά τα γνωστά, η αντίσταση θερμοδιαφυγής προκύπτει 1,811 ( $\text{m}^2\text{K/W}$ ). Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ο ακόλουθος συγκεντρωτικός πίνακας.

**Πίνακας 6.5. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $d=20\text{cm}$ )	$1/\Delta$	$\text{m}^2\text{K/W}$	1,811
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,04
			1,9710

Επομένως, η αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε 1,917  $\text{m}^2\text{K/W}$  για τον τοίχο από σκυρόδεμα. Το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) και αυτός προκύπτει ίσος με 0,5074  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

Για τις κατακόρυφες επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων που είναι κατασκευασμένες από οπτόπλινθους ακολουθείται η ίδια διαδικασία. Για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο η αντίσταση θερμοδιαφυγής προκύπτει ίση με 2,1472  $\text{m}^2\text{K/W}$ . Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα αποτελέσματα.

**Πίνακας 6.6. Θερμικές Αντιστάσεις  $d/\lambda$  σε  $\text{m}^2\text{K/W}$**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ σε $\text{m}$	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας $\lambda$ σε $\text{W/mK}$	Θερμική Αντίσταση $d/\lambda$ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Τοιχοποιία από διάτρητους οπτόπλινθους	0,20	0,46	0,4347
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Προσθήκη θερμομόνωσης	0,05	0.03	1.6667
			2,1472

**Πίνακας 6.7. Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής (d=20cm)	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	2,1472
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,04
			2,3072

Η αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε 2,3072  $m^2K/W$ . Το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) και αυτός προκύπτει ίσος με 0,4334  $W/m^2K$ . Στον πίνακα 6.6 υπενθυμίζονται οι επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων οι οποίοι αναμένεται να μονωθούν.

**Πίνακας 6.8 Επιφάνειες εξωτερικής τοιχοποιίας**

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F ( $m^2$ )
Εξωτερικοί τοίχοι - οπτόπλινθος	1342,56
Εξωτερικοί τοίχοι - σκυρόδεμα	242,04

Η επένδυση κοστίζει για κάθε τετραγωνικό μέτρο περίπου 40€ οπότε για την καθαρή εξωτερική τοιχοποιία (σύνολο 1.584,57 τ.μ) υπολογίζεται κόστος 63.382,8 €. Σύμφωνα με το [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε](#) η εξοικονόμηση ενέργειας μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης προκύπτει για τα δυο δομικά στοιχεία ίση με 47.374 kWh/έτος. Στην περίοδο χειμώνα αντιστοιχούν 42.328 kWh/έτος που σημαίνει με μέση τιμή για 0,04 €/ kWh ([μέση τιμή του χειμώνα του 2009 - 2010](#) για χρέωση ενέργειας μόνο, χρέωση ισχύος δε λαμβάνεται υπόψη) για το φυσικό αέριο εξοικονόμηση 1.693 €/έτος. Η εξοικονόμηση για την κατανάλωση για ψύξη το καλοκαίρι είναι 475€ για 5.046 kWh/έτος. Άρα συνολική ετήσια εξοικονόμηση 2.168 €. Το κόστος συντήρησης της επένδυσης είναι μηδαμινό και περιλαμβάνει κάθε 3 χρόνια πέρασμα με ειδικό επίχρισμα (υπολογίζονται 50€ ετησίως για λειτουργικές δαπάνες).

Με αυτά τα δεδομένα υπολογίζεται η Καθαρή Παρούσα της εξίσωσης και πάλι για επιτόκιο αναγωγής 5% και κύκλο ζωής της επένδυσης τα 20 έτη.

Πίνακας 6.9 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΚΤΡ €	ΑΝΗΓ. ΚΤΡ €	0,05
1	2.168,02	50,00	2.118,02	2.017,16	
2	2.168,02	50,00	2.118,02	1.921,11	
3	2.168,02	50,00	2.118,02	1.829,63	
4	2.168,02	50,00	2.118,02	1.742,50	
5	2.168,02	50,00	2.118,02	1.659,52	
6	2.168,02	50,00	2.118,02	1.580,50	
7	2.168,02	50,00	2.118,02	1.505,24	
8	2.168,02	50,00	2.118,02	1.433,56	
9	2.168,02	50,00	2.118,02	1.365,29	
10	2.168,02	50,00	2.118,02	1.300,28	16.354,79
11	2.168,02	50,00	2.118,02	1.238,36	
12	2.168,02	50,00	2.118,02	1.179,39	
13	2.168,02	50,00	2.118,02	1.123,23	
14	2.168,02	50,00	2.118,02	1.069,74	
15	2.168,02	50,00	2.118,02	1.018,80	
16	2.168,02	50,00	2.118,02	970,29	
17	2.168,02	50,00	2.118,02	924,09	
18	2.168,02	50,00	2.118,02	880,08	
19	2.168,02	50,00	2.118,02	838,17	
20	2.168,02	50,00	2.118,02	798,26	26.395,21

Τα συμπεράσματα είναι ανάλογα με εκείνα για τα Φ/Β. Η Καθαρή Παρούσα Αξία προκύπτει αρνητική καθιστώντας την επένδυση μη βιώσιμη. Ο υπολογισμός του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης δίνει αρνητικές τιμές και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής λόγω των Αποσβέσεων είναι πολύ πέρα από τα 20 έτη.

$$\text{ΚΠΑ: } -63.382,8\text{€} + 26.395,21\text{€} = -36.987,6\text{€} < 0$$

Την επένδυση εμποδίζουν το μεγάλο αρχικό της κόστος συγκριτικά με τα ετήσια έσοδα, ο μικρός κύκλος ζωής στον οποίο εξετάζεται η επένδυση (στην πράξη η θερμομόνωση αναμένεται να αποδίδει οφέλη ως και 25 χρόνια μετά), και ακόμα ευθύνη φέρουν σφάλματα που δε μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια. Συγκεκριμένα, η επένδυση λογαριάζει την εξοικονόμηση ενέργειας, με σημερινές τιμές που πωλεί το ρεύμα η ΔΕΗ ή το φυσικό αέριο η ΔΕΠΑ, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η άνοδος της τιμής της kWh στα επόμενα 10 χρόνια. που αναμένεται ολοένα αυξανόμενη σε βάθος χρόνου, ακολουθώντας την πορεία των τιμών του πετρελαίου. Για τη διασφάλιση λοιπόν της απόδοσης της συγκεκριμένης επένδυσης το βέλτιστο είναι η επιδότηση μέρους του έργου από κάποιο πρόγραμμα κρατικό ή ευρωπαϊκό.

### 6.3.3 Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με νέα διπλά χαμηλής εκπομπής

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζεται σε αυτό το μέρος η εξοικονόμηση από την αντικατάσταση των εναπομεινάντων κουφωμάτων μονού γυαλιού. Οι λόγοι που

επιβάλλουν σήμερα την αντικατάσταση των παραπάνω κατηγοριών κουφωμάτων είναι:

- **Θερμομόνωση και εξοικονόμηση ενέργειας.** Η αντικατάσταση ενός μη θερμοδιακοπτόμενου με ένα θερμοδιακοπτόμενο κούφωμα αναμένεται να συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ένα καινούριου τύπου κούφωμα απομονώνει το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, περιορίζοντας την μεταφορά θερμότητας, συντελώντας στην καλύτερη θερμομόνωση του χώρου. Μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ή ψύξη. Για το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανακλαστικοί υαλοπίνακες χαμηλής απορροφητικότητας με ειδικά αέρια (Αργό) στο διάκενο ανάμεσα στα δυο υαλοπίνακες.
- **Ηχομόνωση.** Οι σύγχρονες διατάξεις στεγάνωσης με κεντρικά και περιμετρικά ελαστικά σε συνάρτηση με διπλές υαλώσεις, έχουν τη δυνατότητα να εμποδίσουν την μεταφορά του ήχου από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό της κατοικίας και το αντίστροφο. Στα σημερινά πολύβουα αστικά κέντρα, η ηχομόνωση αποτελεί σημαντική παράμετρο σχετική με την ποιότητα ζωής.
- **Η αισθητική του χώρου.** Τα σύγχρονα συστήματα αλουμινίου διατίθενται σε διάφορες μορφές, καμπυλωτά και ίσια, και σε διάφορες τάξεις μεγέθους, μικρά και μεγάλα. Επίσης, η δυνατότητα διαφορετικών χρωματισμών και αποχρώσεων, καθώς επίσης και διχρωμιών, καλύπτουν αφενός όλες τις αρχιτεκτονικές τάσεις και αφετέρου δημιουργούν ένα ιδανικό περιβάλλον κατοικίας ή εργασίας.
- **Ασφάλεια.** Οι σύγχρονοι μηχανισμοί κίνησης και ασφάλισης των κουφωμάτων διαθέτουν κλειστικές διατάξεις, οι οποίες προσφέρουν δυνατότητα αυξημένης ασφάλισής τους για αντικλεπτική προστασία.



**Εικόνα 6.5 Φάσεις αντικατάστασης παλαιών κουφωμάτων με εξωτερικό ρολό με νέα θερμομονωτικά κουφώματα**

Για την αντικατάσταση παλαιού συρόμενου ανοίγματος από αλουμίνιο απαιτείται η πλήρης αφαίρεση των κασών. Σε αντίθεση με τα ξύλινα κουφώματα, η αφαίρεση τους είναι πιο εύκολη και γίνεται αφαιρώντας τις βίδες στερέωσης, που υπάρχουν στις κάσες. Τα συρόμενα αλουμινίου αυτού του τύπου έχουν πλάτος προφίλ μικρότερο

από τις συνηθισμένες κάσες αλουμινίου, με συνέπεια το κενό που δημιουργείται, να καλύπτεται εύκολα από την νέα κάσα. Στην περίπτωση χωνευτών κουφωμάτων θα πρέπει να επιλεγεί κάσα της οποίας το πλάτος να είναι αντίστοιχο της κάσας που αφαιρέθηκε για να μπορεί να τοποθετηθεί στο υπάρχον διάκενο του τοίχου [50].

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κτίριο του Λαμπαδαρίου έχει ξεκινήσει αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα κουφώματα αλουμινίου διπλού γυαλιού ωστόσο αυτό συμβαίνει χωρίς κάποιο γενικότερο πλάνο και ακανόνιστα, όταν απλώς ο ένοικος κάποιου χώρου θελήσει να ανακαινίσει το γραφείο του σε συνεννόηση με την τεχνική υπηρεσία. Σαν αποτέλεσμα τα μισά ανοίγματα του κτιρίου έχουν αλλάξει με νέα αλλά αυτό μπορεί να συμβαίνει οπουδήποτε στο κτίριο και όχι για παράδειγμα σε πτέρυγα – πτέρυγα. Τα παλαιά κουφώματα είναι αλουμινίου, από μονό, καθαρό γυαλί και υπολογίζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ που αντιστοιχεί στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο σε 388,2 τ. μ. Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η αντικατάστασή τους από νέα κουφώματα αλουμινίου διπλού γυαλιού (χαμηλής εκπομπής) με πολύ χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας, κάτω του 3,00 W/m<sup>2</sup>K (2,89 W/m<sup>2</sup>K) όπως επιβάλλει ο [KENAK \[69\]](#). Το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε 31.056€ (κόστος 80€/τ.μ).

Υπολογίζονται εκ νέου οι δείκτες της Καθαρής Παρούσας Αξίας, του εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής. Τα κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε 23.896 kWh/έτος το χειμώνα και το καλοκαίρι σε 2.848 kWh/έτος που μεταφράζεται σε συνολική εξοικονόμηση, με τον ίδιο τρόπο όπως και πριν, 1.224 €/έτος. Δεν απαιτείται σε γενικές γραμμές συντήρηση του συστήματος. Με αυτά τα δεδομένα λοιπόν υπολογίζονται:

**Πίνακας 6.10 Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών για την επένδυση αντικατάστασης κουφωμάτων**

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	ΚΤΡ €	ΑΝΗΓ. ΚΤΡ €	0,05
1	1.223,93	1.223,93	1.165,65	
2	1.223,93	1.223,93	1.110,14	
3	1.223,93	1.223,93	1.057,28	
4	1.223,93	1.223,93	1.006,93	
5	1.223,93	1.223,93	958,98	
6	1.223,93	1.223,93	913,32	
7	1.223,93	1.223,93	869,82	
8	1.223,93	1.223,93	828,40	
9	1.223,93	1.223,93	788,96	
10	1.223,93	1.223,93	751,39	9.450,86
11	1.224,93	1.224,93	716,19	
12	1.224,93	1.224,93	682,09	
13	1.224,93	1.224,93	649,61	
14	1.224,93	1.224,93	618,67	
15	1.224,93	1.224,93	589,21	
16	1.224,93	1.224,93	561,15	
17	1.224,93	1.224,93	534,43	
18	1.224,93	1.224,93	508,98	
19	1.224,93	1.224,93	484,75	
20	1.224,93	1.224,93	461,66	15.257,61



Όπως και πριν και για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν και παραπάνω στα προηγούμενα πλάνα επένδυσης η επένδυση κάτω από αυτές τις συνθήκες είναι μη βιώσιμη. Ο παράγων που αναμένεται να αλλάξει τα δεδομένα είναι πιθανόν ο ορθότερος υπολογισμός της συμμετοχής της θερμότητας σε κατανάλωση με δεδομένα την πραγματική καύση σε κυβικά μέτρα φυσικού αερίου και με τιμή που επιπλέον θα αυξάνεται σε βάθος χρόνου. Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι -15.798 €, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης παίρνει αρνητικές, μη επιτρεπόμενες τιμές και ο δείκτης Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής άνω των 20 ετών.

#### 6.3.4 Αντικατάσταση παλαιών μαγνητικών ballasts με νέα ηλεκτρονικά

Εκτιμάται ότι η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25%. Η μειωμένη κατανάλωση αποδίδεται κυρίως στους εξής λόγους:

- Καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα
- Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα
- Μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast



Εικόνα 6.6 Ηλεκτρομαγνητικά (πάνω) και ηλεκτρονικό (κάτω) ballast

Η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας με την αξιοποίησή του από τεχνολογίες αυτοματισμών που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με μαγνητικά ballast:

- Ρύθμιση της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού. Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.
- Ένταξη της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης (BMS). Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ballast διότι αυτά, πρακτικά,

δεν συνεργάζονται με τα συστήματα BMS. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BMS κυμαίνεται από 10% έως 35% ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Επισημαίνεται και πάλι ότι η εξοικονόμηση αυτή δεν προστίθεται σ' αυτή που επιτυγχάνεται με το dimming αλλά την εμπεριέχει.



**Εικόνα 6.7 Ηλεκτρονικά ballast με δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας (dimming)**

Επισημαίνεται ότι η απόδοση των λαμπτήρων του εμπορίου έχει μετρηθεί από τις κατασκευάστριες εταιρείες με πολύ καλής ποιότητας ballast πρότυπα- ενώ τα μαγνητικά ballast του εμπορίου εμφανίζουν σημαντικά μικρότερη απόδοση. Ήρα αν αντικατασταθούν τέτοια ballast από καλής ποιότητας ηλεκτρονικά, θα αυξήσουν ακόμη περισσότερο την εξοικονόμηση ενέργειας. Υπάρχουν και άλλοι λόγοι για τους οποίους εξοικονομείται ενέργεια και χρήμα λόγω της χρησιμοποίησης ηλεκτρονικών ballast:

- Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast. Το μαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των 2 λαμπτήρων π.χ. τυπικό φωτιστικό 4X18W καταναλώνει 86,8W όταν λειτουργεί με 2 συμβατικά ballast ενώ η κατανάλωσή του μειώνεται στα 74 W όταν 1 ηλεκτρονικό αντικαταστήσει τα 2 συμβατικά.
- Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί ενώ το συμβατικό συνεχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
- Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (έως 50%). Άρα, μειώνεται στο ήμισυ το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων.
- Βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων, δηλαδή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ότι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast. Συνεπώς η στάθμη φωτισμού επιτυγχάνεται με λιγότερα φωτιστικά π.χ. σ' ένα καθαρό εργασιακό χώρο, τα απαιτούμενα φωτιστικά μπορούν να μειωθούν κατά 6% περίπου.
- Τα ηλεκτρονικά ballast βελτιώνουν επίσης την ποιότητα του φωτισμού διότι λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες (>24kHz) οπότε εξαλείφεται το βούισμα και το τρεμόσβημα που χαρακτηρίζουν τα μαγνητικά ballast λόγω χαμηλής συχνότητας λειτουργίας τους (50 Hz).
- Τέλος, επισημαίνεται ότι σύντομα δεν θα επιτρέπεται η διάθεση των ενεργοβόρων ηλεκτρομαγνητικών ballast σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με τη ροή που παράγεται όταν λειτουργεί με μαγνητικό. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων με μαγνητικό ballast κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής ενώ δεν είναι σπάνιο τα ηλεκτρονικά ballast να ανυψώσουν την απόδοση κατά 12% περίπου (έχουν μετρηθεί και υψηλότερες αποδόσεις). Αυτό σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast απαιτεί 18% περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση με μαγνητικά ballast καλής ποιότητας.

Το πλεονέκτημα αυτό είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους. Τότε μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά).

Η κατανάλωση του λαμπτήρα είναι χαμηλότερη όταν αυτός λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast π.χ. ο λαμπτήρας ονομαστικής ισχύος 36 W καταναλώνει 32 W ενώ με συμβατικό ballast η κατανάλωσή του θα ήταν ίση με την ονομαστική (36 W). Επιπροσθέτως, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού π.χ. σε ένα τυπικό φωτιστικό 2X36 W απαιτείται 1 ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8 W ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται 2 μαγνητικά ballast με απώλειες 16,2 W, άρα το φωτιστικό με ηλεκτρονική λειτουργία θα καταναλώνει 72 W ενώ με τη συμβατική 88,2 W. Το ποσοστό εξοικονόμησης εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Η εξοικονόμηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 15%.

Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο στις νέες αλλά και στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις π.χ. σε φωτιστικά που λειτουργούν με λαμπτήρες φθορισμού T8 με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για την τοποθέτηση του ηλεκτρονικού ballast και αφού γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές στην καλωδίωση [76].

**Πίνακας 6.11 Αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά**

	πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο	
αριθμός ballasts	282	302	108	21	
κόστος μονάδας (€)	13,54	11,3	8,02	9,82	
κόστος συνόλου (€)	3.818,28	3.412,6	866,16	206,22	8.303,26
εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	6.992				
εξοικονόμηση (€)	658,12				

Όπως φαίνεται παραπάνω το κόστος αυτό καθαυτό των νέων ballast φτάνει χωρίς να υπολογιστεί το εργατικό κόστος τις 8.303,26 €. Αν συνυπολογιστεί εργατικό κόστος 2€ ανά ballast τότε συνολικά η επένδυση κοστίζει 9.729,26 €.

Η ετήσια εξοικονόμηση λόγω της μικρότερης κατανάλωσης (το σύστημα επιβαρυνόταν με επιπλέον 25% ) αγγίζει τα 1371 €. Με αυτά τα δεδομένα υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες όπως και παραπάνω για κύκλο ζωής 10 ετών.

Η επένδυση κρίνεται βιώσιμη. Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική (857€) ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης θετικός, ίσος με 6,8% και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής τοποθετείται στα 9 έτη.

### 6.3.5 Εγκατάσταση συστήματος BEMS

Σε αυτό το μέρος εξετάζεται επένδυση σε εγκατάσταση Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System). Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης αποτελεί συμπληρωματική και όχι μεμονωμένη παρέμβαση, σε συνδυασμό με άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου. Δεν αναμένεται να προσδώσει τίποτα σε ενεργειακό όφελος χωρίς σωστό προγραμματισμό, συνεχή έλεγχο και επιτήρηση και στο τέλος μέσω ανάδρασης επαναπρογραμματισμού.

Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης δεν είναι ιδιαίτερα υψηλού κόστους και είναι κατά προτίμηση τυποποιημένη. Κυρίως με χρήση κατάλληλων αισθητήρων παρακολουθούνται σε ένα χώρο μέσω τηλεμέτρησης και τηλεδιαχείρισης πολλαπλές παράμετροι που σχετίζονται με την άνετη και ορθολογική λειτουργία όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, ο φωτισμός. Το κόστος ενός τέτοιου αισθητήρα είναι της τάξης των 50 €.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS (Building Energy Management System) έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση των παραπάνω παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου.

Παράλληλα είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Το σύστημα βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο είναι τα εξής :

- Συστήματα κλιματισμού-θέρμανσης
- Παθητικά συστήματα
- Ανοίγματα, σκίαστρα
- Εγκατάσταση φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις
- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από ένα Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις.

Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου. Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν ανάλογους επιλογείς σχεδιασμός ενός τέτοιου συστήματος έχει σαν πεδίο εφαρμογής την παρακολούθηση και επίβλεψη της λειτουργίας, των παρακάτω υποσυστημάτων ενός κτιρίου:

- εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας θερμού νερού
- εγκατάσταση ψύξης και τροφοδοσίας ψυχρού νερού
- εγκατάσταση κλιματισμού
- εξαερισμός και φυσικός αερισμός
- φωτισμός κτιρίων (εσωτερικός και εξωτερικός)
- εγκατάσταση διανομής ηλεκτρικού ρεύματος
- υποσταθμός ενέργειας για συλλογή στοιχείων και μεγεθών (προκειμένου για μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις)
- εφεδρικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη για επίβλεψη κατάστασης και σήματα για βλάβη
- συστήματα ελέγχου λειτουργιών επιμέρους χώρων κτιρίων
- αντλιοστάσια όμβριων και λυμάτων.

Ωστόσο, είναι σημαντικό ένα κομμάτι του ελέγχου να παραμένει στις δυνατότητες του κάθε ένοικου, ώστε να μη νιώσει άνεση και εξοικείωση με το σύστημα. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος ένοικος να χρησιμοποιήσει το φωτισμό στο γραφείο του και μετά την προγραμματισμένη από το σύστημα διακοπή λειτουργίας ή να χρησιμοποιήσει λιγότερα φώτα από ότι το σύστημα έχει καθορίσει για κάποια ώρα. Άλλο παράδειγμα είναι η προσωπική ρύθμιση της θερμοκρασίας θέρμανσης ή ψύξης σε κάποιον χώρο κάτι που επιτυγχάνεται δίνοντας ένα περιθώριο  $\pm 3$  °C γύρω από την προγραμματισμένη θερμοκρασία λειτουργίας.

Το σύστημα ελέγχου του κτιρίου αποτελείται από την Κεντρική Μονάδα Ελέγχου [ΚΜΕ], τις Τοπικές Μονάδες Ελέγχου [ΤΜΕ], το Δίκτυο Επικοινωνίας και τα Προγράμματα Ελέγχου. Η Κεντρική Μονάδα Ελέγχου αποτελείται από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βάση δεδομένων και μία θέση ελέγχου και χειρισμών με πληκτρολόγιο και οθόνη αναγνώσεως. Στους χώρους που υπάρχουν μηχανήματα ή συσκευές στις οποίες υπάρχει κατανάλωση ενεργειακών πόρων και ελέγχονται από το σύστημα εξοικονόμησης, μπορούν να εγκατασταθούν Τοπικές Μονάδες Ελέγχου [ΤΜΕ].

Όλες οι πληροφορίες διακινούνται μεταξύ των ΤΜΕ των διαφόρων μονάδων του συστήματος και καταλήγουν στην ΚΜΕ όπου γίνεται η επεξεργασία τους βάσει κατάλληλων αλγορίθμων ανά λειτουργία, και εκτελούνται αυτόματα οι απαιτούμενοι χειρισμοί με σκοπό να επιτυγχάνεται η ορθολογικότερη διαχείριση των ενεργειακών πόρων του κτιρίου. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγίστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και η άνεση στο χώρο.

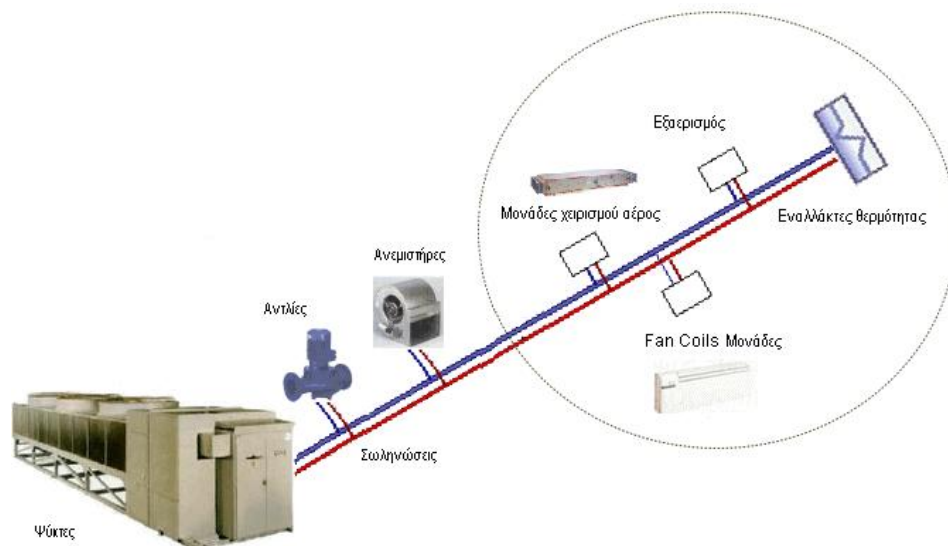


Εικόνα 6.8 Τυπική δομή ενός συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (BEMS)

Τα οφέλη της εφαρμογής συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης γενικότερα, είναι πολλαπλά, όπως:

- ενεργειακά (εξοικονόμηση ενέργειας και θερμική/οπτική άνεση)
- οικονομικά (μείωση καυσίμων και κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων θέρμανσης-ψύξης-αερισμού-φωτισμού)
- περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων, περιορισμός φαινομένου του θερμοκηπίου)
- κοινωνικά (βελτίωση της ποιότητας ζωής)

Στο σενάριο που εξετάζεται για το Λαμπαδάριο η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS θα μπορούσε να περιλαμβάνει την εγκατάσταση αισθητήρων σε κάθε χώρο (περίπου 90 δωμάτια) με τις πληροφορίες που λαμβάνονται να αξιοποιούνται για την ρύθμιση του φωτισμού, του εξαερισμού και της ψύξης. Για παράδειγμα όπως παρατηρήθηκε κατά την καταγραφή χώροι όπως μικρές κουζίνες ή τουαλέτες ή ακόμα και το λεβητοστάσιο διαθέτουν φωτισμό που συχνά μένει ανοιχτός για πολλές ώρες χωρίς κανείς να χρησιμοποιεί τους χώρους. Το πρόβλημα μπορεί πολύ εύκολα να λυθεί με εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και με τον εξωτερικό φωτισμό του οποίου η χρήση είναι άλογη τις μεταμεσονύχτιες ώρες που κανείς δε κυκλοφορεί στον χώρο. Άλλη παρέμβαση μπορεί να γίνει στον τομέα της ψύξης. Για παράδειγμα, όπως διαπιστώθηκε σε αυτοψία ο κλιματισμός του μεγάλου αμφιθεάτρου, που είναι και αρκετά ενεργοβόρος, εργάζεται πολλές ώρες χωρίς να λειτουργεί ο χώρος στην πραγματικότητα. Αυτό μπορεί εύκολα να αποφευχθεί με τον σωστό προγραμματισμό και έλεγχο του BEMS, ώστε να ψύχεται μόνο όταν ο χώρος το απαιτεί. Το κόστος εγκατάστασης τέτοιων υποσυστημάτων είναι μικρό και το όφελος αναμένεται μεγάλο.



**Εικόνα 6.9 Δυνατά σημεία παρέμβασης στο σύστημα ψύξης**

Εξετάζεται λοιπόν το παραπάνω σενάριο εγκατάστασης. Μαζί με τη μελέτη και τον σωστό και συνεχή έλεγχο και προγραμματισμό το κόστος εφαρμογής υπολογίζεται στις 25.000€ (το κόστος λαμβάνεται από παρόμοια πραγματική εγκατάσταση αλλά γενικά κυμαίνεται και σε άλλα επίπεδα) ενώ η ενεργειακή εξοικονόμηση λαμβάνεται (σύμφωνα με τους ισχυρισμούς διάφορων κατασκευαστών) ως το 20% της ψύξης και το 25% του φωτισμού δηλαδή από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την καταγραφή δηλαδή:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Λογαριάζοντας την τιμή της kWh για την αγορά από τη ΔΕΗ τότε ετησίως εξοικονομούνται:

\_\_\_\_\_

Εξετάζονται στη συνέχεια οι οικονομικοί δείκτες ΚΠΑ:

**Πίνακας 6.12 Υπολογισμός της ΚΠΑ για εγκατάσταση BEMS πλήρως από ίδια κεφάλαια**

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	ΚΤΡ €	ΑΝΗΓ. ΚΤΡ €
1	2053,00	2053,00	1955,2381
2	2053,00	2053,00	1862,1315
3	2053,00	2053,00	1773,4586
4	2053,00	2053,00	1689,0082
5	2053,00	2053,00	1608,5792
6	2053,00	2053,00	1531,9802
7	2053,00	2053,00	1459,0288
8	2053,00	2053,00	1389,5512
9	2053,00	2053,00	1323,3821
10	2053,00	2053,00	1260,3639
		0,05	15852,722

Όπως φαίνεται και πάλι η χρηματοδότηση ολόκληρου του ποσού από ίδιους πόρους έχει επιπτώσεις στη βιωσιμότητα του έργου με αρνητική Καθαρή Παρούσα Αξία - 9.147,3 € και αρνητικό, μη αποδεκτό Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης. Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής του είναι στα 14 έτη και 10 μήνες. Θα μπορούσε η επένδυση να αποβεί συμφέρουσα σε βάθος εικοσαετίας αλλά είναι άγνωστο αν θα δουλεύει ορθά ως τότε.

### 6.3.6 Αποτίμηση επενδύσεων και οικονομικών δεικτών

Στον τελευταίο πίνακα του κεφαλαίου παρουσιάζονται συνολικά οι επενδύσεις που προτείνονται παραπάνω με τους οικονομικούς τους δείκτες. Για τις περισσότερες επενδύσεις αυτό που ισχύει και επηρεάζει τη βιωσιμότητά τους είναι ότι πρέπει να εξεταστούν σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου, και ίσως με ορθότερα δεδομένα κυρίως για την κατανάλωση φυσικού αερίου για την παραγωγή θερμότητας και γενικότερα την άνοδο της τιμής της kWh για κατανάλωση ρεύματος ή φυσικού αερίου και επιθυμητό θα ήταν βέβαια η επιχορήγηση των έργων σε κάποιο βαθμό.

Πίνακας 6.13 Παρουσίαση των επενδύσεων

Επένδυση	Αρχικό κόστος (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη, μήνες)	Βιωσιμότητα
Φ/Β (πληθ. 2% & N=20)	296.583	17.227	5,72	17 & 11	ΝΑΙ
Φ/Β (πληθ. 8% N=20))	296.583	-93.451	μη αποδεκτός	>20	ΟΧΙ
Εξωτ. θερμομόνωση (N=20)	63.382	-36.988	μη αποδεκτός	>20	ΟΧΙ
Νέα κουφώματα (N=20)	31.056	-15.798	μη αποδεκτός	>20	ΟΧΙ
Αντικατάσταση ballast (N=10)	9.729	857	6,8	9	ΝΑΙ
BEMS (N=10)	25.000	9.147,3	μη αποδεκτός	14 & 10	ΟΧΙ



### 6.3.7 Μελέτη άλλων επενδύσεων

#### *Αντικατάσταση λεβήτων*

Άλλη επένδυση που πρέπει να μελετηθεί και να εκτιμηθεί είναι η αντικατάσταση των 2 λεβήτων συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.350 Mcal/h. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης που έλαβε χώρα (στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο) η απόδοση του ενός που μετρήθηκε στο 88,5% εκτός των ορίων δηλαδή που θεσπίζει ο [KENAK \[69\]](#). Και πάλι όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις ενδέχεται να λαθεύουν γιατί την περίοδο που μετρήθηκε ο λέβητας δε βρισκόταν σε κανονική λειτουργία, παρά μόνο ενεργοποιήθηκε για τη λήψη μετρήσεων. Επίσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν υπάρχουν δεδομένα για την κατανάλωση του σε φυσικό αέριο άρα δε μπορεί να μελετηθεί στην παρούσα φάση η ακριβής εξοικονόμηση σε € και σε τόνους φυσικού αερίου.

Σημειώνεται μόνο λοιπόν, πως θα μπορούσαν οι 2 λέβητες να αντικατασταθούν από 3 νέους ισχύος 450 Mcal/h έκαστος συνολικού κόστος 30.000€ με τα οφέλη που αναφέρονται παρακάτω. Αρχικά, η απόδοση του συστήματος αναμένεται σημαντικά βελτιωμένη γιατί 3 λέβητες για να αποδώσουν την ίδια ισχύ σε σχέση με τους 2 παλαιούς είναι πολύ πιθανότερο να δουλέψουν κοντά στο πλήρες τους φορτίο όπου η απόδοση του συστήματος πλησιάζει την ονομαστική που δίνει ο κατασκευαστής (93%). Αν για παράδειγμα ζητηθεί να καλυφθεί θερμικό φορτίο 300 Mcal/h τότε απαιτείται να δουλέψει πλέον μόνο ο ένας νέος λέβητας σε μια τιμή πολύ πιο κοντινή στα 450 Mcal/h από ότι αν χρειαστεί να δουλέψει ο ένας των 700 Mcal/h (υποφόρτιση) αποδίδοντας έτσι πολύ καλύτερα. Επιπλέον, οι περισσότεροι κατασκευαστές δίνουν απόδοση πολύ υψηλή περίπου στο 93%. Αυτό σημαίνει ότι αν υποθετικά πριν υπήρχε η απαίτηση ωφέλιμης θερμότητας έστω  $Q$  τότε χρειαζόταν να γίνει καύση ισχύος  $A$  κυβικών φ.α. (έστω  $A$  τυχαία ποσότητα κατανάλωσης φυσικού αερίου πριν, οπότε  $Q=0,885A$ ) τώρα για την απόδοση της ίδιας ωφέλιμης θερμότητας θα απαιτείται καύση  $B$  κυβικών, λιγότερων σε σχέση με πριν. Δηλαδή:

Οπότε εξοικονομείται σε σχέση με πριν ποσότητα αερίου περίπου 4,84% όπως φαίνεται και στην ακόλουθη σχέση.

Σε οικονομικούς όρους, για υποθετική κατανάλωση σε ένα ολόκληρο έτος 40.000 κυβικών μέτρων τότε εξοικονομούνται 1936 κυβικά/έτος που σημαίνει (με χρέωση έστω σταθερή για όλο το έτος 9,61 € που ισχύει για ρυθμό κατανάλωσης μέχρι 40 κ.μ./ώρα) 18.604,96 €.

Τα συμπεράσματα αυτά βέβαια είναι ενδεικτικά και βασίζονται σε υποθετικά σενάρια. Η περίπτωση αντικατάστασης των λεβήτων του Λαμπαδαρίου απαιτεί πολύ

πιο ενδελεχή μελέτη μια ολοκληρωμένη μελέτη θέρμανσης με περισσότερα δεδομένα που αυτήν τη στιγμή δεν είναι διαθέσιμα λόγω μη ύπαρξης καταγραφικών οργάνων.



**Εικόνα 6.10 Ένας λέβητας σαν και αυτόν που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τους υπάρχοντες στο Λαμπαδάριο**

*Τοποθέτηση απλών ανιχνευτών κίνησης*

**Πίνακας 6.14 Εκτίμηση κόστους και εξοικονόμησης από την τοποθέτηση ανιχνευτών**

	Ισχύς (W)	Ενέργεια/έτος (Wh/y)	εξοικονόμηση Ενέργεια 70%	21 ανιχνευτές κόστους 252€
Κλίμακα 1	648	2332800	1632960	
Κλίμακα 2	18	7200	5040	
ένωση με πτέρυγα	216	518400	362880	
Κλίμακα 1	504	1814400	1270080	
Κλίμακα 2	18	7200	5040	
γραφείο & κουζίνα	504	201600	141120	
2 wc	288	115200	80640	
ένωση με πτέρυγα	144	345600	241920	
Κλίμακα 1	576	2073600	1451520	
Κλίμακα 2	18	7200	5040	
2 wc	216	86400	60480	
κουζίνα &wc (225)	72	57600	40320	
ένωση με πτέρυγα	72	172800	120960	
κουζίνα	72	57600	40320	
WC	360	144000	100800	
Κλίμακα 1	288	1036800	725760	
Κλίμακα 2	36	7200	5040	
Κλίμακα	288	1036800	725760	
λεβητοστάσιο	504	907200	635040	
<b>21 χώροι</b>	<b>4842</b>	<b>10929600</b>	<b>7650720</b>	

κόστος €	1028,69	720,09	308,61€
-------------	---------	--------	---------

Το κόστος ενός απλού ανιχνευτή κίνησης αγγίζει μόλις τα 12€ και παρέχει στον χρήστη πολλές δυνατότητες. Ο χρήστης μπορεί αν θέλει να επιλέξει τα φώτα να μένουν μονίμως ανοιχτά ή κλειστά, ή να ανάβουν μόνο με τη παρουσία κάποιου στο χώρο. Σε χώρους όπως είναι το λεβητοστάσιο συχνά παρατηρείται τα φώτα να ξεχνιούνται ανοιχτά με αποτέλεσμα τη σπάταλη κατανάλωση ενέργειας. Σε τέτοιους χώρους, που η χρήση τους είναι περιορισμένη κανονικά όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα μπορεί με τους ανιχνευτές να εξοικονομηθεί ενέργεια με το να περιοριστεί σε διάρκεια η χρήση τους ως και 70%.

Σε λιγότερο από ένα έτος η επένδυση (252€) έχει αποσβέσει τα χρήματά της και έχει αποφέρει και κέρδη (308,61 - 252 = 56,61€)

## 6.4 Συμπεράσματα

Στο μέρος αυτό προτάθηκαν διάφορες δράσεις - παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής εικόνας του κτιρίου του Λαμπαδαρίου, όπως αυτές που θα πρότεινε στο μέλλον ο Ενεργειακός Επιθεωρητής. Τα αποτελέσματα αυτών των δράσεων μελετήθηκαν πέρα από την επίδρασή τους στην ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου και σαν οικονομικές επενδύσεις, όπου εξετάστηκε κάτω από διάφορα σενάρια η βιωσιμότητά τους.

Τα συμπεράσματα είναι λογικά και αναμενόμενα. Το μεγάλο κόστος των επενδύσεων είναι καταρχήν ανασταλτικός παράγοντας για να προχωρήσει κανείς στις παραπάνω επενδύσεις τουλάχιστον μεσοπρόθεσμα, σε βάθος 10ετίας. Ο μικρός χρόνος ζωής για τον οποίο εξετάζονται οι επενδύσεις τις αδικεί κατά μια έννοια αφού οι περισσότερες, αν όχι όλες, αποδίδουν τα οφέλη τους σε βάθος 20ετίας, ίσως και παραπάνω. Επίσης δεν λαμβάνεται υπόψη ο πληθωρισμός που αν και θεωρείται εμπόδιο για τους επενδυτές, πληθωρίζει και την αξία των εσόδων, η άνοδος που αναμένεται στην τιμή της kWh και πολύ δε περισσότερο η άνοδος της τιμής του φυσικού αερίου, το οποίο λόγω έλλειψης δεδομένων δε λογαριάστηκε καθόλου και ίσως να άλλαζε πολύ την εικόνα των αποτελεσμάτων.

Αυτή η εικόνα γίνεται πολύ πιο ελκυστική στο σενάριο που θέλει το Πολυτεχνείο να μην αναλαμβάνει από μόνο του το μεγάλο αρχικό κόστος αλλά να κερδίζει κάποια επιχορήγηση κρατική ή ευρωπαϊκή (όπως είναι τα Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης ή τα Προγράμματα Ανάπτυξης). Για τέτοιου είδους επιχορήγηση, ύψους 50%, οι επενδύσεις καθίστανται πολύ ελκυστικές και εξασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό η βιωσιμότητά τους. Οι πιθανότητες βιωσιμότητας ανεβαίνουν ακόμα περισσότερο αν αυτή η επιχορήγηση συνδυαστεί με αξιολόγηση της επένδυσης σε βάθος εικοσαετίας. Σε γενικές γραμμές, όσο περισσότερο αυξάνεται το ποσοστό της επιδότησης επί του αρχικού κόστους της επένδυσης τόσο μικρότερη είναι η περίοδος αποπληρωμής (τόσο η έντοκη όσο και η άτοκη). Να σημειωθεί επίσης ότι η επένδυση δίχως

δανειοδότηση αποκόπτει τις δόσεις αποπληρωμής και τους τόκους που σημαίνει υψηλότερες ταμειακές ροές.

Ωστόσο, το σενάριο πιθανής επιδότησης της τάξης του 50% του αρχικού κόστους της επένδυσης είναι άγνωστο αν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα καθώς ο Αναπτυξιακός Νόμος δε προβλέπει τέτοια υψηλά ποσοστά επιδότησης στο νομό Αττικής τουλάχιστον για ιδιώτες και επιχειρήσεις. Το τοπίο αναμένεται να ξεκαθαρίσει όταν ξεκινήσει πλήρως η λειτουργία των νέων μηχανισμών της αγοράς όπως είναι οι Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών ή η Χρηματοδότηση Από Τρίτους και τεθούν στην πράξη ζητήματα επένδυσης στο δημόσιο τομέα. Η δύσκολη οικονομική συγκυρία συνιστά παράγοντα που θολώνει το τοπίο καθιστώντας οποιαδήποτε πρόβλεψη όλων των παραπάνω παραμέτρων αβέβαιη (πληθωρισμός, δανειοδότηση, κρατική επιχορήγηση).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Συμπεράσματα & Προοπτικές



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **7.1 Συμπεράσματα**

Με την έμπρακτη εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ [69] σε λίγο καιρό, κάθε κτίριο παλαιό ή καινούριο αναμένεται να εκτιμηθεί ενεργειακά και να καταταχθεί σε κάποια «ενεργειακή κατηγορία». Όπως καθορίζει η διαδικασία με το πέρας της επιθεώρησης, ο ενεργειακός επιθεωρητής θα προχωρά σε προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής εικόνας του κτιρίου και αν το κτίριο που εξετάζεται «βαθμολογείται» χαμηλά τότε ο ιδιοκτήτης του είναι υποχρεωμένος να προβεί σε αυτές τις αλλαγές σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Στην παρούσα διπλωματική έγινε μια προσέγγιση της μελλοντικής Ενεργειακής Επιθεώρησης ώστε να αξιολογηθεί το κτίριο του Λαμπαδαρίου και να διερευνηθούν τα περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής του κατάστασης. Σύμφωνα με όσα εκτιμήθηκαν ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου ξεπερνά κατά πολύ το μέγιστο όριο και πρέπει το κέλυφος του κτιρίου να μονωθεί επιπλέον. Συγκεκριμένα, η οροφή κρίνεται μερικώς μονωμένη χάρη στην προσθήκη ασφαλτόπανου και ελαφροσκυροδέματος, η κατάσταση όμως θα ήταν πολύ καλύτερη αν στην μόνωση είχε προστεθεί μόνωση από κάποιο συνθετικό οργανικό υλικό. Από την άλλη, το περιμετρικό κέλυφος δε διαθέτει καθόλου μόνωση και καλό θα ήταν να αποκτήσει με εξωτερική προσθήκη. Το κόστος μιας τέτοιας επένδυσης υπολογίστηκε σημαντικό και είναι ασύμφορο να το αναλάβει εξολοκλήρου το Πολυτεχνείο, οπότε συμφέρουσα θα ήταν η εξεύρεση πόρων από κάποιο κρατικό ή Ευρωπαϊκό πρόγραμμα. Το ίδιο ισχύει σε γενικές γραμμές και για τα κουφώματα. Η αντικατάσταση των παλαιότερων με νέα κουφώματα έχει ξεκινήσει, ακανόνιστα όμως και πρέπει να συνεχιστεί. Οι παραπάνω δύο αλλαγές αναμένεται να βελτιώσουν τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και του κελύφους γενικότερα και να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας που θα αποσβέσει μέρος ή ολόκληρη την επένδυση.

Ο φωτισμός του κτιρίου διαθέτει πολλά περιθώρια βελτίωσης. Όπως διαπιστώθηκε οι λαμπτήρες πυράκτωσης είναι πλέον ελάχιστοι και σε γενικές γραμμές αποτελείται κυρίως από λαμπτήρες φωτισμού τύπου T8. Κατά τη φυσιολογική φθορά τους ιδανικό θα ήταν να αντικατασταθούν έκαστος με νέου τύπου λαμπτήρες T5 που θα οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και καλύτερη απόδοση σε φωτεινότητα. Για τη συντήρηση τους πρέπει να καθαρίζονται συχνότερα τα περιβλήματα τους και ίσως να αντικατασταθούν (συμβαίνει ήδη κατά μέρος) με νέα διάφανα περιβλήματα σε συνδυασμό με εσωτερικούς ανακλαστήρες. Σε αυτό το ενδεχόμενο η ποιότητα φωτισμού θα ήταν αισθητά καλύτερη. Μελετήθηκε η περίπτωση αντικατάστασης παλαιότερων μαγνητικών ballast με νέα ηλεκτρονικά και κρίθηκε ότι τα οφέλη προκύπτουν σημαντικά και αποσβένουν το κόστος της



επένδυσης. Συνιστάται ακόμη η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των ενοίκων ώστε να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά το φωτισμό τους και να αξιοποιούν και τον φυσικό φωτισμό για παράδειγμα σε μια ηλιόλουστη μέρα να μην έχουν κλειστά τα σκίαστρα των υαλοπινάκων. Θεμιτή θα ήταν μια ολοκληρωμένη μελέτη φωτισμού που ίσως καταδείξει σε ποια σημεία ο φωτισμός είναι υπερβολικός, τι μπορεί να γίνει για να βελτιωθεί η απόδοση του και πώς θα αξιοποιηθεί καλύτερα ο διαθέσιμος φυσικός φωτισμός. Όπως για παράδειγμα διαπιστώθηκε στις πτέρυγες που ανακαινίστηκαν, στο μεγάλο αμφιθέατρο ο φωτισμός (αν και φέτος δε λειτούργησε και δε κατέγραψε καταναλώσεις) είναι μάλλον υπερβολικός αφού ο χώρος διαθέτει δεκάδες ροοστάτες, LED φωτισμό και δεκάδες κανονικούς λαμπτήρες φωτισμού ενώ δε προορίζεται για εκπαιδευτική χρήση (δε διαθέτει έδρανα). Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν ο φωτισμός ευθύνεται για μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής κατανάλωσης και είναι σημαντικό να γίνουν προσπάθειες περιορισμού.

Σχετικά με τη ψύξη και τη θέρμανση κομβικό σημείο είναι η ορθολογικότερη συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου. Πρέπει να εξαντλούνται οι δυνατότητες για φυσικό δροσισμό με σωστό άνοιγμα των παραθύρων και διάταξη των σκιάστρων που θα εξασφαλίζουν είτε αερισμό είτε θερμικά κέρδη από τον ήλιο, είτε σκίαση. Οι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες πρέπει να λειτουργούν σε λογικά πλαίσια ωρών και θερμοκρασιών. Το χειμώνα μια θερμοκρασία 21°C εσωτερικού περιβάλλοντος πρέπει να θεωρείται επαρκής, αντίστοιχα οι 27°C το καλοκαίρι. Εξυπακούεται πως η χρήση των κλιματιστικών πρέπει να συνοδεύεται με ταυτόχρονο κλείσιμο των υαλοπινάκων και να λειτουργεί κατά τις ώρες που ο ένοικος είναι παρόν. Σπάταλη θεωρείται η ψύξη όπως αυτή παρέχεται στην πτέρυγα που ανακαινίστηκε πρόσφατα αφού η λειτουργία του χώρου είναι τουλάχιστον προς το παρόν περιορισμένη. Βέλτιστη λύση θα ήταν να ρυθμιστεί ο κλιματισμός να λειτουργεί αποκλειστικά τις ώρες που γίνονται μαθήματα στα δυο αμφιθέατρα που διαθέτει η πτέρυγα. Για τη θέρμανση πρέπει να γίνει εξ αρχής μια μελέτη κατά προτίμηση την χειμερινή περίοδο. Τα δεδομένα που πλέον θα καταγράφει ο μετρητής φυσικού αερίου που τοποθετήθηκε τον Απρίλιο θα συνεισφέρουν στον σχηματισμό της εικόνας της κατανάλωσης για θέρμανση των χώρων. Επίσης, ο χώρος του λεβητοστασίου και συγκεκριμένα οι δύο λέβητες αν και ακολουθείται η τακτική τους συντήρηση πρέπει εκ νέου να επιθεωρηθούν συνολικά για την απόδοσή τους και ορθό θα ήταν ένας μηχανολόγος να εκτιμήσει με όλες τις παραμέτρους την λειτουργία τους και την απόδοσή τους και έπειτα να προτείνει βελτιώσεις ή ακόμα και αντικατάστασή τους.

## 7.2 Προοπτικές

Η μόνιμη πλέον τοποθέτηση του ενεργειακού αναλυτή στο κτίριο μαζί με άλλες μετρητικές διατάξεις όπως είναι ο μετρητής φυσικού αερίου (τοποθετήθηκαν τον Απρίλιο του 2010) θα βοηθήσουν αποτελεσματικά μεσοπρόθεσμα τουλάχιστον στο να καταμεριστούν οι αποδόσεις με λεπτομέρεια και να καταρτιστεί μια βάση δεδομένων που θα δείχνει την συμπεριφορά των καταναλωτών σε βάθος χρόνου.

Κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, η έλλειψη μιας τέτοιας βάσης δεδομένων οδήγησε σε σχηματισμό της ενεργειακής εικόνας μέσω ερωτηματολογίων και εκτιμήσεων οπότε τα αποτελέσματα σφάλουν ίσως σε ακρίβεια και τα κόστη απλώς εκτιμούνται.

Η περίπτωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστοιχιών στην οροφή εμμέσως με την πώληση ρεύματος στην ΔΕΗ βελτιώνει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου και κρίνεται εξαιρετικά επικερδής τουλάχιστον μακροπρόθεσμα. Εφόσον εξασφαλιστούν οι πόροι για την επένδυση εκείνη θα αποσβέσει το κόστος της και θα εξασφαλίσει και κέρδη που ίσως μπορούν να χρηματοδοτήσουν και τις υπόλοιπες αλλαγές που απαιτεί το κτίριο για την καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά του.





**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ****ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ**

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα
	$\rho$	$\lambda$	$c_p$
	$\text{kg/m}^3$	$\text{W/(mK)}$	$\text{J/(kgK)}$

## 1. Ανόργανα δομικά υλικά

## 1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες

## 1.1.1. Συμπαγείς λίθοι

1.1.1.1 Ιζηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2 600	2,300	1 000
1.1.1.2 Ομογενής βράχος		3,500	
1.1.1.3 Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000
1.1.1.4 Γνεύσιος	2400 - 2700	3,500	1 000
1.1.1.5 Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000
1.1.1.6 Μάρμαρο	2 800	3,500	1 000
1.1.1.7 Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000
1.1.1.8 Άσβεστόλιθος πολύ σκληρός	2 600	2,300	1 000
σκληρός	2 200	1,700	1 000
ημίσκληρος	2 000	1,400	1 000

## 1.1.2. Πορώδεις λίθοι

1.1.2.1 Άσβεστόλιθος μαλακός	1 800	1,100	1 000
πολύ μαλακός	1 600	0,850	1 000
1.1.2.2 Ψαμμίτης	2 600	2,300	1 000
1.1.2.3 Ιζηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1 500	0,850	1 000
1.1.2.4 Κίσηρη υπό μορφή πέτρας, λάβα, πορώδης λάβα	1 600	0,550	800
1.1.2.5 Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000
1.1.2.6 Πλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050	

## 1.2. Γαιώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.

1.2.1. Χώμα συμπαγές	1 800	2,090	
1.2.2. Αργίλος / ύδης	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500
1.2.3. Λυώδης άμμος (υγρή)	1 700	1,500	1 800
1.2.4. Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000
(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500

1.2.5.	Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1 520	0,350	800
1.2.6.	Αμμοχάλικο	2 200	2,000	910 - 1180
1.2.7	Χονδρόκοκκη κίσηρη		0,190	
1.2.8	Διογκωμένος περλίτης	50 - 130	0,070	900
1.2.9	Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm, συλλεκτές και θραυστές		0,810	
1.2.1	Θραύσματα οπτόπλινθων και κεραμιδιών	1 400	0,410	
0.				
<b>1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)</b>				
1.3.1.	Ελαφρός πηλός (κίσηρη + πηλός)	760	0,230	1 000
1.3.2.	Πηλός μπαγαδάτι		0,470	
1.3.3.	Πηλός, λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500
1.3.4.	Ωμόπλινθοι συμπαγείς	1 990	0,800	1 000
1.3.5.	Ωμόπλινθοι με πρόσμειξη άχυρου	300	0,100	1 500
		660	0,190	1 500
		1 400	0,700	
<b>1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών</b>				
1.4.1.	Ασβεστοκονίαμα	1 800	0,870	1 000
1.4.2.	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1 800	0,870	1 000
		1 900	1,000	1 100
1.4.3.	Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	2 000	1,400	1 100
1.4.4.	Ασβεστογυψοκονίαμα	1 400	0,700	1 000
1.4.5.	Γυψοκονίαμα χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1 200	0,350	900
	με συμπλήρωμα άμμου	1 600	0,800	900
1.4.6.	Θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)	< 200	0,060	1 100
		250	0,080	1 100
		350	0,100	1 100
		500	0,140	1 100
1.4.7.	Συνθετικά κονιάματα	1 800	0,870	1 100
1.4.8.	Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	
<b>1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)</b>				
1.5.1.	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1 800	1,150	1 000
		2 000	1,350	00
		2 200	1,650	1 000
	υψηλής πυκνότητας	2 400	2,000	1 000
1.5.2.	Οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλής ποιότητας αλαιού τύπου B120)		1,510	
1.5.3.	Οπλισμένο σκυρόδε (1 % σίδηρος)	2 300	2,300	1 000
	(>2% σίδηρος)	2 400	2,500	1 000
1.5.4.	Γαρμπ ιλοσκυρόδεμα, γαρμπ ιλόδεμα	1 500	0,640	
		1 700	0,810	
		1 900	1,100	
1.5.5.	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0,200	
		600	0,220	

	800	0,280	
	1 000	0,350	
	1 200	0,460	
1.5.6. Κυβελωτό σκυρόδεμα σκληρωμένο με ατμό	400	0,140	1 000
	500	0,190	1 000
	600	0,230	1 000
	800	0,290	1 000
	1 000	0,350	1 000
1.5.7. Περιλιτόδεμα (το ειδικό βάρος εξεργάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περλίτη)			
1.5.7.1 Περιλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφοροποιητικού παράγοντα	350	0,130	
	450	0,140	
	500	0,160	
	600	0,200	
1.5.7.1 Περιλιτόδεμα με τη χρήση αφοροποιητικού παράγοντα	350	0,094	
	450	0,110	
	500	0,116	
	600	0,140	
1.5.8. Πλάκες από σκυρόδεμα, γύψο και αμιαντοτσιμέντο			
1.5.8.1. Πλάκες από κισηρόδεμα	800	0,280	
1.5.8.2. Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμεικτα αδρανή	1 400	0,580	
1.5.9. Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες			
1.5.9.1. Γυψοσανίδες	700	0,210	1 000
	900	0,250	1 000
	1 150	0,360	00
1.5.9.2. Τσιμεντοσανίδες	1200 - 1300	0,28 - 0,32	
1.5.9.3. Ισοπλισμένες τσιμεντόπλακες	2 000	0,480	1 100
<b>1.6. Λιθοσώματα</b>			
1.6.1. Τεχνητοί λίθοι	1 750	1,300	1 000
<b>1.7. Τοιχοποιίες από λιθοσώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών</b>			<sup>(1)</sup>
1.7.1. Τοιχοποιία από πλίνθους τσιμεντοειδούς βάσης			
1.7.1.1. Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ	1 200	0,560	
	1 400	0,700	
	1 600	0,790	
	1 800	0,990	
	2 000	1,100	1 100
	2 200	1,300	00
1.7.1.2. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)	400	0,110	1 000



	500	0,130	1 000
	600	0,160	1 000
	700	0,190	1 000
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι από κυβελωτό σκυρόδεμα	600	0,350	
	800	0,470	
	1 000	0,650	
	1 200	0,770	
	1 400	0,910	
	1 600	1,000	
1.7.1.4. Κισηρόλιθοι (πλίνθοι από φυσική ελαφρόπετρα)	500	0,220	1 000
	600	0,240	1 000
	700	0,250	1 000
	800	0,280	1 000
<b>1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 10 mm</b>			
1.7.2.1. Οπτόπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1 200	0,490	1 000
	1 500	0,640	1 000
	1 700	0,760	1 000
	1 900	0,890	1 000
1.7.2.2. Οπτόπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200 2	0,450	1 000
	1500	0,520	1 000
	<2>		
	1700 2	0,590	1 000
	1900 2	0,660	1 000
1.6.2.3. Πορώδεις αργλικές οπτόπλινθοι (πορώδη τούβλα)	940	0,260	1 000
1.6.2.4. Οξύμαχες οπτόπλινθοι (κλίνκερ)	1 800	1,800	900
1.8. Υαλότουβλα	2 500	1,400	840
1.9. Κεραμίδια			
1.9.1. Κεραμίδια		0,400	
1.9.2. Αργλικά πλακίδια επιστέγασης	2 000	1,000	800
2. Ξύλα			
2.1. Συμπαγής ξυλεία			
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600
	500	0,130	1 600
	700	0,180	1 600
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κτλ.)	600	0,140	1 600
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600
2.2. Προϊόντα ξύλου			
2.2.1. Μορισσανίδες	300	0,100	1 700

	600	0,140	1 700
	900	0,180	1 700
<b>2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)</b>	300	0,090	1 600
	500	0,130	1 600
	700	0,170	1 600
	1 000	0,240	1 600

<b>2.2.3. Σκληρές πλάκες ινώδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)</b>	250	0,070	1 700
	400	0,100	1 700
	600	0,140	1 700
	800	0,180	1 700

### 3. Μέταλλα και γυαλί

#### 3.1. Γυαλί

<b>3.1.1. Γυαλί, υαλοπίνακας</b>	2 500	1,00	750
<b>3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα</b>	2 000	1,20	750

#### 3.2. Μέταλλα

<b>3.2.1. Σίδηρος, χυτός</b>	7 500	50,00	450
<b>3.2.2. Χάλυβας (ατσάλι)</b>	7 800	50,00	450
<b>3.2.3. Ανοιξείδωτος χάλυβας</b>	7 900	17,00	500
<b>3.2.4. Χαλκός</b>	8 900	380,00	380
<b>3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)</b>	8 400	120,00	380
<b>3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)</b>	8 700	65,00	380
<b>3.2.7. Μόλυβδος</b>	11 300	35,00	130
<b>3.2.8. Ψευδάργυρος</b>	7 200	110,00	380
<b>3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου</b>	2 800	160,00	880
<b>3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m<sup>2</sup> (ως φράγμα υδρατμών)</b>	2 500	54,00	
<b>3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας</b>		58,00	

### 4. Υλικά υποστρωμάτων και επιστρώσεων

<b>4.1. Λινέλαιο</b>	1 200	0,170	1 400
----------------------	-------	-------	-------

#### 4.2. Υποστρώματα

<b>4.2.1. Υπόστρωμα απο τσόχα, πύλημα</b>	120	0,050	1 300
<b>4.2.2. Υπόστρωμα απο κυτταρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό</b>	270	0,100	1 400
<b>4.2.3. Υπόστρωμα απο λινάτσα</b>	200	0,060	1 300
<b>4.2.4. Υπόστρωμα φελλού</b>	< 200	0,050	1 500
<b>4.2.5. Υαλοφασμα, υαλόνημα, γεωφασμα</b>	60 - 140	0,040	1 030
	> 140	0,045	1 030

4.2.6. Πεπ ιεσμένες ορυκτές ίνες	200 - 400	0,060	1 030
<b>4.3. Πλακίδια φελλού</b>			
4.3.1. Απλά πλακίδια φελλού	100 - 150	0,042	1 560
	> 400	0,065	1 500
4.3.2. Πλακίδια φελλού, οπλισμένα με γυαλώδη ύφανση	100 - 150	0,046	1 560
<b>4.4. Μοκέτα</b>	200	0,060	1 300
<b>4.5. Καουτσούκ, λάστιχο</b>			
4.5.1. Φυσικό καουτσούκ	910	0,130	1 100
4.5.2. Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	1 240	0,230	2 140
4.5.3. Βουτυλικό καουτσούκ	1 200	0,240	1 400
4.5.4. Διογκωμένο καουτσούκ (αφρώδες, σπογγώδες, λατέξ)	60 - 80	0,060	1 500
4.5.5. Σκληρυμμένο (σκληρό) καουτσούκ (εβονίτης)	1 200	0,170	1 400
4.5.6. Μονομερές αιθυλένιο-π ροπ υλένιο-διένιο (EPDM)	1 150	0,250	1 000
4.5.7. Πολυισοβουτυλένιο	930	0,200	1 100
4.5.8. Πολυσουλφίδια	1 700	0,400	1 000
4.5.9. Βουταδιένιο	980	0,250	1 000
<b>4.6. Ασφαλτικά υλικά</b>			
4.6.1. Καθαρή άσφαλτος, μαστίχη ασφάλτου, πίσσα	1 050	0,170	1 700
4.6.2. Ασφαλτικά μείγματα με αδρανή, ασφαλτικό σκυρόδεμα	2 100	0,700	1 000
4.6.3. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	920
4.6.4. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόχαρτα)	1 100	0,190	1 000
4.6.5. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπ ανα)	1 100	0,230	1 000
<b>4.7. Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο</b>			
4.7.1. Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2 000	1,050	
4.7.2. Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2 000	1,840	840
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με εφνάλωση / πορσελάνες	2 300	1,300	840
4.7.4. Μωσαϊκό	1 900	1,200	
4.8. Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	1 000	0,200	1 000
4.9. Πλάκες πεζοδρομίου	2 100	1,500	1 000
<b>5. Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες</b>			
<b>5.1. Πλαστικά</b>			
5.1.1. Πολυκαρβονικά φύλλα	1 200	0,200	1 200
5.1.2. Φύλλο πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	980	0,500	1 800
	(χαμηλής πυκνότητας)	920	0,330
5.1.3. Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	1 390	0,170	900
5.1.4. Πολυπροπυλένιο (PP)	910	0,220	1 800
5.1.5. Πολυστυρένιο (PS)	1 050	0,160	1 300
5.1.6. Ακρυλικά	1 050	0,200	1 500
5.1.7. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE)	2 200	0,250	1 000
5.1.8. Πολυακετόνη	1 410	0,300	1 400
5.1.9. Πολυαμίδιο	1 150	0,250	1 600
5.1.10. Πολυουρεθάνη	1 200	0,250	1 800
5.1.11. Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0,050	1 500
<b>5.2. Ρητίνες</b>			
5.2.1. Εποξειδική (εποξειδική) ρητίνη	1 200	0,200	1 400
5.2.2. Φενολική ρητίνη	1 300	0,300	1 700
5.2.3. Πολυεστερική ρητίνη	1 400	0,190	1 200
<b>5.3. Σιλικόνες</b>			
5.3.1. Καθαρή σιλικόνη	1 200	0,350	1 000

5.3.2. Γέμισμα σιλικόνης	1 450	0,500	1 000
5.3.3. Σιλικονόχοχος αφρός	750	0,120	1 000
5.3.4. Κόκκοι οξειδίου του πυριτίου, πηκτή πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000

## 6. Θερμομονωτικά υλικά

## 6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά

6.1.1. Υαλοβάμβακας σε σκληρές πλάκες	70 - 110	0,035 - 0,041	
6.1.2. Υαλοβάμβακας μη μορφοποιημένος	15 - 50	0,035 - 0,041	
6.1.3. Πετροβάμβακας σε σκληρές πλάκες	110 - 180	0,035 - 0,041	1 030
6.1.4. Πετροβάμβακας μη μορφοποιημένος	50	0,035 - 0,041	1 030

## 6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής

6.2.1. Αφρώδες γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000
6.2.2. Τρίμματα θηραϊκής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000

## 6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής

6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό d < 25 mm	570	0,150	1 470
d > 25 mm	360 - 480	0,090	1 470
6.3.2. Φελλός			
6.3.2.1 Σκληρά πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560
6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη			
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους	15 - 30	0,045	1 450
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες <sup>(3)</sup>	12 - 30	0,035 - 0,040	1 500
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες	12 - 30	0,031 - 0,035	50
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30 - 45	0,033 - 0,037	1 450
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες) <sup>(4)</sup>	30 - 80	0,023 - 0,030 <sup>(4)</sup>	1400 - 1500
6.3.6. Φαινολικός αφρός	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400

## 6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης

6.4.1. Πλάκες ή μπάλες πεπιεσμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0, 050	
6.4.3. Πλάκες από καλάμια	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200
6.4.4. Κυτταρίνη (κολλώδης)	120 - 220	0,040 - 0,060	800 - 1100
(ινώδης)	30 - 80	0,040 - 0,45	1700 - 2100
6.4.5. Λινάρι	20 - 80	0,038 - 0,045	1300 - 1600
6.4.6. Βαμβάκι	20 - 60	0,040	840 - 1300
6.4.7. Μαλλί προβάτου	25 - 30	0,040 - 0,050	960 - 1300

## 7. Αέρια

7.1. Ξηρός αέρας (στους 20C)	1	0,025	1 008
7.2. Διοξείδιο του άνθρακα	2	0,014	820
7.3. Αργό	2	0,017	19
7.4. Κρυπτό	4	0,009	245
7.5. Ξένο	6	0,0054	160

## 8. Νερό

## 8.1. Νερό σε υγρή φάση

8.1.1. Νερό στους 10C	1 000	0,600	4 187
8.1.2. Νερό στους 40C	990	0,630	4 190
8.1.3. Νερό στους 80C	970	0,670	4 190

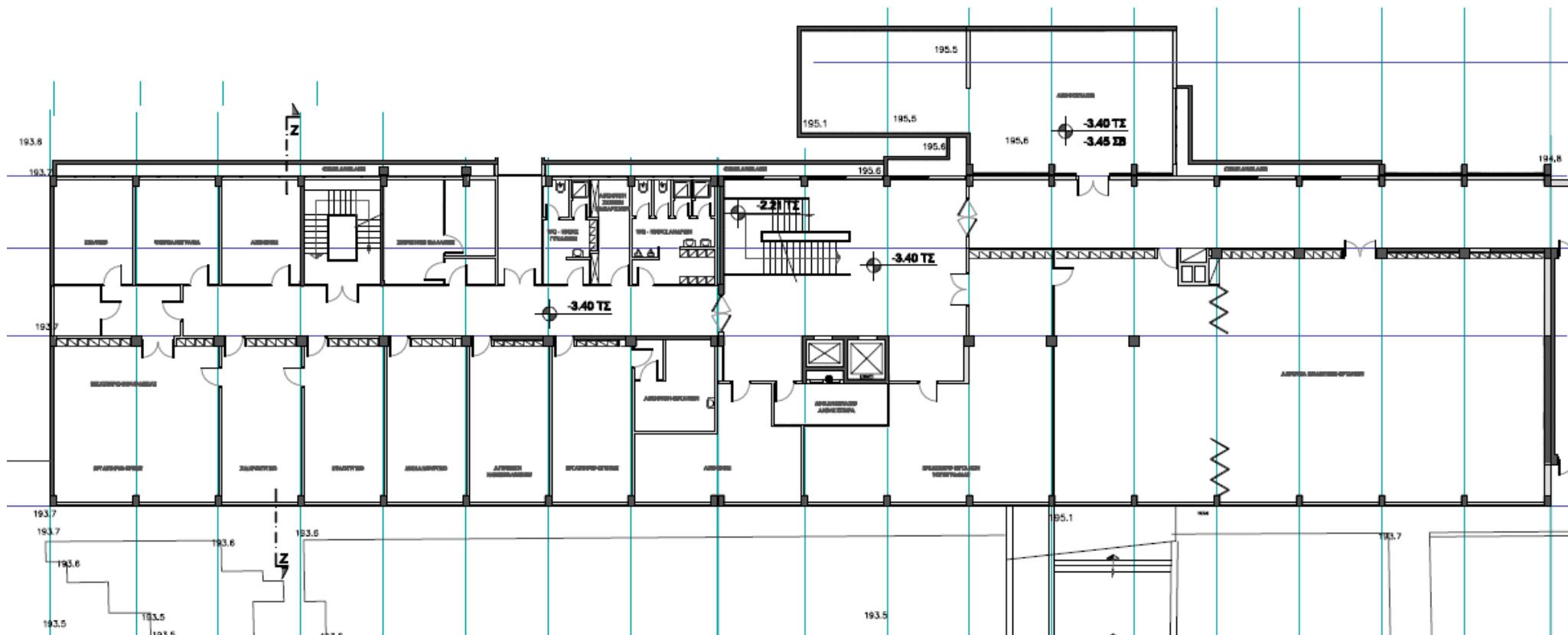
## 8.2. Νερό σε στερεά φάση

8.2.1. Πάγος στους -10C	920	2,300	2 000
8.2.2. Πάγος στους 0C	900	2,200	2 000
8.2.3. Φρέσκο χόνι (πάχος στρώσης < 30 mm)	100	0,050	2 000
8.2.4. Χιόνι, μαλακό (πάχος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000

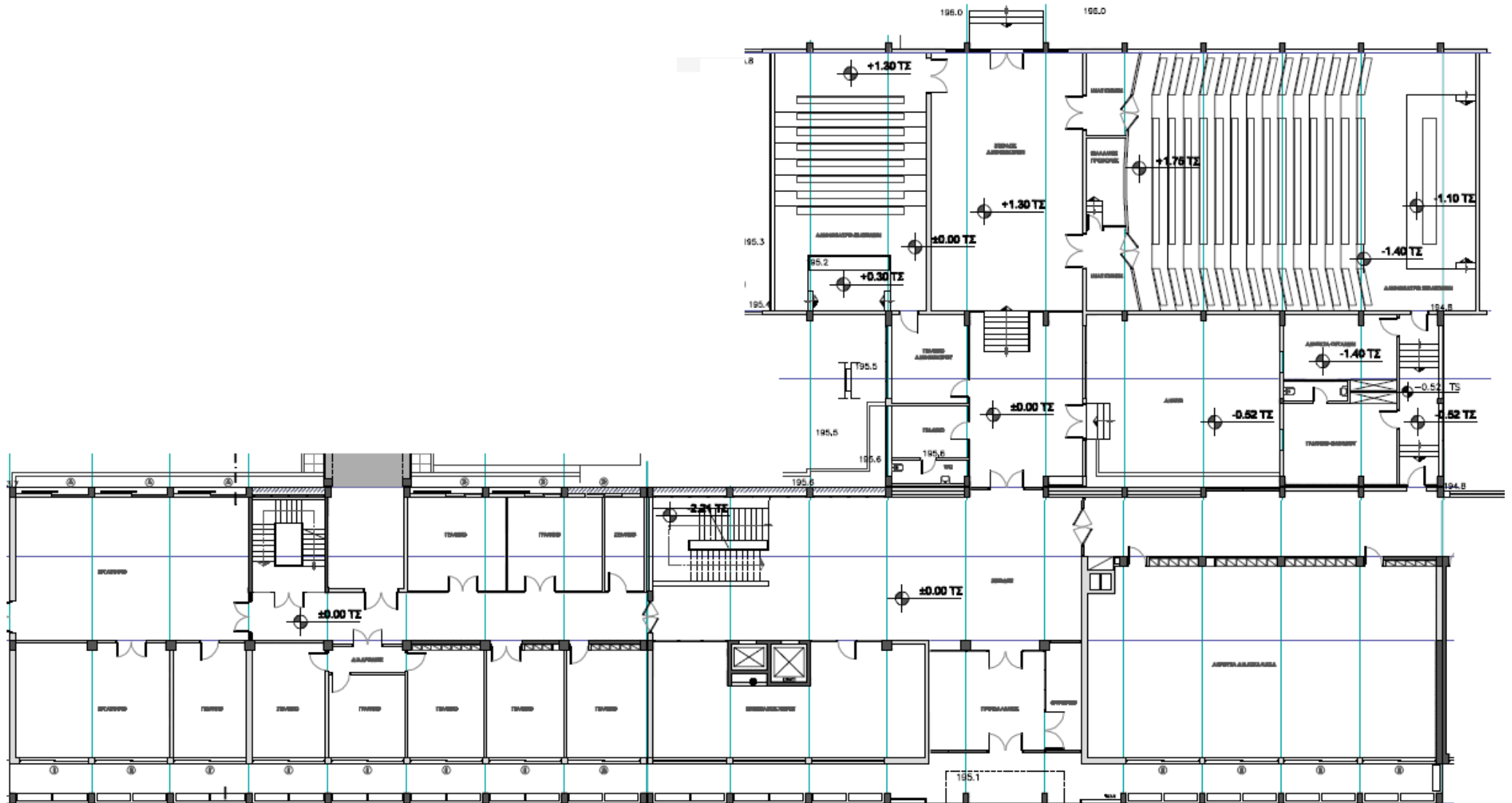
8.2.5. Χιόνι, ελαφρώς συμπιεσμένο (πάχος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000
8.2.6. Χιόνι, συμπιεσμένο (πάχος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

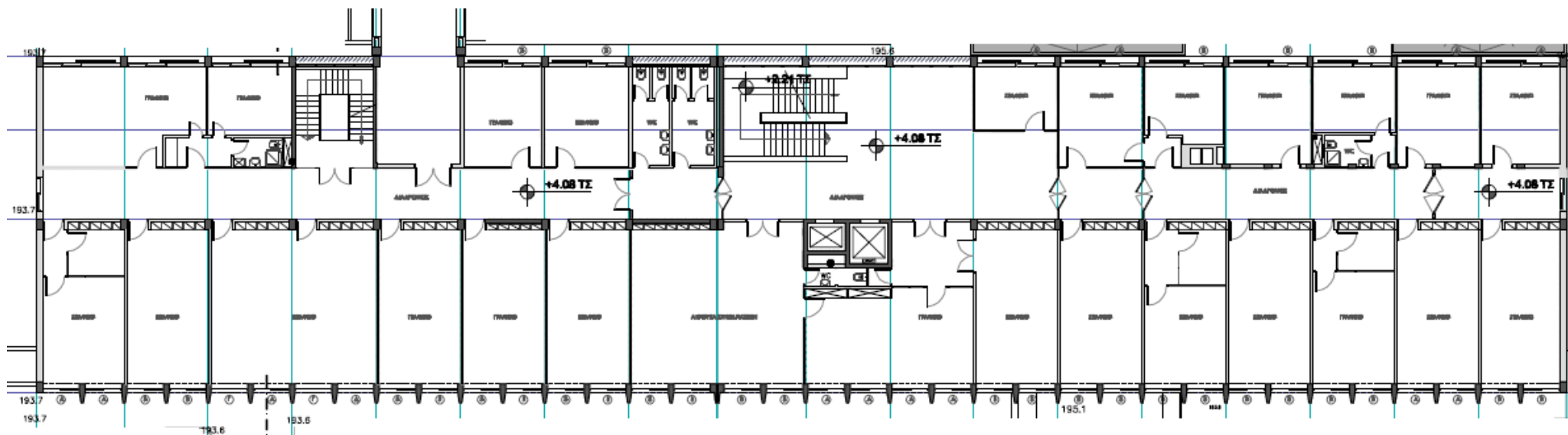
### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ)



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ)

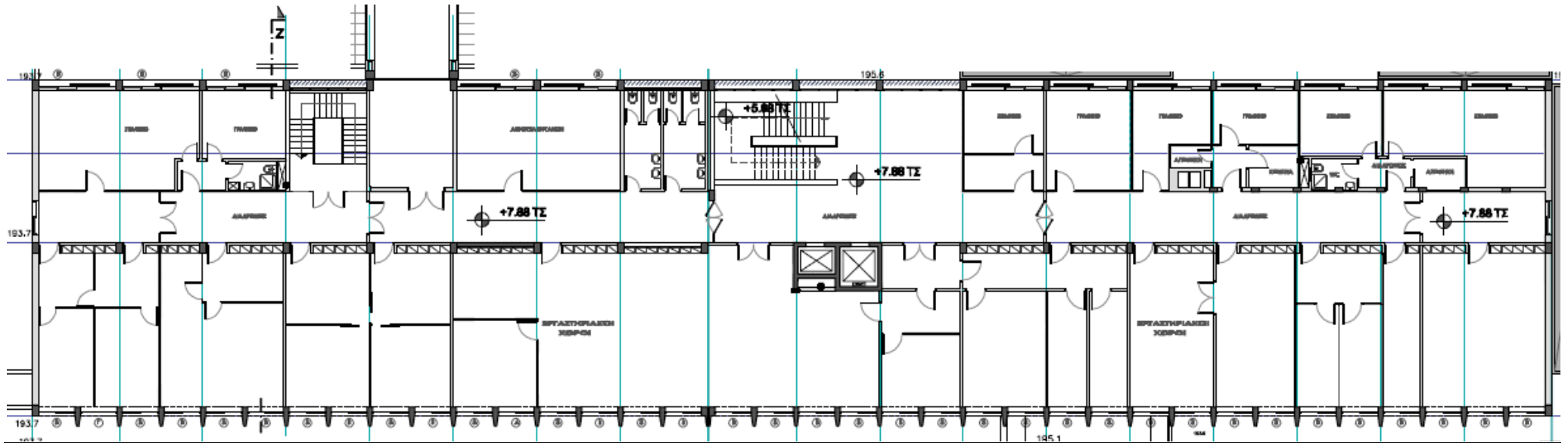


## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ 1<sup>00</sup> ΟΡΟΦΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ)

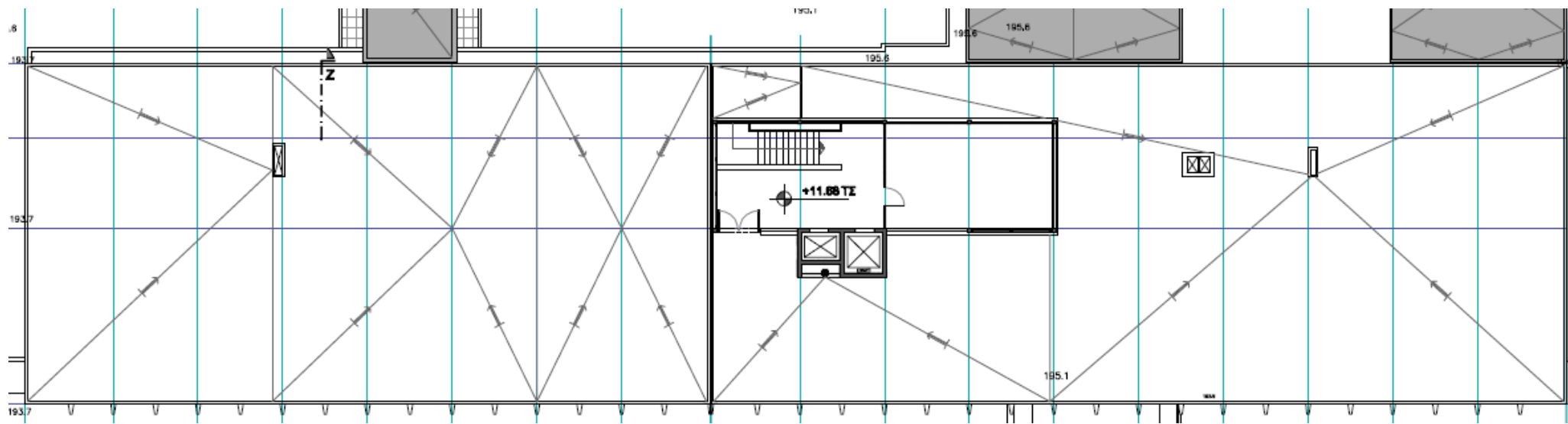




## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ 2<sup>00</sup> ΟΡΟΦΟΥ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ)



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ)



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ****ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

	Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα		Μήκος Εξωτ. Τοιχοποιείας	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία
			Τύπος	Επιφάνεια	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
<b>ΙΣΟΓΕΙΟ</b>	αμφ. Λ19	173	μονό	20	28	98	78
	θυρωρείο	44	μονό	24	8	28	4
	διάδρομοι	115	μονό	7	2,5	8,75	1,75
	Βεσκούκης	25	μονό	6	4,1	14,35	8,35
	εργ. Δορυφ. Γεωδ.	69	διπλό	12	7,7	26,95	14,95
	Κλίμακα 1	152	μονό	36	12	42	6
	Μουσείο	85	μονό	24	13,5	47,25	23,25
	Κορακίτης	22	μονό	6	3,7	12,95	6,95
	Τζώρτζης	20	διπλό	5	4	14	9
	κλειστό μονίμως Δουκάκης	20	διπλό	5	4	14	9
	κλειστό μονίμως Κλίμακα 2	19	μονό	14	4	14	0
	;	20	διπλό	5	4	14	9
	εργ. Δομικής - μηχανές	87	μονό	18	19,4	67,9	49,9
εργ. Δομικής ΗΥ	67	μονό	18	18	63	45	
ένωση με πτέρυγα	20			0	0	0	
	938						

	Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα		Μήκος Εξwt. Τοιχοποιείας	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία
			Τύπος	Επιφάνεια	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
<b>1ος ΟΡΟΦΟΣ</b>	διάδρομος 1	82	μονό	7	2,4	8,4	1,4
	διάδρομος 2	72	μονό	7	2,6	9,1	2,1
	Κλίμακα 1	90	μονό	36	12	42	6
	Κλίμακα 2	20	μονό	14	4	14	0
	113	32	μονό	12	4	14	2
	Ζησόπουλος	32	μονό	12	4	14	2
	114	32	διπλό	7	4	14	7
	γραφείο	32	διπλό	7	4	14	7
	γραφείο & κουζίνα	32	διπλό	7	4	14	7
	118	32	διπλό	7	12,2	42,7	35,7
	2 wc	21	διπλό	4	4	14	10
	107	20	διπλό	4	4	14	10
	103	32	διπλό	7	4	14	7
	110	55	διπλό	7	14	49	42
	101 Καρράς	32	διπλό	7	4	14	7
	113α	32	μονό	4	4	14	10
	106	20	διπλό	4	4	14	10
	ένωση με πτέρυγα	20			0	0	0
	104	32	διπλό	7	4	14	7
	συνεδριακός χώρος	64	διπλό	16	8	28	12
	102 (εργ.)	64	μονό	16	8	28	12
	108	14	διπλό	4	2	7	3
	101β	32	μονό	7	12	42	35
	120 ή 123 Μηλάς	19	διπλό	4	4	14	10
κλειστό μονίμως		19			4	14	14
κλειστό μονίμως	Βέη	17			9	31,5	31,5
	122 ή 121	13		4	4	14	10
	124	19	μονό	4	4	14	10

	120	20	μονό	4	4,4	15,4	11,4
	117 μισό	32	μονό	7	4	14	7
κλειστό μονίμως	115	32	διπλό	7	4	14	7
κλειστό μονίμως	103α	32	διπλό	7	4	14	7
λείπει 125ή 118		1097					

	Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα		Μήκος Εξωτ. Τοιχοποιείας	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία	
			Τύπος	Επιφάνεια	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	
<b>2ος ΟΡΟΦΟΣ</b>	διάδρομος 1	77	μονό	7	2,4	9,6	2,6	
	διάδρομος 2	68	μονό	7	2,4	9,6	2,6	
	Κλίμακα 1	88	μονό	36	12	48	12	
	Κλίμακα 2	20	μονό	14	4	16	2	
	2 wc	21	διπλό	4	4,2	16,8	12,8	
	γραφείο	24	διπλό	6	3	12	6	
	γραφείο	25	διπλό	6	11,2	44,8	38,8	
						0	0	
	219 ή 225	20	διπλό	4	4	16	12	
	223	15	διπλό	4	4	16	12	
	221	19	διπλό	4	4	16	12	
	μικρή αποθήκη	20				0	0	
	215	24	διπλό	7	4	16	9	
	216α	30	διπλό	7	3,7	14,8	7,8	
	κουζίνα & wc (225)	8				0	0	
						0		
						13	52	52
	βιβλιοθήκη	50	διπλό	12	14	56	44	
	;	63	διπλό	16	8	32	16	
	Αίθουσα ΗΥ	94	διπλό	24	12	48	24	
	ένωση με πτέρυγα	20				0	0	
Βασιλείου	38	διπλό	7	8	32	25		
Γραμματεία	20	διπλό	4	4	16	12		
Ρόκκος	40	μονό	7	13	52	45		
					11	44	44	
202	48	διπλό	7	6	24	17		
214α	32	διπλό	7	4	16	9		
214β	32	διπλό	7	4	16	9		

;	225 wc	14	διπλό	4	4	16	12
;	κουζίνα	10				0	0
κλειστό μονίμως	225	33	διπλό	7	13	52	45
κλειστό μονίμως	217 (διαφ.)	16	διπλό	4	2	8	4
κλειστό μονίμως	217α,β	32	διπλό	7	4	16	9
πολλές ώρες	216	33	διπλό	7	4,1	16,4	9,4
1 φορά βδομ	215β	12	διπλό	4	2	8	4
;	;	12		4	2	8	4
		1058					

Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα	Επιφάνεια	Μήκος Εξwt. Τοιχοποιείας (m)	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία
					(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
ΥΠΟΓΕΙΟ	Υ21			ΟΛΟΣ Ο ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΟΡΟΦΟΣ ΥΠΕΡΧΕΙ ΠΕΡΙΠΟΥ 1 Μ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΜΗΚΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΠΕΡΙΠΟΥ 73 Μ ΜΗΚΟΣ ΝΟΤΙΑΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΠΕΡΙΠΟΥ 73 Μ ΑΠΟ ΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΕΝΩΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΚΤΙΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ ΟΛΗ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΣΧΕΔΟΝ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ (ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΟΛΩΝΕΣ) ΕΧΕΙ ΔΙΠΛΟ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΥΨΟΥΣ ΠΕΡΙΠΟΥ 50 ΕΚ. ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ ΟΛΗ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΣΧΕΔΟΝ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ (ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΟΛΩΝΕΣ) ΕΧΕΙ ΜΟΝΟ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΥΨΟΥΣ ΠΕΡΙΠΟΥ 50 ΕΚ.	29,2	29,2
	Υ23					
	Διάδρομοι					
	WC					
	Υ14 - Υ14.1					
Κλίμακα 1						
Κλίμακα 2						

Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα	Επιφάνεια	Μήκος Εξwt. Τοιχοποιείας (m)	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία	
					(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	
3ος ΟΡΟΦΟΣ 120	Κλίμακα	40	μονό	20	19	72,2	52,2
	Εργαστήριο	80					

Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα	Επιφάνεια	Μήκος Εξwt. Τοιχοποιείας (m)	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία
					(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
Οροφή ~1000 τ.μ.						
καλύπτεται όλος από μονωτικό ασφαλτόπανο και πλάκες ελαφρομετόν						

Χώρος	Επιφάνεια	Παράθυρα	Επιφάνεια	Μήκος Εξwt. Τοιχοποιείας (m)	Συν. Επιφ. Εξ. Τοιχ.	Μόνο τοιχοποιεία
					(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
ΑΝΑΚΑΙΝΙΖΟΜΕΝΗ	718	διπλό	47			



ΠΤΕΡΥΓΑ			μονό	58		76	304	199
---------	--	--	------	----	--	----	-----	-----

συνολική τοιχοποιία	2345
για κατακόρυφο τοίχο σκυρόδεμα	321,2388
για κατακόρυφο τοίχο οπτόπλινθος	2023,761
καθαρή επιφάνεια τοίχου από σκυρόδεμα	242,0388
καθαρή επιφάνεια τοίχου από οπτόπλιθνο	1342,561
για τοίχο από οπτόπλιθνο επιφάνεια υαλοπινάκων	681,2
για τοίχο από σκυρόδεμα επιφάνεια υαλοπινάκων	79,2
Συνολή επιφάνεια μονών υαλοπινάκων	388,2
Συνολή επιφάνεια διπλών υαλοπινάκων	372,2
	760,4

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
ΙΣΟΓΕΙΟ	αμφ. Λ19		40			3600	4	8	4	460800
	θυρωρείο	4				360	20	20	12	1728000
	διάδρομοι	17				1530	10	30	12	5508000
	Βεσκούκης		2	1		225	6	20	4	108000
	εργ. Δορυφ. Γεωδ.		5	4		630	8	20	10	1008000
	Κλίμακα 1	9				810	10	30	12	2916000
	Μουσείο	6				540	8	30	10	1296000
	Κορακίτης		2	1		225	5	20	4	90000
	Τζώρτζης		3			270	5	20	10	270000
	Δουκάκης		3			270	5	20	4	108000
	Κλίμακα 2				18	22,5	2	20	10	9000
	; κλειστό μονίμως					0	0	0	0	0
	εργ. Δομικής - μηχανές		12			1080	6	1	1	6480
εργ. Δομικής ΗΥ				246	307,5	6	1	1	1845	
ένωση με πτέρυγα		2	2		270	8	30	10	648000	
									14158125	

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>1ος ΟΡΟΦΟΣ</b>	διάδρομος 1	9				810	10	30	12	2916000
	διάδρομος 2	9				810	10	30	12	2916000
	Κλίμακα 1	7				630	10	30	12	2268000
	Κλίμακα 2				18	22,5	2	20	10	9000
	113		2	3		315	6	20	5	189000
	Ζησόπουλος	4				360	4	20	5	144000
	114		6	2		630	4	20	5	252000
	γραφείο		6	2		630	4	20	5	252000
	γραφείο & κουζίνα		6	2		630	4	20	5	252000
	118		4	2		450	10	20	4	360000
	2 wc		4			360	2	20	10	144000
	107		4			360	6	20	10	432000
	103		4	2		450	6	20	11	594000
	110		4	4		540	6	8	5	129600
	101 Καρράς		4	2		450	10	20	11	990000
	113α		4	1		405	4	20	4	129600
	106		3			270	10	20	10	540000
	ένωση με πτέρυγα		2			180	8	30	10	432000
	104	3				270	3	20	5	81000
	συνεδριακός χώρος	12				1080	4	8	2	69120
102 (εργ.)		8	4		900	5	20	5	450000	
108		4	2		450	2	20	4	72000	
101β		4	2		450	5	20	4	180000	
120 ή 123 Μηλάς		2	2		270	6	20	10	324000	
κλειστό μονίμως					0	0	0	0	0	
κλειστό μονίμως					0	0	0	0	0	
Βέη					0	0	0	0	0	
122 ή 121		4	1		405	6	20	10	486000	
124		4	1		405	5	20	4	162000	

	120		4		360	5	20	4	144000
	117 μισό		5	2	540	5	20	5	270000
σπανια	115		8		720	1	5	10	36000
σπανια	103α		4	2	450	1	5	10	22500
λείπει 125ή 118 14τμ #15									15245820

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>2ος ΟΡΟΦΟΣ</b>	διάδρομος 1	8				720	10	30	12	2592000
	διάδρομος 2	7				630	10	30	12	2268000
	Κλίμακα 1	8				720	10	30	12	2592000
	Κλίμακα 2				18	22,5	2	20	10	9000
	2 wc		2	2		270	2	20	10	108000
	γραφείο	1	2	1		315	6	20	5	189000
	γραφείο		3	1		315	5	20	5	157500
						0				0
	219 ή 225	4	1			450	4	20	11	396000
	223		3			270	5	20	5	135000
	221	4		1		405	5	20	5	202500
	μικρή αποθήκη		2			180	2	20	10	72000
	215					0	5	20	10	0
	216α		4			360	5	20	10	360000
	κουζίνα &wc (225)			2		90	4	20	10	72000
						0				0
						0				0
	βιβλιοθήκη		6	3		675	3	20	5	202500
	;		8	2		810	4	20	5	324000
	Αίθουσα ΗΥ		16	2		1530	4	20	5	612000
ένωση με πτέρυγα			2		90	8	30	10	216000	
Βασιλείου		8	4		900	6	20	10	1080000	
Γραμματεία		2	2		270	8	20	10	432000	
Ρόκκος		5	3		585	6	20	10	702000	
					0				0	
202		6	2		630	5	20	5	315000	
214α		2	2		270	4	20	5	108000	
214β		2	2		270	4	20	5	108000	

	225 wc				0				0
					0	5	20	5	0
	κουζίνα		2		90	4	20	10	72000
σπάνια	225	4	2		450	4	5	10	90000
καθόλου	217 (διαφ.)	2	1		225	5	1	10	11250
σπάνια	217α,β	4	2		450	5	1	10	22500
πολλές ώρες	216	4	2		450	6	20	10	540000
1 φορά βδομ	215β	2	1		225	4	4	10	36000
	;	2	1		225	4	20	5	90000
									14114250

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>ΥΠΟΓΕΙΟ</b>	Υ21	1	7	1		765	5	20	8	612000
	Υ23 (εργαστήριο)		25	20		3150	2	8	10	504000
	Διάδρομοι	15				1350	10	30	12	4860000
	WC	1	4			450	2	20	10	180000
	Υ14 - Υ14.1					0				0
	Κλίμακα 1	4				360	10	30	12	1296000
	Κλίμακα 2			1		45	1	20	10	9000
										7461000

κλειστό

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>3ος ΟΡΟΦΟΣ</b>	Κλίμακα	4				360	10	30	12	1296000
	Εργαστήριο									
										1296000

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ</b>			7			630	5	30	12	1134000
										1134000

Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)	Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου	Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
-------	---------------------------------	-----------	---------------------	------------------------------

		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος		
<b>ΑΝΑΚΑΙΝΙΖΟΜΕΝΗ</b> <b>ΠΤΕΡΥΓΑ</b>	μικρό αμφιθ.		<b>32ροοστάτες 100W -400 W 30 ροοστάτες 100W -400 W</b>			<b>5832</b>		<b>ΑΝΑΚΑΙΝΙΖΟΜΕΝΟΣ ΧΩΡΟΣ ΧΡΗΣΗ ΑΠΟ ΕΡΓΑΤΕΣ</b>			
	μεγάλο αμφιθ.										
	διάδρομος	15					1350		10	30	12
										4860000	

	Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια σε ένα έτος (Wh)
		πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ</b>	οροφή					3125	10	30	12	11250000
	είσοδος	4				144	10	30	12	518400
	ισογείου					405	10	30	12	1458000
										13226400

**φωτισμός 30 μερες ανοιχτός  
15883 W**



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΞΗ

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>ΙΣΟΓΕΙΟ 1022 τ.μ.</b>	αμφ. Λ19	173						
	θυρωρείο	44	9000	900	9	20	3	486000
	διάδρομοι	115		0	5	20	3	0
	Βεσκούκης	25	14000	1400	4	20	3	336000
	εργ. Δορυφ. Γεωδ.	69	18000	1800	8	20	4	1152000
	Κλίμακα 1	152		0				0
	Μουσείο	85		0				0
	Κορακίτης	22	9000	900	4	20	4	288000
	Τζώρτζης	20	9000	900	5	20	3	270000
	Δουκάκης	20		0				0
	Κλίμακα 2	19		0				0
	;	20		0				0
	εργ. Δομικής -μηχανές	87	18000	1800	5	2	1	18000
	εργ.Δομικής ΗΥ	67		0				0
ένωση με πτέρυγα	20		0				0	
							<b>2550000</b>	

κλειστό μονίμως

κλειστό μονίμως

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>1ος ΟΡΟΦΟΣ 1138 τ.μ.</b>	διάδρομος 1	82						
	διάδρομος 2	72						
	Κλίμακα 1	90						
	Κλίμακα 2	20						
	113	32	9000	900	8	20	3	432000
	Ζησόπουλος	32	14000	1400	4	20	3	336000
	114	32	14000	1400	4	20	3	336000
	γραφείο	32	9000	900	5	20	3	270000
	γραφείο & κουζίνα	32	9000	900	5	20	3	270000
	118	32	14000	1400	10	20	5	1400000
	2 wc	21		0				0
	107	20	9000	900	6	20	3	324000
103	32	14000	1400	8	26	4	1164800	

	110	55	9000	900	6	8	3	129600
	101 Καρράς	32	9000	900	10	20	3	540000
	113α	32	9000	900	5	20	3	270000
	106	20	9000	900	1	20	3	54000
	ένωση με πτέρυγα	20		0				0
	104	32	9000	900	2	20	3	108000
	συνεδριακός χώρος	64	14000	1400	4	1	1	5600
	102 (εργ.)	64	14000	1400	5	20	3	420000
	108	14	14000	1400	2	20	3	168000
	101β	32	14000	1400	3	20	3	252000
	120 ή 123 Μηλάς	19	14000	1400	6	20	3	504000
κλειστό μονίμως		19		0				0
κλειστό μονίμως	Βέη	17		0				0
	122 ή 121	13	14000	1400	5	20	3	420000
	124	19	9000	900	6	20	3	324000
	120	20	9000	900	6	20	3	324000
	117 μισό	32	14000	1400	6	20	3	504000
σπανια	115	32	18000	1800	5	1	3	27000
σπανια	103α	32	9000	900	5	1	3	13500
λείπει 125ή 118								8596500

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>2ος ΟΡΟΦΟΣ</b> <b>1168 τ.μ.</b>	διάδρομος 1	77		0				
	διάδρομος 2	68		0				
	Κλίμακα 1	88		0				
	Κλίμακα 2	20		0				
	2 wc	21		0				
	γραφείο	24	9000	900	6	20	3	324000
	γραφείο	25	9000	900	7	20	3	378000
				0				0
	219 ή 225	20	14000	1400	3	20	3	252000
	223	15	14000	1400	7	20	3	588000
	221	19	14000	1400	5	20	3	420000
	μικρή αποθήκη	20		0				0
	215	24	9000	900	6	20	3	324000
216α	30	14000	1400	1	20	3	84000	

	κουζίνα &wc (225)	8		0				0
				0				0
				0				0
	βιβλιοθήκη	50	14000	1400	3	20	3	252000
	;	63	18000	1800	4	20	3	432000
	Αίθουσα ΗΥ	94	36000	3600	3	20	3	648000
	ένωση με πτέρυγα	20		0				0
	Βασιλείου	38	14000	1400	5	20	3	420000
	Γραμματεία	20	9000	900	8	20	3	432000
	Ρόκκος	40	18000	1800	6	20	3	648000
				0				0
	202	48	27000	2700	3	20	3	486000
	214α	32	9000	900	4	20	3	216000
	214β	32	14000	1400	10	20	3	840000
	225 wc	14		0				0
				0				0
	κουζίνα	10		0				0
	225	33	14000	1400	2	1	3	8400
	217 (διαφ.)	16	0	0	1	1	3	0
	217α,β	32	9000	900	2	1	3	5400
	216	33	14000	1400	10	20	3	840000
	215β	12	9000	900	4	1	3	10800
	;	12	9000	900	5	20	3	270000
		1058						7878600

σπάνια  
καθόλου  
σπάνια  
πολλές ώρες  
1 φορά βδομ  
;

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
ΥΠΟΓΕΙΟ ~1200 τ.μ.	Υ21		<b>ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ</b>					
	Υ23		<b>ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ</b>					
	Διάδρομοι		<b>ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ</b>					
	WC		<b>ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ</b>					
	Υ14 - Υ14.1		<b>ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ</b>					

Κλίμακα 1	<b>ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ ΧΩΡΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ</b>
Κλίμακα 2	

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>3ος ΟΡΟΦΟΣ 120 τ.μ.</b>	Κλίμακα	40	<b>απουσία στοιχείων</b>					
	Εργαστήριο	80						

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ</b>	<b>δεν ψύχεται</b>							

	Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια ανά έτος (Wh)
			BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>ΑΝΑΚΑΙΝΙΖΟΜΕΝΗ ΑΠΟ ΚΚΜ</b>			32 RT	38400	8	20	3	18432000

**συνολικά εγκατεστημένη  
ισχύς κλιματισμού που  
λειτουργεί 20 μέρες το  
μήνα  
97900 W**

off mode consumption Wh	58 κλιματιστικά περίπου 7516800
----------------------------	------------------------------------

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

	Χώρος	Επιφάνεια	HY	Διάρκεια Φορτίου HY			Ενέργεια HY για 1 έτος (Wh)	περιφερειακά		Ενέργεια για 1 έτος (0,5% διάρκεια HY)	Άλλο			Ενέργεια σε 1 έτος
				πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα		μήνες/χρόνος	scanners (20W)		printers (80W)	είδος	Ισχύς	
ΙΣΟΓΕΙΟ 1022 τ.μ.	αμφ. Λ19	173								προτζέκτορας	150	3000	3000	
	θυρωρείο	44											0	
	διάδρομοι	115											0	
	Βεσκούκης	25	2	24	30	12	3456000	1	1	4320			3460320	
	εργ. Δορυφ. Γεωδ.	69	8	12	30	12	6912000						6912000	
	Κλίμακα 1	152					0						0	
	Μουσείο	85					0						0	
	Κορακίτης	22	1	20	30	12	1440000		1	2880	ψυγείο	400	3456000	4898880
	Τζώρτζης	20					0				ψυγείο	400	3456000	3456000
	Δουκάκης	20					0						0	
κλειστό μονίμως	Κλίμακα 2	19				0						0		
κλειστό μονίμως	;	20				0						0		
	εργ. Δομικής - μηχανές	87				0				2 μηχανές θλίψης δοκιμαστική μηχανή, κλίβανος	1000	4000	4000	
	εργ.Δομικής HY	67	1	24	30	12	1728000				3000	0	1728000	
	ένωση με πτέρυγα	20											0	
		938					1353600			7200		6919000	20462200	
							0			1354320		0		

	Χώρος	Επιφάνεια	HY	Διάρκεια Φορτίου HY			Ενέργεια HY για 1 έτος (Wh)	περιφερειακά		Ενέργεια για 1 έτος (0,5% διάρκεια HY)	Άλλο			Ενέργεια σε 1 έτος
				πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα		μήνες/χρόνος	scanners (20W)		printers (80W)	είδος	Ισχύς	
1ος ΟΡΟΦΟΣ 1138 τ.μ.	διάδρομος 1	82											0	
	διάδρομος 2	72											0	
	Κλίμακα 1	90											0	
	Κλίμακα 2	20											0	

	113	32	3	8	20	10	960000		2	1280	φωτοτυπικό	1500	270000	1231280
	Ζησόπουλος	32	3	6	20	10	720000		4	1920				721920
	114	32	2	10	20	10	800000	1	1	1000	κουζίνα, ψυγείο	400	3456000	4257000
	γραφείο	32	2	8	20	10	640000		1	640	ψυγείο	400	3456000	4096640
	γραφείο & κουζίνα	32	2	8	20	10	640000							640000
	118	32	1	7	20	10	280000							280000
	2 wc	21					0							0
	107	20	1	6	20	10	240000		1	480				240480
	103	32	1	8	20	10	320000		1	640				320640
	110	55	2	6	20	10	480000			0	ψυγείο	400	3456000	3936000
	101 Καρράς	32	1	15	20	10	600000		3	3600	φωτοτυπικό	1500	270000	873600
	113α	32	1	4	16	10	128000				ψυγείο	400	3456000	3584000
	106	20	1	10	20	9	360000		1	720				360720
	ένωση με πτέρυγα	20					0							0
	104	32					0				ψυγείο	400	3456000	3456000
	συνεδριακός χώρος	64					0							0
	102 (εργ.)	64	5	8	20	10	1600000		1	640	πλώττερ	140	280000	1880640
	108	14	2	24	30	12	3456000		2	6912	ψυγείο	400	3456000	6918912
	101β	32	1	8	20	10	320000	1	2	1440				321440
	120 ή 123 Μηλάς	19	2	24	30	10	2880000		1	2880	ψυγείο	400	3456000	6338880
κλειστό μονίμως		19					0							0
κλειστό μονίμως	Βέη	17					0							0
	122 ή 121	13	1	5	30	10	300000							300000
	124	19	1	8	20	10	320000	1	1	800	ups	400	640	321440
	120	20	2	8	20	10	640000	1	1	800				640800
	117 μισό	32	1	7	20	11	308000		2	1232	ψυγείο	400	3456000	3765232
σπάνια	115	32	1				0							0
σπάνια	103α	32	1				0							0
λείπει 125ή 118		1097					1599200			24984			28468640	44485624
							0			1601698				
										4				

Χώρος	Επιφάνει α	ΗΥ	Διάρκεια Φορτίου ΗΥ	Ενέργεια ΗΥ για 1 έτος	περιφερειακ ά	Ενέργεια για 1 έτος	Άλλο	Ενέργεια σε 1 έτος
-------	---------------	----	---------------------------	------------------------------	------------------	---------------------------	------	-----------------------

			πλήθος	ώρες/μέρ α	μέρες/μήν α	μήνες/χρόν ο	(Wh)	scanner s (20W)	printers (80W)	(0,5% διάρκεια ς ΗΥ)	είδος	Ισχύς	Ενέργεια για 1 έτος	
<b>2ος ΟΡΟΦΟΣ 1168 τ.μ.</b>	διάδρομος 1	77											0	
	διάδρομος 2	68									ψυγείο	400	3456000	3456000
	Κλίμακα 1	88											0	
	Κλίμακα 2	20											0	
	2 wc	21											0	
	γραφείο	24	3	4	20	10	480000		1	320			480320	
	γραφείο	25	3	8	20	10	960000		2	1280			961280	
							0						0	
	219 ή 225	20	1	10	20	10	400000		1	800			400800	
	223	15	1	6	20	10	240000		1	480			240480	
	221	19	1	8	20	10	320000						320000	
	μικρή αποθήκη	20					0						0	
	215	24	1	8	20	10	320000		1	640			320640	
	216α	30	3	6	20	10	720000		3	1440			721440	
	κουζίνα &wc (225)	8					0				ψυγείο	400	3456000	3456000
							0						0	
							0						0	
	βιβλιοθήκη	50	1	5	20	10	200000				4 φωτοτυπικά, 1πλώττερ	3140	565200	765200
	;	63	7	24	20	10	6720000		3	5760	1 πλώττερ	140	25200	6750960
	Αίθουσα ΗΥ	94	25	3	20	10	3000000	4	7	1920	1 προτζέκτορα ς, 1πλώττερ	200	36000	3037920
	ένωση με πτέρυγα	20					0						0	
	Βασιλείου	38	1	10	20	10	400000		2	1600			401600	
	Γραμματεία	20	1	8	20	10	320000		2	1280			321280	
	Ρόκκος	40	1	6	20	10	240000		2	960			240960	
							0						0	
	202	48	3	8	20	10	960000		4	2560			962560	
	214α	32	1	8	20	10	320000		1	640			320640	
	214β	2	2	10	20	10	800000						800000	
	;	225	14				0				ψυγείο	400	3456000	3456000
	;	224	0				0						0	
	κουζίνα	10					0						0	
	σπάνια καθόλου	225	33	4	5	10	40000		2	160			40160	
	σπάνια πολλές ώρες	217 (διαφ.)	16	2	5	1	20000						20000	
		217α,β	32	2	5	1	20000		1	20			20020	
		216	33	1	6	20	240000		1	480	ups	400	480	240960

1 φορά βδομ  
;

215β	12	1	4	4	10	32000		1	64			32064
;	12	1	4	20	5	80000		1	160			80160
	1028					1683200 0			20564		10994880	27847444
									1685256 4			

Χώρος	Επιφάνει α	Υ	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια HY για 1 έτος (Wh)	περιφερειακ ά		Ενέργεια για 1 έτος (0,5% διάρκεια ς HY)	Άλλο			Ενέργεια σε 1 έτος
			ώρες/μέρ α	μέρες/μήν α	μήνες/χρόν ο		scanner s (20W)	printers (80W)		είδος	Ισχύς	Ενέργεια για 1 έτος	
ΥΠΟΓΕΙΟ  1200	Υ21  Υ23  Διάδρομοι  WC Υ14 - Υ14.1 Κλίμακα 1 Κλίμακα 2								στατικός εξοπλισμός χωρίς καταναλώσει ς  τόρνος, κοπτικό εκτός χρήσης το 2010	Κολιματέρ	20		0

Χώρος	Επιφάνει α	HY πλήθος	Διάρκεια Φορτίου HY			Ενέργεια HY για 1 έτος (Wh)	περιφερειακ ά		Ενέργεια για 1 έτος (0,5% διάρκεια ς HY)	Άλλο			Ενέργεια σε 1 έτος
			ώρες/μέρ α	μέρες/μήν α	μήνες/χρόν ο		scanner s (20W)	printers (80W)		είδος	Ισχύς	Ενέργεια για 1 έτος	
3ος ΟΡΟΦΟΣ  120	Κλίμακα  Εργαστήριο	40  80											
			απουσία στοιχείω ν										

Μηχανή	ΙΣΧΥΣ	Διάρκεια Φορτίου	Ενέργεια για 1 έτος
--------	-------	---------------------	---------------------------



		ώρες/μέρ α	μέρες/μήν α	μήνες/χρόν ο	(Wh)				
<b>ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ</b>	ΚΚΜ μικρή - θέρμανση	1119	10	20	5	1119000	δουλεύουν όλες τις ώρες θέρμανσης	(μικρό ανακαινιζόμενο αμφιθέατρο)	
	<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ</b>	746	10	20	5	746000	δουλεύουν όλες τις ώρες θέρμανσης		
	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ</b>								
	<b>ΜΟΝΟ</b>	Αντλία ψύξης	2000	8	20	4	1280000	όλες τις ώρες ψύξης	
	ΚΚΜ μεγάλη ψύξη & θέρμανση	7460	9	20	9	1208520 0	όλες τις ώρες ψύξης	<b>δουλεύει τις ώρες θέρμανσης τον χειμώνα;</b>	(μεγάλο ανακ. αμφιθέατρο)
		3730	9	20	9	6042600			

2 αντλίες θέρμανσης	7460	10	20	5	7460000	ΟΛΕΣ τις ώρες θέρμανσης	ψύξη <b>ηλεκτροδοτούμεν η - η ωφέλιμη υπολογίζεται στον κλιματισμό θέρμανση με καύση φυσικού αερίου αλλά έχει και ηλεκτρικές καταναλώσεις</b>
Λέβητας - θέρμανση	1100	10	20	5	1100000	τις ώρες του καυστήρα ΜΟΝΟ	
Λέβητας - θέρμανση	1100	10	20	5	1100000	τις ώρες του καυστήρα ΜΟΝΟ	
εξαερισμός λεβητοστασίου	373	10	20	5	373000	τις ώρες του καυστήρα ΜΟΝΟ	
					<b>3130580 0</b>		

Χώρος	Επιφάνει	ΗΥ	Διάρκεια	Ενέργεια	περιφερειακ	Ενέργεια	Άλλο	Ενέργεια σε 1
-------	----------	----	----------	----------	-------------	----------	------	---------------

	α	πλήθος	Φορτίου ΗΥ			ΗΥ για 1 έτος (Wh)	ά		για 1 έτος (0,5% διάρκεια ΗΥ)				έτος
			ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνος		scanners (20W)	printers (80W)		είδος	Ισχύς	Ενέργεια για 1 έτος	
<b>ΑΝΑΚΑΙΝΙΖΟΜΕΝΗ ΠΤΕΡΥΓΑ</b>	αμφ. Μεγάλο												
εκτός λειτουργίας	αμφ. Μικρό												
εκτός λειτουργίας σπάνια χρήση	διάδρομος Εργαστήριο Μεταπτυχιακών												

άγνωστη  
χρήση η/μ  
εξοπλισμού  
από  
συνεργεία  
ανακαίνισης

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (ΑΠΟΥΣΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ)

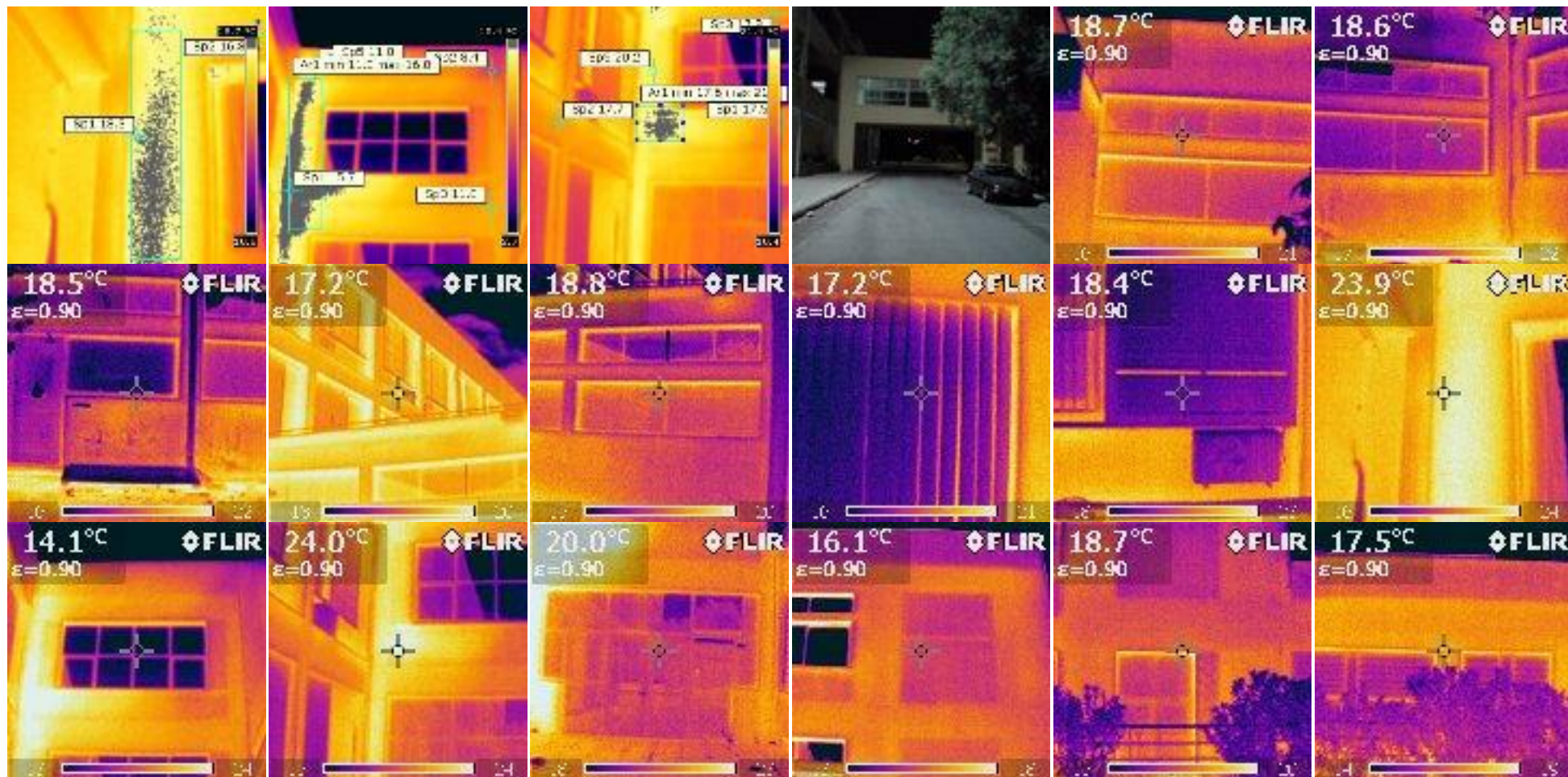
	Φωτισμός	Ψύξη	ΗΥ	ΗΜ	Ηλ.συσσκευές	Λοιπά φορτία	Ασανσέρ	Σύνολο ανά μέρος
Υπόγειο	7461000							7461000
Λεβητοστάσιο	1134000			31305800				32439800
Ισόγειο	14158125	2550000	13543200		6919000			37170325
ανακαινιζόμενη	4860000	18432000						23292000
1ος όροφος	15245820	8596500	16016984		28468640			68327944
2ος όροφος	14114250	7878600	16852564		10994880			49840294
3ος όροφος	1296000							1296000
Οροφή (εξωτ. χώροι)	13226400							13226400
<b>Σύνολο ανά χρήση</b>	<b>71495595</b>	<b>37457100</b>	<b>46412748</b>	<b>31305800</b>	<b>46382520</b>	<b>8398080</b>	<b>2070000</b>	<b>243521843</b>

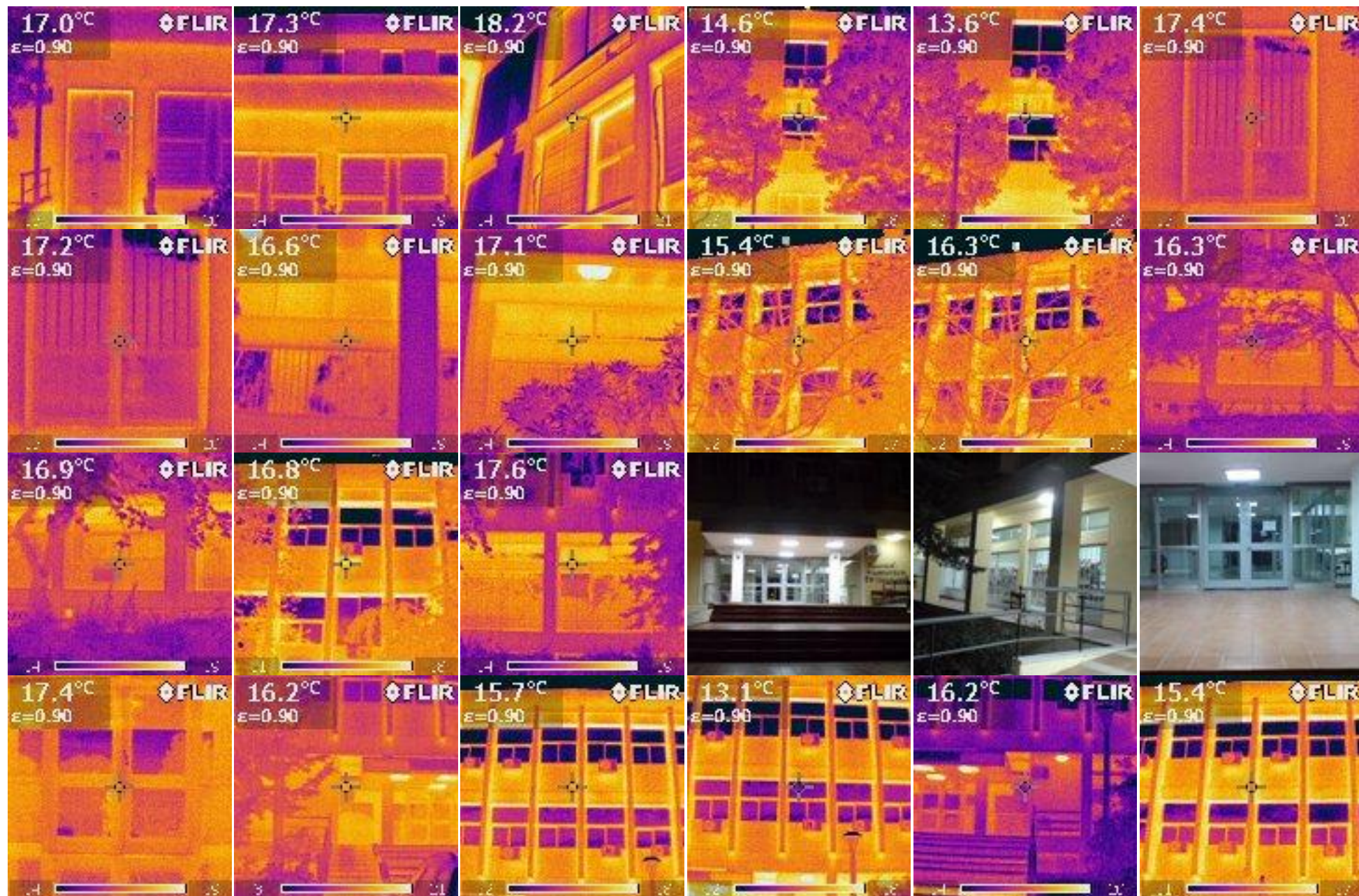
**ΑΣΑΝΣΕΡ 2 ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ 2\*(3kVAh/d +3,5kWh/d)**

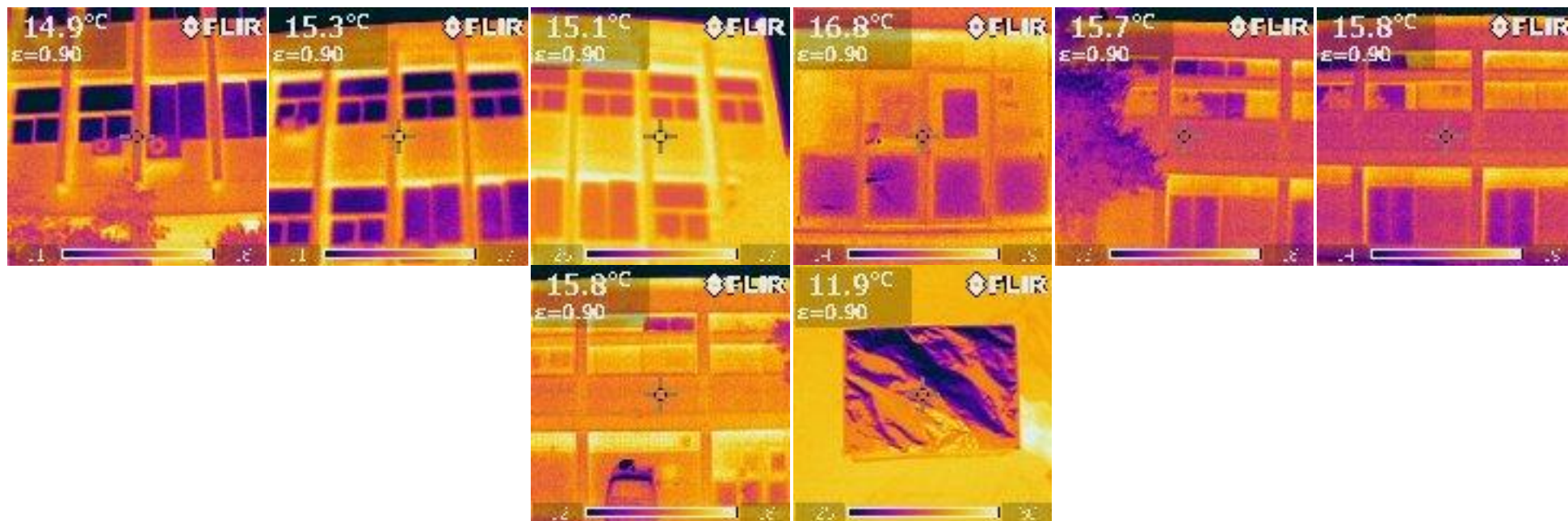
Συνολική έκταση m <sup>2</sup>	4695
Wh/m <sup>2</sup>	51868,3372
kWh/m <sup>2</sup>	51,8683372

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ - ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΣΗ

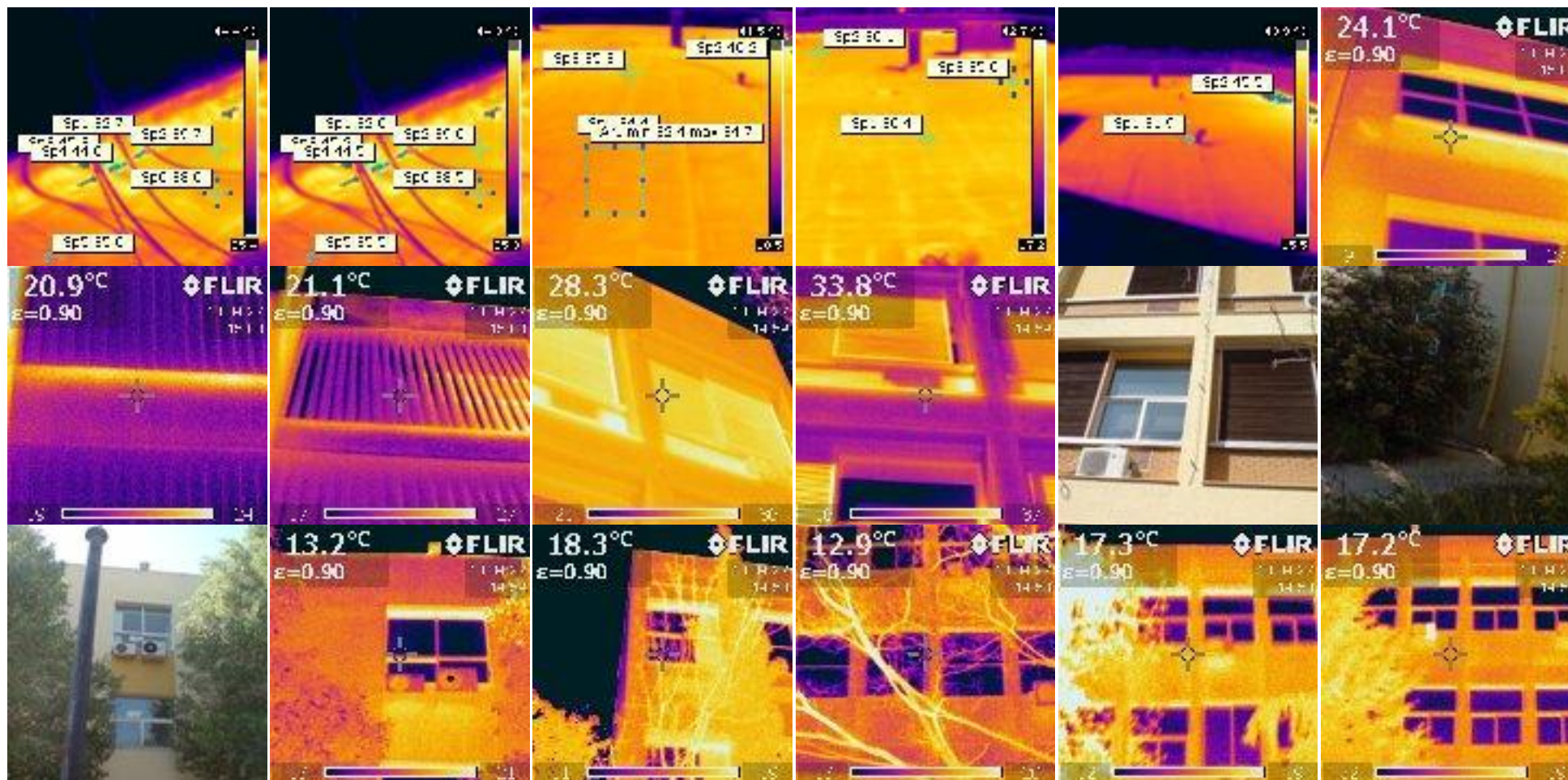
### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ – ΑΠΟΓΕΥΜΑ 26/4/2010

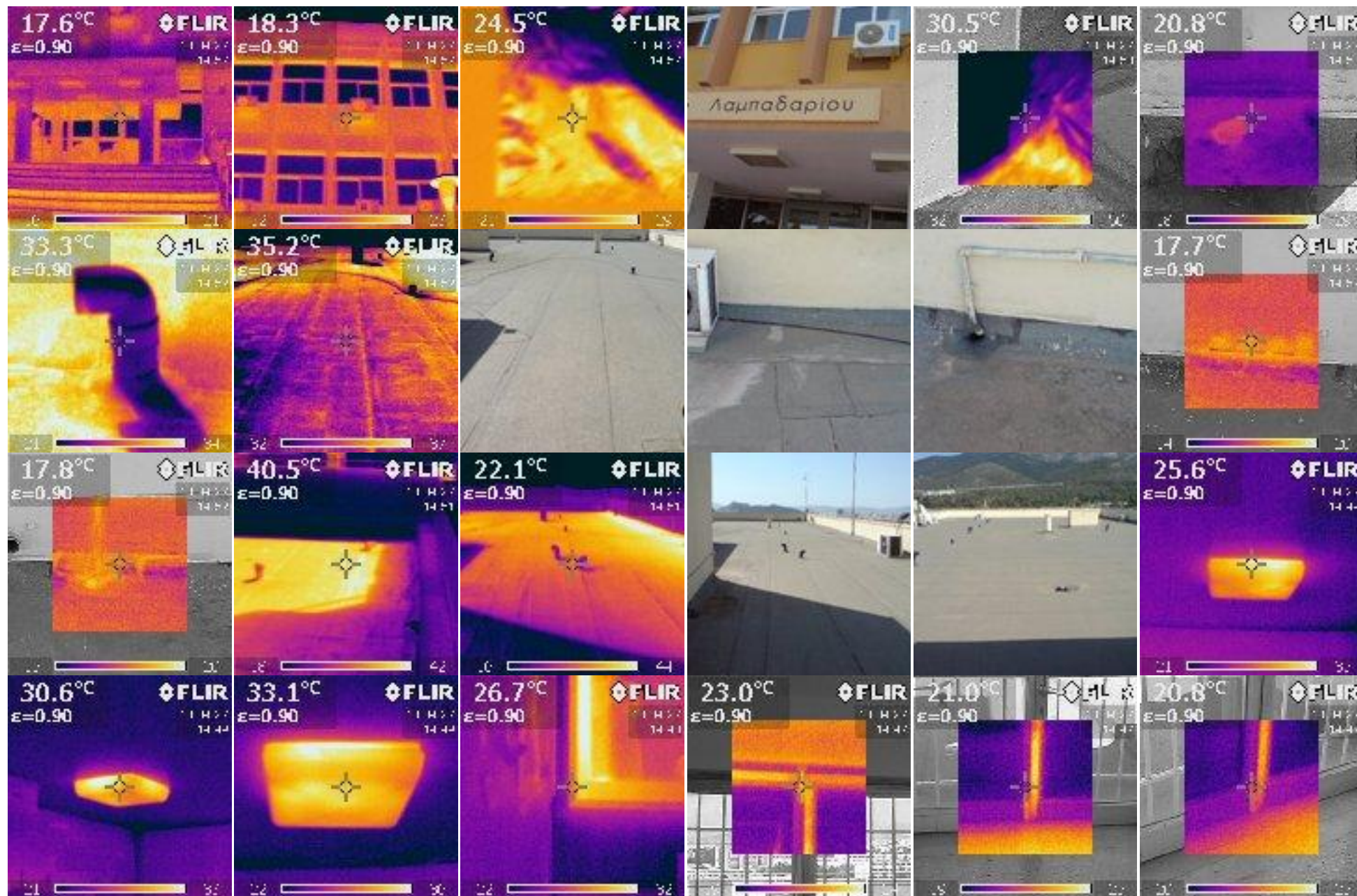




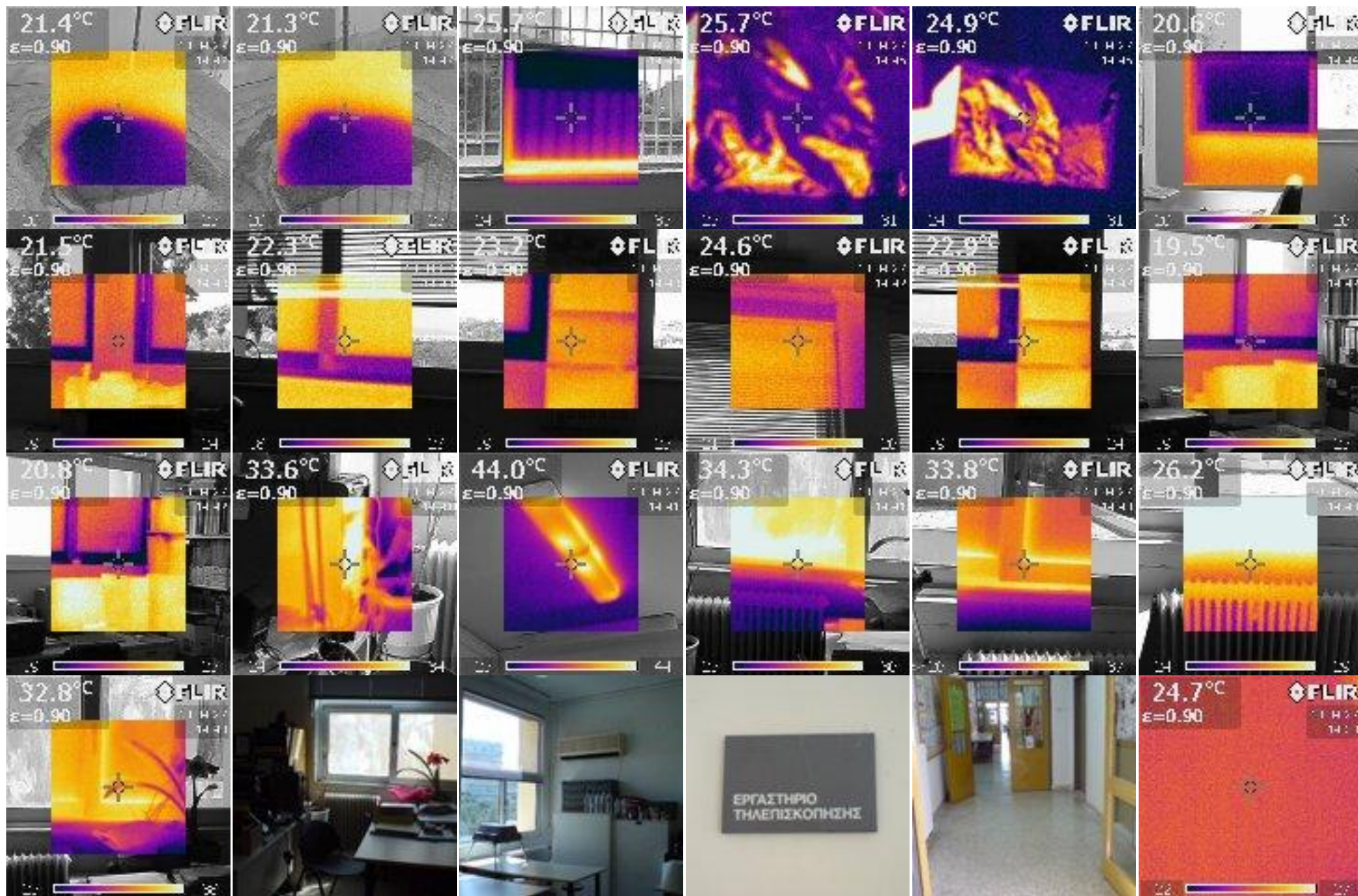


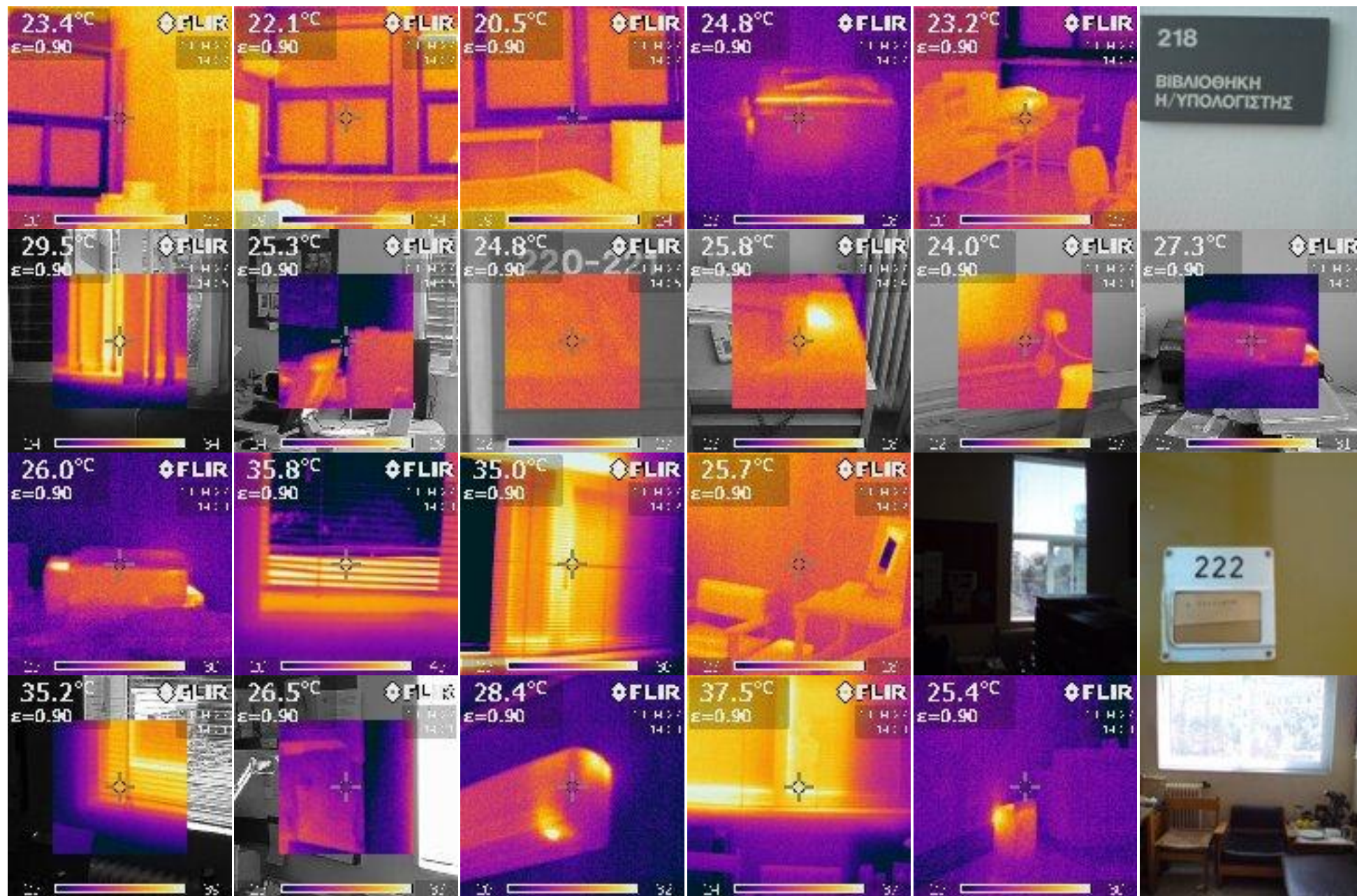
### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ – ΗΜΕΡΑ – ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ - ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ 27/4/2010

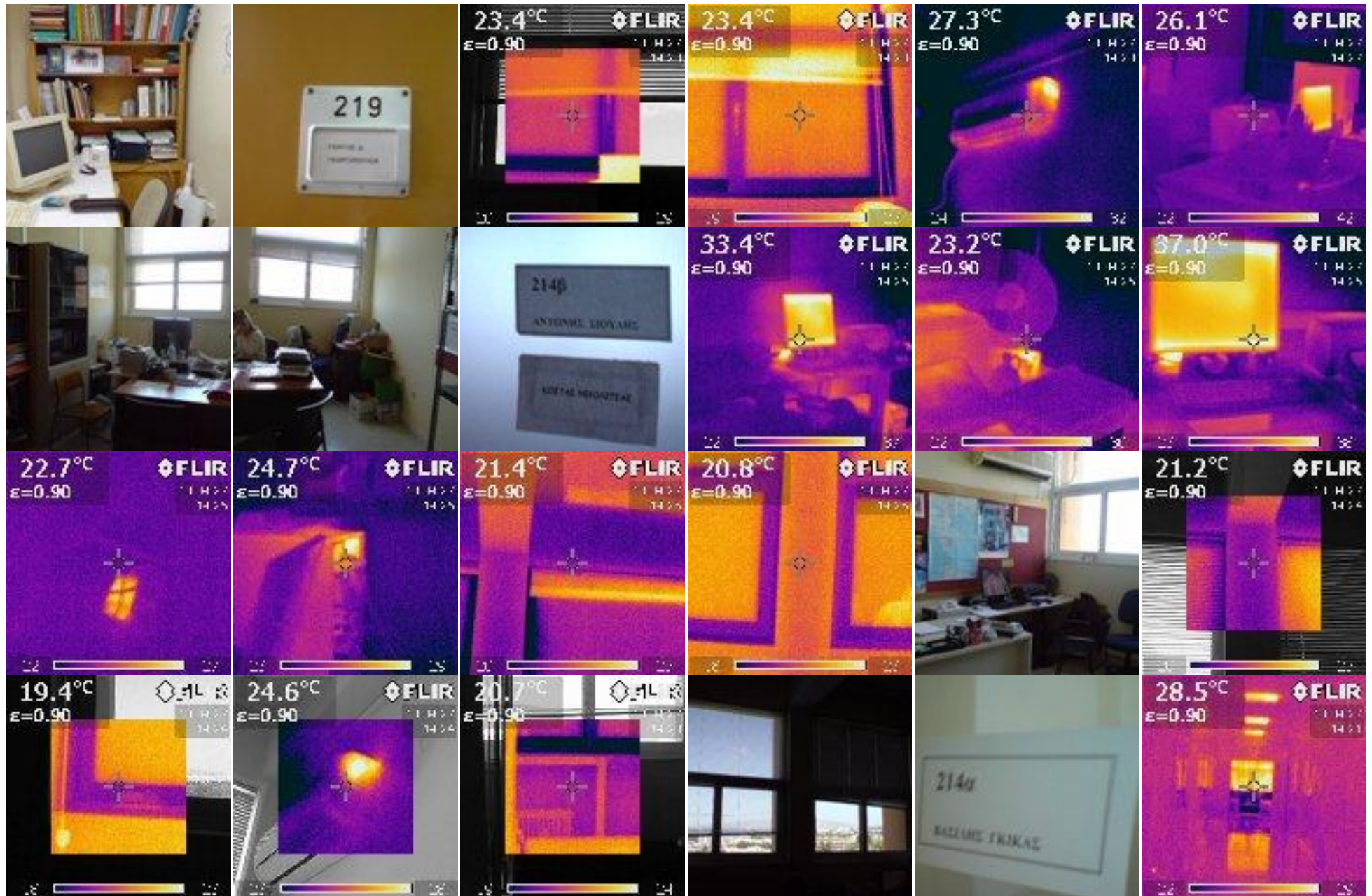


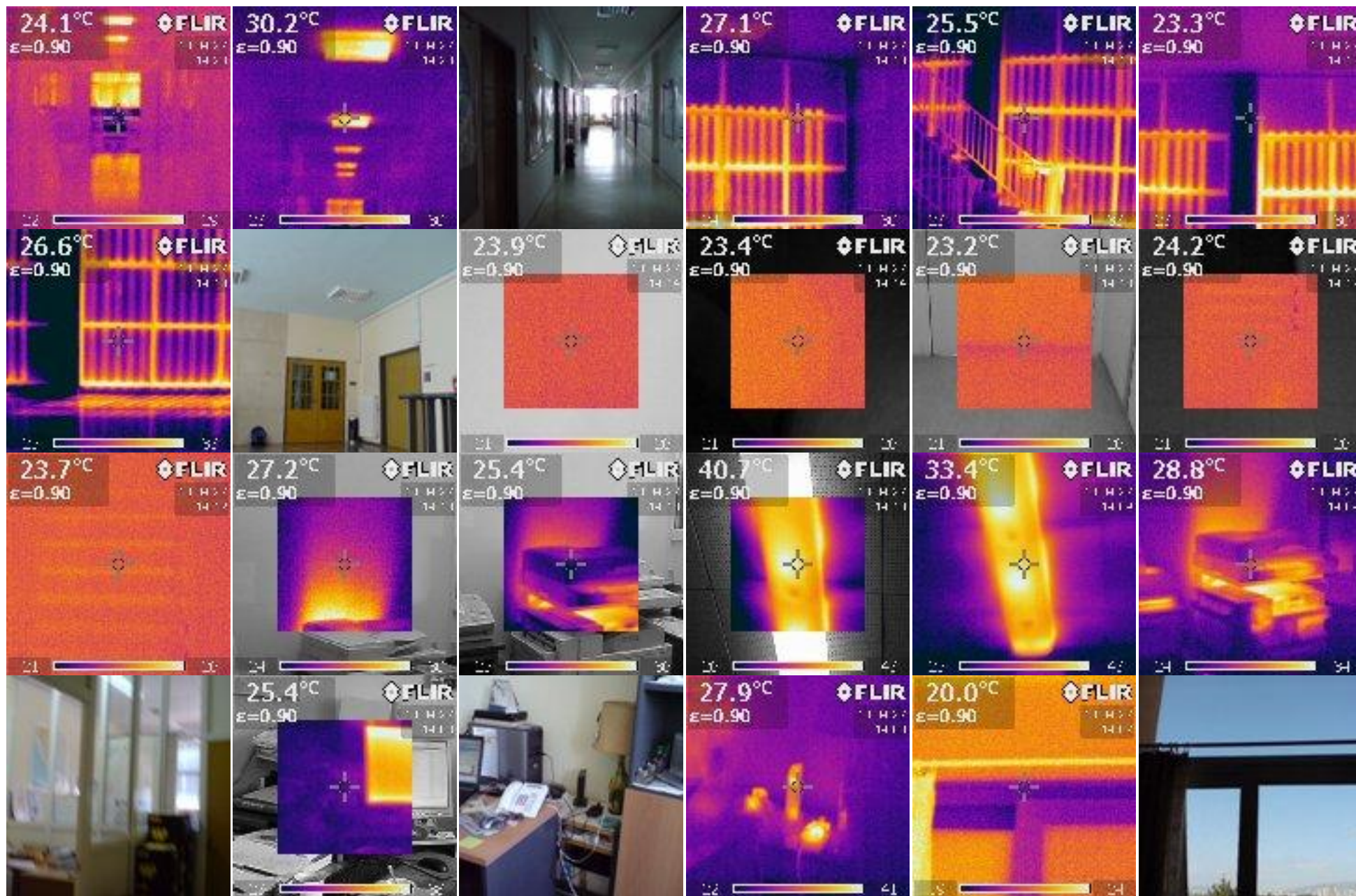


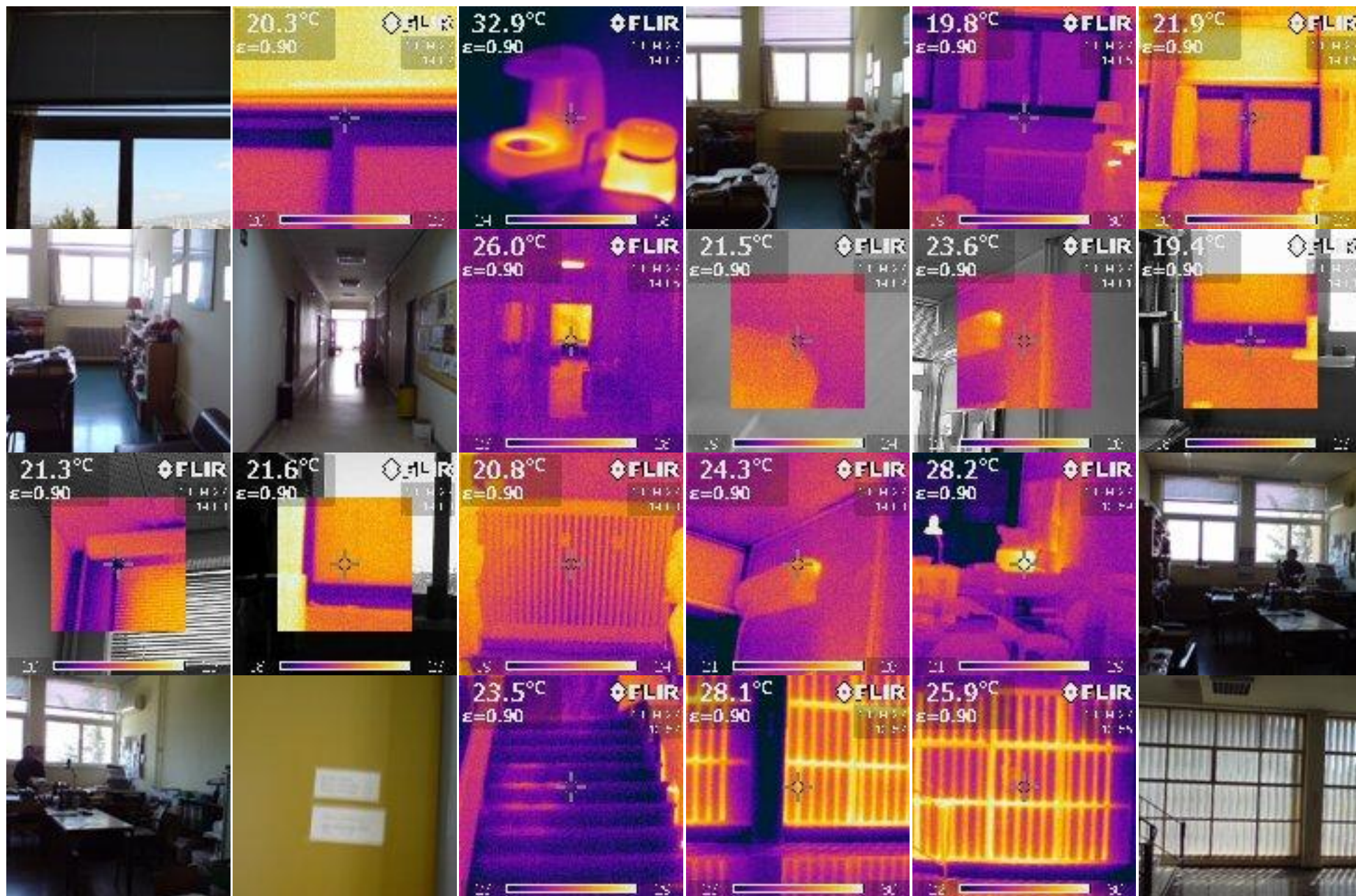


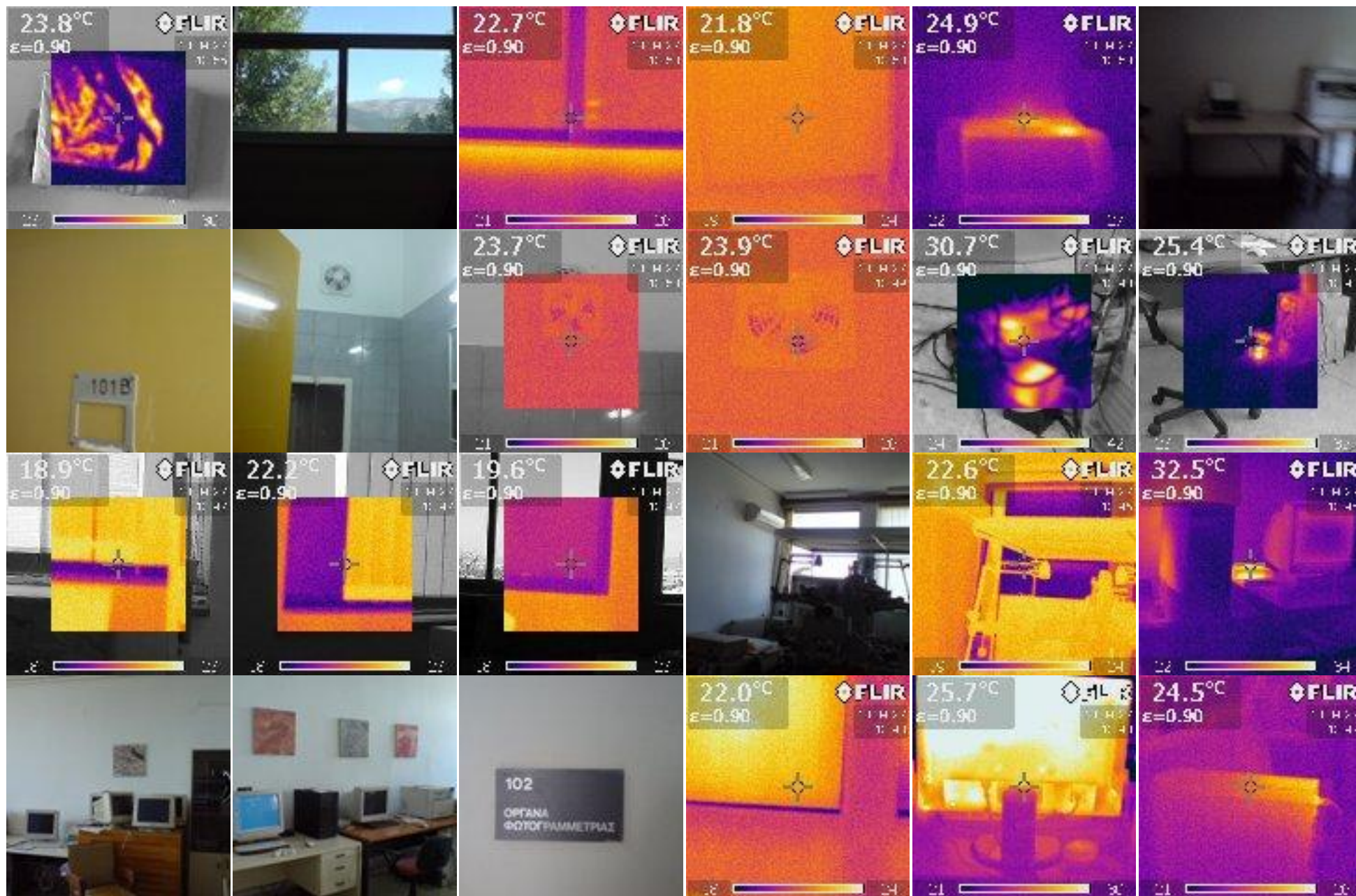


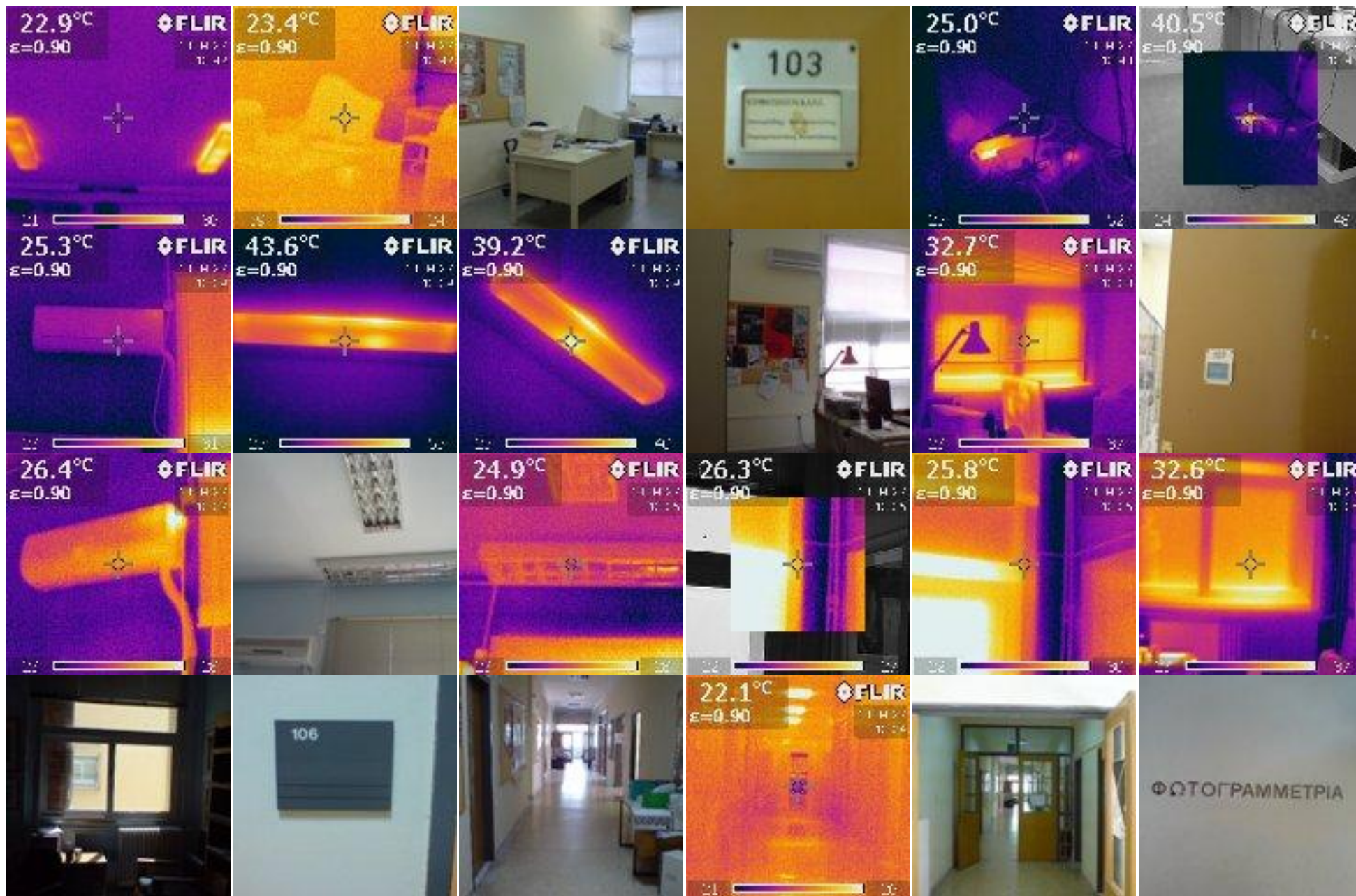


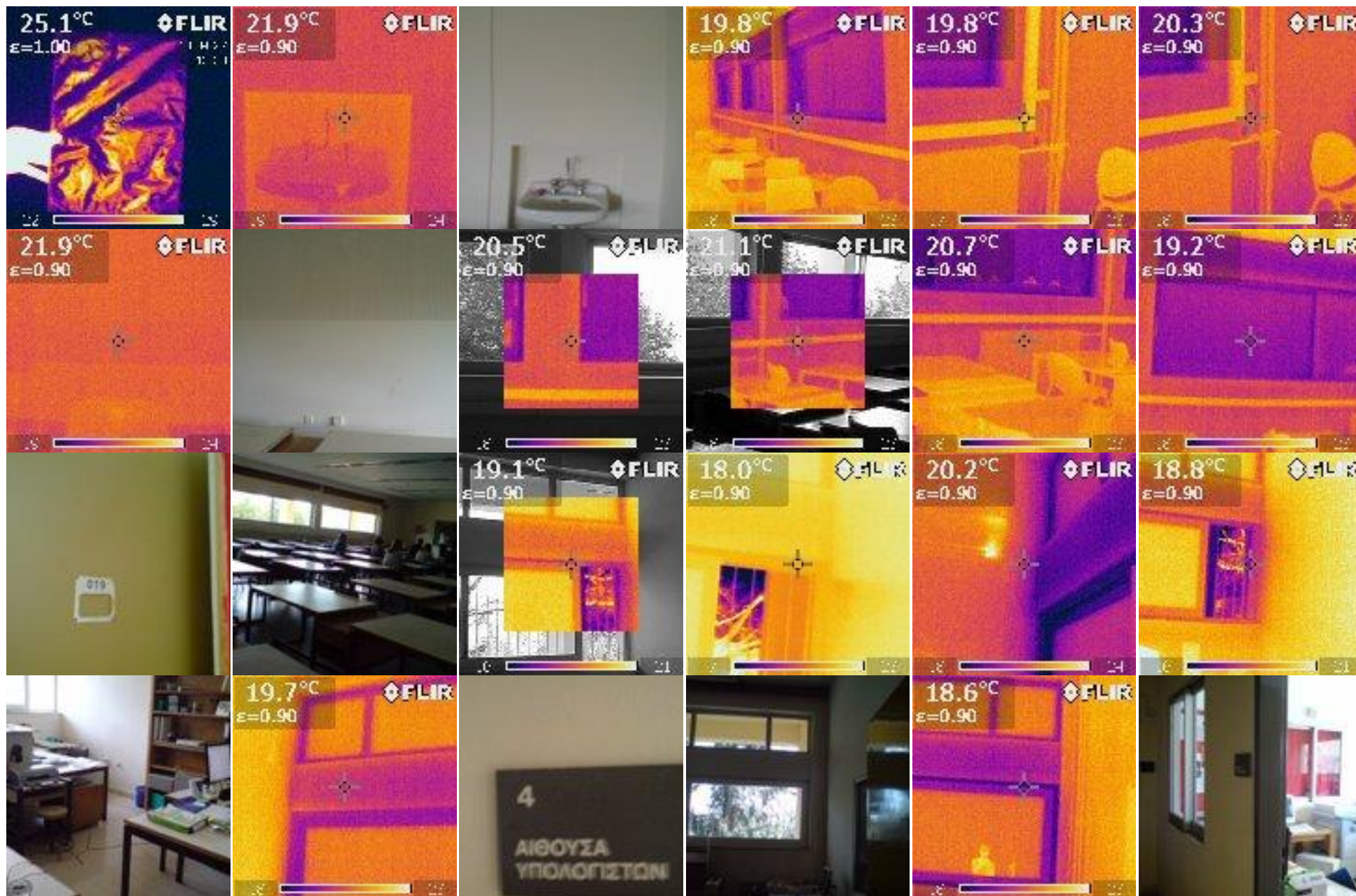




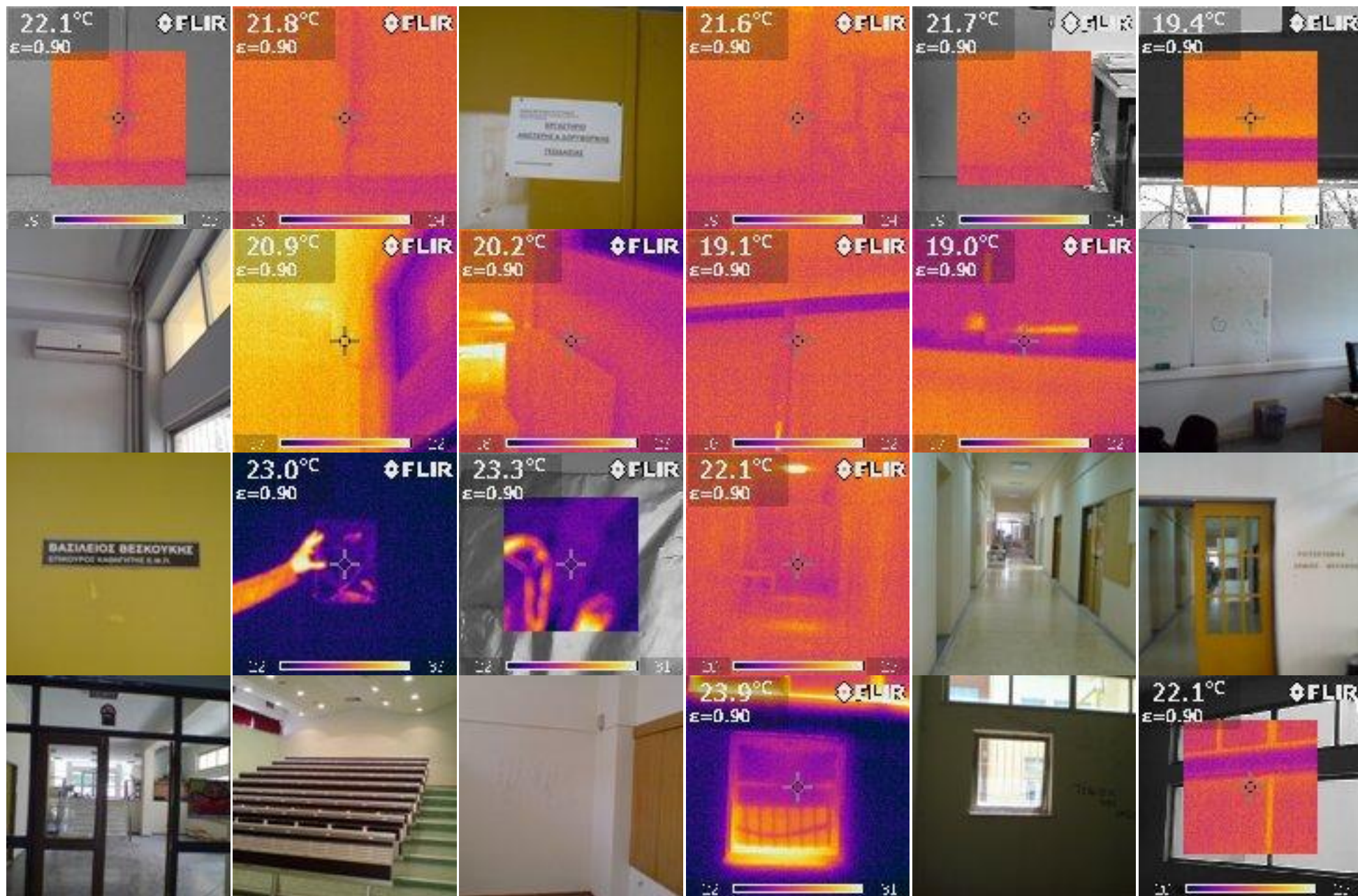


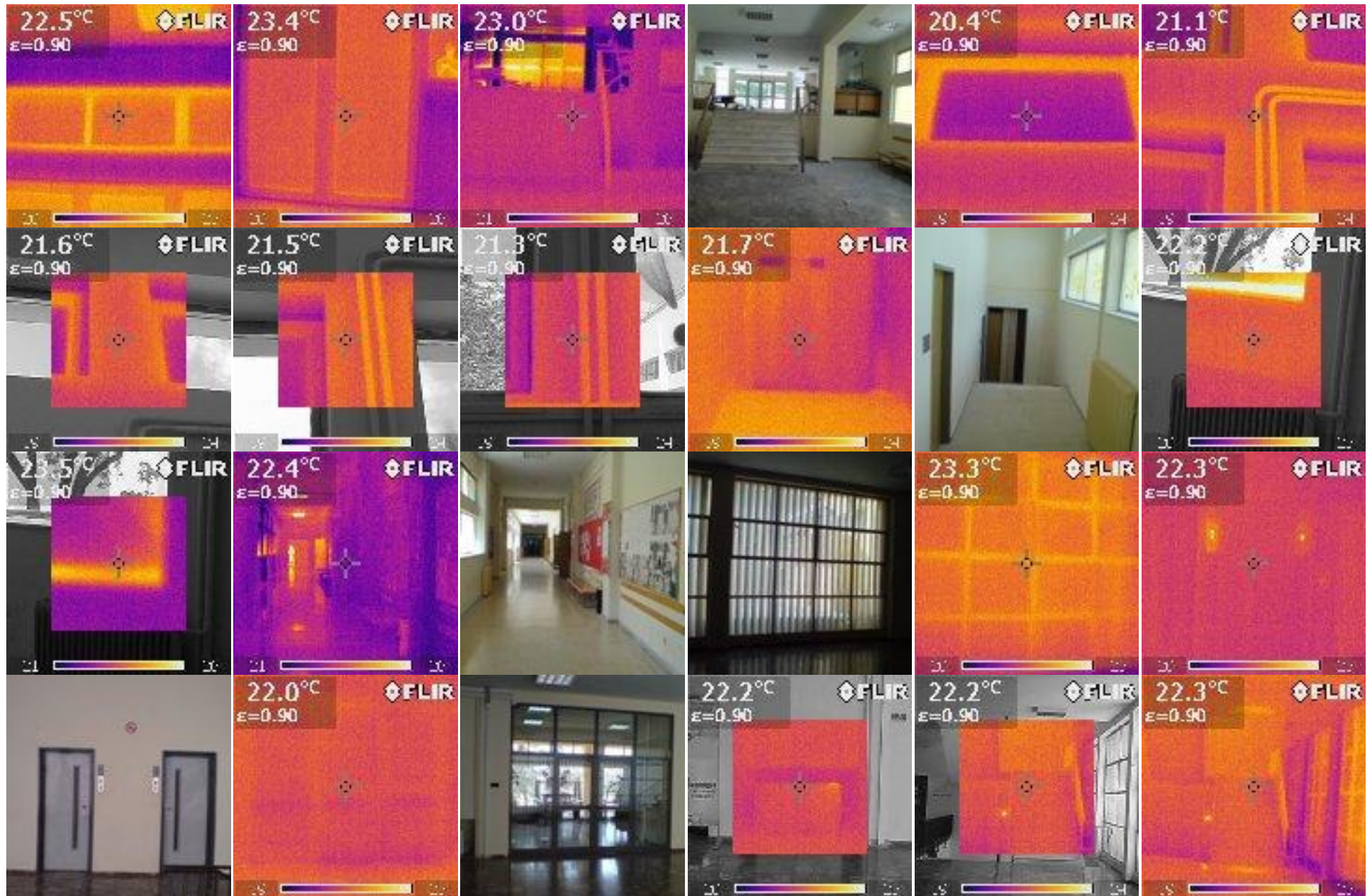


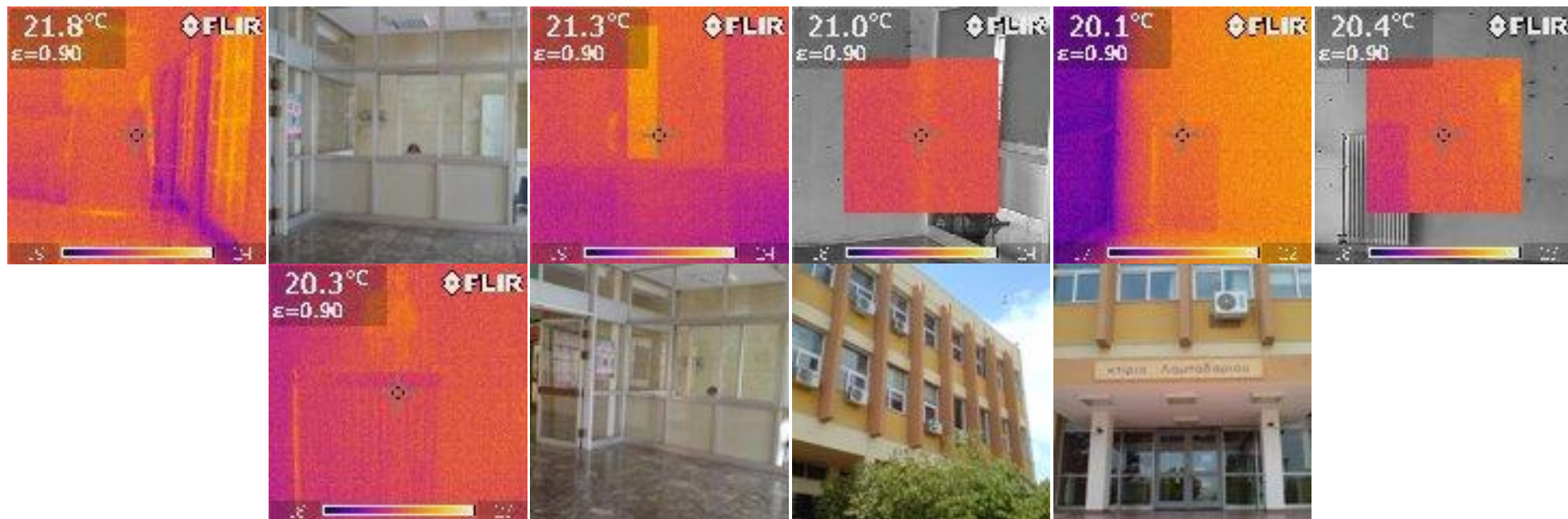






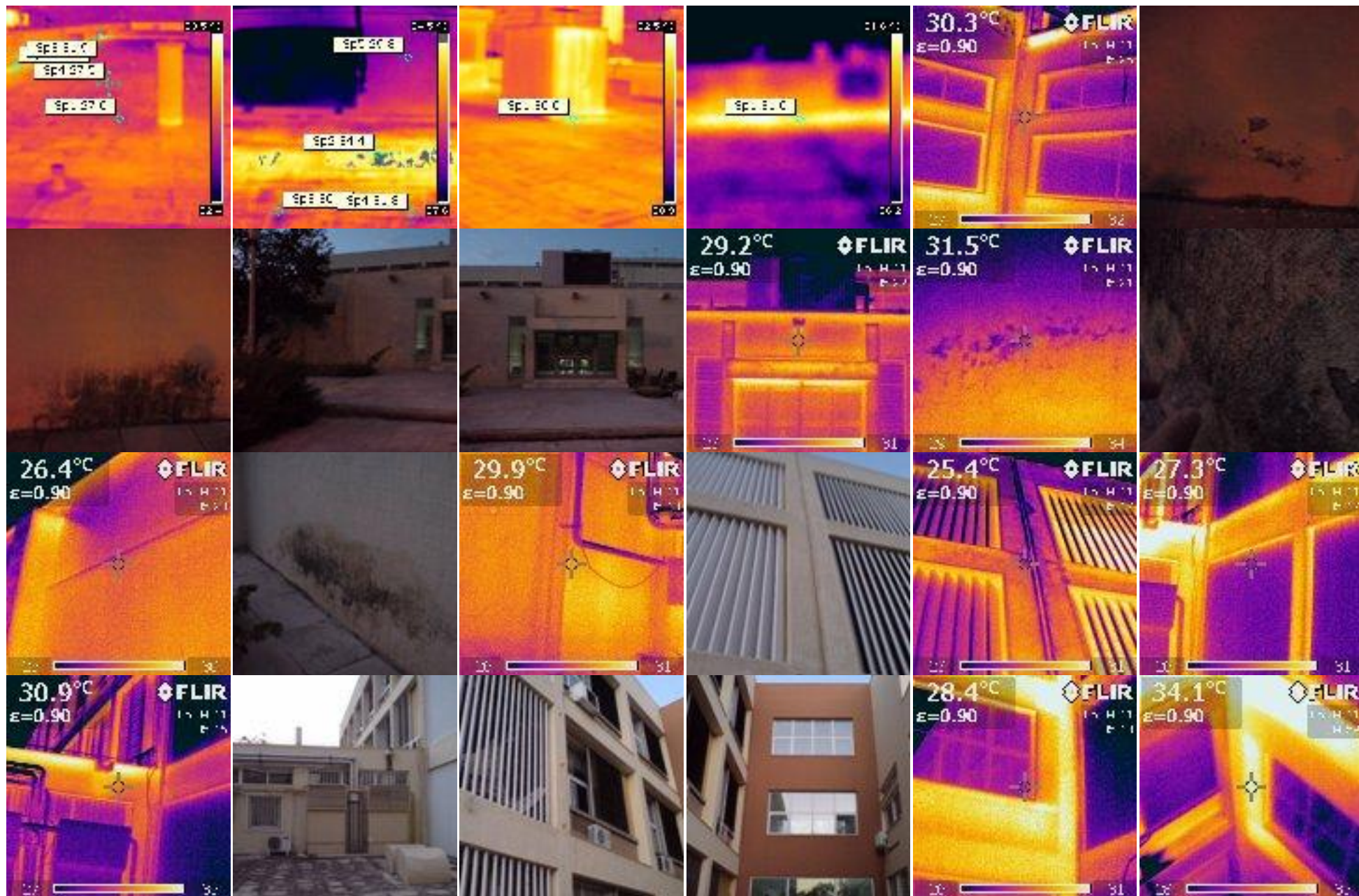






### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ – ΑΠΟΓΕΥΜΑ – ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ/ ΟΡΟΦΗ 10/9/2010







## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

#### ΟΠΤΟΠΛΑΙΝΘΟΔΟΜΗ

ΠΡΙΝ		T in	T out	K (W/m <sup>2</sup> *K)	F (m <sup>2</sup> )	Q (W)	ώρες λειτουργίας (h)	απώλειες/μήνα(kWh/month)	
Ιανουάριος		24	8,7	1,5612	1342,6	32.068,9	190	6.093,09	
Φεβρουάριος		24	9,3	1,5612	1342,6	30.812,2	200	6.162,44	
Μάρτιος		24	11,2	1,5612	1342,6	26.829,7	200	5.365,93	
Απρίλιος		24	15,3	1,5612	1342,6	18.235,8	176	3.209,50	
Μάιος		24	20,7	1,5612	1342,6	6.917,0	193,6	1.339,14	
Ιούνιος		24	25,6	1,5612	1342,6	3.353,7	193,6	649,28	
Ιούλιος		24	28	1,5612	1342,6	8.384,3	193,6	1.623,19	
Αύγουστος		24	27,4	1,5612	1342,6	7.126,6	132	940,71	
Σεπτέμβριος		24	23,3	1,5612	1342,6	1.467,2	193,6	284,06	
Οκτώβριος		24	18,1	1,5612	1342,6	12.366,8	193,6	2.394,21	
Νοέμβριος		24	13,7	1,5612	1342,6	21.589,5	193,6	4.179,73	
Δεκέμβριος		24	10,3	1,5612	1342,6	28.716,1	176	5.054,04	
								χειμώνας	32.458,93
								καλοκαίρι	4.836,38
						197.867,8	2.235,60	37.295,31	

ΜΕΤΑ

	T in	T out	K (W/m <sup>2</sup> *K)	F (m <sup>2</sup> )	Q (W)	ώρες λειτουργίας (h)	απώλειες/μήνα(kWh/month)		
Ιανουάριος	24	8,7	0,4334	1342,6	8.902,81	190	1.691,53		
Φεβρουάριος	24	9,3	0,4334	1342,6	8.553,68	200	1.710,74		
Μάρτιος	24	11,2	0,4334	1342,6	7.448,10	200	1.489,62		
Απρίλιος	24	15,3	0,4334	1342,6	5.062,38	176	890,98		
Μάιος	24	20,7	0,4334	1342,6	1.920,21	193,6	371,75		
Ιούνιος	24	25,6	0,4334	1342,6	931,01	193,6	180,24		
Ιούλιος	24	28	0,4334	1342,6	2.327,53	193,6	450,61		
Αύγουστος	24	27,4	0,4334	1342,6	1.978,40	132	261,15		
Σεπτέμβριος	24	23,3	0,4334	1342,6	407,32	193,6	78,86		
Οκτώβριος	24	18,1	0,4334	1342,6	3.433,11	193,6	664,65		
Νοέμβριος	24	13,7	0,4334	1342,6	5.993,39	193,6	1.160,32	χειμώνας	9.010,87
Δεκέμβριος	24	10,3	0,4334	1342,6	7.971,79	176	1.403,04	καλοκαίρι	1.342,61
					54.929,74		10.353,49		



**ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

ΠΡΠΝ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ							
	T in	T out	K (W/m <sup>2</sup> *K)	F (m <sup>2</sup> )	Q (W)	ώρες λειτουργίας (h)	απώλειες/μήνα(kWh/month)	
Ιανουάριος	24	8,7	3,286	242,04	12.168,8	190	2.312,06	
Φεβρουάριος	24	9,3	3,286	242,04	11.691,5	200	2.338,31	
Μάρτιος	24	11,2	3,286	242,04	10.180,4	200	2.036,08	
Απρίλιος	24	15,3	3,286	242,04	6.919,5	176	1.217,83	
Μάιος	24	20,7	3,286	242,04	2.624,6	193,6	508,13	
Ιούνιος	24	25,6	3,286	242,04	1.272,5	193,6	246,37	
Ιούλιος	24	28	3,286	242,04	3.181,4	193,6	615,91	
Αύγουστος	24	27,4	3,286	242,04	2.704,2	132	356,95	
Σεπτέμβριος	24	23,3	3,286	242,04	556,7	193,6	107,78	
Οκτώβριος	24	18,1	3,286	242,04	4.692,5	193,6	908,47	
Νοέμβριος	24	13,7	3,286	242,04	8.192,0	193,6	1.585,98	χειμώνας 12.316,47
Δεκέμβριος	24	10,3	3,286	242,04	10.896,2	176	1.917,73	καλοκαίρι 1.835,14
					75.080,4	2.235,60	14.151,61	

ΜΕΤΑ		T in	T out	K (W/m <sup>2</sup> *K)	F (m <sup>2</sup> )	Q (W)	ώρες λειτουργίας (h)	απώλειες/μήνα(kWh/month)	
Ιανουάριος		24	8,7	0,5074	242,04	1.879,01	190	357,01	
Φεβρουάριος		24	9,3	0,5074	242,04	1.805,32	200	361,06	
Μάρτιος		24	11,2	0,5074	242,04	1.571,98	200	314,40	
Απρίλιος		24	15,3	0,5074	242,04	1.068,46	176	188,05	
Μάιος		24	20,7	0,5074	242,04	405,28	193,6	78,46	
Ιούνιος		24	25,6	0,5074	242,04	196,50	193,6	38,04	
Ιούλιος		24	28	0,5074	242,04	491,24	193,6	95,10	
Αύγουστος		24	27,4	0,5074	242,04	417,56	132	55,12	
Σεπτέμβριος		24	23,3	0,5074	242,04	85,97	193,6	16,64	
Οκτώβριος		24	18,1	0,5074	242,04	724,59	193,6	140,28	
Νοέμβριος		24	13,7	0,5074	242,04	1.264,95	193,6	244,90	χειμώνας 1.901,82
Δεκέμβριος		24	10,3	0,5074	242,04	1.682,51	176	296,12	καλοκαίρι 283,37
						11.593,37		2.185,19	

<b>ΧΕΙΜΩΝΑΣ</b>		<b>ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ</b>	
	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh/y (χωρίς απώλειες)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh/y
	33.862,70		5.045,54
χωρίς ΦΠΑ χωρίς χρέωση ισχύος	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh/y		
	42.328,37		
	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ €/y		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ €/y
	1693,13499		474,8864572
			2168,021
		ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	
			63385,6

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ

ΠΡΙΝ							
	T in	T out	K (W/m <sup>2</sup> *K)	F (m <sup>2</sup> )	Q (W)	ώρες λειτουργίας (h)	απώλειες/μήνα(kWh/month)
Ιανουάριος	24	8,7	6,07	388,2	36.052,5	190	6.849,98
Φεβρουάριος	24	9,3	6,07	388,2	34.638,7	200	6.927,74
Μάρτιος	24	11,2	6,07	388,2	30.161,6	200	6.032,32
Απρίλιος	24	15,3	6,07	388,2	20.500,5	176	3.608,08
Μάιος	24	20,7	6,07	388,2	7.776,0	193,6	1.505,44
Ιούνιος	24	25,6	6,07	388,2	3.770,2	193,6	729,91
Ιούλιος	24	28	6,07	388,2	9.425,5	193,6	1.824,78
Αύγουστος	24	27,4	6,07	388,2	8.011,7	132	1.057,54
Σεπτέμβριος	24	23,3	6,07	388,2	1.649,5	193,6	319,34
Οκτώβριος	24	18,1	6,07	388,2	13.902,6	193,6	2.691,54
Νοέμβριος	24	13,7	6,07	388,2	24.270,7	193,6	4.698,80
Δεκέμβριος	24	10,3	6,07	388,2	32.282,3	176	5.681,69
							χειμώνας 36.490,15
							καλοκαίρι 5.437,00

ΜΕΤΑ							
	T in	T out	K (W/m <sup>2</sup> *K)	F (m <sup>2</sup> )	Q (W)	ώρες λειτουργίας (h)	απώλειες/μήνα(kWh/month)
Ιανουάριος	24	8,7	2,89	388,2	17.165,04	190	3.261,36
Φεβρουάριος	24	9,3	2,89	388,2	16.491,90	200	3.298,38
Μάρτιος	24	11,2	2,89	388,2	14.360,29	200	2.872,06
Απρίλιος	24	15,3	2,89	388,2	9.760,51	176	1.717,85
Μάιος	24	20,7	2,89	388,2	3.702,26	193,6	716,76
Ιούνιος	24	25,6	2,89	388,2	1.795,04	193,6	347,52
Ιούλιος	24	28	2,89	388,2	4.487,59	193,6	868,80
Αύγουστος	24	27,4	2,89	388,2	3.814,45	132	503,51
Σεπτέμβριος	24	23,3	2,89	388,2	785,33	193,6	152,04
Οκτώβριος	24	18,1	2,89	388,2	6.619,20	193,6	1.281,48
Νοέμβριος	24	13,7	2,89	388,2	11.555,55	193,6	2.237,15
Δεκέμβριος	24	10,3	2,89	388,2	15.370,00	176	2.705,12
							χειμώνας 17.373,40
							καλοκαίρι 2.588,62

χωρίς ΦΠΑ  
χωρίς χρέωση ισχύος

<b>ΧΕΙΜΩΝΑΣ</b>	<b>ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ</b>	
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh/y (χωρίς απώλειες)	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh/y	
19.116,75	2.848,38	
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh/y		
23.895,94		
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ €/y	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ €/y	
955,83748	268,0895767	1223,93

## **Βιβλιογραφία**

- [1] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001
- [2] Papadopoulos, Giama / *Building and Environment* 42 (2007)
- [3] Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2001.
- [4] Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2001
- [5] Santamouris M. Asimakopoulos D. *Passive cooling of buildings*. James & James; 1996.
- [6] Spagnolo J, de Dear R. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment* 2003;38(5):721–38
- [7] Oke TR. The distance between canopy and boundary layer urban heat island. *Atmosphere* 1976;14(4):268–77
- [8] Landsberg HE. *The urban climate*. New York: Academic Press; 1981.
- [9] Santamouris M, Papanikolaou N, Livada I, Koronakis I, Georgakis C, Argiriou A, Asimakopoulos D. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy* 2001;70: 201–16.
- [10] N. Gaitani et al. / *Building and Environment* 42 (2007) 317–324
- [11] Berger X. About thermal comfort. In: *Proceedings of the third PASCOOL meeting*. Florence, Italy: CMF Subgroup; May 1993
- [12] N. Gaitani et al. / *Building and Environment* 42 (2007) 317–324
- [13] *BuildingGreen* τεύχος 12.
- [14] P. Smith, C.A. Pitts, *Concepts in Practice—Energy, Building for the Third Millennium*, Batsford, Britain, 1997
- [15] A.F. Tzikopoulos et al. / *Energy and Buildings* 37 (2005) 529–544
- [16] N. Zografakis, *Technologies for rational use and savings of energy in buildings*, *Energy Greek*, vol. 62, 112–114, November–December 2000
- [17] S. Yannas, *Solar Energy and Housing Design—Volume I, Principles, Objectives, Guidelines*, Architectural Association, London, 1994
- [18] E. Athanasakou, *Solar passive systems and technologies in Greek*, *Energy in Greek*, vol. 24, 55–66, December–January 1996–1997

- [19] V. Badescu, B. Sicre, Renewable energy for passive house heating— Part I: Building description, *Energy and Buildings* vol. 35 (2003) 1077–1084
- [20] A. Dimitriadis, Thermal behaviour of solar passive buildings in Greece and energy savings—Part A: Energy savings, *Technika Chronika In Greek*, July–August 1989.
- [21] C. Tantasavadi, J. Srebric, O. Chen, Natural ventilation design for houses in Thailand, *Energy and Buildings* vol. 33 (2001) 815– 825
- [22] C. Karkanias et al. / *Energy Policy*
- [23] BREEAM, 2009. BRE Environmental Assessment Method. /[www.breeam.org](http://www.breeam.org) (20.09.09)
- [24] A.F. Tzikopoulos et al. / *Energy and Buildings* 37 (2005) 529–544
- [25] T. Herzog (Ed.), *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*, Prestel, 1996
- [26] A.F. Tzikopoulos et al. / *Energy and Buildings* 37 (2005) 529–544
- [27] H. Coch, Chapter 3: Bioclimatism in vernacular architecture, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 1 2 (1998) 67–87.
- [28] M. Karavasili, Heating–air conditioning in Greek, *Weekly Bulletin, Technical Chamber of Greece*, vol. 2125, 6th November 2000
- [29] P. Smith, C.A. Pitts, *Concepts in Practice—Energy, Building for the Third Millennium*, Batsford, Britain, 1997
- [30] ECWT Mountain RES/RUE
- [31] Bioclimatic Architecture, The demonstration component of the Joule – Thermie programme, Directorate General for Energy (DG XVII), September 1977.
- [32] Intelligent bioclimatic architectural design, T. Panayiotopoulos, A. Prokopiou, K. Tsipiras, Integrated Software System for the evaluation of energy consumption of architectural studies
- [33] Κώστας & Θέμης Τσιπήρας – *Οικολογική Αρχιτεκτονική* (2005)
- [34] Kolokotroni, The Thermal Performance of Housing in Greece. Ph.D. thesis, University College London; M. Kolokotroni and A. N. Young, The zoning of Greece for use in climate responsive building design. *Energy and Buildings for Temperate Climates--A Mediterranean Regional Approach* (Edited by E. De Oliveira Fernandes and S. Yannas), Proceedings of the PLEA. Pergamon Press, Oxford (1988).
- [35] Grace 2000

- [36] Cole 2005
- [36] Green Building Challenge
- [38] Erlandsson and Borg, 2003, Forsberg and Von Malmberg, 2004
- [39] Hansen 2005, Petersen 2002
- [40] Kohler and Moffat 2003
- [41] Peupartier and Putzeys, 2005.
- [42] Cole (2001),
- [43] Cole and Larsson (1999)
- [44] Cole, 2004;
- [45] Cooper, 1999;
- [46] Crawley and Aho, 1999.
- [47] Forsberg and von Malmberg, 2004; Todd et al., 2001,
- [48] Aotake et al. (2005)
- [49] Kawazu et al. (2005).
- [50] Av. Κωστίδης -Aluminium Magazine
- [51] U.S. Green Building Council (USGBC)
- [52] LEED committees
- [53] Trusty, 2000
- [54] [Haapio and Viitaniemi, 2008](#)
- [55] Baldwin et al. (2000)
- [56] IEA Annex 31,2001
- [57] Trusty and Meil, 2002a,b
- [58] Kohler, 1999.
- [59] Cole(1999)
- [60] Junnila, 2004
- [61] ISO, 2000



- [62] [ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ - Α.Π.Θ. \(Δ.Μπίκας, Αικ. Ευμορφοπούλου, Δ.Αραβαντινός, Κ.Αξαρχή, Αικ.Τσικαλουδάκη, Θ.Θεοδοσίου\)](#)
- [63] Κορωναίος & Σαργέντης – ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ, 2003.
- [64] [www.energysolutionscenter.org/BoilerBurnerAir Temp and Pressure economizer](http://www.energysolutionscenter.org/BoilerBurnerAir_Temp_and_Pressure_economizer)
- [65] [economizer](#)
- [66] «Σημειώσεις: Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική», Ιωάννης Ψαρράς, Καθηγητής ΕΜΠ και Κωνσταντίνος Πατλιτζιάνας, Επ. Συνεργάτης ΕΜΠ, Αθήνα 2005
- [67] [[Δ. Μαλλιαρόπουλος - Δημοσιονομική Προσαρμογή και Οικονομική Ανάπτυξη 2010-2020](#)]
- [68] [http://www.ti-soft.com/files/totee\\_june2010\\_1.pdf](http://www.ti-soft.com/files/totee_june2010_1.pdf)
- [69] [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE\\_EVOIAS/KENAK.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE_EVOIAS/KENAK.pdf)
- [70] <http://www.selina-project.eu/>
- [71] ISO 2006 a, b [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=40436](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=40436)
- [72] [CEN 2007](#)
- [73] BEQUEST
- [74] CRISP <http://crisp.cstb.fr/>
- [75] EnEV 2002, EN832 <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/tool2.vm?tid=210>
- [76] Φ.Β. Τοπαλής - εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων  
[http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=42](http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=42)
- [77] Π.Τσικρικάς Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Λιμενικών Έργων της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου & Μελέτη Ηλεκτρικών Καταναλώσεων Ανελκυστήρων σε Διαφορετικές Συνθήκες Φορτίου