



ΑΝΟΙΚΤΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΥΠΡΟΥ

# ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

## Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

#### ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

*Ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων με στόχο την απεξάρτησή τους  
από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Συνέργεια Βιοκλιματισμού και  
Α.Π.Ε*

Χρήστος Μπέκος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Δρ Σίσσυ Ευθυμιάδου

Αύγουστος, 2014

**Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ**  
**ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

*Ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων με στόχο την απεξάρτησή τους από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Συνέργεια Βιοκλιματισμού και Α.Π.Ε*

Χρήστος Μπέκος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια  
Δρ Σίσσυ Ευθυμιάδου

Αύγουστος 2014

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>i</b>	Ελληνική Περίληψη.....	6
<b>ii</b>	Αγγλική Περίληψη.....	7
<b>iii</b>	Ευχαριστίες.....	8
<b>1</b>	<b>Κεφάλαιο Πρώτο – Εισαγωγή.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης.....	9
<b>1.2</b>	Σκοποί και στόχοι της μελέτης.....	11
<b>1.3</b>	Ορολογία και διατύπωση κεντρικών εννοιών.....	12
<b>2</b>	<b>Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	Η ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη.....	15
<b>2.1.1</b>	Η ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων στην Ευρώπη.....	19
<b>2.1.2</b>	Κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	20
<b>2.2</b>	Η ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα.....	28
<b>2.2.1</b>	Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα.....	30
<b>2.2.2</b>	Η ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων στην Ελλάδα.....	36
<b>2.2.3</b>	Ο ρόλος του κλίματος στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.....	39
<b>2.2.4</b>	Κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην Ελλάδα.....	41
<b>2.3</b>	Θεσμικό - Νομικό πλαίσιο.....	43
<b>2.3.1</b>	Θεσμικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας.....	43
<b>2.3.2</b>	Οδηγίες της Ε.Ε και εναρμόνισή τους στην Ελληνική Νομοθεσία.....	44
<b>2.3.3</b>	Νομοθεσία στην Ελλάδα.....	49
<b>2.3.4</b>	Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός για το 2050.....	51
<b>2.4</b>	Ενεργειακή απόδοση και κατάταξη των κτηρίων.....	53
<b>2.5</b>	Συνθήκες άνεσης των κτηρίων.....	55
<b>2.5.1</b>	Θερμική άνεση και Σχετική υγρασία.....	55
<b>2.5.2</b>	Συνθήκες Αερισμού.....	57
<b>2.5.3</b>	Συνθήκες Φωτισμού.....	59
<b>2.6</b>	Ενεργειακές ανάγκες λειτουργίας των κτιρίων - Ελάχιστες απαιτήσεις.....	60
<b>2.6.1</b>	Ελάχιστες απαιτήσεις στο σχεδιασμό κτηρίου.....	60
<b>2.6.2</b>	Ελάχιστες απαιτήσεις στο κτηριακό κέλυφος.....	61
<b>2.6.3</b>	Ελάχιστες απαιτήσεις στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.....	63
<b>2.7</b>	Οι πρώτες εκτιμήσεις.....	64
<b>3</b>	<b>Κεφάλαιο Τρίτο – Μεθοδολογία.....</b>	<b>66</b>
<b>3.1</b>	Ενεργειακά Αποδοτικές Παθητικές Πρακτικές – Βιοκλιματισμός.....	67
<b>3.1.1</b>	Βιοκλιματικός Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός.....	68
<b>3.1.1.1</b>	Χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός.....	69
<b>3.1.1.2</b>	Σχήμα και κέλυφος του κτηρίου.....	70
<b>3.1.1.3</b>	Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων.....	72
<b>3.1.1.4</b>	Θερμομόνωση και θερμική μάζα.....	73
<b>3.1.2</b>	Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης.....	78

3.1.2.1	Υλικά Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων.....	80
3.1.2.2	Σύστημα άμεσου κέρδους – νότιο υαλοστάσιο.....	83
3.1.2.3	Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος.....	87
3.1.2.4	Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος.....	91
3.1.2.5	Θερμοσιφωνικό πάνελο ή αεροσυλλέκτης.....	96
3.1.2.6	Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.....	98
3.1.2.7	Σύστημα απομονωμένου κέρδους.....	99
3.1.3	Παθητικός Δροσισμός.....	100
3.1.3.1	Ηλιοπροστασία.....	101
3.1.3.2	Χρώματα και Υφή εξωτερικών Επιφανειών - Ψυχρά Υλικά.....	105
3.1.3.3	Φύτευση δωματίων.....	107
3.1.3.4	Άμεση και Έμμεση εξάτμιση.....	109
3.1.3.5	Νυχτερινή ακτινοβολία.....	111
3.1.3.6	Φυσικός Αερισμός.....	112
3.1.4	Περιβάλλον χώρος – Μικροκλίμα.....	120
3.1.4.1	Φύτευση περιβάλλοντα χώρου.....	121
3.1.5	Φυσικός Φωτισμός.....	125
3.1.5.1	Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός κελύφους.....	126
3.1.5.2	Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός των διαφανών στοιχείων του κτηρίου.....	130
3.1.5.3	Ηλιοπροστατευτικές και φωτοτεχνικές διατάξεις.....	134
3.2	Το Παθητικό σπίτι.....	137
3.3	Ενεργειακά Αποδοτικές Ενεργητικές Πρακτικές.....	140
3.3.1	Εφαρμογή Α.Π.Ε στον κτηριακό τομέα.....	140
3.3.1.1	Ηλιακή ενέργεια.....	141
3.3.1.2	Αιολική ενέργεια.....	149
3.3.1.3	Βιομάζα – ΣΗΘ.....	151
3.3.1.4	Γεωθερμία.....	155
3.3.2	Χρήση Ενεργειακά Αποδοτικών Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων....	160
3.3.3	Ενεργειακά αποδοτικές συσκευές - Ενεργειακή Σήμανση.....	162
3.3.4	Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου (BEMS).....	163
3.4	Συνέργεια Βιοκλιματισμού και Α.Π.Ε με πολυκριτηριακή Ανάλυση.....	165
3.5	Το Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας κτίριο.....	170
3.6	Ο Παράγοντας Ανθρώπινη Συμπεριφορά – Εκπαίδευση.....	173
<b>4</b>	<b>Κεφάλαιο Τέταρτο – Εφαρμογές / Παραδείγματα.....</b>	<b>176</b>
4.1	Εφαρμογή στην ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων.....	176
4.2	Εφαρμογή στο σχεδιασμό των νέων κτιρίων.....	180
<b>5</b>	<b>Κεφάλαιο Πέμπτο – Αποτελέσματα.....</b>	<b>184</b>
5.1	Αποτελέσματα στην Οικονομία.....	184
5.2	Αποτελέσματα στο περιβάλλον.....	185
5.3	Κοινωνικά αποτελέσματα.....	186

<b>6</b>	<b>Κεφάλαιο Έκτο – Συμπεράσματα.....</b>	<b>187</b>
<b>6.1</b>	<b>Συζήτηση – Συμπεράσματα.....</b>	<b>187</b>
<b>6.2</b>	<b>Προτάσεις.....</b>	<b>188</b>
<b>7</b>	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>189</b>

## Περίληψη

Η αυξανόμενη ζήτηση της ενέργειας από τον κτηριακό τομέα, σε συνδυασμό με την εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, την αύξηση των τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη, δημιουργούν την ανάγκη λήψης μέτρων μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και μείωσης των ρύπων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η συγκέντρωση και προβολή τεχνογνωσίας σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια και η παρουσίαση εφαρμογών διαφόρων τεχνικών τόσο στην Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική όσο και στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που καλύπτουν ενεργειακά τα κτήρια. Η επιστημονική μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε περιλαμβάνει την βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εξεύρεση και αποτύπωση της ισχύουσας νομοθεσίας, των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, των πρακτικών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και των εφαρμογών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνέργεια του βιοκλιματισμού με τις ΑΠΕ οδηγεί στην επίτευξη ενεργειακά ανεξάρτητων κτηρίων (ZEB). Η μέθοδος της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού μέτρων Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ αποτελεί χρήσιμη εφαρμογή για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Ολοκληρώνοντας δίνονται τρία παραδείγματα κτηρίων που αναβαθμίστηκαν ενεργειακά καθώς και παρουσιάζεται συνοπτικά η εφαρμογή της συνέργειας Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ στην ξενοδοχειακή μονάδα Grand Cancun στο Μεξικό.

**Λέξεις Κλειδιά:** Εξοικονόμηση Ενέργειας, Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

## Abstract

The growing energy demand of the building sector coupled with dependence on imports of fossil fuels, increasing oil and gas prices and global warming, create the need for measures to reduce energy consumption and reduce greenhouse footprint. The aim of the thesis is the collection and presentation of energy saving know-how on buildings and the review of various technical applications both in the bioclimatic architecture and in the renewable energy covering the building sector. The scientific methodology that was followed includes the bibliographic review aiming at identifying the existing legislation and describing energy saving measures of practical architecture and applications of renewable energy. The synergy of bioclimatic architecture with renewable energy leads to achieving energy independent buildings (Zero Energy Building). Multiobjective Analysis method for the selection of an appropriate combination of bioclimatic architecture and renewable energy measures is a useful application for finding the optimal solution. Finally there is a presentation of three examples of energy upgraded buildings and an overview of bioclimatic architecture and renewable energy combined, at Hotel Grand Cancun in Mexico.

**Keywords:** Energy Saving, Bioclimatic architecture, Renewable energy.

## Ευχαριστίες

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια μου, Δρ. Σίσσυ Ευθυμιάδου, που με την αμέριστη βοήθειά της και την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου, κατέστη δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου, Αικατερίνη Μανούρη και τον υιό μου Νικόλα, που μου έδωσαν την ευκαιρία να αρχίσω, να συνεχίσω και να ολοκληρώσω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, παρέχοντάς μου την ανιδιοτελή και ανυπολόγιστη υποστήριξή τους κατά την διάρκεια δύσκολων στιγμών. Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω, τους γονείς μου Μαρία και Νίκο Μπέκο και όσους με στήριξαν (συγγενείς, φίλους και συνεργάτες) σε αυτήν την προσπάθεια, καθώς και τον συνάδελφο, συμφοιτητή και πολύ καλό φίλο κ. Βασίλη Ζησιμόπουλο που μαζί ξεκινήσαμε το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» στο Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Κύπρου.

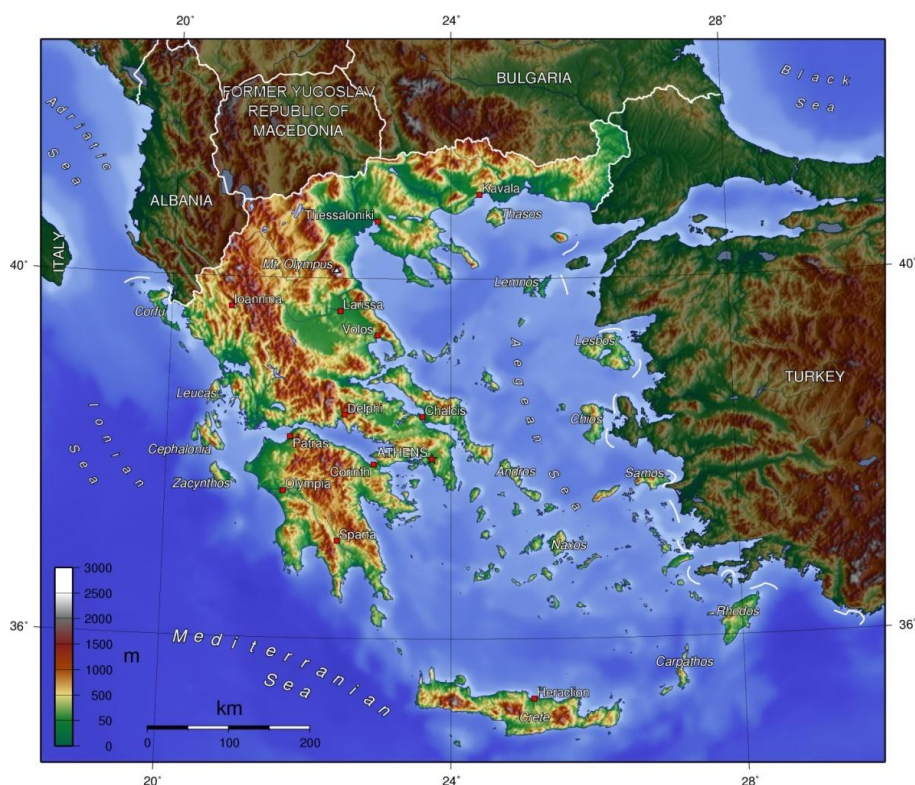
## Κεφάλαιο Πρώτο

### Εισαγωγή

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με υψηλές ενεργειακές ανάγκες των κτηρίων της. Οι τρόποι με τους οποίους καλύπτει αυτές τις ανάγκες δημιουργούν ενεργειακές εξαρτήσεις, οικονομικές απώλειες και επιβάρυνση στη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος. Σε μία χώρα με ισχυρό ενεργειακό δυναμικό σε όλες τις μορφές των ανανεώσιμων πηγών της, η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτηρίων καθώς και οι εφαρμογές της συνέργειας της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής με τις ΑΠΕ, θα φέρει σημαντικές αλλαγές στο τοπίο της κατανάλωσης ενέργειας από τα κτήρια, μειώνοντας τις ανάγκες τους - σε συμβατικές μορφές ενέργειας - σε πολύ χαμηλά επίπεδα έως και μηδενικά, συμβάλλοντας στην αειφόρο ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.

### 1.1 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Περιοχή μελέτης της διατριβής είναι η Ελλάδα, χώρα της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, στο νοτιότερο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου, στην Ανατολική Μεσόγειο. Χαρακτηρίζεται από το μεσογειακό τύπο του εύκρατου κλίματος και έχει ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια.



Εικόνα 1.1 Γεωμορφολογικός χάρτης της Ελλάδας. (Πηγή:<http://el.wikipedia.org>)

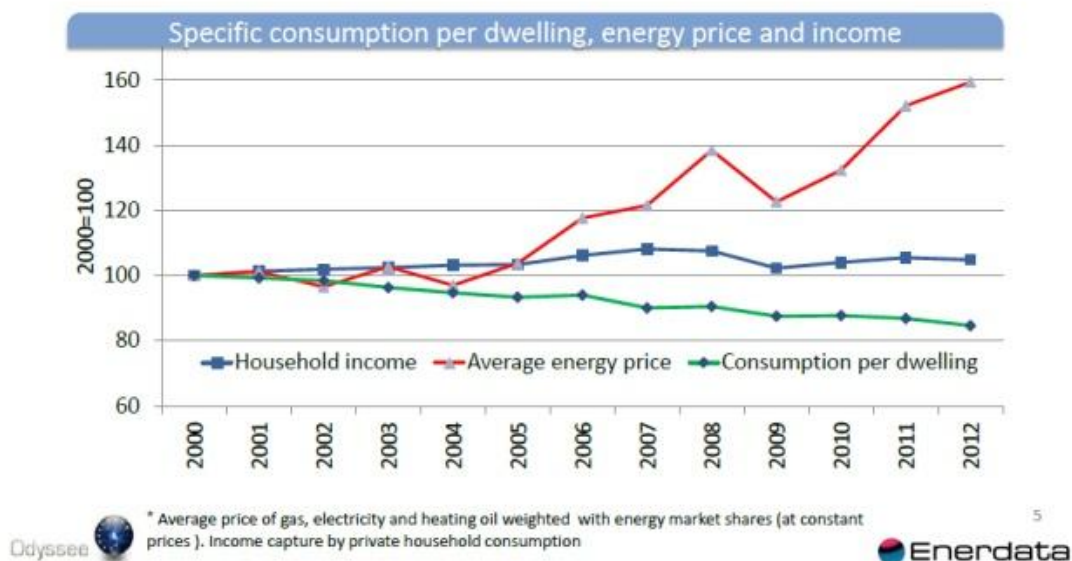
Στην Ε.Ε. ο κτηριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης (40%) της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (Χατζηαθανασίου Α, Λύτρας Κ., 2000).

Στην Ελλάδα σύμφωνα με την τελευταία δημοσιευμένη απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, που πραγματοποιήθηκε το 2001, ο πληθυσμός της Ελλάδα ανήλθε σε 10.787.690, τα νοικοκυριά σε 3.664.392, το κτηριακό απόθεμα σε 3.990.970 (με το 49% σε αστικές περιοχές). Το 77% των κτηρίων ήταν κατοικίες, εκ των οποίων το 52% αυτών σε αστικές περιοχές (ΕΛΣΤΑΤ, 2001). Το γεγονός αυτό, έχει ως συνέπεια οι κατοικίες να αποτελούν τον κύριο στόχο των εθνικών πολιτικών για την εξοικονόμηση ενέργειας (Build Up Skills, 2013).

Τα καύσιμα για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας (θερμικής και ηλεκτρικής) ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος (50%) των εκπομπών αερίων που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Στα πλαίσια της προσπάθειας για βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και, συνεπώς, και των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε μεγάλο βαθμό, μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των ενεργειακών τεχνολογιών στο δομημένο περιβάλλον. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι είναι τεχνικά δυνατή η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στα κτήρια σε ποσοστό τουλάχιστον 30% της παρούσας συνολικής κατανάλωσης. (Λάζαρη Ε., 2002).

Σύμφωνα με την Εικόνα 1.2 όπως παρουσιάστηκε στη 2<sup>η</sup> συνάντηση με θέμα “Monitoring of energy efficiency in the EU” (ODYSSEE-MURE, 30-31 January 2014, London) το εισόδημα των καταναλωτών παρουσιάζει σχετική σταθερότητα εν μέσω της οικονομικής κρίσης, όμως ο μέσος όρος της τιμής της ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 60% σε σχέση με το 2005. Τούτο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ανά κατοικία (Bruno Lapillonne, Karine Pollier, 2014).

Ως εκ τούτου η σημασία και η αναγκαιότητα της μεταπτυχιακής διατριβής έγκειται στο γεγονός της επίτευξης αειφόρου ανάπτυξης στο ενεργειακό τμήμα του κτηριακού τομέα με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται με την απεξάρτηση των κτηρίων από την χρήση των ορυκτών καυσίμων ή ενεργειακών παραγώγων του, με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του CO<sub>2</sub>: 1) μειώνοντας το κόστος της ενέργειας με τη διείσδυση των Α.Π.Ε στη κατανάλωση των κτηριακών χρηστών, 2) μειώνοντας τις ενεργειακές ανάγκες λειτουργίας των υφιστάμενων κτηρίων με την ενεργειακή αναβάθμισή τους, 3) εισάγοντας νέες τεχνολογίες χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο στο στάδιο του σχεδιασμού όσο και της λειτουργίας των νέων κτηρίων.



Εικόνα 1.2 Σχέση μέση τιμής ενέργειας – Εισοδήματος – Κατανάλωσης ενέργειας (Πηγή: Bruno Lapillonne, Karine Pollier, 2014).

## 1.2 Σκοποί και στόχοι της μελέτης

Όπως αναφέρθηκε τα κτήρια καταναλώνουν το 35-40% της συνολικής ενέργειας μιας προηγμένης χώρας, το 65% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και είναι υπεύθυνα για την έκλυση του 35% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Κοσμόπουλος Π, 2008). Τούτο οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως: η παλαιότητα των κτηρίων λόγω της την ελλιπής θερμομόνωσης, η πλημμελής τήρηση βασικών κανόνων βιοκλιματικού σχεδιασμού (προσανατολισμός, συνθήκες φυσικού αερισμού και φωτισμού κλπ.), χρήση αποκλειστικά συμβατικών πηγών ενέργειας - πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος παραγόμενου κυρίως από την καύση λιγνίτη. Ενάντια στην συνεχιζόμενη καταστροφή του περιβάλλοντος και της απώλειας φυσικών πόρων από τον κατασκευαστικό τομέα (τόσο στην φάση κατασκευής όσο και λειτουργίας των κτηρίων) η Ευρωπαϊκή Ένωση άλλα και η διεθνής επιστημονική κοινότητα θέσπισαν μέτρα που συνάδουν με την βιώσιμη ανάπτυξη των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων. Η επιβολή μείωσης των εκπομπών των αέριων ρύπων αλλά και ενεργειακής αναβάθμισης όλων των κτηρίων με τελικό στόχο την ύπαρξη κτηρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας το 2020 είναι μερικά από τα μέτρα που έθεσε.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η **συγκέντρωση και προβολή τεχνογνωσίας** σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια, η παρουσίαση εφαρμογών διαφόρων τεχνικών τόσο στην Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική όσο και στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που καλύπτουν ενεργειακά τα κτήρια.

Με απώτερο στόχο την παρουσίαση της μελλοντικής κατοικίας όπου σύμφωνα και με τις ευρωπαϊκές οδηγίες είναι το κτήριο Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας, κτηριακό οικοδόμημα δηλαδή, που πέρα της προστασίας από τα καιρικά φαινόμενα που θα προσφέρει και την εργονομία που θα παρέχει, θα παρουσιάζει υψηλή ενεργειακή απόδοση ενώ η ενέργεια που θα απαιτείται θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές.

### **1.3 Ορολογία και διατύπωση κεντρικών εννοιών**

#### *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική.*

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτηρίων με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των χώρων, αλλά κυρίως οι τεχνικές δόμησης των κτηρίων που βελτιώνουν τη φυσική λειτουργία και την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους διεποχικά (Λάζαρη Ε., Τζανακάκη Ε., 2002).

#### *Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης*

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτήρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού (Λάζαρη Ε., Τζανακάκη Ε., 2002).

#### *Παθητικό Κτήριο (Passive House)*

Το παθητικό κτήριο είναι ένα κτήριο στο οποίο η εσωτερική θερμική άνεση (ISO 7730) εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται (DIN 1946) για την σωστή εσωτερική ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον επανακυκλοφορίας του αέρα.

#### *Σ.Η.Θ (Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)*

Τα συστήματα Συνδυασμένης παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ - γνωστή και ως Συμπαραγωγή) παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική (ή/και μηχανική) και θερμική ενέργεια σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα.

#### *HVAC*

HVAC (που προφέρεται ως τέσσερα χωριστά γράμματα) είναι ένα αρκτικόλεξο που αντιπροσωπεύει "τη θέρμανση (H), τον εξαερισμό (V) και τον κλιματισμό (AC)" και περιλαμβάνει

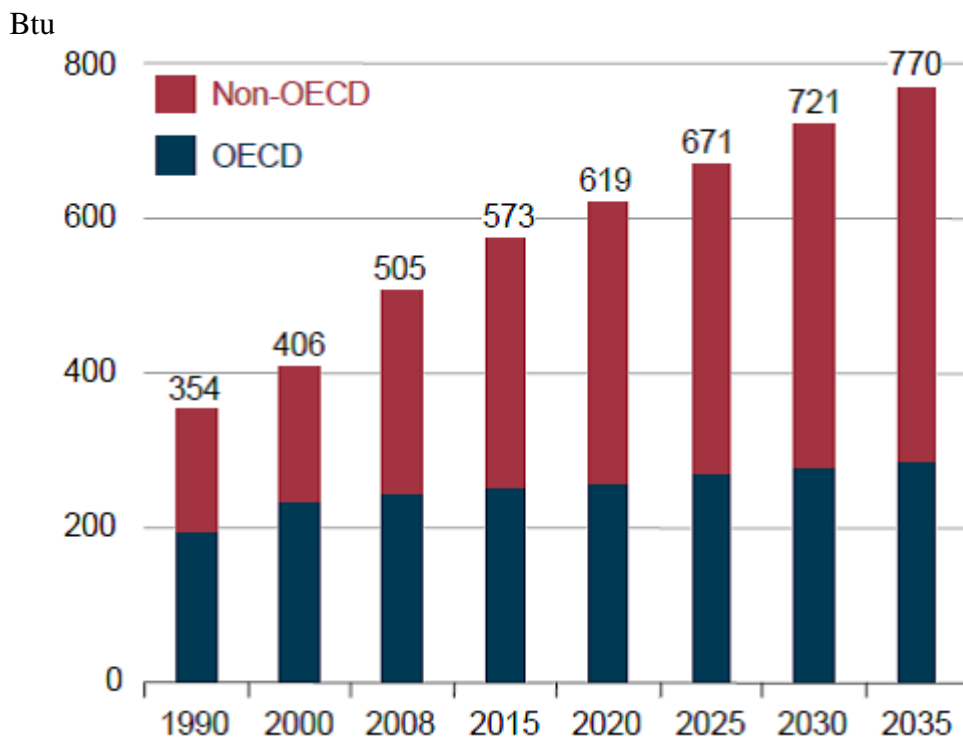
γενικά ποικίλα ενεργά μηχανολογικά/ηλεκτρολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί ο θερμικός έλεγχος των κτηρίων.

*ΣΜΕΚ (Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας Κτήριο - NZEB)*

Κτήριο πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης, του οποίου η καταναλισκόμενη ενέργεια σε πολύ μεγάλο βαθμό καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές, συμπεριλαμβανομένης και της παραγόμενης ενέργειας εντός του κτηρίου ή πλησίον του (Ευρωπαϊκή Οδηγία 31/2010/EU). Το μηδέν είναι ένας πολύ απόλυτος αριθμός, και στην ενεργειακή κατανάλωση είναι εξαιρετικά δύσκολο και πολύ ακριβό να επιτευχθεί. Στόχος της ΕΕ είναι να οριοθετήσει έναν ρεαλιστικό και οικονομικά αποδεκτό μοντέλο διαχείρισης για όλη την Ευρώπη, τις επιχειρήσεις και τους πολίτες της. Γι' αυτό και προτείνει την προσέγγιση στο μηδέν και όχι το απόλυτο μηδέν.

## Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Σε παγκόσμιο επίπεδο η συνολική κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 53%, από 505 quadrillion Btu το 2008 σε 770 quadrillion Btu το 2035 (Gruenspecht, 2010). Δηλαδή, η ετήσια συνολική ζήτηση ενέργειας θα αυξάνεται κατά 1,6% (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας με διάκριση τις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α (Πηγή: OECD).

Αξίζει να σημειωθεί ότι, αναμένεται το πετρέλαιο όπως και άλλα υγρά καύσιμα, θα αποτελέσουν παγκοσμίως την βραδύτερη αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 1% (Gruenspecht, 2010). Αντιθέτως, είναι ιδιαίτερα αισιόδοξο το γεγονός ότι οι ΑΠΕ αναμένεται να σημειώσουν τον ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης στον τομέα της ενέργειας με ρυθμό αύξησης κατά 2,8% ετησίως (Gruenspecht, 2010). Προφανώς οι σχετικά υψηλές τιμές του πετρελαίου σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική επιβάρυνση που υφίσταται ο πλανήτης, θα αποτελέσουν ισχυρά κίνητρα για πολλές κυβερνήσεις ανά τον κόσμο, ώστε να αυξήσουν το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο τους (Gruenspecht, 2010).

Παρόλα αυτά, τα ορυκτά καύσιμα αναμένεται ότι θα εξακολουθήσουν να είναι οι πρωταγωνιστές στην παραγωγή ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό σκηνικό. Τα ορυκτά καύσιμα, ως βασική πηγή CO<sub>2</sub>, προβλέπεται ότι θα προκαλέσουν αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 43% από το 2008 έως το 2035 (Gruenspecht, 2010). Ως γνωστόν, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> ευθύνονται κυρίως για τις

κλιματικές αλλαγές. Το γεγονός αυτό καθώς και πολιτικοοικονομικοί λόγοι αποτελούν ιδιαίτερη πρόκληση για την ενίσχυση της εφευρετικότητας στον επιστημονικό τομέα για λύσεις που να περιορίζουν την αλόγιστη σπατάλη ενέργειας και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και να προωθούν την αποδοτική χρήση ενέργειας σε όλους τους τομείς της ζωής.

Σε επίπεδο Ευρώπης αλλά και στην Ελλάδα η υφιστάμενη κατάσταση στον κτηριακό τομέα, σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση - παράλληλα με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου - καθιστά απαραίτητη την καταγραφή της. Το θεσμικό – νομικό πλαίσιο αποτελεί οδικό χάρτη της πορείας των εξελίξεων με την επιβολή μακροπρόθεσμων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής συμπεριφοράς. Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων υπεισέρχεται σαν θεσμός πλέον, καθορίζοντας τις ελάχιστες ενεργειακές ανάγκες λειτουργίας – ελάχιστες απαιτήσεις – των κτηρίων, με γνώμονα την άνεση του εσωτερικού περιβάλλοντος, πάντα εξαρτώμενη από τις κλιματικές εξωτερικές συνθήκες.

## 2.1 Ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat για τα έτη από το 2004 έως το 2012 η ετήσια κατανάλωση ενέργειας εκφρασμένη σε 1000 T.I.Π (τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) δίνονται στον πίνακα 2.1.

*Πίνακας 2.1 Ετήσιες Καταναλώσεις Ενέργειας στις 28 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat, 2014)*

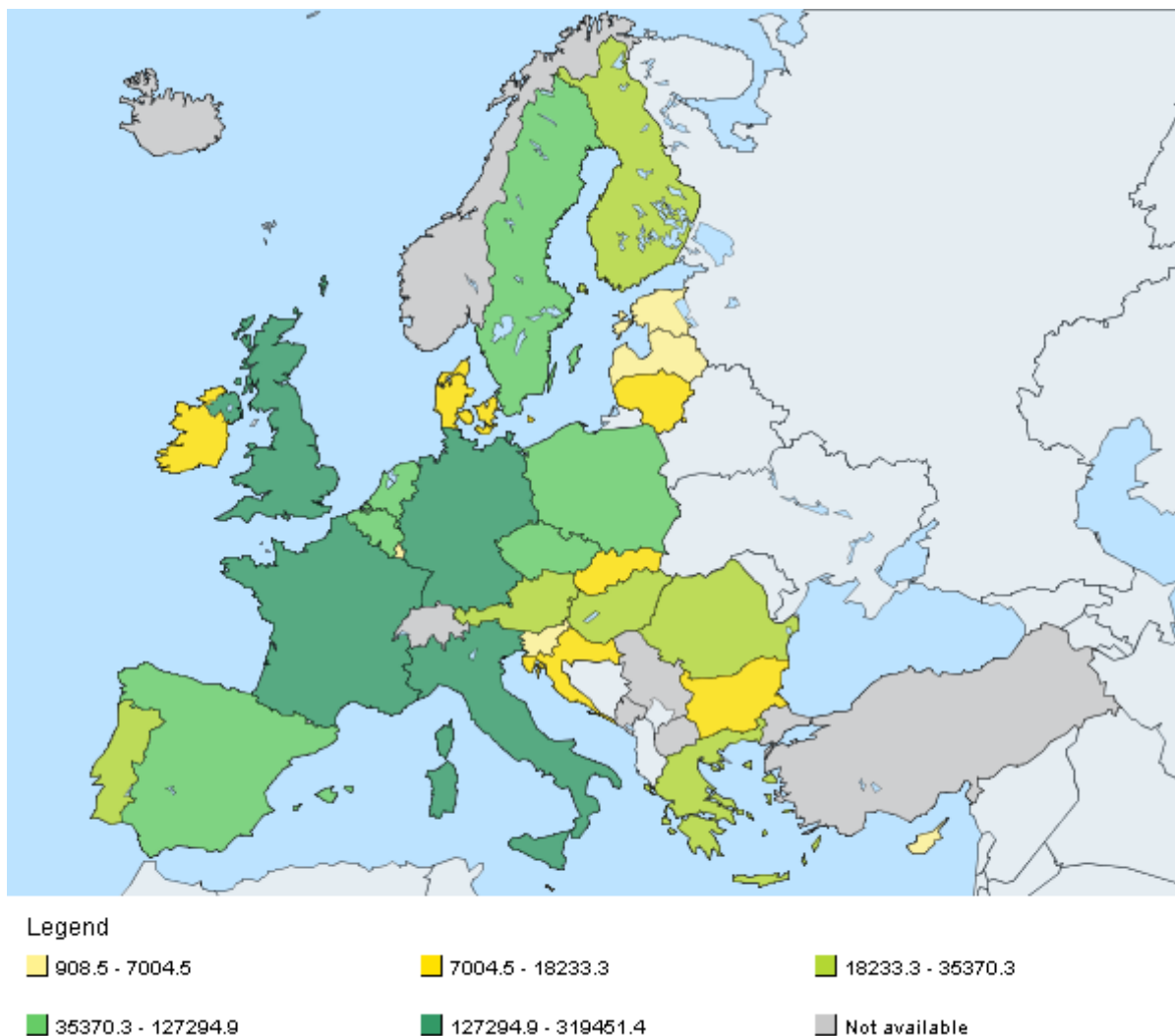
Geo\Time	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>EU (28 countries)</b>	<b>1.818.269,0</b>	<b>1.825.071,2</b>	<b>1.831.997,6</b>	<b>1.803.658,4</b>	<b>1.799.062,2</b>	<b>1.695.064,3</b>	<b>1.759.132,6</b>	<b>1.699.528,4</b>	<b>1.682.930,5</b>
<b>Belgium</b>	59.007,7	58.732,9	57.530,2	56.044,7	59.460,8	56.612,7	60.587,7	59.231,1	56.329,9
<b>Bulgaria</b>	18.940,5	19.754,1	20.398,8	20.036,9	19.926,5	17.504,1	17.769,8	19.089,9	18.233,3
<b>Czech Republic</b>	45.628,6	45.120,2	46.306,2	46.297,9	45.267,3	42.412,7	44.727,8	43.225,6	42.783,5
<b>Denmark</b>	20.195,9	19.578,5	21.064,5	20.542,6	20.011,2	19.186,7	20.146,7	18.747,5	18.140,6
<b>Germany</b>	343.949,1	341.854,5	351.651,0	333.705,6	337.770,3	317.157,9	333.674,6	317.122,6	319.451,4
<b>Estonia</b>	5.665,7	5.618,8	5.492,4	6.156,7	5.948,7	5.356,8	6.157,1	6.193,7	6.127,0
<b>Ireland</b>	15.103,7	15.044,4	15.530,4	15.985,9	15.762,8	14.794,3	15.129,8	13.987,5	13.847,3
<b>Greece</b>	<b>30.846,4</b>	<b>31.408,2</b>	<b>31.583,6</b>	<b>31.519,4</b>	<b>31.840,9</b>	<b>30.523,1</b>	<b>28.772,6</b>	<b>27.835,5</b>	<b>27.039,8</b>
<b>Spain</b>	141.177,4	144.222,6	144.436,7	146.284,3	141.778,9	130.394,9	129.868,5	128.212,8	127.294,9
<b>France</b>	275.508,4	276.365,0	272.918,3	269.939,1	271.491,8	259.541,1	267.121,6	257.876,4	258.392,6
<b>Croatia</b>	8.811,6	8.934,6	8.920,2	9.332,6	9.062,3	8.702,3	8.561,2	8.530,5	8.118,3
<b>Italy</b>	185.081,9	187.488,4	185.244,2	183.499,1	180.547,3	168.864,6	174.538,5	171.780,8	163.053,2
<b>Cyprus</b>	2.489,3	2.539,2	2.634,8	2.739,4	2.889,4	2.813,7	2.728,2	2.678,5	2.509,3
<b>Latvia</b>	4.488,4	4.591,7	4.764,3	4.886,1	4.694,4	4.509,4	4.765,7	4.376,4	4.537,6

<b>Lithuania</b>	9.231,9	8.709,6	8.539,7	9.299,0	9.273,0	8.467,0	6.779,5	6.999,8	7.084,5
<b>Luxembourg</b>	4.689,6	4.795,6	4.717,2	4.627,2	4.626,1	4.360,4	4.637,0	4.559,8	4.454,2
<b>Hungary</b>	26.175,0	27.611,5	27.458,8	26.825,1	26.629,5	25.158,7	25.810,9	25.104,4	23.568,9
<b>Malta</b>	934,0	972,5	913,5	970,7	968,4	871,0	953,2	932,0	908,5
<b>Netherlands</b>	81.828,9	82.289,4	79.642,6	82.678,2	83.511,3	81.072,4	86.626,3	80.249,6	81.979,1
<b>Austria</b>	33.289,2	34.352,8	34.485,2	34.041,2	34.318,9	32.324,7	34.599,8	33.649,9	33.654,9
<b>Poland</b>	91.672,6	92.539,5	97.193,8	97.117,2	98.206,7	94.744,8	100.918,2	101.219,9	97.974,4
<b>Portugal</b>	26.772,7	27.475,0	26.183,3	26.148,2	25.416,2	25.055,9	24.306,4	23.596,0	22.204,6
<b>Romania</b>	39.529,2	39.206,3	40.578,7	40.411,5	40.276,6	35.554,7	35.799,6	36.558,4	35.370,3
<b>Slovenia</b>	7.160,1	7.325,4	7.330,4	7.334,8	7.753,8	7.056,2	7.226,2	7.280,8	7.004,5
<b>Slovakia</b>	18.502,3	19.029,2	18.872,5	17.861,3	18.305,0	16.779,7	17.864,3	17.402,4	16.701,5
<b>Finland</b>	37.278,5	34.526,1	37.558,9	37.326,8	35.909,7	33.844,7	37.062,3	35.485,5	34.081,4
<b>Sweden</b>	51.858,8	50.993,3	49.579,3	49.557,6	49.306,4	45.454,2	50.783,1	49.711,7	49.790,9
<b>United Kingdom</b>	232.451,5	233.991,6	230.468,0	222.489,4	218.107,9	205.945,5	211.215,9	197.889,5	202.294,1

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες η εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση στη EU28 βρισκόταν στα 1.670 εκατομμύρια Μ.Τ.Ι.Π το 1990, ανέβηκε στην κορυφή του σε 1.830 Μ.Τ.Ι.Π το 2006 και στη συνέχεια μειώθηκε σε 1.680 Μ.Τ.Ι.Π το 2012. Μεταξύ 2006 και 2012 η ακαθάριστη εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση στη EU28 έχει μειωθεί κατά 8% (Eurostat - NewsRelease, 2014).

Η εγχώρια παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας ήταν 794 Μ.Τ.Ι.Π στην EU28 το 2012 από την οποία: Πυρηνική ενέργεια (29%), που αντιπροσωπεύουν και το μεγαλύτερο ποσοστό, ακολουθούμενη από τις ανανεώσιμες πηγές (22%), στερεά καύσιμα (21%), φυσικό αέριο (17%) και πετρέλαιο (10%) (Eurostat - NewsRelease, 2014).

Ο Πίνακας 2.1 καταδεικνύει μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή ζώνη των 28 χωρών της τάξεως του 8%, ως αποτέλεσμα κυρίως της οικονομικής κρίσης της ευρωζώνης. Σύμφωνα με τις ίδιες πηγές, ο ευρωπαϊκός χάρτης ενεργειακών καταναλώσεων για το 2012, δίνεται στην Εικόνα 2.2 με μονάδες εκφρασμένες σε 1000 Τ.Ι.Π (Μ.Τ.Ι.Π). Οι πέντε μεγαλύτεροι καταναλωτές ενέργειας το 2012 στην EU28 είναι η Γερμανία (319 Μ.Τ.Ι.Π,-9.2% σε σύγκριση με το 2006), η Γαλλία (258 Μ.Τ.Ι.Π,-5.3%), το Ηνωμένο Βασίλειο (202 Μ.Τ.Ι.Π,-12.2%), η Ιταλία (163 Μ.Τ.Ι.Π,-12.0%) και η Ισπανία (127 Μ.Τ.Ι.Π,-11.9%).



Εικόνα 2.2 Ευρωπαϊκός χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης για το 2012 (Eurostat, 2014)

Στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί φαίνεται το ποσοστό της ενεργειακής εξάρτησης των χωρών της ευρωπαϊκής ένωσης από τις εισαγωγές ενέργειας. Το ποσοστό εξάρτησης ενέργειας δείχνει το ποσοστό της ενέργειας που πρέπει να εισάγει μια οικονομία. Ορίζεται ως καθαρή ενέργεια εισαγωγής αποτελούμενη από την ακαθάριστη εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση συν τα καύσιμα των διεθνών θαλάσσιων καυσίμων δεξαμενής πλοίων, εκφρασμένη σε ποσοστό. Ένα ποσοστό αρνητικής εξάρτησης (όπως η Δανία με -3%) δηλώνει καθαρός εξαγωγέας ενέργειας, ενώ ένα ποσοστό εξάρτησης που ξεπερνά το 100% (όπως η Μάλτα) δηλώνει ότι ένα ποσοστό από τα ενεργειακά προϊόντα αποθηκεύεται. Για τους EU28 ήταν 53,3% για το 2012.

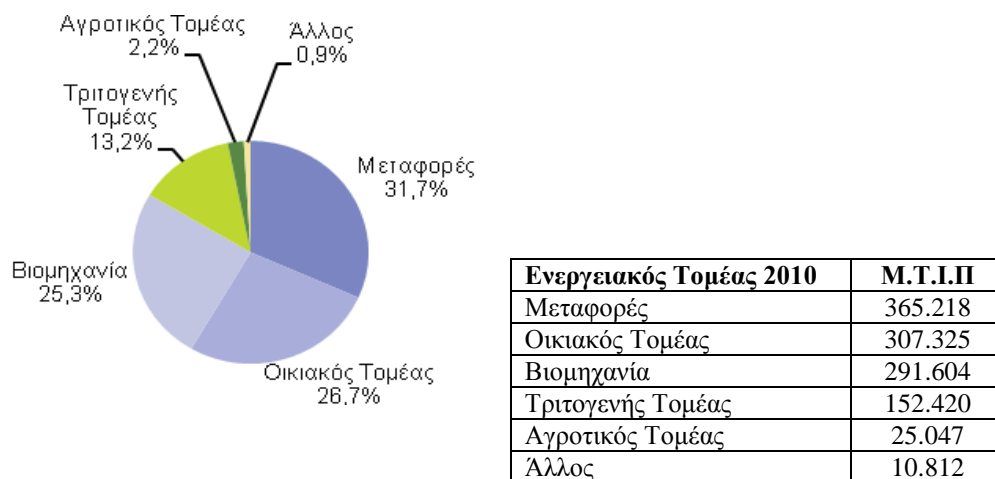
Πίνακας 2.2 Ενεργειακή εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας για το 2012 (Eurostat, 2014)

Geo\Time	Ενεργειακή κατανάλωση σε ΜΤΠΗ για το 2012	Ποσοστό (%) Ενεργειακής εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας για το 2012
<b>EU (28 countries)</b>	<b>1.682.930,5</b>	<b>53.3</b>
<b>Belgium</b>	56.329,9	74.0
<b>Bulgaria</b>	18.233,3	36.1
<b>Czech Republic</b>	42.783,5	25.2
<b>Denmark</b>	18.140,6	-3.4
<b>Germany</b>	319.451,4	61.1
<b>Estonia</b>	6.127,0	17.2
<b>Ireland</b>	13.847,3	84.8
<b>Greece</b>	<b>27.039,8</b>	<b>65.6</b>
<b>Spain</b>	127.294,9	73.3
<b>France</b>	258.392,6	48.1
<b>Croatia</b>	8.118,3	53.6
<b>Italy</b>	163.053,2	80.8
<b>Cyprus</b>	2.509,3	97.0
<b>Latvia</b>	4.537,6	56.4
<b>Lithuania</b>	7.084,5	80.3
<b>Luxembourg</b>	4.454,2	97.4
<b>Hungary</b>	23.568,9	52.3
<b>Malta</b>	908,5	100.4
<b>Netherlands</b>	81.979,1	30.7
<b>Austria</b>	33.654,9	63.6
<b>Poland</b>	97.974,4	30.7
<b>Portugal</b>	22.204,6	79.5
<b>Romania</b>	35.370,3	22.7
<b>Slovenia</b>	7.004,5	51.6
<b>Slovakia</b>	16.701,5	60.0
<b>Finland</b>	34.081,4	45.5
<b>Sweden</b>	49.790,9	28.7
<b>United Kingdom</b>	202.294,1	42.2

Μεταξύ των πέντε κρατών στα κράτη μέλη που καταναλώνουν τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, το ποσοστό εξάρτησης ήταν υψηλότερη για την Ιταλία (81%), ακολουθούμενη από την Ισπανία (73%), την Γερμανία (61%), την Γαλλία (48%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (42%) (Eurostat - NewsRelease, 2014).

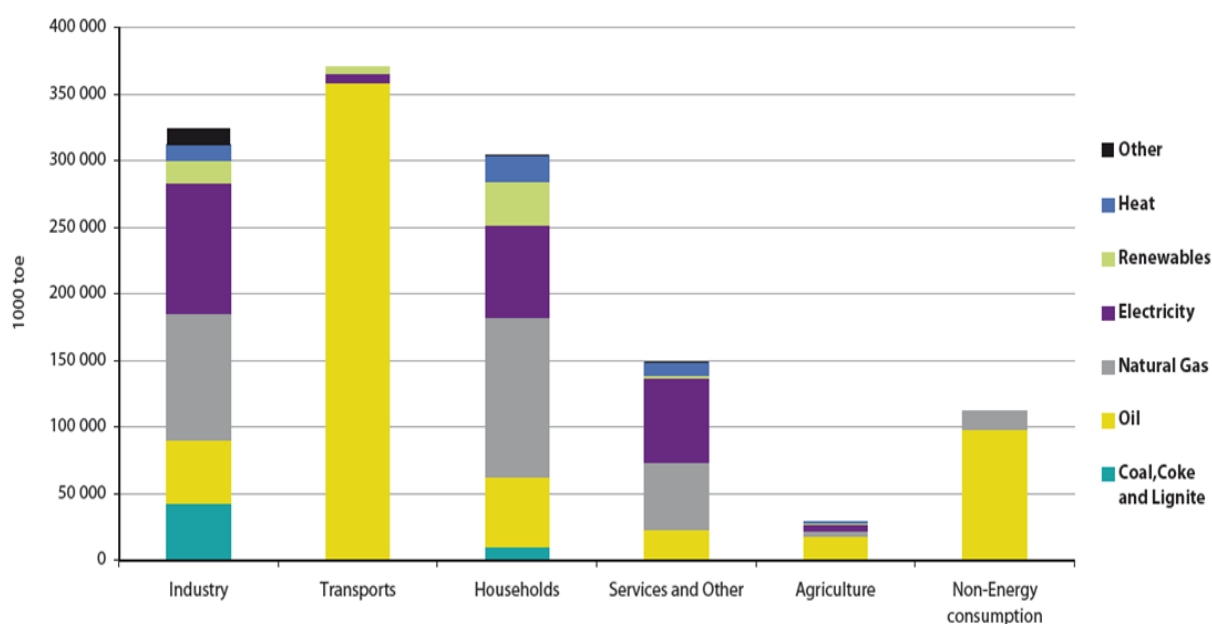
## 2.1.1 Ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην Ευρώπη

Η ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη των 27 κρατών-μελών ανά τομέα, σε ΜΤΠΠ για το 2010 αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 2.1 (Eurostat, 2014).



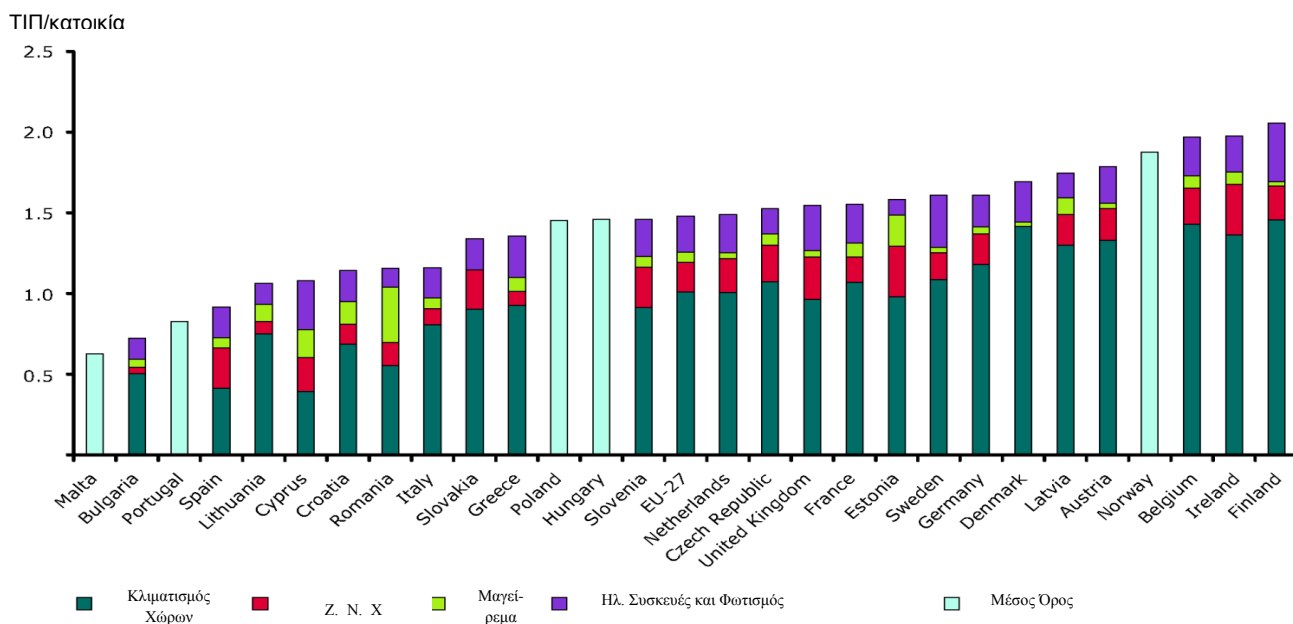
Διάγραμμα 2.1 Ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα το 2010 (Πηγή: Eurostat 2014)

Ο κτηριακός τομέας - αποτελούμενος από το άθροισμα του Οικιακού και του Τριτογενή Τομέα (Υπηρεσίες) - στην Ευρώπη είναι ο μεγαλύτερος χρήστης ενέργειας και η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς ευθύνεται περίπου για το 40% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης (Διάγραμμα 2.1). Τα τελευταία χρόνια και ως το 2009 υπήρχε μεγάλη αύξηση του αριθμού των κτηρίων στον χώρο της Ευρώπης, αντιθέτως οι ρυθμοί απόσυρσης και αντικατάστασης των παλαιών κτηρίων είναι πολύ μικροί με αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.



Διάγραμμα 2.2 Καταμερισμός μορφών ενέργειας ανά τομέα στην Ε.Ε το 2006 (Eurostat, 2014)

Στο Διάγραμμα 2.2 δίνεται ο καταμερισμός των μορφών ενέργειας που κάνει χρήση ο κατασκευαστικός τομέας (Οικιακός και τριτογενής). Η ποικιλία των μορφών ενέργειας, αποτελεί έναυσμα για την χρήση των λιγότερο ρυπογόνων πηγών, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Renewables). Αντιθέτως στον τομέα των μεταφορών η καθολική χρήση του πετρελαίου και των προϊόντων του καθίσταται τροχοπέδη στη αειφόρο ανάπτυξη και προστασία του περιβάλλοντος. Στο Διάγραμμα 2.3 δίνεται η ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας στις χώρες της Ευρώπης σε ΤΠΠ ανά κατοικία για το έτος 2008 (Eurostat, 2014).



Διάγραμμα 2.3 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτηριακό-οικιακό τομέα ανά τελική χρήση για το 2009 (Πηγή: Eurostat, 2014)

Τη μέγιστη κατανάλωση –στην Ευρωζώνη των 27- την έχει ο κλιματισμός των χώρων, ακολουθεί η χρήση για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) με παρόμοια ποσοστά με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό.

Στο κτηριακό τομέα στην Ευρώπη είναι προφανής οι τομείς στους οποίους πρέπει να γίνουν επεμβάσεις. Οι εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στο κλιματισμό των χώρων (Θέρμανση – Ψύξη και Αερισμός), στο Ζεστό Νερό Χρήσης καθώς επίσης στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων υψηλής ενεργειακής απόδοσης αποτελούν το κλειδί της αειφόρου ανάπτυξης.

### 2.1.2 Κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Ήδη από τις αρχές του 1970, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής και χρήσης ενέργειας απασχολούν σε μεγάλο βαθμό την ανθρωπότητα. Τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, είναι η θερμική ρύπανση από τους

θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, η ρύπανση του αέρα από την καύση ορυκτών καυσίμων, η αλλαγή μικροκλίματος από την εγκατάσταση μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, τα ραδιενεργά απόβλητα και η μόλυνση του νερού (ΤΕΕ, 2011).

Οι διάφοροι χημικοί, φυσικοί και βιολογικοί παράγοντες που προκαλούν υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι:

- Η ατμοσφαιρική ρύπανση, συμπεριλαμβανομένης και της αλλαγής μικροκλίματος από τη θερμική ρύπανση.
- Η ρύπανση του νερού.
- Η υποβάθμιση του εδάφους από τα στερεά απόβλητα.
- Ο θόρυβος.
- Η οπτική ρύπανση.

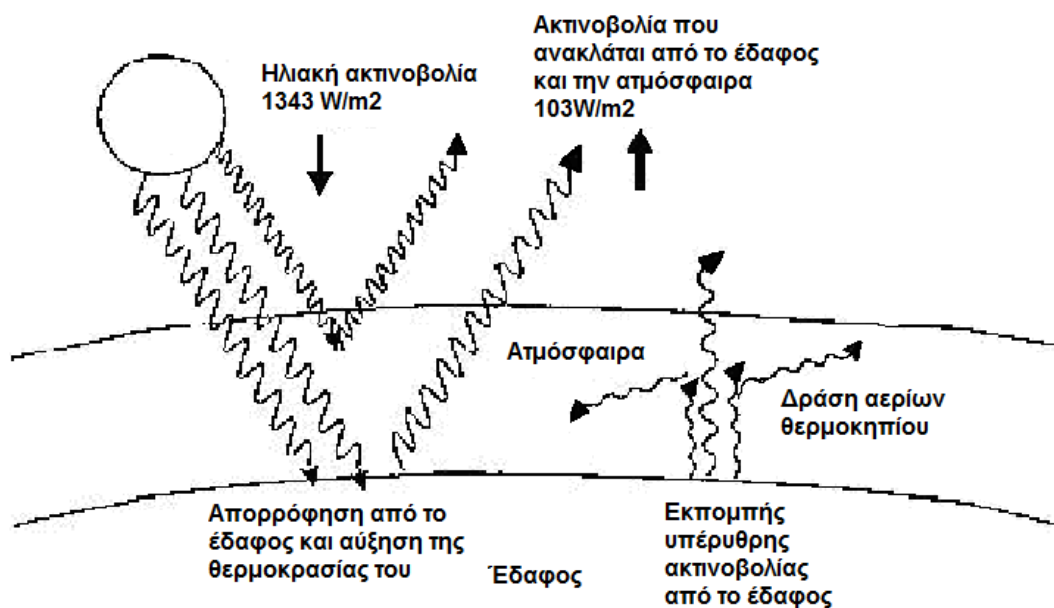
Η ατμοσφαιρική ρύπανση οφείλεται σε στερεές, υγρές ή αέριες ουσίες, οι οποίες μεταβάλλουν την σύσταση του αέρα. Η ρύπανση του αέρα δημιουργείται από πολλές αιτίες, όπως η καύση ενεργειακών προϊόντων που έχουν σαν βάση τον άνθρακα, με αποτέλεσμα την δημιουργία στερών σωματιδίων (στάχτη, σωματίδια - aerosols) και αερίων ρύπων (διοξειδίο του άνθρακα, διοξειδίο του θείου, οξειδία του αζώτου). Στις αιτίες που προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση συμπεριλαμβάνεται και ο ατμός που εκλύεται από τους πύργους ψύξης των θερμικών εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής (ΤΕΕ, 2011).

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από τη ρύπανση του αέρα είναι τα εξής:

**Όξινη βροχή:** Η όξινη βροχή οφείλεται στα προϊόντα της καύσης ορυκτών καυσίμων. Όταν βρεθούν στην ατμόσφαιρα τα οξειδία του θείου, του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες δημιουργούν οξέα (θειικό και νιτρικό οξύ) ή δημιουργούν όζον με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια τα οξέα εναποτίθενται στο έδαφος με «ξηρή» μεταφορά ή με «υγρή» μεταφορά μέσω της βροχής, του χιονιού ή και της ομίχλης. Τα οξειδία του θείου προέρχονται κυρίως από την καύση στερεών καυσίμων και μάλιστα το 64% των συνολικών εκπομπών οφείλονται σε μονάδες παραγωγής ενέργειας (κυρίως ηλεκτροπαραγωγής). Το μεγαλύτερο ποσοστό των οξειδίων του αζώτου προέρχονται από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης των αυτοκινήτων. Επομένως η άμεση λύση είναι η χρήση καυσίμων με πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο, όπως για παράδειγμα η αντικατάσταση του άνθρακα (που συνήθως έχει υψηλή περιεκτικότητα σε θείο) με φυσικό αέριο, για ηλεκτροπαραγωγή. Σήμερα οι περισσότερες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής είναι

εξοπλισμένες με συστήματα που μειώνουν την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε διοξείδιο του θείου ενώ τα καταλυτικά φίλτρα μειώνουν την περιεκτικότητά τους σε οξειδία του αζώτου.

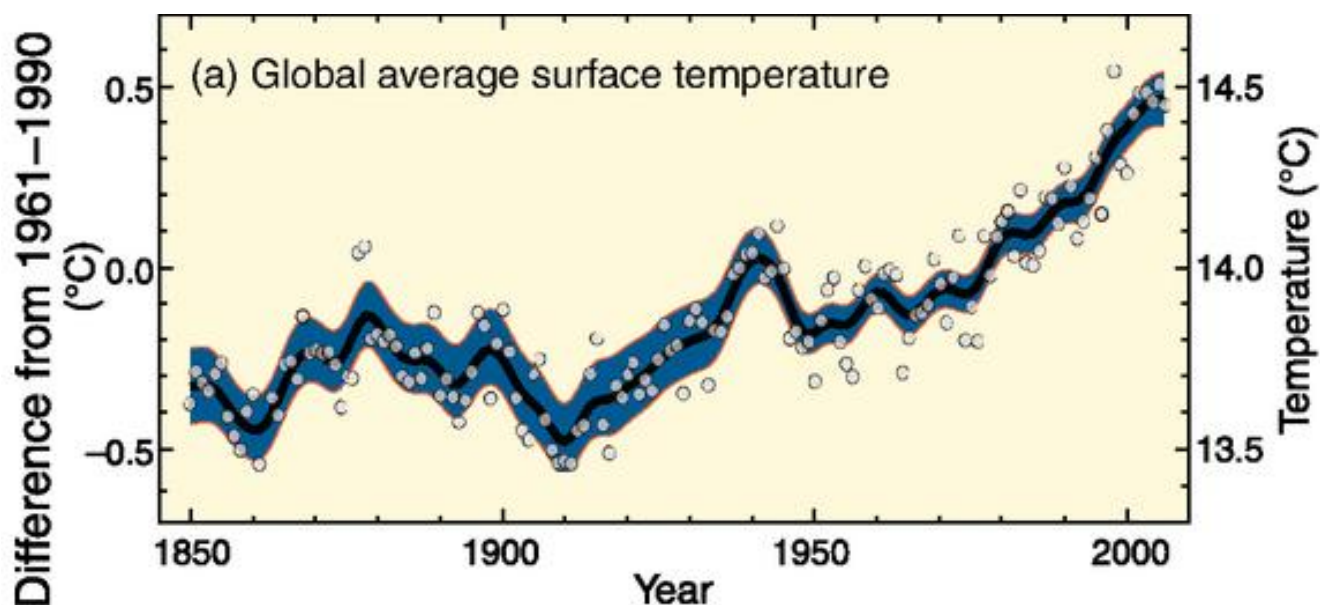
**Το φαινόμενο του θερμοκηπίου:** Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, ( $\text{CO}_2$ ), του μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ), των χλωροφθορανθράκων (CFC) και των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα τις τελευταίες δεκαετίες έχει σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το έδαφος της γης στην ατμόσφαιρα. Έτσι η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αυξάνεται δημιουργώντας το φαινόμενο, το οποίο είναι γνωστό σαν «φαινόμενο του θερμοκηπίου» ή «παγκόσμια θέρμανση» ή «κλιματική αλλαγή» (εικόνα 2.3). Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 56%. Το υποξείδιο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (με συνεισφορά 7%) παράγεται επίσης από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Το μεθάνιο (συνεισφορά 14%), παράγεται κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλών (φυτά και ζωικά απόβλητα, οργανικά απορρίμματα σε ΧΥΤΑ). Τέλος τα CFC συνεισφέρουν κατά 23% στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Εικόνα 2.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Πηγή: TEE, 2011)

Σύμφωνα με τις μελέτες που δημοσιεύτηκαν από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν γίνει εμφανείς στην μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης την τελευταία εικοσαετία (Διάγραμμα 2.4). Τον Απρίλιο του 2007 η IPCC εξέδωσε το δεύτερο μέρος της 4ης Έκθεσης Αξιολόγησης (4th Assessment Report – AR4, 2007), στο οποίο αξιολογεί τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, την ευπάθεια και την δυνατότητα προσαρμογής του πλανήτη σε αυτήν. Στην Έκθεση της αυτή διατυπώνεται ξεκάθαρα ότι ένα μεταλλασσόμενο κλίμα

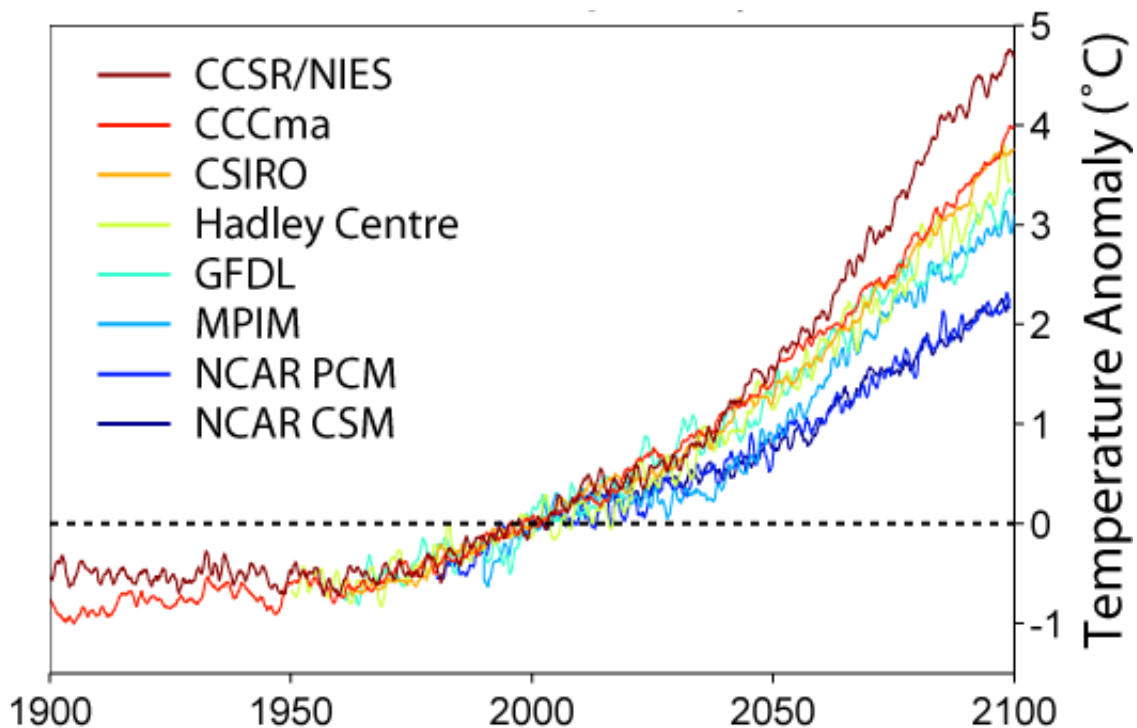
θα αναστατώσει τα πολύπλοκα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά συστήματα που έχουν θεμελιωθεί εδώ και αιώνες, και τα οποία δεν μπορούν να αντέξουν γρήγορες και θεμελιώδεις αλλαγές (ΤΕΕ, 2011).



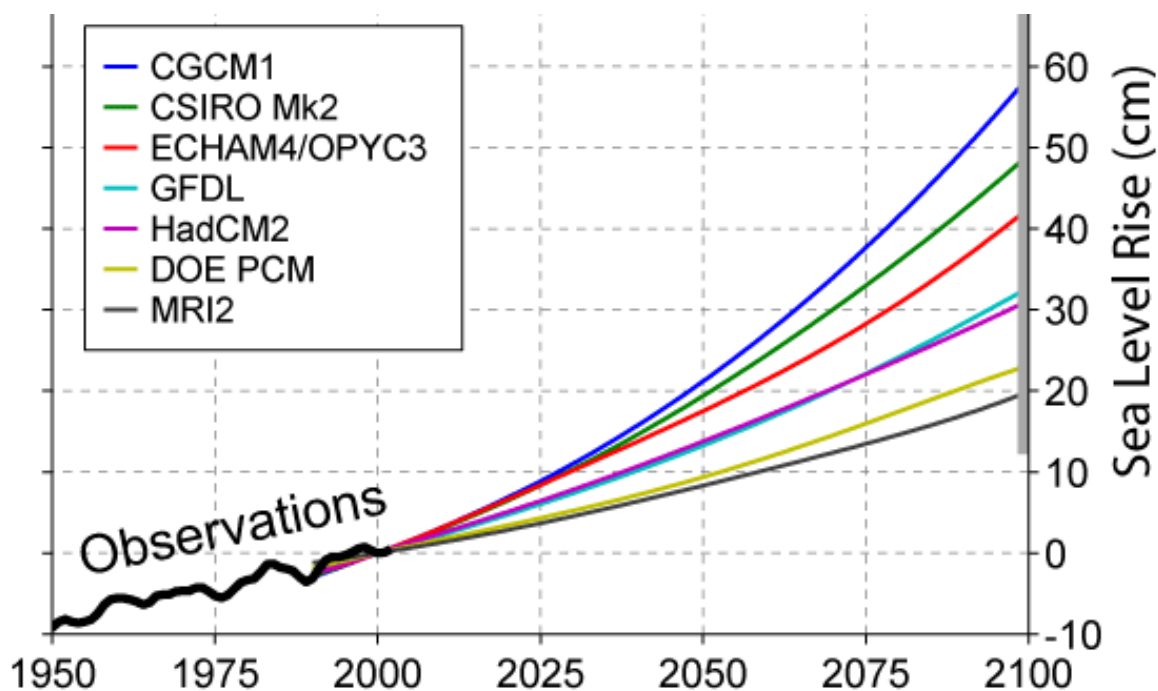
Διάγραμμα 2.4 Σχετικές μεταβολές μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης (Πηγή: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/mains1.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains1.html)).

Υπάρχουν ισχυρές επιστημονικές αποδείξεις ότι είναι επιτακτική ανάγκη η ανάληψη επείγουσας δράσης για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος. Πρόσφατες μελέτες, όπως η ανασκόπηση του Stern (Stern, N. 2007), επιβεβαιώνουν το τεράστιο κόστος της απραξίας. Επιπλέον, η πρόσφατη έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας (Τράπεζα της Ελλάδος, Ιούνιος 2011), παρουσιάζει τις προβλεπόμενες κλιματικές και περιβαλλοντικές μεταβολές, αποτιμά το κόστος των μεταβολών αυτών για την ελληνική οικονομία και εκτιμά το κόστος των μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, στο πλαίσιο και της συναφούς πολιτικής της Ε.Ε (ΤΕΕ, 2011).

Επιπροσθέτως σε αρκετές μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις, της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου, της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη και της αύξησης της στάθμης της θάλασσας για διάφορα σενάρια, από το πιο αισιόδοξο έως το δυσμενέστερο· σχεδόν όλα καταλήγουν στο συμπέρασμα μιας αύξησης της μέσης θερμοκρασίας 2-5 βαθμών Κελσίου και μια άνοδο της στάθμης της θάλασσας 20-60εκ μέχρι το τέλος του 2100 όπως φαίνεται και στα Διαγράμματα 2.5 και 2.6.



Διάγραμμα 2.5 Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη για το 2100 αναλόγως σεναρίου (Πηγή: [http://www.globalwarmingart.com/wiki/Predictions\\_of\\_Future\\_Change\\_Gallery](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Predictions_of_Future_Change_Gallery))



Διάγραμμα 2.6 Αύξηση της μέσης τιμής της στάθμης της θάλασσας για το 2100 αναλόγως σεναρίου. (Πηγή: [http://www.globalwarmingart.com/wiki/Predictions\\_of\\_Future\\_Change\\_Gallery](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Predictions_of_Future_Change_Gallery))

Στον Πίνακα 2.3 παρατίθενται οι δείκτες σύμφωνα με τους οποίους αποτυπώνονται οι εκλύσεις του CO<sub>2</sub> στις χώρες της Ε.Ε με έτος βάσης το 1990 =100.

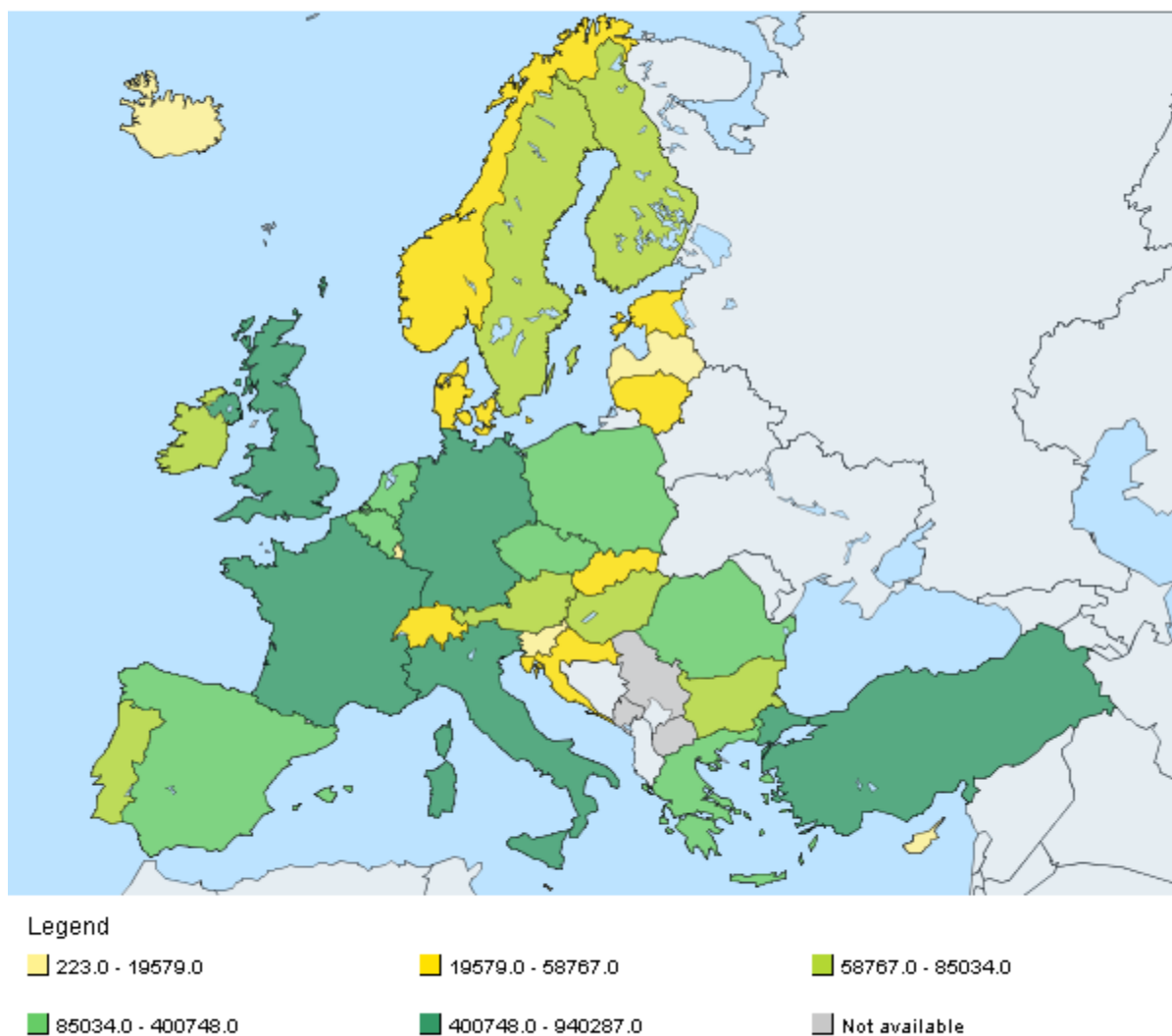
Πίνακας 2.3 Δείκτες εκπομπών CO<sub>2</sub> στις χώρες της Ε.Ε (Πηγή: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&rcode=tsdcc100&plugin=1>)

geo/time	1995	2000	2005	2010	2011
EU (28 countries)	93,45	91,77	93,24	85,74	83,07
EU (27 countries)	93,57	91,83	93,22	85,72	83,03
EU (15 countries)	97,89	98,39	99,55	90,68	87,07
Belgium	104,86	103,05	100,42	92,97	85,12
Bulgaria	69,61	54,19	58,34	55,2	60,45
Czech Republic	76,95	74,53	74,43	70,43	68,42
Denmark	110,72	100,19	94,41	90,34	83,39
Germany	89,81	83,99	80,9	76,7	74,48
Estonia	49,43	42,33	45,82	49,45	51,81
Ireland	106,78	124,33	127,78	113,32	105,82
Greece	104,54	120,26	128,28	111,52	109,61
Spain	110,93	134,84	154,22	125,35	126,43
France	99,48	101,45	101,59	93,86	88,9
Croatia	72,67	82,71	95,9	90,21	89,12
Italy	102,44	106,92	111,55	97,45	95,3
Cyprus	121,2	137,78	149,62	150,58	147,47
Latvia	47,66	38,21	42,49	46,7	44,67
Lithuania	45,12	40,12	47,77	43,26	44,31
Luxembourg	80,83	80,68	108,31	101,88	100,22
Hungary	81,27	79,52	80,57	68,99	67,19
Malta	122,81	130,22	147,42	149,66	151,27
Netherlands	106,65	102,95	101,84	101,37	94,67
Austria	102,55	103,62	120,02	110,16	107,57
Poland	94,67	84,38	85,47	88,09	87,56
Portugal	117,3	138,24	144,66	118,55	116,49
Romania	70,73	54,63	57,89	47,76	50,46
Slovenia	100,51	102,69	110,16	105,75	105,88
Slovakia	74,13	68,68	70,55	64,03	63,19
Finland	100,47	98,53	98,04	106,65	96,56
Sweden	102,33	95,62	93,42	91,26	86,03
United Kingdom	93,1	89,93	88,57	79,92	74,81
Iceland	93,51	109,82	109,07	129,72	:
Liechtenstein	102,51	110,78	118,04	101,1	:
Norway	99,8	107,31	107,96	108,22	:
Switzerland	96,63	97,79	102,53	102,24	:

Στον Πίνακα 2.4 που ακολουθεί δίνονται οι εκλύσεις του CO<sub>2</sub> σε απόλυτες τιμές και με μονάδα μέτρησης τους 1000 τόνους των ευρωπαϊκών χωρών, ενώ στον Εικόνα 2.4 αποτυπώνονται τα δεδομένα του πίνακα στον ευρωπαϊκό χάρτη για το έτος 2011.

Πίνακας 2.4 Εκδόσεις ισοδύναμων CO<sub>2</sub> σε 1000tn στην Ευρώπη (Πηγή: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=ten00072>)

geo\time	2000	2005	2007	2009	2010	2011
EU (28 countries)	5209361	5292316	5234464	4755723	4866907	4715086
<b>EU (27 countries)</b>	<b>5182900</b>	<b>5261634</b>	<b>5201794</b>	<b>4726333</b>	<b>4838045</b>	<b>4686573</b>
Belgium	150646	146809	137653	128381	135917	124440
Bulgaria	59746	64323	69042	58269	60863	66650
Czech Republic	146530	146326	148771	134598	138462	134526
Denmark	70611	66536	69862	63181	63664	58767
Germany	1060316	1021243	1001327	936277	968241	940287
Estonia	17208	18626	21202	16364	20104	21061
Ireland	70032	71978	71490	64088	63831	59608
<b>Greece</b>	<b>128739</b>	<b>137321</b>	<b>137129</b>	<b>126266</b>	<b>119384</b>	<b>117336</b>
Spain	389209	445169	445669	375409	361813	364935
France	573406	574183	553494	524045	530464	502428
Croatia	26461	30682	32671	29390	28862	28513
Italy	559395	583614	565876	499819	509827	498591
Cyprus	9427	10238	10722	10647	10303	10091
Latvia	10144	11279	12334	11197	12396	11857
Lithuania	19722	23484	26357	20534	21267	21780
Luxembourg	10729	14404	13674	12959	13549	13328
Hungary	79103	80147	76790	68096	68629	66834
Malta	2888	3270	3405	3266	3319	3355
Netherlands	222790	220389	215298	208314	219382	204864
Austria	81912	94875	89445	81870	87084	85034
Poland	386188	391171	409167	382007	403166	400748
Portugal	86300	90310	83047	77604	74011	72721
Romania	133966	141954	143105	120738	117117	123736
Slovenia	18988	20370	20784	19505	19556	19579
Slovakia	49344	50687	48638	44069	46001	45403
Finland	70407	70055	80094	67641	76212	68998
Sweden	70853	69229	67728	61452	67624	63752
United Kingdom	704301	693645	679687	609734	625857	585864
Iceland	4287	4258	5108	5088	4999	4839
Liechtenstein	255	272	245	249	235	223
Norway	54939	55367	57181	52878	55631	54549
Switzerland	56446	57753	55907	56435	58385	54746
Turkey	298215	330982	380948	371164	402537	429900



**Εικόνα 2.4** Χαρτογραφική απεικόνιση των εκλύσεων CO<sub>2</sub> στις χώρες της Ε.Ε για το 2011 σε 1000τον. (Πηγή: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/mapToolClosed.do?tab=map&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00072&toolbox=types>).

Σύμφωνα με την αναφορά της Eurostat το 2013 με τίτλο «*Energy, transport and environment indicators – Pocketsbook*» οι συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από την οικονομική δραστηριότητα στην ΕΕ-27 έφθασε 4.097 εκατομμύρια τόνους το 2010. Από τις συνολικές εκπομπές στην ΕΕ-27, η εξόρυξη λατομείων και ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, παροχή ατμού και κλιματισμού αντιπροσώπευαν το 32%, ακολουθεί ο τομέας των κατασκευών (24%), νοικοκυριά (23%) και η μεταφορά και η αποθήκευση, πληροφοριών και επικοινωνιών (11%).

Είναι φανερή η συμμετοχή του οικιακού και τριτογενή τομέα η οποία αγγίζει σχεδόν το 40% στις εκλύσεις του διοξειδίου του άνθρακα με αποτέλεσμα να τίθενται σοβαροί προβληματισμοί στον χειρισμό και την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του Κιότο για το 20-20-20 όπου θα πρέπει να μειωθούν οι εκλύσεις του CO<sub>2</sub> μέχρι το 2020 κατά 20% σε σχέση με το 1990.

## 2.2 Η ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τους διαθέσιμους εγχώριους Ενεργειακούς Πόρους, την Ενεργειακή Πολιτική της χώρας, τις γεωλογικές, γεωφυσικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες αυτής. Οι πηγές παραγωγής ενέργειας διακρίνονται στις συμβατικές που βασίζονται σε ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας (λιθάνθρακας και λιγνίτης), το φυσικό αέριο, στην πυρηνική ενέργεια και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) που χρησιμοποιούν ανεξάντλητες πηγές (άνεμος, ήλιος, νερό κλπ) και δεν καταναλώνουν τα περιορισμένα ενεργειακά ορυκτά αποθέματα.

Η Διάθεση Πρωτογενούς Ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 36%, από 22,1 Mtoe το 1990 σε 30.24 Mtoe το 2009. Ο λιγνίτης είναι η κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σχεδόν στην ηλεκτροπαραγωγή. Το πετρέλαιο και ο λιγνίτης καλύπτουν περίπου το 86% της διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας. Το φυσικό αέριο πρωτοεμφανίστηκε στο ενεργειακό ισοζύγιο το 1998 και οι Α.Π.Ε. άρχισαν να εμφανίζονται σαν υπολογίσιμη πηγή παραγωγής ηλεκτρισμού στο τέλος της δεκαετίας του 90. Αν και η κατανάλωση του φυσικού αερίου έχει σχεδόν επταπλασιαστεί από το 1998, η διεξόδυσή του είναι ακόμη σημαντικά χαμηλότερη από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο, κυρίως στις άμεσες χρήσεις στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Ο κύριος λόγος είναι οι χαμηλοί ρυθμοί επέκτασης του συστήματος μεταφοράς και διανομής. Η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας ήταν περίπου 72% το 2009, κυρίως λόγω των εισαγωγών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου (ΤΕΕ, 2011).

Στη Διάθεση Πρωτογενούς Ενέργειας (ΔΠΕ), τα στερεά καύσιμα (κυρίως λιγνίτης) ήταν 8Mtoe το 1990 (36% της ΔΠΕ) και έφθασαν τα 8,5 Mtoe (28% της ΔΠΕ) το 2009. Το φυσικό αέριο αυξήθηκε σε 2,9 Mtoe το 2009 (10% της ΔΠΕ). Το μερίδιο των πετρελαιοειδών είναι σχεδόν σταθερό από 12.8 Mtoe (57.8% της ΔΠΕ) το 1990 σε 16,9 Mtoe (56% της ΔΠΕ) το 2009. Το μερίδιο των ΑΠΕ παραμένει σταθερό και γύρω στο 5% μεταξύ 1990 (1,1 Mtoe) και 2009 (1,85 Mtoe) και παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις ανάλογα με την χρήση των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών (ΤΕΕ, 2011).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας παράγεται περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκέντρωση των θερμοηλεκτρικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους βασίστηκε στην

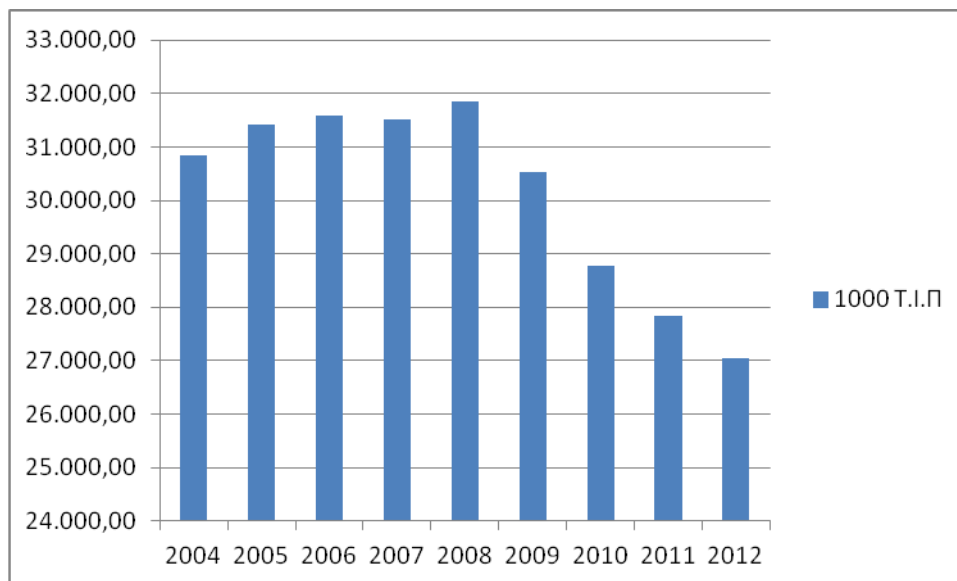
εγγύτητά τους στις περιοχές που υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αυτούς τους σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με σημαντικά αποθέματα λιγνίτη, στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη. Σύμφωνα με στοιχεία του 2011 για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα, το 66.5% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμικοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη 4930 MW, με πετρέλαιο 730 MW και με φυσικό αέριο 4579 MW. Το 19.6% είναι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το 13.9% είναι μονάδες ΑΠΕ (ΡΑΕ, 2012).

Ο λιγνίτης είναι η σημαντική **εγχώρια ενεργειακή πηγή**, συνεισφέροντας το 53.15% της εγχώριας παραγωγής για το 2011. Το φυσικό αέριο συνεισφέρει το 28.3%. Ταυτόχρονα η ανάδειξη της προστασίας του περιβάλλοντος ως στόχου υψηλής προτεραιότητας της ελληνικής πολιτείας, οδηγεί σε προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, θέτοντας ως στόχο την αύξηση συμμετοχής τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο 34% μέχρι το 2020. Στο ίδιο πλαίσιο δίνεται έμφαση στην επιτάχυνση της διείσδυσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο. Επειδή η χρονική διάρκεια ζωής των ήδη γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να μπουν στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού νέα καύσιμα, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Οι ανθρακικές μονάδες επιτυγχάνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης από τις λιγνιτικές και κατά συνέπεια εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του θείου, αυτές αντιμετωπίζονται με αντιρρυπαντικές εγκαταστάσεις όπως η αποθείωση καυσαερίων. Επιπλέον ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του άνθρακα είναι ότι, ενώ το φυσικό αέριο θα είναι διαθέσιμο για τα επόμενα 50 – 60 χρόνια, ο άνθρακας θα είναι διαθέσιμος τουλάχιστον για 200 χρόνια ακόμη. Ωστόσο η μελλοντική αξιοποίηση του άνθρακα θα εξαρτηθεί από τη δυνατότητα των ηλεκτροπαραγωγών μονάδων άνθρακα να υιοθετήσουν με χαμηλό κόστος καθαρές και αποδοτικές τεχνολογίες καύσης, ώστε να προσαρμοστούν στο αυστηρό πλαίσιο των περιβαλλοντικών απαιτήσεων του «Πρωτοκόλλου του Κιότο» και των αυστηρών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών για νέες εγκαταστάσεις καύσης (ΡΑΕ, 2012).

Η εγκατεστημένη ισχύς των εν λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 2140 MW στο τέλος του 2011. Σε επίπεδο τεχνολογίας, τα αιολικά έργα επικρατούν στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των έργων ΑΠΕ που βρίσκονται σε λειτουργία.

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα δίνεται στο Διάγραμμα 2.7 σύμφωνα με το οποίο παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης έως το 2008 αποτέλεσμα μιας συνεχής αυξανόμενης

οικονομίας και μείωσή της έως το 2011 απόρροια της οικονομικής ύφεσης και της αύξησης της τιμής της ενέργειας.



Διάγραμμα 2.7 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας στον Ελληνικό χώρο (Πηγή: Eurostat, 2014)

## 2.2.1 Ο Κτηριακός τομέας στην Ελλάδα

Στον κτηριοδομικό κανονισμό καθορίζονται οι βασικές κατηγορίες των κτηρίων και οι επί μέρους υποκατηγορίες (χρήσεις). Προκειμένου να καθοριστούν οι συνθήκες λειτουργίας των κτηρίων ανάλογα με τη χρήση και για τις ανάγκες του Κ.Εν.Α.Κ., στον Πίνακα 2.5 καθορίζονται οι βασικές κατηγορίες και χρήσεις κτηρίων.

Πίνακας 2.5 Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες του Κ.Εν.Α.Κ (Πηγή: ΚΕΝΑΚ)

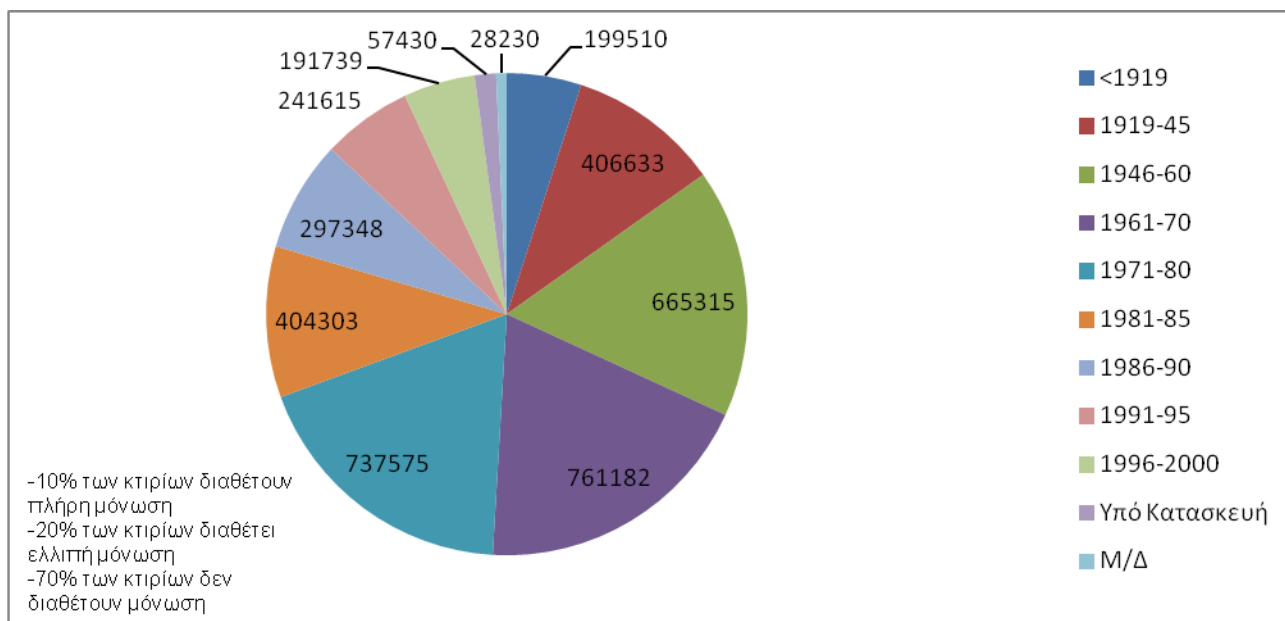
Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίες	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικοτροφείο και κοιτώνας.
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο,κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.

Στον Πίνακα 2.6 συνοψίζεται ο αριθμός των κτηρίων - ακινήτων, όπως καταγράφηκαν κατά την πιο πρόσφατη δημοσιευμένη Απογραφή Κτηρίων που πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2000. Η Απογραφή Κτηρίων διεξάγεται κάθε δέκα χρόνια και καλύπτει όλα τα υφιστάμενα κτήρια στη χώρα κατά την 1<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2000, ανεξάρτητα από τη χρήση τους, π.χ. οικιστικά κτήρια (κατοικίες), καταστήματα, γραφεία, εργοστάσια, κλπ.

Η ηλικία των κτηρίων στην Ελλάδα παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.6 και το Διάγραμμα 2.8. Το 5% των κτηρίων έχει κατασκευαστεί πριν το 1919, το 64,4% μεταξύ 1919-1980 και μόνο ένα 30,6% έχει κτιστεί μετά το 1980.

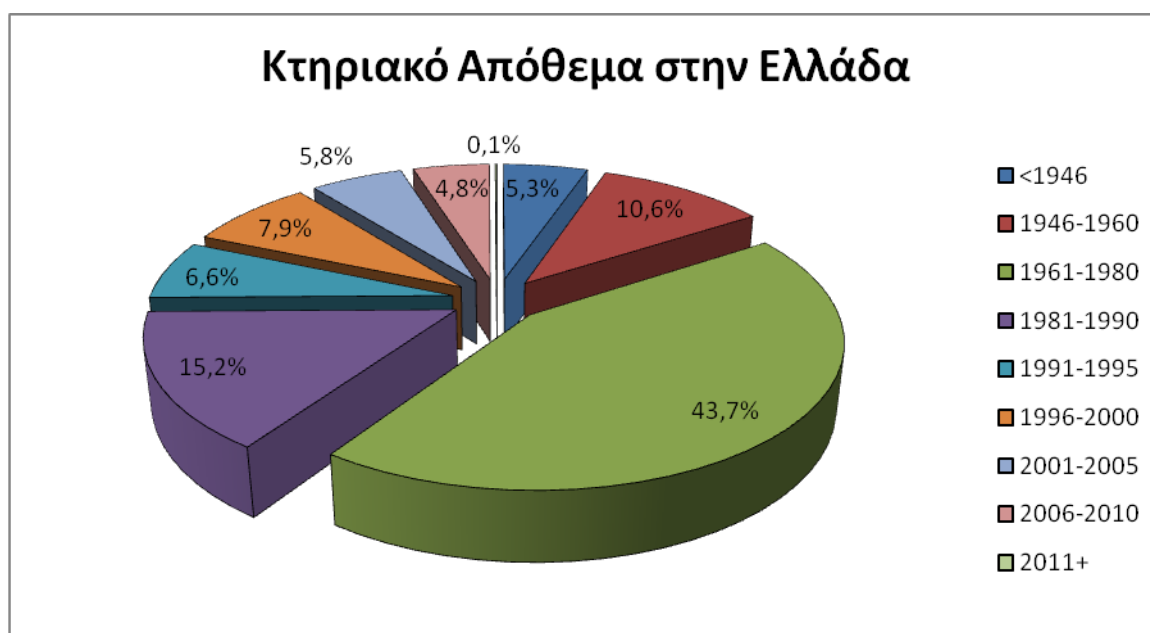
**Πίνακας 2.6 Κτήρια ανά περίοδο κατασκευής (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2014)**

Έτος Κατασκευής	Αριθμός κτηρίων	Ποσοστό επί του Συνόλου
<1919	199.510	5,00%
1919-45	406.633	10,19%
1946-60	665.315	16,67%
1961-70	761.182	19,07%
1971-80	737.575	18,48%
1981-85	404.303	10,13%
1986-90	297.348	7,45%
1991-95	241.615	6,05%
1996-2000	191.739	4,80%
Υπό Κατασκευή	57.430	1,44%
Μ/Δ	28.230	0,71%



Διάγραμμα 2.8 : Κτήρια, ανά περίοδο κατασκευής, Απογραφή Κτηρίων 2000 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2014)

Νεότερη έρευνα για το κτηριακό απόθεμα στην Ελλάδα, σύμφωνα με το δελτίο τύπου τον Οκτώβριο του 2013 από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, δίνεται στο Διάγραμμα 2.9.

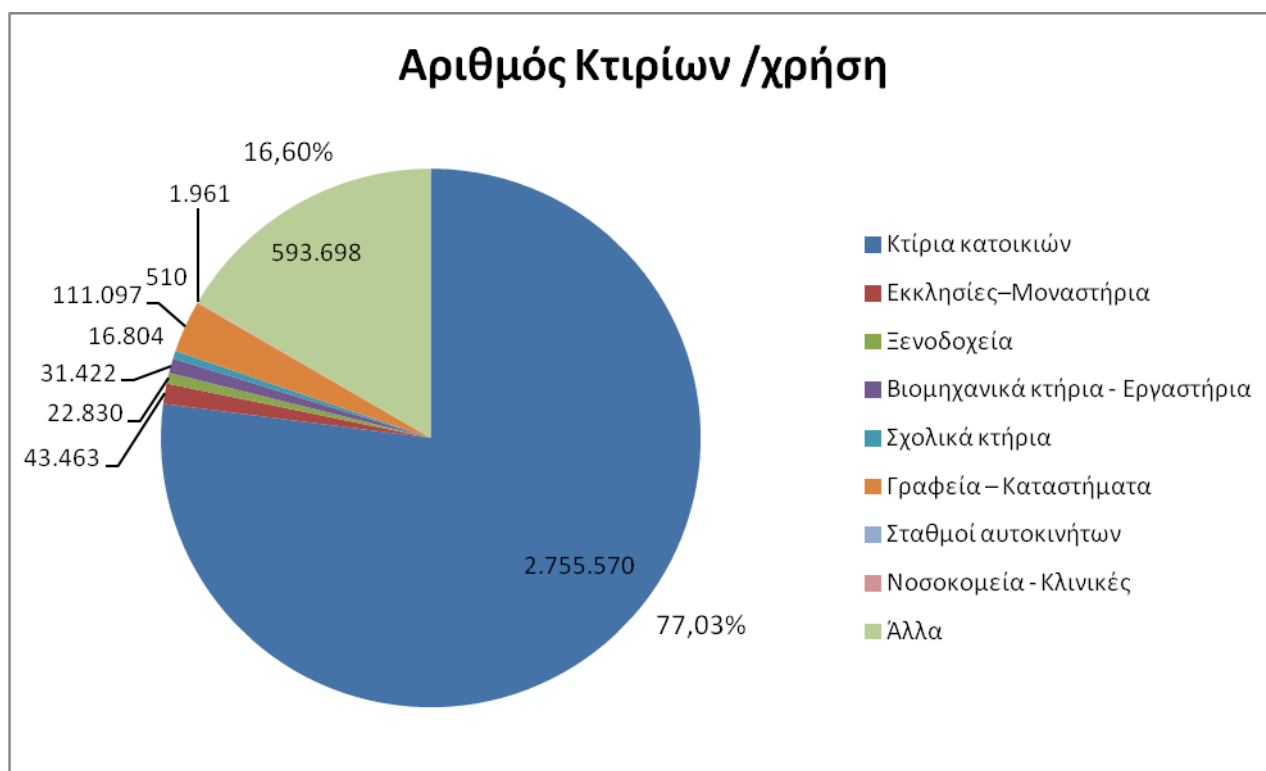


Διάγραμμα 2.9 Κτηριακό απόθεμα στην Ελλάδα. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013)

Η κατανομή των κτηρίων σύμφωνα με την αποκλειστική χρήση τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.7. Περισσότερο από το 77% (Διάγραμμα 2.10) των καταγεγραμμένων κτηρίων είναι κατοικίες, γεγονός που έχει ως συνέπεια οι κατοικίες να αποτελούν τον κύριο στόχο των εθνικών πολιτικών για την εξοικονόμηση ενέργειας.

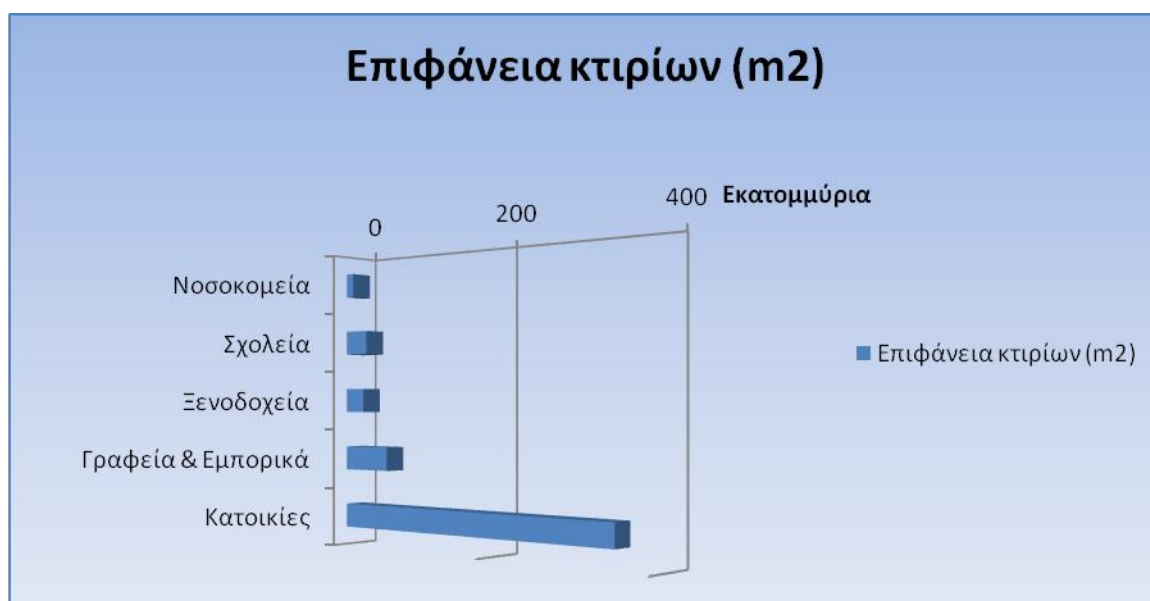
Πίνακας 2.7 Αριθμός κτηρίων ανάλογα με την αποκλειστική τους χρήση (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013)

Κτήρια ανάλογα με τη χρήση τους	Αριθμός Κτηρίων	Ποσοστό επί του Συνόλου
Κτήρια κατοικιών	2.755.570	77,03%
Εκκλησίες-Μοναστήρια	43.463	1,21%
Ξενοδοχεία	22.830	0,64%
Βιομηχανικά κτήρια - Εργαστήρια	31.422	0,88%
Σχολικά κτήρια	16.804	0,47%
Γραφεία – Καταστήματα	111.097	3,11%
Σταθμοί αυτοκινήτων	510	0,01%
Νοσοκομεία - Κλινικές	1.961	0,05%
Άλλα	593.698	16,60%



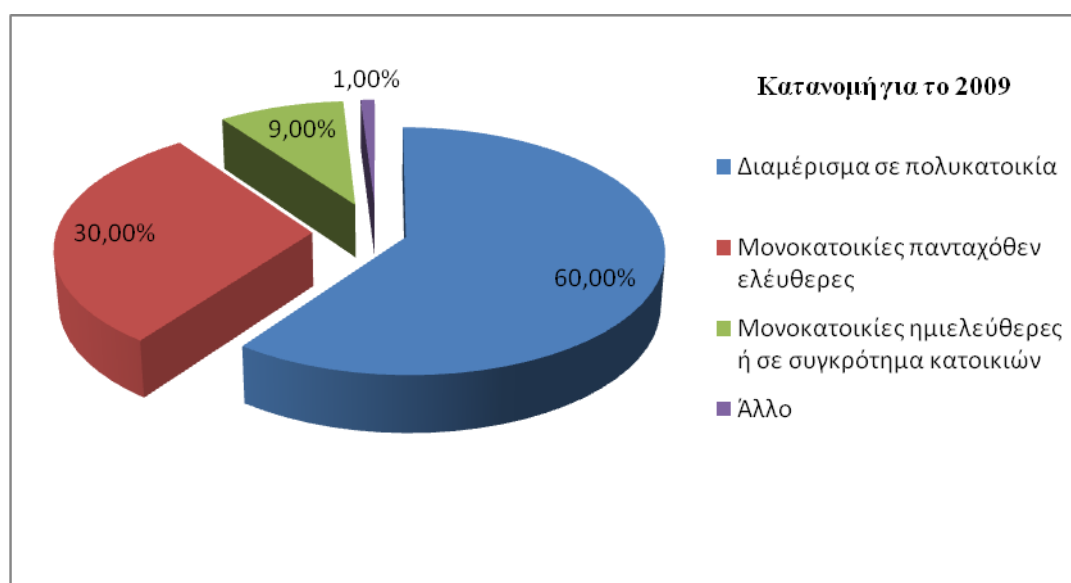
Διάγραμμα 2.10 Χρήσεις του υφιστάμενου κτηριακού αποθέματος, Απογραφή Κτηρίων 2000 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013)

Η συνολική επιφάνεια των ελληνικών κατοικιών εκτιμάται σε 450 εκατομμύρια m<sup>2</sup> με το μεγαλύτερο ποσοστό να το καταλαμβάνουν οι κατοικίες όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 2.11



Διάγραμμα 2.11 Επιφάνεια κτηρίων ανά χρήση στην Ελλάδα το 2001 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013)

Το 60% των κατοικιών είναι διαμερίσματα σε πολυκατοικίες, το 39% αυτών έχει καταγραφεί ως μονοκατοικίες ανεξάρτητες ή εντασσόμενες σε συγκροτήματα κατοικιών (βλ. Διάγραμμα 2.12). Το 23% είναι ενοικιασμένες και το 71% ιδιόκτητες με το 12% από αυτές υποθηκευμένες (ΕΛΣΤΑΤ, Συνθήκες διαβίωσης στην Ελλάδα, 2 Νοεμβρίου 2012).

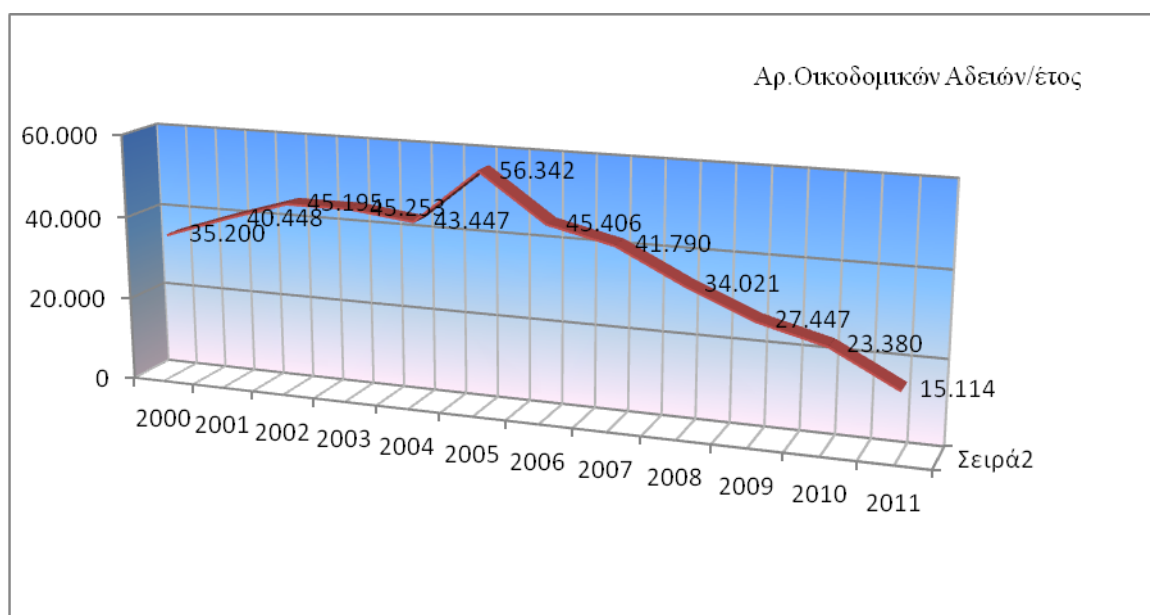


Διάγραμμα 2.12 Κατανομή των νοικοκυριών κατά τύπο κατοικίας για το έτος 2009 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013)

Υπάρχει πιο πρόσφατη απογραφή κτηρίων από το 2010, αλλά τα αποτελέσματά της δεν είναι ακόμα διαθέσιμα. Τα νεόδμητα ακίνητα καταγράφονται ανά μήνα από την ΕΛΣΤΑΤ και οι οικοδομικές άδειες που εκδίδονται παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.8 και το Διάγραμμα 2.13 που ακολουθούν.

Πίνακας 2.8 Νέες οικοδομές βάσει των αδειών περιόδου 2000-2011 (Πηγή: [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr))

Έτος	Αριθμός	Επιφάνεια (μ2)
2000	35.200	13.976.780
2001	40.448	16.269.724
2002	45.195	18.969.174
2003	45.253	18.361.774
2004	43.447	17.294.032
2005	56.342	25.876.755
2006	45.406	18.494.123
2007	41.790	16.910.545
2008	34.021	13.664.965
2009	27.447	9.833.690
2010	23.380	7.987.904
2011	15.114	4.464.072



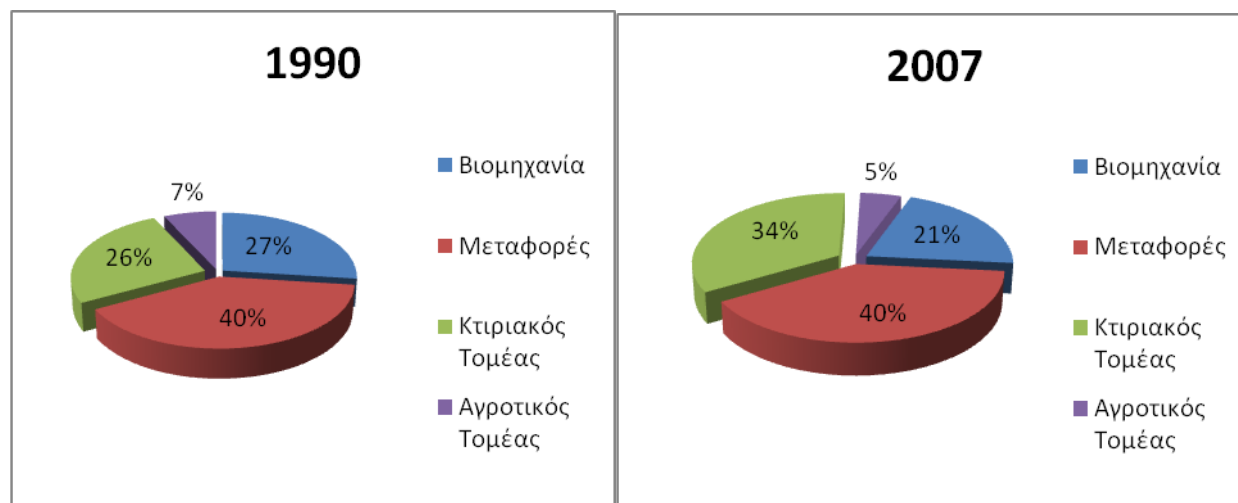
Διάγραμμα 2.13 Αριθμός οικοδομικών αδειών για την περίοδο 2000-2011 (Πηγή: [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr))

Η μείωση του αριθμού των οικοδομικών αδειών την περίοδο 2008-2011 είναι αρκετά μεγάλη, ακολουθώντας την οικονομική κρίση. Η οικοδομική δραστηριότητα είχε αυξηθεί την περίοδο 2000-2005, για να εμφανίσει μια συνεχή πτώση το διάστημα 2006-2011 (-20% η μέση ετήσια μείωση στην έκδοση οικοδομικών αδειών). Το 2012, η συνολική Οικοδομική δραστηριότητα (ιδιωτική και δημόσια) εμφάνισε περαιτέρω μείωση της τάξης του 25,0% για την περίοδο

Ιανουαρίου-Ιουλίου σε σύγκριση με την ίδια περίοδο του 2011 (BUILD UP Skills – Greece Ανάλυση της Υφιστάμενης Κατάστασης σε Εθνικό Επίπεδο, 2013).

## 2.2.2 Η ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην Ελλάδα

Ο κτηριακός τομέας συμμετέχει γενικά με υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην έκλυση ρύπων. Ιδιαίτερα, στην Ε.Ε. το ποσοστό συμμετοχής των κτηρίων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 40%. Η τελική κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι περίπου 34% ή 7,5 εκατ. τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΜΤΠΠ) σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία για το 2007. Τα ελληνικά κτήρια καταναλώνουν περίπου το 67% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλουν κατά περίπου 43% στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Το 2007, η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια ήταν 86411 GWh, δηλαδή το 34% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ελλάδας (Διάγραμμα 2.14). Οι 63849 GWh καταναλώθηκαν στα κτήρια κατοικιών (74%) και οι 22562 GWh στα κτήρια του τριτογενή τομέα (26%), εκτός γεωργικών χρήσεων. Το 1990, το αντίστοιχο ποσοστό συμμετοχής των Ελληνικών κτηρίων στην τελική κατανάλωση ενέργειας ήταν 26% και το 1980 μόλις 20%.

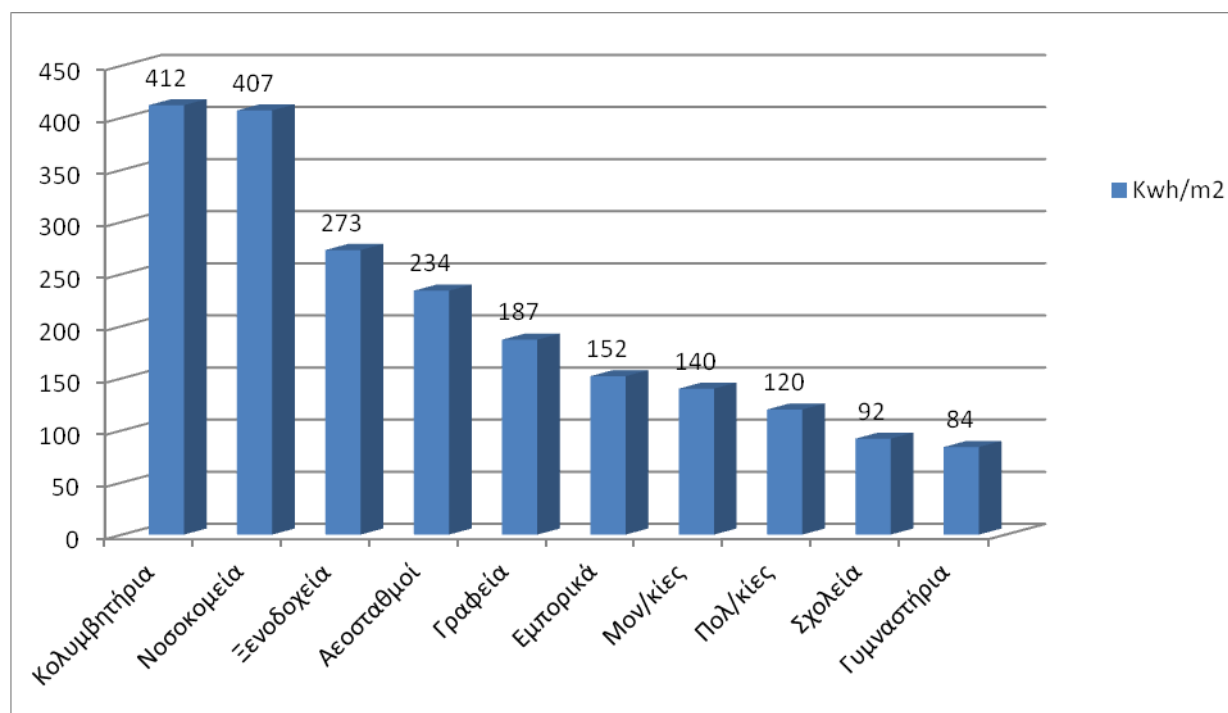


Διάγραμμα 2.14 Κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα (Πηγή: ΥΠΕΚΑ 2011)

Για να συγκρίνουμε την κατανάλωση ενέργειας μεταξύ διαφορετικών χρήσεων κτηρίων, χρησιμοποιείται ο όρος της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας που εκφράζει την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας του κτηρίου (kWh/m<sup>2</sup>). Οι τιμές που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2.15 είναι ο μέσος όρος των πραγματικών συνολικών καταναλώσεων ενέργειας σε ελληνικά κτήρια, με διαφορετική χρήση (κατοικίες, εμπορικά, νοσοκομεία κ.ά.). Η σύγκριση αναδεικνύει τα πλέον ενεργοβόρα κτήρια. Επειδή όμως πρόκειται για πραγματικές καταναλώσεις ενέργειας, χρειάζεται προσοχή στην ερμηνεία των στοιχείων. Για

παράδειγμα τα σχολεία δεν αποτελούν τα ενεργειακά αποδοτικότερα κτήρια όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2.15, καθώς η περίοδος λειτουργίας τους στις περισσότερες περιπτώσεις διαρκεί μόνο 9 μήνες και για το λόγο αυτό έχουν χαμηλές απαιτήσεις για ψύξη, ενώ ταυτόχρονα η μη λειτουργίας τους τις βραδινές ώρες και ο μεγάλος αριθμός χρηστών οδηγεί σε χαμηλότερα απαιτήσεις για τη θέρμανση χώρων τη χειμερινή περίοδο. Επίσης παράμετροι όπως οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία κ.ά.) που επικρατούν στα κτήρια διαφοροποιούν σημαντικά τα απαιτούμενα θερμικά ή/και ψυκτικά φορτία και κατά συνέπεια την τελική κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Από το 1990, η κατανάλωση τελικής ενέργειας στα νοικοκυριά έχει αυξηθεί κατά 48%, από 3,1 ΜΤΠΠ το 1990 σε 4,61 ΜΤΠΠ το 2010. Αυτή η αύξηση προέρχεται κυρίως από την αύξηση της κατανάλωσης πετρελαίου κατά 30% (1,5 ΜΤΠΠ το 1990 σε 2,0 ΜΤΠΠ το 2010) και από την σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σχεδόν διπλασιάστηκε από το 1990 (0,78 ΜΤΠΠ το 1990 σε 1,6 ΜΤΠΠ το 2010).

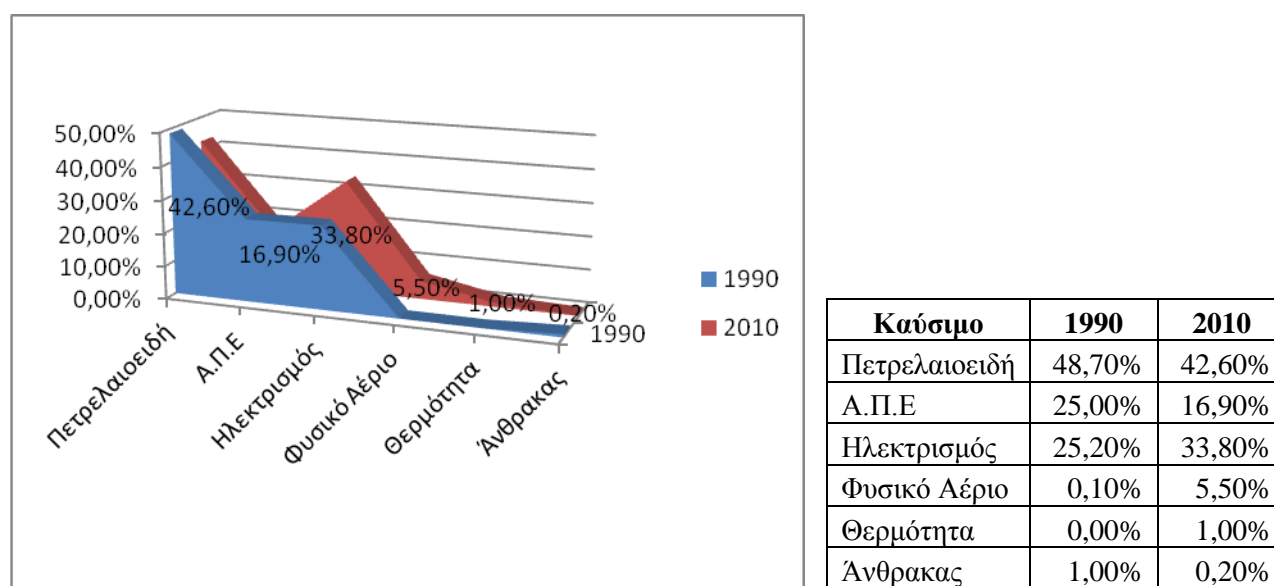


**Διάγραμμα 2.15** Μέση ετήσια συνολική τελική (πραγματική) κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας κτηρίου (kWh/m<sup>2</sup>) για διάφορες τελικές χρήσεις Ελληνικών κτηρίων κατοικίας και του τριτογενή τομέα (Αάλας Δ. κ.α, 2002).

Παρότι μέχρι το 2007 η τελική κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών αυξανόταν σταθερά, ο οικιακός τομέας ήταν ένας από τους πρώτους που υπέστησαν τις συνέπειες της οικονομικής κρίσης και αυτό φάνηκε στην τελική κατανάλωση ενέργειας, η οποία μειώνεται συνεχώς τα δύο τελευταία χρόνια. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης, που είναι το κύριο

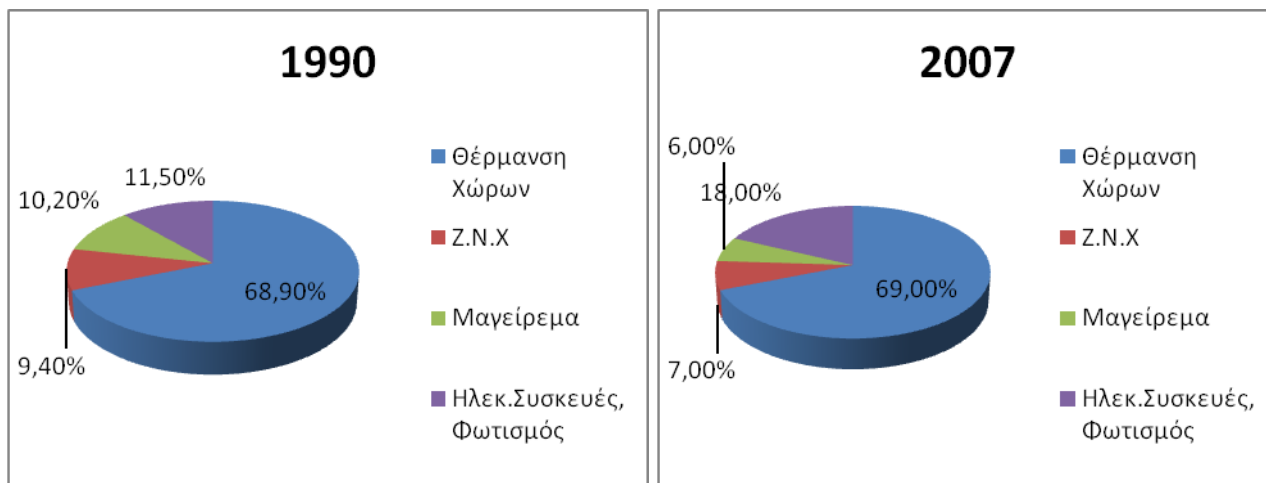
καύσιμο που χρησιμοποιείται από τα νοικοκυριά, έχει μειωθεί κατά 25,7% μεταξύ 2007 και 2010. Συνολικά, το μερίδιο των πετρελαιοειδών έχει μειωθεί κατά 6% από το 1990.

Από την άλλη, από το 1998 οπότε εισήχθη το φυσικό αέριο στο ενεργειακό μίγμα της χώρας, η τελική κατανάλωσή του έχει αυξηθεί ραγδαία (από 3,8 κΤΠΠ το 1999 σε 255 κΤΠΠ το 2007), και αυτή η αυξητική τάση αναμένεται να συνεχιστεί τα προσεχή χρόνια. Η τελική κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ έχει επίσης αυξηθεί κατά 19,2% τα τελευταία 17 χρόνια (Διάγραμμα 2.16), αν και το ποσοστό τους κυμαίνεται από έτος σε έτος λόγω των διακυμάνσεων της παραγωγής των μεγάλων υδροηλεκτρικών (Build up skills – Greece, 2013).



Διάγραμμα 2.16 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στα νοικοκυριά 1990-2010 (Πηγή: [www.odyssee-indicators.org](http://www.odyssee-indicators.org)).

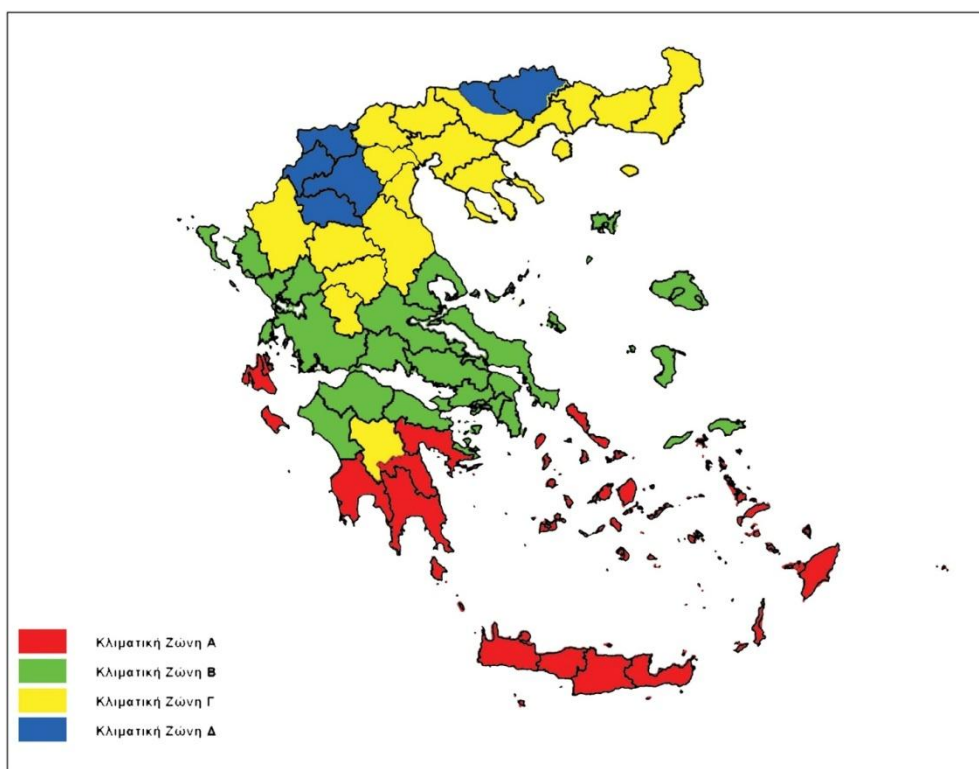
Το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά καταλαμβάνει η θέρμανση χώρων. Τα νοικοκυριά το 2010 κατανάλωσαν για θέρμανση 3 ΜΤΠΠ σε σχέση με τα 2,2 ΜΤΠΠ το 1990, δηλαδή μια συνολική αύξηση της τάξης του 32%. Το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται από τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό έχει σχεδόν τριπλασιαστεί από το 1990, ενώ το μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 9,8%. Η κατανάλωση ενέργειας για μαγείρεμα παραμένει σχεδόν σταθερή και κοντά στα επίπεδα του 1990, ως εκ τούτου το μερίδιο συμμετοχής της έχει μειωθεί ως ποσοστό κατά 3% (Διάγραμμα 2.17).



Διάγραμμα 2.17 Ανάλυση της τελικής χρήσης της ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα 1990-2007. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013).

### 2.2.3 Ο ρόλος του κλίματος στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων

Σύμφωνα με αποτελέσματα μελέτης για τα ελληνικά κτήρια που έγινε για το ΥΠΕΧΩΔΕ με αντικείμενο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον οικιακό και τριτογενή τομέα εκτιμήθηκε το κτηριακό απόθεμα ανά χρήση (κατοικίες, γραφεία-καταστήματα, νοσοκομεία, ξενοδοχεία και σχολεία), για τις τέσσερις ελληνικές κλιματικές ζώνες (Εικόνα 2.5) και για τρεις τυπικές περιόδους κατασκευής.



Εικόνα 2.5 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα (Κ.Εν.Α.Κ, 2010)

Στον Πίνακα 2.9 συνοψίζονται οι εκτιμώμενες μέσες πραγματικές τιμές της ειδικής θερμικής και ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) ανά χρήση κτηρίων, ανά χρονική περίοδο κατασκευής και ανά κλιματική ζώνη (C.A. Balaras et al, 2007; A.G. Gaglia et al, 2007; Λάλας Δ. κ.α, 2002). Τα νεότερα κτήρια παρουσιάζουν μείωση της πραγματικής τελικής ειδικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας, ενώ η ηλεκτρική αυξάνεται κυρίως λόγω της αύξησης των αναγκών κλιματισμού.

**Πίνακας 2.9 Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργεια (kWh/m<sup>2</sup>.έτος) για τα ελληνικά κτήρια (C.A. Balaras et al, 2007; A.G. Gaglia et al, 2007; Λάλας Δ. κ.α, 2002)**

	Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> .έτος)						Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> .έτος)					
	Μονοκατοικίες			Πολυκατοικίες			Μονοκατοικίες			Πολυκατοικίες		
Κλιματική ζώνη	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010
<b>Ελλάδα Σύνολο</b>	27,6	38,7	37,5	28,1	40,6	39,2	140	123	92	96	95	75
<b>Ζώνη Α</b>	22,5	29,6	27,3	24,6	31,2	28,5	94	89	67	65	62	52
<b>Ζώνη Β</b>	28,3	42,3	41,7	31,5	46,8	45,8	134	115	88	94	91	71
<b>Ζώνη Γ</b>	24,1	35,0	33,7	25,8	37,0	35,4	159	145	108	111	109	90
<b>Ζώνη Δ</b>	25,4	34,6	32,6	28,1	36,6	34,2	187	176	129	130	125	115
<b>Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh<sub>e</sub>/m<sup>2</sup>.έτος)</b>												
	Γραφεία-Καταστήματα			Ξενοδοχεία			Σχολικά κτήρια			Νοσοκομεία		
Κλιματική ζώνη	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010
<b>Ελλάδα Σύνολο</b>	42	56	71	70	110	130	20	20	21	90	99	107
<b>Ζώνη Α</b>	48	67	88	77	122	145	23	23	24	102	124	139
<b>Ζώνη Β</b>	43	57	72	66	104	123	21	21	22	92	97	102
<b>Ζώνη Γ</b>	39	51	64	54	86	102	18	19	20	82	94	104
<b>Ζώνη Δ</b>	36	48	63	46	73	87	17	17	18	77	84	91
<b>Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>.έτος)</b>												

Κλιματική ζώνη	Γραφεία - Καταστήματα			Ξενοδοχεία			Σχολικά κτήρια			Νοσοκομεία		
	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010
<b>Ελλάδα Σύνολο</b>	93	75	70	90	80	75	32	31	31	145	134	129
<b>Ζώνη Α</b>	67	52	48	71	62	58	24	23	23	96	75	69
<b>Ζώνη Β</b>	85	69	65	90	78	73	29	29	28	136	129	126
<b>Ζώνη Γ</b>	107	89	83	113	99	92	37	36	36	188	168	160
<b>Ζώνη Δ</b>	134	110	103	142	124	115	46	46	45	252	237	231

Αξιοσημείωτο είναι ότι η πραγματική τελική ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι υψηλότερη από το μέσο όρων των κτηρίων στην Ευρώπη, παρά τις ευνοϊκότερες κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας (Ν.3661/19-05-2008). Αυτό οφείλετε κυρίως στην κακή διαχείριση ενέργειας από τους χρήστες αλλά και στην κατασκευή κτηρίων χωρίς τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές.

#### 2.2.4 Κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην Ελλάδα

Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, καθώς και οι ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> προκύπτουν από το γινόμενο της τελικής κατανάλωσης ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, κ.ά.) και τους συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια όπως δίνονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και παρουσιάζονται στον πίνακα 2.10 (Τ.Ε.Ε ΔΚ1, 2011).

*Πίνακας 2.10 Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και σε εκπεμπόμενους ρύπους (Πηγή: Τ.Ε.Ε ΔΚ1, 2011)*

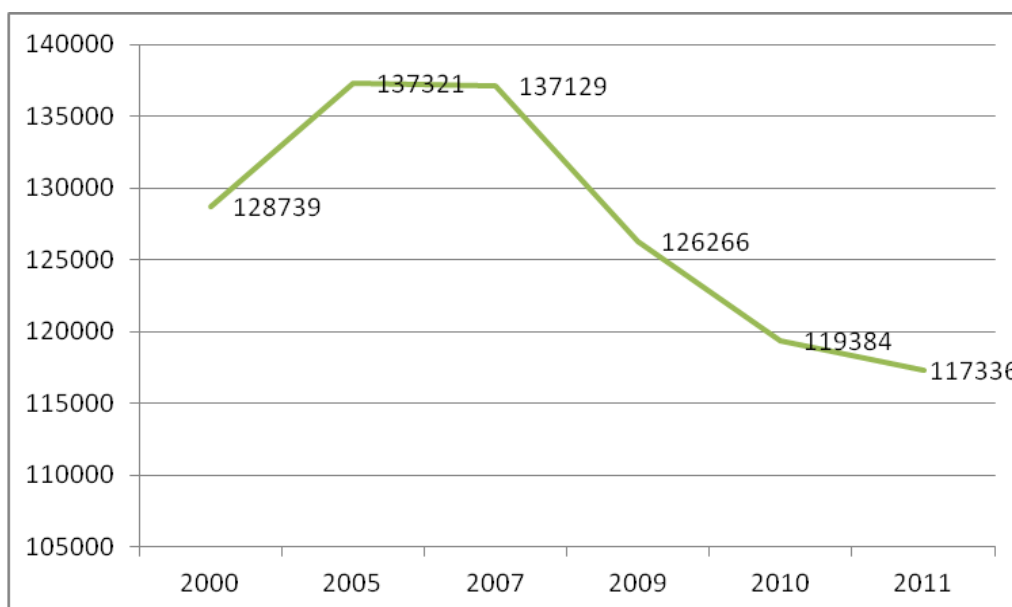
Πηγή ενέργειας	Πρωτογενής ενέργεια	Εκλύόμενοι ρύποι (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης, πετρέλαιο κίνησης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα και τυποποιημένη βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση (από Δ.Ε.Η.)	0,70	0,347

Η χρήση συστημάτων που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια οδηγεί σε αύξηση της πρωτογενούς ενέργειας και κατά συνέπεια κατατάσσει το κτήριο σε χειρότερη ενεργειακή κατηγορία. Πρέπει, λοιπόν, κατά το σχεδιασμό των Η/Μ εγκαταστάσεων ενός κτηρίου να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη το καύσιμο που χρησιμοποιεί κάθε σύστημα, καθώς και ο βαθμός απόδοσής του.

Στην Ελλάδα το 1998 οι συνολικές ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανέρχονταν σε 100,5 Mton, από τους οποίους η παραγωγή ενέργειας και ο οικιακός-εμπορικός τομέας συμμετείχαν με 51% και 12% αντίστοιχα. Την περίοδο 1990-1998 τη μεγαλύτερη επίπτωση στις εκπομπές του CO<sub>2</sub> είχε η καύση των ορυκτών καυσίμων με μία αύξηση περίπου 19%.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4 οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα 2000-2011 δίνονται στο Διάγραμμα 2.18. Το 40% από τις εκπομπές οφείλεται στον κτηριακό τομέα.

Βάσει του Πρωτόκολλου του Κιότο (1997) που όμως δεν έχει επικυρωθεί από όλες τις χώρες, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεσμεύθηκε να μειώσει τις εκπομπές των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O και αλογονούχες ενώσεις) κατά την περίοδο 2008-2012 συνολικά κατά 8% συγκριτικά προς το επίπεδο του 1990. Η Ελλάδα με βάση τη δίκαιη κατανομή βαρών και της αναμενόμενης ανάπτυξης λόγω της κοινοτικής συνοχής, δεσμεύτηκε να συγκρατήσει τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου στο +25% σε σχέση με το επίπεδο του 1990.



Διάγραμμα 2.18 Εκπομπές CO<sub>2</sub> στην Ελλάδα για την περίοδο 2000-2011 σε Ktn. (Πηγή:<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdcc100&plugin=1>)

## 2.3 Θεσμικό - Νομικό πλαίσιο

Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η παροχή στους κατοίκους της των πιο ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων, η κατασκευή κτηρίων με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και η εγκατάσταση των πιο ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων.

### 2.3.1 Θεσμικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε σε μια σειρά από μέτρα τα οποία είναι :

#### *A. Μέτρα για την ενεργειακή επίδοση στον κτηριακό τομέα:*

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ο κτηριακός (οικιακός και τριτογενής) τομέας οφείλεται για περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και το 40% των εκπομπών του CO<sub>2</sub>. Για αυτό τον λόγο συστάθηκαν οι κατάλληλες οδηγίες οι οποίες περιλαμβάνουν μέτρα για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Η αρχή έγινε με την Οδηγία 2002/91/EK που αποτελεί την τρέχουσα νομοθεσία. Στην συνέχεια το 2010 συστάθηκε η αναθεώρηση της οδηγίας αυτής λόγω κάποιων ασαφειών και λειτουργικών προβλημάτων που εμφάνιζε η προκάτοχος της.

#### *B. Μέτρα για την ενεργειακή επίδοση των προϊόντων:*

Η οικολογική σχεδίαση των προϊόντων και των ηλεκτρικών συσκευών είναι ζωτικής σημασίας όσον αφορά την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στην ΕΕ. Για αυτό τον λόγο συστάθηκε η Οδηγία 92/75/EEC η οποία περιλαμβάνει τις κατάλληλες οδηγίες και μέτρα που αφορούν στα προϊόντα αυτά.

#### *C. Συμπαρογωγή:*

Η Συμπαρογωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) είναι ένα αρκετά αποδοτικό μέτρο για την επίτευξη του στόχου μας. Για αυτό η ΕΕ θέσπισε την Οδηγία 2004/8/EK.

#### *D. Χρηματοδότηση:*

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτούνται μεγάλα κεφάλαια, δεδομένου ότι οι τεχνολογίες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν έχουν αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος. Η ΕΕ κάλεσε τον τραπεζικό τομέα να συνεισφέρει οικονομικά στην κατεύθυνση αυτή. Επίσης, η Ευρωπαϊκή τράπεζα Ανακατασκευής και ανάπτυξης, η Ευρωπαϊκή Τράπεζα επενδύσεων καθώς και άλλοι οργανισμοί της ΕΕ, θα συνεισφέρουν οικονομικά στην διεκπεραίωση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση στον κτηριακό τομέα. Επίσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στοχεύει στο να καταργήσει τα εθνικά νομικά εμπόδια και να επιτρέψει την συμμετοχή επενδύσεων από τρίτους (ESCO). Οι ESCO είναι εταιρίες που μπορούν να καλύψουν το αρχικό κεφάλαιο για την

πραγματοποίηση της ανακαίνισης του υφιστάμενου κτηρίου. Το κόστος για τον περιβαλλοντολογικά φιλικό εξοπλισμό είναι πολύ μεγάλο και η μεγαλύτερη πλειοψηφία δεν διαθέτει το αρχικό αυτό κεφάλαιο. Οι ESCO αφού έρθουν σε συνεννόηση με τον ιδιοκτήτη του κτηρίου αναλαμβάνουν την απαραίτητη μελέτη του κτηρίου λαμβάνοντας υπόψη όλους τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους που υπάρχουν στην περιοχή και προχωρούν στην ανακαίνιση του κτηρίου καθώς και στην εγκατάσταση συστημάτων που στοχεύουν στην εξοικονόμηση αλλά και στην παραγωγή ενέργειας (μόνωση, εγκατάσταση φωτοβολταϊκών κλπ). Συνεπώς, ο ιδιοκτήτης δεν χρειάζεται να διαθέσει χρήματα. Για τα επόμενα 10-15 χρόνια, οι ESCOs παραλαμβάνουν τα κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε στο κτήριο. Μόλις εξοφληθεί η ESCO, ο φιλικός προς το περιβάλλον εξοπλισμός παραμένει στον ιδιοκτήτη και μπορεί να λαμβάνει αυτός τα κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε. Η φοροαπαλλαγή επίσης είναι ένα πολύ σημαντικό μέτρο ώθησης των κατοίκων της ΕΕ. Επίσης συστάθηκε και η GEEREF (Global Energy Efficiency and Renewable energy Fund) που θα βοηθήσει οικονομικά τις ιδιωτικές επενδύσεις προς την ανακαίνιση του κτηριακού τομέα καθώς και την εγκατάσταση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ΑΠΕ. Η GEEREF θα ενισχύει οικονομικά επενδύσεις μεσαίου και υψηλού ρίσκου σε ποσοστό από 25% μέχρι 50% ενώ για επενδύσεις χαμηλού ρίσκου σε ποσοστό 15% (Angelica Marino, Paolo Bertoldi, Silvia Rezessy, 2010).

### **2.3.2 Οδηγίες της Ε.Ε και εναρμόνισή τους στην Ελληνική Νομοθεσία.**

#### ***I. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΚ (16 December 200 ) και η εναρμόνισή της στο Ν.3661/08 [Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων]:***

Η οδηγία αυτή, καθώς και η εναρμόνισή της με το Ν.3661/2008 αφορά στην ενεργειακή απόδοση του κτηριακού τομέα. Αποτελεί το νομικό εργαλείο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας με στόχο την ορθολογική χρήση της ενέργειας στον κτηριακό τομέα. Οι διατάξεις καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση χώρων, παραγωγή ΖΝΧ, ψύξης, αερισμού και φωτισμού για νέα αλλά και για υφιστάμενα κτήρια. Η οδηγία συνδυάζει διάφορα μέσα κανονιστικής και πληροφοριακής φύσης. Τα κύρια σημεία της είναι:

- Μια κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής επίδοσης του κτηρίου
- Θέσπιση ελάχιστων ορίων για την ενεργειακή επίδοση των νέων κτηρίων, αλλά και αυτών που πρόκειται να υποστούν σημαντική ανακαίνιση (πάνω από το 25 % της αξίας τους ή/και πάνω από 25 % της συνολικής έκτασης τους).

- Θέσπιση κανονισμών όσον αφορά στα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης των νέων και υφιστάμενων κτηρίων καθώς και τη δημοσιοποίηση αυτών των πιστοποιητικών στα δημόσια κτήρια. Τα πιστοποιητικά αυτά πρέπει να είναι το αργότερο ηλικίας 5 ετών.
- Τακτικές επιθεωρήσεις στους λέβητες και στην κεντρική κλιματιστική μονάδα στα νέα και υφιστάμενα κτήρια, καθώς και αξιολόγηση για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, σε κτήρια που το σύστημα τους είναι περισσότερο από 15 χρόνια.

Το πεδίο δράσης της Οδηγίας Ενεργειακής Επίδοσης Κτηρίων είναι οι κατοικίες, καθώς και ο τριτογενής τομέας (γραφεία, δημόσια κτήρια κλπ). Στην κατηγορία αυτή δεν περιλαμβάνονται τα κτήρια με ιστορική σημασία, κτήρια μικρότερα από 50 m<sup>2</sup>, κτήρια που δεν είναι μόνιμες κατοικίες και έχουν μικρή κατανάλωση ενέργειας και εργοτάξια.

Τα πιστοποιητικά ενεργειακής επίδοσης πρέπει να είναι διαθέσιμα όταν τα κτήρια κατασκευαστούν, πουληθούν ή νοικιαστούν. Επίσης η οδηγία αναφέρει ότι οι χρήστες των κτηρίων πρέπει να είναι ικανοί ώστε να μπορούν να ρυθμίσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ΖΝΧ, σε τέτοιο βαθμό ώστε να είναι οικονομικά συμφέρουσα.

## ***II. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/ΕΕ και η εναρμόνισή της στο Ν.4122/13 [Ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων-Αναθεώρηση].***

Η οδηγία αυτή είναι μια αναθεώρηση της προηγούμενης και ήρθε για να καλύψει κάποια κενά και να αποσαφηνίσει κάποιες έννοιες. Οι ενστάσεις που εμφανίστηκαν εναντίον της προηγούμενης οδηγίας είναι :

- Κατάργηση του ορίου των 1000 m<sup>2</sup>. Σύμφωνα με την προηγούμενη οδηγία τα κτήρια που θα έπρεπε να ανακαινιστούν είναι μόνο αυτά που η επιφάνεια τους είναι μεγαλύτερη από 1000 m<sup>2</sup>. Έτσι όμως η πλειοψηφία των κτηρίων είναι μικρότερη από 1000 m<sup>2</sup> και αυτά οφείλονται για το μεγαλύτερο κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης.
- Τα κράτη μέλη πρέπει επίσης να θέσουν κατώτατα όρια στις τεχνικές εγκαταστάσεις όπως λέβητες και κεντρικές κλιματιστικές μονάδες.
- Η νέα οδηγία επίσης αναφέρεται και σε προϊόντα και ηλεκτρικές συσκευές που πρόκειται να προωθηθούν στην αγορά. Στην νέα οδηγία υπάρχει η σύσταση μέτρων για την ενεργειακή απόδοση των συσκευών.

Σε γενικές γραμμές αναφέρει ότι τα κράτη μέλη της ΕΕ θα πρέπει να υιοθετήσουν είτε σε εθνικό είτε σε τοπικό επίπεδο, μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής επίδοσης των κτηρίων η οποία λαμβάνει υπόψη τα παρακάτω:

- Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτηρίου (μόνωση, θερμοχωρητικότητα κ.α.)
- Μόνωση του συστήματος θέρμανσης και του συστήματος ΖΝΧ.
- Τις εγκαταστάσεις κλιματισμού
- Τις εγκαταστάσεις φωτισμού
- Τις εσωτερικές κλιματολογικές συνθήκες
- Τη θετική επίδραση της έκθεσης του κτηρίου σε κατάλληλο προσανατολισμό για την επίδραση ηλιοφάνειας
- Την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΣΗΘ

Τα κράτη μέλη πρέπει να ορίσουν τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις που πρέπει να εμφανίζει ένα κτήριο καθώς και μεθοδολογία όπου να θέτει την οικονομικά βέλτιστη λύση για την εφαρμογή της οδηγίας. Επίσης, έχουν το δικαίωμα να διαφοροποιούν αυτά τα όρια ανάλογα με το αν τα κτήρια είναι υφιστάμενα ή νέα, καθώς και ανάλογα με την λειτουργία του κτηρίου (γραφεία, εργοστάσια, νοσοκομεία κλπ). Η Οδηγία προτείνει επίσης και την εγκατάσταση έξυπνων μετρητικών διατάξεων σε νέα και υφιστάμενα κτήρια.

Ένα πολύ ουσιαστικό σημείο που αναφέρεται είναι τα κτήρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (Zero Energy Building ). Ως τις 31 Δεκεμβρίου του 2020 όλα τα νέα κτήρια θα πρέπει να είναι κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενώ τα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (Liveira Panão et al, 2013). Τα κράτη μέλη πρέπει να εφαρμόσουν εθνικά σχέδια με σκοπό:

- Την εφαρμογή καθώς και τον ακριβή ορισμό του όρου Zero Energy Building.
- Την δημιουργία ενδιάμεσων στόχων για την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης των νέων κτηρίων ως το 2015.
- Την παροχή πληροφοριών για τις πολιτικές καθώς και για τα οικονομικά μέτρα που πρέπει να παρθούν. Τα κράτη μέλη πρέπει να θεσπίσουν μια λίστα με ήδη υπάρχοντες οργανισμούς που να προωθούν την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης των κτηρίων. Αυτή η λίστα πρέπει να ανανεώνεται κάθε τρία χρόνια.

Επίσης όσον αφορά στα πιστοποιητικά ενεργειακής επίδοσης των κτηρίων, αν τα κτήρια έχουν επιφάνεια μεγαλύτερη από 500 m<sup>2</sup> και το κτήριο χρησιμοποιείται από τις δημόσιες αρχές ή κτήρια που επισκέπτονται τακτικά από το κοινό, το πιστοποιητικό πρέπει να είναι σε εμφανές σημείο.

### ***III. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/32/EK [Ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες]***

Η οδηγία αυτή:

- Θέτει ενδεικτικά μέτρα, κίνητρα καθώς και το οικονομικό και νομικό πλαίσιο έτσι ώστε να καταργηθούν τα εμπόδια στην αγορά καθώς και οι ατέλειες που εμποδίζουν την αποτελεσματική χρήση ενέργειας.
- Δημιουργεί συνθήκες για την ανάπτυξη και την προώθηση μιας αγοράς προσανατολισμένης προς τις υπηρεσίες ενέργειας, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και άλλα μέτρα που συντελούν στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή τα κράτη μέλη πρέπει να υιοθετήσουν και να επιτύχουν 9% μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια μέσα στο πλαίσιο του εθνικού σχεδίου για την ενεργειακή επίδοση (NEEΑΠ). Επίσης, είναι υπεύθυνα στην σύσταση ανεξάρτητων δημόσιων οργανισμών, οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση της προόδου. Ο δημόσιος τομέας επίσης πρέπει να πάρει μέτρα έτσι ώστε να επιτευχθεί η αγορά συσκευών και οχημάτων που καταναλώνουν χαμηλά ποσά ενέργεια καθώς και την σύσταση οργάνων οικονομικής υποστήριξης. Ένα άλλο σημαντικό σημείο της οδηγίας αυτής αφορά τους λογαριασμούς που πληρώνουν οι κάτοικοι του κράτους μέλους. Οι λογαριασμοί για την αγορά ενέργειας πρέπει να βασίζονται μόνο στην κατανάλωση της εκάστοτε ενέργειας. Επίσης, πρέπει να εγκαθίστανται σε κάθε καταναλωτή, προσωπικοί μετρητές που να δείχνουν το ποσό της ενέργειας που καταναλώθηκε από το κάθε χρήστη.

### ***IV. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/8/EK [Προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας]***

Η Συμπαραγωγή είναι η τεχνική που μπορεί να παραχθεί μέσω κατάλληλης διαδικασίας ηλεκτρισμού και θερμότητας. Οι εγκαταστάσεις ΣΗΘ μπορούν να επιτύχουν ενεργειακές αποδόσεις ως και 90%. Στόχος αυτής της οδηγίας είναι να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο δράσης που να προωθεί την χρήση συμπαραγωγής. Προσανατολίζεται σε δύο άξονες:

- Βραχυπρόθεσμος: Η οδηγία πρέπει να εδραιώσει τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις ΣΗΘ αλλά και να προωθήσει νέες.

- **Μακροπρόθεσμος:** Η οδηγία πρέπει να υποβάλλει το κατάλληλο πλαίσιο για την ΣΗΘ υψηλής αποδοτικότητας έτσι ώστε να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Τα κράτη μέλη πρέπει να ελέγχουν ανά τέσσερα χρόνια τις αποδόσεις στην εγκαταστάσεις ΣΗΘ. Επίσης, πρέπει να ενθαρρύνουν την δημιουργία νέων μονάδων ΣΗΘ καθώς και να αναλάβουν μέτρα έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι οικονομικές αδυναμίες που εμποδίζουν την προώθηση των μονάδων ΣΗΘ.

***V. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/30/ΕΕ [Οδηγία για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών με την επισήμανση και την παροχή ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με τα προϊόντα].***

Η οδηγία αυτή αναφέρεται σε προϊόντα που έχουν άμεση ή έμμεση επίδραση στην κατανάλωση της ενέργειας. Τα κράτη μέλη πρέπει να την θέσουν σε εφαρμογή από της 20 Ιουλίου 2011. Οι προμηθευτές αυτών των προϊόντων πρέπει να τοποθετήσουν ετικέτες στα προϊόντα που παράγουν για, η οποία να αναγράφει την ενεργειακή κατανάλωση του προϊόντος, καθώς και μια σύντομη περιγραφή του, τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς κατά την διάρκεια της σχεδίασης του προϊόντος, σχετικές αναφορές που να επιτρέπουν την παρουσίαση άλλων προϊόντων. Επίσης πρέπει να περιέχει την ενεργειακή κατάταξη του προϊόντος ( A-G με την G να είναι το χειρότερο αποδοτικά). Το πιο ενεργειακά αποδοτικό σύμβολο είναι το A+++.

***VI. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/125/ΕΚ [Οδηγία για την θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα.]***

Οι παράγοντες που σχετίζονται με το κατά πόσο ένα προϊόν είναι ενεργειακά φιλικό προς το περιβάλλον εξαρτάται από όλες τις φάσεις της σχεδίασης του (εξόρυξη πρώτων υλών, κατασκευή, διανομή και μεταφορά, εγκατάσταση και συντήρηση, χρήση, ανακύκλωση). Για αυτό η ΕΕ υποχρεώνει όλα τα προϊόντα που κυκλοφορούν στην αγορά να φέρουν το σήμα CE (Conformite Europeene στα γαλλικά). Αν το προϊόν δεν ικανοποιεί τα κριτήρια που θέτει το κάθε κράτος μέλος, πρέπει να απαγορεύσει την είσοδο του στην αγορά.

***VII. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/1005/ΕΚ [Συμφωνία μεταξύ ΗΠΑ και ΕΕ για την προσθήκες ετικετών στον εξοπλισμό γραφείου]***

Η οδηγία αυτή αφορά στον εξοπλισμού γραφείου. Η ΕΕ μαζί με τις ΗΠΑ υπέγραψαν συμφωνία σχετικά με το σήμα Energy Star. Σύμφωνα με αυτή την συμφωνία οι συσκευές γραφείου όπως

ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές, fax , πολυμηχανήματα πρέπει να φέρουν το σήμα Energy Star που σημαίνει ότι έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση.

### ***VIII. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/ΕΚ [Σχετικά με τις απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα στραγγαλιστικά πηνία που προορίζονται για τους λαμπτήρες φθορισμού]***

Αυτή η οδηγία αφορά την εγκατάσταση τεχνητού φωτισμού στο κτήριο. Συγκεκριμένα μέσω του προγράμματος SAVE η Ευρωπαϊκή επιτροπή ενθαρρύνει την χρήση ballast στα φωτιστικά με σκοπό την μεγαλύτερη απόδοση και συνεπώς τις μικρότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Όλες οι λάμπες φθορίου περιλαμβάνουν ballast τα οποία πρέπει να φέρουν την σήμανση CE.

### ***IX. Ευρωπαϊκή Οδηγία 2012/27/ΕΕ [Σχετικά με την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ]***

Η παρούσα οδηγία θεσπίζει κοινό πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης εντός της Ένωσης προκειμένου να διασφαλίσει την επίτευξη του πρωταρχικού στόχου 2020 της Ένωσης για 20 % στην ενεργειακή απόδοση και να προετοιμάσει το έδαφος για περαιτέρω βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης πέραν της προαναφερόμενης χρονολογίας. Θεσπίζει κανόνες που αποσκοπούν στην άρση των φραγμών στην αγορά ενέργειας και στην υπερνίκηση των αδυναμιών της αγοράς που παρεμποδίζουν την απόδοση στον εφοδιασμό και τη χρήση ενέργειας και προβλέπει τη θέσπιση ενδεικτικών εθνικών στόχων ενεργειακής απόδοσης για το 2020.

### **2.3.3 Νομοθεσία στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμμετέχει στην αναβάθμιση του κτηριακού τομέα με σκοπό την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έκανε σαφές ότι τα κράτη μέλη θα θεσπίσουν τις δικές τους οδηγίες λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες. Έτσι συστάθηκε ο ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων) με το ΦΕΚ 407/Β/9-4-2010.

Ο ΚΕΝΑΚ είναι η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια από ελληνικής πλευράς όσον αφορά τον καθορισμό όλων των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου. Ειδικότερα εστιάζεται στην μείωση της κατανάλωσης Συμβατικής ενέργειας για Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμό, Φωτισμό και Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX). Αναφέρεται σε τεχνικές όπως ο Ενεργειακός Σχεδιασμός του Κελύφους, τα αποδοτικά δομικά υλικά που πρέπει να

χρησιμοποιούνται, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, τις ΑΠΕ και την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Για τον σκοπό αυτό με τον ΚΕΝΑΚ:

- Εφαρμόζεται μία μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
- Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτηρίων.
- Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτηρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους, οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων.
- Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων
- Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου.
- Καθορίζεται η διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του ΚΕΝΑΚ, η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται με βάση μια μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας η οποία περιέχει τουλάχιστον:

- Την χρήση του κτηρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό των χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων.
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων, της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού, της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, της εγκατάστασης φωτισμού.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Η αναγωγή της υπολογιζόμενης τελικής κατανάλωσης καυσίμου σε πρωτογενή γίνεται με την χρήση των συντελεστών που βρίσκονται στον Πίνακα 2.10.

Στην μεθοδολογία συνεκτιμάται επίσης η θετική επίδραση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με την χρήση ΑΠΕ. Επίσης θετική είναι και η συμβολή του φυσικού φωτισμού, της εγκατάστασης ΣΗΘ, καθώς και της τηλεθέρμανσης. Η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων επανεξετάζεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα.

Για να γίνει πραγματοποιήσιμη η μελέτη, συστάθηκαν και εγκρίθηκαν με το ΦΕΚ1413/Β/30-04-2012 Τεχνικές Οδηγίες από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) οι οποίες περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, ανάλυση του υπολογισμού για την ενεργειακή επιθεώρηση καθώς και ελάχιστες και μέγιστες τιμές που πρέπει να παρουσιάζουν τα διάφορα υλικά και ο εξοπλισμός του κτηρίου. Για την ανάγκη της ενεργειακής μελέτης του κτηρίου, δημιουργήθηκε το λογισμικό του ΤΕΕ, του οποίου ο προκάτοχος είναι το ΕΡΑ-NR. Με τον ΚΕΝΑΚ η Ελλάδα έθεσε τα θεμέλια για την επίτευξη κτηρίων που θα καταναλώνουν όσο το δυνατό λιγότερη ενέργεια.

### 2.3.4 Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός για το 2050

Η μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενη ενέργεια, η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, η επίτευξη σημαντικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) μέχρι το 2050, καθώς και η προστασία του τελικού καταναλωτή αποτελούν τους βασικούς άξονες του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού. Ταυτόχρονα, η μηδενική αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας και η πολύ περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας συλλογής και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) αποτελούν με τη σειρά τους ουσιαστικές επιλογές στο πλαίσιο του σχεδιασμού (ΥΠΕΚΑ, 2012 -Οδικός Χάρτης 2050).

Για το διάστημα έως το 2020 οι κατευθυντήριες γραμμές έχουν ήδη υιοθετηθεί, με το 1ο Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ. Λαμβάνοντας υπόψη το Σχέδιο αυτό, τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την περίοδο 2020-2050, καθώς και την εξέλιξη μιας σειράς βασικών παραμέτρων (οικονομική δραστηριότητα ανά κλάδο, διεθνείς τιμές καυσίμων, τιμές CO<sub>2</sub>, επίπεδο χρήσης λιγνίτη, κ.α.) μελετήθηκαν τρία σενάρια ώστε να προσδιορισθούν και να αξιολογηθούν εναλλακτικά μέτρα και πολιτικές για την εκπλήρωση των Εθνικών και των Ευρωπαϊκών στόχων (ΥΠΕΚΑ, 2012 -Οδικός Χάρτης 2050).

Το **Σενάριο «Υφιστάμενων πολιτικών» (ΥΦ)** υποθέτει συντηρητική υλοποίηση των πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον, προβλέποντας αφενός μέτριο επίπεδο περιορισμού των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050 (40% σε σχέση με το 2005), αφετέρου μέτρια διείσδυση ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας. Το Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» (ΜΕΑΠ) υποθέτει τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (στο επίπεδο του 100% στην ηλεκτροπαραγωγή), με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 60%-70% και ταυτόχρονη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια και τις μεταφορές. Το Σενάριο «Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους» (ΠΕΚ) έχει τις ίδιες παραδοχές με το Σενάριο ΜΕΑΠ όσον αφορά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> αλλά

υπολογίζει το ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή ώστε να εξασφαλιστεί το ελάχιστο επενδυτικό κόστος (ΥΠΕΚΑ, 2012 -Οδικός Χάρτης 2050).

Η μελλοντική εικόνα του ενεργειακού συστήματος όπως προκύπτει από τα δύο βασικά σενάρια ενεργειακής πολιτικής μπορεί να συνοψισθεί στα παρακάτω σημεία άμεσα σχετιζόμενα με τον κτηριακό τομέα:

1. Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005
2. Ποσοστό 85-100 % ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών
3. Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050
4. Σταθεροποίηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
5. Σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.
6. Σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών
7. Αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 31% - 34% μέχρι το 2050
8. Σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτηριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτηριακό τομέα
9. Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων.

Το πρώτο κρίσιμο συμπέρασμα της ανάλυσης είναι ότι η προοπτική των υφιστάμενων πολιτικών (Σενάριο ΥΦ) οδηγεί σε περιορισμένη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> έως το 2050, που δεν συνάδει με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ούτε αποτελεί την οικονομικότερη εξέλιξη του ενεργειακού τομέα (ΥΠΕΚΑ, 2012 -Οδικός Χάρτης 2050).

Τα σενάρια νέας ενεργειακής πολιτικής (Σενάρια ΜΕΑΠ και ΠΕΚ), στα οποία κυριαρχεί η υψηλή διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> (κατά 60% με 70% σε σχέση με το 2005) με ταυτόχρονη μείωση της εισαγόμενης ενέργειας καθώς και της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων (ΥΠΕΚΑ, 2012 -Οδικός Χάρτης 2050).

Είναι αξιοσημείωτο ότι μακροπρόθεσμα το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει σημαντική διαφοροποίηση για τα διάφορα σενάρια, εμφανίζοντας ελαφρά μικρότερες τιμές για τα

σενάρια μειωμένων εκπομπών. Συγκεκριμένα, ακολουθεί πτωτική τάση μετά το 2030 ενώ η αυξημένη χρήση των ΑΠΕ και ο περιορισμός της καύσης ορυκτών καυσίμων εξασφαλίζει την περαιτέρω μείωση του κόστους μέχρι το 2050.

Η προσέλκυση και μόχλευση επενδυτικών κεφαλαίων, για την υλοποίηση των προβλεπόμενων από τον ενεργειακό σχεδιασμό τεχνολογικών αλλαγών στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική ευκαιρία εγχώριας οικονομικής ανάπτυξης σε διάφορους κλάδους οικονομικής δραστηριότητας (π.χ. ενεργειακός, κατασκευαστικός, εμπορικός κλάδος κλπ) (ΥΠΕΚΑ, 2012 - Οδικός Χάρτης 2050).

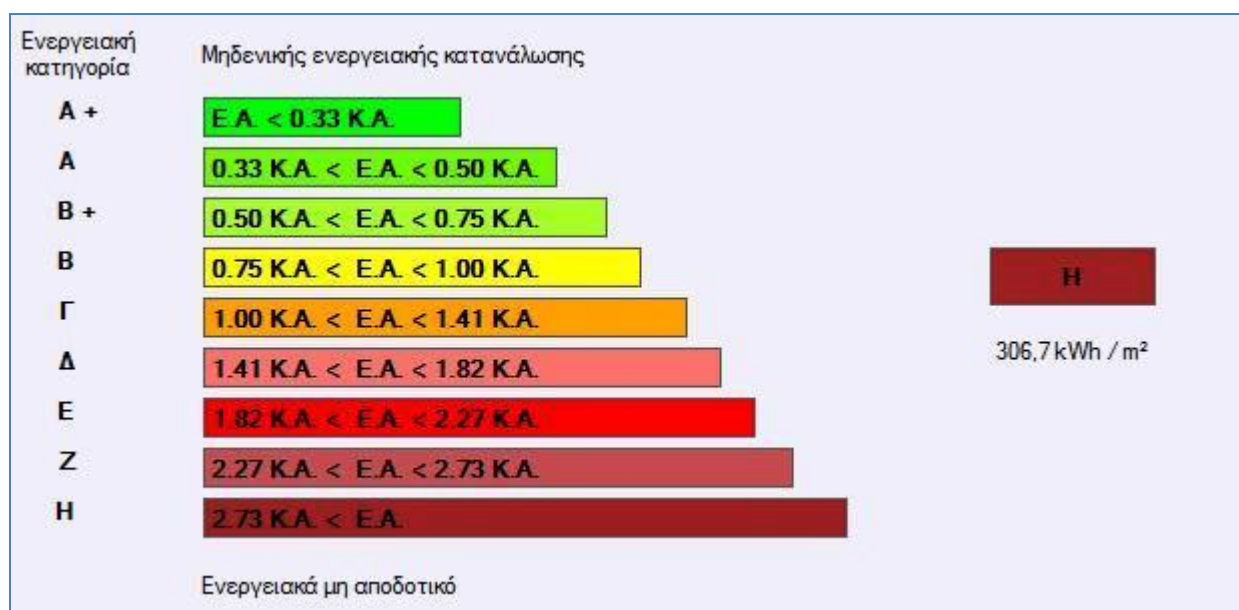
Σε κάθε περίπτωση, αυτό που είναι ορατό είναι ότι το εθνικό ενεργειακό σύστημα έχει τη δυνατότητα να διαφοροποιηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια, εκπληρώνοντας τις δεσμεύσεις της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής και παράλληλα παρέχοντας ασφάλεια στον τελικό καταναλωτή, καθώς τον προστατεύει από την αστάθμητη διακύμανση του κόστους των εισαγόμενων καυσίμων, προσφέροντάς του επιπλέον τις βέλτιστες τεχνολογικές λύσεις και επιλογές ώστε να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας και τελικά μείωση των συνολικών του ενεργειακών δαπανών (ΥΠΕΚΑ, 2012 -Οδικός Χάρτης 2050).

## **2.4 Ενεργειακή απόδοση και κατάταξη των κτηρίων**

Έχοντας ορίσει τους Ευρωπαϊκούς και Εθνικούς στόχους για την τρέχουσα και μελλοντική κατανάλωση ενέργειας στον κτηριακό τομέα, η Ελληνική νομοθεσία μέσω του Κ.Εν.Α.Κ και των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε προχωράει στην ενεργειακή κατάταξη των κτηρίων. Τούτο αποτελεί σημαντικό εργαλείο επίτευξης των ανωτέρων στόχων, μιας και μας δίνει τη δυνατότητα της ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτηρίων και την επιβεβαίωση της υψηλής ενεργειακής απόδοσης των νέων.

Η ενεργειακή κατάταξη υφιστάμενου κτηρίου προσδιορίζεται σύμφωνα με το άρθρο 13 του Κ.Εν.Α.Κ., ως ποσοστό της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (Κ.Υ.Α. Δ6/Β/οικ. 5825/09-04-2010, Φ.Ε.Κ. Β' 407). Το κτήριο αναφοράς κατατάσσεται εξ ορισμού στην ενεργειακή κατηγορία Β. Οι κατηγορίες για την ενεργειακή ταξινόμηση των κτηρίων (Α+ έως Η) και τα όρια παρουσιάζονται στην κλίμακα ενεργειακής κατάταξης που απεικονίζεται στο Διάγραμμα 2.19, όπου:

- Ε.Α είναι η ετήσια συνολική υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου.
- Κ.Α είναι η ετήσια συνολική υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς.



Διάγραμμα 2.19 Κλίμακα ενεργειακής κατάταξης κτηρίων (Πηγή: Κ.Εν.Α.Κ)

Η πρωτογενής ενέργεια τού υπό εξέταση κτηρίου, καθώς και του κτηρίου αναφοράς υπολογίζονται από τη τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση και τους εθνικούς συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια. Οι τελικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) που λαμβάνονται υπόψη για την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου αφορούν στις ακόλουθες τελικές χρήσεις:

**Θέρμανση χώρων.** Στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση λαμβάνονται υπόψη η κατανάλωση θερμικής ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των θερμικών φορτίων λόγω των θερμικών απωλειών από το κτηριακό κέλυφος και από τον αερισμό (φυσικό, μηχανικό και παρασιτικό), καθώς και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα βοηθητικά συστήματα της κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης (κυκλοφορητές, ανεμιστήρες, καυστήρας, κ.ά.). Κάθε επί μέρους κατανάλωση ενέργειας ανάγεται στην πηγή καυσίμου που χρησιμοποιεί. Η συνεισφορά των ηλιακών συλλεκτών αφαιρείται από την τελική κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

**Ψύξη χώρων.** Στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη λαμβάνονται υπόψη η κατανάλωση ψυκτικής ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων από τα ηλιακά και εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτηρίου και από τον αερισμό (φυσικό, μηχανικό και παρασιτικό), καθώς και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα βοηθητικά συστήματα της κεντρικής εγκατάστασης ψύξης (κυκλοφορητές, ανεμιστήρες κ.ά.). Κάθε επί μέρους κατανάλωση ενέργειας, ανάγεται στην πηγή καυσίμου που χρησιμοποιεί.

**Αερισμό.** Η κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη των φορτίων αερισμού συνυπολογίζεται ανάλογα με την εποχή στις καταναλώσεις για θέρμανση και ψύξη.

**Ζεστό Νερό Χρήσης.** Στην κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. λαμβάνονται υπόψη η κατανάλωση θερμικής ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη του απαιτούμενου φορτίου, καθώς και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα βοηθητικά συστήματα της κεντρικής εγκατάστασης παροχής Ζ.Ν.Χ. Κάθε επί μέρους κατανάλωση ενέργειας, ανάγεται στη πηγή καυσίμου που χρησιμοποιεί. Η συνεισφορά των ηλιακών συλλεκτών αφαιρείται από την τελική κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

**Φωτισμό.** Στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό συνυπολογίζεται η ενέργεια για το φωτισμό των επί μέρους χώρων και η ενέργεια για το φωτισμό ασφαλείας του κτηρίου. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, μόνο για τα κτήρια του τριτογενούς τομέα.

## **2.5 Συνθήκες άνεσης των κτηρίων**

Οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου καθορίζονται από τη χρήση του. Συγκεκριμένα, η επιθυμητή θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων, ο απαιτούμενος νωπός αέρας που εισάγεται στο κτήριο για τη διατήρηση ικανοποιητικής ποιότητας αέρα στο χώρο και η στάθμη φωτισμού που είναι απαραίτητη για την επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης προσδιορίζονται στην τεχνικής οδηγίας 20701-1 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

### **2.5.1 Θερμική άνεση και Σχετική υγρασία**

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτηρίου. Η θερμική άνεση είναι μια σχετικά υποκειμενική κατάσταση, που επηρεάζεται από σειρά παραμέτρων και συνθηκών, οι σημαντικότερες των οποίων είναι οι ακόλουθες:

- Η θερμοκρασία (ξηρού θερμομέτρου) του αέρα,
- Η μέση θερμοκρασία «ακτινοβολίας» των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά τους (συγκεκριμένα τους συντελεστές εκπομπής τους στο μεγάλο μήκος κύματος), την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό,
- Η σχετική υγρασία του αέρα,
- Η ένδυση των χρηστών,
- Η δραστηριότητα των χρηστών,
- Η ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα.

Προκειμένου να καθοριστούν οι τυπικές συνθήκες σχεδιασμού συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, θεωρούνται, ανάλογα με τη χρήση κάθε κτηρίου, σχεδόν σταθερές οι παράμετροι ένδυσης και δραστηριότητας των χρηστών, καθώς και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα. Ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και υπό την προϋπόθεση ότι η κατασκευή τηρεί τα σύγχρονα επιβαλλόμενα πρότυπα (θερμομονωτική προστασία στα δομικά στοιχεία, θερμομονωτικοί και αεροστεγανοί υαλοπίνακες κ.ά.), η θερμοκρασία επιφανειών έχει τιμές συνήθως παραπλήσιες της θερμοκρασίας του αέρα.

Απομένει τελικά να ελεγχθούν οι δύο βασικότερες παράμετροι, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα, και να προσαρμοσθούν αντίστοιχα από το σύστημα θέρμανσης (μόνον η θερμοκρασία του αέρα) ή κλιματισμού (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα), προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμική άνεση. Σ' αυτή τη βάση, για κάθε κατηγορία κτηρίου και για κάθε ιδιαίτερη χρήση μέσα σ' αυτό, καθορίζονται οι συνθήκες σχεδιασμού, προκειμένου να επιτυγχάνεται θερμική άνεση χωρίς σπατάλη ενέργειας.

Για το βέλτιστο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτήρια, εγκαθίστανται συστήματα κλιματισμού, στα οποία εκτός της θερμοκρασίας του αέρα, ελέγχεται και ρυθμίζεται και η σχετική του υγρασία (Yannas S., 199?).

Με βάση τις συνιστώμενες τιμές στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007 καθορίζονται και δίνονται στον πίνακα 2.11 για όλες τις κατηγορίες των κτηρίων οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο.

**Πίνακας 2.11 Καθορισμένες τιμές θερμοκρασίας & σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων (Πηγή:TOTEE20701-1)**

Χρήσεις κτηρίων	Θερμοκρασία C°		Σχετική Υγρασία (%)	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	20	26	40	45
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
θερινής λειτουργίας	20	26	35	45
χειμερινής λειτουργίας	20	26	35	45
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
θερινής λειτουργίας	20	26	35	45
χειμερινής λειτουργίας	20	26	35	45
Οικοτροφείο και κοιτώνας	20	26	40	45
Εστιατόριο	20	26	35	50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	20	26	35	50
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	20	26	35	50
Θέατρο, κινηματογράφος	20	26	35	50

Χώρος συναυλιών	20	26	35	50
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	20	23	35	50
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	20	26	35	45
Τράπεζα	20	26	35	45
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	20	26	35	50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	20	25	35	45
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	18	26	35	50
Λουτρό (κοινόχρηστο)	22	26	40	50
Νηπιαγωγείο	20	26	35	45
Πρωτοβάθμια & Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	20	26	35	45
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	20	26	35	45
Φροντιστήριο, ωδείο	20	26	35	45
Νοσοκομείο, κλινική	22	26	35	50
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	22	26	35	50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	22	26	40	45
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	20	26	40	45
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	26	40	45
Αστυνομική διεύθυνση	20	26	35	45
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	19	25	35	45
Κατάστημα, φαρμακείο,	20	26	35	45
Ινστιτούτο γυμναστικής	20	26	35	45
Κουρείο, κομμωτήριο	20	26	35	45
Γραφείο	20	26	35	45
Βιβλιοθήκη	20	26	35	50

## 2.5.2 Συνθήκες αερισμού

Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτηρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτηρίου απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, τον πληθυσμό των χρηστών και την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτηρίου, που σε γενική προσέγγιση είναι αντίστοιχη της χρήσης του κτηρίου. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 15251:2007. Για τις ανάγκες υπολογισμού του αερισμού σε μελέτες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ο πιο εύχρηστος τρόπος υπολογισμού της ανανέωσης αέρα είναι βάσει των ελάχιστων ποσοτήτων που απαιτούνται σύμφωνα με τα εξής δύο κριτήρια:

- την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής για τους χρήστες και
- την ελάχιστη ανανέωση βάσει του όγκου και της χρήσης του κτηρίου.



Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	15,00	25,00	3,75
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	25,00	45,00	11,25
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20,00	22,00	4,40
Αστυνομική διεύθυνση	10,00	30,00	3,00
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	30,00	22,00	6,60
Κατάστημα, φαρμακείο,	14,00	22,00	3,08
Ινστιτούτο γυμναστικής	15,00	45,00	6,75
Κουρείο, κομμωτήριο	15,00	30,00	4,50
Γραφείο	10,00	30,00	3,00
Βιβλιοθήκη	22,00	30,00	6,60

### 2.5.3 Συνθήκες φωτισμού

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την άσκηση της προβλεπόμενης δραστηριότητά τους, χωρίς φαινόμενα που να οδηγούν στην οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια του τριτογενούς τομέα, καθώς και για τα αντίστοιχα κτήρια αναφοράς, ως ελάχιστη φωτιστική απόδοση (φωτεινή δραστηριότητα) των συστημάτων γενικού φωτισμού τα 55 (lm/W).

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002 δίνονται λεπτομερώς τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού ανά χρήση χώρου, καθώς και επιπρόσθετες πληροφορίες που σχετίζονται με το σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού. Με βάση - κατά κύριο λόγο - τις προτεινόμενες τιμές του προτύπου για τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού, δίνονται στον Πίνακα 2.13 οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου και οι τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού (W/m<sup>2</sup> δομημένης επιφάνειας) του κτηρίου αναφοράς τριτογενούς τομέα, για το οποίο η φωτιστική απόδοση (φωτεινή δραστηριότητα) καθορίστηκε στα 55 (lm/W).

**Πίνακας 2.13** Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m<sup>2</sup>) κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης (Πηγή: ΤΟΤΕΕ20701-1).

Χρήσεις Κτηρίων	Στάθμη φωτισμού (lx=lm/m <sup>2</sup> )	Ισχύς για κτήριο αναφοράς (W/m <sup>2</sup> )	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	200	6,4	0,8
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	9,6	0,8
θερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	9,6	0,8
θερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	9,6	0,8

Εστιατόριο	200	6,4	0,8
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	8	0,8
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	3,2	0,8
Θέατρο, κινηματογράφος	100	3,2	0,8
Χώρος συναυλιών	100	3,2	0,8
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	6,4	0,8
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	16	0,8
Τράπεζα	500	16	0,8
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	9,6	0,8
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	9,6	0,5
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	200	6,4	0,5
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	6,4	0,5
Νηπιαγωγείο	300	9,6	0,8
Πρωτοβάθμια & Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	300	9,6	0,8
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	16	0,8
Φροντιστήριο, ωδείο	500	16	0,8
Νοσοκομείο, κλινική	300	9,6	0,8
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	16	0,8
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	300	9,6	0,8
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	300	9,6	0,8
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	9,6	0,8
Αστυνομική διεύθυνση	500	16	0,8
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	300	9,6	0,8
Κατάστημα, φαρμακείο,	500	16	0,8
Ινστιτούτο γυμναστικής	400	12,8	0,8
Κουρείο, κομμωτήριο	400	12,8	0,8
Γραφείο	500	16	0,8
Βιβλιοθήκη	500	16	0,8

## 2.6 Ενεργειακές ανάγκες λειτουργίας των κτηρίων – Ελάχιστες απαιτήσεις

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ έχουν οριστεί οι ελάχιστες απαιτήσεις (προδιαγραφές) των κτηρίων στον Ελληνικό χώρο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην κλάση Β' (κτήριο αναφοράς) και αφορούν:

- Το σχεδιασμό του κτηρίου
- Το κτηριακό κέλυφος
- Τις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

### 2.6.1 Ελάχιστες απαιτήσεις στο σχεδιασμό κτηρίου

Στο σχεδιασμό του κτηρίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι παράμετροι:

- α) Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτηρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών.
- β) Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.
- γ) Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού.
- δ) Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).
- ε) Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (ΠΗΣ), όπως: άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο) κ.α.
- στ) Ηλιοπροστασία.
- ζ) Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού.
- η) Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού.

## 2.6.2 Ελάχιστες απαιτήσεις στο κτηριακό κέλυφος

Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους:

- α) Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτηρίου, πρέπει να πληρούν τους περιορισμούς θερμομόνωσης του Πίνακα 2.14 όπου η κλιματική ζώνη δίνεται στην εικόνα 2.5.

**Πίνακας 2.14 Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη (Πηγή: KENAK, 2010).**

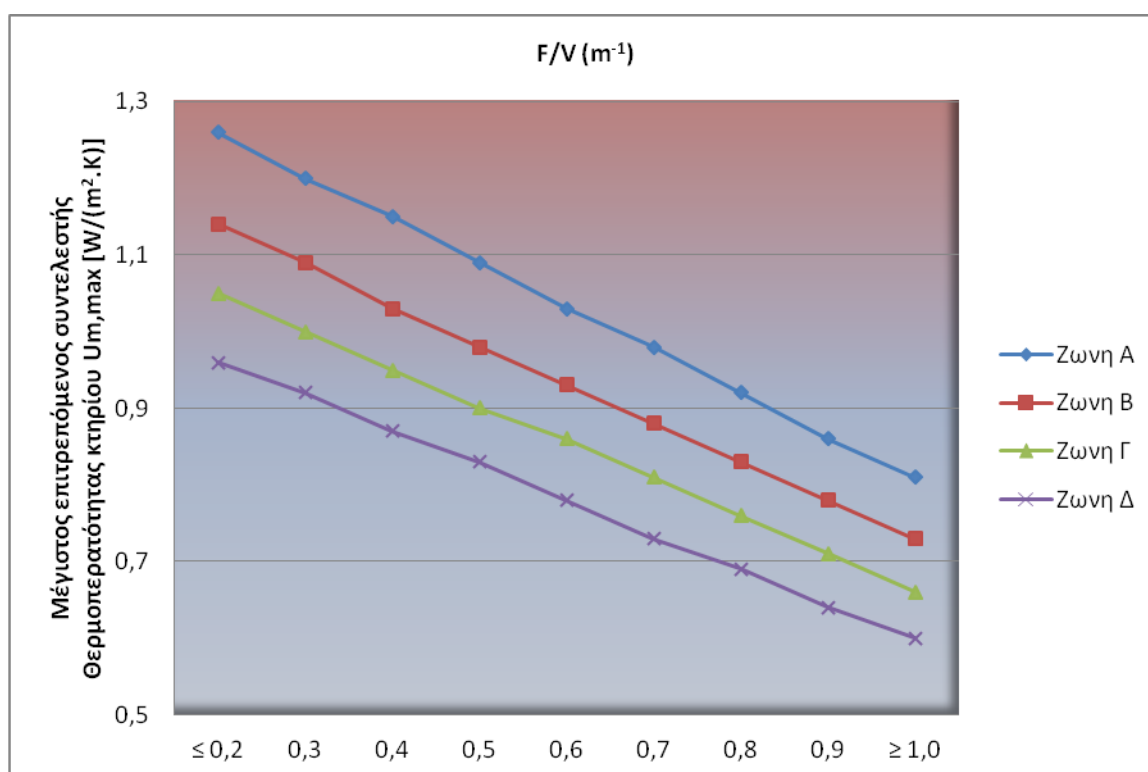
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Σύμβολο	Συντελεστής Θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U <sub>D</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U <sub>W</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U <sub>DL</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>G</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U <sub>WE</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ.α)	U <sub>F</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικές ανοιγόμενες	U <sub>GF</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

β) Για τα δομικά στοιχεία που αποτελούν παθητικά ηλιακά συστήματα δεν ισχύει ο περιορισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας, με την εξαίρεση του συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους.

γ) Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτηρίου δεν υπερβαίνει τα όρια που δίδονται στον Πίνακα 2.15 και στο Διάγραμμα 2.20.

**Πίνακας 2.15** Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) ανά κλιματική ζώνη(Πηγή: ΚΕΝΑΚ, 2010).

F/V (m <sup>-1</sup> )	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής ( $U_m$ ) θερμοπερατότητας σε W/m <sup>2</sup> .K			
	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
	ΖΩΝΗ Α	ΖΩΝΗ Β	ΖΩΝΗ Γ	ΖΩΝΗ Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60



**Διάγραμμα 2.20** Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) ανά κλιματική ζώνη (Πηγή: ΚΕΝΑΚ, 2010).

Τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια που ενσωματώνουν στο κέλυφος παθητικά συστήματα, πέραν αυτών του άμεσου κέρδους (νότια ανοίγματα), τα συστήματα αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) ως έχουν, αλλά αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά, όπως ορίζονται στον Πίνακα 2.14.

### 2.6.3 Ελάχιστες απαιτήσεις στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

Οι επιμέρους Η/Μ εγκαταστάσεις του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτηρίου, πρέπει να πληρούν τους ακόλουθους περιορισμούς:

α) Κάθε κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) που εγκαθίσταται στο κτήριο με παροχή νεπού αέρα  $\geq 60\%$ , επιτυγχάνει ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50%.

β) Όλα τα δίκτυα διανομής (νερού ή αλλού μέσου) της κεντρικής θέρμανσης, ή της εγκατάστασης ψύξης, ή του συστήματος ZNX, διαθέτουν θερμομόνωση που καθορίζεται με σχετική TOTEE κατόπιν έγκρισής της με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ. Ιδιαίτερα οι εγκαταστάσεις δικτύων που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους διαθέτουν κατ' ελάχιστον πάχος θερμομόνωσης 19mm για θέρμανση ή/και ψύξη χώρων και 13mm για ZNX, με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού  $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$  (στους 20°C).

γ) Οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και ανακυκλοφορίας) που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους των κτηρίων διαθέτουν θερμομόνωση με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού  $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$  και πάχος θερμομόνωσης τουλάχιστον 40mm, ενώ για διέλευση σε εσωτερικούς χώρους το αντίστοιχο πάχος είναι 30mm.

δ) Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης για την αντιμετώπιση των μερικών φορτίων, ή άλλο ισοδύναμο σύστημα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας υπό μερικό φορτίο.

ε) Σε περίπτωση μεγάλου κυκλώματος με επανακυκλοφορία του ZNX εφαρμόζεται κυκλοφορία με σταθερό  $\Delta p$  και κυκλοφορητή με ρύθμιση στροφών βάσει της ζήτησης σε ZNX.

στ) Σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 11 του ν. 3661/08, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από άλλα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα

τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και αντλιών θερμότητας των οποίων ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) είναι μεγαλύτερος από  $(1,15 \times 1/\eta)$ , όπου  $\eta$  είναι ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Μέχρι να καθορισθεί νομοθετικά η τιμή του  $\eta$ , ο SPF πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3,3.

ζ) Τα συστήματα γενικού φωτισμού στα κτήρια του τριτογενή τομέα έχουν μέγιστη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15m<sup>2</sup> ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών.

η) Όπου απαιτείται κατανομή δαπανών, επιβάλλεται αυτονομία θέρμανσης και ψύξης.

θ) Όπου απαιτείται κατανομή δαπανών για τη θέρμανση χώρων, καθώς επίσης και σε κεντρικά συστήματα παραγωγής ΖΝΧ, εφαρμόζεται θερμοδομέτρηση.

ι) Σε όλα τα κτήρια απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτηρίου.

ια) Σε όλα τα κτήρια του τριτογενή τομέα απαιτείται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργου ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων, για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο κατ' ελάχιστον 0,95.

## 2.7 Οι πρώτες εκτιμήσεις

Συνοψίζοντας τα δεδομένα της υπάρχουσας κατάστασης, σε ενεργειακό επίπεδο, του κτηριακού τομέα, διαπιστώνουμε ότι διαμορφώθηκαν συνθήκες μη βιώσιμες στην περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική διάσταση της αειφορίας του. Επιγραμματικά, έχουν καταγραφεί για τον κτηριακό τομέα τα εξής:

1. Καταναλώνει το 40% της συνολικής ενέργειας.
2. Ευθύνεται για το 35% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και του CO<sub>2</sub>.
3. Καταναλώνει το 35% των πρώτων υλών.
4. Ευθύνεται για το 15-35% των δομικών αποβλήτων
5. Διαθέτουν ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις χαμηλής ενεργειακής απόδοσης.

Σε μία χώρα, που οι ενεργειακή της εξάρτηση ανέρχεται σε 65,6%, για το 2012, το μέλλον της αιφορίας διαγράφεται αρκετά δυσοίωνο.

Με γνώμονα τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής ένωσης και την ενσωμάτωση τους στην Ελληνική νομοθεσία δίνεται η δυνατότητα αντιστροφής των δυσοίωνων προβλέψεων και η επαναφορά μιας βιώσιμης ανάπτυξης στον ενεργειακό κλάδο του κτηριακού τομέα (Rodriguez-Ubinas, E et al), θέτοντας στόχους όπως:

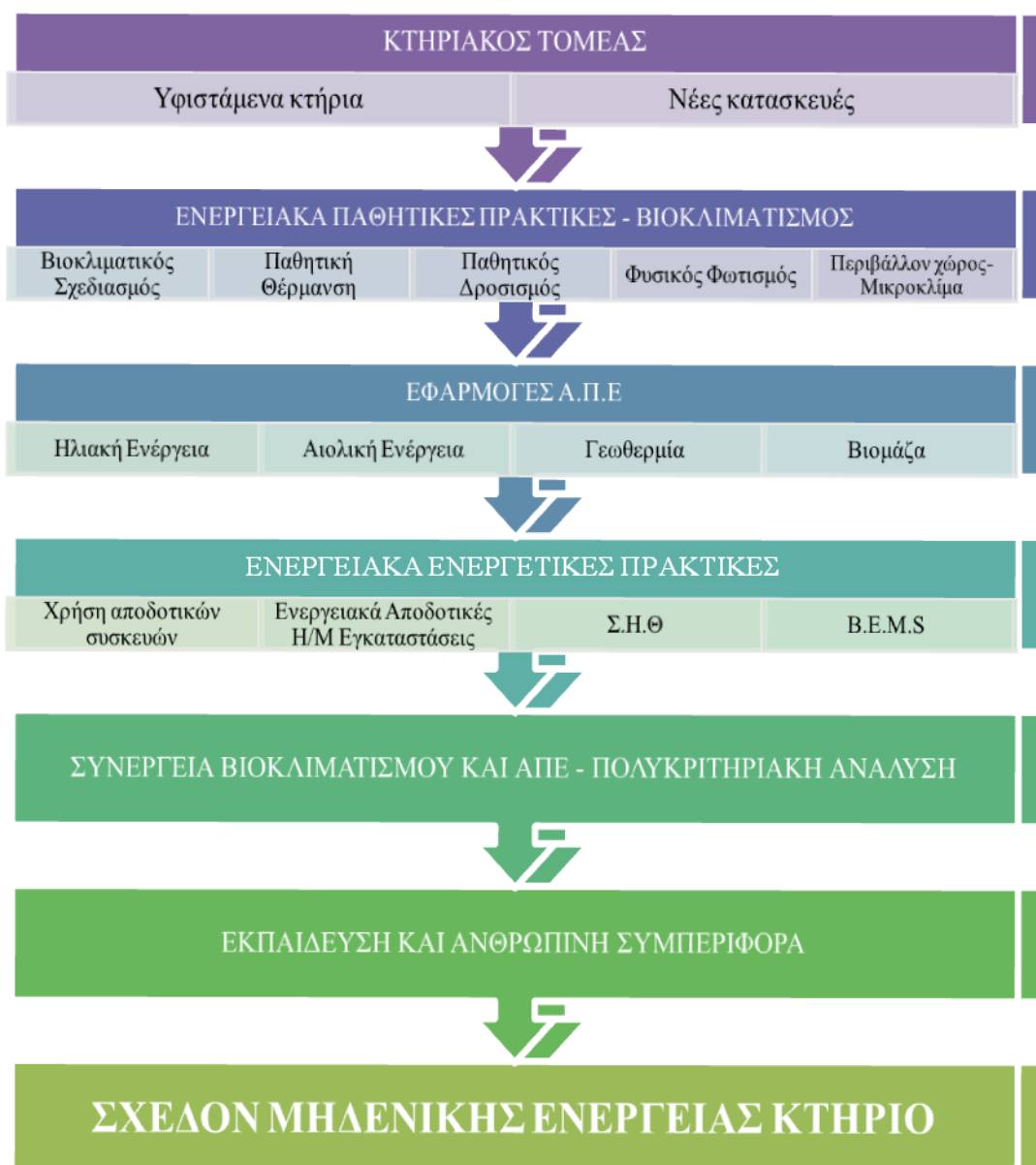
1. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των νέων κτηρίων.
2. Η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτηρίων.
3. Η διείσδυση των ΑΠΕ στην ενεργειακή κάλυψη των αναγκών των κτηρίων
4. Το Κτήριο Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας.
5. Το Κτήριο Σχεδόν Μηδενικής Έκλυσης Αερίων του Θερμοκηπίου.

Η τεχνολογία αναπτύσσεται με ταχύς ρυθμούς και με την βοήθεια καλών πρακτικών, βάσει και της εμπειρίας στον κατασκευαστικό τομέα, οι στόχοι της αιφορίας, είναι επιτεύξιμοι και οδηγούν με μαθηματική ακρίβεια στην βιωσιμότητα του ενεργειακού τομέα στον κατασκευαστικό κλάδο μέσω των ZEB (Aelenei et al, 201?).

## Κεφάλαιο Τρίτο

### Μεθοδολογία

Για την επίτευξη της αειφορίας στον ενεργειακό κλάδο του κτηριακού τομέα, τόσο στο σύνολο των υφιστάμενων κτηρίων, όσο και στη λειτουργία των νέων και υπό κατασκευή κτισμάτων στο χώρο των κατοικιών και του τριτογενή τομέα, εφαρμόζεται η κάτωθι μεθοδολογία (Διάγραμμα 3.1) βασισμένη στην αρχιτεκτονική-κατασκευαστική εμπειρία, στις σύγχρονες επιτεύξεις της τεχνολογίας και την πολυκριτηριακή ανάλυση επιλογής.

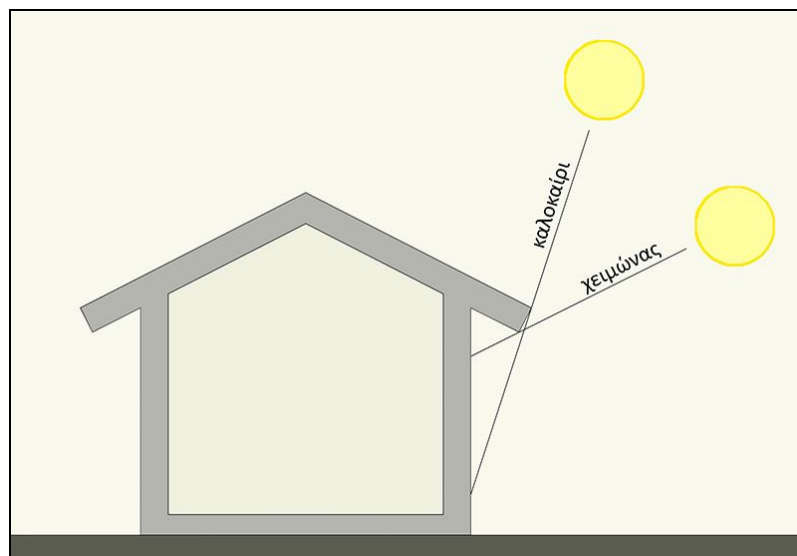


Διάγραμμα 3.1 Μεθοδολογία επίτευξης των κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας

Στόχος της διατριβής είναι η εφαρμογή της Ευρωπαϊκής οδηγίας 31/2010/ΕΕ, για την επίτευξη κτηρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας και εκπομπών αέριων ρύπων. Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 3.1, η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η **Πολυκριτηριακή ανάλυση** εφαρμογής ενεργειακά αποδοτικών παθητικών και ενεργητικών πρακτικών σε συνεργασία με τις τεχνολογίες των Α.Π.Ε και την εκπαίδευση του ανθρώπινου παράγοντα για την βέλτιστη απόδοση.

### 3.1 Ενεργειακά Αποδοτικές Παθητικές Πρακτικές – Βιοκλιματισμός

Οι ενεργειακά αποδοτικές παθητικές πρακτικές αποδίδονται μέσα από τον Βιοκλιματισμό (Τσίππρας Κ, Τσίππρας Θ.,2005). Βασικός παράγοντας του Βιοκλιματισμού είναι ο ηλιασμός του κτηρίου. Προκειμένου να προσδιοριστεί ο ηλιασμός ενός κτηρίου ή ενός οικοπέδου υιοθετείται η παραδοχή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, δηλαδή θεωρείται ότι η γη παραμένει σταθερή, ενώ ο ήλιος κινείται. Οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου ταυτίζονται ανά δύο μήνες εκτός του Δεκεμβρίου και του Ιουνίου. Ο μήνας Δεκέμβριος έχει τη χαμηλότερη τροχιά, ενώ ο Ιούνιος την υψηλότερη (Mazria Ed., 1979). Παρατηρούμε ότι τους θερινούς μήνες ο ήλιος να βρίσκεται σε υψηλότερες θέσεις από ότι τους χειμερινούς (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1 Θέσεις πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ανά εποχή (Πηγή: Mazria Ed., 1979)

Οι Αρχές και οι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού δίνονται επιγραμματικά:

#### Α. Το κτήριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης τον χειμώνα:

- Χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός,
- Σχήμα κτηρίου,
- Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού,
- Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων.

**Β. Το κτήριο ως παγίδα θερμότητας:**

- Προστασία από ψυχρούς ανέμους,
- Θερμική προστασία – θερμομόνωση.

**Γ. Το κτήριο ως αποθήκη θερμότητας:**

- Θερμική μάζα - θερμοχωρητικότητα

**Δ. Το κτήριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης:**

- Ηλιοπροστασία κτηρίου και ανοιγμάτων,
- Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών,
- Επάρκεια θερμικής μάζας,
- Θερμομόνωση,
- Φυσικός αερισμός,
- Νυχτερινή ακτινοβολία,
- Μικροκλίμα.

Στη χειμερινή περίοδο, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποσκοπεί:

- Στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτηρίου και των θερμικών απωλειών από την είσοδο του ψυχρού εξωτερικού αέρα, επιτρέποντας μόνο τον απαραίτητο για λόγους υγιεινής αερισμό,
- Στην αύξηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία, και στη διάθεση επαρκούς ποσοτικά και ποιοτικά φυσικού φωτισμού,

ώστε να μειωθεί έως και να μηδενιστεί η παρεχόμενη από συμβατικό σύστημα θέρμανση και να ελαττωθεί η χρήση του τεχνητού φωτισμού.

Αντίστοιχα, στην θερινή περίοδο, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει:

- Στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης από την ηλιακή ακτινοβολία
- Στην αποφυγή της οπτικής θάμβωσης
- Στη βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού δροσισμού,

ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή ακόμη και να αποτραπεί η παρεχόμενη ψύξη με το μηχανολογικό εξοπλισμό.

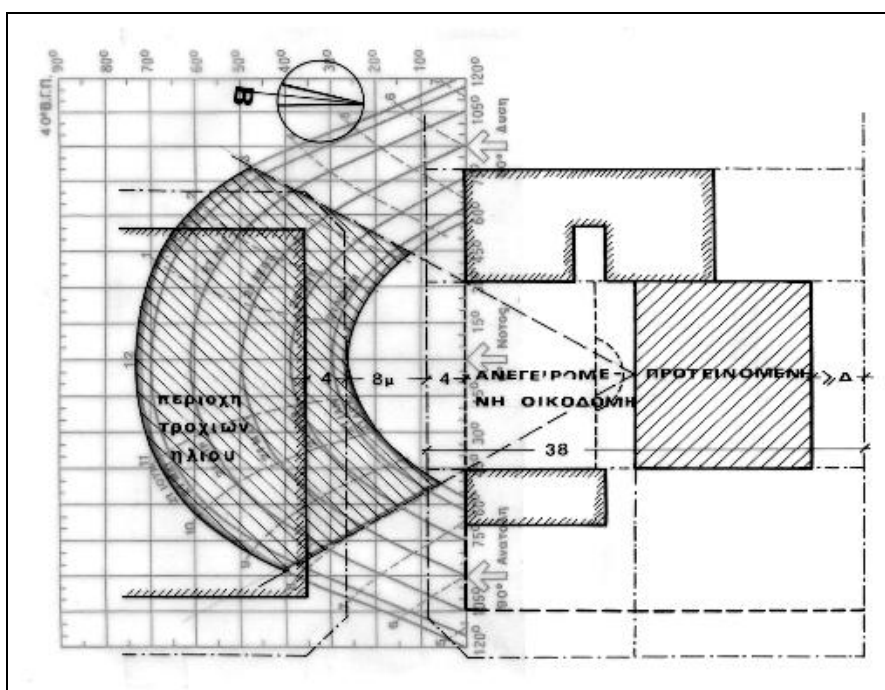
### **3.1.1 Βιοκλιματικός Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός**

Σημαντικό ρόλο στο βιοκλιματικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου έχουν:

- Χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός,
- Σχήμα και κέλυφος του κτηρίου,
- Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων.

### 3.1.1.1 Χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός

Η χωροθέτηση του νέου κτηρίου στο οικόπεδο οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως  $\pm 30^\circ$  (ανατολικά ή δυτικά) του νότου. Στην περίπτωση αστικού οικοπέδου με δυσμενή προσανατολισμό, δηλαδή με όψεις ελεύθερες μόνον σε ανατολή και δύση, η δυνατότητα προσανατολισμού προς το νότο μπορεί να επιτευχθεί μέσω προεξοχών του κελύφους, των οποίων η όψη στρέφεται προς το νότο. Ο έλεγχος του ηλιασμού του κτηρίου πραγματοποιείται με την χρήση των ηλιακών χαρτών- διαγραμμάτων, βάσει των οποίων καθορίζεται και η απόσταση από τα γειτονικά κτήρια- εμπόδια. Ο έλεγχος αυτός καθορίζει την τελική τοποθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Έλεγχος του ηλιασμού μιας ανεγειρόμενης και μιας προτεινόμενης θέσης της οικοδομής (Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

Υφίσταται ένας εμπειρικός κανόνας χρήσιμος στη φάση των προσχεδίων για τον έλεγχο του ηλιασμού το χειμώνα, ο οποίος καθορίζει ότι: για νότιο προσανατολισμό η απόσταση ανάμεσα στο χωροθετούμενο κτήριο και το υφιστάμενο εμπόδιο πρέπει να ισούται με  $1,5 \times$  το ύψος του εμποδίου (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

Επιπροσθέτως, οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτηρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα, αρκεί να έχουν προσανατολισμό νότιο ή  $\pm 30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά του νότου. Ο νότιος προσανατολισμός των ανοιγμάτων είναι ο ευνοϊκότερος ενεργειακά, διότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την προσπίπτουσα στον ανατολικό ή στο δυτικό προσανατολισμό, για την περίοδο του χειμώνα. Αντίστοιχα, κατά τη θερινή περίοδο η ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται σχεδόν στο μισό για τη νότια προσανατολισμένη επιφάνεια σε σχέση με την ανατολική ή δυτική. (Mazria Ed., 1979). Επιπλέον, οι νότια προσανατολισμένες κατακόρυφες επιφάνειες δέχονται το χειμώνα την ηλιακή ακτινοβολία όλες τις ώρες της ημέρας με μικρές γωνίες πρόσπτωσης, ενώ το καλοκαίρι δέχονται την ακτινοβολία λίγες ώρες και με μεγάλες γωνίες πρόσπτωσης. Το χειμώνα, ο ανατολικός ή ο δυτικός προσανατολισμός δέχεται ακτινοβολία λίγες ώρες το πρωί ή το απόγευμα αντίστοιχα, όταν δηλαδή οι ηλιακές ακτίνες έχουν μειωμένη ένταση λόγω της μεγάλης τους διαδρομής μέσα από την ατμόσφαιρα, ενώ το καλοκαίρι δέχονται περισσότερες ώρες την ακτινοβολία, εφόσον ο ήλιος ανατέλλει βορειοανατολικά και δύει βορειοδυτικά (Mazria Ed., 1979).

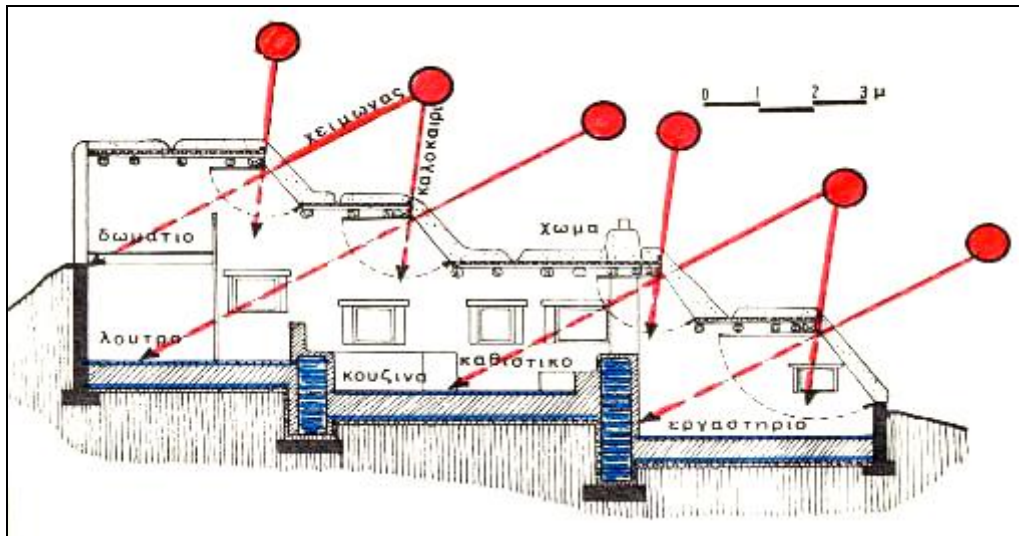
Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά. Τα τελευταία, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό των κτηρίων, διότι πέραν της διασφάλισης φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχουν τη δυνατότητα διαμεπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτηρίου (TOTEE 20702-5/2010).

Ο προσανατολισμός του κτηρίου υπόκεινται σε πολλούς περιορισμούς. Η εφαρμογή πρακτικών σε υφιστάμενα κτήρια είναι αδύνατη από τη φύση της. Στα νέα κτήρια οι περιορισμοί προκύπτουν από το ρυμοτομικό σχέδιο της πόλης, από τα περιβάλλοντα κτήρια και κυρίως από τη θέα. Είναι φανερό ότι σε έναν οικισμό με θέα τη θάλασσα στη βορεινή του όψη είναι αδύνατη η επιλογή άλλου προσανατολισμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπολογίζονται οι απώλειες και υπερκεράζονται με την έμφαση στις υπόλοιπες αρχές του Βιοκλιματισμού αλλά και με την ενίσχυση της συνέργειας των ΑΠΕ στο κτίσμα.

### **3.1.1.2 Σχήμα και κέλυφος του κτηρίου**

Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι  $\approx 1/1,5$ . Βεβαίως, όταν το οικόπεδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε επιλέγουμε λύσεις με

όγκους σπαστούς, ή κλιμακωτή οργάνωση του κτηρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα (Εικόνα 3.3) (Ανδρεαδάκη - Χρονάκη Ε, 2006).



Εικόνα 3.3. Κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη (Πηγή: Ανδρεαδάκη - Χρονάκη Ε, 2006).

Σύμφωνα με το «Εγχειρίδιο Σχεδιασμού, Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου» (Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A, 1995):

Σχετικά με την κάτοψη:

1. Ποτέ και σε καμία περιοχή δεν συνίσταται τετράγωνη κάτοψη.
2. Το ορθογώνιο σχήμα με το μεγάλο άξονα στην κατεύθυνση βορρά-νότου είναι ακόμη χειρότερο από το τετράγωνο.
3. Καλύτερο για όλες τις περιπτώσεις είναι το ορθογώνιο σχήμα με το μεγάλο άξονα στην κατεύθυνση ανατολή-δύση διότι: α) καθιστά δυνατή τη διάταξη του μέγιστου δυνατού αριθμού χώρων διαβίωσης στις νότιες επιφάνειες, που δέχονται τρεις φορές περισσότερη ενέργεια από τις δυτικές ή τις ανατολικές, β) η δυτική όψη, πάντοτε προβληματική, περιορίζεται στο ελάχιστο, ενώ μπορούν να διαταχθούν εκεί χώροι ανάσχεσης της ενέργειας, με σκοπό την προστασία του υπολοίπου κτηρίου από την υπερθέρμανση, γ) είναι δυνατό να επιτευχθεί κατάλληλος φυσικός αερισμός, το ίδιο όπως και σε οποιοδήποτε άλλο σχήμα.

Σχετικά με τον όγκο του κτηρίου, αναφέρουν ότι τα διώροφα κτήρια είναι πλεονεκτικότερα από τα μονώροφα διότι:

1. Στον ίδιο όγκο αναλογεί μικρότερη επιφάνεια στέγης και έτσι το χαμηλότερο θερμικό φορτίο επιτρέπει καλύτερο έλεγχο το καλοκαίρι.

2. Η μικρότερη στέγη απλοποιεί τον περιορισμό των θερμικών απωλειών το χειμώνα. Οι απώλειες μέσω της στέγης είναι σημαντικές το χειμώνα, που οι μέγιστες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές.
3. Οι νότιες όψεις έχουν μεγαλύτερη έκταση και κατά συνέπεια επιτρέπουν καλύτερη πρόσβαση του ηλίου και υψηλότερα ηλιακά κέρδη.
4. Η διαχείριση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι ευχερέστερη στις κατακόρυφες επιφάνειες.

Για την επιτυχή εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, η διαμόρφωση του κελύφους του κτηρίου πρέπει να είναι τέτοια, που να επιτρέπει τη μέγιστη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, τη μέγιστη δυνατότητα για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον (ΤΕΕ - ΔΕ3, 2011).

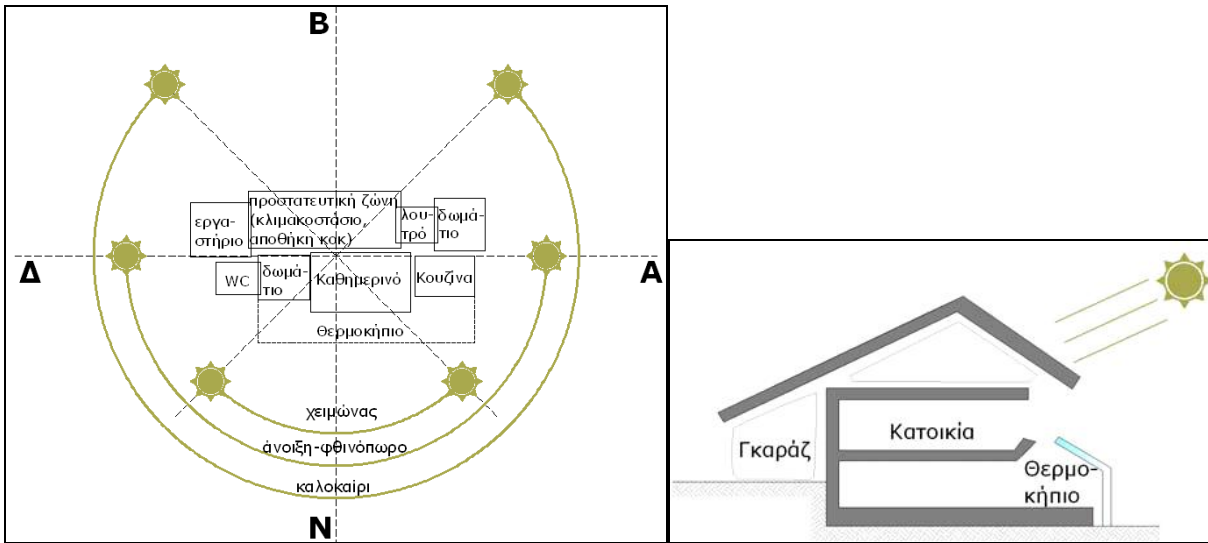
Δηλαδή, η εφαρμογή στρατηγικών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας προϋποθέτει την ύπαρξη αφενός μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (θερμομόνωση, αεροστεγανότητα προστασία κτηρίου από δυσμενείς χειμερινούς ανέμους, μορφή κτηρίου, σκίαση από παρόδια κτήρια και εξωτερικά εμπόδια κ.τ.λ.), και αφετέρου τη χρήση υλικών με μεγάλη μάζα, ικανά να συγκρατήσουν και να αποθηκεύσουν τη συλλεχθείσα θερμότητα (ΤΕΕ - ΔΕ3, 2011).

### **3.1.1.3 Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων**

Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο ζήτημα, εξαρτώμενος από τη χρήση ενός χώρου και τις ανάγκες των ενοίκων. Η βορεινή πλευρά του κτηρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή, η λιγότερη φωτεινή και δε δέχεται καθόλου ήλιο. Για τους λόγους αυτούς, στην πλευρά αυτή τοποθετούνται οι χώροι των οποίων η χρήση είναι ολιγόωρη, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ως χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων ζωής. Για παράδειγμα, στην κατοικία προς το βορρά τοποθετούνται τα κλιμακοστάσια, λουτρό-W.C., αποθήκη και χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων. Στη νότια πλευρά τοποθετούνται οι χώροι κύριας και πολύωρης χρήσης, έτσι ώστε να απολαμβάνουν τα θερμικά κέρδη από τον ήλιο το χειμώνα, είναι πιο ευχάριστοι και πιο φωτεινοί, ενώ παράλληλα παρέχουν τη δυνατότητα ένταξης παθητικών ηλιακών συστημάτων (Εικόνα 3.4).

Σε κτήρια άλλης χρήσης (τριτογενής τομέας), όπως νοσοκομεία, ξενοδοχεία, γραφεία κ.λ.π. επιδιώκεται, κατά τον σχεδιασμό, οι χώροι πολύωρης - κύριας χρήσης να τοποθετούνται προς το νότο ή ανατολή, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνεται μέριμνα για το σκιασμό τους το καλοκαίρι, ενδεχομένως και το χειμώνα, προς αποφυγή της θάμβωσης που προκαλείται στους χρήστες από το έντονο φως του ήλιου, π.χ. στα γραφεία. Σε κτήρια ειδικής χρήσης, όπως εργοστάσια, βιβλιοθήκες

κ.λ.π., η εσωτερική οργάνωση των χώρων ρυθμίζεται, κυρίως, σε σχέση με την ποιότητα και την ποσότητα του απαιτούμενου φυσικού φωτισμού.



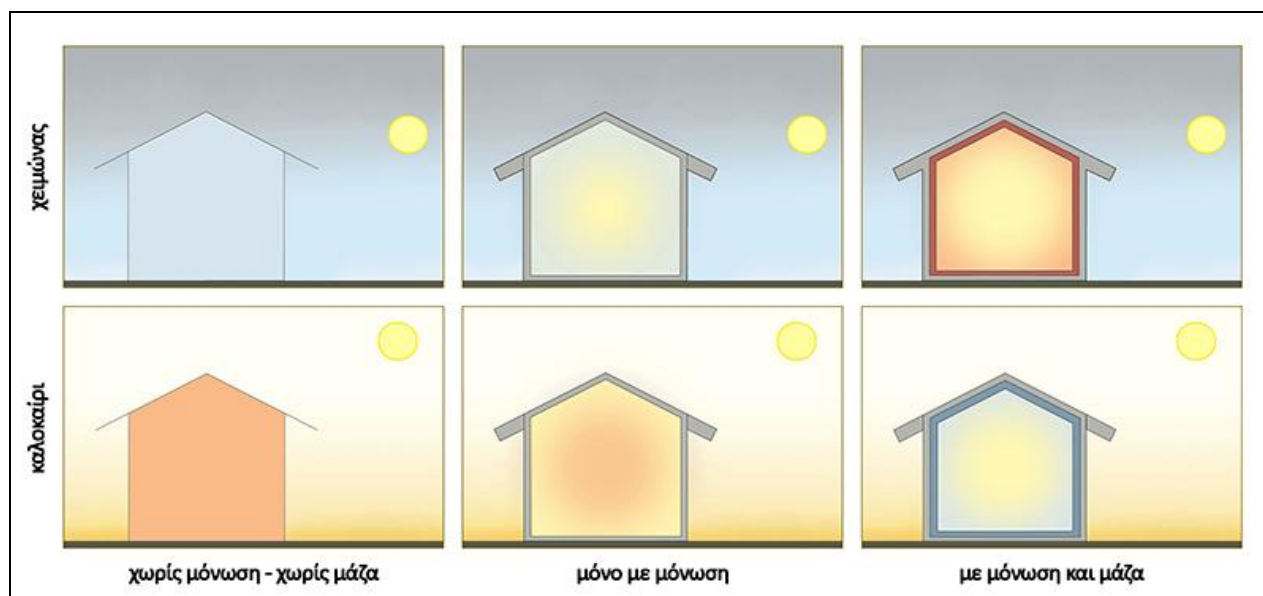
Εικόνα 3.4 Εσωτερική διάταξη χώρων κατοικίας - Διαγραμματική κάτοψη και τομή βιοκλιματικού κελύφους (ΤΕΕ - ΔΕ3, 2011).

### 3.1.1.4 Θερμομόνωση και Θερμική μάζα

Στο κλίμα της Ελλάδας τα κτήρια πρέπει να διαθέτουν εξίσου δύο στοιχεία: αναγκαία και επαρκή θερμομόνωση και αναγκαία και επαρκή μάζα. Το κέλυφος (περίβλημα) του κτηρίου προστατεύει τους εσωτερικούς χώρους από τις καιρικές συνθήκες και πρέπει να εξασφαλίζει θερμική άνεση για τους ενοίκους. Δηλαδή, θερμούς χώρους το χειμώνα και δροσερούς το καλοκαίρι.

Το κέλυφος εξασφαλίζει θερμική άνεση για τους ενοίκους όταν συνδυάζει δύο εξίσου σημαντικά χαρακτηριστικά (Εικόνα 3.5):

- Καλή εξωτερική θερμομόνωση που εμποδίζει τη μετάδοση θερμότητας από μέσα προς τα έξω και αντίστροφα.
- Επαρκή μάζα εσωτερικά, που συγκρατεί τη ζέστη το χειμώνα και διατηρεί τη δροσιά το καλοκαίρι.



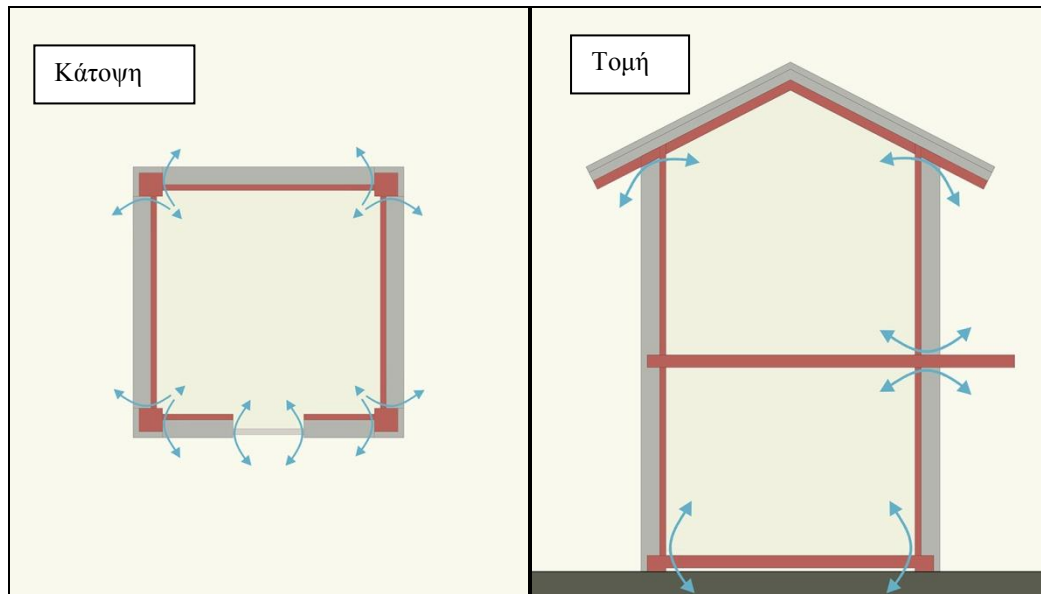
Εικόνα 3.5 Ρόλος της θερμομόνωσης και της θερμικής μάζας στην εσωτερική θερμική άνεση (<http://www.anelixi.org>)

## • ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Η θερμομόνωση αναστέλλει τη μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο των κτηρίων προς τον εξωτερικό χώρο το χειμώνα και αντίστροφα το καλοκαίρι. Επιτυγχάνεται με τη μεσολάβηση ακίνητου, ξηρού αέρα. Ο αέρας έχει αραιή μοριακή δομή, τα μόριά του δεν εφάπτονται και γιαντό καθυστερεί τη μετάδοση θερμότητας.

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτηρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον επιβάλλεται:

Α) Κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, δηλαδή τοίχων, δαπέδων, οροφών. Οι επιλογές, ως προς τα υλικά και το πάχος της θερμομόνωσης, εξαρτώνται από την κλιματική ζώνη (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας). Ωστόσο, επισημαίνεται ότι για να λειτουργήσει το κτήριο αποτελεσματικότερα, ως αποθήκη θερμότητας, πρέπει η θερμομόνωση των συμπαγών δομικών του στοιχείων να τοποθετείται στην εξωτερική τους πλευρά. Έτσι περιορίζονται και οι θερμογέφυρες. Θερμογέφυρες είναι όλα τα τμήματα του εξωτερικού κτηριακού κελύφους που έχουν μειωμένη θερμομόνωση σε σχέση με το υπόλοιπο κέλυφος. Είναι όλα τα εκτεθειμένα δομικά στοιχεία, οι αρμοί συναρμογής υλικών και δομικών στοιχείων, τα κενά και οι κακοτεχνίες της κατασκευής. Η περίπτωση κατασκευής διπλού τοίχου από τούβλο με την θερμομόνωση στον πυρήνα, αποτελεί λύση αποδεκτή, αρκεί το πάχος κάθε πρειάς του τοίχου να είναι τουλάχιστον 9 εκ. (Εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6 Συνήθεις θερμογέφυρες (<http://www.anelixi.org>)

Β) Επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, ανάλογα με την κλιματική ζώνη, με διπλά ή πολλαπλά τζάμια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και εξώφυλλα με θερμομόνωση ή όχι.

Γ) Καλή αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων. Οι αρμοί του κτηρίου είναι σημαντική περιοχή μετάδοσης θερμότητας. Βρίσκονται συνήθως στη συναρμογή των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες, των στεγών με τις τοιχοποιίες και των τοιχοποιιών με τον φέροντα οργανισμό. Από τις περιοχές των αρμών διαφεύγει ή διεισδύει ψυχρός ή θερμός αέρας. Έχει ιδιαίτερη σημασία η σχολαστική σφράγιση τους, με υλικά όμως μη τοξικά, που αναπνέουν.

### • ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΑΖΑ

**Θερμοχωρητικότητα κτηρίου είναι η ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στο εσωτερικό του, δηλαδή στη θερμική του μάζα.** Η θερμική μάζα αποτελείται από το σύνολο των θερμοσυσσωρευτικών υλικών των εσωτερικών δομικών στοιχείων. Θερμοχωρητικά είναι όλα τα οικοδομικά υλικά με πυκνή μοριακή δομή, δηλαδή τα βαριά υλικά όπως πέτρα, μάρμαρο, σκυρόδεμα, τούβλο (ψημένο ή ωμό), πηλός, κεραμικά υλικά.

Η θερμική μάζα απορροφά θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων, την οποία συσσωρεύει και αποθηκεύει. Για το λόγο αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτηρίου. Τα δομικά στοιχεία αποθηκεύουν θερμότητα όταν ο εσωτερικός αέρας είναι θερμότερος από αυτά, ενώ, όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα.

Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια των ημερών ηλιοφάνειας, η ηλιακή ακτινοβολία διεισδύει από τα νότια ανοίγματα βαθιά στο εσωτερικό των κτηρίων και θερμαίνει τον αέρα των χώρων και τη θερμική τους μάζα, δηλαδή τα θερμοχωρητικά τους δομικά στοιχεία. Το βράδυ, μετά τη Δύση του ήλιου, όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα πέφτει, τα θερμά δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα (με ακτινοβολία και συναγωγή) προς τους χώρους. Η θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε: i) Να προλαβαίνει να θερμανθεί ικανοποιητικά κατά τη διάρκεια της μέρας. Ii) Να αποδίδει θερμότητα και να διατηρεί συνθήκες θερμικής άνεσης όλη τη νύχτα, μέχρι το επόμενο πρωί.

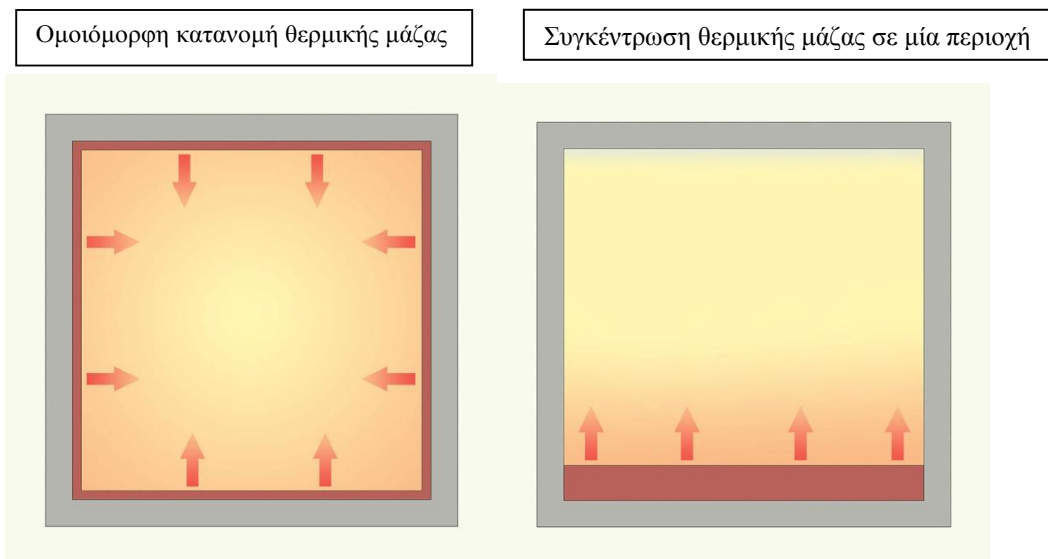
Το καλοκαίρι, κατά τις θερμές μέρες, η εσωτερική θερμοκρασία των κτηρίων αυξάνεται. Κατά κανόνα υπερβαίνει σημαντικά τα ανεκτά επίπεδα θερμικής άνεσης, προκαλώντας δυσφορία. Όταν τα δομικά στοιχεία των χώρων είναι ψυχρά, απορροφούν θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και τον ψύχουν, ενώ ταυτόχρονα τα ίδια θερμαίνονται. Τα δομικά στοιχεία ψύχονται τη νύχτα. Αποβάλλουν τη θερμότητα τους προς το δροσερό νυχτερινό αέρα, με την προϋπόθεση να γίνεται πλήρης και διαρκής νυχτερινός αερισμός. Η θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε τα δομικά στοιχεία: i) Να προλαβαίνουν να ψυχθούν κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ii) Να εξακολουθούν, έστω και οριακά, να ψύχουν τον εσωτερικό αέρα, έως τη δύση του ήλιου ή την ώρα κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει σε επίπεδα χαμηλότερα από την εσωτερική.

**Η θερμική μάζα είναι ο ρυθμιστής της εσωτερικής θερμοκρασίας.** Καθυστερεί την ψύξη των χώρων κατά τις χειμερινές νύχτες, διατηρώντας τους θερμούς ως το πρωί. Καθυστερεί τη θέρμανση των χώρων κατά τις θερινές μέρες, διατηρώντας τους δροσερούς ως το βράδυ. Συμβάλει στη μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό των κτηρίων, μεταξύ μέρας και νύχτας, αλλά και μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Η επίδραση της θερμικής μάζας στην εσωτερική θερμική άνεση και διακύμανση θερμοκρασίας αποδίδεται στο Εικόνα 3.7 (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε., 2006).



Εικόνα 3.7 Επίδραση της θερμικής μάζας στη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε., 2006).

Η θερμική μάζα τοποθετείται στο εσωτερικό του κτηρίου. Προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία της είναι η πλήρης εξωτερική της κάλυψη με θερμομόνωση. Έτσι, απορροφά και αποδίδει θερμότητα μόνο από και προς τον εσωτερικό χώρο και όχι από και προς το περιβάλλον. Η σωστή θερμική λειτουργία του κτηρίου και η διατήρηση της θερμικής ισορροπίας μεταξύ των χώρων του (μείωση θερμοκρασιακών διακυμάνσεων), δεν εξαρτάται μόνο από τη συνολική ποσότητα της θερμικής μάζας αλλά και από την ισορροπημένη κατανομή της (Εικόνα 3.8). Όσο αυξάνεται η επιφάνεια της θερμικής μάζας, τόσο μειώνεται το πάχος της και βελτιώνεται η απόδοσή της. Το πάχος της στο ελληνικό κλίμα είναι καλό να κυμαίνεται μεταξύ 10-20 cm.



Εικόνα 3.8 Κατανομή θερμικής μάζας (<http://www.anelixi.org>)

Η θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών διαφέρει από υλικό σε υλικό. Τα πυκνότερα υλικά έχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Έτσι π.χ. η πέτρα έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τον οπτόπλινθο. Για κάθε υλικό, ο χρόνος που απαιτείται για την απορρόφηση θερμότητας είναι ίσος με το χρόνο που απαιτείται για την απόδοση θερμότητας. Ο χρόνος αυτός διαφέρει όμως από υλικό σε υλικό, γιατί εξαρτάται, από τη θερμοχωρητικότητα και από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού. Έτσι π.χ. το σκυρόδεμα απορροφά και αποδίδει θερμότητα γρηγορότερα από τον πηλό.

Στην Ελλάδα, τα κτήρια που κατασκευάζονται από μη θερμοχωρητικά υλικά, π.χ. από ξύλο ή γυψοσανίδα δε μπορούν να αποθηκεύσουν θερμότητα, δηλαδή να αξιοποιήσουν τον ήλιο για τη θέρμανσή τους, ούτε μπορούν να έχουν το καλοκαίρι φυσικό δροσισμό.

Η αναγκαία ποσότητα της θερμικής μάζας υπολογίζεται με βάση την αναγκαία θερμοχωρητικότητα του κτηρίου και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών που την αποτελούν. Η ικανή και αναγκαία θερμοχωρητικότητα των κτηρίων είναι διαφορετική για κάθε κλίμα, ανάλογη της διαφοράς μεταξύ χειμερινών και θερινών θερμοκρασιών και ανάλογη των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μεταξύ μέρας και νύχτας κάθε τόπου. Όσο μεγαλύτερες είναι αυτές οι διαφορές, τόσο ο ρόλος της θερμικής μάζας γίνεται σημαντικότερος για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης στα κτήρια. Στο ελληνικό κλίμα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού κυμαίνεται στους 30 – 35 °C και φτάνει συχνά τους 40 °C. Το χειμώνα, οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας είναι της τάξης των 8 – 10 °C, ενώ το καλοκαίρι είναι 10 – 15 °C και μπορεί, ανάλογα με τον τόπο και το φυσικό περιβάλλον, να φτάσουν μέχρι τους 20 °C. **Στο κλίμα της Ελλάδας η ύπαρξη θερμικής μάζας είναι μία από τις βασικότερες προϋποθέσεις που δίνουν τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας έως και 70% το χειμώνα και έως και 100% το καλοκαίρι.**

### 3.1.2 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

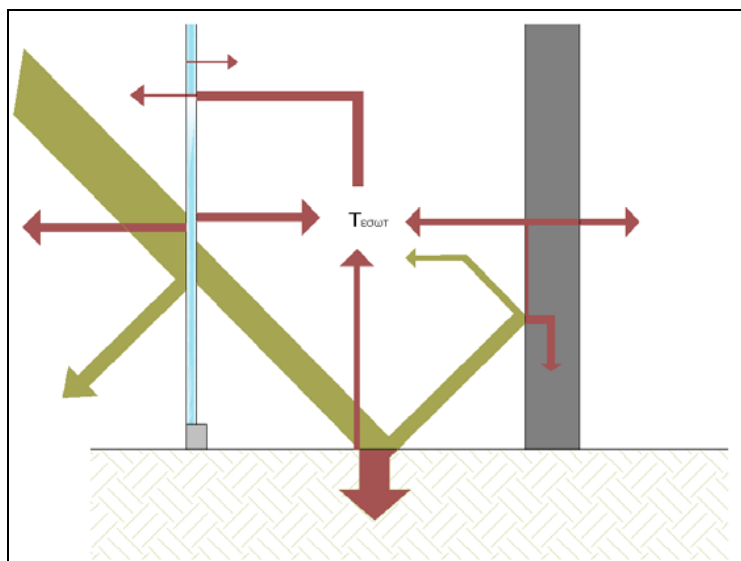
Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτηρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοιίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους

της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο της συλλογής στην αποθήκη θερμότητας ή και στο χώρο που θα θερμανθεί. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης) επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της:

- ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον
- ένα ποσοστό, που είναι το τμήμα που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας -φωτεινή ακτινοβολία- διαπερνά τον υαλοπίνακα, και
- ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επαναακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

Το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που ανάλογα με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, διέρχεται στον εσωτερικό χώρο είναι μικρού μήκους κύματος (0.4-0.8  $\mu\text{m}$ ). Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και τα αντικείμενα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο και, αλλάζοντας μήκος κύματος, μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος). Ο υαλοπίνακας και τα διαφανή εν γένει υλικά είναι αδιαπέραστα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα. Η με αυτό τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα, δεν μπορεί να διαπεράσει ως θερμική ακτινοβολία τον υαλοπίνακα, εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία ή από ειδικά διαμορφωμένα «αποθήκη θερμότητας» και πλέον μεταδίδεται στο χώρο με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου (Εικόνα 3.9) (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).



Εικόνα 3.9 Συμμετοχή της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμικό ισοζύγιο του κτηρίου (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους. Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα είναι:

- Σύστημα άμεσου κέρδους – νότιο υαλοστάσιο
- Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος
- Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος
- Θερμοσιφωνικό πάνελο ή αεροσυλλέκτης
- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.
- Σύστημα απομονωμένου κέρδους.

### 3.1.2.1 Υλικά Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

#### Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι **διαφανή υλικά** (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι:

- Οι θερμοφυσικές ιδιότητες (διαπερατότητα, απορροφητικότητα και ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητας).
- Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των όψεων του κτηρίου και η οποία συνδέεται και με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού, (π.χ. συντελεστής ηλιακής ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας).
- Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.
- Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.
- Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν
- μικρότερο για να μην επιβαρύνεται η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτηριακές κατασκευές είναι: οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά), η διαφανής θερμομόνωση (TOTEE 20702-5/2010).

**Οι υαλοπίνακες** είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Μειονέκτημα είναι το βάρος και η μικρή αντοχή τους σε μηχανική κρούση,

εκτός εάν έχουν υποστεί ανάλογη επεξεργασία (π.χ. υαλοπίνακες ασφαλείας - τύπου "securit"). Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από 0,78 - 0,91, ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η διαπερατότητα του συστήματος, αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Ανακλαστικοί και απορροφητικοί υαλοπίνακες με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο. Αντίθετα, ενδείκνυνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (low emissivity ή low-e), κατάλληλα τοποθετημένοι, οι οποίοι περιορίζουν τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας με ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτηρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτηρίου σε φυσικό φως (TOTEE 20702-5/2010).

**Τα σκληρά πλαστικά** ανήκουν στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Ανάλογα με την επεξεργασία και τη χημική σύσταση διακρίνονται σε ακρυλικά, σε πολυεστερικά, σε πολυκαρβονικά και σε προϊόντα πολυαιθυλενίου. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση και έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν, συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και μικρότερη αντίσταση στη φωτιά. Τα πολυκαρβονικά (polycarbonate-PC) είναι σκληρά και διαφανή, με αντίσταση στη φωτιά και χαρακτηρίζονται από ευκολία στη διεργασία τους για να σχηματίζουν καμπύλες μορφές. Ο συντελεστής της θερμικής τους αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,190 έως 0,220 W/mK και η διαπερατότητά τους στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,40 έως 0,80, αναλόγως με το χρωματισμό τους. Είναι σχετικά ελαφρά υλικά (με πυκνότητα τάξης μεγέθους των 1200 kg/m<sup>3</sup>). Χαρακτηρίζονται από χαμηλή αντοχή σε ρηγμάτωση -η οποία μπορεί να συμβεί λόγω μηχανικών καταπονήσεων, έκθεση σε οργανικά υγρά και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες- που μπορεί όμως να περιορισθεί με την κατάλληλη διεργασία. Όταν δέχονται αρκετά αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία αλλοιώνεται η χρωματική τους εμφάνιση και η ρητίνη τους μπορεί να διαβρωθεί, σε βάθος 25μm από την εκτιθέμενη επιφάνεια (Legrand & Bendler,2000). Τα πολυακρυλικά PMMA (γνωστά ως πλεξιγκλάς) ανήκουν επίσης στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Πρόκειται για σκληρά, διαφανή και αρκετά ελαφριά υλικά (πυκνότητα της τάξης μεγέθους των 1150-1190 kg/m<sup>3</sup>). Η διαπερατότητά τους στο ορατό φως είναι της τάξης του 0.92 και η θερμική τους αγωγιμότητα της τάξης των 0,200 W/mK. Έχουν μεγαλύτερη σταθερότητα στους περιβαλλοντικούς παράγοντες, σε σχέση με τα πολυκαρβονικά, και μικρή αντίσταση σε διαλύτες και σε αρκετές χημικές ενώσεις (Mc Keen, 2008). Τα πολυεστερικά χαρακτηρίζονται από την ανθεκτικότητά τους στις κλιματικές μεταβολές και στη γήρανση.

Εμφανίζουν καλή συμπεριφορά στην υπεριώδη ακτινοβολία και δεν επηρεάζονται σε θερμοκρασιακό εύρος από  $-40^{\circ}\text{C}$  έως  $+100^{\circ}\text{C}$ . Όταν ενισχύονται με υαλοίνες (fiber glass) αυξάνεται η αντοχή τους, αλλά μειώνεται η διαύγειά τους.

**Η διαφανής μόνωση** (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Αναλόγως με τη δομή του θερμομονωτικού, την τοποθέτηση των κυψελών σε σχέση με τη διατομή του τοίχου, η διαπερατότητα του TIM στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,73 έως 0,82, με αντίστοιχες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας από 0,800 έως 1,100W/m<sup>2</sup>K (Platzer & Goetzberger, 1996; Kerschberger & Binder, 2006).

### **Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων. Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

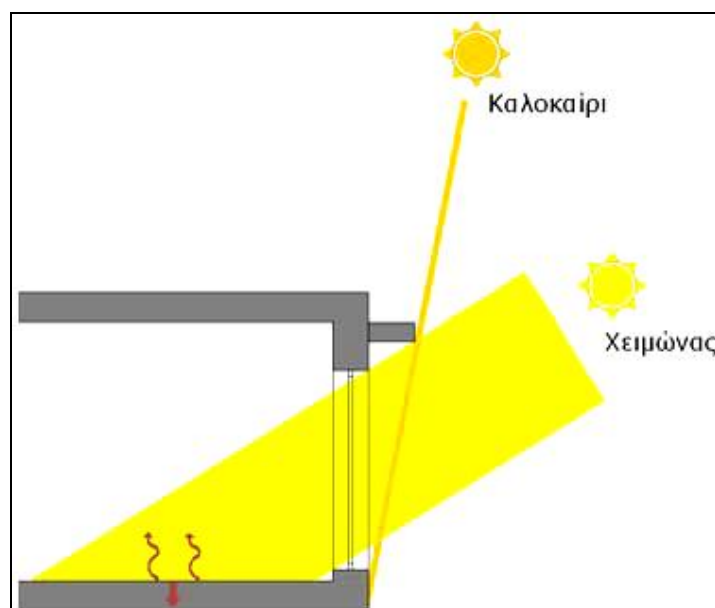
- **το σκυρόδεμα:** εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- **η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- **το νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- **τα υλικά αλλαγής φάσης** (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Σημειώνεται ότι τα θερμομονωτικά υλικά διαθέτουν ελάχιστη θερμοχωρητικότητα και η τοποθέτησή τους στην εσωτερική παρειά των δομικών στοιχείων σχεδόν μηδενίζει τη συνεισφορά της θερμικής μάζας του δομικού στοιχείου. Γι' αυτό η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης στα κτήρια που αξιοποιούν παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να γίνεται με περίσκεψη και στην περίπτωση που πραγματοποιείται να μην αφορά το σύνολο του κελύφους που περικλείει τον θερμαινόμενο χώρο, εκτός αν διατίθεται για την αποθήκευση της θερμότητας συγκεντρωμένη θερμική μάζα στον κατοικήσιμο χώρο, π.χ. ένας εσωτερικός τοίχος ή δάπεδο μεγάλου πάχους από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

Επισημαίνεται ότι σε κτήρια με εξωτερική τοιχοποιία από εμφανή λιθοδομή, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα, η θερμομόνωση, για αισθητικούς λόγους τοποθετείται εσωτερικά, ακυρώνοντας τη θερμοχωρητικότητα του υλικού. Στην περίπτωση αυτή πρέπει είτε να προστίθενται στοιχεία μεγάλης θερμοχωρητικότητας στο εσωτερικό του κτηρίου (εσωτερικές τοιχοποιίες, δάπεδα κοκ με υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας), είτε η λιθοδομή να μετατραπεί σε τοιχοποιία με πυρήνα. Το υλικό της εσωτερικής τοιχοποιίας πρέπει να έχει επίσης ικανή θερμοχωρητικότητα (π.χ. οπτόπλινθοι), ενώ στο διάκενο τοποθετείται η θερμομόνωση (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

### 3.1.2.2 Σύστημα άμεσου κέρδους – Νότιο υαλοστάσιο

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτηρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας (Εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10 Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους ( Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται, αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου.

Είναι σημαντικό, ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτηρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο - καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτηρίου- αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιοφάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).

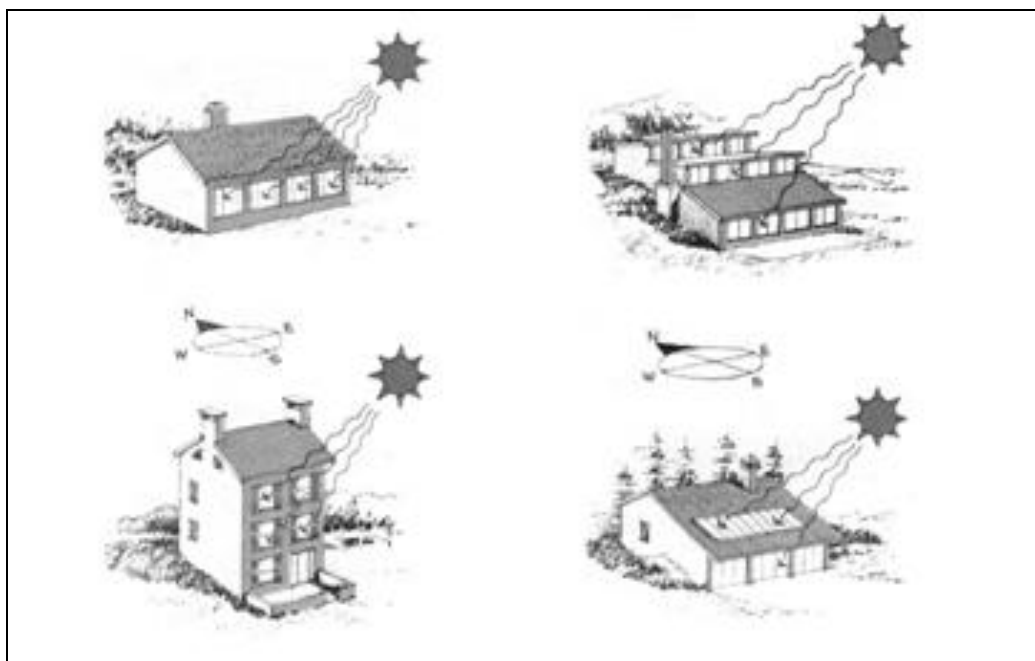
Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία *νυχτερινού αερισμού*, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων, ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτηρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» από ένα κτήριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτηρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%. *Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.*

#### **Τα κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα στο σύστημα του άμεσου κέρδους αφορούν:**

- Στην περίοδο ηλιασμού του ανοίγματος: Η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να εισέρχεται στο κτήριο το χειμώνα και να αποτρέπεται το καλοκαίρι. Ο προσανατολισμός και η κατάλληλη ηλιοπροστασία συμβάλλουν σε αυτό. Η νότια πρόσοψη ή με απόκλιση 30° ανατολικά ή δυτικά από το Νότο δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία κατανομημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο: τη μέγιστη μέση τιμή στη χειμερινή περίοδο και την ελάχιστη μέση τιμή στη θερινή. Επίσης δέχεται τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιασμού στη χειμερινή περίοδο.

Μονώροφα κτήρια με μικρό βάθος, τοποθετημένα με την κύρια όψη τους στο Νότο, ή πολυώροφα κτήρια με νότια πρόσοψη ή κλιμακωτές διατάξεις κτηρίων, για να εκμεταλλεύονται το νότιο προσανατολισμό, είναι αρχιτεκτονικές συνθέσεις που ευνοούν την εφαρμογή του συστήματος άμεσου κέρδους (Εικόνα 3.11). Επίσης το άνοιγμα πρέπει να τοποθετείται σε τέτοια θέση στην όψη του κτηρίου ώστε να δέχεται ηλιακή ακτινοβολία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια. Παράθυρα οροφής, πριονωτές στέγες, φεγγίτες κλπ. Εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλουν στη διανομή της ακόμη και σε χώρους με δυσμενή προσανατολισμό (π.χ. βορινό).



*Εικόνα 3.11 Διατάξεις ανοιγμάτων άμεσου κέρδους (TOTEE 20702-5/2010; Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995; Niles Ph, Haggard K, 1980)*

Τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα στο Νότο (ή  $\pm 30^\circ$ ) δέχονται περίπου το 90% της ημερήσιας ακτινοβολίας, αλλά απαιτούν ηλιοπροστασία για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο. Ανοίγματα σε ανατολικό, δυτικό προσανατολισμό συνεισφέρουν επίσης, αλλά σε μικρότερο βαθμό, στη θέρμανση του χώρου. Και σ' αυτούς τους προσανατολισμούς απαιτείται ηλιοπροστασία για τον έλεγχο των θερμικών κερδών τη θερινή περίοδο.

Με τη χρήση εξωτερικών ανακλαστήρων (υλικά με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας), η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο άνοιγμα μπορεί να αυξηθεί έως και 40%. Ανακλαστικές επιφάνειες ή επιστρώσεις μπορεί επίσης να τοποθετηθούν στο εσωτερικό του κτηρίου για να κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία στις θέσεις όπου υπάρχει θερμική μάζα.

Σε σχέση με την κλίση, το κατακόρυφο νότιο υαλοστάσιο είναι προτιμότερο από το κεκλιμένο, γιατί το καλοκαίρι σκιάζεται ευκολότερα, ενώ το χειμώνα δέχεται εξίσου με το κεκλιμένο σημαντική ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας.

Γενικά η κατανομή των ανοιγμάτων επιλέγεται έτσι ώστε να διανέμεται η θερμότητα σε όλο τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Επίσης τα ανοίγματα διατάσσονται με τέτοιο τρόπο στην όψη ώστε η θερμική μάζα για την αποθήκευση να δέχεται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

- Στην ηλιοπροστασία: Η ηλιοπροστασία είναι απαραίτητη, επειδή το μεγάλο μέγεθος των ανοιγμάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του χώρου, ακόμη και κατά την περίοδο θέρμανσης. Ο κατάλληλος συνδυασμός και η διαστασιολόγηση εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων μπορεί να διασφαλίσει αποτελεσματικό ηλιακό έλεγχο και μείωση των ψυκτικών φορτίων τη θερινή περίοδο.
- Στην επιλογή του υαλοστασίου: Πλαίσιο με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (θερμομονωμένο πλαίσιο, μεταλλικό πλαίσιο με θερμική διακοπή, ξύλινο πλαίσιο κοκ), διπλός υαλοπίνακας ή ειδικοί θερμομονωτικοί υαλοπίνακες και αεροστεγανότητα του κουφώματος συμβάλλουν σε θετικό θερμικό ισοζύγιο, με το θερμικό όφελος από την ηλιακή ακτινοβολία να υπερκαλύπτει τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα.

Για την αύξηση της απόδοσης του συστήματος το χειμώνα εφαρμόζεται στα ανοίγματα **νυχτερινή κινητή θερμομόνωση**, που περιορίζει τις θερμικές απώλειες το βράδυ. Ενδείκνυνται ειδικά θερμομονωμένα φύλλα ασφαλείας και θερμομονωτικά πετάσματα. Ακόμη και η χρήση συμβατικών ρολών μειώνει τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα περίπου κατά 30%, και τα βενετικά στόρια και οι κουρτίνες κατά 5%. Όσο μεγαλύτερο είναι το άνοιγμα τόσο πιο επιτακτική είναι η εφαρμογή νυχτερινής μόνωσης. Στην αντίθετη περίπτωση, το άνοιγμα μπορεί να αποδώσει αρνητικά στο σύνολο του 24ωρου, καθώς επιτρέπει, λόγω μεγέθους, αυξημένες θερμικές απώλειες τη νύχτα. Η χρησιμοποίηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου βελτιώνει τη λειτουργία της κινητής μόνωσης των ανοιγμάτων, ιδιαίτερα σε κτήρια του τριτογενούς τομέα.

- Στην απαίτηση για φυσικό φωτισμό του κτηρίου με σύγχρονη αποφυγή θάμβωσης, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου. Η χωροθέτηση και διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων σε σχέση με το βάθος του φωτιζόμενου χώρου, η προστασία των ανοιγμάτων και η λαμπρότητα των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου πρέπει να συνυπολογίζονται.

Επίσης για την επιλογή του υαλοπίνακα, εκτός από το συντελεστή θερμοπερατότητας θα πρέπει να παίρνεται υπόψη διαπερατότητά του στη φωτεινή ακτινοβολία και να συνεκτιμώνται το επίπεδο του φυσικού φωτισμού που παρέχεται και οι συνθήκες οπτικής άνεσης.

### **Τα κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη στο σύστημα του «άμεσου κέρδους» αφορούν:**

- Στη θέση και τη διανομή των στοιχείων αποθήκευσης: Τα δομικά στοιχεία που λειτουργούν ως θερμική αποθήκη δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία που έχει διαπεράσει το υαλοστάσιο ή θερμαίνονται από τον αέρα του χώρου που ήδη έχει θερμανθεί. Γενικά, απαιτείται τετραπλάσια θερμική μάζα για να αποθηκεύσει την ίδια ποσότητα θερμότητας, αν αυτή θερμαίνεται έμμεσα από τον αέρα του δωματίου απ' ό,τι αν θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία.

Το δάπεδο υπερτερεί ως θερμική αποθήκη επειδή συνήθως δέχεται άμεσα την ακτινοβολία, σε αντίθεση με την οροφή. Γενικά, όμως, η κάλυψη του δαπέδου με έπιπλα και χαλιά από τους χρήστες, μπορεί να εμποδίζει την αποθήκευση θερμότητας σε αυτό. Οι τοιχοποιίες από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που δέχονται άμεσα ηλιακή ακτινοβολία (εσωτερικές ή εξωτερικές) είναι πολύ ικανές αποθήκες θερμότητας.

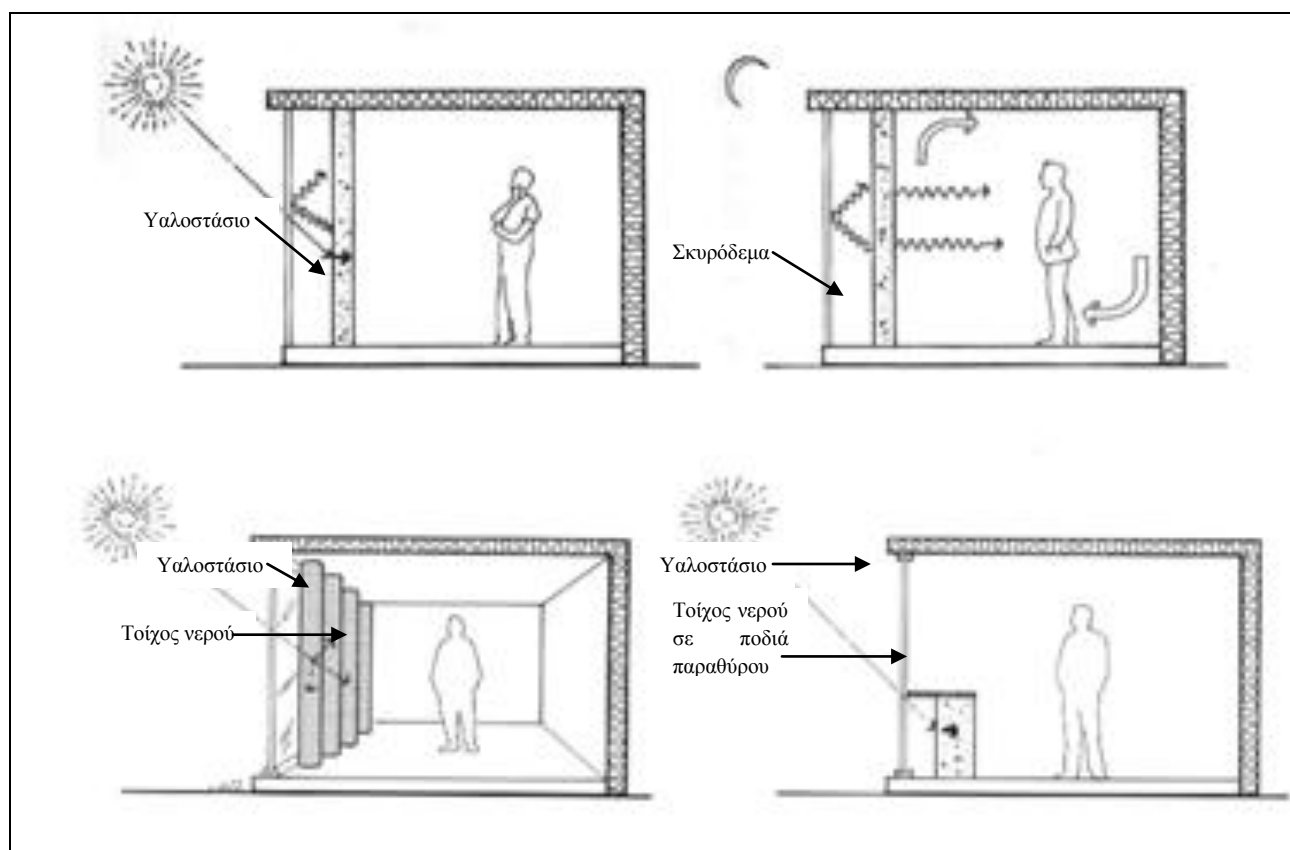
- Στο υλικό της θερμικής αποθήκης: Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα του υλικού τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποταμιεύεται. Συγχρόνως, όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που λειτουργεί ως αποθήκη τόσο μικρότερες είναι οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας. Από τα συνήθη οικοδομικά υλικά το σκυρόδεμα έχει την καλύτερη απόδοση, ενώ τη βέλτιστη έχει το νερό.
- Στο μέγεθος της επιφάνειας και το πάχος της θερμικής αποθήκης. Συνήθως τα πρώτα 10εκ. της θερμικής αποθήκης συμμετέχουν ενεργά και με μεγάλη απόδοση στη διαδικασία της αποθήκευσης, ενώ μετά τα 20εκ. η μάζα δεν έχει σχεδόν κανένα αποτέλεσμα στην ημερήσια αποθήκευση της θερμότητας και στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας. Αντίθετα, μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια θερμικής αποθήκης συμβάλλει σε μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο. Γενικά συνιστάται η ποσότητα της θερμικής μάζας να διανέμεται σε μεγάλη επιφάνεια παρά σε μεγάλο πάχος κατασκευής (TOTEE 20702-5/2010).

### **3.1.2.3 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος**

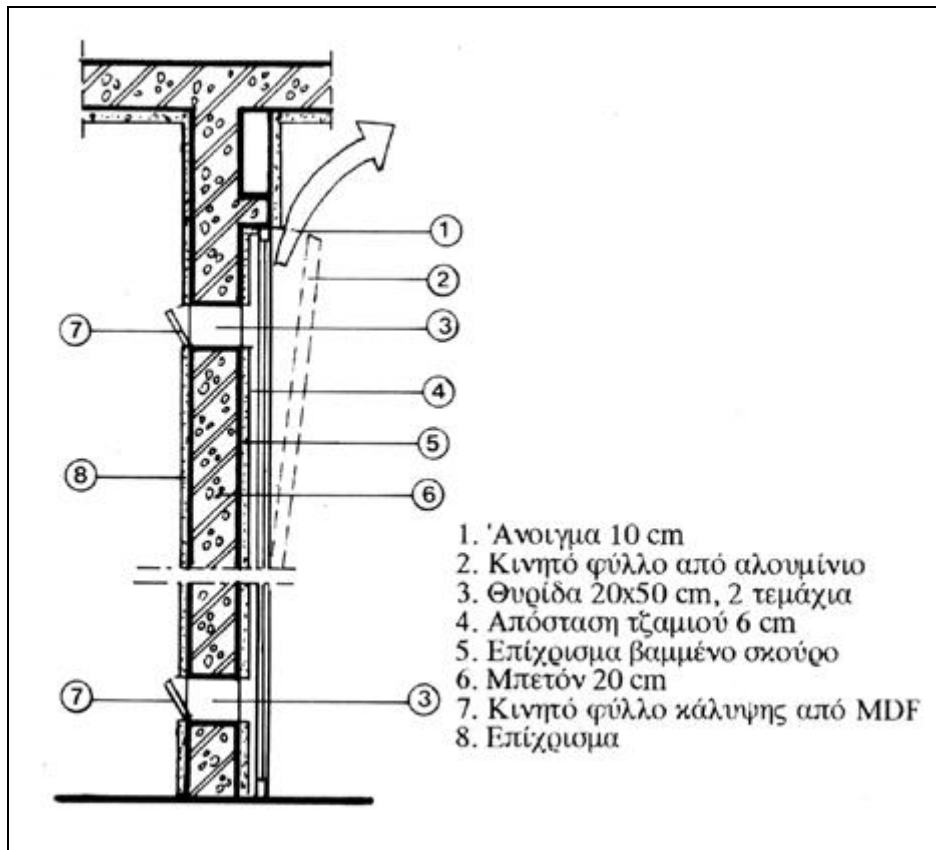
Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας), η οποία αποτελεί τμήμα του κτηριακού περιβλήματος. Αναλόγως της κατασκευής του διακρίνεται σε:

- Ηλιακό τοίχο μη θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού), Εικόνα 3.12.
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe-Michelle), Εικόνα 3.13.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση, με νότιο προσανατολισμό ή με απόκλιση έως  $30^\circ$ , προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως αποθήκη και διανομέας της θερμότητας, και ένα διαφανές υλικό τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 εκ. προς την εξωτερική του πλευρά, που χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στον τοίχο μπορεί να ενσωματώνονται θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα (τοίχος Trombe-Michelle).



Εικόνα 3.12 Τοίχος μη θερμοσιφωνικής ροής-τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.13 Τομή Ηλιακού τοίχου θερμοσιφωνικής ροής-τοιχος Trombe-Michelle (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από το διαφανές στοιχείο μετατρέπεται σε θερμότητα στο χώρο μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στον τοίχο. Από εκεί μεταδίδεται με αγωγιμότητα, με ακτινοβολία ή και με μεταφορά, ανάλογα με την κατασκευή του συστήματος, στο χώρο. Ταυτόχρονα το διαφανές υλικό και, σε ορισμένες περιπτώσεις επιπρόσθετα και το ακίνητο στρώμα αέρα μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου λειτουργεί ως μονωτικό στρώμα για τη μείωση των θερμικών απωλειών από το θερμό τοίχο προς το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον. Όσο μεγαλύτερη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία εμφανίζει η εξωτερική παρειά του τοίχου (βαφή με σκούρο χρώμα και αδρή επιφάνεια) τόσο αυξάνεται η απόδοση του συστήματος. Σε τοίχο με σκουρόχρωμη επιφάνεια αναπτύσσεται επιφανειακή θερμοκρασία μέχρι και 65°C. Οι θερμοκρασίες αυτές συνεπάγονται μεγάλες θερμικές απώλειες, με τρόπο ώστε, για την ίδια δυναμικότητα, ένα σύστημα εμμέσου κέρδους να απαιτεί 50 έως 90% μεγαλύτερη επιφάνεια συγκέντρωσης από ένα σύστημα αμέσου κέρδους (Balcomb D, 1992)

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης διακρίνονται σε:

- τοίχους που είναι κατασκευασμένοι από υλικά τοιχοποιίας, δηλαδή χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους, οπτόπλινθους (πλήρεις ή με οπές), πέτρα και ωμοπλίνθους και
- τοίχους που αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή από μπετόν και περιέχουν νερό.

Για την καλή λειτουργία του τοίχου, το βάθος του θερμαινόμενου χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4,5 με 6,0 μέτρα, που είναι η μέγιστη απόσταση για να είναι αποτελεσματική η θέρμανση του χώρου με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον θερμό τοίχο (TOTEE 20702-5/2010).

Μια παραλλαγή του συστήματος είναι ο τοίχος Trombe-Michelle. Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από υλικά τοιχοποιίας, με θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του συμπαγούς τμήματος, οπότε η μετάδοση της θερμότητας προς την πλευρά του εσωτερικού χώρου γίνεται -εκτός από την αγωγιμότητα- και με φυσικό θερμοσιφωνισμό. Ο αέρας, που βρίσκεται μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου, θερμαίνεται καθώς εφάπτεται στο θερμό τοίχο κι από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου εισέρχεται στον κατοικήσιμο χώρο, ενώ συγχρόνως εισέρχεται από την κάτω θυρίδα στο διάκενο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου, ο οποίος και θερμαίνεται. Με αυτόν τον τρόπο αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο στις περιόδους της ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως με τη θέρμανση του τοίχου και συνεχίζεται έως 2 με 3 ώρες μετά το σκιασμό του. Έχει υπολογιστεί ότι για έναν τοίχο από σκυρόδεμα πάχους 30εκ περίπου το 30% της συνολικής ροής ενέργειας γίνεται με θερμοσιφωνισμό και το υπόλοιπο 70% με αγωγή δια μέσου του τοίχου (Givoni B., 1998).

Κατά τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν (αρκεί μόνον το κλείσιμο των επάνω θυρίδων), ώστε να μην προκαλείται αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα. Οι θυρίδες μπορεί να κλείνουν χειροκίνητα ή με αυτοματισμό, με χρονομετρητή ή με θερμική ή οπτική διέγερση (όταν μειωθεί η εξωτερική θερμοκρασία ή το επίπεδο φωτισμού). Οι θυρίδες τοποθετούνται κατά μήκος όλου του τοίχου και όσο το δυνατόν πιο κοντά στην οροφή και στο δάπεδο. Η απόσταση μεταξύ των επάνω και κάτω θυρίδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2.0m και η συνολική επιφάνεια των θυρίδων να μην υπολείπεται του 2% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου. Το πάχος του τοίχου, ιδίως αυτού που λειτουργεί χωρίς θυρίδες, είναι καθοριστικό. Το βέλτιστο πάχος ενός τοίχου με υλικά τοιχοποιίας αυξάνεται καθώς αυξάνεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των υλικών. Η χρησιμοποίηση των θυρίδων γίνεται απαραίτητη όσο αυξάνει το πάχος του τοίχου, γιατί τότε η κυκλοφορία του θερμού αέρα παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη γρήγορη θέρμανση του εσωτερικού χώρου, παρά η μετάδοση θερμότητας με αγωγιμότητα από την εξωτερική στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου (TOTEE 20702-5/2010).

Το πάχος του τοίχου επηρεάζει και τη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα στο θερμαινόμενο χώρο. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του τοίχου τόσο μεγαλύτερη είναι η χρονική υστέρηση στη μετάδοση της θερμότητας και μικρότερες οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της

επιφανειακής θερμοκρασίας της εσωτερικής παρειάς του τοίχου και κατά συνέπεια και του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου.

Σε σχέση με τις θερμικές απώλειες που εμφανίζονται, η χρησιμοποίηση διπλού υαλοπίνακα κρίνεται ικανοποιητική. Η νυχτερινή κινητή μόνωση είναι απαραίτητη στις ψυχρότερες περιοχές. Επίσης για να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος, ο τοίχος πρέπει να μονωθεί από όλα τα δομικά στοιχεία με τα οποία εφάπτεται, για να περιοριστούν οι θερμογέφυρες.

Για το καλοκαίρι, θα πρέπει να προβλεφθεί ηλιοπροστασία και να ανοίγουν τμήματα του υαλοστασίου (φεγγίτες ή θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του υαλοστασίου) για να επιτρέπεται η διαφυγή του θερμού αέρα, που υπάρχει στο χώρο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου προς το εξωτερικό περιβάλλον και να εξασφαλίζεται αποφόρτιση της θερμότητας και δροσισμός του τοίχου.

Όταν πρόκειται για τοίχο Trombe, πέραν της εξωτερικής σκίασης, πρέπει να κλείνουν οι εσωτερικές θυρίδες προς το χώρο, ώστε να μη λειτουργεί το σύστημα και μεταφέρει θερμό αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου (TOTEE 20702-5/2010).

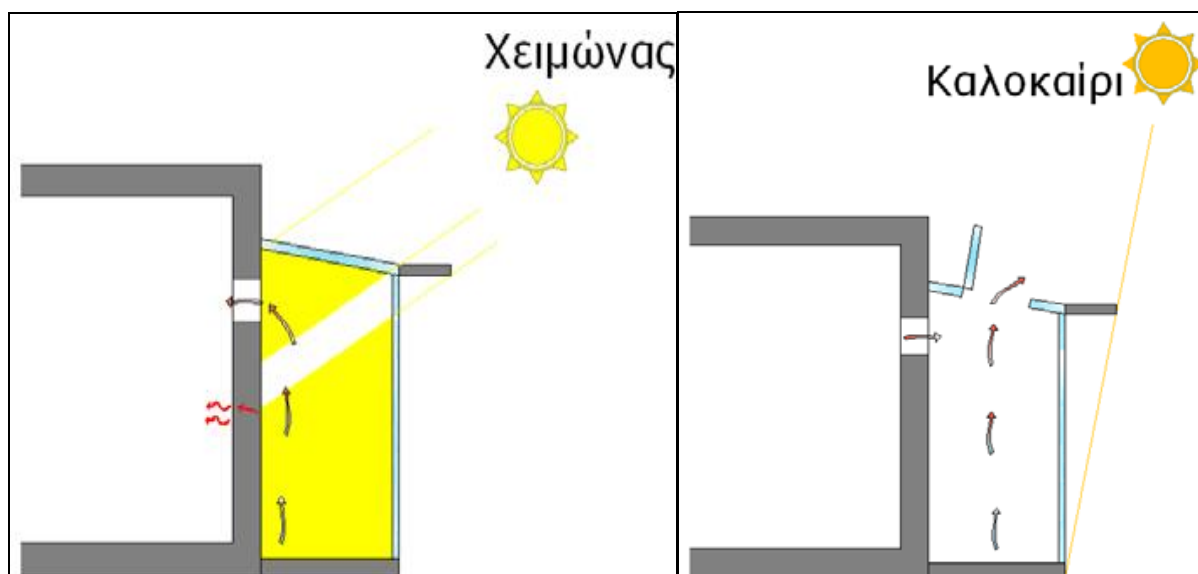
Στον τοίχο Trombe υπάρχει επίσης η δυνατότητα, με την ύπαρξη αντιδιαμετρικών ανοιγμάτων στο χώρο, σε συνδυασμό με τις θυρίδες του τοίχου και ανοιγμάτων (φεγγιτών) στα υαλοστάσια να δημιουργείται διαμπερής αερισμός που θα συμβάλλει στο δροσισμό του χώρου. Συγκεκριμένα, μπορεί να ανοίγει ένας φεγγίτης στο επάνω μέρος του υαλοστασίου και σε συνδυασμό με άνοιγμα της βόρειας όψης του κτηρίου, διατηρώντας κλειστή την επάνω θυρίδα αερισμού του τοίχου και ανοιχτή την κάτω, να δημιουργείται κίνηση αέρα στο χώρο (με το φαινόμενο της καμινάδας). Ο δροσισμός του χώρου επιτυγχάνεται με το δροσερό αέρα που μπαίνει από το βορινό άνοιγμα και την κίνηση του αέρα στο χώρο.

Σε κάθε περίπτωση, για τον καθαρισμό του συστήματος θα πρέπει να προβλέπεται κινητό υαλοστάσιο ή υαλοστάσιο που μπορεί εύκολα να αποσυναρμολογηθεί, ιδιαίτερα στην περίπτωση του τοίχου με θυρίδες.

#### **3.1.2.4 Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος**

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτήριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται

μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο (Σχήμα 3.14).



Εικόνα 3.14 Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική λύση, ο ηλιακός χώρος συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτήριο ή ενσωματώνεται σ' αυτό και συνδέεται με το κτήριο με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου (TOTEE 20702-5/2010).

Ευνόητο είναι ότι οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Για να χαρακτηριστεί ένας χώρος ως θερμοκήπιο, πρέπει να μην είναι θερμαινόμενος, να προσαρτάται στο κτήριο και να διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό (προς το Νότο, με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ ), διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιστέγαση του ηλιακού χώρου μπορεί να είναι συμπαγής ή διαφανής. Επίσης, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτήριο, ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους και έναν υάλινο τοίχο προς το Νότο (Εικόνα 3.15). Θερμοκήπια θεωρούνται και τα αίθρια στον πυρήνα των κτηρίων, σκεπασμένα με γυάλινη επιστέγαση, που είναι ανεξάρτητοι μη θερμαινόμενοι χώροι.

Ο ηλιακός χώρος συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών, διευκολύνει την παραγωγή αγροτικών προϊόντων για οικιακή χρήση και προσφέρει χρηστικό χώρο στους ενοίκους.



*Εικόνα 3.15 Θερμοκήπιο με τρεις κοινούς τοίχους και νότιο υαλοπέτασμα.*

Ο χώρος του θερμοκηπίου θερμαίνεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Συγχρόνως η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον πίσω συμπαγή τοίχο του θερμοκηπίου ή/και το δάπεδο, μετατρέπεται σε θερμότητα και ένα ποσοστό μεταφέρεται στο κτήριο. Από αυτή την άποψη, το προσαρτημένο θερμοκήπιο είναι ένα εκτεταμένο σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης, με τη μόνη διαφορά ότι το υαλοστάσιο είναι τοποθετημένο σε αρκετή απόσταση από τον τοίχο, ώστε να δημιουργείται κατοικήσιμος χώρος για την ημέρα ή ένας χώρος όπου καλλιεργούνται φυτά.

Το θερμοκήπιο χαρακτηρίζεται από έντονη θερμική διαστρωμάτωση, με τις πιο θερμές μάζες του αέρα να ανυψώνονται προς την ανώτατη στάθμη του. Έτσι, τοποθέτηση θυρίδων στα υψηλότερα σημεία του στοιχείου που συνδέει το θερμοκήπιο με το κτήριο είναι ικανές να προσάγουν θερμό αέρα στους θερμαινόμενους χώρους του κτηρίου (TOTEE 20702-5/2010).

Το θερμοκήπιο-ηλιακός χώρος, επίσης, λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτηρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον (χώρος θερμικής ανάσχεσης, tampon espace, buffer zone). Σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας ο ηλιακός χώρος έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κι έτσι συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών από το κτήριο. Σε ψυχρά όμως κλίματα, κατά τις νυχτερινές ώρες, μπορεί να συμβάλλει σε αύξηση θερμικών απωλειών, όταν ο ενδιάμεσος τοίχος δεν είναι επαρκώς μονωμένος. Σε ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια, η εσωτερική θερμοκρασία σ' ένα θερμοκήπιο με διπλό υαλοστάσιο φθάνει τουλάχιστον στους 10° C όταν η εξωτερική είναι 0° C.

Η θερμική συνεισφορά του ηλιακού χώρου εξαρτάται από το γεωμετρικό σχήμα και τον τρόπο σύνδεσής του με το κτήριο. Η απόδοσή του είναι συγκρίσιμη και πολλές φορές καλύτερη από την

απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης, που έχει την ίδια επιφάνεια υαλοστασίου. Οι επί πλέον θερμικές απώλειες μέσω της οροφής και των τοίχων που περιβάλλουν έναν ηλιακό χώρο αντισταθμίζονται από το γεγονός ότι το υαλοστάσιο έχει τη βέλτιστη κλίση. Υπολογίζεται ότι κατά τους χειμερινούς μήνες 10% έως 30% από την θερμότητα που προέρχεται από τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας από έναν ηλιακό χώρο μεταφέρεται στους παρακείμενους χώρους του κτηρίου. Σε σύγκριση με τα συστήματα άμεσου κέρδους, το θερμοκήπιο συγκεντρώνει περισσότερη ενέργεια. Το γεγονός αυτό δεν οφείλεται αποκλειστικά στη μεγαλύτερη επιφάνεια του υαλοστασίου, αλλά στη κλασική μορφή των θερμοκηπίων (Jones R, McFarland R, 1983).

Υπάρχουν πέντε βασικές μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας από τον ηλιακό χώρο στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου:

- Με απευθείας είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτηρίου (στην περίπτωση που υπάρχουν διαφανή στοιχεία στον ενδιάμεσο τοίχο).
- Με μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στο χώρο με θερμοσιφωνισμό (στην περίπτωση που υπάρχουν ανοίγματα ή θυρίδες στον ενδιάμεσο τοίχο) ή με βεβιασμένη μεταφορά (θυρίδες ενισχυμένες με ανεμιστήρες).
- Με αγωγιμότητα μέσω των διαχωριστικών τοίχων θερμοκηπίου-κτηρίου (σε αυτή την περίπτωση ο ενδιάμεσος τοίχος δε διαθέτει θερμομόνωση κατά τη διάρκεια της ημέρας).
- Με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) και αποθήκευση της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο απ' όπου και μεταδίδεται με ακτινοβολία ή μεταφορά. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί και σε χώρους που δεν δέχονται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία.
- Με συνδυασμό των ανωτέρω.

Ανάλογα με τη θερμική σύνδεση και τον επιθυμητό τρόπο μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής της θερμότητας, ο διαχωριστικός τοίχος και το διαχωριστικό υαλοστάσιο μεταξύ θερμοκηπίου και κατοικήσιμου χώρου, θερμομονώνεται ή όχι και εφαρμόζεται νυχτερινή μόνωση (η οποία εφαρμόζεται και τη θερινή περίοδο) (TOTEE 20702-5/2010).

- Στη μέθοδο της απευθείας εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτήριο, τμήμα του κοινού τοίχου μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτηρίου αποτελείται από υαλοστάσιο. Ένα σημαντικό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο υαλοστάσιο του θερμοκηπίου εισέρχεται στο κτήριο απευθείας μέσα από ενδιάμεσα ανοίγματα, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο θερμοκήπιο και το θερμαίνει. Σ' αυτήν την περίπτωση το σύστημα λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Το πλεονέκτημα σε σχέση με το σύστημα του άμεσου κέρδους είναι ότι

μειώνονται οι θερμικές απώλειες από το υαλοστάσιο του θερμαινόμενου χώρου, επειδή μεσολαβεί το θερμοκήπιο, όπου αναπτύσσεται υψηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον.

- Η μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον εσωτερικό χώρο (είτε ο διαχωριστικός τοίχος διαθέτει ανοίγματα είτε όχι) βασίζεται στο φυσικό θερμοσιφωνισμό ή υποστηρίζεται από ανεμιστήρες. Για τη φυσική μεταφορά της θερμότητας απαιτούνται ανοίγματα (παράθυρα ή πόρτες ή θυρίδες) στον κοινό τοίχο θερμοκηπίου – κτηρίου, που ανοίγουν αυτόματα ή χειροκίνητα και έτσι δημιουργείται φυσική κυκλοφορία του θερμού αέρα. Όσο υψηλότερα είναι τοποθετημένα τα ανοίγματα στο διαχωριστικό τοίχο και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροή της θερμότητας από το θερμοκήπιο στον κυρίως χώρο. Η θερμότητα που αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο μπορεί, στη συνέχεια, να αποταμιευθεί στα εσωτερικά δομικά στοιχεία όπως και στην περίπτωση του άμεσου κέρδους. Αν χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες, με χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία, η θερμοκρασία μπορεί να διοχετευθεί και στους βορινούς χώρους, που δεν δέχονται ηλιακή ακτινοβολία, και να αποταμιευθεί σε ειδικά στοιχεία αποθήκευσης, ή στα δομικά τους στοιχεία.

- Η μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα μέσα από τους κοινούς τοίχους θερμοκηπίου–κτηρίου είναι ο πιο συνηθισμένος και αποτελεσματικός τρόπος για τη θερμική σύνδεση του κτηρίου με το θερμοκήπιο. Σ' αυτή την περίπτωση ο διαχωριστικός τοίχος δεν έχει θερμική μόνωση και ουσιαστικά λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες όπως και στο σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης: από το μέγεθος του υαλοστασίου, τον προσανατολισμό, την κλίση και τις ιδιότητες του υαλοστασίου του ηλιακού χώρου κι από την επιφάνεια, το πάχος, το υλικό κατασκευής και το χρώμα του διαχωριστικού τοίχου. Το πάχος του μη θερμομονωμένου διαχωριστικού τοίχου (από σκυρόδεμα ή συμπαγή πλινθοδομή) κυμαίνεται από 20-35 εκ. Όταν υπάρχει υδάτινος τοίχος μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτηρίου, ο όγκος του νερού προσδιορίζει τη διακύμανση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο και στους παρακείμενους κατοικήσιμους χώρους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού τόσο μικρότερες είναι οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Στην περίπτωση που η κατασκευή του θερμοκηπίου γίνεται σε περιοχή που χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες το βράδυ, επιβάλλεται η κινητή νυχτερινή θερμομόνωση του διαχωριστικού τοίχου, τόσο του διαφανούς όσο και του αδιαφανούς τμήματος όταν δεν είναι θερμομονωμένο (TOTEE 20702-5/2010).

- Η μετάδοση της θερμότητας με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) μπορεί να συνδυαστεί και με σύστημα σωληνώσεων που οδηγεί τον θερμό αέρα σε χώρο με θραυστό υλικό

(rock bed, lit de pierres), όπου και αποθηκεύεται η θερμότητα και αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με ακτινοβολία ή μεταφορά. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε εύκρατα κλίματα, όπου την ημέρα συλλέγεται πολύ περισσότερη θερμότητα από όση είναι αναγκαία για τη θέρμανση του χώρου.

Για την αποδοτική λειτουργία του θερμοκηπίου, ανεξάρτητα από τον τρόπο θερμικής του σύνδεσης με το κτήριο, πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση, η οποία εύκολα μπορεί να προκύψει ακόμη και το χειμώνα, λόγω της μεγάλης επιφάνειας των υαλοστασίων. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης απαιτείται ηλιοπροστασία το καλοκαίρι και συνιστάται να προβλέπονται αποσπώμενες γυάλινες επιφάνειες.

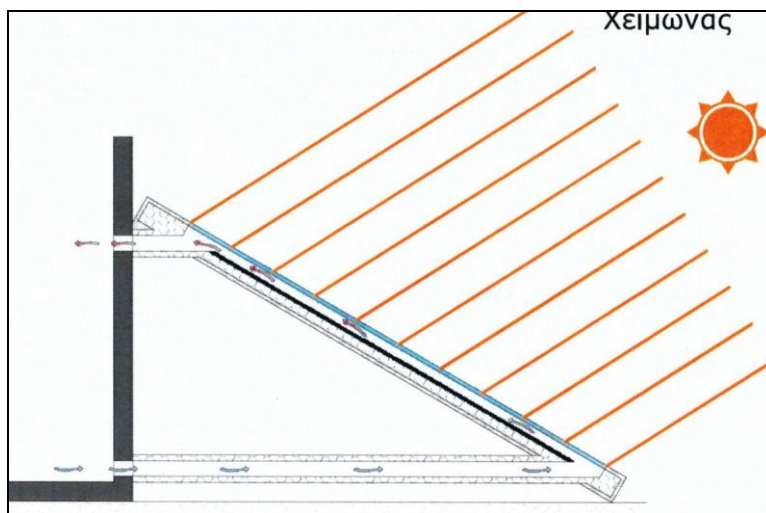
Η ηλιοπροστασία του θερμοκηπίου είναι απαραίτητη και μπορεί να συνδυαστεί και με τα συστήματα νυχτερινής μόνωσης. Επίσης είναι απαραίτητος ο αερισμός του θερμοκηπίου, ο οποίος λειτουργεί και ως μέσο ελέγχου της υπερθέρμανσης και της υγρασίας αλλά και για την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> που παράγεται το βράδυ, στην περίπτωση που ο ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια των φυτών. Για να δημιουργηθεί ρεύμα αέρα πρέπει να τοποθετηθούν περίπου ίδιου μεγέθους ανοίγματα στους απέναντι τοίχους, ή ανοιγόμενες θυρίδες στο άνω τμήμα του θερμοκηπίου (TOTEE 20702-5/2010; Τσίγκας Ε., 1994; Χατζόπουλος Γ., 1996).

### **3.1.2.5 Θερμοσιφωνικό πάνελο ή αεροσυλλέκτης**

Το Θερμοσιφωνικό πάνελο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κτηριακό κέλυφος ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτήριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους». Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτηρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας (σύστημα rock bed). Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30° από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις 30° - 40° για τον ελλαδικό χώρο (TOTEE 20702-5/2010).

Χαρακτηριστικό είναι ότι επειδή απομονώνεται εύκολα από το κτήριο δεν απαιτούνται στοιχεία ηλιοπροστασίας και επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί η βέλτιστη κλίση για τη χειμερινή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς επιπτώσεις υπερθέρμανσης. Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτήριο με θυρίδες εισροής και

εκροής του αέρα του εσωτερικού χώρου προς και από το πάνελ. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται καθ' όλο το πλάτος του πάνελου, με διάμετρο 20-30cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πάνελου από την κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του. Σχηματική παράσταση της λειτουργίας του θερμοσιφωνικού πάνελου φαίνεται στην Εικόνα 3.16.



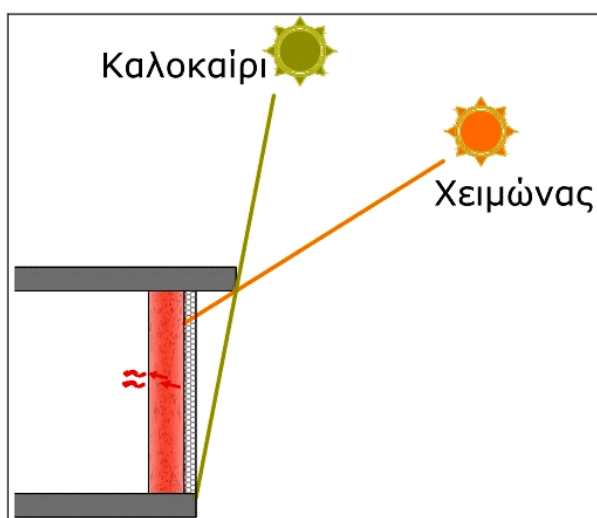
Εικόνα 3.16 Σχηματική παράσταση της λειτουργίας του θερμοσιφωνικού πάνελου (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Η απόδοση του θερμοσιφωνικού πάνελου αυξάνεται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων στο συλλέκτη, σε σχέση με απλούς υαλοπίνακες, ιδιαίτερα για τα πιο ψυχρά κλίματα. Το βέλτιστο μήκος του συλλέκτη έχει εκτιμηθεί στα 3m (Norton B., Probert S.D., 1984).

Το θερμοσιφωνικό πάνελο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κοκ. Το πλεονέκτημά του, σε σχέση με το άμεσο κέρδος που, επίσης, αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο, είναι ότι αποφεύγεται η θάμβωση από μεγάλους υαλοπίνακες, η υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, καθώς κι οι αυξημένες απώλειες θερμότητας τη νύχτα. Εκτός αυτού, τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικώς από το κτήριο (κλείσιμο των θυρίδων, σκίαση του πάνελου, άνοιγμα του υαλοπίνακα στο ανώτατο και κατώτερο μέρος του), αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου. Το κλείσιμο των θυρίδων είναι επίσης πολύ σημαντικό τη νυχτερινή περίοδο, προς αποφυγή θερμικών απωλειών. Κάτι τέτοιο καθιστά την εφαρμογή συστήματος αυτοματισμών σχεδόν επιτακτική, προς αποφυγή δυσλειτουργίας του συστήματος από αμέλεια των χρηστών. Σε περίπτωση που τοποθετείται κεκλιμένα, το θερμοσιφωνικό πάνελο έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο. Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονισθεί αισθητικά με το κτήριο πιο εύκολα (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.2.6 Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ , με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα (Σχήμα 3.17). Η εξωτερική παρειά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται μεν ο συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών του διαφανούς θερμομονωτικού υλικού (μικρότερος σε σχέση με εκείνον του καθαρού γυαλιού), αλλά καθώς ο τοίχος είναι πλέον θερμομονωμένος, αυξάνουν τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας.



Εικόνα 3.17 Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση ( Axarli K., Demetriou M., 2005 )

Η διαφανής μόνωση είναι θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής. Λόγω της δομής της, επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να διαπεράσει τη μάζα της, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται ηλιακά κέρδη, μικρότερα σε σχέση με τα ηλιακά κέρδη καθαρού τζαμιού, με πολύ μικρότερες όμως θερμικές απώλειες. Έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρότερους μήνες και δεν απαιτεί αυτοματισμούς ή τη συμμετοχή του χρήστη για την ορθή θερμική λειτουργία του συστήματος (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

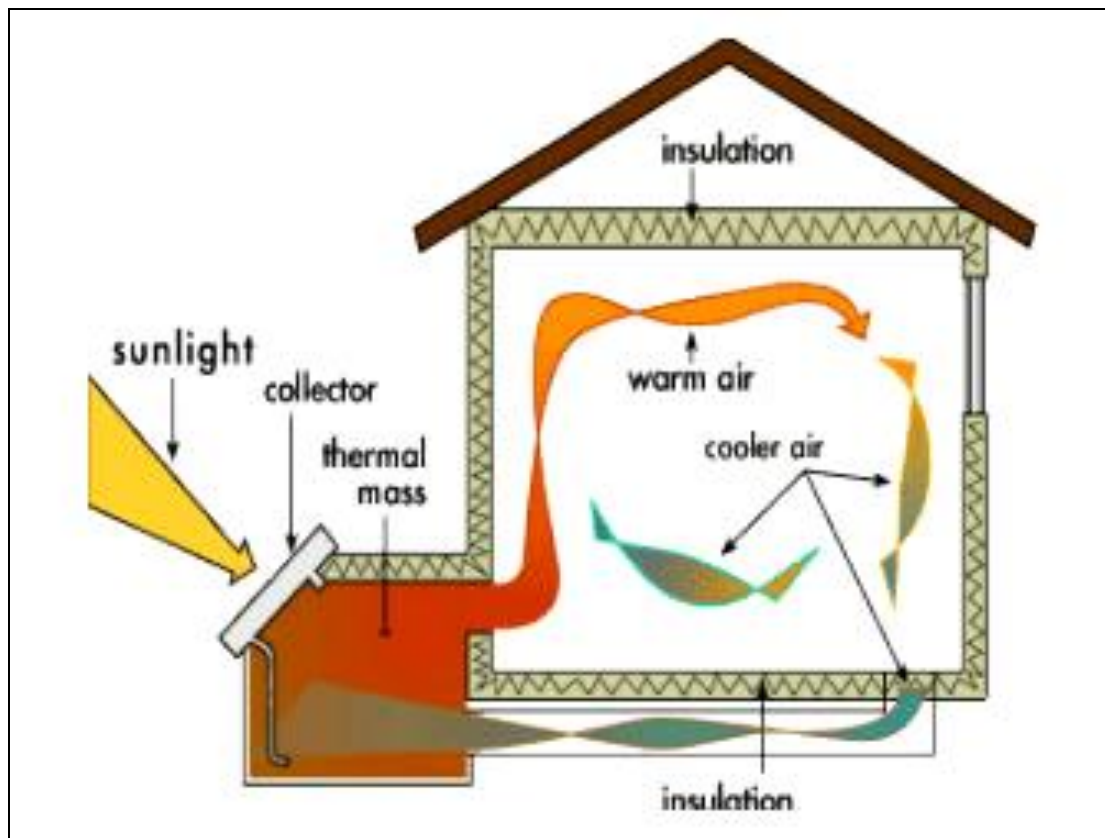
Τη θερινή περίοδο πρέπει οπωσδήποτε να σκιάζεται εξωτερικά είτε με προεξοχές είτε με κατακόρυφα, εξωτερικά σκίαστρα, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου. Ως προς τη χειμερινή του λειτουργία, δε χρειάζεται νυχτερινή θερμική προστασία. Η ενέργεια που αποδίδεται από το αδιαφανές στοιχείο με διαφανή μόνωση στο εσωτερικό του κτηρίου εξαρτάται από τα εξής:

- Τον προσανατολισμό και τη σκίαση του τοίχου από τον περιβάλλοντα χώρο, προεξοχές του κτηρίου ή/και εξωτερικά σκίαστρα.

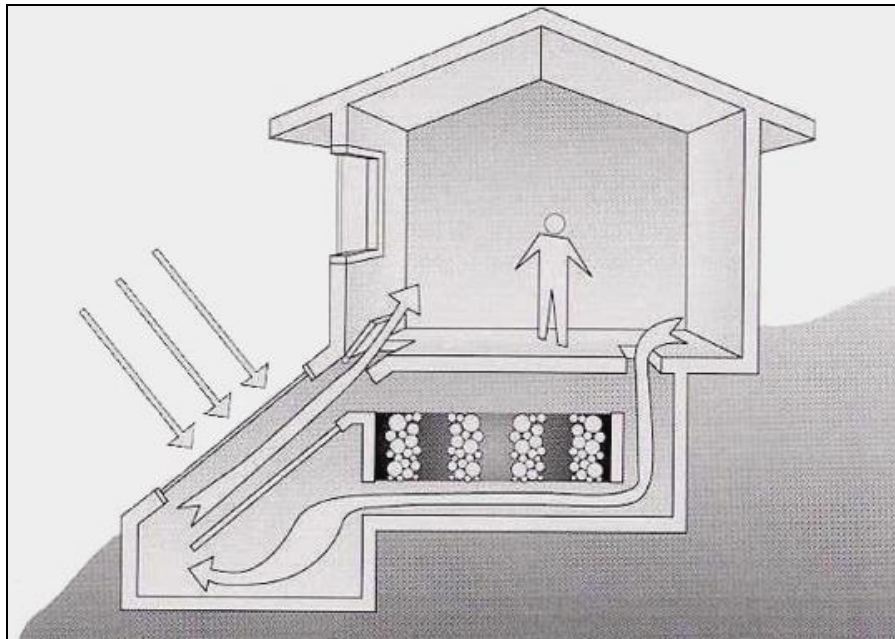
- Το διαφανές υλικό και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του (συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών).
- Το εμβαδόν της συλλεκτικής επιφάνειας του τοίχου, την απορροφητικότητα και την θερμοπερατότητα (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.2.7 Σύστημα απομονωμένου κέρδους

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια ηλιοσυλλογής δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε (Εικόνα 3.18). Μεταξύ αυτής της επιφάνειας και το χώρο διαβίωσης υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας. Στα πραγματικά παθητικά ηλιακά συστήματα η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μη μηχανικά μέσα και βασίζεται κυρίως στην άνωση, μεταγωγή και ακτινοβολία της θερμότητας. Παράδειγμα απομονωμένου κέρδους είναι το θερμοσιφωνικό πάνελ (Εικόνα 3.16) και το rock bed (Εικόνα 3.19) (TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.18 Σύστημα απομονωμένου κέρδους (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.19 Σύστημα Απομονωμένου – Έμμεσου κέρδους. Rock Bed (Πηγή: Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995)

### 3.1.3 Παθητικός Δροσισμός Ηλιοπροστασία

Η στρατηγική του παθητικού δροσισμού αποσκοπεί στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτηρίου. Πρώτο βήμα για την επίτευξή της είναι η προστασία του κτηρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας. Το επόμενο βήμα είναι η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι τεχνικές και σχεδιαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτηρίου, οι οποίες συμβάλλουν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι ακόλουθες:

- **Ηλιοπροστασία** του κτηρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.
- **Χρώμα και υφή** των εξωτερικών επιφανειών.
- **Επάρκεια θερμικής μάζας** του κτηρίου, η οποία περιορίζει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα.
- **Θερμομόνωση** του κελύφους του κτηρίου, η οποία μειώνει το ψυκτικό του φορτίο.
- **Φυσικός αερισμός** του εσωτερικού χώρου του κτηρίου, είτε με φυσικό, είτε με εξαναγκασμένο-μηχανικό τρόπο για την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας στα δομικά του στοιχεία.
- **Νυχτερινή ακτινοβολία** θερμότητας προς τον ουρανό.

- **Διαμόρφωση μικροκλίματος**, βελτίωση των συνθηκών του άμεσου εξωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου, με τη χρήση βλάστησης, υδάτινων επιφανειών και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών κλπ) (TOTEE 20702-5/2010).

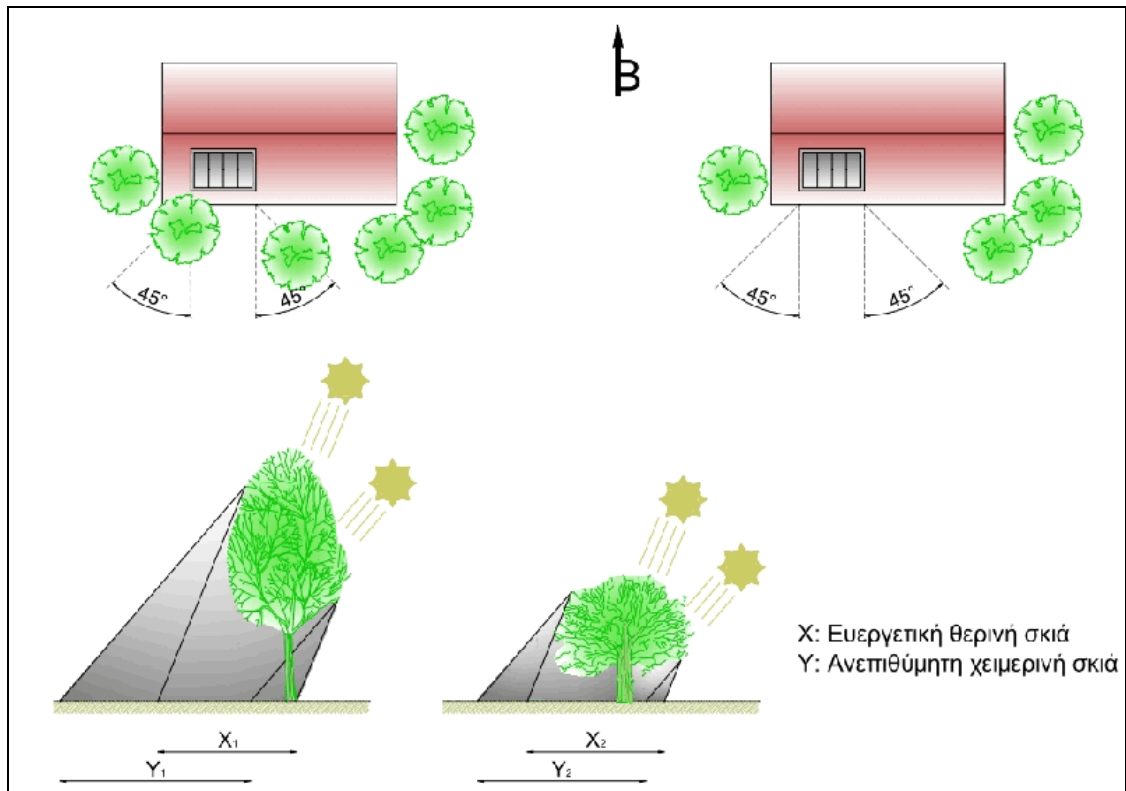
### **3.1.3.1 Ηλιοπροστασία**

Το καλοκαίρι οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές και η ηλιακή ακτινοβολία έντονη, με αποτέλεσμα το κτήριο να απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα όταν είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, με άμεσες επιπτώσεις στο εσωτερικό του (κίνδυνος υπερθέρμανσης). Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα, ο σκιασμός του κτηρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, είναι αναγκαίος για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, ενώ για τους μήνες Μάιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο είναι επιθυμητός κατά κανόνα τις μεσημβρινές ώρες. Κατά συνέπεια, τα συστήματα σκίασης πρέπει να παρέχουν αποτελεσματική προστασία από τον ήλιο το καλοκαίρι, χωρίς όμως να παρεμποδίζουν τον ηλιασμό του κτηρίου το χειμώνα ή να περιορίζουν τον φυσικό του φωτισμό.

#### **Ο σκιασμός του κτηρίου και των ανοιγμάτων**

Ο σκιασμός ολόκληρου του κτηρίου μπορεί να επιτευχθεί –υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται για χαμηλό κτήριο– με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε θέσεις κατάλληλες, έτσι ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες (Εικόνα 3.20). Παράλληλα η βλάστηση, απορροφώντας θερμότητα, μειώνει την εξωτερική θερμοκρασία (TOTEE 20702-5/2010).

Η σκίαση των ανοιγμάτων επιβάλλεται να είναι στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου, προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η συνεπαγόμενη υπερθέρμανση του χώρου. Η προστασία με σκίαστρα στο εσωτερικό των υαλοστασίων (π.χ. κουρτίνες, περσίδες) ή ανάμεσα στους υαλοπίνακες (π.χ. περσίδες) προσφέρει μεν μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως, δεν απαλλάσσει όμως το χώρο από την υπερθέρμανση. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι συνάρτηση του προσανατολισμού της όψης (TOTEE 20702-5/2010).



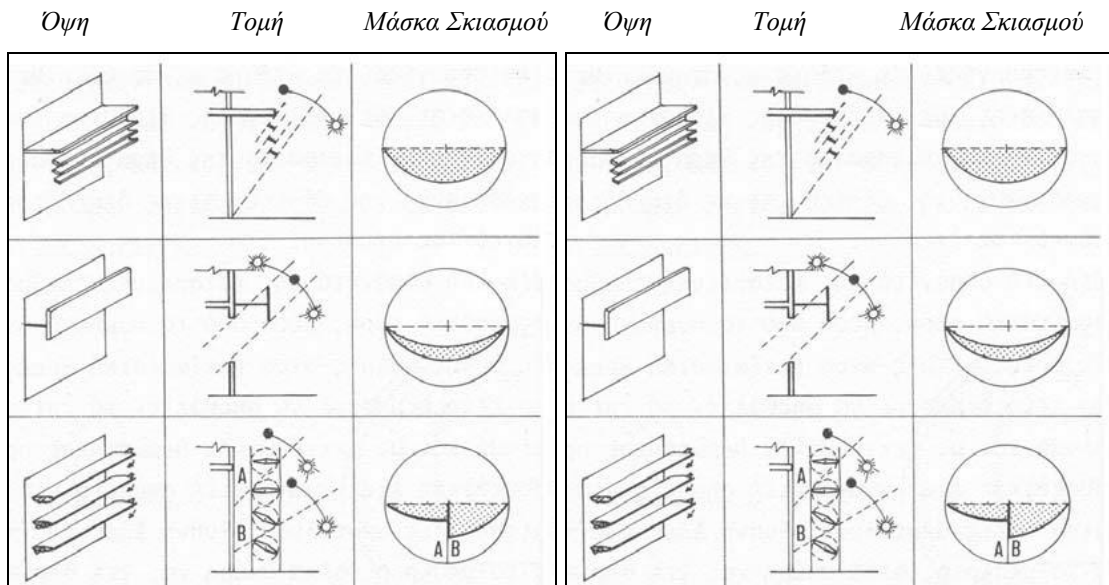
Εικόνα 3.20 Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι:

- ο προσανατολισμός της όψης,
- η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος),
- η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους
- η αισθητική του κτηρίου,
- ο παράγων οικονομία, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας του κτηρίου.

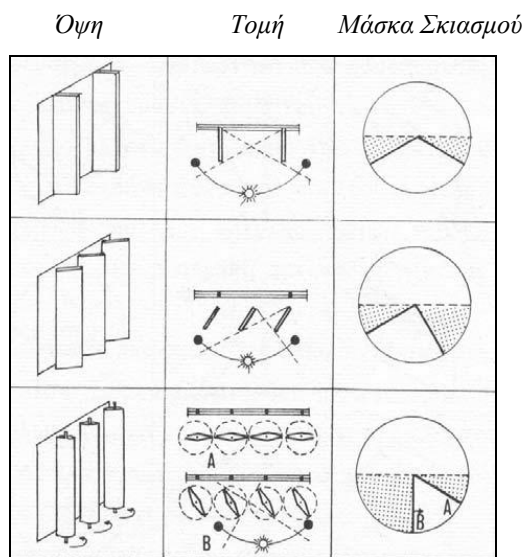
Σε σχέση με τον προσανατολισμό, από μελέτες έχει προκύψει ότι:

**α) για το νότιο προσανατολισμό**, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα οριζόντια (Εικόνα 3.21), σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο). Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής –προβόλου ή περσίδων- από το κτήριο, έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκιασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείσδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.



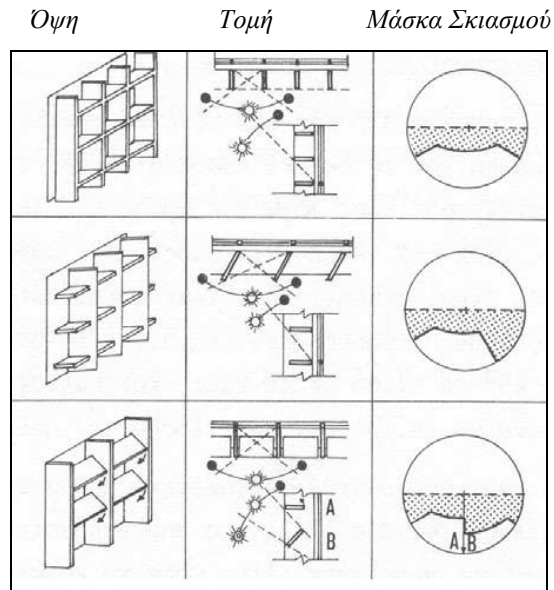
Εικόνα 3.21 Μορφές οριζόντιων σκιάστρων σταθερών ή κινητών για νότια όψη (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

β) για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα (Εικόνα 3.22).



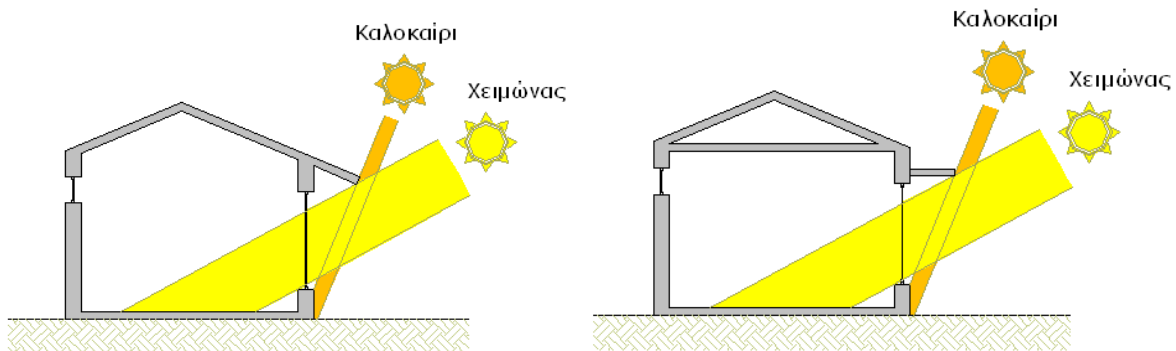
Εικόνα 3.22 Μορφές περσίδων για ανατολική και δυτική όψη (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

γ) για προσανατολισμό νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας (Εικόνα 3.23). Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού (TOTEE 20702-5/2010).

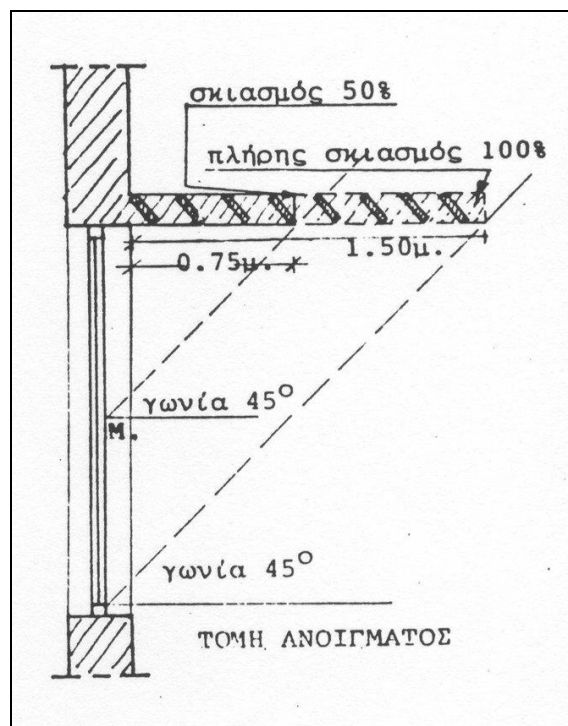


Εικόνα 3.23 Μορφές περσίδων για νοτιανατολική και νοτιοδυτική όψη (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Η ηλιοπροστασία με εσωτερικά σκίαστρα ή περσίδες, τοποθετημένες ανάμεσα στους υαλοπίνακες, δεν ενδείκνυται γιατί δεν απαλλάσσει τον εσωτερικό χώρο από τον κίνδυνο υπερθέρμανσης, παρόλο που μειώνει τη θάμβωση από το έντονο ηλιακό φως. Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται ο εγκλωβισμός του θερμού αέρα κάτω από τα σκίαστρα, όπως συμβαίνει σε συμπαγείς προεξοχές, προβόλους, μαρκίζες κ.λ.π., γιατί η συσσωρευμένη πρόσθετη θερμότητα επηρεάζει το εσωτερικό του κτηρίου. Λύσεις, που ευνοούν την ανεμπόδιστη απομάκρυνση του θερμού αέρα από το κτήριο ή ευνοούν τη θερμική αποσύνδεση των εξωτερικών στοιχείων σκίασης με το κέλυφος, πλεονεκτούν και μεγιστοποιούν την απόδοση της σκίασης είναι οι οριζόντιες ή κεκλιμένες προεξοχές (Εικόνα 3.24 και 3.25).



Εικόνα 3.24 Οριζόντια και κεκλιμένη προεξοχή για σκίαση νότιας όψης (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.25 Τομή ανοίγματος και οριζόντιου σκιάστρου σε νότια όψη (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ηλιοπροστασίας, συμπεραίνεται ότι τα σταθερά προστεγάσματα ή σκίαστρα, ανεξάρτητα από προσανατολισμό, παρουσιάζουν προβλήματα ως προς την απόδοσή τους, γιατί η πλήρης σκίαση των ανοιγμάτων το μήνα Αύγουστο, που είναι απολύτως επιθυμητή, διακόπτει τον ηλιασμό του χώρου και το μήνα Απρίλιο, λόγω της ίδιας φαινόμενης τροχιάς του ήλιου. Συνεπώς η **κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία** παρουσιάζει πλεονεκτήματα, γιατί μπορεί να ρυθμίζεται ανάλογα με τις εποχές και τις ανάγκες των χρηστών του κτηρίου. Παρά το γεγονός ότι η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία είναι πιο ακριβή σε σχέση με τη σταθερή ή τα εσωτερικά σκίαστρα, όμως είναι πιο αποδοτική, άρα και πιο οικονομική στη λειτουργία της, γιατί απαλλάσσει τα κτήρια από την υπερβολική ζέστη του καλοκαιριού και συνεπώς από τη συνεχή χρήση του κλιματισμού (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.3.2 Χρώματα και Υφή εξωτερικών Επιφανειών - Ψυχρά Υλικά

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτηρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά 32oC, σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα.

Αντίθετα, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δώματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1οC σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).

Επισημαίνεται ότι οι επιφάνειες του κελύφους, οι προσανατολισμένες προς την δύση, καθώς και οι οριζόντιες –τα δώματα– υποφέρουν ιδιαίτερα από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Συνεπώς συνιστάται η βαφή τους με ανοιχτά χρώματα. Ειδικά για τα δώματα αποτελεσματική είναι η επικάλυψή τους με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου, ψυχρά χρώματα ή γενικότερα με ψυχρά υλικά, καθώς και με φυτά (μετατροπή σε φυτεμένα δώματα).

Επίσης, η υφή των εξωτερικών επιφανειών –αδρή ή λεία– επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας.

### **Ψυχρά Υλικά**

Η χρήση ψυχρών υλικών στον περιβάλλοντα χώρο και στις εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων είναι επίσης πολύ σημαντική για τη μείωση των αυξημένων θερμοκρασιών που παρατηρούνται στο δομημένο περιβάλλον. Με τον όρο «ψυχρά υλικά» νοούνται υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και δεν αποθηκεύουν στη μάζα τους μεγάλα ποσά θερμότητας. Πρόκειται δηλαδή για υλικά με υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει), χωρίς να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, οπότε και δεν προκαλούν έντονα προβλήματα θάμβωσης. Αναλόγως με το πού τοποθετείται το ψυχρό υλικό, έχουν θεσπισθεί όρια ως προς την ανακλαστικότητα και το συντελεστή εκπομπής του. Σύμφωνα με την υπάρχουσα ΠΕΤΕΠ, προτείνεται η ανακλαστικότητά τους για την εφαρμογή τους σε επίπεδο δρόμου να είναι τουλάχιστον 0,60 για έγχρωμα επιφανειακά υλικά και τουλάχιστον 0,75 για υλικά λευκού χρώματος (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2010).

Τα ψυχρά υλικά εφαρμόζονται είτε σε επιφάνειες κτηρίων (επικαλύψεις, επιχρίσματα) είτε στις υπόλοιπες επιφάνειες του δομημένου περιβάλλοντος (πεζοδρόμια, δρόμοι, πλατείες, χώροι στάθμευσης κοκ). Λόγω του γεγονότος ότι αποθηκεύουν μικρά ποσά θερμότητας, με την εφαρμογή τους εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες στο δομημένο χώρο, σε σχέση με άλλα υλικά επίστρωσης. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των ψυχρών υλικών συνήθως δεν ξεπερνούν τους 50οC, ενώ για συνήθη δομικά υλικά οι επιφανειακές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. επίστρωση δωματίων με μαύρου χρώματος στεγανοποιητικά φύλλα) να φτάσουν και τους 90οC.

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα ψυχρά επιφανειακά υλικά είναι το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η ανακλαστικότητά τους (γήρανση του υλικού, επικάθιση σκόνης κοκ). Αναλόγως με τη φύση του υλικού, τη χρήση και τη συντήρησή του, η μείωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 0% έως 30%.

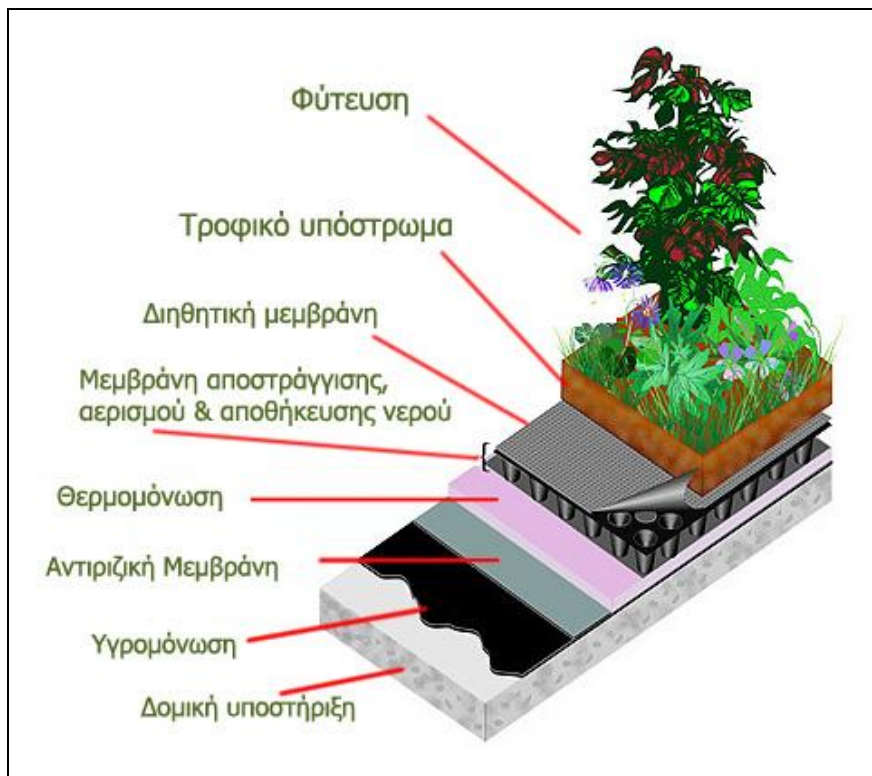
Σε κάθε περίπτωση εφαρμογής ψυχρών υλικών τόσο σε κατακόρυφες όσο και σε οριζόντιες επιφάνειες πρέπει να δίνεται προσοχή στην οπτική και θερμική όχληση που μπορεί να προκαλέσουν στα γύρω κτήρια και τον περιβάλλοντα χώρο τους. Συνδυασμός ψυχρών υλικών με κατάλληλους όγκους φύτευσης για σκίαση και εξατμισοδιαπνοή λειτουργούν πολύ θετικά στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος τη θερινή περίοδο (Χατζηδημητρίου Α., Αξαρχλή Κ., Γιάννας Σ., 2008).

### 3.1.3.3 Φύτευση δωματίων

Οι πράσινες στέγες συμβάλλουν αποτελεσματικά στη βελτίωση του μικροκλίματος, γιατί απορροφούν μεγάλη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, επομένως μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον, παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη (Bonoli, A. Et al, 2013). Η εφαρμογή τους σε κλίμακα γειτονιάς έχει πολλαπλά ευεργετικά αποτελέσματα, όπως περιορισμό του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας στο κέντρο της πόλης (μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών και της θερμοκρασίας αέρα) και σημαντική μείωση της παραγόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα το οποίο και απορροφούν. Για το ελλαδικό κλίμα, η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να είναι κατά 17οC χαμηλότερη τον Ιούλιο (μέσος όρος), σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα συμβατικό δώμα από τσιμεντένιες πλάκες. Ως προς την ενεργειακή επίδραση των φυτεμένων-πράσινων στεγών στο ίδιο το κτήριο παρατηρούνται τα εξής:

- Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου με φυτεμένη στέγη μπορεί το καλοκαίρι να είναι από 3 έως και 10οC χαμηλότερη (η μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται στους τελευταίους ορόφους- κάτω από το δώμα- όταν πρόκειται για πολυώροφα κτήρια).
- Το χειμώνα μεταφέρεται λιγότερη θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο προς τα έξω.
- Το δώμα που βρίσκεται κάτω από την «πράσινη» επιφάνεια προστατεύεται καλύτερα από τις καιρικές συνθήκες και τη διακύμανση των θερμοκρασιών χειμώνα και καλοκαίρι, γεγονός που συντείνει στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του.

Τυπική διατομή φυτεμένου δώματος με τις στρώσεις των υλικών δίνεται στην Εικόνα 3.26.



Εικόνα 3.26 Στρώσεις φυτεμένου δώματος (Πηγή: <http://www.freewebs.com>)

Επιπρόσθετα, τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν σημαντική προστασία από θορύβους και συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση του βρόχινου νερού. Τέλος, στη θέση των ακρησιμοποίητων, απρόσωπων δωμαίων διαμορφώνονται χώροι αισθητικά ευχάριστοι, υγιεινοί, χρήσιμοι για επικοινωνία ή/και ψυχαγωγία των ενοίκων του κτηρίου (Εικόνα 3.27).



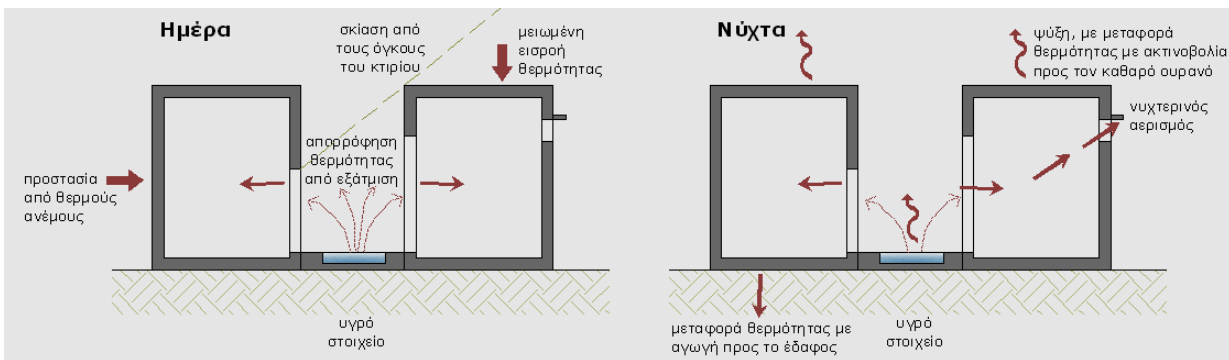
Εικόνα 3.27 Φυτεμένο δώμα (Πηγή: <http://4myhouse.gr>)

### 3.1.3.4 Άμεση και Έμμεση εξάτμιση

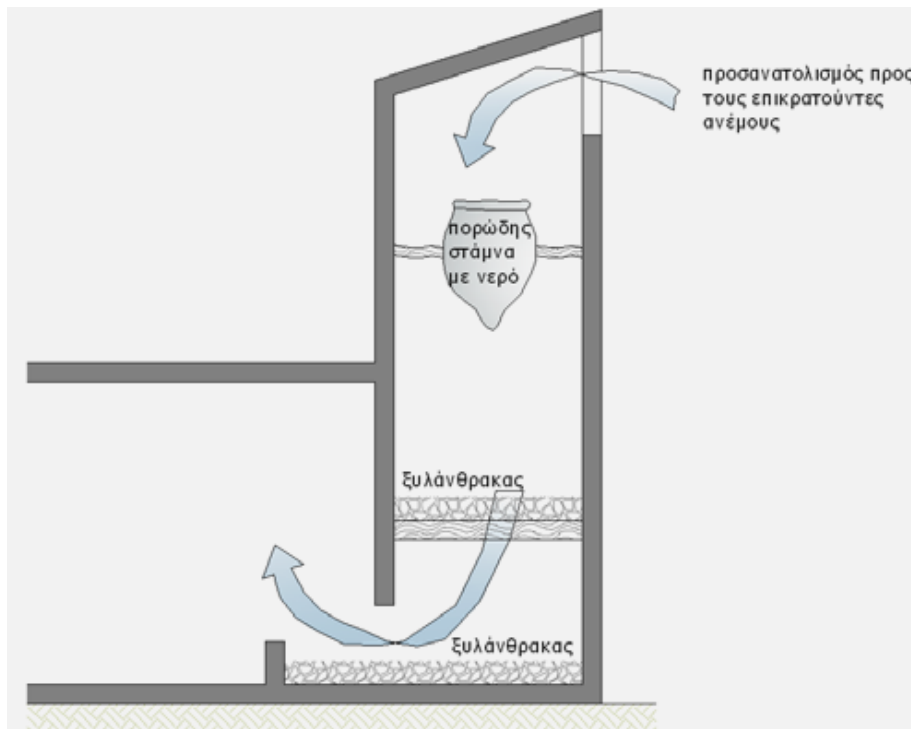
Δροσισμός επιτυγχάνεται και μέσω της εξάτμισης νερού, με τη χρήση επιφανειών νερού, πύργων δροσισμού ή και βλάστησης λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών.

#### Η χρήση του νερού

Σε περιοχές με κλίμα ζεστό και ξηρό, όπου η σχετική υγρασία είναι χαμηλή, η εξάτμιση του νερού προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας του αέρα και αύξηση της σχετικής υγρασίας. Σε κτήρια παραδοσιακά ο τρόπος φυσικού δροσισμού συνδύαζε την ροή του ζεστού αέρα επάνω από νησίδες νερού, πριν την είσοδό του να στο κτήριο (Σχήματα 3.28 και 3.29).

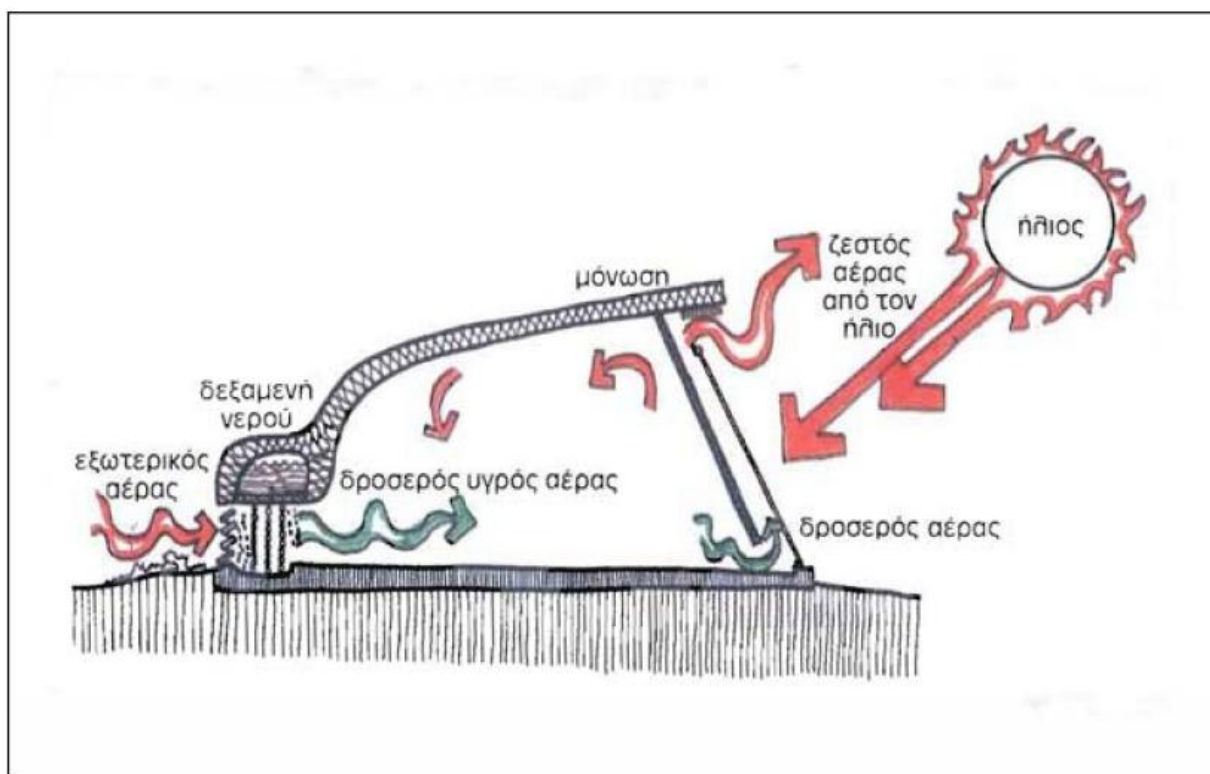


Εικόνα 3.28 Φυσική ψύξη κτηρίου μέσω εξάτμισης νερού την ημέρα και ακτινοβολία θερμότητας τη νύχτα (Πηγή: Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995).



Εικόνα 3.29 Δροσισμός με εξάτμιση από πύργο ψύξης (Πηγή: Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995)

Σήμερα, επανέρχεται στην αρχιτεκτονική η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση, λόγω της απορροφούμενης θερμότητας από την επιφάνεια του νερού και, συνεπώς, να εισέρχεται πιο δροσερός μέσα στο κτήριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς. Εάν μάλιστα συνδυαστεί με την κατασκευή ηλιακής καμινάδας, τότε η ροή του ζεστού αέρα επιταχύνεται και απομακρύνεται πιο γρήγορα (Σχήμα 3.30) (Ανδρεαδάκη - Χρονάκη Ε., 2006).



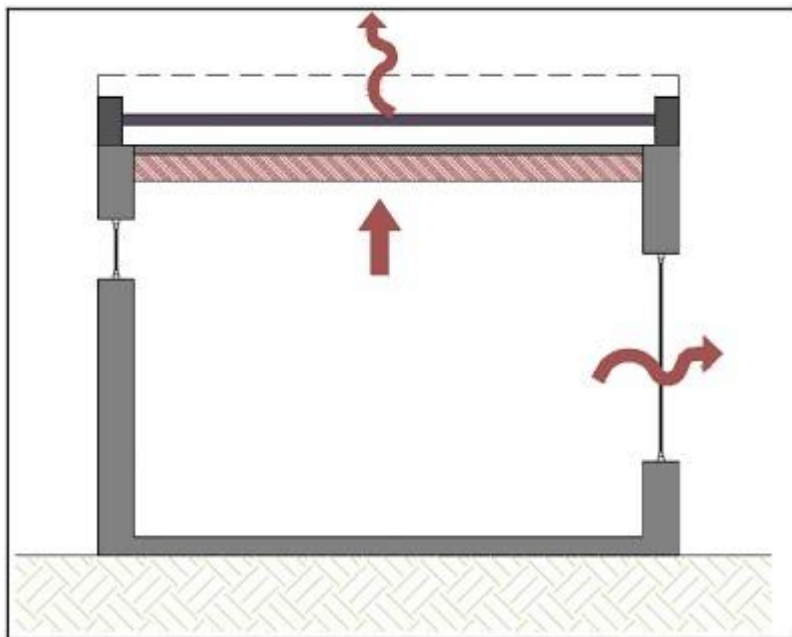
Εικόνα 3.30 Φυσικός αερισμός μέσω εξάτμισης νερού και χρήση ηλιακής καμινάδας για την επιτάχυνση του αερισμού (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., 2006)

## Η βλάστηση

Η βλάστηση – δέντρα, θάμνοι, ακόμη και καλλωπιστικά φυτά- συμβάλλει στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής μειώνει την θερμοκρασία του αέρα το καλοκαίρι. Η χρήση της βλάστησης στον εξωτερικό χώρο ρυθμίζει το μικροκλίμα του άμεσου περιβάλλοντος, μειώνοντας σημαντικά τις υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Η σύγχρονη αρχιτεκτονική, ανταποκρινόμενη στις ανάγκες των ανθρώπων, επιχειρεί να εισαγάγει την φύση και μέσα στα κτήρια (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.3.5 Νυχτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας. Οι επιφάνειες των κτηρίων που ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας είναι τα δώματα των κτηρίων (Εικόνα 3.31). Όμως, πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση επιβραδύνει κατά πολύ την εκτόνωση της θερμότητας από τα δώματα των κτηρίων, ενώ είναι απαραίτητη για την προστασία τους από τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα.

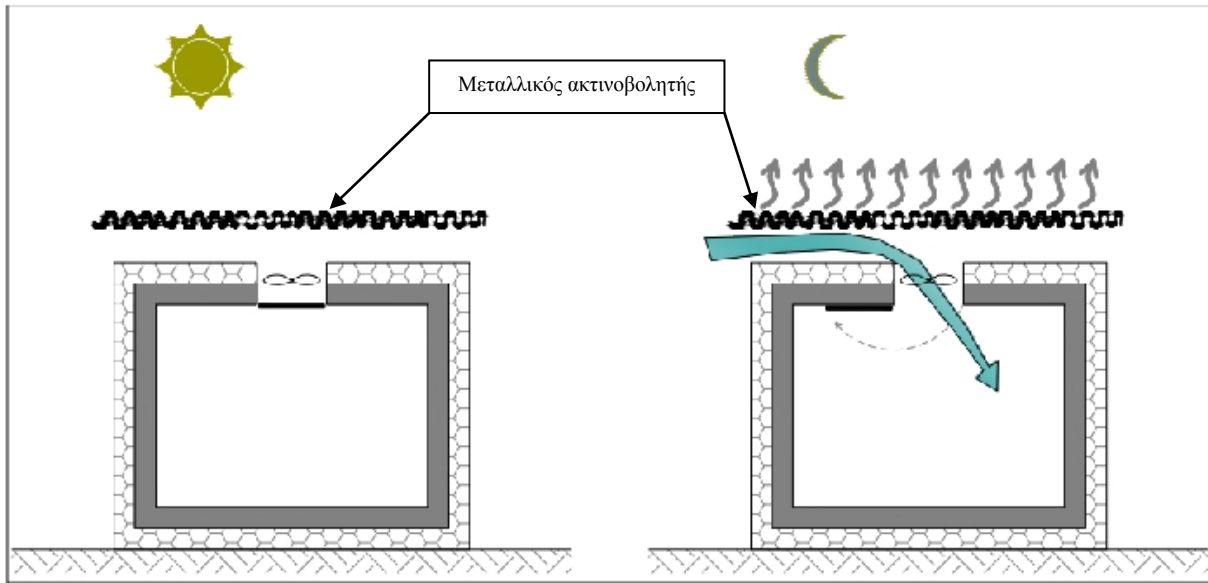


Εικόνα 3.31 Ακτινοβολία της συσσωρευμένης θερμότητας προς τον ουρανό (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Για τους λόγους αυτούς μπορεί να εφαρμοστούν ειδικά συστήματα - κατασκευές επάνω στα δώματα των κτηρίων. Τα συνηθέστερα είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μεταλλική πλάκα τοποθετημένη στην εξωτερική επιφάνεια του θερμομονωμένου δώματος, σε μικρή απόσταση από αυτό. Η εξωτερική της επιφάνεια είναι αυλακωτή, ανακλαστική (Εικόνα 3.32). Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή -κάτω από την μεταλλική πλάκα- διοχετεύεται με μηχανικό τρόπο (π.χ. ανεμιστήρα) θερμός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου, ο οποίος, ερχόμενος σε επαφή με την ψυχρή πλάκα, ψύχεται και στη συνέχεια επαναδιοχετεύεται ως δροσερός αέρας μέσα στο κτήριο (TOTEE 20702-5/2010).

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής θεωρείται υβριδικό σύστημα δροσισμού, διότι βασίζεται στην εξαναγκασμένη ροή του εναλλασσόμενου -θερμού και δροσερού- αέρα. Το σύστημα λειτουργεί

ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία (ανέφελο ουρανό).



Εικόνα 3.32 Σύστημα δροσίσιμου δώματος, με τη χρήση ακτινοβολητή (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

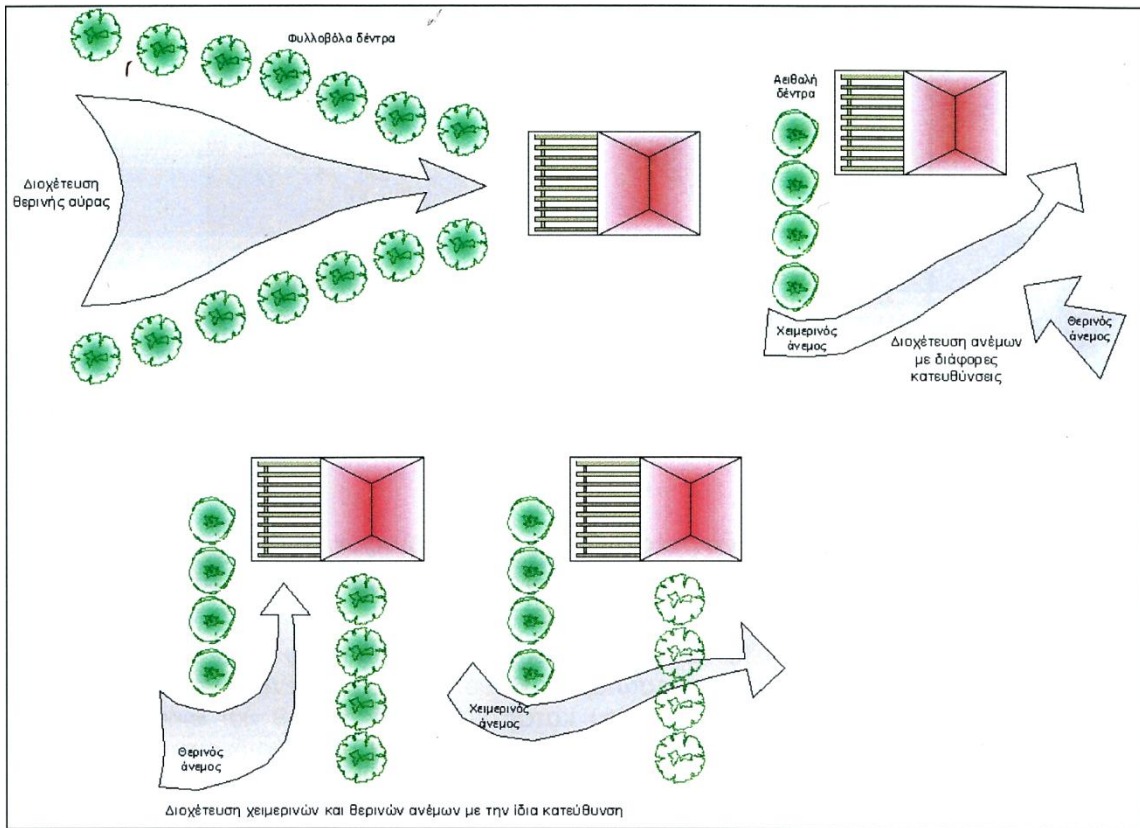
### 3.1.3.6 Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στην υγεία των ενοίκων, στη θερμική άνεση και στην αίσθηση ευεξίας. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον και παράλληλα συμβάλλει στη φυσική ψύξη των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό των κτηρίων είναι :

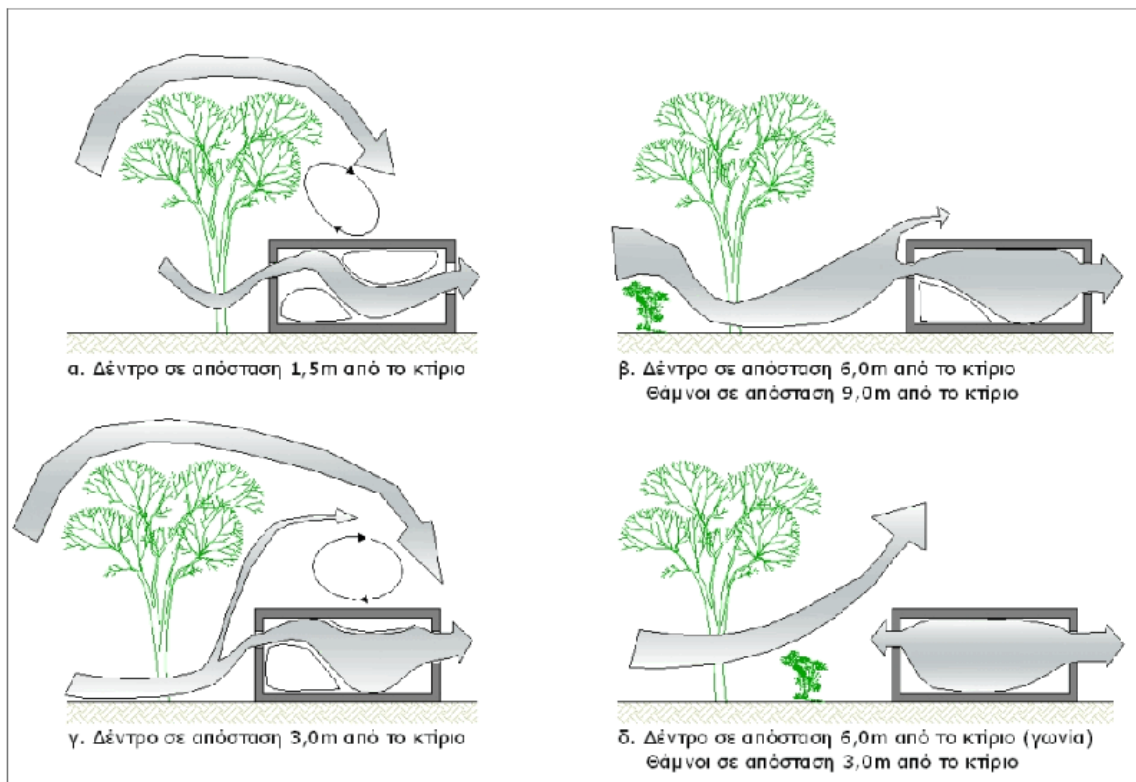
- Η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή,
- Οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτηρίου,
- Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

#### Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτήριο

α) Οι πνέοντες δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι την ημέρα είναι οι θαλάσσιες αύρες-μελτέμια, τα οποία έχουν συνήθως νοτιανατολική ή βορεινή κατεύθυνση (εξαρτάται βεβαίως από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου). Το βράδυ, η δροσερή απόγειος αύρα προέρχεται από τη στεριά, λόγω της ταχύτερης ψύξης του εδάφους. Για τη διείσδυση των δροσερών ανέμων μέσα στο κτήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι εφικτό, κατάλληλη διάταξη βλάστησης στον εξωτερικό χώρο (Εικόνα 3.33). Η τοποθέτηση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτήριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου μέσα στο κτήριο (Εικόνα 3.34).

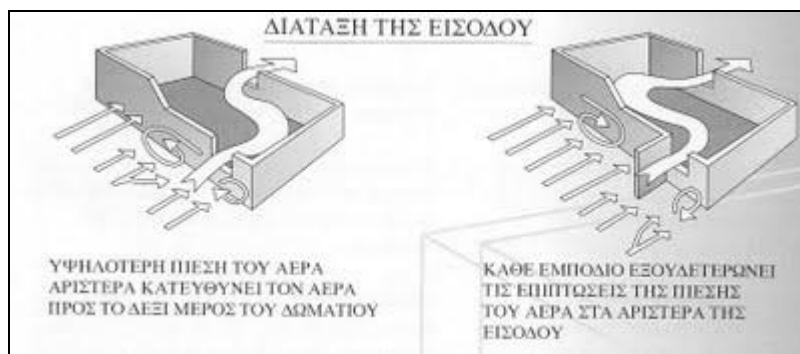


Εικόνα 3.33 Η βλάστηση διευκολύνει τη διείσδυση ή εκτροπή του ανέμου από το κτήριο (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.34 Η θέση των δέντρων ή/και θάμνων καθορίζει την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου ( Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

β) Η ένταξη προεξοχών σε κατάλληλη θέση στο ίδιο το κτήριο μπορεί να βοηθήσει στον φυσικό αερισμό του εσωτερικού χώρου (Σχήμα 3.35).



Εικόνα 3.35 Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων στον αερισμό του εσωτερικού χώρου (Πηγή: Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995)

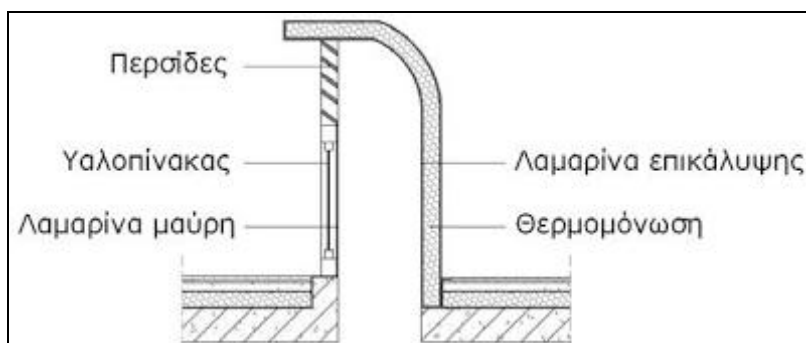
### Κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτηρίου

Η διασφάλιση φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο μπορεί να πραγματοποιηθεί και με κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος του κτηρίου.

**α) Η ηλιακή καμινάδα** αποτελεί αποτελεσματική τεχνική για το φυσικό αερισμό και την απομάκρυνση της υγρασίας από τον εσωτερικό χώρο. Η συνηθισμένη κατασκευή είναι μια προεξέχουσα από το κέλυφος του κτηρίου κατασκευή (Εικόνα 3.36 και 3.37), της οποίας η μια πλευρά, νότια, ανατολική ή δυτική είναι γυάλινη με περσίδες στο άνω μέρος. Μπορεί επίσης να είναι μία ορθογωνική διατομή, προσαρτημένη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου, που συνδέεται με τον εσωτερικό χώρο με άνοιγμα/θυρίδα. Στο ανώτατο σημείο της καμινάδας τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτρέποντας τη συνεχή κίνηση του αέρα. Ανάλογα με τη λειτουργία της, για νυκτερινό ή ημερήσιο αερισμό, επιλέγεται ελαφροβαρής ή με μεγάλη θερμική μάζα κατασκευή, αντίστοιχα. Η εξωτερική πλευρά της ηλιακής καμινάδας μπορεί να έχει θερμική μάζα απευθείας εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμική μάζα καλυμμένη με γυάλινη εξωτερική επιφάνεια, γυάλινη εξωτερική επιφάνεια και θερμική μάζα στην εσωτερική παρειά της καμινάδας ή κάποια ελαφροβαρή κατασκευή, ή μεταλλική επιφάνεια, κ.ά. (TOTEE 20702-5/2010).

Οι μεγαλύτερες αποδόσεις της ηλιακής καμινάδας παρατηρούνται για νότιο ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό, με βέλτιστο προσανατολισμό τον τελευταίο. Για ημερήσιο αερισμό, ο ήλιος ζεσταίνει τον αέρα που βρίσκεται μέσα στην καμινάδα, ο οποίος γίνεται ελαφρύτερος και απομακρύνεται προς τα πάνω, ενώ ψυχρότερος αέρας από κάτω τον αντικαθιστά. Για απογευματινό – νυκτερινό αερισμό, η ηλιακή καμινάδα παραμένει κλειστή κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποθηκεύει θερμότητα στη θερμική της μάζα, η οποία αποδίδεται στον αέρα όταν αρχίζει ο αερισμός και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως. Η διαδικασία αυτή

επαναλαμβάνεται με αποτέλεσμα τη διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα και το φυσικό δροσισμό του χώρου. Η εφαρμογή της είναι απολύτως κατάλληλη, όταν μάλιστα αποτελεί και μορφολογικό στοιχείο του οικισμού ή του κτηρίου.

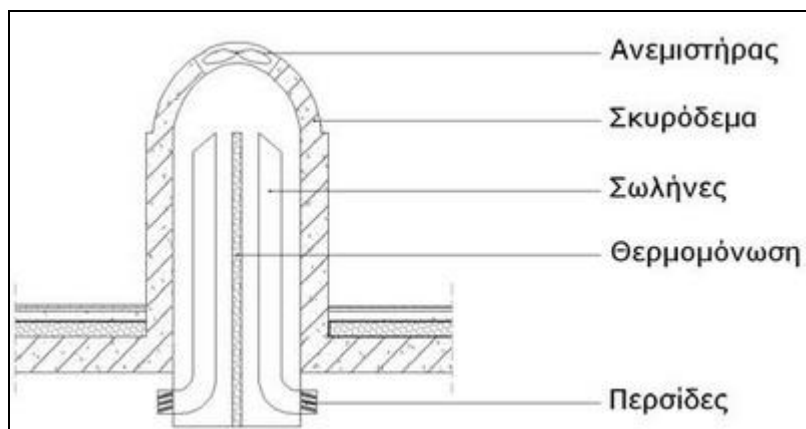


Σχήμα 3.36 Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας (Πηγή: Περδίδος Σ., 2007).



Εικόνα 3.37 Ηλιακές καμινάδες στο *Building Research Establishment, Watford, United Kingdom* (Jones, D. L, 1996)

**β) Η καμινάδα αερισμού** αποτελεί τεχνική βασιζόμενη στην εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα, με την λειτουργία μικρού ανεμιστήρα στην κορυφή, στο άνοιγμα της καμινάδας (Εικόνα 3.38). Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον άνεμο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό (Εικόνα 3.39).



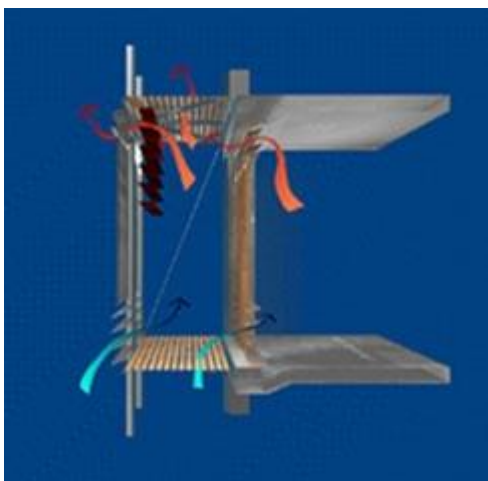
Εικόνα 3.38 Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



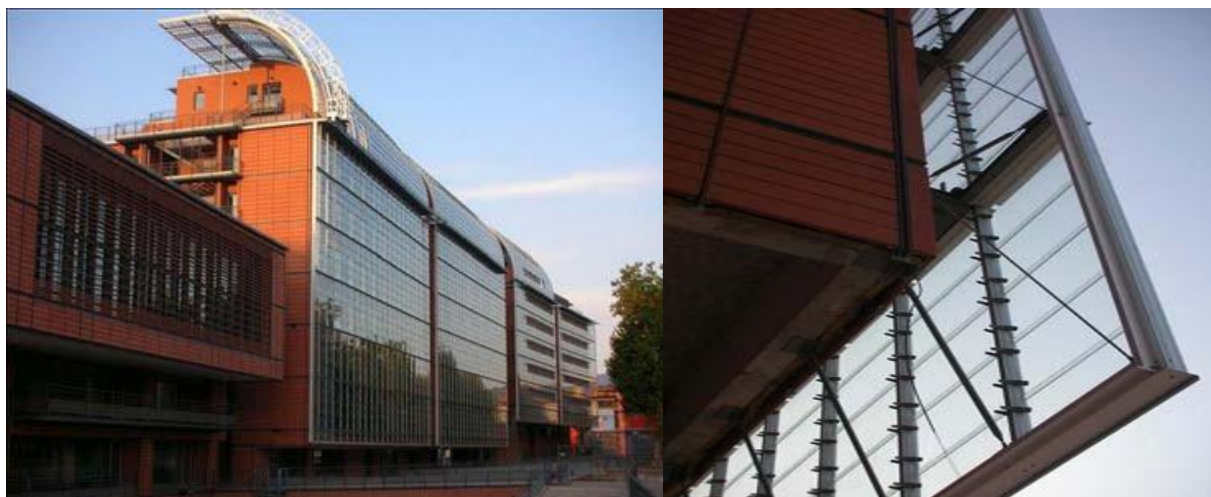
Εικόνα 3.39 IONICA, Κτήριο Γραφείων στο Cambridge - καμινάδες αερισμού (Herzog T. et al, 1996)

**γ) Η διπλή επιδερμίδα** (ή διπλό κέλυφος) αποτελεί μια νέα τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε κτήρια κατασκευασμένα από γυαλί. Χρησιμοποιείται είτε για την ανανέωση του εσωτερικού αέρα είτε για την απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου (Εικόνα 3.40 και 3.41). Η διπλή επιδερμίδα αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό, στο οποίο κινείται αέρας. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, όπως και η ηλιακή καμινάδα. Για την ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι αναγκαία η ύπαρξη θυρίδων στην βάση του ανοίγματος για την είσοδο φρέσκου αέρα και στην κορυφή του για την απαγωγή του ζεστού αέρα.

Πρέπει, ωστόσο, να τονιστεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την σκίαση του εσωτερικού χώρου, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα θάμβωσης ή απευθείας πρόσπτωσης του ήλιου σε επιφάνειες που χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους (κτήρια γραφείων). Προς τούτο επιβάλλεται η πρόβλεψη σκιάστρων/περσίδων στο κενό, ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, σε επαφή με την εσωτερική παρειά του γυαλιού (TOTEE 20702-5/2010).



*Εικόνα 3.40 Φυσική κυκλοφορία του αέρα –θερμού, δροσερού- στο ενδιάμεσο κενό της διπλής επιδερμίδας (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).*

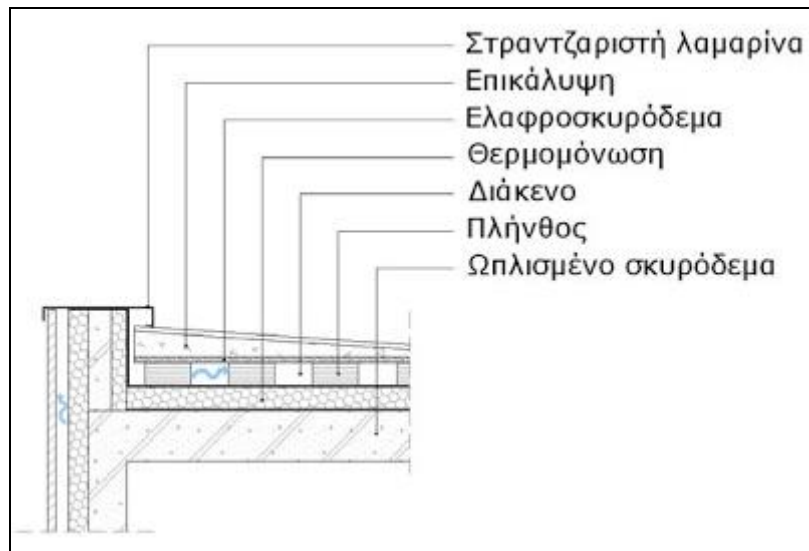


*Εικόνα 3.41 Κτήριο γραφείων με διπλό κέλυφος στη Λυόν και λεπτομέρειά του. Αρχιτέκτονας: Renzo Piano*

#### **δ) Αεριζόμενο κέλυφος**

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους, είτε στο δώμα είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου με ενδιάμεσο κενό, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτηρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ως προς την κατασκευή του αεριζόμενου δώματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος (Εικόνα 3.42). Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης (TOTEE 20702-5/2010).



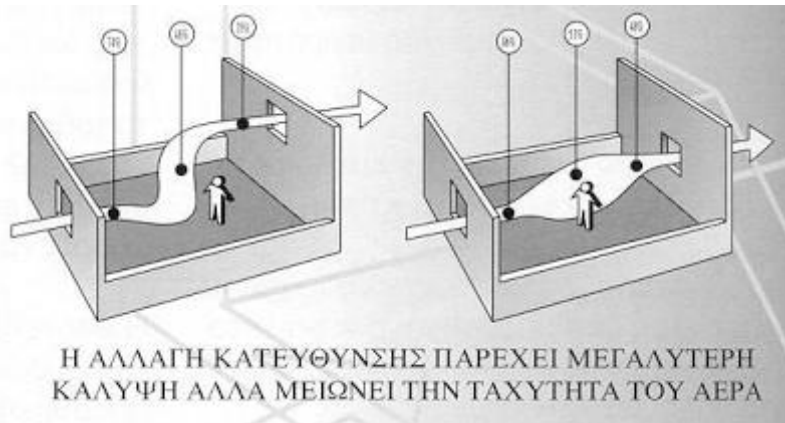
Εικόνα 3.42 Τομή σε αεριζόμενο δώμα (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

### Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων

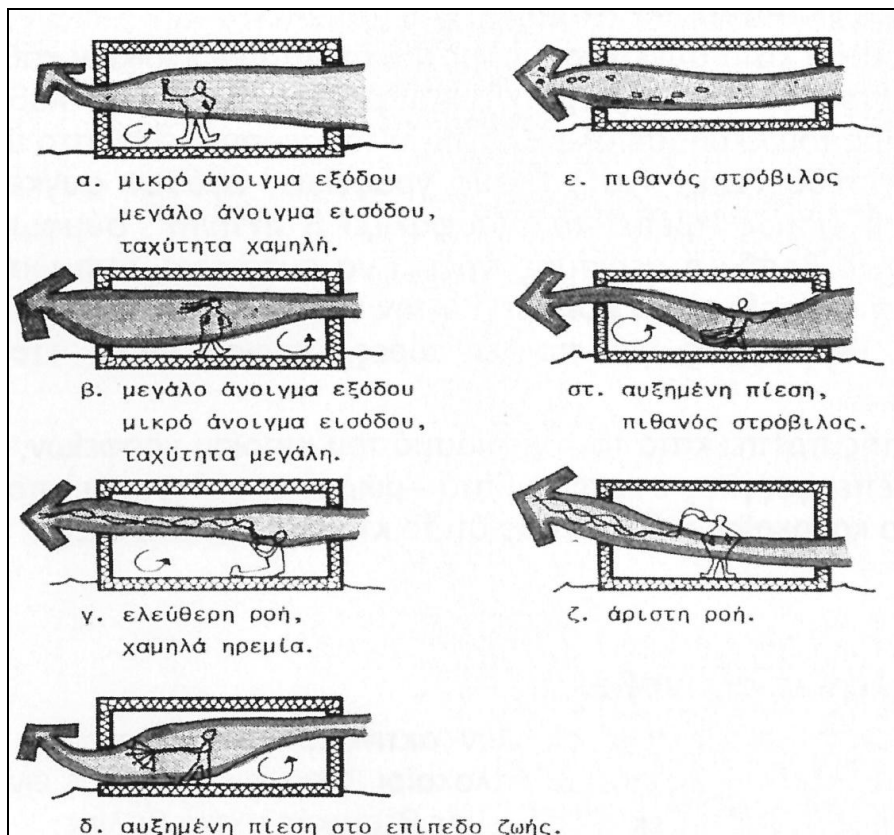
Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτηρίου, σε σχέση με την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο.

α) Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο τον χώρο. Ο τύπος αυτός αερισμού χαρακτηρίζεται ως διαμπερής. Καλύτερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε πιο ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας του αέρα και φυσικό δροσισμό σε όλους τους χώρους διαβίωσης (Εικόνα 3.43).

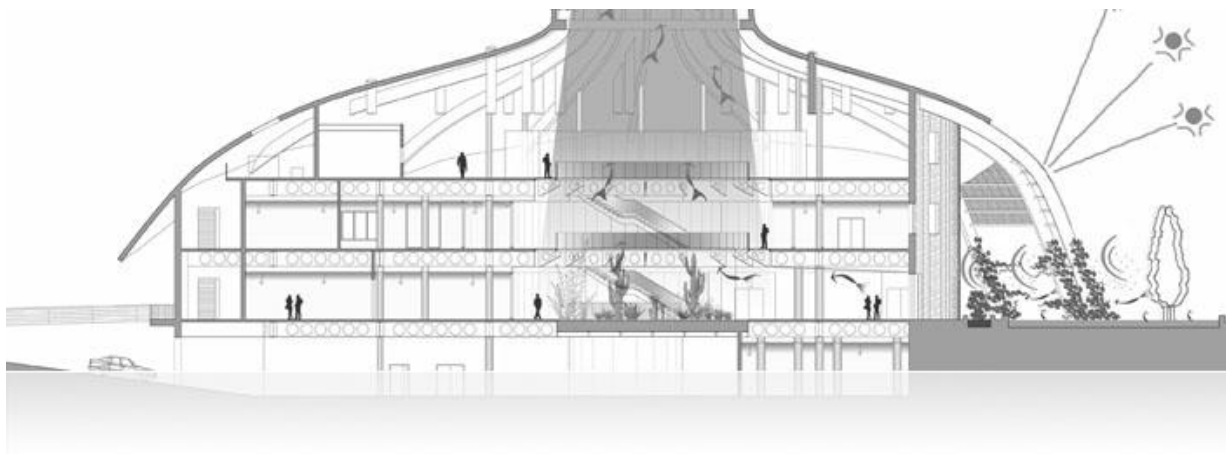
β) Το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτηρίου να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά (Εικόνα 3.44) ή το αντίστροφο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. Στην περίπτωση αερισμού του κτηρίου μέσω αίθριου ή μέσω υπερυψωμένου χώρου στο εσωτερικό του, τότε η μορφή του αερισμού χαρακτηρίζεται ως ανοδική (Εικόνα 3.45).



Εικόνα 3.43 Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου (Πηγή: Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995)



Εικόνα 3.44 Διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ε., 1985)



Εικόνα 3.45 Φυσικός αερισμός κτηρίου – ανοδική πορεία του ζεστού αέρα (Πηγή: Guastalla V., Rich S., 2008).

Σε περιοχές με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό. Αντίθετα, τη νύχτα ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται για την ψύξη των στοιχείων της κατασκευής (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.4 Περιβάλλον χώρος – Μικροκλίμα

Η χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών, ιδιαίτερα των ψυχρών υλικών και η χρήση της βλάστησης –δέντρων, θάμνων, φυτών– στη διαμόρφωση των υπαίθριων χώρων καθώς και στις επιφάνειες των κτηρίων (δώματα και εξωτερικές τοιχοποιίες) συμβάλλει αφενός στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης του άμεσου περιβάλλοντος και αφετέρου στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος, που συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτηρίων και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των κατοίκων. Η συμβολή αυτή εξειδικεύεται στα κατωτέρω:

- Στην προστασία των κτηρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα και κατά συνέπεια στον περιορισμό των απωλειών θερμότητας.
- Στον απρόσκοπτο ηλιασμό του υπαίθριου χώρου και των κτηρίων το χειμώνα για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση.
- Στη μείωση της θερμοκρασίας του υπαίθριου χώρου το καλοκαίρι, και κατ' επέκταση στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για το δροσισμό των κτηρίων, όπως αναπτύχθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο.
- Στο σκιασμό των κτηρίων το καλοκαίρι (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.4.1 Φύτευση περιβάλλοντα χώρου

Ο σχεδιασμός της φύτευσης με δέντρα ή θάμνους ή χαμηλή βλάστηση στους υπαίθριους χώρους λειτουργεί αποτελεσματικά σε σχέση με τα κτήρια στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- ως ανεμοφράκτης για το χειμώνα, προστατεύοντας τα κτήρια,
- ως στοιχείο ελέγχου της ανεμορροής, κατευθύνοντας το δροσερό άνεμο το καλοκαίρι,
- ως στοιχείο σκιασμού από την ηλιακή ακτινοβολία των ανοικτών χώρων και των κτηρίων,
- ως πηγή δροσισμού το καλοκαίρι, παρέχοντας δροσιά μέσω της εξατμισοδιαπνοής,
- ως ρυθμιστής της θερμοκίνης άνεσης, με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας,
- ως φίλτρο του φυσικού φωτός όλο το χρόνο,
- ως φίλτρο της σκόνης και των μικροσωματιδίων.
- προστατεύει από τη διάβρωση,
- μειώνει το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο,
- βελτιώνει την ποιότητα του αέρα και μειώνει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας,
- μειώνει την οπτική όχληση και δημιουργεί ιδιωτικότητα

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην επιλογή της κατάλληλης φύτευσης. Δηλαδή για την προστασία των υπαίθριων χώρων και των κτηρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα επιλέγονται δέντρα ή φυτά αειθαλή. Αντίθετα, για τη διευκόλυνση του ηλιασμού των υπαίθριων χώρων το χειμώνα επιλέγονται δέντρα και φυτά φυλλοβόλα. Το είδος του φυτού (θάμνοι, δένδρα, αναρριχόμενα, κλπ), το μέγεθος και το σχήμα του φυτού, όταν αυτό είναι πλήρως αναπτυγμένο, η αναλογία μεταξύ κορμού και κόμης, η πυκνότητα του φυλλώματος, η ταχύτητα της ανάπτυξης, η δυνατότητα διατήρησης ή όχι του φυλλώματος όλες τις εποχές (αειθαλή, φυλλοβόλα), ο χρόνος έναρξης ανάπτυξης του φυλλώματος, είναι μερικοί από τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση και με τον κύριο σκοπό της φύτευσης, για την επιλογή των πλέον κατάλληλων φυτικών ειδών. Η ποιότητα του εδάφους και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις για την ανάπτυξη και διατήρηση της φύτευσης (ανάγκες σε νερό, ευκολία συντήρησης κοκ) πρέπει επίσης να αξιολογούνται. Τα τοπικά φυτικά είδη που ευδοκιμούν στην περιοχή θα πρέπει να είναι η βάση για την οποιαδήποτε επιλογή.

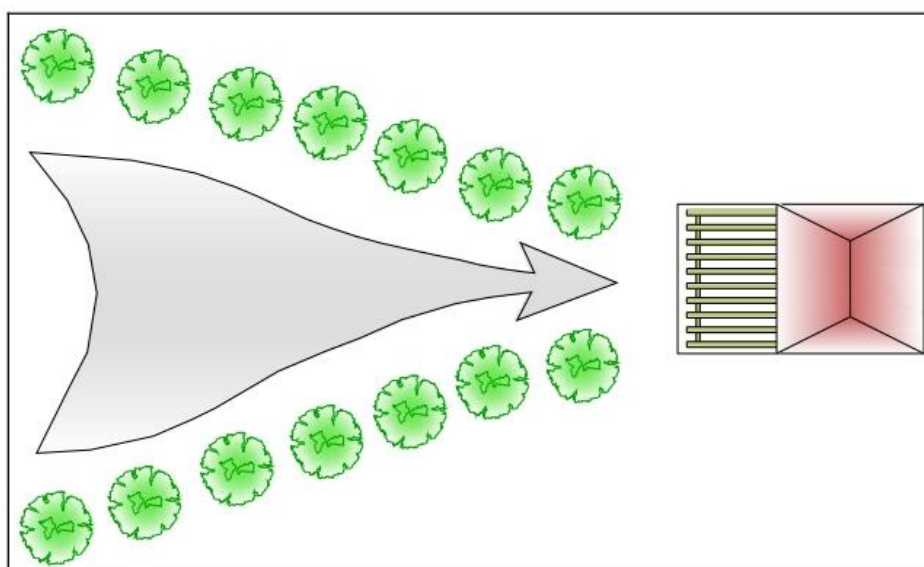
#### **Έλεγχος της ανεμορροής και προστασία από τους Ψυχρούς Ανέμους.**

Ο σχεδιασμός για τον έλεγχο του ανέμου σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύπλοκος, εφόσον εφαρμόζονται διαφορετικές στρατηγικές για τη χειραγώγηση των ψυχρών ανέμων ή για τη διευκόλυνση της θερινής αύρας. Κατάλληλη διάταξη της βλάστησης τροποποιεί την πορεία του

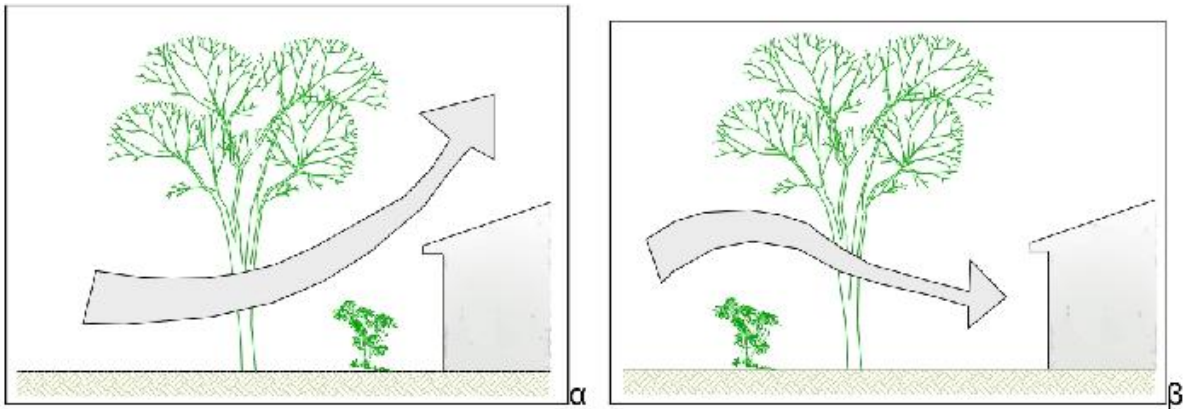
ανέμου, αλλάζει τη ροή του ανέμου και ρυθμίζει την ταχύτητα και την ένταση του (TOTEE 20702-5/2010).

Τα φυτά συνεισφέρουν στη μείωση των θερμικών απωλειών των κτηρίων, γιατί μπορούν να εκτρέψουν τον ψυχρό άνεμο ή να μειώσουν την ταχύτητά του. Συνήθως οι θερμικές απώλειες αερισμού που προκαλούνται από τη διαφυγή από τους αρμούς είναι υπεύθυνες για το 1/3 από τις συνολικές θερμικές απώλειες των κτηρίων. Σε ημέρες με έντονο άνεμο και για κτήρια που βρίσκονται στην ύπαιθρο, οι απώλειες αερισμού μπορεί να φτάσουν και το 50% των συνολικών θερμικών απωλειών (Lechner N., 1991). Μικρή μείωση στην ταχύτητα του ανέμου που προσπίπτει στο κτήριο, συμβάλλει σε μεγάλη μείωση των θερμικών απωλειών αερισμού, επειδή οι απώλειες αερισμού είναι ευθέως ανάλογες με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου.

Ο ρόλος των φυτών στη μείωση της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι είναι σημαντικός. Βοηθούν στην αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου και πολλές φορές στην αύξηση της ταχύτητάς του, συμβάλλοντας στο φυσικό δροσισμό και στη θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου. Συστάδες δέντρων, δημιουργώντας ένα χωνί, κατευθύνουν τον άνεμο στο κτήριο, ή εάν τοποθετηθούν κάθετα στην όψη βοηθούν ώστε να μη διασκορπιστεί ο αέρας, αλλά ένα τμήμα του να φτάσει ως το κτήριο (Εικόνα 3.46 και 3.47). Συνεπώς είναι απαραίτητη η γνώση της κατεύθυνσης και της έντασης των τοπικών ανέμων στη διάρκεια του έτους. Αυτές οι λύσεις δεν επηρεάζουν τον ηλιασμό της νότιας όψης το χειμώνα. Δέντρα με υψηλό κορμό και κόμη που προτείνονται για το σκιασμό της νότιας όψης, δεν εμποδίζουν αντίστοιχα τον καλοκαιρινό αερισμό (TOTEE 20702-5/2010).

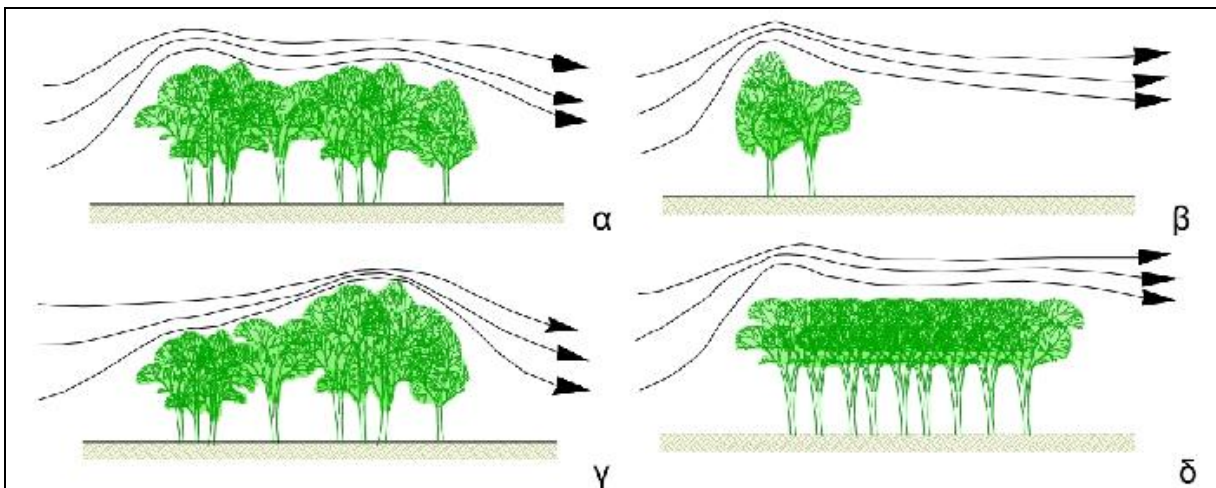


**Εικόνα 3.46** Διοχέτευση θερινών ανέμων στο κτήριο με τη βοήθεια σχηματισμού φυλλοβόλων δέντρων (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.47 (α) ελαχιστοποίηση της επίδρασης του χειμερινού ανέμου (β) βελτιστοποίηση της επιρροής του καλοκαιρινού αερισμού-δροσισμού (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Η αποτελεσματικότητα της φύτευσης εξαρτάται από το σχήμα, την πυκνότητα, τη δομή, το ύψος και άλλα χαρακτηριστικά των φυτών, καθώς και από την απόσταση της φύτευσης από το κτήριο ή από τον προς χρήση υπαίθριο χώρο (Εικόνα 3.48). Ως “βέλτιστη πυκνότητα”, θεωρείται η αναλογία των φύλλων, κλαδιών, κορμού κλπ να είναι 50-60% στο σύνολο της συστάδας των φυτών. Επίσης ο συνδυασμός φυτών ή φυτών και σταθερών στοιχείων διαμόρφωσης των υπαίθριων χώρων επηρεάζει τη μορφή της ανεμορροής. Ένας εμπειρικός κανόνας αναφέρει ότι «τα δέντρα πρέπει να φυτεύονται σε απόσταση από τα κτήρια ίση με το ύψος τους» (Brown et al, 1995).

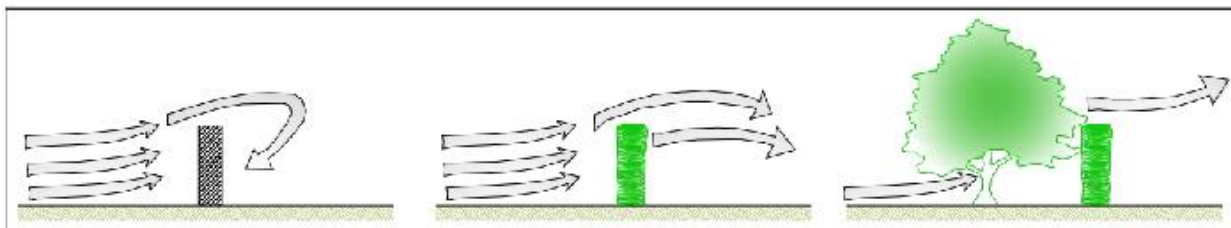


Εικόνα 3.48 Δημιουργία υπήνεμων περιοχών: (α) επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή (β) μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (γ, δ) μια συστάδα με κεκλιμένη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών (Brown et al, 1995; Lechner, 1991; Givoni, 1994):

- Η πυκνή βλάστηση, όταν βρίσκεται κοντά στο κτήριο, είναι αποτελεσματική για τη δημιουργία ανεμοφράκτη σε μικρά οικόπεδα, ενώ η ενδιάμεσης πυκνότητας φύτευση ενδείκνυται για μεγαλύτερες αποστάσεις από το κτήριο, όσο 4 φορές το ύψος της φύτευσης, ή και μεγαλύτερη.

- Οι θάμνοι εμποδίζουν τον αέρα κοντά στο έδαφος, ενώ μεμονωμένα δέντρα με ψηλή κόμη βελτιώνουν τον αερισμό κοντά στο έδαφος, κάτω από το φύλλωμα.
- Οι φράκτες από πυκνά δέντρα ανακόπτουν τον άνεμο και μειώνουν την ταχύτητα.
- Όσο υψηλότερη είναι η συστάδα της βλάστησης, τόσο μεγαλύτερη υπήνεμη περιοχή δημιουργείται. Επίσης μια συστάδα δένδρων με κεκλιμένη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη συστάδα δένδρων με επίπεδη κόμη (Εικόνα 3.48 γ, δ).
- Μια επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή, ενώ μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (Εικόνα 3.48 α, β).
- Για τη βέλτιστη δημιουργία υπήνεμης περιοχής θα πρέπει το μήκος του ανεμοφράκτη να είναι τουλάχιστον 10 φορές το ύψος του.
- Η πυκνότητα της φύτευσης προσδιορίζει το μέγεθος της υπήνεμης περιοχής και τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου.
- Μια ανομοιογενής συστάδα δέντρων (αποτελούμενη από διάφορα είδη) είναι πλέον αποτελεσματική για τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου, από μια ομοιόμορφη συστάδα δέντρων.
- Οι συμπαγείς φράκτες προκαλούν στροβιλισμούς, ενώ οι διάτρητοι αυξάνουν τη ζώνη ηρεμίας. Οι πορώδεις φράκτες (δέντρα και θάμνοι) δημιουργούν μια ευρύτερη ζώνη ηρεμίας και περιορίζουν τους στροβιλισμούς στο ελάχιστο, επειδή επιτρέπουν τη διέλευση ενός μέρους του αέρα (Εικόνα 3.49).
- Οι φράκτες με ξυλώδεις θάμνους λειτουργούν με διπλό τρόπο. Ο αέρας που περνά πάνω από το φύλλωμα επιταχύνεται, ενώ η ποσότητα του αέρα που περνά μέσα από το φύλλωμα, φιλτράρεται και επιβραδύνεται. Στο επίπεδο του κορμού, ο αέρας απλώς διαπερνά το φράκτη της φύτευσης. Την ίδια συμπεριφορά με τους ξυλώδεις θάμνους εμφανίζουν και τα δέντρα, μόνον που το ύψος τους διαφέρει. Η χαμηλή φύτευση εμφανίζει τη μικρότερη αντίσταση στον άνεμο και συμβάλλει στον καλό αερισμό.
- Οι καλύτεροι ανεμοφράκτες από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του ανέμου είναι στοιχεία των οποίων το πορώδες τμήμα κυμαίνεται από 25-60% (TOTEE 20702-5/2010).



*Εικόνα 3.49 Οι συμπαγείς φράκτες δημιουργούν στροβιλισμούς, ενώ συνδυασμός δέντρων και θάμνων αυξάνει την ηρεμία (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).*

### Εξατμισοδιαπνοή

Η σχετική υγρασία του αέρα κάτω από το φύλλωμα των δέντρων ή σε επαφή με αυτά αυξάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής, ενώ συγχρόνως μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα. Σε ζεστά και ξηρά κλίματα η αύξηση της υγρασίας βελτιώνει περαιτέρω την αίσθηση της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι.

Γενικά τα φυτά με το παχύ φύλλωμα απορροφούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας και ο αέρας γίνεται πιο δροσερός. Παράλληλα η επικάλυψη με φυτά, αντί της επίστρωσης με σκληρά υλικά, μειώνει σημαντικά την άμεση απορροή των ομβρίων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση του μικροκλίματος λόγω βραδείας εξάτμισης του νερού και συγχρόνως συνεισφέρει στον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και στην αποφόρτιση του δικτύου ομβρίων. Ενδείκνυται επιλογή τοπικών φυτών, προσαρμοσμένων στο μικροκλίμα της περιοχής, για αποφυγή αλόγιστων ποσοτήτων νερού για άρδευση (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.5 Φυσικός φωτισμός

Η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτηρίου επιτυγχάνεται με την κατάλληλη μελέτη του φωτισμού του. Τα κριτήρια για το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού πρέπει να ανταποκρίνονται τόσο σε ποσοτικές όσο και σε ποιοτικές απαιτήσεις. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός καθορίζει την ποσότητα του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο κτήριο και την κατανομή του.

Πέραν της απαιτούμενης ποσότητας, πρέπει να εξασφαλίζεται επίσης κατάλληλη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, ούτως ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση. Θάμβωση είναι η αίσθηση που προκαλείται όταν η λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη λαμπρότητα στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα μάτια και προκαλεί ενόχληση, δυσφορία ή μείωση της απόδοσης ή και της ορατότητας. Θάμβωση μπορεί να προκύψει από την άμεση θέαση του ήλιου ή τμήματος του ουρανού μεγάλης φωτεινότητας, δια μέσου των ανοιγμάτων ή από την πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο εργασίας. Επομένως, ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού:

- παρέχει στο κτήριο την αναγκαία ποσότητα φωτισμού για την εκτέλεση των συγκεκριμένων εργασιών,
- συνεισφέρει στη σωστή κατανομή του φωτισμού στο χώρο ώστε να δημιουργούνται συνθήκες οπτικής άνεσης,
- συμβάλλει στην θέρμανση των χώρων με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και συγχρόνως αποτρέπει την υπερθέρμανσή τους (TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.5.1 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός κελύφους

#### Προσανατολισμός

Ο νότιος προσανατολισμός είναι αρκετά καλός ως προς τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Η νότια όψη των κτηρίων δέχεται την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία σε μεγαλύτερο ποσοστό, με σταθερότερο ρυθμό και με καλύτερη κατανομή τόσο στις εποχές του έτους, όσο και στη διάρκεια της ημέρας. Τη θερινή περίοδο όμως, λόγω της υψηλής λαμπρότητας που παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες και τη συνεχή μεταβολή της στάθμης του φωτισμού πρέπει να συνδυαστεί με κατάλληλη σκίαση ώστε να μην προκαλέσει προβλήματα ανισοκατανομής και θάμβωσης.

Ο δεύτερος καλύτερος προσανατολισμός, σε σχέση με το φυσικό φωτισμό του χώρου, είναι ο βορινός, εξαιτίας της σταθερότητας του φωτός στη διάρκεια της ημέρας, και του μειωμένου κινδύνου για θάμβωση. Αν και η ποσότητα του φωτισμού μπορεί να είναι χαμηλή κατά τη χειμερινή περίοδο, η ποιότητα είναι σταθερή, επειδή δεν υπάρχει πρόσπτωση άμεσης ακτινοβολίας.

Οι χειρότεροι προσανατολισμοί, σε σχέση με το φυσικό φως, είναι ο ανατολικός και ο δυτικός, γιατί δέχονται ανομοιογενή κατανομή της ακτινοβολίας (μειωμένη ακτινοβολία τη μισή μέρα), τόσο ημερήσια όσο και διεποχιακή (μεγαλύτερη ποσότητα το καλοκαίρι και μικρότερη το χειμώνα). Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα είναι ότι η χαμηλή θέση του ήλιου στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δημιουργεί έντονα προβλήματα θάμβωσης (TOTEE 20702-5/2010).

#### Το σχήμα του κτηρίου

Το σχήμα του κτηρίου καθορίζει την ποσότητα των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το φωτιζόμενο χώρο (τμήμα του δαπέδου που μπορεί να φωτιστεί με φυσικό φως). Η ποσότητα του φυσικού φωτός μέσα σ' ένα χώρο μειώνεται συναρτήσει της απόστασης από το άνοιγμα. Περιμετρική ζώνη πλάτους περίπου 5m, είναι αυτή που μπορεί να φωτιστεί πλήρως από τα πλευρικά ανοίγματα. Μια δεύτερη, προς το εσωτερικό του κτηρίου, περιμετρική ζώνη φωτίζεται μερικώς με φυσικό φως.

Η αναλογία πλήρως φωτισμένης / μερικώς φωτισμένης / σκοτεινής περιοχής σε ένα κτήριο εξαρτάται από τις διαστάσεις του. Στα μεγάλα κτήρια διαμορφώνεται μεγαλύτερη σκοτεινή περιοχή στο εσωτερικό, όταν η περιβάλλουσα επιφάνεια είναι μικρή σε σχέση με το σχήμα της κάτοψης.

Σε κτήριο με τετράγωνη κάτοψη το 16% της κάτοψης δε δέχεται καθόλου φυσικό φωτισμό. Ένα ποσοστό 51% φωτίζεται πλήρως και το υπόλοιπο 33% μερικώς. Σε κτήριο με ορθογώνια κάτοψη

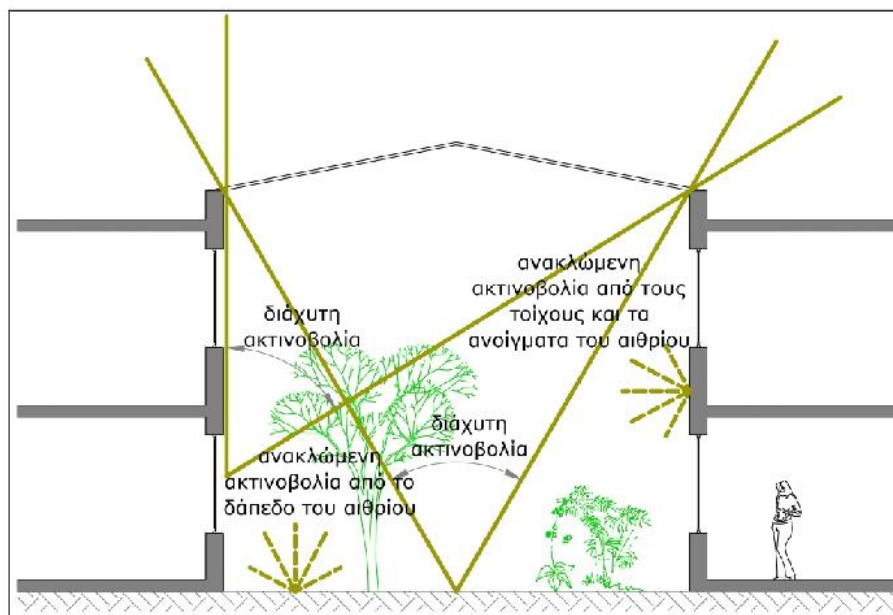
δεν δημιουργούνται «σκοτεινοί χώροι». Η περιοχή που φωτίζεται πλήρως ανέρχεται σε ποσοστό 59% και η φωτιζόμενη μερικώς σε ποσοστό 41%. Σε κτήριο με τετράγωνη κάτοψη και κεντρικό αίθριο, όλοι οι χώροι φωτίζονται πλήρως με φυσικό φως.

Σε γενικές γραμμές βάθος 13m θεωρείται το βέλτιστο βάθος κτηρίου για να γίνει πλήρης εκμετάλλευση του φυσικού φωτός με αντιδιαμετρικά ανοίγματα. Κτήρια με πτέρυγες εκμεταλλεύονται περισσότερο το φυσικό φως. Η ύπαρξη αιθρίου διευκολύνει τον φυσικό φωτισμό (TOTEE 20702-5/2010).

#### **Διατάξεις ενσωματωμένες στον πυρήνα του κτηρίου**

Η ύπαρξη αιθρίου είναι θετικό στοιχείο για το σχεδιασμό κτηρίων με μεγάλο όγκο και περίμετρο κάτοψης. Τα αίθρια συνήθως καλύπτονται με γυάλινη οροφή και λειτουργούν ως χώροι θερμικής ανασχεσης, ως αρχιτεκτονικές ρυθμίσεις, που αυξάνουν την ποσότητα του φυσικού φωτός και ως χώροι που διευκολύνουν το φυσικό αερισμό στα μεγάλα και πολύπλοκα κτηριακά συγκροτήματα. Τα κτήρια που αναπτύσσονται γύρω από ένα σκεπασμένο αίθριο έχουν μειωμένες θερμικές απώλειες και συγχρόνως έχουν μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια για φωτισμό, τόσο στο εξωτερικό τους περίβλημα, όσο και στο εσωτερικό τους περίβλημα προς το αίθριο (Εικόνα 3.50). Ωστόσο, η χωροθέτηση των εσωτερικών χώρων πρέπει να στοχεύει ώστε να διασφαλίζεται κύριος φωτισμός από τα ανοίγματα των εξωτερικών όψεων και επικουρικά από το αίθριο.

Η γεωμετρία του αιθρίου έχει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιπέδων φωτισμού στο εσωτερικό του. Αίθρια με ορθογωνική κάτοψη εμφανίζουν έως και 10% υψηλότερες τιμές συντελεστή φυσικού φωτός στη βάση τους, σε σχέση με αίθρια ίσης επιφάνειας αλλά τριγωνικής ή πολυγωνικής μορφής. Ικανοποιητικά επίπεδα φωτισμού επιτυγχάνονται στο εσωτερικό του αιθρίου όταν το ύψος του δεν υπερβαίνει το πλάτος του. Η κλιμακωτή διάταξη των ορόφων που περικλείουν το αίθριο συνεισφέρει στη βελτίωση των επιπέδων φωτισμού στη βάση του. Για την καλύτερη αξιοποίηση του αιθρίου ενδείκνυται η χωροθέτηση χώρων με μικρό βάθος και μεγαλύτερο ελεύθερο ύψος στους χαμηλότερους ορόφους (TOTEE 20702-5/2010).



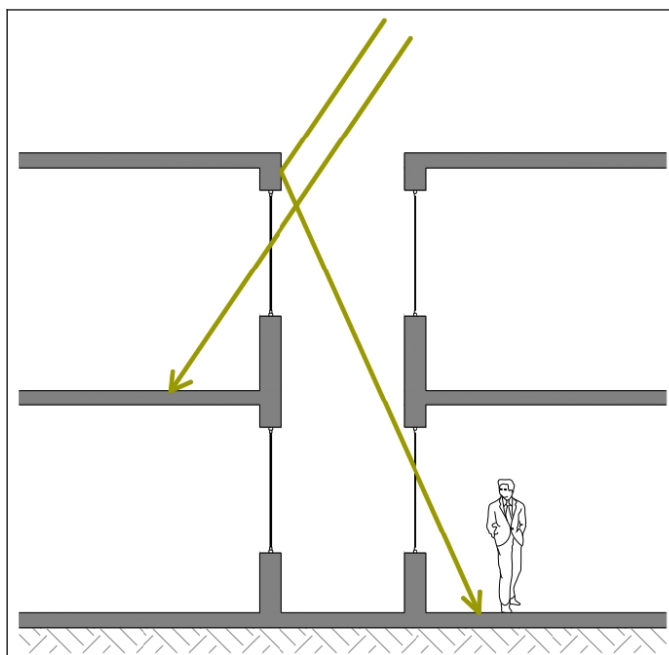
**Εικόνα 3.50 Παροχή φυσικού φωτός σε ένα αίθριο (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).**

Η ποσότητα του φυσικού φωτός, που φτάνει στους χώρους που αναπτύσσονται γύρω από ένα αίθριο, εξαρτάται, εκτός από τη γεωμετρία του αιθρίου, από τη διαπερατότητα στο φως της οροφής του αιθρίου και από την ανακλαστικότητα των πλευρικών τοίχων και του δαπέδου του αιθρίου.

Η επιρροή της ανακλαστικότητας των πλευρικών τοιχωμάτων είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνει το ύψος του αιθρίου. Τα ανώτερα τμήματα των περιμετρικών επιφανειών του αιθρίου, από όπου αρχίζουν οι πρώτες ανακλάσεις, καθορίζουν την κατανομή του φωτισμού. Για το λόγο αυτό ενδείκνυται ο περιορισμός των ανοιγμάτων στους υψηλότερους ορόφους και αντίστοιχα η αύξηση της ανακλαστικότητας των συμπαγών τμημάτων. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται ο φωτισμός στους χαμηλούς ορόφους και παράλληλα μειώνεται ο κίνδυνος θάμβωσης στους υψηλότερους. Επίσης για την αύξηση του φωτισμού στους χαμηλούς ορόφους δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σκουρόχρωμα υλικά επίστρωσης του δαπέδου (TOTEE 20702-5/2010).

Τα αίθρια μπορεί να έχουν εξολοκλήρου γυάλινη οροφή ή να φέρουν παράθυρα οροφής ή και να συνδυάζουν γυάλινη οροφή και κατακόρυφα παράθυρα. Οι επικαλύψεις των αιθρίων μειώνουν το εισερχόμενο φως κατά 20% έως 50%, ανάλογα με τις οπτικές ιδιότητες της επικάλυψης και την κατασκευή του σκελετού στήριξης, που πρέπει να δημιουργεί τις ελάχιστες δυνατές σκιάσεις.

Όταν τα εσωτερικά αίθρια είναι πολύ μικρά για να είναι χρήσιμοι εκμεταλλεύσιμοι χώροι, μετατρέπονται σε στενούς φωταγωγούς, που φέρνουν το φως βαθιά και πολλές φορές και την ηλιακή ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο (Εικόνα 3.51). Ο φωταγωγός καταλαμβάνει μικρότερο εμβαδόν σε σχέση με το αίθριο και συχνά δεν είναι στεγασμένος (TOTEE 20702-5/2010).



*Εικόνα 3.51 Διαγραμματική απεικόνιση φωταγωγού. Με τις διαδοχικές ανακλάσεις ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός μπορεί να φτάσει στους χαμηλούς ορόφους (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).*

#### **Διάταξη εσωτερικού χώρου και επιλογή υλικών**

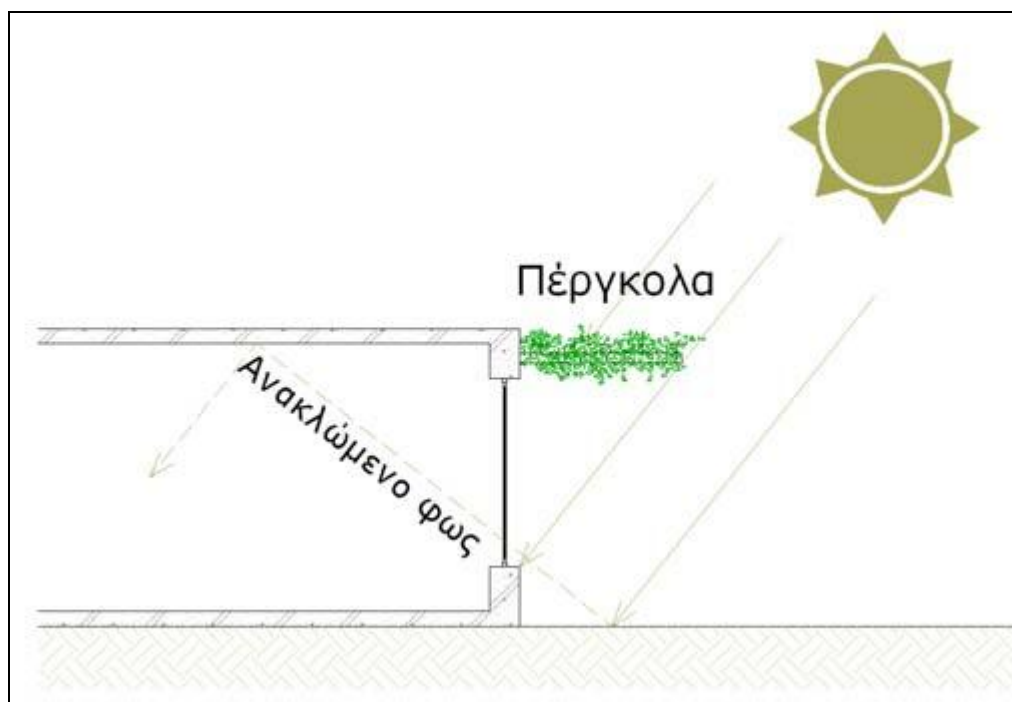
Τα εσωτερικά συμπαγή διαχωριστικά στοιχεία εμποδίζουν τη φωτεινή ακτινοβολία να φτάσει στο βάθος του χώρου, ενώ οι «ανοικτοί» σε κάτοψη χώροι επιτρέπουν στο φως να διεισδύσει στα πίσω τμήματα του κτηρίου. Γενικά είναι αποδεκτό ότι, για ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός το βάθος του χώρου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 6-7μ.

Τέτοιες αποφάσεις είναι καθοριστικής σημασίας, τόσο για την αρχιτεκτονική σύνθεση και τη λειτουργία του κτηρίου, όσο και για τη δυνατότητά του να εξοικονομεί ενέργεια, μέσω της εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού επηρεάζεται επίσης από την ανακλαστικότητα των υλικών του φωτιζόμενου χώρου, και γι' αυτό εάν είναι επιθυμητή η διείσδυση του φωτός σε μεγαλύτερο βάθος όπως στην περίπτωση χώρων μεγάλου βάθους, η οροφή πρέπει να έχει υψηλό συντελεστή ανάκλασης (ανοιχτό χρώμα). Η ανακλαστικότητα των υπολοίπων επιφανειών του χώρου εξαρτάται από τις γεωμετρικές αναλογίες του. Γενικά, οι ανοιχτόχρωμες εσωτερικές τοιχοποιίες δημιουργούν την «αίσθηση» φωτεινού περιβάλλοντος, αυξάνοντας σε κάποιο βαθμό τα επίπεδα φωτισμού στο χώρο (TOTEE 20702-5/2010).

#### **Περιβάλλον χώρος**

Το φως που εισέρχεται στο κτήριο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό και στις ανακλάσεις που υφίσταται στο έδαφος. Στα μονώροφα κτήρια, τα πεζοδρόμια, οι δρόμοι, οι πλακόστρωτες αυλές, ακτινοβολούν σημαντική ποσότητα φωτός προς το κτήριο. Με τη μείωση της ανακλαστικότητας

του περιβάλλοντα χώρου, ελαττώνεται σημαντικά και η ποσότητα του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο χώρο. Η παρουσία βλάστησης επηρεάζει αρνητικά την εισερχόμενη ποσότητα φυσικού φωτός. Αντίθετα μια πέργκολα, με αναρριχώμενα φυτά έξω από ένα άνοιγμα, συμπεριφέρεται καλύτερα, γιατί αποκόπτει μόνον την άμεση ακτινοβολία χωρίς να επηρεάζει την ανακλώμενη, και συνεπώς ρυθμίζει θετικά την ποσότητα και την ποιότητα του φυσικού φωτισμού που δέχεται ο εσωτερικός χώρος (Εικόνα 3.52) (TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.52 Οριζόντιο σκίαστρο με πέργκολα με φυτά (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.5.2 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός των διαφανών στοιχείων του κτηρίου

Τα διαφανή στοιχεία, εξεταζόμενα ως προς τον φυσικό φωτισμό, διακρίνονται σε πλευρικά ανοίγματα, ανοίγματα οροφής, διαφανείς τοίχους και οροφές, αίθρια και φωταγωγούς. Η σωστή χωροθέτηση, διαστασιολόγηση και προστασία των ανοιγμάτων, οι οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα και συγχρόνως, η αύξηση της λαμπρότητας των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου, απομακρύνουν τον κίνδυνο της θάμβωσης και της οπτικής δυσφορίας.

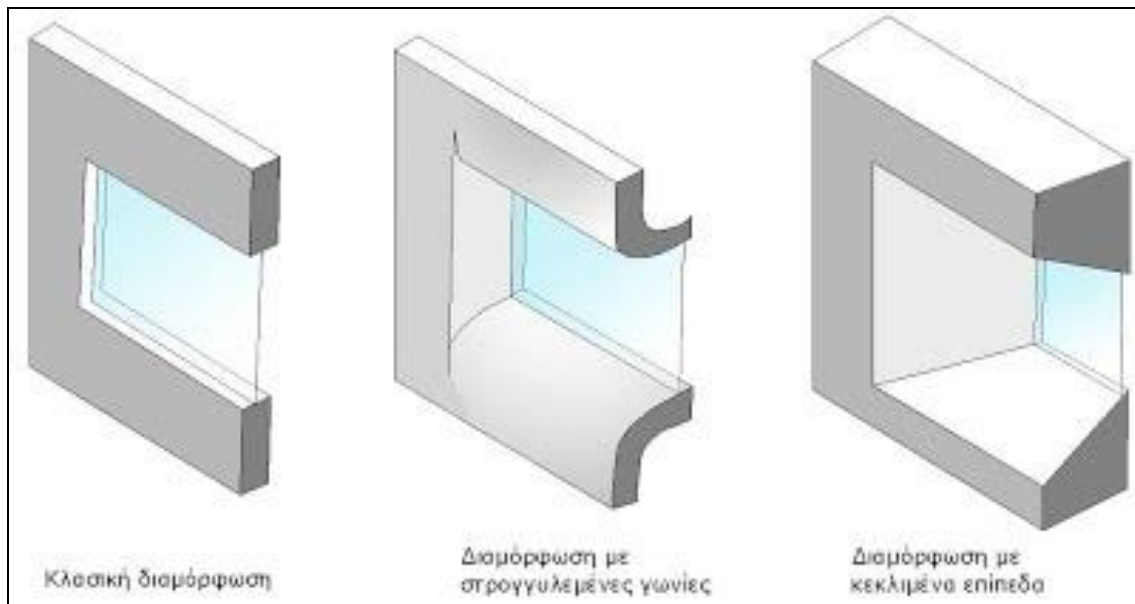
#### Πλευρικά ανοίγματα

Τα ανοίγματα πρέπει να κατανέμονται σωστά στην όψη και να έχουν το κατάλληλο μέγεθος και σχήμα. Οι σχεδιαστικές πρακτικές που αφορούν στην επιλογή των πλευρικών ανοιγμάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Το μέγεθος του ανοίγματος σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του φωτιζόμενου χώρου. Ένας εμπειρικός κανόνας καθορίζει ότι ποσοστό ανοίγματος ίσο με το 20% της επιφάνειας του φωτιζόμενου χώρου παρέχει ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός και συγχρόνως αποφεύγονται οι υπερβολικές θερμικές απώλειες το χειμώνα, η υπερθέρμανση το καλοκαίρι και μειώνεται ο κίνδυνος θάμβωσης. Η αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων πέραν αυτού του ορίου επιφέρει μικρή αύξηση του φυσικού φωτισμού, ενώ προκαλεί δυσανάλογα μεγάλη αύξηση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου του χώρου. Σύμφωνα με τον ελληνικό Κτηριοδομικό Κανονισμό, το μέγεθος των ανοιγμάτων πρέπει να είναι τουλάχιστον το 10% της επιφάνειας του δαπέδου του φωτιζόμενου χώρου, για να επιτυγχάνεται ο ελάχιστος φωτισμός και αερισμός. Σε γενικές γραμμές η επιφάνεια του ανοίγματος είναι ανάλογη με τα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο και αύξηση του μεγέθους του ανοίγματος κατά 10% συμβάλλει στην αύξηση του μέσου συντελεστή φυσικού φωτός κατά περίπου 1%.
- Η θέση του ανοίγματος στον τοίχο. Όσο πιο ψηλά είναι τοποθετημένο ένα άνοιγμα, τόσο πιο βαθιά φτάνει το φυσικό φως στο χώρο. Με την τοποθέτηση των ανοιγμάτων υψηλά, σε συνδυασμό με την αύξηση της ανακλαστικότητας του πίσω τοίχου του φωτιζόμενου χώρου, επέρχεται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού σε όλο το βάθος. Εάν το βάθος του χώρου ξεπερνά κατά 2,5 φορές το ύψος του ανοίγματος μέχρι το ανώφλι, τότε ο φωτισμός στο πίσω μέρος του χώρου δεν είναι ικανοποιητικός, τόσο ως προς την ποσότητα, όσο και ως προς την ποιότητα.
- Το σχήμα του ανοίγματος επηρεάζει την κατανομή του φωτός στο χώρο. Με ανοίγματα μεγάλου πλάτους (αναλογίες πλάτους προς ύψος περίπου 2:1), ο φωτισμός του χώρου διαμορφώνεται σε ζώνες διαφορετικής έντασης, παράλληλες προς τον τοίχο που φέρει το άνοιγμα. Η ένταση του φωτισμού παραμένει σχεδόν σταθερή όλη την ημέρα και εμφανίζεται μικρός κίνδυνος θάμβωσης. Με κατακόρυφα ανοίγματα (αναλογίες πλάτους προς ύψος περίπου 1:2), ο φωτισμός διανέμεται σε μια ζώνη κάθετη προς τον τοίχο του ανοίγματος, με αποτέλεσμα τη διαφορετική ένταση του φωτισμού στη διάρκεια της ημέρας. Αυτός ο τύπος του ανοίγματος προσφέρει καλύτερο φωτισμό σε περιοχές απομακρυσμένες από το άνοιγμα, αλλά προκαλεί και μεγαλύτερη θάμβωση.
- Πολλά μικρότερα ανοίγματα αντί για ένα άνοιγμα μεγάλου μεγέθους συμβάλλουν σε καλύτερη κατανομή του φυσικού φωτός στο χώρο. Εάν ο χώρος έχει μεγάλο βάθος, δεν επαρκεί ο μονόπλευρος φωτισμός. Απαιτείται συμπληρωματικός φωτισμός από πλευρικά παράθυρα,

φεγγίτες και ανοίγματα στην οροφή. Με τα διαμερή ανοίγματα επιτυγχάνεται καλύτερη κατανομή του φωτός και μειώνεται η θάμβωση. Ιδιαίτερα όταν τα ανοίγματα τοποθετούνται σε παρακείμενους τοίχους μειώνεται σημαντικά ο κίνδυνος θάμβωσης, επειδή εξομαλύνεται η διαφορά λαμπρότητας μεταξύ των τοίχων και του ανοίγματος.

- Τοποθέτηση των ανοιγμάτων κοντά στους εσωτερικούς τοίχους. Με τη βοήθεια των διαδοχικών ανακλάσεων της φωτεινής ακτινοβολίας όλοι, οι τοίχοι φωτίζονται κι έτσι μειώνεται η διαφορά λαμπρότητας των επιφανειών και ο κίνδυνος θάμβωσης (ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).
- Διαμόρφωση των παραστάδων ή του ανωφλίου ή και της ποδιάς των παραθύρων με κλίση ή με στρογγυλεμένες γωνίες, για να διευκολυνθεί η μετάβαση από τη φωτεινή περιοχή του παραθύρου στη μη φωτιζόμενη ζώνη της τοιχοποιίας, έτσι ώστε να αποφευχθεί η θάμβωση και να βελτιωθεί η οπτική άνεση (Εικόνα 3.53).



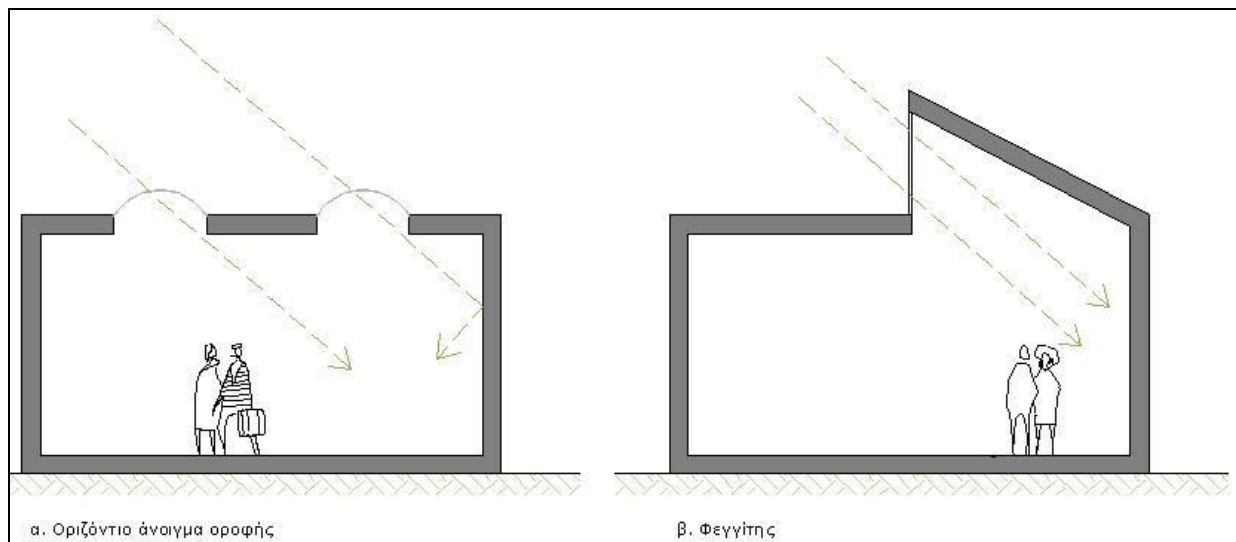
*Εικόνα 3.53 Διαμόρφωση του ανωφλίου και του κατωφλίου των παραθύρων, για να αποφευχθεί η θάμβωση (Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010).*

### Ανοίγματα οροφής

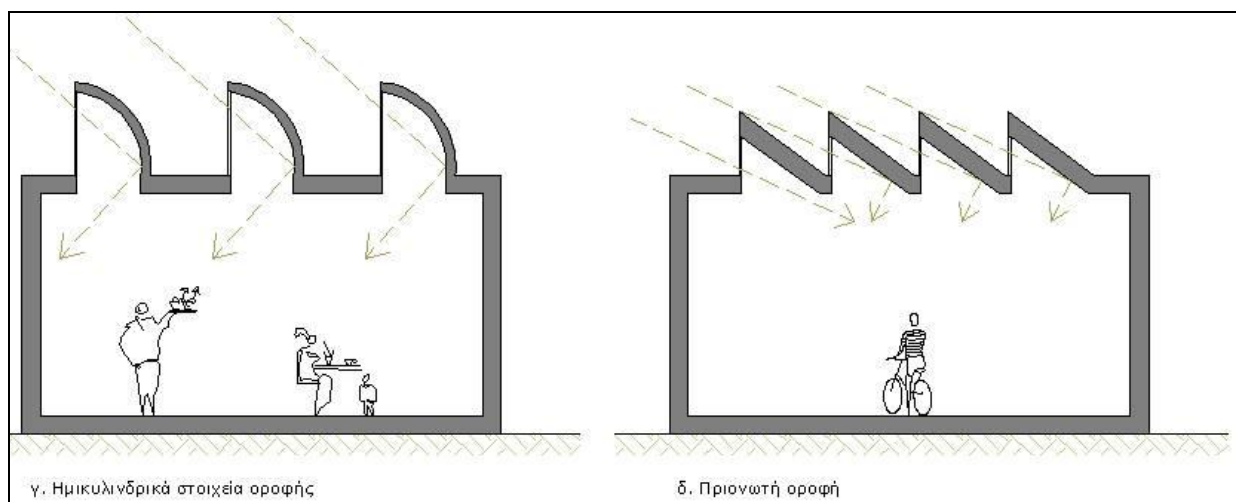
Οριζόντια, κεκλιμένα ή κατακόρυφα, επίπεδα ή καμπυλόμορφα, υπερυψωμένα ή συνεπίπεδα ανοίγματα στην οροφή είναι διατάξεις που επιτρέπουν το φωτισμό των χώρων από ψηλά (Εικόνα 3.54α,β,γ). Κατά κανόνα, σε σχέση με τα πλευρικά ανοίγματα, επιτρέπουν την εισχώρηση μεγαλύτερης ποσότητας φυσικού φωτός και ο άνωθεν φωτισμός κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο παρέχοντας καλύτερες οπτικές συνθήκες. Αυτά τα ανοίγματα εφαρμόζονται

σε μονώροφα κτήρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κτηρίων. Ειδική περίπτωση αποτελούν οι φωτοσωλήνες, που εφαρμόζονται σε πολυώροφα κτήρια και περιγράφονται στη συνέχεια.

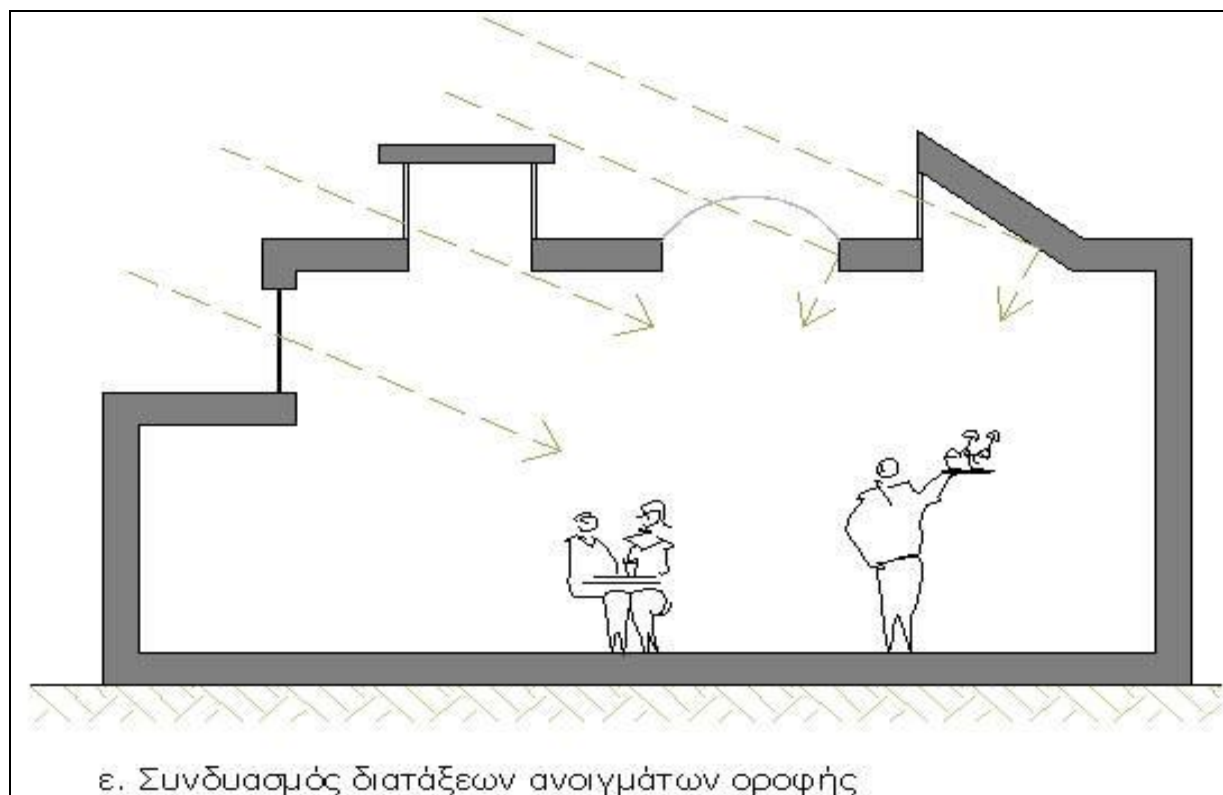
Τα ανοίγματα οροφής επειδή δεν συνεισφέρουν στην οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον δεν πρέπει να αποτελούν τα μοναδικά ανοίγματα, αλλά να χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά για το φωτισμό του χώρου (TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.54i Διατάξεις ανοιγμάτων οροφής (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.54ii Διατάξεις ανοιγμάτων οροφής (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).



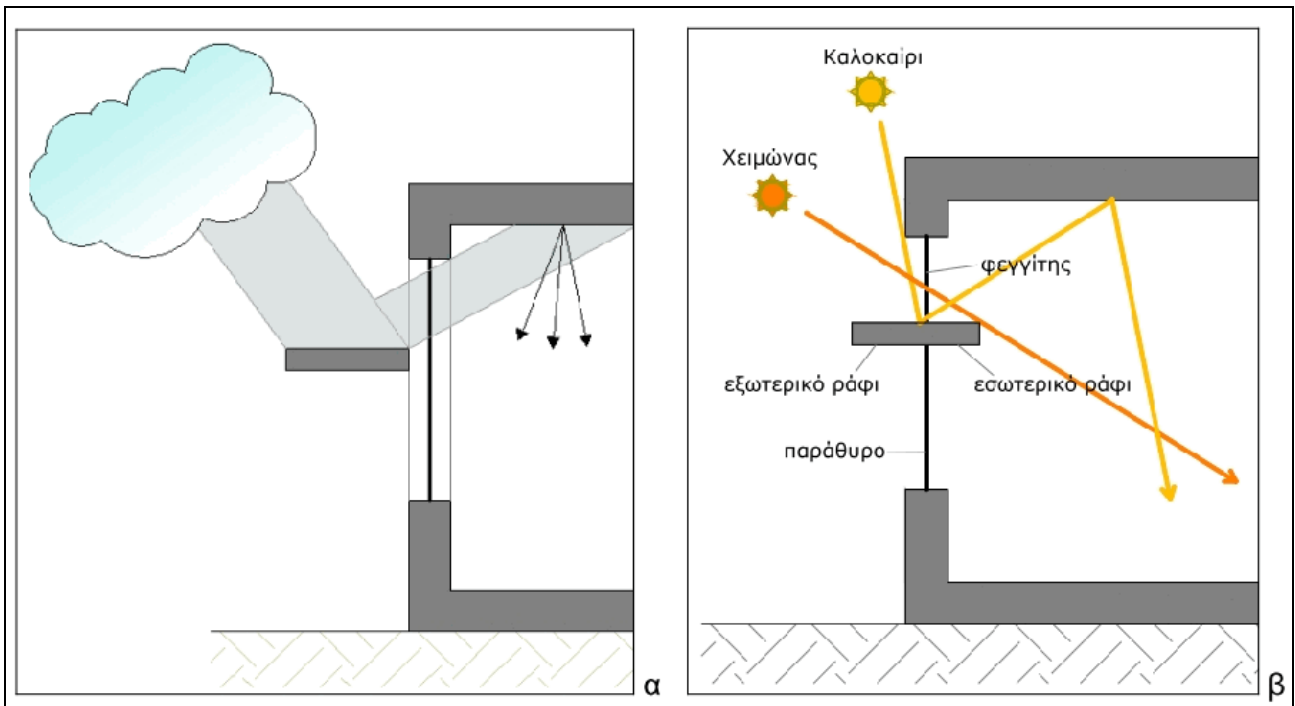
Εικόνα 3.54iii Διατάξεις ανοιγμάτων οροφής (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

### 3.1.5.3 Ηλιοπροστατευτικές και φωτοτεχνικές διατάξεις

Υπάρχουν διατάξεις που εφαρμόζονται στα ανοίγματα για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός και τη βελτίωση της κατανομής του στο χώρο. Ορισμένες από αυτές είναι συγχρόνως και ηλιοπροστατευτικές διατάξεις.

#### Ράφια φωτισμού

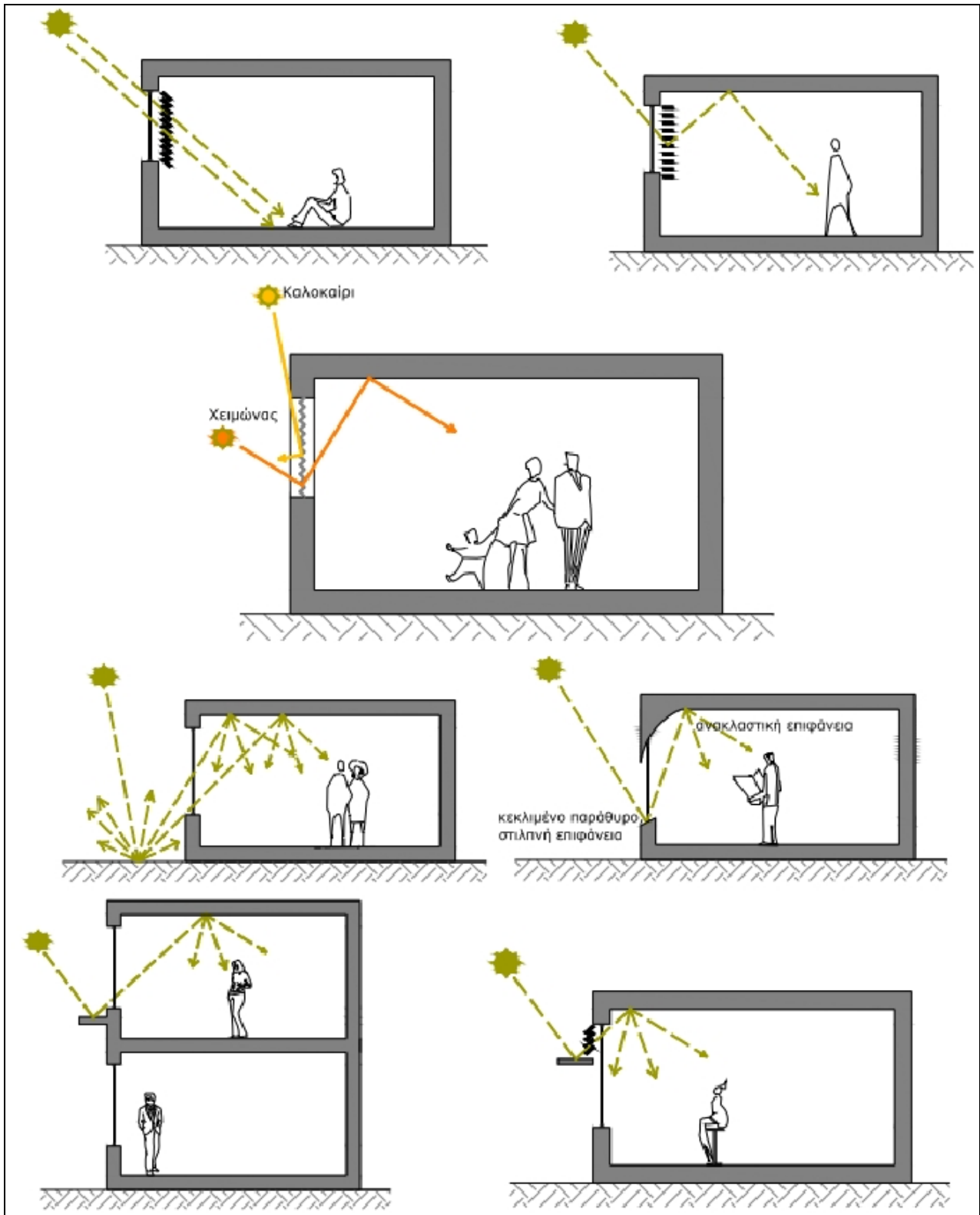
Είναι επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία που τοποθετούνται στα ανοίγματα, πάνω από τη γραμμή όρασης. Συνήθως έχουν στιλπνή την άνω επιφάνειά τους (κατοπτρική επιφάνεια ή επιφάνεια που προκαλεί διάχυση), στην οποία ανακλάται η προσπίπτουσα φωτεινή ακτινοβολία και κατευθύνεται προς την οροφή του χώρου, ή διαχέεται αντίστοιχα, βελτιώνοντας έτσι την κατανομή του φωτισμού. Παράλληλα παρέχουν προστασία από τη θάμβωση από τη θέαση του ουρανού από το εσωτερικό και λειτουργούν ως ηλιοπροστατευτική διάταξη για το τμήμα του παραθύρου που βρίσκεται κάτω από αυτά. Η κάτω πλευρά τους ανακλά επίσης τις φωτεινές δέσμες τις προερχόμενες από το έδαφος και αυξάνει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο χώρο. Τα ράφια φωτισμού κατασκευάζονται στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά ή εκατέρωθεν του υαλοστασίου (Εικόνα 3.55) και αποτελούν συγχρόνως στοιχείο της αρχιτεκτονικής σύνθεσης (TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.55 Ανακλαστικά ράφια (α) εξωτερικά ή (β) εκατέρωθεν του ανοίγματος (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

### Ανακλαστήρες

Εξωτερικές ή εσωτερικές περσίδες με ανακλαστική την άνω παρειά τους αυξάνουν την ποσότητα του φωτισμού φωτός που δέχεται ο χώρος, παρέχοντας συγχρόνως σκιασμό και προστασία από τη θάμβωση (Εικόνα 3.56). Δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι το καλοκαίρι ή κατά τη διάρκεια ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια, οι πολύ στιλπνές επιφάνειες των περσίδων μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση (TOTEE 20702-5/2010).



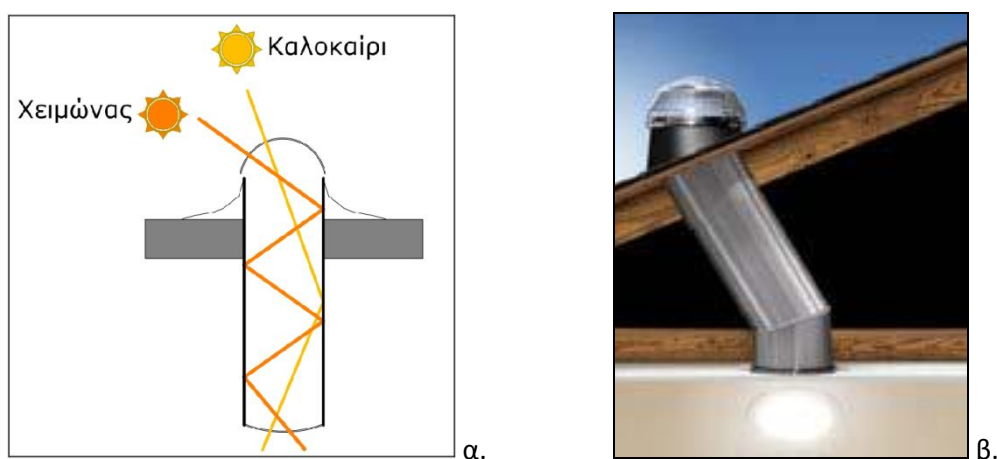
Εικόνα 3.56 Διάφορες διατάξεις περσίδων με ανακλαστική την άνω παρειά τους που συμβάλλουν στο να οδηγηθεί το φυσικό φώς στην οροφή του χώρου (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

### Κανάλια φωτισμού ή φωτεινοί αγωγοί ή φωτοσωλήνες

Είναι απλή σχετικά κατασκευή, η οποία εισάγει φως από την οροφή σε σκοτεινά σημεία των κτηρίων ακόμα και σε χαμηλότερους ορόφους (light ducts ή sun ducts ή light wells ή light pipes).

Πρόκειται για σωλήνα επιστρωμένο στο εσωτερικό του με υλικό μεγάλης ανακλαστικότητας - όπως καθρέφτες, ελάσματα από αλουμίνιο ή βαμμένο με πολύ στιλπνά χρώματα, που φέρει διαφανή καλύμματα στα δύο άκρα του. Συνήθως οι διαστάσεις του είναι μικρές: από  $0.50 \times 0.50 \mu$ , έως  $2.0 \times 2.0 \mu$  (Εικόνα 3.57α). Ο φωτοσωλήνας μπορεί να είναι ενιαίος κατακόρυφος ή να αποτελείται από τμήματα υπό κλίση (Εικόνα 3.57β).

Η απόδοσή του εξαρτάται από την ένταση φωτισμού στο επίπεδο του φωτοσωλήνα εξωτερικά, το ύψος του ήλιου, την ανακλαστικότητα του υλικού στο εσωτερικό του σωλήνα, την ύπαρξη ή όχι γωνιών στο φωτοσωλήνα και από το λόγο του μήκους του προς τη διάμετρό του. Για αυξημένη απόδοση το μήκος του δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 10μ. (Lechner, 1991), δεδομένου ότι όσο αυξάνει το μήκος, μειώνεται σημαντικά η ένταση του φωτισμού. Οι αγωγοί, με κατάλληλο σχεδιασμό, μπορούν επίσης να συνεισφέρουν στον φυσικό αερισμό των χώρων (TOTEE 20702-5/2010).



Εικόνα 3.57 Φωτοσωλήνας (α) απεικόνιση λειτουργίας, (β) υπό κλίση (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010).

### 3.2 Το Παθητικό σπίτι

Ορισμός:

Το παθητικό κτήριο είναι ένα κτήριο στο οποίο η εσωτερική θερμική άνεση (ISO 7730) εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται (DIN 1946) για την σωστή εσωτερική ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον ανακυκλοφορίας του αέρα. Το παθητικό κτήριο (Passiv Haus στα γερμανικά και Passive House στα αγγλικά) είναι ένα πρότυπο κτηρίου το οποίο προσφέρει ταυτόχρονα υψηλή ενεργειακή απόδοση, άνεση, οικονομία και είναι φιλικό προς το περιβάλλον (<http://www.eipak.org>).

Ανεξάρτητα από το κλίμα ή την περιοχή, τα Παθητικά Κτήρια διατηρούν όλο το χρόνο μια άνετη και ευχάριστη θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτήρια θερμαίνονται

παθητικά, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμη και τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το Παθητικό Κτήριο χρησιμοποιεί παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός σκίασης και νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου να διατηρείται δροσερό. Σε κάθε περίπτωση, τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο προσεκτικός σχεδιασμός εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν όλο το χρόνο, σε σταθερά και ευχάριστα για τους ενοίκους / χρήστες επίπεδα (<http://www.eipak.org>).

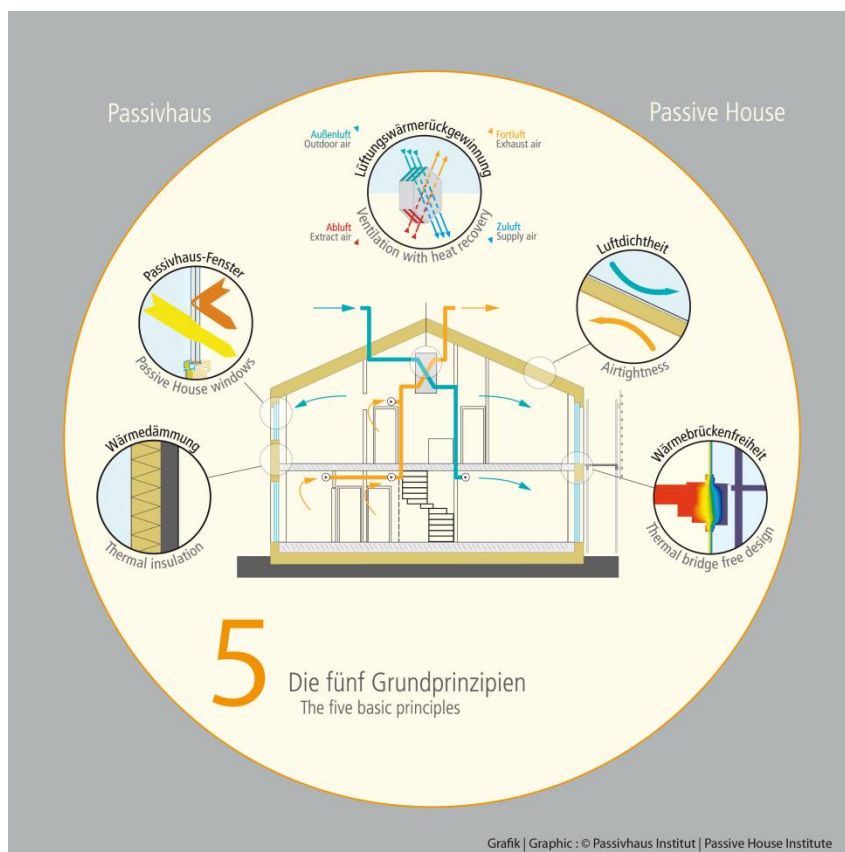
Ένα Παθητικό Κτήριο χρησιμοποιεί έως και 90% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη από τα συμβατικά κτήρια της Κεντρικής Ευρώπης, με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερο από 1,5 λίτρο πετρελαίου ή 1,5 κυβικό μέτρο φυσικού αερίου το χρόνο, για τη θέρμανση ενός τετραγωνικού μέτρου κατοικήσιμου χώρου. Εξαιρετικά μεγάλη οικονομία, όμως, επιτυγχάνεται και στις θερμότερες περιοχές, όπου τα κτήρια χρειάζονται ψύξη. Ο περιορισμός της χρήσης ενέργειας οδηγεί σε περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και έτσι το Παθητικό Κτήριο είναι μια πραγματικά αειφόρος επιλογή σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές (<http://www.eipak.org>).

Το Παθητικό Κτήριο λειτουργεί σαν ένα θερμός, που διατηρεί παθητικά το περιεχόμενό του στη σωστή θερμοκρασία, χωρίς τη χρήση ενεργητικής ψύξης ή θέρμανσης. Οι πέντε βασικές αρχές λειτουργίας του Παθητικού κτηρίου είναι (Εικόνα 3.58):

1. **Μόνωση:** Ένα σωστά μονωμένο κτηριακό κέλυφος, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, διατηρεί τη ζέστη μέσα στο κτήριο, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζει να εισέλθει μέσα σε αυτό.
2. **Ανοίγματα κελύφους:** Τα σωστά σχεδιασμένα, μονωμένα και τοποθετημένα κουφώματα συμμετέχουν στη βέλτιστη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών.
3. **Αερισμός με Ανάκτηση Ενέργειας:** Τα συστήματα αερισμού των Παθητικών Κτηρίων παρέχουν καθαρό αέρα, απαλλαγμένο από γύρη και σκόνη, με μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της ανάκτησης θερμότητας και με έλεγχο της υγρασίας.
4. **Αεροστεγανότητα:** Τα Παθητικά κτήρια είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγονται οι διαρροές αέρα στο κτηριακό κέλυφος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση και να εμποδίζεται η εμφάνιση ρευμάτων αέρα και φθορών από την υγρασία.

**5. Θερμογέφυρες:** Η ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών και ασθενών σημείων στο κτηριακό κέλυφος, συνεισφέρει στη δημιουργία ευχάριστης και σταθερής θερμοκρασίας, ενώ εξαλείφει τις φθορές από την υγρασία, ενώ αυξάνει την ενεργειακή απόδοση.

Παράλληλα, Σκίαση, Νυχτερινός Φυσικός Αερισμός, Ελαφρά Γεωθερμία Αέρα και Σωστός Σχεδιασμός της θερμικής μάζας συντελούν στην καλύτερη απόδοση των παθητικών κτηρίων στα μεσογειακά κλίματα ([www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com)).



Εικόνα 3.58 Βασικές αρχές λειτουργίας του Παθητικό κτηρίου ([www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com))

Οι απαιτήσεις που ικανοποιεί ένα Παθητικό κτήριο στηριζόμενο στην βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι:

- Ετήσια ζήτηση θέρμανσης:  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$  (Galvin, R., 2014).
- Ετήσια ζήτηση ψύξης:  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
- Ειδικό θερμικό φορτίο:  $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- Ετήσια ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας:  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$  έτος
- Αεροστεγανότητα:  $< 0.6$  αλλαγές/ώρα (<http://www.eipak.org>).

Οι ενεργειακές ανάγκες ενός Παθητικού κτηρίου είναι σημαντικά μικρότερες ενός συμβατικού. Επιπροσθέτως των αναγκών κλιματισμού, η λειτουργικότητα του κτηρίου απαιτεί επιπλέον ενέργεια για τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικών συσκευών από τους χρήστες του κτηρίου, από απλές οικιακές και φωτισμό, μέχρι πολυσύνθετα ιατρικά μηχανήματα. Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, καύση προϊόντων του άνθρακα) επιβαρύνοντας το οικολογικό αποτύπωμα του κτηρίου. Αντίθετα η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνει ένα Παθητικό κτήριο και η μείωση των εκλύσεων των αερίων του θερμοκηπίου κυμαίνεται μεταξύ 55% - 83% (Moran, F. Et al, 2014).

Στη παρούσα μελέτη προτείνεται η παροχή της απαιτούμενης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

### **3.3 Ενεργειακά Αποδοτικές Ενεργητικές Πρακτικές**

Οι ενεργειακά αποδοτικές ενεργητικές πρακτικές που εξασφαλίζουν την αυτονομία σε υψηλό βαθμό σε επίπεδο κτηρίου είναι: α) η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Ηλιακή ενέργεια, Γεωθερμία, Αιολική ενέργεια, Βιομάζα, β) η χρήση ενεργειακά αποδοτικών Ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών, γ) η ενεργειακά αποδοτικότερη διαχείριση των συστημάτων (BEMS).

#### **3.3.1 Εφαρμογή Α.Π.Ε στον κτηριακό τομέα**

Η εξοικονόμηση (ορθολογική χρήση) της ενέργειας σε συνδυασμό με την χρήση συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα κτήρια αποτελούν τις πιο ρεαλιστικές λύσεις στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε (Μπαλαράς Κ.Α et al, 2006). Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας χαρακτηρίζονται οι εξής:

1. Ηλιακή Ενέργεια, η οποία αξιοποιείται με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και με τη χρήση φωτοβολταϊκών (Φ/Β) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι τα πλέον διαδεδομένα συστήματα Α.Π.Ε. στις κατοικίες, οι οποίοι συνεχώς αυξάνονται. Ιδιαίτερα οι νέες κατοικίες, διαθέτουν όλες τις απαραίτητες υποδομές για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Τα Φ/Β είναι μια τεχνολογία αρκετά δαπανηρή και για το λόγο αυτό δεν έχουν διαδοθεί αρκετά στον οικιακό τομέα, αλλά με τη συνεχή μείωση του κόστους τους και τις σχετικές επιδοτήσεις για ηλεκτροπαραγωγή σε μικρές εγκαταστάσεις μέχρι 10kW, έχει σημειωθεί αλματώδης αύξηση και στις εφαρμογές στα κτήρια.

2. Αιολική Ενέργεια, η οποία αξιοποιείται κυρίως με τη χρήση ανεμογεννητριών (Α/Γ) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα κτήρια έχουν γίνει ελάχιστες εφαρμογές και κυρίως σε κατοικίες απομονωμένων περιοχών. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει διαθέσιμη τεχνολογία Α/Γ αστικού περιβάλλοντος με όλες τις προδιαγραφές για εφαρμογές σε κτήρια. Μέχρι σήμερα έχουν εγκατασταθεί Α/Γ αστικού περιβάλλοντος σε περιορισμένο αριθμό μονοκατοικιών. Το κόστος τους παραμένει αρκετά υψηλό, αλλά οι αποδόσεις τους είναι αρκετά ικανοποιητικές.

3. Βιομάζα, η οποία αξιοποιείται ιδιαίτερα στον οικιακό τομέα, για τη θέρμανση χώρων και το μαγείρεμα. Η ενέργεια ανακτάται κυρίως από την καύση γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Η σημερινή τεχνολογία αξιοποιεί τη βιομάζα ακόμα και μέσω συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

4. Γεωθερμική Ενέργεια, η οποία παράγεται με την εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Στα κτήρια, οι εφαρμογές στοχεύουν κυρίως στην εκμετάλλευση της χαμηλής ενθαλπίας με τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Η αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων στα κτήρια είναι περιορισμένη, αν και την τελευταία δεκαετία γίνονται αρκετές εφαρμογές σε πολλές περιοχές της Ελλάδας (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

### **3.3.1.1 Ηλιακή Ενέργεια**

#### **Θερμικά ηλιακά συστήματα**

Η εκμετάλλευσή της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας γίνεται με διάφορους τύπους ηλιακών συλλεκτών. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν όλες τις διατάξεις που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια, παγιδεύοντας την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα. Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμικής ενέργειας με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Αυτή η θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) ή/και για τη θέρμανση χώρων ή/και για ψύξη (ηλιακός κλιματισμός). Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών, που μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα κτήριο, ανάλογα με τη χρήση και τη διαθέσιμη επιφάνεια εγκατάστασης (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με ανεξάρτητα συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν συμβατικό ενεργειακό εξοπλισμό (πχ αντλίες, κυκλοφορητές) για τη συλλογή, αποθήκευση και διανομή και γενικότερα εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, ενώ τα συστήματα αυτά ονομάζονται **ενεργητικά ηλιακά συστήματα**. Απαιτούνται συστήματα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιακοί συλλέκτες) που είναι από κατασκευαστικής και λειτουργικής πλευράς πιο σύνθετα σε

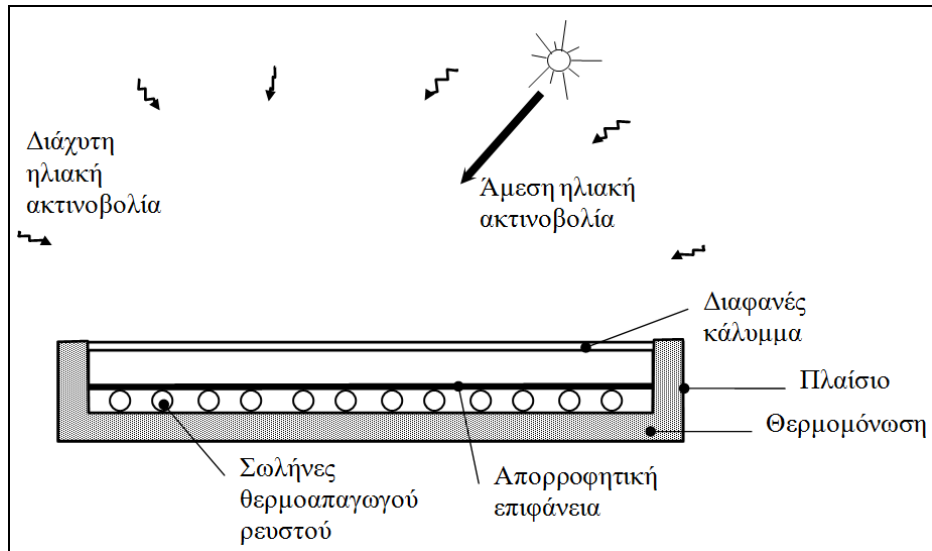
σχέση με τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Επίσης σε μεγάλες εγκαταστάσεις απαιτούνται κυκλοφορητές ή αντλίες (που καταναλώνουν κάποια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας) για τη μεταφορά της θερμότητας στο δίκτυο της εγκατάστασης (παραγωγή, αποθήκευση και κατανάλωση). Επίσης προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες στον έλεγχο των επιμέρους λειτουργιών, της παραγόμενης θερμότητας, των θερμοκρασιών λειτουργίας κλπ.

Τα ενεργητικά θερμικά ηλιακά συστήματα επιτυγχάνουν μεγαλύτερα ποσοστά εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και επιτρέπουν καλύτερο έλεγχο των συνθηκών λειτουργίας και απόδοσής τους και περιλαμβάνουν:

- σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας (ηλιακοί συλλέκτες)
- σύστημα αποθήκευσης
- βοηθητικό σύστημα παραγωγής θερμότητας
- κυκλοφορητές και συστήματα ελέγχου σε μεγάλες εγκαταστάσεις.

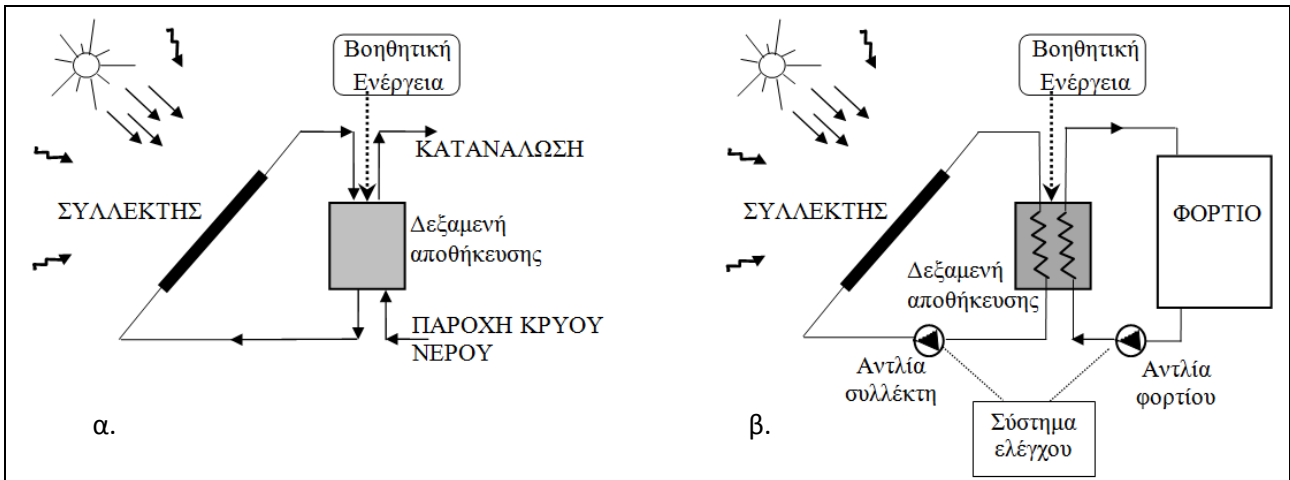
Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών. Η επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου, εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής και το φορτίο, δηλαδή την εφαρμογή και τις επιθυμητές θερμοκρασίες. Οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται σε επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και συγκεντρωτικούς συλλέκτες (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης (εικόνα 3.59) είναι ο πλέον συνηθισμένος τύπος συλλέκτη που συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή ΖΝΧ (ηλιακός θερμοσίφωνας). Εκμεταλλεύονται την άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και χρησιμοποιούνται για εφαρμογές που απαιτούν σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (50-80°C).



Εικόνα 3.59 Τομή τυπικού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Στους απλούς ηλιακούς θερμοσίφωνες, η κυκλοφορία του ζεστού νερού γίνεται με φυσικό τρόπο μεταξύ του συλλέκτη και της αποθήκης νερού (θερμοσίφωνα) και με τη διαφορά πίεσης του δικτύου προς την κατανάλωση (Εικόνα 3.60α). Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, ο έλεγχος της λειτουργίας των συστημάτων γίνεται από κάποιο είδος ηλεκτρονικών αυτοματισμών, που ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να είναι απλές μετρήσεις της θερμοκρασίας σε επιμέρους στάδια, έτσι ώστε να ελέγχεται η λειτουργία κυκλοφορητών (Εικόνα 3.60β), ή και η ρύθμιση της κίνησης των συλλεκτών, εάν υπάρχει (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

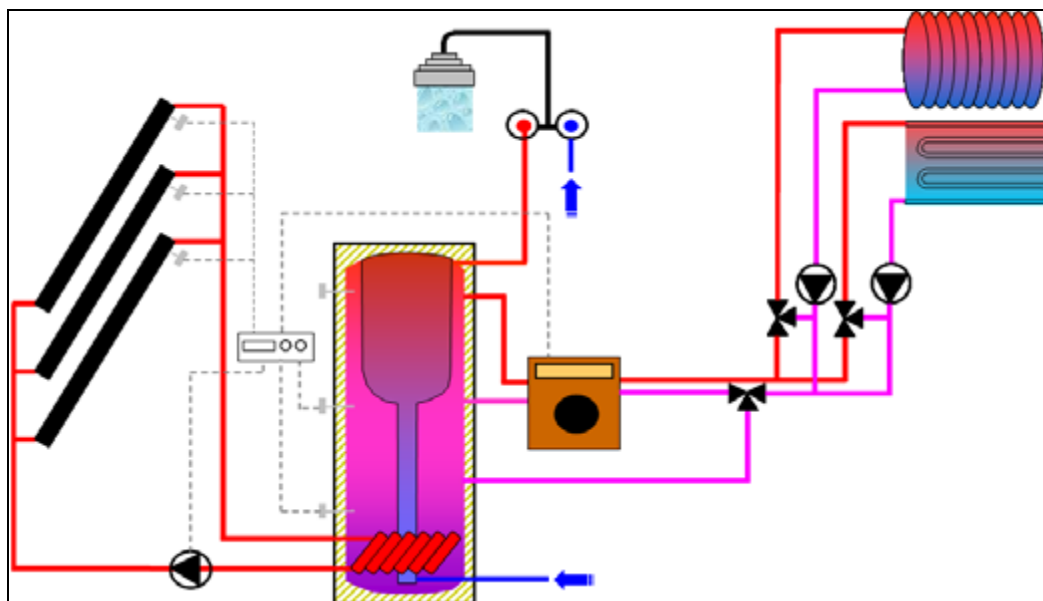


Εικόνα 3.60 Αντιπροσωπευτικές διατάξεις ηλιακών συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

### Το σύστημα Combi (ZNX & Θέρμανση χώρων)

Ο συνδυασμός παραγωγής ZNX και της θέρμανσης των χώρων του κτηρίου εκμεταλλεύονται τους ηλιακούς συλλέκτες ονομάζονται συστήματα Combi (Weiss W., Mauthner F., 2009). Μια τυπική εγκατάσταση ηλιακού συστήματος combi (Εικόνα 3.61) αποτελείται από τους ηλιακούς

συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού και ένα εφεδρικό σύστημα θέρμανσης (πχ λέβητα).



Εικόνα 3.61 Τυπική διάταξη συστήματος combi για την παραγωγή ΖΝΧ και θέρμανσης χώρων (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Ανάλογα με το μέγεθος του πεδίου των ηλιακών συλλεκτών, τη δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού, τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και τα φορτία, τα συστήματα combi μπορούν να καλύψουν 10-60% των συνολικών φορτίων για ΖΝΧ και θέρμανση χώρων στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη (Philibert C., 2006). Στην Ελλάδα η χρήση αυτή είναι περιορισμένη στο 5% (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

### Ηλιακή ψύξη & συστήματα Combi-plus

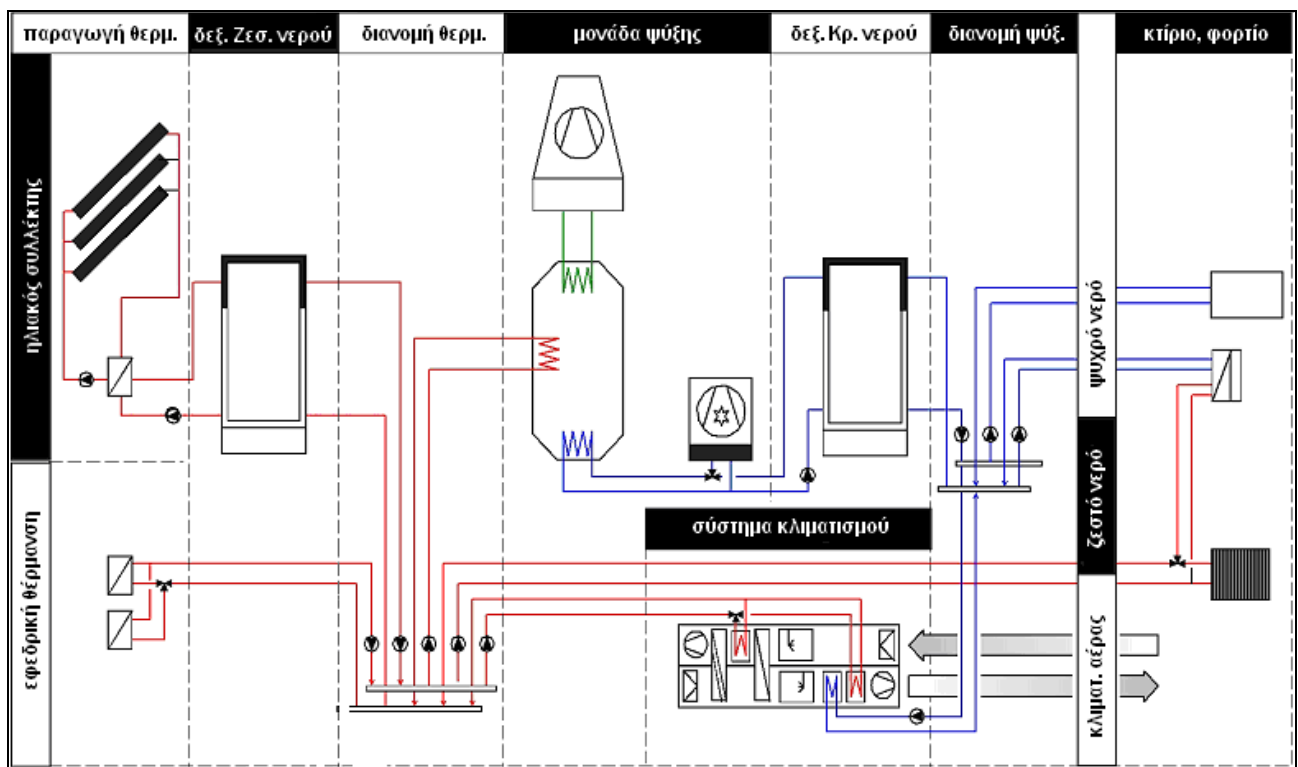
Δεδομένου ότι τα μέγιστα ψυκτικά φορτία το καλοκαίρι συμπίπτουν με την υψηλή διαθεσιμότητα ηλιακής ενέργειας, προσφέρεται μια πολύ καλή ευκαιρία για τη χρήση των ηλιακών θερμικών συστημάτων σε συνδυασμό με θερμικούς ψύκτες. Συνεπώς, η εκμετάλλευση των ηλιακών θερμικών συστημάτων μπορεί να καλύψει τις ανάγκες για ΖΝΧ, θέρμανση και ψύξη χώρων. Τα συστήματα αυτά είναι συνήθως γνωστά και ως “solar combi-plus”.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας σε εφαρμογές κλιματισμού (ηλιακός κλιματισμός) έχει προχωρήσει αρκετά τα τελευταία χρόνια, λόγω της προόδου στο σχεδιασμό των επιμέρους συστημάτων και των βελτιωμένων αποδόσεων, ενώ παράλληλα έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία από τις διάφορες εφαρμογές (Philibert C., 2006; Henning H. M, 2004; Balaras C. A et al, 2006).

Οι βασικές τεχνολογίες ηλιακού κλιματισμού περιλαμβάνουν: 1) **κλειστού κύκλου** συστήματα, όπως ψύκτες **απορρόφησης** και **προσρόφησης** με: (α) υγρά μέσα απορρόφησης, όπως τα συστήματα με νερό ως ψυκτικό μέσο και υδατικό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου ως μέσο

απορρόφησης (H<sub>2</sub>O/LiBr) ή ως ψυκτικό μέσο την αμμωνία και μέσο απορρόφησης το νερό (NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O), και (β) στερεά μέσα απορρόφησης, όπως τα συστήματα με νερό ως ψυκτικό μέσο και μέσο απορρόφησης πήκτωμα πυριτίου (H<sub>2</sub>O/silica gel) ή της νέας τεχνολογίας συστήματα που βρίσκονται ακόμη στο στάδιο έρευνας, όπως για παράδειγμα, αμμωνία ως ψυκτικό μέσο και άλατα ή άλλες θερμοχημικές διαδικασίες. 2) **ανοικτού κύκλου** συστήματα, με: (α) στερεά αφυγραντικά υλικά απορρόφησης, όπως οι τροχοί αφύγρανσης, σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες αέρα ή νερού και (β) υγρά αφυγραντικά υλικά απορρόφησης σε νέας τεχνολογίας συστήματα που βρίσκονται ακόμη στο στάδιο έρευνας (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Μια τυπική εγκατάσταση ηλιακού κλιματισμού (Εικόνα 3.62) αποτελείται από: (α) ηλιακούς συλλέκτες (παρέχουν την απαιτούμενη θερμότητα για τη λειτουργία του ψύκτη), (β) μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού, (γ) τη μονάδα ψύξης, (δ) το σύστημα κλιματισμού και (ε) το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης (ενσωματώνεται στην εγκατάσταση είτε ως εφεδρική θέρμανση, είτε ως εφεδρικός ψύκτης ή και τα δύο).



Εικόνα 3.62 Τυπική διάταξη ηλιακού κλιματισμού με διαφορετικό εξοπλισμό (Πηγή: Henning H. M, 2004).

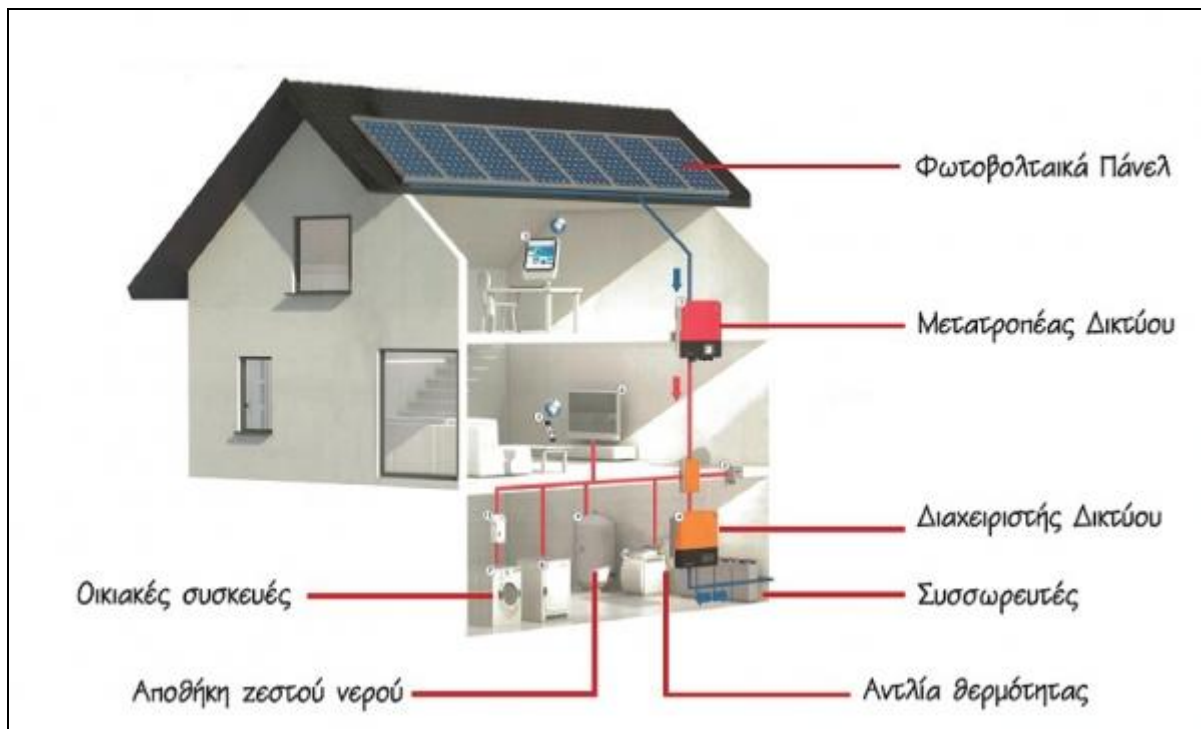
### Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Στον κτηριακό τομέα η εξοικονόμηση ενέργειας από τα Φ/Β φθάνει και το 70% (Parker S. Danny et al, 200?). Υπάρχουν διάφοροι τύποι φωτοβολταϊκών

στοιχείων που μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα κτήριο, ανάλογα τη χρήση και τη διαθέσιμη επιφάνεια εγκατάστασης. Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, καταγράφονται τα απαραίτητα δεδομένα από τις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή, καθώς και από την επιθεώρηση της εγκατάστασης. Τα απαιτούμενα δεδομένα είναι:

- Η απόδοση του Φ/Β συστήματος ή συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης, ανάλογα τον τύπο του συστήματος: μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό κ.ά.
- Η εγκατεστημένη επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων ( $m^2$ ),
- Οι παράμετροι θέσης εγκατάστασης, ο προσανατολισμός και η κλίση των Φ/Β.

Οι παραπάνω παράμετροι λαμβάνονται από την μελέτη διαστασιολόγησης και σχεδιασμού ενός Φ/Β συστήματος στο κτήριο, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή και την επιθεώρηση των συστημάτων. Μια τυπική διάταξη ενσωματωμένου Φ/Β σε οικία μη συνδεδεμένη στο δίκτυο ηλεκτροδότησης δίνεται στην Εικόνα 3.63 (TOTEE 20701-1/2012).



Εικόνα 3.63 Τυπική διάταξη Φ/Β σε κτήριο ανεξάρτητο από το δίκτυο ηλεκτρισμού

Ο μέσος ετήσιος συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας δείχνει τη μέση ετήσια απόδοση, με την οποία το Φ/Β μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μέση ετήσια απόδοση μιας Φ/Β εγκατάστασης συνεκτιμάται από:

- Την ονομαστική απόδοση των Φ/Β στοιχείων που δίνει ο κατασκευαστής και αναφέρεται σε συνθήκες εργαστηρίου, δηλαδή σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας  $1000 \text{ W/m}^2$  και θερμοκρασία Φ/Β στοιχείου συνήθως  $25^\circ\text{C}$ . Η ονομαστική απόδοση είναι ο λόγος της παραγόμενης

ηλεκτρικής ενέργειας προς τη συνολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κάθετης πρόσπτωσης στο Φ/Β πλαίσιο. Η ηλεκτρική απόδοση εξαρτάται από τον τύπο των Φ/Β στοιχείων: μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό κ.ά. Ενδεικτικές τιμές ονομαστικής απόδοσης των Φ/Β στην ελληνική αγορά δίνονται στον Πίνακα 3.1.

- Τις πιθανές απώλειες εγκατάστασης λόγω παλαιότητας των Φ/Β στοιχείων (Πίνακας 3.1).
- Τη συνολική ονομαστική απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων και των βοηθητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται όπως διανομείς, μετατροπείς, μπαταρίες κ.ά., (πίνακας 3.1).
- Τις πιθανές απώλειες εγκατάστασης λόγω κακής συντήρησης, υψηλών θερμοκρασιών περιοχής, κακού αερισμού των Φ/Β στοιχείων κ.ά. Η μέση πραγματική απόδοση των Φ/Β στοιχείων σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος για τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας, όπως έχει καταγραφεί σε διάφορες εγκαταστάσεις, κυμαίνεται περίπου 15% χαμηλότερα από την ονομαστική απόδοση του κατασκευαστή.

Το συνολικό ποσοστό απωλειών ορίζεται ως το άθροισμα των επί μέρους συντελεστών μείωσης, λόγω παλαιότητας, τρόπου σύνδεσης και συνθηκών λειτουργίας του Φ/Β (TOTEE 20701-1/2012).

**Πίνακας 3.1 Βαθμός απόδοσης Φ/Β στοιχείων ανάλογα με την παλαιότητα (Πηγή: TOTEE 20701-1/2012).**

Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων	Ενδεικτική απόδοση	Συντελεστές μείωσης	
		Λόγω παλαιότητας	Λόγω σύνδεσης με βοηθητικά συστήματα
Μονοκρυσταλλικά	12 - 19%	1,0% για κάθε έτος λειτουργίας	5%
Πολυκρυσταλλικά	12 - 19%		
Λεπτού υμένα		1,1% για κάθε έτος λειτουργίας	5%
Άμορφα (a-Si)	4-7%		
Μικρομορφικά (μ-Si)	8-8,5%		
Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός- πρόσμειξη γαλλίου (CIS-CIGS)	6-11%		
Τελουριούχο κάδμιο (CdTe)	6-12%		
Τριπλής επαφής	23-24%	1,0% για κάθε έτος λειτουργίας	5%

Οι βασικές παράμετροι θέσης εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ο προσανατολισμός τους ως προς τον νότο, η κλίση της επιφάνειάς τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο και ο συντελεστής σκίασης. Ο προσανατολισμός (αζιμούθιο  $\gamma$ ) τοποθέτησης του Φ/Β στοιχείου είναι η απόκλιση του από τον νότο της περιοχής εγκατάστασης. Ο βέλτιστος προσανατολισμός για τα Φ/Β είναι ο νότιος με μικρή απόκλιση  $\pm 5^\circ$ . Σύμφωνα με την μεθοδολογία ορίζεται:

- για νότιο προσανατολισμό των Φ/Β  $\gamma=180^\circ$ ,
- για ανατολικό προσανατολισμό  $\gamma=90^\circ$  και
- για δυτικό προσανατολισμό  $\gamma=270^\circ$ .

Η κλίση ( $\beta$ ) του Φ/Β στοιχείου ορίζεται ως προς το οριζόντιο επίπεδο εγκατάστασης και απαιτείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει επάνω στο Φ/Β. Για κάθετη τοποθέτηση επιφάνειας Φ/Β η κλίση είναι  $90^\circ$ , ενώ για οριζόντια τοποθέτηση η κλίση είναι  $0^\circ$ . Έρευνες έδειξαν εξοικονόμηση ενέργειας έως και 30% στην Ψύξη (Kazanci, O.B. et al., 2014).

Στον πίνακα 3.2 δίνονται ενδεικτικές τιμές της βέλτιστης κλίσης εγκατάστασης Φ/Β πλαισίων για διάφορα γεωγραφικά πλάτη της Ελλάδας και ανά περίοδο χρήσης. Οι ενδεικτικές τιμές του πίνακα διαφοροποιούνται ανά περιοχή, ανάλογα με την μορφολογία (τοπικό ανάγλυφο) της περιοχής και τα φυσικά εμπόδια (ορεινούς όγκους κ.τ.λ.). Σε περίπτωση νέας εγκατάστασης Φ/Β με σταθερή κλίση, λαμβάνονται υπόψη οι τιμές της βέλτιστης κλίσης των Φ/Β για ετήσια περίοδο όπως δίνονται στον πίνακα 3.2 η οποία συνήθως κυμαίνεται μεταξύ  $25^\circ$  και  $31^\circ$  (TOTEE 20701-1/2012).

**Πίνακας 3.2 Βέλτιστες κλίσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων για διάφορα γεωγραφικά πλάτη στην Ελλάδα ανά περίοδο χρήσης (Πηγή: TOTEE 20701-1/2012).**

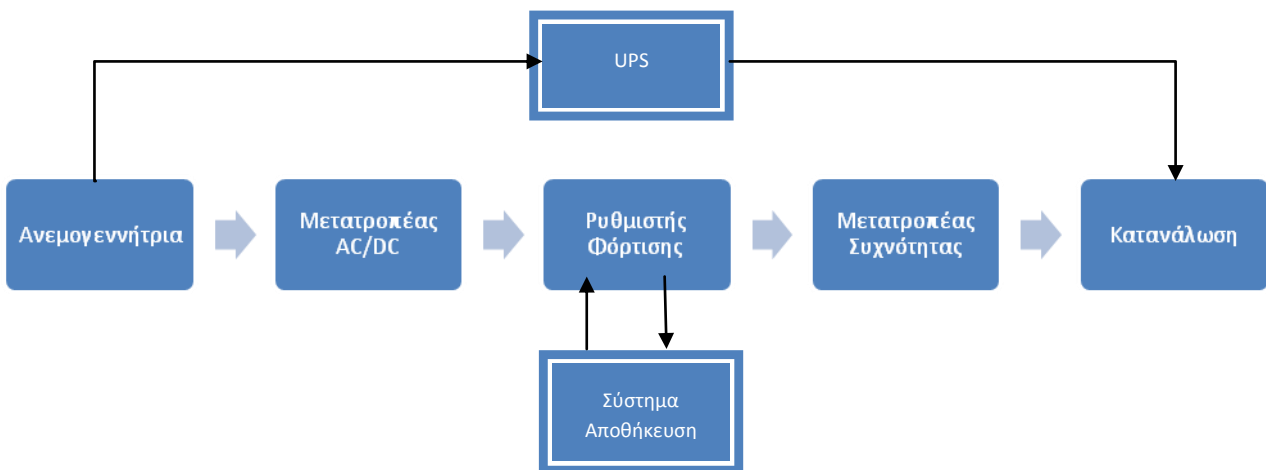
Γεωγραφικό πλάτος περιοχής ( $\varphi^\circ$ )	Θερινή περίοδος	Ετήσια περίοδος	Χειμερινή περίοδος
$\Phi=35,0^\circ$	7	25	44
$\Phi=36,0^\circ$	8	26	45
$\Phi=37,0^\circ$	9	27	46
$\Phi=38,0^\circ$	10	28	47
$\Phi=39,0^\circ$	11	29	48
$\Phi=40,0^\circ$	12	30	49
$\Phi=41,0^\circ$	13	31	50

### 3.3.1.2 Αιολική Ενέργεια

Οι πρώτες χρήσεις των Α/Γ σε κτηριακές εφαρμογές αφορούσαν κυρίως την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών καταναλωτών οι οποίοι δεν είχαν την επιλογή διασύνδεσης με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Σήμερα ολοένα και αυξάνονται οι εφαρμογές των μικρών Α/Γ σε κτήρια προκειμένου να καλύψουν μέρος των ηλεκτρικών αναγκών των καταναλωτών ακόμη και με διασύνδεση σε ηλεκτρικό δίκτυο, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου αλλά και τη μείωση των περιβαλλοντικών και χρηματοοικονομικών επιπτώσεων που επιφέρει η χρήση των συμβατικών καυσίμων. Διακρίνονται οι περιπτώσεις χρήσης των Α/Γ, ως αυτόνομα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής και ως συστήματα διασυνδεδεμένα στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο όπου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αντισταθμίζει μέρος της απορροφούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο, επιστρέφοντας σε αυτό τις ποσότητες που δεν μπορεί να απορροφήσει τοπικά ο καταναλωτής λόγω μειωμένης ζήτησης (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).



Διάγραμμα 3.2 Σχηματική παράσταση διασυνδεδεμένης στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο αιολικής εγκατάστασης Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).



Διάγραμμα 3.3 Σχηματική παράσταση αυτόνομης αιολικής εγκατάστασης Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Ως εκ τούτου, η ετήσια ενεργειακή παραγωγή της Α/Γ σε διασυνδεδεμένο σύστημα μειώνεται κατά τις απώλειες του σταθεροποιητή τάσης (UPS) του οποίου ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης

κυμαίνεται από 95÷98%, ενώ στην περίπτωση του αυτόνομου συστήματος θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- Η μέση ετήσια απόδοση του μετατροπέα AC/DC (converter) (90%÷96%)
- η μέση ετήσια απόδοση του ρυθμιστή φόρτισης (87%÷93%)
- η μέση ετήσια απόδοση του μετατροπέα συχνότητας (inverter) (90%÷96%)
- οι απώλειες των καλωδιώσεων μεταφοράς (1%÷4%)
- η συνολική απόδοση του συστήματος αποθήκευσης και απόδοσης της αποθηκευμένης ενέργειας στο μετατροπέα συχνότητας (80%÷90%).

Οι Α/Γ που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών των κτηρίων τοποθετούνται είτε στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου, είτε στην οροφή του κτηρίου, είτε ενσωματώνονται στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτηρίου (Εικόνα 3.64). Κατά την επιλογή της θέσης τοποθέτησης μιας Α/Γ, εκτός από τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής της θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ταλαντώσεις που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία της Α/Γ, η στάθμη θορύβου και οι χωροταξικοί/πολεοδομικοί περιορισμοί (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).



**Εικόνα 3.64 Τοποθέτηση Α/Γ και ενσωμάτωση σε κτήριο.**

Οι Α/Γ μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην κάλυψη των ενεργειακών καταναλώσεων των κτηρίων είτε σε συνδυασμό με άλλα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά. Μεμονωμένες ανεμογεννήτριες σε κτήρια εντός οικισμών έχουν

χαμηλή απόδοση λόγω της «σκιάς» των ανέμων που δημιουργείται από τις όμορες κατασκευές (Walker, S.L., 2011). Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκής γεννήτριας και Α/Γ έχει αποδειχθεί για τη χώρα μας ως ο ιδανικός συνδυασμός για την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κτηρίων καθώς οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται (αιολικό δυναμικό και ηλιακή ακτινοβολία) είναι συμπληρωματικές κατά τη διάρκεια του έτους. Λόγω των αυξημένων απαιτήσεων χώρου για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, η δημιουργία κτηρίων μηδενικής (zero energy buildings) ή σχεδόν μηδενικής (near zero energy buildings) ενεργειακής κατανάλωσης μπορεί να επιτευχθεί σε πολλές περιπτώσεις μόνο με την ταυτόχρονη εκμετάλλευση του ηλιακού και του αιολικού δυναμικού της περιοχής.

### 3.3.1.3 Βιομάζα – Σ.Η.Θ

Η βιομάζα στο κτηριακό τομέα στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Ο πιο παραδοσιακός τρόπος παραγωγή θερμικής ενέργειας στα κτήρια από βιομάζα, είναι οι ανοικτού τύπου εστίες καύσης (τζάκια, σόμπες, κ.ά.), καθώς επίσης και τα ενεργειακά τζάκια που παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή απόδοση (>50%) και είναι η τεχνολογία που κυρίως εφαρμόζεται στα νέα κτήρια. Τα ενεργειακά τζάκια μπορούν να τροφοδοτήσουν με θερμό νερό και μια κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης με δίκτυο διανομής και τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας όπως τα κλασικά σώματα ακτινοβολίας (άβακες-radiators), η οποία μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις θέρμανσης μια μέση κατοικίας. Στην περίπτωση αυτή η εστία καύση (τζάκι) διαθέτει ενσωματωμένο εναλλάκτη νερού, ο οποίος τοποθετείται μετά τον χώρο καύσης και πριν τον καπναγωγό της εστίας, μέσω του οποίου κυκλοφορεί το θερμό νερό που τροφοδοτεί το δίκτυο διανομής της κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης. Τα ενεργειακά τζάκια μπορούν να καταναλώνουν κάθε τύπο στερεάς βιομάζας, τυποποιημένης ή μη (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Πέραν των εστιών καύσης, σε περιορισμένη κλίμακα και κυρίως σε αγροτικές περιοχές εφαρμόζεται η καύση βιομάζας με λέβητες στερεών βιοκαυσίμων. Οι λέβητες αυτοί καταναλώνουν κυρίως τυποποιημένη βιομάζα, δηλαδή επεξεργασμένα υποπροϊόντα ξύλου ή βιοκαυσίμων όπως είναι τα συσσωματώματα ξύλου (wood pellets) και τα θρύμματα ξύλου (wood chips).

Τα συσσωματώματα ξύλου είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξηρών πριονιδιών, ή/και σκόνη ξύλου, ή/και μικρών τεμαχιδίων, τα οποία προέρχονται από καθαρά υπολείμματα ξύλου (π.χ. βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου).

Οι λέβητες καύσης στερεάς βιομάζας που υπάρχουν διαθέσιμοι στην αγορά είναι υψηλής τεχνολογίας και μπορούν να καλύψουν τόσο το φορτία αιχμής όσο και τα μερικά φορτία. Παρόλα

αυτά είναι προτιμότερο κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος θέρμανσης σε κτηριακές εγκαταστάσεις, να προτιμάται η εγκατάσταση δύο έναντι ενός λέβητα σε περίπτωση που υπάρχει έντονη διακύμανση φορτίου. Η διακύμανση του φορτίου εξαρτάται από το προφίλ λειτουργίας του κτηρίου, την κλιματική ζώνη και το ωράριο λειτουργίας. Οι σύγχρονοι λέβητες στερεάς βιομάζας ισχύος από 50x500kW (40000x500000kcal/h), παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Απόδοση καύσης μεγαλύτερη από 85%
- Χαμηλές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και τέφρας σε πλήρες φορτίο.
- Δυνατότητα διακύμανσης της αποδιδόμενης ισχύος ανάλογα με το απαιτούμενο φορτίο.
- Δυνατότητα ελέγχου της καύσης μέσω τηλεχειρισμού.
- Αυτοματοποιημένη λειτουργία για ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων συντήρησης.
- Κατάλληλοι για λειτουργία και σε κτήρια κατοικιών.

Στην Εικόνα 3.65 φαίνεται μια διάταξη λέβητα στερεού καυσίμου, ο οποίος τροφοδοτείται με αυτόματο κοχλία συστροφής από παράπλευρο χώρο αποθήκευσης καυσίμου. Η μεταφορά του καυσίμου μπορεί να γίνει επίσης μέσω κεκλιμένων διαδρόμων μεταφοράς. Για λόγους ασφαλείας ο χώρος αποθήκευσης πρέπει να διαχωρίζεται σαφώς από το χώρο του λεβητοστασίου (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).



*Εικόνα 3.65 Διάταξη λέβητα στερεού καυσίμου (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).*

Το κόστος των μονάδων λεβήτων με στερεά βιομάζα είναι δύο και τρεις φορές μεγαλύτερο σε σχέση με τους συμβατικούς λέβητες πετρελαίου και φυσικού αερίου και κυμαίνεται περίπου στα

120 έως 200 200€/kW, ανάλογα την θερμική ισχύ. Ταυτόχρονα απαιτείται η διαμόρφωση χώρου αποθήκευσης της βιομάζας, κατασκευή η οποία αυξάνει σημαντικά τα αρχικό κόστος μιας τέτοιας εγκατάστασης.

Όσον αφορά στην περιβαλλοντική επιβάρυνση της χρήσης βιομάζας σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης, στον Πίνακα 3.3. δίνονται συγκριτικά οι εκπομπές ρύπων από καμινάδες λεβήτων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο, φυσικό αέριο και θρύμματα ξύλου. Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές για λέβητες ισχύος 500÷600 kW (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

**Πίνακας 3.3 Έκλυση ρύπων ανά είδος καυσίμου από καύση σε λέβητες (Πηγή: SEI 2003)**

Εκπομπές (mg/m <sup>3</sup> καυσαερίων)	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Τέφρα	CO	NM <sub>VOC</sub>
Λέβητας πετρελαίου	130	78.2	0	2.3	<3
Λέβητας αερίου	0	44.5	0	14.8	0
Λέβητας συμπύκνωσης αερίου	0	12.2	0	7.4	0
Λέβητας θρυμμάτων ξύλου	27	81	24	6	<1

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στα κτήρια, χρησιμοποιούνται κυρίως συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) με τυπική τεχνολογία αμοστροβίλων. Όμως, οι μικρού μεγέθους αμοστροβίλοι (<25MW) είναι συνήθως ακριβοί και με μικρές αποδόσεις. Πολύ μεγάλες μονάδες μπορεί να έχουν 30÷40% ηλεκτρική απόδοση. Σήμερα αναπτύσσονται συνεχώς νέας τεχνολογίας συστήματα προκειμένου να αυξηθεί η απόδοσή τους. Στον Πίνακα 3.4. δίνονται ενδεικτικές τιμές για διάφορα συστήματα ΣΗΘ με βιομάζα για οικιακή χρήση (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

**Πίνακας 3.4 Κόστος οικιακών συστημάτων ΣΗΘ με χρήση βιομάζας (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).**

Περιγραφή	Κόστος	Παρατηρήσεις
Βιομάζα ΣΗΘ	3500 €/kWe	Η τιμή αφορά συστήματα αεριοποίησης και παροχής βιαερίου σε συμβατικούς κινητήρες.
Βιομάζα ΣΗΘ σε σύνδεση με δίκτυο	2500 €/kWe	Περιλαμβάνεται η δεξαμενή αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας. Για κάθε 1kWh ηλεκτρικής ενέργειας, παράγονται 2kWh θερμικής ενέργειας.
Βιομάζα ΣΗΘ αυτόνομα	5000 €/kWe	Το κόστος διπλασιάζεται λόγω των συσσωρευτών, για αυτονομία περίπου 6 ώρες σε πλήρη ηλεκτρική ισχύ.

Τα συστήματα συμπαραγωγής με κινητήρες εσωτερικής καύσεως, παρουσιάζουν αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης. Η θερμική ενέργεια ανακτάται από το νερό του κυκλώματος ψύξης της μηχανής, αλλά και από τα καυσαέρια της μηχανής. Ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιείται, καθορίζεται και η θερμοκρασία μείωσης των καυσαερίων στη έξοδο της μηχανής και κατά συνέπεια η θερμότητα που αξιοποιείται. Οι μονάδες αυτές λειτουργούν με φυσικό αέριο, diesel, προπάνιο, ή βιοαέριο. Υπάρχουν επίσης τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ξηρή βιομάζα με επικρατέστερο καύσιμο το πυρηνόξυλο λόγω της υψηλής του θερμογόνο δύναμης. Στον Πίνακα 3.5 δίνονται συγκριτικά στοιχεία για τη θερμογόνο δύναμη των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ΣΗΘ αλλά και ενδεικτικά κόστη αγοράς για το 2011.

**Πίνακας 3.5 Χαρακτηριστικά και κόστος αγοράς καυσίμων ΣΗΘ για τιμές έτους 2011 (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).**

Είδος καυσίμου	Θερμογόνος δύναμη	Κόστος	Ενδεικτικό κόστος (€/kWh)
Πετρέλαιο κίνησης	8700kcal/lit	1,52€/lit	0,150
Πετρέλαιο θέρμανσης	8400kcal/lit	0,92€/lit	0,091
Φυσικό αέριο	8900kcal/m <sup>3</sup>	0,72€/m <sup>3</sup>	0,073
Προπάνιο	10300kcal/kg	0,65€/kg	0,085
Πυρηνόξυλο	3700kcal/kg	0,045€/kg	0,010
Βιοαέριο	2500÷5500kcal/m <sup>3</sup>	Ανάλογα με την τεχνολογία παραγωγής	
Βιομάζα	3000÷4000kcal/kg	0,09€/kg	0,021
Τυποποιημένη Βιομάζα	3500÷5000kcal/kg	0,30€/kg	0,070

Τα συστήματα ΣΗΘ έχουν ισχύ από μερικά kW έως 2MW και για το λόγο αυτό θεωρούνται κατάλληλα για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε κατοικίες, επιχειρήσεις, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εργοστάσια κ.λπ.. Τα συστήματα ΣΗΘ εσωτερικής καύσεως μπορούν να λειτουργούν συνεχώς χωρίς μεγάλο θόρυβο, δεν παρουσιάζουν προβλήματα κατά τις μεταβολές θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, το κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό και φτάνει περίπου στα 500€/kWe (εκτός στερεάς βιομάζας), έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης, μεγάλη διάρκεια ζωής (πάνω από 60000h) και μπορούν να εγκατασταθούν και να τεθούν σε λειτουργία σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα εξαρτάται από τον τύπο της μονάδας, τη δυναμικότητα, το βαθμό απόδοσης, το κόστος της βιομάζας, τη λειτουργία και τη διάρκεια ζωής της μονάδας (ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

### 3.3.1.4 Γεωθερμία

Ο γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη) χώρων με χρήση της θερμότητας της γης άρχισε να αναπτύσσεται σημαντικά τη δεκαετία του 1980, ακολουθώντας την εμφάνιση και την ευρεία διάδοση των αντλιών θερμότητας (heat pumps) (Μ.Γρ. Βραχόπουλος, Ι. Παπαγεωργάκης, 1998; Galgano, A., et al, 2014). Οι πολλοί διαθέσιμοι τύποι αντλιών θερμότητας επιτρέπουν την εκμετάλλευση με οικονομικό τρόπο του θερμικού περιεχομένου υλικών χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι το έδαφος ή οι ρηχοί υδροφόροι ορίζοντες και οι τεχνητές ή φυσικές συγκεντρώσεις νερού (θάλασσα, λίμνες, δεξαμενές νερού κλπ). Η αρχή λειτουργίας των γεωθερμικών συστημάτων θέρμανσης & ψύξης κτηρίων, βασίζεται στην εκμετάλλευση της θερμότητας της γης.

Στο υπέδαφος κάθε τόπου η θερμοκρασία παραμένει σχεδόν σταθερή όλο το έτος, χωρίς έντονες διακυμάνσεις. Στην Ελλάδα, η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του υπεδάφους, σε βάθος >2m, είναι της τάξης των  $16 \pm 20^\circ \text{C}$ . Αντίστοιχα, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος το θέρος μπορεί να φτάσει και τους  $40 \pm 42^\circ \text{C}$ , ενώ το χειμώνα τους  $0 \pm 2^\circ \text{C}$  (Mihalakakou G., Santamouris M. and Asimakopoulos D., 1992). Γενικός κανόνας για τον επιτυχή σχεδιασμό των εγκαταστάσεων κανονικής γεωθερμίας, είναι ότι το υπέδαφος ενός τόπου διατηρεί θερμοκρασία ίση με τη μέση τιμή της θερμοκρασίας αέρα σε όλο το έτος, εκτός των περιπτώσεων όπου υφίστανται γεωθερμικές εκτροπές, όπως σε περιοχές γεωθερμικών πεδίων. Η θερμοχωρητικότητα των υλικών του υπεδάφους είναι ιδιαίτερα υψηλή και συγκρινόμενη με την θερμοχωρητικότητα του αέρα, που αποτελεί την κύρια πηγή θερμότητας για τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, θεωρείται ότι τείνει στο άπειρο. Αυτό σημαίνει πως δημιουργείται η δυνατότητα άντλησης ή απορρόφησης μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας στο υπέδαφος, χωρίς να μεταβάλλονται οι θερμοκρασιακές του συνθήκες.

Με τις αντλίες θερμότητας της γης, αξιοποιείται η καλούμενη περιβαλλοντική θερμική ενέργεια, αυτή δηλαδή που περιέχεται στις μάζες του άμεσου περιβάλλοντος του κτηρίου, δηλαδή στις αέριες, στις υδάτινες και στις εδαφικές-υπεδαφικές (λιθογραφικές). Επειδή, ο συντελεστής απόδοσης της Α.Θ. εξαρτάται κατά σημαντικό ποσοστό από τη θερμοκρασία της πηγής θερμότητας, δηλαδή του περιβάλλοντα αέρα ή της διαθέσιμης λιθογραφικής μάζας, η τιμή του COP δεν είναι σταθερή. Επίσης, επισημαίνεται, ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της πηγής θερμότητας στο διάστημα  $0^\circ \pm 30^\circ \text{C}$  και όσο περισσότερο αυτή πλησιάζει τη θερμοκρασία χρήσης, τόσο υψηλότερος είναι και ο συντελεστής COP (EER).

Ο COP (συντελεστής απόδοσης θερμότητας), EER (παράγοντας απόδοσης ψύξης), και ο SEER (αναλογία ενεργειακής αποδοτικότητας εποχική - περιόδου) περιγράφουν την αποδοτικότητα θέρμανσης και ψύξης των κλιματιστικών μηχανημάτων. Δείχνουν την αναλογία της θέρμανσης ή της ψύξης που παρέχεται από μια μονάδα σχετικά με το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για να την παραγάγει. Κατά συνέπεια, εάν ένα κλιματιστικό μηχάνημα παράγει 5kW της θερμότητας από 1kW ηλεκτρική εισαγωγή, ο COP είναι 5. Ομοίως, εάν ένα κλιματιστικό μηχάνημα παράγει 5kW της ψύξης από μια 1kW ηλεκτρική εισαγωγή EER είναι 5. Όσο υψηλότερος είναι ο COP και το EER, τόσο ενεργειακά αποδοτικότερος είναι ο εξοπλισμός.

Συνεπώς σε μια αντλία θερμότητας διακρίνονται:

- Ο συντελεστής COP, που εκφράζει την απόδοση της αντλίας θερμότητας με καθορισμένες θερμοκρασιακές συνθήκες περιβάλλοντος και λειτουργίας. Είναι η θεωρητική τιμή του COP, που δίνεται από τον κατασκευαστή της αντλίας θερμότητας.
- Ο ετήσιος ή εποχιακός συντελεστής SCOP (SEER), που δίνεται από το λόγο της θερμικής ενέργειας, που παρήγαγε η αντλία θερμότητας, προς την ενέργεια που κατανάλωσε μέσα σε ένα έτος ή σε μια εποχή λειτουργίας θέρμανσης ή και ψύξης. Όταν διατίθενται μετρήσεις ορισμένων ετών λειτουργίας, προσδιορίζεται ο μέσος ετήσιος συντελεστής συμπεριφοράς SCOP της αντλίας θερμότητας. Επίσης ο μέσος εποχικός συντελεστής συμπεριφοράς (Seasonal Energy Efficiency Ratio, SEER), όταν διατίθενται μετρήσεις ορισμένων μηνών λειτουργίας.

Δεύτερος παράγοντας οικονομικής απόδοσης της αντλίας θερμότητας είναι η συνολική ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παράγει στη διάρκεια ενός έτους. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από το ενεργειακό δυναμικό της πηγής, δηλ. της διατιθέμενης αέρας, υδάτινης ή λιθογραφικής μάζας και το ύψος και το είδος των θερμικών αναγκών του κτηρίου.

Και οι δυο αυτοί παράγοντες είναι, σε σχέση με τις χώρες της δυτικής και βόρειας Ευρώπης, ευνοϊκότεροι στην Ελλάδα. Συνεπώς, τα κίνητρα για να αναπτυχθεί η χρήση αντλιών θερμότητας είναι ισχυρότερα. Οι υπεδαφικές θερμοκρασίες του ελληνικού χώρου μπορούν να γίνουν γνωστές τόσο από τις μέσες ετήσιες θερμοκρασίες του αέρα, όσο και από άμεσες μετρήσεις, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε υπόγεια νερά.

Οι γεωθερμικές εφαρμογές (κανονικής γεωθερμίας) για θέρμανση/ψύξη κτηρίων αποτελούνται από τρία κύρια μέρη:

- Την αντλία θερμότητας (ΑΘ)

- Τη σύνδεση με τη γη (διατάξεις με εναλλάκτες θερμότητας)
- Το σύστημα διανομής κλιματισμού (θέρμανσης/ψύξης και ζεστού νερού χρήσης) στο εσωτερικό του κτηρίου.

Η αξία των εγκαταστάσεων κανονικής γεωθεμίας ορίζεται ακριβώς από το γεγονός ότι η σταθερότητα της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο υπέδαφος και η διατήρησή της στη μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του αέρα περιβάλλοντος συντελεί στη λειτουργία των αντλιών θερμότητας σε υψηλούς βαθμούς απόδοσης (Vrachopoulos M. Gr et al., 2004; Abu-Hamdeh N. H., 2001).

Για την εκμετάλλευση του εδάφους ως πηγή θερμότητας (ή απόρριψη θερμότητας) χρησιμοποιούνται οι παρακάτω διατάξεις:

- Κλειστά Συστήματα. Είναι οι γεωθεμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος που σκοπό έχουν την συναλλαγή θερμότητας με το έδαφος. Είναι κατασκευασμένοι από δίκτυα σωληνώσεων εντός του εδάφους όπου κυκλοφορεί διάλυμα νερού - γλυκόλης.
- Ανοιχτά συστήματα. Βασίζονται στην άντληση των υπεδαφικών ή επιφανειακών υδάτων και εκμετάλλευση της περιεχόμενης σε αυτά θερμικής ενέργειας.

### **Κλειστά συστήματα - Οριζόντιοι Γεωθεμικοί Εναλλάκτες Θερμότητας**

Στην εγκατάσταση αυτή δημιουργείται συναλλαγή θερμότητας με το έδαφος τοποθετώντας σωλήνες κατάλληλης διαμέτρου σε οριζόντια διάταξη. Ο τρόπος τοποθέτησης μπορεί να είναι είτε σε ενιαία οριζόντια εκσκαφή είτε σε τάφρους. Η τοποθέτηση γίνεται σε βάθος από 1.0÷5,0m με πυκνότητα 0,5÷1m ή σε σπείρες. Η επίδραση μεταξύ δυο παραλλήλων σωληνώσεων εξαρτάται από τα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών του εδάφους. Στην περίπτωση του οριζόντιου εναλλάκτη σημαντική αξία έχει και ο όγκος του αποθηκευμένου νερού, εντός του εναλλάκτη.

Ο οριζόντιος εναλλάκτης συνιστάται σε κατασκευές με επάρκεια περιβάλλοντα χώρου και για μη βραχώδη εδάφη. Πλεονέκτημα αποτελεί η ευκολία κατασκευής και το χαμηλό κόστος. Η αναμενόμενη απόδοση του οριζοντίου εναλλάκτη για απόσταση μεταξύ δυο οριζοντίων σωλήνων ίση με 1m και βάθος 1m δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 15W/m μήκους ή αντίστοιχα ανά τμ επιφανείας. Στην Εικόνα 3.66α,β παρουσιάζονται δυο εν δυνάμει τρόποι τοποθέτησης των οριζοντίων γεωεναλλακτών. Η περίπτωση β, χρησιμοποιείται και ως δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας εντός του εδάφους.

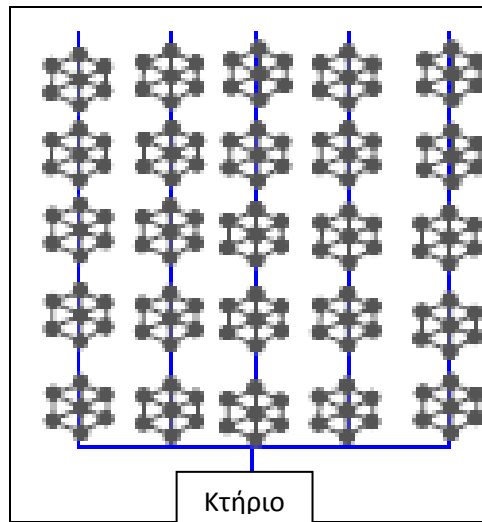


Εικόνα 3.66 Διάταξη τοποθέτησης οριζοντίων γεωθερμικών εναλλακτών, σε παράλληλα κυκλώματα (α) και σε κυκλικές τοποθετήσεις (β) (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

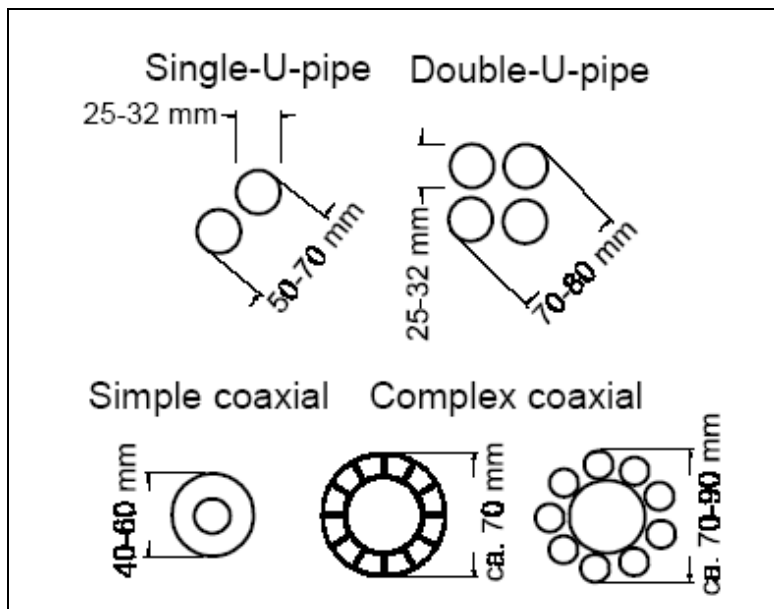
### Κλειστά συστήματα - Κατακόρυφοι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες θερμότητας

Για την συναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος όταν οι συνθήκες δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση οριζόντιου συστήματος, χρησιμοποιείται ο κατακόρυφος εναλλάκτης. Η ανάπτυξη του για τη συναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος όταν οι συνθήκες δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση οριζόντιου συστήματος, χρησιμοποιείται ο κατακόρυφος εναλλάκτης. Η ανάπτυξη του γεωθερμικού εναλλάκτη γίνεται με σωλήνες κατακόρυφα εντός γεωτρήσεων διαμέτρου 6"-8" και βάθους μέχρι 120m. Το πλήθος των γεωτρήσεων είναι συνάρτηση της ισχύος της εγκατάστασης. Οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο ανεξαρτήτως σύστασης υπεδάφους.

Η απόσταση μεταξύ των γεωεναλλακτών εξαρτάται από τα θερμικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους και τον καταμερισμό των φορτίων. Περιοχές με ομοιόμορφα φορτία, π.χ. μόνο θέρμανση ή μόνο θερινό κλιματισμό κατά τη μεγαλύτερη περίοδο του έτους, δημιουργούν προϋποθέσεις με δυσμενή επίδραση και μεγιστοποίηση της απόστασης των κατακόρυφων εναλλακτών. Το κυριότερο εκ των θερμικών χαρακτηριστικών αυτών είναι η θερμική διαχυτότητα. Γενικά, απόσταση μεγαλύτερη των 7m αποτελεί απόσταση ασφάλειας για περιοχές με ισοδύναμη ετήσια μεταβολή του φορτίου. Η ελάχιστη απόδοση των κατακόρυφων γεωεναλλακτών δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 30W/m βάθους. Στις Εικόνες 3.67 και 3.68 παρουσιάζεται ο τρόπος τοποθέτησης των κατακόρυφων γεωεναλλακτών και ο τρόπος τοποθέτησης των σωληνώσεων εντός αυτών.



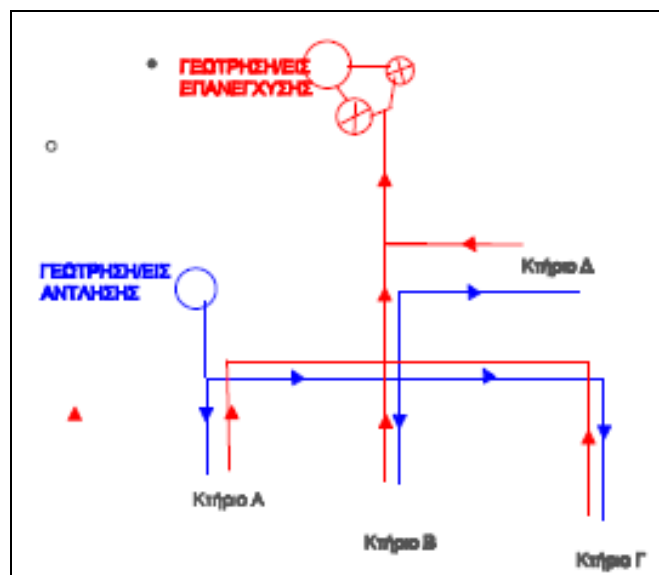
Εικόνα 3.67 Διάταξη συστοιχίας κατακόρυφων γεωθερμικών εναλλακτών (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).



Εικόνα 3.68 Τύποι κατακόρυφων γεωθερμικών εναλλακτών με βάση τη διάταξη των αγωγών (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

### Δίκτυα Ανοικτού Κυκλώματος

Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η άντληση υπογείων υδάτων και η θερμική εκμετάλλευσή τους με την απόρριψη ή απορρόφηση θερμότητας. Το νερό αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα του υπεδάφους, μπορεί όμως να είναι και θαλασσινό νερό ή νερό παρακείμενης λίμνης ή ποταμού. Μετά τη χρήση του το νερό επιστρέφει πίσω στην πηγή. Η χρήση της μεθόδου αυτής προτείνεται για περιοχές με πλούσια υδροφορία και όταν η κατώτερη στάθμη άντλησης από γεώτρηση δεν υπερβαίνει τα 50m. Στην Εικόνα 3.69 παρουσιάζεται διάταξη ανοικτού κυκλώματος με γεωτρήσεις άντλησης και επανέγχυσης.



Εικόνα 3.69 Διάταξη γεωθερμικού συστήματος ανοικτού κυκλώματος (Πηγή: ΤΕΕ-ΔΕ4, 2011).

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον. Η αξιοποίηση της κανονικής γεωθερμικής ενέργειας αποτελεί μεταξύ άλλων αποδοτική εφαρμογή σε συστήματα κλιματισμού κτηρίων (θέρμανση-δροσισμός), παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, σε εφαρμογές στη γεωργία, στην ιχθυοκαλλιέργεια και σε οικονομικά ελκυστικά συστήματα αφαλάτωσης νερού.

Η εφαρμογή συστημάτων θέρμανσης - ψύξης χώρων με χρήση της θερμότητας των πετρωμάτων και του υπόγειου νερού, παρουσιάζει χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα, τα οποία είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα.

Ένα γεωθερμικό σύστημα αξιοποιεί την εντός του εδάφους υπάρχουσα σταθερή θερμοκρασία. Έτσι το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί στο γεωθερμικού εναλλάκτη απορροφά τη θερμότητα του εδάφους και την αποδίδει στο κτήριο. Το δε θέρος, λειτουργώντας αντίστροφα απάγει τη θερμότητα από το κτήριο και μέσω του γεωθερμικού εναλλάκτη την αποδίδει στο δροσερότερο έδαφος. Με δεδομένο το σταθερό ενεργειακό δυναμικό που παρουσιάζεται, τόσο στα πετρώματα μικρού βάθους, όσο και τα νερά του υδροφόρου ορίζοντα, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση τέτοιων συστημάτων εξασφαλίζει οικονομικότερη λειτουργία έως και 60%, ανάλογα με το αν πρόκειται για θέρμανση ή ψύξη αντίστοιχα.

### 3.3.2 Χρήση Ενεργειακά αποδοτικών Η/Μ Εγκαταστάσεων

Πέρα των παθητικών πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας (Φυσικός αερισμός, Σκίαση, Φυσικός φωτισμός, Χρήση ψυχρών υλικών κ.α) σημαντικό ρόλο παίζει η αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων στους τομείς του κλιματισμού και του φωτισμού.

### **Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης**

Βασικές παρεμβάσεις που μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι οι ακόλουθες:

- Εγκατάσταση και χρήση θερμομονωμένου λέβητα, στον οποίο οι απώλειες μπορεί να είναι μικρότερες του 1%.
- Σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εγκαταστάσεις να χρησιμοποιούνται περισσότεροι του ενός λέβητες, καθώς έτσι παρέχεται η δυνατότητα να λειτουργεί μόνο ένας λέβητας σε περιόδους που δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση.
- Μια μείωση της προκαθορισμένης θερμοκρασίας αναφοράς χώρου κατά ένα βαθμό συμβάλλει σε πάνω από 6% μείωση της χρήσης καυσίμου.
- Επιμελής μόνωση των σωληνώσεων, ειδικά όταν αυτές διέρχονται από μη θερμαινόμενους χώρους.
- Χρήση θερμοστατικής βαλβίδας στα θερμαντικά σώματα, καθώς μόνο με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η απαραίτητη και επιθυμητή θερμοκρασία σε ένα χώρο.
- Τακτική συντήρηση της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.
- Αντιστάθμιση του λέβητα με χρήση κατάλληλων συστημάτων, ώστε να αποφευχθεί η σπατάλη ενέργειας όταν θερμαίνονται χώροι χωρίς αυτό να είναι αναγκαίο. Τα συστήματα ρύθμισης διατηρούν την εσωτερική θερμοκρασία σταθερή, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές μεταβολές, συνεισφέροντας στην αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων.
- Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με σύστημα φυσικού αερίου, όπου είναι δυνατή η σύνδεση με το δίκτυο.
- Κάλυψη των αναγκών ζεστού νερού χρήσης από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης (ΚΑΠΕ, 2008)

### **Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού**

Για την βελτίωση της απόδοσης του συστήματος κλιματισμού προτείνονται:

- η αντικατάσταση των αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split) με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode,
- η εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα, εφ' όσον αυτά βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο,

- η εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης,
- η εγκατάσταση υδροψυκτων ψυκτών, όπου υπάρχει διαθεσιμότητα νερού,
- η εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (εναλλάκτες εδάφους - αέρα) και
- η ενσωμάτωση υβριδικού αερισμού με ανεμιστήρες οροφής (<http://www.ergon-energia.gr/DEBB58ED.el.aspx>).

### **Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές - κινητήρες**

Η χρήση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών και κινητήρων υψηλής απόδοσης μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές κατά 60%. Στην περίπτωση που ο σύγχρονος κινητήρας συνδυαστεί με μία βελτιωμένη φτερωτή, πράγμα εφικτό από τις υψηλές ταχύτητες περιστροφής των κινητήρων υψηλής απόδοσης, η υδραυλική αποδοτικότητα μπορεί να αυξηθεί από 35% έως 60%. Επιπλέον, με τη χρήση ρυθμιστών στροφών (inverter) σε συμβατικούς κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 500W, όπως στους ανεμιστήρες των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25% (ΚΑΠΕ, 2012).

### **Φωτισμός**

Κατά συνέπεια, στόχος της μελέτης αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού είναι η μείωση της υπερκατανάλωσης ενέργειας με ταυτόχρονη βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να μελετηθούν:

- ο σωστός σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού,
- η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων,
- η χρήση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης,
- η εγκατάσταση κατάλληλων συσκευών σύνδεσης, με χρήση ηλεκτρονικών ballasts,
- η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού,
- η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου, με δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού,
- η σωστή συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων (ΚΑΠΕ, 2012).

### **3.3.3 Ενεργειακά αποδοτικές συσκευές - Ενεργειακή Σήμανση**

Στις ηλεκτρικές συσκευές καταναλώνονται σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω του μεγάλου πλήθους τους και της συχνής χρήσης τους σε κάθε κατοικία. Η ενεργειακή σήμανση καθιερώθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση με την έκδοση της οδηγίας 92/75/22.09.92 και σε Εθνικό

επίπεδο με την έκδοση του Προεδρικού Διατάγματος 180/1994, το οποίο έθεσε το γενικό νομοθετικό πλαίσιο για την εφαρμογή της ενεργειακής σήμανσης στις οικιακές συσκευές. Στη συνέχεια, εκδόθηκε μια σειρά Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων για την εφαρμογή της ενεργειακής σήμανσης σε διάφορες κατηγορίες οικιακών συσκευών, όπως:

- Ψυγεία, καταψύκτες και συνδυασμοί τους
- Πλυντήρια ρούχων
- Στεγνωτήρια ρούχων
- Συνδυασμένα πλυντήρια-στεγνωτήρια ρούχων
- Πλυντήρια πιάτων
- Ηλεκτρικοί λαμπτήρες
- Ηλεκτρικοί φούρνοι (υποχρεωτική εφαρμογή από 01.07.2003)
- Κλιματιστικές συσκευές (υποχρεωτική εφαρμογή από το 2004)

Στόχος της ενεργειακής σήμανσης είναι να δοθεί στους καταναλωτές η δυνατότητα να λαμβάνουν υπόψη και την παράμετρο ενέργεια στην τελική επιλογή της ηλεκτρικής συσκευής, παρέχοντάς τους πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας της συγκεκριμένης ηλεκτρικής συσκευής. Παράλληλα, τονίζεται ότι η πραγματική τελική ενεργειακή κατανάλωση κάθε συσκευής εξαρτάται από τον τρόπο χρήσης και τη θέση της ([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_simansi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_simansi.htm)).

### **3.3.4 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίου (BEMS)**

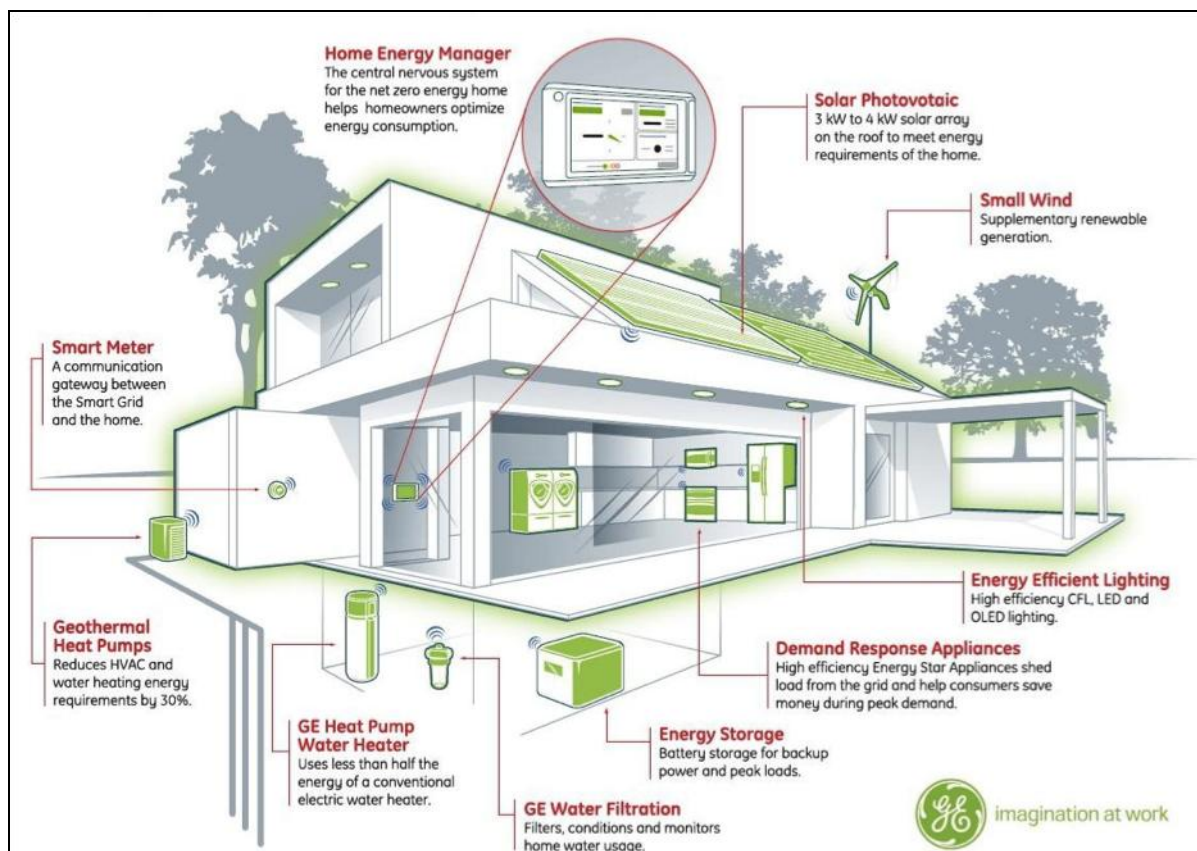
Η εφαρμογή ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (building energy management system - BEMS) έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτηρίου, με απώτερο στόχο την ορθολογικότερη – βέλτιστη λειτουργία των μονάδων στις οποίες υπάρχει κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να επηρεάζεται η άνεση των κατοίκων (Missaoui, R. et al, 2014; Djuric, N. and Novakovic, V., 2012). Η πλήρης καταγραφή και ανάλυση των επιμέρους καταναλώσεων της εγκατάστασης αποτελεί τη βάση των λειτουργιών ενεργειακής διαχείρισης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα, η συνεχής παρακολούθηση παραμέτρων σχετιζόμενων με ενεργοβόρες διεργασίες, όπως η θέρμανση και η ψύξη, αποτελεί βασικό εργαλείο εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων. Προς την επίτευξη αυτού του στόχου, το BEMS παρακολουθεί και καταγράφει την ενεργειακή συμπεριφορά των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα σε ένα κτήριο, ρυθμίζει τις διάφορες παραμέτρους τους, αναλύει τα δεδομένα της εγκατάστασης και μπορεί να δημιουργήσει αρχείο με στατιστικά στοιχεία (ΚΑΠΕ, 2012; <http://www.ergon-energia.gr/CA1E4647.el.aspx>).

Ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει τα παρακάτω υποσυστήματα ενός κτηρίου:

- εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας ζεστού νερού χρήσης,
- εγκατάσταση ψύξης και τροφοδοσίας ψυχρού νερού,
- εγκατάσταση κλιματισμού,
- εξαερισμός και φυσικός αερισμός,
- εγκατάσταση φωτισμού,
- εγκατάσταση διανομής ηλεκτρικού ρεύματος,
- εφεδρικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη για επίβλεψη κατάστασης και σήματα για βλάβη,
- συστήματα ελέγχου λειτουργιών επιμέρους χώρων του κτηρίου,
- αντλιοστάσια όμβριων και λυμάτων και
- εγκαταστάσεις ασφαλείας (ΚΑΠΕ, 2012; <http://www.ergon-energia.gr/CA1E4647.el.aspx>).

Το σύστημα αποτελείται από έναν 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. Σχηματικά η εγκατάσταση ενός BEMS σε κατοικία με ενσωματωμένες ΑΠΕ δίνετε στην Εικόνα 3.70.

Εφαρμόζοντας στα κτήρια συστήματα όπως το παραπάνω περιγραφόμενο, μπορούμε να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας από 10-50%, με ταυτόχρονη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων (<http://www.ergon-energia.gr/CA1E4647.el.aspx>).



Εικόνα 3.70 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)κατοικίας με ΑΠΕ (Πηγή: <http://www.sustainablesv.org/ecocloud/index.php/topics/energy/efficiency/building-energy-efficiency/bems>)

### 3.4 Συνέργεια Βιοκλιματισμού και Α.Π.Ε με Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Η ενεργειακή απεξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας ενός κτηρίου αποτελεί μείζονος σημασίας στόχος. Η επίτευξή του, εξαρτάται τόσο από την εφαρμογή πρακτικών της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής όσο και από την ενσωμάτωση των Α.Π.Ε στα κτήρια (Ferrante, A. and Cascella, M.T., 2011; Rodriguez-Ubinas, E. et al, 2014; Kaygusuz, A., et al, 2013). Η συνέργεια των βιοκλιματικών πρακτικών με την χρήση των ΑΠΕ λειτουργεί επιπρόσθετα προς αυτή την κατεύθυνση, ενώ παράλληλα κάθε πρακτική που εφαρμόζεται συντελεί αθροιστικά στην ενεργειακή απεξάρτηση των κτηρίων. Απώτερος στόχος είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου με απαύγασμα το Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας Κτήριο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η εφαρμογή όλων των πρακτικών καθίσταται αδύνατη, μιας και εμφανίζονται φραγμοί κατά την εφαρμογή τους, σε οικονομικό, τεχνικό και κοινωνικό επίπεδο. Η επιλογή της κατάλληλης πρακτικής για την λήψη αποφάσεων είναι αντικείμενο Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Attia, S. et al, 2012) .

Σε προηγούμενες παραγράφους αναλύθηκαν οι πρακτικές εφαρμογής για τον Βιοκλιματισμό και την χρήση των ΑΠΕ στα κτήρια. Στον Πίνακα 3.6 δίνονται συνοπτικά.

Σε πρώτο στάδιο παρατίθενται όλες οι πρακτικές σε αρχική αξιολόγηση (Διάγραμμα 3.4) βάσει τριών κριτηρίων αποκλεισμού:

1. **Νομικό πλαίσιο.** Υπάρχουν πολεοδομικοί κανονισμοί οι οποίοι δεν επιτρέπουν για παράδειγμα την αλλαγή των όψεων, ή δεν επιτρέπουν την χρήση λεβήτων Βιομάζα στα μεγάλα αστικά κέντρα κλπ (Musall et al, 2010).
2. **Κατασκευαστική Δυνατότητα.** Από τεχνικής πλευράς είναι αδύνατη η χρήση πρακτικών άμεσου κέρδους σε κτήριο που η νότια πλευρά του καλύπτετε από όμορο κτήριο, ή η χρήση οριζόντιων γεωθερμικών εναλλακτών σε νέο κτήριο που δεν διαθέτει αύλειο χώρο.
3. **Αξιοποίησιμο Δυναμικό των Α.Π.Ε.** Το κριτήριο αυτό αφορά το δυναμικό (ηλιακό, αιολικό, γεωθερμικό) κάθε περιοχής. Αν και ο Ελληνικός χώρος αλληλεπικαλύπτεται κατά τη διάρκεια του έτους μεταξύ ηλιακού και αιολικού δυναμικού, εντούτοις υπάρχουν περιοχές που δεν ενδείκνυνται στη χρήση ορισμένων ΑΠΕ.



Διάγραμμα 3.4 Διάγραμμα πρώτης αξιολόγησης της Πολυκριτηριακής ανάλυσης

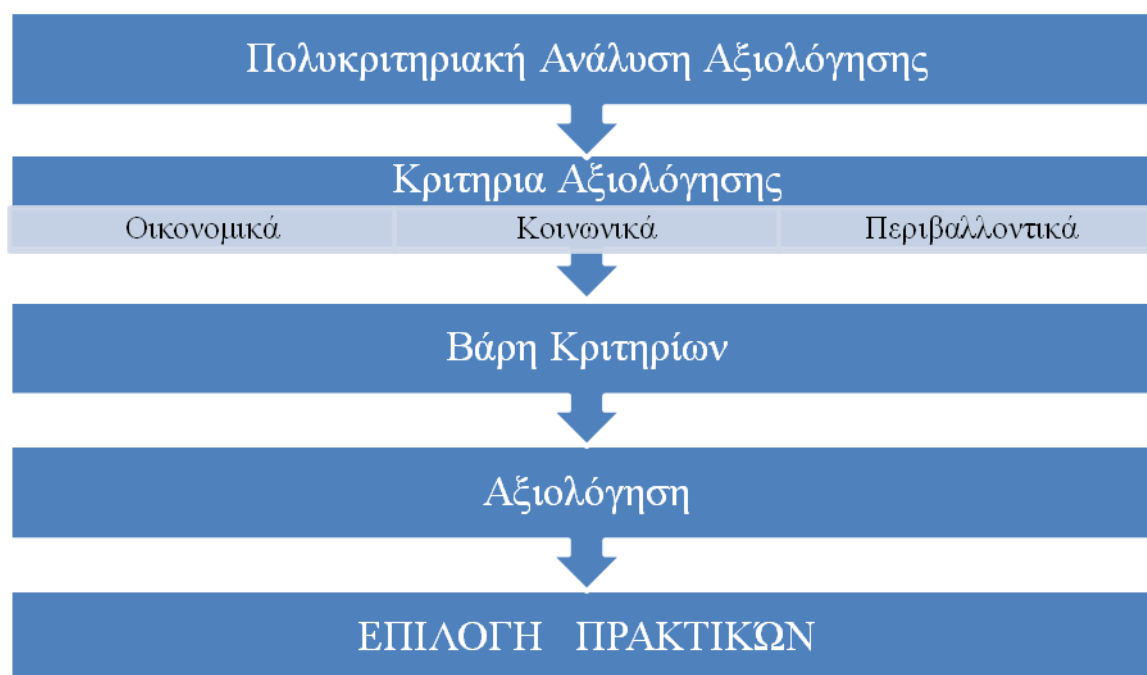
Βάση των παραπάνω ακολουθεί ο Πίνακας 3.6 αξιολόγησης για τις ευρέως διαδεδομένες και εφαρμόσιμες πρακτικές βιοκλιματισμού και ΑΠΕ στα κτήρια.

Πίνακας 3.6 Αρχική αξιολόγηση των πρακτικών βιοκλιματισμού και ΑΠΕ

	ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ	Κριτήρια Αποκλεισμού			ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ
		Νομικό Πλαίσιο (N/O)	Κατασκευαστική Δυνατότητα (N/O)	Αξιοποιήσιμο Δυναμικό των Α.Π.Ε (N/O)	
	<b>ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ</b>				
<b>A.</b>	<b>Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός</b>				
A1	Προσανατολισμός και Σχήμα κτηρίου	(N/O)	(N/O)	-	
A2	Κέλυφος-Μονώσεις	(N/O)	(N/O)	-	
A3	Εσωτερικές διαθρώσεις	(N/O)	(N/O)	-	
<b>B.</b>	<b>Παθητική Θέρμανση</b>				
B1	Συστήματα Άμεσου Κέρδους	(N/O)	(N/O)	-	
B2	Συστήματα Έμεσου Κέρδους	(N/O)	(N/O)	-	
B3	Συστήματα Απομονωμένου Κέρδους	(N/O)	(N/O)	-	
<b>Γ.</b>	<b>Παθητικός Δροσισμός</b>				
Γ1	Ηλιοπροστασία-Σκιασμός	(N/O)	(N/O)	-	
Γ2	Φύτευση Δωματών	(N/O)	(N/O)	-	
Γ3	Φυσικός Αερισμός	(N/O)	(N/O)	-	
<b>Δ.</b>	<b>Φυσικός Φωτισμός</b>				
Δ1	Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Κελυφους	(N/O)	(N/O)	-	
Δ2	Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Ανοιγμάτων	(N/O)	(N/O)	-	
Δ3	Φωτοτεχνικές Διατάξεις	(N/O)	(N/O)	-	
<b>Ε.</b>	<b>Περιβάλλον Χώρος</b>				
E1	Φύτεση Περιβάλλοντα Χώρου	(N/O)	(N/O)	-	
	<b>ΧΡΗΣΗ Α.Π.Ε</b>				
<b>Z.</b>	<b>Ηλιακή ενέργεια</b>				
Z1	Θερμικά ηλιακά συστήματα	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
Z2	Φωτοβολταϊκά συστήματα	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
<b>H.</b>	<b>Αιολική ενέργεια</b>				
H1	Ενσωματωμένη Α/Γ στο κτήριο	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
H2	Τοποθετημένη Α/Γ στο κτήριο	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
H3	Τοποθετημένη Α/Γ στο περιβάλλον χώρο	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
<b>Θ.</b>	<b>Γεωθερμία</b>				
Θ1	Οριζόντιοι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
Θ2	Κατακόρυφοι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
Θ3	Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος	(N/O)	(N/O)	(N/O)	
<b>I.</b>	<b>Χρήση Βιομάζας</b>				
I1	Ενεργειακές Εστίες	(N/O)	(N/O)	-	
I2	Λεβητες Βιομάζας - ΣΗΘ	(N/O)	(N/O)	-	

Με τα κριτήρια αποκλεισμού επιτυγχάνεται η πρώτη αξιολόγηση των πρακτικών και απορρίπτονται όσες δεν πληρούν έστω και ένα κριτήριο με αποτέλεσμα οι εναπομείναντες επιλογές να χαρακτηριστούν ως εναλλακτικές (Πίνακας 3.6) και να προωθηθούν σε αναλυτικότερη αξιολόγηση.

Στο στάδιο αυτό γίνεται η σε βάθος αξιολόγηση των πρακτικών που έχουν προκύψει από το προηγούμενο στάδιο. Η διαδικασία της περαιτέρω έρευνας και αξιολόγησης με πολυκριτηριακή ανάλυση δίνεται στο Διάγραμμα 3.5. Τα κριτήρια αξιολόγησης (Κ1,Κ2,Κ3,Κ4,Κ5,Κ6,Κ7) αφορούν την βιωσιμότητα των επιλογών σε μία σειρά κριτηρίων όπως, κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά.



Διάγραμμα 3.5 Διαδικασία Αξιολόγησης με Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Τα κριτήρια αξιολόγησης καθώς και τα βάρη αυτών δίνονται στον Πίνακα 3.7

Πίνακας 3.7 Κριτήρια Αξιολόγησης και Βάρη

α/α	Περιγραφή Κριτηρίων	Τύπος	Χαρακτηρισμός	Βάρος
Κ1	Αρχικό Κόστος Κατασκευής	Ποσοτικό	Οικονομικό	25%
Κ2	Χρόνος Απόσβεσης	Ποσοτικό	Οικονομικό	20%
Κ3	Σχέση Κόστους-Οφέλους	Ποσοτικό	Οικονομικό	15%
Κ4	Ποσοστό συμβολής στην ενεργειακή απεξάρτηση	Ποσοτικό	Οικονομικό	15%
Κ5	Συμβολή στη μείωση των αερίων του Θερμοκηπίου	Ποσοτικό	Περιβαλλοντικό	15%
Κ6	Επίδραση σε χλωρίδα και πανίδα	Ποιοτικό	Περιβαλλοντικό	5%
Κ7	Κοινωνική Αποδοχή (Οπτική - Ακουστική Όχληση)	Ποιοτικό	Κοινωνικό	5%

Η αξιολόγηση των εναλλακτικών θέσεων θα γίνει με βαθμολόγηση (1-10: υψηλότερη βαθμολόγηση => βέλτιστη λύση με μικρές επιπτώσεις) κάθε πρακτικής για κάθε κριτήριο. Το άθροισμα των γινόμενων της βαθμολόγησης με τα βάρη κάθε κριτηρίου θα δώσει ένα τελικό αποτέλεσμα. Ως τελική λύση θα επιλεχθούν οι πρακτικές με την υψηλότερη βαθμολόγηση. Η αξιολόγηση δίνεται στον Πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8 Αξιολόγηση πρακτικών Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ με Πολυκριτηριακή Ανάλυση

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	Κ1		Σύνολο	Κ2		Σύνολο	Κ3		Σύνολο	Κ4		Σύνολο	Κ5		Σύνολο	Κ6		Σύνολο	Κ7		Σύνολο	Συν. Επίδοση
	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	Βαθμ.	Βάρ.	Βαθμολ.	
<b>A. Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός</b>																						
A1 Προσανατολισμός και Σχήμα κτηρίου	α.1.1	0,25	α.1.1*0,25	α.1.2	0,20	α.1.2*0,20	α.1.3	0,15	α.1.3*0,15	α.1.4	0,15	α.1.4*0,15	α.1.5	0,15	α.1.5*0,15	α.1.6	0,05	α.1.6*0,05	α.1.7	0,05	α.1.7*0,05	Σ(A1)
A2 Κέλφους-Μονώσεις	α.2.1	0,25	α.2.1*0,25	α.2.2	0,20	α.2.2*0,20	α.2.3	0,15	α.2.3*0,15	α.2.4	0,15	α.2.4*0,15	α.2.5	0,15	α.2.5*0,15	α.2.6	0,05	α.2.6*0,05	α.2.7	0,05	α.2.7*0,05	Σ(A2)
A3 Εσωτερικές διαρρήσεις	α.3.1	0,25	α.3.1*0,25	α.3.2	0,20	α.3.2*0,20	α.3.3	0,15	α.3.3*0,15	α.3.4	0,15	α.3.4*0,15	α.3.5	0,15	α.3.5*0,15	α.3.6	0,05	α.3.6*0,05	α.3.7	0,05	α.3.7*0,05	Σ(A3)
<b>B. Παθητική Θέρμανση</b>																						
B1 Συστήματα Άμεσου Κέρδους	β.1.1	0,25	β.1.1*0,25	β.1.2	0,20	β.1.2*0,20	β.1.3	0,15	β.1.3*0,15	β.1.4	0,15	β.1.4*0,15	β.1.5	0,15	β.1.5*0,15	β.1.6	0,05	β.1.6*0,05	β.1.7	0,05	β.1.7*0,05	Σ(B1)
B2 Συστήματα Έμμεσου Κέρδους	β.2.1	0,25	β.2.1*0,25	β.2.2	0,20	β.2.2*0,20	β.2.3	0,15	β.2.3*0,15	β.2.4	0,15	β.2.4*0,15	β.2.5	0,15	β.2.5*0,15	β.2.6	0,05	β.2.6*0,05	β.2.7	0,05	β.2.7*0,05	Σ(B2)
B3 Συστήματα Απομονωμένου Κέρδους	β.3.1	0,25	β.3.1*0,25	β.3.2	0,20	β.3.2*0,20	β.3.3	0,15	β.3.3*0,15	β.3.4	0,15	β.3.4*0,15	β.3.5	0,15	β.3.5*0,15	β.3.6	0,05	β.3.6*0,05	β.3.7	0,05	β.3.7*0,05	Σ(B3)
<b>Γ. Παθητικός Αερισμός</b>																						
Γ1 Ηλιοπροστασία-Σκιασμός	γ.1.1	0,25	γ.1.1*0,25	γ.1.2	0,20	γ.1.2*0,20	γ.1.3	0,15	γ.1.3*0,15	γ.1.4	0,15	γ.1.4*0,15	γ.1.5	0,15	γ.1.5*0,15	γ.1.6	0,05	γ.1.6*0,05	γ.1.7	0,05	γ.1.7*0,05	Σ(Γ1)
Γ2 Φύτευση Δομάτων	γ.2.1	0,25	γ.2.1*0,25	γ.2.2	0,20	γ.2.2*0,20	γ.2.3	0,15	γ.2.3*0,15	γ.2.4	0,15	γ.2.4*0,15	γ.2.5	0,15	γ.2.5*0,15	γ.2.6	0,05	γ.2.6*0,05	γ.2.7	0,05	γ.2.7*0,05	Σ(Γ2)
Γ3 Φυσικός Αερισμός	γ.3.1	0,25	γ.3.1*0,25	γ.3.2	0,20	γ.3.2*0,20	γ.3.3	0,15	γ.3.3*0,15	γ.3.4	0,15	γ.3.4*0,15	γ.3.5	0,15	γ.3.5*0,15	γ.3.6	0,05	γ.3.6*0,05	γ.3.7	0,05	γ.3.7*0,05	Σ(Γ3)
<b>Δ. Φυσικός Φωτισμός</b>																						
Δ1 Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Κελυφούς	δ.1.1	0,25	δ.1.1*0,25	δ.1.2	0,20	δ.1.2*0,20	δ.1.3	0,15	δ.1.3*0,15	δ.1.4	0,15	δ.1.4*0,15	δ.1.5	0,15	δ.1.5*0,15	δ.1.6	0,05	δ.1.6*0,05	δ.1.7	0,05	δ.1.7*0,05	Σ(Δ1)
Δ2 Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Ανοιγμάτων	δ.2.1	0,25	δ.2.1*0,25	δ.2.2	0,20	δ.2.2*0,20	δ.2.3	0,15	δ.2.3*0,15	δ.2.4	0,15	δ.2.4*0,15	δ.2.5	0,15	δ.2.5*0,15	δ.2.6	0,05	δ.2.6*0,05	δ.2.7	0,05	δ.2.7*0,05	Σ(Δ2)
Δ3 Φωτοτεχνικές Διατάξεις	δ.3.1	0,25	δ.3.1*0,25	δ.3.2	0,20	δ.3.2*0,20	δ.3.3	0,15	δ.3.3*0,15	δ.3.4	0,15	δ.3.4*0,15	δ.3.5	0,15	δ.3.5*0,15	δ.3.6	0,05	δ.3.6*0,05	δ.3.7	0,05	δ.3.7*0,05	Σ(Δ3)
<b>Ε. Περιβάλλον Χώρου</b>																						
E1 Φύτευση Περιβάλλοντα Χώρου	ε.1.1	0,25	ε.1.1*0,25	ε.1.2	0,20	ε.1.2*0,20	ε.1.3	0,15	ε.1.3*0,15	ε.1.4	0,15	ε.1.4*0,15	ε.1.5	0,15	ε.1.5*0,15	ε.1.6	0,05	ε.1.6*0,05	ε.1.7	0,05	ε.1.7*0,05	Σ(E1)
<b>ΧΡΗΣΗ Α.Π.Ε</b>																						
<b>Z. Ηλιακή ενέργεια</b>																						
Z1 Θερμικά ηλιακά συστήματα	ζ.1.1	0,25	ζ.1.1*0,25	ζ.1.2	0,20	ζ.1.2*0,20	ζ.1.3	0,15	ζ.1.3*0,15	ζ.1.4	0,15	ζ.1.4*0,15	ζ.1.5	0,15	ζ.1.5*0,15	ζ.1.6	0,05	ζ.1.6*0,05	ζ.1.7	0,05	ζ.1.7*0,05	Σ(Z1)
Z2 Φωτοβολταϊκά συστήματα	ζ.2.1	0,25	ζ.2.1*0,25	ζ.2.2	0,20	ζ.2.2*0,20	ζ.2.3	0,15	ζ.2.3*0,15	ζ.2.4	0,15	ζ.2.4*0,15	ζ.2.5	0,15	ζ.2.5*0,15	ζ.2.6	0,05	ζ.2.6*0,05	ζ.2.7	0,05	ζ.2.7*0,05	Σ(Z2)
<b>H. Αιολική ενέργεια</b>																						
H1 Ενσωματωμένη Α/Γ στο κτήριο	η.1.1	0,25	η.1.1*0,25	η.1.2	0,20	η.1.2*0,20	η.1.3	0,15	η.1.3*0,15	η.1.4	0,15	η.1.4*0,15	η.1.5	0,15	η.1.5*0,15	η.1.6	0,05	η.1.6*0,05	η.1.7	0,05	η.1.7*0,05	Σ(H1)
H2 Τοποθετημένη Α/Γ στο κτήριο	η.2.1	0,25	η.2.1*0,25	η.2.2	0,20	η.2.2*0,20	η.2.3	0,15	η.2.3*0,15	η.2.4	0,15	η.2.4*0,15	η.2.5	0,15	η.2.5*0,15	η.2.6	0,05	η.2.6*0,05	η.2.7	0,05	η.2.7*0,05	Σ(H2)
H3 Τοποθετημένη Α/Γ στο περιβάλλον χώρο	η.3.1	0,25	η.3.1*0,25	η.3.2	0,20	η.3.2*0,20	η.3.3	0,15	η.3.3*0,15	η.3.4	0,15	η.3.4*0,15	η.3.5	0,15	η.3.5*0,15	η.3.6	0,05	η.3.6*0,05	η.3.7	0,05	η.3.7*0,05	Σ(H3)
<b>Θ. Γεωθερμία</b>																						
Θ1 Οριζόντιοι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες	θ.1.1	0,25	θ.1.1*0,25	θ.1.2	0,20	θ.1.2*0,20	θ.1.3	0,15	θ.1.3*0,15	θ.1.4	0,15	θ.1.4*0,15	θ.1.5	0,15	θ.1.5*0,15	θ.1.6	0,05	θ.1.6*0,05	θ.1.7	0,05	θ.1.7*0,05	Σ(Θ1)
Θ2 Κατακόρυφοι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες	θ.2.1	0,25	θ.2.1*0,25	θ.2.2	0,20	θ.2.2*0,20	θ.2.3	0,15	θ.2.3*0,15	θ.2.4	0,15	θ.2.4*0,15	θ.2.5	0,15	θ.2.5*0,15	θ.2.6	0,05	θ.2.6*0,05	θ.2.7	0,05	θ.2.7*0,05	Σ(Θ2)
Θ3 Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος	θ.3.1	0,25	θ.3.1*0,25	θ.3.2	0,20	θ.3.2*0,20	θ.3.3	0,15	θ.3.3*0,15	θ.3.4	0,15	θ.3.4*0,15	θ.3.5	0,15	θ.3.5*0,15	θ.3.6	0,05	θ.3.6*0,05	θ.3.7	0,05	θ.3.7*0,05	Σ(Θ3)
<b>I. Χρήση Βιομάζας</b>																						
I1 Ενεργειακές Εστίες	ι.1.1	0,25	ι.1.1*0,25	ι.1.2	0,20	ι.1.2*0,20	ι.1.3	0,15	ι.1.3*0,15	ι.1.4	0,15	ι.1.4*0,15	ι.1.5	0,15	ι.1.5*0,15	ι.1.6	0,05	ι.1.6*0,05	ι.1.7	0,05	ι.1.7*0,05	Σ(I1)
I2 Λέβητες Βιομάζας - ΣΗΘ	ι.2.1	0,25	ι.2.1*0,25	ι.2.2	0,20	ι.2.2*0,20	ι.2.3	0,15	ι.2.3*0,15	ι.2.4	0,15	ι.2.4*0,15	ι.2.5	0,15	ι.2.5*0,15	ι.2.6	0,05	ι.2.6*0,05	ι.2.7	0,05	ι.2.7*0,05	Σ(I2)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.8 οι πρακτικές που θα φέρουν και τον μεγαλύτερο βαθμό αξιολόγησης θα είναι και οι καταλληλότερες για την επίτευξη της συνέργειας μεταξύ βιοκλιματικών πρακτικών και εφαρμογών χρήσης των ΑΠΕ στη συμβολή εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια και απεξάρτησή τους από τις συμβατικές μορφές. Είναι προφανές ότι και δευτερες επιλογές στη προκύπτουσα βαθμολόγηση ικανοποιούν τη συνθήκη της συνέργειας ενώ όπως προαναφέρθηκε πολλαπλές επιλογές πρακτικών έχουν αθροιστικό αποτέλεσμα τόσο στο ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας όσο και στον περιορισμό των εκλύσεων αερίων του θερμοκηπίου.

Παράλληλα με τη συνέργεια του βιοκλιματισμού και των ΑΠΕ είναι απαραίτητες και επεμβάσεις στον Η/Μ εξοπλισμό, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και ο αυτοματοποιημένος έλεγχος όλων των παθητικών και ενεργητικών πρακτικών από Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) έτσι ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο αποτέλεσμα.

### 3.5 Το Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας κτήριο (NZEB-ZEB)

Το επόμενο βήμα από τα παθητικά κτήρια είναι τα κτήρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Αν και ακόμα δεν υπάρχει σαφής ορισμός του ZEB και του NZEB η βασική ιδέα δίνεται με τους ακόλουθους ορισμούς :

**Zero energy building** είναι το κτήριο το οποίο είναι χτισμένο έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται πλήρως την βιοκλιματική αρχιτεκτονική, να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις, και η εισερχόμενη ενέργεια από το δίκτυο με την εξερχόμενη ενέργεια να είναι ίσες κατά την διάρκεια ενός έτους (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/ΕΕ).

**Nearly Zero energy building** είναι το κτήριο το οποίο έχει πολύ υψηλή ενεργειακή συμπεριφορά. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται το κτήριο, πρέπει να καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από ΑΠΕ που παράγονται επί τόπου ή κοντά στον χώρο που βρίσκεται το κτήριο (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/ΕΕ).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/ΕΕ και την εναρμόνισή της στο Ν.4122/13 μετά τις 31 Δεκεμβρίου του 2020 όλα τα νέα κτήρια θα πρέπει να είναι κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενώ τα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Η ποσότητα που πρέπει να εισέρχεται στο κτήριο NZEB πρέπει να παράγεται είτε μέσα από το ίδιο το κτήριο και τον αύλειο χώρο του (on-site energy), είτε από σταθμούς της γύρω περιοχής που βρίσκεται το κτήριο και να προέρχεται από ΑΠΕ (off-site energy). Ανάλογα της προέλευσης της ενέργειας δίνεται ο διαχωρισμός των ZEB στον Πίνακα 3.9.

**Πίνακας 3.9 Κατηγοριοποίηση των ZEB ανάλογα του τρόπου παροχής ενέργειας από τις ΑΠΕ (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009)**

Επιλογή	Επιλογές παροχής ενέργειας στο ZEB	Ενδεικτικές Πρακτικές
0	Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας μέσω τεχνολογιών χαμηλής κατανάλωσης	A. Φυσικός φωτισμός, B. Υψηλά αποδοτικός εξοπλισμός θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού Γ. Φυσικός αερισμός
<b>Παροχή ενέργειας από πηγές που βρίσκονται στο οικοπέδο του κτηρίου (on-site παροχή ενέργειας)</b>		
1	Χρήση ΑΠΕ εγκατεστημένες πάνω στο κτήριο	A. Φωτοβολταϊκά Πάνελ B. Ηλιακοί συλλέκτες για ZNX Γ. Ανεμογεννήτρια στο κτήριο
2	Χρήση ΑΠΕ εγκατεστημένες στο οικοπέδο του κτηρίου	A. Φωτοβολταϊκά πάνελ B. Ηλιακοί συλλέκτες για ZNX Γ. Υδροηλεκτρικός σταθμός μικρής ισχύος Δ. Ανεμογεννήτρια εγκατεστημένη στο οικοπέδο αλλά όχι πάνω στο κτήριο
<b>Παροχή ενέργειας από πηγές που δεν βρίσκονται στο οικοπέδο του κτηρίου (off-site παροχή ενέργειας)</b>		

3	Χρήση ΑΠΕ που είναι διαθέσιμες εκτός του χώρου του κτηρίου, για παραγωγή ενέργειας στο κτήριο	Α. Βιομάζα, pellets, biodiesel που εισάγονται στο κτήριο με σκοπό την παραγωγή ενέργειας στον χώρο που βρίσκεται το κτήριο.
4	Αγορά ενέργειας από ΑΠΕ που είναι διαθέσιμες εκτός του χώρου του κτηρίου	Α. Ανεμογεννήτριες, Φωτοβολταϊκά πάρκα, Υδροηλεκτρικός σταθμός ιδιοκτησίας εταιρίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ) Β. Αγορά credits εκπομπής ρύπων ή αγορά άλλων «πράσινων» επιλογών

**Επιλογή 0:** Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω το βασικότερο και σίγουρα πιο οικονομικό βήμα για την επίτευξη του ZEB είναι η μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για το κτήριο. Είναι πάντα προτιμότερο να εξοικονομείται ενέργεια παρά να παράγεται επιπλέον. Έτσι σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τεχνικές οι οποίες στοχεύουν στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, του φυσικού δροσισμού, τον προσανατολισμό και άλλες Πρακτικές Βιοκλιματισμού. Επίσης, περιλαμβάνει την εγκατάσταση μόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων και εγκαταστάσεις υψηλής απόδοσης ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009).

**Επιλογή 1:** Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα κτήρια τα οποία έχουν τις απαραίτητες τεχνολογίες στο κτήριο για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Δηλαδή είναι εγκατεστημένες πάνω στο δώμα του κτηρίου ή σε λίγες περιπτώσεις στο κέλυφος. Αυτή η επιλογή περιέχει Φωτοβολταϊκά Πάνελ στην οροφή, ηλιακούς συλλέκτες και ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος. Είναι η πιο συνηθισμένη λύση γιατί μηδενίζονται οι ανάγκες μεταφοράς και διανομής της ενέργειας και συνεπώς οι απώλειες (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009).

**Επιλογή 2:** Σε αυτή την κατηγορία εφαρμόζονται και πάλι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι αποκλειστικά για τις ανάγκες αυτού του κτηρίου αλλά δεν είναι εγκατεστημένες πάνω στο κτήριο. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες, μικρής ισχύος υδροηλεκτρικοί σταθμοί και ανεμογεννήτριες που δεν είναι εγκαταστημένα πάνω στο κτήριο (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009).

**Επιλογή 3:** Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ΑΠΕ όπως βιομάζα, pellets, αιθανόλη, biodiesel, βιοκαύσιμα που μπορούν να εισαχθούν στο κτήριο για τις ενεργειακές του ανάγκες. Αυτές οι μορφές ΑΠΕ χαρακτηρίζονται ως off-site γιατί είναι διαθέσιμες έξω από το κτήριο και συνεπώς πρέπει να αγοραστούν. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση κυρίως αλλά ο κύριος λόγος που δεν θεωρούνται on-site ΑΠΕ, είναι επειδή είναι διαθέσιμες στο εξωτερικό περιβάλλον του κτηρίου και χρειάζονται μεταφορά, που σημαίνει πρόσθετη σπατάλη ενέργειας (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009).

**Επιλογή 4:** Τέλος , όταν δεν καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου από τις παραπάνω μορφές ΑΠΕ, τότε μπορεί να αγορασθεί ενέργεια η οποία παράγεται από ΑΠΕ όπως από εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ή ανεμογεννήτριας (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009).

Επιπροσθέτως υπάρχει και ο ορισμός του ZEB ανάλογα των στόχων που επιτυγχάνει και έχει κατασκευαστεί (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009):

- **Net Zero site Energy:** Ένα site ZEB παράγει όση ενέργεια χρειάζεται κατά την διάρκεια ενός έτους από ΑΠΕ εγκατεστημένες στην τοποθεσία του κτηρίου.
- **Net Zero Source Energy:** Ένα Source ZEB παράγει όση πρωτογενή ενέργεια χρειάζεται κατά την διάρκεια ενός έτους. Για να υπολογίσουμε την συνολική πρωτογενή ενέργεια που χρησιμοποιεί ένα κτήριο πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την εισερχόμενη και εξερχόμενη ενέργεια με τους αντίστοιχους συντελεστές μετατροπής της ενέργειας σε πρωτογενή για κάθε μορφή ενέργειας.
- **Net zero energy Costs:** Σε ένα cost ZEB το ποσό των χρημάτων που πληρώνει η εταιρεία παραγωγής ενέργειας στον ιδιοκτήτη για την εξερχόμενη ενέργεια από το κτήριο πρέπει να είναι ίσο με το ποσό που πληρώνει ο ιδιοκτήτης στην εταιρία για την εξυπηρέτηση καθώς και για την ενέργεια που αγοράζει όλη την χρονιά.
- **Net Zero Energy Emissions:** Σε ένα emissions ZEB, η εκπομπή ρύπων από τη χρήση συμβατικών καυσίμων αντισταθμίζεται από την χρήση ΑΠΕ.

Συνοπτικά οι παραπάνω ορισμοί μαζί με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε ZEB δίνονται στον Πίνακα 3.10.

**Πίνακας 3.10 Κατηγοριοποίηση των ZEB βάσει των στόχων που επιτελεί (P.Torcellini et al, 2006; Marszal A. J., Heiselberg P., 2009).**

Ορισμός	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Παρατηρήσεις
<b>Site ZEB</b>	A. Εύκολο στην εφαρμογή B. Επαληθεύσιμες μετρήσεις στην τοποθεσία του Γ. Συντηρητική προσέγγιση για την επίτευξη ZEB Δ. Οι εξωτερικοί παράγοντες δεν το επηρεάζουν πολύ E. Εύκολο στην κατανόηση του Z. Ενισχύει τον ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό	A. Απαιτεί περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ B. Δεν περιέχει όλα τα έξοδα της λειτουργίας Γ. Δεν εξισώνει τις μορφές ενέργειας Δ. Δεν λαμβάνει υπόψη τους ρύπους που παράγει κάθε μορφή ενέργειας	
<b>Source ZEB</b>	A. Εξισώνει τις διάφορες μορφές ενέργειας με βάση την πρωτογενή B. Καλύτερο μοντέλο όσον αφορά το εθνικό σύστημα Γ. Ευκολότερο ZEB να	A. Δεν λαμβάνει υπόψη τους ρύπους που παράγει κάθε μορφή ενέργειας B. Δεν λαμβάνει υπόψη όλα τα έξοδα ενέργειας.	A. Απαιτούνται συντελεστές μετατροπής καταναλισκόμενης ενέργειας σε πρωτογενή, που απαιτούν αρκετές

	δημιουργηθεί	Γ. Οι υπολογισμοί σε πρωτογενή ενέργεια πολύ μεγάλοι Δ. Δεν εστιάζει αρκετά στον ενεργειακό σχεδιασμό	πληροφορίες για να καθοριστούν
<b>Cost ZEB</b>	A. Εύκολο στην εφαρμογή και στην μέτρηση B. Οι νόμοι της αγοράς έχουν ως αποτέλεσμα σε μια καλή ισορροπία μεταξύ των διάφορων μορφών καυσίμων Γ. Επιτρέπει τον έλεγχο στην πλευρά της ζήτησης της ενέργειας ( καταναλωτή) Δ. Ελέγξιμο μέσω των λογαριασμών	A. Δεν έχει σημαντική επίδραση σε εθνικό επίπεδο γιατί μπορεί η αποθήκευση ενέργειας από PV να είναι πιο συμφέρουσα από ότι η εξαγωγή στο δίκτυο. B. Απαιτεί μετρητές ώστε η εξαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να αντισταθμίσει τις χρεώσεις της εισαγόμενης ενέργειας καθώς και των υπηρεσιών Γ. Οι ασταθείς τιμές της ενέργειας κάνουν δύσκολη την επίτευξή του	A. Απαιτεί κάθε μήνα service και άλλες χρεώσεις. B. Αν οι μετρητικές διατάξεις δεν λειτουργούν καλά και ξεπεράσουν τα όρια χωρητικότητας, αλλάζουν και οι τιμές της εισαγόμενης και εξαγόμενης ενέργειας.
<b>Emissions ZEB</b>	A. Το καλύτερο μοντέλο για πράσινη ανάπτυξη B. Λαμβάνει υπόψη τους συντελεστές μόλυνσης των μορφών ενέργειας Γ. Ευκολότερο ZEB για να επιτευχθεί		A. Απαιτεί κατάλληλους συντελεστές εκπομπής ρύπων

### 3.6 Ο Παράγοντας Ανθρώπινη Συμπεριφορά – Εκπαίδευση

Η ενεργειακή απόδοση είναι ευρύς όρος – στην Πράσινη Βίβλο ορίζονται όμως δύο τομείς: καλύτερη χρήση της ενέργειας μέσω βελτιωμένων τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμηση ενέργειας μέσω αλλαγών στην ευαισθητοποίηση των καταναλωτών και τη συμπεριφορά τους μέσω της εκπαίδευσης.

Μέχρι πρόσφατα, θεωρούνταν ότι η ενεργειακή απόδοση αφορούσε κυρίως τις τεχνολογίες: τη χρήση της βέλτιστης τεχνολογίας ώστε να καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια, όσον αφορά την προσφορά ή τη ζήτηση. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την αλλαγή ενός παλιού οικιακού λέβητα με ένα λέβητα που καταναλώνει ένα τρίτο λιγότερη ενέργεια, τη χρήση λαμπτήρων χαμηλής ενέργειας και την αποφυγή διατήρησης συσκευών σε κατάσταση αναμονής. Η αυξανόμενη χρήση της κατάστασης αναμονής για ηλεκτρικές συσκευές αυξάνει τους λογαριασμούς ενέργειας των νοικοκυριών έως και κατά 10 %.

Εντούτοις, η πολιτική έχει διευρυνθεί ώστε να περιλαμβάνει μεγαλύτερες κοινωνικές δράσεις, όπως για παράδειγμα στον τομέα της εκπαίδευσης, άλλωστε οι νέες τεχνολογίες θα έχουν ελάχιστη

επίδραση εάν οι χρήστες δεν πειστούν να τις χρησιμοποιήσουν. Η αλλαγή της συμπεριφοράς των καταναλωτών θα πρέπει να κατευθύνεται από την αύξηση της αντίληψης των οφελών της εξοικονόμησης ενέργειας τόσο για το άτομο όσο και για την κοινωνία.

Οι δράσεις της πολιτικής στον τομέα αυτό θα περιλαμβάνουν προσπάθειες ώστε οι δημόσιες μεταφορές να γίνουν πιο ελκυστικές ως εναλλακτική λύση στη χρήση αυτοκινήτων και εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες που θα βοηθήσουν τα νοικοκυριά να μειώσουν τους λογαριασμούς θέρμανσής τους μέσω βελτιωμένης μόνωσης και σωστής χρήσης του θερμοστάτη ενώ παράλληλα θα ευαισθητοποιήσουν τους καταναλωτές προς την κατεύθυνση χρήσης των ΑΠΕ.

Η εκπαίδευση κατέχει έναν στρατηγικό ρόλο στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Το πρόγραμμα «Ευφυής ενέργεια για την Ευρώπη» (EIE) στηρίζει μη τεχνολογικές δράσεις για την ενθάρρυνση της ενεργειακής αποδοτικότητας και την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η χρήση πρωτοβουλιών στα σχολεία για την αύξηση της ευαισθητοποίησης για την ενέργεια και την έμπνευση αλλαγών στη συμπεριφορά συνδέεται με πολλές πτυχές του επίσημου εκπαιδευτικού προγράμματος. Μπορεί να ενσωματωθεί σε μαθήματα ανθρωπιστικών, κοινωνικών και φυσικών επιστημών, καθώς και σε πτυχές ηθικής. Το θέμα προσαρμόζεται σε πρακτική μελέτη και θεωρητικό υπολογισμό. Έχει σημαντικές ιστορικές πτυχές και διαθέτει ευρύ πεδίο για καλλιτεχνική, πολιτιστική και επιστημονική ερμηνεία. Διαθέτει επίσης τη δυνατότητα να εμπνέει τους νέους και να επηρεάζει την ευρύτερη κοινωνική κοινότητά τους μέσω της οικογένειας και των φίλων. Η ενέργεια, η παραγωγή, μετατροπή και χρήση της έχουν ήδη μια σημαντική επίδραση στις περιβαλλοντικές σπουδές. Η ενεργειακή εκπαίδευση θα πρέπει να συνδυάζει την ενέργεια, το περιβάλλον και την οικονομία, παρέχοντας μια λογική βάση για τη λήψη αποφάσεων.

Τα εκπαιδευτικά προγράμματα δεν θα πρέπει μόνο να επικεντρώνονται στις ζημιές που προκαλούνται από την ενεργειακή χρήση αλλά και στην αξία των περιορισμένων πόρων της. Υπάρχουν τρεις γενικοί στόχοι για την ενεργειακή εκπαίδευση:

1. Να προσδιοριστεί τι μπορεί να κάνει η κοινωνία και τα μεμονωμένα άτομα·
2. Να υπάρξει ευαισθητοποίηση σχετικά με τα θέματα και το υπόβαθρό τους και
3. Να επεξηγηθούν τα οφέλη αυτής της δράσης.

Η ευαισθητοποίηση για την ενέργεια που καταναλώνουμε ως άτομα, οικογένειες, νοικοκυριά, μαθητές ή οργανώσεις είναι πολύ σημαντική, όπως και η συμβολή που μπορεί να επιτευχθεί όταν δεν υπάρχει σπατάλη ενέργειας, τόσο σε ατομικό όσο και σε συλλογικό επίπεδο. Οι άνθρωποι κατέχουν κεντρικό ρόλο στη σοφή και βέλτιστη χρήση της ενέργειας. Η εκπαίδευση μπορεί να παρέχει μια βάση για κατανόηση και να αποτελεί αγωγό για τις πληροφορίες που χρειάζονται οι πολίτες ώστε να λαμβάνουν λογικές αποφάσεις και να είναι ενήμεροι για τη σπατάλη. Ο καθένας μας έχει ένα ρόλο που πρέπει να παίζει επιλέγοντας τις πιο αποτελεσματικές τεχνολογίες για τη

δουλειά και το σπίτι – για να εξασφαλίσει ότι τα σπίτια, οι χώροι εργασίας και τα οχήματα θα έχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση.

Οι εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες θα πρέπει να φανερώνουν σαφώς τις θετικές συνέπειες της αλλαγής συμπεριφοράς – της επιλογής για να είναι κανείς ευαισθητοποιημένος όσον αφορά την ενέργεια. Εξοικονόμηση ενέργειας σημαίνει εξοικονόμηση χρημάτων. Με λίγα απλά βήματα μπορούν να γίνουν σημαντικές ετήσιες εξοικονομήσεις. Το προσωπικό όφελος αποτελεί ουσιώδες ανθρώπινο κίνητρο. Αλλά το προσωπικό όφελος, συνδυασμένο με θετικό, από κοινωνικό όφελος, αποτελεί ακόμα καλύτερο και ανθεκτικό κίνητρο. Μπορεί να αποδειχτεί ότι η χαμηλότερη συνολική ενεργειακή χρήση με αυξημένη χρήση καθαρότερης ενέργειας μειώνει τη γενική ρύπανση, κάτι που συνεπάγεται οφέλη για την υγεία. Η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών ενέργειας, στις οποίες η Ευρώπη κατέχει κορυφαία θέση παγκοσμίως, αποτελεί θετικό νέο για τις θέσεις εργασίας και την ευημερία στην Ευρώπη. Οι μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου θα μετριάσουν τις επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών (<http://www.managenergy.net/download/education2005/05-0001-EL.pdf>).

## Κεφάλαιο Τέταρτο

### Εφαρμογές – Παραδείγματα

Η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και χρήσης ΑΠΕ στα υφιστάμενα κτήρια συναντά δυσκολίες σε σχέση με τα νέα κτήρια λόγω του υφισταμένου της κατασκευής. Παρόλα αυτά οι ανακαινίσεις επιτυγχάνουν υψηλής ενεργειακής απόδοσης κτήρια. Παρακάτω δίνονται παραδείγματα – εφαρμογές από το εξωτερικό και την Ελλάδα.

#### 4.1 Εφαρμογή στην ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτηρίων

##### 1. REC Conference Center, Ουγγαρία.



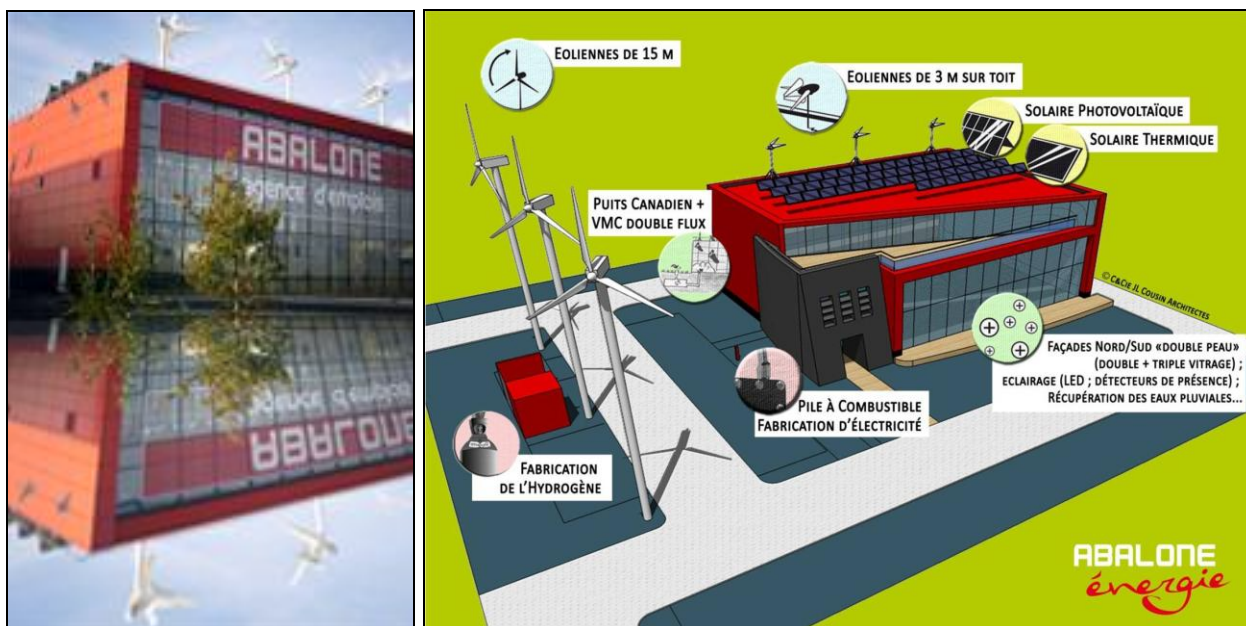
*Εικόνα 4.1 REC Conference Center (www.rec.org)*

Τα μέτρα ανακαίνισης που έχουν εφαρμοστεί περιέχονται παρακάτω:

- Φωτοβολταϊκά Πάνελ: Στην οροφή του κτηρίου έχουν τοποθετηθεί 140 φωτοβολταϊκά πάνελ με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέγιστη ισχύς τους είναι 29 kW. Σε περιόδους νύχτας ή συννεφιασμένου καιρού, το κτήριο παίρνει ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο, ενώ σε μέρες με καθαρό ουρανό το κτήριο παράγει πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύει στο δίκτυο.
- Αντλίες Θερμότητας: Στο κτήριο είναι εγκατεστημένες 2 αντλίες θερμότητας οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου.
- Μόνωση κελύφους και οροφής: Το κτήριο μονώνεται με περιβαλλοντικά φιλικό υλικό και έτσι συντελείται μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη.
- Τεχνητός φωτισμός: Χρησιμοποιήθηκαν ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες μαζί με ballast καθώς και ανιχνευτές κίνησης για την αποτελεσματική εξοικονόμηση ενέργειας.
- Φυσικός φωτισμός: Η χρήση φυσικού φωτισμού εκμεταλλεύτηκε στο μέγιστο δυνατό στο κτήριο με σκοπό να μειωθεί η ανάγκη για χρήση του τεχνητού φωτισμού. Έτσι χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο από τζάμια στο πάνω μέρος των τοίχων. (<http://eeagrants.org/Results/Project-stories/Zero-emissions-centre>).

Κύριος επιτεύξιμος στόχος ο μηδενισμός των ετήσιων εκλύσεων των αερίων του θερμοκηπίου από τους 47 τόνους CO<sub>2</sub> που εκλύονταν με τη λειτουργία του πριν την ανακαίνιση (<http://eeagrants.org/Results/Project-stories/Zero-emissions-centre>).

## 2. Κεντρικά γραφεία της εταιρείας Abalone (Ναντ, Γαλλία)



Εικόνα 4.2 Κεντρικά γραφεία της εταιρείας Abalone Ναντ, Γαλλία (<http://www.abalone-energie.com/siege-social.html>).

Το κτήριο (κατασκευής 2003) είναι πολύ κοντά στο επιτύχει πλήρης τον στόχο ενός ZEB ενώ στο μέλλον με κάποιες αλλαγές, θα μπορεί να εξάγει ηλεκτρική ενέργεια. Το κτήριο στεγάζει την έδρα της ομάδας ABALONE και το σύμπλεγμα OBYWAT συγκεντρώνει εταιρείες και ενώσεις των οποίων η δραστηριότητα είναι η καρδιά για την αειφόρο ανάπτυξη (Cf Partners). Τα μέτρα που έχουν ληφθεί είναι τα εξής (<http://www.abalone-energie.com/siege-social.html>):

- Εγκατάσταση 3 ανεμογεννητριών δίπλα στο κτήριο (ύψος=15m και P=10kW η καθεμιά). Η ετήσια παραγωγή ενέργειας φτάνει τις 45 MWh.
- Εγκατάσταση 3 ανεμογεννητριών στην οροφή του κτηρίου με ύψος 3 m η καθεμιά και συνολικά παραγωγή ενέργειας 15 MWh τον χρόνο.
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή σε επιφάνεια 80 m<sup>2</sup>. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται στις 2 MWh τον χρόνο.
- Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών που χρησιμεύουν στην θέρμανση και στην παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX).
- Σύστημα ψύξης του αέρα με εναλλάκτες γη-αέρα.
- Σύστημα εξαερισμού με δυνατότητα εκμετάλλευσης του θερμού αέρα.

Το 2009 ήταν το πρώτο και το μόνο κτήριο του είδους του στην Ευρώπη, συνδυάζοντας τεχνολογίες ΑΠΕ όπως η φωτοβολταϊκή, η ηλιοθερμική, η αιολική και η γεωθερμική. Κύριος επιτεύξιμος στόχος του κτηρίου είναι η εξοικονόμηση **64,76 τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου** και **70 τόνων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου** ετησίως (<http://www.abalone-energie.com/siege-social.html>).

### 3. Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη Αθήνα



*Εικόνα 4.3 Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη Αθήνα*

Οι εργασίες ανακαίνισης με σκοπό την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας ξεκίνησαν το 2006. Τα μέτρα που έχουν ληφθεί αναφέρονται παρακάτω:

- Μόνωση κελύφους: Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους με 4 cm πάχος
- Αντικατάσταση Κουφωμάτων με διπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής
- Αεροστεγάνωση με σκοπό την μη διαρροή αέρα προς τα έξω και προς τα μέσα
- Συστήματα σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτηρίου
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ
- Ηλιακοί Συλλέκτες για την ανάγκη του Ζεστού νερού χρήσης
- Σύστημα θέρμανσης ενεργειακά αποδοτικό με φυσικό αέριο
- Εξαερισμός υβριδικός εγκατεστημένος στην οροφή του κτηρίου
- Φυσικό σύστημα ψύξης μέσω του συστήματος εξαερισμού
- Βοηθητικό σύστημα ψύξης (1.5 Kw)
- Τεχνητός φωτισμός με T5 λαμπτήρες φιλικού προς το περιβάλλον
- Εγκατάσταση BEMS. Το σύστημα αυτό ελέγχει το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού, την λειτουργία των ΑΠΕ καθώς και μετράει το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας (Παπαθανασίου Φ., Σαρακενίδης Λ., 2011).

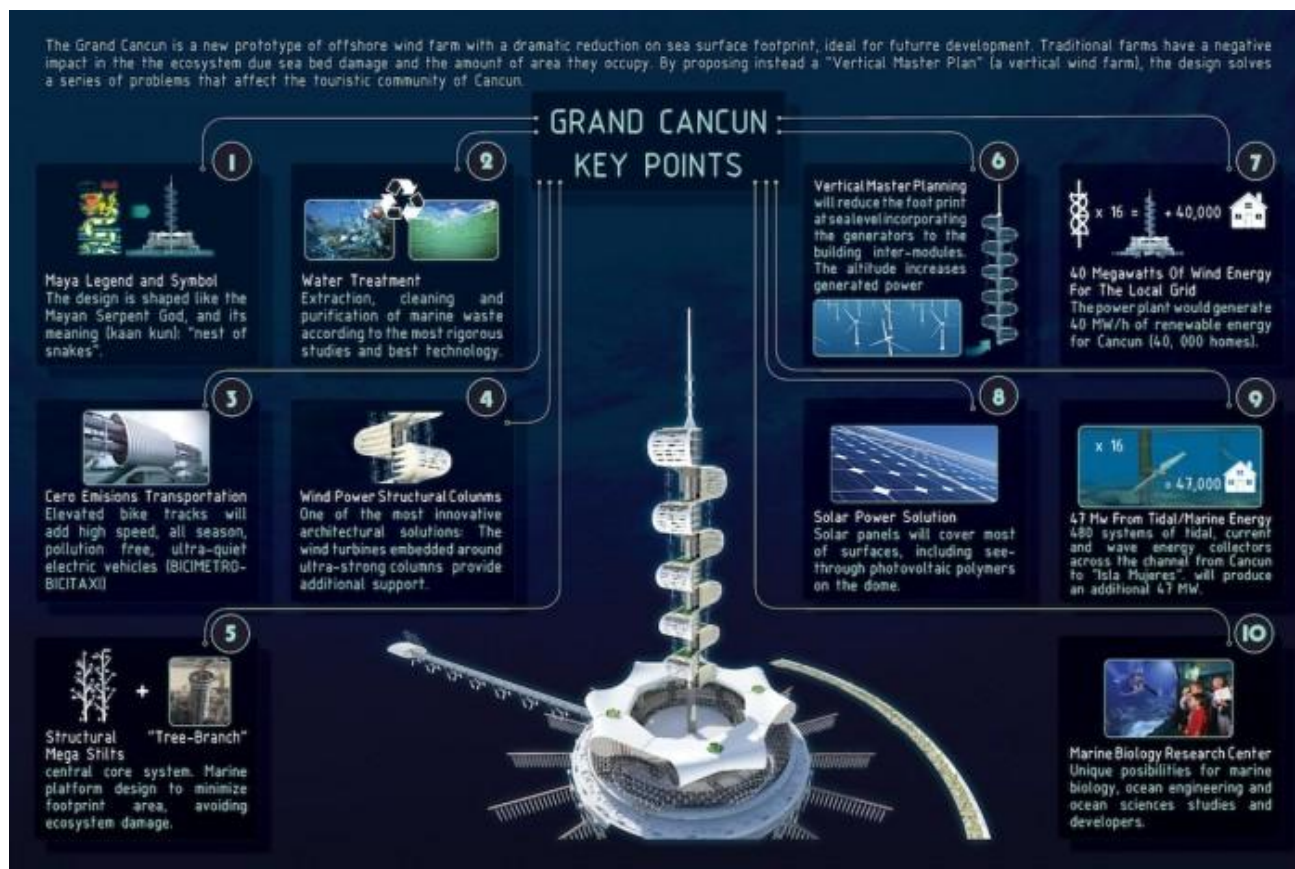
## 4.2 Εφαρμογή στο σχεδιασμό νέων κτηρίων

Το μέλλον στα κτήρια είναι τα ZEB. Με οικονομικά κριτήρια και σεβασμό στο περιβάλλον μελετήθηκε η κατασκευή του κτηρίου Grand Cancun (Εικόνα 4.4).



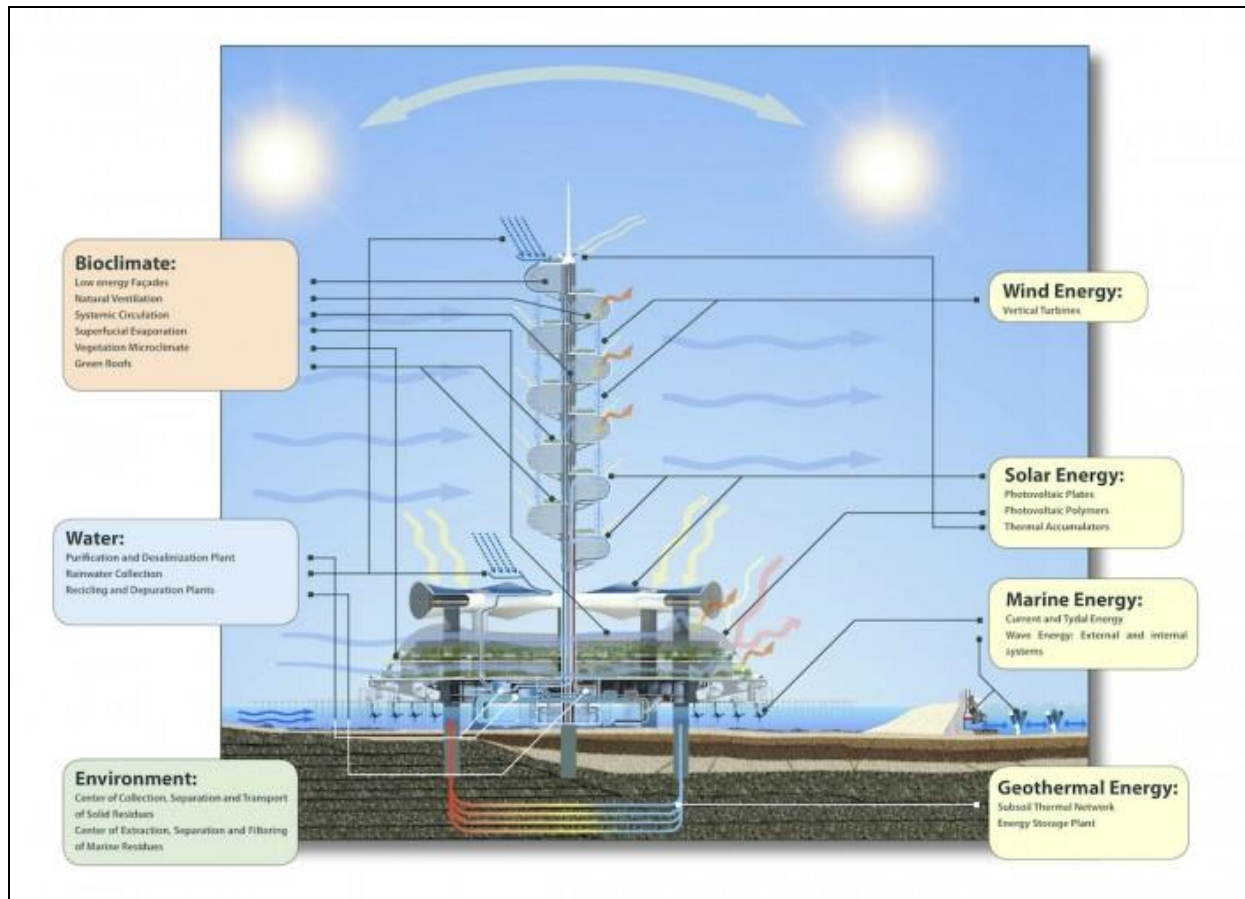
*Εικόνα 4.4 Ξενοδοχειακή Μονάδα Grand Cancun στο Μεξικό (Πηγή:<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).*

Το Grand Κανκούν είναι αστικό θέρετρο που βρίσκεται στο Κανκούν του Μεξικό, δίπλα στη θάλασσα και στην πόλη η οποία θα λειτουργήσει ως χώρος γιορτής για τον ξένο και τοπικό πληθυσμό. Ξενοδοχειακή μονάδα, Εργοστάσιο ανακύκλωσης νερού, Εργοστάσιο επεξεργασίας ανακυκλώσιμων αποβλήτων, Ηλεκτρικός σταθμός βασιζόμενος στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική, παλιρροιακή και γεωθερμική), εργαστήρια θαλάσσιας βιολογίας αποτελούν ένα ζωντανό γλυπτό (Εικόνα 4.5) σχεδιασμένο από τον Αρχιτέκτονα Richard Moreta Castillo με ημερομηνία έναρξης το 2024 (<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).



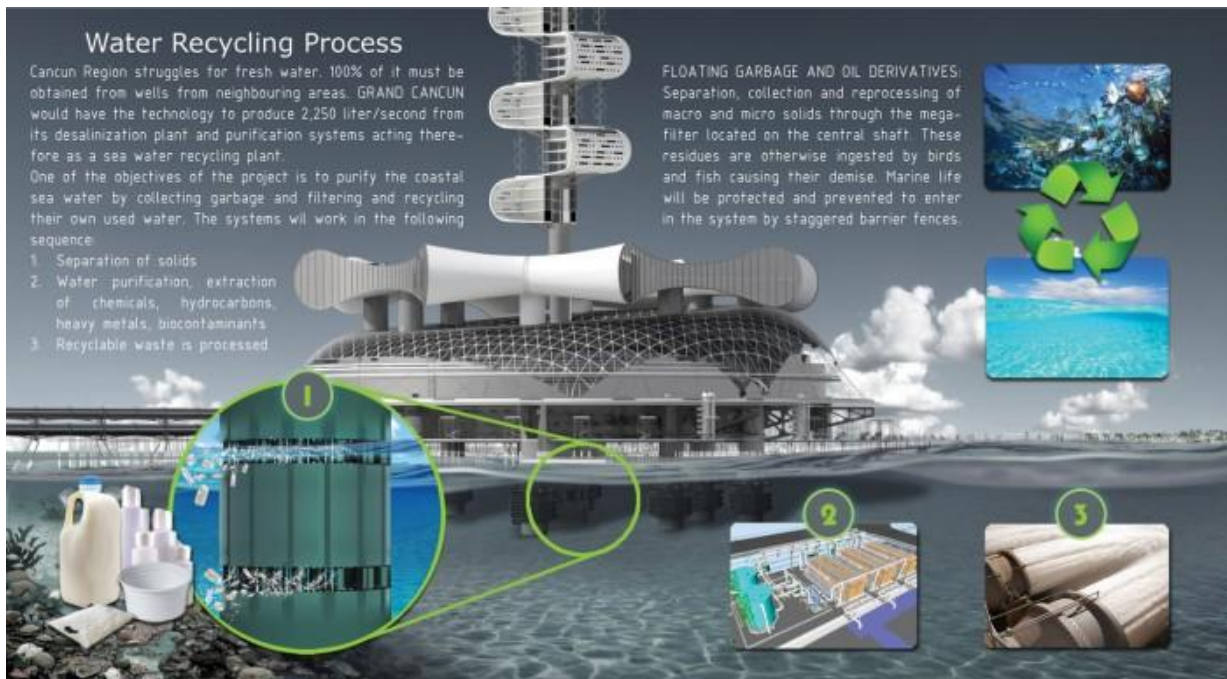
Εικόνα 4.5 Τα δέκα σημεία της επιτυχημένης δομής του Grand Cancun (Πηγή:<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).

Ο σταθμός Ηλεκτρισμού (υποβρύχια κατασκευή) θα παράγει ηλεκτρική ενέργεια αρχικά 32MW από ενσωματωμένες κάθετες ανεμογεννήτριες στον πύργο του κτηρίου εκμεταλλευομένη την διεύθυνση του ανέμου που θα δημιουργείται από δομή της ίδιας της κατασκευής. Επιπροσθέτως 47MW θα προέρχονται από τους 480 παλιρροιακούς υδροστροβίλους. Μέρος της επιφάνειας του κτηρίου θα καλύπτεται από ηλιακούς συλλέκτες και ειδική φύτευση για την δημιουργία κατάλληλου μικροκλίματος, ενώ στο υποθαλάσσιο έδαφος θα τοποθετηθούν γεωθερμικές αντλίες θερμότητας οι οποίες θα παρέχουν ZNX (Εικόνα 4.5 & 4.6). Με αυτόν τον τρόπο το κτήριο καθίσταται αιεφόρο και αυτόρκες ενεργειακά ενώ η επιπλέον ποσότητα ενέργειας θα διοχετεύετε στη πόλη του Κανκούν (<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).



Εικόνα 4.6 Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο κτήριο του Grand Cancun (Πηγή:<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).

Η μελέτη δίνει έμφαση στον οικολογικό χαρακτήρα της κατασκευής επιτυγχάνοντας χαμηλές επιπτώσεις σε χλωρίδα και πανίδα του υποθαλάσσιου και υπέργειου χώρου (Εικόνες 4.7 & 4.8).



Εικόνα 4.7 Η διαδικασία ανακύκλωσης των υδάτων και των υποθαλάσσιων στερεών αποβλήτων (Πηγή:<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).



Εικόνα 4.8 Φυτεύσεις για τη δημιουργία μικροκλίματος (Πηγή:<http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/>).

## Κεφάλαιο Πέμπτο

### Αποτελέσματα

Η μελλοντική εικόνα του ενεργειακού συστήματος όπως προκύπτει από τον Οδικό Χάρτη Πορείας της Ελλάδας στο Τομέα της Ενέργειας με ορίζοντα το 2050 έχει συνοψισθεί (για τον κτηριακό τομέα) στα παρακάτω σημεία (ΥΠΕΚΑ, 2012):

1. Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005
2. Ποσοστό 85%-100% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών
3. Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050
4. Σταθεροποίηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
5. Σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.
6. Σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών
7. Σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτηριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτηριακό τομέα
8. Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων.

Τα αποτελέσματα στον κτηριακό τομέα που επιτυγχάνονται μέσω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής, της χρήσης των ΑΠΕ και της συνέργειας αυτών ικανοποιούν όλες τις συνιστώσες της αειφορίας (Οικονομική, Περιβαλλοντική και Κοινωνική) καλύπτοντας τις απαιτήσεις του οδικού χάρτη ενεργειακής ανάπτυξης της χώρας.

#### 5.1 Αποτελέσματα στην Οικονομία

Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έχει άμεσο αποτέλεσμα στην εξοικονόμηση χρηματικών πόρων μετά τον χρόνο απόσβεσης. Στον Πίνακα 5.1 δίνονται οι πρακτικές εκείνες με τις οποίες επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και το ποσοστό αυτής σύμφωνα μελέτες του ΥΠΕΚΑ και του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ, 2011; ΚΑΠΕ, 2012). Από τον πίνακα προκύπτει ότι η συνέργεια των πρακτικών συμπληρώνει σε ποσοστά τις απαιτήσεις ενός κτηρίου.

**Πίνακας 5.1 Πρακτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας-Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ και το ποσοστό αυτής (Πηγή: ΤΕΕ, 2011; ΚΑΠΕ, 2012).**

ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ Εξοικονόμησης Ενέργειας-Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ	Ποσοστό Εξοικονόμησης Ενέργειας	Τομείς Εξοικονόμησης
Μονώσεις	10-40%	Σε Θέρμανση και Ψύξη
Αντικατάσταση Κουφωμάτων	10-20%	Σε Θέρμανση και Ψύξη
Συστήματα Άμεσου Κέρδους	10-15%	Σε Θέρμανση
Συστήματα Έμμεσου Κέρδους	10-15%	Σε Θέρμανση
Συστήματα Απομονωμένου Κέρδους	10-15%	Σε Θέρμανση
Χρήση Ψυχρών Υλικών	10-20%	Σε Ψύξη
Ηλιοπροστασία-Σκιασμός	20-30%	Σε Ψύξη
Φύτευση Δομάτων	20%	Σε Ψύξη
Φυσικός Αερισμός (Νυκτερινός)	10-15%	Σε Ψύξη
Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Κελύφους	30%	Σε Ηλεκτρισμό από Φωτισμό
Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Ανοιγμάτων	30%	Σε Ηλεκτρισμό από Φωτισμό
Φωτοτεχνικές Διατάξεις	30%	Σε Ηλεκτρισμό από Φωτισμό
Φύτευση Περιβάλλοντα Χώρου	10-20%	Σε Ψύξη
Θερμικά ηλιακά συστήματα	50-80%	Σε ΖΝΧ
Φωτοβολταϊκά συστήματα	Έως και 100%	Σε Ηλεκτρισμό
Ενσωματωμένη Α/Γ στο κτήριο	Έως και 100%	Σε Ηλεκτρισμό
Γεωθερμικοί Εναλλάκτες	25-75%	Σε Θέρμανση και Ψύξη
Ενεργειακές Εστίες	50%	Σε Θέρμανση
Σ.Η.Θ	Έως και 100%	Σε Ηλεκτρισμό και Θέρμανση
Σύστημα BEMS	20-30%	Ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
Αναβάθμιση Η/Μ θέρμανσης	10-15%	Σε Θέρμανση
Αναβάθμιση Η/Μ Κλιματισμού	20-40%	Σε ψύξη
Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές-κινητήρες	35-60%	Σε Ηλεκτρισμό
Μηχανικός Αερισμός	10-15%	Σε ψύξη
Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής	20-30%	Σε ψύξη
Ανθρώπινη συμπεριφορά καταναλωτή	10-20%	Ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

Ενεργειακή ανεξάρτηση της χώρας από την εισαγωγή ορυκτών πόρων με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση συναλλάγματος και την ανεξάρτηση της οικονομίας από την τιμή τους.

## 5.1 Αποτελέσματα στο Περιβάλλον

Κύριο αποτέλεσμα της εφαρμογής της εξοικονόμησης ενέργειας στο περιβάλλον είναι η μείωση των ποσοτήτων έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου (Marszal A.J., 2011; C.A. Balaras et al, 2007; A.G. Gaglia et al, 2007; Λάλας Δ. et al., 2002 ). Στον Πίνακα 5.2, παρουσιάζονται οι εκτιμώμενες συνολικές μειώσεις εκπομπών CO<sub>2</sub> από την εφαρμογή των ΜΕΕ στα ελληνικά κτήρια το 2010, με βάση τον εκτιμώμενο, από τα στατιστικά στοιχεία, αριθμό κτηρίων σε κάθε κλιματική ζώνη (ΤΕΕ-ΔΕ1, 2011).

Πίνακας 5.2 Μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> σε (kt) για τα ΜΕΕ στα ελληνικά κτήρια το 2010 (Πηγή: ΤΕΕ-Δ1, 2011).

Μέτρα εξοικονόμησης Ενέργειας (ΜΕΕ)	Μείωση ρύπων CO <sub>2</sub> σε (kt) από τα κτήρια				
	Γραφεία/ Καταστήματα	Ξενοδοχεία	Σχολικά κτήρια	Νοσοκομεία	Κατοικίες
1.Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων	54.1	48.7	54.0	52.8	3573.6
2. Θερμομόνωση οροφής	10.9	12.0	9.5	10.5	549.6
3. Διπλά υαλοστάσια	46.9	21.1	21.6	26.6	1539.2
4. Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	137.5	59.5	23.4	34.8	951.4
5.Αντικατάσταση των παλιών κεντρικών θερμάνσεων με νέες πετρελαίου	49.2	23.1	23.5	29.6	438.6
6.Αντικατάσταση των παλιών κεντρικών θερμάνσεων με νέες φυσικού αερίου	16.4	5.4	--	18.7	144.0
7. Θερμοστάτες Αντιστάθμισης	26.0	5.7	9.0	7.5	156.8
8. Θερμοστάτες Χώρων	18.4	2.6	6.3	5.3	146.9
9. Εξωτερική σκίαση	49.6	21.1	21.6	26.6	78.2
10. Ανεμιστήρες οροφής	488.5	292.9	28.3	38.8	93.0
11: Νυχτερινός αερισμός	53.9	--	--	--	--
12: Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ	15.3	133.4	1.5	45.9	2709.7
13:Λαμπτήρες υψηλής ενεργειακής απόδοσης	713.1	369.0	148.2	106.2	817.3
14:ΒΕΜS – Σύστημα Διαχείρισης Κτηρίων	815.1	423.5	--	59.7	--
15: Αεροστεγάνωση Ανοιγμάτων	--	--	--	--	1712.2
16:Εγκατάσταση νέων κλιματιστικών	--	--	--	--	240.9

Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.10 και το Διάγραμμα 2.18, τα κτήρια στην Ελλάδα για το έτος 2005 απελευθέρωσαν 137,32 Mton CO<sub>2</sub> τα οποία με διείσδυση των ΑΠΕ το 2020 της τάξης του 20% αντιστοιχεί σε αναλογική μείωση 27,5 Mton CO<sub>2</sub>.

## 5.1 Αποτελέσματα στην Κοινωνία

- 1) Εξοικονόμηση οικονομικών πόρων και διοχέτευσή τους σε άλλους τομείς.
- 2) Μείωση της ανεργίας με τη διεύρυνση του τομέα των ΑΠΕ και την απορρόφηση προσωπικού για τις εγκαταστάσεις και την συντήρηση αυτών.
- 3) Βελτίωση της ποιότητας ζωής με την μείωση των αέριων ρύπων.

### Συμπεράσματα

#### 6.1 Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η αυξανόμενη ζήτηση της ενέργειας, παράλληλα με την εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, την αύξηση των τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη δημιουργούν την ανάγκη λήψης μέτρων μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, μείωση των ρύπων του φαινομένου του θερμοκηπίου και ανάπτυξη της παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές.

Ο κτηριακός τομέας (κατοικίες και κτήρια τριτογενή τομέα) συμμετέχοντας σε ποσοστό 40% στην κατανάλωση ενέργειας, αποτελεί πεδίο εφαρμογής εξοικονόμησης σημαντικών ποσών ενέργειας συμμετέχοντας ενεργά στην αειφόρο ανάπτυξη της χώρας.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η συγκέντρωση και προβολή τεχνογνωσίας σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια, η παρουσίαση εφαρμογών διαφόρων τεχνικών τόσο στην Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική όσο και στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που καλύπτουν ενεργειακά τα κτήρια.

Η ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων με στόχο την απεξάρτησή τους από τις συμβατικές πηγές ενέργειας είναι εφικτή με την χρήση Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας, Πρακτικών Βιοκλιματισμού και ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα κτήρια. Ακόμα και η εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 20% με μεμονωμένα μέτρα εξοικονόμησης, χαμηλού κόστους (κλείσιμο της αναμονής συσκευών, αντικατάσταση λαμπτήρων οικονομίας, χρήση ψυχρών υλικών κλπ), επιφέρει ανάλογα αποτελέσματα στη μείωση των ρύπων και την εξοικονόμηση των ορυκτών πόρων. Δεν είναι όμως αρκετά για την επίτευξη της Ευρωπαϊκής οδηγίας που χαράσσει πορεία για την μετατροπή των υφιστάμενων κτηρίων και την κατασκευή των νέων σε Μηδενικής (ή Σχεδόν Μηδενικής) Κατανάλωσης Ενέργειας κτήρια (ZEB) και κατά συνέπεια σε ανεξάρτητα ενεργειακά κτήρια στο τέλος του 2020.

Για την επίτευξη της απεξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας απαιτείται η συνέργεια Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ έτσι ώστε να επιτευχθούν αθροιστικά κτήρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης έως και πλεονάζοντα (βλ. Grand Cancun). Ο οικονομικός παράγοντας με το υψηλό κόστος, εγκατάστασης των ΑΠΕ, αποθήκευσης και διανομής της ενέργειας και οι διαφορές του δυναμικού των ΑΠΕ από περιοχή σε περιοχή, λειτουργούν ανασταλτικά στην εφαρμογή όλων των

πρόσφορων τεχνολογιών. Η μέθοδος της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού μέτρων Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ αποτελεί χρήσιμη εφαρμογή για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Επιπροσθέτως η κρατική οικονομική ενίσχυση της συνέργειας Βιοκλιματισμού και ΑΠΕ θα κάλυπτε σε μεγάλο βαθμό το αρχικό κόστος επένδυσης και θα επέφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας και ορυκτού πλούτου όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος.

## 6.2 Προτάσεις

Για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων μέχρι την απεξάρτησή τους από τις συμβατικές πηγές ενέργειας καταλυτικό παράγοντα επιτελεί η πολιτεία μέσα από θεσμούς, φορείς εφαρμόζοντας πολιτικές που υιοθετούν την αειφόρο ανάπτυξη. Μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση είναι:

A) Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του καταναλωτή για την:

- Ορθολογική Χρήση των Η/Μ εγκαταστάσεων και Ηλεκτρικών συσκευών,
- Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας , Βιοκαυσίμων και Φυσικού Αερίου,
- Χρήση μεθόδων και εφαρμογών της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής,
- Αποτελεσματικότητα της εξοικονόμησης ενέργειας και ανταποδοτικότητα στην προστασία του περιβάλλοντος,
- Βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών με την αλλαγή κάποιων συνηθειών.
- Δωρεάν παροχή συμβουλών σε πολίτες και ΟΤΑ.

B) Μέτρα οικονομικής ενίσχυσης είναι απαραίτητα για την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης μέσω:

- Ειδικών Δανείων Ενεργειακής Απόδοσης για την πραγματοποίηση συνολικών επεμβάσεων ενεργειακής απόδοσης σε υφιστάμενα κτήρια του ιδιωτικού τομέα,
- Φοροαπαλλαγών, ή δανειοδοτήσεων με χαμηλότερα επιτόκια, επιδοτήσεων, κ.α. για την αγορά και εγκατάσταση υλικών και συστημάτων που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abu-Hamdeh N. H., 2001 «Measurement of the Thermal Conductivity of Sandy Loam and Clay Loam Soils using Single and Dual Probes», J. Agric. Eng Res. 80, 2, 209 – 216.

Aelenei Laura, Helder Gonçalves and Carlos Rodrigues, 2012 «The Road Towards “Zero Energy” in Buildings: Lessons Learned from SOLARXXI Building in Portugal» [pdf] Available at: <http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2012/case1---solar-xxi.pdf> (Accessed 18 Φεβρουαρίου 2014) .

Angelica Marino, Paolo Bertoldi, Silvia Rezessy, 2010. «Energy Service Companies Market in Europe - Status Report 2010». Institute for Energy. JRC 59863 - Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Attia, S., Gratia, E., De Herde, A., & Hensen, J. L. M. 2012. «Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design», Energy and Buildings, vol. 49, pp. 2-15.

Axarli K., Demetriou M., 2005 «The impact of shading on the thermal performance of a passive solar heating system: Experimental evaluation and Simulation analysis», Int conference proceedings - PLEA 2005 “Environmental Sustainability: The Challenge of Awareness in Developing Societies”, Beirut, Lebanon, 13-16 November, 2005, pp 57-63.

Balaras C. A, Grossman G., Henning H. M., C.A.I. Ferreira, E. Podesser, L. Wang, E. Wiemken, 2007. «Solar Air Conditioning in Europe – An Overview, Renewable & Sustainable Energy Reviews», Vol. 11, No 2, p. 299-314.

Balaras C. A, Henning H. M, G. Grossman, E. Podesser, C.A, 2006. «Infante Ferreira, Solar Cooling: An Overview of European Applications & Design Guidelines», ASHRAE J., Vol. 48, No 6, p. 14-22, (2006).

Balaras C.A., A.G. Gaglia, E. Georgopoulou, S. Mirasgedis, Y. Sarafidis, D.P. Lalas, 2007. «European Residential Buildings and Empirical Assessment of the Hellenic Residential Building Stock, Energy Consumption Emissions and Potential Energy Savings», Building & Environment, 42/3, 1298-1314.

Balcomb D, 1992. «Passive Solar Energy Handbook. Vol I and II» DOE, Massachusetts Institute of Technology.

Bonoli, A., Conte, A., Maglionico, M. and Stojkov, I., 2013. Green roofs for sustainable water management in urban areas. Environmental Engineering and Management Journal, 12(S11), pp. 153-156.

Brown R., & Gillespie T., 1995. «Microclimatic Landscape Design». John Wiley and Sons.

Bruno Lapillonne, Karine Pollier , 2014. Energy efficiency trends in buildings in the EU. Presentation at the Second Meeting of the Project «Monitoring of energy efficiency in the EU» (ODYSSEE-MURE), 30-31 January 2014, London.

Build up skills – Greece, 2013. «Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης σε Εθνικό επίπεδο». [Pdf] Available at: [http://www.buildupskills.eu/sites/default/files/BUILD%20UP%20Skills\\_Greece\\_Status%20quo%20\(EL\)\\_0.pdf](http://www.buildupskills.eu/sites/default/files/BUILD%20UP%20Skills_Greece_Status%20quo%20(EL)_0.pdf). (Accessed 01-03-2014).

Colombo R., Landabaso A. & Sevilla A., 1995. «Εγχειρίδιο Σχεδιασμού, Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου», Ευρωπαϊκή Επιτροπή Βρυξέλλες.

Djuric, N. and Novakovic, V., 2012. Identifying important variables of energy use in low energy office building by using multivariate analysis. *Energy and Buildings*, 45, pp. 91-98.

Eea-grants, Norway grants, 201? «Zero emissions conference centre in Hungary» [online] Available at: <http://eeagrants.org/Results/Project-stories/Zero-emissions-centre> (Accessed 21 Μαρτίου 2014).

European Commission, 2006 «Μόρφωση για την ενέργεια – Εκπαίδευση των αυριανών καταναλωτών ενέργειας», Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006. ISBN 92-79-00771-8 [pdf] Available at: <http://www.managenergy.net/download/education2005/05-0001-EL.pdf> (Accessed 22 Ιουλίου 2014).

Eurostat - NewsRelease, 2014. Energy-2012 data. «Energy consumption down by 8% between 2006 and 2012 in the EU28». Ευρωπαϊκή Επιτροπή Βρυξέλλες.

Eurostat, 2013. «Energy, transport and environment indicators – Pocketsbook».

Ferrante, A. and Cascella, M.T., 2011. Zero energy balance and zero on-site CO<sub>2</sub> emission housing development in the Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 43(8), pp. 2002-2010.

Gaglia A.G., C.A. Balaras, S. Mirasgedis, E. Georgopoulou, Y. Sarafidis, D.P. Lalas, 2007. «Empirical Assessment of the Hellenic Non-Residential Building Stock, Energy Consumption, Emissions and Potential Energy Savings». *Energy Conversion & Management*, 48/4, 1160-1175.

Galgaro, A., Emmi, G., Zarrella, A. and De Carli, M., 2014. Possible applications of ground coupled heat pumps in high geothermal gradient zones. *Energy and Buildings*, 79, pp. 12-22.

Galvin, R., 2014. Are passive houses economically viable? A reality-based, subjectivist approach to cost-benefit analyses. *Energy and Buildings*, 80, pp. 149-157.

Givoni B., 1994. «Passive and low energy cooling of buildings», Van Nostrand Reinhold, New York.

Givoni B., 1998. «Climate considerations in building and urban design», Van Nostrand Reinhold.

Gruenspecht H., 2010. International energy outlook 2011. «Center for Strategic and International Studies».

Guastalla V., Rich S., 2008. «Ecological Houses», TeNeues ISBN:978-3-8327-9227-5. Italy

GWart, 201? Global Warming Art. [Online] Available at: [http://www.globalwarmingart.com/wiki/Predictions\\_of\\_Future\\_Change\\_Gallery](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Predictions_of_Future_Change_Gallery) (Accessed 12 Ιανουαρίου 2014).

Henning H. M, 2004 (editor), «Solar Assisted Air-Conditioning in Buildings – A Handbook for Planners», Springer-Verlag, pp. 150, Vienna.

Herzog, T., with contribution by Kaiser, N., and Volz, M., 1996. «Solar Energy in

Architecture and Urban Planning», Prestel Verlag, Munich and New York, σελ. 105.

Hui, S. C. M., 2001. Low energy building design in high density urban cities. *Renewable Energy*, 24(3-4), 627-640. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

Iam-architect.com, 2014 Online Magazine. «The Grand Cancun Project». Available at: <http://www.iam-architect.com/grand-cancun-in-mexico/> (Accessed 27 Ιουνίου 2014).

IPCC Fourth Assessment Report (AR4), 2007. «Εκθεση για την κλιματική αλλαγή» [online] Available at: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_synthesis\\_report.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm) (Accessed 15 Φεβρουαρίου 2014).

Jones R, McFarland R, 1983. «Passive Solar Design Handbook III», DOE.

Jones, D. L., 1996. «Architecture and the Environment», Laurence King Publishing, σελ.179.

Kaldellis J.K., Zafirakis D., 2011, «The Wind Energy (R)Evolution: A Short Review of a Long History» *Renewable Energy*, vol. 36/7, pp. 1887-1901.

Kaygusuz, A., Keles, C., Alagoz, B.B. and Karabiber, A., 2013. Renewable energy integration for smart sites. *Energy and Buildings*, 64, pp. 456-462.

Kazanci, O.B., Skrupskelis, M., Sevela, P., Pavlov, G.K. and Olesen, B.W., 2014. Sustainable heating, cooling and ventilation of a plus-energy house via photovoltaic/thermal panels. *Energy and Buildings*.

Kerschberger, A., & Binder, M., 2006 «Transparent Wärmedämmung im Vergleich.» RKStuttgart, Fachartikel TWD,

Lechner Norbert, 1991. «Heating, Cooling, Lighting : Design Methods for Architects by Norbert Lechner» (1991, Hardcover) | ISBN-10: 0471628875 | ISBN-13: 9780471628873

Legrand, D. G., & Bendler, J. T., 2000. (Eds), «Handbook of Polycarbonate Science and Technology» Markel Dekker Inc, New York.

Liveira Panão, M.J.N., Rebelo, M.P. and Camelo, S.M.L., 2013. How low should be the energy required by a nearly Zero-Energy Building? the load/generation energy balance of Mediterranean housing. *Energy and Buildings*, 61, pp. 161-171.

Marszal A. J., Heiselberg P., 2009 «A literature review of Zero Energy Building (ZEB) definitions». DCE Technical Report No.78, Aalborg University, ISSN 1901-726X

Marszal, A.J., Heiselberg, P., Bourrelle, J.S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I. and Napolitano, A., 2011. Zero Energy Building - A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and Buildings*, 43(4), pp. 971-979.

Mazria Ed., 1979. «The Passive Solar Energy Book», Rodale Press, Emmaus, Pa. σελ. 268.

McKeen, L. W., 2008. «The Effect of Temperature and Other Factors on Plastics and Elastomers.» William Andrew, New York.

Mihalakakou, G., Santamouris, M. and Asimakopoulos, D., 1992. Modelling the earth temperature using multiyear measurements. *Energy and Buildings*, 19(1), pp. 1-9.

Missaoui, R., Joumaa, H., Ploix, S. and Bacha, S., 2014. Managing energy Smart Homes

according to energy prices: Analysis of a Building Energy Management System. *Energy and Buildings*, 71, pp. 155-167.

Moran, F., Blight, T., Natarajan, S. and Shea, A., 2014. The use of Passive House Planning Package to reduce energy use and CO<sub>2</sub> emissions in historic dwellings. *Energy and Buildings*, 75, pp. 216-227.

Musall Eike, Tobias Weiss, Karsten Voss, Aurélie Lenoir, Michael Donn, Shaan Cory, François Garde, 2010. «Net Zero Energy Solar Buildings: An Overview and Analysis on Worldwide Building Projects», EuroSun Conference Graz World Wide Overview paper\_100722.

Niles Ph, Haggard K, 1980. "Passive Solar Handbook" California Energy Commission.

Norton, B., & Probert, S. D., 1984. «Solar-Energy Stimulated, Open-Looped Thermosyphonic Air Heaters.» *Applied Energy*, Vol. 17, pp 217-234, 1984

Notton G., Muselli M., Poggi P., Louche A., 2001, "Decentralized Wind Energy Systems Providing Small Electrical Loads in Remote Areas", *International Journal of Energy Research*, vol. 25, pp. 141–164.

Odyssee Mure - IEE Project. «Energy Efficiency Indicators in Europe». [Online] Available at: [www.odyssee-indicators.org](http://www.odyssee-indicators.org) (Accessed 15 Φεβρουαρίου 2014).

P.Torcellini, S. Pless, M.Deru «Zero Energy Building- A critical look at the definition» Conference Paper NREL/CP-550-39833 June 2006 California.

Parker, D.S., Dunlop, J.P., Barkaszi, S.F., Sherwin, J.R., Anello, M.T. and Sonne, J.K., 2000. Towards zero energy demand: Evaluation of super efficient building technology with photovoltaic power for new residential housing. *Proceedings ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 1, pp. 1207-1223.

Philibert C., 2006. «Barriers to technology diffusion: the case of solar thermal technologies», 29 p., Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and Environment Directorate, International Energy Agency.

Platzer, W. J., & Goetzberger, A., 1996. «Recent Advances in Transparent Insulation Technology», EURO SUN, pp 5-10.

Regional Environmental Center, 2012 «REC Conference Center, Ουγγαρία» [online] Available at: <http://www.rec.org> (Accessed 06 Αυγούστου 2014).

Rodriguez-Ubinas, E., Montero, C., Porteros, M., Vega, S., Navarro, I., Castillo-Cagigal, M., Matallanas, E. and Gutiérrez, A., 2014. Passive design strategies and performance of Net Energy Plus Houses. *Energy and Buildings*,

Rodriguez-Ubinas, E., Rodriguez, S., Voss, K. and Todorovic, M.S., 2014. Energy efficiency evaluation of zero energy houses. *Energy and Buildings*, .

RAE, 2012 National Report to the European Commission (Covering the period 01.01.2011 – 31.12.2011). Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2012.

SEI 2003. Brochure for «Wood Fuels for Residential Buildings». Sustainable Energy Ireland, Renewable Energy Information Office. Available at: [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info) (Accessed 01 Μαΐου

2014).

Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press. (ISBN-13: 978-0-521-70080-1)

Vrachopoulos M. Gr., Kravvaritis Kl., Savvanis Pan., Stylianou St., Kotsiovelos G, Kravvaritis El. and Adamidis Ad., 2004 «Geothermal energy applications in agriculture», *Geaia* 2004, 1-2 March 2004, Athens, Greece.

Walker, S.L., 2011. Building mounted wind turbines and their suitability for the urban scale-A review of methods of estimating urban wind resource. *Energy and Buildings*, 43(8), pp. 1852-1862.

Weiss W., F. Mauthner, 2009. «Solar Heat Worldwide, Markets and Contributions to the Energy Supply 2009», pp. 58. Gleisdorf: AEE - Institute for Sustainable Technologies and International Energy Agency, Solar Heating & Cooling Programme.

Wikipedia, 2014. «Η Γεωμορφολογία της Ελλάδας» [Online] Available at: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1> (Accessed 01 Μαΐου 2014).

Yannas S., 199?, «Solar energy and housing design, Volume 1 & 2». DTi

Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ε., 1985 «Βιοκλιματική Προσέγγιση της Υπόσκαφης Κατοικίας. Η εμπειρία της Σαντορίνης», Διδακτορική Διατριβή, Επιστημονική Επετηρίδα Πολυτεχνικής Σχολής, Α.Π.Θ., Αρ. 13, Τόμος Ι, Θεσσαλονίκη. σ. 63.

Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., 2006. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Ανέλιξη Μ.Κ.Ο, 201? «Έρευνα, προώθηση και διάδοση εφαρμογών Α.Π.Ε. και οικολογικής αρχιτεκτονικής» [Online] Available at: <http://www.anelixi.org> (Accessed 02 Απριλίου 2014)

Αξαρχλή Κ., Αραβαντινός Δ., 2002 «Μετρήσεις και αξιολογήσεις εσωκλιματικών συνθηκών και έλεγχος σχηματισμού δρόσου σε πειραματικούς χώρους εξοπλισμένους με ηλιακά παθητικά συστήματα», πρακτικά 7ου Εθνικού Συνεδρίου ΙΗΤ για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, ΙΗΤ, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, τόμος Α', ISSN 1108-3603, σελ. 241-251.

Ασσαριωτάκης Ζ., Ζωγραφάκης Ν., Κουτρούλης Χ., Κτενιαδάκης Μ., 2000. *Ενεργειακές Κατασκευές σε Δημόσια Έργα*, TEE/TAK.

Βραχόπουλος Μ. Γρ., Ι. Παπαγεωργάκης, 1998, «Εκμεταλλεύσιμη Ηλιογενής και Γηγενής Θερμότητα στο Αβαθές Υπέδαφος της Αττικής», *Τεχνικά χρονικά TEE*, τεύχος 1, (1998), pp. 1-18.

Ε.Ι.Π.Α.Κ, 201? *Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτηρίου*. [Online] Available at: <http://www.eipak.org/pathitiko-ktirio-passive-house> (Accessed 10 Ιουλίου 2014).

ΕΛΣΤΑΤ, 2001. «Απογραφή του 2001 Κτηρίων και Οικοδομών». Available at: [http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p\\_param=A1302](http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p_param=A1302) (Accessed 01 Μαρτίου 2014).

ΕΛΣΤΑΤ, 2013. «Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012»

Έργον-Ενέργεια, 201?. «Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού». [online] Available at:

<http://www.ergon-energia.gr/DEBB58ED.el.aspx> (Accessed 20 Αυγούστου 2014).

Κοσμόπουλος Π., 2008. «Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον». University studio press, ISBN: 978-960-12-1713-0. Θεσσαλονίκη.

Λάζαρη Ε., 2002. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής». Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Λάζαρη Ε., Τζανακάκη Ε., 2002. «Βιοκλιματικό Σχεδιασμός Κτιρίων και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα». Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Λάλας Δ., Κ.Α. Μπαλαράς, Α. Γαγλία, Ε. Γεωργοπούλου, Σ. Μοιρασγεντής, Ι. Σαραφίδης, Σ. Ψωμάς, 2002 «Διερεύνηση Υποστηρικτικών Πολιτικών για την προώθηση των μέτρων πολιτικής του ΥΠΕΧΩΔΕ Σχετικά με Μείωση των Εκπομπών CO<sub>2</sub> στον Οικιακό – Τριτογενή Τομέα», 650 σ., Τελική Τεχνική Έκθεση, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) - Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα, Νοέμβριος 2002

Μπαλαράς Κ.Α , Αργυρίου Α.Α, Καραγιάννης Φ., 2006. «Συμβατικές & Ήπιες Μορφές Ενέργειας», Εκδόσεις Σέλκα-4Μ Τεκδοτική, 479 σ.

Μπαλαράς Κ. Α, Κοντογιαννίδης Σ., 2005. Ανασκόπηση Εγκαταστάσεων & Εφαρμογών Ηλιακού Κλιματισμού, 3ο Εθνικό Συνέδριο RENES 2005, Αθήνα, 23-25 Φεβρουαρίου 2005.

Παπαθανασίου Φ., Σαρακενίδης Λ., 2011. «Διερεύνηση δυνατοτήτων εφαρμογής της αναθεωρημένης οδηγίας ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων σε πανεπιστημιακό κτίριο του Α.Π.Θ», Διπλωματική Εργασία.

Περδίοις Δ. Σταμάτης, 2007. «Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές», Τεκδοτική Αθήνα.

Τράπεζα της Ελλάδος, 2011. Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ), «Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα».

Τσίγκας Π. Ερωτόκριτος, 1994. «Ενεργειακός σχεδιασμός, Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες». Μαλλιάρης Α. – Παιδεία Α.Ε, Θεσσαλονίκη

Τσίππρας Κ., Τσίππρας Θ., 2005. «Οικολογική Αρχιτεκτονική». Εκδόσεις Κέδρος Α.Ε

ΥΠΕΚΑ, 2012. «Οδικός Χάρτης Πορείας της Ελλάδας στο Τομέα της Ενέργειας με ορίζοντα το 2050»

Χατζηθανασίου Α, Λύτρας Κ., 2000. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Χατζηδημητρίου, Α., Αξαρλή, Κ., Γιάννας, Σ., 2008 «Επίδραση των υλικών επίστρωσης των αστικών υπαίθριων χώρων στη διαμόρφωση του μικροκλίματος», Πρακτικά του 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου του ΤΕΕ «Δομικά Υλικά και Στοιχεία», σελ. 877-889, Αθήνα, 21- 23 Μαΐου 2008

Χατζόπουλος Γιώργος, 1996. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης, Εκδοτικός Οίκος Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.

## Νομοθεσία – Οδηγίες Ε.Ε – Τεχνικές Οδηγίες

ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002, «Συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού χώρου».

ΕΛΟΤ EN 15251:2007 «Παράμετροι εσωτερικών περιβαλλοντικών εισροών για το σχεδιασμό και την αποτίμηση των ενεργειακών επιδόσεων κτιρίων σχετικά με την εσωτερική ποιότητα του αέρα, το θερμικό περιβάλλον, το φωτισμό και την ακουστική».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/ΕΚ «Απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα στραγγαλιστικά πηνία που προορίζονται για τους λαμπτήρες φθορισμού».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΚ «Ενεργειακή απόδοση του κτιριακού τομέα».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/8/ΕΚ «Προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/1005/ΕΚ «Συμφωνία μεταξύ ΗΠΑ και ΕΕ για την προσθήκες ετικετών στον εξοπλισμό γραφείου».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/32/ΕΚ «Ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/125/ΕΚ «θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα».

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/30/ΕΕ «Ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών με την επισήμανση και την παροχή ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με τα προϊόντα»

Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/ΕΕ «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων-Αναθεώρηση».

ΚΑΠΕ, 2003. Οδηγός Επενδυτών «Θέρμανση κτηρίων και Κατοικιών με Εφαρμογές Βιομάζας». Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Ευρωπαϊκό πρόγραμμα "Promoting Biomass Heating in Large Buildings and Blocks - BIOHEAT"

ΚΑΠΕ, 2008 «Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας. Available at: [http://www.cres.gr/kape/pdf/download/03\\_esinbuildings\\_gr.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/03_esinbuildings_gr.pdf) (Accessed 12 Μαρτίου 2014).

ΚΑΠΕ, 201?. «Ενεργειακή σήμανση συσκευών». [online] Available at: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_simansi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_simansi.htm) (Accessed 22 Μαΐου 2014)

ΚΑΠΕ, 2012 «Οδηγός επιλέξιμων δράσεων/ενεργειών και υποβαλλόμενων στοιχείων ανά άξονα προτεραιοτήτων του προγράμματος 'Εξοικονομώ'».

ΚΕΝΑΚ, 2010. ΦΕΚ 407/9.4.2010, «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων».

Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 20701-1/2010, (Β' έκδοση, Απρ 2012) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων».

Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 20701-2/2010, (Α' έκδοση, Ιούλιος 2010) «Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών».

Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 20701-3/2010, (Β' έκδοση, Απρ 2012) «Κλιματικά δεδομένα».

Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 20701-4/2010, (Β' έκδοση, Απρ 2012). «Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων».

Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 20701-5/2012, (Α' έκδοση, Απρ 2012) «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας & Ψύξης».

Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 20702-5/2010, (Α' έκδοση, Ιανουάριος 2011). «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων».

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας - ΔΕ3, 2011. Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών. «Κλίμα και εσωτερικό περιβάλλον. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων». Α Έκδοση, Ιούνιος 2011

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας - ΔΕ4, 2011. Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών. «Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας». Α Έκδοση, Ιούνιος 2011

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας – ΔΕ1, 2011. Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών. «Εισαγωγή στον Τομέα της Ενέργειας». Α Έκδοση, Ιούνιος 2011

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011. Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών. «Θεσμικό πλαίσιο-Μεθολογία ενεργειακής απόδοσης κτηρίων», Α Έκδοση, Ιούνιος 2011

ΥΠΕΧΩΔΕ, 2010. «Προσωρινές Εθνικές Προδιαγραφές – ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00 Εφαρμογές ψυχρών υλικών (cool materials)», Έκδοση 3, Αθήνα, 2010

Φ.Ε.Κ. 89, Νόμος 3661/19-05-2008. «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις»

Φ.Ε.Κ. Β' 407 / 9-4-2010, απόφαση Δ6/Β/οικ.5825 «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων»