



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
(ΠΜΣ-Ο.ΔΙ.Μ.)**

**ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
"Βιοκλιματικός σχεδιασμός κατοικιών. Εξοικονόμηση ενέργειας και
άλλα οφέλη"**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΝΤΖΙΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΓΚΟΛΦΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ**

ΧΙΟΣ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021

«Είμαι συγγραφέας αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων ή ιδεών, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία».

1 Πρόλογος

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αιγαίου, “Οικονομική και Διοίκηση για Μηχανικούς”, κατεύθυνση “Μηχανική της Διοίκησης”. Είναι αποτέλεσμα σκληρής δουλειάς και εκτεταμένης έρευνας του συγγραφέα πάνω στο γνωστικό αντικείμενο του θέματος. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κατοικιών είναι ένα θέμα τεράστιας σημασίας, που βρίσκεται στο προσκήνιο τις τελευταίες δεκαετίες. Η υπερβολική αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης, η απερίσκεπτη χρησιμοποίηση των ορυκτών καυσίμων και η εκτεταμένη ρύπανση του περιβάλλοντος είναι τα μεγάλα σύγχρονα προβλήματα της ανθρωπότητας που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Οι κύριοι υπαίτιοι αυτών είναι οι μεταφορές, οι βιομηχανίες, τα ηλεκτροπαραγωγικά εργοστάσια και τα κτήρια. Τα κτήρια είναι οι ανθρώπινες κατασκευές που καλύπτουν τις ανάγκες στέγασης, αναψυχής και απασχόλησης και καταναλώνουν σε παγκόσμια κλίμακα το 45% της ενέργειας που παράγεται. Από το σύνολο των κτιρίων, περίπου το 65% είναι ιδιωτικές κατοικίες. Στην Ελλάδα τα κτήρια καταναλώνουν το 40% της ενέργειας που παράγεται (και ταυτόχρονα ευθύνονται για το 40% εκπομπών CO₂), κυρίως για θέρμανση και ψύξη καθώς έχουν τεράστιες θερμικές απώλειες αφού ένα μικρό μόνο ποσοστό των ελληνικών κτισμάτων κατασκευάστηκε μετά το 1981, οπότε και είναι υποχρεωτικά θερμομονωμένα. Μάλιστα μόλις από το 2007 έγιναν υποχρεωτικές για όλες τις κτηριακές κατασκευές οι τεχνικές μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.

Με τη βιοκλιματική δόμηση ο στόχος είναι η σχεδίαση, η κατασκευή και η χρήση της κατοικίας να εναρμονίζεται με το κλίμα της περιοχής και με την εγκατάσταση ΑΠΕ, όσο είναι εφικτό, ώστε να συνδυάζεται η τήρηση των προδιαγραφών της οικοδομής χωρίς επιβάρυνση του περιβάλλοντος και διατηρώντας την ενεργειακή της ταυτότητα οικολογική. Η στροφή προς τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική με τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας, με τη χρήση ΑΠΕ και τη χρησιμοποίηση οικολογικών υλικών, με το σωστό προγραμματισμό μπορεί σταδιακά να μειώσει την ενεργειακή και περιβαλλοντική κρίση και να αναβαθμίσει το αστικό περιβάλλον. Παράλληλα να προσφέρει στους ενοίκους και χρήστες των κατοικιών συνθήκες άνετης και υγιούς διαβίωσης.

2 Ευχαριστίες – Αφιέρωση

Θα ήθελα εδώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους τους εξαιρετικούς καθηγητές μου και σε όλο το επιστημονικό προσωπικό που συμμετείχε στην επιτυχημένη ολοκλήρωση αυτού του ΠΜΣ. Ιδιαίτερα δε, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου Δρ. Γκολφινόπουλο Σπυρίδωνα για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με το πολύ ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών, τη βοήθεια που μου παρείχε με τις γνώσεις και την εμπειρία του, καθώς και την γενικότερη άψογη συνεργασία που είχαμε κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς επίσης τους συναδέλφους στη δουλειά μου για την κατανόηση και τη στήριξή τους σε όλη την περίοδο της φοίτησής μου.

Νιώθω τέλος την ανάγκη να αφιερώσω τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία μου στη μητέρα μου Σοφία που δεν πρόλαβε να τη δει ολοκληρωμένη.

Παναγιώτης Κάντζιας
Νοέμβριος 2021

3 Περιεχόμενα

1	Πρόλογος	3
2	Ευχαριστίες – Αφιέρωση	4
4	Περίληψη.....	8
5	Abstract.....	10
6	Εισαγωγή	11
7	Σκοπός της εργασίας	14
8	Ερευνητικά ερωτήματα	15
9	Ερευνητική μεθοδολογία	16
10	Ορισμοί.....	16
11	Ιστορική αναδρομή	16
12	Αναγκαιότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	18
13	Σκοπός και στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	19
14	Τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	19
15	Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	20
16	Νέος Οικοδομικός Κανονισμός και βιοκλιματικός σχεδιασμός	23
16.1	Οι στόχοι του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού	24
16.2	Οι βασικές καινοτομίες του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού	24
17	Οικονομικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού	27
17.1	Κατασκευαστικό κόστος βιοκλιματικής κατοικίας.....	27
17.2	Λειτουργικό κόστος βιοκλιματικής κατοικίας.....	28
18	Διαδικασία εκπόνησης βιοκλιματικής μελέτης.....	29
19	Βιοκλιματικός σχεδιασμός κατοικιών	31
19.1	Χωροθέτηση της κατοικίας – Προσανατολισμός	34
19.2	Μορφή – σχήμα της κατοικίας.....	36
19.3	Λειτουργική οργάνωση εσωτερικών χώρων	37
19.4	Λειτουργία του κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης	39
19.5	Μέγεθος και χωροταξία ανοιγμάτων.....	40
19.6	Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων	41
19.7	Θερμομόνωση	44
19.8	Σκίαση της κατοικίας.....	53
19.9	Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων	56
19.10	Αερισμός της κατοικίας.....	57
19.11	Μέτρα που αφορούν τη θερινή περίοδο.....	59
19.12	Υλικά δόμησης.....	61
19.12.1	Χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων βιοκλιματικής κατοικίας.....	63
19.12.2	Οικοδομικά υλικά.....	64

19.12.3	Μονωτικά υλικά	64
19.12.4	Οικολογικά κονιάματα	65
19.12.5	Χρήση και είδη ξυλείας.....	66
19.12.6	Ξύλινες στέγες	68
19.12.7	Ξύλινα και άλλα δάπεδα	70
19.12.8	Οικολογικά χρώματα	71
19.12.9	Η ραδιενέργεια των κατοικιών και η αντιμετώπιση της	72
20	Παθητικά ηλιακά συστήματα	75
20.1	Συστήματα και τεχνικές θέρμανσης	76
20.1.1	Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους	76
20.1.2	Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους	77
20.1.3	Συστήματα απομονωμένου κέρδους.....	81
20.1.4	Συστήματα διπλού κέρδους.....	81
20.2	Συστήματα και τεχνικές δροσισμού – κλιματισμού	81
20.2.1	Απλά συστήματα-μέθοδοι φυσικού δροσισμού	82
20.2.2	Σύνθετα συστήματα-μέθοδοι φυσικού δροσισμού.....	82
20.2.3	Αντιμετώπιση των εξωτερικών και εσωτερικών θερμικών κερδών	83
20.2.4	Έλεγχος του θερμικού κλίματος	84
20.2.5	Ανάλυση τεχνικών φυσικού δροσισμού.....	87
20.3	Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	92
20.3.1	Συστήματα φυσικού φωτισμού	93
20.3.2	Τεχνικές φυσικού φωτισμού	93
20.3.3	Μέθοδοι προσομοίωσης στην αξιολόγηση της απόδοσης του φυσικού φωτισμού	94
20.3.4	Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού – Άμεσο και έμμεσο ηλιακό φως ...	95
20.3.5	Σχεδιασμός των συστημάτων φυσικού φωτισμού	95
20.3.6	Ανάλυση συστημάτων φυσικού φωτισμού.....	97
21	Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	100
21.1	Κατηγορίες ενεργητικών ηλιακών συστημάτων	101
21.2	Είδη ηλιακών συλλεκτών.....	102
21.3	Ηλιακός κλιματισμός.....	102
21.4	Τεχνικές απαιτήσεις των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων	103
21.5	Περιβαλλοντικά οφέλη των ηλιακών συστημάτων.....	104
21.6	Οδηγίες συντήρησης των θερμικών ηλιακών συστημάτων	104
22	Ενεργειακά τζάκια	104
23	Χρήση βλάστησης στο βιοκλιματικό σχεδιασμό.....	105
23.1	Φύτευση περιβάλλοντος χώρου.....	106
23.2	Φύτευση ταρατσών	107

23.3	Φύτευση προσώπων	108
23.4	Χρήση φυτών εσωτερικού χώρου.....	109
24	Συνθήκες Άνεσης.....	110
24.1	Θερμική Άνεση	110
24.2	Οπτική Άνεση	112
24.3	Ακουστική Άνεση.....	113
25	Βιοκλιματικός σχεδιασμός με ενσωμάτωση ΑΠΕ	114
25.1	Ηλιακή ενέργεια – Οικιακά φωτοβολταϊκά	115
25.2	Αιολική ενέργεια – Οικιακές ανεμογεννήτριες	119
25.3	Γεωθερμική ενέργεια – Γεωθερμικές Α/Θ	121
25.4	Βιομάζα – Διαχείριση στερεών αποβλήτων & λυμάτων	123
26	Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στις βιοκλιματικές κατοικίες	125
27	Βιοκλιματικές επεμβάσεις σε ήδη υπάρχουσες κατοικίες.....	127
28	Πιθανά μειονεκτήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού	130
29	Παράγοντες επιτυχούς απόδοσης βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών	130
29.1	Σωστός σχεδιασμός και η ορθή επιλογή τεχνικών	130
29.2	Σωστή υλοποίηση των συστημάτων κατά την κατασκευή	131
29.3	Ορθή χρήση και λειτουργία της κατοικίας και των συστημάτων της .	131
29.4	Επαρκής συντήρηση των συστημάτων της βιοκλιματικής κατοικίας	132
30	Μελέτες περίπτωσης	132
30.1	Μονοκατοικία από ξύλο στην Διώνη Αττικής	132
30.2	Μονοκατοικία με εμφανές σκυρόδεμα στον Διόνυσο Αττικής.....	134
30.3	Ξύλινη βιοκλιματική κατοικία στην Πάρνηθα με παθητικά & ενεργητικά συστήματα	135
31	Συμπεράσματα – προτάσεις.....	137
32	Επίλογος.....	142
33	Βιβλιογραφία	144
34	Παράρτημα.....	156

4 Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται αναλυτική παρουσίαση του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών με στόχο την ανάδειξη των πολύ σημαντικών οφελών στους τομείς της κατανάλωσης της ενέργειας, της προστασίας του περιβάλλοντος και των συνθηκών διαβίωσης.

Τα τελευταία 50 χρόνια και μετά την πετρελαϊκή κρίση, με τη συνειδητοποίηση των δυσμενών κλιματικών αλλαγών που προκάλεσε η αλόγιστη χρόνια χρήση των πετρελαιοειδών, άρχισε να εισέρχεται η οικολογική προσέγγιση στον τομέα της δόμησης. Η αναγκαιότητα για καθαρότερο περιβάλλον, σε συνδυασμό με την απαίτηση για την εξοικονόμηση των διαρκώς εξαντλούμενων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, την εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων και τη δημιουργία καλύτερων και πιο υγιεινών συνθηκών διαβίωσης, οδήγησαν στην ανάπτυξη τεχνολογιών βιοκλιματικής δόμησης κτηρίων και κατοικιών.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού έχουν να κάνουν με την αρχιτεκτονική δομή, τον προσανατολισμό της κατοικίας και τον περιβάλλοντα χώρο της. Το πλέον σημαντικό στοιχείο είναι τα παθητικά συστήματα, τα οποία ενσωματώνονται στις κατοικίες με στόχο τη θέρμανση, την ψύξη και το φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Η κατοικία πρέπει να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης για αποθήκευση θερμότητας το χειμώνα και ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι. Για τις συνθήκες διαβίωσης το ζητούμενο είναι η επίτευξη συνθηκών θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης. Ο προσανατολισμός, το σχήμα, τα ανοίγματα, τα οικολογικά υλικά δόμησης, η σκίαση, ο φυσικός αερισμός, είναι τα πιο σημαντικά βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού της κατοικίας.

Το θέμα της ενσωμάτωσης των ΑΠΕ στις βιοκλιματικές κατοικίες είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την παραγωγή ενέργειας με σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αυτών για θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλιακή ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών, η αιολική ενέργεια μέσω της ανεμογεννήτριας, η γεωθερμία μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και η βιομάζα μέσω της επεξεργασίας των απορριμμάτων είναι οι τέσσερις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που βρίσκουν εφαρμογή στις βιοκλιματικές κατοικίες.

Το κατασκευαστικό κόστος μιας βιοκλιματικής κατοικίας δεν διαφέρει ουσιαστικά σε σχέση με αυτό της συμβατικής, εφόσον χρησιμοποιούνται απλά παθητικά ηλιακά συστήματα και όχι ιδιαίτερα σύνθετες τεχνολογίες. Το λειτουργικό κόστος από την άλλη είναι αισθητά μειωμένο στην περίπτωση της βιοκλιματικής κατοικίας.

Στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια αρκετές βιοκλιματικές κατοικίες από διάφορα αρχιτεκτονικά γραφεία και τεχνικές εταιρείες που εξειδικεύονται στη βιοκλιματική δόμηση. Τρεις τέτοιες περιπτώσεις στην Αττική παρουσιάζονται στην συγκεκριμένη εργασία.

Είναι αναγκαίο να επικρατήσει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κατοικιών, καθώς τα οφέλη είναι αδιαμφησβήτητα και σημαντικά. Είναι δε σαφές ότι για αυτό βασικός παράγοντας είναι η ευαισθητοποίηση των πολιτών και της κοινωνίας γενικότερα. Αν οι άνθρωποι δείξουν προτίμηση σε συγκεκριμένα προϊόντα και

τεχνολογίες, η αγορά, η οικονομία και η πολιτική των κρατών θα προσαρμοστούν ανάλογα. Πρέπει να τονιστεί ότι η βιοκλιματική δόμηση και η βιώσιμη ανάπτυξη δεν χρειάζονται περίπλοκα και δαπανηρά συστήματα, παρά μόνο ανθρώπους συνειδητοποιημένους και ευαισθητοποιημένους.

Λέξεις κλειδιά: Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Εξοικονόμηση Ενέργειας, Συνθήκες Άνεσης, Προστασία του Περιβάλλοντος, Παθητικά Ηλιακά Συστήματα, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

5 Abstract

This study contains a detailed presentation of the bioclimatic design houses with main goal to highlight the important benefits in the fields of energy consumption, environmental protection, and the living conditions.

In the last 50 years and after the oil crisis, with the realization of the adverse climate change caused by the reckless and chronic use of petroleum products, the ecological approach to the construction sector began to enter. The need for a cleaner environment, combined with the need to save ever-depleting fossil fuel reserves, save energy and money, and create better and healthier living conditions, led to the development of bioclimatic building technologies for buildings and houses.

The basic principles of bioclimatic design have to do with the architectural structure, the orientation of the house and its surroundings fields. The most important aspect are the passive systems of the construction, which are integrated in the houses with the aim of heating, cooling and natural lighting of the interior. The bioclimatic house must work as a natural solar collector for heat storage in winter and as a natural cooling storage in summer. Regarding the living conditions, the aim is to achieve thermal, visual, and acoustic comfort. Orientation, shape, openings, ecological building materials, shading, natural ventilation, are the most important key characteristics for a bioclimatic design house.

The integration of RES in bioclimatic buildings is particularly important for the production of energy which is used for heating, cooling and electricity. Solar energy through photovoltaics, wind energy through wind turbines, geothermal energy through geothermal heat pumps and biomass through waste treatment are the four renewable energy sources which are applied the most in bioclimatic houses.

The construction cost of a bioclimatic house does not differ substantially from that of a conventional one, as long as simple passive solar systems are used and not very complex technologies. On the other hand, operating costs are significantly reduced in the case of bioclimatic housing.

In recent years, several bioclimatic houses have been built in Greece by various architectural offices and technical companies that specialize in bioclimatic construction. Three such cases in Attica are presented in this paper.

The bioclimatic design of houses should be prevailed, as the benefits are significant. A basic factor to succeed this, is the awareness of the citizens and the society as a whole. If people show a preference for certain products and technologies, the market, the economy and the politics of the states will adapt them accordingly. It must be emphasized that bioclimatic construction and sustainable development do not need complex and costly systems, only conscious and sensitized people.

Keywords: Bioclimatic design, Energy Saving, Comfort Conditions, Environmental Protection, Passive Solar Systems, Renewable Energy Sources (RES)

6 Εισαγωγή

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ως στόχο την ένταξη και προσαρμογή της κατοικίας στο φυσικό περιβάλλον αξιοποιώντας τα τοπικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Στόχος είναι ο περιορισμός των ενεργειακών καταναλώσεων δίχως όμως να διαταράσσονται οι συνθήκες άνεσης των χρηστών. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βρίσκεται στο προσκήνιο στις μέρες μας με την Ευρωπαϊκή Ένωση να θέτει στόχο τον περιορισμό των ενεργειακών καταναλώσεων και βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών (Mastouri et al. 2020). Αυτά οδηγούν στην αναζήτηση τεχνικών δόμησης που θα εξασφαλίζουν συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης στο εσωτερικό των κατοικιών, ενώ παράλληλα θα καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες τους όσο το δυνατόν από φυσικές πηγές ενέργειας. Αυτό σημαίνει επίτευξη μειωμένων αέριων ρύπων με ταυτόχρονη ένταξη του δομημένου στο φυσικό περιβάλλον με αρμονικό τρόπο (Λάζαρη 2002).

Με τον όρο βιοκλιματικό σχεδιασμό εννοούμε τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό μιας κατοικίας ή ενός κτηρίου γενικότερα που συνεκτιμά τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και το κλίμα ενός τόπου, δηλαδή το ανάγλυφο του εδάφους, την ηλιακή ακτινοβολία, τον προσανατολισμό, τη διακύμανση της θερμοκρασίας, τον άνεμο, τις βροχοπτώσεις, την υγρασία κλπ, κατά τέτοιο τρόπο που από τη μια περιορίζει την επίδρασή τους στο κέλυφος της κατοικίας και από την άλλη να προβαίνει στην αξιοποίησή τους για να επιτυγχάνονται συνθήκες άνεσης και υγιεινής διαβίωσης μέσα σε αυτή (Αραβαντινός 2009).

Με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό διασφαλίζεται αφενός πιο καθαρό περιβάλλον, αφού μειώνεται η χρήση καυσίμων και κατ' επέκταση οι ρύποι που παράγονται από αυτά και αφετέρου εξοικονομείται ενέργεια, μειώνοντας την κατανάλωση συμβατικών πηγών ενέργειας. Επίσης επιδιώκεται η μεγαλύτερη δυνατή δέσμευση "φυσικής" ενέργειας που προέρχεται από ήπιες και ανανεώσιμες πηγές όπως είναι ο ήλιος και ο άνεμος. Η αξιοποίηση του ηλιασμού το χειμώνα και η μετατροπή του σε θερμότητα που συνεισφέρει στη θέρμανση της κατοικίας, όπως και η αξιοποίηση του ανέμου το καλοκαίρι που συμβάλλει στο δροσισμό των χώρων της, παίζουν σημαντικό ρόλο στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Εξίσου σημαντική είναι η προστασία της κατοικίας από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και από τους ισχυρούς ανέμους το χειμώνα.

Με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό λοιπόν, εξασφαλίζονται οι απαραίτητες εσωκλιματικές συνθήκες, δηλαδή η θερμική και οπτική άνεση και η ποιότητα του αέρα, αφού καταναλώνεται η λιγότερο δυνατή ενέργεια, με την αξιοποίηση των διαθέσιμων φυσικών πηγών του περιβάλλοντος, δηλαδή του ήλιου, του νερού, του ανέμου και του εδάφους. Εξοικονομείται ενέργεια για την ψύξη, τον φωτισμό και την θέρμανση των κατοικιών. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η προστασία του κελύφους του κτιρίου από τη θερμότητα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα συστήματα και οι μέθοδοι φυσικού φωτισμού και φυσικού δροσισμού.

Η πιο σημαντική παράμετρος στο βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι η προσαρμογή στο τοπικό κλίμα. Για να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας τον χειμώνα πρέπει να μειωθούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου και από την άλλη να αυξηθούν στο μέγιστο τα θερμικά ηλιακά κέρδη. Την περίοδο του καλοκαιριού πρέπει να επιτυγχάνεται

φυσικός δροσισμός με απομάκρυνση της θερμότητας της κατοικίας με αερισμό. Τα μέτρα που αφορούν στο σχεδιασμό για όλο τον χρόνο είναι μέτρα για το φυσικό φωτισμό και αερισμό της κατοικίας και επιλέγονται σε συνάρτηση με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εφαρμόζεται όπως είναι φυσικό ευκολότερα στην ύπαιθρο και τα προάστια των πόλεων, παρά μέσα στο πυκνοδομημένα αστικά κέντρα. Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και το φυσικό περιβάλλον της υπαίθρου διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο και διευκολύνουν τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Παρόλα αυτά δίνεται η δυνατότητα και στα αστικά κέντρα να εφαρμοστούν στο βαθμό του εφικτού έστω, κάποιες από τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Άλλωστε αποτελεί και αυτό συνεισφορά στο σεβασμό και στη προστασία του περιβάλλοντος και συμβάλει στη στρατηγική βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας τους αέριους ρύπους που παράγονται (Givoni 1998).

Ο κατάλληλος βιοκλιματικός σχεδιασμός αξιοποιεί τις ευεργετικές πλευρές των διαφόρων κλιματικών παραγόντων και εξουδετερώνει τις δυσμενείς. Προσπαθεί να εντάξει την κατοικία στο φυσικό περιβάλλον και να διαμορφώσει ένα ελκυστικό και ευχάριστο χώρο διαβίωσης για τους χρήστες, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη διάφορα στοιχεία, όπως το γεωγραφικό ανάγλυφο της περιοχής, τη θέση του οικοπέδου, τη χωροθέτηση της κατοικίας στο οικόπεδο, τον προσανατολισμό της, την επίδραση του περιβάλλοντος χώρου, τους παράγοντες διαμόρφωσης του μικροκλίματος της περιοχής. Τα στοιχεία αυτά διαμορφώνουν και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά της κατοικίας, όπως τον όγκο και το σχήμα της, τη μορφή των όψεων της, την ένταξη κατάλληλων συστημάτων αξιοποίησης των τοπικών κλιματικών χαρακτηριστικών (μέγεθος ανοιγμάτων, τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, χώροι συσσώρευσης θερμότητας ή ανάσχεσης αυτής κ.ά.), τη λειτουργική διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων.

Σύμφωνα με μετρήσεις και καταγραφές ενέργειας, τα βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα εξοικονομούν ενέργεια 30% συγκρινόμενα με τα συμβατικά. Σε σχέση μάλιστα με παλαιότερα κτίρια χωρίς ουσιαστική μόνωση το ποσοστό αυτό της εξοικονόμησης ανέρχεται στο 80% (Stefanou et al. 2004).

Στην παρούσα εργασία αρχικά γίνεται αναφορά στην αναγκαιότητα, καθώς και στους σκοπούς και στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κατοικιών. Οφέλη που έχουν να κάνουν με την σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης για τους ενοίκους και των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα, την ελάττωση χρήσης ορυκτών καυσίμων, τη βελτίωση του μικροκλίματος και αρκετά ακόμα περισσότερο ή λιγότερο σημαντικά. Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού παρατίθενται στη συνέχεια. Οι βασικές αρχές έχουν να κάνουν με την αρχιτεκτονική δομή, τον προσανατολισμό της κατοικίας και τον περιβάλλοντα χώρο.

Σε επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στοιχεία του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού αναφορικά με το βιοκλιματικό σχεδιασμό, οι στόχοι του και οι βασικές καινοτομίες του.

Όσον αφορά τα οικονομικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών, διακρίνουμε το κατασκευαστικό κόστος που ουσιαστικά δεν διαφέρει από αυτό των συμβατικών κατοικιών, εφόσον έχουμε απλά συστήματα και τεχνολογίες, ενώ αντίθετα το λειτουργικό κόστος της βιοκλιματικής κατοικίας είναι αισθητά μειωμένο σε σχέση με αυτό της συμβατικής.

Ακολούθως και αφού παρουσιαστεί η διαδικασία εκπόνησης της βιοκλιματικής μελέτης, γίνεται εκτενής ανάλυση του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών. Το πλέον σημαντικό στοιχείο είναι τα παθητικά συστήματα, τα οποία ενσωματώνονται στις κατοικίες με σκοπό την ψύξη, τη θέρμανση και το φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων. Ειδικότερα κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό πρέπει η κατοικία να αποθηκεύει και να «παγιδεύει» τη θερμότητα, σαν να είναι ένας φυσικός ηλιακός συλλέκτης τους χειμερινούς μήνες και να διατηρεί φυσική ψύξη τους θερινούς. Τα στοιχεία που παίζουν σημαντικό ρόλο στο βιοκλιματικό σχεδιασμό και παρουσιάζονται στην εργασία αυτή είναι η χωροθέτηση κι ο προσανατολισμός της κατοικίας, το σχήμα της, η λειτουργική οργάνωση του εσωτερικού, η χωροταξία και το μέγεθος των ανοιγμάτων, η θερμοχωρητικότητα των δομικών της στοιχείων, η θερμομόνωση, η σκίαση, η θερμική προστασία των δομικών στοιχείων, ο αερισμός της κατοικίας, τα υλικά δόμησης.

Ξεχωριστή και πολύ σημαντική ενότητα είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα, που διακρίνονται στα συστήματα και τις τεχνικές θέρμανσης, τα συστήματα και τις τεχνικές δροσισμού, τα συστήματα και τις τεχνικές φυσικού φωτισμού. Από την άλλη τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, αποθήκευσης και διανομής της ηλιακής ενέργειας. Τα δε ενεργειακά τζάκια είναι ένας έξυπνος και σχετικά φτηνός τρόπος θέρμανσης που εντάσσεται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Γίνεται στη συνέχεια εκτενής αναφορά στη χρήση βλάστησης που είναι αλληλένδετη και απαραίτητη στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Είτε αφορά τον περιβάλλοντα χώρο της κατοικίας, είτε την ταράτσα, είτε τις προσόψεις του κτίσματος, είτε ακόμα τη χρήση φυτών στους εσωτερικούς χώρους. Τα οφέλη της βλάστησης είναι πολλαπλά και σημαντικά.

Από τους βασικούς στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η επίτευξη συνθηκών άνεσης για τους ενοίκους. Αυτές διακρίνονται στην θερμική άνεση, την οπτική άνεση και την ακουστική άνεση και εξετάζονται αναλυτικά σε ξεχωριστή ενότητα.

Δεν θα μπορούσε να μην γίνει ιδιαίτερη αναφορά στην ενσωμάτωση των ΑΠΕ στις βιοκλιματικές κατοικίες (Εικ.1). Ο στόχος είναι να παράγεται ενέργεια ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα, η ψύξη και η θέρμανση. Ακόμα μπορεί να παραχθεί οικονομικό όφελος για τους ιδιοκτήτες από την πώληση του παραγόμενου ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που βρίσκουν εφαρμογή σε μια βιοκλιματική κατοικία

είναι η ηλιακή ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών, η αιολική ενέργεια μέσω των ανεμογεννητριών, η γεωθερμική ενέργεια με τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και η βιομάζα από τη διαχείριση των αποβλήτων της κατοικίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται διάφορες προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στις βιοκλιματικές κατοικίες. Σε ξεχωριστό κεφάλαιο επιχειρείται μια προσέγγιση στο θέμα των επεμβάσεων που μπορούν να γίνουν σε μια υπάρχουσα μη βιοκλιματική κατοικία προκειμένου αυτή να αποκτήσει ορισμένα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά και να αναβαθμιστεί ενεργειακά, βελτιώνοντας και τις συνθήκες άνεσης της. Κατόπιν γίνεται μια προσπάθεια εντοπισμού πιθανών μειονεκτημάτων και προβλημάτων που μπορούν να προέλθουν από το βιοκλιματικό σχεδιασμό και τι πρέπει να προσεχθεί για την αποφυγή αυτών. Καταλήγοντας, προσδιορίζονται οι παράγοντες της επιτυχημένης απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού, που δεν είναι άλλοι από το σωστό σχεδιασμό και την ορθή επιλογή τεχνικών, τη σωστή εγκατάσταση των συστημάτων κατά την κατασκευή, την ορθή χρήση και λειτουργία της κατοικίας και των συστημάτων της και την επαρκή συντήρηση αυτών.



Εικ.1 Βιοκλιματική κατοικία (Υraithros 2017)

Στο τέλος της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις βιοκλιματικών κατοικιών στην Αττική. Πρόκειται για κατοικίες που έχουν κατασκευαστεί με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, προσφέροντας στους ενοίκους αυτών άνετες και υγιεινές συνθήκες διαβίωσης, εξοικονομώντας σημαντικά ποσά ενέργειας και χρημάτων και δημιουργώντας ελάχιστη επιβάρυνση στο φυσικό περιβάλλον.

7 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι αρχικά να παρουσιαστούν οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, καθώς και τα στοιχεία που απαρτίζουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κατοικιών. Θα γίνει περιγραφή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, του προσανατολισμού του κτιρίου, του περιβάλλοντα χώρου. Θα γίνει εκτενής αναφορά

στα παθητικά συστήματα θέρμανσης, στα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης, στα συστήματα φυσικού δροσισμού και άλλα.

Κύριος σκοπός της εργασίας είναι να εστιάσει στην ενεργειακή εξοικονόμηση που συντελείται με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και ειδικότερα στην θέρμανση, την ψύξη και τον φωτισμό. Αλλά και σε άλλα οφέλη, όπως οι συνθήκες άνεσης για τους ενοίκους των βιοκλιματικών κατοικιών, καθώς και οικολογικά οφέλη, όπου ο στόχος είναι η μηδενική επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών αερίων.

Ένας ακόμα σκοπός της εργασίας είναι να αναδείξει την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως μέρος του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κατοικιών. Έτσι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμία μπορούν να εφαρμοστούν σε συνδυασμό με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

Σημαντικός στόχος είναι να αναδειχθεί η υπεροχή της βιοκλιματικής κατοικίας σε συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης και ποιότητας του αέρα, σε σχέση με μια συμβατική κατοικία.

Επίσης, θα εκτιμηθεί το κόστος κατασκευής μιας βιοκλιματικής κατοικίας, με όλα τα χρησιμοποιούμενα παθητικά και ενεργητικά συστήματα, σε σχέση με μια συμβατική κατοικία.

Τέλος θα παρουσιασθούν τρεις μελέτες περίπτωσης βιοκλιματικών κατοικιών στην Αττική προκειμένου να αναδειχθούν απτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

8 Ερευνητικά ερωτήματα

Ένα πλήθος ερευνητικών ερωτημάτων πηγάζουν από το θέμα του βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών. Αναφέρονται ενδεικτικά τα παρακάτω:

- Ποια τα πλεονεκτήματα της βιοκλιματικής κατοικίας για την ενέργεια, την οικονομία, το περιβάλλον, την ποιότητα της ζωής των χρηστών;
- Πόση εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων επιτυγχάνεται σε σχέση με τις συμβατικό σχεδιασμό;
- Ποια είναι η οικονομική επιβάρυνση της κατασκευής της βιοκλιματικής συγκριτικά με τη συμβατική κατοικία;
- Το επιπλέον κόστος σε πόσα χρόνια αποσβένει;
- Υπάρχουν μειονεκτήματα που σχετίζονται με το βιοκλιματικό σχεδιασμό;
- Ποια τα υλικά κατασκευής μιας βιοκλιματικής κατοικίας και ποια τα χαρακτηριστικά αυτών;
- Είναι δυνατή η ενσωμάτωση ΑΠΕ στις βιοκλιματικές κατοικίες και ποια τα επιπλέον πλεονεκτήματα που προσφέρουν;
- Θα μπορούσε ο βιοκλιματικός σχεδιασμός να αποτελέσει εθνικό στρατηγικό στόχο;
- Ποιες νομοθετικές διατάξεις θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και ποια κίνητρα θα μπορούσαν να δοθούν από το κράτος όσον αφορά τις βιοκλιματικές κατοικίες;

- Πόσο ενημερωμένοι είναι οι πολίτες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τα οφέλη του;

9 Ερευνητική μεθοδολογία

Παρουσιάζονται διαδικασίες, μέθοδοι και εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας:

- Για τη συγγραφή της εργασίας αντλήθηκε υλικό από ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία, διαδικτυακή και έντυπη
- Χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες από μελετητικά γραφεία και τεχνικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στη βιοκλιματικό σχεδιασμό κατοικιών
- Αξιοποιήθηκαν οι γνώσεις που αποκόμισε ο συγγραφέας της εργασίας από μαθήματα του ΠΜΣ. Σε κάθε περίπτωση οι πληροφορίες και τα στοιχεία που συλλέχθηκαν διασταυρώνονταν για να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και η ορθότητά τους
- Επεξεργασία των ανωτέρω στοιχείων και εξαγωγή αποτελεσμάτων
- Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
- Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης βιοκλιματικών κατοικιών
- Παρουσίαση μελετών περίπτωσης, επίσκεψη και διενέργεια αυτοψίας σε βιοκλιματικές κατοικίες στην Αττική

10 Ορισμοί

Βιοκλιματική αρχιτεκτονική ή βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ο σχεδιασμός που έχει στόχο να επιτύχει συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης χρησιμοποιώντας όσο περισσότερο γίνεται παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού σε κτίρια και χώρους (εσωτερικούς & υπαίθριους). Αυτό επιτυγχάνεται αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, το κλίμα (ή μικροκλίμα) της περιοχής και τις ιδιότητες των υλικών δόμησης και των διαφόρων αρχιτεκτονικών στοιχείων. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εναρμονίζεται με τις αρχές της οικολογίας και της βιωσιμότητας, αποσκοπώντας στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων (Gallo 1994).

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική ισορροπούν τα χαρακτηριστικά: Αρχιτεκτονική – Κλίμα – Περιβάλλον.

11 Ιστορική αναδρομή

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν είναι κάτι νέο. Η ενεργειακή απόδοση κατείχε πάντα σημαντική θέση στον σχεδιασμό των κατοικιών. Από τα αρχαία χρόνια στα κείμενα των αρχαίων αναφέρεται η μεγάλη σημασία που είχε στην κατασκευή των κατοικιών η χρήση των ιδιοτήτων της γης, του αέρα, του νερού και του ήλιου. Σύμφωνα με τον Σωκράτη η ιδανική κατοικία θα έπρεπε να συνδυάζει ζέστη τον

χειμώνα και δροσιά το καλοκαίρι (Εικ.2). Παράλληλα κύριος στόχος ήταν οι κατοικίες να εξασφαλίζουν αρμονική σχέση των ανθρώπων με το περιβάλλον. Αρχαίες βιοκλιματικές κατοικίες υπήρχαν στην Πριήνη της Ιωνίας, στη Δήλο, στην Όλυνθο της Χαλκιδικής. Στην Πριήνη τα κτίσματα είχαν σκιά τους καλοκαιρινούς μήνες και ήλιο τους χειμερινούς, ενώ η Όλυνθος χαρακτηρίζεται ως η τελειότερη ηλιακή πόλη.

Είναι χαρακτηριστικό πως σε μια εποχή δίχως τα σημερινά μέσα και την τεχνολογία, κατασκευάζονταν από τους ανθρώπους οικολογικές – ηλιακές κατοικίες. Αντίστοιχα σε κείμενα έχουν βρεθεί αναφορές για τοίχους που απορροφούν την ημέρα θερμότητα την οποία διαχέουν – ακτινοβολούν τη νύχτα με τη βοήθεια του πολεοδομικού σχεδιασμού (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Αξίζει να αναφερθεί ότι αρκετά βιοκλιματικά χαρακτηριστικά ανακαλύπτουμε στους βυζαντινούς οικοδομικούς κώδικες (Bougiatioti and Oikonomou 2017).

Σημαντικά βιοκλιματικά στοιχεία επίσης συναντάμε στην ελληνική παραδοσιακή Αρχιτεκτονική. Έτσι, οι κατοικίες διαιρούνται σε ορόφους, με τους κατοίκους να κατοικούν σε διαφορετικό όροφο ανάλογα με την εποχή. Δηλαδή κατοικούσαν σε υψηλότερο επίπεδο τους θερινούς μήνες, στο χαμηλότερο τους χειμερινούς όπου συνήθως υπήρχε και τζάκι. Στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική συναντάμε επίσης το “λιακωτό”, έναν χώρο καλυμένο με τζάμι στη νότια πλευρά της κατοικίας.

Είναι γεγονός ότι στην Ελλάδα που υπάρχουν πολλές μέρες με ηλιοφάνεια και ήπιο κλίμα, δημιουργήθηκε από τα πρώτα χρόνια ένα είδος αρχιτεκτονικής που αποσκοπούσε να προσφέρει στους κατοίκους άνεση σε όλες τις εποχές ρυθμίζοντας με φυσικό τρόπο το μικροκλίμα με τους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς χώρους να επικοινωνούν.

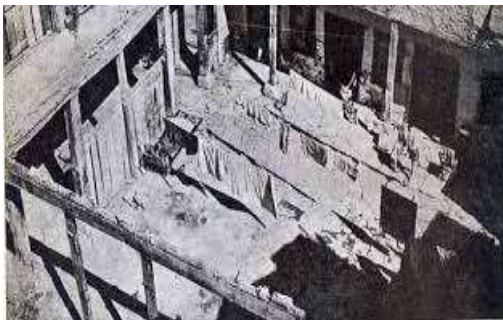
Όσον αφορά στα ελληνικά νησιά, επικρατούν κατοικίες σε σχήμα κύβου σε άσπρο χρώμα και ισχυρή θερμομόνωση καθώς τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι πηλός και πέτρα. Με αυτόν τον τρόπο η ημερήσια θερμότητα του ήλιου αποθηκεύεται και επανεκπέμπεται τη νύχτα θερμαίνοντας την κατοικία. Ιδανικός είναι ο νότιος προσανατολισμός με τις μέγιστες δυνατές επιφάνειες (Stefanou et al. 2004).

Στην παγκόσμια Αρχιτεκτονική ιστορικά οι κατοικίες κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνουν τις ενεργειακές τους ανάγκες εκμεταλλευόμενες τον προσανατολισμό και το κλίμα. Παράδειγμα οι οικισμοί των Ινδιάνων Hopi στην Αριζόνα, οι οποίοι χτισμένοι με λάσπη διατηρούσαν το μικροκλίμα σταθερό όλο τον χρόνο μετριάζοντας τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Ο τόπος και το κλίμα ήταν αυτά που καθόριζαν το πώς θα χτιστεί η κατοικία ώστε να γίνεται σωστά η διανομή της ενέργειας (Εικ.3). Ένα άλλο παράδειγμα αποτελούν οι ανεμόπυργοι (αιολικές καμινάδες) στην Υεμένη. Ακόμα και σε δύσβατες περιοχές είχαμε αξιοποίηση της ικανότητας του εδάφους να αποθηκεύει τη θερμότητα, οπότε οι κατοικίες ήταν υπόσκαφες διατηρώντας δροσιά το καλοκαίρι και ζέστη τον χειμώνα, συναλλάσσοντας θερμότητα με το έδαφος.

Έτσι κατασκεύαζαν τις κατοικίες τους επίσης οι Ινδιάνοι Navajo, οι Κινέζοι, οι Αφρικανοί της Βορείου Αφρικής. Πιο πρόσφατα, το 1950, ο Wendell Thomas

εφάρμοσε αυτή τη μέθοδο αξιοποιώντας τη θερμότητα του εδάφους, συνδυάζοντας την με τον φυσικό αερισμό και την ηλιακή ακτινοβολία (Χεγκάζι 2009).

Από πολύ νωρίς είχε αναγνωρισθεί πόσο χρήσιμα ήταν για τον έλεγχο του μικροκλίματος τα παράθυρα και τα παντζούρια καθώς επίσης και η χρησιμότητα της ικανότητας του νερού και του εδάφους να κάνουν αποθήκευση της θερμότητας. Από πολύ παλιά ήταν γνωστή η συμβολή της βλάστησης στη θερμομόνωση, αλλά και τη σκίαση, ενώ είχε γίνει αντιληπτή η σημασία του μεσημβρινού προσανατολισμού. Τέλος ο άνθρωπος χρησιμοποίησε στις κατοικίες του την ιδιότητα του γυαλιού να παγιδεύει θερμότητα κατασκευάζοντας αίθρια, λιακωτά, θερμοκήπια που φωτίζαν με φυσικό τρόπο τους χώρους, θερμαίνοντάς τους παράλληλα (Κοσμόπουλος 2008).



Εικ.2 Ηλιακό σπίτι Σωκράτη (ΚΑΠΕ 2017)



Εικ.3 Οικισμός Ινδιάνων Hopi (Blendspace 2021)

12 Αναγκαιότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κατοικιών είναι σήμερα επιτακτική ανάγκη για όλες τις ανεπτυγμένες κοινωνίες καθώς οι βιοκλιματικές κατοικίες προσφέρουν πλεονεκτήματα και στο περιβάλλον που βρίσκεται σε υποβάθμιση με την άναρχη δόμηση και στους κατοίκους τους που θα ζουν σε ένα κτίριο φυσικό και οικολογικό. Οι βιοκλιματικές κατοικίες προσφέρουν καλύτερες συνθήκες διαβίωσης αφού εξασφαλίζουν θερμική άνεση, οπτική άνεση, καλή ποιότητα αέρα και ιδανικό μικροκλίμα. Παράλληλα εξοικονομούνται σημαντικά ποσά ενέργειας και περιορίζονται οι ρύποι στο περιβάλλον. Εάν οι κατοικίες έχουν κατάλληλο προσανατολισμό και χωροθέτηση, η θερμική μάζα του κτιρίου αναλογεί στο κλίμα της περιοχής, σχεδιάζονται τα κατάλληλα ανοίγματα και εφαρμόζονται απλά παθητικά συστήματα και εξασφαλίζονται συνθήκες θερμικής άνεση και μειώνεται η ενεργειακή εξάρτηση από συμβατικά καύσιμα. Με κατάλληλο σχεδιασμό και προστασία του κελύφους από τα θερμικά κέρδη, με φύτευση βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο αλλά και στην ταράτσα και σε άλλα μέρη του κτιρίου, εφαρμόζοντας συνδυαστικά φυσικό αερισμό και δροσισμό επιτυγχάνουμε μείωση της εξάρτησης από τα συστήματα κλιματισμού. Επιπρόσθετα, αξιοποιώντας το φυσικό φωτισμό, καθώς και χρησιμοποιώντας λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, εξασφαλίζουμε συνθήκες οπτικής άνεσης, ενώ εξοικονομούμε και ενέργεια για φωτισμό. Είναι γεγονός ότι η ζωή σε ένα βιοκλιματικό σπίτι δεν συγκρίνεται με αυτήν του συμβατικού, όσα μηχανήματα κι αν διαθέτουμε για να το ζεσταίνουμε, το κρυώνουμε, το αερίζουμε, το φωτίζουμε κλπ (Pajek and Kosir 2018).

Η Ελλάδα έχει ένα ιδιαίτερο κλίμα με την παρατεταμένη ηλιοφάνεια και τα δροσερά καλοκαιρινά μελτέμια, που λειτουργούν ιδανικά για τον σχεδιασμό και τη χρήση κατοικιών σύμφωνων με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Οι κάτοικοι των βιοκλιματικών κατοικιών χωρίς καμία παραχώρηση μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας με προφανή οφέλη για τους ίδιους αλλά και γενικότερα σε εθνικό επίπεδο (Kolokotroni and Young 1990).

13 Σκοπός και στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Σκοπός του βιοκλιματικού σχεδιασμού σύμφωνα με τον Αραβαντινό (2009) είναι η προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον και το τοπικό κλίμα, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης στο εσωτερικό τους.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κατοικιών έχει τέσσερις βασικούς στόχους:

- Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα με την υποκατάσταση τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.
- Την εξοικονόμηση χρημάτων χρησιμοποιώντας την ενέργεια του ήλιου για τη θέρμανση των χώρων και τους δροσερούς καλοκαιρινούς ανέμους για το δροσισμό των κατοικιών, με την εξοικονόμηση χρημάτων να είναι της τάξης του 50% και μεγαλύτερη (Goulding et al. 1996).
- Την προστασία του περιβάλλοντος με την μείωση χρήσης συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, άρα και την μείωση των ρύπων στο περιβάλλον.
- Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κατοικιών δημιουργώντας υγιεινές συνθήκες διαβίωσης, συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης και ποιότητας του αέρα (Hussein and Jamaludin 2015).

Αναλυτικά με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κατοικιών επιτυγχάνεται:

- Η θερμική προστασία της κατοικίας
- Αξιοποίηση της ενέργειας του ήλιου κατά τους χειμερινούς μήνες
- Η προστασία από την υπερβολική ακτινοβολία και θερμότητα τους θερινούς μήνες
- Η προστασία από τους ανέμους το χειμώνα
- Την εκμετάλλευση των ανέμων το καλοκαίρι
- Ο φυσικός φωτισμός και η οπτική άνεση όλη τη διάρκεια του έτους
- Η βελτίωση του μικροκλίματος (Soutullo et al. 2017)

14 Τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κατοικιών έχει τα ακόλουθα οφέλη:

- Θερμική άνεση. Η κατοικία είναι ζεστή το χειμώνα και δροσερή το καλοκαίρι

- Οπτική άνεση. Εκμεταλλευόμαστε το φυσικό φωτισμό στο μεγαλύτερο μέρος της ημέρας (Λάζαρη 2002)
- Μικρή κατανάλωση ενέργειας. Γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη η οποία φτάνει το 30% συγκριτικά με μια συμβατική κατοικία και μπορεί να φτάσει μέχρι και 80% σε σχέση με παλιό αμόνωτο κτίριο
- Καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Με τον κατάλληλο φυσικό αερισμό, αλλά και την σωστή μόνωση ώστε να ελαχιστοποιείται η εισροή ρυπογόνων ουσιών
- Άριστη αντισεισμική συμπεριφορά
- Υψηλή αντοχή σε πυρκαγιά
- Εξισορρόπηση της υγρασίας των χώρων, διατηρώντας την ποιότητα του εσωτερικού κλίματος
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Λιγότερα έξοδα συντήρησης
- Τα κτίρια είναι φιλικά για το περιβάλλον και τους ανθρώπους αφού τα υλικά κατασκευής δεν είναι τοξικά και μπορούν να ανακυκλωθούν σε μεγάλο ποσοστό
- Βελτίωση του μικροκλίματος με κατάλληλη φύτευση του γύρω χώρου και της στέγης
- Δυνατότητα χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με αποτέλεσμα την ελάττωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και των εκπομπών ρύπων στο περιβάλλον
- Μια καλύτερη ζωή για τους χρήστες, λόγω διαμονής σε χώρους πιο υγιεινούς και φωτεινούς, αλλά και πιο οικονομικούς, αφού οι λογαριασμοί θέρμανσης, ηλεκτρικού και νερού είναι μικρότεροι (Radovic 1996)

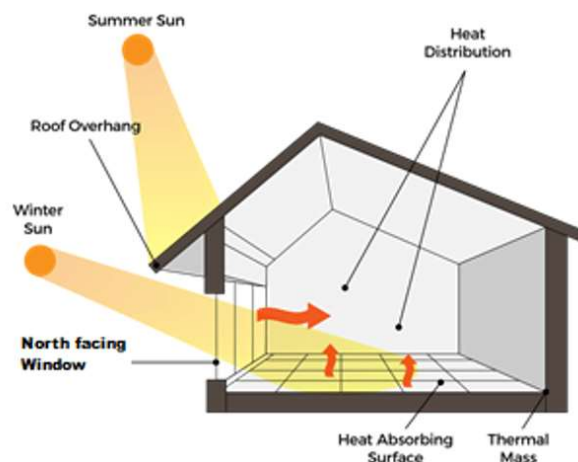
15 Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Βασική αρχή του σχεδιασμού βιοκλιματικών κατοικιών είναι η εξασφάλιση άνετων συνθηκών στο εσωτερικό της κατοικίας που μπορεί να επιτευχθεί με τη σωστή θερμική συμπεριφορά της τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, με ότι αυτό συνεπάγεται (Εικ. 4). Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς ή με διάφορες κατασκευαστικές τεχνικές περιορίζουν την εξάρτηση από το ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που απαιτείται για να θερμανθεί, να ψυχθεί, να αεριστεί και να φωτιστεί η κατοικία. Η βιοκλιματική λογική, με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου, έχει στόχο να εξοικονομηθεί ενέργεια και να προσαρμοστεί η κατοικία στο περιβάλλον (Givoni 1998).

Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού με σαφή ενεργειακά οφέλη συνοψίζονται παρακάτω:

- Θερμική προστασία της κατοικίας χειμώνα και καλοκαίρι ακολουθώντας τις κατάλληλες παρεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου και συγκεκριμένα τη θερμομόνωση, την αεροστεγάνωση και τα κατάλληλα ανοίγματα της (Αξαρή 2009)

- Χρήση της ενέργειας του ήλιου προκειμένου να θερμαίνουμε την κατοικία το χειμώνα και να πετύχουμε το φυσικό φωτισμό της όλο το χρόνο. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητος ο κατάλληλος (νότιος) προσανατολισμός των χώρων και ιδίως των παραθύρων. Συμπληρωματικά η διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την ανάγκη τους για θέρμανση. Τέλος με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που λειτουργούν ως συλλέκτες της ακτινοβολίας του ήλιου έχουμε φυσικά συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού (Τσίππρας και Θέμης 2005)
- Χρήση σκίασης για να προστατεύεται η κατοικία από το θερινό ήλιο καθώς και κατάλληλη κατασκευή του κελύφους
- Φυσικός δροσισμός για την αποβολή της θερμότητας που συσσωρεύεται το καλοκαίρι μέσα στην κατοικία με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον. Εφαρμογή φυσικού αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας
- Καλύτερες συνθήκες στους εσωτερικούς χώρους έτσι ώστε οι κάτοικοι να ζουν με θερμική άνεση
- Φυσικός φωτισμός με αξιοποίηση του ηλιασμού και έλεγχος της ακτινοβολίας του ήλιου για την επίτευξη φυσικού φωτισμού της κατοικίας. Στόχος να υπάρχει επαρκές φως και σωστά κατανομημένο στο εσωτερικό ώστε να επιτυγχάνεται οπτική άνεση.
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός και στον εξωτερικό χώρο (κατάλληλη φύτευση κ.ά.) για τη βελτίωση του μικροκλίματος της κατοικίας (Irulegi et al. 2014)



(Εικ. 4) Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού (Envirocrete n.d.)

Η πλέον γενική αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι ότι η νότια πλευρά της κατοικίας χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση, σε αντίθεση με τη βόρεια που χρησιμοποιείται ως ανεμοθώρακας και φράκτης θερμότητας. Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού έχουν να κάνουν με τον προσανατολισμό, την εσωτερική διαρρύθμιση και τον περιβάλλοντα χώρο (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Αναφορικά με την αρχιτεκτονική δομή της κατοικίας το πλέον κατάλληλο σχήμα είναι το επιμήκες ως προς τον άξονα ανατολής – δύσης γιατί εξασφαλίζει μεγάλη επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό για συλλογή περισσότερης ηλιακής

θερμότητας τον χειμώνα. Το κυριότερο βιοκλιματικό στοιχείο είναι να έχει νότιο προσανατολισμό η μεγαλύτερη πλευρά της κατοικίας και αντίστοιχα να είναι προς τον νότο τα μεγαλύτερα ανοίγματα, ενώ προς τον βορρά πρέπει οι τοίχοι να είναι συμπαγείς και να έχουν μόνο μικρά ανοίγματα (βασικά για αερισμό). Εάν δεν είναι εφικτό το κτίριο να εκτείνεται στον άξονα ανατολής – δύσης, τότε πρέπει να σχεδιαστούν ξεχωριστοί όγκοι για να εξασφαλίζεται ο ηλιασμός ακόμα και στους πίσω χώρους και τον χειμώνα (Maciel et al. 2007).

Είναι σημαντικό στην τοιχοποιία, που πρέπει να είναι ογκώδης, να χρησιμοποιηθούν υλικά συμπαγή για να προστατεύεται το κτίριο από τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Για συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη το ιδανικό είναι τα υλικά να είναι φιλικά προς το περιβάλλον, να είναι δηλαδή για παράδειγμα μείγμα πηλού με άχυρο, ασβεστοκάνναβη κλπ. Στα ανοίγματα του κτιρίου, οι γυάλινες επιφάνειες, παίζουν το ρόλο του απλούστερου ηλιακού συλλέκτη (Κοντορούπης 2002).

Όσον αφορά τα ανοίγματα, όπως προαναφέρθηκε, πρέπει να είναι μεγάλα προς το νότο, μεσαία προς την ανατολή και τη δύση και μικρά προς το βορρά. Για τον φυσικό διαμπερή αερισμό όλο τον χρόνο και τον φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι πρέπει να υπάρχουν μικρά ανοίγματα και στον βορρά για να κυκλοφορεί ο αέρας μεταξύ βορρά και νότου (Givoni 1998).

(Εικ. 5).

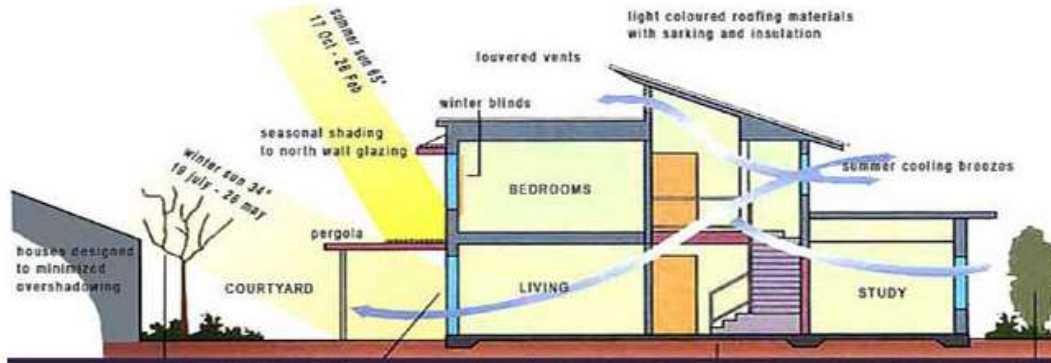
Όσο είναι δυνατόν εκμεταλλευόμαστε την θερμική αδράνεια του εδάφους. Οικόπεδο που έχει μεγάλη κλίση συμβάλει σε αυτό (Maciel et al. 2007).

Η χωροθέτηση των εσωτερικών χώρων καθορίζεται αναλόγως της χρήσης και των αναγκών των ενοίκων της κατοικίας. Στους χώρους της βόρειας πλευράς, που λόγω προσανατολισμού είναι οι πιο ψυχροί και λιγότερο φωτεινοί, πρέπει να τοποθετούνται δωμάτια με λιγότερη χρήση όπως τα υπνοδωμάτια και οι τουαλέτες. Στη νότια πλευρά της κατοικίας, που είναι πιο ζεστή, πρέπει να τοποθετούνται οι κύριοι χώροι της κατοικίας, εκεί όπου οι κάτοικοι περνούν περισσότερες ώρες, όπως το σαλόνι και η κουζίνα. Οι δευτερεύοντες χώροι λειτουργούν προστατευτικά για τους κύριους χώρους αφού ανακόπτουν τους ψυχρούς ανέμους και έτσι οι κύριοι χώροι δεν έχουν θερμικές απώλειες (Muneeb 2004).

Η νότια και μεγαλύτερη πλευρά με τα μεγάλα ανοίγματα πρέπει να έχει απόκλιση μέχρι 30° ανατολικά ή δυτικά (Αξαρή 2009).

Σχετικά με τον περιβάλλοντα χώρο, επειδή είναι πολύ σημαντικό το μικροκλίμα γύρω από το κτίριο, πρέπει να υπάρχει βλάστηση καθώς προσφέρει ηλιοπροστασία, σκίαση και προστασία από τους ανέμους. Στις νότιες και δυτικές πλευρές της κατοικίας πρέπει να φυτεύονται μεγάλα φυλλοβόλα δέντρα για σκίαση το καλοκαίρι και ηλιασμό το χειμώνα, ενώ στη βόρεια πλευρά πρέπει να φυτεύονται αειθαλή δέντρα που θα λειτουργούν ως ανεμοθραύστης στους χειμερινούς, βόρειους ανέμους και θα προσφέρουν δροσισμό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Κοσμόπουλος 2008).

Εάν στη νότια πλευρά του οικοπέδου υπάρχει κάποιο εμπόδιο, όπως για παράδειγμα μια άλλη κατοικία, το οποίο εμποδίζει τον ηλιασμό του κτιρίου τον χειμώνα, τότε το κτίριο μας θα πρέπει να τοποθετηθεί μακριά από το εμπόδιο 1,5 φορές το ύψος του για να μπορεί να έχει τον απαραίτητο ηλιασμό (Soflaei et al. 2020).



Εικ. 5 Ηλιασμός, σκίαση και φυσικός αερισμός στη βιοκλιματική κατοικία (Khurana 2016)

16 Νέος Οικοδομικός Κανονισμός και βιοκλιματικός σχεδιασμός

Ο Νέος Οικοδομικός Κανονισμός που τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 2012, 27 χρόνια μετά την έκδοση του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού (ΓΟΚ) του 1985, έχει ως στόχο να προάγει τη δόμηση με νέες τεχνολογίες και δομικά υλικά, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία του περιβάλλοντος και εστιάζοντας στην προώθηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Κατά τον Νέο Οικοδομικό Κανονισμό δεν προσμετρούνται στην κάλυψη και τη δόμηση όλα τα εκείνα τα στοιχεία δόμησης που συμβάλουν στην εξοικονόμηση της ενέργειας, όπως αίθρια, θερμοκήπια, συστήματα σκίασης, στοιχεία εξυπηρέτησης παθητικού δροσισμού κ.ά. Επίσης ο ελεύθερος χώρος του οικοπέδου πρέπει τουλάχιστον κατά τα 2/3 του να μην επιστρώνεται και να φυτεύεται. Επιπρόσθετα θεσμοθετούνται τα φυτεμένα δώματα με κίνητρο μεταξύ άλλων, την επιπλέον δόμηση σε σχέση με τα μέγιστα επιτρεπόμενα μεγέθη. Ακόμα επιτρέπονται και ενθαρρύνονται οι εγκαταστάσεις που υποστηρίζουν τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, της παραγωγής ενέργειας, της ανακύκλωσης κλπ.

Κατά την εφαρμογή του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού καλλιεργείται η αλλαγή των συνηθειών και η υιοθέτηση νέων που σκοπό έχουν την ανάσχεση της κλιματικής υποβάθμισης, την μείωση της δαπάνης χρήσης των κτηρίων και τη βελτίωση των κοινωνικών παραμέτρων που συνδέονται με το δομημένο περιβάλλον. Ο νέος Κανονισμός θεσμοθετήθηκε στη βάση της σύγχρονης λογικής, οραματικός όσο αναφορά την παραγόμενη αρχιτεκτονική, προστατευτικός για το περιβάλλον. Τα κτήρια αποτελούν τεχνητούς οργανισμούς στο χώρο, που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον και με τα υπόλοιπα κτίρια. Γι αυτό ο στόχος είναι οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων να περιορίζονται ώστε αντίστοιχα να περιορίζονται και οι ρύποι με σκοπό να βελτιώνονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η ποιότητα ζωής σε αυτά και γύρω από αυτά.

Η γενική φιλοσοφία του νέου Κανονισμού είναι ο εκσυγχρονισμός για να αξιοποιηθούν όλες οι εξελίξεις που συντελούνται στην επιστήμη και την τεχνολογία των κατασκευών και βέβαια η προσαρμογή του στην προστασία του περιβάλλοντος όπως αυτή προκύπτει από την κλιματική αλλαγή. Σημαντική είναι και η υποστήριξη

για τη χρήση στις κατασκευές νέων υλικών, νέων τεχνολογιών και συστημάτων δόμησης. Παράλληλα παραχωρεί κίνητρα για σχεδιασμό φιλικό προς το περιβάλλον με οφέλη για το κοινωνικό σύνολο, το περιβάλλον και την οικονομία. Λαμβάνει υπόψη το ενεργειακό αποτύπωμα των κτηρίων στοχεύοντας στη βελτίωση του μικροκλίματος στα αστικά σύνολα, στην αύξηση των ελεύθερων χώρων και των κοινόχρηστων πράσινου. Ο νέος Κανονισμός αντιλαμβανόμενος το μεγάλο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αδιέξοδο θέτει ως κύριο στόχο την αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής και ένα πιο βιώσιμο δομημένο περιβάλλον. Οι όποιες προτάσεις διατυπώνονται με τη σημαντική παραδοχή ότι το κέλυφος του κτηρίου αποτελεί σημαντικό στοιχείο όχι μόνο για την αισθητική του αλλά και για την οικολογική συμπεριφορά του, καθώς οι εξωτερικές επιφάνειες παίζουν καθοριστικό ρόλο στον ενεργειακό σχεδιασμό και καθορίζουν τη σχέση του κτηρίου με το περιβάλλον (ΥΠΕΚΑ 2012).

16.1 Οι στόχοι του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού

Οι βασικοί στόχοι του νέου Κανονισμού, στα πλαίσια της προώθησης της βιοκλιματικής δόμησης, είναι οι παρακάτω:

- Η εφαρμογή της κοινωνικής και περιβαλλοντικής πολιτικής μέσω της δόμησης. Απαιτεί αποτελεσματική Δημόσια Διοίκηση.
- Η συμβολή του κτηριακού τομέα προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Στόχοι είναι η μείωση της ενέργειας για τη χρήση των κτιρίων και κατ' επέκταση η ελάττωση των ρύπων από τους οποίους προκαλείται η κλιματική αλλαγή, η εξοικονόμηση και η χρήση ΑΠΕ για να παράγεται καθαρή ενέργεια.
- Περισσότεροι χώροι πράσινου και κοινόχρηστων και για καλύτευση του μικροκλίματος στις πόλεις με μεγάλη δόμηση, καθώς και σε περιοχές με περιβαλλοντικά προβλήματα.
- Περισσότερη ελευθερία για αρχιτεκτονική ποιοτικότερη, από μορφολογικής και λειτουργικής σκοπιάς, με ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου και χρήση σύγχρονων συστημάτων δόμησης με ενσωμάτωση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών και τεχνολογιών δόμησης.
- Αφύπνιση της οικολογικής συνείδησης για την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω της παροχής κινήτρων, καθώς και συμμετοχή στον προβληματισμό σε ζωτικής σημασίας θέματα, όπως ο τρόπος που ζούμε, το πώς διαχειριζόμαστε και καταναλώνουμε την ενέργεια, τους πόρους και τα απόβλητα (ΥΠΕΚΑ 2012).

16.2 Οι βασικές καινοτομίες του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού

Στις βασικές καινοτομίες του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού ιδιαίτερη θέση κατέχει η περιβαλλοντικά εναρμονισμένη δόμηση. Είναι γνωστό ότι η αύξηση των αναγκών δροσισμού έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη λειτουργία μηχανημάτων κλιματισμού που έχουν κατανάλωση ενέργειας και επιστροφή θερμότητας στο

περιβάλλον αυξάνοντας τη θερμοκρασία στις αστικές περιοχές. Ο Νέος Οικοδομικός Κανονισμός υποστηρίζει τις παθητικές μεθόδους για βελτιωμένη θερμική άνεση στη χρήση των κτηρίων. Παράλληλα δίνει κίνητρα για μειωμένη κάλυψη των οικοπέδων, καθώς και για τη χρήση υλικών και τεχνολογιών οικολογικών και φιλικών για την υγεία και το περιβάλλον. Σε αυτά τα πλαίσια ελήφθησαν οι παρακάτω αποφάσεις:

- ✓ Συντελεστής Όγκου: Στην ουσία προσμετράται στον όγκο ότι προσμετράται και στη δόμηση. Προκειμένου να υποστηριχθεί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική ελευθερία, αυξάνεται λίγο ο επιτρεπόμενος όγκος του κτηρίου, ενώ δεν προσμετρώνται στο συντελεστή οι ανοιχτοί όγκοι όπως αυτοί ορίζονται από το εξωτερικό ανάγλυφο του συμπαγούς κελύφους του κτηρίου ή που διαπερνούν διαμπερώς το εσωτερικό του, καθώς συμβάλλουν στον παθητικό δροσισμό, τη σκίαση, το φυσικό αερισμό, στην ενσωμάτωση και την εξυπηρέτηση των σύγχρονων τεχνολογιών.
- ✓ Συντελεστής Δόμησης: Δίνονται κίνητρα αυξημένης δόμησης υπό όρους και προϋποθέσεις, όπου υπάρχει σαφής αντιστάθμιση με περιβαλλοντικά ή κοινωνικά οφέλη. Ειδικότερα δίνονται κίνητρα για αυξημένο συντελεστή δόμησης για τα κάτωθι:
 - Ανέγερση κτηρίου πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης
 - Φυτεμένα δώματα
 - Υπόσκαφα κτήρια (Εικ. 6)
 - Συνενώσεις οικοπέδων
 - Περιορισμό της κάλυψης
 - Χρήση μονώσεων και εξωτερικών τοίχων μεγάλου πάχους από φυσικά υλικά και διπλά ενεργειακά κελύφη
- ✓ Συντελεστής Κάλυψης: Για να υποστηριχθεί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν προσμετρώνται οι χώροι που συμβάλλουν στον παθητικό δροσισμό, τη σκίαση, τον φυσικό αερισμό.
- ✓ Ύψη των κτηρίων: Αύξηση κατά 0,25 m στο ύψος κάθε ορόφου, προκειμένου να ενισχύεται ο καλός φυσικός αερισμός και φυσικός φωτισμός των χώρων. Επίσης επιτρέπεται μεγαλύτερο ύψος κτηρίων σε συνδυασμό με μικρότερη κάλυψη, σε περιοχές που δεν υπάρχουν ειδικοί περιορισμοί και ακολουθώντας συγκεκριμένη διαδικασία.



Εικ. 6 Υπόσκαφη κατοικία (Aspect-architects 2021)

Εστιάζοντας στα άρθρα και τις παραγράφους του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού που άπτονται του βιοκλιματικού σχεδιασμού, διακρίνουμε τα παρακάτω: Στην παράγραφο 29 του άρθρου 2 του Κανονισμού ορίζεται το κτήριο ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης ως το κτήριο πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Στην παράγραφο 72 του ίδιου άρθρου ορίζεται η φυτεμένη επιφάνεια ως επιλογή αρχιτεκτονικής επίλυσης η οποία βελτιστοποιεί τη βιοκλιματική συμπεριφορά ενός κτηρίου. Επίσης, με την παράγραφο 76 ορίζονται τα διπλά κελύφη ως διακριτή κατηγορία κατασκευής που βελτιστοποιεί τη βιοκλιματική συμπεριφορά του κτηρίου.

Στο άρθρο 10 του Νέου Κανονισμού προσδιορίζονται τα κίνητρα για την περιβαλλοντική αναβάθμιση και βελτίωση της ποιότητας ζωής σε πυκνοδομημένες και αστικές περιοχές. Σήμερα ο υπολογισμός της επιβάρυνσης που συντελεί η δόμηση δεν έχει να κάνει μόνο με το συντελεστή δόμησης και την πυκνότητα του πληθυσμού, λαμβάνει υπόψη και το ενεργειακό της και το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα. Η εφαρμογή του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού μπορεί να οδηγήσει στην επιβράδυνση της κλιματικής αλλαγής, στη μείωση των δαπανών χρήσης των σύγχρονων κτηρίων και στην προώθηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών θεμάτων τα οποία σχετίζονται με το δομημένο περιβάλλον. Στο νέο Κανονισμό προτείνεται αύξηση του συντελεστή δόμησης υπό όρους. Η προτεινόμενη αύξηση συνοδεύεται από τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της δόμησης, οπότε δεν συνιστά επιδείνωση, αλλά αντίθετα βελτίωση της ποιότητας διαβίωσης, καθώς και της ποιότητας του περιβάλλοντος. Αν το δούμε σε επίπεδο πόλης, τα οφέλη που προκύπτουν είναι περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά και έχουν στόχο μια αστική πραγματικότητα περισσότερο βιώσιμη.

Το άρθρο 16 του Νέου Κανονισμού αναφέρεται στα λειτουργικά, ενεργειακά και διακοσμητικά στοιχεία στις όψεις του κτηρίου. Προσδιορίζονται τα στοιχεία επί των όψεων που συμμετέχουν στην ογκοπλαστική διαμόρφωση του κτηρίου και συμβάλλουν στο βιοκλιματικό σχεδιασμό δημιουργώντας παθητικό δροσισμό, σκίαση, φυσικό αερισμό. Τα στοιχεία αυτά αφαιρούνται από το συντελεστή όγκου, δόμησης και κάλυψης και αυτό λειτουργεί ως κίνητρο δημιουργίας τους. Στο άρθρο αυτό προσδιορίζονται οι θέσεις τους μέσα στα όρια των υποχρεωτικώς ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου.

Στο άρθρο 17 υπάρχει η αναφορά στις κατασκευές και φυτεύσεις στους ακάλυπτους χώρους και τις περιφράξεις. Με το άρθρο αυτό προσδιορίζεται ο υποχρεωτικά ακάλυπτος χώρος του οικοπέδου. Προσδιορίζονται επίσης οι διαμορφώσεις στον ακάλυπτο χώρο, καθώς και οι λόγοι που αυτές οι διαμορφώσεις επιτρέπεται να γίνονται και η διαχείριση του αποτελέσματος κάθε εργασίας που αφορά στη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Γίνεται ακόμα προσδιορισμός των στοιχείων επί των ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου που συμβάλλουν στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και σε χρηστικές απαιτήσεις.

Με το άρθρο 18 προσδιορίζεται ο τρόπος κατασκευής, οι προϋποθέσεις και η διαδικασία ενημέρωσης της αρμόδιας αρχής για τη δημιουργία φυτεμένων επιφανειών και φυτεμένων δωματίων στα δομικά στοιχεία του κτηρίου.

Τέλος στο άρθρο 25 γίνεται αναφορά στα κίνητρα που δίνονται για τη δημιουργία κτηρίου ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης. Έτσι ορίζεται το κίνητρο αύξησης του συντελεστή δόμησης για τα κτήρια που μέσω του βιοκλιματικού και ενεργειακού σχεδιασμού απαιτούν ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή/και παρουσιάζοντας ταυτόχρονα άριστη περιβαλλοντική συμπεριφορά. Στο άρθρο αυτό προσδιορίζεται η μεθοδολογία περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτηρίων, τα προαπαιτούμενα για την έκδοση άδειας δόμησης, καθώς και η διαδικασία για τον έλεγχο και την επιβολή προστίμων σε περίπτωση που δεν υλοποιηθεί η κατασκευή (ΥΠΕΚΑ 2012).

17 Οικονομικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Εάν εξετάσουμε το πραγματικό κόστος μιας κατοικίας διακρίνουμε δύο επιμέρους τμήματα, το κόστος κατασκευής της και το κόστος λειτουργίας στο χρόνο ζωής της. Το πρώτο αποτελεί το 20-25% και το δεύτερο το υπόλοιπο 75-80%. Είναι λάθος να υπολογίζουμε το πρώτο μόνο, το κατασκευαστικό κόστος και να αγνοούμε το δεύτερο, το λειτουργικό κόστος. Όπως θα δούμε παρακάτω το κόστος για την κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας δεν διαφοροποιείται ουσιαστικά από αυτό της συμβατικής, σε αντίθεση με το κόστος λειτουργίας όπου είναι αισθητά μειωμένο στην περίπτωση της βιοκλιματικής σε σχέση με τη συμβατική κατοικία. Έτσι διαπιστώνει κανείς ότι με μια πολύ μικρή αύξηση στο κόστος κατασκευής, αυτό της θερμομόνωσης κατά κύριο λόγο, μπορεί να μειώσει τα χρήματα που απαιτούνται για τη λειτουργία της κατοικίας, προσφέροντας παράλληλα στην προστασία του περιβάλλοντος και καθιστώντας, με τις βιοκλιματικές αρχές, την κατοικία υγιή και φιλόξενη (IEA 1991).

17.1 Κατασκευαστικό κόστος βιοκλιματικής κατοικίας

Η κατασκευή μιας νέας κατοικίας με βιοκλιματικό σχεδιασμό δεν αυξάνει το κόστος κατασκευής σε σύγκριση με μια συμβατική κατοικία, δηλαδή κυμαίνεται μεταξύ 900 και 1300 ευρώ το τ.μ., με την προϋπόθεση χρήσης απλών συστημάτων και τεχνολογιών. Όταν χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνολογίες υπάρχει μια λογική αύξηση περίπου 10-15%. Η απόσβεση από την εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται σε 10 με 15 χρόνια, χρονική διάρκεια πολύ μικρή σε σχέση με το χρόνο ζωής της βιοκλιματικής κατοικίας.

Σε περίπτωση βιοκλιματικών επεμβάσεων σε υφιστάμενη κατοικία υπάρχει πάντα επιπλέον κόστος, το οποίο μπορεί να συμπεριληφθεί στο κόστος μιας ανακαίνισης ή ανακατασκευής. Η απόσβεση που προκύπτει από την αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται από το είδος των επεμβάσεων και σε κάθε περίπτωση είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής της κατοικίας. Δεν πρέπει να λησμονούμε επίσης ότι οι βιοκλιματικές παρεμβάσεις είναι επεμβάσεις κατά κύριο λόγο προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αναβάθμισης της κατοικίας και επιδοτούνται όπως είναι γνωστό από την Πολιτεία.

Σε περίπτωση εφαρμογής συστημάτων ΑΠΕ, όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριας, γεωθερμικής Α/Θ κοκ, η οικονομική επιβάρυνση είναι σημαντική και μερικές φορές ίσως ασύμφορη. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται αναλυτική τεχνικοοικονομική μελέτη για να διαπιστωθεί αν είναι συμφέρουσα μια τέτοια εφαρμογή και το κυριότερο αν αποσβένει σε λογικό χρόνο (μικρότερο από το χρόνο ζωής της κατοικίας) και πρέπει να συνυπολογίζεται και το κόστος συντήρησης των συστημάτων αυτών. Από την άλλη πρέπει να τονιστεί ότι η εφαρμογή ΑΠΕ σε μια βιοκλιματική κατοικία, σε συνδυασμό με σύστημα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (μπαταρίες), μπορεί να την καταστήσει ενεργειακά αυτόνομη, που σημαίνει ότι δεν απαιτείται η ηλεκτροδότησή της από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την απεξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο). Η χρησιμότητα του παραπάνω είναι προφανής στις περιπτώσεις που η βιοκλιματική κατοικία βρίσκεται σε απομακρυσμένη περιοχή από το δίκτυο της ΔΕΗ και η τροφοδοσία με καύσιμα είναι δύσκολη και χρονοβόρος. Αλλά ακόμη και αν υπάρχει πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο, οι χρήστες του σπιτιού μπορούν να καρπωθούν έσοδα από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των συστημάτων τους πωλώντας την στη ΔΕΗ. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να επιτευχθεί σημαντικά μειωμένος χρόνος απόσβεσης της επένδυσης (IEA 1991).

17.2 Λειτουργικό κόστος βιοκλιματικής κατοικίας

Η εξοικονόμηση ενέργεια σε μια βιοκλιματική κατοικία μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της κατοικίας, τις κλιματολογικές συνθήκες και από τις τεχνολογίες και τα συστήματα που εγκαθίστανται. Για την Ελλάδα και για βιοκλιματικές κατοικίες, έχει καταγραφεί οικονομία ενέργειας από 15% έως και 40% για τις ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση, σε σχέση με συμβατικές κατοικίες ίδιας ηλικίας και καλής κατασκευής. Σε παλαιότερες κατοικίες η οικονομία αυξάνεται κατά πολύ και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και το 80%. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Αν συμπεριλάβουμε και τα ενεργητικά συστήματα κι αν ενσωματώσουμε στη βιοκλιματική κατοικία και συστήματα ΑΠΕ, τότε για κλίματα όπως αυτά της νοτίου Ελλάδας, για παράδειγμα της Αττικής, η εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει το 100%. Να έχουμε δηλαδή πλήρως αυτόνομες ενεργειακά κατοικίες. Θα μπορούσαμε σαν παράδειγμα να υποθέσουμε ότι έχουμε μια βιοκλιματική κατοικία, με όλα τα στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως καλή θερμομόνωση, ηλιασμό, σκίασμό κλπ, όπου έχουμε εγκατεστημένη γεωθερμική αντλία θερμότητας που καλύπτει τις δεδομένα μειωμένες απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη της κατοικίας όλο το χρόνο. Επίσης σύστημα μηχανικού αερισμού-εξαερισμού με εναλλάκτες θερμότητας για ενίσχυση του φυσικού αερισμού της κατοικίας. Τέλος εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά ή οικιακή ανεμογεννήτρια για εξασφάλιση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τα παραπάνω συστήματα, αλλά και τις υπόλοιπες ηλεκτρικές ανάγκες της κατοικίας. Πρόκειται για μια ενεργειακά αυτόνομη δηλαδή κατοικία, που είναι κάτι εφικτό, τουλάχιστον για κλίματα σαν αυτό της Αττικής.

Αν επανέλθουμε στην περίπτωση της βιοκλιματικής κατοικίας που περιορίζεται μόνο στα παθητικά ηλιακά συστήματα και που έχει βιοκλιματικό σχεδιασμό, το λειτουργικό κόστος σε σχέση με τη συμβατική, ακόμα και σύγχρονη κατοικία, είναι αισθητά μειωμένο. Η τελευταία στη διάρκεια ενός χρόνου για να καλύψει τις ανάγκες της σε ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) το χειμώνα και σε ηλεκτρικό ρεύμα το καλοκαίρι, για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα, ξοδεύει εκατοντάδες ή και χιλιάδες ευρώ. Ενδεικτικά μια συμβατική κατοικία 100 τ.μ. έχει ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη 1000-1500 ευρώ, για το κλίμα της Αττικής και λαμβάνοντας τις ισχύουσες τιμές κόστους του πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο και της κιλοβατώρας στη χώρα μας. Στον αντίποδα μια βιοκλιματική κατοικία επίσης 100 τ.μ. έχει ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη της τάξης των 600-900 ευρώ. Ασφαλώς εξοικονόμηση χρημάτων επιτυγχάνεται και από το φωτισμό, χάρη στο φυσικό φωτισμό (IEA 1991).

18 Διαδικασία εκπόνησης βιοκλιματικής μελέτης

Κατά την κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας, απαραίτητη καταρχήν είναι η σωστή επιλογή του οικοπέδου. Επιθυμητό είναι το οικόπεδο να έχει νότιο προσανατολισμό και ο κύριος άξονάς του να εκτείνεται κατά την φορά ανατολής – δύσης. Ο στόχος είναι να προστατεύεται η μελλοντική κατοικία από τους βορινούς ανέμους με παράλληλη αξιοποίηση της θερμότητας από τον ηλιασμό. Απαραίτητο είναι επίσης να μην σκιάζεται το οικόπεδο στη νότια πλευρά του. Πρέπει ακόμα το οικόπεδο να μην βρίσκεται κοντά σε πηγές ακτινοβολίας (π.χ. καλώδια υπερυψηλής τάσης, υποσταθμοί της ΔΕΗ, ραδιοτηλεοπτικές κεραιές, κεραιές κινητής τηλεφωνίας κλπ)

. Στον αντίποδα καλό είναι το οικόπεδο να βρίσκεται κοντά σε χώρο πρασίνου. Τέλος θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα εδαφολογικής μελέτης και μελέτης ραδιοσυχνοτήτων και πλέγματος υπεδάφους (Cardinale et al. 2001).

Θα πρέπει ο μελετητής, ο κατασκευαστής κι ο μελλοντικός χρήστης της βιοκλιματικής κατοικίας να επιλέξουν δομικά υλικά με αυξημένη θερμοχωρητικότητα και να τα συνδυάσουν με καλή εξωτερική θερμομόνωση. Το γυαλί σαν υλικό προσφέρει την ευκολότερη και φτηνότερη λύση για απορρόφηση της ενέργειας. Για να αποφύγουμε όμως τις μεγάλες θερμικές απώλειες πρέπει να χρησιμοποιούμε διπλά τζάμια, ενώ οι αρμοί και τα κουφώματα πρέπει να στεγανοποιούνται καλά. Τα περισσότερα και μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να βρίσκονται στη νότια πλευρά της κατοικίας, ενώ στη βορινή πλευρά, αν δεν υπάρχει κάποιο άλλο κτίριο, θα πρέπει να υπάρχει προστασία επιδιώκουμε να υπάρχουν ψηλά δέντρα ή κλειστοί χώροι στάθμευσης και αποθήκευσης, για να αποφεύγεται η απευθείας επαφή με τους βόρειους ψυχρούς ανέμους. Οι άλλες δύο πλευρές, η ανατολική και η δυτική, δέχονται ίσες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας (Goulding et al. 1996).

Απαραίτητη είναι η χρήση μονωτικών υλικών, τόσο στους εξωτερικούς τοίχους, όσο και την κεραμοσκεπή και την πλάκα του δώματος. Η αναγκαιότητα της μόνωσης είναι αδιαμφισβήτητη για να εξασφαλίζονται μειωμένες θερμικές απώλειες τη χειμερινή περίοδο και μειωμένα ηλιακά κέρδη τη θερινή. Οι χρήστες της κατοικίας

θα πρέπει να φροντίσουν να υπάρχει επαρκής σκίαση με σκίαστρα και πέργκολες, καθώς και φυλλοβόλα δέντρα σε κατάλληλη θέση (νότια όψη) ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση της κατοικίας το καλοκαίρι. Επίσης μπορούν να τοποθετηθούν συστήματα ηλιοπροστασίας κινητά που μπορούν να αφαιρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες. Ένα επίσης σημαντικό στοιχείο που πρέπει να προσέχουν οι χρήστες είναι να διαθέτει η κατοικία σύστημα εναλλαγής του αέρα ώστε κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι να διασφαλίζεται η μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της και να διατηρείται σταθερή κατά τη διάρκεια της μέρας. Σημαντικό στοιχείο της βιοκλιματικής δόμησης είναι τα χρώματα που θα επιλεγούν, καθώς τα σκούρα χρώματα στο εξωτερικό μέρος απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μεταδίδουν στο εσωτερικό της κατοικίας υπερθερμαίνοντάς την το καλοκαίρι, ενώ αντίθετα τα ανοιχτά χρώματα αντανακλούν μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας επιστρέφοντάς την στο περιβάλλον (Rincon Martinez and Fuentes Freixanet 2014).

Δεδομένο θεωρείται ότι στο βιοκλιματικό σχεδιασμό στοχεύουμε στην εξοικονόμηση ενέργειας και για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της κατοικίας δομικά υλικά που είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Υπάρχουν επίσης αρκετές συσκευές που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια (π.χ. για παροχή ανακυκλώσιμου νερού για τις τουαλέτες), βρύσες χρονικά ελεγχόμενες και άλλες που μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια και πόρους. Αυτό που πρέπει να τονιστεί είναι ότι σε μια βιοκλιματική κατοικία δεν χρειάζονται σύνθετα και περίπλοκα συστήματα, αλλά απλά περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένοι χρήστες (Lewis Owen and Goulding 1999).

Η διαδικασία εκπόνησης της βιοκλιματικής μελέτης περιλαμβάνει πέντε στάδια:

1. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει:
 - ένα σωστό τοπογραφικό διάγραμμα όπου αποτυπώνονται οι ισοϋψείς καμπύλες και σημειώνεται η θέση του βορρά
 - μελέτη ραδονίου του εδάφους, όπου χρησιμοποιείται ειδικό όργανο για αυτό το σκοπό
 - μελέτη επιπέδου του θορύβου χρησιμοποιώντας ηχόμετρο
 - αποτύπωση των γεωμαγνητικών γραμμών Hartmann με τη χρήση ράβδων
 - μελέτη του υπεδάφους με τη χρήση γεωλογικού χάρτη
 - μελέτη του επιπέδου ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από κεραιές κινητής τηλεφωνίας, πυλώνες και ηλεκτρικά καλώδια κλπ.
 - μελέτη της υπάρχουσας φυτοκάλυψης και του εδαφικού ανάγλυφου της περιοχής
 - μελέτη της θέσης του ήλιου με προγράμματα τύπου Solar Pathfinder
2. Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει:
 - μελέτη του κλίματος της περιοχής
 - μελέτη της θερμικής άνεσης
 - μελέτη της ηλιακής γεωμετρίας
3. Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει το κτιριολογικό πρόγραμμα, καθώς και την εφαρμογή του Γ.Ο.Κ. (γενικός οικοδομικός κανονισμός).

4. Το τέταρτο στάδιο περιλαμβάνει:
 - μελέτη των παθητικών ηλιακών συστημάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση και το δροσισμό της κατοικίας
 - μελέτη ηλιασμού, τη μελέτη σκιασμού και τη μελέτη φυσικού φωτισμού
 - μελέτη εφαρμογής ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και πιθανώς η ενεργειακή αυτοδυναμία της κατοικίας με τη χρήση ΑΠΕ, όπως με φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, γεωθερμικές αντλίες, συστήματα αξιοποίησης της βιομάζας
 - μελέτη σχετικά με τη χρησιμοποίηση οικολογικών δομικών υλικών και την αδρανοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία άλλων υλικών, όπως το οπλισμένο σκυρόδεμα ή ο γρανίτης
 - ενεργειακή ταυτότητα της κατοικίας.
5. Το πέμπτο στάδιο περιλαμβάνει τη μελέτη εφαρμογής (Radovic 1996).

19 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κατοικιών

Ο μελετητής που σχεδιάζει μια βιοκλιματική κατοικία πρέπει να συνυπολογίσει αρκετές παραμέτρους που στόχο έχουν την ορθολογική χρήση της ενέργειας και σκοπό την εξοικονόμησή της. Μια σημαντική παράμετρος είναι το κλίμα της περιοχής προκειμένου με τη χρήση ηλιακής ενέργειας να επιτευχθεί η θερμική και οπτική άνεση, καθώς και τα τοπικά φυσικά και περιβαλλοντικά φαινόμενα όπως η θερμοκρασία, ο άνεμος, η υγρασία, η βλάστηση, η σκίαση (Κοντορούπης 2002).

Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό κύρια στοιχεία είναι τα παθητικά συστήματα που εγκαθίστανται στις κατασκευές στοχεύοντας στη χρήση των πηγών του περιβάλλοντος με σκοπό τη θέρμανση, την ψύξη και φυσικό φωτισμό της κατοικίας (Givoni 1998).

Με την εφαρμογή των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνουμε μείωση της αναγκαίας ενέργειας με τη σωστή προστασία του εξωτερικού κελύφους και τη συμπεριφορά των στοιχείων δόμησης. Αυτά οδηγούν σε ελαχιστοποίηση των απωλειών, δημιουργώντας τη ζητούμενη θερμική άνεση. Τα παθητικά συστήματα διατηρούν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό σε ιδανικά επίπεδα αναλόγως της εποχής, υψηλά τους χειμερινούς μήνες, χαμηλά τους θερινούς, μειώνοντας τις απαιτήσεις για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι. Η αξιοποίηση της ενέργειας του ήλιου για θέρμανση τον χειμώνα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας. Αντίθετα τους θερινούς μήνες πρέπει να περιορίζεται η ηλιακή θερμότητα με σκίαση και ηλιοπροστασία ώστε να διατηρείται φυσικός δροσισμός στην κατοικία (Αξαρή 2009).

Τα οφέλη από τη χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού διακρίνονται σε: ενεργειακά (μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται), οικονομικά (καθώς μειώνονται οι ανάγκες σε Η/Μ εξοπλισμό, κατανάλωση καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας), περιβαλλοντικά (καθώς μειώνονται οι εκπομπές ρύπων) και κοινωνικά (καθώς βελτιώνεται η ποιότητα ζωής) (Maciel et al. 2007).

Σύμφωνα με μελέτες στην Ευρώπη από τα κτίρια παράγεται το 50% των εκπομπών CO₂, ενός εκ των κυριότερων αερίων που είναι υπεύθυνο για την ρύπανση

του περιβάλλοντος και την κλιματική αλλαγή. Στην αποφυγή των ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων και την εξοικονόμηση ενέργειας για την προστασία του περιβάλλοντος μπορεί να συμβάλει η χρήση των ΑΠΕ αλλά ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κατοικιών. Με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό οι μεταβολές της θερμοκρασίας και των άλλων στοιχείων του καιρού αντιμετωπίζονται με λιγότερες ανάγκες ενέργειας (Goulding and Owen Lewis 1997).

Με το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κατοικιών επιτυγχάνουμε απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, με κυριότερο το πετρέλαιο θέρμανσης, εξοικονόμηση χρημάτων και προστασία του περιβάλλοντος. Εφαρμόζοντας σωστά τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και κυρίως αξιοποιώντας στο μέγιστο την απεριόριστη ηλιακή ακτινοβολία και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (γεωθερμική, αιολική, βιομάζα) μπορούμε να περιορίσουμε αποτελεσματικά τις ανάγκες σε πετρέλαιο και ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο. Η εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει υπερβαίνει το 50% με τη χρήση της δωρεάν ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση της κατοικίας και των ανέμων για το δροσισμό. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι πέρα από κάθε αμφιβολία οικονομικά συμφέρουσα λύση. Και τέλος, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και αυτή η προστασία είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού με την κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας αξιοποιούνται άμεσα οι θετικές παράμετροι του κλίματος που έχουν ως αποτέλεσμα τη μειωμένη εκπομπή των ρύπων και τη μειωμένη μόλυνση του περιβάλλοντος (Αραβαντινός 2009).

Μια βιοκλιματική κατοικία πρέπει από τη σχεδιάσή της να είναι προσαρμοσμένη στις κλιματολογικές συνθήκες και το φυσικό περιβάλλον ώστε να επιτυγχάνει συνθήκες θερμικής άνεσης με τη λιγότερη δυνατή ενέργεια. Βασικό στοιχείο για την επίτευξη της παραπάνω συνθήκης είναι η χρήση ΑΠΕ (Soutullo et al. 2016).

Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να τηρούνται κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό της κατοικίας είναι τα ακόλουθα:

- Το κτίριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης και αποθήκη θερμότητας τον χειμώνα
- Να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας
- Να αποθηκεύει φυσική ψύξη κατά τη θερινή περίοδο

Για να λειτουργεί μια κατοικία ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης θα πρέπει να έχει κατάλληλο σχήμα και σωστό προσανατολισμό, να είναι κατασκευασμένη στο σωστό σημείο του οικοπέδου, να έχει σωστή διαρρύθμιση και ανάλογο μέγεθος ανοιγμάτων (Λάζαρη 2002) (Εικ. 7).

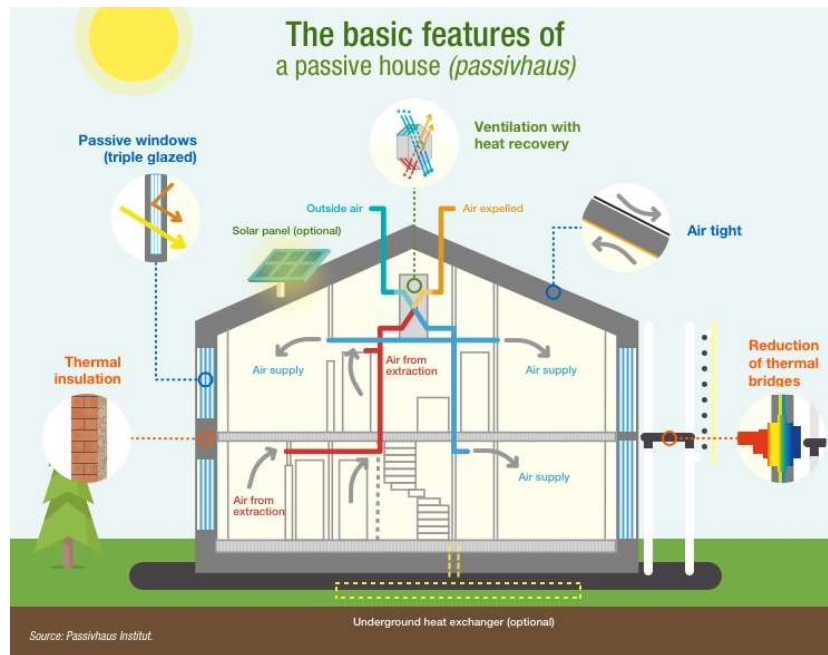
Η μορφή της κατοικίας έχει επίδραση στις απαιτήσεις της σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, ανάλογα με το κλίμα της περιοχής. Μια κατοικία που εκτείνεται κατά τον άξονα ανατολής – δύσης προσφέρει μεγάλη επιφάνεια και ανοίγματα προς το νότο με αποτέλεσμα να συλλέγεται μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας το χειμώνα. Σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητη η σκίαση της νότιας πλευράς κατά την θερινή περίοδο. Οι πλευρές της κατοικίας προς ανατολή και δύση δεν δέχονται μεγάλο ηλιασμό τους θερινούς μήνες, παρόλα αυτά προτείνεται σκίαση για κάποιες ώρες της ημέρας και σε αυτές τις πλευρές. Σχετικά με το καταλληλότερο σχήμα της

κατοικίας, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος αλλά και τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες ισχύουν τα ακόλουθα: Το επίμηκες σχήμα κατά τον άξονα βορρά – νότου δεν είναι αποτελεσματικό από ενεργειακής άποψης, αφού δεν παρουσιάζει οφέλη ούτε το χειμώνα ούτε το καλοκαίρι. Επίσης το κυβικό σχήμα της κατοικίας δεν είναι το καλύτερο σχήμα καθώς έχει περιορισμένα ενεργειακά οφέλη, αν και το χειμώνα έχει μικρότερες θερμικές απώλειες (σε σχέση με το επίμηκες βορρά – νότου). Η καλύτερη μορφή κατοικίας για οποιοσδήποτε κλιματολογικές συνθήκες είναι λοιπόν η επιμήκης κατά τον άξονα ανατολής – δύσης (Mastouri et al. 2020).

Ο προσανατολισμός της κατοικίας είναι ένα σύνθετο θέμα καθώς εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως το φυσικό τοπίο, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, την τοπογραφία της περιοχής και το ανάγλυφο του εδάφους. Για την Ελλάδα και τις κλιματολογικές της συνθήκες ο πιο κατάλληλος προσανατολισμός είναι ο νότιος, επειδή η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται είναι τριπλάσια σε σχέση με αυτή του ανατολικού και του δυτικού προσανατολισμού (Χεγκάζι 2009).

. Επιλέγοντας το νότιο προσανατολισμό εξασφαλίζουμε μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας το χειμώνα, με την απαραίτητη όμως ηλιοπροστασία για την αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι. Για γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από 40° οι νότιες πλευρές έχουν μεγαλύτερα ηλιακά κέρδη το χειμώνα. Από την άλλη οι πλευρές προς ανατολή και δύση είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες κατά τη θερινή περίοδο (Muneeer 2004).

Τα κλιματικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής μας καθοδηγούν στην επιλογή συστημάτων βασισμένα στη χειμερινή ή θερινή περίοδο. Το κύριο στοιχείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού όμως είναι η ορθή συμπεριφορά της κατοικίας σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Αυτό που ισχύει γενικά, είναι ότι κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη η παθητική θέρμανση, ο φυσικός δροσισμός και ο φυσικός φωτισμός της κατοικίας με στόχο να μειωθεί η κατανάλωση της ενέργειας, να βελτιωθεί το μικροκλίμα και βέβαια η ποιότητα ζωής στους εσωτερικούς χώρους. Προκειμένου να ελεγχθεί η ομαλή λειτουργία των συστημάτων και να έχουμε μια κατοικία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας είναι αναγκαίο κατά το στάδιο του σχεδιασμού να πραγματοποιούνται προσομοιώσεις και με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών να αποφύγουμε τα λάθη και τις παραλείψεις. Στην αντίθετη περίπτωση θα χρειαστεί να γίνουν βελτιωτικές επεμβάσεις αφού έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή της κατοικίας που συνεπάγονται οικονομικά προβλήματα, καθώς και προβλήματα στην ομαλή λειτουργία της (Counelas 2020).



Εικ.7 Βασικά χαρακτηριστικά βιοκλιματικής κατοικίας (Iberdrola 2021)

19.1 Χωροθέτηση της κατοικίας – Προσανατολισμός

Όπως έχει αναφερθεί ο νότιος προσανατολισμός είναι ο πλέον κατάλληλος, αν και τα πιο συχνά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αρχιτέκτονες είναι ο τρόπος που θα χωροθετηθεί η κατοικία μέσα στο οικόπεδο, ο προσανατολισμός της, αλλά και ο σκιασμός που θα δέχεται από τα γειτονικά κτίρια. Αυτό είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο στις αστικές και ιδίως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές. Ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η χάραξη των δρόμων συχνά προκαθορίζουν τον προσανατολισμό των όψεων των κατοικιών. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι μελετητές και οι κατασκευαστές να μην καταφέρνουν να αξιοποιούν τα διαθέσιμα θερμικά οφέλη με συνέπεια την κατασκευή κατοικιών με πολλά προβλήματα, όπως υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων στις περιπτώσεις ανατολικών και δυτικών προσανατολισμών, αλλά και αναγκαστική απομόνωση από τον ήλιο στην περίπτωση βόριων προσανατολισμών. Αλλά ακόμα και σε κατοικίες με νότιο προσανατολισμό μπορεί να προκύψουν προβλήματα, όπως για παράδειγμα σκιασμός από απέναντι κτίρια, που ήδη αναφέρθηκε παραπάνω (Maciel et al. 2007).

Ιδανικά η ανάπτυξη της κατοικίας πρέπει να γίνεται κατά τον άξονα ανατολή – δύση με νότιο προσανατολισμό χωρίς προβλήματα σκιασμού. Μία απόκλιση από το νότιο προσανατολισμό της τάξης των 25° είναι αποδεκτή ενεργειακά, αρκεί να χρησιμοποιηθούν παθητικά ηλιακά συστήματα για να αξιοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά κέρδη που είναι ανεκμετάλλευτα (Τσίππρας και Θέμης 2005) (Εικ. 8).

Αναφορικά με τη χωροθέτηση της κατοικίας, εάν το οικόπεδο είναι μεγάλο ιδανικό είναι η κατοικία να τοποθετηθεί στο σημείο με τον μεγαλύτερο ηλιασμό ετησίως και σε περίπτωση περιοχής με ισχυρούς ανέμους και βαρύ χειμώνα, σε σημείο που να προφυλάσσεται από τις καιρικές συνθήκες.

Σε περιοχές με θερμό καλοκαιρινό κλίμα, όπου είναι επιθυμητός ο φυσικός αερισμός για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου η κατοικία σε σημείο ιδανικά θα πρέπει να βρίσκεται στην πορεία του ανέμου.

Σε περίπτωση που τμήμα της κατοικίας μπορεί να χωροθετηθεί εντός του εδαφικού ανάγλυφου και υπάρχει φυσικός φωτισμός και αερισμός αλλά και τα πλάγια όρια της εφάπτονται με το έδαφος, τότε αξιοποιείται η υψηλή θερμική αδράνεια του κελύφους, με αποτέλεσμα οι θερμικές απώλειες να ελαττώνονται και και η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας να είναι μικρότερη (Κοσμόπουλος 2008).

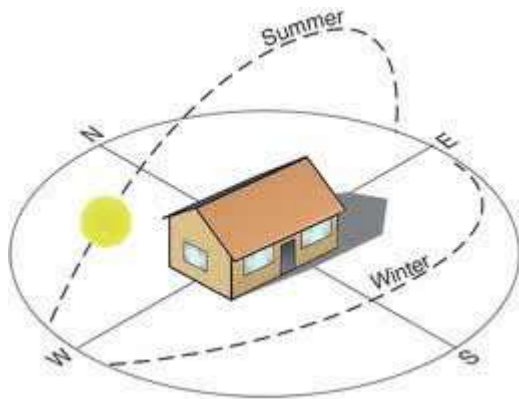
Γενικά η χωροθέτηση της κατοικίας πρέπει να γίνεται στην βόρεια πλευρά του οικοπέδου για να απομακρυνθεί από τα απέναντι κτίσματα και έτσι να μην σκιάζεται και να εκμεταλλεύεται τον ηλιασμό τον χειμώνα (Εικ. 9). Στη νότια πλευρά χρήσιμο θα ήταν να φυτεύονταν φυλλοβόλα δέντρα για σκίαση το καλοκαίρι. Εκεί πρέπει να βρίσκονται και οι υδάτινες επιφάνειες (πχ πισίνα) ώστε να δημιουργείται εξατμιστικός δροσισμός τους θερμούς μήνες. Στον βορρά είναι χρήσιμα αειθαλή δέντρα για ασπίδα στους χειμερινούς ψυχρούς ανέμους.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να πραγματοποιηθούν εύκολα σε οικόπεδα μη αστικών περιοχών, όπου η περίπτωση να μη επιλεγεί ο νότιος προσανατολισμός είναι η θέα, η κλίση του εδάφους και η δυσκολία πρόσβασης (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

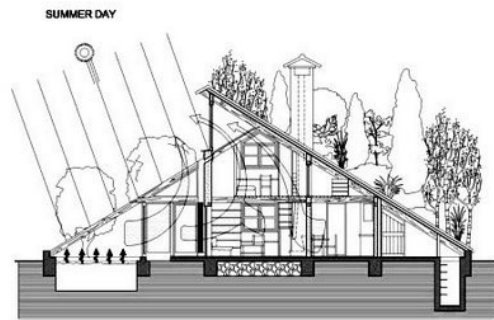
Αναφορικά με τη δυτική όψη της κατοικίας κρίσιμα θεωρούνται τα καλοκαιρινά απογεύματα, τότε που ο ήλιος προκαλεί υψηλές θερμοκρασίες και απαιτείται ενισχυμένη μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους για να μην υπερθερμαίνονται οι εσωτερικοί χώροι. Για τον ίδιο η δυτική πλευρά θα πρέπει να είναι περιορισμένη, να μην έχει παράθυρα ή να σκιάζεται αποτελεσματικά με αειθαλή δέντρα (π.χ. κυπαρίσσια), τέντες κλπ.

Γενικά, ο σωστός σχεδιασμός του εξωτερικού χώρου μπορεί να βελτιώσει το μικροκλίμα και να επηρεάσει τις συνθήκες στο εσωτερικό της κατοικίας. Τα δέντρα και γενικότερα τα φυτά παρέχουν σκίαση και δροσισμό που μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί και με πισίνες, σιντριβάνια, μικρές λίμνες κλπ (Αξαρχή 2009).

Η κατάλληλη τοποθέτηση της κατοικίας προσφέρει ηλιασμό τον χειμώνα, προστασία από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και φυσικό φωτισμό με αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας. Προσφέρει ακόμα αξιοποίηση της ροής του αέρα που με τον κατάλληλο χειρισμό της μπορεί να μειωθεί το θερμικό φορτίο το χειμώνα και το ψυκτικό φορτίο το καλοκαίρι καλύπτοντας κατά ένα μεγάλο μέρος τις ανάγκες της κατοικίας και μειώνοντας δραστικά τις ενεργειακές της ανάγκες (Goulding and Owen Lewis 1997).



Εικ. 8 Προσανατολισμός της κατοικίας
(SgAGroup 2014)



Εικ. 9 Χωροθέτηση της κατοικίας
(MichanikosApps 2015)

19.2 Μορφή – σχήμα της κατοικίας

Εκτός από τη χωροθέτηση και τον προσανατολισμό, το σχήμα και η μορφή της κατοικίας καθορίζουν την αξιοποίηση του ηλιασμού και την ροή ή τον αποκλεισμό του άνεμου. Ο βασικός κανόνας είναι ότι όσο πιο συμπαγής είναι μια κατοικία (δηλαδή όσο πιο μεγάλος είναι ο λόγος του όγκου της προς το σύνολο των εξωτερικών τοίχων της), τόσο μειώνονται οι απώλειες θερμότητας. Βέβαια δεν πρέπει να καταστρατηγούνται οι αρχιτεκτονικοί κανόνες αλλά πάντως πρέπει να συνυπολογίζεται. Το ιδανικό σχήμα είναι προσανατολισμένο κατά τον άξονα ανατολή – δύση, με τη μεγαλύτερη πλευρά στο νότο και όσο μικρότερο γίνεται σε ανατολή και δύση. Σύμφωνα με μελέτη που έχει γίνει στο παρελθόν, η ιδανική αναλογία πλευρών ανατολικής/δυτικής όψης προς νότια/βόρεια είναι 1:1,3 στα θερμά κλίματα ανεξαρτήτως αν είναι ξηρά ή υγρά. Το πιο μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας του ήλιου το χειμώνα κατευθύνεται στη νότια πλευρά, ενώ το καλοκαίρι κυρίως στη στέγη αλλά και στην ανατολική και δυτική πλευρά (Maciel et al. 2007).

Γενικά ως προς τους ορόφους, ανάμεσα σε δυο κατοικίες ίδιων τετραγωνικών είναι προτιμότερη αυτή που εκτείνεται σε ορόφους από αυτή που εκτείνεται οριζόντια. Κι αυτό γιατί μια διόροφη για παράδειγμα κατοικία έχει τη μισή επιφάνεια στέγης ή δώματος απ' ότι μια μονόροφη κι έτσι το καλοκαίρι δέχεται τη μισή αντινοβολία και τον χειμώνα έχει τις μισές απώλειες. Επίσης μπορεί ενδεχομένως να μπορεί να έχει περισσότερα ανοίγματα προς τον νότο σε σύγκριση με την οριζόντια.

Χρήσιμη είναι επίσης η δημιουργία αρχιτεκτονικών στοιχείων που από μόνα τους σκιάζουν άλλα μέρη του οικήματος. Αυτό είναι κάτι που συναντάμε συχνά στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και στις σύγχρονες κατασκευές, προσέχοντας όμως την υπέρμετρη εφαρμογή αυτής της πρακτικής καθώς μπορεί να δημιουργηθεί κέλυφος με μικρό λόγο όγκου ως προς τις εξωτερικές επιφάνειες (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Καθώς από το κέλυφος της κατοικίας εξαρτάται η ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον και κατ' επέκταση η θερμική της συμπεριφορά, η μορφή της παίζει σημαντικό ρόλο. Κατά τον σχεδιασμό της κατοικίας πρέπει να επιλέξουμε αν θα δημιουργηθεί ανοικτή ή κλειστή μορφή κατοικίας. Ανοικτή είναι η μορφή με μεγάλα ανοίγματα ενώ κλειστή αυτή με μικρά ανοίγματα. Προκειμένου να επιλέξουμε την

καταλληλότερη μορφή λαμβάνουμε υπόψη κάποια κριτήρια όπως τις κλιματολογικές συνθήκες, τον προσανατολισμό, τη θέα, την ασφάλεια, το θόρυβο, το κόστος κ.ά. Από ενεργειακής άποψης και οι δύο μορφές κατοικίας μπορούν υπό ορισμένες προϋποθέσεις να έχουν την ίδια αποτελεσματικότητα. Όταν ο προσανατολισμός είναι νότιος και δεν δημιουργείται σκίαση της κατοικίας από κτίσματα, δέντρα κλπ, η κατάλληλη μορφή είναι η ανοικτή. Με αυτό τον τρόπο αυξάνονται τα θερμικά οφέλη από τον ηλιασμό. Τα ανοίγματα προσφέρουν άμεσο ηλιακό κέρδος. Τα οφέλη αυξάνονται και μέσω παρεμβάσεων στην κατοικία όπως με την εγκατάσταση παθητικών ηλιακών συστημάτων. Στην περίπτωση που η κατοικία έχει άλλο προσανατολισμό εκτός του νότιου η καταλληλότερη μορφή είναι η κλειστή, αυτή των μικρών ανοιγμάτων που σε συνδυασμό με ισχυρή μόνωση επιτυγχάνει μικρές απώλειες θερμότητας αλλά και την απαραίτητη ηλιοπροστασία (Muneer 2004).

19.3 Λειτουργική οργάνωση εσωτερικών χώρων

Όταν σχεδιάζουμε τους εσωτερικούς χώρους πρέπει να φροντίζουμε οι πλέον χρησιμοποιούμενοι χώροι, οι κύριοι χώροι διημέρευσης δηλαδή (υπνοδωμάτια, σαλόνι, τραπεζαρία), να τοποθετούνται στη νότια πλευρά της κατοικίας, με σκοπό την εξασφάλιση των επιθυμητών εσωτερικών θερμοκρασιών που πρέπει να είναι υψηλότερες σε σχέση με αυτές της υπόλοιπης κατοικίας. Από την άλλη, οι χώροι που χρησιμοποιούνται λιγότερο και δεν χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες, πρέπει να τοποθετούνται ενδιάμεσα δηλαδή πίσω από τους κυρίως χρησιμοποιούμενους χώρους αλλά και μπροστά από τους βοηθητικούς που πρέπει να βρίσκονται στον βορρά αφενός επειδή δεν έχουν ανάγκη θερμότητας και αφετέρου γιατί λειτουργούν ως μόνωση ανάμεσα στο βορινό ψύχος και την υπόλοιπη κατοικία. Έτσι η κύριοι χώροι έχουν μειωμένες απώλειες θερμότητας (Maciel et al. 2007).

Άλλοι παράγοντες που καθορίζουν τον προσανατολισμό, εκτός από τον ηλιασμό, είναι η θέα, η ασφάλεια, η αισθητική κλπ. Αυτοί οι παράγοντες λαμβάνονται υπόψη στον τρόπο που θα σχεδιασθεί η κατοικία. Η τελική απόφαση για τον προσανατολισμό θα πρέπει να λαμβάνεται με βάση τη χρήση των χώρων και την ανάγκη τους για θερμότητα. Έτσι το καθιστικό και το υπνοδωμάτιο έχουν υψηλές θερμικές ανάγκες που συνεπάγονται υψηλές απαιτήσεις σε θερμικά ηλιακά κέρδη συγκρινόμενα με την κουζίνα που αποκτά πρόσθετη θερμότητα από τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται εκεί (κουζίνα, φούρνο κλπ).

Το σαλόνι και η τραπεζαρία έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες για θερμικά κέρδη από τον ήλιο αφού είναι συνήθως τα μεγαλύτερα δωμάτια, είναι τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα και δεν έχουν άλλες συσκευές να τους δίνουν θερμότητα (όπως έχει η κουζίνα) παρά μόνο τη θερμότητα των κατοίκων και των φωτιστικών. Έτσι χρειάζονται τον ήλιο να βοηθάει στην θέρμανσή τους γι' αυτό και πρέπει να βρίσκονται στον νότο και επειδή έχουν μεγάλα ανοίγματα χρειάζονται τον χειμώνα διπλά τζάμια και μονωμένα παντζούρια για να συγκρατούν τη θερμοκρασία.

Η κουζίνα δέχεται μεγάλες ποσότητες θερμότητας από τον φούρνο και την κουζίνα που συμβάλλουν στη θέρμανση της όμως κινδυνεύει από την δημιουργία υγρασίας γι' αυτό πρέπει να αερίζεται καλά. Η συνηθισμένη τοποθέτηση της κουζίνας

είναι προς τον βορρά και δεν πρέπει να τοποθετείται προς τη δύση γιατί η θερμότητα των ηλεκτρικών συσκευών με τη θερμότητα του ήλιου τα απογεύματα δημιουργεί πολύ υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.

Κατά την περίπτωση που η κουζίνα είναι ανοικτή, που συνδέεται δηλαδή με την τραπεζαρία και το καθιστικό, δημιουργώντας ενιαίο χώρο, θα πρέπει να τοποθετείται με προσοχή στην κατοικία, αφού θα είναι χρησιμοποιείται πολύ. Είναι σημαντικό η κουζίνα να τοποθετείται σε σημείο πρόσβασης φυσικού φωτός, με μεγάλα παράθυρα αν δεν είναι στο νότο.

Τα μπάνια συνήθως είναι παραμελημένα από ενεργειακής πλευράς. Συχνά τοποθετούνται προς τον βορρά όπου δεν υπάρχει αρκετό φως και θερμικά κέρδη όμως καλό θα είναι το μπάνιο να έχει κάποια ώρα της ημέρας ηλιασμό για να ανακτά θερμότητα. Όταν τοποθετείται νότια με μεγάλα παράθυρα δέχεται μεν ηλιακή θερμότητα αλλά όχι τις ώρες που χρησιμοποιείται. Αυτό που ισχύει είναι ότι τα μπάνια τοποθετούνται όπου μας βολεύει, χωρίς να μας απασχολεί η έκθεση στον ήλιο (Λάζαρη 2002).

Τα υπνοδωμάτια της κατοικίας κατατάσσονται σε σχέση με τις ανάγκες τους σε θέρμανση ανάλογα τη χρήση τους. Έτσι, τα παιδικά δωμάτια καθώς και αυτά των ηλικιωμένων έχουν αυξημένες ανάγκες σε θέρμανση μέρα – νύχτα. Αυτά τα δωμάτια είναι προτιμότερο να χωροθετούνται σε νότιο ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Από την άλλη στα εφηβικά δωμάτια οι απαιτήσεις σε θέρμανση είναι μικρότερες και μπορούν να τοποθετούνται σε βορειοανατολικό προσανατολισμό. Γενικά τα υπνοδωμάτια που έχουν μικρότερη χρήση έχουν μικρότερες θερμικές απαιτήσεις από δωμάτια ολόημερης χρήσης όπως τα γραφεία. Όλα τα παραπάνω πρέπει να συνεκτιμούνται όταν σχεδιάζεται ο εσωτερικός χώρος και το είδος της θέρμανσης ώστε και ανταλλαγή θερμότητας να υπάρχει και οι κάτοικοι να ζουν άνετα σε αυτά (Αξαρή 2009).

Η σχεδίαση του εσωτερικού πρέπει να συνεκτιμά επίσης τις κλιματολογικές συνθήκες. Ισχύει ότι πλευρά προς τον βορρά είναι πιο ψυχρή και πιο σκοτεινή αφού ακόμα και τους θερινούς μήνες έχει μικρό ηλιασμό. Οι πλευρές προς ανατολή και δύση θεωρητικά δέχονται τον ίδιο ηλιασμό αλλά η δυτική όψη το καλοκαίρι δέχεται ιδιαίτερη επιβάρυνση τις ώρες της δύσης. Τέλος η νότια πλευρά έχει περισσότερο ηλιασμό τον χειμώνα και είναι το πιο ευχάριστο και φωτεινό σημείο του σπιτιού. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι για τις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες η ιδανική διάρθρωση είναι αυτή που οι πλέον χρησιμοποιούμενοι χώροι τοποθετούνται στη νότια όψη της κατοικίας. Στο βορρά μπορούν να τοποθετηθούν αποθηκευτικοί χώροι, κλιμακοστάσια και άλλοι βοηθητικοί χώροι, που δημιουργούν και μια ασπίδα προστασίας από το βορινό ψύχος. Αυτοί οι χώροι μειώνουν τις επιπτώσεις των εξωτερικών αλλαγών στο εσωτερικό του σπιτιού, με αποτέλεσμα καλύτερο μικροκλίμα και ενεργειακή οικονομία (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006) (Εικ. 10).

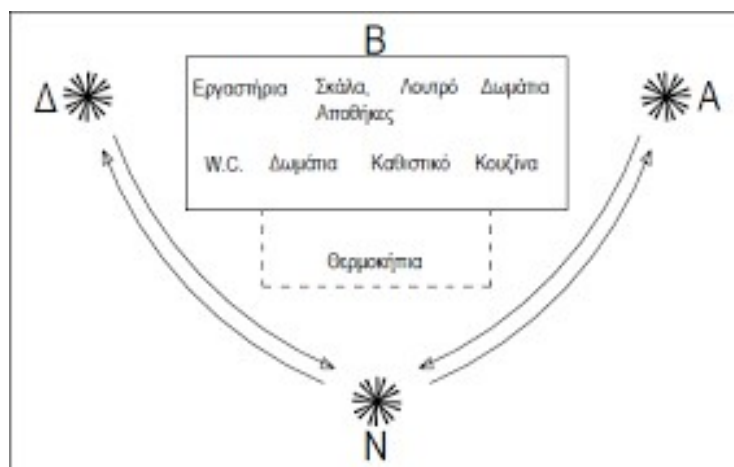
Οι διάφοροι μη θερμαινόμενοι χώροι ή αυτοί με περιορισμένη θέρμανση συνήθως τοποθετούνται στη νότια πλευρά της κατοικίας και μετατρέπονται σε συλλέκτες του ήλιου. Αυτή είναι η αρχή λειτουργίας του θερμοκηπίου. Το θερμοκήπιο στηρίζεται σε αυτή τη λογική. Οι διάδρομοι, τα χολ, τα γκαράζ είναι

αποτελεσματικότερα όταν προφυλάσσουν την κατοικία από το κρύο και τους ανέμους.

Ο τρόπος που θα χωροθετηθούν τα δωμάτια μπορεί να καθορισθεί σημαντικά από το χωρισμό της κατοικίας σε θερμικές ζώνες. Είναι γνωστό ότι στις κατοικίες η θερμοκρασία διαφέρει ανάμεσα στα δωμάτια και έτσι δημιουργείται ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ τους. Αυτό είναι χρήσιμο όταν έχουμε πολύ θερμούς χώρους και πολύ ψυχρούς χώρους και η θερμοκρασία ισορροπεί και εξαρτάται από τη διάταξη, τα χωρίσματα και την κίνηση του αέρα.

Η τοποθέτηση της κατοικίας στον άξονα ανατολής – δύσης δίνει επαρκή φυσικό φωτισμό και αερισμό καθώς και ηλιασμό σε όλη σχεδόν την κατοικία. Ως προς την τοποθέτηση των δωματίων, όταν τα υπνοδωμάτια βρίσκονται στον πάνω όροφο κερδίζουν θερμότητα από τον κάτω όροφο. Όταν βρίσκεται το σαλόνι στον πάνω όροφο έχει τα θερμικά κέρδη της ηλίας και το πλεονέκτημα της θέας (Goulding and Owen Lewis 1997).

Το θερμοκήπιο, όπως και άλλοι μη θερμαινόμενοι χώροι, πρέπει να χωρίζονται από τους υπόλοιπους χώρους με μονωμένους τοίχους επειδή η θερμοκρασία του κατά τους θερινούς μήνες είναι πολύ υψηλή. Όταν όμως αποφασίζεται η δημιουργία θερμοκηπίου σε μια κατοικία πρέπει όσο είναι δυνατό περισσότερα δωμάτια να εφάπτονται σε αυτό για να επωφελούνται από την θερμότητά του τους χειμερινούς μήνες (Τσίππρας και Θέμης 2005).



Εικ. 10 Οργάνωση εσωτερικών χώρων της κατοικίας (Ζουμπουρλής & Ετμεκτζόγλου χ.χ.)

19.4 Λειτουργία του κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης

Από την τοποθέτηση της κατοικίας στο οικόπεδο εξαρτάται αν θα αξιοποιήσει τον ηλιασμό. Ο γενικός κανόνας είναι η χωροθέτηση της προς τον νότο. Με την μελέτη των ηλιακών χαρτών μπορεί να προσδιοριστεί το πιο κατάλληλο σημείο για να λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης (Λάζαρη 2002).

Έτσι η κατοικία θα συλλέγει την ημέρα τη θερμότητα του ήλιου, θα την αποθηκεύει και θα την επιστρέφει στο εσωτερικό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για να γίνει αυτή η αποθήκευση πρέπει να είναι κατασκευασμένη από δομικά υλικά ικανά για αυτή τη λειτουργία που γίνεται μέσω των δαπέδων, των τοίχων και της οροφής.

Ο βαθμός απορρόφησης και αποθήκευσης των δομικών υλικών εξαρτάται από την πυκνότητα της μάζας και τον συντελεστή ειδικής θερμότητας και τα πιο θερμοχωρητικά υλικά είναι το σκυρόδεμα, η πέτρα και τα τούβλα (Maciel et al. 2007).

Η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας ως θερμότητα γίνεται από τα σημεία δέχονται τον ηλιασμό και από τον αέρα που θερμαίνεται και κινείται μεταφέροντας την θερμότητα. Όσο περισσότερη είναι η αποθηκευμένη θερμότητα, από τα θερμοχωρητικά υλικά, τόσο μικρότερη είναι η ανάγκη για συμπληρωματική θέρμανση.

Όσον αφορά την περιοδική ροή της θερμότητας, πρόκειται για ένα επαναλαμβανόμενο κύκλο που διαφέρει ως προς την ένταση ανάλογα με την εποχή. Η χρονική υστέρηση της ροής θερμότητας και ο συντελεστής μείωσης της θερμοκρασίας είναι χαρακτηριστικά μεγέθη για την κατοικία και καθορίζονται από τα υλικά κατασκευής της κατοικίας, καθώς από αυτά εξαρτάται η αποθηκευμένη θερμότητα και το επίπεδο της θερμικής άνεσης. Αυτό που επιδιώκουμε είναι η επιλογή των κατάλληλων υλικών προκειμένου να μειωθούν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και να υπάρχει η αναγκαία χρονική υστέρηση.

Η χρονική υστέρηση είναι ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην εμφάνιση αιχμής της εξωτερικής και της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η χρονική υστέρηση εκφράζεται σε ώρες και εξαρτάται από την θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, καθώς και τη θερμική αδράνεια της κατοικίας. Ο συντελεστής μείωσης είναι ο λόγος του μέγιστου εύρους της θερμοκρασίας στο εσωτερικό προς το μέγιστο εύρος της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος. Αυτός ο λόγος αυξάνεται αυξάνοντας τη θερμομόνωση του κελύφους της κατοικίας και μειώνεται αυξανόμενης της θερμικής αδράνειας (Bilgen and Vasseur 1994).

19.5 Μέγεθος και χωροταξία ανοιγμάτων

Εκτός από τον προσανατολισμό και τα δομικά υλικά ένας άλλος παράγοντας που καθιστά την κατοικία ηλιακό συλλέκτη είναι τα ανοίγματα της που βασικά καλύπτονται με γυαλί. Από τις γυάλινες αυτές επιφάνειες υπάρχει θερμική απώλεια καθώς το γυαλί δεν είναι θερμομονωτικό υλικό, όμως σε αυτές οφείλονται και τα θερμικά κέρδη τον χειμώνα εφόσον βρίσκονται $\pm 30^\circ$ ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου. Έτσι ιδανικά τα μεγαλύτερα ανοίγματα με τζάμι μονό ή διπλό πρέπει αν βρίσκονται στον νότο, μεσαίας διάστασης σε ανατολή και δύση και μικρά στον βορρά με διπλό τζάμι (Maciel et al. 2007).

Από το είδος των τζαμιών (μονά ή διπλά), εξαρτάται ο τρόπος που διαχέεται το φως αλλά και οι απώλεια θερμότητας. Στα διπλά τζάμια παρατηρείται μείωση του ηλιακού κέρδους κατά 18% αλλά ταυτόχρονα μείωση και της θερμικής απώλειας κατά 50% σε σύγκριση με τα μονά. Εάν τα τζάμια είναι τριπλά η μείωση του ηλιασμού θα αυξανόταν κατά 18% περισσότερο αλλά η απώλεια θα μειωνόταν ακόμα κατά το 1/3. Επομένως κάθε επιπλέον στρώμα καθιστά τα τζάμια πιο αποτελεσματικά αλλά και πιο ακριβά. Οι πιο συνηθισμένοι στη χρήση είναι οι διπλοί υαλοπίνακες για τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες που οφείλονται στο διάκενο του αέρα ανάμεσα στα

δου τζάμια, ενώ αυτές αυξάνονται όταν ανάμεσα στα δυο τζάμια υπάρχει κενό αέρα (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Το θερμικό ισοζύγιο για ανοίγματα προσανατολισμένα στον νότο με διπλά τζάμια των νοτίων ανοιγμάτων είναι θετικό κατά 23% τον χειμώνα ενώ αν υπάρχουν και παντζούρια το ισοζύγιο αυξάνεται κατά 56%. Το ιδανικό λοιπόν για να είναι μια κατοικία ηλιακός συλλέκτης είναι να χρησιμοποιούνται διπλά τζάμια, μονωμένα παντζούρια και σωστά τοποθετημένα κουφώματα.

Η ακτινοβολία του ήλιου πέφτοντας σε έναν υαλοπίνακα κατά ένα μέρος της ανακλάται και κατά ένα άλλο μέρος απορροφάται και ανακλάται προς το εσωτερικό και προς το εξωτερικό της κατοικίας. Το υπόλοιπο μέρος της ακτινοβολίας διέρχεται από το γυάλινο άνοιγμα προς το εσωτερικό και γίνεται θερμότητα. Ένα μεγάλο μέρος αυτής αποθηκεύεται στο δάπεδο ενώ όσο μένει ανακλάται από το δάπεδο προς τους εσωτερικούς τοίχους και τα δομικά στοιχεία και μέρος αυτής αποθηκεύεται σε αυτά. Τμήμα της ανακλώμενης θερμικής ενέργειας θερμαίνει τον εσωτερικό αέρα, τμήμα της αποθηκευμένης θερμότητας στους τοίχους μεταφέρεται προς το εσωτερικό της κατοικίας, ενώ το υπόλοιπο τμήμα χάνεται προς τα έξω με τη μορφή θερμικών απωλειών. Η αποθηκευμένη θερμότητα στο δάπεδο και τους τοίχους διεισδύει στους χώρους και τελικά ένα μέρος των θερμικών κερδών χάνεται μέσω των υαλοπινάκων (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Τα ηλιακά κέρδη από τα ανοίγματα σχετίζονται με τους υαλοπίνακες (χαρακτηριστικά του γυαλιού, χρωματισμός, μονό ή διπλό τζάμι), από το μέγεθός τους, από τη γωνία που πέφτουν πάνω τους οι ακτίνες και από την ηλιακή ακτινοβολία που εξαρτάται από τον προσανατολισμό και από την ύπαρξη σκίασης (Goulding και Owen Lewis 1997).

19.6 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων

Η θερμοχωρητικότητα ή αλλιώς η θερμική χωρητικότητα δείχνει το επίπεδο ηλιακής ενέργειας που χρειάζεται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός υλικού. Είναι το αποτέλεσμα του γινομένου της πυκνότητας με τη θερμότητα και τον όγκο του κατασκευασμένου στρώματος. Η θερμοχωρητικότητα είναι η θερμότητα που μπορεί να αποθηκευτεί και όσο πιο πυκνό είναι ένα δομικό υλικό τόσο αυξάνεται η θερμική χωρητικότητά του. Οι κατοικίες μπορεί να χαρακτηρίζονται βαριές ή ελαφρές κατασκευές ανάλογα με τα τη θερμική χωρητικότητα των δομικών υλικών τους. Οι βαριές είναι οι κατασκευές με μπετό που έχει μεγάλη θερμική χωρητικότητα και οι ελαφρές με ξύλο που έχει (Λάζαρη 2002).

Η αποθηκευμένη θερμότητα στην κτιριακή κατασκευή μετριάζει τις διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας. Οι διακυμάνσεις προκαλούνται από τις εναλλαγές της εξωτερικής θερμοκρασίας, από τις αποκλίσεις στα θερμικά κέρδη στο εσωτερικό και από τις αποκλίσεις στην απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία.

Οι διαφορές μεταξύ μιας κατοικίας βαριάς κατασκευής με μια ελαφριάς, βρίσκονται στην ταχύτητα θέρμανσης και ψύξης. Μια βαριά κατασκευή θερμαίνεται αργότερα σε σχέση με μια ελαφριά αλλά ψύχεται και αργότερα. Ο τύπος της

κατασκευής που θα επιλεγεί για μια κατοικία έχει να κάνει με τα υφιστάμενα ηλιακά κέρδη κάθε περίπτωσης (τοποθεσία, προσανατολισμός, σκίαση κ.ά.). Συγκεκριμένα όταν το ηλιακό κέρδος είναι μικρό ή μέτριο θα προτιμηθεί μια ελαφριά κατασκευή έναντι μιας βαριάς λόγω της ιδιότητας της να θερμαίνει γρηγορότερα το χώρο. Αντιθέτως σε κατοικίες με σημαντικά ηλιακά κέρδη προτιμώνται οι βαριές κατασκευές λόγω των μικρότερων αναγκών για θέρμανση, αλλά και για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση το καλοκαίρι (Αξαρή 2009).

Στην εικόνα 11 που ακολουθεί παρουσιάζονται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα c διαφόρων δομικών υλικών.

Πίνακας (B)

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ (w/m.K)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ kg/ m ³	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ c (kJ/kg.K)
Τούβλο	0,727	1922	0,84
Ασβεστοκονίαμα	0,87	1800	1
Γυψοσανίδα	0,42	900	1
Οπλισματό Σκυρόδεμα	1,731	2243	0,84
Απλό Σκυρόδεμα	2,1	2400	1
Υαλοβάμβακας	0,04-0,05	40-80	1
Πολυουρεθάνη	0,031	40	2,09
Πετροβάμβακας	0,038-0,05	80	0,9
Διογκ. Πολυστερίνη	0,032-0,037	18-20	1,25
Εξηλ. Πολυστερίνη	0,032-0,034	20-25	1,25
Γρανίτης	3,5	2800	1
Μάρμαρο	3,5	2800	1
Πέτρα	0,87	1400	1
Χάλυβας	1,8	7800	0,45
Αλουμίνιο	200	2700	0,92
Χαλκός	372	8300	0,45
Άμμος	0,33	1520	0,80
Άσφαλτος	0,74	2110	0,92
Γυαλί	1	2230	0,84
Γύψος	0,43	1200	1,05

Εικ. 11 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας–Πυκνότητα–Ειδική θερμότητα διαφόρων υλικών (bioclima χ.χ.)

Το πρώτο σημείο της κατοικίας που δέχεται την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, ειδικά το καλοκαίρι είναι τα δάπεδα. Αντικείμενα που βρίσκονται στο εσωτερικό όπως τα χαλιά, τα έπιπλα και τα διάφορα καλύμματα αποτελούν εμπόδια στην αποθήκευση της θερμότητας. Στις κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα στα σημεία με μεγάλο ηλιασμό δεν πρέπει να καλύπτονται οι εσωτερικοί τοίχοι με σκυρόδεμα. Αντίθετα τα δωμάτια με μικρό ηλιασμό και οι ξύλινες κατασκευές πρέπει να έχουν κάποια δομικά στοιχεία με μεγάλη θερμική χωρητικότητα (πχ έναντσιμεντένιο τοίχο) προκειμένου να έχουν κάποια ηλιακά κέρδη (Maciel et al. 2007).

Είναι πολύ σημαντικό να επιλέγονται υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας στην κατασκευή μιας κατοικίας, για την αποθήκευση της θερμότητας που δίνουν τα

παθητικά ηλιακά συστήματα. Η θερμότητα επιστρέφεται με χρονοκαθυστέρηση την νύχτα που υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη θέρμανσης.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας έχει ως αποτέλεσμα τη λειτουργία της κατοικίας ως αποθήκη θερμότητας. Πολύ σημαντική είναι η θερμική αδράνεια της κατασκευής, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο, καθώς η κατοικία αντίστροφα αποθηκεύει την νυχτερινή δροσιά και την επιστρέφει κατά την διάρκεια της ημέρας (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Η επικάλυψη της κατοικίας δέχεται όλη την ημέρα την ηλιακή ακτινοβολία και έτσι να καθίσταται η πλέον επιβαρυνόμενη θερμικά περιοχή της. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί με τη χρήση θολωτών επικαλύψεων ειδικά σε περιοχές που επικρατούν ζεστά και ξηρά καλοκαίρια, καθώς έχουν την ικανότητα να διανέμουν την ακτινοβολία του ήλιου σε μεγαλύτερη επιφάνεια συγκριτικά με την οριζόντια με συνέπεια κατά τις νυχτερινές ώρες αυτή η μορφή αποβάλλει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας με ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα, επιταχύνοντας τη φυσική ψύξη της κατοικίας. Αναφορικά με το κλίμα της Ελλάδας, η παρουσία θερμικής μάζας έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη θερμικής άνεσης, εξαιτίας της απορρόφησης μεγάλων ποσών θερμότητας χωρίς να επιβαρύνονται οι εσωτερικοί χώροι της κατοικίας. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι ήπιες, με μεγάλη χρονική υστέρηση κι αυτό μπορεί να συμβάλλει στην περιορισμένη χρήση κλιματιστικών.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο για την κατοικία να έχει την ικανότητα να διατηρεί παγιδευμένα τα θερμικά οφέλη που συλλέγει όλη την ημέρα εντός της κατοικίας και να μην διαφεύγουν στο εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμότητα που διασκορπίζεται προς τα έξω, αποτελεί τη θερμική απώλεια της κατοικίας τους ψυχρούς μήνες. Τους θερμούς μήνες, από την άλλη, ο εξωτερικός χώρος έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τον εσωτερικό οπότε η κατοικία απορροφά θερμότητα, η οποία εισερχόμενη στο εσωτερικό μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση. Το πρόβλημα λύνεται για όλη τη διάρκεια του έτους αν μονωθούν εξωτερικά οι τοίχοι. Έτσι μειώνεται η θερμική απώλεια και παγιδεύονται μεγαλύτερα ποσά θερμότητας το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι προστατεύεται το κτίριο εξωτερικά ελαττώνοντας την πιθανότητα υπερβολικής θέρμανσης.

Οι κατοικίες χάνουν τη θερμότητα που λαμβάνουν από την ακτινοβολία κυρίως τις νυχτερινές ώρες από το κέλυφος προς την ατμόσφαιρα. Επίσης έχουμε μεταφορά θερμότητας από την κίνηση του αέρα και με συναγωγή της θερμότητας από τις εξωτερικές πλευρές του κελύφους προς το περιβάλλον. Η απώλεια θερμότητας εξαρτάται από το λόγο του συνόλου της εξωτερικής επιφάνειας της κατοικίας προς το συνολικό όγκο της. Εξαρτάται επίσης από το πόσο προστατεύεται η κατοικία από τους βόρειους ψυχρούς ανέμους με φύτευση, με εξωτερική μόνωση ή με χώμα όταν επιτρέπεται από την κλίση του οικοπέδου.

Προκειμένου να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες είναι απαραίτητο το κέλυφος της κατοικίας να είναι μονωμένο και να τοποθετούνται διπλά τζάμια σε βορρά, ανατολή και δύση. Η κινητή θερμομόνωση στα ανοίγματα όπως παντζούρια και άλλα είδη εξώφυλλων που θα διαθέτουν θερμομονωμένες εσωτερικά περσίδες είναι στοιχεία που επίσης περιορίζουν τις απώλειες θερμότητας. Γενικά είναι

προτιμότερο η μόνωση της κατοικίας να είναι στο εξωτερικό της μέρος για να παγιδεύεται η αποθηκευμένη ηλιακή θερμική ενέργεια (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Σημαντική ποσότητα θερμότητας που χάνεται σε μια κατοικία οφείλεται στην απώλεια θερμού αέρα από την κατοικία προς το περιβάλλον μέσω των αρμών των κουφωμάτων. Αυτή η μεταφορά οφείλεται στη διαφορά πίεσης του αέρα και στη διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου και περιβάλλοντος. Βέβαια, η ανανέωση του εσωτερικού αέρα είναι απαραίτητη για την υγιεινή διαβίωση των ενοίκων αλλά πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της ανανέωσης του αέρα στο εσωτερικό και των θερμικών απωλειών. Για τη μείωση των θερμικών απωλειών χρησιμοποιούνται δέντρα ως ανεμοθώρακες, μικρά βορινά παράθυρα και σωστή στεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων (Goulding and Owen Lewis 1997).

Γνωρίζουμε ότι η θερμική μάζα της κατοικίας, που προστατεύεται από τη θερμομόνωση, αποθηκεύει τη θερμότητα του ήλιου. Το μέγεθος της θερμικής μάζας και της θερμομόνωσης εξαρτάται από το κλίμα κάθε περιοχής. Σε περιοχές με ζεστό και ξηρό κλίμα η θερμική μάζα έχει τον σημαντικό ρόλο να ισορροπεί τις σημαντικές μεταβολές της θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας. Σε περιοχές με ψυχρό κλίμα είναι σημαντική η θερμομόνωση λόγω των χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών. Στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες θερμική μάζα και θερμομόνωση είναι παράγοντες ισοδύναμοι για την αποτελεσματική λειτουργία της κατοικίας. Η θερμομόνωση απαιτείται για το βορινό σημείο της κατοικίας και μεγάλη θερμική μάζα χρειάζεται απαιτείται στην πλευρά της δύσης όπου η θερμότητα είναι μεγάλη τους καλοκαιρινούς μήνες (Mastouri et al. 2020).

19.7 Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου είναι το σύνολο των μεθόδων και υλικών που εφαρμόζονται για να περιορίσουν τη ροή θερμότητας μεταξύ των χώρων από τις δύο πλευρές του στοιχείου. Έτσι η θερμομόνωση απαιτείται για την θερμική προστασία, τη μείωση των συναλλαγών θερμότητας μεταξύ της κατοικίας και του περιβάλλοντος, εξασφαλίζοντας ένα υγιές περιβάλλον διαβίωσης των ενοίκων της.

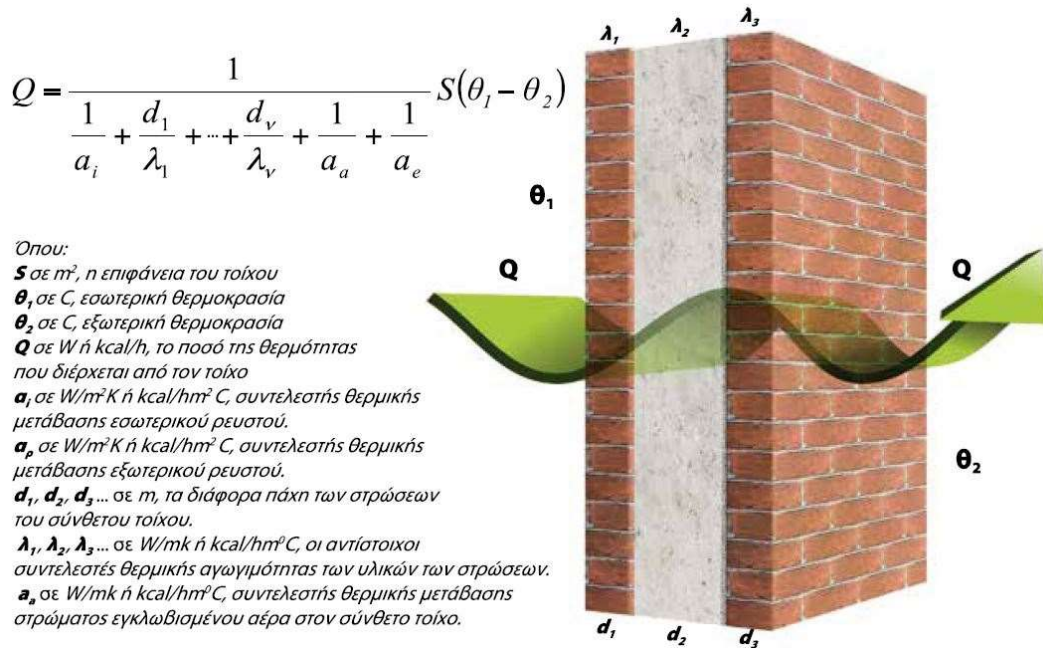
Η κατάλληλη θερμομόνωση είναι καθοριστική σε μια βιοκλιματική κατοικία για να λειτουργεί σωστά. Η θερμική αγωγιμότητα για τους τοίχους πρέπει να είναι μικρότερη από $0,30 \text{ W/m}^2$, για την οροφή πρέπει να είναι έως $0,15 \text{ W/m}^2$ και για τα παράθυρα έως $3,5 \text{ W/m}^2$. Τα υλικά θερμομόνωσης που τοποθετούνται στις βιοκλιματικές κατοικίες είναι πυκνότερα από αυτά που τοποθετούνται στις συμβατικές (Αξαρχλή 2009).

Το πρότυπο θερμομόνωσης είναι καθοριστικός παράγοντας για την θερμική απόδοση της κατοικίας και από αυτό εξαρτάται η επιλογή και χρήση του συστήματος θέρμανσης, η ενεργειακή κατανάλωση και οι συνθήκες θερμικής άνεσης των κατοίκων. Τα σωστά υλικά επιδρούν στη θερμική άνεση και την υγιεινή διαβίωση αλλά η αποτελεσματικότητα της θερμομόνωσης εξαρτάται κατά πολύ από την σωστή και λεπτομερή εργασία.

Η τοποθέτηση θερμομόνωσης, και μάλιστα η σωστή εφαρμογή της, στο κέλυφος εξωτερικά της κατοικίας είναι καθοριστική σε κάθε ενεργειακή κατασκευή. Γι'

αυτό τον λόγο γίνονται συχνές αναθεωρήσεις των κτιριακών κανονισμών που μεταβάλλουν τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης καταδεικνύουν την ωφέλειά της (Zuhair and Sayigh 1993).

Στην εικόνα 12 παρουσιάζεται η μετάδοση θερμότητας σε διπλό τοίχο με ενδιάμεση μόνωση. Δίνεται η σχέση υπολογισμού της μετάδοσης θερμότητας Q συναρτήσει των διάφορων θερμικών συντελεστών και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του τοίχου.



Εικ. 12 Μετάδοση θερμότητας σε σύνθετο τοίχο με μόνωση (Bioclima χ.χ.)

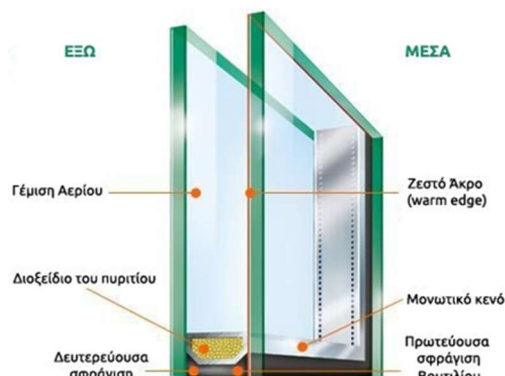
Πολύ σημαντικό στοιχείο που συνδέεται άμεσα με τη θερμομόνωση είναι ο σωστός σχεδιασμός των παραθύρων. Συνήθως ένα σημαντικό ποσοστό του εξωτερικού μέρους μιας κατοικίας αποτελείται από γυάλινες επιφάνειες και παράθυρα. Τα μονά τζάμια πλέον αντικαθίστανται από διπλά (Εικ. 13). Μεγάλες γυάλινες επιφάνειες χρησιμοποιούνται για τα παθητικά ηλιακά συστήματα αυξάνοντας το ηλιακό κέρδος όλο το χρόνο, γι' αυτό και συνηθίζονται σε περιοχές με ήπιο ως ψυχρό κλίμα. Δεν ενδείκνυνται όμως στα θερμά κλίματα. Οι γυάλινες επιφάνειες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα, αποτρέπουν τη θερμική άνεση, δημιουργούν ανάγκες για σκιασμό, που με τη σειρά τους επιδρούν στην είσοδο φυσικού φωτισμού (Εικ. 14). Η λύση σε αυτό είναι η χρησιμοποίηση τζαμιών προηγμένης τεχνολογίας, ή η χρήση ειδικού σκιασμού, φυσικού ή τεχνητού, αναλόγως των εκάστοτε αναγκών της κατοικίας.

Σχετικά με τα τζάμια προηγμένης τεχνολογίας, αυτά είναι κατασκευασμένα από γυαλί ή πλαστικό που επαλείφονται με μια μεγάλη ποικιλία ειδικών προϊόντων. Με αυτό τον τρόπο το γυαλί μετατρέπεται σε ένα υλικό με καλύτερες επιθυμητές ιδιότητες. Υπάρχουν πολλά είδη διπλών τζαμιών με χαμηλές εκπομπές, καθώς και σε διπλά και τριπλά τζάμια με πολυανθρακικά υλικά, τζάμια ικανά να διαχύουν το φως, θερμομονωτικά τζάμια κλπ. Στις βιοκλιματικές κατασκευές χρησιμοποιούνται

ειδικά τζάμια σε κανονικά ή ειδικά παράθυρα. Τα ειδικά τζάμια ονομάζονται και οπτικά σκίαστρα γιατί μπορούν να μεταβάλουν την ανακλαστικότητα τους δεχόμενα την ηλιακή ακτινοβολία, το φωτισμό και τον ηλεκτρισμό, προσφέροντας ηλιακή θέρμανση και φωτισμό, χωρίς να προκαλείται υπερθέρμανση ή/και θάμβωση. Τέλος τα θερμοχρωμικά τζάμια ανάλογως του μεγέθους θερμότητας μεταβάλλουν το χρώμα τους.

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η νυχτερινή θερμομόνωση που είναι απαραίτητη στα παράθυρα για τη διατήρηση της θερμότητας στο εσωτερικό της κατοικίας. Η μόνωση των παραθύρων είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στις βιοκλιματικές κατοικίες. Τα σωστά υλικά και η σωστή εφαρμογή δεν ελαττώνουν απλώς το ποσοστό θερμότητας που χάνεται από το τζάμι, αλλά μειώνουν το θόρυβο, ελέγχουν τον εισερχόμενο φυσικό φωτισμό, προστατεύουν από τις καιρικές συνθήκες, προσφέρουν ιδιωτικότητα και απομόνωση. Στις νέες κατοικίες τα θερμομονωμένα σκίαστρα ή παντζούρια παίρνουν τη θέση των συμβατικών σκιάστρων ή κουρτινών, τα οποία δεν έχουν μόνωση, ώστε να μειώνεται η θερμότητα που χάνεται τη νύχτα, να επιτυγχάνεται δηλαδή νυχτερινή θερμομόνωση.

Η επιλογή της νυχτερινής θερμομόνωσης των υαλοστασίων εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα της θερμομόνωσης, το πόσο εύχρηστα είναι, ο χρόνος ζωής τους, η απαιτούμενη συντήρηση, η αισθητική και τα πιθανά προβλήματα που θα προκύψουν (Stefanou et al. 2004).



Εικ. 13 Ενεργειακά τζάμια (ecobau 2020)



Εικ. 14 Ενεργειακοί υαλοπίνακες (Protothema 2014)

Το μέρος που βρίσκονται τα παράθυρα καθορίζει το είδος των υλικών που θα τοποθετηθούν για τη νυχτερινή θερμομόνωση τους. Τα εξωτερικά σκίαστρα και τα παντζούρια παρέχουν προστασία στις γυάλινες επιφάνειες από τις καιρικές συνθήκες. Δεν επηρεάζουν φυσικά ή αισθητικά το εσωτερικό της κατοικίας, αλλά επιδρούν στην εξωτερική εμφάνιση της, καθώς έχουν τραχιά και γερή κατασκευή για να αντέχουν στις καιρικές συνθήκες. Τα πιο πολλά εξωτερικά σκίαστρα ανοίγουν και κλείνουν από το εσωτερικό της κατοικίας κι έτσι ο κάτοικος δεν χρειάζεται να βγαίνει από το σπίτι και φτιάχνονται από αλουμίνιο, PVC, ξύλο κ.ά. Το μέγεθός τους είναι ανάλογο με το άνοιγμα που καλύπτουν. Τα τζάμια μονώνονται εσωτερικά προκειμένου να αποθηκεύεται θερμότητα όταν δεν χρησιμοποιούνται τα σκίαστρα.

Τα σκίαστρα ελάχιστα επηρεάζουν την αισθητική της κατοικίας όταν είναι ανοιχτά (Νικολούδης 2013). Υπάρχουν στην αγορά διαθέσιμα παράθυρα με διπλά τζάμια που φέρουν μικροσκοπικά βενετικά στόρια μεταξύ των γυάλινων επιφανειών. Τέλος, υπάρχουν παράθυρα με ενσωματωμένους κόκκους πολυστερίνης που λειτουργούν ως μόνωση (Goulding and Owen Lewis 1997).

Τα πιο συνηθισμένα μονωτικά των παραθύρων είναι τα εσωτερικά σκίαστρα και εξωτερικά τα παντζούρια. Υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία από αυτά στην αγορά.

Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί στη θερμομόνωση είναι εάν υιοθετηθούν επίπεδα θερμομόνωσης υψηλότερα των ελάχιστων απαιτήσεων του οικοδομικού κανονισμού, τότε το ενεργειακό κέρδος είναι σημαντικά μεγαλύτερο με μικρή αύξηση του κόστους στη συνολική επένδυση (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Όπως αναφέρθηκε η επιλογή του κατάλληλου υλικού για μόνωση με τη σωστή πυκνότητα, δεν διασφαλίζει την καλή και αποτελεσματική θερμομόνωση αν δεν εξασφαλίζεται η σωστή τοποθέτηση με προσεκτική και λεπτομερή εργασία. Στόχος είναι με την τοποθέτηση να μην δημιουργούνται καθόλου κενά χωρίς μόνωση γιατί έτσι δημιουργούνται θερμικές γέφυρες που μειώνουν αισθητά τα θερμικά οφέλη.

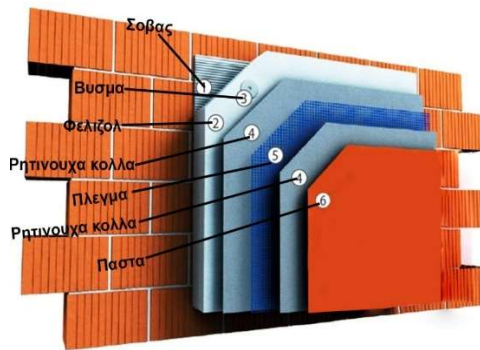
Στην επιλογή των μονωτικών υλικών απαιτείται μεγάλη προσοχή, καθώς θα πρέπει να είναι οικολογικά και να μην έχουν παραχθεί με τη χρήση χλωροφθορανθράκων και υδροχλωροφθορανθράκων γιατί τότε κινδυνεύει η υγεία των κατοίκων.

Ένα πιθανό πρόβλημα που μπορεί να εμφανιστεί σε μια κατοικία είναι η δημιουργία υγρασίας σε δωμάτια ή χώρους της κατοικίας που δεν θερμαίνονται. Η υγρασία στα σημεία αυτά δημιουργείται από την εξάτμιση που συντελείται στους χώρους που θερμαίνονται και αντιμετωπίζεται με καλό αερισμό ή τεχνητό εξαερισμό και με τοποθέτηση μόνωσης ανάμεσα σε χώρους που θερμαίνονται και σε αυτούς που δεν θερμαίνονται.

Ένα ακόμα συχνό πρόβλημα είναι οι θερμογέφυρες. Οι θερμογέφυρες δημιουργούνται όταν υπάρχουν κενά στη μόνωση ή πυκνά μονωτικά υλικά. Τα πιο συνηθισμένα σημεία σχηματισμού τους είναι γύρω από παράθυρα, πόρτες, σε σημεία που ενώνονται τοίχοι μεταξύ τους και με το πάτωμα ή την οροφή. Η λύση είναι η επιμελής τοποθέτηση, χωρίς κενά, του κατάλληλου μονωτικού υλικού και σε αυτά τα σημεία καθώς η τοποθέτηση πλαισίου στο βάθος του ανοίγματος (Λάζαρη 2002).

Αναφερθήκαμε παραπάνω στη θερμομόνωση των παραθύρων. Εξίσου σημαντική είναι και η θερμομόνωση των τοίχων, των οροφών, των δαπέδων (Εικ. 15 & Εικ. 16). Οι θερμαινόμενοι χώροι έχουν την τάση να ακτινοβολούν θερμότητα στους μη θερμαινόμενους, όταν η ακατάλληλη μόνωση, οι θερμογέφυρες ή τα λάθη εφαρμογής τους το επιτρέπουν. Γι' αυτό η σωστή θερμομόνωση μπορεί να εξασφαλίσει τη θερμική άνεση των κατοίκων προστατεύοντας από το κρύο το χειμώνα και από τη ζέστη το καλοκαίρι εξασφαλίζοντας και οικονομία στην κατασκευή και στη χρήση. Εκτός από την οικονομία στο κόστος της ενέργειας, εξοικονομεί χρήματα και από τη συντήρηση και αυξάνει τη διάρκεια ζωής του κτίσματος. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι αν διατεθεί ένα επιπλέον ποσό 2%-5% του αρχικού κόστους

κατασκευής για πρόσθετη μόνωση, το κέρδος σε μείωση κόστους ενέργειας θέρμανσης μπορεί να φτάσει στο 50%.



Εικ. 15 Θερμομόνωση τοίχου (Afoi Elezi 2019)



Εικ. 16 Θερμομόνωση ταράτσας (Macon 2021)

Διακρίνουμε τέσσερις βασικούς τύπους θερμομόνωσης των τοίχων. Αυτοί είναι η εσωτερική, η εξωτερική, η θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων και η θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων. Κάθε τύπος παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι ότι σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση είναι οικονομικότερη μέθοδος, κατασκευάζεται πιο σύντομα, είναι κατασκευή σχετικά εύκολη, επιφέρει γρήγορη θέρμανση του χώρου και δεν επηρεάζεται από τον καιρό. Υπάρχουν όμως και κάποια μειονεκτήματα όπως ο περιορισμός του εσωτερικού χώρου, ο χώρος ψύχεται γρήγορα όταν διακοπεί η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, αφήνοντας ανεκμετάλλευτη την θερμοχωρητικότητα των εξωτερικών τοίχων. Επίσης η μέθοδος αυτή δεν εξαλείφει τις θερμογέφυρες, δεν προστατεύει τα δομικά στοιχεία από συστολές και διαστολές που προκαλούνται από τις θερμοκρασιακές αλλαγές, με αποτέλεσμα να προκαλούνται ρηγματώσεις και εισροή βρόχινου νερού. Τέλος με αυτό τον τύπο μόνωσης δημιουργείται πρόβλημα με την τοποθέτηση της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.

Στην εξωτερική θερμομόνωση η μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ο χώρος έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμότητα αφού διακοπεί η λειτουργία θέρμανσης για αρκετό χρόνο λόγω της θερμοχωρητικότητας του τοίχου. Τα νότια σημεία της κατοικίας αποθηκεύουν τη θερμότητα του ηλιακού θερμικού κέρδους στους εσωτερικούς τοίχους, ο ωφέλιμος χώρος με αυτή τη μέθοδο δεν μειώνεται, προστατεύονται εξωτερικά οι τοίχοι από συστολές και διαστολές και δεν δημιουργούνται θερμογέφυρες σε δοκάρια, κολόνες και λοιπά σημεία σύνδεσης. Μειονεκτημάτά της είναι το μεγαλύτερο κόστος σε σύγκριση με την εσωτερική θερμομόνωση, η δυσκολία στην εφαρμογή της αν οι τοίχοι δεν είναι ίσιοι και σχηματίζονται πολλές γωνίες. Και η ανάγκη να προστατευτούν τα μονωτικά υλικά από τις καιρικές συνθήκες.

Στη θερμομόνωση με τη χρήση ειδικών τούβλων, οι τοίχοι χτίζονται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα τα οποία καλύπτουν τις απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης.

Σε περίπτωση που χρειαστεί να αυξηθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας προστίθεται μονωτικό υλικό που ενσωματώνεται στο θερμομονωτικό τούβλο.

Ο συγκεκριμένος τρόπος θερμομόνωσης παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, όμως για να είναι αποτελεσματικός πρέπει να εξασφαλιστεί η σωστή στεγάνωση με το επίχρισμα που θα τοποθετηθεί εξωτερικά αλλιώς υπάρχει κίνδυνος εισροής υγρασίας στο εσωτερικό των θερμομονωτικών τούβλων. Η ικανοποιητική θερμομονωτική προστασία που προσφέρει η συγκεκριμένη μέθοδος σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοχωρητικότητα έχει σαν αποτέλεσμα τη ελάττωση της απώλειας θερμότητας της κατοικίας και την αύξηση της θερμικής της αδράνειας. Οι τοίχοι που κατασκευάζονται από τα ειδικά θερμομονωτικά τούβλα εντάσσονται λειτουργικά στο κτίριο σαν μια αποθήκη ενέργειας. Άλλα πλεονεκτήματα είναι η πολύ καλή αντισεισμικότητα και πυραντίσταση, η σημαντική ηχομονωτική ικανότητα και το σχετικά χαμηλό κόστος δόμησης.

Στη θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων η μόνωση βρίσκεται ανάμεσα σε δύο δορμικούς τοίχους, δηλαδή ανάμεσα σε δύο τοίχους των 9 εκατοστών. Η θερμομόνωση που παρέχει είναι καλή, όμως ελέγχεται η στατική αντοχή του συστήματος στον αντισεισμικό κανονισμό. Κατασκευαστικά στη θερμομόνωση πυρήνα διπλής τοιχοποιίας ο εσωτερικός και εξωτερικός τοίχος πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με σενάζ τουλάχιστον ανά ένα μέτρο ύψους για ενίσχυση, το οποίο πρέπει επίσης να είναι θερμομονωμένο για την αποφυγή θερμογεφυρών. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου θα εστιάσουμε στο ότι πρόκειται για την πιο ισορροπημένη μορφή θερμικής προστασίας για το κρύο το χειμώνα και τη ζέστη το καλοκαίρι. Είναι ευκολότερος ο τρόπος τοποθέτησης των θερμομονωτικών υλικών σε σχέση την εξωτερική και την εσωτερική θερμομόνωση. Η θερμομονωτική προστασία της τοιχοποιίας δεν επηρεάζεται καθόλου από τη βροχή, όπως συμβαίνει στην εξωτερική θερμομόνωση. Τέλος με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται μερική εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της τοιχοποιίας, πράγμα που δεν συμβαίνει καθόλου στην εσωτερική θερμομόνωση. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου θα αναφέρουμε το ότι δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά, ιδίως αν δεν έχει γίνει επιτυχώς η σύνδεση των δύο τοίχων και επίσης ότι η τεχνική αυτή έχει μειωμένη, σε σχέση με την τεχνική της εξωτερικής θερμομόνωσης, εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της τοιχοποιίας.

Αναφορικά με τις ιδιότητες των μονωτικών υλικών, αυτές είναι: ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, η μηχανική τους αντοχή, η σταθερότητα στις διαστάσεις τους, η αντίσταση τους στη φωτιά, το ειδικό βάρος τους κι ο οικολογικός τους χαρακτήρας.

Αναφορικά με το συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, τα υλικά θερμομόνωσης πρέπει να παραμένουν στεγνά κι αυτό είναι κάτι που εξαρτάται από την αντίσταση του κάθε υλικού στη διάχυση υδρατμών. Από τη διαπνοή τους εξαρτάται η επίδραση της υγρασίας πάνω τους άρα και η ενεργειακή τους απόδοση. Χαρακτηριστικό μέγεθος της ικανότητας διαπνοής ενός υλικού είναι ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, μ . Ο συντελεστής μ μας δείχνει πόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζει ένα υλικό από ένα στρώμα αέρα ίδιου

πάχους στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Έτσι ορίζεται ότι ο αέρας έχει τιμή $\mu=1$. Επομένως όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή του μ ενός υλικού τόσο πιο δύσκολα περνούν οι υδρατμοί μέσω της μάζας του, ενώ όσο μικρότερη η τιμή του μ τόσο πιο ευαίσθητο είναι το υλικό στην υγρασία. Ο συντελεστής μ είναι μέγεθος σχετικό κι αδιάστατο (Λάζαρη 2002).

Το σύστημα θερμομόνωσης μιας κατοικίας πρέπει να έχει επαρκή μηχανική αντοχή. Σε επίπεδο σχεδιασμού λαμβάνονται υπόψη οι μηχανικές αντοχές των θερμομονωτικών υλικών ανάλογα του τρόπου τοποθέτησης αυτών στο δομικό στοιχείο και των στατικών και δυναμικών φορτίων που πρόκειται να παραλάβουν κατά τη λειτουργία τους. Στατικά φορτία είναι κυρίως οι επιστρώσεις κονιαμάτων και επικαλύψεων σε δάπεδα και οροφές, ενώ τα δυναμικά προκαλούνται από μετακινήσεις ανθρώπων, αντικειμένων, καθώς και επιδράσεις του αέρα στις όψεις της κατοικίας και στην οροφή. Γενικά, από τα θερμομονωτικά υλικά αυτά που έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή χρησιμοποιούνται ως αυτοφερόμενα, αυτά που διαθέτουν μικρότερη μηχανική αντοχή μπαίνουν σε φέρον πλέγμα και με ακόμα μικρότερη αντοχή χρησιμοποιούνται ως υλικά πλήρωσης. Σε εφαρμογές δαπέδων και δωματίων λαμβάνεται υπόψη η αντοχή σε συμπίεση, κάμψη και σημειακά φορτία. Σε εφαρμογές όψεων με μηχανική στερέωση (κόλλες και βύσματα) μας ενδιαφέρει η αντοχή σε συμπίεση, σε κρούσεις, διατρήσεις, σε άμεσο εφελκυσμό παράλληλα και κάθετα των όψεων που παράγονται από δυναμικές καταπονήσεις σε ανεμοπίεση και επικολλημένα φορτία επενδύσεων όπως για παράδειγμα διακοσμητική πέτρα. Σε εφαρμογές υπογείων λαμβάνεται υπόψη η αντοχή σε συμπίεση καθώς κι ο ερπυσμός (παραμόρφωση που δημιουργείται όταν ασκούνται για παρατεταμένο χρόνο μηχανικές καταπονήσεις). Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για μηχανικές αντοχές θερμομονωτικών υλικών όταν αυτά τοποθετούνται προστατευμένα σε διάκενα όπου δεν αναμένεται να παραλάβουν κατασκευαστικά φορτία ή φορτία χρήσης, με την προϋπόθεση ότι διατηρούν τη θέση τους στο χρόνο χωρίς μεταβολή στις διαστάσεις τους. Σε γενικές γραμμές η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι το θερμομονωτικό υλικό που διαθέτει τις μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές σε συμπίεση, κρούση, διάτρηση κι εφελκυσμό (Αξαρχλή 2009).

Η σταθερότητα των διαστάσεων των υλικών θερμομόνωσης που παρασκευάζονται με θερμικές διεργασίες διαφοροποιείται στη φάση της ψύξης και έτσι με την γήρανση η κατάστασή τους επιδεινώνεται. Αν κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους χρησιμοποιηθεί τεχνική ενάντια της γήρανσης, οι διαστάσεις σταθεροποιούνται. Σε μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας όλα τα μονωτικά υλικά θα υποστούν γραμμική συρρίκνωση. Για τα θερμομονωτικά υλικά με υψηλό συντελεστή διαστολής θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η διαστολή κατά την τοποθέτησή. Εξίσου σημαντικό είναι να πραγματοποιείται έλεγχος των ανοχών των διαστάσεων και έλεγχος στη συμπεριφορά τους (Κοντορούπης 2002).

Αναφορικά με την αντίσταση των θερμομονωτικών υλικών στη φωτιά παρά το αυξημένο κόστος προτιμώνται να χρησιμοποιούνται υλικά που δεν είναι εύφλεκτα γιατί η καταστροφή σε μια ενδεχόμενη πυρκαγιά θα έχει μεγάλη οικονομική επίπτωση. Είναι γεγονός ότι την καλύτερη συμπεριφορά στη φωτιά έχουν τα ινώδη

υλικά, ο περλίτης και το αφρώδες γυαλί. Ειδικότερα η κατάταξη των θερμομονωτικών υλικών και των στοιχείων δόμησης ως προς την αντίδραση τους στη φωτιά γίνεται με βάση το πρότυπο EN13501-1 και η χρήση τους στα κτίρια καθορίζεται από τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων ΠΔ 41/18. Ο πετροβάμβακας είναι το θερμομονωτικό υλικό που κατατάσσεται στην υψηλότερη κατηγορία αντίδρασης στη φωτιά A1, μπορεί να λειτουργεί σε επαφή με γυμνή φλόγα ακόμα και στους 600°C. Στην κατάταξη ακολουθεί ο υαλοβάμβακας επίσης κατηγορίας A1 αλλά με πολύ λιγότερη αντοχή των ινών του που δεν ξεπερνούν οι πλάκες τους 300°C και τα ρολά τους 500°C. Αντίθετα, τα αφρώδη μονωτικά υλικά εξηλασμένης και διογκωμένης πολυστερίνης δεν ξεπερνούν την κατηγορία E. Σύμφωνα με επιστημονική ανάλυση του ΤΕΕ ως προς τη φυσική της πυρκαγιάς, η πλέον ακραία θερμοκρασία που μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα φλεγόμενο κτίριο είναι αυτή των 1000–1200°C, συνθήκες όπου μόνο ο πετροβάμβακας παραμένει άκαυστος.

Το ειδικό βάρος των θερμομονωτικών υλικών αποτελεί βασική τους ιδιότητα αφού ακόμη και το ελαφρύτερο μονωτικό υλικό μπορεί να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από κάποιο βαρύτερο υλικό, καθώς αυτό έχει πυκνότερες κυψέλες.

Τα θερμομονωτικά υλικά που τοποθετούνται στις βιοκλιματικές κατοικίες επιβάλλεται να είναι φιλικά προς το περιβάλλον δηλαδή να είναι ανακυκλώσιμα, να παράγονται με χρήση λίγης ενέργειας και να μην εκλύει ρύπους τοξικούς ή καρκινογόνους για το περιβάλλον και την υγεία των κατοίκων (Maciel et al. 2007).

Αναφορικά με τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούμε στην κατασκευή μιας κατοικίας, ανάλογα με το υπό εξέταση υλικό διαφέρει ο τρόπος που χρησιμοποιείται, ο τρόπος που παράγεται, η αντίσταση του στη μεταφορά θερμότητας, ενώ διαφέρει και στις παραμέτρους και το βαθμό που αυτές μπορεί να μεταβάλλουν τις ιδιότητες του (Αξαρή 2009).

Θερμομονωτικά θεωρούνται τα υλικά που έχουν:

- Συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda < 0,065\text{W/mK}$
- Συντελεστή θερμικής αντίστασης $R \geq 0,5\text{m}^2\text{K/W}$

Τα θερμομονωτικά υλικά ανάλογα με τη χημική σύνθεση των συστατικών τους διακρίνονται σε:

- Οργανικά (Πολυστερίνες, αφρός πολυουρεθάνης, φελλός, κυτταρίνη κ.ά.)
- Ανόργανα (Αφρώδες γυαλί, πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας, περλίτης κ.ά.)
- Σύνθετα (που περιέχουν οργανικές και ανόργανες ενώσεις, πχ ξυλόμαλλο)
- Υλικά νέας τεχνολογίας (vacuum panels, aerogels)

Ανάλογα με τη δομή τους τα θερμομονωτικά υλικά διακρίνονται σε:

- Αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων (Διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη, αφρός πολυουρεθάνης)
- Ινώδη, στα οποία ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες τους (Πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας, ίνες καρύδας).

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται για μόνωση στην κατασκευή κατοικιών είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη, ο πετροβάμβακας, ο υαλοβάμβακας, ο περλίτης, το Heraklith, κι ο διογκωμένος φελλός.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι ένα απολύτως μη οικολογικό προϊόν καθώς προέρχεται από υδρογονάνθρακες, που είναι μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεν ανακυκλώνεται, χρειάζεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για να παραχθεί (450-850 kWh/m³), ρυπαίνει το περιβάλλον καθώς εκλύονται πτητικά τοξικά αέρια, όπως χλωροφθοράνθρακες, πεντάνιο κ.ά., είναι επιβλαβής για την υγεία των ανθρώπων καθώς παράγεται στυρένιο, δημιουργεί ισχυρά ηλεκτροστατικά πεδία και τέλος η κατοικία δεν έχει καμία δυνατότητα διαπνοής.

Η πολυουρεθάνη δεν παράγεται κι αυτή από υλικά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και για την παραγωγή της απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας της τάξης των 1000-1200 kWh/m³. Είναι υλικό που δεν ανακυκλώνεται, η κατοικία δεν έχει δυνατότητα διαπνοής, επίσης εκλύει κατά τη χρήση της υδροχλωροφθοράνθρακες και ισο-κυανάτες, που απελευθερώνουν στο περιβάλλον αμίνες που είναι άκρως επικίνδυνες για την υγεία, ενώ σε περίπτωση πυρκαγιάς παράγεται κυάνιο, που είναι ιδιαίτερα τοξικό. Πρόκειται επομένως για μονωτικό υλικό μη οικολογικό το οποίο δεν ενδείκνυται για χρήση στην κατασκευή βιοκλιματικών κατοικιών.

Ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας παρόλο που είναι μη ανανεώσιμα υλικά, προέρχονται από υλικά που είναι άφθονα στη φύση. Για να παραχθούν καταναλώνονται μικρά σχετικά ποσά ενέργειας της τάξης των 150-250 kWh/m³ και η κύρια μόλυνση που προκαλούν είναι κατά την παραγωγή τους, έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Πρόκειται για καρκινογόνα υλικά, βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία και γι' αυτό είναι καλύτερα να αποφεύγονται.

Ο περλίτης είναι υλικό με ηφαιστειακή προέλευση, αποτελείται από μη ανανεώσιμες πηγές, βρίσκεται όμως σε αφθονία στη φύση. Μπορεί κατά ένα μέρος να ανακυκλωθεί, ενώ δεν εκλύει τοξικά αέρια ούτε κατά την παραγωγή του, ούτε σε περίπτωση πυρκαγιάς. Πρόκειται για καλό θερμομονωτικό υλικό και κατά την παραγωγή του καταναλώνονται ποσά ενέργειας της τάξης των 230 kWh/m³ περίπου.

Το Heraklith είναι ένα μονωτικό υλικό αποδεκτό οικολογικά, είναι ανανεώσιμο όσον αφορά το ξυλόμαλλο και όχι τόσο αναφορικά με το μαγνησίτη. Κατά την παραγωγή του απαιτεί λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τα άλλα μονωτικά υλικά. Επίσης στα χαρακτηριστικά του διακρίνουμε το γεγονός ότι ανακυκλώνεται εύκολα, δεν είναι εύφλεκτο, δεν εκλύει τοξικές ουσίες και είναι ακίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Από την άλλη, παρουσιάζει μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα λόγω του σιμέντου και είναι αναγκαία η σωστή γείωση του οπλισμένου σκυροδέματος.

Ο διογκωμένος φελλός αποτελείται από ανανεώσιμες πηγές και είναι απολύτως ανακυκλώσιμο υλικό. Η ενέργεια που καταναλώνεται για την παραγωγή του είναι πολύ χαμηλή, στα επίπεδα των 80-90 kWh/m³, είναι απολύτως φιλικό προς το περιβάλλον και δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία, με την προϋπόθεση οι κατασκευάστριες εταιρείες να μην χρησιμοποιούν συνθετικές κόλλες. Κύριο μειονέκτημα του υλικού αυτού είναι το κόστος του το οποίο είναι αρκετά υψηλό, ειδικά στην Ελλάδα (Κοντορούπης 2002).

Υπάρχουν και αρκετά οικολογικά μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπως το λιναρόμαλλο, το ρολό από ίνες

κοκκοφοίνικα, η τζίβα σε φύλλα και λωρίδες, ο διογκωμένος άργιλος, καθώς και το μονωτικό υλικό που παράγεται από τα υπολείμματα του βαμβακιού.

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο η κατοικία απορροφά μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργώντας συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό της. Είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό του φαινομένου και τη λειτουργία της κατοικίας ως φυσικού συλλέκτη δροσισμού, προστατεύοντας το κτίριο από τον ήλιο μέσω της σκίασης των ανοιγμάτων, εμποδίζοντας τον ανεπιθύμητο ηλιασμό να εισέλθει στο εσωτερικό της κατοικίας, με την εισροή αέρα για φυσικό δροσισμό, κατά τις νυχτερινές ώρες κυρίως, για την απομάκρυνση του μεγάλου θερμικού φορτίου, που απορροφάται από τα δομικά υλικά την ημέρα. Με την εξασφάλιση θερμικής αδράνειας στην κατασκευή και με τη χρήση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Η απορροφούμενη θερμότητα μπορεί να περιοριστεί με τη βαφή των εξωτερικών επιφανειών με ανοιχτά χρώματα. Τέλος η επιβάρυνση αντιμετωπίζεται και με τη φυσική ψύξη μέσω εξατμίσσης όταν το κλίμα είναι ζεστό και ξηρό (Maciel et al. 2007).

19.8 Σκίαση της κατοικίας

Απαραίτητη θεωρείται η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων της κατοικίας, καθώς τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από την ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται από αυτά είναι ιδιαίτερος μεγάλα. Η μελέτη ηλιοπροστασίας πρέπει να συνδυάσει την ύπαρξη επαρκούς σκίασης των παραθύρων το καλοκαίρι αλλά και την ανεμπόδιστη εισροή του ήλιου τον χειμώνα για την εκμετάλλευση των ηλιακών κερδών και τον φυσικό φωτισμό.

Είναι γεγονός ότι η σκίαση είναι περισσότερο αποδοτική όταν είναι εξωτερική γιατί εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να περάσει από τα παράθυρα και να εγκλωβιστεί στο εσωτερικό της κατοικίας (Εικ. 17). Η μείωση των ηλιακών κερδών με την εξωτερική σκίαση μπορεί να φτάσει το 80 με 90%. Ειδικά με τη χρήση κινητών σκιάστρων η σκίαση γίνεται όταν χρειάζεται όλες τις εποχές του χρόνου (Εικ. 18). Ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος σκίασης συνεπώς είναι η χρήση εξωτερικών σκιάστρων με κινητές περσίδες, που είναι όμως ιδιαίτερα δαπανηρός. Συνήθως προτιμάται η σταθερή εξωτερική σκίαση σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια τα οποία λειτουργούν συμπληρωματικά. Και βέβαια ένας οικονομικός τρόπος εξωτερικής σκίασης είναι με χρήση τεντών.

Η σκίαση της κατοικίας και των ανοιγμάτων της μπορεί να γίνει και με τη φύτευση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης έτσι ώστε να δημιουργείται μια ασπίδα στην ηλιακή ακτινοβολία και την υπερθέρμανση το καλοκαίρι, αλλά ελεύθερη πρόσβαση του ήλιου τον χειμώνα. Επίσης τα δέντρα με το φύλλωμα που έχουν το καλοκαίρι απορροφούν θερμότητα. Το είδος της ηλιοπροστασίας των παραθύρων, η μορφή, το μέγεθος και η θέση της εξαρτάται από τον προσανατολισμό της κάθε όψης της κατοικίας. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η σκίαση των παραθύρων πρέπει να εφαρμόζεται εξωτερικά γιατί αποτρέπει την εισροή της ηλιακής ακτινοβολίας και την υπερθέρμανση στο εσωτερικό. Όταν η σκίαση επιχειρείται με περσίδες μέσα από τα παράθυρα, αποφεύγεται μεν η θάμβωση αλλά η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά τα τζάμια και εγκλωβίζεται οπότε δεν αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού. Η

τελική επιλογή του είδους ηλιοπροστασίας που θα επιλεγεί εξαρτάται από τον προσανατολισμό κάθε παραθύρου, την επιδιωκόμενη αισθητική και την μορφή των παραθύρων, τη χρήση κάθε δωματίου και το κόστος κατασκευής και χρήσης.

Η κάθε πλευρά της κατοικίας χρειάζεται διαφορετικό σύστημα σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό της. Η νότια πλευρά χρειάζεται οριζόντιο σύστημα, σταθερό ή κινητό, επειδή ο ήλιος το καλοκαίρι ακολουθεί υψηλή τροχιά. Εάν όμως χρησιμοποιηθούν περσίδες πρέπει να μην εμποδίζουν την διέλευση του χειμερινού ήλιου. Δυτική και νότια πλευρά χρειάζονται κατακόρυφες περσίδες γιατί σε αυτά τα σημεία ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά. Πρέπει να τονιστεί ότι η σταθερή σκίαση δεν ενδείκνυται καθώς εμποδίζεται ο ηλιασμός των χώρων το χειμώνα. Τέλος, νοτιοανατολική και νοτιοδυτική πλευρά χρειάζονται συνδυασμό από οριζόντιες και κατακόρυφες περσίδες (Λάζαρη 2002).

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι ανεξαρτήτως προσανατολισμού η επιλογή σταθερών σκιάστρων δεν έχει ιδανικά αποτελέσματα ενώ η επιλογή κινητών σκιάστρων δίνει ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής ανάλογα με τις συνθήκες και τη χρήση κάθε χώρου. Έτσι όταν πρόκειται για κατοικίες μπορούμε να χειριστούμε τη σκίαση διαφορετικά και απλούστερα αφού οι ανάγκες για σκίαση μπορούν να καλυφθούν με χρήση τεντών, όπου διασφαλίζεται και ο φυσικός φωτισμός, ενώ αποφεύγεται η θάμβωση ή οι ανακλάσεις του ηλιακού φωτός (Goulding and Owen Lewis 1997).

Από οικονομικής άποψης, παρόλο που ένα σύστημα εξωτερικής κινητής ηλιοπροστασίας είναι ακριβότερο και από ένα σταθερής εξωτερικής και από τη χρήση περσίδων εσωτερικά, επειδή είναι πολύ πιο αποτελεσματικό στο να αποτρέπει την υπερθέρμανση και έτσι μειώνει την κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό καταλήγει να είναι η πιο συμφέρουσα επιλογή. Ειδικότερα για τις κατοικίες ακόμα και η χρήση τεντών είναι πιο συμφέρουσα και αποτελεσματική από τα συστήματα εσωτερικής ηλιοπροστασίας, όπως στόρια και κουρτίνες (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Αναφορικά με τα σκιάστρα που θα χρησιμοποιηθούν, η μορφή τους εξαρτάται από τους ηλιακούς χάρτες και τους μετρητές σκιασμού. Ο ηλιακός χάρτης επιλέγεται σε αντιστοιχία με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου που βρίσκεται η κατοικία. Αντίθετα ο μετρητής σκιασμού είναι ο ίδιος για όλα τα μήκη και πλάτη, επειδή δείχνει τις κατακόρυφες γωνίες των οριζόντιων εμποδίων και σκιάστρων της ίδιας κατοικίας που αντιστοιχούν σε γωνίες ύψους από 10° έως 80°. Η επιλογή του κατάλληλου προσανατολισμού της όψης είναι σημαντική. Ο ακριβής προσανατολισμός της όψης της κατοικίας προκύπτει από την κάθετη στη διεύθυνση της όψης και από τη χάραξη της ευθείας βορρά – νότου στο ίδιο σημείο. Εάν η κάθετη όψη στην ευθεία ορίζει γωνία αριστερά του νότου τότε είναι στραμμένη προς την ανατολή, ενώ εάν βρίσκεται δεξιά του νότου τότε έχει δυτική όψη.

Αναφορικά με τα οριζόντια σκιάστρα, χρησιμοποιούμε την τομή του ανοίγματος κατά την οποία συνδέεται η απόληξη του σκιάστρου με το κατώφλι του ανοίγματος και ορίζοντας την κατακόρυφη γωνία που σχηματίζεται ως προς την οριζόντια ευθεία, η οποία προσφέρει σκίαση σε όλο το άνοιγμα. Σε περίπτωση που προτιμάται η σκίαση στο μισό του ανοίγματος, τότε η απόληξη του σκιάστρου

συνδέεται με το μέσο του ανοίγματος. Στη συνέχεια ο ηλιακός χάρτης τοποθετείται στο μετρητή σκιασμού, χαράσσοντας τη γωνία που προσφέρει τη σκίαση. Η περιοχή που βρίσκεται πάνω από τη γωνία σκιάζεται, ενώ αυτή κάτω από τη γωνία δέχεται ήλιο. Εφόσον το σκιάστρο που χρησιμοποιείται καλύπτει τις τροχιές του ήλιου κατά την καλοκαιρινή περίοδο, τότε η σκίαση που παρέχει είναι επαρκής. Στην περίπτωση που δεν επιθυμούμε ένα ενιαίο σκιάστρο είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε μικρότερες περσίδες, στις οποίες η κατακόρυφη γωνία να είναι σταθερή. Γενικά, η αποτελεσματικότητα των σκιάστρων εξαρτάται από το ποσοστό παρεμπόδισης της ηλιακής ακτινοβολίας να εισέλθει στο εσωτερικό της κατοικίας (ΚΑΠΕ 1992).

Αναφορικά με τα κατακόρυφα σκιάστρα, που όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιούνται στις ανατολικές και δυτικές όψεις, χρησιμοποιούμε την κάτοψη του ανοίγματος και συνδέουμε την απόληξη του σκιάστρου με τις αντίστοιχες παραστάδες του ανοίγματος, οπότε προκύπτουν γωνίες που παρέχουν πλήρη κάλυψη του ανοίγματος. Εάν επιθυμούμε τη μισή κάλυψη του ανοίγματος, οι απολήξεις συνδέονται με το μέσο του ανοίγματος, οπότε προκύπτουν οι αντίστοιχες γωνίες. Οι οριζόντιες γωνίες μεταφέρονται στο ηλιακό διάγραμμα και στην οριζόντια ευθεία των αζιμούθιων. Χαράζονται οι κάθετες ως προς τις οριζόντιες ευθείες, όπου πέρα από τις κάθετες ευθείες έχουμε σκίαση, ενώ το υπόλοιπο τμήμα εκτίθεται στον ήλιο. Με αυτό τον τρόπο σκίασης έχουμε τη διακοπή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας των χαμηλών τροχιών του ήλιου κατά την καλοκαιρινή περίοδο στις ανατολικές και δυτικές όψεις της κατοικίας (Κοντορούπης 2002).

Όταν ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων είναι νοτιοανατολικός ή νοτιοδυτικός, ακολουθούμε την διαδικασία που ακολουθήσαμε για τα οριζόντια και κατακόρυφα σκιάστρα για την επίτευξη πλήρους σκιασμού. Θα πρέπει όμως πρώτα να διευκρινιστεί ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων ως προς το νότο, που δείχνει την κατεύθυνση των ακτινών του ήλιου καθώς και την κλίση των σκιάστρων.

Στις ανατολικές, στις δυτικές και στις ενδιάμεσες όψεις τις κατοικίας προτείνεται η χρησιμοποίηση κινητών σκιάστρων, προκειμένου να είναι εφικτή η διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους το χειμώνα και από την άλλη να παρέχεται πλήρης προστασία των χώρων από τα μεγάλα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι και την υπερθέρμανση της κατοικίας (Savvides et al. 2016).



Εικ. 17 Σκίαση της κατοικίας (1)
(Κτίριο Εκδόσεις χ.χ.)²



Εικ. 18 Σκίαση της κατοικίας (2)
(Κτίριο Εκδόσεις χ.χ.)¹

19.9 Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων

Ένα πολύ σημαντικό μέτρο για τη μείωση της απώλειας θερμότητας κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών είναι η θερμική προστασία, δηλαδή η μόνωση, του κελύφους μιας κατοικίας εξωτερικά. Το πάχος και το είδος της μόνωσης των εξωτερικών τοίχων και της στέγης ή του δώματος παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας. Όσον αφορά το πάχος, έχει παρατηρηθεί ότι με τα πρώτα 5 cm της μόνωσης η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι πολλαπλάσια συγκριτικά με τα επόμενα 5 cm. Στην αρχιτεκτονική ισχύει ότι όσο πιο ελεύθερη είναι η μορφή της κατοικίας σε σχέση με τη σύνθεση των όγκων της, τόσο εντονότερες θα πρέπει να είναι οι μονώσεις του περιβλήματος της προκειμένου να μπορέσουν να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας και να εξασφαλιστούν συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό της κατοικίας με χαμηλές καταναλώσεις (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Οι απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό της κατοικίας μπορούν να ελαττωθούν δημιουργώντας ένα κτίριο συμπαγούς μορφής. Είναι γεγονός ότι όσο μικρότερη είναι η επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων για ένα ορισμένο θερμαινόμενο όγκο τόσο λιγότερη ενέργεια απαιτείται για τη θέρμανση του, αφού οι απώλειες θερμότητας από τους τοίχους είναι λιγότερες (Λάζαρη 2002).

Η θερμομόνωση δεν είναι απαραίτητη μόνο κατά τη χειμερινή περίοδο για τη μείωση των θερμικών απωλειών από το εσωτερικό της κατοικίας. Είναι απαραίτητη και τους καλοκαιρινούς μήνες για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των χώρων από τα απορροφούμενα ηλιακά κέρδη από τους εξωτερικούς τοίχους και τις οροφές. Εκτός της μόνωσης, η απορρόφηση των ηλιακών κερδών και η νυχτερινή αποβολή θερμότητας εξαρτάται και από το χρώμα και η υφή του κελύφους. Ένα κέλυφος βαμμένο με σκούρο χρώμα απορροφά περισσότερη ηλιακή ενέργεια και έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτή του αέρα. Αντίθετα ένα ανοιχτόχρωμο κέλυφος εμφανίζει σαφώς χαμηλότερες θερμοκρασίες. Για παράδειγμα μια ασβεστωμένη (λευκή) επιφάνεια έχει μόλις 1°C υψηλότερη θερμοκρασία από τον αέρα. Πρέπει λοιπόν να επιλέγονται ανοιχτά χρώματα για τις εξωτερικές επιφάνειες για να μειώνεται η θερμότητα που εισέρχεται στο κτίριο μέσω συναγωγής ή ακτινοβολίας. Και βέβαια στα θερμά κλίματα εκτός από τα ανοιχτά χρώματα, απαραίτητη είναι και η θερμομόνωση, όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω.

Όσον αφορά στα ανοίγματα, για την αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, πρέπει όσο το δυνατό να περιορίζονται στις ανατολικές και δυτικές πλευρές της κατοικίας και για την αποφυγή των θερμικών απωλειών το χειμώνα να περιορίζονται στις βορινές όψεις. Στα ανοίγματα που βρίσκονται σε αυτές τις πλευρές συνιστάται να έχουν τέτοιες διαστάσεις που να καλύπτουν τις ανάγκες των χώρων σε φυσικό φωτισμό και αερισμό, οπότε να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλα. Ειδικά τα βορινά ανοίγματα δέχονται εμμέσως διάχυτο φωτισμό, συμβάλλοντας σε μια καλή ποιότητα φωτισμού, γι' αυτό και προτιμώνται σε χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως τις καλοκαιρινές περιόδους. Οι βορινοί χώροι συνιστώνται για θερινή χρήση και για λόγους θερμικής άνεσης, αφού σε σύγκριση με τους χώρους των άλλων προσανατολισμών είναι οι λιγότερο θερμοί.

Η πλέον κατάλληλη πλευρά για την ύπαρξη ανοιγμάτων είναι η νότια. Συνιστάται η κάλυψη του 60% της νότιας επιφάνειας με ανοίγματα, προκειμένου οι χώροι να θερμαίνονται το χειμώνα με φυσικό τρόπο, μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε κάθε περίπτωση όμως για όλα τα ανοίγματα της κατοικίας συστήνεται η τοποθέτηση θερμομονωτικών υαλοπινάκων προηγμένης τεχνολογίας ή υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας, για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Τα βασικά κριτήρια επιλογής των κατάλληλων από πλευράς ποιότητας και αποτελεσματικότητας ανοιγμάτων είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας αφενός και ο συντελεστής μετάδοσης (διείσδυσης) της θερμικής ηλιακής ενέργειας αφετέρου. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας πρέπει να είναι ο μικρότερος δυνατός, σε αντίθεση με το συντελεστή διείσδυσης της θερμικής ηλιακής ενέργειας που πρέπει να είναι ο μεγαλύτερος δυνατός, αν πρόκειται για ανοίγματα κυρίως νότιου προσανατολισμού. Αναφορικά με τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα συνιστώνται μικρές τιμές και για τους δύο συντελεστές. Είναι πολύ σημαντικό να γίνει η σωστή επιλογή του καταλληλότερου υαλοπίνακα για κάθε προσανατολισμό και σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις του κάθε χώρου, για να μην έχουμε αρνητικά αποτελέσματα, όπως αυξημένες θερμικές απώλειες, μειωμένο φωτισμό κ.ά.

Τέλος, είναι σημαντικό κάθε όψη της κατοικίας να σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο που να γίνεται αξιοποίηση των οφελών της προκειμένου να διατηρούνται οι συνθήκες άνεσης στους εσωτερικούς χώρους (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

19.10 Αερισμός της κατοικίας

Η συνεχής ανανέωση του αέρα των εσωτερικών χώρων της κατοικίας έχει πολλαπλά οφέλη όταν γίνεται σωστά και ελεγχόμενα. Καταρχήν έχει μεγάλη σημασία για την υγιεινή διαβίωση των κατοίκων, καθώς και για τον καθαρισμό του αέρα από υγρασία, οσμές, σκόνης και ρύπων. Μπορεί επίσης να εξασφαλίσει στους χρήστες θερμική άνεση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ψύχοντας τους χώρους. Η ποσότητα του φρέσκου αέρα που χρειάζεται κάθε κατοικία διαμορφώνεται από τις ανάγκες των χρηστών, τους ρύπου που συγκεντρώνονται και τις ασχολίες τους.

Μπορούμε να έχουμε ανανέωση του αέρα φυσικά, εξαιτίας της διαφορετικής πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα. Δημιουργείται ανταλλαγή του αέρα, με τον εξωτερικό να μπαίνει με υψηλότερη πίεση από χαραμάδες και ανοίγματα, ανάλογα με την ταχύτητα, τη θερμοκρασία και τα υπάρχοντα ανοίγματα και το εσωτερικό να βγαίνει με χαμηλότερη πίεση (Κοντορούπης 2002).

Ο αερισμός – εξαερισμός της κατοικίας δεν θα πρέπει να είναι ανεξέλεγκτος. Η κατοικία πρέπει να έχει ένα αεροστεγές περίβλημα για να ελέγχεται η είσοδος του αέρα ώστε να μην υπάρχει απώλεια θερμότητας τους χειμερινούς μήνες και αύξηση του κόστους θέρμανσης.

Οι πηγές διαρροής αέρα και της διείσδυσης αυτού στο εσωτερικό της κατοικίας μπορούν να αποφευχθούν με λεπτομερειακό έλεγχο και σχολαστική εργασία. Αυτές οι πηγές είναι κενά σε παράθυρα και πόρτες, σε σημεία που εισέρχονται σωληνώσεις, γύρω από τους διακόπτες φωτισμού και τις πρίζες, σε ενώσεις τοίχων, των οροφών και των δαπέδων.

Το ιδανικό για μια κατοικία είναι να μην υπάρχει ανεξέλεγκτη εισροή εξωτερικού αέρα αλλά να υπάρχει επαρκής εισροή φρέσκου αέρα. Στις κατοικίες φυσικού εξαερισμού μπορεί να επιτευχθεί αεροστεγανότητα με απλά μέσα. Στις κατοικίες μηχανικού εξαερισμού (πχ ανεμιστήρες) είναι σημαντικό να υπάρχει αεροστεγανότητα.

Στις βιοκλιματικές κατοικίες δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο φυσικό αερισμό. Αυτός πραγματοποιείται με τη φυσική εισροή φρέσκου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό της κατοικίας. Προϋπόθεση είναι η εξωτερική θερμοκρασία να είναι υπολείπεται της εσωτερικής και των δομικών στοιχείων. Η εισροή αέρα συμβαίνει είτε λόγω διαφοράς πίεσης είτε λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, είτε από συνδυασμό και των δύο. Τα παραπάνω προκαλούν κίνηση του αέρα, ο οποίος οδηγείται στο εσωτερικό της κατοικίας μέσω των ανοιγμάτων και κυκλοφορώντας στους χώρους απάγει θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κελύφους, ενώ μειώνει τη θερμοκρασία μέσα στην κατοικία, όπως δείχνει η εικόνα 19.



Εικ. 19 Φυσικός αερισμός κατοικίας (greencom 2019)

Η ύπαρξη ανοιγμάτων στις δύο απέναντι πλευρές της κατοικίας επιφέρει το διαμπερή αερισμό του εσωτερικού της. Ο αέρας εισέρχεται από τη μια πλευρά που βρίσκεται σε θετική πίεση (προσήνεμη πλευρά), σαρώνει τον εσωτερικό χώρο και εξέρχεται από την άλλη πλευρά που βρίσκεται σε αρνητική πίεση (υπήνεμη πλευρά). Επίσης, η διαφορά θερμοκρασίας σε ένα χώρο έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση του αέρα και συγκεκριμένα προκαλείται άνωση. Ο θερμός αέρας ανυψώνεται και τη θέση του παίρνει ο ψυχρός. Είναι το γνωστό θερμοσιφωνικό φαινόμενο ή φαινόμενο της καμινάδας, το οποίο αξιοποιείται για τον φυσικό αερισμό ενός χώρου. Ο αέρας εισέρχεται από την πλευρά που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και θετική πίεση και διέρχεται από το χώρο κινούμενος προς τα πάνω για να εξέλθει από την απέναντι πλευρά. Τα ανοίγματα εισόδου και εξόδου πρέπει να έχουν υψομετρική διαφορά, με το άνοιγμα εισόδου να είναι χαμηλότερα. Ισχύει ότι η ροή του αέρα αυξάνει με την αύξηση της υψομετρικής διαφοράς των ανοιγμάτων έως κάποια τιμή

βέλτιστη, μετά από την οποία δημιουργείται αναστροφή της κυκλοφορίας του αέρα που είναι ανεπιθύμητη. Συνήθως τα ανοίγματα εξόδου δημιουργούνται στην υπήνεμη πλευρά της κατοικίας προκειμένου να ενισχύεται λόγω της διαφοράς πίεσης η ροή του αέρα, χωρίς πάντως αυτό να είναι απαραίτητο (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη 2006).

Ο νυχτερινός αερισμός είναι η πλέον διαδεδομένη και αποδοτική μέθοδος φυσικού αερισμού. Τη νύχτα που η θερμοκρασία είναι χαμηλή ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στους χώρους της κατοικίας και απάγει τη θερμότητα που έχει αποθηκευτεί στα δομικά της στοιχεία την ημέρα. Έτσι διακόπτεται η ετεροχρονισμένη εκπομπή θερμότητας από τη μάζα της κατοικίας προς τους εσωτερικούς χώρους, ενώ μειώνεται και η θερμοκρασία της. Το αποτέλεσμα είναι ότι την επόμενη μέρα η θερμοκρασία των χώρων είναι χαμηλότερη και η μάζα της κατοικίας ξεκινά να αποθηκεύει θερμότητα από χαμηλότερη θερμοκρασία. Ο νυχτερινός αερισμός είναι πιο αποδοτικός σε μέρη με μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ μέρας και νύχτας, αλλά έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα και σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, όπως αυτό της Ελλάδας. Με ειδικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων μπορούμε να αυξήσουμε την ταχύτητα του εισερχόμενου αέρα, αυξάνοντας την αποδοτικότητα του και ρυθμίζοντας και την παροχή του.

Πρέπει να τονιστεί ότι ο προσανατολισμός και τα ανοίγματα της κατοικίας είναι πολύ σημαντικά για την επίτευξη επαρκούς φυσικού αερισμού. Συνδυάζοντας και την ανάγκη εξασφάλισης ικανοποιητικού φυσικού φωτισμού είναι αναγκαίο να γίνεται ειδική μελέτη των κλιματικών συνθηκών και πιο συγκεκριμένα της έντασης και της κατεύθυνσης του ανέμου, καθώς και της ηλιακής ακτινοβολίας για την περιοχή που βρίσκεται η κατοικία (Goulding and Owen Lewis 1997).

Στις κατοικίες που έχουμε φυσικό εξαερισμό, κατά τους χειμερινούς μήνες που λειτουργούν τα συστήματα θέρμανσης, ο στόχος είναι να εξασφαλίζεται επαρκής εξαερισμός χωρίς το άνοιγμα των παραθύρων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας εξαεριστές χαμηλής ροής στα κουφώματα των ανοιγμάτων.

Σε κατοικίες με μηχανικό εξαερισμό είναι δυνατός ο καλύτερος έλεγχος της παροχής φρέσκου αέρα. Έτσι και ο αέρας στο εσωτερικό είναι πιο ποιοτικός και εξοικονομείται ενέργεια. Είναι σημαντικό η κατασκευή της κατοικίας να είναι αεροστεγής. Προτείνεται τα συστήματα μηχανικού εξαερισμού να ενσωματώνουν εναλλάκτες θερμότητας όπου έχουμε ανάκτηση της χαμένης ενέργειας. Η ανάκτηση θερμότητας με αυτόν τον τρόπο μπορεί να φτάσει στο 75%.

19.11 Μέτρα που αφορούν τη θερινή περίοδο

Το σημαντικότερο πρόβλημα κατά τη θερινή περίοδο είναι αυτό της υπερθέρμανσης της κατοικίας. Αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί και ο φυσικός τρόπος για να γίνει αυτό είναι να βελτιωθούν οι μικροκλιματικές συνθήκες με: σκίαση μέσω της κατάλληλης φύτευσης, επίστρωση με υλικά μεγάλης ανακλαστικότητας, δημιουργία υδάτινων επιφανειών για δροσισμό μέσω της εξάτμισης και τοποθέτηση διατάξεων ηλιοπροστασίας σε σχέση με τον προσανατολισμό των όψεων της κατοικίας. Στα νότια σημεία προτιμώνται οι οριζόντιες διατάξεις και οι κατακόρυφες

σε ανατολή και δύση με κατάλληλη κλίση που στοχεύει στην απομάκρυνση της ηλιακής ακτινοβολίας από το περίβλημα της κατοικίας. Επίσης, η χρησιμοποίηση ειδικών κρυστάλλων στα ανοίγματα του κτιρίου μειώνει τη δυνατότητα εισροής του ήλιου μέσω των ανακλαστικών, απορροφητικών και χαμηλής εκπομπής υαλοπινάκων (Εικ. 20). Άλλο μέτρο είναι ο διαμπερής αερισμός των χώρων και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας προκειμένου να απομακρυνθεί από τα δομικά στοιχεία η θερμότητα που έχει συσσωρευθεί από τις ώρες αιχμής. Αυτά για κλίματα όπως της Ελλάδας θεωρούνται απολύτως απαραίτητα. Στην περίπτωση που τα υπάρχοντα ανοίγματα της κατοικίας δεν ικανοποιούν επαρκώς τις ανάγκες σε φυσικό αερισμό, σκόπιμη κρίνεται η δημιουργία ανοιγμάτων στην οροφή της κατοικίας, η κατασκευή ηλιακής καμινάδας με την οποία επιταχύνεται η απαγωγή του θερμού εσωτερικού αέρα από την κατοικία ή η χρήση ανεμόπυργου ο οποίος λόγω της εξαναγκασμένης ροής του αέρα αποτελεί μια ακόμα αποτελεσματική τεχνική (Stefanou et al. 2004).

Αναφερόμενοι στον φυσικό αερισμό, αυτός παρέχει δροσισμό απομακρύνοντας τα θερμικά φορτία από το εσωτερικό της κατοικίας χρησιμοποιώντας την κίνηση του αέρα. Αυτή η κίνηση μπορεί να προκληθεί από φυσικές δυνάμεις όπως του ανέμου και από μηχανικά μέσα όπως για παράδειγμα οι ανεμιστήρες οροφής. Ο αέρας από τον εξωτερικό χώρο έχει υψηλή πίεση και κινείται προς το εσωτερικό όπου η πίεση είναι χαμηλή. Εφόσον στον εξωτερικό χώρο επικρατεί θερμοκρασία ψυχρότερη της εσωτερικής, με τον αερισμό αποβάλλεται η θερμότητα που συσσωρεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας από τον ηλιασμό και εξασφαλίζεται δροσία και θερμική άνεση για τους ενοίκους της κατοικίας.

Η χρήση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας είναι μια ακόμα λύση, καθώς προκαλούν χρονική καθυστέρηση στη μετάδοση της θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας και σε συνδυασμό με το νυχτερινό αερισμός μπορούμε να επιτύχουμε φυσικό δροσισμό των χώρων και να αποφύγουμε την υπερθέρμανση. Ακόμα η χρήση ανοιχτόχρωμων επιχρισμάτων ελαχιστοποιεί την απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία και μεγιστοποιεί την ανακλώμενη. Ενισχύοντας το φυσικό φωτισμό των χώρων, περιορίζοντας ταυτόχρονα τις ανάγκες σε τεχνητό φωτισμό έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό των εσωτερικών θερμικών φορτίων. Το ίδιο μπορούμε να επιτύχουμε και με χρήση φωτιστικών και ηλεκτρικών συσκευών υψηλής απόδοσης.



Εικ. 20 Προστασία της κατοικίας τη θερινή περίοδο (Watson 2017)

19.12 Υλικά δόμησης

Τα υλικά που επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας είναι αναγκαίο να έχουν ως βασικό στόχο την ελαχιστοποίηση της ενέργειας που καταναλώνεται για αυτά, αλλά και κατά την κατασκευή. Θα πρέπει δηλαδή να απαιτείται περιορισμένη ενέργεια για την εξόρυξη, την παραγωγή, τη μεταφορά, τη χρήση, την κατεδάφιση και την απόθεση τους. Με άλλα λόγια να απαιτείται η κατανάλωση ελάχιστης ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους. Στις περιπτώσεις που απαιτείται η χρησιμοποίηση κάποιου δομικού υλικού που καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας, αυτή θα πρέπει να γίνεται κατά τον τρόπο που να αξιοποιείται κατά την αποδοτικότερη μορφή του και να υπάρχει επίσης δυνατότητα ανακύκλωσης του. Σημαντικό είναι ακόμα να χρησιμοποιούνται υλικά που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αξιοποιηθούν ξανά με την ελάχιστη διαδικασία επαναφοράς. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγονται τα σύνθετα υλικά, τα οποία δεν είναι εύκολο να συλλεχθούν και να ανακυκλωθούν. Επιπλέον τα χρησιμοποιούμενα υλικά πρέπει να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και να επιδρούν σε αυτό κατά το ελάχιστο δυνατό κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής τους. Σημαντικό επίσης είναι να επιλέγονται τέτοια δομικά υλικά που να μεγιστοποιείται ο χρόνος ζωής των κατοικιών. Για δε τα υλικά που έχουν μικρότερο χρόνο ζωής από αυτόν της κατοικίας θα πρέπει να γίνεται έλεγχος και να εξετάζεται η δυνατότητα αυτά να αντικατασταθούν ή να συντηρηθούν. Τέλος θα πρέπει οι κατασκευαστές να ενημερώνουν τους χρήστες σχετικά με το ενεργειακό δυναμικό των υλικών που χρησιμοποιούνται, καθώς και για την επίδραση τους κατά την παραγωγή και τη χρήση τους στο περιβάλλον (Κοντορούπης 2002).

Πολλά σύγχρονα υλικά και προϊόντα όπως ρητίνες, βερνίκια, κόλλες και αρκετά μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή παντός είδους κτιρίου, με σκοπό τη μείωση του κόστους, του χρόνου κατασκευής και την ευκολία τοποθέτησης, είναι υπεύθυνα για ενοχλήσεις στους ανθρώπους κι επιδρούν αρνητικά στην υγεία τους. Είναι γνωστό το σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων που σχετίζεται με την ύπαρξη βλαβερών υλικών που προκαλούν παθολογικές καταστάσεις στους ενοίκους των κατοικιών. Είναι απαραίτητη η στροφή στην οικολογική προσέγγιση και τη βιώσιμη ανάπτυξη με επίκεντρο την ανθρώπινη υγεία και άνεση.

Σε έρευνες και μετρήσεις που έχουν γίνει πάνω στα συνήθη οικοδομικά υλικά έχει βρεθεί ότι πολλά από αυτά είναι υπεύθυνα για πρόκληση πονοκεφάλων, εκνευρισμού, αλλεργιών κλπ. στους ενοίκους των κατοικιών. Από την άλλη υπάρχουν αρκετά υγιεινά και οικολογικά υλικά στην αγορά όπως ο ωστενιτικός χάλυβας, η ωμή άργιλος, ο ασβέστης, η κόλλα από καουτσούκ, ο κετσές από καρύδα, το ξύλο, το εμποτισμένο με μαγνήσιο ξύλο, το κερί από μέλισσες, το πλέγμα γιούτας, ο φελλός.

Ο ωστενιτικός χάλυβας, αντιθέτως προς τον κλασικό δομικό χάλυβα που είναι μαγνητικός προκαλώντας μεταβολή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, καθώς και πρόωρη γήρανση των κτιριακών κατασκευών, είναι αντιμαγνητικός και ανοξειδωτός, περιορίζει τη γήρανση των κατασκευών και την οξειδωση των ράβδων σιδηροπλισμού. Μειονέκτημα του ωστενιτικού χάλυβα είναι το σχετικά υψηλό του κόστος.

Η ωμή άργιλος, σε μορφή ωμοπλίνθων ή χυτή σε καλούπια, ως σκυρόδεμα, είναι άριστο οικολογικό δομικό υλικό, αναφορικά με τη μηχανική του αντοχή, τις θερμικές μονωτικές του ιδιότητες, καθώς και τη δυνατότητα διαπνοής των εξωτερικών τοίχων. Οι κατοικίες που χρησιμοποιούν ωμοπλίνθους μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο σκάμμα για τη θεμελίωση της ανωδομής, περιορίζοντας την επίδραση των κατασκευαστικών εργασιών στο περιβάλλον.

Ο ασβέστης είναι οικοδομικό υλικό που χρησιμοποιείται σε οποιοδήποτε τύπο τελειώματος των τοίχων καθώς "αναπνέει" με αποτέλεσμα να επιτρέπει τη σταθερή ανταλλαγή αέρα μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα συντηρείται εύκολα και ανακατασκευάζεται πολύ εύκολα στα σημεία που υπάρχουν φθορές.

Η κόλλα από καουτσούκ, σε αντίθεση προς τις κόλλες από συνθετικές ρητίνες που είναι επιβλαβείς, είναι ένα φυσικό προϊόν, μη τοξικό, σταθερό, που δεν χάνει τις συγκολλητικές του ιδιότητες με το πέρασμα του χρόνου.

Ο κετσές από καρύδα, είναι ένα πράσινο, οικολογικό υλικό, σύμφωνα με το εξειδικευμένο ινστιτούτο οικοδομικής βιολογίας του Ρόχενχαιμ. Πρόκειται για υλικό με πολλά πλεονεκτήματα ως ηχομονωτικό σε επενδύσεις ορόφων, που συμβάλλει στην απόσβεση των ταλαντώσεων και στον περιορισμό της μετάδοσης θορύβων.

Το ξύλο είναι από τα κύρια υλικά των βιοκλιματικών οικοδομών. Το ξύλο όταν έχει το κατάλληλο πάχος αντέχει στη φωτιά σε αντίθεση με αυτό που πιστεύεται. Είναι σημαντικό να μην αλλοιώνονται τα χαρακτηριστικά του με διάφορες επεξεργασίες και χημικά προϊόντα όπως εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα κοκ., τα οποία αποτελούν πηγή βλαβερών αναθυμιάσεων. Αντιθέτως πρέπει να χρησιμοποιούνται για τέτοιους σκοπούς φυσικά προϊόντα.

Το εμποτισμένο με μαγνήσιο ξύλο είναι υλικό που χρησιμοποιείται στις βιοκλιματικές κατοικίες ιδιαιτέρως καθώς έχει πολλά πλεονεκτήματα, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι οι καλές θερμομονωτικές του ιδιότητες, η καλή ακουστική του μόνωση, η ικανότητα διαπνοής του, η μικρή του υγροσκοπικότητα, το ότι είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και δεν είναι ραδιενεργό.

Το κερί από μέλισσες είναι το καλύτερο μέσο για το φινίρισμα και την προστασία διάφορων ξυλοκατασκευών, όπως για παράδειγμα τα ξύλινα δάπεδα και οι στέγες.

Το πλέγμα γιούτας είναι ένα φυσικό προϊόν προερχόμενο από μια ανανεώσιμη πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα στη βιοοικοδομική. Έχει το πλεονέκτημα να απορροφά τις τάσεις που δημιουργούνται λόγω των συστολών από την εξάτμιση του νερού του κονιάματος και έτσι δεν δημιουργούνται ρηγματώσεις. Γι' αυτό είναι πολύ χρήσιμη όταν χρησιμοποιείται στα εσωτερικά μονωτικά επιχρίσματα.

Ο φελλός είναι άριστο μονωτικό και ηχοαπορροφητικό υλικό. Ο συμπιεσμένος φελλός σε φύλλα χωρίς κόλλα ή ακόμα τριμμένος σε κόκκους είναι ένα φυσικό υλικό, ανανεώσιμο και μη τοξικό.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα δομικά στοιχεία μιας βιοκλιματικής κατοικίας, τα οικοδομικά υλικά που ενδείκνυνται να χρησιμοποιούνται στην κατασκευή της κατοικίας, τα μονωτικά υλικά, τα οικολογικά κονιάματα, θα αναφερθούμε στη χρήση και τα είδη ξυλείας στις κατοικίες, στις ξύλινες στέγες, στα ξύλινα και άλλα δάπεδα, στα οικολογικά χρώματα και τέλος θα εξετάσουμε το πρόβλημα της ραδιενέργειας στο εσωτερικό της κατοικίας και πως αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί (Goulding and Owen Lewis 1997).

19.12.1 Χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων βιοκλιματικής κατοικίας

Τα δομικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας πρέπει να έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Να μπορούν να ανακυκλωθούν ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν
- Να έχουν καλή θερμική και ακουστική μόνωση
- Να παράγονται με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας
- Κατά την παραγωγική τους διαδικασία να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον με τοξικά απόβλητα και απορρίμματα
- Να μην απελευθερώνουν τοξικά αέρια, αμίαντο και θετικά ιόντα στην ατμόσφαιρα
- Να επιτρέπουν την είσοδο μικροκυμάτων ευνοϊκών για την υγεία
- Να μην αυξάνουν το ποσοστό του στατικού ηλεκτρισμού και της φυσικής ραδιενέργειας
- Να παράγονται σε κοντινή απόσταση από τον τόπο χρήσης τους
- Να μπορούν να διατηρούν ένα ανεκτό επίπεδο υγρασίας για τον ανθρώπινο οργανισμό

- Δεν πρέπει να προέρχονται από φυτικά είδη που απειλούνται με εξαφάνιση

19.12.2 Οικοδομικά υλικά

Το οπλισμένο σκυρόδεμα έχει την ιδιότητα σε μια κατασκευή να δημιουργεί χώρους τελείως μονωμένους από ηλεκτρικά και ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Δεν ισχύει το ίδιο όμως και για τα μαγνητικά κύματα από τα οποία δεν μπορεί να προστατέψει τους ενοίκους της κατοικίας, με αποτέλεσμα να προκαλούνται προβλήματα στην υγεία όπως κόπωση, πονοκέφαλοι και άγχος. Αν αυτό συνδυαστεί με κεντρικό σύστημα κλιματισμού ελλιπώς συντηρημένου, κακό φυσικό αερισμό και ανθυγιεινά δομικά υλικά, δημιουργούνται πολύ μεγάλα προβλήματα υγείας στους χρήστες. Ένας τρόπος για να αποφευχθεί αυτό είναι να γειωθούν οι οπλισμοί του σκυροδέματος.

Κατά την κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας, μια αποδεκτή αναλογία υλικών αποτελείται κατά το 1/3 από σκληρά υλικά όπως είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα, κατά το 1/3 από ουδέτερα υλικά είναι τα τούβλα και τα κεραμίδια και κατά το 1/3 από φυσικά υλικά όπως είναι το ξύλο. Η ποιότητα των οικοδομικών υλικών εξαρτάται από μια σειρά ιδιοτήτων. Αυτές είναι η πηγή προέλευσης τους, η διάρκεια ζωής τους, τα οικολογικά τους χαρακτηριστικά, η κατανάλωση ενέργειας τους, η ραδιενέργειά τους, οι θερμικές τους ιδιότητες, οι ηλεκτρικές τους ιδιότητες, οι ακουστικές τους ιδιότητες, η ικανότητα διαπνοής τους, η αντίσταση τους στα μικροκύματα, η υγρασία τους, η αφομοίωση τους, οι τοξικές πτητικές ενώσεις τους, οι οσμές τους. Τα πλέον οικολογικά υλικά που πληρούν τις ανωτέρω προϋποθέσεις είναι το ξύλο, ο φελλός, η άργιλος ή πηλός. Ακολουθούν λιγότερο οικολογικά το τούβλο, το ασβεστοκονίαμα, το πάστα λινέλαιο φυσικό. Στις χαμηλότερες θέσεις όσο αφορά τον οικολογικό τους χαρακτήρα κατατάσσονται υλικά όπως το τσιμέντο τύπου Portland, η πλάκα αμιάντου, το γυαλί, ο πολυεστέρας, το PVC, το ασφαλτόπανο, ο συνθετικός γύψος, η συνθετική κόλλα, το συνθετικό βερνίκι τα οποία θα πρέπει να αποφεύγονται και να μην χρησιμοποιούνται στην ανέγερση βιοκλιματικών κατοικιών.

19.12.3 Μονωτικά υλικά

Αναφερθήκαμε παραπάνω στη θερμομόνωση και τα μονωτικά υλικά. Θα εξετάσουμε στη συνέχεια λεπτομερέστερα κάποια από αυτά που ήδη αναφέρθηκαν, καθώς και μερικά ακόμα που χρησιμοποιούνται στη θερμομόνωση των κατασκευών. Τα μονωτικά υλικά που επιλέγονται για να είναι αποτελεσματικά και αποδοτικά θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας U προκειμένου να προσφέρουν τη μέγιστη δυνατή θερμομόνωση. Θα πρέπει επίσης να καταναλώνουν τη μικρότερη δυνατή ενέργεια για να παραχθούν και τέλος να έχουν τον μικρότερο δυνατό χρόνο ενεργειακής απόσβεσης. Μερικά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη θερμομόνωση είναι η πολυστυρόλη, η πολυουρεθάνη, ο περλίτης, ο κοκκοφοίνικας, ο φελλός κι ο υαλοβάμβακας. Η πολυστυρόλη έχει ειδικό βάρος 15-30 kg/m³ και συντελεστή $U=0,035-0,040$ W/m²K. Η συνολική ενέργεια που δαπανάται για να παραχθεί είναι 530-1050 KWh/m³ και ο χρόνος ενεργειακής απόσβεσης είναι 7-20 μήνες. Η πολυουρεθάνη έχει ειδικό βάρος 30-35 kg/m³, συντελεστή $U=0,020-0,035$ W/m²K, η συνολική κατανάλωση της ενέργειας του είναι

1140-1330 KWh/m³, ενώ ο χρόνος ενεργειακής είναι περίπου 9-23 μήνες. Ο περλίτης έχει ειδικό βάρος που φτάνει έως 100 kg/m³, έχει συντελεστή $U=0,050 \text{ W/m}^2\text{K}$, καταναλώνει ενέργεια μόνο 210-235 KWh/m³ και κάνει ενεργειακή απόσβεση σε 3,5 μήνες. Ο κοκκοφοίνικας έχει ειδικό βάρος 75-85 kg/m³, συντελεστή $U=0,045 \text{ W/m}^2\text{K}$, καταναλώνει συνολικά 365-405 KWh/m³ και κάνει απόσβεση σε 1,5-2 μήνες. Ο φελλός έχει ειδικό βάρος 90-110 kg/m³, συντελεστή $U=0,045 \text{ W/m}^2\text{K}$, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται κατά την παραγωγή του είναι 360-440 KWh/m³ και κάνει απόσβεση σε 0,5-1,5 μήνα. Τέλος ο υαλοβάμβακας έχει ειδικό βάρος 190-240 kg/m³, συντελεστή $U=0,045-0,053 \text{ W/m}^2\text{K}$, η ενέργεια που καταναλώνει για την παραγωγή του είναι 1510-1705 KWh/m³ και κάνει απόσβεση σε 8-16 μήνες.

Καθίσταται φανερό από τα ανωτέρω ότι τα καλύτερα μονωτικά υλικά είναι ο φελλός κι ο κοκκοφοίνικας, ενώ το χειρότερο είναι πολυουρεθάνη. Καλό είναι να αποφεύγονται μονωτικά υλικά όπως η πολυουρεθάνη και η πολυστερόλη καθώς μολύνουν το περιβάλλον και βλάπτουν την ανθρώπινη υγεία. Από την άλλη ο περλίτης, ο κοκκοφοίνικας κι ο υαλοβάμβακας δεν απειλούν το περιβάλλον κατά την τοποθέτησή τους ούτε κατά την παραγωγή τους και δεν προκαλούν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων. Αναφορικά με το φελλό ο μόνος κίνδυνος είναι ότι κατά την παραγωγική του διαδικασία προκαλεί μόλυνση του περιβάλλοντος.

Οικολογικό μονωτικό επίσης θεωρείται το χαρτί της εφημερίδας που έχει υποστεί κάποια επεξεργασία προτού χρησιμοποιηθεί για τη μόνωση των εσωτερικών τοίχων και της στέγης. Το επεξεργασμένο χαρτί εφημερίδας έχει τη μορφή νιφάδων και το οποίο με ειδική αντλία εκτοξεύεται στο εσωτερικό των τοίχων, ανάμεσα στην επένδυση και τη στέγη, καθώς και κάτω από τα πατώματα (Τσίππρας και Θέμης 2005).

19.12.4 Οικολογικά κονιάματα

Εκτός από τον συνήθη σοβά με βάση το τσιμέντο, υπάρχουν και τα εναλλακτικά, οικολογικά κονιάματα που φτιάχνονται από συνδυασμό κονιάς και κεραμικών προϊόντων, διαφόρων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Αυτά αποτελούνται για παράδειγμα από θηραϊκή γη, κεραμάλευρα κ.ά. και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επιχρίσματα σε κατοικίες, ως κονιάματα δόμησης πλινθοδομών, σε εμφανείς τοιχοποιίες κοκ.

Κύρια πλεονεκτήματα των οικολογικών κονιαμάτων είναι το γεγονός ότι είναι φυσικά προϊόντα χωρίς χημικά, με μεγάλη αντοχή στο χρόνο, χωρίς ανάγκη συντήρησης, δεν χρειάζονται βάψιμο καθώς με το φυσικό τους χρώμα χρωματίζουν τις επιφάνειες της κατοικίας με διάφορες φυσικές αποχρώσεις και τέλος έχουν σαφώς μεγαλύτερη αντοχή από τα κοινά επιχρίσματα.

Θα εξετάσουμε στη συνέχεια διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται ως συστατικά των εναλλακτικών κονιαμάτων. Τα βασικότερα από αυτά είναι η θηραϊκή γη, το κεραμάλευρο, η ποζολάνη της Μήλου.

Η θηραϊκή γη είναι ποζολανικό υλικό που χρησιμοποιείται για την ενίσχυση των ασβεστοκονιαμάτων, καθώς και των τσιμεντοκονιαμάτων. Το υλικό αυτό κατά την ένωση του με τον ασβέστη σχηματίζει ασβεστοπυριτικές ενώσεις που, παρουσία

υγρασίας, καθιστούν το κονίαμα σκληρότερο. Αυτή η ιδιότητα οφείλεται στο δραστικό πυρίτιο που περιλαμβάνεται στη θηραϊκή γη και η οποία τη διαφοροποιεί από τη μαρμαρόσκονη, τον πηλό κ.ά. Οι κατεργασίες που απαιτούνται για να λάβει η θηραϊκή γη την τελική της μορφή είναι το πλύσιμο προκειμένου να μειωθούν τα υδατοδιαλυτά άλατα, καθώς και η άλεση της για να αυξηθεί η λεπτότητα των κόκκων.

Το κεραμάλευρο χρησιμοποιείται από τα αρχαία χρόνια ως ένα συστατικό κονιάματος υψηλής ποιότητας. Το κεραμάλευρο προσδίδει στο κονίαμα αντοχή και ανθεκτικότητα στο χρόνο, ενώ συμβάλει στην αισθητική των κτιρίων, εξαιτίας του χρώματος του και της κοκκώδους υφής του.

Η ποζολάνη Μήλου αποτελεί ένα από τα κυριότερα συστατικά των οικολογικών κονιαμάτων, μαζί με τον ασβέστη, το κεραμάλευρο και άλλα αδρανή υλικά. Διαθέτει και αυτή μεγάλη αντοχή και ανθεκτικότητα στο χρόνο και είναι αξιοσημείωτο ότι έχει χρησιμοποιηθεί σε μνημεία των αρχαίων χρόνων που διατηρούνται μέχρι σήμερα. Η ποζολάνη Μήλου αποτελείται από άμορφο υλικό με υψηλή περιεκτικότητα σε ενεργό SiO_2 .

Ο ασβέστης είναι η βάση δημιουργίας των διαφόρων παραδοσιακών κονιαμάτων. Προσθέτοντας σε αυτά κεραμάλευρα πολλαπλασιάζεται η αντοχή τους και φτάνει περίπου τα $18,4 \text{ kg/cm}^2$. Αν προστεθεί και θηραϊκή γη τότε η αντοχή τους αυξάνεται ακόμα περισσότερο και φτάνει τα 20 kg/cm^2 . Τέλος αν προστεθεί μικρή ποσότητα τσιμέντου η αντοχή του κονιάματος φτάνει τα $25-35 \text{ kg/cm}^2$.

Τα όποια προβλήματα που μπορεί να υπάρξουν κατά την εφαρμογή των οικολογικών κονιαμάτων προέρχονται από την άγνοια των οικοδόμων να φτιάξουν κονίαμα με ιδανικές αναλογίες και τη μη συμμόρφωση τους με τις υποδείξεις των κατασκευαστών, προκειμένου να κατασκευαστεί κονίαμα με τις βέλτιστες αναλογίες. Άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι η εμφάνιση αλάτων στην τοιχοποιία εξαιτίας της μεγάλης περιεκτικότητας σε υδατοδιαλυτά αλκάλια. Όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε αλκάλια τόσο χειρότερο το κονίαμα. Γι' αυτό προτείνεται η χρήση φυσικών ρητινών στο κονίαμα, το βρέξιμο των τοίχων πριν την τοποθέτηση του, αλλά και το άπλωμα του κονιάματος σε χωριστά στρώματα για να επιτευχθεί το ιδανικό πάχος.

Το σοβάτισμα των κατοικιών με τα εναλλακτικά-οικολογικά κονιάματα απαιτεί σωστές ποσότητες υλικών και ανάμειξη αυτών, προσθήκη μικρής ποσότητας φυσικών ρητινών προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους, συνδυάζοντας και τεχνικές που χρησιμοποιούν ίνες προπυλενίου, παρόλο που αυτό δεν είναι οικολογικό. Επίσης απαιτείται προσθήκη ιδανικής ποσότητας νερού για να μην είναι το μίγμα πολύ υδαρές καθώς έτσι είναι πιθανόν να προκληθούν ρωγμές (Κοντορούπης 2002).

19.12.5 Χρήση και είδη ξυλείας

Το ξύλο είναι από τα πιο παλαιά και περιβαλλοντικά φιλικά υλικά δόμησης. Γίνεται χρήση του στην κατασκευή και στήριξη της στέγης, στην κατασκευή θυρών, παραθύρων, κουφωμάτων, στα δάπεδα, στην επιπλοποιία. Είναι προϊόν φυσικό και παρόλο που θα έπρεπε να είναι άφθονο, οπότε και φτηνό, οι πυρκαγιές, οι οικοπεδοποιήσεις, οι εκτεταμένες απαλλοτριώσεις, το έχουν κάνει δυσεύρετο και

πανάκριβο. Ως συνέπεια αυτής της κατάστασης έχουμε στροφή των κατασκευαστών σε φθηνότερες εναλλακτικές λύσεις, που είναι και λιγότερο οικολογικές. Εκτός αυτών των υλικών χρησιμοποιούνται πλέον και αρκετά ανακυκλώσιμα υλικά, σε μια προσπάθεια για πιο ορθολογικές και οικολογικές λύσεις στις οικοδομές.

Τα προϊόντα ξύλου που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τη βιομηχανική ξυλεία (νοβοπάν, κόντρα πλακέ, MDF) και την πριστή ξυλεία. Αναλόγως του πάχους τους οι διάφοροι τύπου ξυλείας κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες. Έτσι έχουμε τα σκουρέτα, τις μισόταβλες, τις τάβλες, τα ποντισέλια, τα μαδέρια και τα καδρόνια.

Στην Ελλάδα η ξυλεία που χρησιμοποιείται έχει προέλευση το πεύκο, το έλατο, την ελιά, την οξιά, την καρυδιά και την καστανιά. Τα τέσσερα πρώτα χρησιμοποιούνται κυρίως ως καυσόξυλα. Η καρυδιά είναι σπάνιο, πολύ όμορφο και πανάκριβο ξύλο και αυτός είναι ο λόγος που στην αγορά κυκλοφορούν υποκατάστατα της. Η καστανιά είναι αυτοφυές δέντρο. Το ξύλο της έχει λευκό, κρεμώδες ή κιτρινωπό χρώμα με λεπτή υφή και είναι παρόμοιο με της λεύκας και της ιτιάς. Είναι ελαφρύ για σκληρό ξύλο με μέση πυκνότητα $0,51 \text{ kg/m}^3$. Έχει την ιδιότητα να ξεραίνεται γρήγορα και κατά το στέγνωμα δεν φυραίνει. Δουλεύεται εύκολα, αλλά προσβάλλεται από έντομα και μύκητες, γι' αυτό πρέπει να προστατεύεται με συντηρητικά. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή πορτών και παραθύρων, ως οικοδομικό υλικό και στην επιπλοποιία.

Στην Ευρώπη τα είδη ξυλείας που ξεχωρίζουν είναι η οξιά, η δρυς, το σουηδικό πεύκο και το έλατο. Όλα χρησιμοποιούνται στην οικοδομική, στην επιπλοποιία και αλλού. Η ξυλεία εισάγεται στην Ελλάδα από την Ευρώπη και κυρίως από την Σκανδιναβικές χώρες, την Αυστρία, τη Ρωσία κλπ. και χρησιμοποιείται στην κατασκευή κατοικιών και ειδικότερα στα πατώματα, στις στέγες και τη στήριξη αυτών, στις ξύλινες επενδύσεις, στα κουφώματα κοκ (Sala and Ceccherini Nelli 1994).

Κατά την τοποθέτηση του ξύλου δεν πρέπει η υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος να υπερβαίνει το 60%. Το εργοστάσιο παραδίδει την ξυλεία της επίστρωσης με τέτοια υγρασία που να έχει τις ελάχιστες δυνατές αυξομειώσεις διαστάσεων κάτω από τις συνήθεις συνθήκες χρήσης και η οποία κυμαίνεται από 7 έως 11%. Το δε υπόβαθρο πρέπει να έχει υγρασία από 2 έως 3%. Η υγρασία ισορροπίας του ξύλου μπορεί να προσδιοριστεί αν γνωρίζουμε την υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος.

Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που απειλούν το ξύλο, υποβαθμίζοντας την υγιεινή του, την αντοχή του και την αισθητική του. Πρόκειται για την υγρασία, τη φωτιά, τα έντομα και τους μύκητες.

Η υγρασία αν συνδυάζεται με θερμοκρασιακές μεταβολές και με μη επαρκή αερισμό ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων φυτικών ή ζωικών. Αυτό αποφεύγεται χρησιμοποιώντας στεγνά ξύλα κατά την κατασκευή του ζευκτού και όταν η τοποθέτηση ολοκληρωθεί να παρέχεται επαρκής αερισμός τους. Επίσης θα πρέπει στα σημεία που τα ξύλα εφάπτονται με την τοιχοποιία ή το σκυρόδεμα να παρεμβάλλονται στεγανωτικά μέσα. Άλλος τρόπος προστασίας της ξυλείας από την υγρασία είναι ο εμπότισμός της με στεγανωτικά βερνίκια τα οποία εισχωρούν στους

πόρους της. Οι μύκητες αναπτύσσονται όταν υπάρχει υγρασία με έλλειψη αερισμού παράλληλα. Όταν η υγρασία της ξυλείας είναι κάτω από 20% δεν αναπτύσσονται μύκητες. Η προσβολή από μύκητες ξεκινάει από το εσωτερικό του ξύλου και βγαίνει σταδιακά προς τα έξω με αποτέλεσμα να μην γίνεται αμέσως αντιληπτή.

Αναφορικά με τα έντομα, το σαράκι είναι η μεγαλύτερη απειλή για το κατεργασμένο ξύλο και το οποίο αναπτύσσεται εκεί που ο αερισμός κι ο φωτισμός είναι ανεπαρκείς. Αν δεν καταπολεμηθεί εγκαίρως προκαλεί καταστροφή σε μεγάλες μάζες του ξύλου. Το προσβεβλημένο από το σαράκι τμήμα του ξύλου αφαιρείται ολοκληρωτικά και αυτό που απομένει καυτηριάζεται. Στη συνέχεια τρίβεται με γυαλόχαρτο και τέλος ψεκάζεται με ειδικά εντομοκτόνα. Άλλος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι ο εμποτισμός της ξυλείας με εντομοκτόνα σε ενέσιμη μορφή. Τα ξύλα που έχουν προσβληθεί από άλλου είδους έντομα, εξυγιαίνονται με την αφαίρεση των μη υγείων, προσβεβλημένων τμημάτων και οι οπές παραμένουν ανοιχτές για αρκετό χρονικό διάστημα σε συνθήκες επαρκούς αερισμού, γίνεται καυτηρίαση με καυτό αέρα ή άλλα ειδικά αέρια και τελικά κλείνονται με κερί. Τέλος ο ξύλινος φορέας ψεκάζεται με εντομοκτόνα.

Τα ξύλα θα πρέπει να προστατεύονται από τη φωτιά και αυτό καταρχήν γίνεται τηρώντας ασφαλείς αποστάσεις αυτών από τις καπνοδόχους, τις εστίες φωτιάς, τα εύφλεκτα υλικά κλπ. Επίσης θα πρέπει τα ξύλα να επαλείφονται ή να ψεκάζονται με υλικά πυροπροστασίας. Ένας καλός συνδυασμός προστασίας του ξύλου από τη φωτιά είναι η ρητινώδης επάλειψη και το αφρώδες πυροπροστατευτικό υλικό. Η εφαρμογή των υλικών πυροπροστασίας πρέπει να γίνεται στο τέλος κι αφού έχουν προηγηθεί τα υλικά στεγάνωσης και τα μυκητοκτόνα.

Στην αγορά κυκλοφορούν πολλά υλικά που προστατεύουν την ξυλεία από τις ανωτέρω αναφερθείσες επιδράσεις τα οποία προσδίδουν ταυτόχρονα διάφορες αποχρώσεις που βελτιώνουν την αισθητική. Πρέπει να σημειώσουμε όμως ότι τα υλικά αυτά, άλλα λιγότερο κι άλλα περισσότερο, είναι τοξικά, γι' αυτό και οι χώροι που εφαρμόζονται πρέπει να αερίζονται καλά, ενώ οι τεχνίτες πρέπει να λαμβάνουν προστατευτικά μέτρα, όπως είναι οι μάσκες και τα γάντια.

19.12.6 Ξύλινες στέγες

Η ξύλινη στέγη αποτελούσε ανέκαθεν ένα σημαντικό κομμάτι στην κατασκευή της κατοικίας. Αυτό που επιδιώκεται είναι η στέγη να παρέχει θερμομόνωση, υγρασιμόνωση, ακόμα και φωτισμό σε κάποιες περιπτώσεις (πχ σε μεγάλο μεγέθους στέγες). Ακόμα και σήμερα που υπάρχουν πολλές επιλογές κατασκευής στεγών, τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του ξύλου στην κατασκευή της στέγης είναι πολλά και προφανή. Το ξύλο ως υλικό συνέβαλε πάντα στην επίλυση πολλών προβλημάτων εξαιτίας της υψηλής μηχανικής αντοχής του σε σχέση με το βάρος του (εξαιρετικά υψηλή αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό), καθώς επίσης και της διαθεσιμότητας του σε μεγάλα μήκη ως ένα ευρέως διαθέσιμο φυσικό υλικό. Το μικρότερο βάρος της ξύλινης στέγης σε σχέση με άλλους τύπους στεγών είναι ένα βασικό πλεονέκτημα καθώς δίνεται η δυνατότητα για μικρότερες διατομές στα φέροντα στοιχεία της οικοδομής, συνεπώς και συνολικά μικρότερα κόστη κατασκευής. Ακόμα και όταν έχουμε πλάκα

σκυροδέματος η ξύλινη στέγη συνεισφέρει στη θερμομόνωση της κατοικίας αφού το ξύλο ως υλικό έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Βεβαίως υπάρχουν και μειονεκτήματα που έχουν να κάνουν με τη φύση του ξύλου, καθώς προσβάλλεται από μύκητες και έντομα, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και συντήρησης του.

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται για τις ξύλινες στέγες προέρχεται κυρίως από μαλακά ξύλα με σκληρό πυρήνα όπως είναι το πεύκο, το έλατο, η καρυδιά, η δρυς κλπ. Η δομική ξυλεία διακρίνεται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητα του ξύλου, τη σχέση διατομής του ξύλου με τη διατομή του κορμού από τον οποίο προέρχεται, τα επιτρεπτά ελαττώματα του και τα πλάτη των ετήσιων δακτυλίων. Τα ξύλα για τις στέγες πρέπει να έχουν αναπτυχθεί ίσα, χωρίς συστροφές γιατί αλλιώς συρρικνώνονται ανομοιόμορφα και σκεβρώνουν τα δε συνεστραμμένα λαξεύουν κατά την ξήρανση. Οι ρόζοι αποδυναμώνουν την αντοχή των διατομών των ξύλων, ενώ οι βαθιές ρωγμές ή οι απολεπίσεις κάνουν το ξύλο άχρηστο για φέρουσες κατασκευές. Αντίθετα οι λεπτές επιφανειακές ρωγμές δεν επηρεάζουν την αντοχή του ξύλου.

Μια ξύλινη στέγη λειτουργεί σωστά όταν επιτυγχάνει τη μεταβίβαση των φορτίων στα σημεία των κόμβων. Παλαιότερα χρησιμοποιούταν ως συνηθέστερος τύπος σύνδεσης η σύνδεση μορφής, η οποία πλέον δεν εφαρμόζεται διότι εξασθενίζει τις διατομές. Σήμερα χρησιμοποιούνται μεταλλικοί συνδετήρες, ήλοι, κοχλίες και πύροι. Αυτά λειτουργούν με την παράλληλη εφαρμογή απλών εγκοπών των ξύλων, την εφαρμογή κομβοελασμάτων και κομματιών ξύλινων φύλλων.

Είναι απαραίτητο η ξύλινη στέγη να έχει επαρκή αερισμό προκειμένου το ξύλο της να αντέχει στο χρόνο και ταυτόχρονα να εξασφαλίζονται συνθήκες υγιεινής στην κατοικία. Με τον σωστό αερισμό τα υλικά διατηρούνται στις απαραίτητες συνθήκες θερμοκρασίας καθώς και υγρασίας με φυσικό επακόλουθο τη μη υποβάθμιση των υλικών, εξαλείφοντας την ανάγκη για συντήρηση και αντικατάστασή τους. Επίσης με τον σωστό αερισμό αποτρέπεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών στο ξύλο που μπορούν να το σαπίσουν. Και τα θερμομονωτικά υλικά της στέγης χρειάζονται αερισμό ώστε να μην απορροφούν υγρασία και συγκεντρώνουν υδρατμούς. Ο αερισμός της επικάλυψης της στέγης βοηθάει το στέγνωμα των υλικών επικάλυψης από το νερό της βροχής, ενώ προφυλάσσει από τη θραύση τους από τον παγετό. Τέλος, ο αερισμός του χώρου κάτω από τη στέγη αποτρέπει να συσσωρεύονται και να συμπυκνώνονται υδρατμοί στην εσωτερική πλευρά της στέγης.

Η θερμομόνωση της ξύλινης στέγης είναι απαραίτητη για την επίτευξη θερμικής άνεσης στο εσωτερικό της κατοικίας. Συνήθως εφαρμόζονται υλικά ινώδη όπως υαλοβάμβακας, η πολυουρεθάνη και η πολυστερίνη. Στην περίπτωση που τη στέγη είναι σε χρήση, το θερμομονωτικό υλικό εφαρμόζεται πάνω στο δάπεδο της σοφίτας ή μεταξύ του δαπέδου και της σοφίτας και της οροφής του ορόφου που κατοικείται. Αντίθετα, αν η σοφίτα κατοικείται τότε η θερμομόνωση τοποθετείται στο επίπεδο των αμειβόντων. Η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί και πάνω από τους αμειβόντες. Η κάτω πλευρά της θερμομόνωσης είναι αναγκαίο να προστατεύεται από

την εσωτερική υγρασία και τους υδρατμούς με τη χρησιμοποίηση φράγματος υδρατμών.

Είναι απαραίτητο μεταξύ της ξύλινης στέγης και του υλικού επικάλυψής της να υπάρχει στεγανωτική στρώση ώστε να προστατεύεται η στέγη και η μόνωση της από το νερό της βροχής, το χιόνι, τον αέρα και τη σκόνη. Από την άλλη η στεγανωτική μεμβράνη θα πρέπει να επιτρέπει στους υδρατμούς του εσωτερικού της κατοικίας να τη διαπερνούν και να εξέρχονται για να μην συμπυκνώνονται. Οι στεγανωτικές μεμβράνες πρέπει να είναι ανθεκτικές στις μηχανικές καταπονήσεις, να μην επηρεάζονται από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τις χημικές αντιδράσεις. Οι χρησιμοποιούμενες μεμβράνες αποτελούνται από ασφαλτικά ή πλαστικά φύλλα και μπορεί να ενισχύονται με ενσωματωμένα λεπτά πλέγματα.

Τα υλικά επικάλυψης των ξύλινων στεγών είναι κυρίως δύο ειδών, τα αργιλικά κεραμίδια και οι σχιστόπλακες. Τα αργιλικά κεραμίδια χρησιμοποιούνται περισσότερο από κάθε άλλο υλικό στη χώρα μας για την κάλυψη των ξύλινων στεγών και οι λόγοι είναι η στεγανότητα τους, η δυνατότητα αναπνοής και η αισθητική τους. Επίσης είναι άκαυστα, έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα και ανάλογα με το σχήμα τους προσαρμόζονται εύκολα στην ξύλινη στέγη. Έχουν διάφορες ποικιλίες και συγκεκριμένα είναι τα βυζαντινά που είναι κοίλα, τα ρωμαϊκά που αποτελούν συνδυασμό πτυχωτών και κοίλων κεραμιδιών, τα γαλλικά που είναι πτυχωτά και τα ολλανδικά που είναι κυματοειδή. Υπάρχουν και τα επίπεδα τα οποία δεν χρησιμοποιούνται πολύ στην Ελλάδα. Οι σχιστόπλακες χρησιμοποιούνταν ευρέως ως υλικό επικάλυψης των στεγών στα ορεινά χωριά της χώρας μας. Άλλα υλικά επικάλυψης που χρησιμοποιούνται πιο σπάνια είναι τα ασφαλτικά κεραμίδια και τα μεταλλικά φύλλα (Κοντορούπης 2002).

19.12.7 Ξύλινα και άλλα δάπεδα

Τα ξύλινα δάπεδα που χρησιμοποιούνται στις βιοκλιματικές δεν υπόκεινται σε επεξεργασία με τοξικά μυκητοκτόνα, λούστρο, βερνίκια, χημικές ουσίες κοκ. Η ξυλεία προέρχεται από δάση που δεν έχουν αποψιλωθεί και έχει γίνει αποκατάσταση μετά την ξύλευση. Η προέλευση της είναι κατά κύριο λόγο οι Σκανδιναβικές χώρες λόγω της ύπαρξης και της σχετικής νομοθεσίας. Να σημειωθεί ότι η ξύλευση των τροπικών δασών είναι απολύτως παράνομη. Οι κυριότεροι τύποι ξύλινων δαπέδων είναι το μασίφ ξύλινο δάπεδο, το συγκολλημένο δάπεδο και το έτοιμο προ-βερνικωμένο δάπεδο πολλαπλών στρωμάτων (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Τα ξύλινα δάπεδα είναι κυρίως δύο ειδών: τα δάπεδα σκληρής ξυλείας και τα δάπεδα μαλακής ξυλείας. Τα σκληρά ξύλα παράγονται από δέντρα που χάνουν το φύλλωμα τους το χειμώνα (κόκκινη και λευκή δρυ, ελιά, άγρια καρυδιά, οξιά, κίτρινη σημύδα, μαύρη καρυδιά, σφένδαμο κ.ά.), ενώ τα μαλακά ξύλα παράγονται από αειθαλή, κωνοφόρα δέντρα (κυρίως πεύκο και έλατο). Η επιλογή του κατάλληλου ξύλου γίνεται κυρίως με κριτήρια αισθητικής.

Τα κεραμικά δάπεδα τύπου Cotto διακρίνονται σε εσωτερικά ή εξωτερικά, εφυσωμένα ή ανυάλωτα. Αυτού του είδους τα δάπεδα εφαρμόζονται από την αρχαιότητα, θεωρούνται διαχρονικά υλικά και συναντώνται στη αγορά φυσικά ή

επισμαλτωμένα. Παρά το γεγονός ότι είναι εξαιρετικής ποιότητας προϊόντα δεν χρησιμοποιούνται ευρέως.

Τα δάπεδα από λινέλαιο είναι από οικολογικά συνθετικά υλικά. Οικολογικά είναι διότι αποτελούνται από φυσικές πρώτες ύλες και συνθετικά διότι αποτελούνται από ξυλάλευρα και φελλό σε σκόνη αναμειγμένα με λινέλαιο, ρετσίνα και ορυκτά χρώματα. Τα δάπεδα αυτά διατίθενται στην αγορά σε ρολά με διάφορα πάχη. Το υλικό τους είναι αρκετά μονωτικό, ενώ δεν είναι ανθεκτικό στα αλκαλικά και αντενδείκνυται σε ορισμένες χρήσεις (Κοντορούπης 2002).

19.12.8 Οικολογικά χρώματα

Οικολογικά λέγονται τα χρώματα που ρυπαίνουν ελάχιστα το περιβάλλον σε όλο τον κύκλο ζωής τους, από την εξόρυξη της πρώτης ύλης, την διαδικασία παραγωγής, τη συσκευασία, τη διανομή, τη χρήση και εφαρμογή, τη διάρκεια, έως την τελική διάθεση τους στο περιβάλλον. Ο οικολογικός τους χαρακτήρας δε, συνδυάζεται με τις καλύτερες τεχνικές επιδόσεις, γεγονός που πιστοποιείται από εγκεκριμένα εργαστήρια, όπως αυτά της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τα συνηθισμένα χημικά χρώματα περιέχουν πολλές επικίνδυνες για τον άνθρωπο ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα και πτητικές ενώσεις. Αυτά ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για σοβαρά προβλήματα υγείας στο εσωτερικό των κατοικιών. Έχουν σημαντική συνεισφορά στο λεγόμενο “σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου“. Το λουόλιο, το βενζόλιο, το τριμεθυλοβενζόλιο, το ναφθαλένιο, οι αλειφατικοί διαλύτες, η ακετόνη και η φορμαλδεΐδη ευθύνονται για πολύ σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως καρκίνος.

Τα οικολογικά χρώματα 100% φυτικά ή αυτά της ήπιας χημείας αντιθέτως είναι φιλικά για τους χρήστες και το περιβάλλον. Η φύση είναι γεμάτη χρώματα και οι άνθρωποι ζουν μέσα σε αυτά και επηρεάζονται από αυτά. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε τα χρώματα σε μια κατοικία είναι για να προστατεύσουμε τις διάφορες επιφάνειες από τη φθορά του χρόνου, από την οξειδωση, καθώς και την προσβολή τους από μύκητες, ακάρεα κ.ά. Επίσης για να διακοσμήσουμε τους εσωτερικούς χώρους και να τους κάνουμε πιο ευχάριστους στη διαμονή, σύμφωνα πάντα με το γούστο και την ατμόσφαιρα που θέλουμε να έχει ο κάθε χώρος αναλόγως με τη χρήση του (Convertino et al. 2017).

Τα οικολογικά χρώματα διατίθενται παγκοσμίως αλλά και στην Ελλάδα εδώ και αρκετά χρόνια. Άργησαν κάπως να διαδοθούν λόγω του υψηλού τους κόστους. Στη χώρα μας εισάγονται και παράγονται καλής ποιότητας οικολογικά χρώματα. Μιλώντας για οικολογικά χρώματα εννοούμε αυτά που έχουν παραχθεί εξ ολοκλήρου από φυτικά υλικά, με μοναδικό μειονέκτημα το σχετικά υψηλό κόστος. Εκτός από τα καθαρά φυτικά οικολογικά χρώματα υπάρχουν κι αυτά της ήπιας χημείας, τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον, ενώ περιέχουν και ήπιας σύστασης χημικά πρόσθετα. Και οι δύο τύπου χρωμάτων έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τη μικρή κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή τους, αφού τα ανόργανα χρώματα για να παραχθούν δεν χρειάζονται ιδιαίτερα μεγάλα ποσά ενέργειας. Οι ρύποι που παράγονται τόσο κατά την παραγωγική τους διαδικασία όσο και κατά την εφαρμογή

τους είναι περιορισμένοι. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των οικολογικών χρωμάτων είναι ότι ανακυκλώνονται και διατίθενται τα απόβλητα, σε αντίθεση με τα χρώματα που περιέχουν πετροχημικά όπως ακρυλικά, βινυλικά και πλαστικά που παράγουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, ενώ το κόστος ανακύκλωσης του χρησιμοποιούμενου νερού είναι υψηλό και ασύμφορο για τις βιομηχανίες παραγωγής αυτών των χρωμάτων. Αποτέλεσμα το μολυσμένο νερό να ρυπαίνει το περιβάλλον στο οποίο διατίθεται. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι τα οικολογικά χρώματα κατά την παραγωγή τους εκλύουν πολύ μικρότερα ποσά διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τα χημικά χρώματα. Τέλος, όλα τα οικολογικά χρώματα διαθέτουν πιστοποίηση της οικολογικής τους ιδιότητας, ενώ και η διαδικασία παραγωγής τους πιστοποιείται με το ISO 14001 (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Σύμφωνα με μελέτες σε μια κατοικία που έχουν χρησιμοποιηθεί οικολογικά χρώματα, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξης των 3.350 KWh, έχουμε παραγωγή λιγότερων ρύπων, παραγωγή μολυσμένου νερού κατά 100.000 λίτρα λιγότερο, καθώς και 170 λίτρα λιγότερα στερεά απόβλητα και το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα είναι λιγότερο κατά 560 κιλά.

19.12.9 Η ραδιενέργεια των κατοικιών και η αντιμετώπισή της

Η ραδιενέργεια είναι ένας σημαντικός κίνδυνος για την ανθρωπότητα. Ο άνθρωπος δέχεται σε καθημερινή βάση ποσότητες ακτινοβολίας μικρής και μεγάλης έντασης που προέρχονται από τις δικές του δραστηριότητες, αλλά και από τη φύση. Αναφορικά με τη φυσική ραδιενέργεια, προέρχεται κυρίως από το σύμπαν και ειδικότερα από τον ήλιο, είναι η λεγόμενη κοσμική ακτινοβολία και τη δεχόμαστε καθημερινά με τη μορφή συνεχούς ροής μικροσωματιδίων. Η γήινη ατμόσφαιρα μας προστατεύει από αυτή τη μορφή ραδιενέργειας, παρόλα αυτά η θάλασσα έχει ραδιενέργεια περίπου ίση με 40 milliards. Φυσική πηγή ραδιενέργειας προέρχεται και από τις εξορύξεις πετρωμάτων, που περιέχουν ουράνιο, με τη μέθοδο των ανοιχτών ορυγμάτων. Φυσική ραδιενέργεια υπάρχει επίσης σε χώρους που το υπέδαφος είναι πλούσιο σε πετρώματα γρανίτη. Πρέπει να υπάρχει μέριμνα από την πολιτεία με την κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή να φυλάσσονται τα ραδιενεργά υλικά και απόβλητα καθώς είναι υπεύθυνα για την ύπαρξη κρουσμάτων νεοπλασιών (Κοντορούπης 2002).

Αναφορικά με τη ραδιενέργεια που υπάρχει στα δομικά υλικά, αν και είναι μικρή σε ποσότητα, σε συνδυασμό με τη φυσική ραδιενέργεια, μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία των χρηστών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το σκυρόδεμα εκλύει σε ετήσια βάση 100-180 mR, τα κόκκινα τούβλα εκλύουν 140-180 mR, τα μάρμαρα περίπου 40 mR, το ξύλο 30 mR, ενώ ο γρανίτης, που χρησιμοποιείται ευρέως στις σύγχρονες κατοικίες εκλύει ετησίως το υψηλό ποσό των 240-400 mR. Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι από τα βασικότερα υλικά που χρησιμοποιείται στην κατασκευή κτιρίων, που παρά τα όποια μειονεκτήματά του, έχει σημαντικά πλεονεκτήματα που το καθιστούν απαραίτητο για την κατασκευή αντισεισμικών κατοικιών, καθώς παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε μεγάλες θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις. Το επιβαρυμένο με τέφρα μπετόν περιέχει ραδόνιο. Το

ραδόνιο είναι ραδιενεργό υλικό που μπορεί να εκλυθεί στην ατμόσφαιρα προκαλώντας προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Πρόκειται για ραδιενεργό ευγενές αέριο που προέρχεται από τη φυσική διάσπαση του ραδίου που υπάρχει στο έδαφος και τα πετρώματα της γης. Το ράδιο ανήκει στην οικογένεια της ραδιενεργούς σειράς του ουρανίου 238, το οποίο βρίσκεται στο έδαφος και τα πετρώματα, καθώς και στα οικοδομικά υλικά που προέρχονται από αυτά. Το ραδόνιο είναι άοσμο, άγευστο και άχρωμο αέριο που δεν μπορεί να ανιχνευτεί από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Ως αδρανές αέριο εισέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα όταν διαφύγει από το έδαφος και τα οικοδομικά υλικά. Κατά τη διάσπαση του το ραδόνιο 222 παράγει το πολώνιο 218 και το πολώνιο 214. Αυτά εκπέμπουν σωματίδια α, τα οποία βλάπτουν τους ιστούς των πνευμόνων και μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο (Τσίπηρας 1996).

Το ραδόνιο που βρίσκεται στον εξωτερικό αέρα βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις, οπότε δεν είναι επικίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων. Αντιθέτως, η συγκέντρωση του στο εσωτερικό της κατοικίας αποτελεί σημαντικό κίνδυνο. Η συσσώρευση του δημιουργείται από την κατασκευή του κτίσματος, καθώς και από την ποσότητα που βρίσκεται στο έδαφος που καλύπτει την κατοικία. Το τελευταίο προέρχεται από την αποσάθρωση των πετρωμάτων που περιέχουν ουράνιο, το οποίο διαχέεται διαμέσου των ρωγμών και των ανοιγμάτων στα διαπερατά εδάφη και εισέρχεται στον αέρα.

Το έδαφος είναι αυτό που σε μεγάλο βαθμό καθορίζει τα επίπεδα ραδονίου καθώς και τον τρόπο που αυτό εισέρχεται στο εσωτερικό της κατοικίας. Συνολικά οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του ραδονίου εντός του κτίσματος είναι οι παρακάτω:

- Ο ρυθμός έκλυσης του ραδονίου από το έδαφος
- Η εκροή του ραδονίου από τα οικοδομικά υλικά
- Η διαφορά πίεσης του εσωτερικού αέρα από τον εξωτερικό
- Ο εξαερισμός της κατοικίας
- Το είδος θεμελίωσης του κτίσματος
- Το συνολικό ύψος της κατοικίας

Η συγκέντρωση του ραδονίου είναι μεγαλύτερη στους χώρους των κατώτερων επιπέδων της κατοικίας, ισόγειο και υπόγειο, καθώς υπάρχει άμεση επαφή με το έδαφος και λιγότερη συγκέντρωση στους πάνω ορόφους, επειδή το ραδόνιο είναι σχετικά βαρύ αέριο και έχει την τάση να συγκεντρώνεται στη βάση των κτισμάτων. Με την είσοδο του το ραδόνιο στην κατοικία διασπάζεται ραδιενεργά και μερικά από τα προϊόντα του προσκολλώνται στη σκόνη και μένουν στα χαμηλότερα επίπεδα της κατοικίας.

Το ραδόνιο, που όπως προαναφέρθηκε εκλύεται από το έδαφος και τα οικοδομικά υλικά, εισέρχεται στο εσωτερικό της κατοικίας μέσω των:

- Μικρορωγμών στα τσιμεντένια δάπεδα και στα λοιπά τσιμεντένια στοιχεία
- Ρωγμών ή κενών στην τοιχοποιία
- Κενών στα σημεία ένωσης των τοίχων και με το δάπεδο
- Διάκενων στις πόρτες και τα παράθυρα
- Κενών στα σημεία εισόδου σωλήνων ύδρευσης και αποχέτευσης

- Διάκενων στα ξύλινα πατώματα
- Αντλιών φρεατίων αποστράγγισης

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που δημιουργείται με την είσοδο του ραδονίου στην κατοικία είναι όταν ο μολυσμένος με ραδόνιο ή με κάποιο από τα προϊόντα διάσπασης του αέρα εισπνέεται από τους χρήστες. Η έκλυση σωματιδίων α όπως προαναφέραμε καταστρέφει τους ανθρώπινους ιστούς προκαλώντας καρκινώματα. Αυτό αντιμετωπίζεται με προσεκτική μελέτη, σχεδιασμό και κατασκευή της κατοικίας με κατάλληλα συστήματα εξαερισμού, προκειμένου να μην εισέρχεται ραδόνιο στους εσωτερικούς χώρους.

Προκειμένου να ελέγξουμε την ποσότητα του ραδονίου λαμβάνουμε υπόψη την ποσότητα του εισερχομένου στο σπίτι αέρα, το ρυθμό λειτουργίας του συστήματος εξαερισμού και το μέγεθος και τη διεύθυνση των διαφορών της πίεσης μεταξύ των εσωτερικών χώρων. Είναι σημαντικό να γίνεται έλεγχος ύπαρξης ραδονίου μέσα στην κατοικία κι αν το επίπεδο του είναι μεγάλο πρέπει να λαμβάνονται μέτρα και η κατοικία να επισκευάζεται.

Ο έλεγχος για την ύπαρξη ραδονίου μέσα στην κατοικία γίνεται σχετικά εύκολα και οικονομικά. Οι μέθοδοι μέτρησης του ραδονίου και των προϊόντων του, βασίζονται στην ανίχνευση των σωματιδίων α που εκπέμπονται από τα ραδιονουκλίδια αυτά κατά τη διάσπαση τους. Αυτές οι μέθοδοι είναι δύο ειδών, οι ενεργητικές και οι παθητικές. Οι ενεργητικές μέθοδοι είναι τεχνικές που απαιτούν για την εφαρμογή τους ηλεκτρική ενέργεια και χρήση αντλιών αέρα. Από την άλλη οι παθητικές τεχνικές δεν χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια από τη στιγμή που θα τοποθετηθεί ο ανιχνευτής στο σημείο μέτρησης. Οι παθητικές μέθοδοι είναι απλές, σε ανταγωνιστικό κόστος και εύκολες στη χρήση τους. Ενδείκνυνται για ερευνητική δουλειά και για μετρήσεις μακροχρόνιες. Πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκέντρωση ραδονίου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της μέρας, το καλοκαίρι και το χειμώνα εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας. Υψηλότερες τιμές παρατηρούνται τη νύχτα και το χειμώνα.

Η μείωση του ραδονίου στο εσωτερικό της κατοικίας επιτυγχάνεται αν ακολουθήσουμε τις εξής στρατηγικές:

- Βελτίωση του αερισμού της κατοικίας με περισσότερα παράθυρα ανοιχτά ή με εξαερισμό όπου απαιτείται
- Εντοπισμός και σφράγιση των σημείων εισόδου του ραδονίου στην κατοικία
- Προτίμηση επιλογής μη ραδιενεργών κατασκευαστικών υλικών
- Μόνωση των ρωγμών της κατοικίας ώστε να μειώνεται η είσοδος ραδονίου
- Χρήση κατασκευαστικών μεθόδων που επιτρέπουν την εγκατάσταση συστήματος αερισμού.

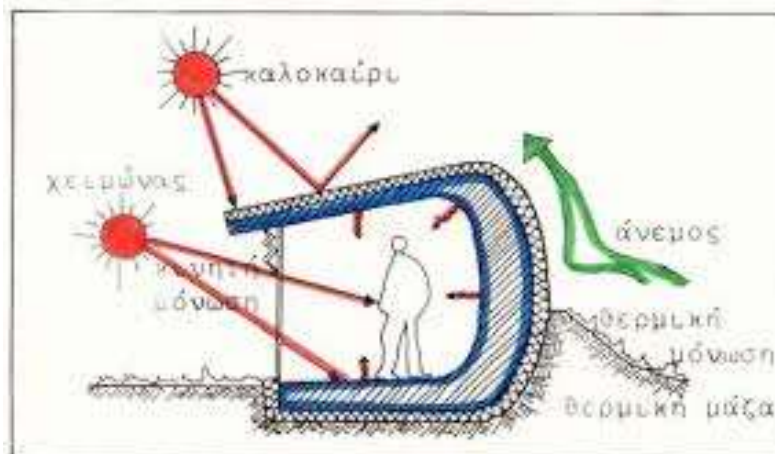
Υπάρχουν πολλές κατασκευαστικές λύσεις προκειμένου να μειωθεί η είσοδος του ραδονίου στην κατοικία όπως η τοποθέτηση συστήματος αερισμού στα θεμέλια της κατοικίας ή κατασκευή του κτίσματος με χαρακτηριστικά που δεν επιτρέπουν την είσοδο του ραδονίου. Η τοποθέτηση αυτών των συστημάτων κατά την φάση της κατασκευής της κατοικίας είναι οικονομικότερη από ότι σε ένα υπάρχον σπίτι και το αποτέλεσμα είναι να διατηρείται το ραδόνιο σε χαμηλά επίπεδα. Το κόστος των

επισκευών προκειμένου να μειωθεί το ραδόνιο εξαρτάται βασικά από τον τρόπο που έχει κατασκευαστεί το σπίτι και από διάφορους άλλους παράγοντες.

Προκειμένου να αποφευχθεί το ραδόνιο στην κατοικία ο τρόπος είναι η αεριζόμενη θεμελίωση και η χρήση κατάλληλων στεγανοποιητικών υλικών. Πιο συγκεκριμένα, στην αεριζόμενη θεμελίωση είναι αναγκαία η κατασκευή ενός δεύτερου δαπέδου πάνω από το υπόγειο αφήνοντας ένα ενδιάμεσο κενό ή η εγκατάσταση ειδικών πλαστικών τεμαχίων που συμβάλλουν στη συγκέντρωση των εν λόγω ρύπων οι οποίοι οδηγούνται εκτός κατοικίας μέσω του αερισμού. Μια αρκετά οικονομική λύση είναι η τοποθέτηση δικτύου φρεατίων συνδεδεμένα μεταξύ τους με πλαστικούς σωλήνες και οδηγώντας το ραδόνιο με σωλήνα εκτός του κτίσματος. Τα φρεάτια αυτά εγκαθίστανται μετά το μπάλωμα των πέδιλων και ακολούθως τοποθετείται ένα δομικό πλέγμα καθώς και μπετόν στο δάπεδο. Ουσιαστικά τα φρεάτια και οι σωλήνες θάβονται στο δάπεδο και μόνο ο σωλήνας που οδηγεί το ραδόνιο εκτός κατοικίας εξέρχει. Σημαντική είναι και η χρήση ειδικών στεγανοποιητικών μεμβρανών. Η εφαρμογή αυτής της τεχνικής μειώνει σημαντικά τη συγκέντρωση του ραδονίου στο εσωτερικό της κατοικίας (Τσίππρας και Θέμης 2005).

20 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι εξαιρετικά σημαντικά σε μια βιοκλιματική κατοικία. Αξιοποιούν τις φυσικές πηγές (ήλιος, άνεμος κλπ) για να θερμάνουν, να ψύξουν και να φωτίσουν την κατοικία με φυσικό τρόπο και χωρίς την παρεμβολή κανενός μηχανικού μέσου ή παροχής ενέργειας. Λειτουργούν ανταλλάσσοντας ενέργεια με το περιβάλλον την οποία διανέμουν και αποθηκεύουν μέσα στην κατοικία. Τα παθητικά συστήματα επιλέγονται έτσι ώστε να βελτιώνεται η θερμική άνεση με τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διάστημα (Εικ. 21). Τα παθητικά ηλιακά συστήματα μπαίνουν σε όψεις της κατοικίας με νότιο προσανατολισμό με δυνατότητα απόκλισης μέχρι 30° ανατολικά ή δυτικά του νότου.



Εικ. 21 Λειτουργία παθητικών ηλιακών συστημάτων (ΥΠΕΚΑ 2010)

Πριν χρησιμοποιηθούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα, παίρνονται σειρά μέτρων που αποσκοπούν στη μείωση των θερμικών απωλειών, όπως ο νότιος

προσανατολισμός της κατοικίας και η ισχυρή μόνωση του κελύφους της. Μερικά παραδείγματα παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι ο τοίχος Trombe, το ηλιακό αίθριο, το θερμοκήπιο, το θερμοσιφωνικό πάνελ, τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό και άμεσο ηλιακό κέρδος. Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται εύκολα, οικονομικά, με συμβατικά και οικονομικά υλικά, με σημαντικά ενεργειακά κέρδη. Υπάρχουν και πιο σύνθετα παθητικά συστήματα όπως οι αεριοσυλλέκτες, τα οποία χρειάζονται ειδική μελέτη, διαστασιολόγηση και δίκτυο σωληνώσεων και τα οποία ενσωματώνονται σε δάπεδα και οροφές για μεταφορά της θερμότητας που συλλέγεται σε απομακρυσμένα σημεία της κατοικίας. Επίσης ο συνδυασμός συστημάτων όπως τα παθητικά ηλιακά συστήματα με φωτοβολταϊκά για παροχή ζεστού νερού αποτελούν δοκιμασμένες εναλλακτικές λύσεις.

Στη συνέχεια θα γίνει αναλυτική παρουσίαση των παθητικών ηλιακών συστημάτων ως προς την επίτευξη της θέρμανσης, του δροσισμού-κλιματισμού και του φωτισμού της βιοκλιματικής κατοικίας με φυσικό τρόπο (Tejero-Gonzalez et al. 2016).

20.1 Συστήματα και τεχνικές θέρμανσης

Η αρχή λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης είναι η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας υπό μορφή θερμότητας, η οποία στη συνέχεια διαχέεται στο χώρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα διακρίνονται σε άμεσου και έμμεσου ηλιακού κέρδους. Θα γίνει επίσης παρουσίαση στη συνέχεια άλλων δύο κατηγοριών, των ηλιακών συστημάτων απομονωμένου κέρδους και διπλού κέρδους (Mastouri et al. 2020).

20.1.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συγκεκριμένα παθητικά συστήματα βασίζονται στην αξιοποίηση του προσανατολισμού και των ανοιγμάτων. Ο σωστός προσανατολισμός είναι ο νότιος, καθώς ο σκοπός είναι η ηλιακή πρόσπτωση, υπό μικρή γωνία, στις επιφάνειες και κυρίως στα ανοίγματα τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας κατά τους χειμερινούς μήνες. Για να έχουμε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα βέβαια απαιτείται να υπάρχει κατάλληλη θερμομόνωση αλλά και διπλοί υαλοπίνακες προκειμένου να υπάρχει η απαιτούμενη θερμική προστασία και η απαιτούμενη θερμική μάζα, η οποία με τα κατάλληλα υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, αποθηκεύει και εν συνεχεία αποδίδει θερμότητα στο χώρο κατά τρόπο που η θερμοκρασία της κατοικίας να είναι σταθερή όλο το 24ωρο. Η θερμική μάζα επιτυγχάνεται για παράδειγμα είτε με τη μορφή μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους είτε με ένα πάτωμα συμπαγές με υποδαπέδια μόνωση. Η ενέργεια του ήλιου αποθηκεύεται στη θερμική μάζα όλη τη διάρκεια της ημέρας και επανεκπέμπεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα παθητικά ηλιακά συστήματα κατά την θερινή περίοδο θα πρέπει να λειτουργούν παράλληλα με τεχνικές ηλιοπροστασίας και αερισμού (Lechner 2001).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι απαιτήσεις του συστήματος άμεσου κέρδους είναι η ύπαρξη μεγάλης νότιας επιφάνειας με υαλοπίνακα και θερμική μάζα,

η οποία μπορεί να είναι στην οροφή, στους τοίχους ή στο δάπεδο. Η έκταση και η θερμοχωρητικότητα τους πρέπει να είναι τέτοια που να εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και να μπορεί να την αποθηκεύει. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι τούβλα, κεραμικά, σκυρόδεμα, νερό, τα οποία χρησιμοποιούνται είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό.

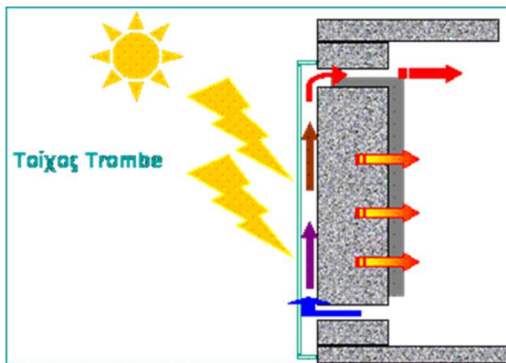
Ένα σύνηθες πρόβλημα των παθητικών συστημάτων άμεσου κέρδους είναι αυτό της υπερθέρμανσης, αλλά και της απώλειας θερμότητας. Το πρώτο αντιμετωπίζεται με συστήματα σκίασης για τους υαλοπίνακες νότιου προσανατολισμού, καθώς και προστεγάσματα όπου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος είναι ψηλά. Επίσης οι οπές αερισμού και τα συστήματα εξαγωγής συμβάλλουν στο δροσισμό των εσωτερικών χώρων. Αναφορικά με την απώλεια θερμότητας θα πρέπει τα υαλοστάσια να προστατεύονται επαρκώς με κουρτίνες, παντζούρια, κινητά πλαίσια. Με όλα τα προαναφερθέντα επιτυγχάνεται η απαραίτητη θερμική άνεση αποφεύγοντας την υπερθέρμανση και την απώλεια θερμότητας.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους είναι το κόστος κατασκευής καθώς πρόκειται για τη φθηνότερη μέθοδο ηλιακής θέρμανσης χώρων, αφού οι υαλοπίνακες είναι οικονομικό δομικό και οικολογικό υλικό, είναι συστήματα απλά στην κατασκευή και την χρήση, ενώ εκτός από θερμική άνεση προσφέρουν και οπτική επιτρέποντας την είσοδο φυσικού φωτός στο χώρο για μεγάλο διάστημα της ημέρας (Colombo et al. 1994).

20.1.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Στα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους η θερμότητα συλλέγεται σε ένα σημείο του εξωτερικού κελύφους της κατοικίας και από εκεί διανέμεται και στους άλλους χώρους. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: Στους ηλιακούς τοίχους, στα θερμοκήπια και στα ηλιακά αίθρια (Irulegi et al. 2014).

Οι ηλιακοί τοίχοι αποτελούνται από τοιχοποιίες σε συνδυασμό με ηλιοστάσιο που τοποθετείται εξωτερικά και σε απόσταση 5-15cm. Η τοιχοποιία που χρησιμοποιείται διακρίνεται σε δύο είδη: Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης ή θερμικής μάζας και θερμοσιφωνικά πάνελ. Οι πρώτοι έχουν μεγάλη θερμική μάζα ενώ τα θερμοσιφωνικά πάνελ είναι θερμομονωμένα. Ο ηλιακός τοίχος συλλέγει την ηλιακή ενέργεια, που με τη μορφή θερμότητας εισέρχεται στο εσωτερικό της κατοικίας μέσω της μάζας του τοίχου ή μέσω θυρίδων. Το δε ηλιοστάσιο μπορεί να είναι σταθερό ή ανοιγόμενο, με μονά ή διπλά τζάμια. Μια ειδική κατηγορία των τοίχων θερμικής αποθήκευσης είναι οι τοίχοι Trombe (Εικ. 22 & 23).



Εικ. 22 Λειτουργία τοίχου Trombe (ΚΑΠΕ χ.χ.)² Εικ. 23 Ηλιακό σπίτι με τοίχο Trombe (ecohabitat 2018)

Τα συστήματα τοίχου θερμικής μάζας και τοίχου Trombe συσσωρεύουν τη θερμική μάζα σε ένα τοίχο με νότιο προσανατολισμό από σκυρόδεμα ή κτιστό, ενώ η ύπαρξη υαλοπίνακα στην εξωτερική πλευρά εξασφαλίζει μείωση των θερμικών απωλειών. Ο τοίχος μάζας κι ο τοίχος Trombe απαιτούν ένα συλλέκτη με μεγάλη γυάλινη επιφάνεια σε νότια όψη, ενώ θερμική μάζα συγκεντρώνεται στο πίσω μέρος. Για τη θερμική μάζα χρησιμοποιούνται υλικά όπως πέτρα, σκυρόδεμα και σύνθετα υλικά από τσιμεντόλιθους ή τούβλα.

Η διαφορά που υπάρχει μεταξύ του τοίχου Trombe και του τοίχου θερμικής μάζας είναι ότι ο πρώτος διαθέτει οπές αερισμού στο πάνω και κάτω μέρος του επιτρέποντας την κυκλοφορία του αέρα στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας.

Ο τοίχος μάζας απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνεται. Η θερμότητα με την προοδευτική αύξηση της θερμοκρασίας μεταδίδεται στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας με συναγωγή. Με τον τοίχο Trombe επίσης γίνεται μετάδοση της θερμότητας μέσω της φυσικής κυκλοφορίας (Muneer 2004).

Ο αέρας που παρεμβάλλεται μεταξύ της θερμικής μάζας και του τζαμιού μπορεί να φτάσει τους 60°C τις μέρες με ηλιοφάνεια. Η χρήση ανοιγμάτων στην κορυφή και τη βάση του τοίχου Trombe είναι απαραίτητη καθώς ο ζεστός αέρας ανέρχεται και εισέρχεται στο εσωτερικό της κατοικίας, τη στιγμή που ο ψυχρός αέρας κατέρχεται προς τα ανοίγματα της βάσης του τοίχου. Για να αποφευχθεί η αντίστροφη πορεία του αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας, γεγονός που θα μείωνε την αποτελεσματικότητα του τοίχου Trombe, είναι απαραίτητος ο έλεγχος των θυρίδων με φραγές (Lechner 2001).

Η αποδοτικότητα των συστημάτων τοίχου μάζας και τοίχου Trombe εξαρτάται από τα μέσα της μόνωσης, της διανομής και της αποθήκευσης. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητοι οι έλεγχοι λειτουργίας αυτών. Με τους ελέγχους επιτυγχάνεται μείωση των απωλειών θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας ή τις μέρες που υπάρχει συννεφιά. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει αυτό και να μεγιστοποιηθεί η απόδοση κατά την χειμερινή περίοδο, όπως η χρήση εξωτερικών μονωμένων παντζουριών, χρήση βαφών με υψηλό δείκτη απορροφητικότητας, τη βελτίωση του συντελεστή μόνωσης του υαλοπίνακα κ.ά. Ο έλεγχος κατά την καλοκαιρινή περίοδο εστιάζει στην αποφυγή υπερθέρμανσης, που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση προστεγασμάτων και εξωτερικών οπών αερισμού.

Τα πλεονεκτήματα των ηλιακών τοίχων είναι αρκετά με πιο σημαντικό τη χρονική απόκλιση μεταξύ της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και τη διάχυση της θερμότητας στο εσωτερικό της κατοικίας (πλεονέκτημα για τη νυχτερινή θέρμανση). Επίσης οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στους χώρους διαβίωσης της κατοικίας είναι χαμηλότερες από αυτές που έχουν τα συστήματα άμεσου κέρδους.

Όσον αφορά τα μειονεκτήματα αυτών των συστημάτων ξεχωρίζει το κόστος των ελέγχων που χρειάζεται να γίνουν, αλλά και των δύο νότιων τοίχων, ο ένας με τζάμι, ο άλλος με θερμική μάζα. Μειονέκτημα είναι και η έλλειψη άνεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας τους καλοκαιρινούς μήνες που προκαλείται από τον υπερθερμασμένο αέρα του τοίχου ή της ακτινοβολίας από τις εσωτερικές επιφάνειες, τα οποία πάντως αντιμετωπίζονται με καλό αερισμό.

Αρκετό ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο τοίχος νερού που έχει αρκετά κοινά σημεία με τον τοίχο Trombe, με κύρια διαφορά ότι αντί για τοίχο μάζας υπάρχει νερό. Η εφαρμογή του τοίχου νερού είναι αποτελεσματικότερη από αυτή του Trombe καθώς το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου από το τούβλο για παράδειγμα. Επίσης το νερό λόγω της ισοθερμικής του φύσης έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει άμεσα τη θερμότητα, γεγονός που διαφοροποιεί το συγκεκριμένο σύστημα από τον τοίχο Trombe, όπου υπάρχει χρονική απόκλιση, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω.

Ένα ακόμα σύστημα είναι ο απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης που μοιάζει με τον τοίχο Trombe, με κύρια διαφορά ότι είναι μονωμένος από την πλευρά του χώρου προς αποφυγή μετάδοσης της ενέργειας με συναγωγή και ακτινοβολία. Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μεταφορά και ενδεχομένως με χρήση ανεμιστήρα. Εναλλακτικά θα μπορούσε αυτό το είδος να διαθέτει οπές εξαερισμού προς τον εξωτερικό αέρα στη βάση του συλλέκτη και προς τον χώρο που θερμαίνεται στην κορυφή, σχηματίζοντας ένα ανοιχτό βρόχο, με αποτέλεσμα να παρέχεται στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας προθερμασμένος νωπός αέρας.

Τα θερμοκήπια είναι κλειστοί χώροι που προσαρτώνται ή ενσωματώνονται στα νότια μέρη του περιβλήματος της κατοικίας και περιβάλλονται από ηλιοστάσια. Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται από τα νότια ηλιοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας διαχέεται άμεσα στο χώρο, ενώ το υπόλοιπο αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου και αποδίδεται αργότερα. Από το θερμοκήπιο η θερμότητα διαχέεται στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων που υπάρχουν στο διαχωριστικό δομικό στοιχείο (Κοντορούπης 2002).

Το θερμοκήπιο, που είναι ουσιαστικά ηλιακός χώρος άμεσου κέρδους, μπορεί να διαχωριστεί από το κυρίως κτίριο με τοίχο θερμικής συσσώρευσης. Πρόκειται για τοίχο από μάζα μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Θα μπορούσε επίσης να υπάρχει κάποιο άλλο μέσο αποθήκευσης μέσα σε αυτό. Η επιλογή εξαρτάται από το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή και από τον τρόπο που χρησιμοποιείται το θερμοκήπιο. Το σύστημα συμβάλλει στη διατήρηση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας. Τα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται για προθέρμανση του αέρα που απαιτείται για τον αερισμό των κατοικιών και δεν χρειάζεται πρόσθετη θέρμανση.

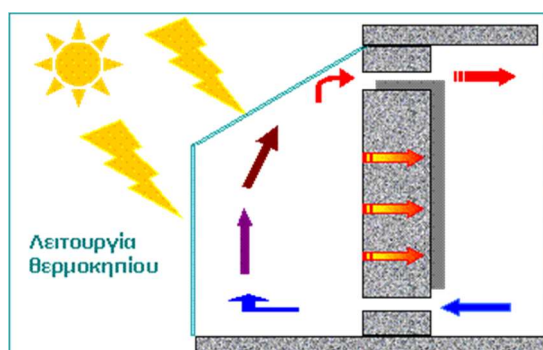
Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να συλλεχθεί από τα θερμοκήπια με δύο τρόπους. Ως χώρος άμεσου κέρδους μη θερμαινόμενος. Η θερμική μάζα που χρησιμοποιείται τοποθετείται στον τοίχο ή το πάτωμα. Άλλος τρόπος είναι ως συλλέκτης. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η χρήση ελαφριών επιφανειών και εξαγωγή της θερμότητας από το θερμοκήπιο που είναι αποθηκευμένη προς το κτίριο, υπογείως ή μέσω αυτού.

Όπως έχει αναφερθεί, τα θερμοκήπια προσαρτώνται στη νότια όψη της κατοικίας, έχοντας μερική ή πλήρη κάλυψη αυτής. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν μέσα σε αυτά ποικίλουν και κρίνονται ακατάλληλοι για κατοίκηση.

Η μέθοδος διανομής της ενέργειας που συλλέγεται από το θερμοκήπιο, εξαρτάται από το κλίμα, τη χρήση του θερμοκηπίου ως χώρο άμεσου κέρδους ή συλλέκτη και από τον τρόπο που είναι συνδεδεμένο με το κυρίως κτίριο. Σημαντικό είναι να λαμβάνονται μέτρα προς αποφυγή της υπερθέρμανσης κατά τη θερινή περίοδο. Είναι αναγκαία η εφαρμογή σκίασης, καθώς και θυρίδες αερισμού. Απαραίτητη και η χρήση κινητής μόνωσης που αποτρέπει τις θερμικές απώλειες κατά τη διάρκεια της νύχτας και τις νεφελώδεις μέρες. Ακόμα αναγκαίος για τις κατοικίες που διαθέτουν ηλιακούς χώρους είναι ο έλεγχος της υγρασίας (Εικ. 24 & 25).

Τα πλεονεκτήματα που έχουν τα θερμοκήπια είναι αρκετά και σημαντικά. Καταρχήν συνδυάζονται εύκολα με άλλα παθητικά συστήματα. Εκτός από ενεργειακούς σκοπούς προσφέρουν επέκταση του κατοικήσιμου χώρου (τους χειμερινούς μήνες κυρίως), καθώς επίσης χρησιμεύουν για καλλιέργεια φυτών. Προσαρμόζονται εύκολα σε υφιστάμενες κατασκευές και κυρίως συμβάλλουν στη αξιοσημείωτη βελτίωση του μικροκλίματος της κατοικίας, καθώς αν καλύπτουν πλήρως το ύψος και πλάτος της κατασκευής μειώνουν τις θερμικές απώλειες του περιβλήματος και εξισορροπούν αποτελεσματικά τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των θερμοκηπίων είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας και η υπερθέρμανση το καλοκαίρι (Sala 1998).



Εικ. 24 Θερμοκήπιο (ΚΑΠΕ χ.χ.)³



Εικ.25 Θερμοκήπιο (ΚΑΠΕ χ.χ.)³

Τα ηλιακά αίθρια είναι χώροι αίθριου της κατοικίας επικαλυπτόμενοι από ηλιοστάσια. Λειτουργούν, δε, όπως τα θερμοκήπια (Colombo et al. 1994).

20.1.3 Συστήματα απομονωμένου κέρδους

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται σε απομακρυσμένους από την κατοικία χώρους. Πραγματοποιείται μεταφορά της ενέργειας που συσσωρεύεται από το συλλέκτη προς το εσωτερικό ή στο σύστημα συσσώρευσης κι έπειτα στο εσωτερικό της κατοικίας με μεταφορά ή ακτινοβολία. Η πιο διαδεδομένη μορφή μεταφοράς ενέργειας από το συλλέκτη είναι ο θερμοσιφωνικός βρόγχος. Σε αυτόν ο αέρας θερμαίνεται στο συλλέκτη και καθώς γίνεται ελαφρύτερος ανέρχεται, ωθώντας τον ψυχρότερο αέρα στα κατώτερα επίπεδα. Ο ζεστός αέρας μεταφέρει την ενέργεια του στο εσωτερικό της κατοικίας ή στο απομακρυσμένο σύστημα συσσώρευσης και εν συνεχεία κατέρχεται στο κάτω μέρος του συλλέκτη. Αυτή η κυκλική διαδικασία συνεχίζεται όσο ο συλλέκτης είναι αρκετά ζεστός. Αυτή την θερμοσιφωνική αρχή μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε προκειμένου η ενέργεια να μεταφερθεί στους χώρους της κατοικίας μέσω απομονωμένων τοίχων μάζας ή μέσω ενδοδαπέδιων στρωμάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες για τη διάχυση του ζεστού αέρα αλλά και για την ενίσχυση του θερμοσιφωνικού βρόγχου (Irulegi et al. 2014)..

20.1.4 Συστήματα διπλού κέρδους

Τα συστήματα διπλού κέρδους ουσιαστικά συνδυάζουν διάφορα παθητικά συστήματα και επωφελούμαστε τα πλεονεκτήματα του καθενός. Υπάρχουν πολλά τέτοια παραδείγματα εφαρμογής. Ένα τέτοιο είναι το σύστημα που συνδυάζει το άμεσο με το έμμεσο κέρδος. Σε αυτό διευκολύνεται η μετάδοση της ακτινοβολίας και η ανάκτηση θερμότητας που αποθηκεύεται στο σύστημα έμμεσα. Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το σύστημα Transwall στο οποίο η αναλογία άμεσων και έμμεσων ηλιακών κερδών καθορίζεται από τα υλικά και τη γεωμετρία του συστήματος.

20.2 Συστήματα και τεχνικές δροσισμού – κλιματισμού

Κατά τη θερινή περίοδο η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στις επιφάνειες των κατοικιών, η διείσδυση του θερμού αέρα, η χρήση ηλεκτρικών συσκευών και άλλες πηγές θερμότητας, αυξάνουν τα επίπεδα του θερμικού φορτίου σε τέτοιο βαθμό που χάνεται η θερμική άνεση. Αυτό συνήθως αντιμετωπίζεται με χρήση κλιματιστικών συσκευών. Άμεση συνέπεια αυτού η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και ειδικά για τα παλαιάς τεχνολογίας κλιματιστικά επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Το πρόβλημα της υπερθέρμανσης των χώρων της κατοικίας αποφεύγοντας τα κλιματιστικά μηχανήματα και εξοικονομώντας ενέργεια λύνεται ικανοποιητικά με την εφαρμογή παθητικών συστημάτων δροσισμού-κλιματισμού. Η παθητική ψύξη επιτυγχάνεται με τις διαδικασίες διάχυσης της θερμότητας με φυσικό τρόπο, χωρίς να λαμβάνει χώρα η μεταφορά ενέργειας ή η χρήση μηχανικών στοιχείων. Συγκεκριμένα έχουμε καταστάσεις ζεύξης των στοιχείων και των χώρων της κατοικίας με τις δεξαμενές θερμότητας οι οποίες είναι ο αέρας, το έδαφος και το νερό, όπου με φυσικό τρόπο μεταφέρεται η θερμότητα, που έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη των χώρων της κατοικίας. Προκειμένου να εφαρμοστούν οι τεχνικές του παθητικού δροσισμού

αναγκαίο είναι πρώτα να παρθούν μέτρα για τον έλεγχο των ψυκτικών φορτίων και τη δυνατότητα μηχανικής ενίσχυσης της μεταφοράς θερμότητας προκειμένου να προωθηθούν οι φυσικές διαδικασίες παθητικής ψύξης. Η βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης της κατοικίας και ο περιορισμός των ψυκτικών φορτίων μπορούν να επιτευχθούν με την τροποποίηση του μικροκλίματος περιμετρικά του κτιρίου. Αυτό γίνεται με την ηλιοπροστασία, την εξατμισο-διαπνοή των φυτών, την εξάτμιση του νερού, τον σχηματισμό ρευμάτων αέρα και τον περιορισμό των εξωτερικών θερμοκρασιών (Stasi et al. 2020).

20.2.1 Απλά συστήματα-μέθοδοι φυσικού δροσισμού

Οι πιο συνήθεις απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού είναι οι παρακάτω:

Η ηλιοπροστασία που μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους, όπως με τη βλάστηση, τις διάφορες προεξοχές της κατοικίας και που αποτελούν γεωμετρικά στοιχεία της, τα διάφορα εσωτερικά ή εξωτερικά ανοίγματα, τη χρησιμοποίηση μόνιμων ή κινητών σκιάστρων, καθώς και τη χρήση υαλοπινάκων με ειδικές επιστρώσεις ή που έχουν υποστεί τέτοια επεξεργασία που τους κάνει ανακλαστικούς, ηλεκτροχρωμικούς κοκ.

Η χρησιμοποίηση της θερμικής μάζας προκειμένου να ελαττωθούν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

Ο φυσικός αερισμός που μπορεί να επιτευχθεί με σωστή σχεδίαση και σωστή λειτουργία των παραθύρων που βρίσκονται στο εξωτερικό περίβλημα της κατοικίας, καθώς και θυρίδες στους εσωτερικούς τοίχους (ψηλά και χαμηλά) επιτρέποντας στον αέρα να κυκλοφορεί στο εσωτερικό της (Εικ. 26). Ο φυσικός αερισμός μπορεί να ενταθεί με χρησιμοποίηση ανεμιστήρων οροφής, οι οποίοι καταναλώνουν ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια και με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε θερμική άνεση όταν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη εξαιτίας της κίνησης του αέρα. Μάλιστα με το νυχτερινό διαμπερή αερισμό αποθηκεύεται δροσιά στη θερμική μάζα της κατοικίας, μειώνοντας τη θερμική επιβάρυνση κατά την επόμενη μέρα (Sala 1998).

20.2.2 Σύνθετα συστήματα-μέθοδοι φυσικού δροσισμού

Σύνθετες μέθοδοι φυσικού δροσισμού με επιπλέον οφέλη για την ψύξη είναι:

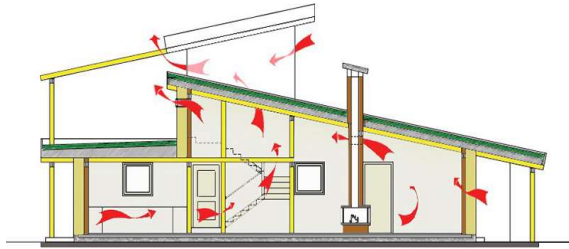
Η απόρριψη θερμότητας στο έδαφος με αγωγή. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε υπόσκαφες ή ημιυπόσκαφες κατοικίες, καθώς επίσης με σύστημα αγωγών κάτω από το έδαφος και με εναλλάκτες εδάφους – αέρα.

Η απόρριψη θερμότητας στον αέρα με τη νυχτερινή ακτινοβολία.

Ενισχύοντας τον φυσικό αερισμό με χρήση πύργων αερισμού ή ηλιακών καμινάδων.

Η θερμική προστασία του κελύφους του κτιρίου με διάφορους τρόπους, όπως αερίζοντας το κέλυφος, φυτεύοντας τη στέγη, με χρήση φράγματος ακτινοβολίας και χρήση ανακλαστικών επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες.

Η εξάτμιση νερού με διάφορες τεχνικές όπως υδάτινες επιφάνειες, ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης), πύργος δροσισμού, μέσω της εξατμισο-διαπνοής των φυτών (Omar et al. 2020) (Εικ. 27).



Εικ. 26 Φυσικός αερισμός-δροσισμός (Triedrasi 2014)



Εικ. 27 Φυσικός δροσισμός με εξάτμιση νερού (ΚΑΠΕ ΧΧ)¹

20.2.3 Αντιμετώπιση των εξωτερικών και εσωτερικών θερμικών κερδών

Απαραίτητο για κάθε κατοικία είναι να αντιμετωπίσουμε τα εξωτερικά και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη.

Εξωτερικό κέρδος προκύπτει όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στο κτίριο. Η θερμότητα από τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου μεταφέρονται στις εσωτερικές με μεταφορά. Εν συνεχεία μεταφέρεται στο εσωτερικό της κατοικίας με συναγωγή και διαχέεται με μεταφορά σε όλο το εσωτερικό της κατοικίας κι έτσι αν δεν ληφθούν μέτρα προκαλείται αύξηση στις εσωτερικές θερμοκρασίες. Επίσης το κτίριο ακτινοβολεί τη θερμότητα σε ψυχρότερες επιφάνειες και αντικείμενα από όπου θα μεταφερθούν στον εσωτερικό αέρα καθώς και στα υπόλοιπα στοιχεία της κατοικίας με συναγωγή. Εξωτερικό κέρδος προκύπτει επίσης από τη διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό της κατοικίας.

Αναφορικά με τα εσωτερικά κέρδη, αυτά προκαλούνται από τις ηλεκτρικές συσκευές, από τεχνικό φωτισμό και ιδιαίτερα από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, από τους ίδιους τους χρήστες αναλόγως και των δραστηριοτήτων τους και από διάφορες άλλες πηγές. Όλα αυτά αυξάνουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό της κατοικίας προκαλώντας υπερθέρμανση και έλλειψη θερμικής άνεσης. Για να αποφύγουμε αυτή την κατάσταση τοποθετούνται οι ηλεκτρικές συσκευές κατά τέτοιο τρόπο ώστε να απορρίπτεται εύκολα η εκλυόμενη θερμότητα τους, καθώς επίσης εφαρμόζουμε τον φυσικό φωτισμό περιορίζοντας τον τεχνητό.

Η εισερχόμενη θερμότητα στο εσωτερικό της κατοικίας μπορεί να περιοριστεί από την εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του περιβλήματος του κτιρίου, ειδικά εκεί που έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας, όπως τούβλα και σκυρόδεμα, τα οποία θερμαίνονται και ψύχονται με αργούς ρυθμούς. Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στο εξωτερικό της κατοικίας, ένα μέρος αυτής απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα. Μέρος αυτής επανεκπέμπεται προς το περιβάλλον και

το υπόλοιπο οδηγείται μέσω της επιφάνειας και αναλόγως των θερμικών χαρακτηριστικών διάχυσης των υλικών προς το εσωτερικό της κατοικίας. Εάν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μειωθεί, μειώνεται και η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατοικίας κι έτσι μέρος της θερμότητας εκπέμπεται προς τα έξω. Αυτό είναι κάτι που συμβαίνει κυρίως τη νύχτα. Η θερμική αδράνεια χρησιμεύει στη φάση της θερμικής ψύξης εξαιτίας της διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας (Ganem et al. 2006).

Ο αέρας και το έδαφος μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση των ηλιακών κερδών. Προηγουμένως όμως πρέπει να εφαρμοστούν μέθοδοι αποφυγής των επιπλέον ηλιακών κερδών που ευθύνονται για την ανύψωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της κατοικίας.

Ο φυσικός αερισμός επίσης μπορεί να συμβάλλει στον περιορισμό των ηλιακών κερδών. Αρκετοί παράγοντες καθορίζουν την αποτελεσματικότητα του φυσικού αερισμού, όπως η διαμόρφωση της κατοικίας και η θέση της στο χώρο, η διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων, η διεύθυνση και ισχύς του ανέμου ανάλογα και την ώρα κ.ά.

Είναι σημαντικό στον αερισμό, ο αέρας που εισέρχεται στους χώρους της κατοικίας να είναι ψυχρότερος από τον εσωτερικό αέρα. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν ο αέρας του αερισμού διέρχεται από υπόγειες σωληνώσεις (Lechner 2001).

20.2.4 Έλεγχος του θερμικού κλίματος

Ο έλεγχος του θερμικού κλίματος με στόχο τον περιορισμό του ηλιακού κέρδους γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους: Το μικροκλίμα, η διάταξη στην τοποθεσία, η επιμέλεια της αρχιτεκτονικής του τοπίου, η μορφή του κτιρίου και τα εξωτερικά τελειώματα, το περίβλημα του κτιρίου, η σκίαση, η θερμομόνωση, η αεροστεγανότητα του κτιρίου, ο έλεγχος των εσωτερικών κερδών.

Αναφορικά με το μικροκλίμα, ο τρόπος που τοποθετείται το κτίριο στο χώρο, αλλά και η επιμέλεια του τοπίου βελτιώνουν το μικροκλίμα περιμετρικά της κατοικίας. Για αυτό το σκοπό πρέπει να ληφθούν υπόψη η βλάστηση, τα γειτονικά κτίρια, αλλά και τοπογραφικά στοιχεία που συμβάλλουν στην ηλιοπροστασία της κατοικίας, η παρουσία νερού και τα ρεύματα του αέρα που προσφέρουν φυσικό δροσισμό.

Η διάταξη στην τοποθεσία, μειώνει τις ανάγκες για ψύξη, βελτιστοποιώντας τις τοπικές αύρες και τη φυσική ηλιοπροστασία. Με αυτό τον τρόπο στοχεύει προς την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών θερμικής άνεσης.

Η επιμέλεια της αρχιτεκτονικής του τοπίου αποσκοπεί στη βελτίωση του μικροκλίματος σε όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό γίνεται αν εξασφαλιστεί η σκίαση, η ψύξη με εξάτμιση, η κατεύθυνση του ανέμου το καλοκαίρι και η ανεμοπροστασία το χειμώνα. Με τη χρήση βλάστησης πετυχαίνουμε απορρόφηση μεγάλου μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ παράλληλα η θερμοκρασία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Φυτεύοντας φυλλοβόλα δέντρα έχουμε περισσότερη ηλιακή προσπέλαση το χειμώνα, ενώ θάμνοι, κληματαριές και διάφορα δέντρα απορροφούν την περίσσεια ηλιακής ενέργειας το καλοκαίρι. Οι πόες και ο χλοοτάπητας επηρεάζουν το

μικροκλίμα διατηρώντας σε χαμηλά επίπεδα τη θερμοκρασία του εδάφους, σε σχέση με τσιμεντένιες ή πλακόστρωτες επιφάνειες. Χρησιμοποιώντας ανεμοθραύστες εμποδίζουμε τον ισχυρό άνεμο και προστατεύουμε από τις πιέσεις που δέχεται η κατοικία από τον αέρα. Από την άλλη η χρήση θαμνοφραχτών έχει ως αποτέλεσμα μια ήπια αύρα να διαπερνά μέσω των φυλλωμάτων.

Αναφορικά με τη μορφή του κτιρίου και τα εξωτερικά τελειώματα θα πρέπει να διαμορφώνονται οι χώροι της κατοικίας ανάλογα με τη χρήση τους. Αυτό βοηθά στην επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, τα διερχόμενα ρεύματα αέρα, καθώς και στη διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού. Η μορφή του κτιρίου είναι σημαντική, όπως για παράδειγμα σε ένα συμπαγές κτίριο με μικρή επιφάνεια έκθεσης υπάρχουν πλεονεκτήματα στον έλεγχο των ηλιακών κερδών και απωλειών του περιβλήματος. Τέλος, η μορφή του κτιρίου μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη διαμόρφωση ρευμάτων αέρα. Με τη διαμόρφωση θερμικών ζωνών, δημιουργούνται οι χώροι ανάσχεσης στη διάταξη και τη χρήση των χώρων και βελτίωση του αερισμού.

Το περίβλημα του κτιρίου της κατοικίας είναι σημαντικό να ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες, όπως είναι η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, οι ακραίες τιμές της θερμοκρασίας και θα πρέπει να λειτουργεί σαν φίλτρο ή σαν συλλέκτης. Κάνοντας ορθή επιλογή και χειρισμό των υλικών του περιβλήματος, μπορούν να ελεγχθούν η θερμική και η ηλιακή μετάδοση. Θα πρέπει οι ανάγκες σε ηλιοπροστασία και δροσισμό να καθοριστούν με βάση τη λειτουργία του κτιρίου ώστε να περιοριστούν όσο το δυνατόν περισσότερο τα περιττά ηλιακά κέρδη, ιδιαίτερα αυτά που προκύπτουν από τους υαλοπίνακες. Είναι λοιπόν σημαντικό κατά τον σχεδιασμό του περιβλήματος να συμπεριληφθούν κάποιες στρατηγικές σχετικές με τη μελέτη των ανοιγμάτων, τη θερμική μάζα, τη θερμομόνωση, την αεροστεγανότητα, τον ηλιακό έλεγχο και τα συστήματα σκίασης. Η μελέτη του περιβλήματος περιλαμβάνει συνθήκες τόσο του καλοκαιριού όσο και του χειμώνα, έτσι ώστε να ελέγχονται τα ηλιακά κέρδη τους θερινούς μήνες και να υπάρχει όλο τον χρόνο επαρκής φυσικός δροσισμός. Αποτελεσματικός αερισμός επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση μεγάλων ανοιγμάτων κατά μήκος απέναντι πλευρών της κατοικίας.

Η σκίαση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην πρόληψη του ηλιακού κέρδους, στον περιορισμό δηλαδή της ηλιακής ακτινοβολίας πριν αυτή φτάσει στην κατοικία. Έμφαση δίνεται στα υαλοστάσια καθώς και στις αδιαφανείς επιφάνειες αλλά και στις ανακλάσεις. Η επιλογή των συστημάτων σκίασης, σταθερών ή κινητών, εξαρτάται από τον προσανατολισμό, τον τύπο του κτιρίου, τις συνολικές απαιτήσεις σε ψύξη, καθώς και τις στρατηγικές θέρμανσης και φωτισμού. Η μελέτη σκίασης πρέπει να γίνεται στον αρχικό σχεδιασμό της κατοικίας (Lechner 2001).

Είναι σημαντικό τα συστήματα σκίασης να ενισχύουν τον φυσικό αερισμό, να προστατεύουν το κτίριο από τον ήλιο τους θερινούς μήνες, αλλά να μην εμποδίζουν το ηλιακό κέρδος τους χειμερινούς μήνες, να μην ανακόπτουν τη δυνατότητα του φυσικού δροσισμού και του φυσικού φωτισμού. Τα συστήματα σκίασης μπορούν να εμποδίσουν την άμεση ακτινοβολία, όμως δεν μπορούν να περιορίσουν τη διάχυτη ή ανακλώμενη ακτινοβολία. Ειδικά τζάμια, όπως τα ηλεκτροχρωμικά, τα θερμοχρωμικά και τα ολογραφικά τζάμια αποτελούν ιδιαίτερα συστήματα σκίασης.

Τα συστήματα σκίασης διακρίνονται σε σταθερά και κινητά, ενώ εφαρμόζονται εσωτερικά ή εξωτερικά του κτιρίου. Και βέβαια στη σκίαση της κατοικίας συμβάλλει και η βλάστηση.

Σταθερά συστήματα σκίασης μπορεί να είναι δομικά στοιχεία της κατοικίας, όπως τα μπαλκόνια, πτέρυγες που εκτείνονται, τα γεισώματα, αλλά και μη δομικά όπως σταθερές τέντες, τα ρολά, τα παντζούρια και τα παραπετάσματα. Τα σταθερά συστήματα τοποθετούνται στις εξωτερικές όψεις της κατοικίας αποτρέποντας την άμεση ακτινοβολία να πέσει στα υαλοστάσια και στα υπόλοιπα ανοίγματα του κτιρίου. Είναι σημαντικό κατά τη μελέτη των σταθερών συστημάτων σκίασης να λαμβάνεται υπόψη ο προσανατολισμός και το σχήμα των ανοιγμάτων που θα σκιαστεί σε σχέση με τη θέση του ήλιου αναλόγως την ώρα της ημέρας και την εποχή του χρόνου.

Τα κινητά συστήματα σκίασης μπορούν να τοποθετηθούν εξωτερικά και εσωτερικά. Μπορούν να ελέγχονται χειροκίνητα ή ηλεκτρικά με χρήση ενέργειας. Μπορούν επίσης να αυτοματοποιηθούν και να μεταβάλλονται ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, δηλαδή τα επίπεδα ακτινοβολίας, το φυσικό φωτισμό ή τις θερμικές απαιτήσεις. Οι (κινητές) τέντες περιορίζουν το θερμικό κέρδος στις νότιες όψεις κατά 65% και στις ανατολικές και δυτικές έως 80% κατά τη διάρκεια του θέρους. Θα πρέπει να υπάρχει ένα διάκενο μεταξύ τέντας και της επιφάνειας του κτιρίου για να υπάρχει κυκλοφορία αέρα. Η αποδοτικότητα της υφασμάτινης τέντας εξαρτάται από την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες. Τα στόρια επιτρέπουν τον αερισμό και τη σκίαση και ελέγχονται εύκολα, ενώ τόσο οι κουρτίνες όσο και τα στόρια είναι πιο αποτελεσματικά από τις ανακλαστικές περσίδες, αφού όντας εγκατεστημένα εσωτερικά, παρέχουν σκίαση αφότου η ακτινοβολία διέλθει από τα τζάμια. Όσον αφορά τα τζάμια πρέπει να έχουν υποστεί επεξεργασίες που ενισχύουν την ανάκλαση ή την απορρόφηση της θερμότητας.

Αναφορικά με τη βλάστηση, οι κύριοι παράγοντες που συμβάλουν στη χρήση της για σκίαση είναι η θέση και η πυκνότητα του φυλλώματος. Τα φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν καλύτερη προσπέλαση στο φυσικό φως. Πρέπει να τονιστεί ότι τα χαρακτηριστικά σκίασης από τα δέντρα καθώς και την υπόλοιπη βλάστηση εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατοικίας, του περιβάλλοντος και της ώρας της ημέρας και της εποχής του χρόνου (Κοσμόπουλος 2008).

Η θερμομόνωση συνδυάζει δύο φυσικές διεργασίες, τη μεγιστοποίηση της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος και τον περιορισμό της θερμικής μετάδοσης από το περίβλημα του κτιρίου. Η θερμική μάζα που είναι η θερμοχωρητικότητα που παράσχουν τα δάπεδα, οι στέγες, οι τοίχοι, τα έπιπλα κ.ά. συμβάλει στη θερμική άνεση, στην κατανάλωση ενέργειας και στο ψυκτικό φορτίο αιχμής. Η θερμική μάζα αποθηκεύει θερμότητα και ψύξη, ενώ λειτουργεί και ως ρυθμιστής με το να εξισορροπεί τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, προσφέροντας καλύτερες συνθήκες άνεσης, με την προϋπόθεση ότι θα μελετηθεί και θα τοποθετηθεί σωστά.

Η αεροστεγανότητα του κτιρίου πραγματοποιείται προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το θερμικό κέρδος το καλοκαίρι. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο εξωτερικός αέρας, ως θερμότερος, είναι ελαφρύτερος από τον εσωτερικό και η

διαφυγή αέρα προκαλεί ψυκτικό φορτίο για την κατοικία. Οπότε η αεροστεγάνωση του κτιρίου κρίνεται απαραίτητη.

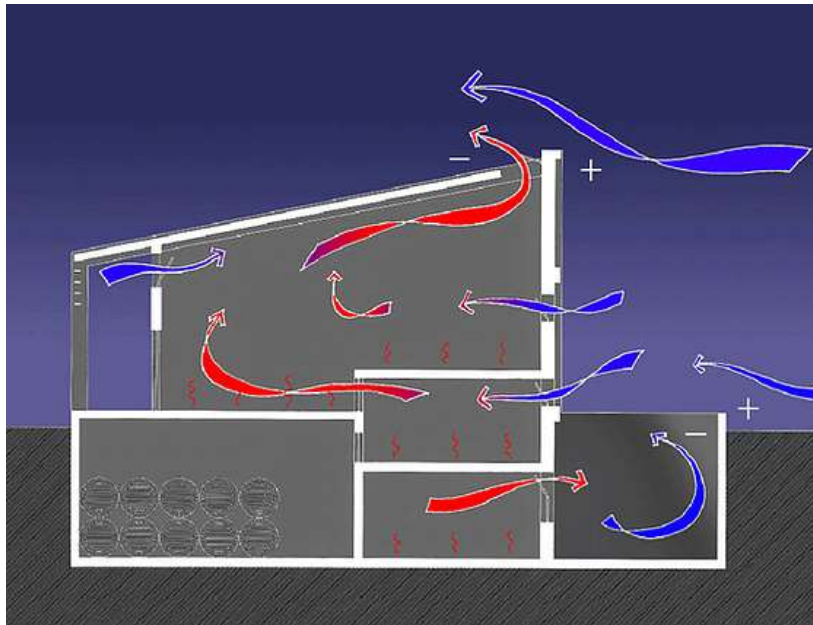
Ο έλεγχος των εσωτερικών κερδών είναι εξίσου απαραίτητος για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης εντός της κατοικίας. Οι πηγές εσωτερικών πηγών είναι ο τεχνητός φωτισμός, οι ηλεκτρικές συσκευές, η θερμότητα μεταβολισμού που προέρχεται από τους κατοίκους της κατοικίας. Η ελάττωση του τεχνητού φωτισμού μεγιστοποιώντας τον φυσικό φωτισμό, η χρήση συσκευών υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης, η μόνωση μηχανημάτων όπως για παράδειγμα ο λέβητας, είναι τρόποι μείωσης των εσωτερικών κερδών το καλοκαίρι (Colombo et al. 1994).

20.2.5 Ανάλυση τεχνικών φυσικού δροσισμού

Θα παρουσιασθούν και θα αναλυθούν οι υπάρχουσες τεχνικές φυσικού δροσισμού-κλιματισμού. Αυτές είναι ο αερισμός, η ψύξη μέσω εδάφους, η ψύξη με εξάτμιση, η ψύξη με ακτινοβολία.

Ο αερισμός χρησιμοποιεί τον αέρα για να παρέχει ψύξη στην κατοικία απομακρύνοντας τη θερμότητα από την κατοικία και τον άνθρωπο. Ο αέρας κινείται με φυσικές δυνάμεις και τέτοιες είναι ο άνεμος, το φαινόμενο της καμινάδας και οι πιέσεις. Η ροή του αέρα προκύπτει από τις διάφορες πιέσεις που ασκούνται περιμετρικά αλλά και μέσα στο κτίριο, οπότε ο αέρας κινείται από σημεία υψηλής πίεσης σε σημεία χαμηλής πίεσης. Αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία της κατοικίας, ο αερισμός απελευθερώνει το κτίριο από τα θερμικά ηλιακά κέρδη, αλλά και από τα εσωτερικά κέρδη και το εμπλουτίζει με φρέσκο δροσερό αέρα ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της νύχτας (Irulegi et al. 2014)..

Ένας ισχυρός μηχανισμός ψύξης είναι η εξάτμιση, που ακόμα και τις ζεστές μέρες προσδίδει αίσθημα άνεσης στους κατοίκους της κατοικίας. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει ο εξωτερικός αέρας να έχει σχετική υγρασία μικρότερη από 85%. Άλλος ένας παράγοντας για την αποτελεσματικότητα του φυσικού δροσισμού είναι ο σχεδιασμός του κτιρίου και οι περιβάλλοντες χώροι. Η ροή του ανέμου μέσα στο κτίριο επηρεάζεται από τις θέσεις, τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων, ενώ επίδραση έχει το σχήμα του κτιρίου σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου, καθώς και τα διάφορα εσωτερικά εμπόδια. Είναι απαραίτητο να υπάρχει σημαντική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα για να δράσουν οι ανυψωτικές δυνάμεις, καθώς και αντίσταση της ροής του ανέμου που είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού άνωσης, διαφοράς πίεσης του ανέμου, ενώ επηρεάζεται από το μέγεθος και την θέση των ανοιγμάτων (Lechner 2001) (Εικ. 28)



Εικ. 28 Επίτευξη φυσικού αερισμού – δροσισμού (Stavropoulou Architects n.d.)

Τεχνικές που χρησιμοποιούμε για να αξιοποιήσουμε τον αερισμό είναι οι ανεμόπυργοι και οι ηλιακές καμινάδες.

Ο ανεμόπυργος αξιοποιεί την ισχύ του ανέμου ώστε να ωθήσει τον αέρα στο εσωτερικό της κατοικίας και έχει αυτοτελή λειτουργία. Παρέχει και είσοδο και έξοδο του αέρα. Οι είσοδοι προσαγωγής βρίσκονται προς την πάνω πλευρά και αφού συλλάβουν τον αέρα και τον οδηγούν μέσω της καμινάδας κάτω, απ' όπου εξέρχεται από ανοίγματα του κτιρίου. Με το δροσερό νυχτερινό αέρα η ροή μεγαλώνει, διαφορετικά το σκέπαστρο του ανεμόπυργου μπορεί να δημιουργεί περιοχή χαμηλής πίεσης στην κορυφή του πύργου και να αντιστρέψει τη ροή του αέρα. Η άνωση λόγω του θερμού εσωτερικού αέρα διευκολύνει τη διαδικασία ανόδου.

Η ηλιακή καμινάδα χρησιμοποιεί τον ήλιο για να θερμάνει το εσωτερικό της καμινάδας. Εξαιτίας της θερμοκρασιακής διαφοράς οι δυνάμεις της άνωσης βοηθούν στη δημιουργία ανοδικής ροής κατά μήκος της επιφάνειας.

Ο αερισμός που προέρχεται από τον άνεμο είναι ιδανική λύση όταν ο άνεμος έχει σταθερή κατεύθυνση και ένταση. Αυτό στην πραγματικότητα δεν ισχύει, αφού οι άνεμοι μεταβάλλονται συνεχώς. Οι συχνές εναλλαγές του αέρα μεγιστοποιούν τα οφέλη που προκύπτουν από το δροσισμό μέσω εξαερισμού. Ο ανεμιστήρας (οροφής ή άλλος) μπορεί να συμβάλλει θετικά λόγω της αύξησης ταχύτητας του αέρα και της ανταλλαγής θερμότητας λόγω μεταφοράς.

Η ψύξη μέσω εδάφους επιτυγχάνεται για το λόγο ότι η θερμοκρασία του εδάφους είναι αρκετά χαμηλότερη από αυτή του αέρα, ειδικά την καλοκαιρινή περίοδο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο έδαφος να απορροφά την επιπλέον θερμότητα. Για το έδαφος ισχύει ότι η εποχιακή του θερμοκρασιακή διακύμανση μειώνεται με το βάθος, την υγρασία που περιέχει, καθώς και την αγωγιμότητα του. Η διάχυση της θερμότητας στο έδαφος γίνεται με συναγωγή ή με μεταφορά. Στη συναγωγή μέρος του περιβλήματος του κτιρίου βρίσκεται σε άμεση επαφή με το

έδαφος, ενώ στη μεταφορά ο αέρας κυκλοφορεί από το κτίριο ή το περιβάλλον μέσω υπόγειων σωληνώσεων όπου ψύχεται πριν εισέλθει στην κατοικία.

Η διάχυση της θερμότητας στο έδαφος με συναγωγή όπου έχουμε άμεση επαφή του περιβλήματος της κατοικίας με το έδαφος πραγματοποιείται όταν έχουμε υπόσκαφα κτίρια. Τα πλεονεκτήματα των υπόσκαφων κτιρίων είναι πολλά, όπως προστασία από τις κακές καιρικές συνθήκες, από το θόρυβο, από τη σκόνη, από την ακτινοβολία, ενώ περιορίζονται οι θερμικές απώλειες κι έχει αυξημένη πυροπροστασία. Μειονέκτημα είναι το σχετικά υψηλό κόστος κατασκευής, ο περιορισμένος φυσικός φωτισμός και η περιορισμένη δυνατότητα κατασκευής σε μεγάλη κλίμακα. Όπως είπαμε όμως οι υπόσκαφες κατοικίες έχουν αρκετές δυνατότητες ψύξης, εμφανίζουν μειωμένες θερμικές απώλειες και αυξημένη θερμική άνεση, λόγω ακριβώς αυτής της επαφής τους με το έδαφος. Συνήθως αυτές οι κατοικίες κατασκευάζονται σε λοφώδεις περιοχές, χωρίς να είναι απαραίτητο αυτό όμως.

Η διάχυση της θερμότητας στο έδαφος με μεταφορά έμμεσα μέσω υπόγειων σωληνώσεων, γίνεται με χρήση πλαστικών ή μεταλλικών υπόγειων σωλήνων, όπου ο αέρας από το κτίριο ή το περιβάλλον εισέρχεται στο κτίριο αφότου διέλθει από τους σωλήνες. Η μειωμένη θερμοκρασία του αέρα εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του εισερχόμενου αέρα, της θερμοκρασίας του εδάφους, από τα θερμικά χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις των σωληνώσεως, καθώς και από την ταχύτητα του αέρα. Στα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η συμπύκνωση ή η εξάτμιση του συσσωρευμένου νερού, ο έλεγχος του συστήματος, καθώς και η έλλειψη στοιχείων και εμπειρίας σχετικά με πρακτικά προβλήματα συνδεδεμένα με πραγματικές καταστάσεις αναφορικά με τις θερμικές επιπτώσεις στο κτίριο. Επίσης η έλλειψη γνώσης κι εμπειρίας σχετικά με τα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω των αλληλεπιδράσεων με τα συμβατικά συστήματα. Τα ανωτέρω εμποδίζουν τον σχεδιασμό και την εφαρμογή του συστήματος (Κοσμόπουλος 2008).

Η ψύξη μέσω εξάτμισης είναι μια χρήσιμη μέθοδος που συμβάλλει στο φυσικό δροσισμό των κατοικιών. Η ψύξη με εξάτμιση διακρίνεται σε δύο κατηγορίες. Στην άμεση και την έμμεση ψύξη με εξάτμιση. Στην άμεση ψύξη με εξάτμιση έχουμε μείωση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού με ταυτόχρονη αύξηση της υγρασίας του αέρα. Από την άλλη στην έμμεση ψύξη με εξάτμιση έχουμε εξάτμιση του νερού σε μια επιφάνεια ή σε ένα σωλήνα προκαλώντας τη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών, ψύχοντας έτσι τον παρακείμενο προς τις επιφάνειες αέρα, χωρίς να έχουμε αύξηση της υγρασίας του.

Λέγοντας εξάτμιση, εννοούμε την κατάσταση κατά την οποία η πίεση του ατμού του νερού είναι μεγαλύτερη από τη μερική πίεση των ατμών του νερού στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της αλλαγής φάσης του νερού από υγρό σε αέριο, επειδή επιβάλλεται η απόδοση μεγάλου ποσού αισθητής θερμότητας από τον αέρα που μειώνει τη θερμοκρασία του ξηρού βολβού του αέρα ενώ η υγρασία του αυξάνεται. Η αποδοτικότητα της όλης διαδικασίας ψύξης είναι εξαρτώμενη από τις θερμοκρασίες του νερού και του αέρα, από την ποσότητα του διερχόμενου από την επιφάνεια του νερού αέρα, καθώς και από το περιεχόμενο του αέρα σε

υδρατμούς. Η διαδικασία αυτή της ψύξης μπορεί να ενισχυθεί από τη σκίαση αλλά και την παροχή ψυχρού, ξηρού αέρα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην άμεση ψύξη με εξάτμιση η υγρασία του ψυχθέντος αέρα αυξάνεται, οπότε αυξάνεται και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα κάτι που είναι αποδεκτό αν ο αριθμός εναλλαγών του αέρα είναι αρκετός. Σε διαφορετική περίπτωση έχει αρνητικές επιπτώσεις στις συνθήκες άνεσης και η συσσώρευση υγρασίας μπορεί να δημιουργήσει μούχλα. Επίσης το σύστημα πρέπει να έχει τη δυνατότητα απομόνωσης όταν δεν χρειάζεται, δηλαδή το χειμώνα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ στα συστήματα άμεσης εξάτμισης σε κατοικίες που υπάρχουν δεξαμενές και γενικά υγρές επιφάνειες προς την πλευρά του ρεύματος αέρα, με σύνηθες μειονέκτημα το μεγάλο ποσοστό υγρασίας του αέρα του διερχόμενου στο εσωτερικό της κατοικίας, στα συστήματα έμμεσης εξάτμισης δεν υπάρχει αυτό το πρόβλημα. Σε αυτά όμως υπάρχει το μειονέκτημα του υψηλού κόστους κατασκευής, η περιπλοκότητα και η δυσκολία ενσωμάτωσης του σε υπάρχοντα κτίρια.

Τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές για ψύξη με εξάτμιση τις κατηγοριοποιούμε στις παθητικές και τις υβριδικές. Και οι δύο κατηγορίες μπορεί να είναι άμεσα ή έμμεσα συστήματα ψύξης με εξάτμιση. Οι παθητικές τεχνικές βασίζονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τόπου και στα στοιχεία του περιβλήματος. Οι υβριδικές βασίζονται στον εξοπλισμό τον εγκατεστημένο στο κτίριο. Στις άμεσες παθητικές τεχνικές βασικό στοιχείο είναι η βλάστηση που χρησιμοποιείται για εξατμισο-διαπνοή, αλλά και υδάτινες επιφάνειες, όπως σιντριβάνια, λίμνες κλπ. Στις έμμεσες παθητικές τεχνικές περιλαμβάνονται τεχνικές ψεκασμού και ανοικτές δεξαμενές νερού.

Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο ψεκασμός της οροφής του κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο διατηρείται υγρή η εξωτερική επιφάνεια της οροφής. Το σύστημα λειτουργεί μετατρέποντας τη θερμότητα της οροφής σε λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης καθώς το νερό εξατμίζεται. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δημιουργία θερμοκρασιακής διαφοράς στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια της οροφής κι έτσι ψύχεται το κτίριο. Προϋπόθεση για να λειτουργήσει αυτή η τεχνική είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας της οροφής να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα.

Μια άλλη εφαρμογή των παθητικών συστημάτων ψύξης με εξάτμιση είναι οι δεξαμενές οροφής. Πρόκειται για δεξαμενές νερού με σκίαση τοποθετημένες πάνω σε αμόνωτη οροφή από μπετόν. Το νερό της δεξαμενής εξατμίζεται στο ξηρό περιβάλλον κατά τη διάρκεια της μέρας και της νύχτας. Η οροφή λειτουργεί σαν ψυκτικό σώμα μεταφοράς ακτινοβολίας. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό της κατοικίας, καθώς και η διατήρηση της στάθμης της υγρασίας. Όπως και στην προηγούμενη τεχνική ισχύει κι εδώ ότι για να λειτουργήσει το σύστημα πρέπει η θερμοκρασία της επιφάνειας της οροφής να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα. Το πρόβλημα που υπάρχει με αυτή την τεχνική είναι ότι μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε επίπεδες οροφές από μπετόν και το κόστος είναι αρκετά υψηλό.

Τα υβριδικά συστήματα ψύξης με εξάτμιση χρησιμοποιούν ένα εναλλάκτη θερμότητας, μέσα από τον οποίο περνά ο εσωτερικός αέρας ο οποίος προωθείται με έναν ανεμιστήρα. Ο εσωτερικός αέρας περνά το πρωτεύον κύκλωμα στο οποίο γίνεται η εξάτμιση, ενώ ο εξωτερικός αέρας περνά από το δευτερεύον κύκλωμα. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι η μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα ενώ η υγρασία του διατηρείται σταθερή. Σε αυτή την κατηγορία συστημάτων διακρίνουμε τρεις τύπους ψυκτών: τους επίπεδους, τους σωληνωτούς και τους περιστρεφόμενους. Αυτή η τεχνική λειτουργεί όταν η θερμοκρασία υγρού βολβού του εσωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του εξωτερικού αέρα. Το πρόβλημα των ψυκτών άμεσης εξάτμισης είναι η αύξηση της υγρασίας του αέρα, οπότε θα πρέπει να συνδυάζονται με συστήματα ελέγχου της υγρασίας. Σε ξηρά και θερμά κλίματα η χρησιμοποίηση ψυκτών εξάτμισης επιφέρει 60% εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με αυτή που προκύπτει με χρήση ψυκτών με συμπιεστές. Επίσης η θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα επηρεάζει την αποδοτικότητα του συστήματος.

Τα συστήματα έμμεσης ψύξης με εξάτμιση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν αυξάνουν την υγρασία της κατοικίας, οπότε δεν είναι αναγκαίος ο έλεγχος της υγρασίας. Καλό είναι να τοποθετούνται φίλτρα που θα εμποδίζουν τη συσσώρευση σκόνης. Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σύστημα ψύξης δύο σταδίων στις περιπτώσεις που η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλή. Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από δύο έμμεσους ψύκτες ή έναν έμμεσο κι ένα άμεσο ψύκτη. Το σύστημα μπορεί να συμπληρωθεί από μια μονάδα κλιματισμού. Με τα συστήματα αυτά μπορεί να προκύψει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 50% σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού (Irulegi et al. 2014)..

Η ψύξη με ακτινοβολία βασίζεται στο γεγονός ότι καθετί εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ως μορφή ενέργειας. Σε δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας που τίθενται απέναντι το ένα από το άλλο, το θερμότερο σώμα χάνει θερμική ακτινοβολία και η θερμοκρασία του μειώνεται μέχρι να εξισορροπηθεί με το ψυχρότερο σώμα. Αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα θα είχαμε ιδανική ψύξη με ακτινοβολία αφού το κτίριο της κατοικίας θα είχε αλληλεπίδραση με το άπειρο που είναι μια πολύ ψυχρή πηγή. Στην πραγματικότητα όμως υπάρχει ατμόσφαιρα και ο ουρανός είναι η ενδιάμεση δεξαμενή, αφού καθετί που βλέπει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα.

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα τη νύχτα προς τον ουρανό. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός, χωρίς σύννεφα δηλαδή, κι όσο χαμηλότερη είναι η υγρασία που έχει ο αέρας, τόσο μεγαλύτερη η εκπεμπόμενη ακτινοβολία. Η νυχτερινή ακτινοβολία είναι αποτελεσματικότερη όταν οι επιφάνειες που ακτινοβολούν είναι στραμμένες προς τον ουρανό. Έτσι οι οροφές των κατοικιών ακτινοβολούν τα μεγαλύτερα ποσά θερμότητας. Επιπρόσθετα η επιφάνεια ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένη, που η συσσωρευμένη κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα να μπορεί να διοχετευτεί μέσω κατάλληλης κατασκευής προς την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους της κατοικίας.

Για τη νυχτερινή ακτινοβολία μεγάλης ποσότητας θερμικής ενέργειας από την κατοικία απαιτείται αμόνωτη οροφή. Από την άλλη η προστασία της κατοικίας από

την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της μέρας απαιτεί μόνωση της οροφής. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι το σύστημα της ψύξης με νυχτερινή ακτινοβολία αποτελεί ειδική κατασκευή.

Τα πλέον χρησιμοποιούμενα συστήματα για την επίτευξη ψύξης με ακτινοβολία είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής εγκατεστημένος στην οροφή και η λίμνη οροφής.

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής είναι σύστημα αποτελούμενο από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής της κατοικίας. Η εξωτερική πλευρά είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά μπαίνει θερμομόνωση. Η μεταλλική επιφάνεια ακτινοβολεί μεγάλη ποσότητα θερμικής ενέργειας προς το νυχτερινό ουρανό. Μέσα στον ακτινοβολητή διοχετεύεται θερμός αέρας από την κατοικία, ο οποίος διέρχεται μέσα από το σύστημα και ψύχεται καθώς έρχεται σε επαφή με την ψυχρή εξωτερική πλευρά. Στη συνέχεια διοχετεύεται ξανά στο εσωτερικό της κατοικίας. Το σύστημα είναι πιο αποδοτικό σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και με χαμηλή υγρασία. Εάν υπάρχουν έντονα ρεύματα αέρα, το σύστημα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου, διαπερατό από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το πολυαιθυλένιο επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας. Από την άλλη περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμό αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση θερμοκρασίας του ακτινοβολητή.

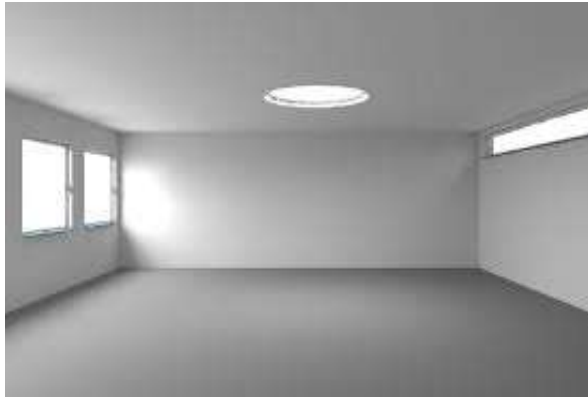
Σχετικά με τις λίμνες οροφής, είναι δυνατό να κατασκευαστεί στην οροφή του κτιρίου αβαθής δεξαμενή νερού, ανοιχτή ή κλειστή με διαφανή επικάλυψη, η οποία σκιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας με κινητό σύστημα θερμομονωτικού υλικού. Τη νύχτα ανοίγει και ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον. Η λίμνη οροφής είναι δυνατό να λειτουργήσει αντίστροφα το χειμώνα. Συγκεκριμένα την ημέρα παραμένει ανοιχτή δεχόμενη την ηλιακή ακτινοβολία και τη νύχτα κλείνει με θερμομονωτικά φύλλα. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι για τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες αυτό το σύστημα δεν είναι αποδίδει αρκετά σαν παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης, εξαιτίας του οριζόντιου προσανατολισμού της επιφάνειας συλλογής. Επίσης τεχνικοί και λειτουργικοί λόγοι το καθιστούν ασύμφορο (Ganem et al. 2006).

20.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός στις κατοικίες αποσκοπεί στην επίτευξη οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους αυτών αλλά και γενικότερα στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής καθώς μέσα στους χώρους της κατοικίας περνάμε σημαντικό μέρος της ζωής μας. Αυτό επιτυγχάνεται συνδυάζοντας το φως, τη θέα αν υπάρχει, την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και τον αερισμό. Κατά τον σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού της κατοικίας θα πρέπει να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή κάλυψη των αναγκών της κατοικίας με φυσικό φωτισμό, αφού ληφθεί υπόψη η χρήση του κάθε χώρου και οι ανάγκες του σε φωτισμό (Εικ. 29).

Για να επιτευχθεί η οπτική άνεση στην κατοικία με την αξιοποίηση του φυσικού φωτός θα πρέπει να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν αυτά τα συστήματα και οι τεχνικές που θα παρέχουν σε κάθε χώρο την αναγκαία ποσότητα φυσικού φωτισμού,

καθώς και την ομαλή κατανομή αυτού προκειμένου να αποφευχθεί η θάμβωση. Απαραίτητα για τα παραπάνω είναι τα σωστά ανοίγματα, η γεωμετρία των χώρων, ο προσανατολισμός τους και τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών και των υαλοπινάκων (Irulegi et al. 2014) (Εικ. 30).



Εικ. 29 Φυσικός φωτισμός (Τσαγκρασούλης χ.χ.)



Εικ. 30 Φυσικός φωτισμός από την οροφή (Καρακώστα 2007)

20.3.1 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Τα συστήματα που παρέχουν φυσικό φωτισμό στις κατοικίες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες: Ανοίγματα στις κατακόρυφες τοιχοποιίες, ανοίγματα στην οροφή, φωταγωγοί και αίθρια. Τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με τεχνικές αναφορικά με το σχεδιασμό των ανοιγμάτων, τις διάφορες φωτομετρικές ιδιότητες των επιφανειών όπως είναι το χρώμα, η υφή και η φωτοδιαπερατότητα των υλικών, ακόμα τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων και τη χρήση ανακλαστήρων. Σκοπός είναι η εξασφάλιση της επάρκειας και της ομαλής κατανομής του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό της κατοικίας (Lechner 2001).

20.3.2 Τεχνικές φυσικού φωτισμού

Οι τεχνικές φυσικού φωτισμού που εφαρμόζονται συνήθως ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Υαλοπίνακες που κατατάσσονται στους θερμοχρωμικούς, στους φωτοχρωμικούς, στους ηλεκτροχρωμικούς, στους απορροφητικούς, σε αυτούς με χαμηλό συντελεστή εκπομπής, στους έγχρωμους και στους αντανακλαστικούς
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία
- Ανακλαστήρες ή αλλιώς ράφια φωτισμού
- Ανακλαστικές περσίδες
- Διαφανή μονωτικά υλικά

Η επίτευξη φυσικού φωτισμού σε μια κατοικία απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, που πρέπει να γίνεται κατά τα πρώτα στάδια της αρχιτεκτονικής μελέτης. Ο έλεγχος και η σωστή διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων είναι πολύ σημαντικά στοιχεία, καθώς έτσι αποτρέπονται τα προβλήματα της θάμβωσης, της υπερθέρμανσης, ή και της

υπερβολικής ψύξης. Ακόμα με τον φυσικό φωτισμό επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας του τεχνητού φωτισμού και περιορίζεται το ψυκτικό φορτίο που απαιτεί αυτός.

Όταν σχεδιάζουμε ένα σύστημα φυσικού φωτισμού είναι απαραίτητο να καθορίσουμε τη στάθμη έντασης του φωτός. Ο καθορισμός της έντασης αυτής είναι περίπλοκη διαδικασία καθώς υπόκειται σε υποκειμενικούς παράγοντες και ποικίλες καταστάσεις. Ο στόχος πρέπει να είναι η παροχή λογικής ποσότητας φωτισμού ανάλογα με τη χρήση κάθε χώρου, εξασφαλίζοντας παράλληλα ευχάριστη ποιότητα φωτός. Αυτό που πρέπει να τονιστεί είναι ότι ο χρήστης επιλέγει τη στάθμη της έντασης του φωτός που αισθάνεται και λειτουργεί καλύτερα, ανάλογα με τη δραστηριότητα του. Ρόλο παίζει και ο τρόπος που το φυσικό φως διεισδύει στο χώρο. Πάντως γενικά προτιμώνται οι υψηλές εντάσεις φωτισμού και αυτό εξασφαλίζεται για κάποιες ώρες της ημέρας, με πολύ οικονομικό τρόπο, από τις τεχνικές φυσικού φωτισμού (Τσίππρας και Θέμης 2005).

Ορίζουμε ως παράγοντα διανομής φυσικού φωτός τον τρόπο που το φυσικό φως διεισδύει στο κτίριο. Εξετάζουμε την κατανομή της εσωτερικής έντασης φωτισμού σε σχέση με τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού. Ο παράγοντας αυτός υπολογίζεται με αναφορά στο νεφελώδη ουρανό. Με τον παράγοντα αυτό περιγράφεται ο τρόπος που το φυσικό φως εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας όταν επικρατεί συννεφιά. Αποτελεί στοιχείο της γεωμετρίας του χώρου και είναι ανεξάρτητος της τοποθεσίας και του κλίματος. Χρησιμοποιείται δε για να περιγράψει την απόδοση του συστήματος φυσικού φωτισμού σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο εσωτερικό του κτιρίου. Δεν προσδιορίζει όμως την ποιότητα φωτισμού του εσωτερικού περιβάλλοντος. Ο χώρος σε κάποιο σημείο είναι τόσο σκοτεινός ή φωτεινός ανάλογα με τον τρόπο που εισέρχεται ο φυσικός φωτισμός στο χώρο αλλά και από τη στάθμη αντίθεσης στο οπτικό πεδίο.

Υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί που εμποδίζουν την αποτελεσματικότητα των τεχνικών φυσικού φωτισμού. Ένας περιορισμός είναι η διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός. Έτσι, τα σύννεφα αλλά και η θέση του ήλιου είναι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του διαθέσιμου φωτός. Επίσης η ύπαρξη γειτονικών κτιρίων αλλά και των δέντρων μπορεί να περιορίσουν το φυσικό φως. Ακόμα η στάθμη φυσικού φωτισμού είναι λιγοστή κατά την έναρξη και λήξη της μέρας. Και βέβαια ένας περιορισμός για το φυσικό φως έχει να κάνει με τη διάρκεια της μέρας ως προς το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή.

20.3.3 Μέθοδοι προσομοίωσης στην αξιολόγηση της απόδοσης του φυσικού φωτισμού

Μπορούμε να αξιολογήσουμε την απόδοση του φυσικού φωτισμού με τη βοήθεια λογισμικών προγραμμάτων που διαθέτουν μεθόδους προσομοίωσης των πολλαπλών ανακλάσεων του φωτός. Για τον υπολογισμό ακολουθούμε τα παρακάτω στάδια:

- Προσομοίωση της πηγής του φωτός σε σχέση με τον τύπο ουρανού και τη θέση του ήλιου
- Προσομοίωση του εξωτερικού περιβάλλοντος όπου λαμβάνουμε υπόψη την ανάκλαση του φωτός από το έδαφος και τα άλλα στοιχεία στο εξωτερικό του κτιρίου, καθώς και τα εμπόδια από τα γύρω κτίρια
- Προσομοίωση της διείσδυσης του φωτός μέσω των συστημάτων φυσικού φωτισμού της κατοικίας
- Προσομοίωση της διάδοσης του φωτός στους διάφορους χώρους της κατοικίας στην οποία συμπεριλαμβάνεται η προσομοίωση της ανάκλασης ή μεταφοράς του φωτός στις επιφάνειες
- Προσομοίωση της τελικής διανομής του φωτός ως λαμπρότητα ή ένταση φωτός

Ο παραπάνω υπολογισμός είναι ιδανικός αλλά δεν είναι εφικτός συνήθως. Συχνά τα λογισμικά προγράμματα περιλαμβάνουν απλοποιημένες προσεγγίσεις σχετικά με τον αριθμό των χώρων, της γεωμετρίας, των επιφανειών, του αριθμού των ανακλάσεων του φωτός. Αυτά τα προγράμματα απλά προσομοιώνουν και μας βοηθούν να λάβουμε τις καταλληλότερες σχεδιαστικές αποφάσεις (Lechner 2001).

20.3.4 Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού – Άμεσο και έμμεσο ηλιακό φως

Σε χώρους της κατοικίας που οι ανάγκες για φωτισμό είναι περιορισμένες μπορεί να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός. Σε αυτούς το άμεσο ηλιακό φως βελτιώνει ποιοτικά το χώρο. Τέτοιοι χώροι είναι οι διάδρομοι και οι χώροι εισόδου της κατοικίας. Αντιθέτως το άμεσο ηλιακό φως δεν ενδείκνυται για γραφεία και πολυσύχναστους χώρους γιατί προκαλεί θάμβωση και μειωμένη άνεση. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι προτιμότερο το ηλιακό φως να χρησιμοποιείται έμμεσα με το να διαχέεται με κατεύθυνση την οροφή και τους τοίχους. Προκειμένου να αποφύγουμε την θάμβωση χρησιμοποιούμε ανακλαστήρες κι άλλα σταθερά ή κινητά στοιχεία. Αυτά είναι οι φωταγωγοί, οι φεγγίτες οροφής, οι φεγγίτες ανάκλασης, τα αίθρια, οι εξωτερικοί ανακλαστήρες, τα πρισματικά στοιχεία, τα ανακλαστικά στόρια, οι γρίλιες, τα στόρια σκίασης. Βέβαια σημαντικό ρόλο παίζει και ο προσανατολισμός της κατοικίας (Κοσμόπουλος 2008).

20.3.5 Σχεδιασμός των συστημάτων φυσικού φωτισμού

Προκειμένου να σχεδιάσουμε τα συστήματα φυσικού φωτισμού απαιτείται σωστή οργάνωση και λήψη εκείνων των μέτρων που δεν θα επιτρέψουν να αλλοιωθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τέτοια μέτρα είναι τα παρακάτω:

- Ο τρόπος οργάνωσης των εσωτερικών χώρων κατά τέτοιο τρόπο που να εκπληρώνονται οι απαιτήσεις του κάθε χώρου σε φυσικό φωτισμό. Οι χώροι ιεραρχούνται δίνοντας προτεραιότητα σε αυτούς που έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε φυσικό φωτισμό
- Ο τρόπος που κατανέμονται και διαστασιοποιούνται τα ανοίγματα αναλόγως του όγκου των εσωτερικών χώρων που πρόκειται να φωτιστούν. Εδώ συνιστάται η δημιουργία ανοιγμάτων οροφής, όπου είναι απαραίτητο, αλλά και εφικτό, καθώς και η χρήση έμμεσων συστημάτων φωτισμού, προκειμένου ο φωτισμός να φτάσει και στα πιο βαθιά μέρη της κατοικίας
- Ανάλυση της τοποθεσίας του κτιρίου, όπου συνήθως επιλέγεται ως κύρια όψη αυτή με την καλύτερη θέα, επιλέγεται στη συνέχεια ο προσανατολισμός και οι διάφορες όψεις της κατοικίας. Εξακριβώνεται επιπλέον η διαθεσιμότητα του ηλιακού φωτός στη συγκεκριμένη θέση και για κάθε όψη
- Επιλογή των κατάλληλων υλικών αναλόγως της λειτουργίας και της ποιότητας των χώρων της κατοικίας. Επίσης η κατάλληλη επιλογή χρωμάτων, αφού για παράδειγμα, τα θερμά χρώματα έχουν την ιδιότητα να φωτίζουν τους χώρους που προσλαμβάνουν περιορισμένη ποσότητα φυσικού φωτισμού δημιουργώντας ένα πιο ευχάριστο περιβάλλον, με καλύτερη οπτική άνεση
- Ο ακριβής σχεδιασμός των συστημάτων σκίασης, καθώς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περίοδοι συννεφιάς. Επίσης πρέπει να γίνεται επιλογή λύσεων που βοηθούν το φυσικό φως να εισέλθει στην κατοικία με σκοπό τη βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος και της οπτικής άνεσης
- Η επαλήθευση της απόδοσης φυσικού φωτισμού. Αξιολογείται δηλαδή το πόσο καλά και αποδοτικά εισέρχεται το φυσικό φως στην κατοικία. Αυτό πραγματοποιείται ακολουθώντας διαδοχικά τις εξής τρεις μεθόδους: α) Κατασκευάζοντας ένα πρότυπο υπό κλίμακα αξιολογώντας έτσι τη διείσδυση του φωτός σε πραγματικές συνθήκες με τη βοήθεια φωτόμετρου β) Χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό πρόγραμμα, αν και δύσκολα προσομοιώνεται μια μελέτη με ακρίβεια και γ) Συγκρίνοντας το σχέδιο με κάποιο υπάρχον κτίριο παρόμοιας διαμόρφωσης
- Η λεπτομερής ανάλυση της απόδοσης. Σύμφωνα με αυτή προσαρμόζουμε τη διάταξη κατά τέτοιο τρόπο που να βελτιώνεται η απόδοση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αλλάζοντας κάποιες κατασκευαστικές λεπτομέρειες, καθώς και με την αλλαγή του μεγέθους των ανοιγμάτων. Δεν θα πρέπει όμως να παραβλέψουμε και την συντήρηση, η οποία θα πρέπει να είναι οικονομική και εύκολη.
- Ανάπτυξη μιας ξεκάθαρης κι ολοκληρωμένης στρατηγικής ηλεκτρικού φωτισμού. Αυτή θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ζώνες φυσικού φωτισμού

και να λαμβάνεται μέριμνα αναφορικά με τα σημεία που θα τοποθετηθούν τα φωτιστικά και τον ακριβή αριθμό λαμπτήρων. Τέλος μπορούν να αξιολογηθούν τα οφέλη του φυσικού φωτισμού, καθώς και ο αυτόματος έλεγχος του συνολικού ηλεκτρικού φωτισμού σε σχέση με το διαθέσιμο ηλιακό φως (Lechner 2001).

20.3.6 Ανάλυση συστημάτων φυσικού φωτισμού

Έγινε παραπάνω αναφορά στα φυσικά συστήματα φωτισμού. Θα αναλύσουμε στη συνέχεια αυτά τα συστήματα που παρέχουν φυσικό φωτισμό στις κατοικίες. Συμπεριλαμβάνονται σε αυτά τα ανοίγματα οροφής, τα αίθρια, οι φωταγωγοί, οι ειδικοί υαλοπίνακες, τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά, τα διαφανή μονωτικά υλικά, οι ανακλαστήρες και οι περσίδες.

Τα ανοίγματα οροφής είναι μια ξεχωριστή κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού γιατί έχουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κοινά ανοίγματα της τοιχοποιίας. Καταρχήν επιτρέπουν την διείσδυση μεγάλης ποσότητας διάχυτου φωτός. Διαθέτουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες και λόγω της θέσης τους χαρίζουν ομοιόμορφη κατανομή φυσικού φωτός στους χώρους της κατοικίας. Εξαιτίας της θέσης τους και προκειμένου να αποφεύγεται η θάμβωση που προκαλείται από το άμεσο ηλιακό φως προτείνεται η τοποθέτηση κάποιου συστήματος ηλιοπροστασίας, όπως για παράδειγμα περσίδες, πετάσματα και ανακλαστήρες. Τα ανοίγματα οροφής αναλόγως του τύπου τους μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά. Γενικά προτιμώνται τα κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα οροφής από τα οριζόντια και για να αποφευχθεί η μεγάλη ηλιακή πρόσπτωση που δέχονται κατά τους θερινούς μήνες, τοποθετούνται διατάξεις σκίασης. Για να επιλέξουμε να κατασκευάσουμε ανοίγματα οροφής βασιζόμεστε σε κριτήρια αναφορικά με την οικονομικότητα τους καθώς και την ενεργειακή τους απόδοση συνολικά.

Τα αίθρια εμφανίζονται σε διάφορες παραλλαγές, μπορεί να είναι ανοικτά ή καλυμμένα και συμβάλλουν στη βελτίωση του φυσικού φωτισμού και της οπτικής άνεσης σε μια κατοικία. Ιδιαίτερα σε κτίρια με μεγάλη επιφάνεια τα αίθρια παρέχουν διάχυτο φως από τον ουρανό, καθώς και από τις συνεχείς ανακλάσεις στο εσωτερικό τους και αυτό το φως κατανέμεται ομοιόμορφα χωρίς να προκαλεί θάμβωση. Επίσης αυξάνουν τη στάθμη φωτισμού των εσωτερικών χώρων της κατοικίας, ενώ συμβάλουν και στην ομοιογενή κατανομή του φωτισμού όπου υπάρχουν κατακόρυφα ανοίγματα. Τα αίθρια παίζουν σημαντικό ρόλο στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου και επιδρούν στη στάθμη φωτισμού των χώρων αναλόγως των οπτικών χαρακτηριστικών των επιφανειών, της ανακλαστικότητας δηλαδή των τοίχων και του δαπέδου, καθώς και των οπτικών χαρακτηριστικών των υαλοπινάκων που περιβάλλουν τα αίθρια ή βρίσκονται στην οροφή. Σημαντικά είναι και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αίθριων. Όλα αυτά πρέπει να συνυπολογίζονται κατά το σχεδιασμό των αίθριων για την επίτευξη της οπτικής άνεσης των χώρων, ενώ πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η επίδραση τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας.

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως στο εσωτερικό της κατοικίας και σε χώρους δεν είναι εφικτό να εισέλθει αλλιώς φυσικό φως. Υπάρχει ποικιλία τύπων αεραγωγών διαφόρων διαστάσεων. Οι φωταγωγοί για να είναι αποτελεσματικοί θα πρέπει να διαθέτουν ανακλαστικές επιφάνειες, ενώ τα ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς θα πρέπει να έχουν ανακλαστήρα ο οποίος θα διοχετεύει το φυσικό φως στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας. Η χρησιμοποίηση ανακλαστήρα στο σημείο εισόδου του φωτός από τον φωταγωγό αυξάνει την αποδοτικότητα του, καθώς ο ανακλαστήρας έχει την ιδιότητα να εκτρέπει προς τα κάτω την ηλιακή ακτινοβολία. Η ενσωμάτωση ηλιοστάτη μπορεί επίσης να αυξήσει την αποδοτικότητα του φωταγωγού, καθώς ο ηλιοστάτης έχει καθρέπτη και λειτουργεί ακολουθώντας την πορεία του ήλιου όλη τη διάρκεια της ημέρας. Οι φωταγωγοί επίσης χρησιμεύουν στο φυσικό αερισμό της κατοικίας. Τέλος, οι φωτοσωλήνες είναι μια μορφή φωταγωγών που χρησιμοποιούνται για το φυσικό φωτισμό ενός ή περισσότερων ορόφων. Βέβαια η μέγιστη απόδοση τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος φωτοσωλήνα αναλόγως του τύπου και του κατασκευαστή.

Οι ειδικοί υαλοπίνακες είναι χρήσιμοι στην κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας καθώς συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Επίσης βελτιώνουν την οπτική και τη θερμική άνεση των χώρων της κατοικίας. Οι ειδικοί υαλοπίνακες έχουν σταθερές, μεταβαλλόμενες και ρυθμιζόμενες ιδιότητες αναλόγως των συνθηκών του εξωτερικού περιβάλλοντος. Υπάρχουν εννέα κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων και διαφοροποιούνται από τους συνήθεις υαλοπίνακες ως προς τα φωτομετρικά και τα θερμικά τους χαρακτηριστικά. Έτσι έχουμε τους ανακλαστικούς υαλοπίνακες, τους έγχρωμους, τους απορροφητικούς, τους θερμομονωτικούς, τους ηλεκτροχρωμικούς, τους φωτοχρωμικούς, τους θερμοχρωμικούς, τους επίλεκτους υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής και τους υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων. Για να επιλέξουμε τον κατάλληλο υαλοπίνακα είναι απαραίτητη η μελέτη χρήσης του κτιρίου. Πρέπει να υπολογίσουμε κατά πόσο ο υαλοπίνακας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση, αλλά και να εκτιμήσουμε τη συνολική οικονομικότητα του συστήματος, δηλαδή το κόστος κατασκευής, την εξοικονόμηση χρημάτων και τα άλλα οφέλη και βέβαια το χρόνο απόσβεσης. Θα πρέπει να εξασφαλίζονται τα οπτικά και τα θερμικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα, για αυτό θα πρέπει η επιλογή να γίνει με κριτήριο την συμπεριφορά του στη θέρμανση και το δροσισμό της κατοικίας. Επίσης σε συνδυασμό με το σχεδιασμό των ανοιγμάτων και των υπολοίπων συστημάτων φωτισμού, θα πρέπει να εξασφαλίζει το φυσικό φωτισμό των χώρων της κατοικίας κατά το μέγιστο δυνατό (Lechner 2001).

Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα εννέα είδη ειδικών υαλοπινάκων:

- Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες ανακλούν μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, άρα είναι κατάλληλοι για τη μείωση της εισερχόμενης θερμότητας
- Όμως μπορούν να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.

- Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες έχουν χαμηλή θερμοπερατότητα και μικρή φωτοδιαπερατότητα εξαιτίας της χημικής επεξεργασίας που έχουν υποστεί και εφαρμόζονται για τη μείωση των ηλιακών κερδών.
- Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες απορροφούν μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνοντας τη θερμοπερατότητα χωρίς όμως να περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό την φωτοδιαπερατότητα. Είναι κατάλληλοι για τη μείωση των ηλιακών κερδών χωρίς όμως να προκαλούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο της κατοικίας, όπως συμβαίνει στους ανακλαστικούς υαλοπίνακες.
- Οι θερμομονωτικοί υαλοπίνακες έχουν μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα, όπως άλλωστε και οι διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες, όμως αντί για αέρα στο διάκενο τους περιέχουν κάποιο άλλο αέριο όπως το αργό. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατοικίες με μεγάλα ανοίγματα και απαιτείται υψηλή μόνωση του κελύφους.
- Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες μπορούν να μεταβάλλουν τα οπτικά χαρακτηριστικά τους και την διαπερατότητα τους με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτούς.
- Οι φωτοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τις ιδιότητες τους, όπως και οι ηλεκτροχρωμικοί, δηλαδή τα οπτικά χαρακτηριστικά τους αναλόγως του ποσού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Από την άλλη η φωτοδιαπερατότητα τους μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ένταση της ακτινοβολίας.
- Οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες έχουν την ιδιότητα να μεταβάλλουν τα οπτικά τους χαρακτηριστικά ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Έτσι όταν για παράδειγμα η εξωτερική θερμοκρασία αυξάνεται οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμους.
- Οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής εμποδίζουν ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εισέρχεται στην κατοικία ή να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον αναλόγως του τρόπου που αυτοί τοποθετούνται. Είναι κατάλληλοι για τη μείωση των θερμικών απωλειών ή των κερδών της κατοικίας αναλόγως των θερμικών αναγκών της και το κλίμα της περιοχής.
- Οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων μεταβάλλονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς με την εφαρμογή τάσης σε αυτούς.

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά έχουν την ικανότητα να προκαλούν διάθλαση στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να μην επιτρέψουν τελείως την ακτινοβολία να εισέλθει ή και να μεταβάλλουν την κατεύθυνση της αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής. Αποφεύγεται έτσι το άμεσο ηλιακό φως και η θάμβωση. Πρέπει να τονιστεί όμως ότι πρέπει να αποφεύγονται στα σημεία που είναι επιθυμητή η προς τα έξω θέα καθώς είναι αδιαφανή. Συχνά τοποθετούνται στο κέλυφος της κατοικίας ως αυτόνομα δομικά στοιχεία ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.

Τα διαφανή μονωτικά υλικά που είναι στοιχεία που τα διαπερνά το φως και έχουν μεγάλη ικανότητα θερμομόνωσης, εφαρμόζονται αντί της εξωτερικής τοιχοποιίας. Η διαφανής μόνωση γενικά είναι διαχυτική με πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, ενώ έχει τις θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας. Μάλιστα έχει δύο μα τρεις φορές μεγαλύτερη θερμομονωτική ικανότητα από αυτήν των διπλών υαλοπινάκων. Τα διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν στους τοίχους ή και τις οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες, που μπορούν να τοποθετηθούν μεταξύ δύο φύλλων υαλοπίνακα ή και μεταξύ πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα τους κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80%.

Τα ράφια φωτισμού ή ανακλαστήρες είναι επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων. Η ανακλαστική επιφάνεια τους κατευθύνει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες της κατοικίας. Τα ράφια φωτισμού εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού και αυξάνουν τη στάθμη του φυσικού φωτισμού στις ζώνες του κτιρίου που είναι απομακρυσμένες από τα ανοίγματα. Παράλληλα μειώνουν τη στάθμη του φωτισμού στις ζώνες πλησίον των ανοιγμάτων. Είναι πιο αποτελεσματικά όταν η οροφή του χώρου έχει υψηλή ανακλαστικότητα.

Οι ανακλαστικές περσίδες είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία, μικρών διαστάσεων και τοποθετούνται είτε στην εσωτερική είτε στην εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο και συνήθως προς την οροφή. Οι ανακλαστικές κινητές περσίδες είναι πολύ χρήσιμες κι αποτελεσματικές, αφού επιτρέπουν τη ρύθμιση της εισερχόμενης ακτινοβολίας που εύκολα. Δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι τόσο τα ράφια φωτισμού όσο και οι ανακλαστικές περσίδες πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη σκίαση των χώρων για λόγους θερμικής άνεσης και τέλος θα πρέπει να εξασφαλίζουν και τον απαραίτητο χειμερινό ηλιασμό (Heal et al. 2006).

21 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά ή θερμικά ηλιακά συστήματα προϋποθέτουν τη χρήση μηχανικών/μηχανολογικών μέσων απλών ή πιο σύνθετων (ανεμιστήρες, αντλίες, συλλέκτες, εναλλάκτες θερμότητας κ.ά.) και απαιτούν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, αποθήκευσης και διανομής της ενέργειας που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι μηχανικές κατασκευές που μπορούν να συλλέξουν την ηλιακή ενέργεια, να τη μετατρέψουν σε χρήσιμη θερμική, ψυκτική ή ηλεκτρική ενέργεια, να αποθηκεύσουν μέρος της και να τη διανείμουν για να χρησιμοποιηθεί. Τα πιο γνωστά και συνηθισμένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή θερμού νερού χρήσης και τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος. Θα εστιάσουμε στους ηλιακούς συλλέκτες. Η καρδιά ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης, ο οποίος μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα και τη

μεταφέρει σε κάποιο ρευστό, όπως νερό, ηλιακό ρευστό ή αέρα. Η μεταφορά της ενέργειας πραγματοποιείται με φυσική ροή ή μέσω κυκλοφορητή. Το θερμαινόμενο ρευστό αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης που αποτελεί χωριστό υποσύστημα. Το όλο σύστημα συμπληρώνεται με τους αναγκαίους σωλήνες και το σύστημα ελέγχου. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρήσης από τα θερμικά ηλιακά συστήματα καταναλώνεται σε διάφορα σημεία, όπως ντους, κουζίνες, πλυντήρια της κατοικίας στην οποία βρίσκεται η εγκατάσταση (Lewis Owen et al. 1997)..

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ποικίλουν από τα συμβατικά θερμοσιφωνικά, χωρίς άλλο μηχανολογικό εξοπλισμό που είναι χαμηλού κόστους, έως τα πιο αποδοτικά, περίπλοκα και υψηλότερου κόστους κεντρικά ηλιακά συστήματα, με παρελκόμενα εναλλάκτες θερμότητας, αντλίες, αισθητήρες και συστήματα ελέγχου.

21.1 Κατηγορίες ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

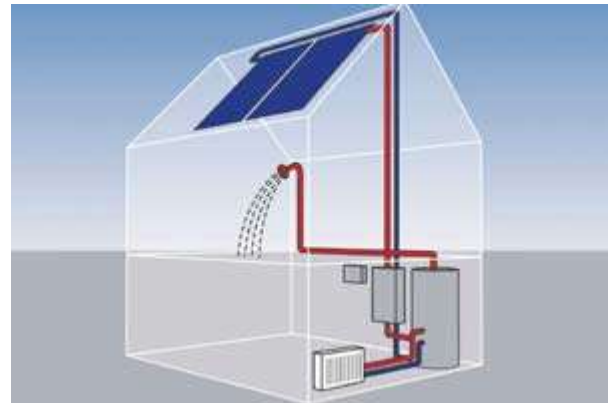
Τα θερμικά ηλιακά συστήματα κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα την τεχνολογία τους, τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται, τις τοπικές κλιματικές συνθήκες, το μέγεθος τους κ.ά. Η ποικιλία διατάξεων των συστημάτων αυτών οφείλεται στον τρόπο που επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του θερμού νερού, καθώς και στον τρόπο που προστατεύονται από τον παγετό. Διακρίνουμε δύο κύριους τύπους ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και αυτά της εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας διακρίνονται στα θερμοσιφωνικά συστήματα και στους συμπαγείς θερμαντήρες νερού. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα βασίζονται στη φυσική κυκλοφορία του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες και την δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία βρίσκεται τοποθετημένη πάνω από τους συλλέκτες. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι η εξής: όταν το νερό θερμαίνεται στον συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με τρόπο φυσικό προς τη δεξαμενή, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής οδεύει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη. Δημιουργείται έτσι κυκλοφορία σε όλο το σύστημα. Οι συμπαγείς θερμαντήρες νερού, οι οποίοι ονομάζονται και ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης, αποτελούνται από μία ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης. Τα συστήματα αυτά τοποθετούνται σε μονωμένο περίβλημα με τη διάφανη πλευρά στραμμένη προς τον ήλιο (Εικ. 31).

Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας περιλαμβάνουν αντλίες, βαλβίδες και διατάξεις ελέγχου για την κυκλοφορία του νερού ή άλλου ρευστού μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Διακρίνονται δύο τύποι τέτοιων συστημάτων, του ανοικτού βρόχου και του κλειστού βρόχου. Τα συστήματα ανοικτού βρόχου διαθέτουν κυκλοφορητές για να κυκλοφορήσουν το νερό χρήσης στους συλλέκτες. Τα συστήματα κλειστού βρόχου αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Το ρευστό είναι συνήθως μίγμα γλυκόλης και νερού. Η θερμότητα μέσω εναλλακτών θερμότητας μεταφέρεται από το ρευστό στο νερό χρήσης που αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης (Εικ. 32).



Εικ. 31 Θερμικά ηλιακά συστήματα (1)
(ΚΑΠΕ χ.χ.)⁴



Εικ. 32 Θερμικά ηλιακά συστήματα (2)
(Ergon Equipment 2013)

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, συντηρούνται ευκολότερα και γενικά θεωρούνται πιο αξιόπιστα από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (ΚΑΠΕ 1992).

21.2 Είδη ηλιακών συλλεκτών

Οι διάφορες τεχνολογίες των ηλιακών συλλεκτών είναι οι παρακάτω:

Οι επίπεδοι συλλέκτες είναι οι πλέον χρησιμοποιούμενοι ηλιακοί συλλέκτες, που αποτελούνται από μονωμένο επίπεδο πλαίσιο και στην εξωτερική πλευρά τους καλύπτονται με διαφανές κάλυμμα από τζάμι ή πλαστικό. Το πλαίσιο έχει μια σκουρόχρωμη πλάκα για να απορροφά την ηλιακή ενέργεια. Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας κυκλοφορεί μέσα ή πάνω από την απορροφητική πλάκα μεταφέροντας την θερμότητα. Η θερμοκρασία που παράγεται με αυτό τον τρόπο μπορεί να ανέβει μέχρι και 70°C πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

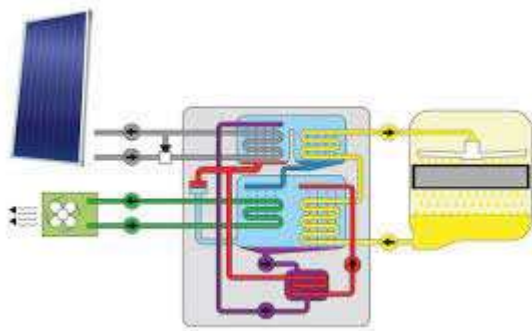
Οι συλλέκτες χωρίς κάλυμμα αποτελούνται από αμόνωτους μαύρους μεταλλικούς ή πλαστικούς σωλήνες μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το ρευστό. Η παραγόμενη θερμοκρασία είναι περίπου 20°C πάνω από αυτή του περιβάλλοντος. Πρόκειται για απλούς και οικονομικούς συλλέκτες.

Οι σωλήνες κενού είναι το είδος συλλέκτη που αποτελείται από σειρά γυάλινων σωλήνων κενού. Ο κάθε σωλήνας περιέχει ένα απορροφητή, όπως μια μαύρη μεταλλική πλάκα, που απορροφά την ηλιακή ενέργεια (ΚΑΠΕ 1992).

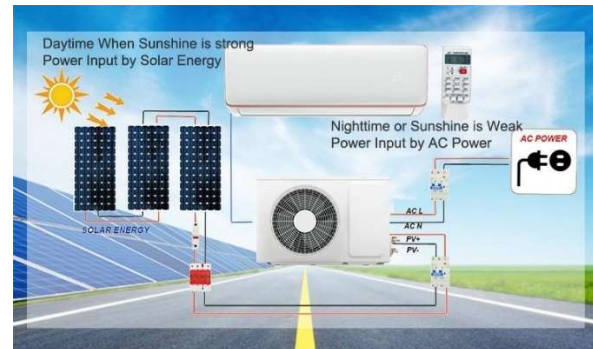
21.3 Ηλιακός κλιματισμός

Κατά τη θερινή περίοδο, όταν η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στα μέγιστα επίπεδα της, υπάρχει αυξημένη ζήτηση για δροσισμό. Ο ηλιακός κλιματισμός ή δροσισμός αποτελεί ελπιδοφόρα και αρκετά κερδοφόρα κατασκευή. Η ψύξη κύκλου απορρόφησης αποτελεί την παλαιότερη τεχνολογία κλιματισμού. Οι συσκευές κλιματισμού κύκλου απορρόφησης χρησιμοποιούν μια πηγή θερμότητας και συγκεκριμένα τον ηλιακό συλλέκτη προκειμένου να εξατμιστεί το ψυκτικό υγρό, που βρίσκεται υπό πίεση, από ένα μίγμα ψυκτικού μέσου, αντί για τον κλασικό ηλεκτρικό συμπιεστή για να διατηρήσει μηχανικά το υπό πίεση ψυκτικό μέσο. Ως ψυκτικό μέσο συνήθως χρησιμοποιείται μίγμα αμμωνίας-νερού ή αραιό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου

και νερού. Το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυτονόητο (Zuhairy and Sayigh 1993). Στην εικόνα 33 φαίνεται μια τυπική διάταξη ηλιακού κλιματισμού και στην εικόνα 34 μονάδα ηλιακού κλιματισμού.



Εικ. 33 Ηλιακός κλιματισμός (1)
(Diana 2021)



Εικ. 34 Ηλιακός κλιματισμός (2)
(DS New Energy χ.χ.)

21.4 Τεχνικές απαιτήσεις των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Η εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων απαιτεί ωφέλιμο χώρο για τους συλλέκτες και τον Η/Μ εξοπλισμό, καθώς και υδραυλικές και ηλεκτρικές συνδέσεις. Συγκεκριμένα:

- Ωφέλιμος χώρος για τους ηλιακούς συλλέκτες. Η κατοικία πρέπει να έχει ωφέλιμο χώρο για την εγκατάσταση της απαιτούμενης επιφάνειας των συλλεκτών. Αυτός ο χώρος προφανώς δεν πρέπει να σκιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μπορεί να είναι στην οροφή του κτιρίου, ταράτσα ή κεραμοσκεπή, με την προϋπόθεση ότι δεν σκιάζεται από ψηλότερα γειτονικά κτίρια ή σε κάποια άλλη ανοικτή περιοχή.
- Ωφέλιμος χώρος για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Πρέπει η κατοικία να διαθέτει χώρο για τον Η/Μ εξοπλισμό, δηλαδή τις αντλίες, τους εναλλάκτες θερμότητας, τις δεξαμενές αποθήκευσης. Ο χώρος αυτός πρέπει να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες. Μπορεί να είναι στο υπάρχον λεβητοστάσιο της κατοικίας ή σε κάποιο άλλο κλειστό χώρο. Ασφαλώς στην περίπτωση των θερμοσιφωνικών συστημάτων δεν υπάρχει απαίτηση τέτοιου χώρου.
- Υδραυλικές συνδέσεις. Οι ηλιακοί συλλέκτες, οι δεξαμενές αποθήκευσης, η παροχή του κρύου νερού και το δίκτυο ζεστού νερού συνδέονται υδραυλικά. Οι υδραυλικές σωληνώσεις και συνδέσεις πρέπει να είναι επισκέψιμες για τυχόν βλάβες.
- Ηλεκτρικές συνδέσεις. Ο ηλεκτρολογικός πίνακας της κατοικίας πρέπει να αντέχει πρόσθετα φορτία, τα οποία για την περίπτωση των ηλιακών συστημάτων δεν είναι μεγάλα (ως 100°C πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος).

21.5 Περιβαλλοντικά οφέλη των ηλιακών συστημάτων

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι:

- Εξοικονόμηση καυσίμων που ισοδυναμεί με 50 έως 70 kg πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος
- Μείωση εκπομπών CO₂ πάνω από 750 kg ανά τ.μ. ηλιακού συλλέκτη ανά έτος όταν υποκαθιστούμε ηλεκτρικό ρεύμα
- Μείωση εκπομπών CO₂ πάνω από 250 kg ανά τ.μ. ηλιακού συλλέκτη ανά έτος όταν υποκαθιστούμε πετρέλαιο (ΚΑΠΕ 1992)

21.6 Οδηγίες συντήρησης των θερμικών ηλιακών συστημάτων

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι σκόπιμο να επιθεωρούνται μια φορά το τρίμηνο. Πρέπει να ελέγχονται οι ηλιακοί συλλέκτες για τυχόν διαρροές από τα ρακόρ των σωληνώσεων, τυχόν ραγίσματα των υαλοπινάκων, για βλάβες στις αυτόματες ανακουφιστικές βαλβίδες, για γήρανση των πλαστικών υλικών, των μονώσεων και αν απαιτείται συμπλήρωση του ρευστού μεταφοράς θερμότητας. Επίσης πρέπει να επιθεωρείται το υδραυλικό κύκλωμα της εγκατάστασης και συγκεκριμένα να ελέγχεται η λειτουργία της αντλίας του πρωτεύοντος κυκλώματος και η λειτουργία του διαφορικού θερμοστάτη. Έλεγχος απαιτείται και για την αντίσταση, αν υπάρχει. Τέλος πρέπει να επιθεωρούνται τα ανόδια στη δεξαμενή αποθήκευσης και όταν φθείρονται να αντικαθίστανται (ΚΑΠΕ 1992).

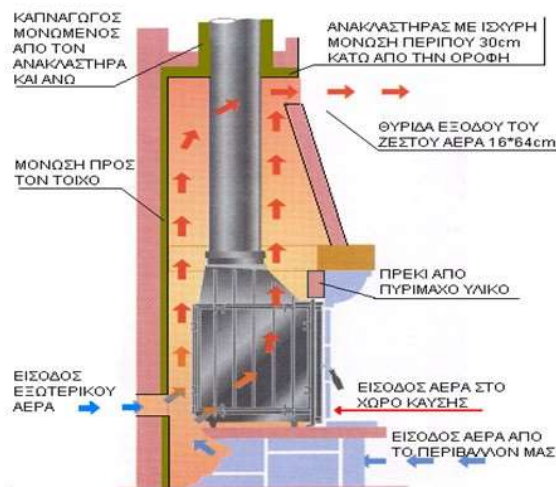
22 Ενεργειακά τζάκια

Ένας έξυπνος και οικονομικός τρόπος θέρμανσης που εντάσσεται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η προσθήκη ενεργειακού τζακιού. Το ενεργειακό τζάκι διαθέτει κλειστό θάλαμο καύσης και εναλλαγής θερμότητας για την επίτευξη ελεγχόμενης μεταφοράς θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο. Σχετικά με τη λειτουργία του ενεργειακού τζακιού, ο ψυχρός αέρας απορροφάται από ανοίγματα στο κάτω μέρος του, κάτω από το θάλαμο καύσης και αφού θερμανθεί και γίνει πιο ελαφρύς, επιστρέφει στον χώρο με φυσική ροή από ανοίγματα που βρίσκονται πάνω από το θάλαμο καύσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 35. Γειτονικοί χώροι μπορούν να θερμανθούν με βεβιασμένη κυκλοφορία του θερμού αέρα μέσω αεραγωγών και ανεμιστήρων (βεντιλατέρ). Συχνά το ενεργειακό τζάκι διαθέτει μηχανισμό επανάκαυσης των καπναερίων με δευτερογενή φλόγα. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η απόδοση του τζακιού αφενός κι αφετέρου μειώνεται η πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς στην καμινάδα (Lewis Owen et al. 1997).

Το ενεργειακό τζάκι μπορούμε να πούμε ότι είναι σαν μια ξυλόσομπα που τοποθετείται στην εστία ενός συμβατικού τζακιού. Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω αποτελείται από ένα κλειστό θάλαμο καύσης που περιβάλλεται από ένα μονωμένο κέλυφος που μεταφέρει τη θερμότητα με φυσική ροή του αέρα στον χώρο. Το κόστος

του ενεργειακού τζακιού είναι ανάλογο του κόστους μιας ξυλόσομπας, αλλά δεν χρειάζεται εγκατάσταση μπουριού όπως η ξυλόσομπα, αφού χρησιμοποιεί την υπάρχουσα καμινάδα.

Μια ειδική κατηγορία είναι το τζάκι μεγάλης θερμικής μάζας που βασίζεται σε διαφορετική αρχή λειτουργίας σε σχέση με το ενεργειακό τζάκι κλειστού θαλάμου καύσης. Συγκεκριμένα το τζάκι αυτό αξιοποιεί τη μεγάλη ποσότητα θερμικής μάζας γύρω από την εστία καύσης, μέσω πυρότουβλων. Οι ημερήσιες ανάγκες της κατοικίας σε θέρμανση καλύπτονται από τη λειτουργία του τζακιού για λίγο σχετικά χρονικό διάστημα (1-2 φορές την ημέρα). Η φωτιά καίει γρήγορα το ξύλο και σβήνει αλλά τα πυρότουβλα έχουν απορροφήσει τόση θερμότητα που συνεχίζουν να θερμαίνουν την κατοικία για αρκετό χρόνο μετά.



Εικ. 35 Αρχή λειτουργίας ενεργειακού τζακιού (Πετρογιάννης 2018)

23 Χρήση βλάστησης στο βιοκλιματικό σχεδιασμό

Τα στοιχεία της φύσης και η βλάστηση αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κι έχουν πολύ μεγάλη αξία για το αστικό περιβάλλον. Βοηθούν στην οπτική άνεση αποσπώντας την προσοχή από τα υπόλοιπα κτίσματα, δημιουργούν ευχάριστα συναισθήματα στους κατοίκους και ψυχολογικό δεσμό με τη φύση. Η βλάστηση βελτιώνει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, τους παρέχει καλύτερη ψυχική και φυσική κατάσταση, συμβάλλει στην επίτευξη ακουστικής άνεσης μειώνοντας τους ενοχλητικούς θορύβους, φιλτράρει τη σκόνη και δροσίζει το καλοκαίρι τον αέρα της ατμόσφαιρας με τη διαπνοή (Κοντορούπης 2004).

Κατά τη διαμόρφωση της βλάστησης ενός χώρου και την επιλογή των φυτών πρέπει να ακολουθούνται κάποιοι κανόνες, σύμφωνα με τους οποίους τα επιλεγμένα φυτά να συνθέτουν λειτουργικούς χώρους πρασίνου, που θα βελτιώνουν το μικροκλίμα, θα αποτρέπουν τα προβλήματα από την ηλιακή ακτινοβολία, θα ρυθμίζουν τη θερμοκρασία υπό σκιά και την υγρασία του αέρα, καθώς και την ένταση του ανέμου. Τα φυτά θα πρέπει να ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Να συνδυάζονται, για παράδειγμα αειθαλή και φυλλοβόλα δέντρα, θάμνοι, χαμηλά ή ψηλά δέντρα, για την επίτευξη ποικιλίας σχημάτων, χρωμάτων και να προκαλείται

έντονο αισθητικό αποτέλεσμα. Η βλάστηση θα πρέπει να εξασφαλίζει παρατεταμένη ανθοφορία και αρώματα όλες τις εποχές του χρόνου κι αυτό επιτυγχάνεται με επιλογή φυτών που ανθίζουν σε διαφορετικές εποχές, εξασφαλίζοντας αισθητική ποικιλία και δυναμική όλο τον χρόνο.

Καλό είναι τα είδη της βλάστησης να βρίσκονται σε αφθονία στην αγορά ώστε να είναι διαθέσιμα σε μεγάλες ποσότητες και ποικιλία μεγεθών και να μην χρειάζονται πολλή συντήρηση και φροντίδα, καθώς και να μην απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού για την άρδευση τους. Η φροντίδα τους πρέπει να γίνεται με οικολογικούς τρόπους και να μην χρησιμοποιούνται χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Θα πρέπει να επιλέγονται φυτά που ταιριάζουν με το κλίμα και τις συνθήκες για να μπορούν να αναπτυχθούν σωστά. Είναι τέλος σημαντικό η φύτευση να γίνεται σύμφωνα

με τις αρχές της αρχιτεκτονικής του τοπίου και να διαμορφώνει το χώρο σύμφωνα με τη λειτουργία και τη χρήση για την οποία έχει προκαθορισθεί (Lewis Owen et al. 1997).

23.1 Φύτευση περιβάλλοντος χώρου

Η φύτευση του περιβάλλοντα χώρου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε ένα βιοκλιματικό σπίτι. Φυτεύονται φυλλοβόλα δέντρα και φυτά στη νότια πλευρά της κατοικίας και σε κατάλληλες θέσεις για να κρατούν τους θερμούς μήνες τον ήλιο μακριά και να τη διατηρούν δροσερή. Αντίθετα το χειμώνα που τα δέντρα δεν έχουν φύλλα επιτρέπουν στον ήλιο να θερμάνουν την κατοικία. Στη βόρεια πλευρά του κτιρίου φυτεύονται αειθαλή δέντρα τα οποία λειτουργούν ως ανεμοφράκτες προστατεύοντας το από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους.

Αναλυτικότερα η συμβολή της βλάστησης στην προστασία της κατοικίας κατά τους θερινούς μήνες έχει να κάνει με τον επαρκή αερισμό και την επαρκή ηλιοπροστασία. Επαρκής σκίαση της βιοκλιματικής κατοικίας μπορεί να επιτευχθεί με τη φύτευση δέντρων στη δυτική πλευρά αλλά και την κατασκευή πέργκολας. Σημαντικό είναι να γίνει σωστός υπολογισμός της απόστασης μεταξύ των δέντρων και της κατοικίας ώστε να υπάρχει επαρκής αερισμός. Γενικά τα κοντά και πλατιά δέντρα προσφέρουν καλή ηλιοπροστασία σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Αναφορικά με τη συμβολή της βλάστησης στην προστασία της κατοικίας κατά τους χειμερινούς μήνες, η προστατευόμενη από τον άνεμο επιφάνεια εξαρτάται από το ύψος της βλάστησης και συγκεκριμένα όσο πιο ψηλά είναι τα δέντρα που σταματούν τον άνεμο τόσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια που προστατεύεται. Το μήκος της ζώνης προστασίας εξαρτάται από την πυκνότητα της βλάστησης, γιατί οι πυκνοί ανεμοφράκτες με υψηλή βλάστηση μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου σε μεγάλο βαθμό, αλλά σε μικρή απόσταση πίσω από τον ανεμοφράκτη. Όταν απομακρυνθεί από τον ανεμοθραύστη ο αέρας αποκτά πάλι την αρχική του ισχύ. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγιστο μήκος ανεμοπροστασίας επιτυγχάνεται όταν το μήκος του ανεμοφράκτη είναι 11 ή 12 φορές το ύψος του.

Τα δέντρα και τα φυτά εκτός των παραπάνω απορροφούν τους θορύβους και φιλτράρουν την ατμόσφαιρα απορροφώντας το διοξείδιο του άνθρακα και ελευθερώνοντας οξυγόνο. Μπορούν επίσης να φυτευτούν διαφόρων ειδών άνθη, αρωματικά φυτά, μεσογειακά φυτά εδαφοκάλυψης και χλοοτάπητας. Όλα τα ανωτέρω πέραν του ότι ρυθμίζουν το μικροκλίμα γύρω από την κατοικία προσφέρουν και το ανάλογο αισθητικό αποτέλεσμα (Κοντορούπης 2004) (Εικ. 36).



Εικ. 36 Φύτευση περιβάλλοντος χώρου (Daidalos engineering χ.χ.)

Καταλήγοντας και συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι το οικολογικό κέρδος που θα επιτευχθεί αν ο σχεδιασμός είναι σωστός και χρησιμοποιηθούν κατάλληλα δέντρα και φυτά είναι οι μικροκλιματικές συνθήκες με σημαντική επίδραση στα μετεωρολογικά δεδομένα, όπως στη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα του αέρα, η ικανοποιητική διακράτηση σωματιδίων του ατμοσφαιρικού αέρα μειώνοντας τους επικίνδυνους ρύπους εξωτερικά και εσωτερικά της κατοικίας, η κατακράτηση του βρόχινου νερού με αποτέλεσμα την καλύτερη απορροή και την αποφυγή διάβρωσης του εδάφους. Η βλάστηση συμβάλλει επίσης στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω του ελέγχου της θερμοκρασίας όλο τον χρόνο, προσφέρει ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, ανεμοπροστασία το χειμώνα, απορροφά το θόρυβο προσφέροντας ακουστική άνεση (Anink et al. 1996).

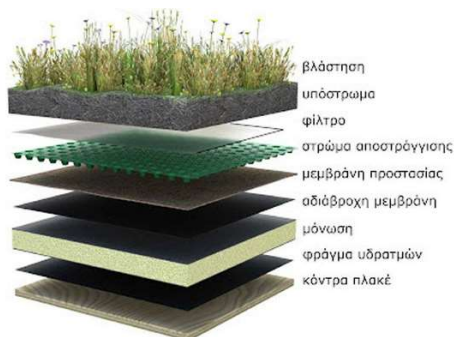
23.2 Φύτευση ταρατσών

Η φύτευση ταρατσών και στεγών είναι ένας τρόπος εφαρμογής των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, που εφαρμόζεται κυρίως στο αστικό πεδίο, όπου οι διαθέσιμοι χώροι είναι περιορισμένοι. Η ιδέα για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής ξεκίνησε από τη Γερμανία όπου περίπου το 10% των ταρατσών των κτιρίων

φιλοξενούν κήπους. Στην Ελλάδα δεν είναι ακόμα πολύ διαδεδομένη η φύτευση ταρασών (Heal et al. 2006) (Εικ. 37 & Εικ. 38).

Τα οφέλη της φύτευσης ταρασών είναι πολλά και διακρίνονται στα παρακάτω:

- Ενεργειακά – οικονομικά οφέλη: Οι πράσινες ταράτσες λειτουργούν ως ασπίδα θερμομόνωσης, υγραμόνωσης και ηχομόνωσης. Το καλοκαίρι μειώνουν κατά πολύ την θέρμανση του κτιρίου από τον ήλιο μειώνοντας το κόστος της ενέργειας για ψύξη έως και 50%. Η κατανάλωση της ενέργειας για θέρμανση τον χειμώνα μειώνεται αισθητά, κατά 10% έως 20%.
- Περιβαλλοντικά οφέλη: Οι πράσινες ταράτσες παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τους ρύπους βελτιώνοντας σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Επίσης αντιμετωπίζουν το φαινόμενο της επίδρασης της αστικής θερμονησίδας (φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο της πόλης είναι μεγαλύτερη από αυτή των προαστίων και της αγροτικής περιοχής που την περιβάλλει). Ακόμα με τις πράσινες ταράτσες μειώνεται ο θόρυβος κατά 3 dB(A) περίπου.
- Αισθητικά οφέλη: Χώροι μη χρησιμοποιούμενοι και αντιαισθητικοί, γίνονται χρήσιμοι, λειτουργικοί και καλαίσθητοι.
- Επενδυτικά οφέλη: Όλα τα παραπάνω, δηλαδή το χαμηλότερο ενεργειακό κόστος, το χαμηλότερο επίπεδο θορύβου και η αισθητική αναβάθμιση, είναι παράγοντες που ανεβάζουν την αξία της κατοικίας (Almeida et al. 2019).



Εικ. 37 Τεχνηκή φύτευσης ταράτσας (4green 2021)



Εικ. 38 Φυτεμένη ταράτσα & στέγη (Kgreen 2019)

23.3 Φύτευση προσόψεων

Τα τελευταία χρόνια κερδίζει έδαφος η φύτευση προσόψεων κτιρίων ή αλλιώς η κάθετη φύτευση και οι πράσινοι τοίχοι. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να καλυφθούν οι τοίχοι με φυτά. Ο πιο απλός και κοινός είναι τα αναρριχώμενα φυτά (Εικ. 39 & Εικ. 40). Βασική προϋπόθεση για αυτό είναι να υπάρχει χώμα στο έδαφος ή σε δοχεία όπου φυτεύονται αναρριχητικά φυτά που έχουν τη δυνατότητα να στηρίζονται μόνα τους ή υποβοηθούνται από πλέγματα και στηρίγματα. Σε τοίχους που σκιάζονται, όπου μπορεί να παρουσιαστεί πρόβλημα υγρασίας, προτιμώνται φυλλοβόλα φυτά που το χειμώνα χάνουν τα φύλλα τους και αφήνουν τον τοίχο γυμνό και εκτεθειμένο

στην ηλιακή ακτινοβολία. Ένας άλλος τρόπος φύτευσης των τοίχων της κατοικίας είναι να διαμορφωθούν υποδοχές σε αυτούς ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη υποδομή για τη φύτευση. Αυτή η πρακτική εφαρμόζεται σε τοίχους στήριξης. Συγκεκριμένα δημιουργούνται ανοίγματα και ζαρντινιέρες σε διάφορα σημεία των τοίχων, τοποθετείται σύστημα αυτόματου ποτίσματος και στη συνέχεια το χώμα και τα φυτά.

Τα οφέλη των πράσινων τοίχων είναι πολλά και σημαντικά:

- Βελτιώνεται η ποιότητα του αέρα και το μικροκλίμα
- Μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση, αφού συγκρατούνται τα αιωρούμενα σωματίδια και η σκόνη από τα φυτά
- Μειώνεται η θερμοκρασία στο εσωτερικό της κατοικίας
- Γίνεται καλύτερη διαχείριση των όμβριων υδάτων αφού τα φυτά απορροφούν ποσότητα της βροχής
- Απορροφούνται οι ήχοι από τα φυλλάματα κι έτσι περιορίζεται η ηχορύπανση
- Προστατεύεται η κατοικία από τη φθορά του χρόνου
- Βελτιώνεται η αισθητική της κατοικίας
- Βελτιώνεται η ψυχική διάθεση των χρηστών – ενοίκων

Η επιλογή των φυτών του “κάθετου κήπου” γίνεται με βάση τις κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής (Κοντορούπης 2004).



Εικ. 39 Φύτευση πρόσοψης (1) (Parallaxi 2019) Εικ. 40 Φύτευση πρόσοψης (2) (Vsaduidoma 2020)

23.4 Χρήση φυτών εσωτερικού χώρου

Τα φυτά εσωτερικού χώρου έχουν την ιδιότητα να απορροφούν τους διάφορους ρύπους που εκπέμπονται μέσα στην κατοικία και καθαρίζουν την ατμόσφαιρα από επικίνδυνα αέρια. Ασφαλώς ο καθαρισμός της ατμόσφαιρας στο εσωτερικό μιας κατοικίας μπορεί να γίνει και με αερισμό και με εγκατάσταση συστήματος εξαερισμού. Όμως με αερισμό υπάρχει απώλεια θερμότητας και για εξαερισμό χρειάζεται ενέργεια. Οπότε η χρήση φυτών είναι εύκολη, οικονομική και οικολογική. Τα φυτά μπορούν να μειώσουν έως και 90% τοξικούς ρύπους όπως το

βενζόλιο και τη φορμαλδεΐδη. Γενικά η χλωροφύλλη έχει την ιδιότητα να απορροφά την ακτινοβολία, τη μόλυνση και τις βλαπτικές οσμές (Irulegi et al. 2014)..

24 Συνθήκες Άνεσης

Η βιολογική και ψυχική ισορροπία του ανθρώπου εξασφαλίζεται από το κατά πόσο προσαρμόζεται στο περιβάλλον που ζει. Το κλίμα και ειδικότερα η θερμοκρασία και η υγρασία, ο φωτισμός, ο θόρυβος, η βλάστηση, η ποιότητα του αέρα κ.ά. είναι παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία και την παραγωγικότητα του ατόμου. Σε μια βιοκλιματική κατοικία πρέπει να εξασφαλίζονται οι συνθήκες άνεσης και ειδικότερα η θερμική, οπτική και η ακουστική άνεση (Zuhairy and Sayigh 1993).

24.1 Θερμική Άνεση

Σε μια κατοικία πρέπει να εξασφαλίζεται ένα εσωτερικό κλίμα άνετο που να καλύπτει τις ανάγκες των ενοίκων της. Και αυτό πρέπει να γίνεται με τη λιγότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Οπότε είναι αναγκαίο η κατοικία να μελετάται και να κατασκευάζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχεται η απαιτούμενη θερμική άνεση με τις λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να εξασφαλίζουν ως ένα σημείο αυτό το διπλό στόχο. Σε μια βιοκλιματική κατοικία με παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει να παρέχονται οι δυνατότητες στους χρήστες να επηρεάσουν το εσωτερικό κλίμα, με την καλύτερη δυνατή διαχείριση της ενέργειας (Manzano-Agugliaro et al. 2015) (Εικ. 41).

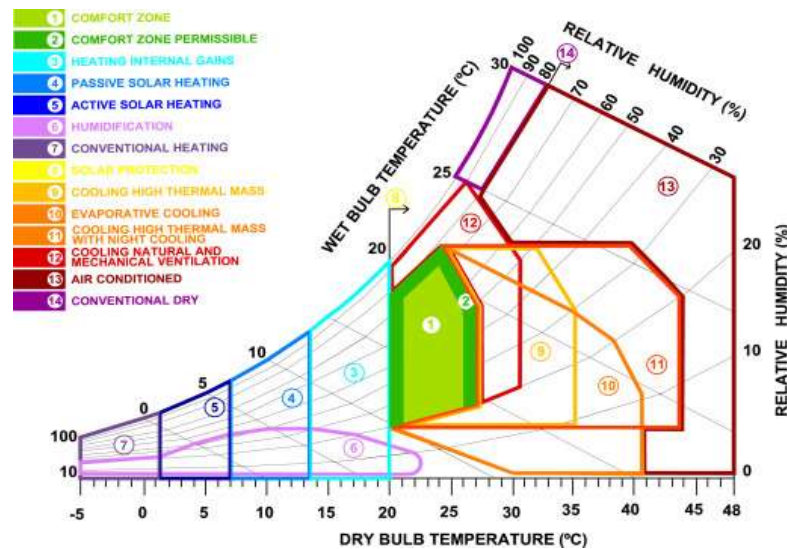
Αν και η άνεση και ειδικότερα η θερμική άνεση είναι ως ένα σημείο υποκειμενική, είναι γεγονός ότι αυτή ορίζεται ως η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας. Βασίζεται σε ένα σύνολο παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, τα ρεύματα αέρα, η ποιότητα του αέρα, αλλά και άλλα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα ίδια τα άτομα, όπως το ντύσιμο, οι δραστηριότητες τους, η κατάσταση της υγείας τους, η ιδιοσυγκρασία τους κλπ. Η ευαισθησία των ατόμων ποικίλει ανάλογα με τον έναν ή τον άλλο παράγοντα και δεν έχουν όλες οι παράμετροι την ίδια σημασία για όλους.

Σε αντίθεση με τους εξωτερικούς χώρους στους οποίους οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η κίνηση και η ποιότητα του αέρα δεν μπορούν να ελεγχθούν, στους εσωτερικούς χώρους μιας κατοικίας είναι σχετικά εύκολο να διαμορφωθούν οι ιδανικές συνθήκες με τις οποίες θα παρέχεται θερμική άνεση στους χρήστες κατά την διαμονή τους σε αυτούς.

Έτσι, η θερμοκρασία του χώρου είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας θερμικής άνεσης. Ανάλογα με την εποχή του χρόνου, που συνεπάγεται και αντίστοιχη ενδυμασία, η ενδεδειγμένη θερμοκρασία για τις κατοικίες είναι 26°C για τους θερινούς μήνες και 20°C για τους χειμερινούς.

Η σχετική υγρασία είναι όρος που αναφέρεται στην ποσότητα υγρασίας που περιέχεται σε όγκο αέρα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Τα όρια της βέλτιστης σχετικής υγρασίας είναι για μεν τη θερινή περίοδο 45% για δε τη χειμερινή 40%. Οι τιμές αυτές μπορούν να επιτευχθούν με χρήση

κλιματιστικών μονάδων και λειτουργία αφύγρανσης ή υγρανσης ανάλογα το επιθυμητό αποτέλεσμα. Πρέπει να τονιστεί ότι οι χρησιμοποιούμενες κλιματιστικές μονάδες, με τις οποίες ελέγχονται και η θερμοκρασία και η υγρασία του χώρου ενώ φιλτράρεται και καθαρίζεται κι ο αέρας, πρέπει να είναι νέας τεχνολογίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.



Εικ. 41 Βιοκλιματικές στρατηγικές για επίτευξη θερμικής άνεσης (Manzano-Agugliaro 2015)

Η κίνηση και η ποιότητα του αέρα είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό άνεσης των εσωτερικών χώρων. Αυτό επιτυγχάνεται με συγκεκριμένο ρυθμό ανανέωσης με εισαγωγή νωπού αέρα με φυσικό ή μηχανικό τρόπο ο οποίος για τις κατοικίες θα πρέπει να είναι τουλάχιστον $15\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}$. Η ποιότητα του αέρα αξιολογείται με τη μέτρηση της συγκέντρωσης του CO_2 καθώς και τον αριθμό των μικροσωματιδίων και την παρουσία βιολογικών τοξινών. Έτσι σημαντικός είναι και ο καθαρισμός του αέρα με κατάλληλες συσκευές (πχ ιονιστές) οι οποίες αφαιρούν βλαβερούς για την υγεία περιβαλλοντικούς ρύπους.

Στις βιοκλιματικές κατοικίες είναι πολύ σημαντικό να επιτυγχάνεται θερμική άνεση και ο τρόπος συλλογής, αποθήκευσης και διανομής της ηλιακής ενέργειας στους χώρους βοηθάει στην άνεση των χρηστών. Προϋπόθεση θερμικής άνεσης είναι η θερμική ουδετερότητα, δηλαδή ο κάτοικος να νιώθει άνετα χωρίς να θέλει υψηλότερη ή χαμηλότερη θερμοκρασία. Βέβαια η θερμική ουδετερότητα από μόνη της δεν εξασφαλίζει θερμική άνεση. Στη θερμική άνεση παίζουν ρόλο οι προσωπικές απαιτήσεις και περιβαλλοντικές μεταβλητές, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω. Έτσι στις προσωπικές απαιτήσεις περιλαμβάνονται οι δραστηριότητες των κατοίκων στον χώρο, η ενδυμασία τους κλπ., ενώ στις περιβαλλοντικές μεταβλητές ανήκουν οι μεταβολές της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της κίνησης του αέρα κ.ά. και σχετίζονται με το σχεδιασμό της κατοικίας και τα συστήματα ψύξης- θέρμανσης που έχει.

Ένα άλλο στοιχείο είναι οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου στις βιοκλιματικές κατοικίες. Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία αποθηκεύεται στο περίβλημα της κατοικίας θερμότητα και την νύχτα που η θερμοκρασία ελαττώνεται, εκλύεται στο χώρο. Ακόμη ο προσανατολισμός και η

χρήση κάθε χώρου δημιουργούν θερμοκρασιακές διαφορές. Ο κατάλληλος σχεδιασμός της βιοκλιματικής κατοικίας με όλα τα απαραίτητα παθητικά (και ενεργητικά) ηλιακά συστήματα, τη ενδεδειγμένη θερμομόνωση, την επαρκή σκίαση, τη χρήση σωστής βλάστησης κλπ. μπορεί να μειώσουν τις παραπάνω θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και διαφορές και να μην υπάρχει επίδραση στη θερμική άνεση των χρηστών-ενοίκων (Sayigh and Maraφια 1998).

24.2 Οπτική Άνεση

Σημαντικό ρόλο σε μια βιοκλιματική κατοικία παίζει η επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης η οποία εξαρτάται από την ποσότητα, την ποιότητα και την διάθεση του φωτός. Όσο διαρκεί η ημέρα πρέπει να υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός, τόσοσ που οι χώροι και ότι υπάρχει μέσα σε αυτούς να γίνονται εύκολα ορατά χωρίς να κουράζεται το μάτι. Σημαντική παράμετρος για να υπάρχει οπτική άνεση είναι να αποφεύγονται φαινόμενα θάμβωσης δηλαδή σημεία έντονης λάμψης και φωτεινότητας. Η υψηλή φωτεινότητα σε περιοχές του οπτικού πεδίου μειώνει την ικανότητα ευκρινούς όρασης σε άλλες περιοχές, λόγω της διαδικασίας προσαρμογής του ματιού αλλά και του διασκορπισμού του φωτός στο ίδιο το μάτι. Το αποτέλεσμα είναι οπτική δυσφορία, αφού η προσπάθεια αντίληψης της εικόνας δημιουργεί φυσική και πνευματική κόπωση.

Σε καμία περίπτωση δεν είναι επιθυμητός ο έντονος φωτισμός. Το οπτικό σύστημα του ανθρώπου είναι αναπτυγμένο ώστε να λειτουργεί σε συνθήκες φυσικού φωτισμού, που συνδυάζουν τόσο τον διάχυτο όσο και τον άμεσο φωτισμό, ο οποίος μεταβάλλεται με την ώρα και τον χώρο, εμπεριέχοντας ένα σχεδόν συνεχή φασματικό μίγμα χρωμάτων, κυμαινόμενο από το κόκκινο έως το μωβ.

Είναι σημαντικό τα ανοίγματα σε μια βιοκλιματική κατοικία να σχεδιάζονται και να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε αν είναι δυνατόν όλοι ή οι περισσότεροι χώροι της κατοικίας να φωτίζονται κατά τη διάρκεια της ημέρας επαρκώς με φυσικό φως. Καθώς δύνει ο ήλιος οι χρήστες πρέπει όσο είναι εφικτό να καθυστερούν να ενεργοποιήσουν τον τεχνητό φωτισμό έως ότου ο φωτισμός φτάσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα, κάτω των 50 lux, όπου πλέον είναι αναγκαίος ο τεχνητός φωτισμός.

Η διάχυση του φωτός μέσα στην κατοικία πρέπει να αποτρέπει τις έντονες αντιθέσεις ανάμεσα στο φως και τη σκιά, έτσι ώστε οι κάτοικοι να μην νιώθουν ενόχληση και να μπορούν να βλέπουν καλά. Τα ανοίγματα αλλά και ο τεχνητός φωτισμός δεν πρέπει να δημιουργούν θάμβωση. Επιπρόσθετα θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του φωτός της βιοκλιματικής κατοικίας, αφού τόσο η σταθερότητά του όσο και η φασματική του σύσταση θα πρέπει να είναι ανάλογες με τη χρήση των χώρων.

Αναφορικά με τη φωτεινότητα, παρόλο που το ανθρώπινο μάτι εύκολα προσαρμόζεται στις διάφορες συνθήκες, μπορεί να εκτελέσει τις οπτικές του λειτουργίες σε μικρό πεδίο επιπέδων φωτεινότητας. Για συγκεκριμένο σκοπό το οπτικό πεδίο επηρεάζεται από την οπτική προσπάθεια που απαιτείται, τη διάχυση του φωτός στο χώρο, τη φωτεινότητα των τοίχων και των λοιπών επιφανειών. Μελέτες έχουν καταλήξει σε συγκεκριμένες τιμές φωτεινότητας ανάλογα τον τύπο

εργασίας που πρέπει να λάβει χώρα. Την ημέρα οι απαιτήσεις σε φωτεινότητα μεταφράζονται στις ελάχιστες τιμές για τον παράγοντα φωτός της ημέρας. Για να υπολογιστούν αυτές οι τιμές λαμβάνονται υπόψη η μεταβλητότητα καθώς και άλλες ιδιότητες του φυσικού φωτός. Τα επίπεδα φωτεινότητας διαφοροποιούνται ανάλογα το χώρο της κατοικίας και τη χρήση του. Έτσι, για το χολ προτείνεται από 50 έως 100 lux, για την τραπεζαρία είναι 100 lux, για το καθιστικό και την κουζίνα 200 lux, για τους χώρους μελέτης και γραφείου από 300 έως 500 lux.

Βασικός παράγοντας της οπτικής άνεσης ο βαθμός αντίθεσης μεταξύ της οπτικής εμφάνισης ενός αντικειμένου και του άμεσου φόντου του και μπορεί να εκφραστεί με όρους φωτεινότητας ή ανακλαστικότητας μεταξύ των επιφανειών.

Για να έχει το φως σωστή διανομή, ο γενικός κανόνας ορίζει, ανοιχτά χρώματα στις μεγάλες επιφάνειες (π.χ. τοίχοι) και φωτεινά χρώματα σε μικρότερες επιφάνειες (π.χ. πόρτες, έπιπλα κλπ).

Σχετικά με τη θάμβωση, αυτή δημιουργείται όταν εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους πολύ έντονο φως και αυτό επηρεάζει αρνητικά το οπτικό πεδίο. Σε κάθε περίπτωση δημιουργείται στους κατοίκους αίσθημα κούρασης και δυσφορίας. Η θάμβωση μπορεί να είναι άμεση, έμμεση ή αντανάκλαστική. Άμεση θάμβωση δημιουργείται με την άμεση είσοδο πηγής φυσικού ή τεχνητού φωτός στο οπτικό πεδίο του χρήστη. Έμμεση δημιουργείται όταν υπάρχει υψηλό επίπεδο φωτεινότητας σε τοίχων ή άλλες επιφάνειες. Τέλος η θάμβωση μέσω αντανάκλασης δημιουργείται από την αντανάκλαση φυσικών ή τεχνητών πηγών φωτός πάνω σε γυαλιστερές επιφάνειες. Η θάμβωση γενικά μπορεί να περιοριστεί με την αποτροπή άμεσης εισόδου φωτός στο οπτικό πεδίο, με κατάλληλη επιλογή φόντων και φωτεινών πηγών.

Η ποιότητα του φωτός εξαρτάται από την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στην κατοικία, με την προϋπόθεση ότι δεν ενοχλεί τα μάτια του χρήστη είτε άμεσα είτε μέσω αντανάκλασης. Με κατάλληλη σχεδίαση των ανοιγμάτων και χρήση σκιάστρων η είσοδος των ηλιακών ακτίνων μπορεί να γίνει ιδανική για τη βιοκλιματική κατοικία. Σχετικά με τις πηγές τεχνητού φωτισμού, σημαντικό στοιχείο είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση κατάλληλων λαμπτήρων και φωτιστικών, η σωστή συντήρησή τους και η χρήση συστημάτων ελέγχου της λειτουργίας τους. Με τον συνδυασμό αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, χρήσης οικονομικών λαμπτήρων και αυτοματισμών για τη λειτουργία τους, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (Lewis Owen et al. 1997)..

24.3 Ακουστική Άνεση

Μαζί με την θερμική και οπτική άνεση ο σχεδιασμός μιας βιοκλιματικής κατοικίας πρέπει να εξασφαλίσει και την ακουστική άνεση, δηλαδή την προστασία των κατοίκων από τον εξωτερικό θόρυβο και τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος κατάλληλου για να ζουν, να ξεκουράζονται, να εργάζονται. Η αποφυγή ενοχλητικών θορύβων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ακουστική άνεση κι επιτυγχάνεται με την καλή ηχομόνωση.

Το ανθρώπινο αυτί δέχεται καθημερινά καταιγισμό από ανθυγιεινούς θορύβους που βλάπτουν την ακοή αλλά και ολόκληρο τον οργανισμό του ανθρώπου. Τέτοιοι θόρυβοι μπορεί να είναι κορναρίσματα, ήχος μηχανών, φωνές κ.ά. που συχνά ξεπερνούν τα 80 dB. Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντική η λήψη κάποιων μέτρων για την επίτευξη ακουστικής άνεσης. Είναι αναγκαίο οι κατοικίες με τον κατάλληλο σχεδιασμό και κατασκευή να προστατεύουν τους ενοίκους από εισροή θορύβων στο εσωτερικό της κατοικίας τους. Η ακουστική άνεση θα εξασφαλιστεί αν παρθούν τα κατάλληλα μέτρα ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας.

Οι παράγοντες ακουστικής άνεσης μιας κατοικίας σχετίζονται με την ηχοπροστασία από τους αερόφερτους και κτυπογενείς ήχους που προέρχονται από γειτονικούς χώρους ή εξωτερικές πηγές. Μέριμνα πρέπει λαμβάνεται και για τους θορύβους που προέρχονται από χώρους της ίδιας της κατοικίας ηχομονώνοντας τους εσωτερικούς τοίχους ή τα χωρίσματα της κατοικίας. Η ακουστική άνεση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες: στην κατηγορία Α υψηλής ακουστικής άνεσης, την κατηγορία Β κανονικής ακουστικής άνεσης και την κατηγορία Γ χαμηλής ακουστικής άνεσης (Νικολούδης 2013).

Οι ελάχιστες απαιτήσεις ακουστικής άνεσης μιας κατοικίας είναι να καλύπτονται οι απαιτήσεις της κατηγορίας ακουστικής άνεσης Β. Κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή της βιοκλιματικής κατοικίας μπορεί να μειωθεί η πλευρική μετάδοση ήχου αν διακοπεί η συνέχεια των οικοδομικών στοιχείων ανάμεσα σε δύο χώρους, καθώς επίσης η αύξηση της επιφανειακής μάζας των πλευρικών στοιχείων (Heal et al. 2006).

25 Βιοκλιματικός σχεδιασμός με ενσωμάτωση ΑΠΕ

Η χρήση των ανανεώσιμων ή ήπιων πηγών ενέργειας αντί για τα ορυκτά καύσιμα είναι η εναλλακτική λύση για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική, η γεωθερμική, η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα, η ενέργεια από τους ωκεανούς και η κυματική ενέργεια. Οι ΑΠΕ συμβάλλουν στην αλλαγή των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών πηγών και στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο & φυσικό αέριο) που προέρχονται από μη αξιόπιστες και ασταθείς αγορές. Η Νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφορικά με την εγκατάσταση και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει εξελιχθεί πολύ τα τελευταία 15 έτη. Το 2009 είχε τεθεί στόχος για το 2020 το 20% της κατανάλωσης της ενέργειας στην ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ το 2018 συμφωνήθηκε ο στόχος έως το 2030 ένα μερίδιο 32% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ (Hastings and Morck 2000).

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα εισαγωγής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας είναι τα παρακάτω:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- Είναι πηγές που δημιουργούν ενέργεια μέσα σε κάθε χώρα συμβάλλοντας στην ενίσχυση της εθνικής ενεργειακής αυτάρκειας και ασφάλειας

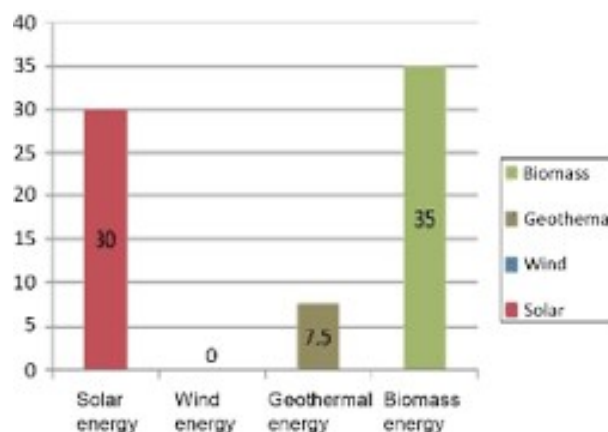
- Εγκαθίστανται και λειτουργούν σε γεωγραφική διασπορά οπότε αποκεντρώνουν το ενεργειακό σύστημα, καλύπτουν τοπικές ενεργειακές ανάγκες και μειώνουν τις απώλειες από τη μεταφορά της ενέργειας
- Έχουν χαμηλό και σταθερό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις μεταβολές της παγκόσμιας οικονομίας
- Για την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων δημιουργούνται θέσεις εργασίας και μάλιστα διάσπαρτες στην επικράτεια
- Το σημαντικότερο, είναι φιλικές προς το περιβάλλον

Σημαντικό κεφάλαιο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι η ενσωμάτωση σε αυτόν των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) με στόχο την παραγωγή ενέργειας για τις ανάγκες της κατοικίας. Οι ΑΠΕ μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες της κατοικίας σε θέρμανση, ψύξη, ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα μπορούν να παράσχουν οικονομικό όφελος για τον ιδιοκτήτη και ένοικο της κατοικίας από την πώληση της περίσσειας του παραγόμενου ρεύματος στη ΔΕΗ (Irulegi et al. 2014).

Οι ΑΠΕ που βρίσκουν εφαρμογή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι οι παρακάτω:

- Ηλιακή ενέργεια – οικιακά φωτοβολταϊκά
- Αιολική ενέργεια – οικιακές ανεμογεννήτριες
- Γεωθερμική ενέργεια – Γεωθερμικές Α/Θ
- Βιομάζα – Διαχείριση στερεών αποβλήτων & λυμάτων (ΚΑΠΕ 1992)

Στην εικόνα 42 που ακολουθεί απεικονίζεται το διάγραμμα χρήσεων των ΑΠΕ στην ελληνική βιοκλιματική αρχιτεκτονική το 2016.



Εικ. 42 Χρήση των ΑΠΕ στην ελληνική βιοκλιματική αρχιτεκτονική το 2016 (Kartal & Chousein 2016)

25.1 Ηλιακή ενέργεια – Οικιακά φωτοβολταϊκά

Ηλιακή είναι η ενέργεια του ήλιου και η οποία αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών εκμετάλλευσης της θερμικής και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του, συλλέγοντας,

αποθηκεύοντας και διανέμοντάς την. Η Ελλάδα που, λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας της, δέχεται ημερησίως ηλιακή ενέργεια $4,6 \text{ KWh/m}^2$ προσφέρεται είναι μια χώρα ιδανική για την αξιοποίηση της. Ο τομέας των οικιακών φωτοβολταϊκών έχει γνωρίσει μεγάλη άνθηση τις δύο τελευταίες δεκαετίες.

Ο ήλιος δίνει την ευκαιρία να παραχθεί ενέργεια οπουδήποτε, με χαμηλό κόστος και χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον και έτσι η χρήση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων φαίνεται πολύ δελεαστική. Τα Φ/Β συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και αποτελούνται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο που είναι ένα είδος ηλιακού συλλέκτη
- Το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες)
- Τα ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία.

Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια συνδεδεμένα ηλεκτρικά μεταξύ τους αποτελούν μια τυπική φωτοβολταϊκή συστοιχία. Τα Φ/Β πλαίσια μετατρέπουν το 10%-11% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Η μετατροπή αυτή γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και δίχως την παραμικρή επιβάρυνση για το περιβάλλον.

Το Φ/Β πλαίσιο που αναφέρθηκε πιο πάνω διαμορφώνεται από ομάδα φωτοβολταϊκών στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά ή παράλληλα. Το κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού. Το πιο συνηθισμένο ημιαγωγό υλικό που χρησιμοποιείται είναι το πυρίτιο. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην ένωση των δύο στρωμάτων παράγει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Το υλικό και ο τρόπος κατασκευής του φωτοβολταϊκού στοιχείου καθορίζει και την απόδοση του. Οι δύο τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιούνται είναι τα άμορφα πολυκρυσταλλικά στοιχεία και τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου. Αυτοί οι δύο τύποι διαφέρουν ως προς τον τρόπο κατασκευής τους και τα χαρακτηριστικά τους, όπως το χρώμα, η εμφάνιση, η ανακλαστικότητα τους κοκ (Hastings and Morck 2000).



Εικ. 43 Οικιακά φωτοβολταϊκά (ΤοΒήμα Team 2013)

Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία έχει μεγάλα οικολογικά οφέλη αφού εξοικονομούνται μεγάλα ποσά ενέργειας που θα παράγονταν από ορυκτά καύσιμα και προστατεύεται το περιβάλλον. Για τη χώρα μας που υπάρχει ηλιοφάνεια τις περισσότερες μέρες του χρόνου τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια καλή εφαρμογή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Από την άλλη πρέπει να σημειωθεί ότι πρόκειται για μια τεχνολογία ακριβή και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι οικονομικά ασύμφορη.

Όπως αναφέρθηκε η φωτοβολταϊκή τεχνολογία εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ήλιου που μπορεί να αποδώσει ισχύ 1KW/τ.μ. μια μέρα με μεγάλη ηλιοφάνεια. Η συνολική ηλιακή ενέργεια που δέχεται μια επιφάνεια σε ένα έτος εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή και τον προσανατολισμό. Αναφορικά με την Απτική υπολογίζεται ότι η συνολική ετήσια ηλιακή ενέργεια που δέχεται 1 τ.μ. επιφάνειας αντιστοιχεί περίπου σε 1500KWh. Γνωρίζοντας ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια της αγοράς μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική συμπεραίνουμε ότι πλαίσιο επιφάνειας 1 τ.μ. παράγει περίπου 110Wp (Watt/panel).

Η τοποθέτηση ενσωματωμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στο εξωτερικό του κελύφους των κτιρίων αναπτύσσεται συνεχώς στη χώρα μας λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας, της μείωσης του κόστους, του ευνοϊκού κλίματος και μεγάλης ηλιοφάνειας, αλλά και της ενεργειακής κρίσης. Φωτοβολταϊκά συστήματα αναπτύσσονται στις στέγες, ακόμα και στις προσόψεις των κτιρίων.

Έγινε αναφορά πιο πάνω στα μέρη που αποτελούν το Φ/Β σύστημα. Πιο αναλυτικά το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία (πάνελς), τους συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και το σύστημα μετατροπής ισχύος. Ο πλέον χρησιμοποιούμενος τύπος συσσωρευτή είναι ο τύπος μολύβδου-οξέως, ανοικτού ή κλειστού τύπου. Για τη μετατροπή της ισχύος χρησιμοποιούνται μετατροπείς ισχύος ή αντιστροφείς συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα, ρυθμιστές φόρτισης κ.ά. (Hastings και Morck 2000).

Η χρησιμοποίηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ενσωματωμένων στο κτίριο ως δομικά και λειτουργικά του στοιχεία διαμορφώνει νέες και ελκυστικές λύσεις οικονομικά και αρχιτεκτονικά. Για παράδειγμα τα νέα ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά πλαίσια που χρησιμοποιούνται ως υαλοπίνακες παρέχουν και ηλιακή ενέργεια και ηλιοπροστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ενσωματώνονται στη στέγη ή την πρόσοψη του κτιρίου ή της κατοικίας με διάφορες τεχνικές. Τέσσερις είναι οι βασικοί τρόποι ενσωμάτωσης τους στο κτίριο:

- Τοποθετούνται σε κεκλιμένα στηρίγματα, η κλίση των οπείων μπορεί να είναι και ρυθμιζόμενη σε κάποιες περιπτώσεις
- Τοποθετούνται απευθείας στο κέλυφος εξωτερικά του κτιρίου αντικαθιστώντας την εξωτερική επίστρωση.
- Τοποθετούνται σε ειδική βάση που εξέχει από την στέγη ή την πρόσοψη αλλά στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος της κατοικίας.

- Ενσωματώνονται στο κέλυφος του κτιρίου υποκαθιστώντας μεγάλα τμήματα του, με στεγανή σύνδεση μεταξύ τους. Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κτιριακό κέλυφος εξοικονομεί χρήματα στο κόστους κατασκευής, αφού αντί για δομικά στοιχεία χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχει διάρκεια ζωής περίπου 20 χρόνια. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν χρειάζονται ιδιαίτερη συντήρηση αλλά οι μπαταρίες τους χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 4-5 χρόνια. Το κόστος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής και από το αν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο ή όχι. Ασφαλώς τα συνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα είναι οικονομικότερα από τα αυτόνομα αφού απαιτούν τους κοστοβόρους συσσωρευτές, που είναι απαραίτητοι για τα αυτόνομα συστήματα. Τέλος, υπάρχει μείωση του κόστους ανά W όσο αυξάνεται το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Επειδή σε ένα κτίριο, και ακόμα περισσότερο σε μια κατοικία, είναι σημαντικό και το αισθητικό αποτέλεσμα πρέπει στη λήψη των αποφάσεων για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών να συνυπολογίζεται και η αισθητική καθώς και τα αρχιτεκτονικά σχέδια της κατοικίας. Για την τοποθέτηση των Φ/Β συστημάτων πρέπει να μελετάται ο κατάλληλος προσανατολισμός και η κλίση των πλαισίων ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη αποτελεσματικότητα τους σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να αξιοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο η ηλιακή ακτινοβολία επομένως πρέπει τα φωτοβολταϊκά να μην σκιάζονται από γειτονικά κτίρια κυρίως τις ώρες της υψηλής ηλιοφάνειας (Hastings and Morck 2000).

Πρέπει να τονιστεί ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα μιας κατοικίας χρειάζεται να είναι συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο, εκτός φυσικά από τις περιπτώσεις που αυτό είναι ανέφικτο, όπως όταν η κατοικία βρίσκεται σε απομακρυσμένη περιοχή. Αυτό γιατί από τη μια όταν δεν επαρκεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα Φ/Β για την κάλυψη των αναγκών θα μπορεί να αντληθεί (αγοραστεί) ηλεκτρικό ρεύμα από το δίκτυο και από την άλλη όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας αυτή να εγχέεται (πωλείται) στο δίκτυο (ΔΕΗ), δημιουργώντας έσοδο για τους ιδιοκτήτες της κατοικίας. Για τη σύνδεση μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας στο δίκτυο κάποιου παρόχου ρεύματος χρειάζονται μετατροπείς που θα μετατρέπουν το παραγόμενο συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα σωστά σχεδιασμένα φωτοβολταϊκά μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας κατοικίας για φωτισμό, ψύξη, ηχητική κάλυψη, τηλεπικοινωνίες κλπ, χρησιμοποιούμενο ως συνεχές ή μετατρεπόμενο σε εναλλασσόμενο. Ωστόσο για οικονομικούς λόγους είναι καλύτερα να μην χρησιμοποιούνται τα φωτοβολταϊκά για την ενέργεια που χρειάζονται οι θερμικές ηλεκτρικές συσκευές. Για αυτές τις περιπτώσεις συνίσταται να χρησιμοποιούνται ηλιακοί θερμοσίφωνες και γενικά θερμικά ηλιακά συστήματα, ηλιακός κλιματισμός, φυσικό αέριο, ενεργειακά τζάκια. Αντιθέτως για τις ανάγκες ενέργειας για φωτισμό, με χρήση λαμπτήρων χαμηλής κατανάλωσης καθώς και για τις ανάγκες ενέργειας που έχουν οι ηλεκτρικές συσκευές επαρκεί η παραγωγή των φωτοβολταϊκών συστημάτων (Hastings and Morck 2000).

Αξίζει να αναφερθεί ότι στις μέρες που δεν υπάρχει λιακάδα τα Φ/Β συστήματα συνεχίζουν να παράγουν ηλεκτρισμό αφού εκμεταλλεύονται το άφθονο διάχυτο φως. Βέβαια η απόδοση των συστημάτων είναι μειωμένη και οι ανάγκες τα κατοικίας μπορεί να μην καλύπτονται. Σε αυτή την περίπτωση οι ανάγκες καλύπτονται από την παροχή του δικτύου εάν υπάρχει σύνδεση σε κάποιον πάροχο ενέργειας. Επίσης θα μπορούσαν να καλυφθούν από κάποια άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας όπως για παράδειγμα την αιολική από κάποια οικιακή ανεμογεννήτρια.

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τα παρακάτω:

- Δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης
- Μετατρέπουν το 5%-15% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική
- Μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας
- Η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοστεί στον αστικό ιστό χωρίς να ρυπαίνει
- Λειτουργία τελείως αθόρυβη
- Μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- Δυνατότητα ενσωμάτωσης στις οροφές και τις προσόψεις κτιρίων ως κύρια δομικά στοιχεία
- Δυνατότητα επέκτασης τους ανάλογα τις ενεργειακές ανάγκες
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Η χρήση τους βοηθά το περιβάλλον και την κοινωνία καθώς συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών είναι το υψηλό κόστος τους, ιδίως των οικιακών όπου δεν παρέχονται ιδιαίτερες επιδοτήσεις (ΚΑΠΕ 1992).

25.2 Αιολική ενέργεια – Οικιακές ανεμογεννήτριες

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται από τα αρχαία χρόνια και βοήθησε πολύ στην εξέλιξη του πολιτισμού. Πρωταρχικά χρησιμοποιήθηκε η αιολική ενέργεια στη ναυτιλία και τα ιστιοφόρα καράβια. Μια άλλη πολύ διαδεδομένη εφαρμογή ήταν οι ανεμόμυλοι που χρησιμοποιήθηκαν για πάρα πολλά χρόνια στην Ευρώπη κυρίως έως τον 19^ο αιώνα. Σήμερα η αιολική ενέργεια αξιοποιείται από τις ανεμογεννήτριες, που χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου ή αλλιώς την αιολική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής. Η ανάπτυξη των ανεμογεννητριών έλαβε ιδιαίτερη ώθηση λόγω της ενεργειακής κρίσης και της ρύπανσης από τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η ισχύς τους από λίγα KW έως μερικά MW (ΚΑΠΕ 1992).

Δύο τύποι ανεμογεννητριών προηγμένης τεχνολογίας διακρίνονται: οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με πτερύγια και οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα που είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι πιο εξελιγμένες και διαδεδομένες, με 2 ή 3 πτερύγια και όταν αλλάζει η ταχύτητα του αέρα αλλάζουν την κλίση των πτερυγίων τους ώστε να μεγιστοποιούν την παραγωγή ενέργειας που φτάνει έως

46%-48%. Η μηχανική ισχύς από τα πτερύγια μεταφέρεται στην ηλεκτρική γεννήτρια (σύγχρονη ή ασύγχρονη), που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτώντας την κατανάλωση.

Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι η αιολική ενέργεια μέσω των ανεμογεννητριών μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική και εν συνεχεία σε ηλεκτρική ενέργεια. Σήμερα, υπάρχουν εγκατεστημένα αιολικά πάρκα που αποτελούνται από μεσαίες και μεγάλες ανεμογεννήτριες και προωθούν το ρεύμα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και μικρές ανεμογεννήτριες μικρής παραγωγής, για οικιακές ενεργειακές ανάγκες.

Η χρήση μικρών οικιακών ανεμογεννητριών ισχύος 400W έως 10KW, επειδή απαιτούν ελεύθερο χώρο γύρω τους για να αξιοποιούν τον άνεμο και να αποδίδουν ικανοποιητικά, πρέπει να γίνεται εκτός αστικών περιοχών. Αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ της ανεμογεννήτριας, αυτή εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καλύψει (Εικ. 44 & 45).

Αναφορικά με τις διαστάσεις της ανεμογεννήτριας, η διάμετρος αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ, οπότε αυξάνεται και το ύψος του ιστού που θα τοποθετηθεί. Το ύψος του ιστού καθορίζεται επίσης από τα εμπόδια του περιβάλλοντα χώρου, το είδος της βάσης και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Το βασικότερο κριτήριο για την αποδοτικότητα της ανεμογεννήτριας είναι η ύπαρξη ικανοποιητικού αιολικού δυναμικού.



Εικ. 44 Οικ. Ανεμογεννήτρια (1)
(Καθημερινή 2011)



Εικ. 45 Οικ. Ανεμογεννήτρια (2)
(Windipedia 2011)

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στις αυτόνομες που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο ηλεκτρισμού και χρειάζονται μπαταρίες για αποθήκευση και μετατροπέα για μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Ενδείκνυνται για κατοικίες απομακρυσμένες από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας για την ενεργειακή τους κάλυψη.
- Στις συνδεδεμένες με το δίκτυο ηλεκτρισμού που δεν χρειάζονται μπαταρίες αφού η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο ηλεκτρικό δίκτυο επιφέροντας έσοδα στους ιδιοκτήτες της κατοικίας. Απαιτείται εγκατάσταση μετατροπέα

τόσο για την σύνδεση με το δίκτυο, όσο και για χρήση της παραγόμενης ενέργειας για τις ενεργειακές ανάγκες των ιδιοκτητών – ενοίκων (ΚΑΠΕ 1992).

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια είναι οι παρακάτω:

- Η επιφάνεια σάρωσης. Προσδιορίζεται από τη διάμετρο του ρότορα και όσο μεγαλύτερη η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη η ανακτώμενη ενέργεια
- Το αιολικό δυναμικό της περιοχής (ταχύτητα του ανέμου)
- Πυκνότητα του αέρα
- Απόδοση και συντήρηση της ανεμογεννήτριας. Καθώς η ανεμογεννήτρια διαθέτει κινούμενα μέρη η σωστή συντήρηση και λίπανση αυξάνουν την απόδοση της.

Τα πλεονεκτήματα των μικρών – οικιακών ανεμογεννητριών είναι:

- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και δεν ρυπαίνουν
- Αποφεύγεται η χρήση ορυκτών καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή
- Λειτουργούν ως αποκεντρωμένες μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού όταν εγκαθίστανται σε απομακρυσμένες περιοχές
- Έχουν αξιόπιστη λειτουργία
- Μεγάλη διάρκεια ζωής

Τα μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών είναι:

- Έχουν σημαντικό κόστος συντήρησης
- Έχουν σχετικά θορυβώδη λειτουργία
- Η αισθητική τους είναι αμφιλεγόμενη

25.3 Γεωθερμική ενέργεια – Γεωθερμικές Α/Θ

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και συγκεκριμένα εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε θερμά, ξηρά πετρώματα και σε υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Πρακτικά η γεωθερμική ενέργεια είναι απεριόριστη. Είναι γηγενής, ανανεώσιμη και πράσινη μορφή ενέργειας σε σχέση με αυτή που προέρχεται από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, με σχεδόν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Είναι ικανή να εφοδιάζει σε σταθερή βάση τους σταθμούς ενέργειας και δεν χρειάζεται αποθήκευση ούτε εφεδρικούς σταθμούς (ΚΑΠΕ 1992).

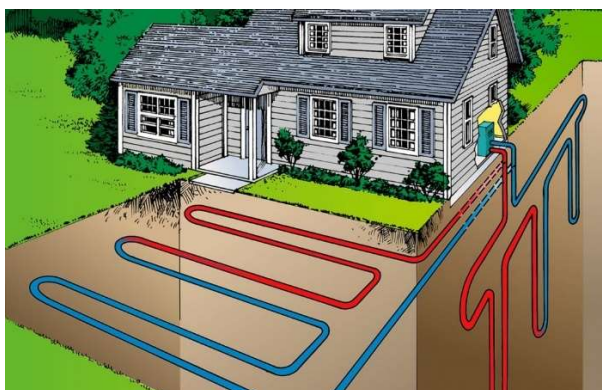
Η Ελλάδα με τις ειδικές γεωλογικές συνθήκες της είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση κτιρίων, σε γεωθερμικά θερμοκήπια, σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, μονάδες αφαλάτωσης, μονάδων ξηραντηρίων και άλλων. Πρέπει να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ελλάδα. Ο λόγος κυρίως είναι η ελλιπής ενημέρωση για τα οφέλη της αξιοποίησης της γεωθερμίας.

Διακρίνονται δύο είδη γεωθερμικών πεδίων:

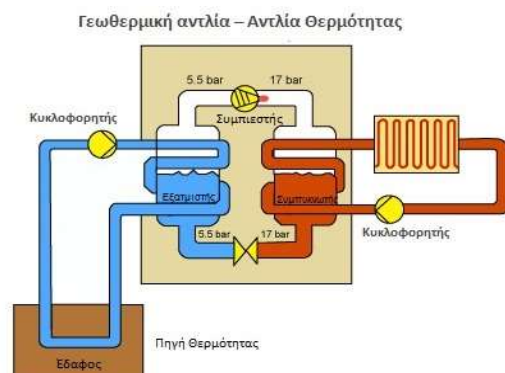
- Τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες των ρευστών μεγαλύτερες των 150°C τα οποία χρησιμοποιούνται για ηλεκτροπαραγωγή κατά κύριο λόγο και στη συνέχεια για θέρμανση κατοικιών, θερμοκηπίων, πισινών κ.ά.
- Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες των ρευστών από 25°C έως 90°C που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές, καθώς επίσης σε θερμάνσεις ποικίλων χώρων, όπως κατοικιών, θερμοκηπίων, αλλά και πισινών, ιχθυοδεξαμενών κλπ.

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων της κατοικίας. Εφαρμόζεται εδώ και αρκετά χρόνια στις χώρες του δυτικού κόσμου όπου για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Πρόκειται για συστήματα που εκμεταλλεύονται τη σταθερή θερμοκρασία της γης αντλώντας ενέργεια για να θερμάνουν τους χώρους της κατοικίας ή αποβάλλοντας θερμότητα για να ψύξουν αντίστοιχα τους χώρους. Ακριβώς επειδή η θερμοκρασία της γης παραμένει σταθερή όλο το χρόνο οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τις κλασικές αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα ή αέρα-νερού (Harrison et al. 1990) (Εικ. 46 & Εικ. 47).

Διακρίνουμε δύο ειδών γεωθερμικά συστήματα, τα ανοικτού τύπου και τα κλειστού τύπου. Τα πρώτα εφαρμόζονται με την ανόρυξη υδρογεωτρήσεων άντλησης και επανεισαγωγής. Αντλείται νερό από την υδρογεώτρηση κι αφού περάσει από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας εισάγεται ξανά στον υδροφόρο ορίζοντα. Δεν μας απασχολεί η ποιότητα του νερού, παρά μόνο η σταθερή και συγκεκριμένη παροχή. Στα κλειστού τύπου συστήματα τοποθετούνται μέσα στο έδαφος σωλήνες εσωτερικά των οποίων ανακυκλοφορεί υδάτινο διάλυμα, συναλλάσσουν θερμότητα με το έδαφος, το οποίο όπως είπαμε έχει σταθερή θερμοκρασία και τη μεταφέρουν στη γεωθερμική αντλία θερμότητας. Η τοποθέτηση των σωλήνων, οι οποίοι ονομάζονται και γεωσυλλέκτες, μπορεί να γίνει σε οριζόντια, κωνική ή κάθετη διάταξη. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας προσθέτει θερμότητα από το έδαφος στο σύστημα θέρμανσης της κατοικίας και το αντίστροφο συμβαίνει το καλοκαίρι προκειμένου να παρέχει ψύξη στην κατοικία.



Εικ. 46 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (1)
(Tzouganatos 2021)



Εικ. 47 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (2)
(Green Therm 2016)

Συνοψίζοντας τα γεωθερμικά συστήματα αποτελούνται από τρία τμήματα. Το πρώτο αποτελείται από δίκτυο σωληνώσεων μέσα στο οποίο κυκλοφορεί νερό (ή υδατικό διάλυμα) και αποκαλείται εναλλάκτης κλειστού κυκλώματος. Όπως προαναφέρθηκε οι σωληνώσεις μπορεί να τοποθετηθούν σε οριζόντια διάταξη, εφόσον υπάρχει διαθέσιμος ελεύθερος χώρος οικοπέδου της κατοικίας ή σε κάθετη διάταξη όταν ο χώρος είναι περιορισμένος ή βραχύδης. Υπάρχει επίσης κι ο εναλλάκτης ανοικτού κυκλώματος όπου αντί για δίκτυο σωληνώσεων χρησιμοποιούνται υπόγεια νερά, κάποια παρακείμενη λίμνη ή θάλασσα.

Το δεύτερο τμήμα αποτελείται από την αντλία θερμότητας. Στην αντλία θερμότητας φτάνει το νερό από τον γεωθερμικό εναλλάκτη σε σταθερή θερμοκρασία και χρησιμοποιείται είτε για τη θέρμανση των χώρων της κατοικίας είτε για την ψύξη τους.

Το τρίτο τμήμα του συστήματος αποτελείται επίσης από δίκτυο σωληνώσεων όπου το νερό που κυκλοφορεί αποδίδει ή παραλαμβάνει θερμότητα από τους χώρους της κατοικίας. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με ενδοδαπέδιο σύστημα, είτε με τοπικές κλιματιστικές μονάδες (fan coil units) επιδαπέδιες, επίτοιχες, αεραγωγών κοκ.

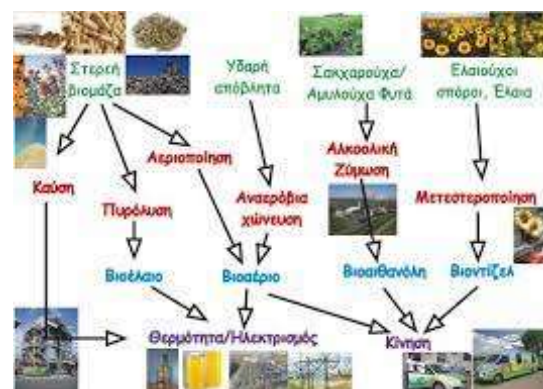
Αξίζει να τονιστεί ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από αυτήν των συμβατικών συστημάτων, ενώ απαιτείται ελάχιστη συντήρηση (Harrison et al. 1990).

25.4 Βιομάζα – Διαχείριση στερεών αποβλήτων & λυμάτων

Η βιομάζα είναι ύλη οργανικής προέλευσης και προέρχεται από απόβλητα και υπολείμματα γεωργίας, κτηνοτροφίας, δασικής εκμετάλλευσης αλλά και από βιομηχανικά και οικιακά απορρίμματα.

Η βιομάζα μετά από επεξεργασία μπορεί να μετατραπεί σε στερεό, υγρό ή αέριο βιοκαύσιμο και να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας.

Η βιομάζα είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς προέρχεται από την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας από τα φυτά. Τα φυτά είναι οι πρώτοι οργανισμοί που με τη χλωροφύλλη μετασχηματίζουν την ενέργεια του ήλιου σε βιομάζα και ακολουθούν οι ζωικοί οργανισμοί που μέσω της φυτικής τροφής δέχονται και αυτοί την ενέργεια και αποθηκεύουν ένα μέρος της (Κάντζιας 2020).



Εικ. 48 Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα (Ktm.cres χ.χ.)

Η βιομάζα είναι πηγή ενέργειας ανεξάντλητη, όπως και ο ήλιος που χρησιμοποιεί, φιλική προς το περιβάλλον και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντικατάσταση ορυκτών καυσίμων. Η χρήση της είναι συνυφασμένη με την ιστορία του ανθρώπου αφού με τη μορφή των καυσόξυλων χρησιμοποιείται από τότε που ανακαλύφθηκε η φωτιά. Στη σημερινή εποχή, με τις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί, χρησιμοποιώντας πρώτη ύλη χαμηλής ή αρνητικής αξίας παράγεται ενέργεια υψηλής απόδοσης (ΚΑΠΕ 1992).

Από το είδος της πρώτης ύλης εξαρτάται η κατεργασία της και ο τρόπος αξιοποίησής της. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση όταν είναι σε στερεή μορφή, να τροποποιηθεί σε αέρια, υγρά ή στερεά βιοκαύσιμα, ή να υποστεί θερμοχημική ή βιοχημική διεργασία όπως φαίνεται στην εικόνα 48.

Η βιομάζα υπάρχει άφθονη σε ΧΥΤΑ και αστικούς βιολογικούς. Από εκείνη προέρχεται η πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας και εκεί βρίσκονται οι εγκαταστάσεις που παράγουν βιοαέριο με αναερόβια χώνευση.

Η αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα είναι ένας τομέας που μπορεί να αναπτυχθεί πολύ με κατάλληλες επενδύσεις. Όλα τα κάθε είδους απορρίμματα που συχνά οδηγούνται στους ΧΥΤΑ ή απορρίπτονται ανεξέλεγκτα ρυπαίνοντας το περιβάλλον θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ηλεκτρισμού όπως γίνεται σε πολλές άλλες χώρες.

Αναφορικά με την αξιοποίηση των αστικών στερεών αποβλήτων, αυτή μπορεί να γίνει με καύση για παραγωγή θερμότητας, αλλά και με αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων κυρίως σε επίπεδο μεγάλων οικιστικών συγκροτημάτων. Αλλά και σε επίπεδο κατοικίας, υπάρχουν στην αγορά οικιακές μονάδες βιοαερίου που επιτρέπουν στον ιδιοκτήτη – χρήστη να μετατρέπει τα οργανικά του απόβλητα σε καύσιμο. Η οικιακή μονάδα βιοαερίου, που συνάδει με τη φιλοσοφία της βιοκλιματικής κατοικίας, επιτρέπει τη μετατροπή των οργανικών αποβλήτων σε βιοαέριο, χρήσιμο για το μαγείρεμα, αλλά και για θέρμανση με την καύση του, ακόμα και για ηλεκτροπαραγωγή αν συνδυαστεί με μηχανή εσωτερικής καύσης για τις ανάγκες της κατοικίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης παράγεται με κομποστοποίηση χρήσιμο λίπασμα για τον κήπο.

Τα οφέλη από την αξιοποίηση των στερεών αποβλήτων είναι η μείωση της ανεξέλεγκτης εκπομπής αερίων με δυσμενείς συνέπειες για το περιβάλλον, η αποφυγή πυρκαγιών από τις διάσπαρτες αποθέσεις και βέβαια η απεξάρτηση από τη χρήση συμβατικών καυσίμων.

Η αξιοποίηση των στερεών αποβλήτων της βιοκλιματικής κατοικίας περιλαμβάνει τις κάτωθι μεθόδους ανάκτησης υλικών και ενέργειας:

- Ανακύκλωση
- Αναερόβια χώνευση
- Κομποστοποίηση

Κατά την ανακύκλωση γίνεται διαλογή χρησίμων υλικών, όπως χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο στην πηγή (κατοικία) σε ξεχωριστούς κάδους

Κατά την αναερόβια χώνευση από το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων παράγεται βιοαέριο ή με άλλα λόγια ο οργανικός άνθρακας μέσω διαδοχικών

οξειδώσεων και αναγωγών μετατρέπεται στην πιο οξειδωμένη (CO₂) και την πιο ανηγμένη (μεθάνιο-CH₄) του μορφή, απαραίτητα με την δράση μικροοργανισμών και με απουσία οξυγόνου. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης.

Κατά την κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα αποδόμηση της οργανικής ύλης παρουσία οξυγόνου με την επίδραση μικροοργανισμών για παραγωγή compost ως εδαφοβελτιωτικό (Κάντζιας 2020).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις βιοκλιματικές κατοικίες έχει το θέμα της διαχείρισης των λυμάτων που παράγονται σε αυτές και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του νερού μετά από βιολογικό καθαρισμό. Απαιτείται κατάλληλη μελέτη του υδραυλικού συστήματος. Επιπλέον εξοικονόμηση νερού μπορεί να προκύψει με ένα απλό σύστημα συλλογής βρόχινων υδάτων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση του.

Αναφορικά με τις οικιακές μονάδες βιολογικού καθαρισμού λυμάτων, η λειτουργία τους βασίζεται στην παραλαβή των λυμάτων της κατοικίας από τις τουαλέτες, τους νιπτήρες κλπ. μέσω του δικτύου αποχέτευσης και στη συνέχεια τα μετασχηματίζουν σε καθαρό νερό όχι όμως πόσιμο. Το νερό που παράγεται είναι φιλτραρισμένο, έχει υγιεινή υψηλής ποιότητας αφού έχει απομακρυνθεί το σύνολο των οργανικών υλικών. Μπορεί δε να χρησιμοποιηθεί για πότισμα του κήπου, πλύσιμο των διαφόρων χώρων και του αυτοκινήτου, πλύσιμο των ρούχων, για την πισίνα και γενικά για κάθε χρήση που δεν απαιτείται το νερό να είναι πόσιμο. (Κάντζιας 2020).

Η εγκατάσταση των μονάδων βιολογικού καθαρισμού γίνεται σε εσωτερικούς χώρους, όπως μέσα στο έδαφος, στο υπόγειο της κατοικίας, στο λεβητοστάσιο και γενικά σε κλειστούς χώρους για να μην επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες. Η ενέργεια που καταναλώνεται από τις οικιακές μονάδες βιολογικού καθαρισμού κυμαίνεται από 0,2 έως 2,4 KWh/ημέρα.

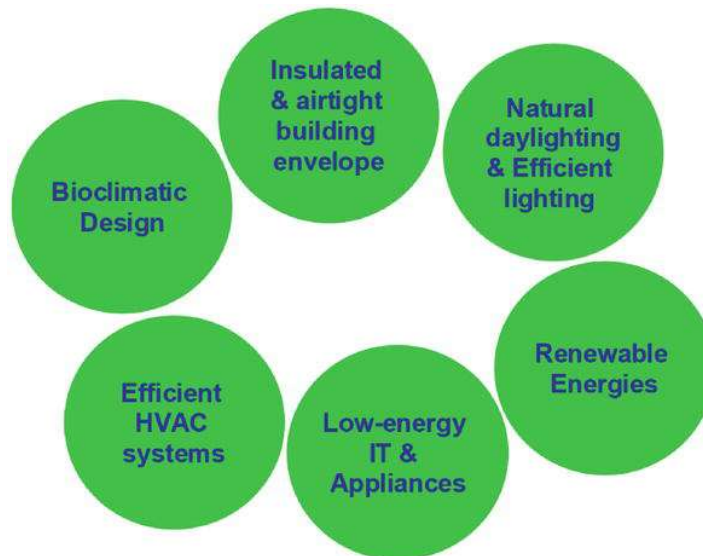
26 Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στις βιοκλιματικές κατοικίες

Τρόποι ελαχιστοποίησης των αναγκών της κατοικίας σε ενέργεια είναι τα παρακάτω (Goulding et al. 1996) (Εικ. 49):

- Η τήρηση των κανονισμών θερμομόνωσης. Απαραίτητη η κατάλληλη θερμομόνωση σε τοίχους, δάπεδα, οροφές.
- Η χρήση θερμομονωτικών και αεροστεγών κουφωμάτων με διπλά τζάμια, για να μην γίνεται εκροή της θερμότητας από το εσωτερικό και για να μην γίνεται εισροή κρύου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον.
- Η κατάλληλη χωροθέτηση της κατοικίας για ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.
- Η σωστή διαρρύθμιση του εσωτερικού της κατοικίας, με τους θερμαινόμενους χώρους σε σειρά.

- Η αξιοποίηση του προσανατολισμού, καθώς ο νότιος προσανατολισμός προσφέρει μεγάλα ηλιακά κέρδη, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν και μεγάλα ανοίγματα. Τα ανοίγματα στις άλλες όψεις και ιδίως στη βορινή πρέπει να είναι μικρά για να μειώνονται οι θερμικές απώλειες, αλλά παράλληλα να εξασφαλίζεται ο αερισμός της κατοικίας.
- Η χρησιμοποίηση κατάλληλων συστημάτων σκίασης είναι απαραίτητη με την προϋπόθεση της σωστής τοποθέτησης. Δημιουργούν ασπίδα στον ηλιασμό το καλοκαίρι και αποτρέπουν την θάμβωση.
- Τα υλικά δόμησης, καθώς και το κέλυφος της κατοικίας κρατούν σταθερή τη θερμοκρασία στο εσωτερικό.
- Σχεδιασμός σχήματος και μορφής της κατοικίας με βιοκλιματική φιλοσοφία.
- Φυσικός αερισμός της κατοικίας με φυσική ροή και όχι τεχνητός εξαερισμός.
- Κατασκευή της κατοικίας σε σημείο του οικοπέδου που δεν σκιάζεται από γειτονικές οικοδομές.
- Εξοικονόμηση ενέργειας με τη φύτευση κατάλληλων δέντρων και φυτών στον περιβάλλοντα χώρο της κατοικίας: φυλλοβόλα δέντρα στη νότια, νοτιοανατολική και νοτιοδυτική πλευρά της κατοικίας για εκμετάλλευση των ηλιακών κερδών το χειμώνα και το φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι και αειθαλή δέντρα στη βορινή πλευρά της κατοικίας για παρεμπόδιση των ψυχρών βόρειων ανέμων το χειμώνα.
- Μείωση της θερμοκρασίας στα συστήματα παραγωγής και διανομής ζεστού νερού οικιακής χρήσης, μόνωση των σωληνώσεων και των μπόιλερ, εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή θερμού νερού και φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή θερμού νερού και ηλεκτρικής ενέργειας (Mastouri et al. 2020).
- Εξοικονόμηση ενέργειας από τον φωτισμό με μέγιστη χρήση φυσικού φωτισμού, επιλογή οικονομικών συστημάτων και λαμπτήρων, χρήση αυτοματισμών.
- Η ενσωμάτωση των παθητικών ηλιακών συστημάτων στην κατοικία με σκοπό τη συλλογή, τη μεταφορά και την αποθήκευση της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας είναι δυνατή όταν ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι νότιος με μία αποδεκτή απόκλιση 30° ανατολικά ή δυτικά του νότου (Lewis Owen and Goulding 1999).

- Τοποθέτηση κεντρικού συστήματος για τον έλεγχο των καταναλώσεων της κατοικίας με στόχο την ενεργειακή διαχείριση και την εξοικονόμηση ενέργειας (Tzikopoulos et al. 2005).



Εικ. 49 Οδεύοντας προς τη μηδενική κατανάλωση (Shehadi 2020)

27 Βιοκλιματικές επεμβάσεις σε ήδη υπάρχουσες κατοικίες

Όσον αφορά τις ήδη υπάρχουσες, συμβατικές κατοικίες, μπορούμε αξιοποιώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού να βελτιώσουμε την υπάρχουσα κατάσταση σε μια κατοικία ώστε να γίνει πιο φιλική προς το περιβάλλον, να εξοικονομεί ενέργεια και να ικανοποιεί τις λειτουργικές τους ανάγκες των κατοίκων παρέχοντας πιο υγιεινές συνθήκες ζωής από κάθε άποψη, θερμική και οπτική άνεση, ψυχική υγεία κ.ά. (Ganem et al. 2006)

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε μια σειρά επεμβάσεων που μπορούν να γίνουν σε μια υπάρχουσα κατοικία με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ενοίκων της και την εξοικονόμηση ενέργειας.

❖ Αλλάζοντας τα κουφώματα μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση στις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι. Τοποθετώντας παράθυρα με διπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής με ξύλινα πλαίσια επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας έως και 25%.

❖ Τοποθετώντας εξωτερική μόνωση, ειδικά στην περίπτωση παλαιότερων κατοικιών, προ της ψήφισης του κανονισμού θερμομόνωσης (1981) επίσης επιτυγχάνεται σημαντική μείωση στις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας.

❖ Άλλα επέμβαση είναι η τοποθέτηση μόνωσης στο δώμα και στους μη θερμαινόμενους χώρους εσωτερικά, όπως για παράδειγμα στα κλιμακοστάσια.

❖ Βελτίωση της θερμομόνωσης της κατοικίας με χρήση υαλοπινάκων ή πλακών πολυστυρενίου στο κέλυφος του κτίσματος.

❖ Τοποθετώντας ανεμοφράκτη από βλάστηση ή από κάποιο εμπόδιο τεχνητό στο επίπεδο του ισογείου ή και ψηλότερα, μπροστά από τις εισόδους και τα παράθυρα της κατοικίας, επιτυγχάνεται πρόσθετη προστασία.

❖ Φύτευση ταρατσας, ή και φύτευση ολόκληρων προσόψεων του κτίσματος.

❖ Τοποθέτηση σκιάστρων. Με τον εξωτερικό σκιασμό επιτυγχάνεται με αποτελεσματικό τρόπο ο περιορισμός του ηλιασμού και επομένως της αύξησης της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας.

❖ Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνονται σημαντικά οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Ακόμα κι αν ο χώρος είναι κλιματιζόμενος, χρησιμοποιώντας ανεμιστήρες οροφής επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για το δροσισμό του χώρου κατά 28-40%, αναλόγως των κλιματικών συνθηκών όπου βρίσκεται η κατοικία. Ένας ανεμιστήρας οροφής έχει χαμηλό κόστος αγοράς και την κατανάλωση ενός κοινού λαμπτήρα, σε αντίθεση με τα κλιματιστικά, ακόμα κι αυτά νέας τεχνολογίας (inverter), που καταναλώνουν πολλαπλάσια ηλεκτρική ενέργεια.

❖ Αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου με νέο φυσικού αερίου (αν υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου στην περιοχή του κτίσματος). Τα οφέλη είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά.

❖ Τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών στο δώμα, την ταρατσα ή τη στέγη της κατοικίας και αντικατάσταση των ηλεκτρικών θερμοσιφώνων από κεντρικό σύστημα ζεστού νερού.

❖ Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες led. Οι λαμπτήρες led σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν πολύ μεγαλύτερη απόδοση, πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και πολύ μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Μεγαλύτερη απόδοση σημαίνει μεγαλύτερη οπτική άνεση, ενώ χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και προστασία του περιβάλλοντος, αφού κάθε κιλοβατώρα που εξοικονομείται ισοδυναμεί με ένα κιλό διοξείδιο του άνθρακα λιγότερο στην ατμόσφαιρα.

❖ Αναβάθμιση και ρύθμιση του συστήματος κλιματισμού, αντικατάσταση κλιματιστικών μηχανημάτων παλαιότερης τεχνολογίας με νέας πιο αποδοτικής και οικονομικής λειτουργίας.

❖ Εγκατάσταση συστήματος μηχανικού εξαερισμού με εναλλάκτες θερμότητας για καλύτερες συνθήκες αερισμού της κατοικίας.

❖ Αντικατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών της κατοικίας με άλλες πιο αποδοτικές ενεργειακά.

❖ Επέμβαση σε τμήματα της κατοικίας, με σκοπό την αναδιαμόρφωση των χώρων της για καλύτερες εσωτερικές συνθήκες.

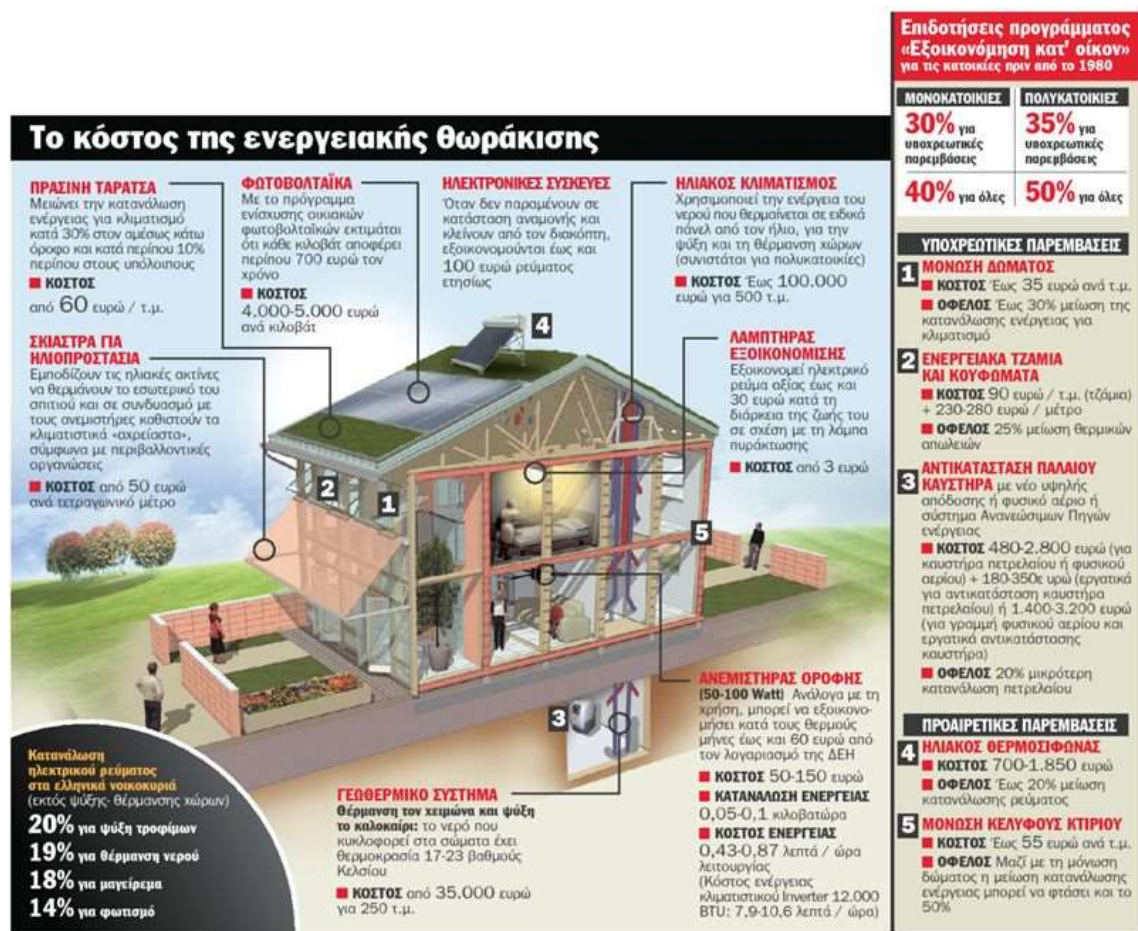
❖ Αν κρίνεται απαραίτητο, αλλαγή χρήσης κοινόχρηστων χώρων ή διαδρόμων για τον ίδιο σκοπό όπως ανωτέρω.

❖ Τοποθέτηση συστημάτων εξοικονόμησης νερού στις βρύσες της κατοικίας (πρόκειται για ειδικές διατάξεις).

❖ Τοποθέτηση εγκατάστασης συλλογής του βρόχινου νερού και καθαρισμού του στο υπόγειο της κατοικίας για χρήση στο πότισμα ή από τα καζανάκια.

- ❖ Τοποθέτηση συστήματος καθαρισμού ακάθαρτων νερών για επαναχρησιμοποίηση στα καζανάκια των τουαλετών.
- ❖ Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμότητας από το ζεστό νερό πριν αυτό καταλήξει στην αποχέτευση.
- ❖ Τοποθέτηση κάδων ανακύκλωσης για όλα τα υλικά και κάδων κομποστοποίησης ειδικά για τα οργανικά απόβλητα.
- ❖ Εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας αν είναι εφικτό για θέρμανση της κατοικίας το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι (ιδιαίτερα δαπανηρή επένδυση).
- ❖ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη στέγη της κατοικίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για ιδιόχρηση ή/και πώληση στη ΔΕΗ (δαπανηρή επένδυση).
- ❖ Τοποθέτηση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας αν είναι εφικτό (ενδεχομένως ιδιαίτερα δαπανηρή επένδυση).
- ❖ Τοποθέτηση οικιακής μονάδας αφαλάτωσης (Lewis Owen και Goulding 1999).

Στην εικόνα 50, που ακολουθεί, παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές κόστους για κάποιες βασικές παρεμβάσεις με στόχο τη βιοκλιματική αναβάθμιση της κατοικίας.



Εικ. 50 Κόστος Ενεργειακής – Βιοκλιματικής αναβάθμισης συμβατικής κατοικίας (ecoRocks χ.χ.)

28 Πιθανά μειονεκτήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εκτός από τη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνει τις συνθήκες διαβίωσης προσφέροντας άνεση θερμική και οπτική, καθαρότερο εσωτερικό περιβάλλον και ιδανικό μικροκλίμα. Οι βάσεις για τη δημιουργία μιας βιοκλιματικής κατοικίας μπαίνουν με τον σωστό σχεδιασμό και τη μελέτη που πρέπει να ακολουθούν πιστά τις βιοκλιματικές αρχές και συνεχίζονται με την σωστή κατασκευή και τα κατάλληλα υλικά (δομικά και τεχνολογικά). Αν κάποιο από αυτά τα σκέλη αποτύχει δεν θα έχουμε τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα (Camara et al. 2017) .

Σημαντικό σημείο στη λειτουργία της βιοκλιματικής κατοικίας είναι οι ίδιοι οι κάτοικοι που πρέπει να χρησιμοποιούν σωστά τα συστήματα που έχουν τοποθετηθεί. Σε αντίθετη περίπτωση και σε συνδυασμό με ενδεχόμενες αποκλίσεις κατά την κατασκευή, θα υπάρχουν μειωμένα ενεργειακά οφέλη, ακόμα και αρνητική λειτουργία. Αυτό βέβαια αντιτίθεται στις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, καθώς αυτή επιδιώκει να εξοικονομεί ενέργεια και χρήματα.

Συμπερασματικά, οι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού δεν επιτυγχάνονται, αλλά αντίθετα τα αποτελέσματα είναι αρνητικά, αν δεν γίνει σωστός σχεδιασμός καθώς και αν έχουμε μη ορθολογική επιλογή τεχνικών, αν δεν γίνεται σωστή χρήση και λειτουργία της κατοικίας και των συστημάτων της, αν δεν έχει γίνει σωστή υλοποίηση αυτών κατά την κατασκευή κι αν η συντήρηση στη διάρκεια ζωής της κατοικίας είναι ανεπαρκής.

29 Παράγοντες επιτυχούς απόδοσης βιοκλιματικού σχεδιασμού κατοικιών

Οι παράγοντες της επιτυχίας μιας βιοκλιματικής κατοικίας είναι τέσσερις: σωστός σχεδιασμός και κατάλληλες τεχνικές, σωστή κατασκευή με πιστή τήρηση του σχεδιασμού, η γνώση και σωστή χρήση από τους κατοίκους και η κατάλληλη συντήρηση των συστημάτων της βιοκλιματικής κατοικίας (Camara et al. 2017).

29.1 Σωστός σχεδιασμός και η ορθή επιλογή τεχνικών

Απαραίτητη είναι η πιστή τήρηση των κανόνων του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ώστε να εξασφαλίζεται το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη χειμερινή περίοδο προκειμένου να θερμαίνεται η κατοικία και από την άλλη επαρκής αερισμός κατά την θερινή περίοδο και επιλογή κατάλληλων τεχνικών προστασίας και συστημάτων για να αξιοποιούνται οι διαθέσιμες πηγές του περιβάλλοντος. Τα μεγάλα νότια ανοίγματα και τα θερμοκήπια προσφέρουν υψηλό άμεσο ηλιακό κέρδος, αλλά προϋποθέτουν την κατάλληλη θερμομόνωση για να μην υπάρχουν απώλειες τις ψυχρές νυχτερινές ώρες. Το κέλυφος της κατοικίας προστατεύεται με τα κατάλληλα δομικά υλικά αυξημένης θερμομόνωσης και μεγάλης θερμοχωρητικότητας, με αεριζόμενα δομικά στοιχεία, με ακτινοβολητές για τη νυχτερινή ακτινοβολία θερμικής ενέργειας, με φράγματα ακτινοβολίας για την ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία κλπ. Σε κατοικίες νότιων περιοχών με εύκρατο κλίμα τα

παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να χρησιμοποιούνται επιλεκτικά γιατί έχουν αντίστροφα αποτελέσματα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, εκτός εάν μπορεί να εξασφαλιστεί η αντίστροφη λειτουργία τους το καλοκαίρι. Αντίθετα στα βόρεια και ψυχρά κλίματα τα παθητικά ηλιακά συστήματα παρέχουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και συντελούν στην επίτευξη θερμικής άνεσης. Χρησιμοποιώντας ηλιακούς τοίχους επιτυγχάνουμε καλύτερα αποτελέσματα θερμικής άνεσης. Από την άλλη χρησιμοποιώντας θερμοκήπια και ηλιακά αίθρια δημιουργείται έμμεσο θερμικό κέρδος και για τα γειτονικά προς αυτά δωμάτια. Απαραίτητος για κλίματα όπως της Ελλάδας είναι ο φυσικός δροσισμός κυρίως με διαμπερή ανοίγματα (παράθυρα). Με τη χρήση συστημάτων φυσικού δροσισμού στις βόρειες και ψυχρές περιοχές επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας που φτάνει έως και το 100% για τις ανάγκες σε ψύξη. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται μέθοδοι που αποδίδουν στις συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες της κατοικίας. Για παράδειγμα, τα συστήματα που εφαρμόζουν εξαμιστική ψύξη και ψύξης με ακτινοβολία ενώ είναι πολύ αποδοτικά σε ζεστά και ξηρά κλίματα, δεν έχουν την αναμενόμενη απόδοση σε υγρά κλίματα. Επίσης, η φύτευση της ταράτσας ή της στέγης, εφόσον γίνει σωστά, θα έχει οφέλη τόσο στη θέρμανση όσο και την ψύξη (Goulding et al. 1996).

Καθώς τα συστήματα που εφαρμόζονται έχουν ένα κόστος που ανάλογα με τον τύπο τους, το μέγεθός τους, τη χρήση τους κλπ μπορεί να έχει σημαντικό, πρέπει πριν την τελική επιλογή και εφαρμογή να γίνεται μια τεχνοοικονομική μελέτη για να συγκρίνεται το κόστος με το όφελος, λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο που θα κάνει το σύστημα να αποσβέσει το κόστος του.

29.2 Σωστή υλοποίηση των συστημάτων κατά την κατασκευή

Πολύ σημαντικός παράγοντας επιτυχούς απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η σωστή τεχνική εφαρμογή του συστήματος στην κατασκευή της κατοικίας. Πολλές βιοκλιματικές κατοικίες στην Ελλάδα και το εξωτερικό έχουν μειωμένη απόδοση των παθητικών ηλιακών συστημάτων τους εξαιτίας της απόκλισης μεταξύ της αρχικής μελέτης και της τελικής κατασκευής. Αυτό οφείλεται σε κατασκευαστικές αστοχίες, σε παραλείψεις, ενδεχομένως και σε παρεμβάσεις των ενοίκων, που δημιουργούν προβλήματα όπως μειωμένη θερμική ή οπτική άνεση, αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας τις συγκεκριμένες κατοικίες ίδιες ή και χειρότερες από τις συμβατικές κατοικίες που είναι χωρίς παθητικά ηλιακά συστήματα (Lewis Owen et al. 1997).

29.3 Ορθή χρήση και λειτουργία της κατοικίας και των συστημάτων της

Ο ρόλος των κατοίκων μιας βιοκλιματικής κατοικίας είναι καθοριστικός της επιτυχούς απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τόσο στα συστήματα άμεσου κέρδους, όσο και στα παθητικά συστήματα χρειάζεται η εμπλοκή τους για την αποδοτική λειτουργία τους. Στα συστήματα άμεσου κέρδους για παράδειγμα το άνοιγμα ενός παραθύρου ή το κλείσιμο μιας κουρτίνας μπορεί να αλλάξει την απόδοση. Αυτό κατά την μελέτη συμπεριλαμβάνεται στο σχεδιασμό της βιοκλιματικής

κατοικίας και των συστημάτων, παρόλο που συνήθως η συμβολή των χρηστών είναι μικρή και τα αποτελέσματα στη λειτουργία των βιοκλιματικών κατοικιών είναι αρνητικά. Συχνά οι χρήστες έχουν αρνητική συμβολή στη λειτουργία των παθητικών ηλιακών κατοικιών. Για το λόγο αυτό θα πρέπει τα συστήματα να διαθέτουν απλές τεχνικές χρήσης και όχι σύνθετες και πολύπλοκες ώστε να συμμετέχουν οι χρήστες στη ομαλή και αποδοτική λειτουργία των συστημάτων και γενικότερα των κατοικιών (Heal et al. 2006).

29.4 Επαρκής συντήρηση των συστημάτων της βιοκλιματικής κατοικίας

Η επαρκής συντήρηση των παθητικών συστημάτων είναι αναγκαία για την εξασφάλιση μέγιστης απόδοσης των βιοκλιματικών κατοικιών. Ακόμα και τα παθητικά ηλιακά συστήματα που δεν έχουν μηχανικά μέσα χρειάζονται συντήρηση προκειμένου να λειτουργούν διαχρονικά χωρίς να μειώνεται η απόδοσή τους. Συντήρηση ή αντικατάσταση χρειάζονται για παράδειγμα τα διάφανα υλικά γιατί θαμπώνουν χάνοντας τις θερμικές τους ιδιότητες, τα παλαιά κουφώματα γιατί επιτρέπουν τη διείσδυση του αέρα, οι μεταλλικές περσίδες γιατί σκουριάζουν κλπ. Η παλαιότητα και η έλλειψη συντήρησης επηρεάζουν καθοριστικά τη χρήση και την καθαυτό λειτουργία των συστημάτων (Lewis Owen et al. 1997)..

30 Μελέτες περίπτωσης

Παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις βιοκλιματικών κατοικιών στην Αττική όπου ο σχεδιασμός, η μελέτη και η επίβλεψη ανήκουν στο αρχιτεκτονικό γραφείο STUDIO 3+1 architects, το οποίο ασχολείται κυρίως με ιδιωτικές, σύγχρονες βιοκλιματικές κατοικίες στην Αττική και σε άλλα σημεία της Ελλάδας κι έχει βραβευτεί σε αρχιτεκτονικούς διαγωνισμούς.

Αντικείμενο της μελέτης του συγκεκριμένου γραφείου τα τελευταία χρόνια είναι η ανάπτυξη του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού με Παθητικά Ηλιακά Συστήματα στην Ελλάδα και η εφαρμογή αυτού σε σύμμεικτες κατασκευές, καθώς και στην ξηρά δόμηση ελαφρών κατασκευών από ξύλο, χρησιμοποιώντας δοκιδωτή ή αντικολλητή ξυλεία. Πρόκειται για τον πλέον σύγχρονο και οικολογικό τρόπο κατασκευής κτιρίων χαμηλού κόστους και υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Οι περισσότερες κατοικίες μελετώνται σύμφωνα με τα πρότυπα του ΚΕΝΑΚ και επιτυγχάνεται σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση.

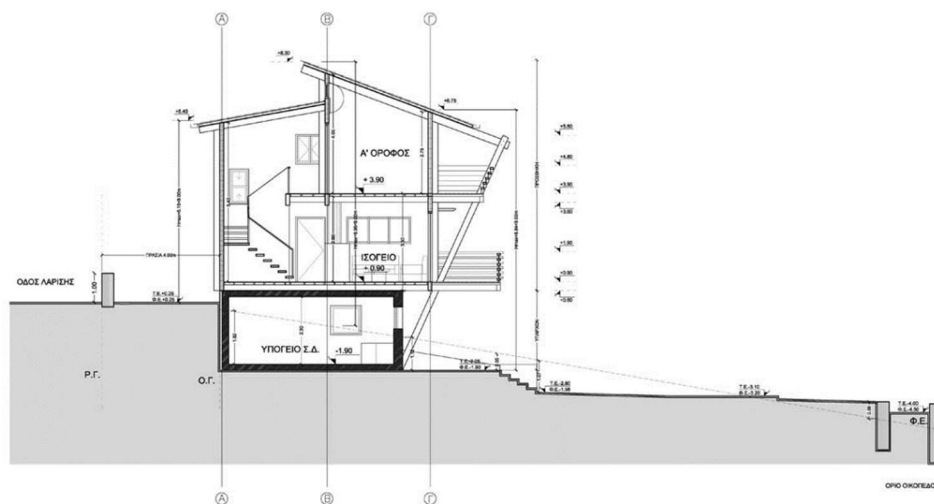
30.1 Μονοκατοικία από ξύλο στην Διώνη Αττικής

Πρόκειται για προσθήκη μιας διώροφης ξύλινης κατοικίας σε υπάρχον υπόγειο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Είναι κατασκευασμένη από μασίφ κορμούς αντικολλητής ξυλείας του Φιλανδικού εργοστασίου ΚΟΝΤΙΟ. Το ξύλινο κτίριο είναι διώροφο με τους κυρίως χρησιμοποιούμενους χώρους (καθιστικό και τραπεζαρία) στο ισόγειο και τα υπνοδωμάτια στον 1^ο όροφο και εκτείνεται και πέρα της τσιμεντένιας βάσης του.

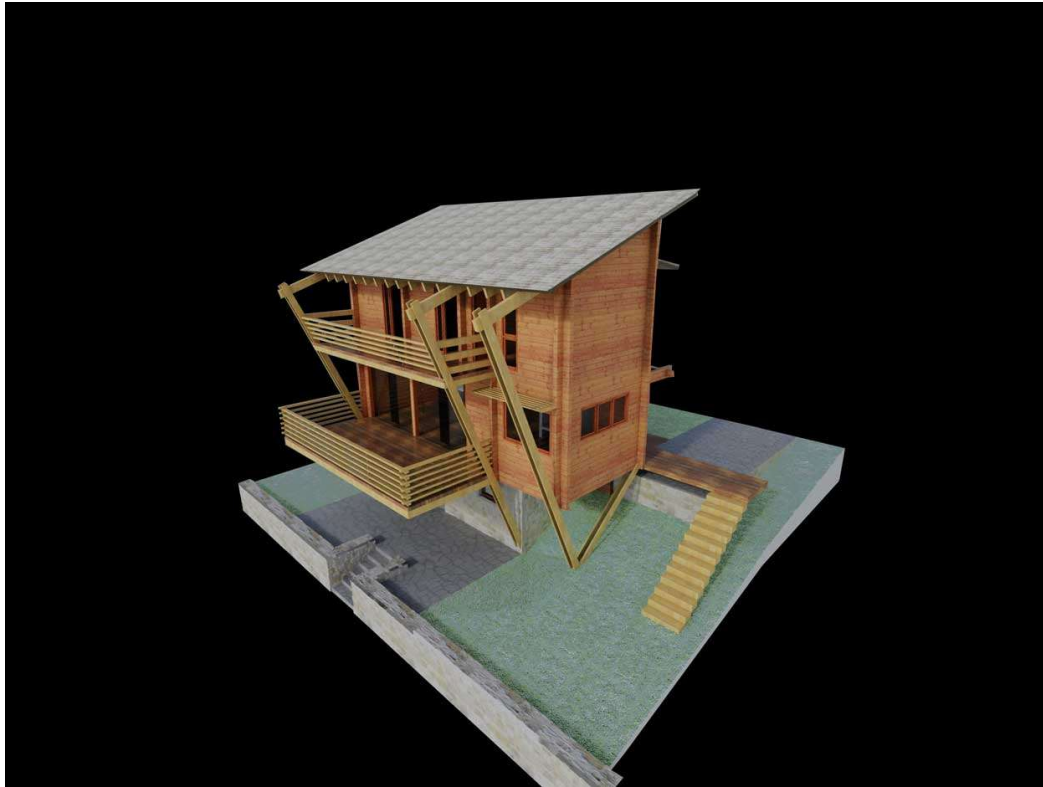
Η κατοικία είναι στραμμένη προς το Νότο με μεγάλα ανοίγματα για να εκμεταλλεύεται τον χειμερινό ήλιο ενώ προστατεύεται από τον θερινό ήλιο με πρόβολους και στέγαστρα. Συγκεκριμένα η μεγάλη βεράντα που βρίσκεται έξω από τα υπνοδωμάτια του 1^{ου} ορόφου αποτελεί το φυσικό σκίαστρο των ανοιγμάτων του ισόγειου. Ο 1^{ος} όροφος αντίστοιχα σκιάζεται από μέρος της στέγης. Οι βοηθητικοί χώροι που βρίσκονται στον βορρά έχουν μικρά ανοίγματα για αερισμό και τα υπνοδωμάτια της βόρειας πλευράς αερίζονται από φεγγίτες που βρίσκονται . Στα δυτικά το κτίριο δεν έχει ανοίγματα για να αποφεύγει τον ήλιο το καλοκαίρι και τις δύσκολες καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή τον χειμώνα.

Τα νότια ανοίγματα της κατοικίας προστατεύονται το καλοκαίρι από στοιχεία σκίασμού πρόβλων και στεγαστρων. Μεταξύ των δύο τμημάτων της στέγης έχουν δημιουργηθεί φεγγίτες αερισμού των υπνοδωματίων με βόρειο προσανατολισμό. Η είσοδος του κτιρίου είναι προστατευμένη στην Β.Α. γωνία του σπιτιού. Τέλος, με κατάλληλη φύτευση έχει επιτευχθεί η δημιουργία μικροκλίματος στο οικόπεδο.

Παρακάτω, στην εικόνα 51, φαίνεται μία τομή της κατοικίας, καθώς και η μακέτα της (Εικ. 52).



Εικ. 51 Τομή ξύλινης κατοικίας στην Διώνη (Studio3+1 architects 2017)⁵



Εικ. 52 Μακέτα ξύλινης κατοικίας στην Διώνη (Studio3+1 architects 2017)²

Στο Παράρτημα, στο τέλος της εργασίας, υπάρχουν φωτογραφίες της κατοικίας (Εικ. 57-61).

30.2 Μονοκατοικία με εμφανές σκυρόδεμα στον Διόνυσο Αττικής

Η κατοικία βρίσκεται στο Διόνυσο, σε βραχώδες οικόπεδο με έντονη κλίση (30%), με νότιο προσανατολισμό και σε περιοχή με πλούσια βλάστηση. Πρόκειται για μια οριζόντια δομική κατασκευή με πτέρυγες και αύλειους χώρους και έχει συνολική επιφάνεια 400 τ.μ. Εσωτερικά υπάρχει αίθριο, ένα ανοικτό κλιμακοστάσιο, που επιτρέπει την κατακόρυφη εσωτερική επικοινωνία.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνίσταται στα μεγάλα ανοίγματα στο νότο, στη δυτική και η ανατολική πλευρά που σχεδόν δεν έχουν ανοίγματα, ενώ έχει την ιδιαιτερότητα ένα μέρος της στη βόρεια πλευρά να είναι υπόσκαφο. Οι καθημερινοί χώροι του κτιρίου βρίσκονται στο ισόγειο που έχει έξοδο σε φυτεμένη υπερυψωμένη αυλή και τα υπνοδωμάτια της κατοικίας βρίσκονται στον 1ο όροφο που λόγω της κλίσης έχουν και αυτά έξοδο σε έδαφος.

Όσον αφορά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή της κατοικίας, εμφανές σκυρόδεμα και γυαλί, καθώς επίσης ανοξείδωτος χάλυβας και ξύλο χρησιμοποιήθηκαν επεξεργασμένα χωρίς ιδιαίτερη επιτήδευση. Οι στέγες επικαλύφθηκαν με ελαφρά μεταλλικά βιομηχανικά πάνελς.

Το αποτέλεσμα είναι ένα κτίριο μοντέρνας αρχιτεκτονικής, ανοικτό και άμεσο στους ενοίκους και τους επισκέπτες. Το κτίριο δεν προκαλεί, παρά την έντονη παρουσία σύγχρονων υλικών τεχνολογίας.

Στο Παράρτημα, στο τέλος της εργασίας, υπάρχουν φωτογραφίες της κατοικίας (Εικ. 62-66).

30.3 Ξύλινη βιοκλιματική κατοικία στην Πάρνηθα με παθητικά & ενεργητικά συστήματα

Μέσα στο συνεταιρισμό της Ιπποκράτειας Πολιτείας στην Πάρνηθα είναι χτισμένη μια ξύλινη διώροφη κατοικία για μόνιμη διαμονή τετραμελούς οικογένειας. Η μονοκατοικία είναι τοποθετημένη στο ψηλότερο σημείο του οικοπέδου, κατά μήκος του άξονα ανατολής – δύσης. Η μεγάλη επιφάνεια της κατοικίας είναι στο νότο, ενώ στο βορρά κλείνει με μεγάλο ενιαίο τοίχο από σκυρόδεμα.

Μεγάλα ανοίγματα προς το νότο για μεγάλη ηλιοσυλλογή τον χειμώνα, τα οποία προστατεύονται από τον θερινό ήλιο με μεγάλες βεράντες καθώς και συνεχόμενες πέργκολες κατάλληλα σχεδιασμένες και στους δύο ορόφους.

Οι πλευρές στην ανατολή και τη δύση είναι μικρές, με πολύ μικρά ανοίγματα, για να αποφεύγεται ο υπερβολικός ηλιασμός και η υπερθέρμανση της κατοικίας το καλοκαίρι.

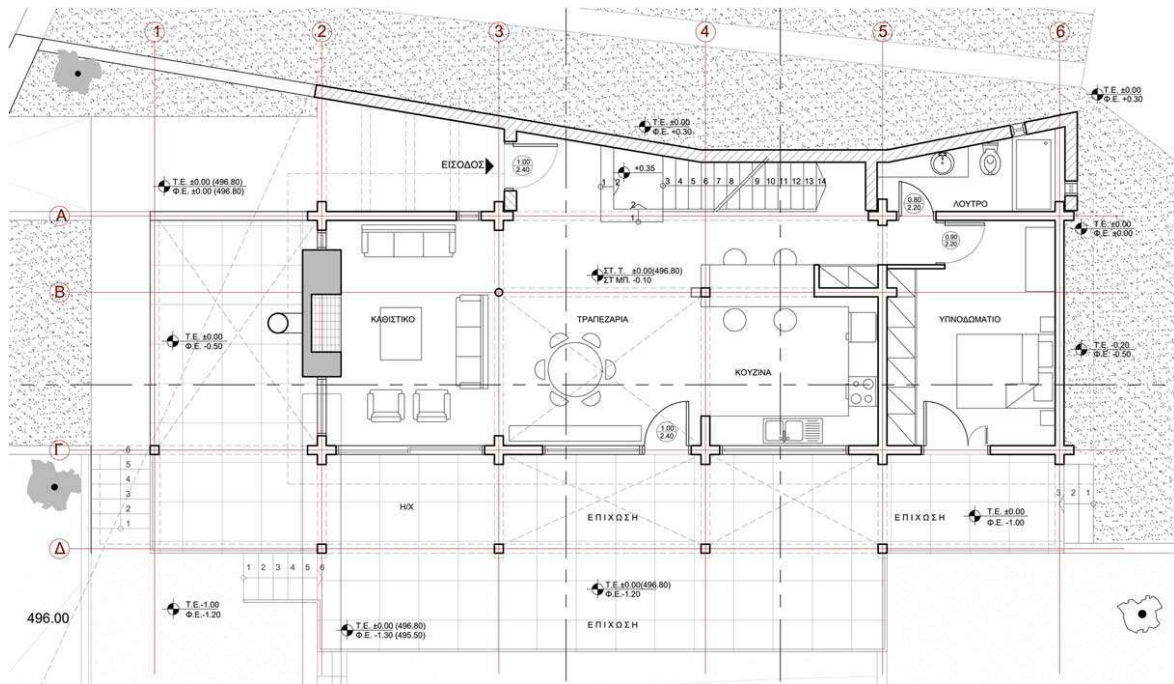
Εξαιτίας των δυσμενών συνθηκών τον χειμώνα στην Πάρνηθα (βροχές, χιόνια) έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη στέγη και στις εξόδους της. Έχει κατασκευαστεί μονοκλινής με κατάλληλη κλίση προς το νότο, προκειμένου να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά συστήματα. Στη βόρεια ενιαία πλευρά έχουν ανοιχτεί μικρά παράθυρα αερισμού των κύριων και βοηθητικών χώρων.

Τα υπνοδωμάτια έχουν αναπτυχθεί στον όροφο κι έχουν νότιο προσανατολισμό. Οι χώροι διημέρευσης κι ένα υπνοδωμάτιο-ξενώνας βρίσκονται στο ισόγειο, επίσης με νότιο προσανατολισμό. Ένα εσωτερικό κλιμακοστάσιο οδηγεί στα υπνοδωμάτια, μέσω ενός διαδρόμου πάνω από ένα εσωτερικό αίθριο, το οποίο προσφέρει εσωτερική επικοινωνία μεταξύ των δύο επιπέδων, βλέποντας σε μια κοινόχρηστη, στεγασμένη βεράντα. Η βεράντα αυτή εκτός από προστασία, προσφέρει και επαφή με τον περιβάλλοντα χώρο. Από τη βεράντα βλέπει κανείς όλο το οικόπεδο με την υψηλή βλάστηση και το τοπίο.

Η κατοικία είναι κατασκευασμένη με συνδυασμό υλικών ξύλου και σκυροδέματος. Η κύρια κατασκευή έχει γίνει από κορμούς αντικολλητής ξυλείας του φιλανδικού εργοστασίου CONTIO. Από σκυρόδεμα έχει κατασκευαστεί το υπόγειο στο οποίο εδράζεται η ξύλινη κατασκευή, καθώς επίσης και ο βορινός τοίχος προκειμένου να παραλάβει την ανάσχεση των βόρειων – βορειοανατολικών ανέμων που φυσούν στην περιοχή. Στο μεγάλο αυτό τοίχιο κουμπώνει όλη η ξύλινη κατασκευή. Έχουν χρησιμοποιηθεί οικολογικά υλικά στις μονώσεις και την στέγη.

Τα φωτοβολταϊκά στη στέγη έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν μέρος των ενεργειακών αναγκών της κατοικίας και η περίσσεια παραγόμενης ενέργειας κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες θα πωλείται στη ΔΕΗ.

Η κάτοψη της κατοικίας φαίνεται στην εικόνα 53 που ακολουθεί.



Εικ. 53 Κάτοψη της ξύλινης κατοικίας στην Πάρνηθα (Studio3+1 architects 2017)¹

Στις εικόνες 54 και 55 φαίνονται οι μακέτες της κατοικίας:



Εικ. 54 Μακέτα της ξύλινης κατοικίας στην Πάρνηθα (1) (Studio3+1 architects 2017)³



Εικ. 55 Μακέτα της ξύλινης κατοικίας στην Πάρνηθα (2) (Studio3+1 architects 2017)⁴

Στο Παράρτημα, στο τέλος της εργασίας, υπάρχουν φωτογραφίες της κατοικίας (Εικ. 67-68).

31 Συμπεράσματα – προτάσεις

Σήμερα που η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων και των ορυκτών καυσίμων, καθώς και η ρύπανση της ατμόσφαιρας βρίσκονται στην επικαιρότητα είναι υποχρέωση της Πολιτείας και της κοινωνίας γενικότερα να βρει λύσεις τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας και συμβατικών καυσίμων, όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος. Στον τομέα της οικοδομικής αυτό μπορεί να γίνει με την εξεύρεση αρχιτεκτονικών λύσεων φιλικών προς το περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Με την εφαρμογή φιλικών στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, οικολογικών υλικών, με την εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων, ακόμα και με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ, οι χρήστες θα μπορούν να απολαμβάνουν ένα καλύτερο και πιο βιώσιμο εσωτερικό περιβάλλον, εξοικονομώντας σημαντικά ποσά χρημάτων.

Το μεσογειακό κλίμα της χώρας μας που έχει ηλιοφάνεια σχεδόν όλο το χρόνο και τους δροσερούς καλοκαιρινούς ανέμους, είναι ιδανικό για την δημιουργία βιοκλιματικών κατοικιών. Όπως είδαμε στην παρούσα εργασία, οι βασικότερες αρχές που αποφέρουν τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας είναι ο σωστός σχεδιασμός, η χωροθέτηση και ο προσανατολισμός της κατοικίας, ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων της, η προστασία του κελύφους του κτίσματος με τη σωστή θερμομόνωση, την ανεμοπροστασία, την ηλιοπροστασία με τα συστήματα σκίασης

και τη βλάστηση. Όλα αυτά και όλα όσα ακόμα έχουν αναφερθεί παραπάνω, πρέπει υπολογίζονται από τους μηχανικούς, τους κατασκευαστές, αλλά και τους ίδιους τους χρήστες. Οι τελευταίοι είναι απαραίτητο να αντιληφθούν και να κατανοήσουν τα οφέλη της βιοκλιματικής κατοικίας για την υγεία τους και την υγιεινή του διαβίωση καταρχήν και για την εξοικονόμηση των χρημάτων τους κατά δεύτερον. Και όπως έχει γίνει σαφές, τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κατοικιών και όλων των κτηρίων γενικότερα, αφορούν και την προστασία του περιβάλλοντος με τη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και τον περιορισμό του ενεργειακού προβλήματος με τον περιορισμό της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων (Kolokotroni and Young 1990).

Τα βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού και τα συμπεράσματα που προκύπτουν, καθώς και οι προτάσεις αναφέρονται ακολούθως. Καταρχήν, πρώτη επιδίωξη είναι να τοποθετηθεί η κατοικία στο οικόπεδο στο σημείο που θα προκύψουν οι καλύτερες συνθήκες άνεσης στον εσωτερικό και στον εξωτερικό χώρο της. Για τη επίτευξη αυτού του στόχου χρειάζεται μελέτη της σκίασης που επιφέρουν τα γειτονικά κτίρια, η βλάστηση κλπ καθώς η πρόσβαση του ήλιου στο κτίριο είναι καθοριστική στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Πρέπει να εξασφαλίζεται η πρόσβαση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την περίοδο θέρμανσης της κατοικίας, ενώ για τις περιόδους ψύξης η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να ανακόπτεται με χρήση σκίασης τεχνητής (σκιάστρα) ή φυσικής (βλάστηση), πάντα όμως με τρόπο που να μην περιορίζεται ο ηλιασμός τον χειμώνα. Η σωστή βλάστηση και η τοπογραφική διαμόρφωση συμβάλουν στη ροή του ανέμου γύρω από το κτήριο προκαλώντας φυσικό αερισμό που είναι απαραίτητος για τη θερινή ψύξη.

Ο προσδιορισμός του σχήματος και της μορφής της κατοικίας πρέπει να γίνεται κατά τρόπο που να αξιοποιείται κατά το περισσότερο δυνατό η ηλιακή ενέργεια και να μειώνεται στο ελάχιστο η απώλεια θερμότητας από το κέλυφος όπου η θέρμανση είναι αναγκαία. Για το σκοπό αυτό απαιτείται μεγιστοποίηση της επιφάνειας που μπορεί να συλλέξει την ηλιακή ακτινοβολία και ελαχιστοποίηση των υπολοίπων εξωτερικών επιφανειών. Ο προσανατολισμός θα πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά με βάση το μικροκλίμα και την έκθεση στον ήλιο, στοχεύοντας στην αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό γίνεται τοποθετώντας τη μακρύτερη πλευρά του κτίσματος στο νότο για τη μεγιστοποίηση της συλλογής ηλιακής ενέργειας.

Στις προτάσεις για τη μεγιστοποίηση των ενεργειακών και οικονομικών οφελών είναι η εφαρμογή συστημάτων άμεσου κέρδους αναλόγως των γεωμετρικών και θερμικών χαρακτηριστικών του κελύφους σε όλες τις θερμικές ζώνες της κατοικίας, η μεγιστοποίηση των υαλοστασίων προς τον νότο με την κατάλληλη θερμομόνωση του κελύφους, η εφαρμογή συστημάτων έμμεσου κέρδους στη βόρεια κλιματική ζώνη. Προτείνεται ακόμα τα υαλοστάσια να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας ανάλογο με την ζώνη στην οποία τοποθετούνται. Απαιτείται ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων το καλοκαίρι, καθώς και διαμπερής νυχτερινός αερισμός. Μεγιστοποίηση της απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού επιτυγχάνεται και με το σχεδιασμό του περιβάλλοντος χώρου και των υπαίθριων χώρων με βάση το μικροκλίμα.

Πολύ σημαντική είναι η μόνωση που πρέπει και να είναι η κατάλληλη για τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής αλλά και να εφαρμόζεται με επιμέλεια από ειδικούς τεχνικούς έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τις απώλειες σε θερμότητα από το εξωτερικό περίβλημα της κατοικίας. Πολύ σημαντική είναι η αποφυγή των θερμογέφυρων, των κενών σημείων χωρίς θερμομόνωση, λόγω κακής σχεδίασης ή κατασκευής.

Απαραίτητη στη βιοκλιματική κατοικία είναι η παροχή ικανοποιητικού ελεγχόμενου αερισμού κι αποφυγή της ανεξέλεγκτης διείσδυσης του αέρα. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που έχουν αναφερθεί για αυτό το σκοπό. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι αναγκαία η εκπαίδευση των χρηστών για τον αερισμό με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης συστημάτων αερισμού με εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα.

Η διευθέτηση των χώρων σε ζώνες στοχεύει στη μεγιστοποίηση της ορθολογικής χρήσης ενέργειας. Οι χώροι διευθετούνται με βάση τις ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη. Έτσι, οι χώροι που έχουν μέγιστη ανάγκη σε θέρμανση τοποθετούνται στη νότια πλευρά με τον μεγαλύτερο ηλιασμό, ενώ οι βοηθητικοί χώροι με τις λιγότερες ανάγκες θέρμανσης τοποθετούνται στη βόρεια πλευρά της κατοικίας και λειτουργούν ως ζώνες θερμικής ανάσχεσης.

Η επιλογή των παθητικών συστημάτων στη βιοκλιματική κατοικία βασίζεται στην απλότητα της χρησιμοποίησης και του χειρισμού του κάθε συστήματος, καθώς αν ο χειρισμός είναι πολύπλοκος δεν επιδρά θετικά στην αποδοτικότητα του συστήματος. Και βέβαια σημαντική είναι η συμβολή των χρηστών στη λειτουργία των συστημάτων. Η ορθολογική χρήση των παθητικών συστημάτων, αν συνδυαστούν με απλές παρεμβάσεις στο εξωτερικό της κατοικίας για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μπορούν να επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα μιας βιοκλιματικής κατοικίας έχουν ως στόχο την αξιοποίηση της ενέργειας του ήλιου για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης της κατοικίας στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Τα μεγάλης επιφάνειας υαλοστάσια στη νότια όψη της κατοικίας είναι πολύ σημαντικά για την αποτελεσματική παθητική θέρμανση. Περίπου το 60 με 70% των υαλοστασίων πρέπει να βρίσκονται στη νότια πλευρά και μόλις το 10 με 15% στην καθεμιά από τις υπόλοιπες πλευρές. Η δε ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών μέσω των υαλοπινάκων μπορεί να επιτευχθεί με διπλά τζάμια που περιέχουν αέριο στο διάκενο και βαφές χαμηλού συντελεστή ανακλαστικότητας. Τα ανοίγματα και η σκίαση προς τον νότο πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να αξιοποιούν σε μέγιστο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και τη μικρότερη δυνατή διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι. Πολύ σημαντικό ρόλο στην παθητική θέρμανση της κατοικίας παίζουν όπως είδαμε οι ηλιακοί χώροι. Η συλλογή των ηλιακών κερδών βελτιώνεται αν διαχωρισθούν οι ηλιακοί χώροι από τους θερμαινόμενους χώρους. Επίσης αναγκαία είναι η καλή μόνωση των δαπέδων για την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας και η εξασφάλιση ότι δεν σκιάζονται οι επιφάνειες που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία.

Για την θέρμανση στη βιοκλιματική κατοικία εκτός από τους μεγάλους υαλοπίνακες και τα θερμοκήπια στην νότια πλευρά μπορούν να εφαρμοστούν οι ηλιακοί τοίχοι, οι τοίχοι Trombe, οι θερμοσιφωνικοί τοίχοι, οι τοίχοι νερού και οι

ηλιακές δεξαμενές οροφής για ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις. Τα αποτελέσματα των παθητικών συστημάτων θέρμανσης μπορούν να βελτιωθούν χρησιμοποιώντας εσωτερικούς τοίχους, δάπεδα και οροφές που περιβάλλουν τους κύριους χώρους διαβίωσης με μεγάλη θερμική μάζα, για την αποθήκευση της ηλιακής θερμότητας, προκειμένου να γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας που αποθηκεύεται στους εξωτερικούς τοίχους. Στην διατήρηση της θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας βοηθούν σημαντικά τα αεροστεγανά εξωτερικά ρολά ή παντζούρια που τοποθετούνται με τους υαλοπίνακες. Τέλος, απαραίτητη είναι η επικοινωνία μεταξύ των χώρων που θερμαίνονται ηλιακά και των υπολοίπων ψυχρότερων χώρων προκειμένου να υπάρχει μεταφορά της θερμότητας με φυσική κυκλοφορία όπου απαιτείται.

Η παθητική ψύξη επιδιώκει τη διατήρηση συνθηκών άνεσης στην κατοικία με τεχνικές που δεν καταναλώνουν ενέργεια. Γι' αυτό το σκοπό τοποθετείται μόνωση στο εξωτερικό της κατοικίας, συστήματα σκίασης, χρήση ανοιχτόχρωμων χρωμάτων κλπ, προκειμένου να γίνει έλεγχος της απορρόφησης θερμότητας από το περίβλημα της κατοικίας. Η χρησιμοποίηση επίσης νυχτερινού αερισμού απομακρύνει την περίσσεια θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους της οικίας (Radovic 1996).

Ο φυσικός αερισμός στοχεύει στη δημιουργία συνθηκών άνεσης με την χρήση ελεγχόμενης διέλευσης του αέρα για δροσιά το καλοκαίρι και διατήρηση της θερμότητας τον χειμώνα. Επομένως το καλοκαίρι γίνεται χρήση ευκαιριακού αερισμού με την φυσική κυκλοφορία του αέρα για παθητική ψύξη, ενώ τον χειμώνα γίνεται περιορισμός της εισόδου εξωτερικού αέρα με αεροστεγάνωση παραθύρων και πορτών για την αποφυγή απώλειας θερμότητας από το εσωτερικό της κατοικίας. Ο μηχανικός αερισμός στις κατοικίες δεν κρίνεται απαραίτητος και σε κάθε περίπτωση πρέπει να ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας. Συνήθως συστήματα μηχανικού αερισμού χρησιμοποιούνται για παροχή καθαρού αέρα σε εσωτερικά μπάνια, κουζίνες κλπ, καθώς και προστασία από δυσμενείς συνθήκες όπως θόρυβος και μόλυνση. Τα μηχανικά συστήματα αερισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν το καλοκαίρι για να αξιοποιήσουν την νυχτερινή ψύξη εισάγοντας ψυχρό εξωτερικό αέρα στο εσωτερικό της κατοικίας.

Ο φυσικός φωτισμός επιτυγχάνεται με τη μεγιστοποίηση της χρήσης της ακτινοβολίας του ήλιου για να δημιουργούνται συνθήκες οπτικής άνεσης με φυσικό τρόπο για περισσότερες ώρες της ημέρας. Οι χώροι στους οποίους γίνονται δραστηριότητες που απαιτούν περισσότερο φως πρέπει να τοποθετούνται στα κατάλληλα σημεία της κατοικίας. Πολύ σημαντική είναι η μετατροπή του ηλιακού φωτός σε διάχυτο χωρίς να δημιουργείται θάμβωση. Ο τεχνητός φωτισμός χρησιμοποιείται όταν η στάθμη του φυσικού δεν επαρκεί για τις δραστηριότητες των κατοίκων, οπότε και προτιμάται ο επιτόπιος φωτισμός. Σκοπός είναι οι ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό να ελαχιστοποιούνται. Εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται και με την χρήση αυτόματων ανιχνευτών ατόμων στο χώρο. Προτιμότερη είναι η χρήση λαμπτήρων led χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και υψηλής απόδοσης.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την ομαλή και αποδοτική λειτουργία της βιοκλιματικής κατοικίας είναι η συμπεριφορά των χρηστών. Για να δημιουργούνται συνθήκες άνεσης με τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας, πρέπει ο μελετητής και ο κατασκευαστής να εφαρμόσουν απλές και κατανοητές στη χρήση τεχνικές. Ακόμα και τα ενεργειακά συστήματα που θα τοποθετηθούν πρέπει να είναι απλά, εύχρηστα και με οικονομική συντήρηση. Κακή χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων από τους χρήστες της κατοικίας έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση δυσφορίας και υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι μια βιοκλιματική κατοικία χρειάζεται την συμμετοχή των ενοίκων στη λειτουργία της σε μεγαλύτερο βαθμό από μια συμβατική κατοικία και η άγνοια ή αδιαφορία των κατοίκων θα έχει αρνητικά αποτελέσματα στη λειτουργία της (Heal et al. 2006).

Στις βιοκλιματικές κατοικίες επικρατούν συνθήκες άνεσης, η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή και η υγρασία στο εσωτερικό σε χαμηλά επίπεδα. Αυτά προκύπτουν με τον προσεγμένο σχεδιασμό, τον χωρισμό της κατοικίας σε ζώνες, τα μεγαλύτερα ανοίγματα στην νότια πλευρά και τα μικρά στη βόρεια για να εξασφαλίζεται ιδανικός φωτισμός, αερισμός και θέρμανση όποτε χρειάζεται με τους κατάλληλους χειρισμούς από τους ενοίκους. Είναι σαφές και ήδη αναφέρθηκε ότι η συνεργασία των κατοίκων είναι καθοριστική για την αποτελεσματική λειτουργία της βιοκλιματικής κατοικίας. Κάποιες μικρές αλλά αναγκαίες και σημαντικές ρυθμίσεις και ενέργειες των χρηστών έχουν σαν αποτέλεσμα την ορθή λειτουργία της κατοικίας και την εξάλειψη των όποιων προβλημάτων. Για τους παραπάνω λόγους απαραίτητη είναι η συμμετοχή των μελλοντικών χρηστών κατά την κατασκευή της κατοικίας τους προκειμένου να μάθουν την κατοικία, να γνωρίσουν τις ανάγκες της και να φροντίζουν να τη συντηρούν όταν είναι απαραίτητο (Givoni 1998).

Ξεχωριστό μέρος του βιοκλιματικού σχεδιασμού μιας κατοικίας αποτελεί η ενσωμάτωση των ΑΠΕ σε αυτόν (Εικ. 56). Συγκεκριμένα μιλάμε για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με φωτοβολταϊκά, της αιολικής ενέργειας με ανεμογεννήτρια, γεωθερμικής ενέργειας με εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και της βιομάζας με τη διαχείριση των αποβλήτων της κατοικίας. Είναι αρκετά σύνηθες κυρίως στην Ευρώπη η ενσωμάτωση κάποιας ή κάποιων από τις ανωτέρω ΑΠΕ στις κατοικίες. Τα οφέλη για τους ενοίκους πολύ σημαντικά. Προκύπτει περιορισμός της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για τις ενεργειακές ανάγκες των κατοικιών, έως και πλήρης απεξάρτηση από αυτά. Κι αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση χρημάτων, αλλά και προστασία του περιβάλλοντος (Lewis Owen et al. 1997).

Το κατασκευαστικό κόστος της βιοκλιματικής κατοικίας δεν διαφέρει ουσιαστικά από αυτό της συμβατικής εφόσον εφαρμόζονται απλές τεχνολογίες. Το όποιο πρόσθετο κόστος από την εφαρμογή ειδικών τεχνολογιών αποσβένεται με την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται. Σημαντική επιβάρυνση ωστόσο μπορεί να προέλθει από την ενσωμάτωση συστημάτων ΑΠΕ. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαραίτητη είναι η διενέργεια τεχνοοικονομικής μελέτης για να διαπιστωθεί αν είναι συμφέρουσα μια τέτοια εφαρμογή.

Αναφορικά με το λειτουργικό κόστος της βιοκλιματικής κατοικίας, η εφαρμογή των ηλιακών παθητικών συστημάτων επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως και 40%

συγκριτικά με μια σύγχρονη συμβατική κατοικία και μπορεί να φτάσει το 80% σε σχέση με παλιά κατοικία.

Τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κατοικιών διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Ενεργειακά: Εξοικονόμηση κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας
- Περιβαλλοντικά: Μείωση των ρύπων προς την ατμόσφαιρα και συμβολή στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου
- Οικονομικά: Μείωση κόστους καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος
- Κοινωνικά: Βελτίωση της ποιότητας της ζωής και της υγείας των ενοίκων



Εικ. 56 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική (Φραγκάκης 2021)

32 Επίλογος

Κάνοντας κανείς μια αναδρομή στην εξέλιξη των τρόπων δόμησης από τα παλιά χρόνια μέχρι τις μέρες μας θα διαπιστώσει ότι αρχικά και για τα περισσότερα χρόνια ακολουθούσαν οι άνθρωποι την παραδοσιακή δόμηση που βασιζόταν στα φυσικά τοπικά υλικά. Τους δύο τελευταίους αιώνες όμως η δόμηση έγινε σχεδόν πανομοιότυπη σε παγκόσμιο επίπεδο με τη μεγάλη ανάπτυξη του εμπορίου αλλά και των τεχνολογιών και των συνθετικών υλικών. Τα τελευταία πενήντα περίπου χρόνια και μετά την πετρελαϊκή κρίση, με τη διαπίστωση των δυσμενών κλιματικών αλλαγών που προκάλεσε η αλόγιστη χρόνια χρήση των πετρελαιοειδών, άρχισε να εισέρχεται η οικολογική προσέγγιση στον τομέα της δόμησης. Συγκεκριμένα άρχισε η ανάπτυξη τεχνολογιών σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας, την ανακύκλωση, τη βιωσιμότητα της κατοικίας. Τις τελευταίες μάλιστα δεκαετίες οι κατοικίες δεν λαμβάνονται ως μονάδες αλλά ως μέρη ενός συνόλου, οπότε επεκτάθηκε η έννοια της βιωσιμότητας σε οικιστικά σύνολα και όχι σε μεμονωμένα στοιχεία. Τέλος είναι γεγονός ότι η τελευταία εξέλιξη στη δόμηση είναι η επιστροφή στις παραδοσιακές τεχνικές ή έστω στην έμπνευση από αυτές.

Έχει δημιουργηθεί ένας κύκλος δηλαδή στους τρόπους δόμησης. Κι αυτό καθώς η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κατοικιών, αν και ως όρος είναι σύγχρονος, πρακτικά ξεκινά από τα παραδοσιακά κτίσματα παλαιότερων εποχών. Μπορεί στο παρελθόν να μην χρησιμοποιούνταν οι ονομασίες που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως βιώσιμη κατοικία, οικολογική κατοικία, πράσινη κατοικία, έξυπνη κατοικία και βέβαια βιοκλιματική κατοικία, εντούτοις οι παραδοσιακές κατοικίες είχαν πολλά οικολογικά και βιοκλιματικά στοιχεία, τόσο όσον αφορά τα χρησιμοποιούμενα υλικά δόμησης, όσο και ως προς τον εν γένει σχεδιασμό τους. Έτσι κατά κάποιον τρόπο οδηγούμαστε πάλι προς τα εκεί, προς την παραδοσιακή δόμηση. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα επιστροφή στο παρελθόν. Οι παραδοσιακές τεχνικές μπορούν να αποτελέσουν τη δοκιμασμένη οικολογική βάση για έμπνευση και για περαιτέρω έρευνες κι αυτό δεν ισχύει μόνο στη δόμηση αλλά και γενικότερα σε όλους τους τομείς. Η ιδανική πορεία προς τη βιωσιμότητα θα μπορούσε να είναι ένας συνδυασμός του νεότερου με το παλαιότερο, ένας συνδυασμός τεχνολογιών υψηλών προδιαγραφών με αντίστοιχο υψηλό κόστος, με τεχνολογίες χαμηλών προδιαγραφών χαμηλού κόστους (Cole and Lorch 2003).

Η βιοκλιματική δόμηση και η βιώσιμη ανάπτυξη είναι τα ικανά και αναγκαία στοιχεία που θα εξασφαλίσουν περισσότερο ποιοτικό και ποσοτικό χρόνο κατοίκησης της γης και θα βοηθήσουν στην εξισορρόπηση της στο βαθμό που μπορεί η ανθρωπότητα να προσφέρει. Τα πλεονεκτήματα της βιοκλιματικής δόμησης ως προς το περιβάλλον πολλά και σημαντικά. Αυτά είναι η βελτίωση και η προστασία του οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας, η βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας και των υδάτων, η μείωση των στερεών αποβλήτων, η εξοικονόμηση φυσικών πόρων, η βελτιστοποίηση των κατοικιών στη διάρκεια της ζωής τους από το στάδιο του σχεδιασμού έως το στάδιο της κατεδάφισης (Radovic 1996).

Πέραν των περιβαλλοντικών οφελών όμως, πολλά και σημαντικά είναι τα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αυτά είναι η μείωση του λειτουργικού κόστους της κατοικίας, η βελτίωση της αντικειμενικής αξίας του ακινήτου, βελτίωση της θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης, πιο υγιεινές συνθήκες διαβίωσης, βελτίωση της ποιότητας της ζωής.

Για την επικράτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού βασικός παράγοντας είναι η ευαισθητοποίηση των πολιτών και της κοινωνίας γενικότερα. Αν οι άνθρωποι δείξουν προτίμηση σε συγκεκριμένα προϊόντα και τεχνολογίες, στην περίπτωση μας στις βιοκλιματικές, η αγορά θα προσαρμοστεί ανάλογα, άρα και η οικονομία και η πολιτική των κρατών. Αν ο καθένας κάνει πράξη τις αρχές της βιοκλιματικής τεχνολογίας και της βιωσιμότητας για τη δική του κατοικία, σταδιακά θα βελτιωθεί η κοινότητα, η πόλη, η χώρα και τελικά ο πλανήτης. Πέρα από τις όποιες αναλύσεις τεχνικές, οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές, ψυχολογικές, η βιοκλιματική δόμηση και η βιώσιμη ανάπτυξη δεν χρειάζονται περίπλοκα και δαπανηρά συστήματα, παρά μόνο ευαισθητοποιημένους ανθρώπους.

33 Βιβλιογραφία

- Almeida, R., Simoes, N., Tadeu, A., Palha, P. & Almeida, J. 2019, Thermal behaviour of a green roof containing insulation cork board. An experimental characterization using a bioclimatic chamber, *Building and Environment*, no. 160.
- Anink, D., Boonstra, C. & Mak, J. 1996, *Handbook for a Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment*, Earthscan Publications Ltd, London.
- Back, Y., Bach, P.M., Jasper-Tonnies, A., Rauch, W. & Kleidorfer, M. 2021, A rapid fine-scale approach to modelling urban bioclimatic conditions, *Science of the Total Environment*, no. 756.
- Bilgen, E. & Vasseur, P. 1994, Heat transfer in solar-bioclimatic houses, *Renewable Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 1124-1131.
- Bougiatioti, F. & Oikonomou, A. 2017, The bioclimatic performance of towns and settlements as defined by Byzantine Building Codes, *Procedia Environmental Sciences*, no. 38, pp. 651-657.
- Camara, T., Kamusu-Fognem, B., Diourte, B., Issa Maiga, A. & Habbadi, A. 2017, Management and assessment of performance risks for bioclimatic buildings, *Journal of Cleaner Production*, no. 147, pp. 654-667.
- Cardinale, N., Francese, Publishers, Dordrecht, pp. 59-76. D. & Ruggiero, F. 2001, Bio-Climatic Technologies in Mediterranean Countries in *Towards Sustainable Building*, Nicola Maiellaro, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 59-76.
- Cole, R. & Lorch, R. 2003, *Building, Culture and Environment: informing local & global practices*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Colombo, R., Landabaso, A., & Sevilla, A. 1994, *Passive Solar Architecture for Mediterranean Area: Design Handbook*, Joint Research Centre, Commission of the European Communities, Brussels.
- Convertino, F., Di Turi, S. & Stefanizzi, P. 2017, The color in the vernacular Bioclimatic architecture in Mediterranean region, *Energy Procedia*, no. 126,

pp. 211-218.

Couvelas, A. 2020, Bioclimatic building design theory and application, *Procedia Manufacturing*, no. 44, pp. 326-333.

Gallo, C. 1994, Bioclimatic Architecture, *Renewable Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 1021-1027.

Ganem, C., Esteves, A. & Coch, H. 2006, Traditional climate-adapted typologies as a base for a new contemporary architectural approach, *Proceedings of the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva.

Givoni, B. 1998, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Goulding, J., Owen Lewis, J. & Steemers, T.C. 1996, *Energy in Architecture: The European Passive Solar Handbook*, Batsford, London.

Goulding, J. & Owen Lewis, J. 1997, *Bioclimatic architecture*, European Commission, LIOR E.E.I.G., Hoeilaart, Available from https://issuu.com/jean-yvesmesnil/docs/mb_bioclimatic_architecture [10/6/2021].

Harrison, R., Mortimer, N.D. & Smarason, O.B. 1990, *Geothermal heating: a handbook of engineering economics*, Pergamon Press, Oxford.

Hastings, R.S. & Morck, O. 2000, *Solar Air Systems: a Design Handbook*, James & James, London.

Heal, A., Paradise, C. & Forster, W. 2006, The Vernacular as a Model for Sustainable Design, *Proceedings of the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva.

Hussein, H. & Jamaludin, A.A. 2015, POE of Bioclimatic Design Buildings towards promoting Sustainable Living, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, no. 168, pp. 280-288.

International Energy Agency. 1991, Guidelines for the Economic Analysis of Renewable Energy Technology applications based on the findings of the *International Energy Agency Workshop on the Economics of Renewable Energy Technologies*, Chateau Montebello, Quebec, Canada, 17-21 Oct. 1987, OECD/IEA, Paris.

- Irulegi, O., Torres, L., Serra, A., Mendizabal, I. & Hernandez, R. 2014, The Ekihouse: An energy self-sufficient house based on passive design strategies, *Energy and Buildings*, vol. 83, pp. 57-69.
- Kolokotroni, M. & Young, A.N. 1990, Guidelines for Bioclimatic Housing Design in Greece, *Building and Environment*, vol. 25, no. 4, pp. 297-307.
- Lechner, N. 2001, *Heating, Cooling, Lightening: Design Methods for Architects*, 2nd ed, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Lewis Owen, J., Goulding, J. & Brophy, V. 1997, *Solar Bioclimatic Architecture*, Brussels.
- Lewis Owen, J. & Goulding, J. 1999, *European Directory of Sustainable and Energy Efficient Building 1999*, Routledge, Oxford.
- Maciel, A., Ford, B. & Lamberts, R. 2007, Main influences on the design philosophy and knowledge basis to bioclimatic integration into architectural design: The example of best practices, *Building and Environment*, vol. 42, pp. 3762-3773.
- Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F.G, Sabio-Ortega, A. & Garcia-Cruz, A. 2015, Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 49, pp. 736-755.
- Mastouri, H. Bahi, H., Radoine, H. & Benhamou, B. 2020, Improving energy efficiency in buildings: Review and Compiling, *Materials Today: Proceedings*, no. 27, pp. 2999-3003.
- Muneer, T. 2004, *Solar Radiation and Daylight Models*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Omar, A.I., David, D., Vergnault, E., Virgone, J. & Idriss, A.I. 2020, A new set of indicators to evaluate the bioclimatic performance of air-conditioned building in a hot and humid climate, *Journal of Building Engineering*, no. 31.
- Pajek, L. & Kosir, M. 2018, Implications of present and upcoming changes in bioclimatic potential for energy performance of residential buildings, *Building and Environment*, vol. 127, pp. 157-172.
- Radovic, D. 1996, Bioclimatic design as the core of Environment Programmes, *Energy and Buildings*, vol. 23, pp. 271-275.

- Rincon-Martinez, J.C. & Fuentes-Freixanet, V.A. 2014, Bioclimatic analysis tool: An alternative to facilitate and streamline preliminary studies, *Energy Procedia*, no. 57, pp. 1374-1382.
- Sala, M. & Ceccherini, N. 1994, Bioclimatic Architecture in Europe: a handbook in advanced technology, *Renewable Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 1173-1177.
- Sala, M. 1998, Advanced bioclimatic architecture for buildings, *Renewable Energy*, no. 15, pp.271-276.
- Savvides, A., Michael, A., Malakton, E. & Philokypron, M. 2016. Examination and Assessment of insolation conditions of streetscapes of traditional settlements in the Eastern Mediterranean area. *Habitat International*, no. 53, pp. 442-452.
- Sayigh, A. & Marafia, A.H. 1998, Chapter 1 – Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 2, pp. 3-24.
- Soflaei, F., Shokouhian, M., Tabadkani, A., Moslehi, H. & Beraroli, U. 2020, A simulation-based model for courtyard housing design based on adaptive thermal comfort, *Journal of Building Engineering*, no. 31.
- Soutullo, S., Sanchez, M.N., Enriquez, R., Olmedo, R., Jimenez, M.J. & Heras, M.R. 2016, Comparative thermal study between conventional and bioclimatic office buildings, *Building and Environment*, no. 105, pp. 95-103.
- Soutullo, S., Sanchez, M.N., Enriquez, R., Olmedo, R. & Jimenez, M.J. 2017, Bioclimatic vs Conventional Building: experimental quantification of the thermal improvements, *Energy Procedia*, no. 122, pp. 823-828.
- Stasi, R., Liuzzi, S. Paterno, S., Ruggiero, F., Stefanizzi, P. & Stragapede, A. 2020, Combining bioclimatic strategies with efficient HVAC plants to reach nearly-zero building goals in Mediterranean climate, *Sustainable Cities and Society*, no. 63.
- Stefanou, J., Siakavelas, M. & Mitoula, R. 2004, Greek bio-climatic design and the Sustainable Development, *Proceedings on the Conference CORP 2004 & Geo-multimedia 04*, Vienna.
- Tejero-Gonzalez, A., Andres-Chicote, M., Garcia-Ibanez, P., Velasco-Gomez, E. & Rey-Martinez, F.J. 2016, Assessing the applicability of passive cooling and

heating techniques through climate factors: An overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 65, pp. 727-742.

Tzikopoulos, A.F., Karatza, M.C. & Paravantis, J.A. 2005, Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings, *Energy and Buildings*, vol. 37, pp. 529-544.

Zuhairy, A.A. & Sayigh, A.M. 1993, The development of the bioclimatic concept in building Design, *Renewable Energy*, vol. 3, no. 4/5, pp. 521-533.

Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε. 2006, *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Αξαρχή, Κ. 2009, *Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού*, ΤΕΕ, Θεσσαλονίκη.

Αραβαντινός, Δ. 2009, *Κλίμα και βιοκλιματική αρχιτεκτονική: η επιρροή του φυσικού περιβάλλοντος και των κλιματικών χαρακτηριστικών στον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου*, Κτίριο: Αρχιτεκτονική και Ενέργεια, τόμ. 7/2009, σσ. 31-38.

Κάντζιας, Π. 2020, *Πρόταση μετεξέλιξης του ΣΜΑ Σχιστού σε σύγχρονη μονάδα διαχείρισης οργανικών αποβλήτων: διπλωματική εργασία*, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα.

ΚΑΠΕ. 1992, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα*, ΚΑΠΕ, Αθήνα.

Κοντορούπης, Γ. Μ. 2002, *Ενεργειακός-Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Οικισμών*, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Κοντορούπης, Γ. Μ. 2004, *Φυτοτεχνικές Παρεμβάσεις και Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου και Χώρων Πρασίνου από τη Σκοπιά του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού*, Αθήνα.

Κοσμόπουλος, Π. (επιμ.), 2008, *Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Λάζαρη, Ε. 2002, *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής*, ΚΑΠΕ, Αθήνα.

Νικολούδης, Σ. 2013, *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παραδοσιακή αρχιτεκτονική: διπλωματική εργασία*, ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα.

Τσίππρας, Κ. & Θέμης, Σ. 2005, *Οικολογική Αρχιτεκτονική*, Κέδρος, Αθήνα.

Τσίππρας, Κ. 1996, *Το οικολογικό σπίτι*, Λιβάνης, Αθήνα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. 2012, *Σχέδιο Νόμου «Νέος Οικοδομικός Κανονισμός»*, Αθήνα.

Χεγκάζι, Κ. 2009, *Βιοκλιματική δόμηση και βιώσιμη ανάπτυξη: διπλωματική εργασία*, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα.

Πηγές Εικόνων & Σχημάτων

Afoi Elezi (2019). *Θέλετε να μάθετε περισσότερα για την Θερμομόνωση;* [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://monoelezi.gr/μονώσεις-θερμομονώσεις/> [15 Νοεμβρίου 2021].

Aspect-architects (2021). *Υπόσκαφη κατοικία*, [Ιστοσελίδα], Aspect-architects. Διαθέσιμο από: <https://aspect-architects.gr/portfolio/10-yposkafes-exohikes-katoikies/> [13 Νοεμβρίου 2021].

Bioclima (χ.χ.). *Βασικές έννοιες γύρω από την θερμομόνωση και την ποιότητα εσωτερικού αέρα*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://bioclima.gr/vasikes-ennoies-themomonosi/> [16 Νοεμβρίου 2020].

Blendspace (2021). *Hopi houses*, [Online], Blendspace. Available from: <https://www.blendspace.cm/lessons/eXaHQstoBsnD9g/copy-of-native-american-tribes> [12 November 2021].

Daidalos engineering χ.χ. *Project category: Κατοικίες*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: https://daidalosengineering.gr/daidalos_project_category/residences/ [14 Νοεμβρίου 2021].

Diana (2021). *Ηλιακός κλιματισμός*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.diana-solar.gr/ηλιακός-κλιματισμός/> [14 Νοεμβρίου 2021].

DS New Energy (χ.χ.). *Ηλιακός κλιματισμός*. [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://gr.dsnsolar.com/solar-air-conditioning/high-efficiency-solar-room-air-conditioner.html> [15 Νοεμβρίου 2021].

Ecobau (2020). *Μονωτικά τζάμια*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.ecobau.gr/μονωτικά-τζάμια/> [16 Νοεμβρίου 2021].

- ecohabitat (2018). *Ηλιακό σπίτι με εφαρμογή του τοίχου Trombe*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: https://www.ecohabitat.gr/el/house_trombe/ [14 Νοεμβρίου 2021].
- ecoRocks (χ.χ.). *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική*, [Ιστοσελίδα], ecoRocks.net. Διαθέσιμη από: <https://ecorocks.wordpress.com/βιοκλιματική-αρχιτεκτονική/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Envirocrete (n.d.). *Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού*, [Online], Envirocrete. Available from: <https://envirocrete.org.za/bioclimate-building/> [12 Νοεμβρίου 2021].
- Ergon Equipment (2013). *Θερμικά ηλιακά συστήματα*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: http://www.ergon.com.gr/hliaka_thermika_systimata.php [15 Νοεμβρίου 2021].
- 4Green (2021). *Φύτεψε την ταράτσα σου!* [Ιστοσελίδα], 4green.gr. Διαθέσιμη από: https://www.4green.gr/news/data/g-ebuildings/Fytpse-thn-taratsa-soy_113523.asp [13 Νοεμβρίου 2021].
- Greencom (2019). *Φυσικός αερισμός κατοικίας*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://greencom.gr/βιοκλιματικη-κατοικια/βιοκλιματικη-κατοικια/airflow/> [16 Νοεμβρίου 2021].
- Green Therm (2016). *Γεωθερμία*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμη από: <https://gtherm.gr/%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Iberdrola (2021). *Bioclimatic architecture, buildings that respect the environment*, [Online], Iberdrola. Available from: <https://www.iberdrola.com/innovation/bioclimate-architecture-passivhaus> [12 November 2021].
- Kartal, S. and Chousein, Ö. (2016), "Utilization of renewable energy sources in bioclimatic architecture in Greece", *World Journal of Engineering*, Vol. 13 No. 1, pp. 18-22. Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/WJE-02-2016-002/full/html> [13 November 2021].

- KGreen (2019). *Φυτεμένο Δώμα – μια όαση στην ταράτσα σας*, [Ιστοσελίδα], 4green.gr. Διαθέσιμο από: <https://kgreen.gr/blog/Τεχνολογικά-Νέα/φυτεμένο-δώμα-μια-όαση-στην-ταράτσα-σα/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Khurana, G.S. (2016). *Bioclimatic Architecture – Methods of construction*, [Online], Archistudent.net. Available from: <https://archistudent.net/bioclimatic-architecture-construction-method/> [13 November 2021].
- Ktm.cres (χ.χ.). *Βιομάζα*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <http://ktm.cres.gr/bibliothiki/Ape/biomaza.php> [16 Νοεμβρίου 2021].
- Macon (2021). *Μόνωση ταράτσας: Συμβατική ή ανεστραμμένη;* [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμη από: <https://macon.gr/monosi-taratsas-symvatiki-i-anestrammeni/> [16 Νοεμβρίου 2021].
- Manzano-Agugliaro, F. et al (2015). *Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort*, [Online], ScienceDirect. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115003652> [16 Νοεμβρίου 2021].
- MichanikosApps (2015). *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική: Δείτε τα Πλεονεκτήματά της!* [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.michanikosapps.gr/blog/3564> [14 Νοεμβρίου 2021]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115003652>
- Parallaxi (2019). *Ο κάθετος κήπος που προσπερνάς στην Τούμπα είναι πιο σημαντικός από όσο νομίζεις*, [Ιστοσελίδα], Parallaximag.gr. Διαθέσιμο από: <https://parallaximag.gr/thessaloniki/kathetos-kipos-pou-prospernas-stin-toumpa-einai-pio-simantikos-aro-oso-nomizeis> [14 Νοεμβρίου 2021].
- Protothema (2014). *Ενεργειακοί υαλοπίνακες: Όπως τα τζάμια; Όχι ακριβώς...* [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.protothema.gr/afieromata/energeiaka-spitia/article/352082/energeiakoι-ualopinakes-opos-ta-tzamia-ohi-akrivos/> [16 Νοεμβρίου 2021].

- SgAGroup (2014). Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <http://www.sgagroup.gr/sga-kataskeyastiki/bioklimatiki-arxitektoniki> [16 Νοεμβρίου 2021].
- Shehadi, M. (2020). *Net-Zero Energy Buildings: Principles and Applications*, [Online]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/71982> [16 November 2020].
- StavropoulouArchitects (n.d.). *Bioclimatic Principles*, [Online]. Available from: <https://www.stavropoulou.archi/about-us> [16 November 2021].
- Studio3+1 architects (2017)¹. *Κάτοψη της ξύλινης κατοικίας στην Πάρνηθα*, [Ιστοσελίδα], Studio3+1 architects. Διαθέσιμο από: <http://www.studio3plus1.gr/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Studio3+1 architects (2017)². *Μακέτα ξύλινης κατοικίας στην Διώνη*, [Ιστοσελίδα], Studio3+1 architects. Διαθέσιμο από: <http://www.studio3plus1.gr/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Studio3+1 architects (2017)³. *Μακέτα της ξύλινης κατοικίας στην Πάρνηθα (1)*, [Ιστοσελίδα], Studio3+1 architects. Διαθέσιμο από: <http://www.studio3plus1.gr/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Studio3+1 architects (2017)⁴. *Μακέτα της ξύλινης κατοικίας στην Πάρνηθα (2)*, [Ιστοσελίδα], Studio3+1 architects. Διαθέσιμο από: <http://www.studio3plus1.gr/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Studio3+1 architects (2017)⁵. *Τομή ξύλινης κατοικίας στην Διώνη*, [Ιστοσελίδα], Studio3+1 architects. Διαθέσιμο από: <http://www.studio3plus1.gr/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Triedrasi (2014). *Αερισμός Δροσισμός*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από http://www.triedrasi.gr/index.php/aerismos_drosismos.html [15 Νοεμβρίου 2021].
- Tzouganatos (2021). *Γεωθερμικά συστήματα*, [Ιστοσελίδα], Tzouganatos heating –

cooling & energy systems. Διαθέσιμο από:
https://energy.tzouganatos.gr/?section=2088&language=el_GR [13
Νοεμβρίου 2021].

Vsaduidoma (2020). *Κατακόρυφη κηπουρική*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμη από:
<https://vsaduidoma.com/el/2020/08/05/vertikalnoe-ozelenenie-svoimi-rukami-dom-steny-zabor-i-pr-ot-a-do-ya/> [14 Νοεμβρίου 2021].

Watson, D. (2017). *Bioclimatic design*, [Online], Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Available from: <https://irp-cdn.multiscreensite.com/66b9420d/files/uploaded/3%20Bioclimatic%20Design.pdf> [16 November 2021].

Windipedia (2011). *Πότε θα κάνω απόσβεση εάν επενδύσω στις μικρές ανεμογεννήτριες*; [Ιστοσελίδα], Windipedia.info. Διαθέσιμο από: <http://mikres-anemogenitries.blogspot.com/2012/06/> [13 Νοεμβρίου 2021].

Υraithros (2017). *Τα μυστικά των βιοκλιματικών κατασκευών*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.yraithros.gr/mystika-vioklimatikon-kataskeyon-135-euro-xrono-thermansipsixi/> [14 Νοεμβρίου 2021].

Ζουμπουρλής, Γ. & Ετμεκτζόγλου, Σ. (χ.χ.). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιριακών κατασκευών*. [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:
http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2226/pol_201400691.pdf?sequence=1 [14 Νοεμβρίου 2021].

Καθημερινή (2011). *Συμφέρουσα επένδυση για σπίτια και εξοχικά οι μικρές ανεμογεννήτριες*, [Ιστοσελίδα], EnergyPress. Διαθέσιμο από:
<https://energypress.gr/news/symferoysa-ependysi-gia-spitia-kai-exohika-oi-mikres-anemogennitries> [13 Νοεμβρίου 2021].

ΚΑΠΕ (2017). *Ηλιακό σπίτι Σωκράτη*, [Ιστοσελίδα], ΚΑΠΕ. Διαθέσιμο από:
<http://www.cres.gr/greenbuilding/Workshop/4.pdf> [12 Νοεμβρίου 2021].

ΚΑΠΕ (χ.χ.)¹. *Εξατμιστικός δροσισμός*, [Ιστοσελίδα], ΚΑΠΕ. Διαθέσιμο από:
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm [15 Νοεμβρίου 2021].

- ΚΑΠΕ (χ.χ.)². *Ηλιακοί τοίχοι*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm [14 Νοεμβρίου 2021].
- ΚΑΠΕ (χ.χ.)³. *Ηλιακός χώρος (Θερμοκήπιο)*. [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakos_xoros.htm [14 Νοεμβρίου 2021].
- ΚΑΠΕ (χ.χ.)⁴. *Θερμικά ηλιακά συστήματα*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:
<http://www.cres.gr/kape/education/thermika%20Hliaka.pdf> [14 Νοεμβρίου 2021].
- Καρακώστα, Λ. (2007). *Φυσικός φωτισμός: ο έξυπνος και οικονομικός φωτισμός*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.flashlight.gr/Άρθρα-m12/Ιδέες-Λύσεις-s24/Φυσικός-φωτισμός-ο-έξυπνος-και-οικονομικός-φωτισμός-id458> [14 Νοεμβρίου 2021].
- Κτίριο Εκδόσεις (χ.χ.)¹. *Μετακινούμενα panels σκίασης*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://www.ktirio.gr/el/ιδέες/σκίαση/μετακινούμενα-panels-σκίασης/> [16 Νοεμβρίου 2021].
- Κτίριο Εκδόσεις (χ.χ.)². *Πέργκολες σε κατοικία στην Πάρο*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από: <https://ktirio.gr/el/ιδέες-σκίαση/πέργκολες-σε-κατοικία-στην-Πάρο> [16 Νοεμβρίου 2021].
- Παλιογιάννης (2018). *Ενεργειακά τζάκια*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:
<https://paliogiannis.gr/proionta/thermansia-kai-ygraerio/energeiaka-tzakia/> [14 Νοεμβρίου 2021].
- Το Βήμα Team (2013). *ΥΠΕΚΑ: «Κούρεμα» και στα οικιακά φωτοβολταϊκά*, [Ιστοσελίδα], Το Βήμα. Διαθέσιμο από:
<https://www.tovima.gr/2013/05/10/finance/ypeka-koyrema-kai-sta-oikiaka-fwtoboltaika/> [13 Νοεμβρίου 2021].
- Τσαγκρασούλης, Α. (χ.χ.). *Φυσικός φωτισμός: Τρέχουσες τεχνικές και τεχνολογία*,

[Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:

<https://www.ashrae.gr/perch/resources/presentationtsangrassoulis20140225.pdf> [14 Νοεμβρίου 2021].

ΥΠΕΚΑ (2010). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων*, Τεχνική οδηγία Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010, Διαθέσιμο από:

http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf [14 Νοεμβρίου].

Φραγκάκης (2021). *Βιοκλιματική αρχιτεκτονική*, [Ιστοσελίδα]. Διαθέσιμο από:

<https://www.xn---ylbaqknabc9ci5aehjki.gr/en/building-energy-upgrading/bioclimatic-architecture.html> [16 Νοεμβρίου 2021].

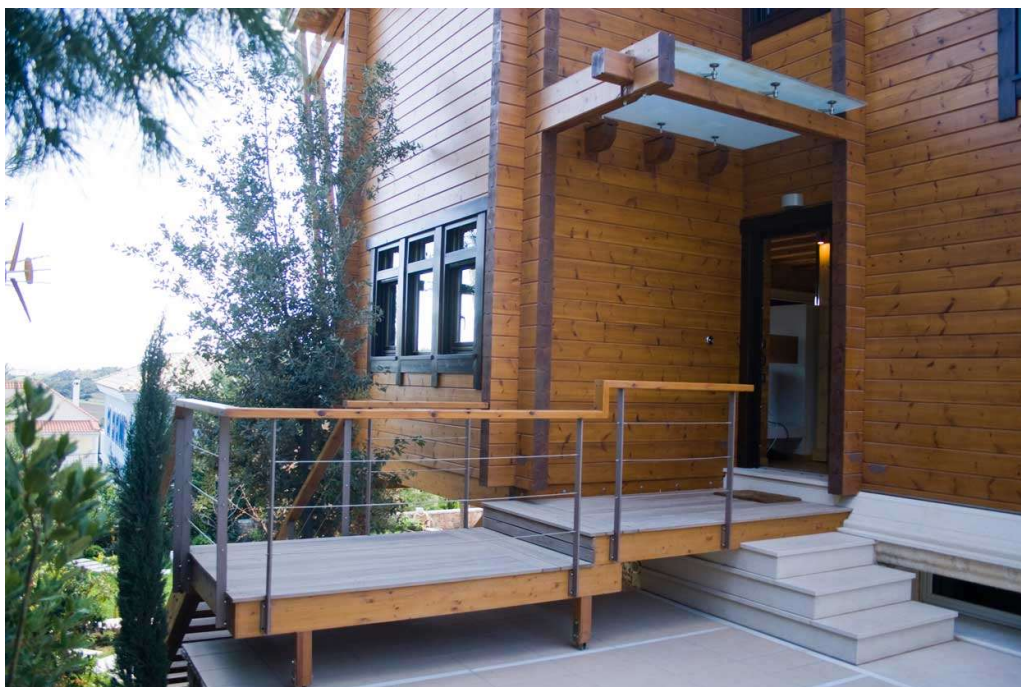
34 Παράρτημα

Φωτογραφίες των τριών βιοκλιματικών κατοικιών που παρουσιάζονται στο κεφ, 30.

α) Κατοικία στη Διώνη



Εικ. 57 Κύρια βόρεια όψη



Εικ. 58 Είσοδος κατοικίας



Εικ. 59 Νότια όψη



Εικ. 60 Κατασκευαστική λεπτομέρεια



Εικ. 61 Εσωτερικό του ισογείου

β) Κατοικία στον Διόνυσο



Εικ. 62 Εξωτερική άποψη



Εικ. 63 Εξωτερικός χώρος



Εικ. 64 Εσωτερική σκάλα και υαλοπίνακες



Εικ. 65 Κατασκευαστική λεπτομέρεια

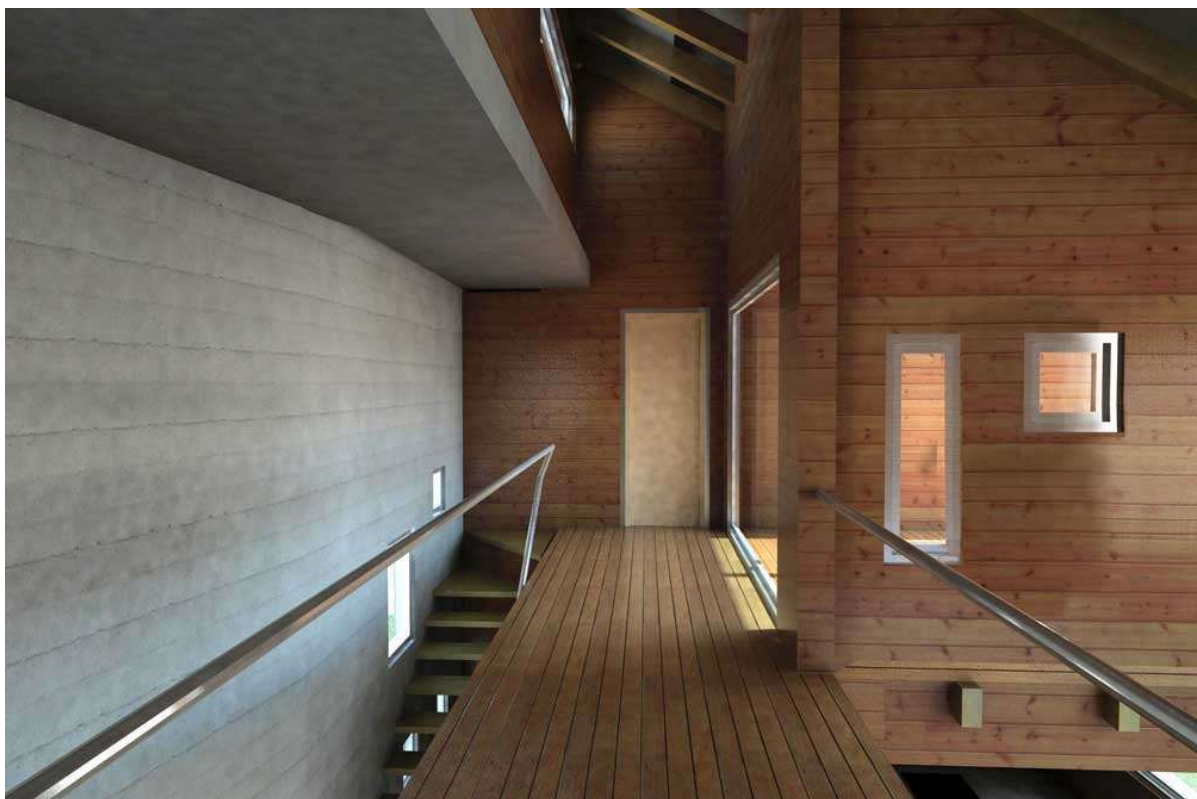


Εικ. 66 Εσωτερική άποψη

γ) Κατοικία στην Πάρνηθα



Εικ. 67 Εσωτερική άποψη της κατοικίας (ισόγειο)



Εικ. 68 Εσωτερική άποψη της κατοικίας (όροφος)