



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦ. ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΜΣ «ΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Ενεργειακή αναβάθμιση κελυφών σχολικών κτιρίων



Ευθυμία Καραγκούνη

Επίβλεψη: Άρης Τσαγκρασούλης

Ιούνιος 2018

Δήλωση

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ιούνιος 2018

Ευθυμία Καραγκούνη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
Α. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	7
Β. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ	7
Γ. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	8
ΜΕΡΟΣ Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	10
1.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ	10
1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	19
1.2.1 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΠΕ.....	19
1.2.3 ΕΘΝΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	24
1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΕΛΥΦΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	34
2.1 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	34
2.2 ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ.....	40
2.2.1 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	41
2.2.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ.....	43
2.2.3 ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ.....	49
2.3 ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ.....	51
2.4 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	55
2.5 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	58
2.5.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	59
2.5.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	64
2.5.3 ΒΙΟΜΑΖΑ.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ– ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΕΙΑ.....	70
3.1 ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	70
3.1.1 ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	71
3.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ.....	73
3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	74
3.3 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	78
3.3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ.....	79
3.3.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	83
3.4 ΔΡΑΣΕΙΣ-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ	85
3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	88
ΜΕΡΟΣ Β. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΗ ΛΑΜΙΑ.....	94
4.1 Η ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΛΑΜΙΑΣ	94
4.1.1 ΘΕΣΗ-ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ	94

4.1.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΜΙΑΣ	98
4.2 ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ	102
4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	102
4.2.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	107
4.2.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	109
4.2.3.1 ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ.....	109
4.2.3.2 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ	109
4.2.3.3 ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ - ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	111
4.2.3.4 ΟΡΟΦΕΣ –ΔΩΜΑΤΑ – ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ	111
4.2.3.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ.....	112
4.2.3.6 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ.....	114
4.2.3.7 ΑΕΡΙΣΜΟΣ-ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	120
4.2.4 ΑΥΛΕΙΟΣ ΧΩΡΟΣ	121
4.2.5 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	125
5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΝΑΚ.....	125
5.1.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	126
5.1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	128
5.1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	129
5.1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ U	130
5.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΝΑΚ.....	131
5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ	140
5.3.1 ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	140
5.3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	141
ΜΕΡΟΣ Γ	145
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	145
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	145
6.2 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	147
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	150
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	150
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	152
ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ	153
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	153

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κτιριακός πλούτος της χώρας πρέπει σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης, να αποκτήσει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά μέσω της σωστής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, εκτός από την ασφάλεια και την αισθητική που μέχρι σήμερα ήταν τα κυριότερα στοιχεία ενός κτιρίου, προστίθεται και η μέριμνα, έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας να είναι κατά το δυνατόν χαμηλότερη, με ταυτόχρονη εξασφάλιση άριστων συνθηκών για τους χρήστες. Η αποτελεσματικότερη διαχείριση της ενέργειας προστατεύει άμεσα και έμμεσα το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και επιπλέον συμβάλει στην οικονομία όχι μόνο των χρηστών των κτιρίων αλλά και της ίδιας της χώρας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα σχολικά κτίρια, μέσα από την εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού και τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας με παρεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος.

Αρχικά, γίνεται μια αναφορά της σημερινής ενεργειακής κατάστασης και του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού. Ακολουθεί θεωρητική προσέγγιση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, των σύγχρονων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας όσον αφορά το κτιριακό κέλυφος, με έμφαση στα στοιχεία που μπορούν να εφαρμοστούν σε υφιστάμενα κτίρια. Η θεωρητική ανάλυση συνεχίζεται με συνοπτική περιγραφή της τυπολογίας των σχολικών κτιρίων της χώρας μας, των βασικών χαρακτηριστικών τους ανάλογα την περίοδο κατασκευής τους, των δράσεων για «βιοκλιματικά σχολεία» με παραδείγματα από τον ελληνικό και διεθνή χώρο και των μεθόδων περιβαλλοντικής αξιολόγησης και πιστοποίησης κτιρίων.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, αξιολογείται η ενεργειακή απόδοση ενός υφιστάμενου τυπικού σχολείου στην πόλη της Λαμίας και μελετώνται κάποιες ενδεικτικές παρεμβάσεις στο κέλυφος με στόχο την ενεργειακή αναβάθμισή. Με τη χρήση λογισμικού υπολογίζεται κάθε φορά η εξοικονομούμενη ενέργεια, το κόστος εφαρμογής και η περίοδος αποπληρωμής. Από την ανάλυση προκύπτουν συμπεράσματα σχετικά με την βελτίωση ή όχι της ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων παλαιών κτιρίων.

Λέξεις κλειδιά: κέλυφος σχολικού κτιρίου, ενεργειακή αναβάθμιση

ABSTRACT

The building stock of the country must, according to modern living standards, achieve better energy behavior through proper management and energy saving. In this way, in addition to the building safety and aesthetics that until now have been the main elements of a building, care is also taken to ensure that energy consumption is as low as possible while ensuring excellent conditions for users. More efficient energy management directly and indirectly protects the environment, saves energy resources and also contributes to the economy not only of building users but also of the country itself.

This diploma thesis focuses on the potential of saving energy in existing school buildings, by applying the principles of bioclimatic design and the use of modern energy saving technologies with interventions in the building shell.

To begin with, an account of the current energy situation and national energy planning is given. What follows is a theoretical approach of the principles of bioclimatic design, modern energy-saving technologies for the building shell, emphasizing the elements that can be applied to existing buildings. The theoretical analysis continues with a brief description of the typology of the school buildings of our country, their basic characteristics, according to the period of their construction, the actions for "bioclimatic schools" with examples from schools in Greece and abroad and the methods of environmental assessment and certification of buildings.

In the second part of the paper, the energy efficiency of an existing typical school in the city of Lamia is assessed and some possible interventions in the shell are suggested for the purpose of energy rehabilitation. By using software, the saved energy, application costs and payback period are calculated each time. The analysis leads to conclusions on whether the energy performance of existing old buildings has improved or not.

Key words: school building shell, energy rehabilitation

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, η αύξηση της θερμοκρασίας της γης, η μείωση των ενεργειακών πόρων και τα απειλούμενα οικοσυστήματα συνιστούν προεκτάσεις του ενεργειακού προβλήματος που πρέπει να αντιμετωπιστούν τόσο από τα κέντρα αποφάσεων με συστηματική εφαρμογή υπεύθυνων μεθόδων όσο και από μεμονωμένες πρωτοβουλίες στο μερίδιο που τους αντιστοιχεί.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές της αρχιτεκτονικής που πρεσβεύει όπως το κλίμα κάθε περιοχής στοχεύει στην εξασφάλιση των επιθυμητών εσωκλιματικών συνθηκών θέτοντας ως προϋπόθεση την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές στο έπακρο (ήλιο, αέρα-άνεμο, νερό, έδαφος).

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό στοχεύει στην προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον, στην βελτίωση του μικροκλίματος, στην άνεση των χρηστών και στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν περιορίζει τη δράση του μόνο σε μακροσκοπικό επίπεδο, καθώς συμβάλλει τα μέγιστα στη βελτίωση της ποιότητας ζωής παρέχοντας συνθήκες υγιεινής διαβίωσης των ατόμων που επιλέγουν τα βιοκλιματικά κτίρια. Πρόκειται για τον σχεδιασμό που περιστρέφεται γύρω από δύο κέντρα: τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η ανάλυση των κύριων τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας που βρίσκουν εφαρμογή στο κτιριακό κέλυφος και τα ενεργειακά συστήματα των δημοσίων χώρων και δη των σχολείων και η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς κάποιου υφιστάμενου σχολείου. Ο στόχος είναι η ενεργειακή αναβάθμιση αυτού με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας με παρεμβάσεις μόνο ως προς το κέλυφος και η εξαγωγή συμπερασμάτων, ώστε να αναδειχθεί αν επαρκούν μόνο αυτές ή όχι.

B. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Αρχικά, γίνεται βιβλιογραφική προσέγγιση των βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού, με έμφαση σε αυτές που είναι εφαρμόσιμες σε υφιστάμενα κτίρια και δη στα κελύφη αυτών. Στη συνέχεια, επιλέγεται ένα υφιστάμενο τυπικό σχολικό συγκρότημα στο Δήμο Λαμιέων και διερευνάται η ενεργειακή του συμπεριφορά.

Με τη χρήση του λογισμικού Ecotect Analysis (solar tool) διερευνήθηκαν οι συνθήκες ηλιασμού/σκιασμού τυπικών ανοιγμάτων. Με τη βοήθεια υπολογιστικών προγραμμάτων (TEE-KENAK), αξιολογείται βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) το κέλυφος ως προς τον έλεγχο θερμικών απωλειών και των ηλιακών προσόδων, οι εγκαταστάσεις θέρμανσης- φωτισμού ως προς την απόδοσή τους και γίνεται ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.

Στη συνέχεια, μελετώνται κάποια αντιπροσωπευτικά σενάρια βελτίωσης του κτιρίου, που αφορούν βελτιώσεις που πραγματοποιούνται συνήθως από τους Δήμους σε σχολικά κτίρια. Αυτά περιλαμβάνουν θερμική προστασία κελύφους με αλλαγή στα κουφώματα, βελτίωση της θερμοπροστασίας του κελύφους με θερμομονωτικά υλικά εξωτερικά του κτιρίου και την εγκατάσταση φυτεμένου δώματος. Η σύγκριση κόστους-οφέλους βοηθά στην επιλογή των συμφερότερων παρεμβάσεων.

Γ. ΔΙΑΦΘΡΩΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία δομείται σε τρία μέρη, στο Θεωρητικό σκέλος, στη μελέτη περίπτωσης και στα συμπεράσματα.

Αναλυτικότερα, η θεωρητική προσέγγιση αναπτύσσεται σε τρία κεφάλαια:

Στο **Κεφάλαιο 1**, παρουσιάζεται η ενεργειακή κατάσταση τόσο σε διεθνές όσο και σε τοπικό επίπεδο. Αποτιμάται η σημερινή κατάσταση με τη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και αναλύεται ο εθνικός σχεδιασμός και η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Στο **Κεφάλαιο 2**, γίνεται αναφορά στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων, με περεταίρω ανάλυση σε εφαρμογές αυτού στα κτιριακά κελύφη.

Στο **Κεφάλαιο 3**, αναλύεται η τυπολογία και τα γενικά χαρακτηριστικά των σχολικών κτιρίων της Ελλάδας, αναφέρονται παραδείγματα βιοκλιματικών – «πράσινων» σχολείων και εκτιμάται η συνεισφορά τόσο των οικονομικών προγραμμάτων του κράτους όσο και της ιδιωτικής πρωτοβουλίας στην πιστοποίηση των κτιρίων.

Στη μελέτη περίπτωσης, υπάρχουν δύο κεφάλαια:

Στο **κεφάλαιο 4**, παρουσιάζεται γενικά η πόλη της Λαμίας και περιγράφεται το σχολικό κτίριο ως προς τη χωροθέτηση του, τον τρόπο κατασκευής, τις διαστάσεις του και τις καταναλώσεις του.

Στο **Κεφάλαιο 5**, γίνεται εφαρμογή του KENAK με τη χρήση του προγράμματος TEE-KENAK και υπολογίζεται η ενεργειακή κατάταξη του σχολικού κτιρίου και εφαρμόζονται κάποια σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης με παρεμβάσεις στο κέλυφος. Στο Μέρος Γ , υπάρχει το **Κεφάλαιο 6** όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας τόσο της μελέτης περίπτωσης όσο και γενικότερα των σχολικών κτιρίων, και ακολουθεί η **Βιβλιογραφία**.

ΜΕΡΟΣ Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

1.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

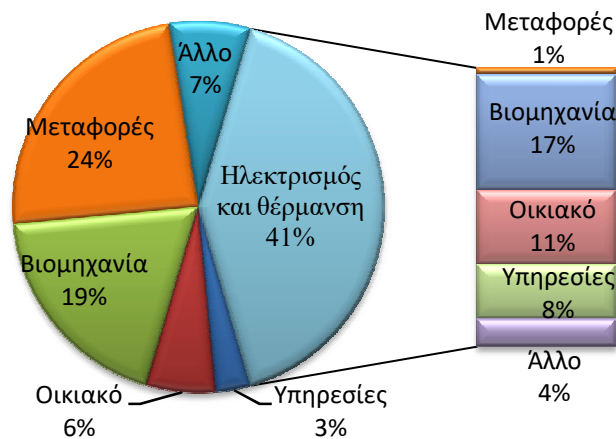
Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα η αλλαγή στις κλιματικές συνθήκες οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων που εκπέμπονται κατά την καύση των υδρογονανθράκων. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες και τις σημαντικές διεθνείς αποφάσεις του Παρισιού (COP 21), αν δεν ληφθούν μέτρα ελαχιστοποίησης των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα θα υπάρξουν δυσμενείς εξελίξεις στο κλίμα με την άνοδο της θερμοκρασίας και επιπτώσεις στην παγκόσμια οικονομία.

Αναμφισβήτητο το μεγαλύτερο γεγονός του 2016 που θα επηρεάσει τις ενεργειακές πολιτικές των επόμενων χρόνων είναι η εφαρμογή της νέας μεγάλης συμφωνίας για την μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής. 197 χώρες και μέρη υπέγραψαν την συμφωνία στην συνδιάσκεψη του Παρισιού (COP21) το 2015. Ήδη 132 μεγάλες και μικρές χώρες και μέρη έχουν επικυρώσει την συμφωνία που έχει τεθεί σε ισχύ από τον Νοέμβριο του 2016, τέσσερα χρόνια νωρίτερα από τον προϋπολογιζόμενο χρόνο. Ανάμεσα στις χώρες που πρώτες επικύρωσαν την συμφωνία ήταν και όλοι οι μεγάλοι ρυπαντές όπως οι ΗΠΑ, Κίνα, Ινδία, Ρωσία, Αυστραλία, ΕΕ κλπ. Σκοπός της Συμφωνία του Παρισιού είναι η διατήρηση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη στα επίπεδα των 2°C, από το έτος αναφοράς το 1990, που αποτελεί το επίπεδο ασφαλείας για να αποφευχθούν οι πλέον αρνητικές συνέπειες την κλιματικής αλλαγής.

Πρέπει να επισημανθεί ότι τόσο στην διακοινοβουλευτική συνδιάσκεψη που έγινε στο πλαίσιο της COP22 στο Μαρακές όσο και στην Διάσκεψη των Μερών τα ερωτηματικά για την μελλοντική στάση των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (ΗΠΑ) ήταν πολλά, αφού είναι γνωστή η άποψη του νέου προέδρου των ΗΠΑ πάνω στο θέμα της κλιματικής αλλαγής. Η απάντηση τόσο του απερχόμενου Γενικού Γραμματέα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) όσο και της νέας υπεύθυνης του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή ήταν σαφής. Για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας υπάρχει μια παγκόσμια συμφωνία την οποία μάλιστα και οι ΗΠΑ είχαν ήδη επικυρώσει. Η διαδικασία αποχώρησης από την συμφωνία είναι μακριά και χρονοβόρα και διαρκεί 3 χρόνια συν ένα χρόνο δοκιμαστικά.

Δεδομένου ότι το 60% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, είναι φανερό ότι η εξέλιξη του ενεργειακού τομέα θα επηρεάσει πολύ σοβαρά το ζήτημα του περιβάλλοντος.

Εκπομπές CO₂ 2015



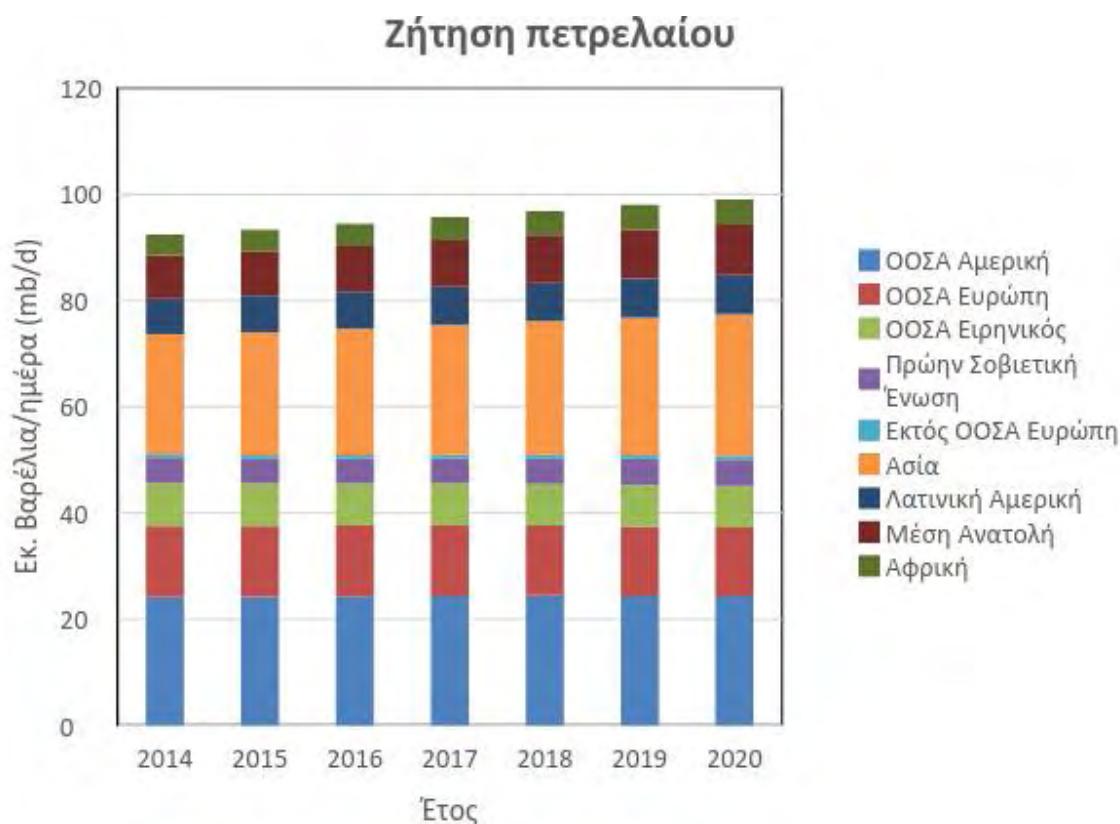
Γράφημα 1.1: Παγκόσμιες εκπομπές CO₂ από κατανάλωση καυσίμων το 2015

Πηγή: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>, (Ιδία επεξεργασία)

Όσον αφορά στο πετρέλαιο, έχει γίνει αποδεκτό ότι τα πετρελαϊκά αποθέματα μπορούν να καλύψουν την ζήτηση για μέχρι το τέλος του παρόντος αιώνα, εφόσον πραγματοποιηθούν έγκαιρα επενδύσεις σε νέα παραγωγική ικανότητα. Όμως οι επενδύσεις βαίνουν σήμερα μειούμενες και επηρεάζονται από πολλούς άλλους παράγοντες εκτός της προσφοράς και ζήτησης. Με βάση την αύξηση της ικανότητας διύλισης και την επίσης αναμενόμενη ανάπτυξη των βιοκαυσίμων, εκτιμάται ότι το πετρέλαιο θα αποτελεί βασικό καύσιμο μέχρι το τέλος του αιώνα μειούμενο όμως σταθερά και ταχέως από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην οποία κυριαρχούν το Φυσικό Αέριο (ΦΑ) και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Η προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων συμπεριλαμβανομένης της αιθανόλης και του βιοντίζελ, συνεχίζει να βρίσκεται ψηλά στην πολιτική ατζέντα, αν και η διείσδυσή τους στην αγορά εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό όχι μόνον από τις τιμές του πετρελαίου, αλλά και από την συγκεκριμένη πολιτική επιδοτήσεων που ακολουθούν οι χώρες. Οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής παραμένουν από τις χώρες κλειδιά για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων ξεπερνώντας και τη Βραζιλία που ήταν ο μεγαλύτερος παραγωγός αιθανόλης. Διυλιστήρια για την παραγωγή αιθανόλης και σε

μικρότερο βαθμό βιοντίζελ υπάρχουν σε λειτουργία ή υπό κατασκευή σε διάφορες χώρες. Οι πρόσφατες τάσεις στη βιομηχανία βιοκαυσίμων πιθανότατα να συνεχιστούν δεδομένων των σημαντικών οικονομικών κινήτρων που δίνουν οι κυβερνήσεις.



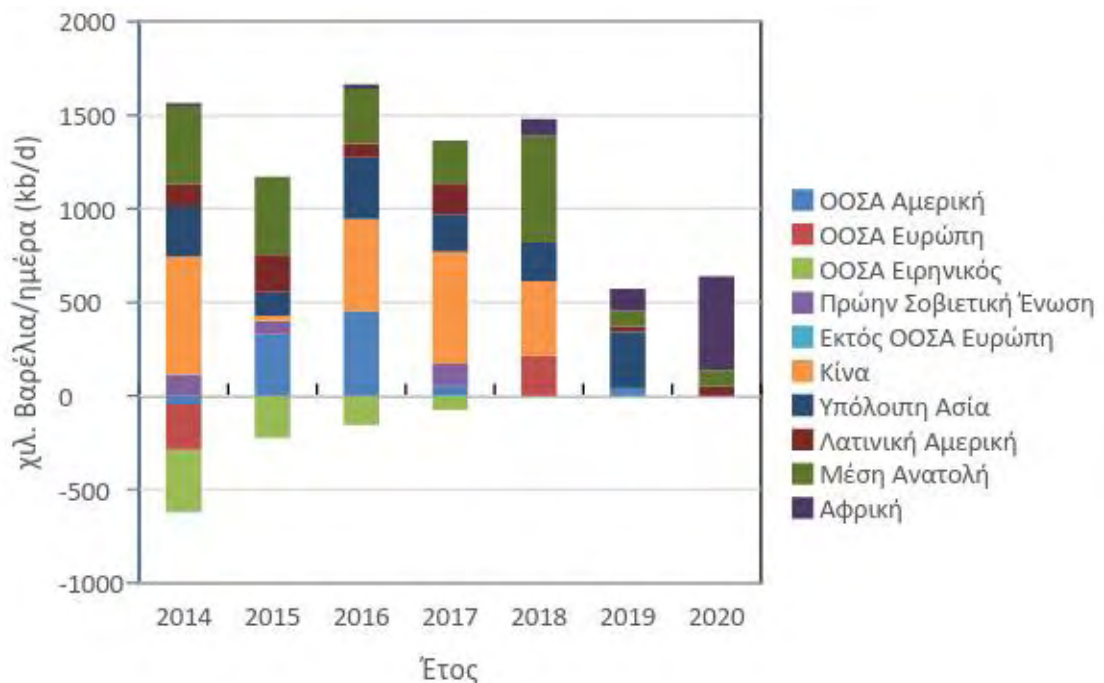
Γράφημα 1.2: Αναμενόμενη εξέλιξη Παγκόσμιας ζήτησης πετρελαίου 2014-2020

Πηγή: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MTOMR_2015_Final.pdf

Από την άλλη μεριά η Ε.Ε. σκοπεύει να περιορίζει την χρήση βιοκαυσίμων 1^{ης} γενιάς σε ποσοστό 6% (αντί 10) μέχρι το 2021 κατευθύνοντας σταδιακά όλα τα κονδύλια ενίσχυσης και επιδότηση σε βιοκαύσιμα 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς, ενθαρρύνοντας, παράλληλα, την παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς (π.χ. παραγωγή βιοκαυσίμων από υπολείμματα και απορρίμματα, συνθετικά καύσιμα με μέθοδο Fischer-Tropsch), και 3^{ης} γενιάς (από φύκια και νανοφύκια). Οι μέθοδοι αυτοί είναι πολλά υποσχόμενες, αφού για την παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς αξιοποιούνται λιγνοκυτταρινούχος βιομάζα από απορρίμματα γεωργικά και δασικά, με αποτέλεσμα να μην ανταγωνιστικά ως προς τις διατροφικές καλλιέργειες¹. Πολλές προσπάθειες σε βαθμό επίδειξης βρίσκονται σε λειτουργία σε χώρες όπως η Αυστρία, η Νορβηγία, η Ολλανδία κλπ. Τέλος εξόχως

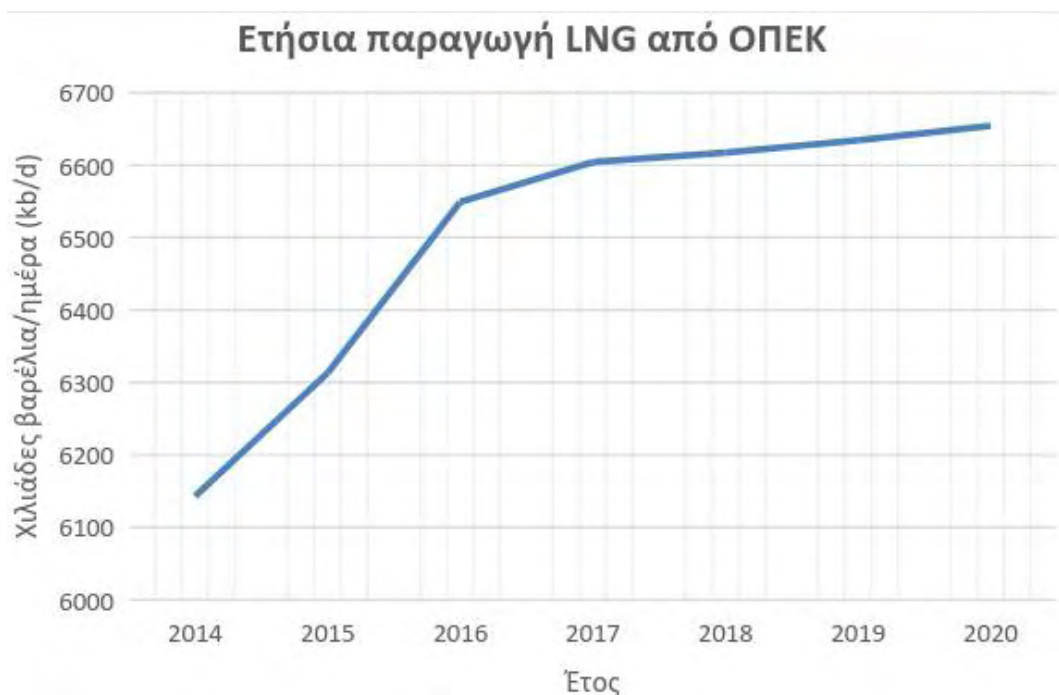
¹ Στην Γερμανία λειτουργεί μονάδα παραγωγής συνθετικών καυσίμων, που καταναλώνει 65.000 τόνους ξηρού ξύλου, που προέρχεται από δασικά υπολείμματα και υπολείμματα υλοτομίας. Η δυναμικότητα παραγωγής είναι 300 βαρέλια υγρών καυσίμων (ντίζελ) την ημέρα και μέγιστη ετήσια παραγωγή 18 εκατομμύρια λίτρα καυσίμων. Η ποσότητα αυτή των καυσίμων αντιστοιχεί στην ποσότητα καυσίμων που χρειάζεται ένας στόλος 15.000 οχημάτων τον χρόνο.

σημαντικές και επαναστατικές είναι οι προσπάθειες χρησιμοποίησης του οργανικού υπολείμματος των αστικών απορριμμάτων (είτε αυτούσιου, είτε σε μίγμα με άλλες πρώτες ύλες) για την παραγωγή συνθετικών καυσίμων.



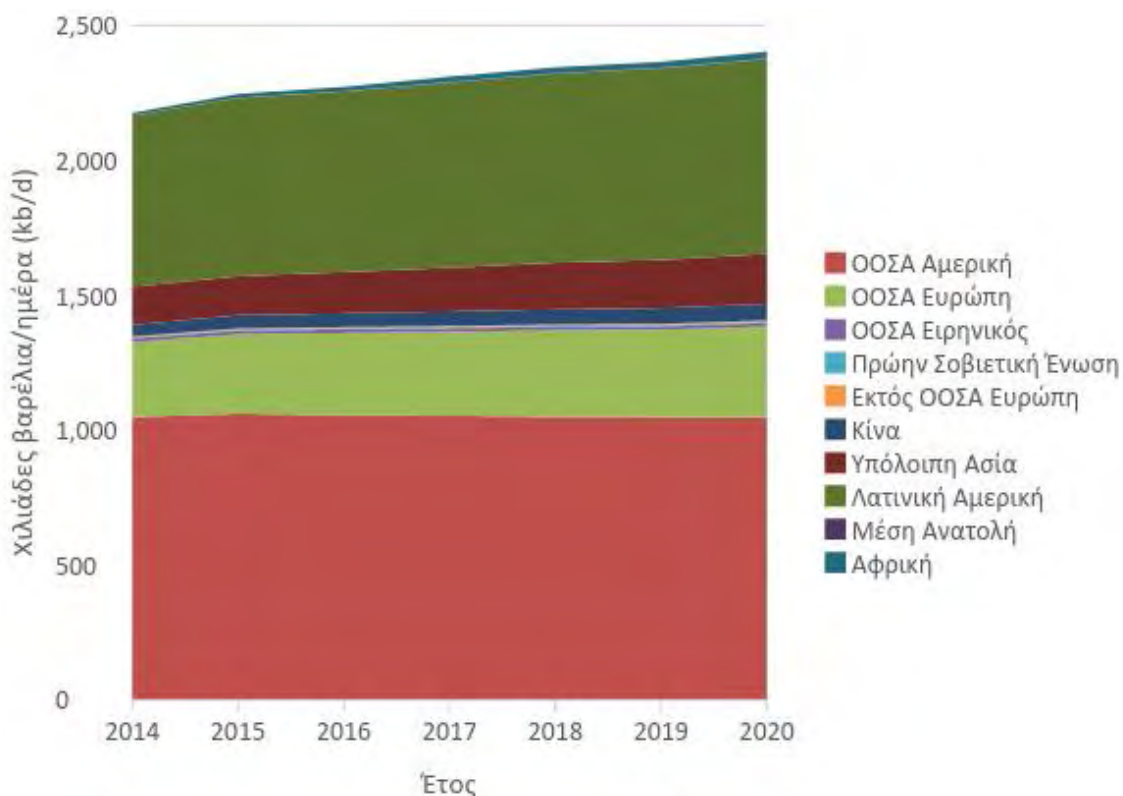
Γράφημα 1.3: Αναμενόμενη αύξηση της δυναμικότητας διύλισης 2014-2020

Πηγή: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MTOMR_2015_Final.pdf



Γράφημα 1.4: Αναμενόμενη παραγωγή LNG από ΟΠΕΚ 2014-2020

Πηγή: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MTOMR_2015_Final.pdf

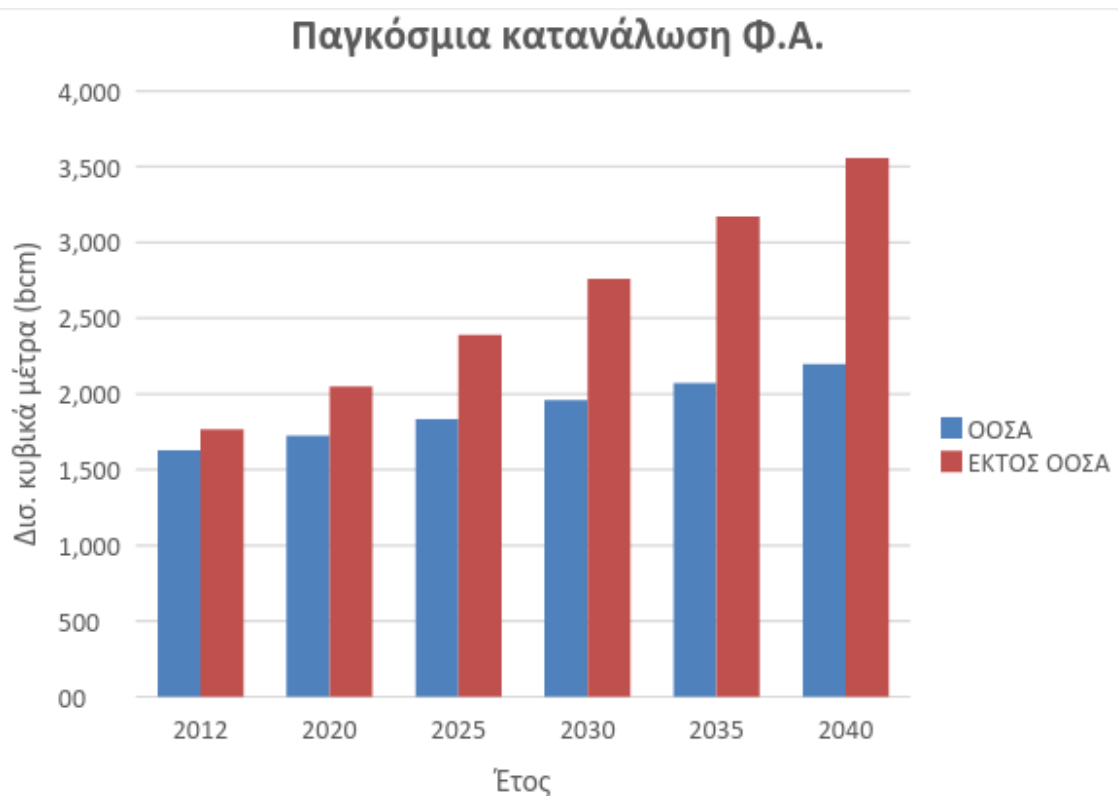


Γράφημα 1.5: Αναμενόμενη παραγωγή βιοκαυσίμων (Αιθανόνλη και Βιοντήζελ) 2014-2020

Πηγή: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MTOMR_2015_Final.pdf

Την παγκόσμια κατάσταση στον τομέα του φυσικού αερίου (ΦΑ) χαρακτηρίζει η μεσοπρόθεσμα αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης λόγω πρόσθετων αναγκών αερίου για ηλεκτροπαραγωγή και καύσιμο μεταφορών. Οι τιμές, του είναι συνδεδεμένες συνήθως με αυτές του πετρελαίου. Ο ρόλος της Ρωσίας είναι ήδη και αναμένεται να συνεχίσει να είναι, ζωτικής σημασίας στην προμήθεια των αγορών της ΕΕ με φυσικό αέριο, ενώ οι ΗΠΑ επιχειρούν ανάπτυξη της επιρροής τους με βάση την παραγωγή του σχιστολιθικού αερίου (Shale gas). Αυξανόμενο ρόλο εκτιμάται ότι θα έχει το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ), του οποίου η παραγωγή αναμένεται ότι θα διπλασιαστεί, ενώ αναμένεται ότι οι αγορές ΥΦΑ θα γίνουν πιο ευέλικτες με την κατασκευή τερματικών σταθμών ΥΦΑ, ιδίως στην Ευρώπη. Η αύξηση της ζήτησης της Βόρειας Αμερικής μπορεί να καλυφθεί μόνο με ΥΦΑ (Shale gas) ενώ η αύξηση των Ευρωπαϊκών εισαγωγών αερίου μπορεί να ικανοποιηθεί μέσω ΦΑ και ΥΦΑ, με αγωγούς επί των ενεργειακών διαδρόμων και τερματικών σταθμών αερίου. Σημαντικές επενδύσεις προγραμματίζονται για αποθήκευση ΦΑ και ΥΦΑ προκειμένου να μειωθεί η μεταβλητότητα των τιμών και να βελτιωθεί η αξιοπιστία τροφοδοσίας, καθώς επίσης μελετάται και η χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου (ΣΦΑ) πέραν του τομέα των

μεταφορών και στη διανομή ΦΑ. Η ρύθμιση αυτή αποτελεί εργαλείο για την προώθηση του ανταγωνισμού και τις επενδύσεις. Διατυπώνεται πάντως σκεπτικισμός για την έγκαιρη ολοκλήρωση κατασκευής νέων έργων, κυρίως αγωγών, δεδομένου ότι λιγότερες από μισές από τις απαραίτητες επενδύσεις στον τομέα αερίου είναι δρομολογημένες. Δεν ισχύει το ίδιο για τους τερματικούς σταθμούς ΥΦΑ και τη χρήση ΣΦΑ (Συμπιεσμένου ΦΑ).



Γράφημα 1.6 : Αναμενόμενη παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου, 2012-2040, Πηγή: http://www.eia.gov/outlooks/ieo/nat_gas.cfm

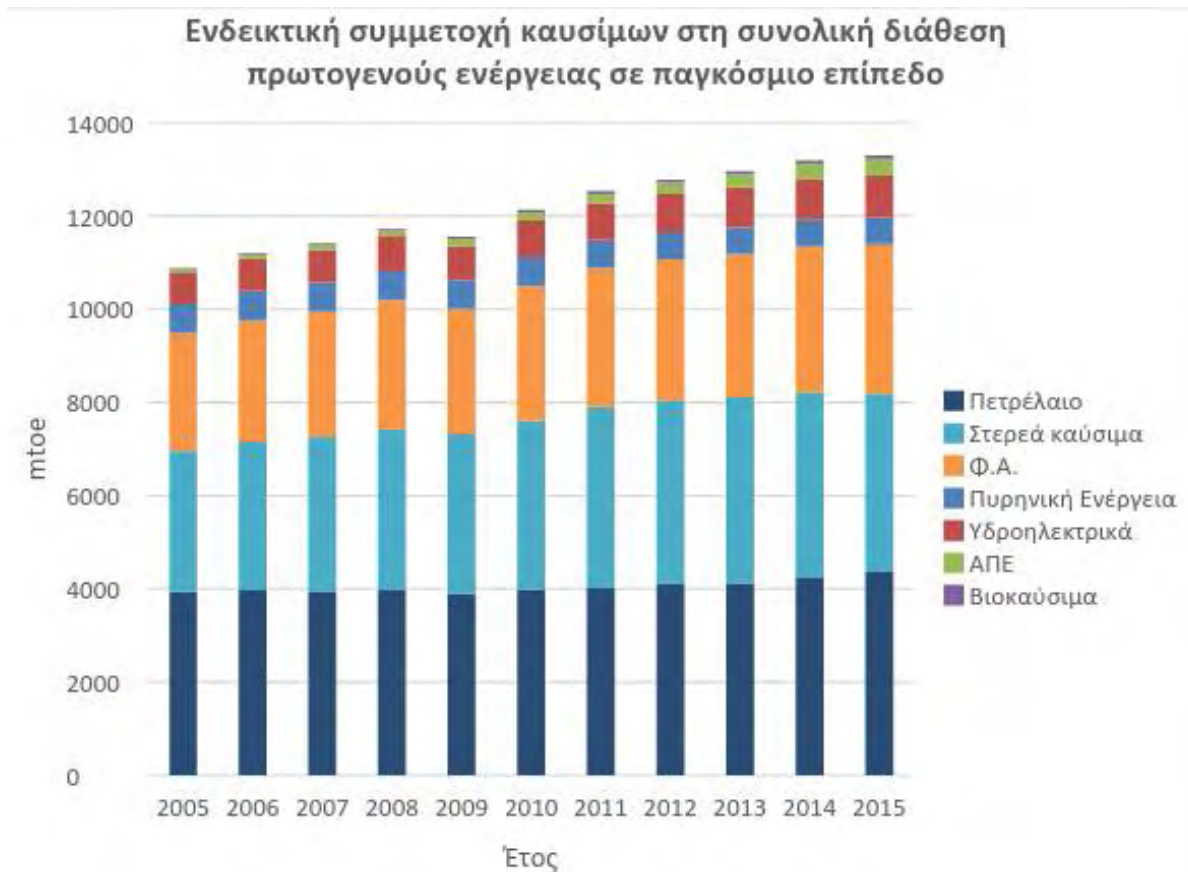
Τα στερεά καύσιμα θα συνεχίσουν να αποτελούν βασική πρωτογενή μορφή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη βιομηχανική παραγωγή με σχετική σταθερότητα τιμών παρά την υψηλή ρύπανση που προκαλούν. Μια ανάλυση για τα βεβαιωμένα αποθέματα άνθρακα δείχνει ότι ακολουθώντας το σημερινό επίπεδο της παγκόσμιας παραγωγής, υπάρχει διαθεσιμότητα τροφοδοσίας λιθάνθρακα και λιγνίτη για πολλά χρόνια ακόμα. Η Ινδία για παράδειγμα «κάθεται πάνω» σε ένα βουνό άνθρακα. Οι προσδοκώμενες θετικές εξελίξεις στην τεχνολογία διάθεσης του άνθρακα σε ειδικές μορφές αναβαθμισμένης τροφοδοσίας σταθμών (αεριοποίηση, κονιορτοποίηση), καθώς και η δέσμευση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα, αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για τη διασφάλιση βιώσιμης και μακρόχρονης χρήσης

του άνθρακα. Η συμμετοχή του άνθρακα στην παραγωγή υδρογόνου αποτελεί επίσης μια μακροχρόνια προοπτική που απαιτεί διεθνή συνεργασία σε επίπεδο έρευνας και ανάπτυξης. Οι επιταγές της ενεργειακής πολιτικής για ανταγωνιστικότητα και ασφάλεια τροφοδοσίας καθιστά τη χρήση άνθρακα στο ενεργειακό ισοζύγιο και εξετάζεται παράλληλα η χρήση νέων τεχνολογιών για τη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρέπει όμως να επισημανθεί ότι οι χρόνοι πραγματοποίησης των επενδύσεων σε άνθρακα με νέες τεχνολογίες είναι μεγάλοι. Στη χώρα μας έχει εγκαταλειφθεί η προοπτική χρήσης άνθρακα, παραμένει όμως σε ισχύ η αξιοποίηση των εγχώριων λιγνιτικών κοιτασμάτων.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) σήμερα συνεισφέρουν σε σημαντικό βαθμό στην παραγωγή ενέργειας παγκοσμίως, συμβάλλοντας στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αέριων ρύπων, στην γενική τάση απανθρακοποίησης της ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν την τρίτη σε μέγεθος πηγή παραγωγής ηλεκτρισμού παγκοσμίως. Σχεδόν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προέρχεται από υδροηλεκτρικά έργα. Η γεωθερμική, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια έχουν αγγίξει το 14% της συνολικής παραγωγής από ΑΠΕ. Αν και η συνολική παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ παρουσιάζει ετήσιο ρυθμό αύξησης οριακά υψηλότερο από την ετήσια αύξηση της συνολικής διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας, η αναλογία αυτή αναμένεται να μετατραπεί επί τα βελτίω λόγω των επενδύσεων και επιχειρηματικών κινήσεων ακόμη και των ομίλων πετρελαιοπαραγωγών, στον τομέα των ΑΠΕ που έχουν αυξηθεί εντυπωσιακά τα τελευταία χρόνια. Με στοιχεία του 2014 η συνολική διαθέσιμη κατά καύσιμο ενέργεια είναι:

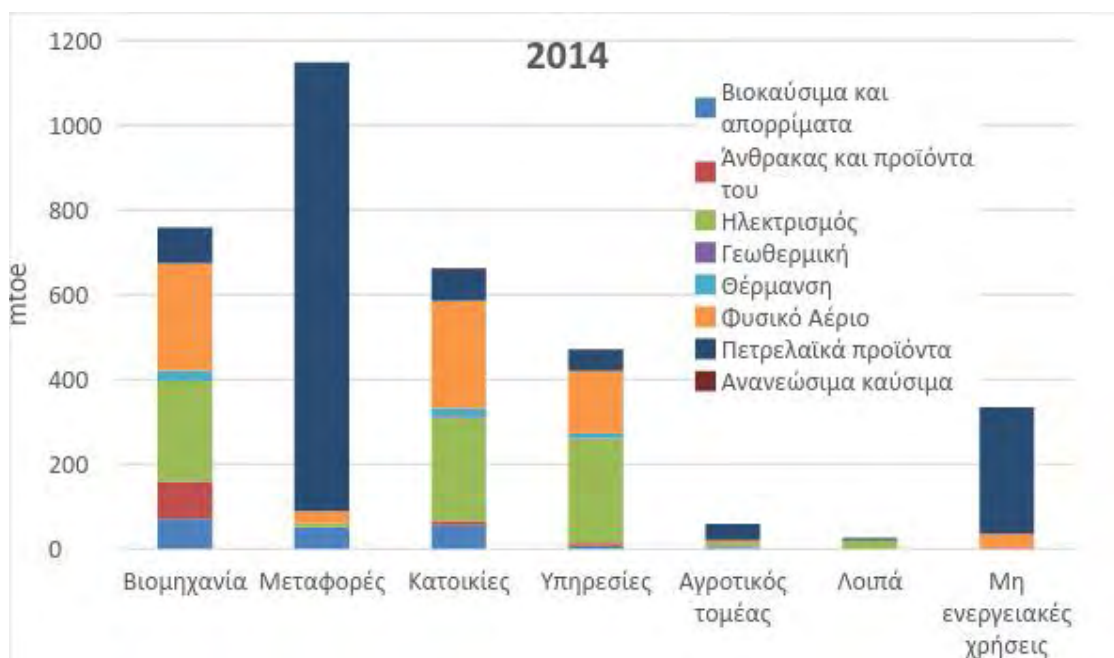
Παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα το 2015:

Πετρέλαιο 30,9%, Στερεά καύσιμα 29,4%, ΦΑ 21,3%, ΑΠΕ 13,4%, Πυρηνική 4,7% Διάφορα 0,3%



Γράφημα 1.7: Συμμετοχή καυσίμων στη συνολική διάθεση πρωτογενούς ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο 2005-2015

Πηγή: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>



Γράφημα 1.8: Κατανομή των τάσεων της παγκόσμιας ζήτησης τελικής ενέργειας ανά τομέα δραστηριότητας και είδος καυσίμων. Έτος 2014, Πηγή: <https://www.iea.org/Sankey/>

Η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας εντάσσεται στο κεφάλαιο των πρωτογενών πηγών ενέργειας καθώς, όπως αναφέρουν έγκυροι μελετητές, με επενδύσεις της τάξεως του 1 ευρώ στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας, εξοικονομούνται 2 ευρώ από τον τομέα του ενεργειακού εφοδιασμού (παραγωγή, μεταφορά και διανομή) και ταυτόχρονα εξοικονομούνται πρώτες ύλες. Έτσι, οι διάφοροι διεθνείς ενεργειακοί οργανισμοί καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελεί το αποτελεσματικότερο μέσο μείωσης των εκπομπών «Αερίων του Θερμοκηπίου», μια αποτελεσματική μορφή πρωτογενούς ενέργειας, και προτείνουν σειρά μέτρων πολιτικής που συμβάλουν στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας αναμένεται να δημιουργήσει ένα νέο οικονομικό πεδίο τόσο για την χρηματοδότηση όσο και την ανάπτυξη έργων, ενώ δε πρέπει να υποτιμάται η ανάγκη για μείωση του κόστους παραγωγής στην βιομηχανία καθώς και την μείωση της ενεργειακής έντασης στις μεταφορές ζητήματα που τέμνονται με την οικονομική ανάπτυξη. Η προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο θα εξαρτηθεί σε σημαντικό βαθμό από τον αν θα προσελκυθούν ισχυρά επενδυτικά κεφάλαια.

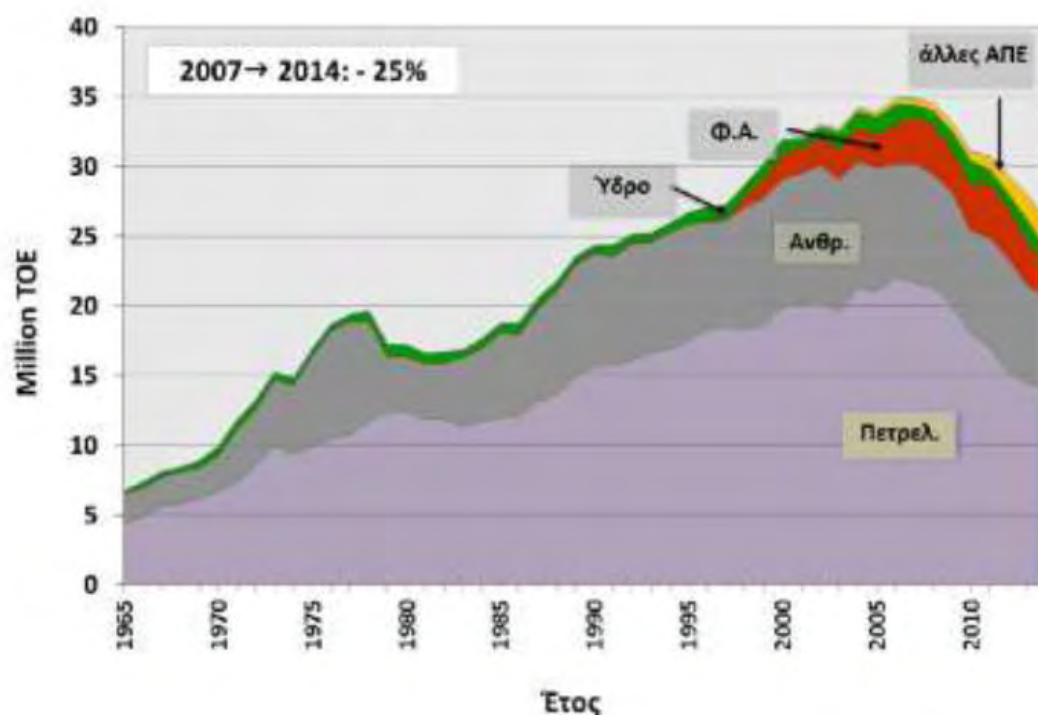
Από την άλλη μεριά, η υιοθέτηση νέων προτύπων για την κατασκευή κτιρίων (με μηδενικές εκπομπές) αναμένεται να δημιουργήσει ένα νέο τοπίο στον τομέα των κατασκευών στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η Πυρηνική Ενέργεια εξακολουθεί και προκαλεί έντονο δέος στην κοινή γνώμη ως προς την μακροχρόνια επικινδυνότητα της (Φουκουσίμα). Η καθαρότητα από τη σκοπιά εκπομπής καυσαερίων και η υψηλή ενεργειακή απόδοση που εμφανίζει, είχε οδηγήσει ορισμένες Κυβερνήσεις να την εντάξουν στα ενεργειακά τους προγράμματα, άλλες όμως, συμπεριλαμβανομένων και των ελληνικών κυβερνήσεων, εξακολουθούν να τη θεωρούν απευκταία και επικίνδυνη μορφή ενέργειας. Όσον αφορά στην παραγωγή πυρηνικής ενέργειας με τη μέθοδο της σύντηξης, οι όποιες προσδοκώμενες τεχνολογικές εξελίξεις, δεν αναμένεται να επηρεάσουν ουσιαστικά το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο στον υπό εξέταση ορίζοντα. Η χώρα μας απορρίπτει την πυρηνική ενέργεια λόγω των βαρύτατων και καταστροφικών αποτελεσμάτων της αλλά και της σεισμικής ιδιαιτερότητας της Ελλάδας.

1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.1 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΠΕ

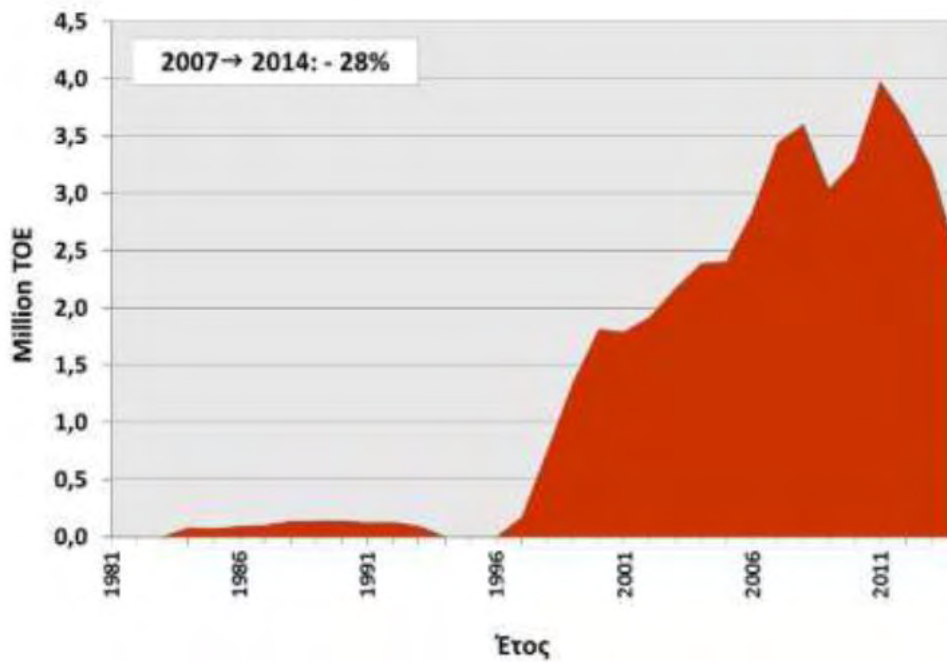
Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα τα τελευταία 50 χρόνια απεικονίζεται στο Γράφημα 1.9, στο οποίο παρατηρείται μία αξιοσημείωτη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Από το 1965 μέχρι σήμερα η ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα πενταπλασιάστηκε, ενώ η αντίστοιχη αύξηση στον κόσμο κυμάνθηκε σε 2,7 και για την ΕΕ σε 1,8. Στη δεκαετία 1997-2007, η κατανάλωση παρουσιάζει αύξηση ~25%, μεγαλύτερη από τη μέση αύξηση στον κόσμο.



Γράφημα 1.9: Εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1965-2014. (Πηγή:BP statistical review, 2015.)

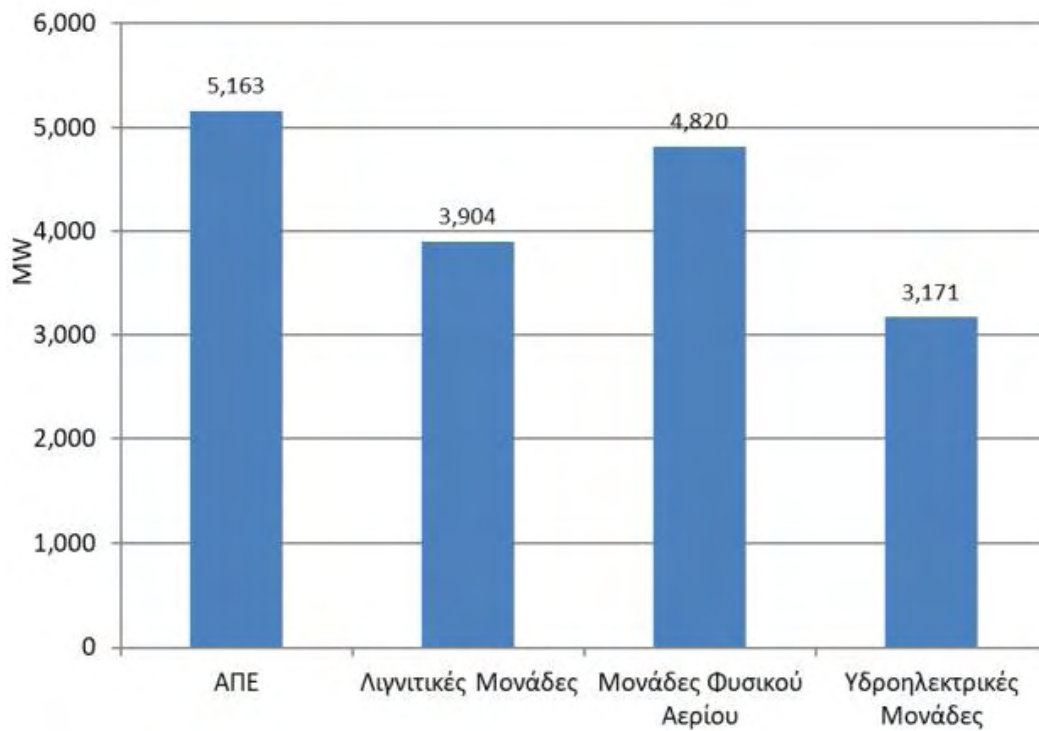
Η χώρα μας εξαρτάται ενεργειακά από την εισαγωγή πετρελαίου, το οποίο συμμετέχει κατά 54% (2014) στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ποσοστό από τα μεγαλύτερα στην ΕΕ. Αν και οι πηγές προέλευσης του πετρελαίου στα δύο διυλιστήρια της χώρας (ΕΛΠΕ και Motor Oil) ποικίλλουν, το Ιράν, η Ρωσία και η Σαουδική Αραβία αποτελούν τις χώρες από τις οποίες εισάγονται περίπου τα δύο τρίτα των συνολικών εισαγωγών αργού πετρελαίου. Η εγχώρια παραγωγή (κοίτασμα Πρίνου) καλύπτει ένα πολύ μικρό ποσοστό των αναγκών της χώρας.

Το φυσικό αέριο άρχισε να διανέμεται στην Ελλάδα το 1996, και έκτοτε παρουσιάζει σημαντική αύξηση μέχρι το 2011 (*Γράφημα 1.10*). Με στοιχεία του 2014 συμμετέχει με ~10% στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας και ακολουθεί τη γενική τάση της κατανάλωσης ενέργειας με σημαντική πτώση τα τελευταία χρόνια. Το φυσικό αέριο εισάγεται κυρίως από τη Ρωσία και Αζερμπαϊτζάν με αγωγούς (οι μεγαλύτερες ποσότητες) και από την Αλγερία σε υγρή μορφή μέσω του σταθμού της Ρεβυθούσας.



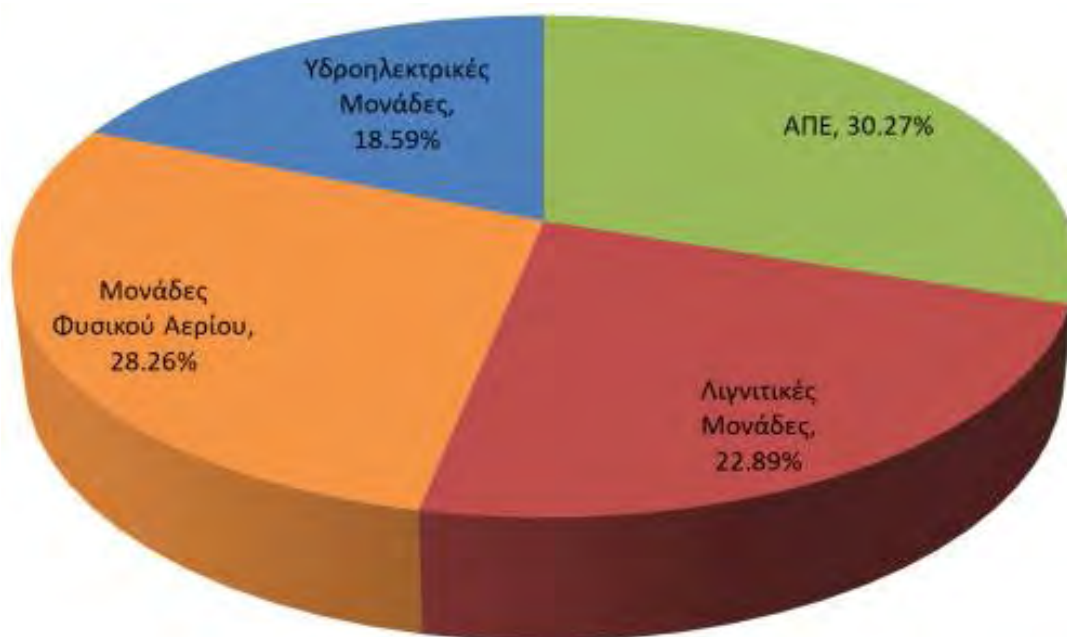
Γράφημα 1.10: Εξέλιξη της κατανάλωσης φυσικού αερίου στη χώρα μας. Σημειώνεται η σημαντική αύξηση μετά το 1996 και η σημαντική πτώση στα χρόνια της οικονομικής κρίσης. Οι μικρές ποσότητες στη δεκαετία του 1980 αφορούν στην παροχή φωταερίου., (Πηγή:BP statistical review, 2015.)

Μόνο το 38% της καταναλισκόμενης ενέργειας παράγεται στη χώρα (πετρέλαιο και φυσικό αέριο είναι εισαγόμενες πρώτες ύλες). Ο λιγνίτης αποτελεί το μόνο εγχώριο ορυκτό καύσιμο και χρησιμοποιείται αποκλειστικά στην ηλεκτροπαραγωγή. Υψηλής ποιότητας άνθρακας και μικρές ποσότητες κοκ εισάγονται και χρησιμοποιούνται σε ορισμένες βιομηχανίες (τσιμεντοβιομηχανίες και μεταλλουργίες). Αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας, ανέρχεται σε 17.058 MW (*Γράφημα 1.11*). Τα μερίδια που κατέχουν οι διάφορες ενεργειακές πηγές δίνεται στο *Γράφημα 1.12*. Τα τελευταία χρόνια, η συμμετοχή των μονάδων φυσικού αερίου αλλά και των ΑΠΕ έχει αυξηθεί σημαντικά, περιορίζοντας δραστικά τον κυρίαρχο ρόλο των λιγνιτικών μονάδων.



Γράφημα 1.11: Εγκατεστημένη Ισχύς (σε MW) Μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο τον Μάρτιο του 2018

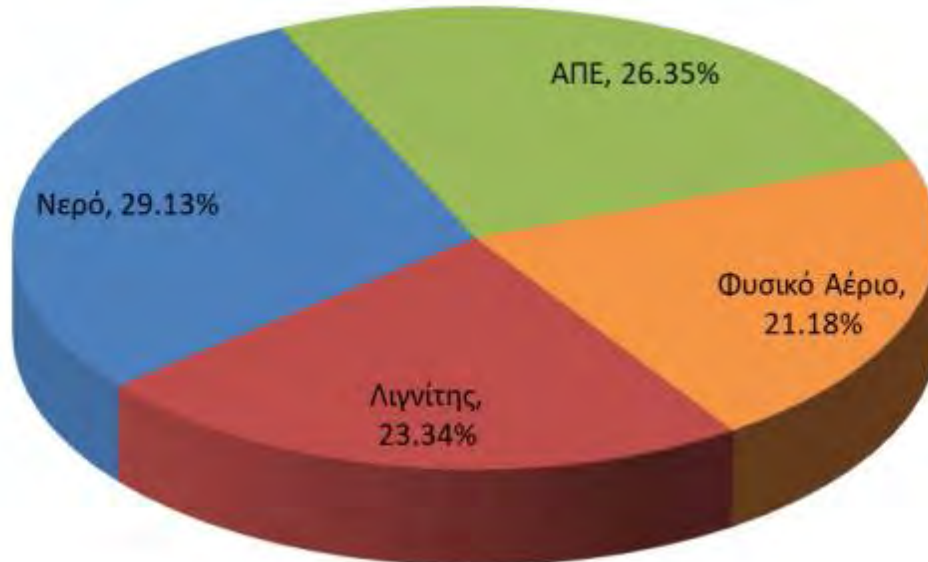
Πηγή: http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/DAS_Monthly_Reports/201803_DAS_Monthly_Report.pdf



Γράφημα 1.12: Διάγραμμα πηγών ηλεκτρικής ενέργειας για την Ελλάδα για το 2017

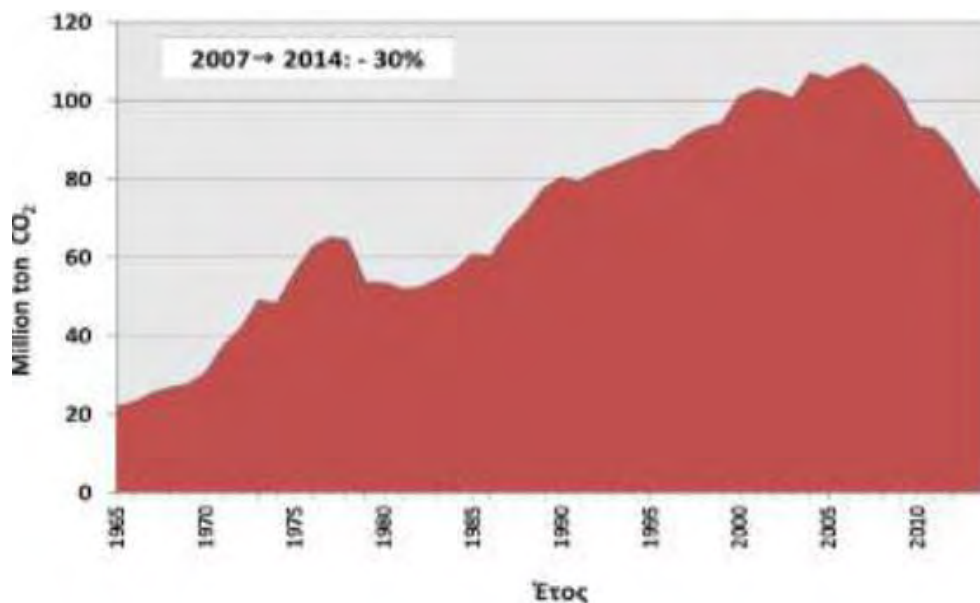
Πηγή: http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/DAS_Monthly_Reports/201803_DAS_Monthly_Report.pdf

Από την άλλη πλευρά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Ελλάδα το κυρίαρχο ορυκτό καύσιμο που χρησιμοποιείται πλέον δεν είναι ο λιγνίτης (~ 23,34%) όπως παλιότερα, αλλά οι ΑΠΕ με περίπου 26,35% και ακολουθεί το φυσικό αέριο (~21,18%) (Γράφημα 1.13).



Γράφημα 1.13: Ποσοστό (%) στο σύνολο της Μηνιαίας Παραγωγής ανά τύπο καυσίμου
Πηγή: http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/DAS_Monthly_Reports/201803_DAS_Monthly_Report.pdf

Οι εκπομπές CO₂ από την καύση των ορυκτών καυσίμων στη χώρα μας ακολουθούν κατά κανόνα την αύξηση ή τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του Γραφήματος 1.14.



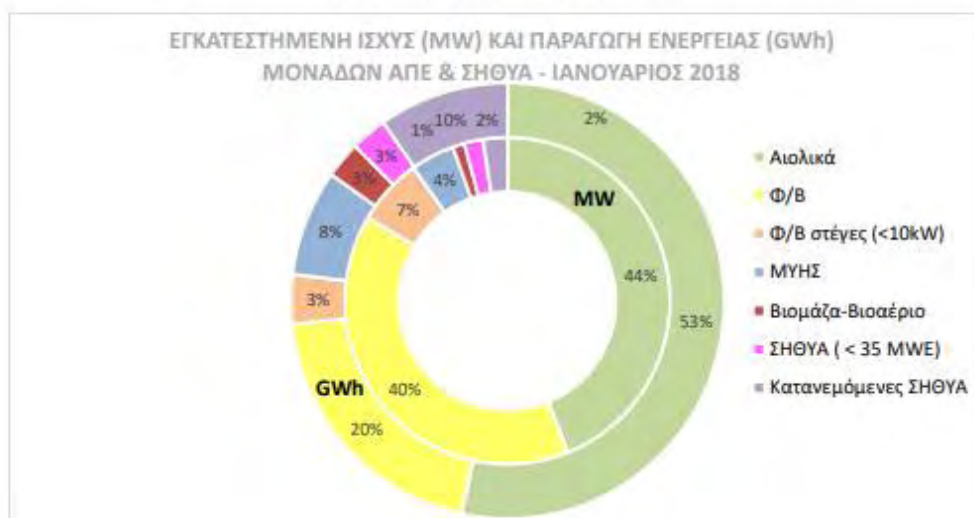
Γράφημα 1.14: Εκπομπές CO₂ από κατανάλωση και καύση ορυκτών καυσίμων στην Ελλάδα

Η Ελλάδα βρίσκεται στην κορυφή των χωρών του ΟΟΣΑ στις εκπομπές CO₂ ανά μονάδα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και κύρια αιτία για αυτό το γεγονός αυτό είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται στην καύση ενός πτωχού άνθρακα, του λιγνίτη. Αλλαγές στο είδος του καυσίμου (διείσδυση του φυσικού αερίου) και αυξημένη απόδοση της ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση τις εκπομπές του CO₂.

Η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ (χωρίς τις μονάδες ΣΥΘΗΑ) στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας διαμορφώθηκε σε 5.287 MW, συγκλίνοντας στον Ευρωπαϊκό μέσο όρο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αιολικά συμμετέχουν με 2.322 MW, τα μικρά υδροηλεκτρικά με 230 MW και οι μικρές μονάδες βιομάζας και βιοαερίου στα 59 MW. Τα φωτοβολταϊκά παραμένουν στα 2.094 MW και τα φωτοβολταϊκά στέγης στα 375 MW (γράφημα 1.15).

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες		ΜΥΗΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ & Κατ/νες ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	2.322	477	2.094	177	351	33	231	70	61	24	228	111	5.287	892
Φεβ *	2.322	460	2.094	146	351	21	231	82	61	22	228	92	5.287	822
Μαρ														
Απρ														
Μάι														
Ιουν *														
Ιουλ														
Αυγ														
Σεπ														
Οκτ *														
Νοε														
Δεκ														
Σύνολο Έτους	2.322	936	2.094	323	351	54	231	152	61	46	228	203	5.287	1.715

* Μήνες εκκαθάρισης για τα Φ/Β Χαμηλής Τάσης.



Γράφημα 1.15: Εγκατεστημένη ισχύς (σε MW) μονάδων ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ στο διασυνδεδεμένο σύστημα (έλεγχος από ΑΔΜΗΕ & ΛΑΓΗΕ) για τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο του 2018

Πηγή: http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/MiniaiaDeltiaEL/JAN_FEB_01_02_2018_DELTIO_ELAPE_v1.1_04.04.2018.pdf

1.2.3 ΕΘΝΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενη ενέργεια, η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, η επίτευξη σημαντικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέχρι το 2050, καθώς και η προστασία του τελικού καταναλωτή αποτελούν τους βασικούς άξονες του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού. Ταυτόχρονα, η μηδενική αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας και η πολύ περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας συλλογής και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) αποτελούν με τη σειρά τους ουσιαστικές επιλογές στο πλαίσιο του σχεδιασμού. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2012, σελ.ii)

Η σταδιακή απεξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου θεωρείται επιβεβλημένη, εξαιτίας των εξωγενών παραγόντων, όπως οι έντονες διακυμάνσεις στην τιμή του και η αβεβαιότητα ως προς τη διασφάλιση προμήθειας. Επιπλέον, η χρήση πετρελαίου συνεπάγεται υψηλές εκπομπές αέριων ρύπων, οδηγώντας σε σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο είναι αναγκαίο να συνοδευτεί από τη διείσδυση του φυσικού αερίου σε όλους τους τομείς τελικής κατανάλωσης. Η διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος και η μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους μπορεί να υλοποιηθεί μέσα από βέλτιστη αξιοποίηση των εγχώριων πόρων και ιδιαίτερα την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Η αξιοποίηση του δυναμικού των ΑΠΕ προϋποθέτει την επέκταση και αναβάθμιση των ηλεκτρικών δικτύων που αφορούν τη διασύνδεση των νησιών και την ενίσχυση του ηπειρωτικού δικτύου. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2012, σελ.3 & 4)

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί επίσης έναν από τους βασικούς στόχους του Ενεργειακού Σχεδιασμού, μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, αλλά και της αλλαγής της ενεργειακής συμπεριφοράς των καταναλωτών, ανεξάρτητα από τις δυσχερείς οικονομικές συνθήκες, που ούτως ή άλλως οδηγούν σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Μεγάλο περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας έχει ο τομέας μεταφορών, μέσω της αύξησης χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς, της χρήσης νέων καυσίμων και τεχνολογιών (υβριδικά, ηλεκτρικά οχήματα) αλλά και ο κτιριακός τομέας, μέσω της ενεργειακής αναβάθμισης παλιών και νεότερων κτιρίων.

Για την περίοδο μέχρι το 2020 η Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική επικεντρώνεται στην επίτευξη συγκεκριμένων επιμέρους στόχων (20-20-20) για το σύνολο των Κρατών-Μελών, οι οποίοι προβλέπουν (ΥΠΑΝ, 2009, σελ.35):

- α) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/EK,
- β) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EK και
- γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση (Υ.Π.Ε.Κ.Α.,2012, σελ.6)

Η Ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%. Ο στόχος αυτός εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε θέρμανση και ψύξη και 10% στις μεταφορές. Ταυτόχρονα, θεσπίστηκε εθνικός στόχος για εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι το 2016 ίσης με ποσοστό 9% της μέσης κατανάλωσης της περιόδου 2001-2005, σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2006/36/EK. (ο.π.)

Σύμφωνα με το 1^ο Εθνικό Σχέδιο Δράσης (ΕΣΔ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2010, οι εθνικοί στόχοι για το 2020, σε σχέση με τις ΑΠΕ αναμένεται να ικανοποιηθούν για την ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13,3GW από ΑΠΕ (από περίπου 6,5MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με προεξέχουσες τα αιολικά πάρκα με 7,5GW, τα υδροηλεκτρικά με 3,0GW και τα φωτοβολταϊκά με περίπου 2,5GW. Για τη θέρμανση και ψύξη η επίτευξη των στόχων προβλέπεται να υλοποιηθεί με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας.(ο.π.)

Η επιδείνωση της οικονομίας φαίνεται να έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 1,2 Mtoe το 2020 σε σχέση με την αρχική εκτίμηση του ΕΣΔ για τις ΑΠΕ αλλά και της ζήτησης ηλεκτρισμού, όχι όμως της γενικής τάσης. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η μείωση σε απόλυτα μεγέθη και της αναγκαίας ισχύος των ΑΠΕ για την επίτευξη του στόχου του 20-20-20. Αντίθετα, οι εκπομπές CO₂ από τον ενεργειακό τομέα αυξάνονται λόγω μεγαλύτερης παραγωγής από λιγνιτικούς σταθμούς, αξιοποιώντας περισσότερο μία εγχώρια πηγή ενέργειας. (ο.π. σελ.10)

1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

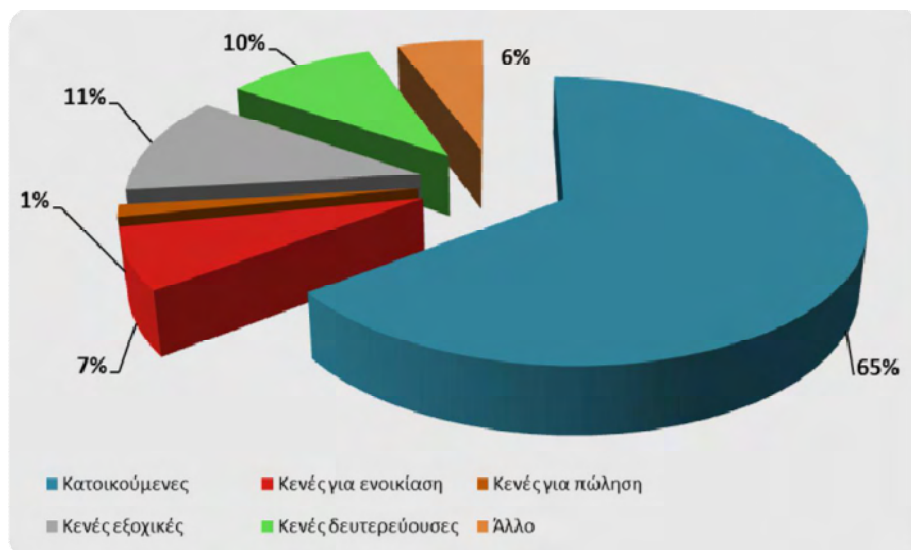
Αναλύοντας το κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας και σύμφωνα με τον ορισμό της ΕΛΣΤΑΤ:

“ως κανονική κατοικία εννοείται η μόνιμη και ανεξάρτητη κατασκευή, η οποία προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως κατοικία ενός νοικοκυριού για τουλάχιστον ένα έτος”. Οι κανονικές κατοικίες για το σύνολο της χώρας ανέρχονται σε 6,371,901, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (ΕΛΣΤΑΤ). Ανάλογα με τη χρήση των κτιρίων, στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζεται η κατανομή τους για το έτος απογραφής 2011.

Χρήση κτιρίου	Πλήθος κατοικιών & κτιρίων τριτογενούς τομέα
Κατοικίες	4,122,088
Ξενοδοχεία	8,309
Σχολεία/ εκπαιδευτικά	15,576
Γραφεία/ καταστήματα	152,550
Νοσοκομεία/ κλινικές	1,742
Άλλο	626,630
Σύνολο	4,925,895

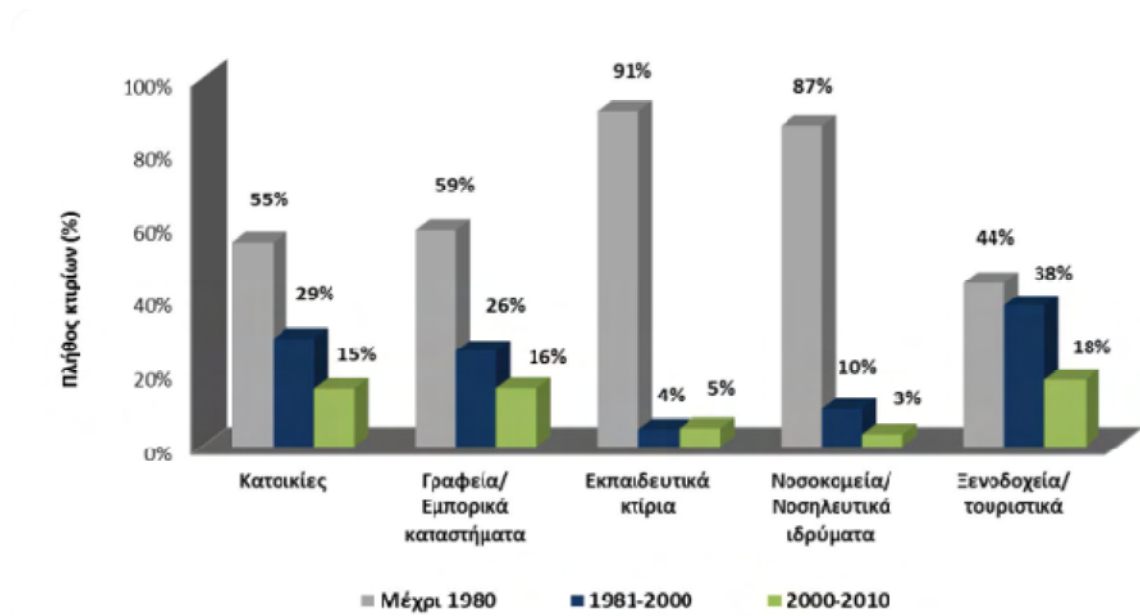
Πίνακας 1.1 Πλήθος κτιρίων ανά χρήση, έτος 2011, Πηγή: απογραφή 2011

Επίσης, από το σύνολο των κανονικών κατοικιών (νοικοκυριά), οι κατοικούμενες είναι 4,122,088 , καλύπτοντας το 65% του συνόλου των κανονικών κατοικιών (βλ. διάγραμμα).



Γράφημα 1.16: Κατανομή κατοικιών (νοικοκυριών), Πηγή: απογραφή 2011

Με βάση την περίοδο κατασκευής των κτιρίων, προκύπτει ότι το μεγαλύτερο πλήθος των κτιρίων της χώρας (**κατοικίες, σχολεία, γραφεία** κλπ) κατασκευάστηκε **πριν από το 1980**, δηλαδή πρόκειται για κτίρια χωρίς θερμομόνωση (Γράφημα 1.17). Δίνοντας έμφαση στα κτίρια με χρήση κατοικίας, το ποσοστό αυτό είναι 55%, υποδηλώνοντας το σημαντικό δυναμικό για την ενεργειακή αναβάθμισή τους.

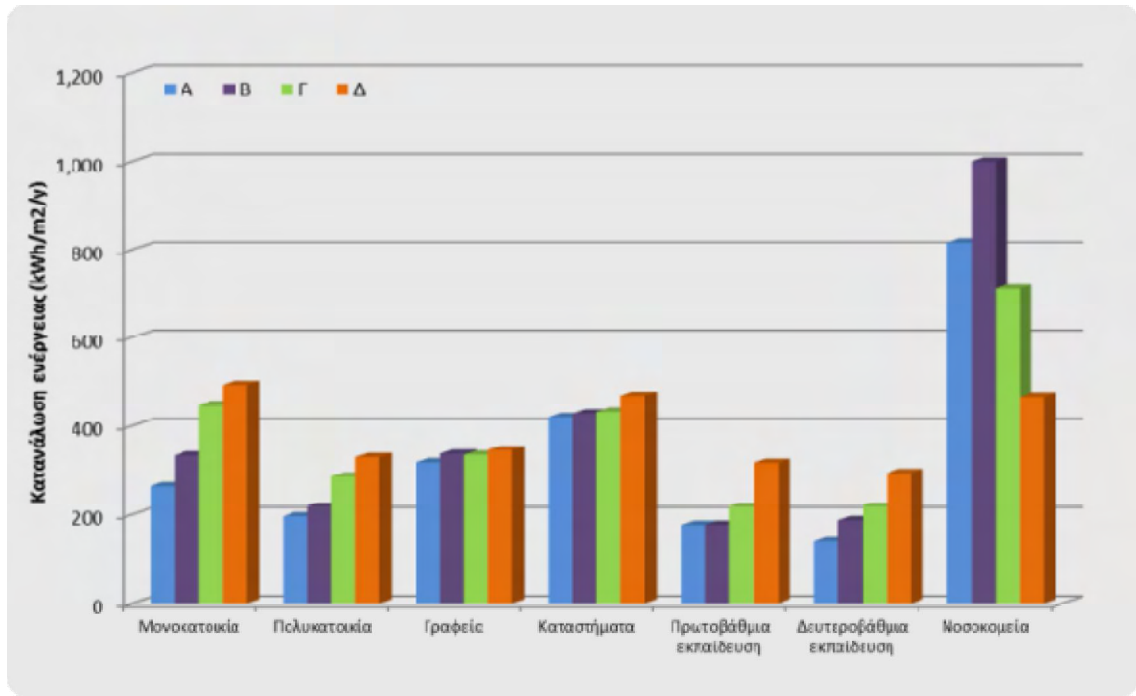


Γράφημα 1.17: Κατανομή κτιρίων με βάση την περίοδο κατασκευής, έτος απογραφής 2011, Πηγή : απογραφή 2011

Σύμφωνα με την “Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)” του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας, η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα της χώρας αυξήθηκε σημαντικά το 2012, σε σχέση με το 1990. Συγκεκριμένα, το 2012 τα **νοικοκυριά** παρουσίασαν αύξηση της κατανάλωσης κατά **64.8%** σε σύγκριση με το 1990, ενώ ο **τριτογενής τομέας** αύξησε την κατανάλωση ενέργειας στο **τριπλάσιο**, φτάνοντας τα 2,233 Mtoe.

Επίσης, με βάση τα δεδομένα από την έκδοση των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) μέχρι σήμερα, στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζονται οι διαφορετικές μέσες καταναλώσεις ενέργειας² (kWh/m²/y) που προκύπτουν ανά χρήση κτιρίου, σε κάθε κλιματική ζώνη.

²Επισημαίνεται ότι, η υπολογισθείσα κατανάλωση των αναφερθέντων κτιρίων είναι θεωρητική(αφορά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου) και όχι πραγματική (με βάση τη λειτουργία του κτιρίου από τους χρήστες και με βάση τις πραγματικές καταναλώσεις των λογαριασμών).



Γράφημα 1.18: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη

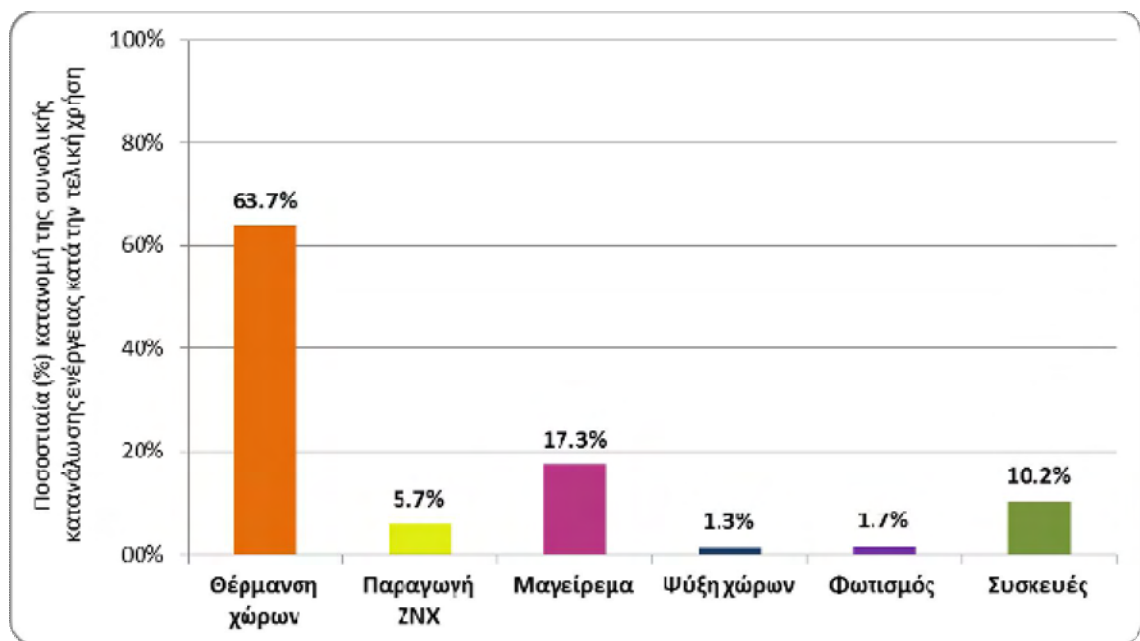
Πηγή: "Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)" - Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ).

Παρατηρείται ότι:

- Στην ψυχρότερη κλιματική ζώνη Δ, όλα τα κτίρια διαφορετικής χρήσης, είναι πιο ενεργοβόρα από ότι σε άλλες περιοχές της χώρας, με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας να καταγράφεται στις μονοκατοικίες ($494 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$).
- Τα κτίρια γραφείων και τα καταστήματα εμφανίζουν παρόμοιες ενεργειακές καταναλώσεις σε όλες τις κλιματικές ζώνες, σε αντίθεση με τις κατοικίες και τα σχολεία, που παρουσιάζουν αυξητική τάση προς τις ψυχρότερες ζώνες, λόγω των θερμικών αναγκών τους.
- Αντίθετα, τα νοσοκομεία εμφανίζουν μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στις πιο θερμές ζώνες (Α, Β), εξαιτίας των μεγάλων αναγκών τους για δροσισμό. Μάλιστα, η υψηλότερη τιμή στην κατανάλωση ενέργειας καταγράφεται στην κλιματική ζώνη Β, στις $1000 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$.

Έτσι η κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά σύμφωνα με έρευνα που διενήργησε η ΕΛΣΤΑΤ (Οκτωβρίου 2011 – Σεπτεμβρίου 2012) με τη συνεργασία του ΚΑΠΕ ως τεχνικού εμπειρογνώμονα, για την ενεργειακή κατανάλωση των ελληνικών νοικοκυριών, προέκυψαν τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

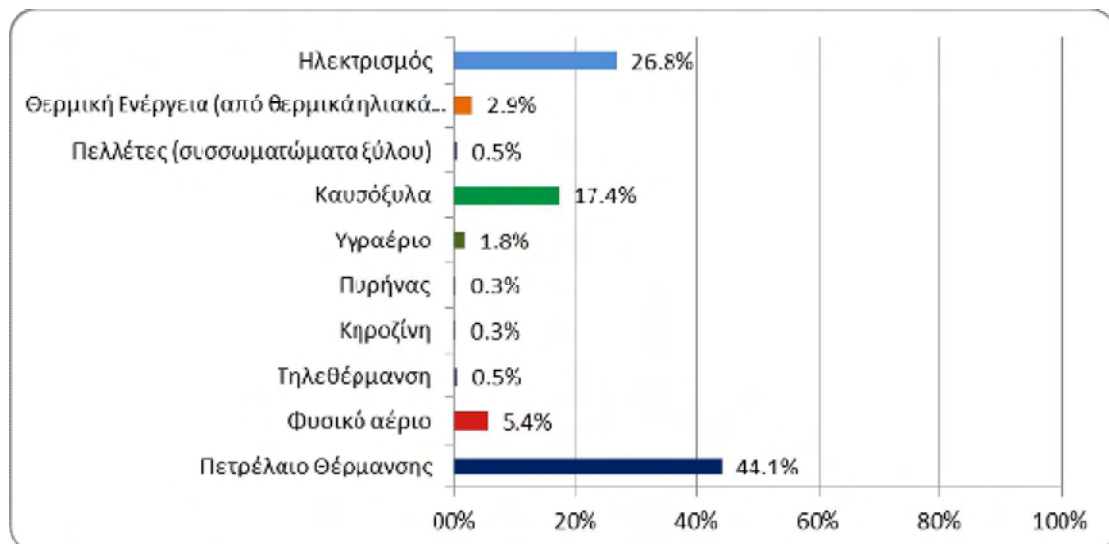
- Κάθε ελληνικό νοικοκυριό καταναλώνει **13.994 kWh ετησίως**, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του.
- Η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας (για θέρμανση χώρου, ζεστό νερό, μαγείρεμα κ.ά.) ανά νοικοκυριό είναι **10.244 kWh**, απ' όπου το **85.9%** της συνολικής ετήσιας θερμικής ενέργειας που καταναλώνεται, είναι για την θέρμανση χώρου.
- Η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά νοικοκυριό **3.750 kWh**, απ' όπου το **38.4%** της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, είναι για το μαγείρεμα.



Γράφημα 1.19: Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση. Πηγή: "Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011 – 2012 (ΕΛΣΤΑΤ)", <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>

Η έρευνα έδειξε επίσης ότι, οι ανάγκες ενός νοικοκυριού:

- για τη **θέρμανση χώρου** αποτελούν το **63.7%** της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειάς του (βλ. διάγραμμα),
- για πετρέλαιο θέρμανσης φτάνουν το **44.1%** στο σύνολο των ετήσιων ενεργειακών αναγκών, και το **26.8% για τον ηλεκτρισμό**, αντίστοιχα (γράφημα 1.20).



Γράφημα 1.20: Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου, Πηγή: "Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011 – 2012 (ΕΛΣΤΑΤ)", <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>

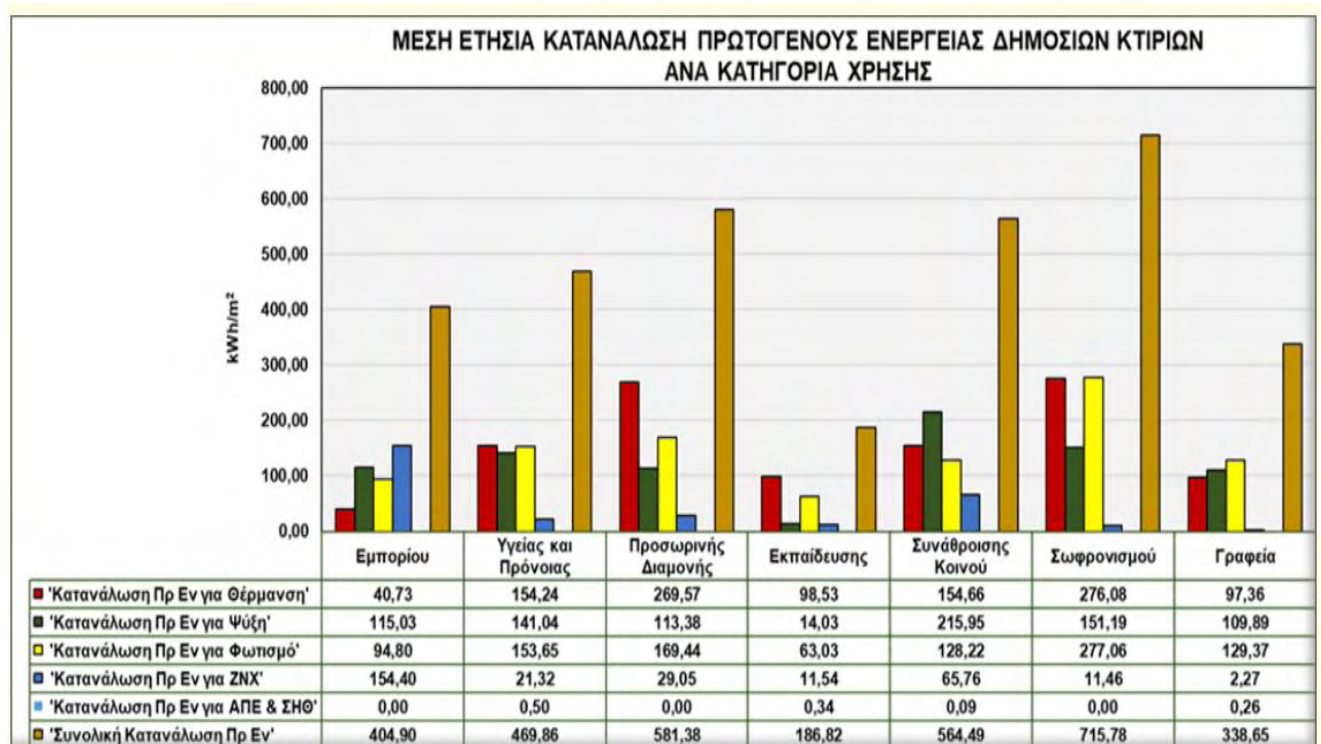
Προσαρμόζοντας την έρευνα στη σημερινή κατάσταση και συγκεκριμένα στα δημόσια κτίρια (μεταξύ αυτών και των σχολείων), φαίνεται η κατανομή των ενεργειακών κλάσεων στο Γράφημα 1.21. Το 0,27% επί του συνολικού αριθμού των ΠΕΑ του έτους 2017 αφορά σε δημόσια κτίρια, δηλαδή εκδόθηκαν συνολικά 647 ΠΕΑ (429 ΠΕΑ στη Νότια Ελλάδα και 218 ΠΕΑ στη Βόρεια Ελλάδα), τα οποία καλύπτουν συνολική επιφάνεια αυτών ίση με 800.726 m². Σχετικά με την ενεργειακή κατηγορία των δημοσίων κτιρίων, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (54,25%) αυτών κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Γ-Δ, το 12,21% στην ενεργειακή κατηγορία Α-Β και μόλις το 33,54% στην Ε-Η.

Τέλος, τα πιο ενεργοβόρα δημόσια κτίρια για το έτος 2017 είναι οι υγειονομικοί σταθμοί (μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας **1.214,93 kWh/m²**), τα οικοτροφεία (**1.128,30 kWh/m²**), τα κλειστά γυμναστήρια (μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με **1.028,95 kWh/m²**). Στα δημόσια κτίρια, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται για την κάλυψη αναγκών σε φωτισμό (μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε φωτισμό ίση με 132,25 kWh/m²) και σε θέρμανση (μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε θέρμανση ίση με 123,73 kWh/m²).

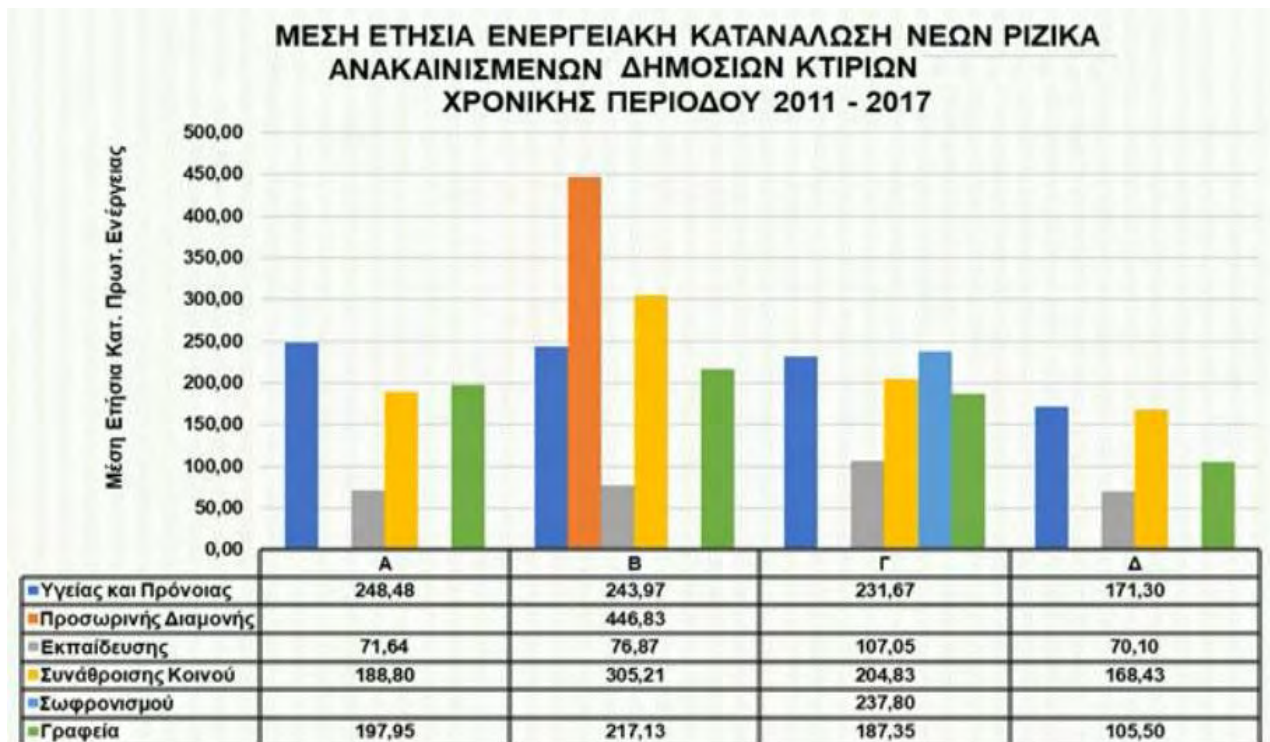


Γράφημα 1.21: Ποσοστό Πιστοποιητικών ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) δημοσίων κτιρίων ανά ενεργειακή κατηγορία (2017) (Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>)

Θα παρουσιαστούν πρώτα οι ετήσιες καταναλώσεις των δημοσίων κτιρίων (Γράφημα 1.22) και στο Γράφημα 1.23 οι ενεργειακές καταναλώσεις των νέων / ριζικά ανακαινισμένων κτιρίων δημοσίων κτιρίων κατά το έτος 2017.

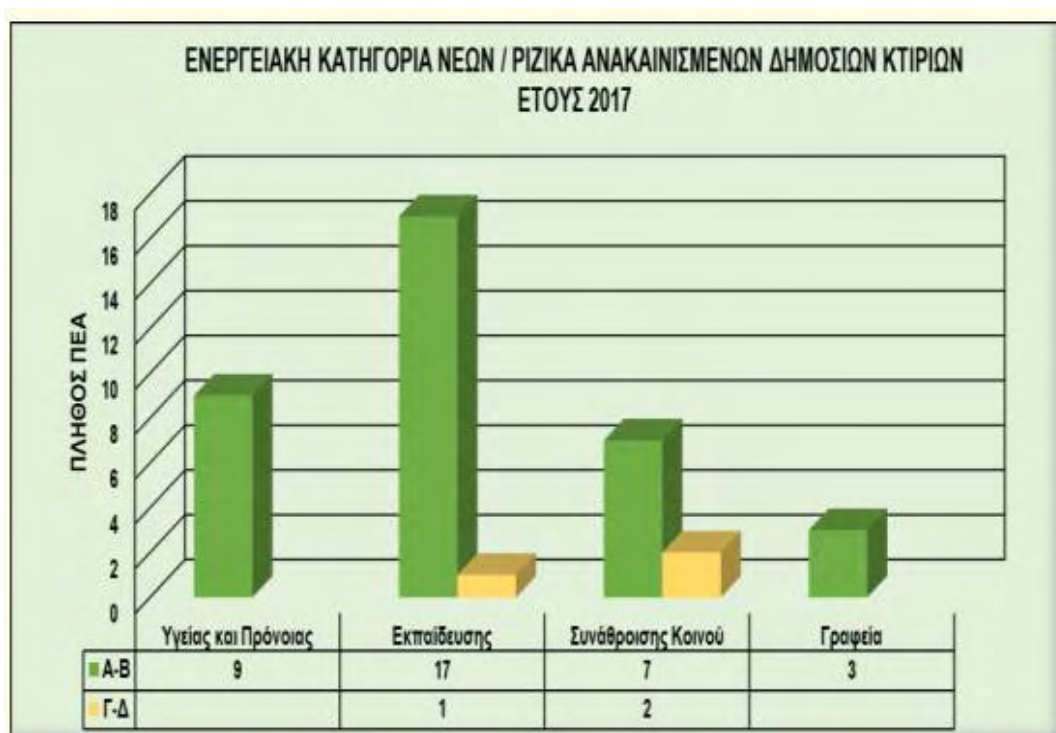


Γράφημα 1.22: Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτ. κατανάλωσης δημ. κτιρίων (Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>)



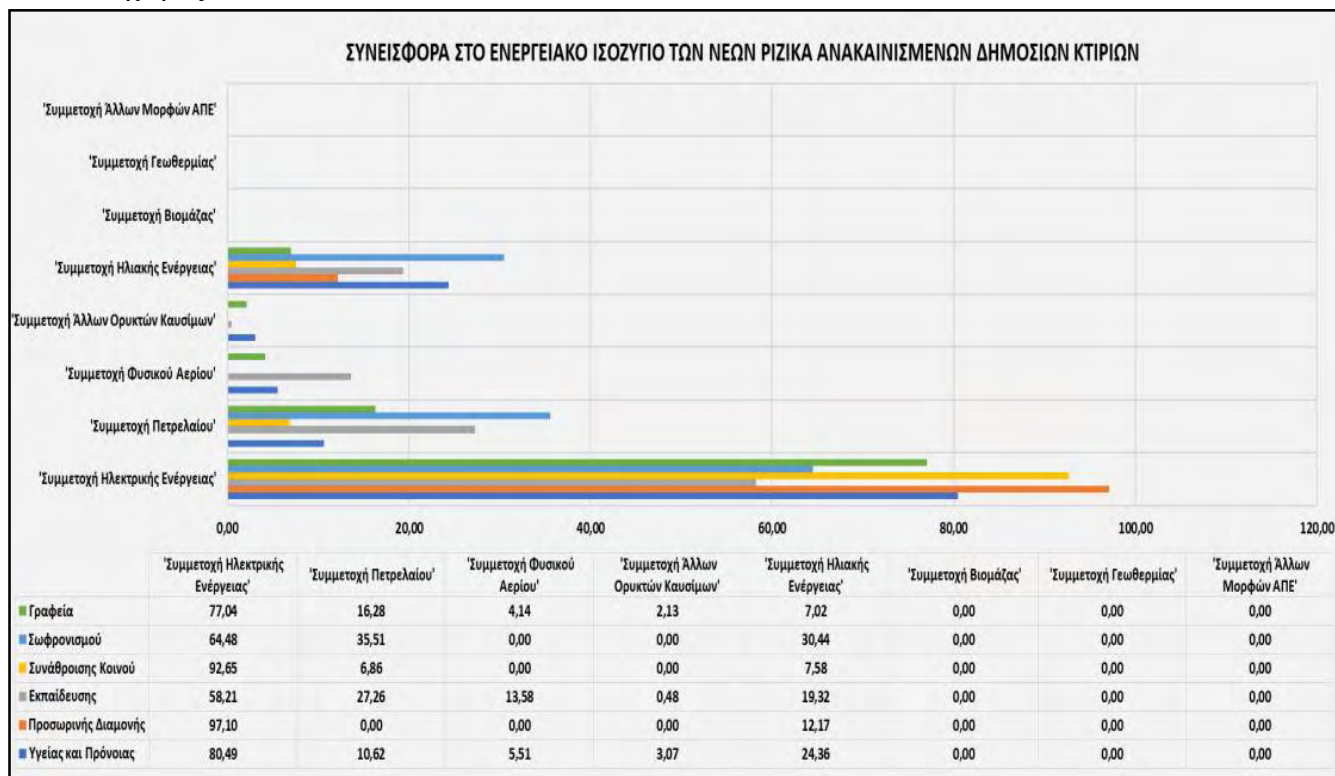
Γράφημα 1.23: Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση νέων –ριζικά ανακαινισμένων δημοσίων κτιρίων (Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>)

Στα νέα / ριζικώς ανακαινισμένα δημόσια κτίρια διαπιστώνεται ότι, η ηλεκτρική ενέργεια συνεισφέρει κατά 71,28% στο ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων, ενώ η ηλιακή ενέργεια κατά 17% αντίστοιχα.



Γράφημα 1.24: Ενεργειακή κατηγορία νέων –ριζικά ανακαινισμένων δημ. Κτιρίων (Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>)

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται καθαρά η ανάγκη για την ενεργειακή αναβάθμιση όλων των κτιρίων και δη των δημοσίων, καθώς αποτυπώνεται με σαφήνεια η συνεισφορά των ανακαινισμένων δημοσίων κτιρίων στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.



Γράφημα 1.25: Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο των νέων ανακαινισμένων δημ. κτιρίων (Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>)

Με αξιοποίηση και ορθολογική χρήση αποτελεσματικών τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική άποψη, είναι εφικτή η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων, αλλά και των νεώτερων κτιρίων οδηγώντας σε σημαντικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων αποτελεί και τη μεγαλύτερη πρόκληση για την επίτευξη των στόχων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, καθώς η ενεργειακή συμπεριφορά του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος είναι αυτή που ουσιαστικά πρόκειται να καθορίζει μελλοντικά το δείκτη ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα. Η Ελληνική νομοθεσία ενσωμάτωσε την Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Οδηγία 2010/31/ΕΕ), σύμφωνα με την οποία έως τις 31.12.2020 όλα τα νέα κτίρια πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Ειδικότερα για τα κτίρια του δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2019.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΕΛΥΦΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Με τον όρο «Βιοκλιματικό σχεδιασμό» ενός κτιρίου εννοείται ο σχεδιασμός που, λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα - άνεμο, νερό, έδαφος). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό των κτιρίων.

Εξοικονόμηση ενέργειας ονομάζεται οποιαδήποτε προσπάθεια με την οποία επιτυγχάνεται περιορισμός της σπατάλης των ενεργειακών αποθεμάτων. Αυτό μπορεί να συμβεί με επιλογή οικονομικότερων μηχανών σε καύσιμη ύλη, αποδοτικότερων οικιακών εγκαταστάσεων (μονώσεις κλπ) αλλά και οικονομικότερη (λιγότερη) κατανάλωση ενέργειας. Τέτοια μέτρα είναι γεγονός ότι ανεξάρτητα των οικονομικών κερδών, επιφέρουν και πολύ μικρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η βιοκλιματική λειτουργία κτιρίου είναι η ικανότητα του κελύφους του κτιρίου να δημιουργεί συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης, με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Στόχοι είναι η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για την επίτευξη αυτών των στόχων χρησιμοποιούνται:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Υβριδικά Συστήματα
- Ενεργειακά ηλιακά συστήματα
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Τα παθητικά συστήματα παρέχουν στο κτίριο θέρμανση και δροσισμό με την εκμετάλλευση φυσικών πηγών ενέργειας. Πηγή ενέργειας αποτελεί κάθε στοιχείο του περιβάλλοντος που συνεισφέρει θερμότητα σε ένα κτίριο, ενώ το στοιχείο που απορροφά θερμότητα συνιστά καταβόθρα.

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή που, ταυτοχρόνως, διαθέτει υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Με τη χρήση κατάλληλων

τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με αντίστοιχα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη.

Η δόμηση των κτιρίων και της κατοικίας πρέπει να εξασφαλίζει τη θερμική άνεση των ανθρώπων στο εσωτερικό τους χωρίς να μειώνει την ποιότητα των δραστηριοτήτων τους εντός αυτών. Ο σωστός σχεδιασμός τους εξασφαλίζει μειωμένες απαιτήσεις σε ενέργεια, επιτυγχάνοντας έτσι εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Καθώς όμως όπως αποδεικνύεται από τις τάσεις στην οικοδόμηση των κτιρίων τις προηγούμενες δεκαετίες, ο ενεργειακός σχεδιασμός δεν αποτελεί προαπαιτούμενο για την πλειονότητα των κατασκευών. Οι ενεργειακές απαιτήσεις συνεχώς αυξάνονται και απαιτείται η υιοθέτηση πολιτικών για την προώθηση προγραμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο για τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης.

Βασικές τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν, (ΥΠΕΚΑ, 2014):

- η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους.
- τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού (συστημάτων ηλιοπροστασίας και φυσικού και υβριδικού αερισμού αναλόγως των συνθηκών και της εποχής) και
- τα συστήματα φυσικού φωτισμού

Η **θερμική προστασία του κελύφους** εξασφαλίζεται, κυρίως, με τη χρήση κατάλληλων δομικών και μονωτικών υλικών για την επαρκή θερμομόνωση του κτιρίου, την αποφυγή θερμογεφυρών, τη χρήση επιχρισμάτων και χρωματισμών ψυχρών βαφών μεγάλης ανακλαστικότητας για τις προσήλιες τους θερινούς μήνες εξωτερικές επιφάνειες τοίχων και ταρατσών, τη χρήση διπλών υαλοπινάκων και αεροστεγών κουφωμάτων για τον περιορισμό των σημαντικότερων απωλειών των ανοιγμάτων και τέλος την φύτευση των δωματίων όπου αυτό είναι εφικτό.

Τα **παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης** αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των χώρων ενός κτιρίου. Για το σκοπό αυτό, το πλέον σημαντικό στοιχείο είναι ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων. Για παράδειγμα, τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό είναι αυτά που δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και συνιστώνται για χώρους με μεγαλύτερη ανάγκη για θέρμανση. Εκτός, όμως, από αυτό το σύστημα άμεσου κέρδους, υπάρχουν και συστήματα έμμεσου κέρδους, όπως οι ηλιακοί τοίχοι, οι ηλιακοί χώροι (θερμοκήπια) και τα ηλιακά αίθρια.

Με τα **παθητικά συστήματα δροσισμού** επιδιώκεται η μείωση των θερμικών φορτίων του κτιρίου κατά τους θερινούς μήνες και επιτυγχάνεται με κατάλληλη σκίαση των ανοιγμάτων, ανάλογα με τον προσανατολισμό τους. Μεγάλη συμβολή στο δροσισμό του κτιρίου έχει και ο φυσικός αερισμός του, που, εξαρτάται επίσης από τη θέση των ανοιγμάτων και ο οποίος μπορεί να ενισχύεται με τη χρήση μηχανικών μέσων όπως οι ανεμιστήρες οροφής (υβριδικά συστήματα) και να επιφέρει το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα με πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας. Η ελεύθερη ψύξη (free cooling) ή αλλιώς ο νυκτερινός δροσισμός, συνίσταται στην ανανέωση του αέρα με φυσικό ή τεχνητό τρόπο τις νυχτερινές ή πρωινές ώρες, κατά τις οποίες η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου, είναι ευρύτατα χρησιμοποιούμενη τεχνική εξοικονόμησης.

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εξυπηρετήσει με φυσικό τρόπο και τις ανάγκες για **φωτισμό**. Η επάρκεια του φυσικού φωτισμού και η κατανομή του εξαρτώνται από τη γεωμετρία των ανοιγμάτων και του φωτιζόμενου χώρου, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών, όπως το χρώμα τους και των υαλοπινάκων (ανακλαστικότητα, φωτεινή διαπερατότητα).

Εκτός από την εφαρμογή αυτών των τεχνικών, δυνατότητες εξοικονόμησης υπάρχουν και στα συστήματα που καταναλώνουν ενέργεια για να καλύψουν τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη. Για τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης ιδιαίτερη σημασία έχει η **σωστή διαστασιολόγηση** τους, η τακτική **συντήρηση** τους καθώς και η κατάλληλη **μόνωση** των μερών τους. Επίσης, η **χρήση αυτοματισμών**, όπως οι θερμοστατικοί διακόπτες και οι χρονοδιακόπτες, εξασφαλίζουν, με χαμηλό κόστος αγοράς, σημαντική μείωση στην κατανάλωση καυσίμου. Αντίστοιχα, τα συστήματα ψύξης πρέπει να διαστασιολογούνται και να συντηρούνται σωστά. Εξάλλου, οι κλιματιστικές συσκευές, όπως και όλες σχεδόν οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, φέρουν ειδική ενεργειακή σήμανση, που βοηθά στην επιλογή της πλέον κατάλληλης και ενεργειακά αποδοτικής.

Οι τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών είναι ευρύτατα διαδεδομένες. Στον οικιακό τομέα, τέτοιες εφαρμογές για θέρμανση ή προθέρμανση νερού είναι: οι **ηλιακοί συλλέκτες** οι οποίοι εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία και οι **γεωθερμικές αντλίες** οι οποίες εκμεταλλεύονται την σταθερά υψηλή θερμοκρασία εδαφών με γεωθερμικό δυναμικό. Οι τελευταίες μάλιστα, αρχίζουν και βρίσκουν όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή στο τομέα της ψύξης, εκμεταλλευόμενες τη

σταθερή θερμοκρασία κοινών εδαφών (ή υδάτων) στα οποία απορρίπτουν ποσά θερμότητας.

Τέλος, σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης δίνουν εξειδικευμένες διατάξεις ανάκτησης απορριπτόμενης ενέργειας. Τέτοιες διατάξεις χρησιμοποιούνται στα σπίτια συχνότατα σε περιπτώσεις τζακιών και λεβήτων κεντρικής θέρμανσης με αυξημένη ενεργειακή απόδοση που ανακτούν σημαντικά ποσά θερμότητας από τα απορριπτόμενα καυσαέρια και τα αποδίδουν για τη θέρμανση νερού ή αέρα. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις κεντρικών κλιματιστικών μονάδων όπου προστίθεται διάταξη διασταυρούμενης ροής ανακτούνται ή αποδίδονται από τις απορριπτόμενες ποσότητες αέρα, ποσά θερμότητας για προκλιματισμό, και σπανιότερα δε ανακτούνται από συμπυκνωτές ψυκτικών διατάξεων για προθέρμανση αέρα. (ΥΠΕΚΑ, 2014).

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική στοχεύει άμεσα στην εξοικονόμηση ενέργειας από την προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους. Κτίρια που είναι εναρμονισμένα με το περιβάλλον τους, έχουν τη δυνατότητα της βέλτιστης αξιοποίησης όλων των ιδιοτήτων και των ευκαιριών που αυτό παρουσιάζει, για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών τους, με αποτέλεσμα τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Για να είναι σε θέση το κτίριο να εκμεταλλευτεί το φυσικό περιβάλλον του, πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης, παγίδα και αποθήκη θερμότητας και παγίδα φυσικού δροσισμού. Μόνο όταν ικανοποιούνται οι παραπάνω απαιτήσεις, είναι δυνατή η αποδοτική λειτουργία της παθητικής θέρμανσης, του παθητικού δροσισμού και του φυσικού φωτισμού του κτιρίου, δηλαδή οι βασικές επιδιώξεις του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

«Εργαλεία» της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής για την επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες (ηλιακή ενέργεια, άνεμοι, βλάστηση) και τα δομικά υλικά. Η σωστή και συνδυασμένη με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, επιλογή και χρήση των τελευταίων, οδηγεί σε πλήρη αξιοποίηση των ιδιοτήτων τους με αποτέλεσμα την επιτυχή εφαρμογή των τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας που πηγάζουν από τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

Ο σχεδιασμός ενός βιοκλιματικού κτιρίου αποτελεί ένα γοητευτικό συνδυασμό από διάφορα στοιχεία. Τα υλικά, η διάταξη των χώρων, η φύτευση γύρω από το σπίτι δημιουργούν ένα μικροκλίμα που εξασφαλίζει συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης. Θερμοκήπια και βεράντες ενσωματώνονται στην αρχιτεκτονική δομή με προορισμό και επιφορτίζονται με βασικούς λειτουργικούς ρόλους. Φυλλοβόλα δέντρα

και αναρριχητικά φυτά προσφέρουν τη σκιά τους το καλοκαίρι. Στέγες, παράθυρα, τοίχοι, ζώνες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος, λειτουργούν άλλοτε σαν συλλέκτες και άλλοτε σαν «αναμεταδότες» ζέστης, δροσιάς και φυσικού δροσισμού.

Το κτίριο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια με τα παθητικά ηλιακά συστήματα να ακυρώνουν συμβατικές ηλεκτροβόρες συσκευές. Συνολικά, τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν **εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30%** σε σχέση με αντίστοιχα κτίρια που διαθέτουν θερμομόνωση. Συγκρίνοντας τα δε με κτίρια με περιορισμένη ή ελλιπή μόνωση, η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται στο 80%.

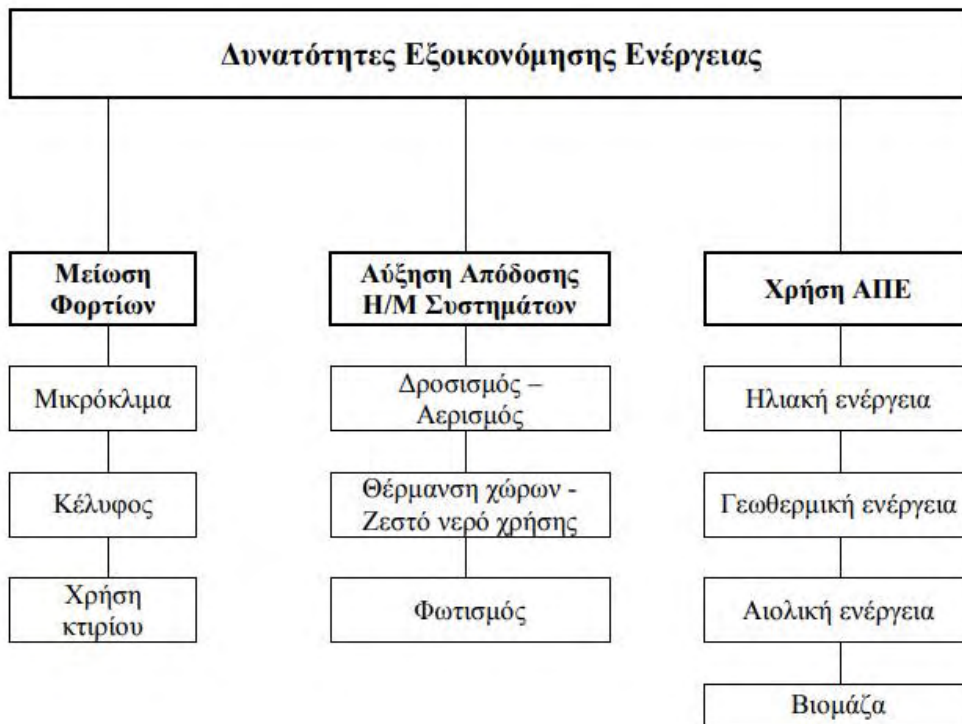
Κατά το στάδιο του σχεδιασμού και της κατασκευής το μελετητή προβληματίζει η επίλυση ζητημάτων όπως: η χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο, ο προσανατολισμός, η σκίαση, η λειτουργική οργάνωση στο χώρο, η μορφή του κτιρίου, η κατασκευή των εξωτερικών δομικών στοιχείων με τις κατάλληλες μονώσεις, η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, η εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων για τη θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό των χώρων με φυσικό τρόπο.

Οι **βασικές γενικές αρχές** που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό λαμβάνοντας υπόψη το τοπικό κλίμα και επιλέγοντας τον βέλτιστο προσανατολισμό εντοπίζονται στα ακόλουθα σημεία:

- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση το χειμώνα. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται μέσα στο κτήριο μέσω των διάφανων ανοιγμάτων και η απορρέουσα ενέργεια αποθηκεύεται μέσα στην μάζα του. Μέσο επίτευξης μέγιστης αξιοποίησης της είναι η ορθή επιλογή του προσανατολισμού των χώρων. Ο πλέον ενδεδειγμένος έχει αποδειχθεί ότι είναι ο νότος. Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει και η επιλογή της κατάλληλης διαρρύθμισης σε σχέση με τις παραμέτρους που αναφέραμε που επίσης θα συνεισφέρει στην βέλτιστη απόδοση.
- Αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τον φυσικό αερισμό αλλά και την ψύξη το καλοκαίρι εξασφαλίζοντας την κίνηση ρευμάτων αέρα προς το εσωτερικό του κτηρίου αλλά και την ανακύκλωση αυτών χωρίς να προκαλείται εγκλωβισμός ώστε η κατοικία να αναπνέει.
- Αξιοποίηση του φυσικού φωτός για την εξασφάλιση του απαιτούμενου φωτισμού και έλεγχος της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να καλύπτονται επαρκώς οι ανάγκες και να αποφεύγεται η άνιση κατανομή φωτός.

- Θωράκιση της κατασκευής από τις ενεργειακές απώλειες με σχολαστική μελέτη και εφαρμογή θερμομόνωσης του κελύφους της. Η ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας συνεπάγεται εξισορρόπηση του ενεργειακού ισοζυγίου ,ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης , σεβασμός στις φυσικές ενεργειακές παροχές και προστασία του περιβάλλοντος.
- Αξιοποίηση τόσο της υπάρχουσας βλάστησης όσο και εκ νέου φύτευση για εξασφάλιση σκίασης τους θερινούς μήνες και εν γένει για την εξισορρόπηση των ενεργειακά επιβαρημένων σημείων της βιοκλιματικής κατασκευής.
- Χρήση αποδοτικών ενεργειακά τεχνολογιών τόσο ως προς την τεχνική άποψη όσο και από την οικονομική σε σχέση με την ποιότητα που τα χαρακτηρίζουν

Συμπερασματικά στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (εικόνα 2.1) συμπεραίνεται ότι εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μπορεί να γίνει με μείωση των φορτίων που επηρεάζουν το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου, που είναι: α) οι εξωτερικές συνθήκες (μικρόκλιμα, θέση και μορφή του κτιρίου), β) το κέλυφος του κτιρίου (δομικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία) και γ) το περιεχόμενο και η χρήση του κτιρίου (παρουσία ζώντων οργανισμών, φωτισμός, συσκευές, έπιπλα, χρώματα κλπ). Για την επίτευξη της μείωσης των φορτίων σημαντικό ρόλο παίζει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η αύξηση της απόδοσης των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες του δροσισμού και αερισμού των κτιρίων, τον φωτισμό, καθώς επίσης και της θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης. Τέλος, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα αποθέματα των βασικών πρώτων υλών παραγωγής ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο) εξαντλούνται, καθώς και η διαπίστωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την καύση τους, θα πρέπει να υιοθετηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) για την κάλυψη των αναγκών, όπως είναι η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η αιολική ενέργεια και η βιομάζα.



Εικόνα 2.1: Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, .Πηγή: Ιδία επεξεργασία

2.2 ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Με βάση τα κριτήρια του ενεργειακού σχεδιασμού, και επειδή η παρούσα εργασία αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας μόνο από το κέλυφος, αυτό καλείται να εκπληρώσει επιλεκτικά τρεις ρόλους:

1. Να λειτουργήσει ως **‘επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης’**, δηλαδή να συνεισφέρει στη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν αυτή είναι διαθέσιμη και απαραίτητη (τη χειμωνιάτικη μέρα) και να την κρατήσει μακριά την καλοκαιρινή μέρα. Τα σωστά προσανατολισμένα ανοίγματα, εξοπλισμένα με τις κατάλληλες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις, καθορίζουν και επηρεάζουν τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.
2. Να λειτουργήσει ως **«φράγμα θερμικών απωλειών»** ώστε η θερμότητα που δεσμεύτηκε από την ηλιακή ακτινοβολία να μη διαφύγει στο εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμομόνωση του κελύφους και η νυχτερινή- κινητή θερμομόνωση των ανοιγμάτων συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών απωλειών.
3. Να λειτουργήσει ως **«θερμική αποθήκη»**, ώστε η συλλεχθείσα θερμότητα να αποθηκευτεί για να αποδεσμευτεί και να αποδοθεί στους κατοικήσιμους χώρους

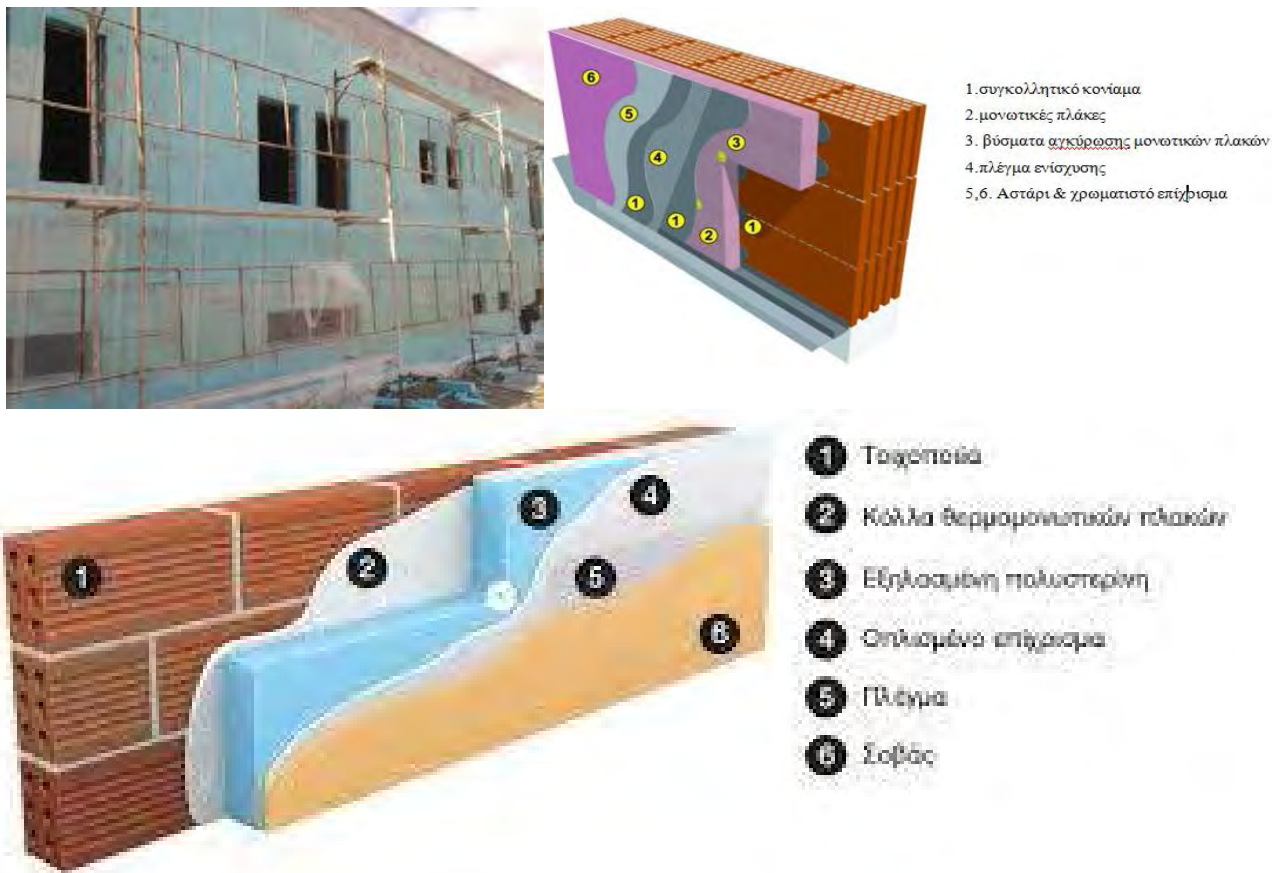
όταν είναι χρήσιμη (τις βραδυνές ώρες ή σε περιόδους με συννεφιά). Η θερμότητα που μπορεί να αποθηκεύσουν τα δομικά υλικά- και τα δομικά στοιχεία αντίστοιχα, είναι ανάλογη με το μέγεθος της θερμοχωρητικότητάς τους.

2.2.1 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Η επιλογή του κατάλληλου μονωτικού υλικού και το πάχος του εξρτώνται από την κλιματική ζώνη. Η θερμομόνωση συνιστάται να τοποθετείται εξωτερικά διότι αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και τι κτίριο λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας. Παρότι η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου υπολογιστικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους. Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του. Αντιθέτως, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του. Ωστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του (TOTE 20701-2/2017,σελ.14-15). Καθώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εκατέρωθεν των όψεών του, αύξηση ή μείωση του πάχους μιας στρώσης του υλικού επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

Το σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης, εφαρμόζεται στην εξωτερική πλευρά των κτιρίων, σε νέες ή παλαιές κατοικίες και αποτελείται από θερμομονωτικό υλικό, συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη και σε ειδικές περιπτώσεις πετροβάμβακα ή εξηλασμένη πολυστερίνη, το οποίο «σοβατίζεται» με ένα πολυμερισμένο κονίαμα, το οποίο προσφέρει ισχυρή μηχανική αντοχή και στεγανοποίηση. Με τον τρόπο αυτό, ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου από τους εξωτερικούς τοίχους και

έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα κυρίως τους θερινούς μήνες στην εξοικονόμηση ενέργειας. (<http://www.psem.gr>)



Εικόνα 2.2: Θερμονόνωση, (Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>)

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι:

- ✓ Ολοκληρωμένη θερμομόνωση χωρίς να δημιουργούνται θερμογέφυρες στα στοιχεία του κτιρίου από σκυρόδεμα π.χ δοκάρια, κολώνες, τοιχεία κ.λ.π
- ✓ Προστατεύει τις επιφάνειες των τοίχων από υγρασίες, διότι δεν δημιουργούνται συνθήκες υγραποίησης υδρατμών στο εσωτερικό του κτιρίου ή μέσα στον τοίχο.
- ✓ Δημιουργείται μεγάλη θερμοχωρητικότητα στις επιφάνειες των τοίχων, η οποία συσσωρεύεται και επανακτινοβολεί στο εσωτερικό του κτιρίου, εντείνοντας το φαινόμενο των θερμικών νησίδων στην πόλη. Αντιθέτως δεν συμβάλει στη αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης κατά τους θερινούς μήνες, διότι εμποδίζει την θερμοσυσσώρευση κατά το θέρος, όπως κάνουν οι τοίχοι των συμβατικών κτιρίων.

- ✓ Επιτρέπει την πλήρη εκμετάλλευση του χώρου και δε μειώνει το εμβαδόν του, δεδομένου ότι επιτρέπει την τοποθέτηση της θερμοπρόσοψης εκτός του εμβαδού της επιτρεπόμενης προς ανέγερση επιφάνειας
- ✓ Μειώνει το κόστος συντήρησης του κτιρίου, προστατεύει τα στοιχεία του σκυροδέματος του κτιρίου από ρηγματώσεις.
- ✓ Η εφαρμογή του συστήματος εξοικονομεί τη δημιουργία μπαζών, λόγω της χρήσης ειδικών πολυμερισμένων κονιαμάτων τα οποία τοποθετούνται σε μικρό πάχος.
- ✓ Η ποιότητα κατασκευής του συστήματος χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλή, καθώς χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα τεμάχια για την προστασία των γωνιών, νεροσταλάκτες, υαλόπλεγμα για τον οπλισμό σ' όλη την επιφάνεια εφαρμογής του επιχρίσματος

Όταν δεν είναι οικονομικά εφικτή η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, μια εναλλακτική λύση είναι η χρήση **θερμοσοβά**, ο οποίος περιορίζει τις θερμικές απώλειες. Πρόκειται για σοβά με σύσταση που περιλαμβάνει περλίτη, τσιμέντο, ασβέστη και είναι ενισχυμένος με πολυμερικές ρητίνες και συνθετικές ίνες. Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφορα είδη θερμοσοβά με θερμική αγωγιμότητα που κυμαίνεται από 0,056 έως 0,07 W/mK έναντι 0,87 W/mK του συμβατικού σοβά. Παρέχουν υψηλή ατμοδιαπερατότητα και παθητικό αερισμό.

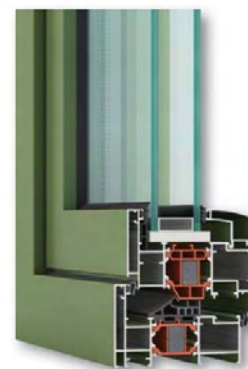
2.2.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Στα κελύφη των κτιρίων εκτός από τα αδιαφανή στοιχεία, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τα ανοίγματα ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή θερμομόνωση με την σωστή επιλογή κουφωμάτων και υαλοπινάκων. Τα Θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα είναι ευρέως γνωστά στην αγορά ως «Ενεργειακά» κουφώματα αλουμινίου. Στην ουσία, αυτό που ξεχωρίζει τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα από τα συμβατικά προφίλ αλουμινίου είναι η χρήση ειδικού μονωτικού υλικού (συνήθως πολυαμιδίου, το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας) που ξεχωρίζει τα προφίλ των παραθύρων σε δύο μέρη, εξωτερικό και εσωτερικό. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή θερμομόνωση αλλά και ηχομόνωση. Η θερμομόνωση των κουφωμάτων (συντελεστής θερμοπερατότητας) μετριέται σε W/m²K, και στην ουσία ο αριθμός αυτός ορίζει την ποσότητα θερμότητας (σε Watt), ανά μονάδα χρόνου που μπορεί να διαπεράσει ένα

κούφωμα με επιφάνεια 1m², όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επιφανειών του (μέσα – έξω) είναι 1 βαθμός (1o C).

Ένα κούφωμα αλουμινίου, όμως, δεν αποτελείται μόνο από το προφίλ του αλουμινίου, αλλά και από το τζάμι (υαλοπίνακα). Τα δύο αυτά υλικά, υαλοπίνακας και προφίλ αλουμινίου, έχουν διαφορετικούς συντελεστές (διαφορετική θερμομόνωση – θερμοπερατότητα). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του προφίλ αλουμινίου ονομάζεται U_f (U Frame – πλαίσιο) και ο συντελεστής του υαλοπίνακα U_g (U Glass - τζάμι). Ωστόσο, αυτό που δίνει στοιχεία για τη θερμομόνωση του κουφώματος είναι ο συντελεστής U_w (U window-παραθύρου) που αναφέρεται στο σύνολο του κουφώματος, ακριβώς γιατί ο υαλοπίνακας και το προφίλ του κουφώματος, καταλαμβάνουν διαφορετική επιφάνεια κάθε φορά ανάλογα με τη διάσταση του κουφώματος (παραθύρο μπάνιου, μπαλκονόπορτα κλπ). Ο κάθε κατασκευαστής κουφωμάτων αλουμινίου είναι υποχρεωμένος να αναφέρει τον συντελεστή θερμομόνωσης (συντελεστή θερμοπερατότητας ή θερμικής αγωγιμότητας) κάθε παραθύρου.

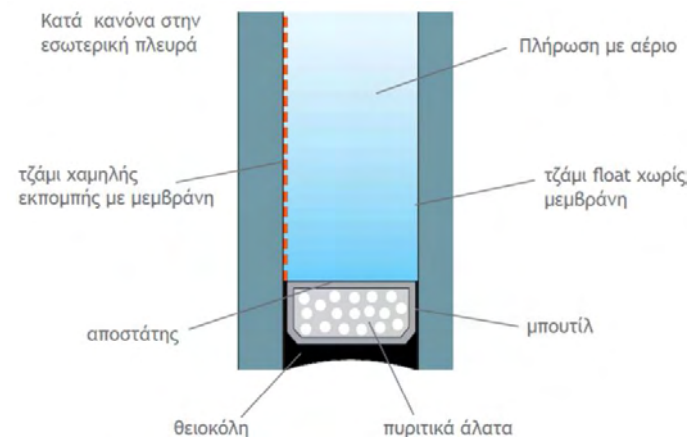
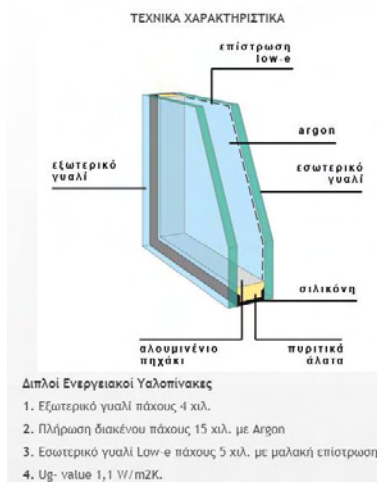
Οι μεγάλες απώλειες ενέργειας αποφεύγονται μέσω θερμοδιακοπής, η οποία εξασφαλίζεται με τη χρήση ειδικών υαλοενισχυμένων πολυαμιδίων εντός των προφίλ αλουμινίου. Η θερμοδιακοπή στα κουφώματα δεν είναι τίποτε άλλο, από ένα ειδικό υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας του πλαισίου. Έτσι υπάρχει θεαματική επίδραση στην εξοικονόμηση ενέργειας καθώς το θερμομονωτικό κούφωμα απομονώνει αποτελεσματικά το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, μη επιτρέποντας τη μεταφορά θερμότητας.



Εικόνα 2.3: Προφίλ αλουμινίου, τομή

(Πηγή:http://www.aluminco.com/media/28461/antikatastasi_koufomaton.pdf)

Τη μεγαλύτερη επιφάνεια του κουφώματος καταλαμβάνει ο **υαλοπίνακας**, με αποτέλεσμα η επιλογή του να χρήζει μεγάλης προσοχής. Οι υαλοπίνακες διακρίνονται σε συμβατικούς και ενεργειακούς, με σημαντικές διαφορές όσον αφορά την θερμομόνωση. Η συνένωση δύο μονών υαλοπινάκων, με παρεμβολή ενός αποστάτη και με την πλήρωση αέρα ή ευγενών αερίων, δημιουργεί το διπλό τζάμι. Χάρη στη τεχνολογική πρόοδο, πλέον μπορεί να τοποθετηθεί και τριπλό τζάμι στα προηγμένα συστήματα αλουμινίου, ο οποίος προσφέρει εκπληκτικά επίπεδα θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και ασφάλειας. Η χρήση νέων ενεργειακών υαλοπινάκων προσφέρει καλύτερη ποιότητα ζωής λόγω καλύτερης ηχομόνωσης και εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων χάρη στη μείωση των ενεργειακών αναγκών.



Εικόνα 2.4: Τομή υαλοπίνακα,

(Πηγή: http://www.aluminco.com/media/28461/antikatastasi_koufomaton.pdf)

Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες 3^{ης} γενιάς ή υαλοπίνακες low-e είναι οι υαλοπίνακες που παρέχουν θερμική μόνωση αφήνοντας το ηλιακό φως να περνά. Αυτό οφείλεται στην ειδική επίστρωση μετάλλων στην επιφάνεια του γυαλιού. Οι επιστρώσεις αυτών των υαλοπινάκων αποτελούνται από διάφανα μεταλλικά οξείδια που ελαττώνουν τη μεταφορά της θερμότητας από την εσωτερική μεριά του υαλοπίνακα στην εξωτερική και το ανάποδο, ανάλογα με την εποχή. Χρησιμοποιούνται και σε συνδυασμό ανάλογα με το ανάγκες και τα χρήματα που θα ξοδευτούν, με ένα triplex υαλοπίνακα για παραπάνω ασφάλεια ή με έναν triplex με ακουστική μεμβράνη για μεγαλύτερη ηχομόνωση.

Οι σημαντικότεροι δείκτες για την επιλογή των υαλοπινάκων είναι:

- ***U value ή K value ($W/m^2 \cdot K$)*** ανά m^2 . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας δείχνει πόσο γρήγορα μεταφέρεται η θερμότητα μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου (σε Watt) ανά m^2 ενός υαλοπίνακα για διαφορά θερμότητας 1 βαθμού Kelvin. Οπότε όσο μικρότερος είναι ο βαθμός μεταφοράς θερμότητας (emissivity) αναλόγως είναι και ο K.
- ***Solar factor g*** : Ο ηλιακός συντελεστής εκφράζει το ποσοστό της συνολικής ηλιακής ενέργειας που περνάει μέσα από τον υαλοπίνακα προς το εσωτερικό του σε σχέση με το ποσό της ηλιακής ενέργειας που δέχεται.
- ***Light transmission LT***: Η οπτική διαπερατότητα. Για περισσότερο φως αλλά όχι θερμότητα πρέπει το LT να είναι υψηλό.
- ***Δείκτης επιλεκτικότητας LT/g***: Δείχνει συνδυαστικά των παραπάνω όσο επιλεκτικός είναι ο υαλοπίνακας. Δηλαδή το πόσο φως σε σχέση με τη θερμότητα περνά από τον υαλοπίνακα.

Δίνεται η δυνατότητα σε διπλούς υαλοπίνακες με πρόσθεση ευγενών αερίων στο εσωτερικό τους (αργή ή argon) να βελτιώσουν την θερμομόνωση.

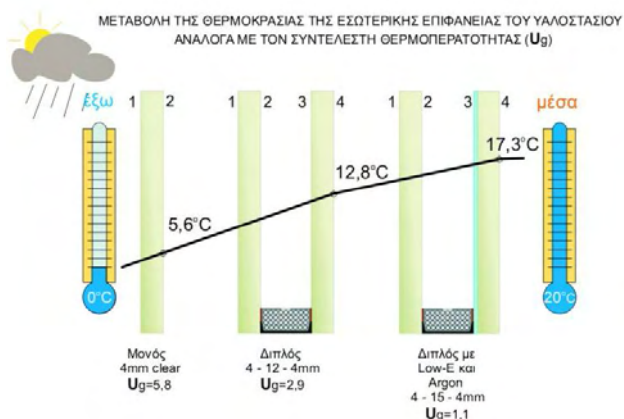
Για την επίτευξη ενεργειακά αποδοτικών υαλοπινάκων υπάρχουν διάφοροι τρόποι, που στηρίζονται στη χρήση διπλών ή και τριπλών υαλοπινάκων, (Βλ.Πίνακα 2.1), όπως (Ηλιάδης, 2008, σελ.11):

- Αυξάνοντας το πλάτος του διακένου μεταξύ των υαλοπινάκων
- Γεμίζοντας το διάκενο με αέρια χαμηλότερης αγωγιμότητας από αυτή του αέρα (Argon, Krypton)
- Δημιουργώντας συνθήκες μερικού ή ολικού κενού στο διάκενο,
- Χρησιμοποιώντας υαλοπίνακες με επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής. (Low-e)

Υάλωση			U_g [W/(m ² ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,10	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,10	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Πίνακας 2.1: Συντελεστής θερμοπερατότητας U_g διαφόρων τύπων υαλοπινάκων.(Πηγή: Πίνακας 9, TOTEE 27201-2/2017))

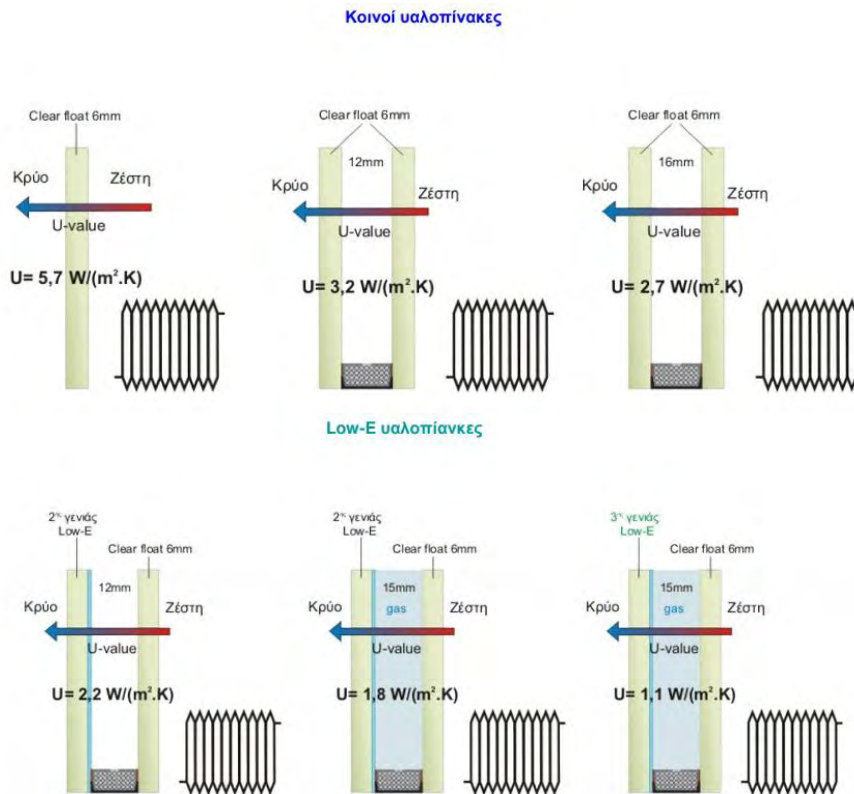
Οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-e) φέρουν επίστρωση της μιας επιφάνειάς τους με λεπτά στρώματα οξειδίων διαφόρων μετάλλων και μεταλλικών αλάτων, με την οποία το γυαλί αποκτά αυξημένες ανακλαστικές ιδιότητες. Η χαμηλής εκπομπής (low-e) επίστρωση είναι σχεδιασμένη να αυξάνει την ανάκλαση της προσπίπτουσας και απορροφούμενης από το γυαλί θερμότητας προς την πλευρά της πηγής της θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι, αντίθετα με τους κοινούς λευκούς ή έγχρωμους απορροφητικούς υαλοπίνακες, οι επιστρωμένοι low-e υαλοπίνακες απορροφούν, άρα και επανεκπέμπουν προς την ψυχρότερη πλευρά, πολύ μικρότερα



ποσοστά ενέργειας, συμβάλλοντας στην διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου τον χειμώνα και την απώθηση της ζέστης προς τα έξω το καλοκαίρι, βελτιώνοντας την θερμική άνεση (Εικόνα 2.5)

Εικόνα 2.5: Μεταβολή θερμοκρασίας εσωτερικά υαλοστασίου,

Πηγή: http://www.prismaglass.gr/dat/prisma_storage/dat/67AEE251/news19.pdf



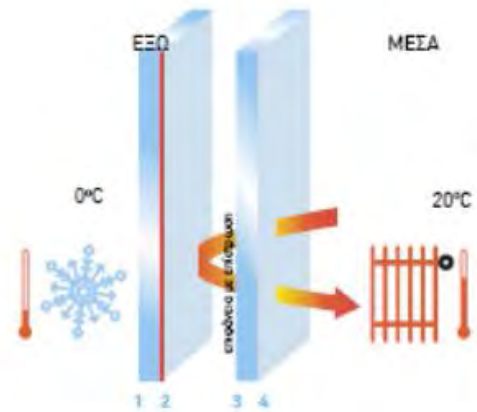
Εικόνα 2.6: Εξέλιξη του συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοστασίων (κοιτών και low-e)
(Πηγή: http://www.prismaglass.gr/dat/prisma_storage/dat/67AEE251/news19.pdf)

Στον παρακάτω Πίνακα 2.2 φαίνονται οι υπολογισμοί που καταδεικνύουν την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με αλλαγή υαλοπινάκων σε ένα διαμέρισμα 140τ.μ..

ΕΙΔΟΣ ΥΑΛΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U-Value (K)	ΕΜΒΑΔΟΝ ΥΑΛΩΣΗΣ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚ. P.	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕ Σ ΑΠΩΛΕΙΕΣ / ΜΗΝΑ	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ / ΜΗΝΑ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΟΦΕΛΟΣ
ΜΟΝΗ ΥΑΛΩΣΗ	5,7	30 m2	20	3.420 Watt	2.462 Kwh	233,73 €	0,00 €
ΔΙΠΛΗ ΥΑΛΩΣΗ ΜΕ 12mm ΔΙΑΚΕΝΟ	2,9	30 m2	20	1.740 Watt	1.253 Kwh	118,92 €	114,82 €
ΔΙΠΛΗ ΜΕ 12mm ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	1,1	30 m2	20	660 Watt	475 Kwh	45,11 €	188,63 €

Πίνακας 2.2: Υπολογισμός απωλειών ενέργειας διαμερίσματος με αντικατάσταση υαλοπινάκων (Πηγή: http://www.prismaglass.gr/dat/prisma_storage/dat/67AEE251/news19.pdf)

Η ικανότητα εκπομπής επιδρά μόνο στην μεγάλη μήκους υπέρυθρη ακτινοβολία ενώ δεν έχει ουσιαστικά επίπτωση στον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας. Προκειμένου να συνδυαστεί ο έλεγχος της θερμοπερατότητας με τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν υαλοπίνακες οι οποίοι συνδυάζουν και τις δύο λειτουργίες (Low-e & solar control) (ο.π.).



Εικόνα 2.7: Διπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής-μικρότερες απώλειες τον χειμώνα, (Πηγή: http://www.aluminco.com/media/28461/antikatastasi_koufomaton.pdf)

Για τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται χρωματιστά στη μάζα τους γυαλιά με αυξημένη απορροφητικότητα, γυαλιά με ανακλαστική επίστρωση ή και συνδυασμός των δύο, γυαλιά μεταβαλλόμενης περατότητας φωτός κ.α. (ο.π.).

Η θέση, η κλιματική ζώνη, η χρήση και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε κτιρίου συνθέτουν και μια διαφορετική περίπτωση κάθε φορά. Οι υπεισερχόμενες και αλληλοσυγκρουόμενες παράμετροι, με ζητούμενο την εξασφάλιση της μέγιστης δυνατής θερμομόνωσης (U-value), υψηλών επιπέδων φωτισμού (Light Transmittance) και ελέγχου της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας (Solar Factor), απαιτούν ξεχωριστή μελέτη και στάθμιση των ωφελειών και απωλειών χειμώνα- καλοκαίρι, ενώ συχνά γίνονται μικροί ή μεγαλύτεροι συμβιβασμοί κατά την επιλογή του υαλοστασίου.

2.2.3 ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ

Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Ο κήπος στο δώμα μειώνει το φορτίο κλιματισμού και θέρμανσης στον τελευταίο όροφο σε ποσοστό 30% το καλοκαίρι και 10% το χειμώνα αντίστοιχα. Παράλληλα, αποτελούν φυσικές μονάδες οξυγόνου γιατί

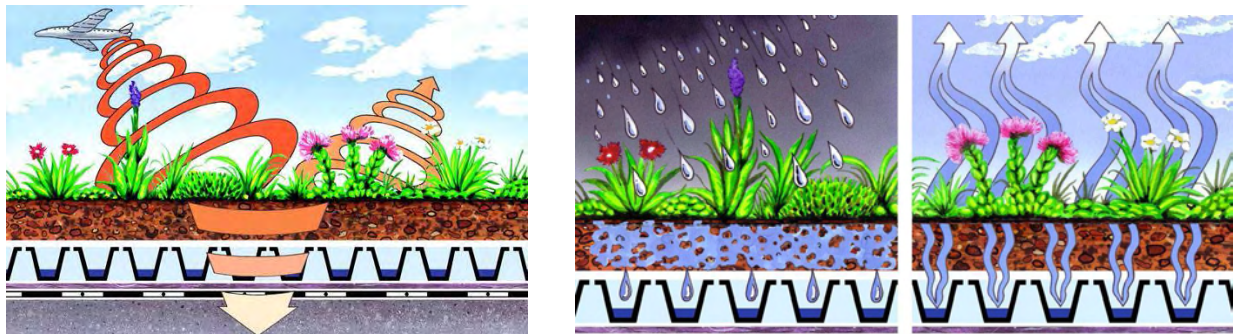
α) μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω της φωτοσύνθεσης και β) δημιουργούν μια ασπίδα προστασίας με οξυγόνο για τους ενοίκους του κτιρίου, καθώς και ο οξυγονωμένος αέρας γίνεται βαρύτερος και κατεβαίνει προς τα κάτω. Τέλος, συγκρατούν και απορροφούν την απορροή του βρόχινου νερού (από μισή έως 2,5 ώρες ανάλογα με την ένταση της βροχής και για πάχος χώματος 15 cm), μειώνοντας τα πλημμυρικά φαινόμενα.



Εικόνα 2.8: Αποψη φυτεμένου δώματος, (Πηγή: <http://www.google.com>)

Ένα *φυτεμένο δώμα* βοηθάει στην *εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο*. Η εξοικονόμηση ενέργειας οφείλεται στα παρακάτω επιμέρους φαινόμενα, τα οποία δρουν συνδυαστικά: Τα φυτά με το φύλλωμά τους παρέχουν σκιασμό στην επιφάνεια του δώματος και εξασφαλίζουν με τον τρόπο αυτό τη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτηρίου και διατηρούν σχετικά σταθερή τη θερμοκρασία της επιφάνειας του δώματος στη διάρκεια του έτους. Η θερμοχωρητικότητα του φυτεμένου δώματος είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με αυτήν ενός συμβατικού δώματος, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας των κηπευτικών στρώσεων και του γεγονότος ότι εντός αυτών παρατηρείται ένα στρώμα ακίνητου αέρα. Το φυτεμένο δώμα λειτουργεί λοιπόν ως μια επιπλέον θερμομονωτική στρώση, ελαττώνοντας τα απαιτούμενα ψυκτικά ή θερμικά φορτία το καλοκαίρι και το χειμώνα αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στο φυτεμένο δώμα αξιοποιείται και το φαινόμενο της εξάτμισης για την παραγωγή ψύξης καθώς και της συμπύκνωσης υδρατμών με παραγωγή θερμότητας. Με τη διαδικασία αυτή («εξατμισοδιαπνοή»), τα φυτά προσφέρουν ψυκτικά ή θερμικά φορτία, τα οποία με τη σειρά τους παρέχουν δροσισμό ή θέρμανση το καλοκαίρι και το χειμώνα.

Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο κατά το σχεδιασμό, όσο και κατά την κατασκευή του. Πριν την κατασκευή απαιτείται έλεγχος της φέρουσας κατασκευής, που πρόκειται να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία του κήπου.

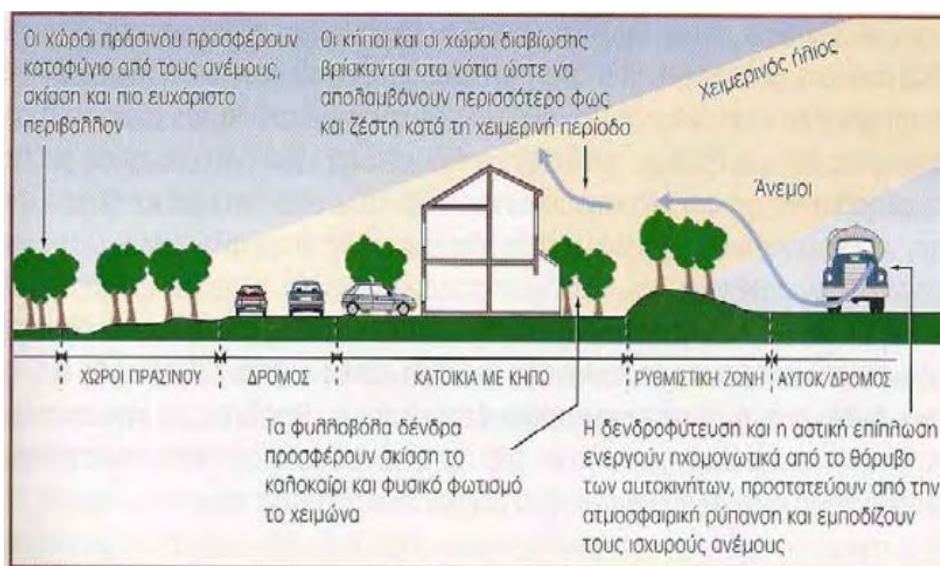


Εικόνα 2.9: Τοπική φύτευση δώματος-Ιδιότητες ηχομόνωσης και εξάτμισης, (Πηγή: <http://www.google.com>)

2.3 ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ

Σε κάθε τοποθεσία, η παρέμβαση του ανθρώπου μπορεί να τροποποιήσει το περιβάλλον κοντά στα κτίρια, δημιουργώντας συνθήκες γνωστές ως το μικρόκλιμα ή το κλίμα μιας μικρής επιφάνειας. Οι αλλαγές στο σχεδιασμό σε μικροκλιματική στάθμη μπορεί να εξασφαλίσουν αξιοσημείωτα αποτελέσματα, σε αντίθεση με το γενικό μακρόκλιμα και μεσόκλιμα της περιοχής που είναι πέρα από κάθε επίδραση. Οι

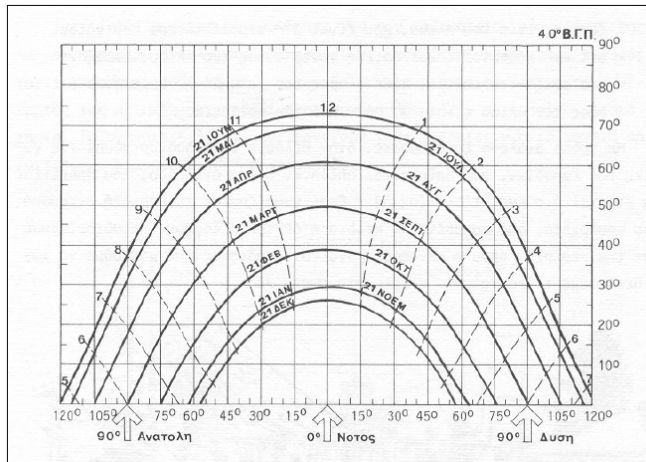
αλλαγές αφορούν εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και του ανέμου, καθώς και της υγρασίας του αέρα. Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται σε μια τοποθεσία εξαρτάται από την τοπική καλλιεργημένη βλάστηση, το σχήμα, το προσανατολισμό και τη θέση των γειτονικών κτιρίων. Η βλάστηση είναι ένας παράγοντας διαφορετικός σε σχέση με άλλα εμπόδια που δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να πέσει σε μια τοποθεσία. Ορισμένοι τύποι καλλιέργειας αλλάζουν με τις εποχές. Πολλοί (π.χ. φυλλοβόλα δέντρα) παρέχουν μόνο μερικό προπέτασμα, φιλτράροντας την ακτινοβολία που πέφτει αντί να την εμποδίζουν εντελώς, γεγονός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πλεονέκτημα.



Εικόνα 2.10: Φύτευση και μικροκλίμα, (Πηγή: Κτίριο & Περιβάλλον, Η.Ευθυμιόπουλος)

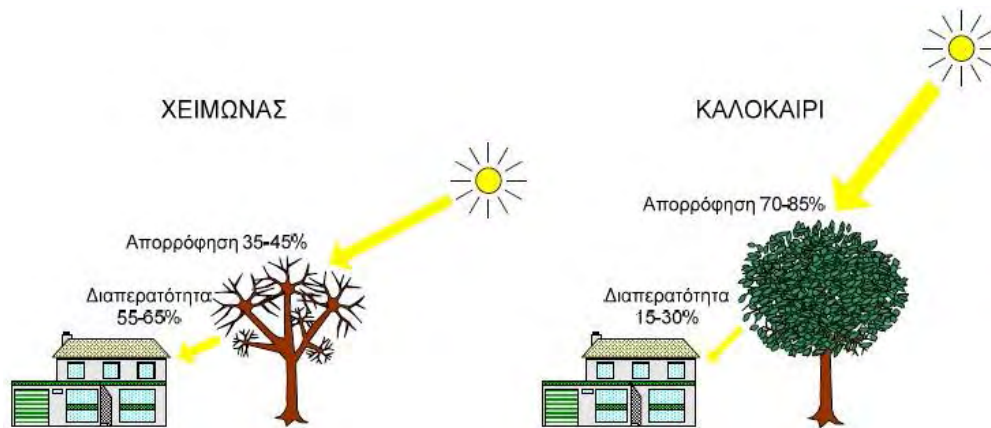
Όσον αφορά το σχήμα, ένα κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα Ανατολής – Δύσης προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το Νότο για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα. Για το μεσογειακό κλίμα, η άριστη αναλογία στις διαστάσεις του κτιρίου είναι 1:1,8. Το κτήριο κύβος δεν είναι το βέλτιστο σχήμα για οποιονδήποτε τύπο, ενώ το επίμηκες κτήριο κατά τον άξονα Βορά – Νότου, λειτουργεί λιγότερο αποτελεσματικά όλο τον χρόνο σε σχέση με το κτήριο κύβος. Ο προσανατολισμός του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη ηλιασμό κατά τους χειμερινούς μήνες και σκίασμό κατά τους θερινούς. Σε μία περιοχή με 40ο βόρειο γεωγραφικό πλάτος ο προσανατολισμός πρέπει να είναι νότιος ή νοτιοανατολικός, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια την χειμερινή περίοδο σε σχέση με τον ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό και η ακτινοβολία αυτή μειώνεται στο μισό το καλοκαίρι. Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, οι νότιες επιφάνειες έχουν

ακόμη μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος τον χειμώνα, ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες δεχόμενες 2-3 φορές περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 2.11: Ηλιακός χάρτης για Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40°, (Πηγή: TOTEE 20702-5/2010)

Τα κτίρια που είναι πανταχόθεν ελεύθερα ή βρίσκονται στο τέλος μίας σειράς κτιρίων, έχουν μεγαλύτερες θερμικές απώλειες σε σχέση με τα κτίρια, που έχουν μικρότερη επιφάνεια σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Οι απώλειες αυτές μπορούν να περιορισθούν με τη βελτίωση της θερμομόνωσης ή να αντισταθμιστούν με την αύξηση των ηλιακών θερμικών κερδών (π.χ. μέσω της χρήσης νότιων ανοιγμάτων). Επιπλέον, τα κτίρια που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, έχουν καλύτερη θερμική συμπεριφορά και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από τα κτίρια με πυλωτή. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι τα κτίρια με πυλωτή έχουν 5% μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και δροσισμό. Αυτό οφείλεται στην αργή μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του. Έτσι, σε ορισμένο βάθος, το έδαφος είναι πιο θερμό από τον ατμοσφαιρικό αέρα τον χειμώνα και πιο δροσερό το καλοκαίρι. Οι συνθήκες του τοπικού ανέμου μπορούν να τροποποιηθούν από την παρουσία βλάστησης, κτιρίων και κτιστών προπετασμάτων. Οι ζώνες προστασίας αποτελούν ένα κοινό παροχής προστασίας από τον άνεμο. Τα κωνοφόρα δέντρα παρέχουν προστασία όλο το χρόνο, αλλά εμποδίζουν το ηλιακό φως το χειμώνα. Το φυλλοβόλο παρέχουν περισσότερη προστασία, όταν έχουν φύλλωμα το θέρος, παρά όταν είναι γυμνά τον χειμώνα. Ακόμα και τον χειμώνα, παρ' όλα αυτά, τα γυμνά κλαδιά, εξακολουθούν να παρέχουν κάποια μείωση στις ταχύτητες του ανέμου. Όταν ο άνεμος αντιμετωπίζει ένα εμπόδιο, η ταχύτητά του και η διεύθυνσή του τροποποιούνται.



Εικόνα 2.12: Σκίαση από ένα φυλλοβόλο δέντρο στο διάστημα μιας τυπικής θερινής και χειμερινής ημέρας (Πηγή: Οξυζίδης, 2009, σελ.25)

Μια στερεή μάζα, όπως αυτή που διαθέτει ένα κτίριο, αναγκάζει τον άνεμο να πηγαίνει γύρω ή πάνω από αυτήν. Η πλευρά του κτιρίου που εκτίθεται στον άνεμο είναι κάτω από θετική (αύξουσα) πίεση, ενώ η απέναντι πλευρά που προστατεύεται αντιμετωπίζει μειωμένη πίεση. Γενικά, η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος πάνω από το έδαφος. Εξαιτίας του αριθμού των εμποδίων στη ροή που εμφανίζονται στις πόλεις, η μέση ταχύτητα ανέμου σε ένα δοσμένο ύψος είναι πιο χαμηλή στις πόλεις από ό,τι πάνω από καθαρή επιφάνεια. Το μέγεθος των εμποδίων επηρεάζει την κατακόρυφη διαβάθμιση. Η ροή του ανέμου στις πόλεις είναι πιο στροβιλώδης και αλλάζει πιο εύκολα κατεύθυνση από ό,τι στην ύπαιθρο που τις περιβάλλει. Ιδιαίτερα οι ισχυρές ανεμοθύελλες μπορεί να ενεργήσουν στη βάση των ψηλών κτιρίων.

Μελετημένη προστασία μπορεί να δημιουργηθεί με το **φύτεμα**, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ή με **κτιστά προπετάσματα**. Η αποτελεσματικότητα της προστασίας ενός μακριού ευθύγραμμου προπετάσματος προσδιορίζεται από το ύψος του και τη διαπερατότητά του στον άνεμο. Σχετικά με τα προπετάσματα σημειώνεται ότι πυκνά προπετάσματα δημιουργούν μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας του ανέμου από ό,τι κάνουν τα διαπερατά προπετάσματα. Το βάθος της ζώνης που προστατεύεται, όμως, δεν είναι τόσο μεγάλο με ένα πυκνό περίφραγμα. Το βάθος της ζώνης που προστατεύεται είναι ανάλογο προς το ύψος του προπετάσματος. Για ένα προπέτασμα περιορισμένου πλάτους, όπως ένα κτίριο, η προστατευμένη ζώνη αυξάνει σε βάθος από τις γωνίες προς το μέσο. Το βάθος της προστατευμένης ζώνης αυξάνεται με το πλάτος του κτιρίου εφόσον το τελευταίο φτάνει να είναι περίπου δέκα φορές το ύψος του

κτιρίου. Σε αυτό το σημείο, το βάθος της προστατευμένης ζώνης είναι περίπου οκτώ φορές το ύψος του κτιρίου.

Η υγρασία του αέρα σε μια τοποθεσία επηρεάζεται από την παρουσία νερού και βλάστησης. Σιντριβάνια, νερό που κυκλοφορεί κάτω από πορώδεις επιστρώσεις, δεξαμενές και κανάλια επιφέρουν ύγρανση, άρα ψύξη, του παρακείμενου αέρα, αν και είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ότι η υγρασία στην τοποθεσία θα παραμένει στην περιοχή άνεσης. Η διαδικασία εξάτμισης – διαπνοής της κοντινής βλάστησης έχει επίσης ψυκτική επίδραση στον αέρα.

2.4 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

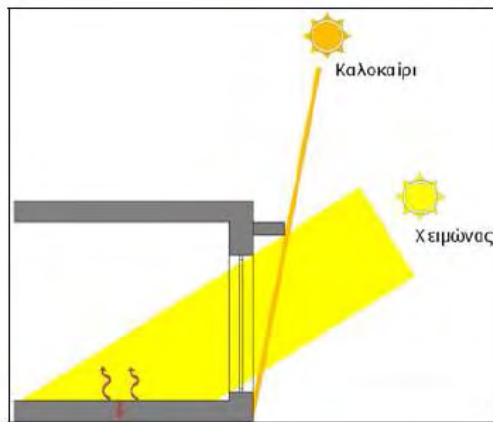
Στις θερμές περιόδους του έτους, οι ακτίνες του ήλιου, η διείδυση του θερμού εξωτερικού αέρα στο κτίριο και τα εσωτερικά κέρδη από τις δραστηριότητες των ενοίκων και τις συσκευές μπορεί να οδηγήσουν σε μη αποδεκτές καταστάσεις. Για να επιτευχθεί μια άνετη εσωτερική θερμοκρασία, θα μπορούσε να ληφθεί μια σειρά από μέτρα. Τα συστήματα δροσισμού, που αξιοποιούν τον άνεμο για την ψύξη των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάζονται **παθητικά συστήματα δροσισμού**. Τα συστήματα αυτά εξοικονομούν ενέργεια γιατί υποκαθιστούν την ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλίσκεται στα κλιματιστικά μηχανήματα, βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, περιορίζουν τα προβλήματα φορτίου αιχμής και προστατεύουν το περιβάλλον, γιατί συμβάλλουν στη μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα, που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την τρύπα του όζοντος.

Τα παθητικά συστήματα δροσισμού διακρίνονται σε:

- α) Συστήματα ηλιοπροστασίας,**
- β) Συστήματα φυσικού αερισμού και**
- γ) Συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία.**

Όσον αφορά τα συστήματα ηλιοπροστασίας, τους καλοκαιρινούς μήνες, τόσο στα θερμά όσο και στα εύκρατα κλίματα, το κτίριο απορροφά πολύ θερμότητα και ενδέχεται να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του. Η

υπερθέρμανση αποτρέπεται με την ηλιοπροστασία του κτιρίου, η οποία εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να διεισδύσει στο εσωτερικό του.



Εικόνα 2.13: Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος αμέσου κέρδους (Πηγή: Οξυζίδης, 2009, σελ.25)

Τα **συστήματα ηλιοπροστασίας** διακρίνονται σε:

- **Σκιασμός κτιρίων και ανοιγμάτων:** Ο σκιασμός του κτιρίου εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση βλάστησης ή φυλλοβόλων δέντρων στην κατάλληλη θέση ώστε να διακόπτεται ο άμεσος ηλιασμός του κτιρίου. Ο σκιασμός των ανοιγμάτων εξασφαλίζεται με τη χρήση ειδικών διατάξεων, που ονομάζονται σκίαστρα. Τα εξωτερικά σκίαστρα είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, γιατί σταματούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία πριν εισέλθει και παγιδευτεί μέσα στο χώρο. Η χρήση κινητών σκιάστρων επιτρέπει τη σκίαση των ανοιγμάτων όταν αυτή κρίνεται απαραίτητη.
- **Χρήση ειδικών υαλοπινάκων:** Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι υαλοπινάκων που συνεισφέρουν σημαντικά στην ηλιοπροστασία του κτιρίου.
- **Εξωτερικός χρωματισμός:** Ο εξωτερικός χρωματισμός του κτιρίου επηρεάζει σημαντικά το θερμικό και ψυκτικό του φορτίο. Στα θερμά κλίματα επιβάλλεται η χρήση ανοιχτών χρωμάτων και υλικών με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας στις εξωτερικές επιφάνειες, για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου.
- **Φύτεμα δώματος**

Στα **συστήματα φυσικού αερισμού**, μεγάλη σημασία έχει ο φυσικός αερισμός που είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού και διευκολύνει την απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο και το ανθρώπινο σώμα. Υπό την προϋπόθεση ότι οι

εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού μπορεί να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να αυξήσει τη θερμική άνεση και να διατηρήσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο κτίριο.

Τα συστήματα φυσικού αερισμού διακρίνονται σε:

- **Διαμερή αερισμός:** Γίνεται από τα ανοίγματα στις όψεις του κτιρίου και τις θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος των εσωτερικών τοίχων.
- **Υβριδικός αερισμός:** Γίνεται με τη χρήση ανεμιστήρων (ειδικότερα ανεμιστήρων οροφής), οι οποίοι ενισχύουν τον φυσικό αερισμό και συνεισφέρουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες 2- 0C υψηλότερες από τις συνηθισμένες, επειδή με την κίνηση του αέρα η μετάδοση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα γίνεται με μετάβαση. Το σύστημα αυτό απαιτεί ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
- **Καμινάδα αερισμού:** Λειτουργεί με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και μπορεί να έχει ανεμιστήρα στο υψηλότερο σημείο της. Ο θερμός αέρας του χώρου που είναι λιγότερο πυκνός και πιο ελαφρύς, μεταφέρεται προς τα πάνω και το κενό που δημιουργείται καλύπτεται από τον βαρύτερο ψυχρό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτιρίου.
- **Ηλιακή καμινάδα:** Είναι η καμινάδα, που έχει υαλοπίνακες στην νότια ή νοτιοδυτική της επιφάνεια και περσίδες στο πάνω μέρος της ίδιας πλευράς. Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα επάνω, ενισχύοντας σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Λόγω της συνεχούς ανανέωσης του αέρα, το σύστημα αυτό συνιστάται σε περιοχές με αρκετή υγρασία το καλοκαίρι.
- **Αεριζόμενο κέλυφος:** Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή ή στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, όπου μέσα στο διάκενο κυκλοφορεί ο αέρας του περιβάλλοντος και συνεισφέρει στη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου στην ατμόσφαιρα.

Τα συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία, στηρίζονται στο ότι ο δροσισμός με ακτινοβολία βασίζεται στις απώλειες θερμότητας λόγω εκπομπών μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, από ένα σώμα σ' ένα άλλο γειτονικό του, το οποίο έχει μικρότερη θερμοκρασία και αποτελεί τη δεξαμενή θερμότητας. Στην περίπτωση των κτιρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κέλυφος και η δεξαμενή θερμότητας είναι ο ουράνιος θόλος.

Τα συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία διακρίνονται σε:

- Λευκή οροφή: Το βάψιμο της οροφής με λευκό χρώμα (μονωτικό χρώμα ή ασβέστης) είναι το απλούστερο σύστημα δροσισμού με ακτινοβολία. Το πλεονέκτημα της λευκής οροφής είναι ότι απορροφά μικρή ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, οπότε η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλή κι έτσι ψύχεται εύκολα τη νύχτα.
- Κινητή μόνωση: Αποτελείται από ένα μονωτικό υλικό, που μετακινείται με το χέρι ή μηχανικά ώστε να καλύπτει την οροφή του κτιρίου. Το καλοκαίρι η οροφή καλύπτεται την ημέρα για να ελαχιστοποιούνται τα ηλιακά θερμικά κέρδη, ενώ το βράδυ αφαιρείται το κάλυμμα και διευκολύνεται η ψύξη της με ακτινοβολία. Τον χειμώνα, η οροφή εκτίθεται στον ήλιο την ημέρα για να δεχτεί τα ηλιακά θερμικά κέρδη, ενώ το βράδυ μονώνεται προκειμένου να μειωθούν οι θερμικές απώλειες και να διοχετευτεί η πλεονάζουσα θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου.

2.5 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι φυσικοί πόροι που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, και που δύνανται να μετατρέπονται σε ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία και οι υδατοπτώσεις. Σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη μας είναι πεπερασμένα και αναμένεται να εξαντληθούν κάποια στιγμή στο μέλλον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν εξαντλούνται αλλά ανανεώνονται διαρκώς.

Οι ΑΠΕ αποτελούν μια καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση τους δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια.

Το ευρύ φάσμα των διαφόρων μορφών ΑΠΕ προσφέρει ποικίλες διεσπαρμένες, αποκεντρωμένες ενεργειακές επιλογές, που προσφέρουν στους ανθρώπους την δυνατότητα αυτονομίας και ανεξαρτησίας από τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, ενώ παράλληλα ανακουφίζουν τα συστήματα υποδομής και μειώνουν τις απώλειες από την μεταφορά ενέργειας.

Στον περιορισμένο δομημένο αστικό χώρο, οι μορφές ΑΠΕ που μπορούν να εφαρμοστούν είναι κυρίως η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, και η βιομάζα. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ηλιοθερμικά συστήματα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ). ή και για θέρμανση. Στην περίπτωση σχολικών κτιρίων, επειδή δεν απαιτείται Ζ.Ν.Χ., ούτε είναι δυνατή η κάλυψη των φορτίων θέρμανσης από ηλιοθερμικά συστήματα χωρίς βοηθητική πηγή ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι αποδοτικότερα. Τέλος, σε σχολεία με ικανοποιητική επιφάνεια γηπέδου μπορεί να εφαρμοστεί και η αβαθής γεωθερμία. Οι παραπάνω μορφές ΑΠΕ περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

2.5.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ο ήλιος ως πηγή ενέργειας παραμένει σχεδόν ανεκμετάλλευτος ενώ μόνο το 0,05% αυτής της ενέργειας θα ήταν ικανή να καλύψει τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Στα κτίρια και όχι μόνο, η εκμετάλλευση του ήλιου γίνεται με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου (Si) χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε *μονοκρυσταλλικό* ή *πολυκρυσταλλικό*. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

A. Φωτοβολταϊκα στοιχεία Πυριτίου (Si)

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που

παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες (συγκριτικά) αποδόσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το **90%** της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

1) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου
(SingleCrystalline Silicon, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά.



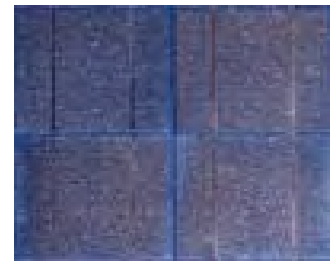
2) Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου
(MultiCrystalline Silicon, mc-Si)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ).



3) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

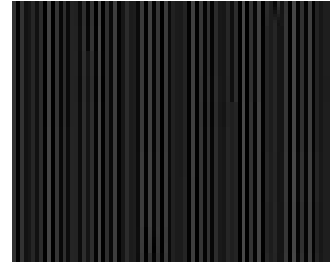
Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.



B. Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων, thin film

1) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe_2 ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS)

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του **18,8%** η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως.



2) Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο.



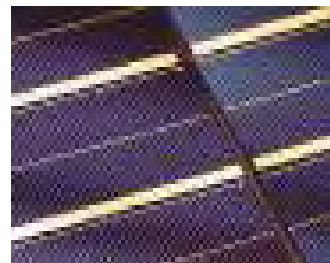
3) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκα στοιχεία έχει φθάσει το 16%.



4) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%.



Γ. Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών.

- HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

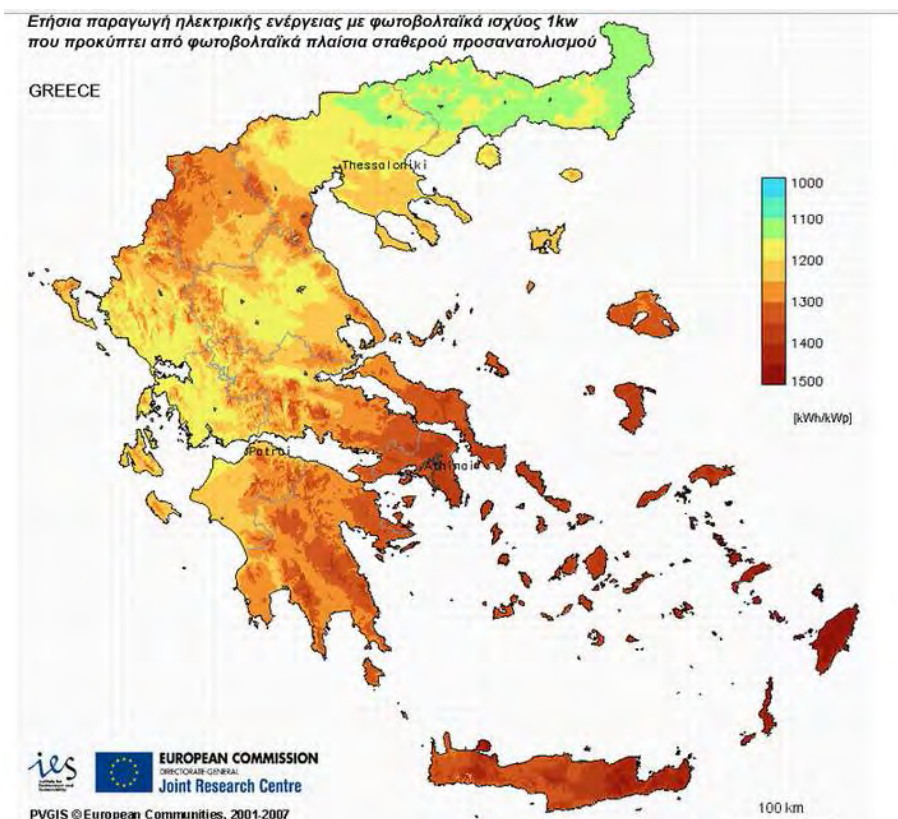
Δ. Άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)

- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

Ανάλογα με το μέρος, τη χρήση και το είδος εκμετάλλευσης επιλέγεται το κατάλληλο υλικό και κατασκευάζονται είτε σε στέγες, είτε σε ταράτσες, σε κτίρια είτε σε χωράφια ή ακόμη και σε πάρκα.



Εικόνα 2.14: Ηλιακό δυναμικό Ελλάδας, (<http://www.solar-systems.gr/photovoltaic-map-greece-photo.html>)

Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1,400- 1,800 (kWh/(m².yr) ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010, σελ.40).

Για τη χώρα μας, η βέλτιστη κλίση τοποθέτησης των Φ/Β σε ετήσια βάση, για γεωγραφικά πλάτη 35,0-41,2° είναι 20-36° αντίστοιχα. (Γαγλία, 2009, σελ.21). Σε μεγάλες εγκαταστάσεις Φ/Β, χρησιμοποιούνται συχνά περιστρεφόμενες βάσεις ενός ή δύο αξόνων, που μεγιστοποιούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία για κάθε μήνα ή εποχή. Στην Ελλάδα, τα συστήματα περιστρεφόμενων βάσεων αυξάνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε σχέση με τα συστήματα σταθερής κλίσης κατά 23- 25%, στην περίπτωση ενός άξονα και 28-30% στην περίπτωση διπλού άξονα. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010, σελ.49).



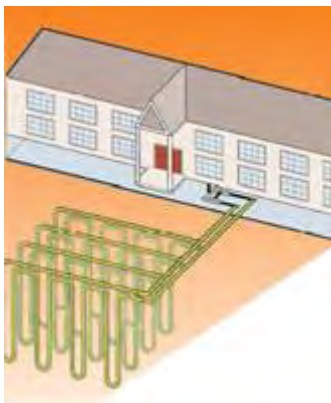
Εικόνα 2.15: Εφαρμογές Φ/Β σε κτίρια, (Πηγή: <http://www.google.com>)

Οι δυνατότητες ενσωμάτωσης είναι απεριόριστες, καθώς τα Φ/Β μπορούν να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε οικοδομικό έργο, από κτίρια υψηλής τεχνολογικής αισθητικής έως οικοδομήματα πολιτιστικής κληρονομιάς, σε νέα ή παλαιά κτίρια (Εικόνα 2.15).

2.5.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

«Γεωθερμία» σημαίνει πολύ απλά αυτό που βασίζεται στη θερμότητα της Γης. Το κέντρο της Γης έχει, σύμφωνα με πρόσφατους υπολογισμούς, θερμοκρασία 5.500 C στον πυρήνα. Δηλαδή, είναι περίπου το ίδιο θερμό με την επιφάνεια του Ηλίου. Ακόμα και τα ανώτερα 3 μέτρα της επιφάνειας της Γης παραμένουν σε σχεδόν σταθερή θερμοκρασία 10-16 C καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Κατά μέσο όρο, η θερμοκρασία κάτω από την επιφάνεια ανεβαίνει κατά 1 °C κάθε 33 μέτρα βάθους. (π.χ. στα 80-100 μέτρα, 16-18 C)

Αβαθής γεωθερμία ονομάζεται η ενέργεια η οποία προέρχεται από τα επιφανειακά στρώματα της Γης. Η εφαρμογή της γεωθερμίας στον κλιματισμό των κτιριακών εγκαταστάσεων αναφέρεται στην εκμετάλλευση της ενέργειας των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών και των υδάτων - επιφανειακών και υπογείων. Η αβαθής γεωθερμία είναι μια από τις πλέον καθαρές και ελάχιστα ρυπαντικές μορφές ενέργειας. Τα γεωθερμικά συστήματα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά συστήματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο), καθώς μειώνουν τις εκπομπές αέριων ρύπων και τα συνεπακόλουθα προβλήματά τους - όξινη βροχή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, τρύπα του όζοντος.

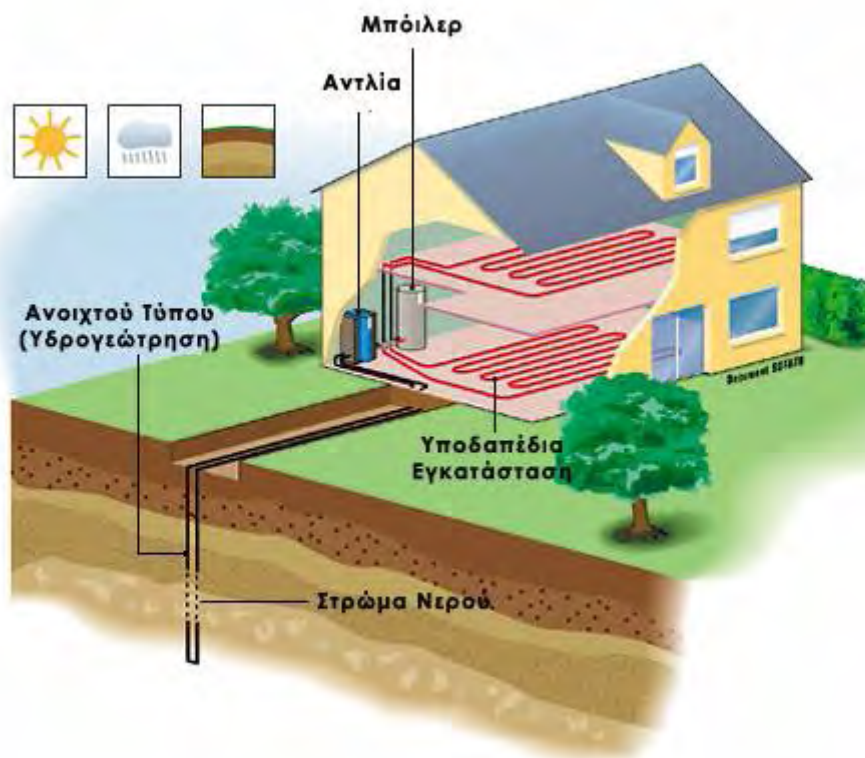


Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε δύο τύπους:

- Η Αντλία θερμότητας Νερού – Νερού, η οποία λαμβάνει την ενέργεια που απαιτείται για την θέρμανση – ψύξη ή την παρασκευή ζεστού νερού από το νερό ή το έδαφος. Μέσω ηλεκτρικού ρεύματος η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε θερμαντική ενέργεια (σε αναλογία 1KW ρεύματος προς 5KW θερμική ισχύ).

Οι Αντλίες θερμότητας Νερού – Νερού επιτυγχάνουν μείωση του κόστους λειτουργίας σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης – ψύξης 80%.

- Η Αντλία θερμότητας Αέρος – Νερού. Μία συμπαγής αντλία θερμού αέρα που κυκλοφορεί στην αγορά και εξοικονομεί το περισσότερο ρεύμα. Ο απίστευτα αποδοτικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας φροντίζει για την υψηλή πίεση αέρα και αυξάνει την αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας στο μέγιστο (1KW ρεύματος προς 3,7KW θερμική ισχύ). Συγκριτικά ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ρεύμα) μπορεί να αποδώσει το πολύ ίση θερμική ενέργεια με την ενέργεια που του παρέχουμε. Οι Αντλίες θερμότητας Αέρος – Νερού επιτυγχάνουν μείωση του κόστους λειτουργίας σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης – ψύξης έως και 60%.





Εικόνα 2.16 Συστήματα κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος

Πηγή: (<http://www.geoergo.gr/geothermia.html>)

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες συστημάτων: **Συστήματα κλειστού κυκλώματος** (closed loop systems) και **Συστήματα ανοιχτού κυκλώματος** (open loop systems).

Στα συστήματα κλειστού κυκλώματος υπάρχει το οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα και το κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα. Ο **οριζόντιος γεωεναλλάκτης** κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1,0-2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5-0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας μέγιστου μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας. Η απαιτούμενη έκταση που είναι αναγκαία είναι συνάρτηση των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου. Το μέγεθος του διαθέσιμου ελεύθερου χώρου και η σύσταση του υπεδάφους καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του γεωθερμικού εναλλάκτη. Ο **κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος** εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και σε περιοχές με αδυναμία άντλησης νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα. Το πλήθος των γεωτρήσεων είναι συνάρτηση της ισχύος της εγκατάστασης, ενώ η απόδοσή των κατακόρυφων συστημάτων παρουσιάζει σταθερότητα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Σημαντικό πλεονέκτημα των κάθετων συστημάτων αποτελεί το γεγονός της γρήγορης αποκατάστασης των θερμοκρασιακών διαταραχών του υπεδάφους, οι οποίες προκαλούνται από την εκμετάλλευση του

θερμικού περιεχομένου του. Η διάμετρος της κάθε γεώτρησης είναι 6-8" και το βάθος τους κυμαίνεται μεταξύ 60–150m.

Χαρακτηριστικό του **ανοιχτού συστήματος** είναι η άντληση και επαναφορά υδάτων – υπογείων ή επιφανειακών - και η θερμική εκμετάλλευσή τους. Το νερό αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα - υπέδαφος, θάλασσα, λίμνη ή ποτάμι -, διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν επανεισάγεται στην ίδια πηγή. Το γεωθερμικό σύστημα ανοιχτού κυκλώματος είναι οικονομικότερο κατασκευαστικά από τους κλειστούς γεωεναλλάκτες, αλλά ενδείκνυται σε περιοχές με πλούσια υδροφορία και μόνο όταν η κατώτερη στάθμη άντλησης από την γεώτρηση δεν υπερβαίνει τα 50 μέτρα (ανάλογα με το εμβαδόν του κτιρίου).

Η Εγκατάσταση φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:

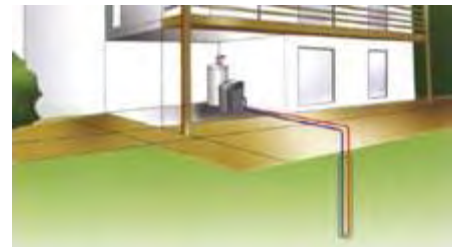
Ανοιχτού Κυκλώματος

Αντλούμε νερό από τον υδροφόρο ορίζοντα το οποίο κυκλοφορεί μέσω της Αντλίας Θερμότητας, χαρίζοντάς μας θέρμανση ή ψύξη και το επιστρέφουμε στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της δεύτερης γεώτρησης.



Κλειστού Κυκλώματος Κάθετου Τύπου

Γίνεται συνεχή κυκλοφορία νερού και ψυκτικού υγρού μέσω κλειστού κυκλώματος πλαστικών σωληνών που βρίσκονται κάθετα εγκατεστημένοι σε γεωτρήσεις μικρού βάθους.



Κλειστού Κυκλώματος Οριζόντιου Τύπου

Γίνεται συνεχή κυκλοφορία νερού και ψυκτικού υγρού μέσω κλειστού κυκλώματος πλαστικών σωληνών που βρίσκονται οριζόντια εγκατεστημένοι σε βάθος 1,5 m περίπου κάτω από την επιφάνεια της γης.



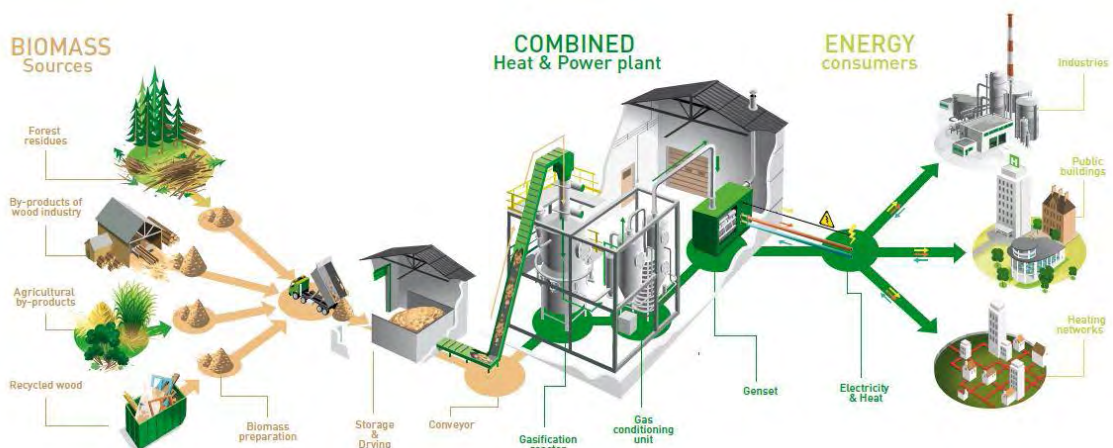
Οι σημαντικότεροι λόγοι για να χρησιμοποιήσουμε τα Γεωθερμικά Συστήματα Θέρμανσης - Ψύξης είναι οι εξής:

1. Κατάργηση χρήσης πετρελαίου ή αερίου 80% χαμηλότερο ετήσιο κόστος λειτουργίας σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης
2. Μηδαμινό κόστος συντήρησης
3. Αρμονία με το περιβάλλον (χωρίς ρύπους, σκόνες, μυρωδιές και καπνό)
4. Αθόρυβη και ασφαλή λειτουργία
5. Υπεραξία του ακινήτου εξαιτίας της ιδιόκτητης Πηγής Ενέργειας

2.5.3 BIOMAZA

Βιομάζα είναι το βιοδιασπώμενο μέρος γεωργικών προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων, της δασοκομίας και των δασών, όπως και των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Τα υγρά ή αέρια καύσιμα που παράγονται από βιομάζα και χρησιμοποιούνται για κάθε είδους μεταφορικό μέσο αποτελούν τα βιοκαύσιμα, ενώ αυτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας αποτελούν τα βιορευστά.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προωθεί τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η οδηγία 2009/28/EC συνιστά ένα σημαντικό μέρος της ενεργειακής πολιτικής της. Η χρήση βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας θεωρείται κρίσιμη για την επίτευξη των στόχων της οδηγίας, καθότι περίπου τα 2/3 της «ανανεώσιμης» ενέργειας στην ΕΕ προέρχονται από την καύση βιομάζας.



Εικόνα 2.17 Κύκλος παραγωγής βιομάζας (Πηγή: <http://www.geoergo.gr/geothermia.html>)

Η βιομάζα αποτελεί σήμερα περίπου το 10% της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, ποσοστό που ξεπερνά αυτό της πυρηνικής ενέργειας. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η κατανάλωση ενέργειας από βιομάζα καλύπτει περισσότερο από το 30% των αναγκών τους (IEA Bioenergy, 2009, σελ.6)

Στην Ελλάδα, οι κυριότερες εφαρμογές αφορούν σε παραγωγή θερμικής ενέργειας σε γεωργικές και δασικές βιομηχανίες, σε θέρμανση στον οικιακό τομέα, ενώ σχετικά πρόσφατα ξεκίνησε η παραγωγή βιοντίζελ. Η αξιοποιούμενη σήμερα ποσότητα βιομάζας, αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του διαθέσιμου δυναμικού της χώρας.

Η τεχνολογία λεβήτων βιομάζας την τελευταία δεκαετία έχει επιτύχει μεγάλη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, ενώ οι αποδόσεις είναι αντίστοιχες των λεβήτων πετρελαίου και αερίου. Επίσης, έχει ενισχυθεί και η αξιοπιστία της αυτόματης λειτουργίας του λέβητα. Οι σύγχρονοι λέβητες ξύλου διαθέτουν αυτόματο σύστημα καθαρισμού των επιφανειών εναλλακτών θερμότητας και αυτόματη απομάκρυνση τέφρας.

Για να είναι βιώσιμο ένα σύστημα θέρμανσης με βιομάζα πρέπει να εξασφαλιστούν:

- Επαρκής χώρος για την αποθήκευση του καυσίμου
- Μακροχρόνιος εφοδιασμός με βιοκαύσιμα καλής ποιότητας
- Φροντίδα για τον τακτικό καθαρισμό του λέβητα και απομάκρυνση της τέφρας

Τα παραπάνω είναι μάλλον δύσκολο να επιτευχθούν σε σχολικά κτίρια όπου συχνά ο χώρος είναι περιορισμένος, αλλά ούτε και υπάρχει επιστάτης για την επίβλεψη της καλής λειτουργίας των εγκαταστάσεων του κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ– ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΕΙΑ

3.1 ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το σχολικό κτίριο όπως και κάθε ανθρωπογενές περιβάλλον αντανακλά εκφάνσεις και στοιχεία των κοινωνικών επιστημών, των πολιτισμικών αξιών, καθώς και των μοντέλων συμπεριφοράς της κοινωνίας που το παράγει. Μελετώντας τη σχολική αρχιτεκτονική κυρίως από τον 19ο αιώνα και μετά, προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα για τις επικρατούσες τάσεις κάθε εποχής και το σκεπτικό των αρχιτεκτόνων τους.

Το σχολικό κτίριο αποτελεί διαχρονικά θεμελιώδες σημείο αναφοράς το οποίο ταυτίζεται συνειρμικά με το σκοπό της εκπαίδευσης, τις διαδικασίες αγωγής και τα περιεχόμενα της μάθησης. Αποτελεί το χώρο στον οποίο συμβιούν καθημερινά μαθητές διαφόρων ηλικιών, με διαφορετικά ενδιαφέροντα και ανάλογες εκπαιδευτικές ανάγκες και ιδιαιτερότητες. Είναι χώρος παροχής γνώσης και αγωγής, χώρος πρόσκτησης και καλλιέργειας δεξιοτήτων, χώρος κοινωνικοποίησης και επικοινωνίας, χώρος διεξαγωγής παιχνιδιού και υλοποίησης εκδηλώσεων, εργαστήριο προετοιμασίας για τη ζωή. (Σταμάτης, 2006, σελ.1) Ο σχολικός χώρος λοιπόν, στον οποίο συντελείται καθημερινά η εκπαιδευτική διαδικασία, αναγνωρίζεται ως ένας κρίσιμος παράγοντας για την εξέλιξη και την διαμόρφωση της προσωπικής μας ταυτότητας.

Στην Ελλάδα αξίζει να σημειωθεί πως το 1887 η Επιθεώρηση «Παιδαγωγικών Σχολείων» δημοσίευσε κείμενα που αφορούσαν συγκεκριμένα τη θέση του σχολείου, τους επιμέρους χώρους του, τη φύση και τα ειδικά χαρακτηριστικά των υλικών. Από την εποχή αυτή και σταδιακά τα επόμενα έτη αρχίζουν να γίνονται έρευνες σχετικά με τη θέση του σχολικού κτιρίου, τον προσανατολισμό του, το φωτισμό και τον αερισμό και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. (Τσουκαλά, 2013).

3.1.1 ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Τα σχολικά κτίρια κατατάσσονται γενικά σε τρεις κατηγορίες κτιρίων ανάλογα με το έτος και τον τρόπο κατασκευής τους (Κ.Α.Π.Ε., 1995, σελ 6, ΟΣΚ, 2008, σελ.70-72):

Τα κτίρια μέχρι το 1960

Είναι κυρίως κτίρια με γραμμική διάταξη αιθουσών, όπου στη μία πλευρά είναι ο διάδρομος και στην άλλη οι αίθουσες σε παράταξη. Πολλές φορές οι διάδρομοι είναι υπαίθριοι. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν Νεοκλασικά κτίρια ή κτίρια του μεσοπολέμου, με χοντρές τοιχοποιίες, συμπαγή. Είναι κατασκευές από πέτρα ή τούβλο, πλάκες από σκυρόδεμα, στέγες από σκυρόδεμα ή ξύλινες, χωρίς μόνωση. Τα κουφώματα είναι μεταλλικά.

Τα κτίρια από το 1960 έως το 1980



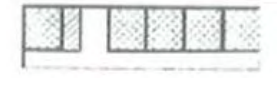

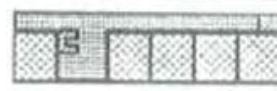



Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα κτίρια, τα οποία κτίστηκαν μετά το 1960 με μειωμένο πάχος τοίχων και αποτελούν τυπολογίες του ΟΣΚ. Τα κτίρια εμφανίζονται όμοια κατασκευαστικά σε όλες τις κλιματικές ζώνες της χώρας, είναι κτισμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα και τούβλα. Τα κουφώματά τους είναι μεταλλικά (σιδερένια) με κακή προσαρμογή και μονούς υαλοπίνακες. Δεν υπάρχει θερμομόνωση κελύφους. Έως τα τέλη της δεκαετίας του 1970 κατασκευάζονται κτίρια σε γραμμική διάταξη ή τύπου Γ, με αίθουσες που βλέπουν κυρίως προς το νότο και κλειστό διάδρομο στην πίσω πλευρά ή σπανιότερα ανοικτό διάδρομο από την κύρια πλευρά.

Τα κτίρια μετά το 1980

Στα τέλη της δεκαετίας του '70, δημιουργούνται νέοι τύποι με χαρακτηριστικό την αποδέσμευση από την παραδοσιακή μονόπλευρη διάταξη των αιθουσών διδασκαλίας. Από το 1978 χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα ο νέος τύπου διδακτηρίου 'Αθηνά'. (Βλ. Πίνακα 3.1) Το σύγχρονο μοντέλο σχολικών κτηρίων του ΟΣΚ αποτελεί το τυποποιημένο σχέδιο διδακτηρίου με την επωνυμία 'Ψυχάρης'. Άλλοι τύποι διδακτηρίων φέρουν τις επωνυμίες 'Ερατώ', 'Κάλβος', 'Θαλής', 'Παλαμάς' κ.ά. Όλοι αυτοί οι τύποι παρουσιάζουν τέτοιες ομοιότητες μεταξύ τους, που θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι πρόκειται ουσιαστικά για παραλλαγές του τύπου 'Ψυχάρης'. Η λειτουργία του σχολείου (Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο) δεν διαφοροποιεί τις τυπολογίες αν και κάποιες συνηθίζονται περισσότερο σε ορισμένες κατηγορίες λειτουργίας.

Γενικά, τα νεότερα σχολικά κτίρια από το 1981 και μετά φέρουν μόνωση στην οροφή και στους τοίχους, σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης. Παρόλα αυτά, η θερμομόνωση (κυρίως πολυουρεθάνη και διογκωμένη πολυστερίνη) καλύπτει μόνο έως 30% του κελύφους. Επιπλέον, οι διαφανείς επιφάνειες είναι πολύ μεγάλες και ιδιαίτερα επιβαρυντικές στην περίπτωση που βλέπουν προς βορρά και συνήθως χωρίς καμιά προστασία σκίασης, με συνέπεια να παρατηρείται μεγάλο πρόβλημα θάμβωσης και κυρίως, υπερθέρμανσης, ακόμα και τις ηλιόλουστες χειμερινές ημέρες (ΟΣΚ, 2008, σελ.72).

Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο «βιοκλιματικό σχολικό κτίριο», με στόχο την κατασκευή περιβαλλοντικά φιλικών και ενεργειακά αποδοτικών σχολείων.

Τύπος Σχολείου	Έτος κατασκευής	Σχηματική Κάτοψη	Απεικόνιση
Πέτρινο	Πριν το 1960		
Τύπος με ανοιχτό διάδρομο	1960-1980		
Τύπος με κλειστό διάδρομο	Μετά το 1980		
Τύπος ΑΘΗΝΑ	Μετά το 1980		

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικοί τύποι σχολικών κτιρίων (Κ.Α.Π.Ε., 1995, σελ 6)

3.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ

Στην Ελλάδα βάσει δημοσιευμένων στοιχείων του Υπουργείου Παιδείας υπάρχουν συνολικά 78.633 αίθουσες διδασκαλίας και αντίστοιχα ο μαθητικός πληθυσμός φτάνει τους 1.390.437 μαθητές. Η μέση ετήσια μείωση των μαθητών Γυμνασίου για το χρονικό διάστημα 1991-2002 είναι 2,1% και αντίστοιχα Λυκείου για το ίδιο διάστημα είναι περίπου 0,5%. Γενικά βάσει στατιστικών δεδομένων μείωση υπάρχει και στο μαθητικό πληθυσμό των δημοτικών. Το σύνολο των δημοτικών σχολείων και νηπιαγωγείων ανέρχεται αντίστοιχα σε 5.763 και 5.731.

Η πλειοψηφία των σχολείων λειτουργεί σε πρωινή βάρδια. Στα μεγάλα αστικά κέντρα όμως όπου τα κτίρια δεν επαρκούν, η λειτουργία γίνεται σε δύο βάρδιες πρωί και απόγευμα. Η μεγάλη ανεπάρκεια στα αστικά κέντρα οφείλεται στο μεγάλο κύμα «μετανάστευσης» των μαθητών κατ' αντιστοιχία με την μετανάστευση του ενεργού πληθυσμού.

Το πρόβλημα της σχολικής στέγης δεν σχετίζεται μόνο με τις αίθουσες αλλά και την ποιότητα των διδακτηρίων. Στην Ελλάδα το έτος 1995 συντάχθηκε μια τεχνική μελέτη περί της αποκατάστασης των σχολικών κτιρίων από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) και βάσει αυτής της απογραφικής διαδικασίας προέκυψε πως περίπου 15.000 αίθουσες ήταν σε ενοικιαζόμενους χώρους, με την πλειοψηφία να είναι ακατάλληλοι για την εκπαιδευτική διαδικασία. (Κ.Α.Π.Ε., 1995)

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των ελληνικών σχολικών μονάδων είναι:

- παλαιότητα σχολικών κτιρίων
- κακή ποιότητα κατασκευής των νέων (κακοτεχνίες της κατασκευής κ.α.)
- προβληματικό θερμικό περιβάλλον
- ελλιπής και προβληματικός περιβάλλον χώρος
- λανθασμένος προσανατολισμός αιθουσών διδασκαλίας
- απουσία ηλιοπροστασίας
- έλλειψη φύτευσης στον περιβάλλοντα χώρο

Για πρώτη φορά από το 1930 και μετά, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στο θέμα του φωτισμού και του ηλιασμού των αιθουσών και χαρακτηρίστηκε ως καταλληλότερος ο μεσημβρινός προσανατολισμός. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα νέου τύπου σχολικό κτίριο με αμφίπλευρο φωτισμό, κύριο μεσημβρινό και συμπληρωματικό βορινό.

Η πρώτη επίσημη καταγραφή οδηγιών για τον κτηριολογικό σχεδιασμό σχολικών κτιρίων γίνεται από το 1982, όταν κωδικοποιούνται από τον ΟΣΚ τα κτηριολογικά προγράμματα όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης. Οι οδηγίες αφορούν τον προσανατολισμό, το φωτισμό και αερισμό των αιθουσών, τη σκίαση των ανοιγμάτων ανάλογα με τον προσανατολισμό και τη χρήση υψηλών και χαμηλών φυτών για προστασία από τον άνεμο και το ήλιο. (Γαϊτάνη, 2012, σελ.4)

Το 1995 ολοκληρώνεται από το Κ.Α.Π.Ε. στα πλαίσια του προγράμματος SAVE (αρ. συμβολαίου 4.1031/93-76 «Τεχνική και οικονομική μελέτη για την αποκατάσταση σχολικών κτιρίων με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για την βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης»), η καταγραφή και ταξινόμηση σχολικών κτιρίων όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης και των χαρακτηριστικών τους που επηρεάζουν την ενεργειακή τους συμπεριφορά και τις συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης.

Το 2004 άρχισαν να κατασκευάζονται τα πρώτα βιοκλιματικά σχολεία στη χώρα μας με συνεργασία του ΟΣΚ με επιστημονικούς φορείς. Μετά από πιλοτική εφαρμογή και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, ο ΟΣΚ προχώρησε το 2008 στη σύνταξη του «Οδηγού Μελετών για Διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης» και των «Οδηγιών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού Σχολικών Κτιρίων» που περιλαμβάνουν τους βασικούς άξονες βιοκλιματικού σχεδιασμού».

3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο σχεδιασμός βασίζεται στις αρχές της προστασίας του περιβάλλοντος, στην ορθή διαχείριση νερού και υλικών, στη χρήση ΑΠΕ και στο σωστά μελετημένο προσανατολισμό του κτιρίου. Βασικός στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, προσαρμόζοντας το κτίριο στο περιβάλλον του. Εξίσου σημαντικό είναι η θερμοκρασία του κτιρίου να προσαρμόζεται στο κλίμα της περιοχής κατά περίπτωση. Τα βιοκλιματικά σχολεία επιτυγχάνουν, εκτός από τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματός τους, να καλλιεργήσουν την περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών.

Δύο είναι οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η πρώτη αφορά στη διαχείριση του ηλιακού φωτός, έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα ηλιακά κέρδη και ο φωτισμός το χειμώνα, και να μειώνονται αντίστοιχα το καλοκαίρι. Η δεύτερη αφορά στη διαχείριση του αέρα, ώστε να επιτυγχάνεται σωστός αερισμός, αλλά και προστασία από ψυχρούς ανέμους.

Ο κατάλληλος **προσανατολισμός του κτιρίου** δημιουργεί τις συνθήκες εκείνες που απαιτούνται για τη χρήση της ηλιακής ενέργειας με σκοπό την επίτευξη θερμικού κέρδους το χειμώνα και φυσικού δροσισμού το καλοκαίρι. Αυτό παρέχει στις αίθουσες:

- Φυσικό φωτισμό καθ'όλη τη διάρκεια του έτους
- Μέγιστο ηλιακό κέρδος το χειμώνα
- Σκίαση το καλοκαίρι
- Φυσικό εξαερισμό-δροσισμό σύμφωνα με τους τοπικούς ανέμους
- Διαμπερή φωτισμό, χωρίς το φαινόμενο της θάμβωσης
- Προστασία από τους εξωτερικούς θορύβους.

Στο πλαίσιο των ορθών στρατηγικών σχετικά με το σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων ως προς την θερμική τους άνεση και τη θερμομόνωση τους, ορισμένα βασικά στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 1.1. (Αξαρχή, 1995)

Στρατηγικές σχεδιασμού	Αίθουσα Διδασκαλίας
Θερμοκρασία σχεδιασμού	20° C
Θερμοκρασιακές απαιτήσεις	Ομαδοποίηση χώρων
Προσανατολισμός	ΝΔ, ΝΑ και ΑΔ
Θερμική μάζα	Μέση ή μεγάλη θερμική μάζα
Θερμομόνωση	Εξωτερική για λόγους προστασίας του κελύφους και καλύτερη θερμική άνεση
Μόνωση οροφής	Εξωτερική
Νυκτερινός αερισμός	Απαιτείται για μείωση του ψυκτικού φορτίου

Πίνακας 3.2: Στρατηγικές σχεδιασμού αιθουσών διδασκαλίας (Πηγή: Αξαρχή, 1995)

Ως προς τον φυσικό φωτισμό, βασικός στόχος αναδεικνύεται η παροχή ικανοποιητικής ποσότητας φωτισμού, η ελαχιστοποίηση πιθανών κινδύνων θάμβωσης και η αποφυγή δημιουργίας έντονων αντιθέσεων σχετικά με τη λαμπρότητα των αντικειμένων. Οι προδιαγραφές φυσικού φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας παραθέτονται στον Πίνακα 3.3 (Κωσταρέλα, Δημούδη, 2004).

Αποδεκτό επίπεδο φωτισμού	300-325 Lux
Ελάχιστη φωτιστική επιφάνεια	20% επιφάνειας δαπέδου
Φωτισμός αιθουσών	Να γίνεται από αριστερά
Μέγιστη απόσταση θρανίων από φωτιστική πλευρά	7.0 μέτρα
Μήκος αίθουσας	< 9.0 μέτρα
Τοποθέτηση παραθύρων	Ψηλά Διαμπερής φωτισμός
Ηλιοπροστασία	Κινητή
Χρώμα επιφανειών	Ανοικτό για μέγιστη ανακλαστικότητα

Πίνακας 3.3: Προδιαγραφές φυσικού φωτισμού αιθουσών διδασκαλίας (Πηγή: Κωσταρέλα, Δημούδη, 2004)

Με στόχο τον ορθό σχεδιασμό φυσικού φωτισμού, είναι απαραίτητο να ακολουθείται συγκεκριμένη πορεία προς αποφυγή προβλημάτων που είναι δυνατό να δημιουργηθούν κατά την εφαρμογή των αρχιτεκτονικών λύσεων: Στον πίνακα 3.4 ορίζονται αυτές οι κατευθυντήριες οδηγίες. (Κωσταρέλα, Δημούδη, 2004).

Λαδιακασία Σχεδιασμού	Κατευθυντήριες Οδηγίες
Σωστή χωροθέτηση κτιρίου	Νότιος προσανατολισμός
Οργάνωση εσωτερικού χώρου	Ιεράρχηση χώρων ανάλογα με την απαίτηση φωτισμού
Διαστασιολόγηση ανοιγμάτων	Το άνοιγμα αποτελεί πηγή θερμότητας και στοιχείο θερμικών απωλειών. Προσφέρει ηλιακό κέρδος και προβλήματα θάμβωσης και υπερθέρμανσης
Σχεδιασμός ηλιοπροστασίας	Κινητή ηλιοπροστασία, γιατί βελτιώνει την ποιότητα και τη διανομή του φυσικού φωτός, ενώ παράλληλα διευκολύνει θέα και δεν εμποδίζει το φυσικό φωτισμό
Έλεγχος απόδοσης σχεδιασμού	Συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας

Πίνακας 3.4: Κατευθυντήριες οδηγίες σχεδιασμού φυσικού φωτισμού (Πηγή: Κωσταρέλα, Δημούδη, 2004)

Ο αερισμός σε ένα σχολικό κτίριο είναι επίσης ένα βασικός παράγοντας που απαιτεί ιδιαίτερη μελέτη, όχι μόνο για λόγους υγιεινής αλλά και για επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στη σχολική αίθουσα. Οι προδιαγραφές για το φυσικό αερισμό των αιθουσών διδασκαλίας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 1.4. (Κωσταρέλα, Δημούδη, 2004).

Προδιαγραφές	Αίθουσα διδασκαλίας
Εναλλαγές αέρα	5 εναλλαγές/ ώρα
Πυκνότητα κατοίκησης	1,7 μ ² /μαθητή & 4μ ³ /μαθητή
Κίνηση αέρα	Διαμετρής μεταξύ ίσων αντιδιαμετρικών ανοιγμάτων διαφορετικής στάθμης
Πρόσπτωση ανέμου	Υπό γωνία 45° στο κτίριο
Εμβαδόν ανοιγμάτων	5% του καθαρού εμβαδού του χώρου
Υψος ανοιγμάτων	Ανώτατο σημείο > 1,75 μ. από το δάπεδο
Ποιότητα ανοιγμάτων	Ελάχιστος μόνιμος αερισμός
Σχεδιασμός ανοιγμάτων	Ικανοποιητική ποσότητα αέρα
Χρήστες	Ενεργειακή συμπεριφορά

Πίνακας 3.5: Προδιαγραφές φυσικού αερισμού αιθουσών διδασκαλίας (Πηγή: Κωσταρέλα, Δημούδη, 2004)

Η **θερμική άνεση** επιτυγχάνεται όταν διατηρείται η ισορροπία μεταξύ της θερμότητας που παράγεται από το ανθρώπινο σώμα και της θερμικής απώλειας προς το περιβάλλον. Κατά το σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού, λαμβάνονται υπόψη η λειτουργία και οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται σε κάθε χώρο. Η θερμομόνωση του κελύφους περιορίζει τις ανταλλαγές θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον.

Η διατήρηση ενός επιθυμητού επιπέδου **ποιότητας αέρα** στις αίθουσες είναι απαραίτητη για να υπάρχει η κατάλληλη και υγιεινή ατμόσφαιρα για τους μαθητές, η οποία επηρεάζει την ικανότητα συγκέντρωσης και την απόδοσή τους (εικόνα ..). Η ποιότητα του αέρα προσδιορίζεται κυρίως από τη **συγκέντρωση CO₂**, καθώς και από άλλες παραμέτρους, όπως είναι η σχετική υγρασία, η συγκέντρωση ρυπογόνων ουσιών, οι μυρωδιές και η σκόνη. Ο εξαερισμός είναι ο βασικός τρόπος που εξασφαλίζει την

ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των χώρων. Απαιτείται η εύρεση του κατάλληλου βαθμού εξαερισμού σε σχέση με τις ενεργειακές απώλειες και την ποιότητα αέρα (USEPA, 1995).

Σχολικό περιβάλλον



Εικόνα 3.1: Σχολικό περιβάλλον-Ιδανικές Συνθήκες (Πηγή: Δρ Νικη Γαϊτάνη http://www.academia.edu/Bioclimatic_interventions_in_Greek_School_Buildings,)

Τα σχολεία χαρακτηρίζονται από υψηλή πυκνότητα ατόμων ανά μονάδα επιφανείας, περίπου τέσσερις (4) φορές μεγαλύτερη από ότι στα κτίρια. Όταν, λοιπόν, υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση του CO_2 τότε μειώνεται η απόδοση των μαθητών και η ικανότητα εκμάθησης (Mendell & Health, 2005).

3.3 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εφαρμόζεται στα ελληνικά σχολικά κτίρια μόλις την τελευταία δεκαπενταετία. Κατά συνέπεια ο αριθμός των βιοκλιματικών σχολείων είναι αρκετά περιορισμένος. Αντίθετα έχει δρομολογηθεί η ενεργειακή αναβάθμιση πολλών υφισταμένων σχολικών μονάδων.

Με δεδομένα τα προβλήματα και τις ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν την κατασκευή ενός κτηρίου για δημόσια χρήση στη χώρα μας, την ελλιπή έως ανύπαρκτη συντήρησή τους κατά τη λειτουργία τους, εφαρμόζονται συνήθως απλές λύσεις όπως αυτές του σωστού προσανατολισμού, της θερμομόνωσης του κελύφους κλπ, της τοποθέτησης Φ/Β συστημάτων, και σπανιότερα των φυτεμένων δωμαίων.

3.3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ

Μερικά παραδείγματα βιοκλιματικών σχολείων στην Ελλάδα, αποτελούν:

- 12^ο Νηπιαγωγείο Πειραιά
- Αρσάκειο Δημοτικό Σχολείο Πατρών
- Γυμνάσιο Καρέα
- 6^ο Νηπιαγωγείο Φαλήρου

Το 6^ο Νηπιαγωγείο Φαλήρου μελετήθηκε σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και το σχεδίασε η αρχιτέκτονας Μαρίνα Βασιλοπούλου. Είναι το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο που λειτουργεί από το 2007 στη χώρα μας, ενσωματώνοντας όλες τις μορφές εναλλακτικής ενέργειας και τις σύγχρονες τεχνολογίες. Πιο κάτω φαίνεται πώς λειτουργεί το έξυπνο σχολείο και σε τι διαφέρει από τα συμβατικά:

1. Παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων που εγκαθίστανται στην ταράτσα. Το ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά συσσωρεύεται σε μία μπαταρία κι από εκεί διοχετεύεται στη ΔΕΗ.
2. Διαθέτει αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα για αναβάθμιση και καθαρισμό του αέρα στις σχολικές τάξεις.
3. Έχει ειδικούς αυτοματισμούς ώστε ο φωτισμός να μειώνεται ή να αυξάνεται ανάλογα με την εξωτερική ηλιοφάνεια, ενώ τα φώτα αναβοσβήνουν αυτόματα με φωτοκύτταρα.
4. Τις πολύ ψυχρές μέρες το κτίριο θερμαίνεται με φυσικό αέριο.

Τα σχολεία έχει ειδικό σχεδιασμό για τον εξαερισμό των αιθουσών. Τα ανοίγματα από τα παράθυρα που βρίσκονται ψηλά σε συνδυασμό με τις φυτεμένες με γκαζόν στέγες δημιουργούν ένα φυσικό αερισμό του χώρου, δροσίζοντάς τον εσωτερικό χώρο τις ζεστές μέρες.

Ο σχεδιασμός αυτού του σχολείου στηρίζεται στις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Παράγει μόνο του ενέργεια και προστατεύει το περιβάλλον. Το 70% της στέγης του κτιρίου καλύπτεται με γκαζόν. Στη μεσημβρινή πλευρά υπάρχει χώρος με τζάμι που συσσωρεύει ενέργεια η οποία επικοινωνεί με την αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, όπου τα παιδιά βγαίνουν διάλειμμα κι έτσι η αίθουσα αυτή θερμαίνεται μέσω της ενέργειας του ήλιου. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που εξασφαλίζουν οι

βιοκλιματικές αυτές δράσεις, τα βιοκλιματικά σχολεία θα συμβάλουν καταλυτικά στον περιορισμό της εκπομπής αερίων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα.

Το σύστημα που εγκαθιστά ο ΟΣΚ για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξης ισχύος μέχρι 20 κιλοβάτ, διότι για παραπάνω είναι πολύ δύσκολη η διαδικασία που απαιτείται. Επομένως το συγκεκριμένο σύστημα καλύπτει πλήρως τις ανάγκες σε ρεύμα ενός σχολείου εάν είναι μέχρι 350 τετραγωνικά μέτρα. Τη μελέτη για όλες τις καινοτόμες αυτές δράσεις που εφαρμόστηκαν στο 6^ο νηπιαγωγείο Παλαιού Φαλήρου έκανε το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.



Εικόνα 3.2: Φωτογραφίες του 6^{ου} Νηπιαγωγείου Φαλήρου., (Πηγή: <http://www.ktiriatriki.gr/el/news/138-to-proto-oikologiko-sxoleio-sto-palaio-faliro.html>)

Μερικά παραδείγματα βιοκλιματικών σχολείων στο εξωτερικό, αποτελούν:

- Σχολείο για παιδιά με ΑΜΕΑ στη Σεβίλλη της Ισπανίας
- Σχολείο Sindwell Friends στην Washington DC των ΗΠΑ
- Γυμνάσιο St Clement de Riviere, στη Γαλλία
- Νηπιαγωγείο και Δημοτικό Σχολείο Ronzano, στο Empoli της Ιταλίας
- Το Νηπιαγωγείο και Δημοτικό σχολείο

Το βιοκλιματικό σχολείο για παιδιά με ΑΜΕΑ στη Σεβίλλη της Ισπανίας, έχει συνολικά 3.700τ.μ. εμβαδόν

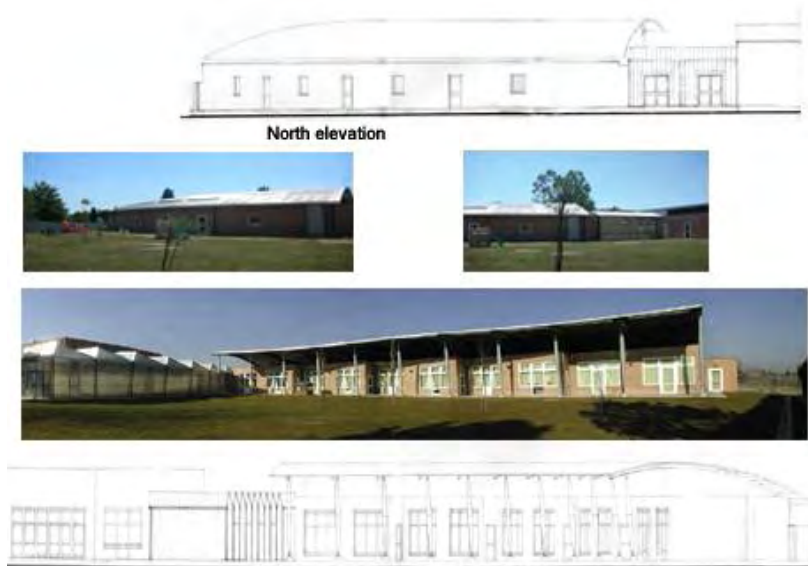


Εικόνα 3.3: Νηπιαγωγείο και Δημοτικό Σχολείο Ronzano, στο Empoli της Ιταλίας, (Πηγή: <http://www.new-learn.info/packages/euleb>)



Εικόνα. 3.4: Σχηματική τομή και λεπτομέρειες της κατασκευής (Πηγή: : [http://www.new-learn.info/packages/euleb/..](http://www.new-learn.info/packages/euleb/))

Στο σχεδιασμό του κτηρίου ενσωματώθηκαν αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού όπως ο ελεγχόμενος νότιος ηλιασμός, συστήματα ηλιοπροστασίας, φυσικός αερισμός-δροσισμός και προσαρτημένο θερμοκήπιο στη ΝΑ όψη. Από τα πλέον πρωτοπόρα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του κτιρίου είναι τα έξυπνα παράθυρα.



Εικόνα 3.5: *Νηπιαγωγείο και Δημοτικό Σχολείο Ponzaio, στο Empoli της Ιταλίας*, (Πηγή: <http://www.new-learn.info/packages/euleb>)

Το κτίριο κατασκευάστηκε με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και προκατασκευασμένες τοιχοποιίες από σκυρόδεμα και ενσωματωμένη θερμομόνωση, που περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις θερμικές απώλειες του κελύφους. Διάφορα είδη παραθύρων χρησιμοποιήθηκαν, ανάλογα τον προσανατολισμό και τη λειτουργία των χώρων. Συστήματα σκίασης με κινούμενες μεταλλικές περσίδες, χρησιμοποιούνται στη νότια όψη του κτιρίου.

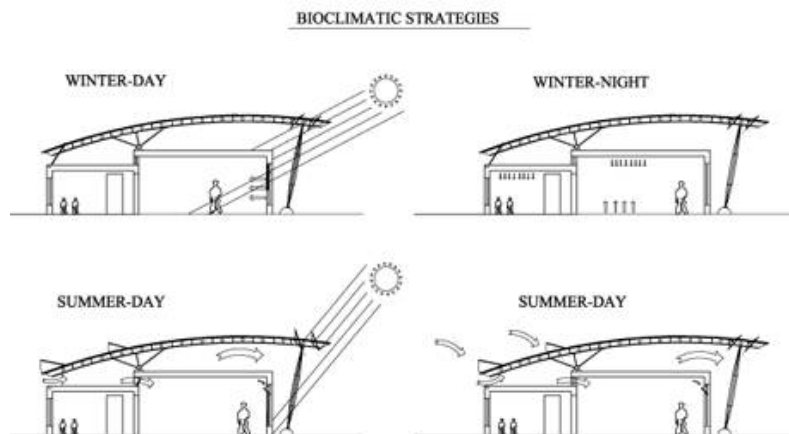
Η διπλή αεριζόμενη οροφή διασφαλίζει καλή μόνωση και αερισμό του κτιρίου. Στη ΝΑ όψη, προσαρτημένο θερμοκήπιο σε χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της μέρας, εκμεταλλεύεται τα ηλιακά κέρδη, όπως και το φυσικό φωτισμό. Τα ηλιακά κέρδη αποθηκεύονται στην εκτεταμένη μάζα του κτιρίου. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου ανέρχεται σε 80 kWh/m²/year, έναντι 150 kWh/m²/year του κτιρίου αναφοράς.

Από τις κυριότερες καινοτομίες που εφαρμόστηκαν στο κτίριο είναι η χρήση των «έξυπνων παραθύρων» που ρυθμίζουν, τόσο την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό, όσο και την ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Τα «έξυπνα

παράθυρα» λειτουργούν ως μια ευφυής διεπαφή ανάμεσα στο μέσα και το έξω, καθώς είναι εγκατεστημένα στην «επιδερμίδα» του κτιρίου. Η χρήση τους μπορεί να περιγραφεί ως εξής: έλεγχος ηλιακών κερδών, έλεγχος φωτισμού και αερισμού, εξοικονόμηση κόστους θέρμανσης ή κλιματισμού και αυτόματη ρύθμιση.

Το «έξυπνο παράθυρο» αποτελείται από το άνω και κάτω τμήμα. Το άνω τμήμα περιλαμβάνει διπλούς υαλοπίνακες low-e και ένα τυλιγόμενο ρολό που ρυθμίζει την διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας σε ποσοστό μέχρι 30%. Το κάτω τμήμα περιλαμβάνει τους ανεμιστήρες για την εισαγωγή νωπού αέρα και την απόρριψη εσωτερικού αέρα και τον εναλλάκτη αντίθετης ροής για προθέρμανση του εισερχόμενου αέρα.

Η πληθώρα ανοιγμάτων στη βόρεια και νότια όψη διασφαλίζουν το φυσικό αερισμό. Η διπλή οροφή το καλοκαίρι αερίζεται. Ο άνεμος κινείται από βορρά προς το νότο και εισέρχεται στις αίθουσες από τους φεγγίτες. Κινητές περσίδες σκιασμού στη νότια όψη βελτιώνουν την κίνηση του αέρα (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6: Σχηματική τομή και λεπτομέρειες του φυσικού αερισμού μέσω της διπλής οροφής, (Πηγή: <http://www.new-learn.info/packages/euleb>)

3.3.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανατρέχοντας στη διεθνή βιβλιογραφία, μπορεί κανείς να βρει μεγάλο αριθμό παραδειγμάτων κτιρίων εκπαίδευσης, που ενσωματώνουν καινοτόμες ή πιο παραδοσιακές μεθόδους προσαρμογής στα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής τους και εξοικονόμησης ενέργειας. Η μελέτη της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής περιοχών διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών, η τεχνολογική εξέλιξη των υλικών δόμησης,

των συστημάτων αξιοποίησης ΑΠΕ, προσφέρουν σημαντικά εργαλεία για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών σχολείων. Αλλού η κατασκευή βιοκλιματικών σχολείων αποτελεί συνειδητή οικολογική επιλογή και αλλού πρακτική ανάγκη λόγω περιορισμένων πόρων.

Η αρχική επιλογή οικοπέδου και ο βέλτιστος προσανατολισμός μέσα σε αυτό, είναι θεμελιώδους σημασίας και αποτελεί βασική επιδίωξη σε κάθε περίπτωση. Ο μεγάλος άξονας του κτιρίου τοποθετείται συνήθως πάνω στη διεύθυνση ανατολής- δύσης. Από τα παθητικά συστήματα θέρμανσης, αυτό του άμεσου ηλιακού κέρδους είναι το πλέον διαδεδομένο. Ο προσαρτημένος ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται επίσης ευρέως. Η διάταξη και το μέγεθος των ανοιγμάτων ακολουθούν τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε τόπου.

Η χρήση θερμομονωτικών υαλοπινάκων μειώνει σημαντικά τις απώλειες από τα ανοίγματα. Για τη μείωση των θερμικών κερδών τους θερινούς μήνες, η συνηθέστερη πρακτική είναι ο διαμπερής αερισμός με κατάλληλη διάταξη των ανοιγμάτων και η χρήση συστημάτων ηλιοπροστασίας. Η σωστή επιλογή της θέσης των ανοιγμάτων, εξασφαλίζει επίσης τον απαιτούμενο φυσικό φωτισμό για τη δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος. Μεγάλη σημασία δίνεται στη θερμομόνωση του κτιρίου για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Από τις ΑΠΕ, τα φωτοβολταϊκά συστήματα εμφανίζουν τη μεγαλύτερη διείσδυση σε σχολικά κτίρια.

Όσο πιο προηγμένες οι χώρες, τόσο πιο εξελιγμένες τεχνικές εφαρμόζονται στην κατασκευή των κτιρίων και ενσωματώνονται σε αυτά ποικιλία παθητικών συστημάτων. Ηλιακές καμινάδες, αεριζόμενες οροφές και φυτεμένα δώματα χρησιμοποιούνται για παθητικό δροσισμό, ο νωπός αέρας προκλιματίζεται, οι διατάξεις ηλιοπροστασίας ρυθμίζονται αυτόματα.

Τα παθητικά συστήματα χρειάζονται σε κάποιο βαθμό τη συμμετοχή των χρηστών για να είναι αποδοτική η λειτουργία τους. Ο δημόσιος χώρος συχνά στη χώρα μας, έχει την τάση να αντιμετωπίζεται από τους χρήστες με απαξίωση και έλλειψη σεβασμού, ακυρώνοντας τα όποια θετικά στοιχεία μπορεί να προσφέρει. Από τη μοίρα αυτή δεν θα μπορούσαν να ξεφύγουν τα δημόσια κτίρια που στεγάζουν σχολεία. Στην Ελλάδα, οι απόπειρες εφαρμογής παθητικών συστημάτων όπως τοίχοι Trombe, προσαρτημένα θερμοκήπια είτε δεν απέδωσαν τα αναμενόμενα είτε αντέστρεψαν τη λειτουργία τους (βλ. ΚΑΠΕ, 2002, σελ.14 & 16). Ο λόγος ήταν η αδυναμία εφαρμογής των αντίστοιχων βιοκλιματικών μελετών, κυρίως λόγω κακοτεχνιών κατά την κατασκευή, ελλιπούς

συντήρησης και απροθυμίας των χρηστών να συμμετάσχουν στο χειρισμό των παθητικών συστημάτων.

Η σταδιακή απαγκίστρωση από τις τυπολογίες του ΟΣΚ, διευρύνει τις δυνατότητες του σχεδιασμού, ώστε να συμπεριληφθούν πρακτικές από χρόνια εφαρμοζόμενες στο εξωτερικό, όπως προσαρτημένοι ηλιακοί χώροι, διπλές ή πράσινες στέγες, ηλιακές καμινάδες, ενσωμάτωση Φ/Β στις όψεις νέες τεχνολογίες για τη θέρμανση, κ.α. Απομένει η ευαισθητοποίηση μαθητών και εκπαιδευτικών στην ορθή χρήση αυτών, ώστε τα ελληνικά σχολεία να αποκτήσουν σύντομα ουσιαστικό βιοκλιματικό χαρακτήρα.

3.4 ΔΡΑΣΕΙΣ-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, το πράσινο κτίριο, το ενεργειακό κτίριο και δη το ενεργειακό σχολικό κτίριο, αποτελούν έννοιες που αποκτούν σάρκα και οστά τα τελευταία χρόνια. Πέρα από τις Ευρωπαϊκές οδηγίες και Απαιτήσεις που οφείλουν να νομοθετικά να τηρούν οι χώρες της ΕΕ, η εφαρμογή όλων αυτών έγινε ανάγκη για την εξοικονόμηση πόρων και κατ'επέκταση την μείωση κόστους τόσο λειτουργίας όσο και συντήρησης των σχολικών κτιρίων.

Στα πλαίσια αυτής της διάδοσης και της ανάγκης για βελτιώσεις και αναβαθμίσεις των σχολικών συγκροτημάτων, δημιουργήθηκαν δράσεις και προγράμματα. Ένα από αυτά αφορά σχολικά κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης της Μεσογείου και συγκεκριμένα κτίρια τεσσάρων (4) χωρών, της Ελλάδας, της Ισπανίας, της Ιταλίας και της Κύπρου. Το πρόγραμμα **TEENERGY SCHOOLS** εντάσσεται στο Επιχειρησιακό πρόγραμμα «Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ανταγωνιστικότητα» και συγχρηματοδοτείται από το Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης της ΕΕ. Στόχοι του TEENERGY SCHOOLS, ήταν τα εκπαιδευτικά κτίρια να αναπτύξουν τεχνικές ενεργειακής εξοικονόμησης, να ενσωματώσουν ΑΠΕ, να εφαρμόσουν βιοκλιματικά υλικά, να βελτιώσουν συστήματα θέρμανσης και στρατηγικές παθητικής ψύξης.

Σε 12 πιλοτικά σχολεία που εντάχθηκαν από τις χώρες της Μεσογείου που προαναφέρθηκαν, οι ερευνητές επεξεργάστηκαν τεχνικές λύσεις με εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού, παθητικό δροσισμό, φυσικό αερισμό, παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κέλυφος των κτιρίων, θερμομόνωση κ.α.. Οι βιοκλιματικές δράσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι:

- αξιοποίηση προσανατολισμού του κτιρίου
- ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων & σκιασμός
- συστήματα και τενχικές φυσικού σκιασμού ή και υβριδικού αερισμού και δροσισμού
- εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων
- αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με πιστοποιημένα, υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- προσάρτηση ειδικού ηλιακού χώρου (θερμοκήπιο) στην Ν-ΝΔ όψη του κτιρίου
- εγκαταστάσεις αβαθούς γεωθερμίας
- εγκατάσταση καύσης βιομάζας
- μονάδες θερμικών ηλιακών συστημάτων
- χρήση ειδικών επιχρισμάτων-ψυχρών υλικών
- παρεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο

Τα συμπεράσματα αυτού του προγράμματος είναι τα εξής:

- Για την επίτευξη μείωσης της κατανάλωσης των θερμικών απωλειών τη χειμερινή περίοδο, απαιτείται ο περιορισμός των θερμικών απωλειών του κτιρίου και η μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών
- Τη θερινή περίοδο ενδείκνυται ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου, με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και την αποφόρτιση του μέσω του αερισμού
- Το λειτουργικό κόστος των ενεργοβόρων συστημάτων όπως φωτισμού, θέρμανσης και κλιματισμού εξαρτάται άμεσα από τις αρχικές συνθετικές επιλογές.
- Ο προσανατολισμός, ο αερισμός, η μόνωση, ο ηλιασμός και η σκίαση πρέπει να εισάγονται όσον το δυνατόν νωρίτερα στη διαδικασία του σχεδιασμού
- Οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες δημιουργούν πολλαπλές δυνατότητες στο σχεδιαστή για την επίτευξη βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης και τη βιωσιμότητα της τελικής κατασκευής
- Τα σχολικά κτίρια αποτελούν τη μεγαλύτερη ομοειδή ομάδα κτιριακών συγκροτημάτων με δυνατότητα γενικευμένης εφαρμογής ενεργειακών & καινοτόμων δράσεων
- Ολιστική θεώρηση του σχολικού κτιριακού αποθέματος με ευρύτερο σχεδιασμό σε επίπεδο χώρας

- Οι επιμέρους στόχοι θα πρέπει να εξειδικευτούν για το σύνολο των σχολείων ενός Δήμου ή της ευρύτερης γεωγραφικής περιφέρειας.

Γενικότερα στην Ελλάδα σήμερα, τόσο μέσω Υπουργείου Παιδείας και του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ), όσο και του ΟΣΚ υπάρχει διαρκής επιθυμία και μέσω ενημέρωσης και μέσω οικονομικών προγραμμάτων, να υπάρξει αλλαγή στα σχολικά κτίρια. Οι Δήμοι της χώρας, στους οποίους έχει περιέλθει η ευθύνη συντήρησης των σχολικών κτιρίων αναζητούν συνέχεια χρηματοδοτήσεις μέσω **ΕΣΠΑ** των Περιφερειών, του **ΕΠΕΕΡΑ** (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη), με **έργα ΣΔΙΤ** (κυρίως Αττική και Θεσσαλονίκη).

Η κυβέρνηση προωθεί αυτή την εποχή ένα επικαιροποιημένο πρόγραμμα εθνικού σχεδιασμού δράσης ενεργειακής απόδοσης (**ΕΣΔΕΑ**) καθιερώνοντας τους **ενεργειακούς επιθεωρητές** και τα σχέδια δράσης των κτιρίων του δημοσίου και ευρύτερου δημόσιου τομέα.

Οι ενεργειακοί υπεύθυνοι θα αναλάβουν τον κομβικό ρόλο επιτελικής εποπτείας της διαμόρφωσης, εκπόνησης και συνεχούς παρακολούθησης συγκεκριμένων σχεδίων δράσης ανά κτίριο και ανά περιοχή, για την ενεργειακή αναβάθμιση των δημοσίων κτιρίων της κεντρικής διοίκησης και των κοινωφελών υποδομών του κράτους, όπως επίσης των κτιριακών υποδομών των Δήμων και Περιφερειών της χώρας.

Το συγκεκριμένο μέτρο του ενεργειακού υπευθύνου, θα εφαρμοστεί σε συγκεκριμένο αριθμό κτιρίων, ενώ επισημαίνεται ότι ο ενεργειακός υπεύθυνος μπορεί να είναι αρμόδιος για ένα ή περισσότερα του ενός κτίρια κάθε φορέα, ανάλογα με τις λειτουργικές ανάγκες, το συνολικό υπαλληλικό δυναμικό, την ωφέλιμη επιφάνεια και όγκο των κτιρίων του φορέα.

Οι αρμοδιότητες του ενεργειακού υπευθύνου περιλαμβάνουν:

- 1) Τη συλλογή στοιχείων για τις ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων.
- 2) Την υποχρεωτική τήρηση αρχείου ή βάσης δεδομένων για τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου.
- 3) Τη σύνταξη ετήσιας συνοπτικής έκθεσης ενεργειακής καταγραφής και ελέγχου σύμφωνα με τις διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για τη διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων που απαιτεί η κοινή υπουργική απόφαση υπ' αριθμ. Δ6/Β/οικ. 11038/08-07-1999 (ΦΕΚ Β', 1526).

- 4) Τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας των κεντρικών εγκαταστάσεων θέρμανσης-ψύξης και την ευθύνη διενέργειας της περιοδικής συντήρησης των λεβήτων-καυστήρων και μονάδων κλιματισμού.
- 5) Την παρακολούθηση έργων συντήρησης ή επισκευών για την εξοικονόμηση ενέργειας.

3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η υποβάθμιση του δομημένου περιβάλλοντος και κατά συνέπεια του φυσικού οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στη δομή και λειτουργία των κτιριακών εγκαταστάσεων. Στόχος της περιβαλλοντικής πιστοποίησης των κτιρίων αποτελεί η βαθμολόγησή τους, μέσω συγκεκριμένης κλίμακας με βάση την ανάλυση και αξιολόγηση επιμέρους παραμέτρων που συνθέτουν χαρακτηριστικά περιβαλλοντικής απόδοσης.

Η ιστορία της αξιολόγησης και πιστοποίησης των Πράσινων και Αειφόρων Κτηρίων ξεκίνησε πριν από 28 χρόνια στην Αγγλία. Την πρωτοπορία στον τομέα αυτό την έχει το Βρετανικό σύστημα που ονομάζεται BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Στην συνέχεια αναπτύχθηκαν και άλλες μέθοδοι και σε άλλες χώρες για την αξιολόγηση - πιστοποίηση των κτηρίων. Ενδεικτικά, τα πιο γνωστά που είναι το LEED (Η.Π.Α.), το DGNB (Γερμανία), το Green Star (Αυστραλία).

Ο κύριος άξονας των πιστοποιήσεων αυτών είναι το τρίπτυχο «σχεδιασμός– κατασκευή – χρήση» τα οποία θα πρέπει να διέπονται από τις αρχές της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και της οικολογίας. Για να πιστοποιηθεί ένα κτίριο θα πρέπει να έχει μία αξιόλογη βαθμολογία σε θέματα που αφορούν στην εξοικονόμηση της ενέργειας, τη σωστή διαχείριση του νερού, τη σωστή διαχείριση των αποβλήτων, τη χρήση πράσινων υλικών, την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης που προκαλείται κατά την διάρκεια της κατασκευής, την ελαχιστοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα κατά την μεταφορά των υλικών αλλά και την οικολογία.

Εξετάζοντας προσεκτικά τις πληροφορίες που δημοσιεύονται από τα Συμβούλια Πράσινων Κτιρίων (*Green Building Councils – GBC's*) σε διάφορα κράτη,

τουλάχιστον 20 από αυτά σε σύνολο 84 έχουν αναπτύξει τις δικές τους μεθόδους – συστήματα αξιολόγησης - πιστοποίησης. Από την άλλη, οι χώρες που δεν έχουν αναπτύξει ακόμα τα δικά τους συστήματα αξιολόγησης- πιστοποίησης ή δεν έχουν ολοκληρώσει ακόμα την διαδικασία αυτή, έχουν «υιοθετήσει» ένα ή και περισσότερα από τα υπάρχοντα συστήματα προσαρμόζοντας τα στα δεδομένα της κάθε χώρας. Αρκετές από τις χώρες που έχουν αναπτύξει τα δικά τους συστήματα αειφορίας των κτιρίων, έχουν προχωρήσει λίγο παρακάτω από την αρχική ιδέα και έχουν δημιουργήσει και συστήματα πιστοποίησης συμβατών – πράσινων προϊόντων κατάλληλα για την κατασκευή των κτηρίων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι Green Building Product Certification Scheme το οποίο ανέπτυξε το Συμβούλιο Πράσινων Κτηρίων της Σιγκαπούρης το 2010. Παρακάτω θα αναλυθούν τα πιο γνωστά και διαδεδομένα συστήματα πιστοποίησης κατά χρονολογική σειρά:

Το Βρετανικό σύστημα αξιολόγησης – πιστοποίησης αειφόρων κτηρίων **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), ξεκίνησε τις δραστηριότητες του το 1990. Κύριος στόχος του ήταν και είναι να μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε είδους κτήριο, είτε πρόκειται για κατοικία, είτε πρόκειται για επαγγελματικό χώρο. Σαφώς και είναι από τα πλέον επιτυχημένα, καθώς χρησιμοποιείται σε κάθε είδους κατασκευή σχεδόν σε όλον τον κόσμο. Τα τελευταία 22 χρόνια, όσα δηλαδή υφίσταται το σύστημα αυτό, έχουν πιστοποιηθεί περισσότερα από 200.000 κτήρια κάθε είδους. Επίσης σε τακτά χρονικά διαστήματα το υπάρχον σύστημα αναβαθμίζεται έτσι ώστε να είναι συμβατό με τα νέα δεδομένα που προκύπτουν στο κατασκευαστικό κλάδο. Στην Ελλάδα έχει πιστοποιηθεί κατά BREEAM το κτίριο της Grivallia στη Β.Σοφίας).

Το **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) είναι το προϊόν που ανέπτυξε το Αμερικανικό Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων (USGBC) το 1998. Όπως και το BREEAM, έτσι και το LEED έχει εφαρμογή σε κάθε είδους κτήριο είτε είναι κατοικίες είτε επαγγελματικοί χώροι, είτε είναι καινούργια - υπό κατασκευή αλλά και σε υφιστάμενα ή υπό ανακαίνιση/αναβάθμιση. Όπως και στην περίπτωση του BREEAM, έτσι και το LEED έτυχε θετικής αποδοχής σε πολλές χώρες όπως ο Καναδάς, η Ινδία, η Ιταλία, η Σερβία κ.α. Αξίζει να αναφέρουμε πως στη Σερβία ένα ιδιαίτερης σημασίας project βρίσκεται στη διαδικασία της αρχικής αξιολόγησης (σχεδιασμός) με στόχο να πιστοποιηθεί μετά την ολοκλήρωση του ως LEED Platinum. Αφορά στην κατασκευή ενός υπερσύγχρονου IT Park – IT University 25.000 τμ. Μέχρι στιγμής έχουν πιστοποιηθεί κατά LEED περίπου 8.500 κτήρια, η πλειοψηφία των



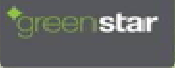


οποίων βρίσκονται στις Η.Π.Α. Στην Ελλάδα κάποια μεγάλα ιδιωτικά κτίρια έχουν λάβει πιστοποίηση κατά LEED (Κέντρο Πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος με πλατινένια πιστοποίηση LEED, το κτίριο Cosmote e-value στο Μαρούσι, χρυσή πιστοποίηση LEED).

Το σύστημα αξιολόγησης - πιστοποίησης **Green Star** αναπτύχθηκε από το Συμβούλιο Πράσινου Κτηρίου της Αυστραλίας (GBCA) πριν από 10 χρόνια το 2002, συνδυάζοντας τις βασικές αρχές του LEED και του BREEAM. Το σύστημα αξιολόγησης – πιστοποίησης της Αυστραλίας εφαρμόζεται εκτός από την ίδια χώρα και στην Νέα Ζηλανδία αλλά και στη Νότιο Αφρική όπου έγινε αποδεκτό πρόσφατα. Σύμφωνα με τις αναφορές του GBCA έχουν πιστοποιηθεί με το σύστημα αυτό περίπου 370 κτήρια.

Το 2009 η Γερμανία ανέπτυξε και αυτή το δικό της σύστημα αξιολόγησης - πιστοποίησης με την ονομασία **DGNB** (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) το οποίο έχει γίνει αποδεκτό και σε άλλες χώρες όπως η Ελβετία, η Αυστρία, η Ουγγαρία. Έχουν αξιολογηθεί και πιστοποιηθεί περίπου 150 κτήρια όχι μόνο στην Γερμανία αλλά και στις γειτονικές της χώρες. Το Ελληνικό Συμβούλιο Πράσινων Κτηρίων (ELGBC) έχει υπογράψει σύμφωνο συνεργασίας για την αξιολόγηση και πιστοποίηση των κτηρίων στην Ελλάδα κατά DGNB.

ESTIMADA

Το 2009 αναπτύχθηκε και το σύστημα αξιολόγησης – πιστοποίησης κτηρίων με την ονομασία **Estimada** που ουσιαστικά είναι το πρώτο που είναι απόλυτα προσαρμοσμένο στις ανάγκες της Μέσης Ανατολής. Ο κύριος στόχος του συστήματος αυτού είναι να βοηθήσει τους επαγγελματίες του χώρου της κατασκευής αλλά και εκμετάλλευσης κτηρίων στην ευρύτερη περιοχή της Μ. Ανατολής ώστε να είναι συμβατοί με τις αρχές της βιωσιμότητας και αειφορίας των κτηρίων. Το σύστημα παρουσιάζει πολλές διαφορές με τα προαναφερθέντα τέσσερα συστήματα. Επίσης δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για το πόσα κτίρια έχουν πιστοποιηθεί μέχρι στιγμής.

	BREEAM (U.K.) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Est. 1990 ▪ 200.000+ Certified Buildings
	LEED (U.S.A.) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Est. 1998 ▪ 8,500 Certified Buildings
	Green Star (Australia) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Est. 2002 ▪ 370 Certified Buildings
	DGNB (Germany) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Est. 2009 ▪ 150 Certified Buildings
	Estimada (Middle East) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Est. 2009 ▪ No data

plus energyLAB

Εικόνα 3.7: Σύμβολα εταιρειών πιστοποίησης, (Πηγή: <http://www.epixeiro.gr/article/2520>)

Η αξιολόγηση – πιστοποίηση κατά μέσο όρο, κοστίζει:

- BREEAM: €1.460 - €4.570 (Ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του κτηρίου)
- LEED: €1.800 - €21.600 (Ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του κτηρίου)
- Green Star: €6.300 - €26.000 (Ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του κτηρίου)
- DGNB: €1.600 - €20.000 (Ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του κτηρίου)
- Estimada: Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία.

Προς το παρόν σε καμία χώρα, κανένα από αυτά τα συστήματα αξιολόγησης – πιστοποίησης δεν είναι υποχρεωτικό. Είναι καθαρά θέμα ιδιωτικής πρωτοβουλίας να προβεί σε αυτή τη διαδικασία ο ιδιοκτήτης του κάθε ακινήτου, δίνοντας ουσιαστικά και πρακτικά ένα πιστοποιητικό στο κτίριο του, εντάσσοντας το με αυτόν τον τρόπο σε ένα παγκόσμιο οικοσύστημα κτιριακής αειφορίας. **Με αυτό τον τρόπο το κάθε ακίνητο αποκτά προστιθέμενη αξία και συμβάλλει με απτές αποδείξεις στην προστασία του περιβάλλοντος.**

Η περιβαλλοντική πιστοποίηση των κτιρίων αποσκοπεί στην ανάδειξη των περιβαλλοντικά και ενεργειακά σωστών κατασκευών. Η κατανάλωση ενέργειας, τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών, η ανθρώπινη χρήση και το εξωτερικό περιβάλλον

αποτελούν ορισμένα από τα στοιχεία που αξιολογούνται από τις μεθόδους περιβαλλοντικής αξιολόγησης-πιστοποίησης κτιρίων.

Από έρευνα που έγινε για τρεις εταιρείες (**L.E.E.D.**, **B.R.E.E.A.M.**, **C.A.S.B.E.E.-Ιαπωνία**) προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: οι μέθοδοι που αναλύθηκαν στηρίζονται ουσιαστικά στην ίδια λογική. Την αποτίμηση του περιβαλλοντικού προφίλ ενός κτιρίου με την εισαγωγή βαθμολογιών, συντελεστών βαρύτητας κ.ά. Και στις τρεις τη μερίδα του λέοντος στη βαθμολογία έχει η ενέργεια. Όμως, εκλείπουν οι κοινωνικές και οικονομικές παράμετροι. Ως παραδείγματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τη διαμονή μεταναστών σε ένα κτίριο, που στις σύγχρονες κοινωνίες αντιμετωπίζονται με ρατσισμό ή τη μέτρηση της προσβασιμότητας από άτομα με ειδικές ανάγκες. Στο οικονομικό κομμάτι θα μπορούσε να υπάρχει το συνολικό κόστους κατασκευής και συντήρησης για να αποτιμάται και οικονομικά η αξία της περιβαλλοντικής προστασίας. Έτσι, θα μπορούν να προτείνονται και πιο οικονομικές λύσεις στην κτιριακή διαχείριση.

Η L.E.E.D. παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος παραμέτρων εξέτασης της βιωσιμότητας ενός κτιρίου και έχει μεγαλύτερη διεθνή εμβέλεια. Ακόμη, σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους, απαιτεί κάποιες ελάχιστες προϋποθέσεις στο κτίριο χωρίς τις οποίες δεν γίνεται καθόλου η αξιολόγησή του. Πολύ σημαντικό είναι ότι προσδίδει μεγάλη σημασία στον έλεγχο της ποιότητας του εισερχόμενου αέρα που αποτελεί βασικό στοιχείο για την υγεία των κατοίκων. Επίσης, μία παράμετρος που δεν έχουν οι άλλες δύο μέθοδοι είναι η επίτευξη των αναπτυξιακών στόχων που θέτει η γενικότερη περιφέρεια, στην οποία εντάσσεται το κτίριο. Έτσι, ευνοείται η προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης σε πολεοδομικό και περιφερειακό επίπεδο.

Η μέθοδος B.R.E.E.A.M., από την άλλη πλευρά, είναι πιο λεπτομερής στον καθορισμό των παραμέτρων και προσδίδει μεγαλύτερη βαρύτητα στην κατανάλωση ενέργειας. Δεν υπάρχει παράμετρος για τον έλεγχο του εισερχόμενου αέρα, αλλά μόνο για τη μείωση των NOx στον εσωτερικό χώρο. Επειδή, όμως η B.R.E.E.A.M. είναι η παλαιότερη από τις τρεις μεθόδους (1990), διαθέτει μεγαλύτερο υπόβαθρο μετρήσιμων στοιχείων και έχει μεγαλύτερη εξέλιξη. Θα πρέπει να τονιστεί ότι είναι δημοφιλέστατη στον ευρωπαϊκό χώρο, αλλά λιγότερο σε άλλες περιοχές, σε αντίθεση με τη L.E.E.D.

Από τις τρεις μεθόδους, η C.A.S.B.E.E. διαθέτει πιο μαθητικοποιημένη αντίληψη. Δεν υπάρχουν, όμως, αρκετά σαφή όρια για τη διαμόρφωση των συντελεστών βαρύτητας, που πολλαπλασιάζονται με τον βαθμό που βάζει ο αξιολογητής σε κάθε παράμετρο.

Οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν αποτελούν σημαντικότερη προσπάθεια αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τον οικιστικό χώρο. Η βιώσιμη ανάπτυξη, όμως, στηρίζεται στην ισορροπία ανάμεσα στην οικονομία την κοινωνία και το περιβάλλον. Στις τρεις αυτές μεθόδους είναι περιορισμένα τα στοιχεία της καθαρά οικονομικής και κοινωνικής προσέγγισης, ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα της περιβαλλοντικής κτιριακής ποιότητας.

Ανακεφαλαιώνοντας, αυτό που διαφαίνεται από όλα αυτά τα συστήματα πιστοποίησης, είναι ότι κυρίως εφαρμόζονται σε **ιδιωτικά κτίρια** και όχι σε δημόσια κτίρια λόγω μη υποχρέωσης. Όσον αφορά τα σχολικά κτίρια, υπάρχει ένας οδηγός του L.E.E.D για τα σχολεία (LEED for Schools), όπου αναφέρει λεπτομερώς ποιες προϋποθέσεις πρέπει να τηρούνται στο σχολικό κτίριο για να μπορέσει να λάβει την πιστοποίηση. Στην Ελλάδα σχολεία που έλαβαν πιστοποίηση είναι :

-Πρότυπο Νηπιαγωγείο, στο Ψυχικό όπου έλαβε Platinum LEED πιστοποίηση

-Νηπιαγωγείο Ιωάννης Μ. Καρράς, στο Ψυχικό, έλαβε Platinum LEED πιστοποίηση.

ΜΕΡΟΣ Β. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΗ ΛΑΜΙΑ

4.1 Η ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΛΑΜΙΑΣ

Η πόλη της Λαμίας είναι η πρωτεύουσα του Καλλικρατικού Δήμου Λαμίας ενός από των επτά δήμων που αποτελούν την Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας η οποία ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας είναι μία διοικητική περιφέρεια στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Κεντρικής Ελλάδας. Ο Δήμος Λαμιέων προήλθε από τη διοικητική μεταρρύθμιση της Τοπικής Αυτοδιοίκησης του έτους 2010 (Ν. 3852/2010 «Καλλικράτης») με διεύρυνση της εδαφικής περιοχής του πρώην Καποδιστριακού Δήμου Λαμιέων, που βασικά περιελάμβανε την πόλη της Λαμίας και τους οικισμούς, που βρίσκονταν περιμετρικά της, ώστε να περιλάβει την άμεση και ευρύτερη περιοχή των νυν Δημοτικών Ενοτήτων Γοργοποτάμου, Λειανοκλαδίου, Υπάτης και Παύλιανης, Ο Δήμος Λαμιέων απαρτίζεται σήμερα από σαρανταέξι (46) Διαμερίσματα¹.

Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της ηπειρωτικής χώρας περιλαμβάνει μεγάλο τμήμα της κοιλάδας του Σπερχειού και το μεγαλύτερο τμήμα των εκβολών του. Αποτελείται από ορεινούς και πεδινούς οικισμούς και αστικό πυρήνα το πολεοδομικό συγκρότημα γύρω από την πόλη – οικισμό της Λαμίας, το πολυπληθέστερο δηλαδή διαμέρισμα του Δήμου, συγκεντρώνοντας το 69% του συνολικού πληθυσμού του. Ο πληθυσμός της πόλης κατά την απογραφή του 2011 είναι 52.006 κάτοικοι και βρίσκεται σε συνεχή αύξηση σχετικά με τις προηγούμενες δεκαετίες, 46.406 κάτοικοι το 2001, 44.084 το 1991, 41.846 το 1981 και 38.297 το 1971².

4.1.1 ΘΕΣΗ-ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

Η Λαμία (Γ.Μ. 22°24'0", Γ.Π. 38°54'0", Ύψος 143,4μ.), είναι χτισμένη στις νοτιοδυτικές πλαγιές του βουνού Όθρυς, κοντά στο Σπερχειό ποταμό, στο κέντρο

¹ Ιστότοπος : <http://www.lamia.gr>

² Στοιχεία από την ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

εύφορης αγροτικής και κτηνοτροφικής περιοχής. Ο οικισμός της Λαμίας καταλαμβάνει έκταση 9.134 στρεμμάτων. Αρχικά, η πόλη αναπτύχθηκε στις παρειές των λόφων του Αγ. Λουκά και του Κάστρου, για να επεκταθεί στη συνέχεια. Η ιδιαίτερη μορφολογία και το ανάγλυφο του εδάφους, της έδωσαν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως στενούς δρόμους με απότομες κλίσεις.



Εικόνα 4.1., Άποψη της πόλης της Λαμίας (μέρα-νύχτα), (Πηγή:<https://runningmagazine.gr>)



Εικόνα 4.2., Ρυμοτομικό σχέδιο Λαμίας, (Πηγή: Δήμος Λαμιέων –Δ/ση Υποδομών & Τεχνικών Έργων)

Με την αποκέντρωση της βιομηχανίας της περιόδου 1960-1970, τη διοικητική αποκέντρωση και δημιουργία των Περιφερειών της περιόδου 1980–1990, η Λαμία αποκτά νέο ρόλο στον ευρύτερο ελληνικό περιφερειακό χώρο, γίνεται έδρα Περιφέρειας, διαθέτει οργανωμένη βιομηχανική περιοχή (ΒΙΠΕΛ) και αξιοποιώντας τη νέα περίοδο σχεδιασμού των Ελληνικών πόλεων της ΕΠΑ 1983–1985, αναμορφώνει τον πολεοδομικό της σχεδιασμό και επεκτείνεται σημαντικά, με βάση τον προϋπάρχοντα ιστό της, κυρίως στα νότια πεδινά τμήματα της πόλης.

Η πυκνότητα κατοίκησης στο Πολεοδομικό Συγκρότημα της Λαμίας σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ είναι 8,33 κατ/Ha, γεγονός που κατατάσσει την πόλη της Λαμίας στους πυκνοκατοικημένους Δήμους, ενώ στον πυρήνα της πόλης, η πυκνότητα κατοίκησης εκτιμάται από 50 κατ/Ha (στοιχεία ΕΣΥΕ) έως 70 κατ/Ha (στοιχεία ΔΕΥΑΛ).

Στο Δήμο Λαμιέων υπάρχουν 108 σχολικά κτίρια, εκ των οποίων τα 46 βρίσκονται στην πόλη της Λαμίας. Το έτος κατασκευής τους ποικίλει, από το μεσοπόλεμο, έως το 2016 το πιο πρόσφατο (Δήμος Λαμιέων).

<i>Είδος σχολείου</i>	<i>Κατασκευή πριν το 1980</i>	<i>Κατασκευή μετά το 1980</i>	<i>Σύνολα</i>
Παιδικοί Σταθμοί	3	5	8
Νηπιαγωγεία	15	24	39
Δημοτικά	21	10	31
Γυμνάσια	10	5	15
Λύκεια	10	5	15
Σύνολα:	59	39	108

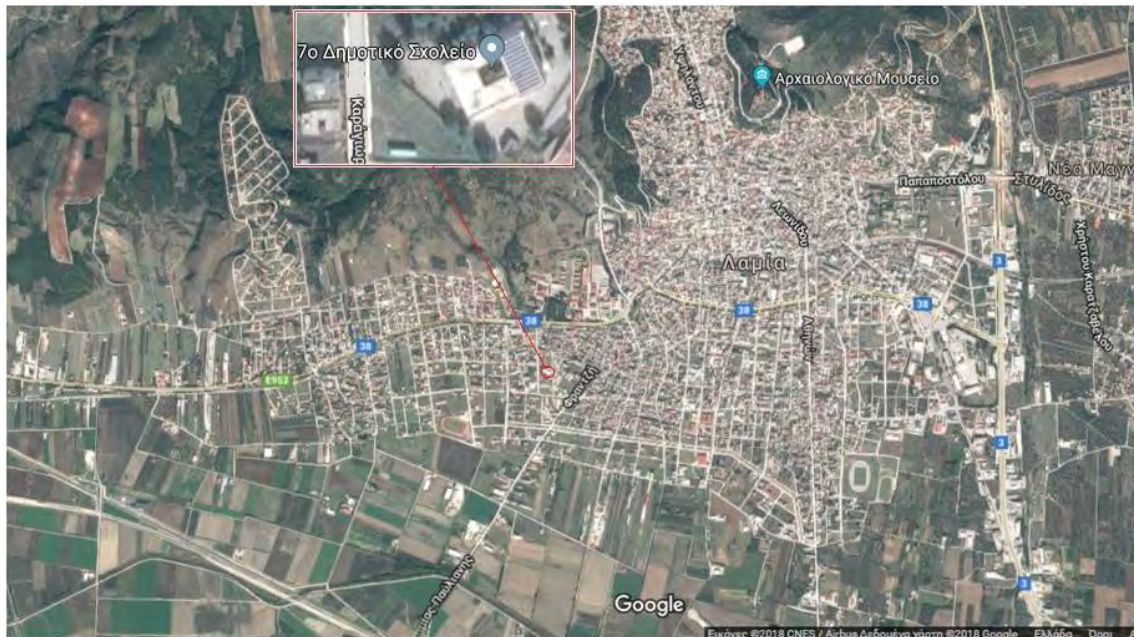
Πίνακας 4.1., Σχολικά συγκροτήμα Δήμου Λαμιέων, (Πηγή: Δήμος Λαμιέων – Δ/νση Υποδομών & Τεχνικών Έργων)

Όπως παρατηρούμε από τον Πίνακα 4.1, περισσότερα από τα μισά σχολικά κτίρια είναι χτισμένα πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης των Κτιρίων.

Το **7^ο Δημοτικό Σχολείο**, που αποτελεί τη **μελέτη περίπτωσης** της εργασίας, εγκαινιάστηκε το 1979. Βρίσκεται στη συνοικία Παγκράτι, στα νοτιοδυτικά της πόλης, σε πεδινή περιοχή με ήπιες κλίσεις. Καταλαμβάνει τμήμα του Ο.Τ.198. Στο υπόλοιπο Ο.Τ. κατασκευάστηκε το 2006 το Ειδικό Δημοτικό Σχολείο Λαμίας.



Εικόνα 4.3., Το 7^ο Δημοτικό σχολείο Λαμίας (οδός Πρεβέζης), (Πηγή: <http://gis.ktimanet.gr/wms/apr1/>), Ιδία Επεξεργασία

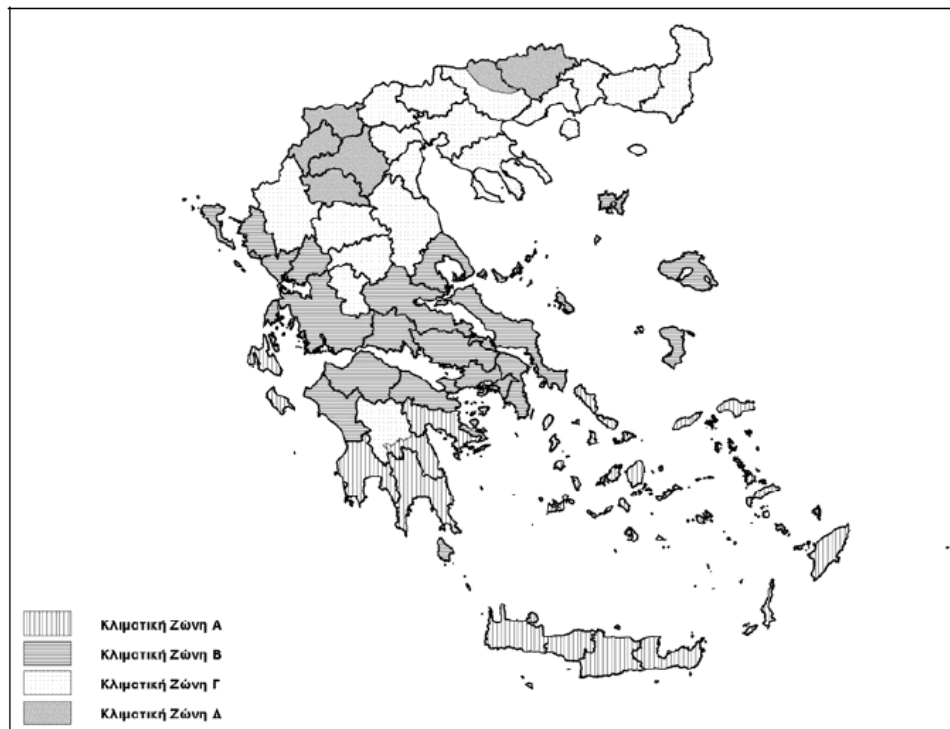


Εικόνα 4.4., Το 7^ο Δημοτικό σχολείο Λαμίας σε σχέση με την υπόλοιπη πόλη, (Πηγή: <http://gis.ktimanet.gr>), Ιδία επεξεργασία

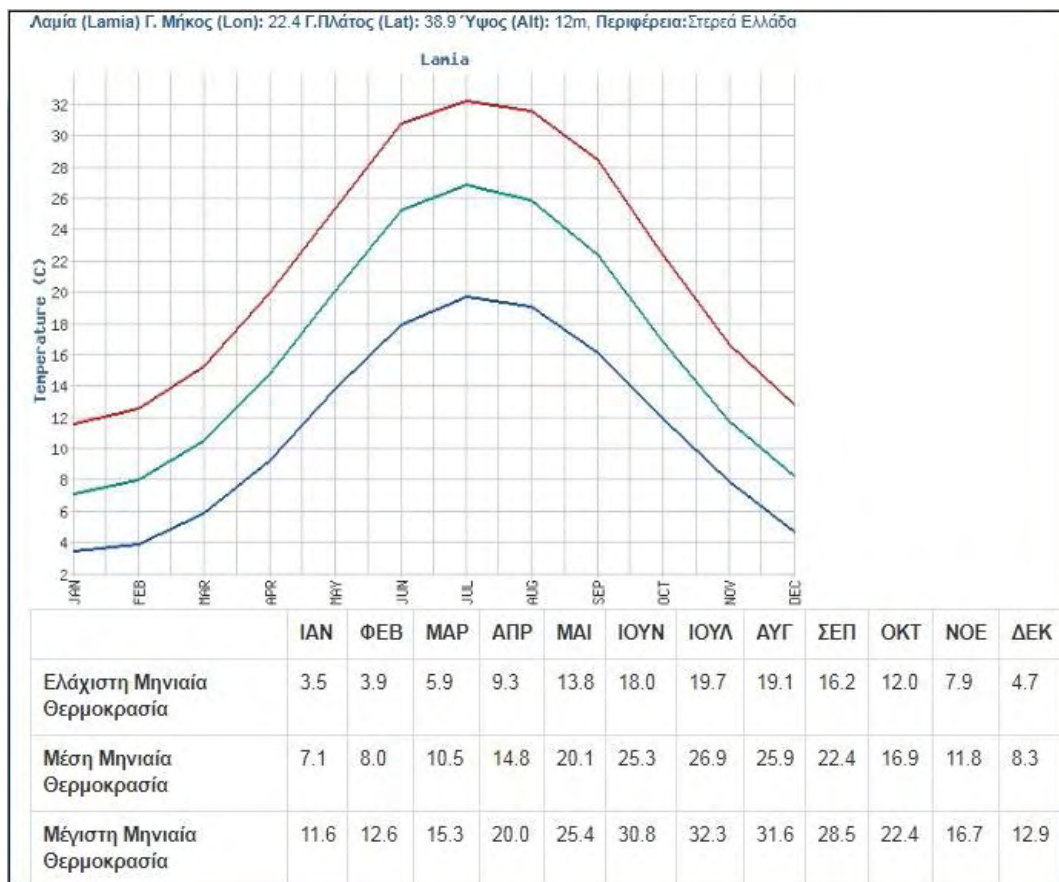
4.1.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΜΙΑΣ

Το κλίμα της περιοχής είναι τυπικά μεσογειακό: αρκετά ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 3/2010 η Λαμία ανήκει στη Β' κλιματική ζώνη (εικόνα 4.5).

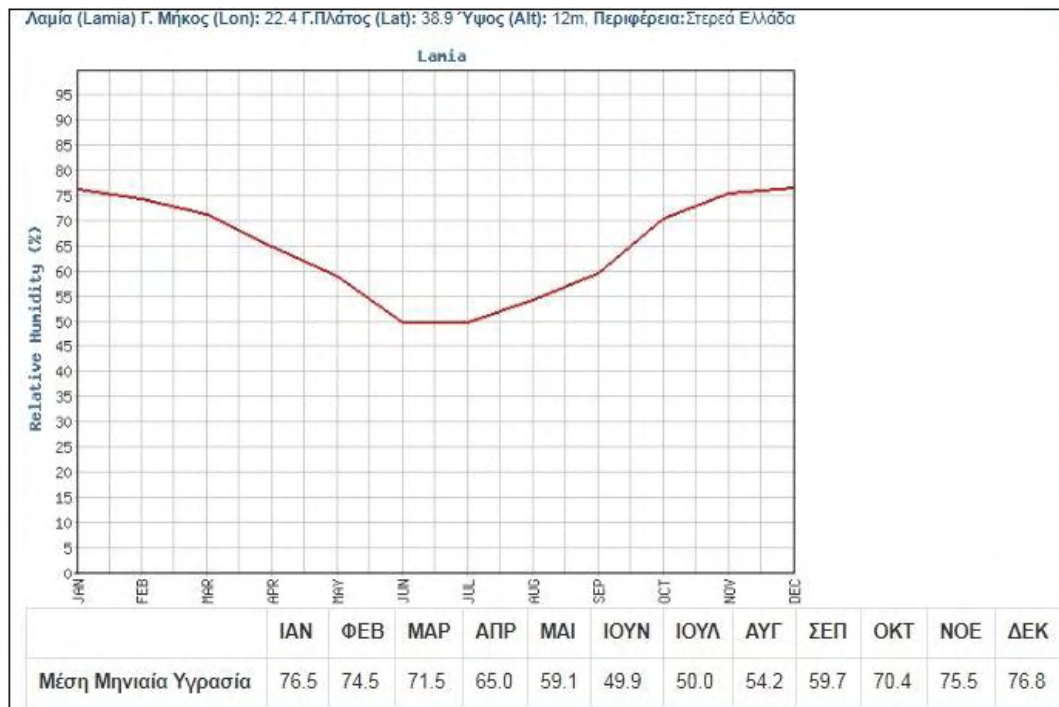
Οι εποχές δεν τηρούν απόλυτα στη διαδοχή τους την τρίμηνη διάρκειά τους, ούτε και τα ιδιαίτερα τους χαρακτηριστικά. Το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο, που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή, που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Η διάρκεια της άνοιξης φτάνει μέχρι τα μέσα Μαΐου περίπου, οπότε αρχίζουν οι καλοκαιρινές ζέστες. Το καλοκαίρι αρχίζει από τα μέσα Μαΐου και πολλές φορές καλύπτει και το Σεπτέμβριο. Παρατηρείται χρονικός περιορισμός της άνοιξης και του φθινοπώρου και χρονική διεύρυνση του καλοκαιριού και του χειμώνα. Τα στοιχεία σχετικά με το κλίμα στην περιοχή της Λαμίας, απεικονίζονται στις Εικόνες 4.6 ως 4.9 και προέρχονται από τα επίσημα στοιχεία της ΕΜΥ.



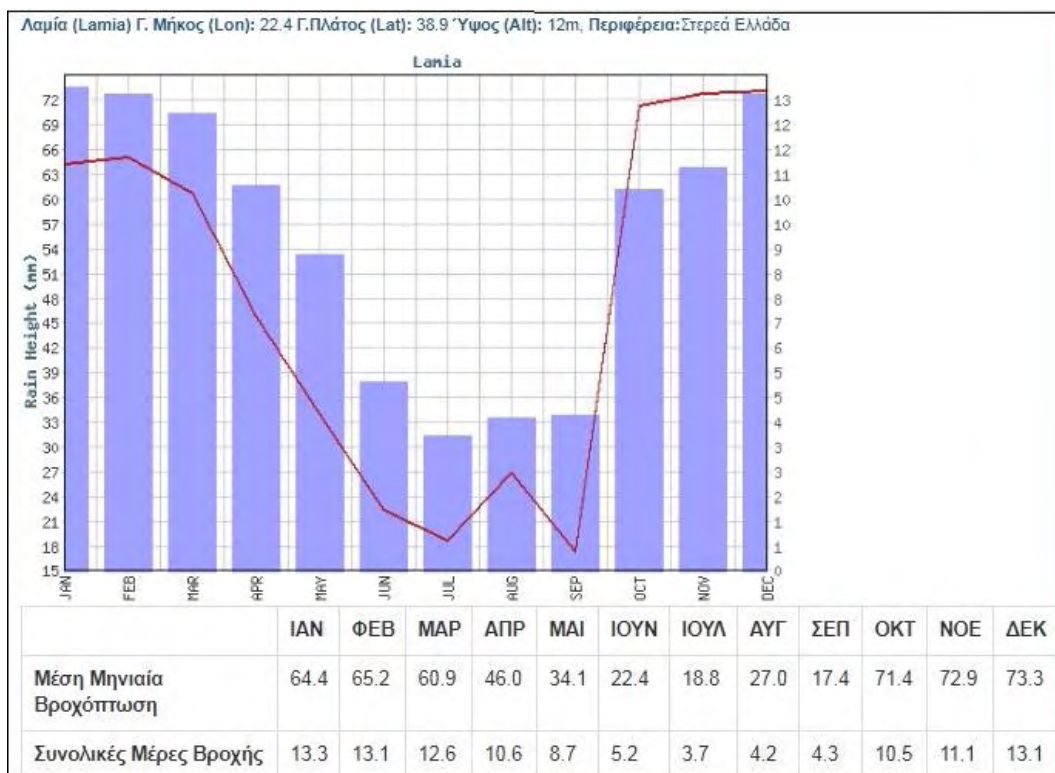
Εικόνα 4.5., Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας, (Πηγή: TOTEE-20701-3-2010, TEE)



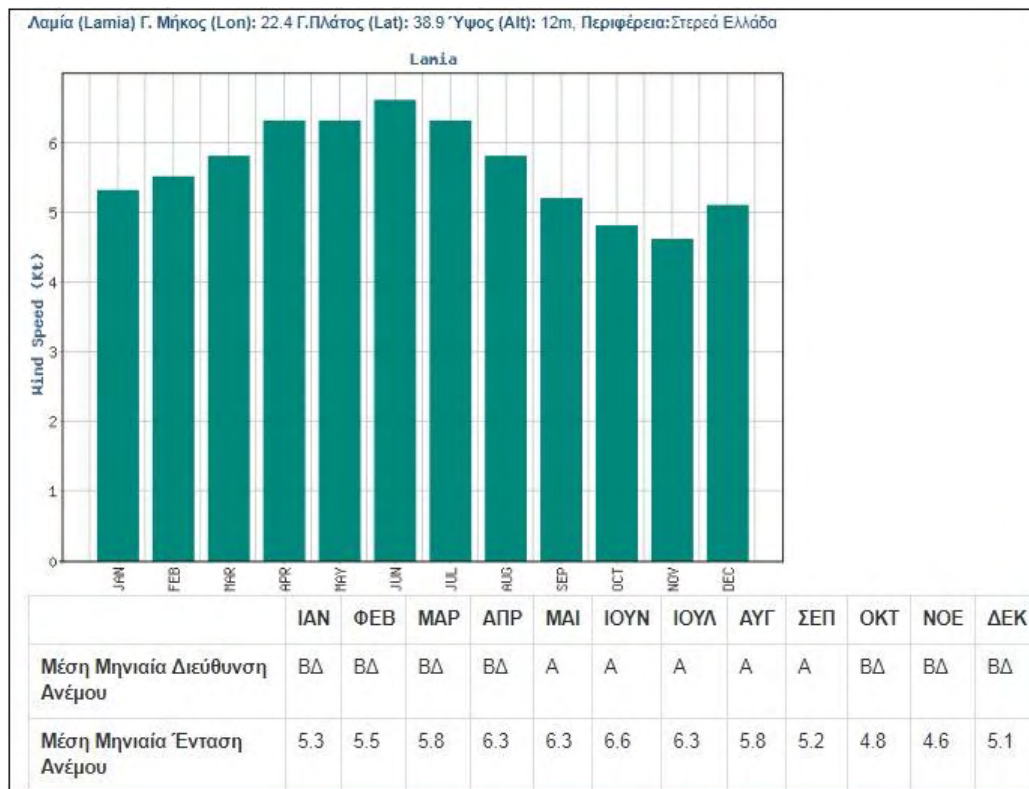
Εικόνα 4.6., Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης θερμοκρασίας, (Πηγή: http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Stereia&poli=Lamia)



Εικόνα 4.7., Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης υγρασίας, (Πηγή: http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Sterea&poli=Lamia)



Εικόνα 4.8., Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης βροχόπτωσης, (Πηγή: http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Sterea&poli=Lamia)



Εικόνα 4.9., Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης ανέμου, (Πηγή: http://www.hnms.gr/emy/el/climatology/climatology_city?perifereia=Stereia&poli=Lamia)

Η μέση θερμοκρασία αέρα κυμαίνεται μεταξύ 7°C και 24,5°C. Οι μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και φτάνουν μέχρι 31°C. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία φτάνει μέχρι 3,5°C εμφανίζεται Ιανουάριο, Φεβρουάριο. Η μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί είναι 46°C και η ελάχιστη - 7°C. Οι βροχοπτώσεις είναι εντονότερες στο τέλος του φθινοπώρου και στις αρχές του χειμώνα. Ανάλογη μεταβολή ακολουθεί η διακύμανση της σχετικής υγρασίας, που κυμαίνεται από 50% τους θερινούς μήνες μέχρι 77% το χειμώνα. Οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή, τους χειμερινούς μήνες είναι οι βορειοδυτικοί (ΒΔ) και τους θερινούς οι ανατολικοί (Α).

Η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (άμεση και διάχυτη) μεταβάλλεται στη διάρκεια του έτους. Οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται τους θερινούς μήνες και εξαρτώνται από την κλίση των επιφανειών και τον προσανατολισμό τους (πίνακας 4.2).

Το ηλιακό δυναμικό της Λαμίας είναι αντίστοιχο με αυτό των υπόλοιπων περιοχών της Β' κλιματικής ζώνης. Σε ετήσια βάση και με σταθερή βέλτιστη κλίση τοποθέτησης Φ/Β, η οποία ανέρχεται σε 28°, η συνολική ηλιακή ακτινοβολία για τη Λαμία ανέρχεται

σε 1.750 kWh/m^2 , όμοια με την Πάτρα και κατά τι μεγαλύτερη από αυτή της Αθήνας (1.725 kWh/m^2). (Γαγλία, 2009, σελίδες 19, 20 & 21).

ΛΑΜΙΑ: Μέση Ακτινοβολία (kWh/m^2)											
Μήνες	Οριζόντιο επίπεδο	Για κλίση επιφάνειας 90°					Για κλίση επιφάνειας 45°				
		B	BA/ΒΔ	A/Δ	NA/ΝΔ	N	B	BA/ΒΔ	A/Δ	NA/ΝΔ	N
ΙΑΝ	59	18	20	41	73	92	22	28	55	85	100
ΦΕΒ	73	23	26	45	68	82	29	40	64	89	100
ΜΑΡ	114	36	46	69	87	94	50	72	100	123	131
ΑΠΡ	151	50	68	90	95	89	92	108	131	145	148
ΜΙΑ	189	68	89	107	103	87	137	145	163	169	167
ΙΟΥΝ	210	77	100	117	106	86	161	166	179	181	176
ΙΟΥΛ	214	76	101	120	111	91	160	166	184	187	184
ΑΥΓ	193	62	87	114	115	101	125	141	169	182	182
ΣΕΠΤ	146	42	58	87	104	107	69	93	127	151	160
ΟΚΤ	100	29	35	61	88	105	36	54	87	118	132
ΝΟΕ	65	19	22	45	77	97	24	31	60	91	106
ΔΕΚ	52	16	17	38	70	90	19	23	49	79	94

Πίνακας 4.2: Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο και σε κεκλιμένο επίπεδο, (Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, σελ.65)

4.2 ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο όπου στεγάζεται το 7^ο Δημοτικό Σχολείο Λαμίας ολοκληρώθηκε το 1978 και λειτουργεί ως ημερήσιο. Αποτελείται από το ισόγειο και δύο ορόφους, συνολικού εμβαδού περίπου $2.200,00 \text{ τ.μ.}$ Η κάτοψη χαρακτηρίζεται από τον ισχυρό ΝΑ-ΒΔ άξονα που διατρέχει διαμπερώς το κτίριο. Ορίζεται από την είσοδο στην ΝΑ πλευρά του κτιρίου και από την έξοδο στον αύλειο χώρο στη ΒΔ πλευρά. Η ΒΑ πτέρυγα αναπτύσσεται σε τρεις ορόφους και η ΝΔ σε δύο ορόφους. Το κτίριο, ορθογωνικού σχήματος, αναπτύσσεται γύρω από εσωτερικό αίθριο. Η κατακόρυφη κίνηση γίνεται μέσω δύο κλιμακοστασίων. Οι διάδρομοι για την κυκλοφορία των μαθητών οργανώνονται περιμετρικά του αιθρίου και οι αίθουσες στις εξωτερικές πλευρές. Το κτίριο σήμερα διαθέτει 14 αίθουσες διδασκαλίας, στεγάζει 235 μαθητές και 22 εκπαιδευτικούς.



Εικόνα 4.10: Το 7^ο Δημοτικό σχολείο Λαμίας (οδός Πρεβέζης)

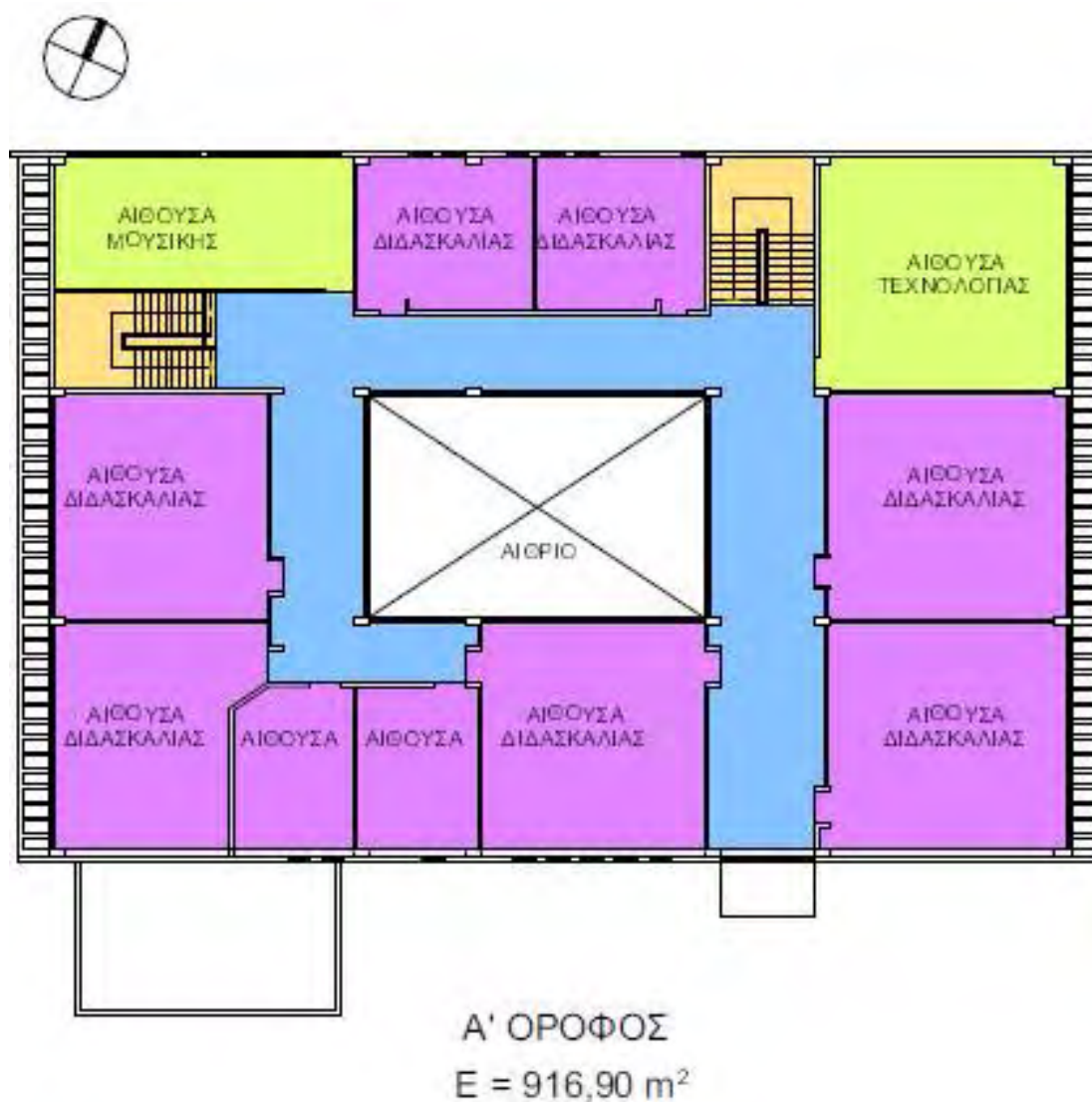
Το ισόγειο συνολικής επιφάνειας 914,60 τ.μ., περιλαμβάνει δύο αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων, Φιλανάγνωσης και Εικαστικών, τα γραφεία δασκάλων, κυλικείο, χώρους μηχανολογικών εγκαταστάσεων και λοιπούς βοηθητικούς χώρους. Στον Α' όροφο, εμβαδού 916,90 τ.μ. έχουν γίνει διάφορες τροποποιήσεις ώστε να δημιουργηθούν περισσότερες αίθουσες διδασκαλίας, όπως επίσης αίθουσες Μουσικής και Τεχνολογίας, που δεν υπήρχαν κατά τον αρχικό σχεδιασμό του κτιρίου.

Συνολικά, στον Α' όροφο υπάρχουν εννέα αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσα τεχνολογίας και αίθουσα μουσικής.

Στο Β' όροφο, εμβαδού 354,70 τ.μ., υπάρχουν ακόμη τρεις αίθουσες διδασκαλίας.

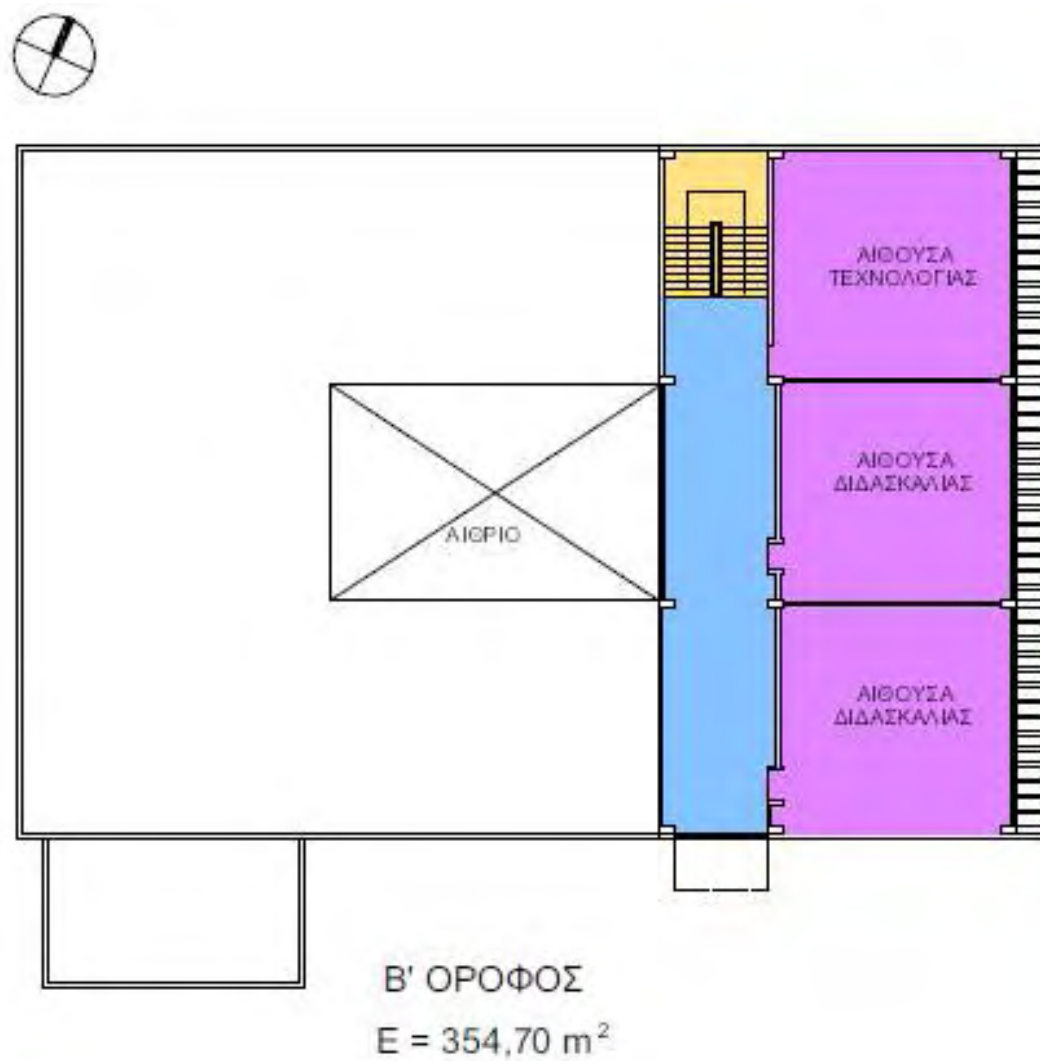


Εικόνα 4.11., Κάτοψη ισογείου με χρήσεις



	ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ		ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ
	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ
	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ		ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Εικόνα 4.12., Κάτοψη Α' Ορόφου με χρήσεις



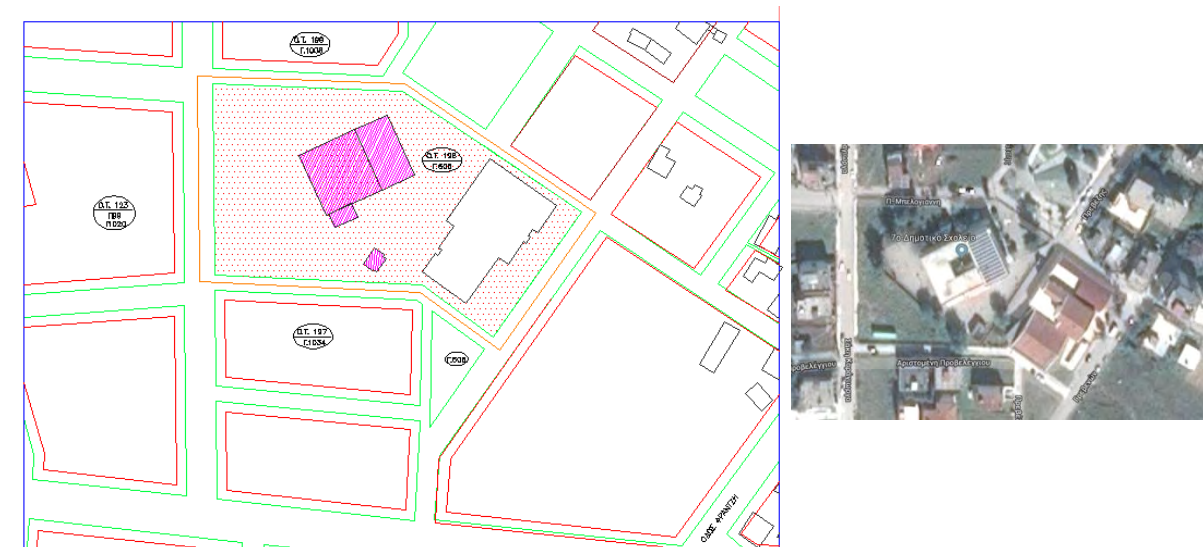
	ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ		ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ
	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ
	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ		ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ		ΑΙΘΡΙΟ

Εικόνα 4.13., Κάτοψη Β' Ορόφου με χρήσεις

4.2.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

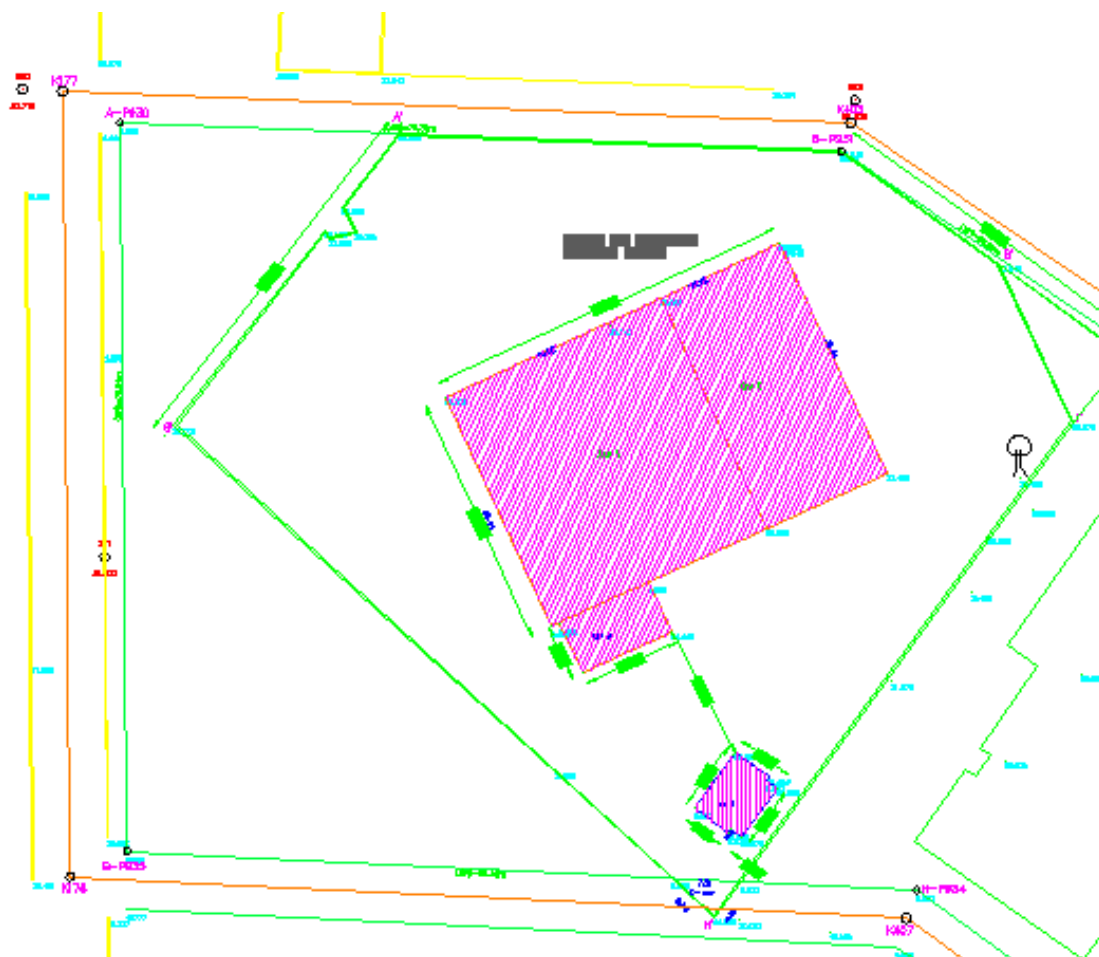
Το κτίριο τοποθετείται ελεύθερα σε οικόπεδο πολυγωνικού σχήματος. Παρόλο που η επιφάνεια του οικοπέδου είναι επαρκής και η πρόσβαση επίσης άνετη, ο διαμήκης άξονας του κτιρίου δεν τοποθετείται παράλληλα με τον άξονα Ανατολής- Δύσης, αλλά είναι στραμμένος κατά περίπου 26° από αυτόν.

Το εμβαδόν του γηπέδου είναι 6.700τ.μ. Μία εσωτερική περίφραξη περιορίζει τον ελεύθερο αύλειο χώρο. Ανατολικά, σε επαφή με το σχολείο υπάρχει ένα ακόμη σχολικό συγκρότημα, το Σχολείο Ειδικής Αγωγής. Η περιοχή γύρω από το σχολείο είναι αραιοδομημένη, με κτίρια ισόγεια και διώροφα που επιτρέπουν τον ανεμπόδιο αερισμό και ηλιασμό. Οι μικροί συντελεστές δόμησης της περιοχής εγγυώνται πως και στο μέλλον δεν θα δημιουργηθούν συνθήκες ασφυκτικά δομημένου περιβάλλοντος. Το γήπεδο στη βορειοανατολική πλευρά του γειτνιάζει με υπαίθριο κοινόχρηστο χώρο.

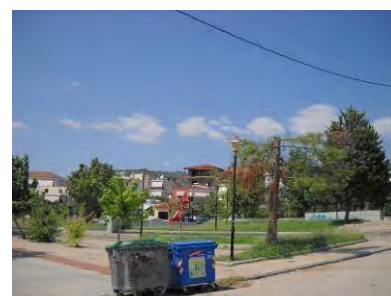


Εικόνα 4.14: Το σχολικό κτίριο και η ένταξη του στο οικόπεδο

Στις εικόνες 4.15 και 4.16 που ακολουθούν, δίνεται το τοπογραφικό διάγραμμα του σχολείου με την ακριβή θέση του κτηρίου στο οικόπεδο, όπου φαίνονται τα γειτονικά κτίρια, και αποτυπώνεται φωτογραφικά η περιοχή που περιβάλλει το σχολείο.

(α) Δυτικά του σχολείου
-οδός Καραγιώργα(β) Βόρεια του σχολείου-πεζοδ.
Σ.Πετρόπουλου

(γ) ΝΑ άποψη σχολείου,

(δ) Πεζόδρομος οδού
Μπελογιάννη στην είσοδο(ε) Άποψη κοινόχρηστου χώρου
απέναντι από είσοδο

(στ) Κοινόχρηστος χώρος

Εικόνα 4.16: Φωτογραφίες της περιοχής γύρω από το 7^ο Δημοτικό σχολείο

4.2.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η κατασκευή του κελύφους είναι τυπική των σχολείων της δεκαετίας του '70. Δεδομένου ότι το κτίριο κατασκευάστηκε πριν τη θέσπιση του Κανονισμού Θερμομόνωσης, το κέλυφος είναι αμόνωτο.

4.2.3.1 ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι πλάκες είναι τύπου Zoellner, με περιμετρικά δοκάρια ανεστραμμένα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U λαμβάνεται από τον πίνακα 3.5α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017:
 $U = 3,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

4.2.3.2 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ

Στο ισόγειο και στον Β' όροφο, οι εξωτερικές τοιχοποιίες είναι μπατικές πάχους 25εκ, χωρίς μόνωση. Στη ΒΑ και ΝΔ όψη του κτιρίου, όπου υπάρχουν συνεχή υαλοστάσια, οι τοιχοποιίες είναι εξ' ολοκλήρου από σκυρόδεμα, όπως επίσης και στις όψεις του αιθρίου. Στον Α' όροφο, οι εξωτερικές τοιχοποιίες είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, επίσης χωρίς μόνωση. Στα κλιμακοστάσια, οι τοίχοι είναι κατασκευασμένοι από διαφανή υαλότουβλα.



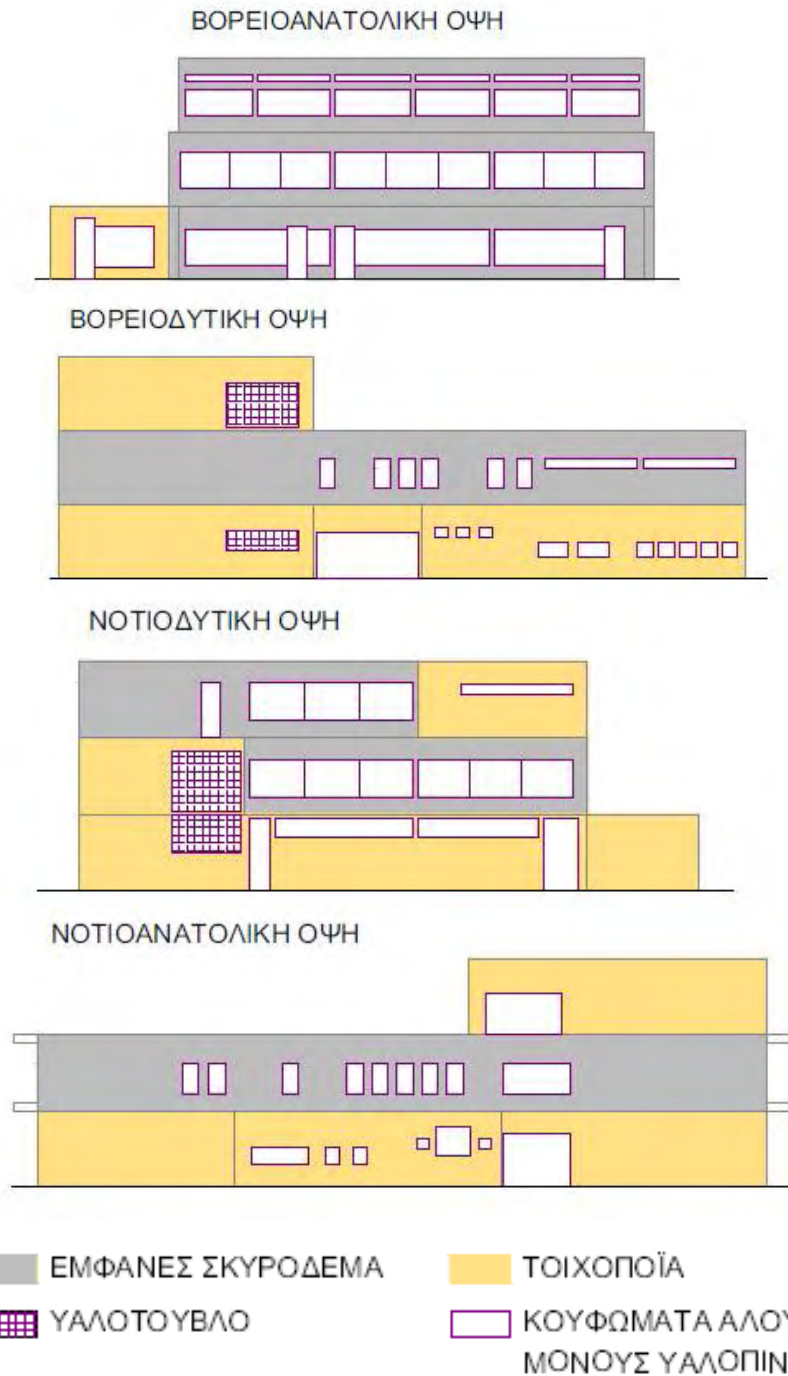
Εικόνα 4.17, Όψεις του 7^ο Δημοτικού σχολείου (Πάνω αριστερά :ΒΑ όψη-εμφανές σκυρόδεμα και συνεχή υαλοστάσια, δεξιά:ΝΑ όψη- εμφανές σκυρόδεμα και τοιχοποιία, Κάτω: αριστερά : ΒΔ όψη-εμφανές σκυρόδεμα, υαλότουβλα και τοιχοποιία, δεξιά:ΝΔ όψη- εμφανές σκυρόδεμα, υαλότουβλα και τοιχοποιία.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι συντελεστές θερμοπερατότητας U για τις τοιχοποιίες θα είναι αντίστοιχα:

οπλισμένο σκυρόδεμα: $U=3,65 \text{ W/m}^2.\text{K}$

μπατική οπτοπλινθοδομή: $U=2,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$

υαλότουβλα: $U=3,50 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Εικόνα 4.18: Όψεις του 7^{ου} Δημοτικού σχολείου

4.2.3.3 ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ - ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι οπτοπλινθοδομές φέρουν επιχρίσματα τριπτά τριβιδιστά, βαμμένα σε πορτοκαλί αποχρώσεις. Οι επιφάνειες από εμφανές σκυρόδεμα είναι βαμμένες με λευκό τσιμεντόχρωμα. Στο σύνολό τους οι εξωτερικές επιφάνειες χρήζουν καθαριότητας και ανακαίνισης, καθώς η επίδραση της σκόνης και των καιρικών παραγόντων είναι παραπάνω από εμφανής. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.3:

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (οπτοπλινθοδομές)	0,40	0,60
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (εμφανές σκυρόδεμα)	0,60	0,40

Πίνακας 4.3: Τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας των τοίχων, (Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, Πιν.3.15)

Στο εσωτερικό οι αίθουσες έχουν τοίχους σε ανοιχτό γκρι, ή πράσινο ενώ στους διαδρόμους κυκλοφορίας οι τοίχοι έχουν διάφορα χρώματα, από ανοιχτόχρωμο πράσινο έως έντονο πορτοκαλί (εικ. 4.19 και 4.20).



Εικόνα 4.19: Αίθουσα διδασκαλίας



Εικόνα 4.20: Διάδρομος κυκλοφορίας

4.2.3.4 ΟΡΟΦΕΣ – ΔΩΜΑΤΑ – ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ

Τα δώματα δεν είναι βατά. Για την απορροή των όμβριων υδάτων έχουν διαμορφωθεί οι κατάλληλες κλίσεις από στρώση ελαφρομετόν. Η τελική επικάλυψη έγινε με ασφαλτόπανα, ώστε να εξασφαλιστεί η υγραμόνωση. Με την πάροδο των ετών, το ασφαλτόπανο έχει φθαρεί αρκετά, οπότε η επίστρωση είναι πιο ανοιχτόχρωμη,

σε σχέση με την αρχική μορφή της. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, οι συντελεστές θερμοπερατότητας, ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας είναι:

Συντ. Θερμ/τας: $U=3,05 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Ανακλαστικότητα: 0,20

Απορροφητικότητα: 0,80



Εικόνα 4.21: Δώμα

Οι οροφές στο εσωτερικό του κτιρίου έχουν λευκό χρώμα. Η επιφάνεια των εσωτερικών δαπέδων είναι επιστρωμένη με λινόλεουμ χρώματος μπλε ή μπεζ (εικόνα 4.20) και ο συντελεστής θερμοπερατότητας λαμβάνεται ίσος με $U=3,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, Πίνακας 3.5β).

4.2.3.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

Τα ανοίγματα φέρουν κουφώματα αλουμινίου με μονούς υαλοπίνακες. Στη ΒΑ και ΝΔ όψη, τα υαλοστάσια είναι συνεχή, επάλληλα συρόμενα με φεγγίτες. Στο ισόγειο και τον Α' όροφο, σε κάθε αίθουσα υπάρχει ένας φεγγίτης με ανοιγόμενες γυάλινες περσίδες (εικ. 4.22). Στις αίθουσες του Β' ορόφου όλοι οι φεγγίτες είναι σταθεροί.



Εικόνα 4.22: Υαλοστάσιο ΒΑ όψης με περσίδες αερισμού



Εικόνα 4.23: Ανοίγματα ΝΔ όψης

Στη ΒΔ και ΝΑ όψη, τα υαλοστάσια είναι μεμονωμένα και περιστρεφόμενα περί οριζόντιο άξονα. Οι φεγγίτες είναι σταθεροί. (εικόνες 4.24 και 4.25)



Εικόνα 4.24: Ανοίγματα ΝΑ όψης



Εικόνα 4.25: Ανοίγματα ΒΔ όψης

Προσανατολισμός	Εμβαδό Ανοιγμάτων (m ²)	Εμβαδό Όψης (m ²)	Ποσοστό %
ΒΑ	140	340	41
ΒΔ	33	355	9
ΝΑ	42	365	11
ΝΔ	75	340	22

Πίνακας 4.4: Ανοίγματα στις εξωτερικές πόρτες του κτιρίου

Οι εσωτερικές πόρτες των αιθουσών διδασκαλίας είναι ξύλινες, ενώ οι εσωτερικοί φεγγίτες είναι από αλουμίνιο, σταθεροί εκτός από έναν σε κάθε αίθουσα, με γυάλινες περσίδες.

Τα ανοίγματα των διαδρόμων προς το εσωτερικό αίθριο είναι επίσης από αλουμίνιο, με μονούς υαλοπίνακες, συρόμενα επάλληλα, με σταθερούς φεγγίτες, ορισμένοι από τους οποίους φέρουν γυάλινες, ανοιγόμενες περσίδες (εικ. 4.26 και 4.27).



Εικόνα 4.26: Ανοίγματα στη ΝΑ του αιθρίου



Εικόνα 4.27: Ανοίγματα στους διαδρόμους και στις αίθουσες διδασκαλίας



Εικόνα 4.28: Ανοίγματα διαδρόμων προς το αίθριο όπου διακρίνονται οι περσίδες στους φεγγίτες

Προσανατολισμός	Εμβαδό Ανοιγμάτων (m ²)	Εμβαδό Όψης (m ²)	Ποσοστό %
ΒΑ	30	67	45
ΒΔ	40	100	40
ΝΑ	19	100	19
ΝΔ	35	100	35

Πίνακας 4.5: Ανοίγματα στο εσωτερικό αίθριο

Τα ανοίγματα επηρεάζουν άμεσα το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου. Από τη μια πλευρά συμβάλλουν στην εκμετάλλευση του ηλιακού κέρδους, από την άλλη όμως έχουν αυξημένες απώλειες προς το περιβάλλον το χειμώνα. Λόγω της παλαιότητας και της ποιότητας κατασκευής τους, σημαντικές είναι και οι απώλειες λόγω αερισμού από τις χαραμάδες.

Τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων λαμβάνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και είναι:

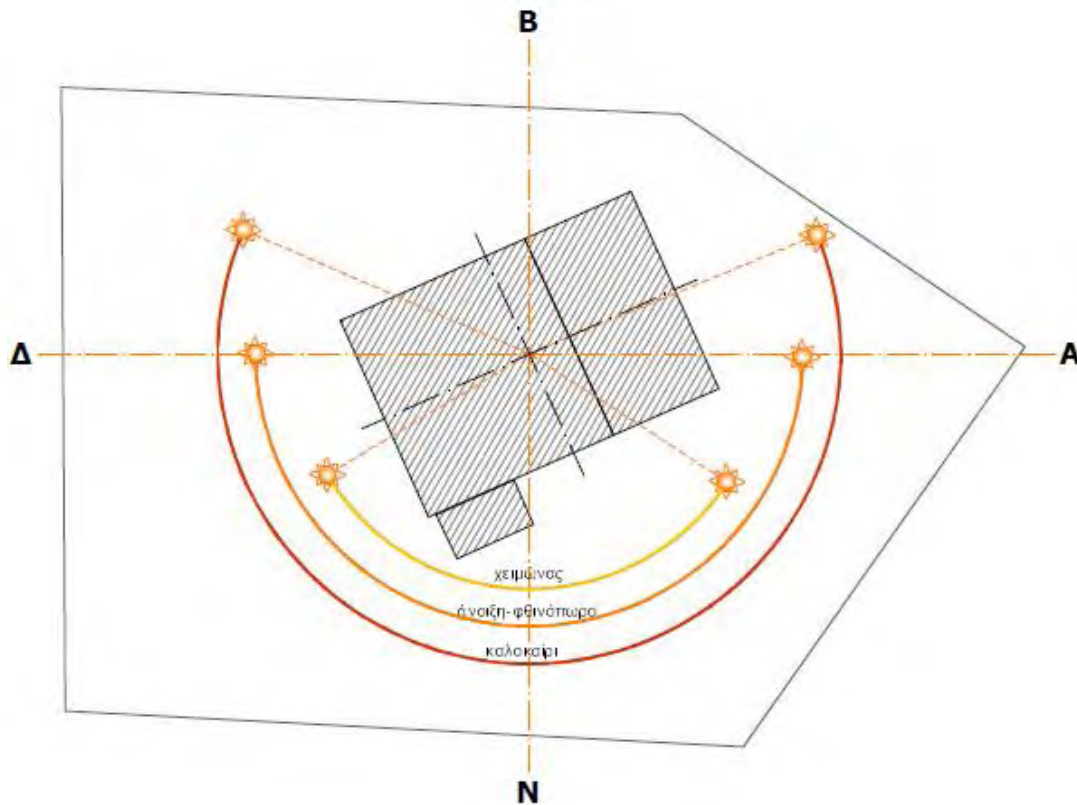
- Συντελεστής θερμοπερατότητας: $U_{v,F}=6,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Συντελεστής ηλιακού κέρδους: $g_{gl}=0,77$
- Διείσδυση αέρα για τα μεταλλικά επάλληλα και ανοιγόμενα κουφώματα: $8,7 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$

4.2.3.6 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο και δέχεται ανεμπόδιστα άμεσο και διάχυτο φωτισμό. Κατά συνέπεια, ο προσανατολισμός, η οργάνωση του χώρου, το μέγεθος και η διάταξη των ανοιγμάτων και οι ιδιότητες των εσωτερικών επιφανειών ως προς την

ανακλαστικότητα τους καθορίζουν κατά πόσο είναι ικανοποιητικός ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου.

Όπως μπορεί κανείς να παρατηρήσει από το διάγραμμα ηλιασμού (εικόνα 4.29), η ΝΑ όψη του κτιρίου δέχεται ηλιακή ακτινοβολία όλο το χρόνο, όπως και η ΝΔ. Η ΒΑ πλευρά κατά τη διάρκεια του χειμώνα δέχεται μόνο σε μικρό τμήμα της ηλιασμό.



Εικόνα 4.29: Διάγραμμα ηλιασμού

Οι αίθουσες στη ΒΑ και ΝΔ όψη έχουν συνεχή υαλοστάσια σε όλο το μήκος τους και εκμεταλλεύονται πλήρως το φυσικό φωτισμό (εικόνα 4.30). Στην ΒΔ και ΝΑ όψη τα ανοίγματα είναι μεμονωμένα, μικρότερων διαστάσεων. Στη ΒΔ όψη ο φωτισμός προέρχεται από το διάχυτο φωτισμό. Οι διάδρομοι κυκλοφορίας έχουν σε όλο το μήκος τους ανοίγματα προς το αίθριο, για να δέχονται φυσικό φωτισμό. Φεγγίτες στους διαχωριστικούς τοίχους των αιθουσών από το διάδρομο, παρέχουν στις αίθουσες αμφίπλευρο φωτισμό.



Εικόνα 4.30: Φυσικός Φωτισμός διαδρόμων & φεγγίτες για έμμεσο φωτισμό αιθουσών

Στα σχολικά κτίρια όπως αυτό που εξετάζεται εδώ, η φωτιστική επιφάνεια πρέπει να είναι ίση με το $1/5$ (20%) της επιφάνειας κάθε κύριου χώρου (ΟΣΚ, 2008, Οδηγός Μελετών για Διδακτήρια όλων των βαθμίδων Εκπαίδευσης). Στον πίνακα 4.6 που ακολουθεί, γίνεται έλεγχος της επάρκειας της επιφάνειας των ανοιγμάτων σε κάθε κύριο χώρο του σχολείου, σύμφωνα με την παραπάνω προδιαγραφή. Για τους υπολογισμούς έχουν ληφθεί υπόψη μόνο τα ανοίγματα σε εξωτερικούς τοίχους.

α/α	Προσ/μός	Αίθουσα	Εμβαδό Αίθουσας (τ.μ.)	Εμβαδό εξωτ. ανοιγμάτων (τ.μ.)	Ποσοστό
Ισόγειο					
1	BA	A1	77,4	17,16	22 %
2	BA	A2	72	15,15	21 %
3	NA	Εικαστικά	25,81	3,61	14 %
4	NA	Φιλαναγνωσίας	13,05	3,54	27 %
5	NΔ	Αιθ. Π.Χ.	200,00	30,51	15 %
Α΄ Όροφος					
6	BA	H/Y	82,77	16,2	20 %
7	BA	Δ2	77,4	16,8	22 %
8	BA	Δ1	80,1	16,2	20 %
9	NA	Γ1	74,76	21,52	29 %
10	NA	Γ3	27,9	2,64	9 %
11	NΔ	Γ2	59,19	15,8	27 %
12	NΔ	E2	69,66	16,38	24 %
13	BΔ	Μουσικής	57,07	10,5	18 %
14	BΔ	B1	38,9	3,95	10 %
15	BΔ	B2	42,23	3,95	9 %
Γ΄ Όροφος					
16	BA	E1	82,77	12,54	15 %
17	BA	ΣΤ1	77,4	13,45	17 %
18	BA	ΣΤ2	80,1	12,54	16 %

Πίνακας 4.6: Έλεγχος επάρκειας φωτιστικής επιφάνειας ανά κύριο χώρο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 4.6, παρατηρούνται αποκλίσεις από τις προδιαγραφές του ΟΣΚ για τα σχολικά κτίρια. Σε κάποιες αίθουσες, η επιφάνεια των ανοιγμάτων είναι υπερβολικά μικρή, όπως για παράδειγμα στις αίθουσες Β2 και Γ3 στον Α' όροφο (9%), ή αρκετά μεγαλύτερη, όπως στις αίθουσες Φιλαναγνωσίας στο ισόγειο και Γ2 στον Α' όροφο (27%). Αυτό οφείλεται σε ορισμένες περιπτώσεις σε μετασκευές-μετατροπές και αλλαγές στην εσωτερική διαρρύθμιση των χώρων για να καλυφθούν ανάγκες σε αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια.

Για τον έλεγχο της σκίασης στις αίθουσες και τα γραφεία χρησιμοποιούνται εσωτερικά κουρτίνες (εικόνα 4.31). Οι διάδρομοι δεν διαθέτουν κάποιου είδους σκiasμό. Η ΝΑ όψη του κτιρίου παρότι δέχεται ηλιασμό όλη τη διάρκεια του έτους (εικόνα 4.30), δεν διαθέτει κανενός είδους εξωτερική ηλιοπροστασία όπως για παράδειγμα περσίδες ή προστεγάσματα.

Για τον έλεγχο της σκίασης στις αίθουσες και τα γραφεία χρησιμοποιούνται εσωτερικά κουρτίνες (εικόνα 4.31). Οι διάδρομοι δεν διαθέτουν κάποιου είδους σκiasμό. Η ΝΑ όψη του κτιρίου παρότι δέχεται ηλιασμό όλη τη διάρκεια του έτους (εικόνα 4.24), δεν διαθέτει κανενός είδους εξωτερική ηλιοπροστασία όπως για παράδειγμα περσίδες ή προστεγάσματα.



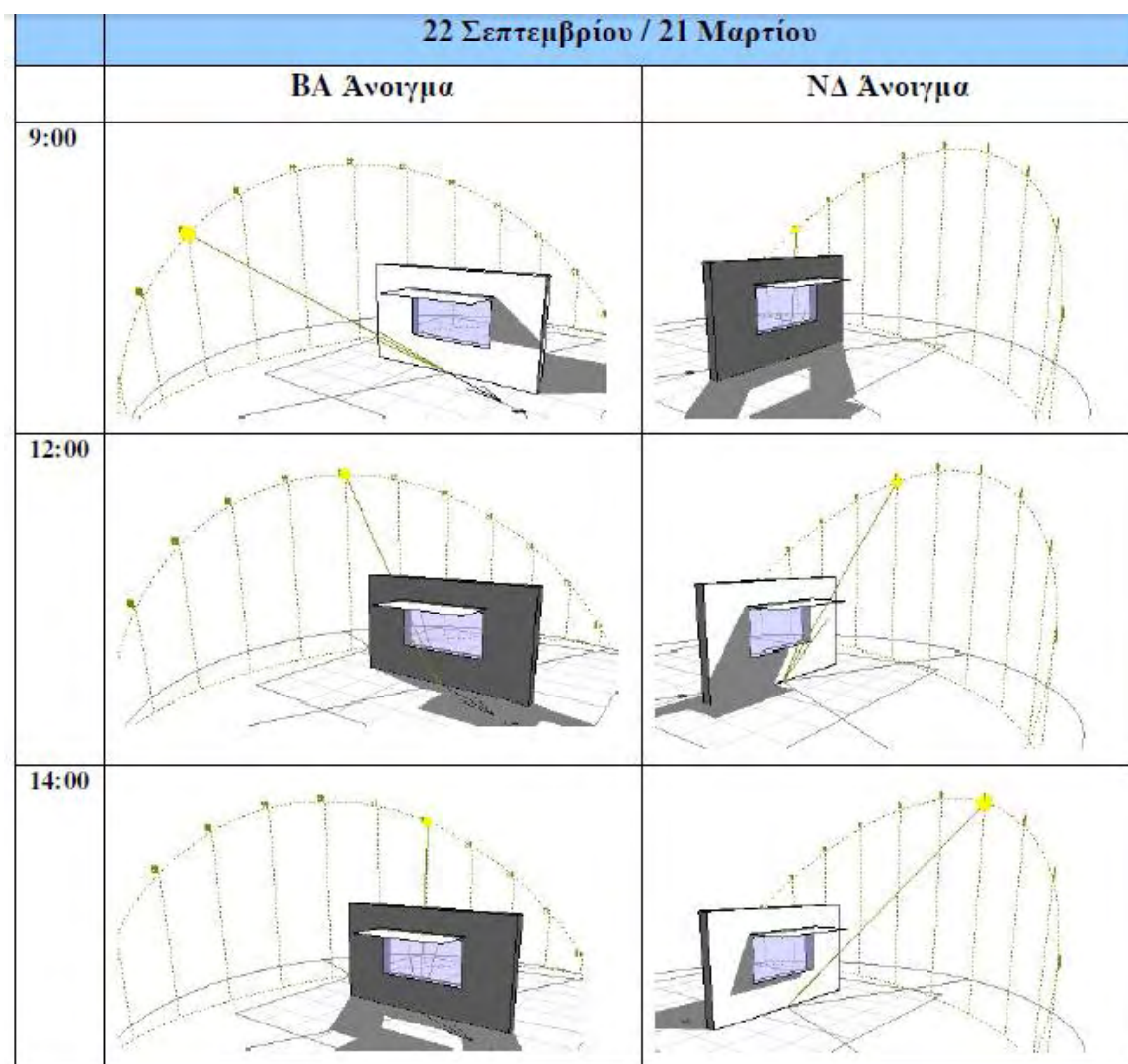
Εικόνα 4.31: Εσωτερική σκίαση με κουρτίνες

Οριζόντια προστεγάσματα στον Β' όροφο και διάτρητοι πρόβολοι από σκυρόδεμα πάνω από τα ανοίγματα του ισόγειου και του Α' ορόφου, χρησιμοποιούνται για τη σκίαση των ανοιγμάτων στη ΒΑ και ΝΔ όψη του κτιρίου (εικόνα 4.32 α,β).

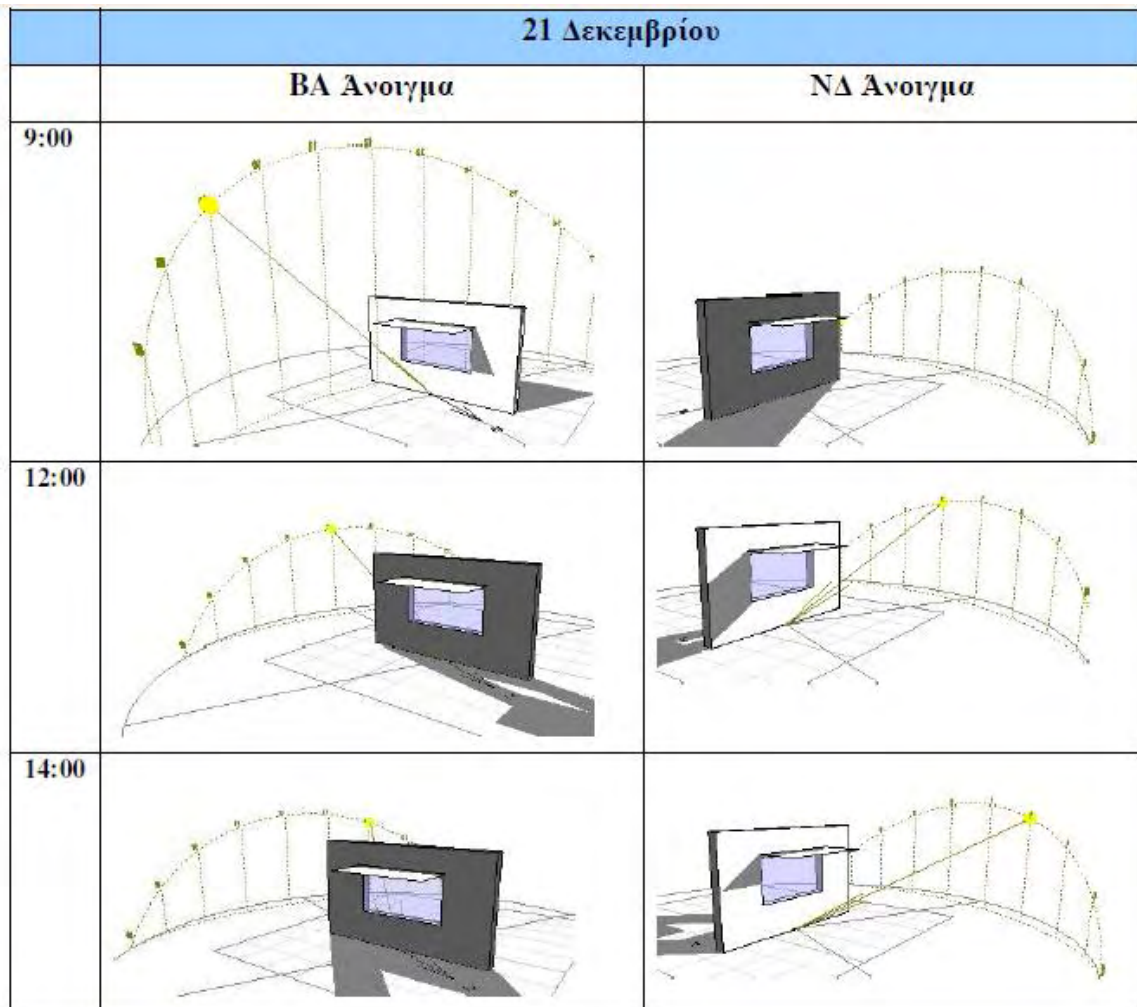
Με τη βοήθεια του λογισμικού Ecotect analysis και της ενσωματωμένης εφαρμογής Solar Tool, γίνεται μια σύντομη μελέτη ηλιασμού-σκiasμού των ανοιγμάτων στη ΒΑ και ΝΔ όψη του κτιρίου και έλεγχος της αποτελεσματικότητας των σκiasτρων. Σε κάθε πλευρά, επιλέγεται ένα άνοιγμα του Α' ορόφου. Ο έλεγχος γίνεται σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές, στις 9:00, στις 12:00 και στις 14:00 για τις ισημερίες του έτους, το χειμερινό και θερινό ηλιοστάσιο (εικόνα 4.33 και 4.34 αντίστοιχα). Η ανάλυση γίνεται για συμπαγή προστεγάσματα και όχι διάτρητα, όπως αυτά της ΒΑ όψης.



Εικόνα 4.32: Σκίαση με προστέγασμα και διάτρητους οριζόντιους προβόλους (λεπτομέρειες α,β)



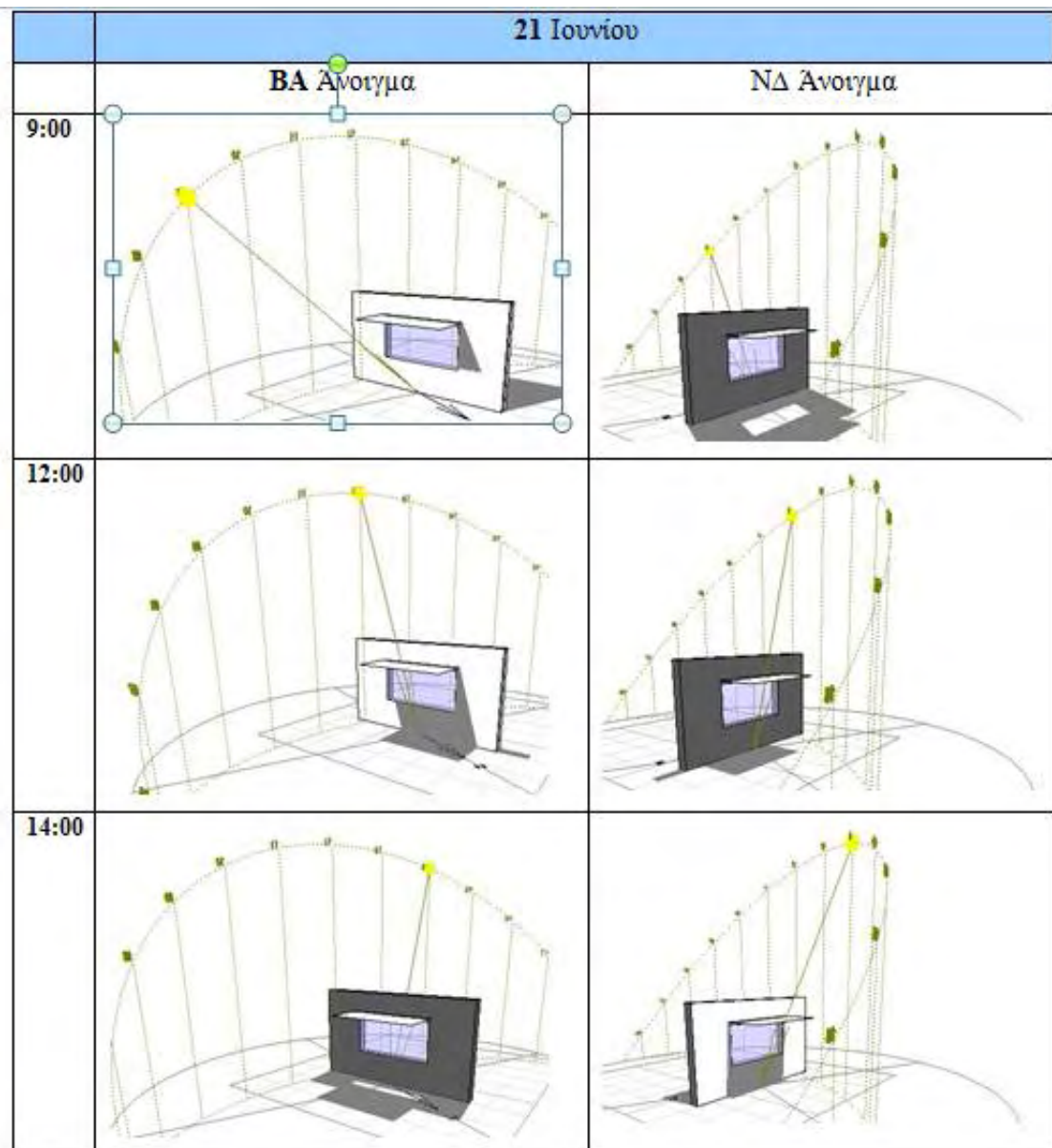
Εικόνα 4.33: Έλεγχος Ηλιασμού – σκιασμού ανοιγμάτων της ΒΑ και της ΝΔ όψης κατά τις Ισημερίες



Εικόνα 4.34: Έλεγχος Ηλιασμού – σκιασμού ανοιγμάτων της ΒΑ και της ΝΔ όψης κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο

Όπως προκύπτει από τον έλεγχο, τα ανοίγματα στη ΒΑ όψη δέχονται ηλιασμό νωρίς το πρωί, που ο ήλιος είναι χαμηλά, ενώ από το μεσημέρι και μετά δεν δέχονται καθόλου ηλιασμό. Την άνοιξη και το φθινόπωρο, τα προστεγάσματα προσφέρουν σκίαση για ένα χρονικό διάστημα μεταξύ 9:00-11:00. Το χειμώνα, όπου η ΒΑ όψη δέχεται λιγότερο ηλιασμό, το διάστημα αυτό μειώνεται, ενώ το καλοκαίρι αυξάνεται, μεταξύ 8:30 και 11:30.

Αντίστοιχα τα ανοίγματα της ΝΔ όψης βρίσκονται στη σκιά μέχρι τις 12:00 περίπου. Καθώς ο ήλιος περνά από το νότο προς τη δύση, τα προστεγάσματα παρέχουν σκίαση μέχρι 13:00 - 14:00. Στη συνέχεια, όσο μειώνεται το ύψος του ήλιου, μειώνεται και το ποσοστό σκίασης των ανοιγμάτων. Το γεγονός αυτό δεν δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα, διότι η λειτουργία του σχολείου είναι μόνο ημερήσια.



Εικόνα 4.35: Έλεγχος Ηλιασμού – σκιασμού ανοιγμάτων της BA και της NΔ όψης κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο

4.2.3.7 ΑΕΡΙΣΜΟΣ-ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Όπως προαναφέρθηκε (παρ.4.2.3.6), η χαμηλή – αραιή δόμηση των γειτονικών οικοδομικών τετραγώνων επιτρέπει τον ανεμπόδιο αερισμό του κτιρίου. Στις αίθουσες διδασκαλίας του Β' ορόφου έχουν τοποθετηθεί ανεμιστήρες οροφής για δροσισμό. Σύστημα μηχανικού εξαερισμού δεν υπάρχει σε καμία αίθουσα. Οι αίθουσες του ισογείου και του Α' ορόφου διαθέτουν φεγγίτες με γυάλινες περιστρεφόμενες περσίδες.

Φεγγίτες με γυάλινες ανοιγόμενες περσίδες υπάρχουν και στους εσωτερικούς προς το διάδρομο φεγγίτες. Στην πλειοψηφία των περισσότερων περιπτώσεων οι περσίδες αυτές δεν λειτουργούν πλέον, με αποτέλεσμα ο αερισμός των αιθουσών να γίνεται με το άνοιγμα των παραθύρων στο διάλειμμα.

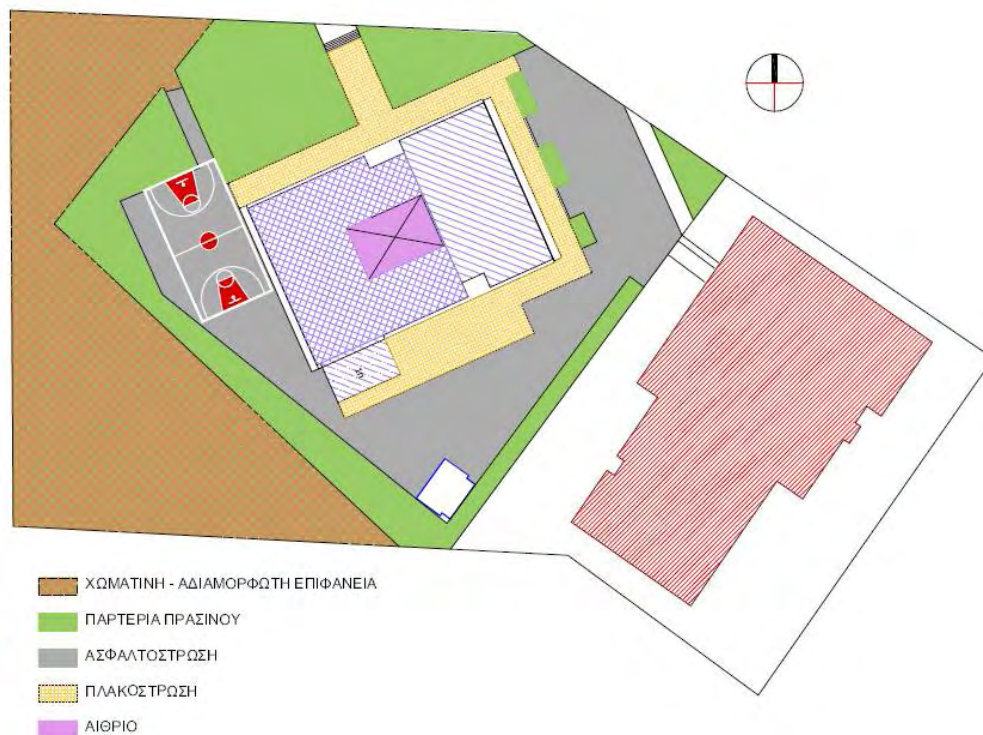


Εικόνα 4.36: Ανεμιστήρες οροφής

Το σχολικό συγκρότημα με τους βοηθητικούς του χώρους καταλαμβάνει 1.100τ.μ. από τα 6.700 τ.μ. του γηπέδου, αφήνοντας ελεύθερα 5.600 τ.μ. Μία εσωτερική περίφραξη του γηπέδου περιορίζει τον ελεύθερο αύλειο χώρο σε 3.500τ.μ.

4.2.4 ΑΥΛΕΙΟΣ ΧΩΡΟΣ

Το σχολικό συγκρότημα με τους βοηθητικούς του χώρους καταλαμβάνει 1.100τ.μ. από τα 6.700 τ.μ. του γηπέδου, αφήνοντας ελεύθερα 5.600 τ.μ. Μία εσωτερική περίφραξη του γηπέδου περιορίζει τον ελεύθερο αύλειο χώρο σε 3.500τ.μ.



Εικόνα 4.37: Διαμόρφωση αύλειου χώρου 7^{ου} Δημοτικού σχολείου (ιδία επεξεργασία)

Η σημερινή διαμόρφωση του αύλειου χώρου είναι η τυπική των περισσότερων σχολικών συγκροτημάτων με σκληρές αδιάβροχες επιφάνειες καλυμμένες με τσιμεντόπλακες ή ασφαλτο και περιμετρική φύτευση (εικόνα 4.37).

<i>Υλικό</i>	<i>Επιφάνεια (τ.μ.)</i>	<i>Εικόνα</i>
Τσιμεντένιες πλάκες πεζοδρομίου λευκού χρώματος, πάνω σε βάση από σκυρόδεμα	570	
Ασφαλτόστρωση	1.425	
Παρτέρια, φυτεύσεις	1.450	
Εσωτερικό αίθριο	100	
Χωμάτινη, αδιαμόρφωτη επιφάνεια	2.000	

Πίνακας 4.7: Υλικά διαμόρφωσης αύλειου χώρου

Τα υλικά αυτά όπως και η ασφαλτος των περιμετρικών οδών χαρακτηρίζονται από μικρή ανακλαστικότητα που κυμαίνεται από 0,10 έως 0,30, μεγάλη απορροφητικότητα, μεγάλο συντελεστή θερμικής εκπομπής ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 0,85 και 0,95 και μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Αναλυτικά, η διαμόρφωση του αύλειου χώρου στο 7^ο Δημοτικό Σχολείο Λαμίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.7. Στη ΝΔ πλευρά του γηπέδου, στην ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια, έχουν διαμορφωθεί γήπεδα αθλοπαιδιών. Φύτευση υπάρχει κυρίως κατά μήκος της ΒΔ και ΝΔ εσωτερικής περιφράξης. Περιλαμβάνει λίγα μεγάλα δέντρα φυλλοβόλα (λεύκες), πεύκα, ακακίες και κάποιους θάμνους (λιγούστρα).

Τα δέντρα που υπήρχαν κατά μήκος της ΝΑ και ΝΔ πλευράς του γηπέδου και πρόσφεραν σκιασμό έχουν ξεραθεί (εικόνα 4.39).

Αυτό έχει ως συνέπεια, οι χώροι αθλοπαιδιών που βρίσκονται στη ΝΔ και ΝΑ πλευρά του γηπέδου, να μην σκιάζονται καθόλου.



Εικόνα 4.38: Αύλειος χώρος (ΒΑ πλευρά)



Εικόνα 4.39: Αύλειος χώρος (ΒΔ πλευρά)



Εικόνα 4.40: Αύλειος χώρος (ΝΔ πλευρά) με τα κατεστραμμένα δέντρα



Εικόνα 4.41: Αύλειος χώρος (ΝΔ πλευρά) γήπεδο μπάσκετ

Το αίθριο του κτιρίου έχει διαμορφωθεί ως καθιστικό, με ξύλινο στέγαστρο πάνω σε σκυρόδεμα, περιμετρικό διάδρομο με πλάκες πεζοδρομίου και την υπόλοιπη

επιφάνεια ελεύθερη. Η φύτευση του αιθρίου περιλαμβάνει κυρίως λιγούστρα (εικόνα 4.42).



Εικόνα 4.42: Αίθριο, όπου φαίνεται η χαμηλή φύτευση και το παρτέρι

4.2.5 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο χρησιμοποιεί συμβατικές πηγές ενέργειας για τις λειτουργικές του ανάγκες: πετρέλαιο για θέρμανση και ηλεκτρική ενέργεια για όλες τις άλλες λειτουργικές ανάγκες. Η μέση ετήσια κατανάλωση είναι περίπου 7.500 lt πετρελαίου (σύμφωνα με τα στοιχεία του σχολείου) και 20.000 kWh ηλεκτρικού ρεύματος (σύμφωνα με τους μετρητές της ΔΕΗ) (Δήμος Λαμιέων).

Συγκαταλέγεται στα πολύ ενεργοβόρα σχολεία της Λαμίας λόγω της κατασκευής του. Στη μελέτη που έγινε για το κτίριο δεν έχουν συμπεριληφθεί καθόλου οι Η/Μ εγκαταστάσεις, ο φωτισμός κλπ. Επειδή η εργασία θα αναλύσει παρεμβάσεις μόνο στο κέλυφος εξωτερικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΝΑΚ

Η ενεργειακή απόδοση του εξεταζόμενου σχολικού κτιρίου υπολογίζεται με τον κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – Κ.Εν.Α.Κ. (ΦΕΚ 2367/Β/12-7-2017), και τις τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ που συντάχθηκαν υποστηρικτικά, όπως αυτές ισχύουν επικαιροποιημένες:

- 20701-1/2017: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-3/2014: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών πόλεων» - Γ' Έκδοση (Νοέμβριος 2014),
- 20701-4/2017: «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων λεβήτων & εγκαταστάσεων Θέρμανσης & εγκαταστάσεων Κλιματισμού»

Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, στο οποίο καταχωρούνται τα παρακάτω στοιχεία:

- το είδος και η χρήση του κτιρίου
- τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κελύφους
- τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Η/Μ εγκαταστάσεων του κτιρίου (θέρμανση, φωτισμός, αερισμός)
- τυχόν υπάρχοντα παθητικά συστήματα.

Ενσωματωμένες βιβλιοθήκες στο λογισμικό διευκολύνουν την καταχώρηση των απαιτήσεων και των χαρακτηριστικών των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων για τη συγκεκριμένη χρήση του κτιρίου. Η ενεργειακή απόδοση προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Η σύγκριση γίνεται με το «κτίριο αναφοράς» το οποίο θεωρούμε ότι έχει τα ίδια γεωμετρικά και λειτουργικά

χαρακτηριστικά, πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και κατατάσσεται στη Β' ενεργειακή κλάση.

5.1.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Το κτίριο θεωρούμε ότι αποτελεί ενιαία θερμική ζώνη. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, σελ.18), αν η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων δεν διαφέρει παραπάνω από 4 K (4°C) σε σχέση με άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή και τη θερινή περίοδο, δεν είναι αναγκαίος ο καθορισμός διαφορετικών θερμικών ζωνών. Επιπλέον, το σύστημα θέρμανσης είναι ενιαίο για όλο το κτίριο.

Τα γενικά δεδομένα και οι εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας της θερμικής ζώνης δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.1 Γενικά δεδομένα θερμικής ζώνης (Χρήση: Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης)		
Ολική επιφάνεια ζώνης (m ²)	2.186,2	
Ανηγμένη ειδική θερμοχωρητικότητα [kJ/(m ² K)]	260	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 3.14
Κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου για ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό	Δ	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 5.5
Διείσδυση αέρα (m ³ /h)	3.913 (7,4 m ³ /h/m ² για πόρτες, 8,7 m ³ /h/m ² για παράθυρα)	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 3.24
Φυσικός αερισμός (m ³ /h/m ²)	11,00	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 2.3
Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού	0	100% για κατοικίες 0% για τριτογενή τομέα
Αριθμός θυρίδων εξαερισμού για φυσικό αέριο	0	
Αριθμός καμινάδων	0	
Αριθμός ανεμιστήρων οροφής	0 (3)	Πρέπει να καλύπτουν τουλάχιστον 50% της ζώνης
Ποσοστό ζώνης που καλύπτεται από ανεμιστήρες οροφής	0 (16%<50%)	Πρέπει να καλύπτουν τουλάχιστον 50% της ζώνης

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ., για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων, θα πρέπει να εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ

EN ISO 13790. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, οι θερμικές ζώνες ενός κτιρίου θεωρούνται θερμικά ασύζευκτες.

Πίνακας 5.2 Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης (Χρήση: Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης)		
Ωράριο λειτουργίας	8	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και 20701-3/2010
Ημέρες λειτουργίας	5	
Μήνες λειτουργίας	9	
Περίοδος θέρμανσης	1/11 έως 15/4	
Περίοδος ψύξης	15/5 έως 15/9	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	11.00	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	300	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και 20701-3/2010
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτίριο αναφοράς (W/m ²)	9,6	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /m ² έτος)	0.68	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	50	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	18.1	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	40.0	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.18	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	0.75	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.18	

Οι υπολογισμοί της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου έγιναν με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου TEE-KENAK, βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του Ν.3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και της αντίστοιχης Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Για κάθε προσανατολισμό, καταχωρούνται τα αδιαφανή και διαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου με τις αντίστοιχες θερμικές ιδιότητες τους, όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4, με επιπλέον στοιχεία που αφορούν στο σκιασμό των επιφανειών. Για τους επιμέρους υπολογισμούς και τη διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου (εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης, κ.ά.), χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικές μέθοδοι και τεχνικές οδηγίες.

5.1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m²), όπως:

- Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη
- Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, κ.α.)
- Ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Επίσης υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοχωρητικότητας του κτιριακού κελύφους. Ταυτόχρονα με τις καταναλώσεις του κτιρίου που εξετάζεται, το λογισμικό υπολογίζει αυτόματα τα αντίστοιχα μεγέθη για το **κτίριο αναφοράς**. Αυτό επιτρέπει μια άμεση σύγκριση των επιδόσεων των συστημάτων του κτιρίου που εξετάζεται, με αυτά του Κτιρίου Αναφοράς και διευκολύνει στην επιλογή των επεμβάσεων εκείνων που μπορεί να έχουν το βέλτιστο οικονομικά και τεχνικά αποτέλεσμα για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις προκύπτουν από τα φορτία θέρμανσης, αερισμού και ζεστού νερού χρήσης (ZNX). Στα φορτία αυτά, περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε εποχή.

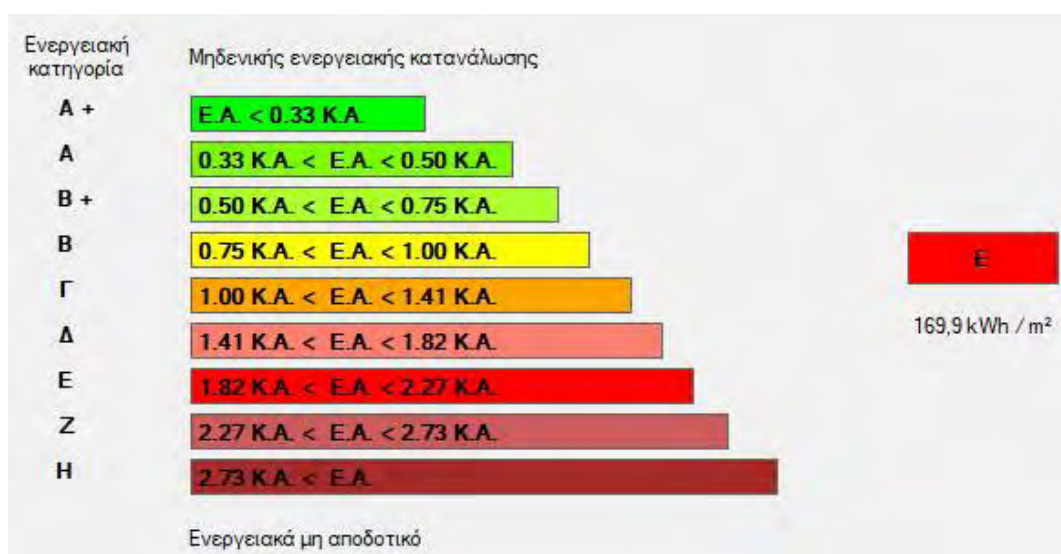
Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση δίδονται στον πίνακα που ακολουθεί. Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα βοηθητικά συστήματα της κάθε εγκατάστασης, όπως οι κυκλοφορητές. Για τον υπολογισμό των καταναλώσεων στην θέρμανση, λαμβάνεται υπόψη το τυπικό ωράριο λειτουργίας των κτιρίων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Πίνακας 5.2), που συνήθως διαφέρει από τον πραγματικό χρόνο λειτουργίας της Κ.Θ. Για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για τον φωτισμό λαμβάνεται υπόψη όχι η εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών (6,6 W/m²), αλλά η ελάχιστη απαιτούμενη (12,6 W/m²), που εξασφαλίζει με τα συγκεκριμένα φωτιστικά την απαίτηση στάθμης φωτισμού των 300 lx.

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	13,1	6,9	4,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	10,8	40,6
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	7,4
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	24,9	13,4	9,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	8,6	20,7	79,5
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	6,1
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	2,2	2,2	19,7
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	27,0	15,6	11,8	3,9	5,1	0,0	0,0	0,0	5,4	2,8	10,7	22,9	105,3
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)					Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)							
►	Ηλεκτρισμός	30,1					29,8							
	Πετρέλαιο	75,2					19,9							
	Φυσικό αέριο	0,0					0,0							
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0					0,0							
	Ηλιακή	0,0					0,0							
	Βιομάζα	0,0					0,0							
	Γεωθερμία	0,0					0,0							
	Άλλο ΑΠΕ	0,0					0,0							
	Σύνολο	105,3					49,6							

Πίνακας 5.3 Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου (kWh/m²)

5.1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ανοιγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου σχολικού κτιρίου ανέρχεται σε 169,9 kWh/m², ενώ αντίστοιχα του Κτιρίου Αναφοράς είναι 83,8 kWh/m². Συνεπώς, το κτίριο κατατάσσεται στη Ε κατηγορία.

Εικόνα 5.1 Ενεργειακή κατάταξη 7^{ου} Δημοτικού Σχολείου Λαμίας

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς (kWh/m ²)	Κτίριο Μελέτης (kWh/m ²)	Διαφορά (%)
Θέρμανση	25,9	95,2	267 %
Ψύξη	11,6	17,8	53 %
ZNX	0,0	0,0	-
Φωτισμός	46,3	57,0	23 %
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0	0,0	-
Σύνολο	83,8	169,9	103 %

Πίνακας 5.4 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²) για το κτίριο αναφοράς και το κτίριο μελέτης

Ο παραπάνω πίνακας 5.4, αποτυπώνει την ενεργειακή συμπεριφορά του σχολείου που εξετάζεται. Η επίτευξη ικανοποιητικών συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Η μεγαλύτερη επιβάρυνση στο ενεργειακό ισοζύγιο προκαλείται κατά κύριο λόγο από τα φορτία θέρμανσης/ψύξης και κατά δεύτερο από τα φορτία φωτισμού.

Η έλλειψη θερμομόνωσης και αυτοματισμών στη θέρμανση έχει ως αποτέλεσμα 2,5 φορές μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση από αυτή του κτιρίου αναφοράς. Η κατανάλωση για ψύξη είναι επίσης μεγαλύτερη, όμως το γεγονός ότι το σχολείο παραμένει κλειστό τους θερινούς μήνες περιορίζει την απαιτούμενη ενέργεια. Τα παλαιάς τεχνολογίας και ανεπαρκώς συντηρημένα φωτιστικά σώματα έχουν ως αποτέλεσμα την κατανάλωση 23% περισσότερης ενέργειας σε σχέση με το κτίριο αναφοράς προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή στάθμη φωτισμού.

5.1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ U

Επειδή το κτίριο κατασκευάστηκε πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης, θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να υπολογίσουμε τον μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U ολόκληρου του κτιρίου, ο οποίος θα μας υποδείξει σε ποιες παρεμβάσεις σχετικά με το κέλυφος του κτιρίου θα πρέπει να κινηθούμε.

Με την καταχώριση των στοιχείων του κτιρίου προκύπτουν τα αποτελέσματα του πίνακα 5.5:

A. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1.	Πόλη	Λαμία
2.	Ζώνη	B

B. ΕΙΔΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1.	Επιφάνεια οροφών	Fd	=	901,970	m ²
2.	Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	Fw	=	1.113,602	m ²
3.	Επιφάνεια δαπέδων/οροφών σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς ΜΘΧ	Fg	=	914,570	m ²
4.	Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς ΜΘΧ	Fwe	=	0,00	m ²
5.	Επιφάνεια ανοιγμάτων	Ff	=	449,802	m ²
6.	Ολική εξωτερική επιφάνεια κτιρίου	A	=	3.379,944	m ²
7.	Όγκος κτιρίου	V	=	7.739,139	m ³
8.	Λόγος	A/V	=	0,437	m ⁻¹

Γ. ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

$$U_m = 2.774 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Δ. ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

$$U_{\max} = 1.012 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Πίνακας 5.5 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου μελέτης

Όπως ήταν αναμενόμενο ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου U_m είναι σημαντικά μεγαλύτερος του μέγιστου επιτρεπόμενου, σχεδόν τριπλάσιος, γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και το καθιστά ιδιαίτερα ενεργοβόρο.

5.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΝΑΚ

Όπως ήδη διαπιστώθηκε, οι επιδόσεις του κτιρίου μελέτης, απέχουν πολύ από αυτές του κτιρίου αναφοράς. Συγκρίνοντας τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας βλέπουμε ότι υπάρχει μεγάλο δυναμικό στην εξοικονόμηση ενέργειας για την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης-ψύξης. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει κατ' αρχήν να βελτιωθεί,

τόσο η θερμική συμπεριφορά του κελύφους, όσο και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης. Άλλος επιβαρυντικός παράγοντας στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου είναι η εγκατάσταση φωτισμού, η οποία πρέπει να αναβαθμιστεί. Η ενσωμάτωση στο κτίριο ήπιων μορφών ενέργειας μπορεί επίσης να συμβάλει στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητάς του.

Για την εξεύρεση τεχνικής λύσης που να είναι και οικονομικά αποδεκτή θα εξεταστούν τρία σενάρια. Αρχικά, θα εξεταστούν προτάσεις ηπιότερων επεμβάσεων και μικρού σχετικά κόστους και στη συνέχεια, λύσεις περισσότερο σύνθετες και ολοκληρωμένες, οι οποίες όμως απαιτούν μεγάλες επεμβάσεις και συνοδεύονται από υπολογίσιμο κόστος.

Τα σενάρια που θα μελετηθούν στο πρόγραμμα και από τα οποία θα εξαχθούν συμπεράσματα θα αφορούν επεμβάσεις μόνο στο κέλυφος. Επειδή η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στέγης δεν αποτελεί παρέμβαση στο κέλυφος αλλά συνυπολογίζεται στις ΑΠΕ, δεν θα χρησιμοποιηθεί στις παρεμβάσεις που θα προταθούν. Έτσι, οι παρεμβάσεις που θα μελετηθούν ανά σενάριο είναι οι εξής:

Σενάριο 1^ο : Αλλαγή όλων των κουφωμάτων του κτιρίου (διπλοί υαλοπίνακες-κουφώματα σειράς 8500

Σενάριο 2^ο : Θερμομόνωση εξωτερική όλων των τοιχοποιιών του κτιρίου (εμφανή σκυροδέματα και τοιχοποιίες), η οποία θα είναι από 10 εκ ΝΕΟΡΟ

Σενάριο 3^ο : Αλλαγή όλων των κουφωμάτων του κτιρίου (διπλοί υαλοπίνακες-κουφώματα σειράς 8500 - Θερμομόνωση εξωτερική όλων των τοιχοποιιών του κτιρίου (εμφανή σκυροδέματα και τοιχοποιίες), η οποία θα είναι από 10 εκ ΝΕΟΡΟ – θερμομόνωση δώματος (οροφή Β' ορόφου) και εγκατάσταση φυτεμένου δώματος (οροφή Α' ορόφου).

Στο 1^ο σενάριο θα μελετηθεί μόνο η αλλαγή όλων των κουφωμάτων του σχολικού συγκροτήματος. Τα κουφώματα θα είναι σειράς 8500 με θερμοδιακοπή 20 χιλιοστών (θερμοπολυαιμιδίου) προφίλ κατηγορίας Α. Το εν λόγω κούφωμα ανήκει στην Ανώτερη Σειρά εξωτερικών κουφωμάτων (Senior) Αλουμινίου με 54 χιλιοστά βάθος προφίλ κάσας και 62 βάθος προφίλ φύλλου. Συμπεριλαμβάνονται οι ενεργειακοί υαλοπίνακες με Διπλό Χερούλι σε δίφυλλο κούφωμα και Αέριο ARGON.

Με βάση το TOTEE_20701_1-2017, όσον αφορά στον αερισμό λόγω της ύπαρξης χαραμιάδων στα κουφώματα (διείσδυση αέρα), σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., το κτήριο αναφοράς θεωρείται ότι διαθέτει αεροστεγανά κουφώματα και ο αερισμός

μέσω χαραμάδων ορίζεται σε 5,5 m³/h και ανά m² κουφώματος, για συνθήκες κανονικής ανεμόπτωσης και επιφάνεια ελεύθερη σε ελεύθερα δομημένο σύστημα. Ο αερισμός λόγω χαραμάδων από τα μη ανοιγόμενα τμήματα των κουφωμάτων και υαλοπετασμάτων θεωρείται αμελητέος και δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς. Για τα πιστοποιημένα κουφώματα σύμφωνα με το πρότυπο EN 12207 επιλέγεται η τιμή της διείσδυσης από τον πίνακα που αντιστοιχεί στην κλάση/κατηγορία που αναγράφεται στην πιστοποίηση και δε γίνεται διαχωρισμός για πόρτες και παράθυρα.

Στην περίπτωση του 1ου Σεναρίου, το κτίριο αναβαθμίζεται ενεργειακά από την Ε κατηγορία στη Δ. Οι ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου διαμορφώνονται ως εξής

Σενάριο 1													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	9,3	4,9	2,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	7,8	27,4
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	7,8
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	17,9	9,7	5,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	5,2	15,0	55,1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	6,4
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	2,2	2,2	19,7
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	20,1	11,8	7,9	3,3	5,2	0,0	0,0	0,0	5,5	2,8	7,3	17,2	81,1
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)			Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)									
► Ηλεκτρισμός	30,4			30,1									
Πετρέλαιο	50,8			13,4									
Φυσικό αέριο	0,0			0,0									
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0			0,0									
Ηλιακή	0,0			0,0									
Βιομάζα	0,0			0,0									
Γεωθερμία	0,0			0,0									
Άλλο ΑΠΕ	0,0			0,0									
Σύνολο	81,1			43,5									

Πίνακας 5.6 Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου (kWh/m²) - σενάριο 1^ο

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο 1^ο Σενάριο, σε σχέση με το κτίριο αναφοράς δίνεται στον επόμενο πίνακα. Από την ενεργειακή αναβάθμιση προκύπτει μια μικρή εξοικονόμηση ενέργειας κατά 15%.

Τελική χρήση	Κτίριο Μελέτης (kWh/m ²)	Κτίριο Αναφοράς (kWh/m ²)	1 ^ο Σενάριο (kWh/m ²)	Διαφορά σε σχέση με αρχική κατανάλωση (%)
Θέρμανση	95,2	25,9	68,3	-28%
Ψύξη	17,8	11,6	18,6	5 %
ZNX	0,0	0,0	0,0	-
Φωτισμός	57,0	46,3	57,0	0 %
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	-
Σύνολο	169,9	83,8	143,9	-15 %
ΚΑΤΑΤΑΞΗ			Δ	

Πίνακας 5.7 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²) για το κτίριο μελέτης και το κτίριο 1^ο σεναρίου

Στο 2^ο σενάριο θα μελετηθεί η αλλαγή κουφωμάτων, η θερμομόνωση των περιμετρικών τοιχοποιιών του σχολικού συγκροτήματος με την τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, η οποία θα περιβάλλει όλα τα δομικά στοιχεία (δοκούς, υποστυλώματα, τοίχους) και η φύτευση του δώματος της ακάλυπτης περιοχής της οροφής α' ορόφου. Η εξωτερική θερμομόνωση, εκτός του ότι περιορίζει τις θερμικές απώλειες του κελύφους, παρέχει προστασία στα δομικά στοιχεία από τους εξωτερικούς παράγοντες και εξαλείφει θερμογέφυρες. Το πάχος της προστιθέμενης θερμομόνωσης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται ο ελάχιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας, ο οποίος για την κλιματική ζώνη Β είναι:

Εξωτερικοί τοίχοι: $U_W \leq 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανούς δομικού στοιχείου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U = 1/[R_i + \sum R_j + R_a] \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

Όπου R_i : αντίσταση θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα εσωτερικά

R_a : αντίσταση θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα εξωτερικά

$\sum R_j$: συνολική αντίσταση θερμοδιαφυγής

Παρακάτω σχηματικά φαίνεται η μόνωση που χρησιμοποιήθηκε για την τοιχοποιία (εικόνα 5.2) και για τα εμφανή σκυροδέματα (εικόνα 5.3), με μόνωση πάχους 10εκ. από υλικό NEOPOR, καθώς και ο υπολογισμός των νέων συντελεστών θερμοπερατότητας. Το πάχος της εξωτερικής μόνωσης θα είναι ενιαίο για τα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομές, τόσο για λόγους κατασκευαστικούς όσο και για λόγους αισθητικής.

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Φύλλο : Φ

Δομικά Στοιχεία:

Τύπος Κατασκευής:

Είδος Στοιχείου:

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα

Εμβαδό θυρίδων A_v (mm²)

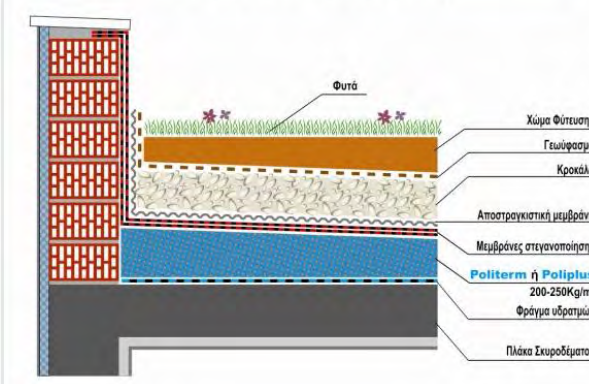
R_{a2}

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kg/m ³)	Πάχος1 (m)	Συντ. λ (W/mK)	R' (m ² K/W)
1	Ασβεστοκονία	1900	0.02	0.870	0.023
2	Οπτοπλινθοδοτ	1500	0.23	0.510	0.451
3	Ασβεστοκονία	1900	0.02	0.870	0.023
4	Rizakos NEO20		0.10	0.031	3.226
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.370		

R_i R_a Συντ. Θερμ. U =

Εικόνα 5.2 Υπολογισμός νέου συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας

Φυτεμένο δώμα - Θερμοϋδρομόνωση



ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³)	ΠΑΧΟΣ (m)	ΦΟΡΤΙΟ (kg/m ²)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Επίχρισμα εσωτερικό	1800,00	0,025	45,000	0,870	0,029
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400,00	0,150	360,000	2,030	0,074
Φράγμα υδρατμών	1200,00	0,004	4,800	0,270	0,015
Politerm Blu	250,00	0,140	35,000	0,067	2,090
Ασφαλτικές μεμβράνες	1200,00	0,010	12,000	0,270	0,037
Διάκενο αέρα	0,00	0,008	0,000	0,071	0,113
Αποστραγγιστική μεμβράνη	1000,00	0,0006	0,600	0,200	0,003
Κροκάλες	1800,00	0,040	72,000	1,400	0,029
Γεωφύσση	100,00	0,0015	0,150	0,100	0,015
Χώμα φύτευσης	1800,00	0,200	360,000	2,090	0,096
Σύνολο		0,579	889,550		2,499
R_i		0,10			
R		2,50			
R_a		0,04			
R_t		2,64			
U (W/m ² K)		0,379	≤ 0,40*		

*Απαιτήσεις συντελεστή θερμοπερατότητας για τις κλιματικές ζώνες : A' ≤0,50, B' ≤0,45, **F' ≤0,40**, Δ' ≤0,35

Εικόνα 5.3 Υπολογισμός νέου συντελεστή θερμοπερατότητας φυτεμένου δώματος

Στην εικόνα 5.3 φαίνεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του φυτεμένου δώματος, ο οποίος καλύπτει τις απαιτήσεις της κλιματικής ζώνης Β, επειδή είναι $U=0.379 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ δηλ. είναι μικρότερος από 0,45. Η φύτευση μελετήθηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3 αριστερά όπου πάνω από την πλάκα οροφής τοποθετήθηκαν με τη σειρά αναφοράς τα εξής: φράγμα υδρατμών 4χιλ, Politerm Blu 14εκ., ασφατικές μεμβράνες 1εκ., διάκενο αέρα 8 χιλ., αποστραγγιστική μεμβράνη 0,6χιλ. κροκάλες πάχους 4εκ. , γεωύφασμα 1,5χιλ., και χώμα φύτευσης 20εκ με φυτά.

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Φύλλο : Φ

Δομικό Στοιχείο: ΜΠΕΤΟ ΜΕ ΕΞ ΘΕΡΜΟ

Τύπος Κατασκευής:

Είδος Στοιχείου: Τοιχοποιία

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα Ελαφρώς αεριζόμενο προς τα έξω

Εμβαδά Θυρίδων Αν (mm²)

Rs2

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kg/m³)	Πάχος1 (m)	Συντ. η (W/mK)	R (m²K/W)
1	Ασβεστοκονία	1900	0.02	0.870	0.023
2	Δοκός κολών	2400	0.25	2.035	0.123
3	Rizakos NEO20		0.10	0.031	3.226
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.370		

Ri 0.13 Ra 0.04 Συντ. Θερμ. U = 0.282

Εικόνα 5.4 Υπολογισμός νέου συντελεστή θερμοπερατότητας εμφανούς σκυροδέματος

Στην περίπτωση του 2^{ου} Σεναρίου, το κτίριο αναβαθμίζεται ενεργειακά από την Ε κατηγορία στη Γ. Οι ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου διαμορφώνονται ως εξής:

Σενάριο 2													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	4,1	2,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,3	11,1
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	7,4
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	8,3	4,9	1,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,7	6,8	24,9
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	6,2
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	2,2	2,2	19,7
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	10,5	7,1	4,1	2,8	5,1	0,0	0,0	0,0	5,4	2,8	3,9	9,0	50,7

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
► Ηλεκτρισμός	30,1	29,8
Πετρέλαιο	20,6	5,4
Φυσικό αέριο	0,0	0,0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
Ηλιακή	0,0	0,0
Βιομάζα	0,0	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
Σύνολο	50,7	35,2

Πίνακας 5.8 Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου (kWh/m²) - σενάριο 2^ο

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο 2^ο Σενάριο, σε σχέση με το κτίριο αναφοράς δίνεται στον επόμενο πίνακα.

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς (kWh/m ²)	2 ^ο Σενάριο (kWh/m ²)	Διαφορά σε σχέση με αρχική κατανάλωση (%)
Θέρμανση	25,9	35,2	-63 %
Ψύξη	11,6	17,9	0,5 %
ZNX	0,0	0,0	-
Φωτισμός	46,3	57,0	0 %
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0	0,0	-
Σύνολο	83,8	110,0	-35 %
ΚΑΤΑΤΑΞΗ		Γ	

Πίνακας 5.9 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²) για το κτίριο μελέτης και το κτίριο 2^ο σεναρίου

Παρατηρείται μία εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κτίριο κατά 35%.

Στο 3^ο Σενάριο Ενεργειακής Αναβάθμισης του σχολικού κτιρίου προτείνεται ότι και στο δεύτερο με την προσθήκη ακόμη της θερμομόνωσης του υπόλοιπου δώματος, δηλ της οροφής του Β' ορόφου.

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Φύλλο : Φ

Δομικό Στοιχείο: ΟΡΟΦΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟ ΕΞ

Τύπος Κατασκευής:

Είδος Στοιχείου: Οροφή

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα: Ελαφρώς αεριζόμενο προς τα έξω

Εμβαδόν θυρίδων Άν (mm²): Ra2

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kg/m³)	Πάχος1 (m)	Συντ. λ (W/mK)	R (m²K/W)
1	Επίχρυσμα	1900	0.02	0.872	0.023
2	Μπετόν	2400	0.10	2.035	0.049
3	Μεμβράνη πο.		0.01	0.023	0.435
4	Rizakos NEO20		0.10	0.031	3.226
5	Κισηρόδεμα	1200	0.10	0.460	0.217
6	Υγρομόνωση	1000	0.01	0.186	0.054
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.340		

Ri: 0.10 Ra: 0.04 Συντ. Θερμ. U = 0.241

Εικόνα 5.5 Υπολογισμός νέου συντελεστή θερμοπερατότητας δώματος

Στην περίπτωση του 3^{ου} Σεναρίου, το κτίριο αναβαθμίζεται ενεργειακά πάλι από την Ε κατηγορία στη Γ. Οι ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου διαμορφώνονται ως εξής:

Σενάριο 3														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	2,0	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	5,1
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	7,2
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	4,4	2,6	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9	3,5	13,7
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	6,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	2,2	2,2	19,7
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	6,6	4,8	3,2	2,8	5,1	0,0	0,0	0,0	5,3	2,8	3,1	5,7	39,4
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)					Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)							
►	Ηλεκτρισμός	30,0					29,7							
	Πετρέλαιο	9,4					2,5							
	Φυσικό αέριο	0,0					0,0							
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0					0,0							
	Ηλιακή	0,0					0,0							
	Βιομάζα	0,0					0,0							
	Γεωθερμία	0,0					0,0							
	Άλλο ΑΠΕ	0,0					0,0							
	Σύνολο	39,4					32,2							

Πίνακας 5.10 Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου (kWh/m²) - σενάριο 3^ο

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο 3^ο Σενάριο, σε σχέση με το κτίριο αναφοράς δίνεται στον επόμενο πίνακα.

Τελική χρήση	Κτίριο Αναφοράς (kWh/m ²)	3 ^ο Σενάριο (kWh/m ²)	Διαφορά σε σχέση με αρική κατανάλωση (%)
Θέρμανση	25,9	22,8	-76 %
Ψύξη	11,6	17,5	-2 %
ZNX	0,0	0,0	-
Φωτισμός	46,3	57,0	0 %
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0	0,0	-
Σύνολο	83,8	97,3	-42 %
ΚΑΤΑΤΑΞΗ		Γ	

Πίνακας 5.11 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²) για το κτίριο μελέτης και το κτίριο 3^ο σεναρίου

Όλες οι παρεμβάσεις που αφορούσαν το κτίριο (κέλυφος) απέφεραν εξοικονόμηση κατά 42% στο σύνολο αλλά μεγάλη εξοικονόμηση στη θέρμανση κατά 76%.

5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ

Με στόχο τον προσδιορισμό της αποδοτικότερης από ενεργειακή αλλά και οικονομική άποψη πρότασης, όσων διερευνήθηκαν, θα πραγματοποιηθεί μια οικονομοτεχνική ανάλυση.

5.3.1 ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Επομένως για κάθε σενάριο το αρχικό κόστος επένδυσης θα είναι:

- Σενάριο 1^ο : 157.398,90€
- Σενάριο 2^ο : 157.398,90+87.522,24 = 244.921,10 €
- Σενάριο 3^ο : 244.921,10+17.025,60 = 261.946,70 €

1. Κουφώματα				
α/α	Είδος Εργασίας	Ποσότητα (m ²)	Τιμή μον. (€)	Κόστος (€)
1	Αλλαγή υπαρχόντων κουφωμάτων με νέα κουφώματα αλουμινίου Low-e με θερμοδιακοπή	449,711	350,00	157.398,90
	ΣΥΝΟΛΟ			157.398,90

2.Κουφώματα-Θερμομόνωση τοιχοποιών-Φυτεμένο δώμα				
α/α	Είδος Εργασίας	Ποσότητα (m ²)	Τιμή μον. (€)	Κόστος (€)
1	Αλλαγή υπαρχόντων κουφωμάτων με νέα κουφώματα αλουμινίου Low-e με θερμοδιακοπή	449,711	350,00	157.398,90
2	Φυτεμένο δώμα	547,27	48,00	26.268,96
3	Εξωτερική Θερμομόνωση τοίχων	1.113,69	55,00	61.253,28
	ΣΥΝΟΛΟ			244.921,10

3. Κουφώματα-Θερμομόνωση τοιχοποιών-Φυτεμένο δώμα-Θερμομόνωση δώματος				
α/α	Είδος Εργασίας	Ποσότητα (m ²)	Τιμή μον. (€)	Κόστος (€)
1	Αλλαγή υπαρχόντων κουφωμάτων με νέα κουφώματα αλουμινίου Low-e με θερμοδιακοπή	449,711	350,00	157.398,90
2	Θερμομόνωση Δωμάτων	354,27	48,00	17.025,60
3	Φυτεμένο δώμα	547,27	48,00	26.268,96
4	Εξωτερική Θερμομόνωση τοίχων	1.113,69	55,00	61.253,28
	ΣΥΝΟΛΟ			261.946,70

5.3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Με τη βοήθεια του λογισμικού του TEE-KENAK, υπολογίζεται για κάθε σενάριο το κόστος της εξοικονομούμενης ενέργειας και η περίοδος αποπληρωμής. Στον Πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 5.12), εμφανίζονται για το υπάρχον κτίριο και τα τρία σενάρια:

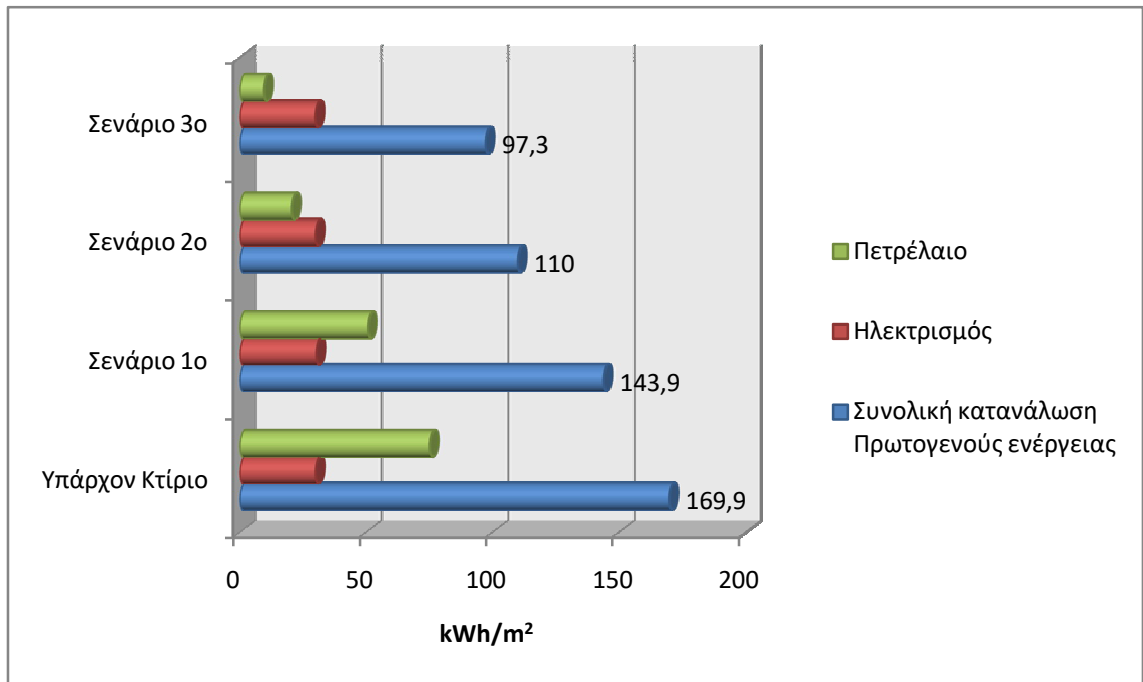
- α) η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση, δηλαδή θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ, φωτισμό και η συνεισφορά των φωτοβολταϊκών πλαισίων
 - β) η κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου
 - γ) οι εκπομπές CO₂
 - δ) η οικονομοτεχνική ανάλυση κάθε πρότασης με βάση το απαιτούμενο κόστος εφαρμογής και τα προσδοκώμενα οφέλη η οποία περιέχει:
- **Λειτουργικό κόστος (€).** Αναγράφεται το ετήσιο λειτουργικό κόστος του κτιρίου ανάλογα με τις πηγές ενέργειας που έχουν εισαχθεί.
 - **Αρχικό κόστος επένδυσης (€).** Αναγράφεται το συνολικό κόστος του συγκεκριμένου σεναρίου. Για το υπάρχον κτίριο δεν υπάρχει η συγκεκριμένη τιμή.
 - **Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²).** Αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας του συγκεκριμένου σεναρίου σε σύγκριση με το υπάρχον κτίριο.
 - **Ποσοστό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας (%).** Αναγράφεται το ποσοστό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας του συγκεκριμένου σεναρίου σε σύγκριση με το υπάρχον κτίριο.
 - **Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh).** Αναγράφεται ο λόγος του αρχικού κόστους επένδυσης προς την ετήσια εξοικονομούμενη πρωτογενή ενέργεια.
 - **Ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ (kg/m²).** Αναγράφεται η ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ του συγκεκριμένου σεναρίου σε σύγκριση με το υπάρχον κτίριο.
 - **Περίοδος αποπληρωμής (έτη).** Αναγράφεται η απλή περίοδος αποπληρωμής για το συγκεκριμένο σενάριο, υπολογιζόμενη με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση και όχι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Σενάρια	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1° Κουφώματα	Σενάριο 2° Κουφώματα- κελυφος-φυτεμένο δώμα	Σενάριο 3° Κουφώματα- κελυφος-φυτεμένο δώμα-θερμομ.δομ.
Τελική χρήση	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			
Θέρμανση	95,2	68,3	35,2	22,8
Ψύξη	17,8	18,6	17,9	17,5
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	57,0	57,0	57,0	57,0
Συνεισφορά ΑΠΕ- ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	169,9	143,9	110,0	97,3
Κατάταξη	Ε	Δ	Γ	Γ
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/m ²)			
Ηλεκτρισμός	30,1	30,4	30,1	30,0
Πετρέλαιο	75,2	50,8	20,6	9,4

	Εκπομπές CO ₂ (Kg/m ²)			
	49,6	43,5	35,2	32,2

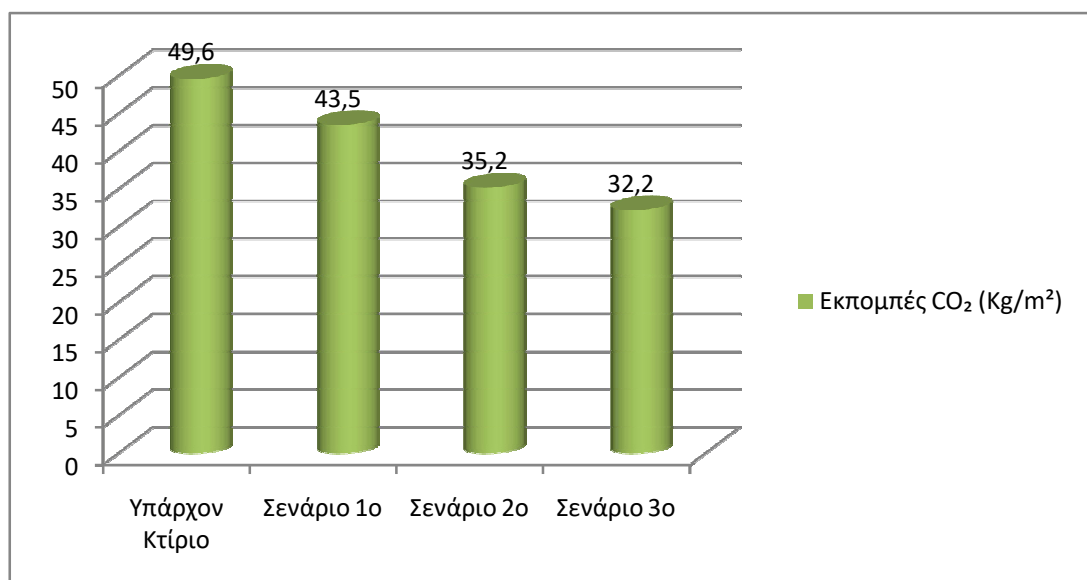
	Εξοικονόμηση και κόστη			
Λειτουργικό κόστος (€)	27.392,6	22.233,9	15.632,6	13.165,9
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)		157.398,9	244.921,1	261.946,7
Εξοικονόμηση πρωτογ. ενέργειας (kWh/m ²)		26,0	59,9	72,6
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)		15,3	35,3	42,7
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)		2,8	1,9	1,6
Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)		6,2	14,4	17,4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)		30,5	20,8	18,4

Πίνακας 5.12 Σύγκριση κόστους - αποτελέσματος



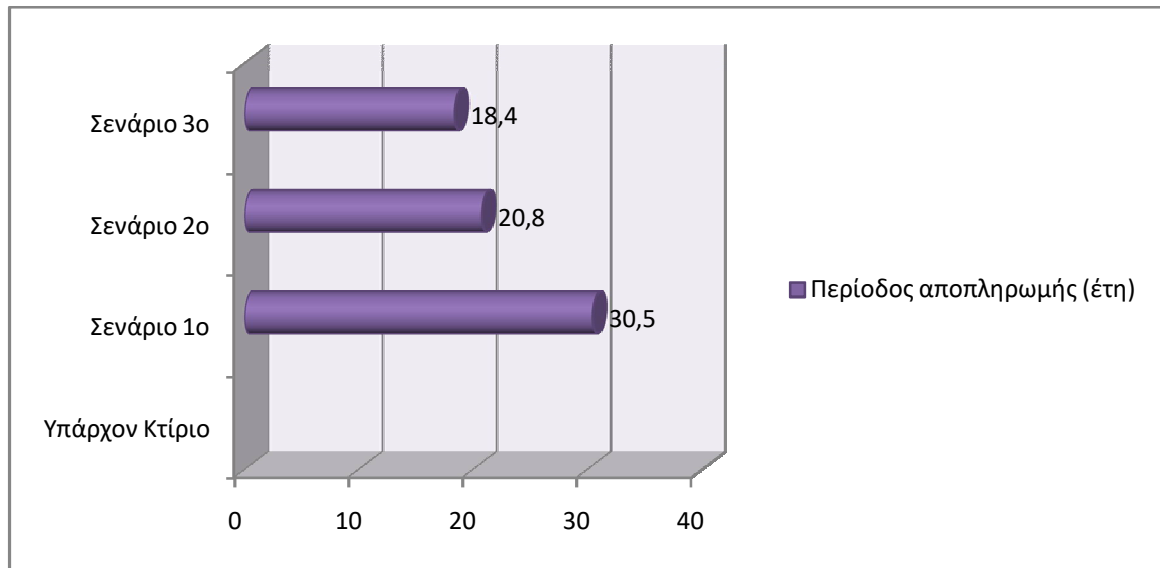
Εικόνα 5.6 Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2) και πηγή ενέργειας

Η κατανάλωση στο υπάρχον κτίριο ανέρχεται σε $169,9 kWh/m^2$. Η εφαρμογή των τριών σεναρίων όσον αφορά παρεμβάσεις κελύφους, οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας με διακύμανση από 15% ως και 42%.



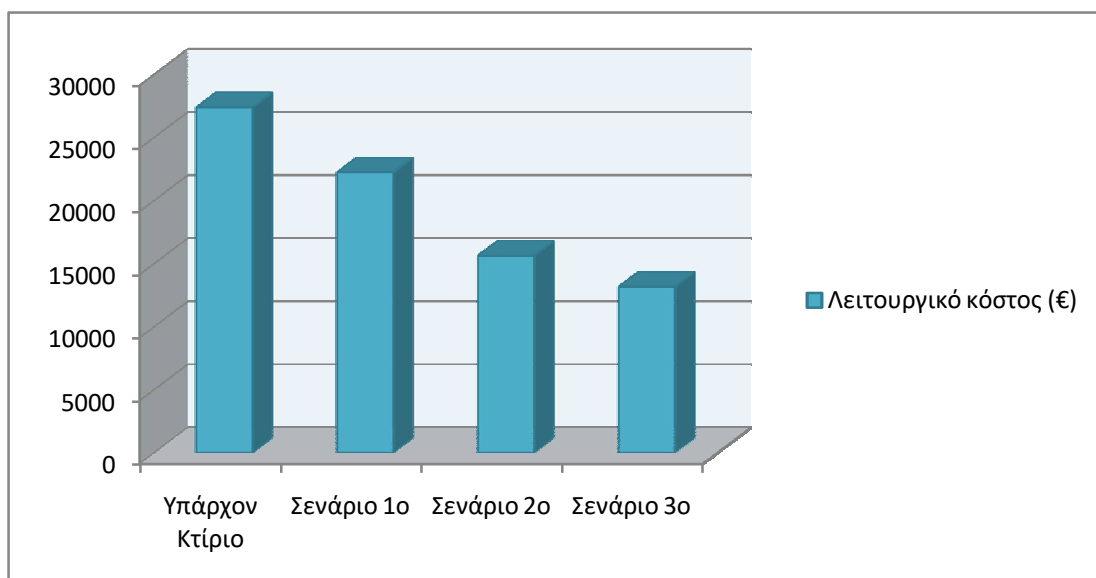
Εικόνα 5.7 Εκπομπές CO_2 (kg/m^2)

Οι εκπομπές CO_2 ακολουθούν αντίστοιχα την τάση μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.



Εικόνα 5.8 Περίοδος αποπληρωμής (έτη)

Από τα γραφήματα των εικόνων γίνεται αντιληπτό ότι όσο περισσότερες είναι οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όσο πληρέστερες τεχνικές χρησιμοποιούνται στα παλιά κτίρια, τόσο μεγαλύτερο είναι και το κόστος, όμως ο χρόνος αποπληρωμής αυτών είναι αντιστρόφως ανάλογος. Μπορεί να απαιτείται μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο αλλά από την εξοικονόμηση (ηλεκτρικού ρεύματος, πετρελαίου κλπ), τόσο ο χρόνος αποπληρωμής όσο και το λειτουργικό κόστος μειώνονται.



Εικόνα 5.9 Ετήσιο λειτουργικό κόστος (€)

ΜΕΡΟΣ Γ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια αφορούσε ένα σχολικό κτίριο, τυπικό δημοτικό σχολείο των τελών της δεκαετίας του '70. Αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα των περισσότερων σχολικών κτιρίων τόσο της πόλης της Λαμίας όσο και των άλλων πόλεων. Εξετάστηκαν μια σειρά από παρεμβάσεις με στόχο την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αυτού, με αλλαγές μόνο του κελύφους όπως αλλαγή σε κουφώματα, τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στις τοιχοποιίες, τοποθέτηση θερμομόνωσης στο δώμα και εγκατάσταση φύτευσης σε άλλο τμήμα του δώματος. Όλα τα παραπάνω μελετήθηκαν βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη διερεύνηση των σεναρίων, μπορούν να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για εφαρμογή σε παρόμοια κτίρια της ίδιας κλιματικής ζώνης λόγω της τυποποίησης των σχολικών κτιρίων.

Στο σενάριο 1, αντικαθίστανται τα παλαιάς τεχνολογίας κουφώματα με νέα, με διπλούς θερμομονωτικούς υαλοπίνακες. Οι διπλοί θερμομονωτικοί υαλοπίνακες εκτός από εξοικονόμηση ενέργειας (λιγότερες απώλειες θέρμανσης-ψύξης) παρέχουν επίσης ηχοπροστασία οπότε βελτιώνονται οι συνθήκες ακουστικής άνεσης. Το κόστος είναι σημαντικά μεγάλο όπως και η περίοδος αποπληρωμής και για την επιλογή της επέμβασης αυτής πρέπει να συνεκτιμούνται διάφοροι παράγοντες όπως: η αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου και η θετική επίδρασή της στους χρήστες του κτιρίου, η δημιουργία συνθηκών ακουστικής άνεσης μέσα στον πολύβουο αστικό ιστό. Η δημιουργία ευχάριστου και υγιεινού περιβάλλοντος στα σχολεία βελτιώνει τις μαθησιακές ικανότητες.

Στο σενάριο 2, όπου προστίθεται και η θερμομόνωση των τοιχοποιιών, η κατάσταση καλυτερεύει αισθητά σε σχέση μόνο με την τοποθέτηση των κουφωμάτων. Η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης περιορίζει τις θερμικές ανταλλαγές του κτιρίου με το περιβάλλον και επιπλέον προστατεύει τα δομικά στοιχεία από τη φθορά. Η εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει στο 35%.

Στο σενάριο 3, όπου στο ακάλυπτο δώμα εγκαθίσταται και το φυτεμένο δώμα, η εξοικονόμηση φτάνει στο 42%, δηλαδή κάπως καλύτερα.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα σενάρια που μελετήθηκαν καταδεικνύουν εμφανώς το πόσο χρήσιμες και αποτελεσματικές είναι οι λύσεις για την λειτουργικότητα – ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων. Επίσης, όμως γίνεται αντιληπτό ότι όσες παρεμβάσεις και αν γίνουν στο κέλυφος τέτοιων σχολικών κτιρίων (με πολλά ανοίγματα, χτισμένα με παλιάς τεχνολογίας δομικά υλικά, πολλούς διαδρόμους κλπ), δεν επαρκούν ώστε να αναβαθμίσουν το κτίριο ενεργειακά στην κατηγορία Β ή ακόμη και Α (όπως δηλαδή απαιτείται από KENAK).

Είναι πολύ δαπανηρές λύσεις, με μεγάλη περίοδο αποπληρωμής και απαιτούν πολύ μεγάλες χρηματοδοτήσεις από τους Δήμους. Για να είναι ικανοποιητικές οι αλλαγές μόνο στα κελύφη τα κόστη θα είναι υπέρογκα, ή οι λύσεις θα είναι μη πρακτικές και υλοποιήσιμες (τα πάχη της θερμομόνωσης θα πρέπει να ξεπερνούν τα 15-20 εκ ή τα κουφώματα να έχουν τριπλούς υαλοπίνακες..). Χρειάζεται συνδυασμός πολλών παρεμβάσεων ώστε τα κτίρια αυτής της κατηγορίας να βελτιώνονται ενεργειακά. Οι εσωτερικές αλλαγές που δύναται να εφαρμοστούν, αφορούν:

- Καυστήρες ή λέβητες νέας τεχνολογίας
- Ανάκτηση θερμότητας και έλεγχος αερισμού
- Αξιοποίηση ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά κλπ)
- Αυτοματισμοί και έλεγχοι
- Αλλαγή λαμπτήρων με νέους εξοικονόμησης ενέργειας και σωστή διαχείριση φωτισμού (ρύθμιση με φωτοκύτταρα, αυτοματισμοί κλπ..).

Αξίζει να σημειωθεί ότι αν στο υπάρχον κτίριο αντικατασταθούν όλοι οι λαμπτήρες με νέας τεχνολογίας LED, η μείωση της υφιστάμενης κατανάλωσης για το φωτισμό θα αγγίζει το 50%. Αποτελεί, δε μία πολύ οικονομική λύση σε σχέση με τις άλλες, χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε εξειδικευμένες μελέτες ή εμπειρία από κατάλληλα συνεργεία, και επιφέρει αξιοθαύμαστο αποτέλεσμα.

Δεδομένης της οικονομικής κατάστασης της χώρας μας η κατασκευή νέων σχολικών κτιρίων στο προσεχές μέλλον αναμένεται να είναι πολύ περιορισμένη. Οι επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου σε συνδυασμό με την αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μπορούν να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας στο επίπεδο του κτιρίου αναφοράς και τα λειτουργικά έξοδα στο ήμισυ περίπου. Η ανακαίνιση των όψεων που επιφέρει η επέμβαση αυτή βοηθά στη

διατήρηση των υφισταμένων κτιρίων σε καλή κατάσταση ώστε να συνεχίσουν να λειτουργούν σε βάθος χρόνου παρέχοντας ικανοποιητικές συνθήκες λειτουργίας και άνεσης.

Τα σχολικά κτίρια που ανήκουν στην ευθύνη των Δήμων και αποτελούν ένα μόνο μέρος του κτιριακού αποθέματος, είναι ιδιαίτερης σημασίας γιατί στεγάζουν μεγάλο αριθμό ανθρώπων (εργαζομένων, μαθητών) είναι κτίρια με μεγάλη προβολή και αναγνωρισιμότητα, οπότε μπορούν να αποτελέσουν παραδείγματα καλών πρακτικών και εκμάθησης των παιδιών για την ζωή τους.

Η λειτουργία τους επιβαρύνει τους περιορισμένους δημοτικούς πόρους κατά συνέπεια υπάρχει πια η τεχνογνωσία για τον επανσχεδιασμό των κτιρίων δημόσιας χρήσης, υπάρχουν τεχνολογικές λύσεις αποδοτικής και αποτελεσματικής αναβάθμισης της ενεργειακής τους απόδοσης και των συνθηκών εσωτερικού περιβάλλοντος.

6.2 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κτιριακό απόθεμα διαθέτει ένα πολύ σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Η εξάντληση των φυσικών πόρων και η ανάγκη μείωσης των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου δίνουν το έναυσμα για την αναζήτηση τρόπων μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και μετατροπή των υφισταμένων κτιρίων, σε κτίρια φιλικά προς το περιβάλλον. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός όταν εφαρμόζεται από τα πρώτα στάδια της αρχιτεκτονικής σύνθεσης μπορεί να συμβάλει σε μέγιστο βαθμό στο στόχο αυτό.

Τα σχολικά κτίρια είναι ένας τομέας που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σχέση με άλλα δημόσια κτίρια, λόγω της μορφολογικής και κατασκευαστικής τους τυποποίησης, του ωραρίου και της περιόδου λειτουργίας τους που επίσης είναι κοινά. Τα κλιματικά δεδομένα κάθε περιοχής και ο τρόπος λειτουργίας των σχολικών μονάδων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις απαιτούμενες δράσεις.

Η ενεργειακή αναβάθμισή τους είναι εφικτή μέσα από ευρεία σειρά παρεμβάσεων, από τις πιο απλές και οικονομικές μέχρι τις πιο σύνθετες και δαπανηρές. Βασικά κριτήρια για την επιλογή των βέλτιστων ανά περίπτωση λύσεων είναι:

- α) το αρχικό κόστος επένδυσης
- β) η τελική κατανάλωση του κτιρίου
- γ) το λειτουργικό κόστος

δ) η μείωση των εκπομπών CO₂

ε) η περίοδος αποπληρωμής

Σε περιοχές της Γ' και Δ' κλιματικής ζώνης καταρχήν ζητούμενο είναι η μείωση των θερμικών απωλειών και η αποδοτική λειτουργία των εγκαταστάσεων θέρμανσης. Τέτοιες παρεμβάσεις είναι η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους, η αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα αεροστεγανά, με θερμομονωτικούς υαλοπίνακες, οι λέβητες βελτιωμένης απόδοσης και αυτοματισμοί ελέγχου θέρμανσης.

Αντίστοιχα στα σχολεία της Α' και Β' κλιματικής ζώνης οι επεμβάσεις πρέπει να στοχεύουν στη μείωση των ψυκτικών φορτίων. Τέτοιες παρεμβάσεις είναι τα συστήματα εξωτερικής σκίασης, η δημιουργία προϋποθέσεων για διαμπερή αερισμό, τα φυτεμένα δώματα.

Ανεξάρτητα από την κλιματική ζώνη, η αντικατάσταση λαμπτήρων με νέους οικονομικής λειτουργίας και η σύνδεσή τους με συστήματα ελέγχου παρουσίας και φυσικού φωτισμού, συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε σχολεία όπως τα ολοήμερα, που αφενός λειτουργούν μέχρι το απόγευμα, αφετέρου καταλαμβάνουν συνήθως τμήμα του σχολικού κτιρίου, η εξοικονόμηση μπορεί να είναι μεγαλύτερη.

Από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εξετάστηκαν, τα φωτοβολταϊκά παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων. Μπορούν να τοποθετηθούν σχεδόν οπουδήποτε χωρίς να δημιουργούν όχληση, δεν απαιτούν επιπλέον χώρο για την τοποθέτησή τους και οι ανάγκες συντήρησης είναι σχεδόν μηδαμινές. Η παλαιότητα των κτιρίων αποτελεί ουσιώδη παράμετρο, τόσο ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής κάποιων επεμβάσεων, όσο και στην εκτίμηση του χρόνου χρήσης, που σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ξεπερνά το χρόνο αποπληρωμής.

Εφόσον το αρχικό κόστος των παρεμβάσεων δεν αποτελεί καθοριστικό παράγοντα, στην επιλογή της βέλτιστης χρήσης θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη το λειτουργικό κόστος το οποίο προφανώς σχετίζεται άμεσα με το κόστος ενέργειας και την κατανάλωση του κτιρίου. Σε συνθήκες έντονης οικονομικής ρευστότητας και ανασφάλειας όπως έχουν διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, το κόστος λειτουργίας αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα. Για παράδειγμα η αξιοποίηση των ευρωπαϊκών κονδυλίων για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος μπορεί να άρει τους χρηματοδοτικούς περιορισμούς της πολιτείας και να προσφέρει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ άρτιων λύσεων, αποδοτικών σε βάθος χρόνου.

Ένας τελευταίος παράγοντας που δεν πρέπει να παραβλέπεται είναι η απλότητα των εγκαταστάσεων και των συστημάτων που θα κληθούν να χειριστούν οι χρήστες του κτιρίου. Τα δημόσια κτίρια στην Ελλάδα υποφέρουν από κακοτεχνίες, ελλιπή ή και ανύπαρκτη συντήρηση που συχνά στην πράξη ακυρώνουν την λειτουργία και την αποδοτικότητα των εφαρμοζόμενων μέσων. Έτσι είναι προτιμότερη κάποιες φορές η επιλογή απλούστερων λύσεων, μικρότερης αλλά εξασφαλισμένης απόδοσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Αγγελίδης, Ζ. (1997), *Ανάπτυξη Προγράμματος Π.Ε. –Περιβάλλον και Εκπαίδευση*, Α.Π.Θ. Αυτοέκδοση.
2. Αγερίδης, Γ. (2013), Εξοικονόμηση Ενέργειας-Συμβολή στην Ανάπτυξη, *Energy Efficiency Conference 2013*, ΑΘΗΝΑ.
3. Ανδρεαδάκη, Ε.,(2006), «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη
4. Αξαρλή, Κ. κ.ά., (2001), Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Περιβάλλοντος Χώρου, Τόμος Α, *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων*, Πάτρα: Ε.Α.Π.
5. Βαλλιανάτου, Ε. (2013), *Προτεινόμενα φυτά για το σχολικό περιβάλλον*. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αυτοέκδοση.
6. Γαγλία, Α., (2009), *Απόδοση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε πραγματικές συνθήκες -Δυνατότητα εφαρμογής στα ελληνικά κτίρια*. Λαμία, ΤΕΕ / Τμήμα Ανατολικής Στ. Ελλάδας.
7. Γαγλία Α., (2010), Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας - Υπολογιστικές μέθοδοι ενεργειακών επιθεωρήσεων στα κτίρια. Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΟΕΕ), Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ), Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) [Online] Διαθέσιμο στη: www.iene.gr/energyweek08/articlefiles/page06/Gaglia.pdf (Ανακτήθηκε 21.12.2017)
8. Γαϊτάνη Ν., (2012), Βιοκλιματικές δράσεις σε σχολικά κτίρια. Αθήνα: Ε.Ι.Π.Α.Κ. [Online] Διαθέσιμο στη : http://buildinggreenexpo.gr/wordpress/wp-content/uploads/2012/10/Gaitani_-Nearly_Zero_Energy_Buildings.pdf (Ανακτήθηκε 28.01.2017)
9. Γερμανός, Δ. (2002), *Οι τοίχοι της γνώσης: Σχολικός χώρος και εκπαίδευση*, Αθήνα, Gutenberg.
10. Γερμανός, Δ. (2004), *Χώρος και Διαδικασίες Αγωγής. Η Παιδαγωγική ποιότητα του χώρου*, Αθήνα, Gutenberg.
11. Ηλιάδης Γ., (2008), *Οι Ενεργειακοί Υαλοπίνακες ως μέσο εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κτίρια*. Αθήνα: Τ.Ε.Ε.

12. ΚΑΠΕ, (1995) Οδηγίες για Θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία. Ερευνητική Εργασία στα πλαίσια του προγράμματος SAVE. Αθήνα
13. ΚΑΠΕ, (2002), Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις. Πικέρμι: ΚΑΠΕ.
14. ΚΑΠΕ, (2007), Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Πικέρμι, Έργο Ground-Reach,, Intelligent Europe.
15. ΚΑΠΕ, (2009) Ετήσια έκθεση. Πικέρμι: ΚΑΠΕ.
16. Καραβασίλη Μ., (2010), Ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ
17. Κωσταρέλα, Π., Δημούδη, Α. (2004). Ενεργειακή συμπεριφορά των σχολικών κτιρίων με έμφαση στη Γ' Κλιματική Ζώνη. Ε.Α.Π. Αυτοέκδοση.
18. Κωσταρέλα Π., Δημούδη Α., (2005), Ενεργειακή συμπεριφορά σχολείων με έμφαση στη Γ' κλιματική ζώνη. [Online] Διαθέσιμο στη: <http://www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/068.doc>. (Ανακτήθηκε 20.03.2017)
19. Μάντζιου Λ., (2009), Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα. Αθήνα: Έργον IV.
20. Μενδρινός Δ., Καρύτσας Κ., (2009), Γενικές αρχές γεωθερμίας, Εφαρμογή σε οικιακές εγκαταστάσεις, Πλεονεκτήματα. Πικέρμι: ΚΑΠΕ.
21. Οξυζίδης Σ., (2009), Τεχνικές Βελτίωσης Ενεργειακής Συμπεριφοράς Υφιστάμενων Κτιρίων. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας / Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας
Θ' Κύκλος Σεμιναρίων Μικρής Διάρκειας, [On line] Διαθέσιμο στη: http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1442/kma_m1442_oxyz1.pdf
22. ΟΣΚ, (1982), Κτηριολογικά προγράμματα Γενικής Εκπαίδευσης. Διεύθυνση ΣΕΕ, Τμήμα Έρευνας,
23. ΟΣΚ, (2008), Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων. Αθήνα
24. ΟΣΚ, (2010), Επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενων σχολικών κτιρίων και ένταξη στο πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» [Online] Διαθέσιμο στη: http://www.osk.gr/UserFiles/File/HD_EPERRA_27july2010.pdf (Ανακτήθηκε 21.11.2017)
25. Σανταμούρης Μ.,(2011), Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα- Μύθοι και πραγματικότητες. 16ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας "ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ" ΚΑΠΕ, [Online] Διαθέσιμο στη: www.iene.gr/energy-development2011/articlefiles/6session_partA/sadamouris.pdf (Ανακτήθηκε 31.01.2018)

26. Σταμάτης Π., (2006), *Κτιριακές υποδομές: Αναζητώντας σύγχρονα μοντέλα σχεδιασμού εκπαιδευτικών μονάδων*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Ανθρωπιστικών Σπουδών 2006
27. α.Τζανακάκη Ε., (2011), Ενέργεια και Κτήριο, Τεχνική Ημερίδα για Ενεργειακούς Επιθεωρητές: Εξοικονόμηση ενέργειας και ΑΠΕ στα κτήρια, ΚΑΠΕ. [Online] Διαθέσιμο στη: (<http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Tzanakaki-A-02.pdf>) (Ανακτήθηκε 15.02.2018)
28. β.Τζανακάκη Ε., (2011), Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων. Τεχνική Ημερίδα για Ενεργειακούς Επιθεωρητές: Εξοικονόμηση ενέργειας και ΑΠΕ στα κτήρια, ΚΑΠΕ. [Online] Διαθέσιμο στη: (<http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Tzanakaki-B-01.pdf>) (Ανακτήθηκε 15.02.2017)
29. γ.Τζανακάκη Ε., (2011), Παθητικά συστήματα δροσισμού. Τεχνική Ημερίδα για Ενεργειακούς Επιθεωρητές: Εξοικονόμηση ενέργειας και ΑΠΕ στα κτήρια, ΚΑΠΕ. [Online] Διαθέσιμο στη: (<http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Tzanakaki-B-03.pdf>) (Ανακτήθηκε 15.02.2017)
30. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. *Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*. Α' έκδοση, Αθήνα 2017
31. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017. *Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίων*. Αθήνα 2017
32. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010. *Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών*. Γ' Έκδοση, Αθήνα 2014
33. Τσουκαλά Κ., (2013), *Τάσεις στη σχολική αρχιτεκτονική. Από την παιδοκεντρική λειτουργικότητα στη μεταμοντέρνα προσέγγιση*. Αθήνα, Επίκεντρο
34. ΥΠΑΝ, (2007), *1η Έκθεση για το Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020*. Μέρος Ι, Αθήνα
35. ΥΠΑΝ, (2009), *Το ελληνικό Ενεργειακό σύστημα*. Αθήνα
36. ΥΠΕΚΑ, (2011), *2ο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης*. Αθήνα
37. ΥΠΕΚΑ, (2012), *Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός-Οδικός χάρτης για το 2050*, Αθήνα 2012

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Brown, R., & Gillespie, T., «Microclimatic Landscape Design». John Wiley and

- Sons, 1995.
2. BP,(2012), *Statistical Review of World Energy*. [Online] Available at: www.bp.com/statisticalreview (Ανακτήθηκε 08.01.2018)
 3. Eurostat, (2012) *Energy, transport and environmental indicators*. European Commission. [Online] Available at: www.ec.europa.eu/eurostat (Ανακτήθηκε 29.01.2018)
 4. IEA, (2010), *World Energy Outlook 2010*. [Online] Available at: www.iea.org (Ανακτήθηκε 08.01.2018)
 5. Vagi F., Dimoudi A. (2011), *Analysing the energy performance of secondary schools in N. Greece*. World Renewable Energy Congress Sweden. [Online] Available at: http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol8/013/ecp57vol8_013.pdf (Ανακτήθηκε 17.04.2018)
 6. IEA Bioenergy, (2009), *Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source Main Report*. [Online] Available at: <http://www.globalbioenergy.org/> (Ανακτήθηκε 23.02.2018)
 7. USGBC, (2007), *Leed for schools*
 8. Santamouris M., Mihalakakou G., a.o. (2006) *Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings*. [Online] Available at: http://www.zuse.ucc.ie/itobo/_publicMaterial/wp1/task1-2/sdarticle9.pdf (Ανακτήθηκε 26.04.2017)

ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Δήμος Λαμιέων
- Δ/νση Υποδομών και Τεχνικών Έργων Δ. Λαμιέων

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. <http://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%208o%20Synedrio%20A%20Tomos.pdf> (πρόσβαση 25/2/2018)
2. <http://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%2010o%20Synedrio%20A%20Tomos.pdf> <http://solarinstitute.gr/praktika-synedrion/>
3. <http://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%2010o%20Synedrio%20Book%20of%20Abstracts%20%28gr%29.pdf>

4. <http://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%2010o%20Synedrio%20F%20Tomos.pdf>
5. <http://www.ktirio.gr/κτιρια/κτιρια-δημοσια-εκπαιδευσησ-υγειασ/αρσάκεια-σχολεία-πατρών>
6. http://www.geoergo.gr/geothermia_egkatastasi.html
7. <http://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%2010o%20Synedrio%20E%20Tomos.pdf>
8. <http://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/pdf/IHT%2010o%20Synedrio%20F%20Tomos.pdf> (προσβαση 25/2/2018)
9. https://tools.breeam.com/filelibrary/BREEAM%20UK%20NC%202014%20Resources/SD5076_DRAFT_BREEAM_UK_New_Construction_2014_Technical_Manual_ISSUE_0.1.pdf
10. https://tools.breeam.com/filelibrary/Case%20studies/Case_Study_Rogiet__Primary_School.pdf
11. <https://www.breeam.com/case-studies/education/>
12. <https://www.bre.co.uk/news/BREEAM-for-Schools-200.html>
13. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Xm5Lg9NOeKg%3D&tabid=367&>
14. http://www.geoergo.gr/geothermia_egkatastasi.html