

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα: Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Επεμβάσεις εξοικονόμησης - ορθής διαχείρισης ενέργειας σε σχολικά κτήρια



Ξενοφώντας Κωνσταντόπουλος

A.M. 2005010084

Επιβλέπων καθηγητής: Παπαευθυμίου Σπύρος

Περιεχόμενα

1. ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ	7
1.1 Ελλάδα	7
1.2. Ευρώπη	11
2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ.....	15
2.1. Θερμική άνεση.....	16
2.2. Οπτική άνεση	18
2.3. Αερισμός/δροσισμός	20
3. ΙΔΑΝΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	26
3.1. Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	30
3.2. Βιοκλιματική λειτουργία κτιρίου.....	31
3.3. Φυσικές πηγές ενέργειας και απωλειών	31
3.4. Εφαρμογές μέτρων/αρχές.....	32
3.4.1. Θερμική άνεση(ψύξη/θέρμανση).....	32
3.4.2. Παθητικά-ηλιακά συστήματα.....	36
3.4.3. Χωροθέρτηση-προσανατολισμός	36
3.4.4. Ηλιοπροστασία του κτιρίου	36
3.5. Συστήματα έμμεσου κέρδους.....	37
3.5.1. Ηλιακοί τοίχοι	37
3.5.2. Θερμοσιφωνικό πανέλο	38
3.5.3. Ηλιακά αίθρια.....	39
3.5.4. Ηλιακοί χώροι(θερμοκήπια)	39
3.5.5. Πράσινη οροφή	40
3.6. Οπτική άνεση	40
3.6.1. Φυσικός φωτισμός	40
3.6.2. Χρώματα.....	41
3.6.3. Ανοίγματα.....	41
3.7. Τεχνητός-υβριδικός φωτισμός	42
3.7.1. Σκίαση	42
3.8. Αερισμός/δροσισμός	44
3.8.1. Φυσικός αερισμός	44
3.8.2. Κατακόρυφος αερισμός	45

3.8.3.	Ηλιακή καμινάδα	45
3.8.4.	Καμινάδα αερισμού (Πύργος Ψύξης).....	47
3.8.5.	Υβριδικός αερισμός.....	48
3.9.	Τεχνητός αερισμός	48
3.10.	Ενεργειακά συστήματα- Α.Π.Ε.....	49
3.11.	Αυτόματο σύστημα ελέγχου ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (έξυπνα κτήρια)	49
3.12.	Φωτοβολταϊκά στοιχεία	50
3.13.	Γεωθερμία.....	51
3.14.	Συλλογή και διαχείριση ομβρίων υδάτων	51
3.15.	Βαλβίδες ρυθμιζόμενου χρόνου ροής νερού.....	52
3.16.	Οικολογικά υλικά.....	52
4.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ-ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	56
4.1.	ΔΑΝΙΑ.....	56
4.1.1.	Σχολείο Egebjerg, Ballerup.....	56
4.1.2.	Σχολείο στο Enghojsskolen	58
4.1.3.	Σχολείο Vridsloeselille, Albert	60
4.2.	ΦΙΛΑΝΔΙΑ	62
4.2.1.	Δημοτικό σχολείο στο Oulujoki Oulu	62
4.2.2.	Κέντρο ημερήσιας φροντίδας στο Vihaistenkari, Raahe.....	64
4.3.	ΓΑΛΛΙΑ.....	66
4.3.1.	Γυμνάσιο στο Louise Labe, Λυών	66
4.3.2.	Επαγγελματικό σχολείο στο Gambetta, Bourgoin Jallieu	68
4.4.	ΓΕΡΜΑΝΙΑ.....	70
4.4.1.	Σχολείο στην Στουγγάρδη, Γερμανία.....	70
4.4.2.	Σχολείο Bertolt-Brecht, Δρέσδη	72
4.4.3.	Το σχολείο Paul-Robenson, Leipiz.....	74
4.4.4.	Πανεπιστήμιο στη Στουγγάρδη.....	76
4.4.5.	Πανεπιστήμιο στο Ulm	78
4.4.6.	Πανεπιστήμιο στη Βρέμη.....	80
4.4.7.	Το σχολείο Kathe-Kollwitz στο Aachen	82
4.4.8.	Εργαστήρια στο Juelich	84
4.5.	ΙΤΑΛΙΑ.....	86
4.5.1.	Βιομηχανικό κτήριο ως πανεπιστημιακό στη Ρώμη	86

4.6.	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ.....	88
4.6.1.	Γυμνάσιο στην κοινότητα William Parker.....	88
4.6.2.	Νηπιαγωγείο στο Hadley, Telford.....	90
4.6.3.	Γραφεία στο Πανεπιστήμιο Thames Valley.....	91
4.6.4.	Σχολείο George Tomlinson, Bolton.....	93
4.6.5.	Νηπιαγωγείο Ketley, Telford.....	94
4.6.6.	Σχολείο Slough.....	95
4.6.7.	Σχολείο στο Telford.....	96
4.7.	ΝΟΡΒΗΓΙΑ.....	98
4.7.1.	Σχολείο Kampen, Νορβηγία.....	98
4.7.2.	Γυμνάσιο Borgen.....	100
4.8.	ΠΟΛΩΝΙΑ.....	102
4.8.1.	Γυμνάσιο Swarzedz.....	102
4.8.2.	Τεχνολογικό πανεπιστήμιο στο Poznan (κτήριο μηχανικών).....	104
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ-ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	112
5.1.	Ενεργειακή Αναβάθμιση των κτιρίων του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.....	112
5.2.	Ανακαίνιση στο κτήριο της φιλοσοφικής σχολής Ιωαννίνων.....	113
5.3.	Κτήριο Τοπογράφων Μηχανικών και αγρονόμων, Αθήνα.....	114
5.4.	Σχολικό συγκρότημα Αγίου Δημητρίου.....	116
5.5.	8 Δημοτικό σχολείο Συκεών Θεσσαλονίκης.....	117
5.6.	8 νηπιαγωγείο Κορυδαλλού.....	118
5.7.	Ράλλειος σχολή Πειραιά(γυμνάσιο- λύκειο).....	119
5.8.	Μουσικό σχολείο Τρίπολης.....	120
6.	ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.....	126
7.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ.....	131
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	132
9.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	133
9.1.	Ερωτηματολόγιο για καθηγητές.....	133
9.2.	Ερωτηματολόγιο για μαθητές.....	140
9.3.	Τεχνικό ερωτηματολόγιο.....	146

Περίληψη

Στη διπλωματική θα γίνει μια προσπάθεια προσέγγισης στις παρεμβάσεις που απαιτούνται στα κτήρια έτσι ώστε να έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας με σκοπό να είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον αλλά και στους χρήστες γενικότερα. Αυτό θα γίνει διότι πλέον έχει γίνει αντιληπτό ότι υπάρχει η ανάγκη για στροφή σε πιο ήπια δόμηση σε συνάρτηση με το περιβάλλον. Θα κατηγοριοποιηθούν όσο γίνεται καλύτερα και θα γίνει προσπάθεια σύνδεσής τους με την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και τις επαρκείς εσωτερικές συνθήκες, σε συνάρτηση πάντα με το κόστος και τις μεθόδους που υπάρχουν. Θα περιγράψουμε τον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα που αναλογεί στα σχολικά κτήρια. Επίσης θα γίνει αναφορά στα «πράσινα σχολεία» με την ανάλυση τόσο των κοινών αρχών σχεδιασμού τους, όσο και των κοινών τους χαρακτηριστικών, αφού αναδεικνύουν τη σημασία της εναρμόνισης του φυσικού περιβάλλοντος με τη δόμηση των κτηρίων. Θα δώσουμε βάση στις μετατροπές και στις επεμβάσεις που έχουν γίνει σε Ελλάδα και Ευρώπη σε υφιστάμενα κτήρια και τα συμπεράσματα ύστερα από τις μετατροπές και ποια ήταν τα οφέλη αυτών. Τέλος θα γίνει η παρουσίαση ερωτηματολογίων με σκοπό τη συλλογή δεδομένων από τους χρήστες των σχολείων .

Αυτό είναι μια πρακτική η οποία είναι ευρέως διαδεδομένη και χρησιμοποιείται σε πολλές έρευνες σε σχολικές μονάδες όπου υπάρχει έλλειψη στοιχείων κυρίως ενεργειακών δεδομένων και καταναλώσεων. Επίσης με τη βοήθεια των ερωτηματολογίων αυτών θα γίνει η προσπάθεια εκπόνησης ενός απλού και σύντομου οικονομικού πλάνου, που έχει να κάνει με απλές λύσεις. Αυτό αφορά το γυμνάσιο Κουνουπιδιανών με στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας, καθώς επίσης και την βελτίωση των συνθηκών των χρηστών. Τέλος θα γίνει η παρουσίαση των συμπερασμάτων που σχετίζονται τόσο με τις πιθανές λύσεις και το κόστος τους, όσο και με την αλλαγή της νοοτροπίας μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ

1.1 Ελλάδα

Παρατηρώντας τα νεότερα στοιχεία από τον (Ο.Σ.Κ.) αλλά και από παλαιότερες πηγές καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα σχολικά κτήρια στην Ελλάδα έχουν τεράστιες διαφορές μεταξύ τους και πολλά από αυτά είναι ακατάλληλα για στέγαση μαθητών και διδασκόντων. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι υπάρχουν σχολικά κτήρια τα οποία είναι μετατροπές από παλιά βιομηχανικά ή ακόμα και κτήρια τα οποία είχαν προδιαγραφές για φυλακές (1^ο Τ.Ε.Λ. Ηρακλείου Κρήτης) το οποίο μεταστεγάστηκε αργότερα το 2002-2003. Αυτό έχει σαν συνέπεια την υπέρογκη συνολική ενεργειακή κατανάλωση με αποτέλεσμα το τεράστιο κόστος συντήρησης το οποίο σε πολλές περιπτώσεις είναι δυσβάστακτο. Επιπλέον οι συνθήκες θερμικής, οπτικής άνεσης καθώς και ο αερισμός είναι ελλείψεις με αποτέλεσμα το κακής ποιότητας εσωτερικό περιβάλλον με ότι αυτό συνεπάγεται για τους χρήστες του κτιρίου. Φυσικά δε θα πρέπει να λησμονούμε τις σχεδόν ανύπαρχτες προδιαγραφές ασφάλειας. Παρακάτω ακολουθούν κάποια στοιχεία και ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

Στοιχεία για την παλαιότητα των κτηρίων

Η πλειοψηφία των σχολικών μονάδων είναι κατασκευασμένες πριν το 1964. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι :

- 1) το 41% είναι πάνω από 30 χρονών.
- 2) το 58,6% των δημοτικών είναι κτισμένα πριν το 1975.
- 3) περίπου το 42% είναι κατασκευασμένα μετά το 1985.
- 4) η πλειοψηφία των νηπιαγωγείων κατασκευάστηκε τα τελευταία 20 χρόνια.
- 5) Τα σχολεία καταλαμβάνουν το 0,41% των «non-residential buildings»

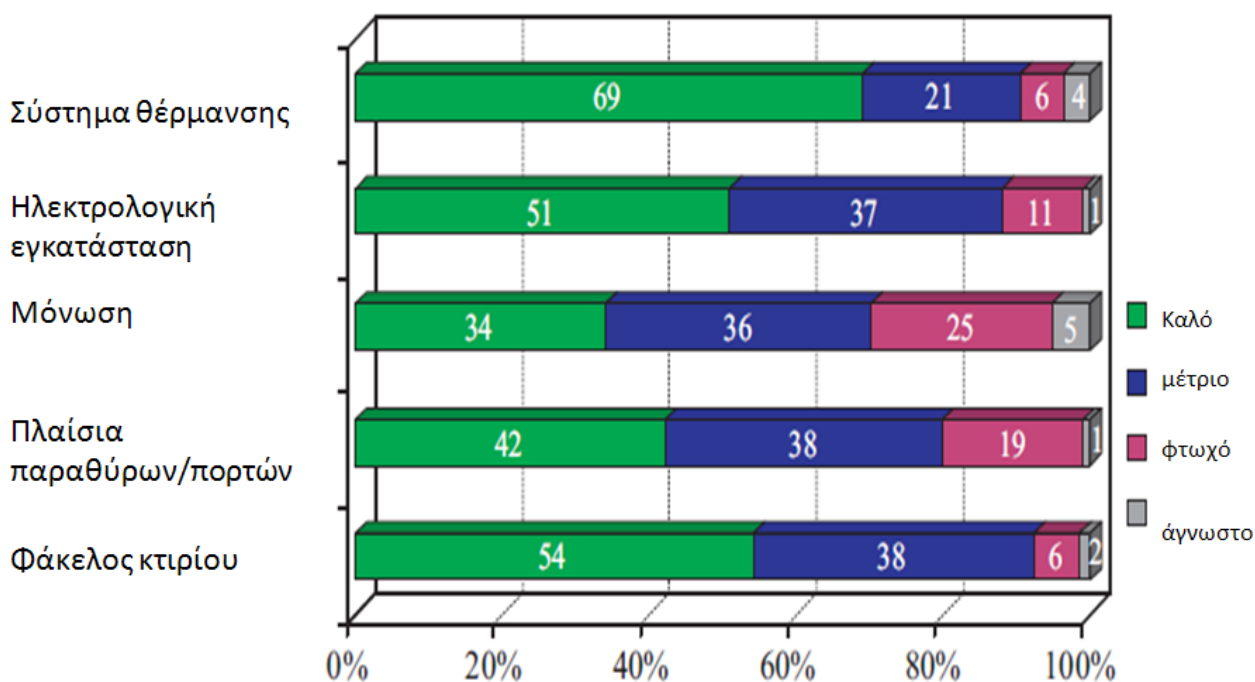
Είναι ενδιαφέρον διότι λόγω παλαιότητας συμπεραίνουμε ότι οι προδιαγραφές των συγκεκριμένων κτιρίων είναι πολύ διαφορετικές σε σχέση με τις σημερινές ανάγκες και τα νέα «standards» τόσο περιβαλλοντικά όσο και ενεργειακά. Ακολουθούν οι παρακάτω πίνακες [1].

Πίνακας 1 : κατανομή σχολικών κτιρίων

Κλιματικές ζώνες	χρονολογία			επιφάνεια(m ²)		
	πριν το 1980	1981-2001	2002-2010	πριν το 1980	1981-2001	2002-2010
A	2395	119	127	2395303	130567	152610
B	6381	316	339	10847369	600770	677560
Γ	4749	235	252	7123025	400038	453824
Δ	601	30	32	601208	32771	38304
Σύνολο	14126	700	750	20966906	1164145	1322299

Πίνακας 2 : κατανομή σε υποκατηγορίες

Δεδομένα	πριν το 1980	1981-2001	2002-2010
συνολικός αριθμός	14126	700	750
χωρίς ή ανεπαρκής μόνωση τοίχων	14126		
χωρίς ή ανεπαρκής μόνωση οροφής	14126		
με κεντρική θέρμανση	14126	700	750
με παλιά κεντρική θέρμανση	9888	210	
χωρίς κεντρικό θερμοστάτη	14126	490	
χωρίς θερμοστάτες χώρου	9888	350	
με πλήρη κλιματισμό	1413	105	150
με ηλιακούς συλλέκτες	2825	140	150
χωρίς ενεργειακές λάμπες	12713	630	
χωρίς σκίαση	848	63	

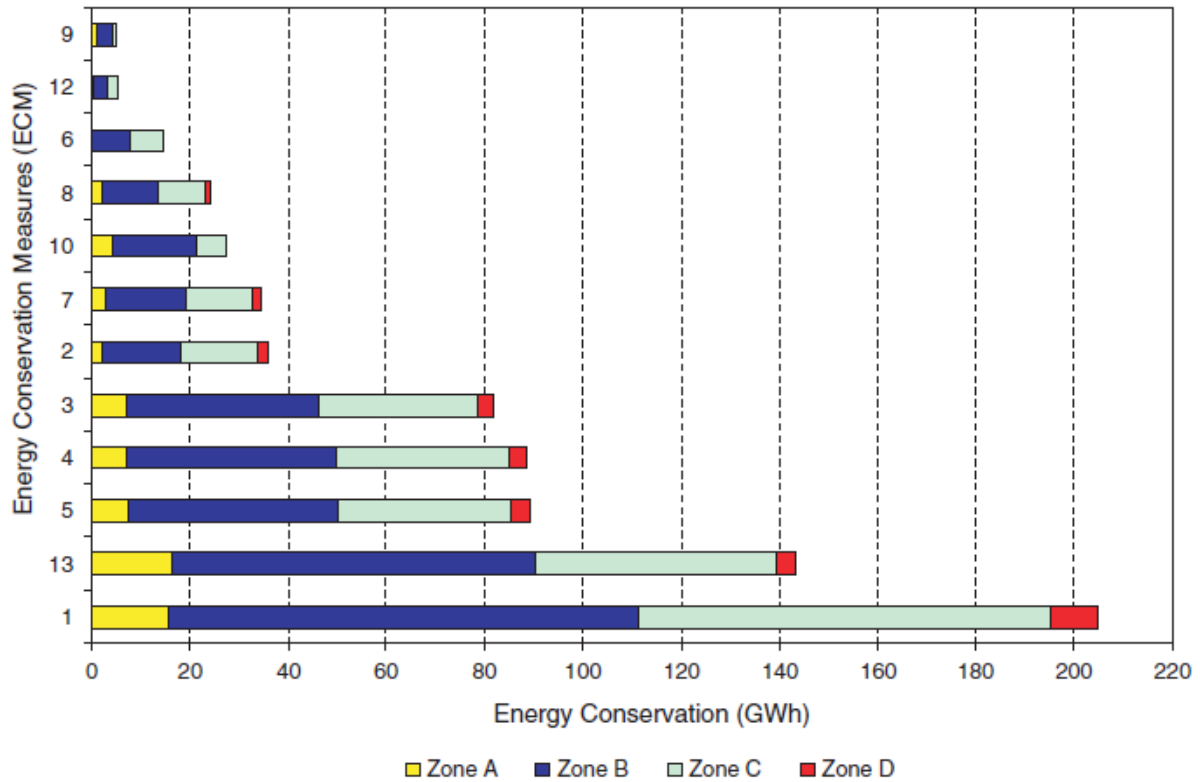


Εικόνα 1: γενική κατάσταση σχολικών κτιρίων (κέντρο εκπαιδευτικής έρευνας και Ο.Σ.Κ. 2007-2008, δεδομένα για 135 σχολεία) [2].

Στοιχεία για τον αριθμό και την ενεργειακή κατανάλωση των σχολικών κτιρίων

- Υπάρχουν περίπου 15.000 σχολικά κτήρια (38% νηπιαγωγεία, 37% δημοτικά, 13% γυμνάσια, 9% λύκεια, 3% Τ.Ε.Ε.) [2]
- Στεγάζονται περισσότεροι από 1.600.000 μαθητές.
- Υπάρχουν 65.000 αίθουσες με ανάγκη για επιπλέον 23.000 (ζήτηση πάνω από το 35% από την υπάρχουσα κάλυψη).
- Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σχολικών κτιρίων 270.000 MWh (οι απαιτήσεις πολύ περισσότερες) με ετήσιες καταγεγραμμένες καταναλώσεις 16.300 τόνοι πετρελαίου, 78.000 MWh ηλεκτρικής ενέργειας και εκπομπή 150.000 τόνων CO₂ και 1000 τόνων SO₂.

5) Η μέση εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση χώρου είναι 92 kWh/m² σε αρκετές περιπτώσεις 100 kWh/m² ως και 200 kWh/m² [5].



Εικόνα 2: ενεργειακή κατανάλωση των σχολείων το 2010 [1].

Ακολουθεί ο παρακάτω πίνακας με στοιχεία για τους κύριους τύπους των σχολικών κτηρίων.

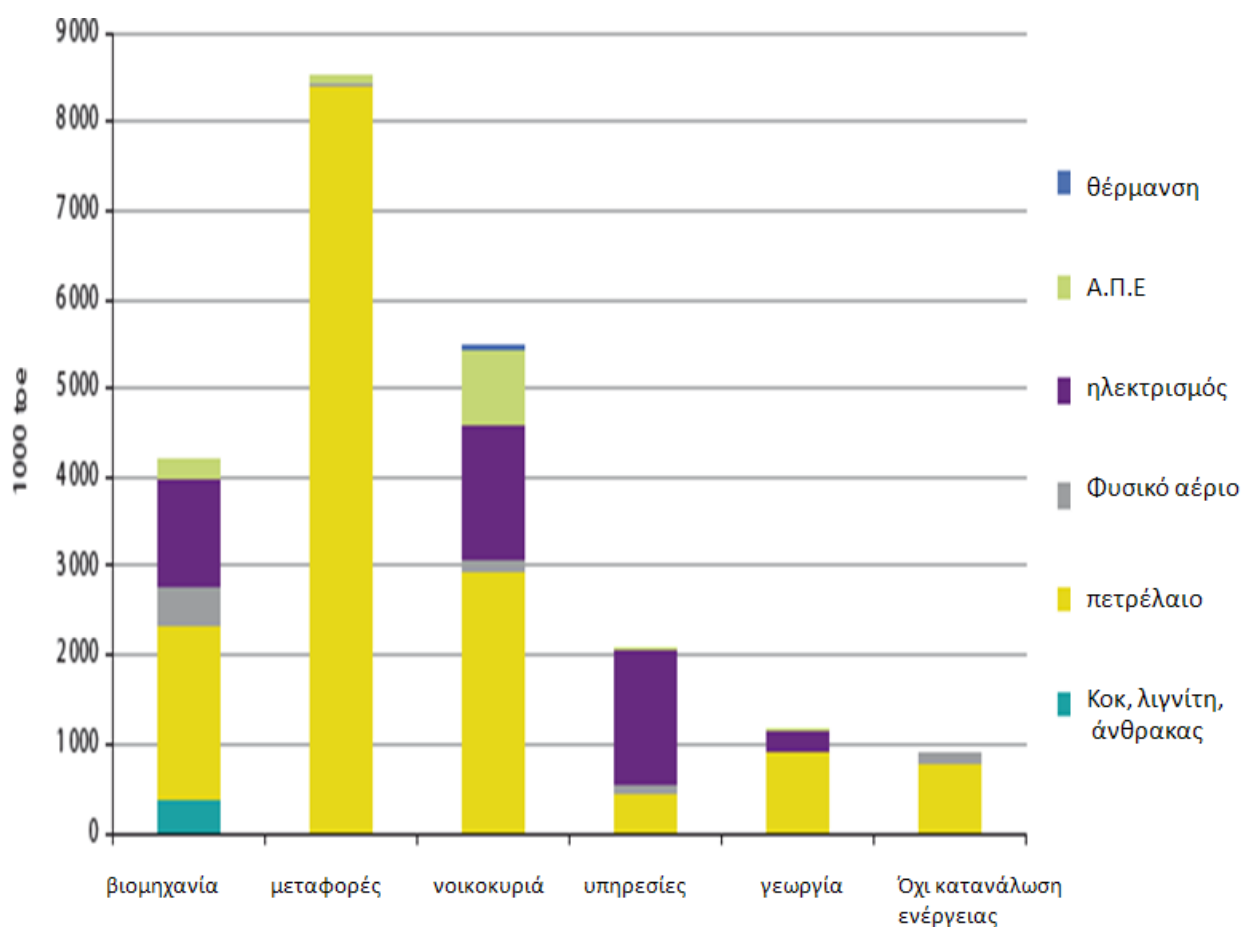
Πίνακας 3: κύριοι τύποι σχολικών κτιρίων [5].

Τύπος Σχολείου	Έτος κατασκευής	Εικόνα	Σχηματική κάτοψη
Παλιό πέτρινο	πριν το 1960	7	
Τύπος με ανοιχτό διάδρομο	1960-1980	8	
Τύπος με κλειστό διάδρομο	μετά το 1980	9	
Τύπος ΑΘΗΝΑ	μετά το 1980	10	

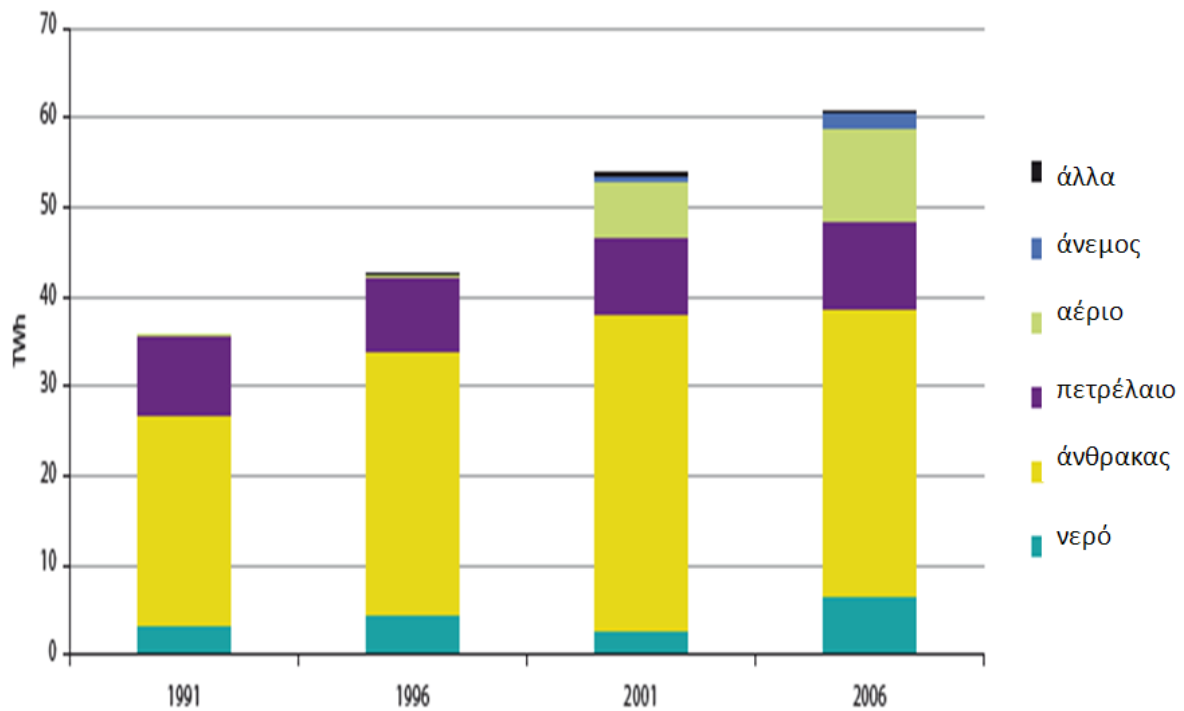
Πίνακας 4: κατανομή ενέργειας Κ.Α.Π.Ε (νεώτερες μελέτες μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι έχουμε 4 κλιματικές ζώνες πλέον.) [5]

κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh/ m ²)			
τύπος σχολείου	κλιματική ζώνη Α	κλιματική ζώνη Β	κλιματική ζώνη Γ
παλιό πέτρινο	10	48	146
με κλειστό διάδρομο	15	46	122
με ανοιχτό διάδρομο	12	41	115
τύπος ΑΘΗΝΑ	5	27	85

Τέλος για να έχουμε μια ποιοτική εικόνα για το ενεργειακό προφίλ της Ελλάδας και τον αντίχτυπο που έχει αυτό αναλογικά στα σχολεία αλλά και στο περιβάλλον γενικότερα. Στην **εικόνα 3** βλέπουμε την κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης πηγής ενέργειας σε απόλυτα μεγέθη. Στην **εικόνα 4** έχουμε μια γραφική απεικόνιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε απόλυτα μεγέθη ανά χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας. [3]



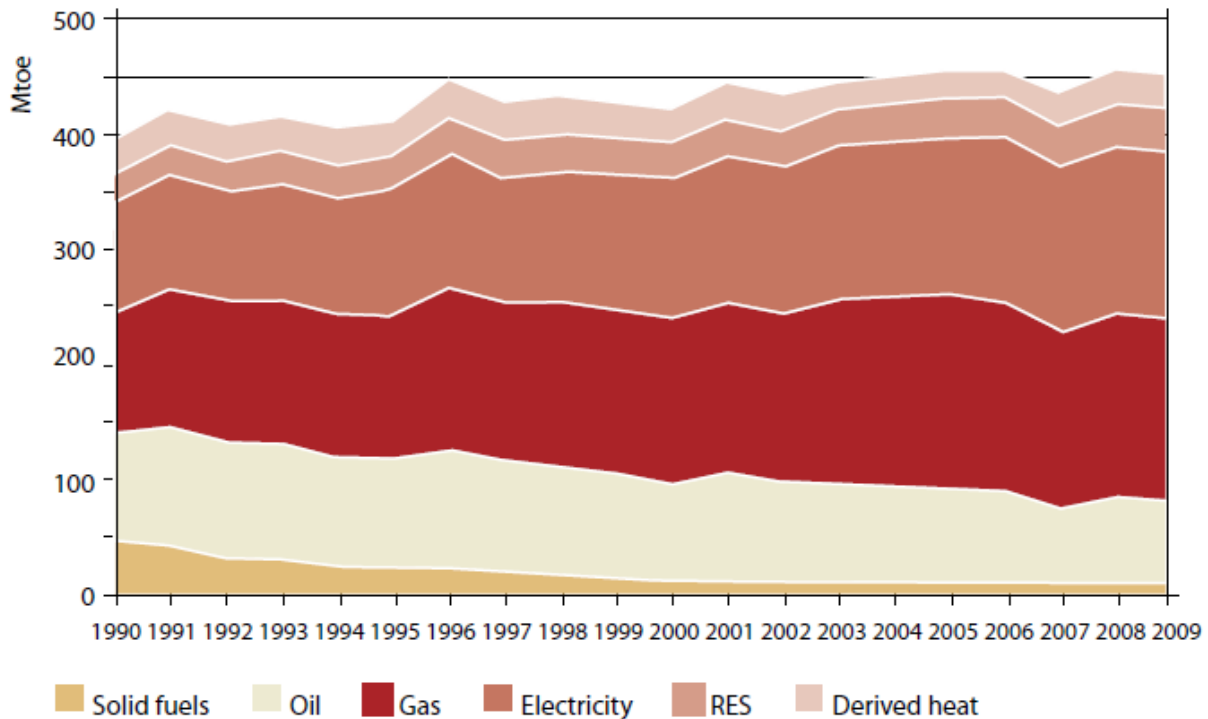
Εικόνα 3: τελική ενεργειακή και μη ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα και καύσιμα



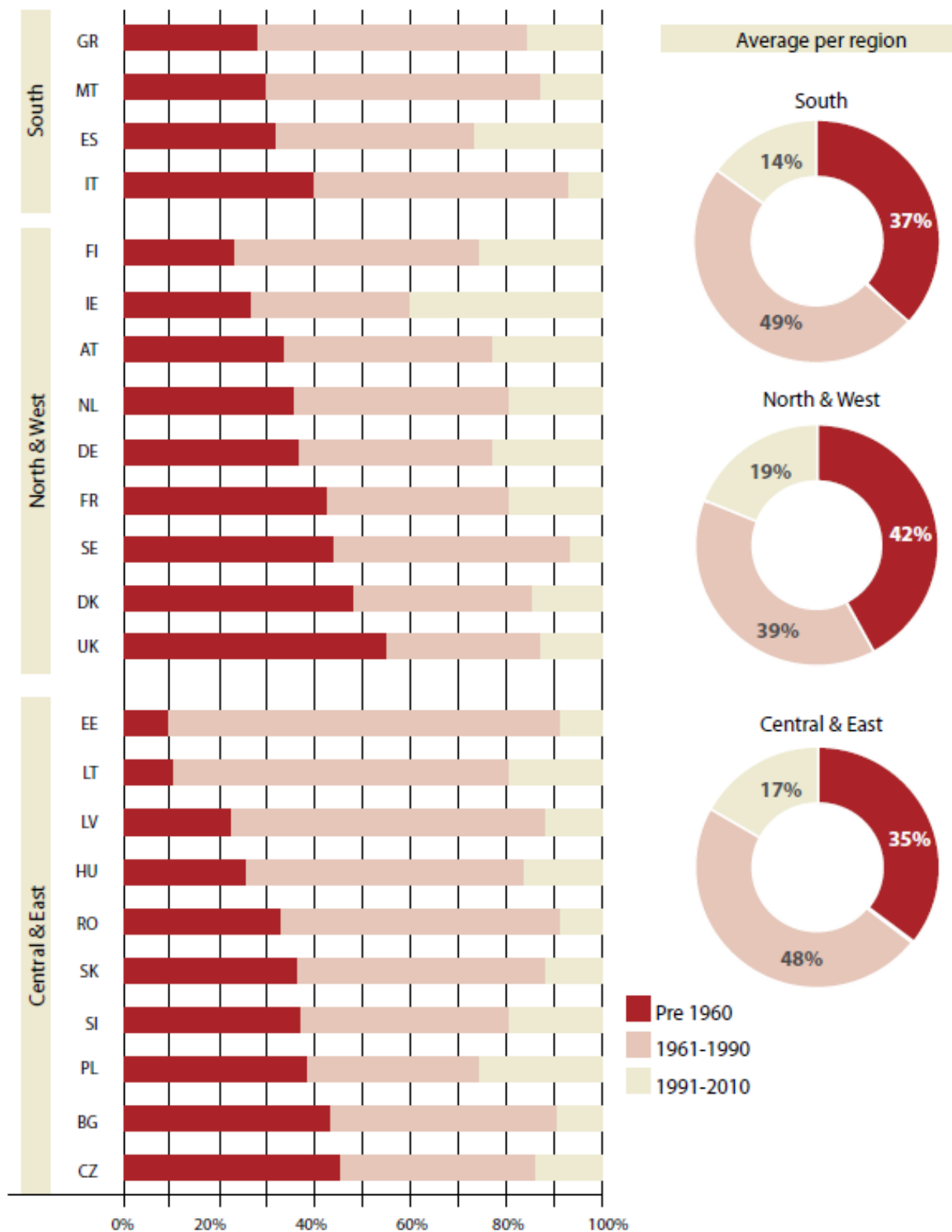
Είκονα 4: παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανάλογα τα καύσιμα

1.2.Ευρώπη

Θα γίνει μια πιο γενική αναφορά όσον αφορά τον κτιριακό τομέα στην Ευρώπη που αντιστοιχεί στα σχολικά κτήρια. Σύμφωνα με την Μαρίνα Οικονομίδου και την συγγραφική της ομάδα τα εκπαιδευτικά κτήρια στην Ευρώπη καταλαμβάνουν το 17% των non-residential buildings. Στην **εικόνα 5** έχουμε την τελική ενεργειακή κατανάλωση των EU-27, της Σουηδίας και της Νορβηγίας ανάλογα με τις χρησιμοποιημένες πηγές ενέργειας. [4]

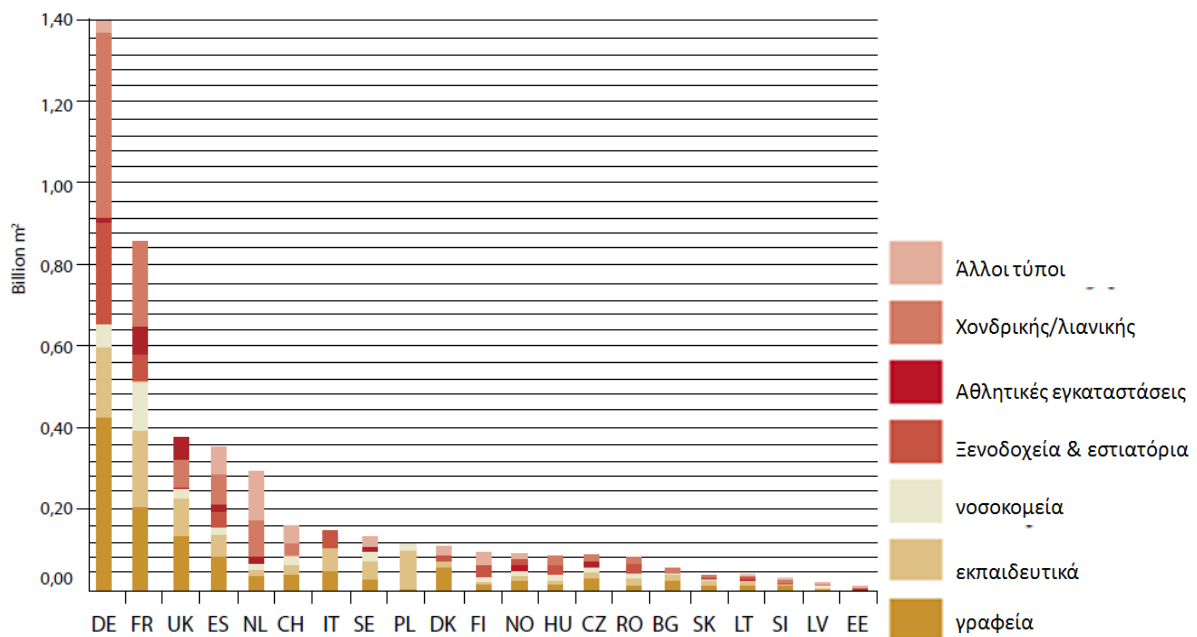


Είκονα 5 : τελική ενεργειακή κατανάλωση των EU-27, της Σουηδίας και της Νορβηγίας



Εικόνα 6: προφίλ παλαιότητας κτιρίων ανά την Ευρώπη

Στην **εικόνα 6** βλέπουμε το προφίλ παλαιότητας των κτιρίων ανά περιφέρειες. Στην **εικόνα 7** που ακολουθεί έχουμε την κατηγοριοποίηση των κτιρίων ανά τύπο στις παρακάτω χώρες σε m² στις εξεταζόμενες χώρες.



Εικόνα 7: κατανομή κτιρίων ανά τύπο.

Όμως ο βασικός παράγοντας των οικονομικών είναι αυτός που καθορίζει τον βαθμό των παρεμβάσεων και των όποιων επενδύσεων που θα γίνουν στον κτιριακό τομέα, καθώς επίσης και την απόσβεση σε βάθος χρόνου ή ακόμα και κάποιο μελλοντικό οικονομικό όφελος. Σύμφωνα με τον Norm Miller et. al., όπου έχουμε σύγκριση κτιρίων (LEED) και energy star με τα συμβατικά κτήρια σε διάφορους τομείς, υπάρχει οικονομικό όφελος. Βέβαια αναφέρονται σε βιομηχανίες, νοσοκομεία και άλλα μισθωμένα κτήρια στις Η.Π.Α. Παρουσιάζονται αρκετά γραφήματα για διαφορετικά κριτήρια. Το τελικό συμπέρασμα είναι όμως πως μακροπρόθεσμα έχουμε οφέλη. Στην **εικόνα 8** έχουμε μια κατηγοριοποίηση των επιμέρους εξοικονομήσεων αναγόμενες σε \$. Δηλαδή ενεργειακή εξοικονόμηση, εξοικονόμηση εκπομπών ρύπων, οφέλη παραγωγικότητας και υγείας, εξοικονόμηση νερού, μείωση λειτουργικών εξόδων.[6]

Category	20-year Net Present Value
Energy Savings	\$5.80
Emissions Savings	\$1.20
Water Savings	\$0.50
Operations and Maintenance Savings	\$8.50
Productivity and Health Value	\$36.90 to \$55.30
Subtotal	\$52.90 to \$71.30
Average Extra Cost of Building Green	(-3.00 to -\$5.00)
Total 20-year Net Benefit	\$50 to \$65

Εικόνα 8: οικονομικά οφέλη ανά m² σε βάθος 20ετίας

Βιβλιογραφία

- [1] Athina G. Gaglia, Constantinos A. Balaras, Sevastianos Mirasgedis, Elena Georgopoulou, Yiannis Sarafidis, Dimitris P. Lalas, “Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings”, *Energy Conversion and Management* 48 (2007) 1160–1175
- [2] Elena G. Dascalakia, Vasileios G. Sermpetzoglou, “Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools”, *Energy and Buildings* 43 (2011) 718–727
- [3] Marina Economidou, Europe’s buildings under the microscope, “A country-by-country review of the energy performance of buildings”, October 2011 by Buildings Performance Institute Europe (BPIE)
- [4] eurostat-European commission, “panorama of energy, energy statistics to support EU policies and solutions”, 2009 edition
- [5] Οδηγίες για θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια)
- [6] Norm Miller, Jay Spivey, Andy Florance, “Does green pay off? “, Draft :July 8, 2008

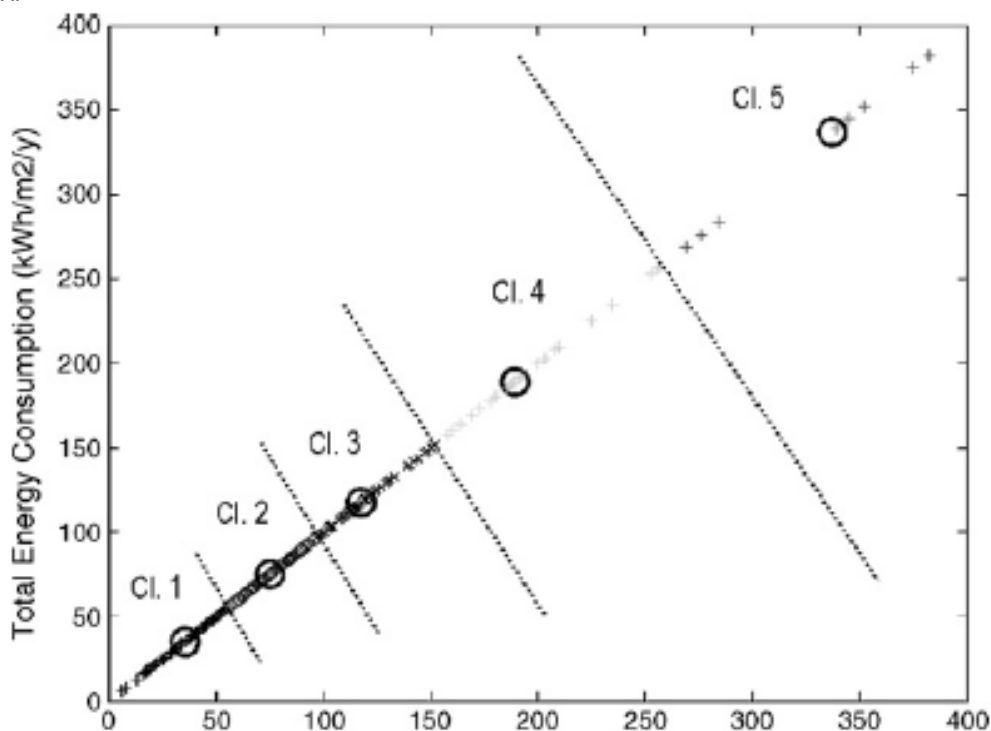
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ

Εισαγωγή

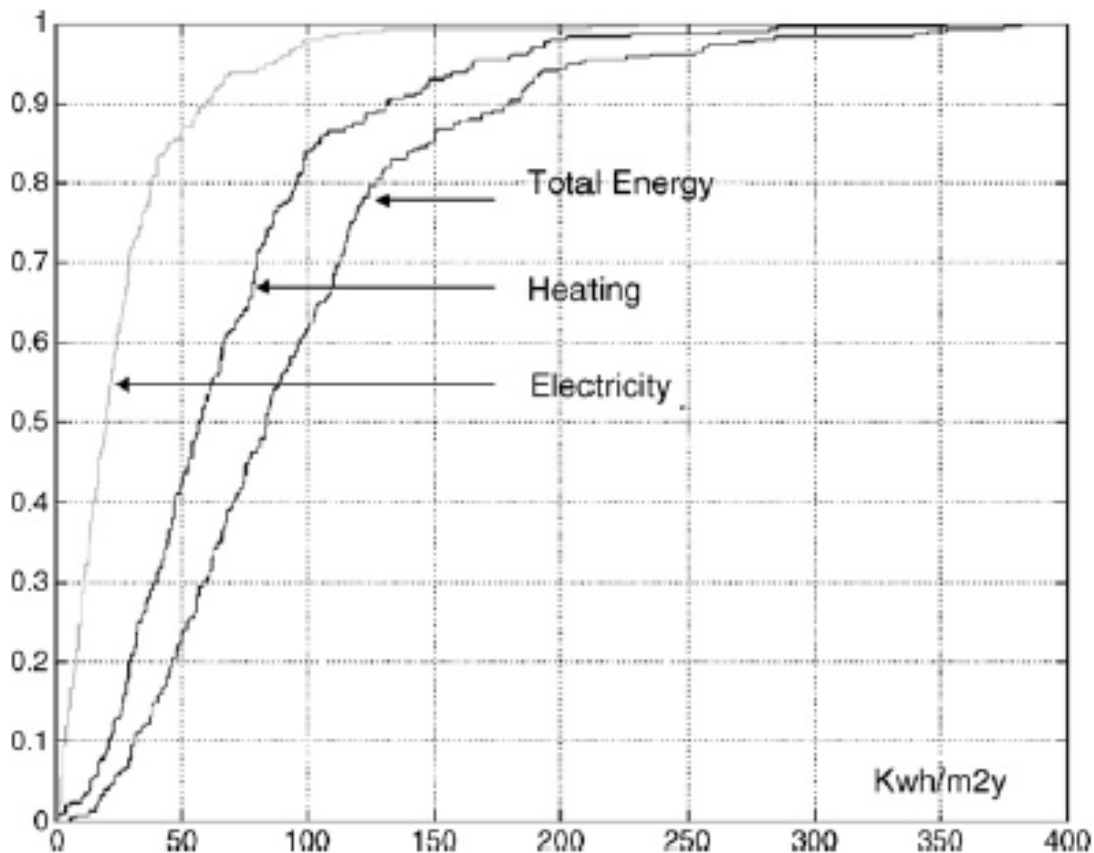
Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η προσπάθεια προσέγγισης των προβλημάτων στα σχολικά κτήρια ανά τομείς. Πιο συγκεκριμένα θα δοθεί έμφαση στον εντοπισμό των προβλημάτων που έχουν να κάνουν με τη θερμική άνεση, την οπτική άνεση και τον αερισμό/δροσισμό και στην πρόταση κάποιων βασικών λύσεων οι οποίες εφαρμόζονται για την επίλυση των προβλημάτων αυτών. Μια πιο εκτενής παρουσίαση των μέτρων γίνονται στα κεφάλαια 4 και 5. Επίσης παρουσιάζονται και συγκεντρωτικοί πίνακες με την εφαρμογή των μέτρων και την εξοικονόμηση ενέργειας σε συνάρτηση πάντα με το κόστος. Πριν ξεκινήσουμε όμως ας δούμε κάποια στοιχεία. Πρώτα απ' όλα ας δούμε το πώς κατατάσσονται ενεργειακά τα σχολικά κτήρια.

Σύμφωνα με τους M. Santamouris et. al. θα πρέπει πρώτα να καθοριστούν οι παράμετροι-μεταβλητές για την αξιολόγηση και ύστερα κάποιες τεχνικές ομαδοποίησης. Το πρόγραμμα αυτό χωρίστηκε σε 3 φάσεις. Στην πρώτη φάση συλλέγονται στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας μέσω των ερευνών σε 320 σχολεία στην Ελλάδα (μέσω του ΟΣΚ). Στη δεύτερη φάση αναπτύσσεται ένα καινοτόμο ενεργειακό σύστημα αξιολόγησης με βάση τις τεχνικές ομαδοποίησης που έχουν αναπτυχθεί και τέλος 10 σχολεία έχουν επιλεγεί και γίνονται λεπτομερείς μετρήσεις της ενεργειακής απόδοσής τους, καθώς και της συνολικής περιβαλλοντικής ποιότητας χρησιμοποιώντας ένα ειδικό πειραματικό πρωτόκολλο. Στην **εικόνα 1** ακολουθεί μια κατάταξη σε ενεργειακές κλάσεις ομαδοποιώντας τα σχολικά κτήρια με τα δεδομένα από 320 σχολεία μέσω Ο.Σ.Κ. Πιο συγκεκριμένα σημειώνονται τα σχολεία που βρίσκονται σε κάθε ενεργειακή κλάση. Στους άξονες φαίνεται η ενεργειακή κατανάλωση σε kWh/m²/χρόνο



Εικόνα 1: καθορισμένη ομαδοποιημένη συνολική κατανάλωση ενέργειας

. Στην **εικόνα 2** παρουσιάζεται η αθροιστική κατανομή συχνοτήτων για την ηλεκτρική ενέργεια, για την ενέργεια θέρμανσης και την ολική ενέργεια που καταναλώνονται. Τα δεδομένα προέρχονται από τα 320 σχολεία που εξετάστηκαν στη φάση 1. [2]



Εικόνα 2: Αθροιστική κατανομή συχνοτήτων για επιμέρους καταναλώσεις

Επιπλέον με βάση το είδος των μετατροπών και των επεμβάσεων στα κτήρια έχουμε και την ανάλογη κατάταξη σε α) βιώσιμα κτήρια, β) φιλικά προς το περιβάλλον, γ) ενεργειακά αποδοτικά όπως επισημαίνει ο Dorota Chwieduk. [3]

2.1.Θερμική άνεση

Εντοπισμός προβλημάτων :

- 1) Την ψυχρή περίοδο οι μαθητές συχνά κρυώνουν ενώ από την άνοιξη ως και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου, ιδιαίτερα στην κλιματική ζώνη Α και Β, υπάρχει υπερθέρμανση μέσα στις αίθουσες.
- 2) Ο ακατάλληλος προσανατολισμός του κτιρίου, καθώς και ο λάθος σχεδιασμός των ανοιγμάτων έχει σαν αποτέλεσμα τον λανθασμένο ηλιασμό του κτιρίου το χειμώνα και την υπερθέρμανση το καλοκαίρι. (εννοούμε την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας του ήλιου).
- 3) Ο ανεξέλεγκτος αερισμός, ειδικά το χειμώνα, επιφέρει υπερβολική κατανάλωση ενέργειας και ψύχος μέσα στις αίθουσες.
- 4) Μεγάλη διείσδυση αέρα από τις χαραμάδες, με αποτέλεσμα θερμικές απώλειες και ρεύματα μέσα στις αίθουσες.
- 5) Μεγάλες θερμικές απώλειες από το κέλυφος συνολικά (κουφώματα, ανυπαρξία ή κακή μόνωση, φθορές) αυξάνουν δραματικά την κατανάλωση ενέργειας χωρίς να υπάρχουν οι

κατάλληλες εσωτερικές συνθήκες.

- 6) Ακατάλληλος σχεδιασμός και κακή συντήρηση θέρμανσης με αποτέλεσμα τη μη αποδοτική τους λειτουργία.
- 7) Μη ορθολογική λειτουργία συστημάτων θέρμανσης και ψύξης (αν υπάρχουν) με αποτέλεσμα σπατάλη ενέργειας.
- 8) Ανεπάρκεια συστημάτων σκίασης και αερισμού με συνέπεια θερμικής δυσφορίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στόχοι επεμβάσεων :

- 1) Μείωση θερμικών απωλειών.
- 2) Αύξηση ηλιακών κερδών την περίοδο θέρμανσης
- 3) Μείωση θερμικών κερδών την περίοδο δροσισμού
- 4) Βελτίωση συνθηκών άνεσης και την ψύξη του κτιρίου κατά την περίοδο δροσισμού
- 5) Επεμβάσεις στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και ορθολογιστική χρήση αυτού.

Λύσεις-παρεμβάσεις

Όσον αφορά τη *μείωση απωλειών από χαραμάδες και ανεξέλεγκτο αερισμό*. Αυτό επιτυγχάνεται με :

- 1) Σφράγισμα των αρμών λόγω κακής συναρμογής των κινητών τμημάτων και έτσι έχουμε μείωση των θερμικών συναλλαγών.
- 2) Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με καινούρια και ανοιγώμενα που έχουν καλύτερη αεροστεγάνωση σε σχέση με τα συρόμενα.
- 3) Αντικατάσταση παλιών υαλοπινάκων με νέους διπλούς ή μονούς.
- 4) Ελεγχόμενος αερισμός και αύξηση αερισμού τις ώρες μη λειτουργίας
- 5) Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής για καλύτερη ψύξη σε συνδυασμό με τον αερισμό

Όσον αφορά τη *μείωση απωλειών από το κέλυφος*. Αυτό επιτυγχάνεται με :

- 1) Μόνωση τοίχων είτε εξωτερικής είτε εσωτερικής
- 2) Μόνωση οροφής είτε εξωτερικής είτε εσωτερικής

Όσον αφορά την *αύξηση θερμικών κερδών με ταυτόχρονη μείωση απωλειών από αερισμό*. Αυτό επιτυγχάνεται με τοποθέτηση παθητικών ηλιακών συστημάτων :

- 1) Θερμοσιφωνικό πανέλο που προθερμαίνει τον αέρα και τοποθετείται είτε σε κλιμακοστάσια, είτε σε τυφλούς νότιους τοίχους ή σε νότιο διαδρόμους.
- 2) Θερμοκήπιο με ιδανική την μετασκευή ανοικτών διαδρόμων σε κλειστούς

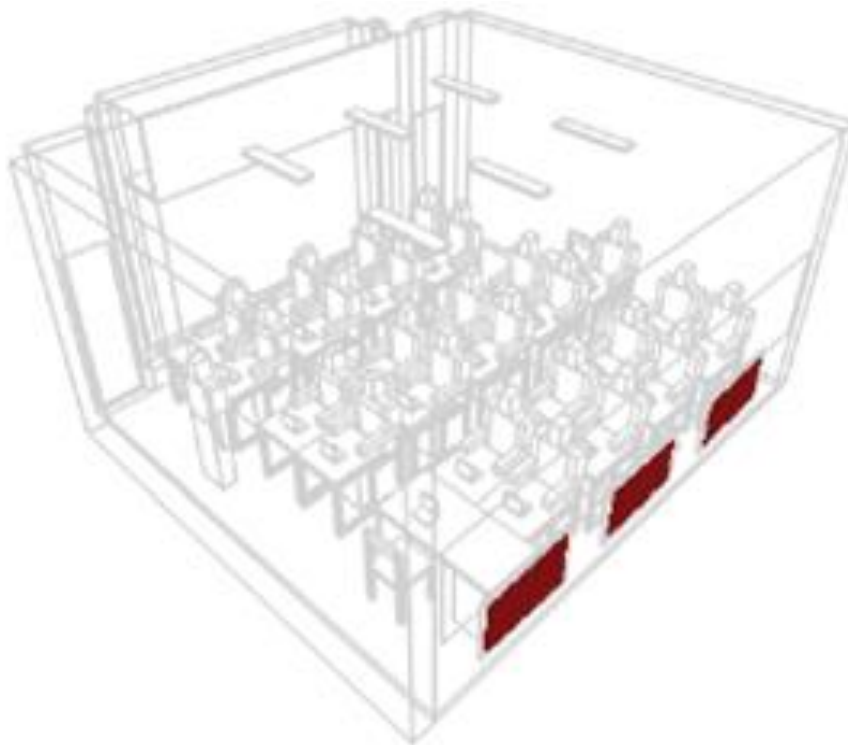
Και μέσω των *παρεμβάσεων* στον εξοπλισμό θέρμανσης:

- 1) Βελτιστοποίηση εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης
- 2) Έλεγχος κατάστασης στον καυστήρα και στο λεβητοστάσιο γενικότερα για ελαχιστοποίηση κατανάλωσης
- 3) Μετρήσεις λειτουργικών παραμέτρων
- 4) Αντικατάσταση καυστήρων με νέους αποδοτικότερους >90%
- 5) Συντήρηση παραμετρικών οργάνων και αντικατάσταση με νέα
- 6) Μόνωση σωληνώσεων
- 7) Τοποθέτηση ηλεκτρονικών θερμοστατών ανά αίθουσα
- 8) Εγκατάσταση προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης και μετρήσεις απόδοσης για τυχόν διορθώσεις
- 9) Τοποθέτηση χρονοδιακοπών

10) Ρύθμιση ροής ζεστού νερού

11) Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σύμφωνα με τους Miguel A et. al. , ύστερα από μελέτη σε σχολεία στη νότια Ισπανία παρατηρούνται απώλειες λόγω της θέσης της τοποθέτησης των θερμαντικών σωμάτων (συνήθως δίπλα στα παράθυρα). Γίνεται ανάλυση των εκπομπών των σωμάτων σε μια «τυπική» αίθουσα και η σχέση τους με άλλους παράγοντες μέσω μαθηματικών μοντέλων. Στην **εικόνα 3** γίνεται μια 3D αναπαράσταση μιας «τυπικής» αίθουσας που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή των μοντέλων. Με το κόκκινο χρώμα συμβολίζονται τα θερμαντικά σώματα. Ύστερα από την εφαρμογή καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η αποτελεσματικότητα του παραδοσιακού συστήματος καλοριφέρ για την αντιμετώπιση της ενεργειακής ζήτησης της θέσης είναι περιορισμένη. Σαν αποτέλεσμα έχουμε ενεργειακή κλάση C όσον αφορά τα καλοριφέρ μαζί με τα προβλήματα μετάδοσης θερμότητας. [4]



Εικόνα 3: αναπαράσταση «τυπικής» αίθουσας

2.2.Οπτική άνεση

Εντοπισμός προβλημάτων :

- 1) Υπάρχει ανισοκατανομή του φωτός στις αίθουσες με αποτέλεσμα να παρατηρείται θάμβωση και έλλειψη φωτισμού
- 2) Το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται και στον λανθασμένο προσανατολισμό αλλά και στον κακό σχεδιασμό των ανοιγμάτων με αποτέλεσμα τον ανεπαρκή φωτισμό
- 3) Ανεπάρκεια συστημάτων σκίασης για τη σωστή κατανομή του ηλιακού φωτός
- 4) Λανθασμένος σχεδιασμός και εγκατάσταση τεχνητού φωτισμού

Στόχοι επεμβάσεων :

- 1) Σχεδιασμός ανοιγμάτων και άλλων συστημάτων φυσικού φωτισμού
- 2) Αναβάθμιση και συντήρηση εξοπλισμού του τεχνητού φωτισμού
- 3) Προσθήκη συστημάτων φυσικού φωτισμού-σκίασης στα ανοίγματα

Λύσεις-παρεμβάσεις

Όσον αφορά το φυσικό φωτισμό :

- 1) Δημιουργία κατάλληλων ανοιγμάτων στο σωστό προσανατολισμό τα οποία θα είναι αμφίπλευρα ή όχι στις αίθουσες για τον σωστό ηλιασμό. Επίσης η δημιουργία ανοιγμάτων στην οροφή
- 2) Υπερύψωση οροφής του διαδρόμου, στον τελευταίο όροφο, για καλύτερο φωτισμό
- 3) Δημιουργία ραφιών-ανακλαστήρων με κατάλληλες διαστάσεις για τη σωστή διάχυση του φωτός στις αίθουσες. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ο προσανατολισμός και οι διαστάσεις των αιθουσών
- 4) Τα χρώματα των εσωτερικών επιφανειών να είναι τέτοια ώστε να γίνεται σωστά η διάχυση και αντανάκλαση του φωτός στις αίθουσες για αποφυγή θάμβωσης ή υπερβολικής αντανάκλασης
- 5) Τοποθέτηση σκιάστρων για τον έλεγχο του φυσικού φωτισμού κινητών ή σταθερών, εσωτερικών ή εξωτερικών
- 6) Τοποθέτηση βλάστησης φυλλοβόλων δέντρων με νότιο προσανατολισμό

Ακολουθεί πίνακας με εφαρμογή τεχνικών φυσικού φωτισμού ανάλογα τον προσανατολισμό και η αναγκαιότητά τους.

Πίνακας 1

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΟΛΟ ΤΟ ΧΡΟΝΟ				
	ΝΟΤΟΣ	ΒΟΡΡΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΗ	ΔΥΣΗ
Αμφίπλευρα ανοίγματα (παράθυρα + φεγγίτες)	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Να αποφεύγονται	Να αποφεύγονται
Οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα (πρόβολοι, ανακλαστικά ράφια, οριζόντιες περσίδες)	ΝΑΙ	Δεν απαιτούνται	Δεν αποδίδουν	Δεν αποδίδουν
Κατακόρυφες εξωτερικές περσίδες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Εσωτερικά οριζόντια κινητά στόρια (βενετικές περσίδες)	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Όσον αφορά το τεχνητό φωτισμό :

- 1) Αντικατάσταση παλιών λαμπτήρων με νέους αποδοτικότερους και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης
- 2) Λειτουργία τεχνητού φωτισμού σε δυο ζώνες
- 3) Τοποθέτηση αισθητήρων που υποβοηθούν τη λειτουργία του τεχνητού φωτισμού
- 4) Συχνή συντήρηση του εξοπλισμού και εγκατάσταση «έξυπνου» συστήματος διαχείρισης και καταγραφής καταναλώσεων

Πίνακας 2 : Ο πίνακας μας δείχνει μια ποσοτική προσέγγιση

ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ									
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α			ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β			ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ		
	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
		kWh/m ²	%		kWh/m ²	%		kWh/m ²	%
Νέοι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και μεγάλης διάρκειας ζωής	Σε νέες εγκαταστάσεις και σε αντικατάσταση υφιστάμενων κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης	0.2-0.5	75	Σε νέες εγκαταστάσεις και σε αντικατάσταση υφιστάμενων κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης	0.4-1	75	Σε νέες εγκαταστάσεις και σε αντικατάσταση υφιστάμενων κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης	0.5-1	75
Σύστημα ανακλαστήρων φωτός σε φωτιστικά σώματα σωλήνων φθορισμού	Σε νέες εγκαταστάσεις	0.4-0.7	20	Σε νέες εγκαταστάσεις	0.7-1.3	20	Σε νέες εγκαταστάσεις	0.9-1.6	20

2.3. Αερισμός/δροσισμός

Εντοπισμός προβλημάτων :

- 1) Ανεξέλεγκτος ή ελλείψεις αερισμός
- 2) Λόγω κακού αερισμού έχουμε κακές συνθήκες θερμικής άνεσης στη διάρκεια του έτους με ότι αυτό συνεπάγεται για την ενεργειακή κατανάλωση

Λύσεις-παρεμβάσεις

Όσον αφορά το φυσικό αερισμό :

- 1) Αντικατάσταση κουφωμάτων για σωστό και ελεγχόμενο αερισμό
- 2) Για τη θερμή περίοδο, ο σωστός αερισμός σε συνδυασμό με τη σκίαση βοηθούν στη θερμική άνεση
- 3) Αυξημένος αερισμός τις ώρες μη λειτουργίας ειδικά τους ζεστούς μήνες
- 4) Δημιουργία κατάλληλων ανοιγμάτων με σωστό προσανατολισμό για επαρκή αερισμό
- 5) Εφαρμογή παθητικών συστημάτων όπως ηλιακή καμινάδα ή πύργο ψύξης

Όσον αφορά το τεχνητό αερισμό :

- 1) Εγκατάσταση τεχνητού αερισμού με αισθητήρες CO₂ για εξοικονόμηση ενέργειας

Επίσης παρατηρούμε ότι τα προβλήματα που αφορούν τη θερμική ,οπτική άνεση και τον αερισμό/δροσισμό επηρεάζουν τους χρήστες των σχολικών κτιρίων. Οι κακές εσωκλιματικές συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην υγιεινή των αισθουσών αλλά και στην υγεία των μαθητών και των καθηγητών. Επιπλέον επηρεάζουν και την απόδοσή τους.

Έτσι λοιπόν σύμφωνα με τους Kazuhide Ito, Shuzo Murakami, οι οποίοι έκαναν μια οικονομοτεχνική ανάλυση σχετικά με την εγκατάσταση εξοπλισμού για αερισμό, θέρμανση. Προσπαθούν να συνδέσουν και να προβλέψουν με μαθηματικά μοντέλα τη σχέση απόδοσης των φοιτητών των πανεπιστημίων με τον αερισμό και την θέρμανση. Υπάρχουν κάποια αποτελέσματα που δείχνουν ότι αυτοί οι δυο παράγοντες συνδέονται με την απόδοση με το οικονομικό όφελος όμως να είναι μικρό και σε κάποιες περιπτώσεις να έχουμε μεγάλη αύξηση κόστους. [5]

Ακολουθούν πίνακες σύγκρισης επεμβάσεων οι οποίες είναι συνδυαστικές σαν ένα γενικό σύνολο λύσεων. Επίσης τα ποσοτικά δεδομένα εξοικονόμησης παρουσιάζονται στο τέλος κάθε πίνακα.

Πίνακας 3

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ				
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β	
ΣΚΙΑΣΗ	Οριζόντια σταθερά πετάσματα ή περσίδες	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ Για νότιους προσανατολισμούς	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ Για νότιους προσανατολισμούς	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ Για νότιους προσανατολισμούς
	Οριζόντιες εξοπερμικές κινητές περσίδες	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς
	Κατακόρυφες σταθερές ή κινητές περσίδες	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς
	Οριζόντια βενετικά σιόρια	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
	Ηλιοπροφυλακτικά ρολά	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
	Αυξημένος αερισμός (10 αλλαγές την ώρα) τις ώρες μη λειτουργίας	Επιβάλλεται	Επιβάλλεται	Επιβάλλεται
* πρέπει να εξασφαλίζονται 5 αλλαγές τις ώρες λειτουργίας για λόγους υγιεινής	Αυξημένος αερισμός (10 αλλαγές την ώρα) και τις ώρες λειτουργίας	Συνιστάται	Δεν συνιστάται, προτιμότερο 5 αλλαγές την ώρα	Δεν επηρεάζει ιδιαίτερα
	Ανεμιστήρες	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο
ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	Ανεμιστήρες οροφής	Απαιτούνται	Απαιτούνται	Δεν Απαιτούνται

Πίνακας 4

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΗΜΑΤΟΣ										
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α			ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β			ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ		
		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m ²	%	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m ²	%	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m ²	%
ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΛΕΛΗΡΣΜΟΣ	Ανομοιότητες (2 ανά αίθουσα)	Σε όλες τις περιπτώσεις	Δεν μπορεί να αποτιμηθεί	-	Σε όλες τις περιπτώσεις	Δεν μπορεί να αποτιμηθεί	-	Σε όλες τις περιπτώσεις	Δεν μπορεί να αποτιμηθεί	-
	ΑΕΡΟΣΤΕΤΑΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	Σε παλιό καλάς κατάσταση κελύφωμα	3,1 - 6,4	33 - 68	Σε παλιό καλάς κατάσταση κελύφωμα	5 - 11	18 - 28	Σε παλιό καλάς κατάσταση κελύφωμα	12,5 - 19,7	14 - 29
ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ	Αεροστεγανό κελύφωμα	Σε νέα κτίρια και σε κελύφωμα νέο αντικατάσταση	3,1 - 6,4	33 - 68	Σε νέα κτίρια και σε κελύφωμα νέο αντικατάσταση	5 - 11	18 - 28	Σε νέα κτίρια και σε κελύφωμα νέο αντικατάσταση	12,5 - 19,7	14 - 29
	Διπλοί	Δεν απαιτούνται	0,8 - 1,7	7 - 20	NAI	2,2 - 3,3	5 - 11	NAI	4,7 - 7,8	4 - 8
ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	Εξωτερική	NAI για λόγους προστασίας του κελύφου και για καλύτερη θερμική άνεση	6,9	42	NAI για λόγους προστασίας του κελύφου και για καλύτερη θερμική άνεση	3,3	34	NAI για λόγους προστασίας του κελύφου και για καλύτερη θερμική άνεση	23,-	17
	Εσωτερική	Εν γένει ΟΧΙ, προτιμούνται η εξωτερική	9,2	57	Εν γένει ΟΧΙ, προτιμούνται η εξωτερική	19	38	Εν γένει ΟΧΙ, προτιμούνται η εξωτερική	35,8	27
ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ	Εξωτερική	Προτιμούνται για λόγους θερμικής άνεσης	0,2 - 1,4	2 - 8	Προτιμούνται για λόγους θερμικής άνεσης	0,4 - 3,1	2 - 7	Προτιμούνται για λόγους θερμικής άνεσης	1,4 - 6,1	1 - 5
ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	Θερμομονωτικό πάνελ	Για διαδρόμους περίπου νότιο προσανατολισμό και παλιός τοίχος	5,6	45	Για διαδρόμους περίπου νότιο προσανατολισμό και παλιός τοίχος	12,8	31	Για διαδρόμους περίπου νότιο προσανατολισμό και παλιός τοίχος	41,2	36
	Θερμοσήρα	Κερδός για μετατροπή ανοικτών διαδρόμων σε κλειστούς	12,8	85	Κερδός για μετατροπή ανοικτών διαδρόμων σε κλειστούς	25,6	53	Κερδός για μετατροπή ανοικτών διαδρόμων σε κλειστούς	57,8	47
ΟΜΕΣ ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΩΣ	Συμμ. αερίων + δ. τόρμα + μονώσεις + παθητικό σιδηρ...		11,1 - 15	92 - 100		31,1 - 38,1	58 - 75		81,9 - 82,5	68 - 71

Πίνακας 5

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ			
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β
		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ
ΣΚΛΙΑΣΗ	Οριζόντια σταθερά πετόσματα ή περσίδες	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς
	Οριζόντιες εξωτερικές κινητές περσίδες	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς
ΦΥΣΙΚΟΣ ή ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΟΣ* ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ * πρέπει να εξασφαλίζονται 5 αλλαγές τις ώρες λειτουργίας για λόγους υγιεινής	Κατακόρυφες σταθερές ή κινητές περσίδες	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς
	Οριζόντια βινετικά σόφρια	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
	Ηλιοπροφυλακτικά ρολά	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
	Αεξιμένος αερισμός (10 αλλαγές την ώρα) τις ώρες μη λειτουργίας	Επιβάλλεται	Επιβάλλεται
ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	Αεξιμένος αερισμός (10 αλλαγές την ώρα) και τις ώρες λειτουργίας	Συνιστάται	Δεν απαιτείται, προτιμώτερο 5 αλλαγές την ώρα
	Ανεμοστήρες	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο
	Ανεμοστήρες οροφής	Απαιτούνται	Απαιτούνται
		ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ
		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ
		Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς
		Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς
		Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς
		Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
		Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
		Επιβάλλεται	Επιβάλλεται
		Δεν απαιτείται ιδιαίτερα	Δεν απαιτείται ιδιαίτερα
		Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο
		Απαιτούνται	Δεν Απαιτούνται

Πίνακας 6

ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ											
ΕΛΕΓΧΟΙ - ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α		ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β		ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ						
	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m ²	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m ²	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m ²					
	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε πολυώρες εγκαταστάσεις	4-6	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε πολυώρες εγκαταστάσεις	4-6	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε πολυώρες εγκαταστάσεις	4-6					
Περιοδικός έλεγχος κατάστασης εξοπλισμού, οργάνων λειψιοσταθμού και δικτύου διανομής	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε πολυώρες εγκαταστάσεις	0.2-0.6	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε πολυώρες εγκαταστάσεις	1.1-2	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε πολυώρες εγκαταστάσεις	3.3-5					
Μηνιαίες μετρήσεις παραμέτρων καταστάσεως κτισίμου και θερμικής άνεσης χώρων	Σε όλες τις περιπτώσεις	4-6	Σε όλες τις περιπτώσεις	4-6	Σε όλες τις περιπτώσεις	4-6					
Μείωση θερμοκρασίας προσαρμογής θερμότητας στο δίκτυο και εγχώρινης ποιότητας κλιματισμού	Σε όλες τις περιπτώσεις	0.3-0.8	Σε όλες τις περιπτώσεις	1.7-2.8	Σε όλες τις περιπτώσεις	5.3-7.2					
Θερμομόνωση λέβητα και δικτύου διανομής θερμότητας	Σε όλες τις περιπτώσεις	0.2-0.8	Σε όλες τις περιπτώσεις	3-7	Σε όλες τις περιπτώσεις	4.4-6.1					
Αυγόμοτος έλεγχος με χρονοδιακόπτη και αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας μέσω 3-οδών βαλβίδας ανάμειξης αισθητήριων και ολοκληρωμένου ελεγκτή. Τοπικοί θερμοστατικοί διακόπτες σε θερμαντικά σώματα ισχύος ≥1KW	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενόχληση της πολιτείας και ειδικά για τις πολυώρες εγκαταστάσεις	6-10	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενόχληση της πολιτείας και ειδικά για τις πολυώρες εγκαταστάσεις	6-10	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενόχληση της πολιτείας και ειδικά για τις πολυώρες εγκαταστάσεις	6-10					
Νέοι κεντρικοί διηλοίοι κλιματισμοί (diesel, αέριο) με πολλαπλά βελτιωμένα έγχυσης	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενόχληση της πολιτείας και ειδικά για τις πολυώρες εγκαταστάσεις	10-15	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενόχληση της πολιτείας και ειδικά για τις πολυώρες εγκαταστάσεις	10-15	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενόχληση της πολιτείας και ειδικά για τις πολυώρες εγκαταστάσεις	10-15					

Βιβλιογραφία

- [1] Οδηγίες για θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια)
- [2] M. Santamouris, G. Mihalakakou , P. Patargias, N. Gaitani, K. Sfakianaki , M. Papaglastra, C. Pavlou, P. Doukas, E. Primikiri, V. Geros, M.N. Assimakopoulos, R. Mitoula, S. Zerefos, “Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings”, *Energy and Buildings* 39 (2007) 45–51
- [3] Dorota Chwieduk, “Towards sustainable-energy buildings”, *Applied Energy* 76 (2003) 211–217
- [4] Miguel A. Campano, Juan J. Sendra, Samuel Domínguez, “Analysis of thermal emissions from radiators in classrooms in Mediterranean climates”, *Procedia Engineering* 21 (2011) 106-113
- [5] Kazuhide Ito, Shuzo Murakami, “Cost-effectiveness Analysis of Improved Indoor Temperature and Ventilation Conditions in School Buildings”, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering/November* 2010/529

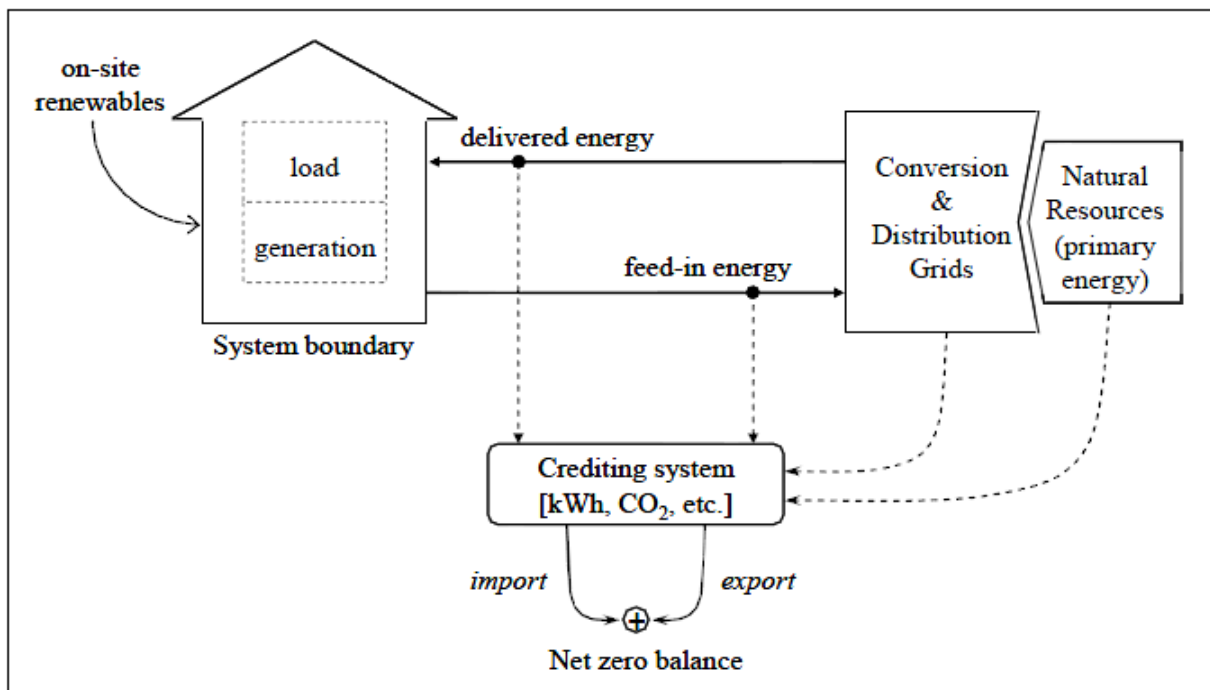
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΙΔΑΝΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Εισαγωγή

Όταν αναφερόμαστε σε "ιδανικό" σχολείο εννοούμε ένα ενεργειακά αποδοτικό κτιρίου που προσφέρει στους χρήστες ένα υγιεινό και ευχάριστο περιβάλλον. Το λειτουργικό κόστος των συστημάτων όπως φωτισμός, θέρμανση και κλιματισμός εξαρτάται άμεσα από τις αρχικές επιλογές. Έτσι έννοιες όπως προσανατολισμός, αερισμός, μόνωση, ηλιασμός και σκίαση πρέπει να εισάγονται ταυτόχρονα και όσο το δυνατόν νωρίτερα στην διαδικασία του σχεδιασμού. Τα ενεργοβόρα συστήματα μηχανικής υποστήριξης μπορούν να μειωθούν πάρα πολύ αν οι αρχικές επιλογές έχουν λάβει υπ' όψιν τους θέματα, όπως η θέση του κτιρίου στο οικόπεδο, η βασική μορφή του κτιρίου, η διαρρύθμιση των χώρων, ο τύπος της κατασκευής, τα χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά και η ποιότητα του περιβάλλοντος εσωτερικά και εξωτερικά του κτιρίου. Κάτω από αυτή την άποψη, το κτιριακό κέλυφος (εξωτερικοί τοίχοι, στέγαση κ.λ.π.) με το σχήμα του και την επιλογή δομικών υλικών ορίζει την βιοκλιματική και ενεργειακή συμπεριφορά της κατασκευής. Πριν όμως προχωρήσουμε θα ήταν χρήσιμο να δώσουμε κάποιους ορισμούς και έννοιες πάνω στις οποίες στηρίζονται τα «πράσινα» σχολεία. Ας αναλύσουμε το **net-zero energy building (Z.E.B)**.

Σύμφωνα με τους Igor Sartori et. al. υπάρχει πλουραλισμός ορισμών αλλά γίνεται προσπάθεια από διεθνείς οργανισμούς για μια ενιαία προσέγγιση, τόσο στους ορισμούς και στις μεθοδολογίες όσο και στα κριτήρια. Όταν μιλάμε για (ZEB) εννοούμε κτήρια μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου. Η **εικόνα 1** μας παρέχει μια επισκόπηση της σχετικής ορολογίας που αφορά τη χρήση της ενέργειας στα κτήρια και τη σύνδεση μεταξύ των κτιρίων και δικτύων ενέργειας. Το σκίτσο δεν είναι μια γραφική παράσταση του ενεργειακού ισοζυγίου. Εδώ έχουμε την εξαγωγή-τροφοδοσία ενέργειας (feed-in energy) από το οίκημα μέσω ΑΠΕ και την εισερχόμενη-παρεχόμενη ενέργεια (delivered energy) μέσω του Natural Resources (πρωτογενούς ενέργειας) και τις αλληλεπιδράσεις και των δικτύων. Στο τέλος βλέπουμε το αποτέλεσμα μεταξύ εξερχόμενης και εισερχόμενης ενέργειας.

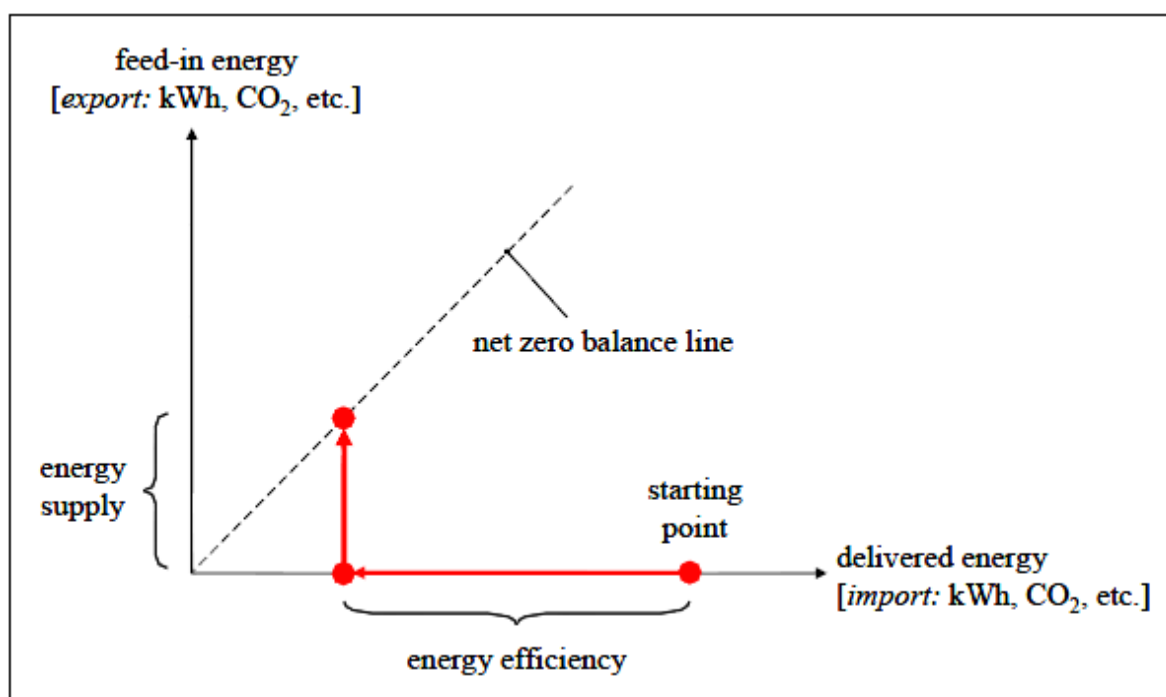


Εικόνα 1: σχέση μεταξύ κτιρίου και ενεργειακών φορτίων

Η βασική ιδέα περιγράφεται από την παρακάτω σχέση

$$\text{Net ZEB: } | \text{export} | - | \text{import} | \geq 0$$

Στην ουσία αυτή η σχέση εκφράζει την ισορροπία μεταξύ εισαγωγών και των εξαγωγών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου όπου θα πρέπει να είναι μηδέν, ή ακόμα και θετική. Αυτό μπορεί να παρασταθεί γραφικώς όπως στην **εικόνα 2**, με την εισαγωγή (παρεχόμενη ενέργεια) για το x-άξονα και την εξαγωγή (feed-in ενέργεια) για τον άξονα y [1].



Εικόνα 2: γραφική αναπαράσταση ενεργειακού ισοζυγίου

Υπάρχει όμως και διαφορά στην θέσπιση κοινών κριτηρίων και μεθοδολογιών όπως προαναφέραμε. Σύμφωνα με τους A.J. Marszal et. al. γίνεται προσπάθεια από διεθνείς επιτροπές Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), την U.S. Green Building Council(USGBC) και την Bre Environmental Assesment Method (BREEAM) για κοινή προσέγγιση υπολογισμών και κριτηρίων όπως μεθόδων: (1)η μετρική της ισορροπίας,(2) η περίοδος εξισορρόπησης, (3) το είδος της χρήσης ενέργειας περιλαμβάνεται στο υπόλοιπο, (4) ο τύπος του ενεργειακού ισοζυγίου, (5) οι αποδεκτές επιλογές των ανανεώσιμων πηγών ενεργειακού εφοδιασμού, (6) η σύνδεση με την υποδομή και την ενέργεια, (7) οι απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση, το εσωτερικό κλίμα και στην περίπτωση της σύνδεσης των ZEB για την αλληλεπίδραση κτήριο-δίκτυο για μια ενιαία παγκόσμια ορολογία και μέθοδο. Έτσι λοιπόν επικεντρωνόμαστε στην αναθεώρηση για τους περισσότερους από τους υπάρχοντες ορισμούς ZEB και στις διάφορες προσεγγίσεις για πιθανές μεθοδολογίες υπολογισμού ZEB. [2]

Συνεχίζοντας λίγο την ανάλυση από παραπάνω έχουμε και την εισαγωγή νέων όρων που έχουν να κάνουν με τη βιωσιμότητα των κτιρίων αλλά και την καταναλισκόμενη ενέργεια, όπως ενσωματωμένη

ενέργεια κτιρίου, ενεργειακή χρήση, κύκλος ζωής ενέργειας καθώς και τον όρο net-ZEB κ.λ.π. σύμφωνα με τους Patxi Hernandez, Paul Kenny οι οποίοι προσπαθούν να συνδέσουν ποιοτικά και ποσοτικά αυτές τις έννοιες. Η έννοια της «καθαρής ενέργειας», εισάγεται και εφαρμόζεται στο πλαίσιο του δομημένου περιβάλλοντος, με βάση μια μεθοδολογία για την ενσωματωμένη ενέργεια των δομικών στοιχείων μαζί με τη χρήση ενέργειας σε λειτουργία. Για την καλύτερη κατανόηση του σχήματος της **εικόνας 3** θα δοθούν κάποιοι ορισμοί.

(AEU) = Annualised Energy Use (Ετήσια Χρήση Ενέργειας)

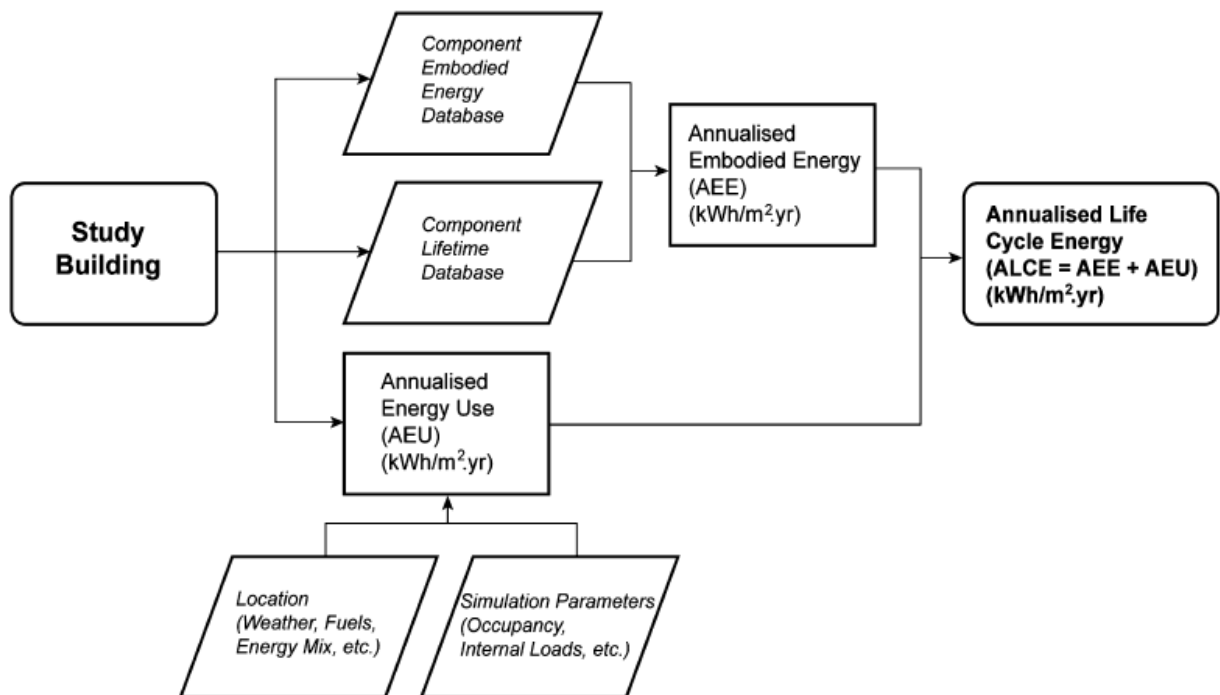
(AEE) = Annualised Embodied Energy (Ετήσια ενσωματωμένη ενέργεια)

Να επισημάνουμε ότι στην ενσωματωμένη ενέργεια υπολογίζουμε και την ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή του κτιρίου.

(ALCE) = Annualised Life Cycle Energy (Ετήσια Ενέργεια Κύκλου Ζωής

LC-ZEB = κύκλος ζωής ZEB

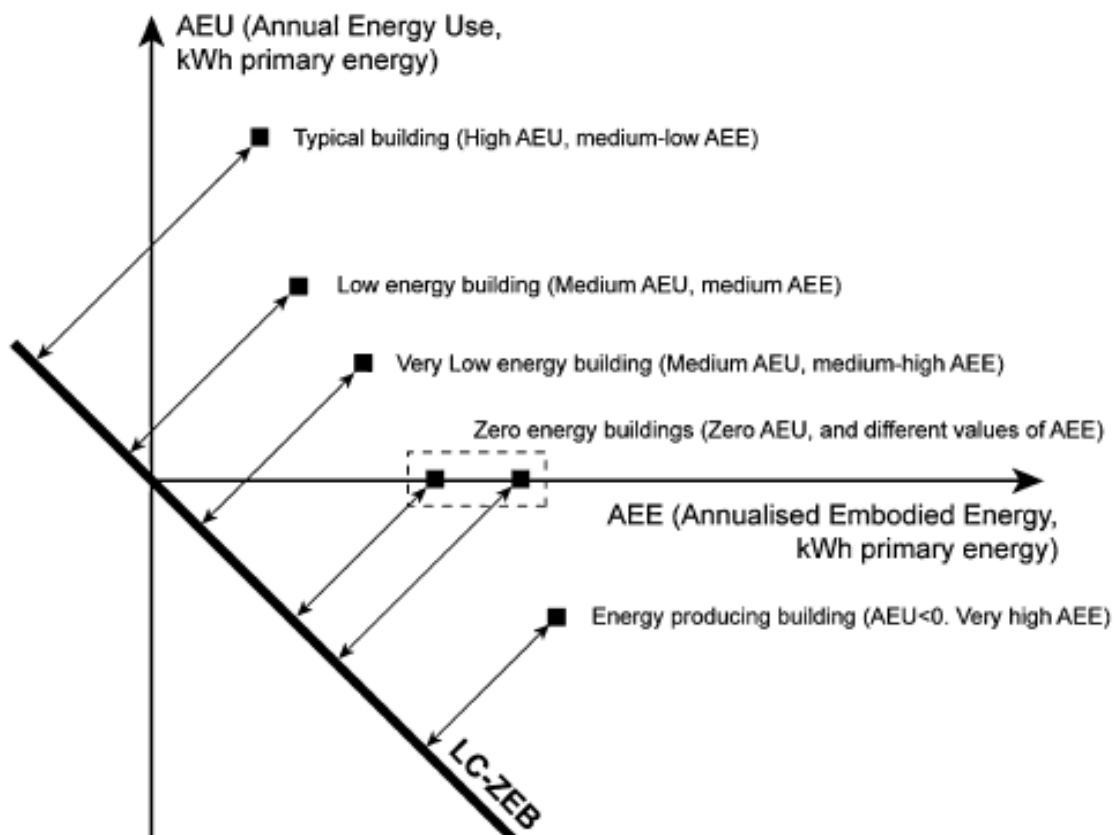
Σχηματικά έχουμε την παραπάνω διαδικασία το κτήριο προς μελέτη όπου τα μέρη του είναι η (AEU) που αποτελείται από τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας και τις παραμέτρους προσομοίωσης, καθώς και την (AEE) που αποτελείται τα δεδομένα της ενσωματωμένης ενέργειας και του κύκλου ζωής. Το άθροισμα των $AEE + AEU = ALCE$.



Εικόνα 3: σχηματική αναπαράσταση

Η LC-ZEB μπορεί τώρα να επαναπροσδιοριστεί ως η ετήσια ζωή όπου η ενέργεια του κύκλου είναι μηδέν. $AEU + AEE = 0$. Αντί για την ποσοτικοποίηση της ενέργειας όπως φαίνεται στην παραπάνω εξίσωση μπορεί να αντιπροσωπεύεται από έναν XY γράφημα (**εικόνα 4**) όπου ο οριζόντιος άξονας είναι η ετήσια ενσωματωμένη ενέργεια (AEE) και ο κάθετος άξονας η ετήσια κατανάλωση ενέργειας (AEU) και η (LC-ZEB) αντιπροσωπεύεται από μια γραμμή στο 45° . Τα κτήρια κατά μήκος του οριζόντιου άξονα αντιπροσωπεύουν κτήρια μηδενικής ενέργειας (με μηδενική ετήσια ενεργειακή χρήση), αλλά θα πρέπει να σημειωθεί ότι θα μπορούσαν να έχουν διαφορετική ενσωματωμένη

ενέργεια, επομένως εμφανίζονται κοντύτερα ή μακρύτερα από το να LC-ZEBs. Δεδομένου ότι η ετήσια ενσωματωμένη ενέργεια (AEE) είναι πιθανό να είναι πάντα πάνω από το μηδέν, που αντιπροσωπεύει την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του, ένα LC-ZEB γενικά θα έχει μια ετήσια χρήση ενέργειας (AEU) κάτω από το μηδέν. Για την επίτευξη (AEU) μικρότερη από το μηδέν απαιτεί ότι το κτήριο θα πρέπει να παράγει περισσότερη ενέργεια από ό, τι χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του και έτσι απαιτείται η εγκατάσταση κάποιας μορφής συστήματος ΑΠΕ που είναι μέρος της (AEE). Ως εκ τούτου οι εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα μεγάλο ποσοστό της ενσωματωμένης ενέργειας που παράγεται και συνυπολογίζεται στη λύση. Η υπερδιαστασιολόγηση των οικοδομικών στοιχείων ή των συστημάτων ΑΠΕ με μοναδικό σκοπό να φέρει τη (AEU) στο μηδέν θα μπορούσε στην αντίθετη περίπτωση να έχουμε μία υψηλή αύξηση της AEE, που σημαίνει ότι η (ALCE) μπορεί να μην μειωθεί σημαντικά ή θα μπορούσε να ακόμη και να αυξηθεί. Όλα αυτά παριστάνονται παρακάτω [3].



Εικόνα 4: ετήσιος ενεργειακός κύκλος ζωής σε γραφική απεικόνιση

Παραδείγματα (net-ZEB) και «βιώσιμων» κτιρίων έχουμε το Queens Building, De Montfort University και το Oberlin College Lewis Center.



Εικόνα 5: Queens Building, De Montfort University



Εικόνα 6: Oberlin College Lewis Center

Σε αυτά εφαρμόστηκαν κάποια μέτρα με σκοπό τη μελέτη τους και ειδικότερα τις εκπομπές CO₂ πριν και μετά. Πιο συγκεκριμένα στην **εικόνα 5** βλέπουμε τους μηχανισμούς αερισμού που έχουν τοποθετηθεί, ενώ στην **εικόνα 6** βλέπουμε έναν συνδυασμό μέτρων όπως χρήση ΑΠΕ, μεγάλες γυάλινες επιφάνειες και ύπαρξη βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο [4].

3.1.Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Για να περιγράψουμε τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου θα πρέπει να ορίσουμε πρώτα την έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Με τον όρο βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων λοιπόν, εννοούμε τον σχεδιασμό εκείνο όπου λαμβάνουμε υπόψη το τοπικό κλίμα, στοχεύει στην εξασφάλιση των βελτιωμένων εσωτερικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας (για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό), αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιος, αέρας, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανός). Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν η *θερμική προστασία του κελύφους*, τα *παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης*, οι τεχνικές και τα *συστήματα φυσικού δροσισμού και φωτισμού*. Επίσης *τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας* (διαχωρισμός κτιρίου σε θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου).

3.2.Βιοκλιματική λειτουργία κτιρίου

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω η βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου είναι η ικανότητα του κελύφους του κτιρίου να δημιουργεί τις συνθήκες που προαναφέραμε.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι στη βέλτιστη λειτουργία αλλά και τη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου συμβάλλουν τόσο η χρήση Α.Π.Ε. αλλά και υβριδικών συστημάτων που θα αναφέρουμε παρακάτω.

3.3.Φυσικές πηγές ενέργειας και απωλειών

Τα παθητικά συστήματα παρέχουν στο κτήριο θέρμανση και δροσισμό με την εκμετάλλευση φυσικών πηγών ενέργειας. Σαν πηγή ενέργειας θα μπορούσε να θεωρηθεί κάθε στοιχείο του περιβάλλοντος που συνεισφέρει θερμότητα σε ένα κτήριο, ενώ το στοιχείο που απορροφά θερμότητα συνιστά απώλεια.

Βασικές πηγές ενέργειας για τη θέρμανση είναι:

- 1) Η ηλιακή ακτινοβολία
- 2) Ο εξωτερικός αέρας θερμοκρασίας άνω των 24 °C

Βασικές καταβόθρες απωλειών είναι:

- 1) Ο ουρανός και το διάστημα πέραν της ατμόσφαιρας
- 2) Ο εξωτερικός αέρας, θερμοκρασίας κάτω των 24° C
- 3) Οι υγρές επιφάνειες και η βλάστηση.

Για τον σχεδιασμό ενός κτιρίου σημαντικό ρόλο αποτελεί η γνώση του κλίματος. Έτσι έχουμε τις εξής κατηγορίες :

Μακρο-κλίμα: καλύπτει τα γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής (γεωγραφικόπλάτος)

Μεσο-κλίμα: το γενικό κλίμα μετριάζεται από την τοπική τοπογραφία όπως το ανάγλυφο του εδάφους και οι υδάτινες επιφάνειες.

Μικρο-κλίμα: στην ίδια τοποθεσία και οι μικρές διαφορές στη βλάστηση και τη μορφολογία του εδάφους, έχουν καθοριστική επίδραση.

Τέλος θα ήταν χρήσιμο να κάνουμε και μια μικρή αναφορά στις κλιματικές ζώνες αφού είναι ένας βασικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη. Η Ευρώπη χωρίζεται σε τέσσερεις κλιματικές ζώνες με πολύ διαφορετικά μεταξύ τους χαρακτηριστικά όπως φαίνεται και στην **εικόνα 7**.



Εικόνα 7: διαχωρισμός κλιματικών ζωνών

Τώρα όσον αφορά την Ελλάδα χαρακτηρίζεται από τον μεσογειακό τύπο του εύκρατου κλίματος και έχει ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια. Το κλίμα τις χώρες μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

Υγρό μεσογειακό: [Δυτική Ελλάδα, δυτική Πελοπόννησος, πεδινά και ημιορεινά τις Ηπείρου]

Ξηρό μεσογειακό: [Κυκλάδες, παραλιακή Κρήτη, 4ωδεκάνησα, ανατολική Πελοπόννησος, Αττική, πεδινές περιοχές Ανατολικής Στερεάς]

Ηπειρωτικό: [Κυκλάδες, παραλιακή Κρήτη, 4ωδεκάνησα, ανατολική Πελοπόννησος, Αττική, πεδινές περιοχές Ανατολικής Στερεάς]

Ορεινό: [Ορεινές περιοχές με υψόμετρο περίπου >1500μ στη βόρεια Ελλάδα, >1800μ στην κεντρική Ελλάδα και >2000μ στην Κρήτη]. Ακολουθεί η **εικόνα 8** με τις κλιματικές ζώνες.



Εικόνα 8 : κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

3.4.Εφαρμογές μέτρων/αρχές

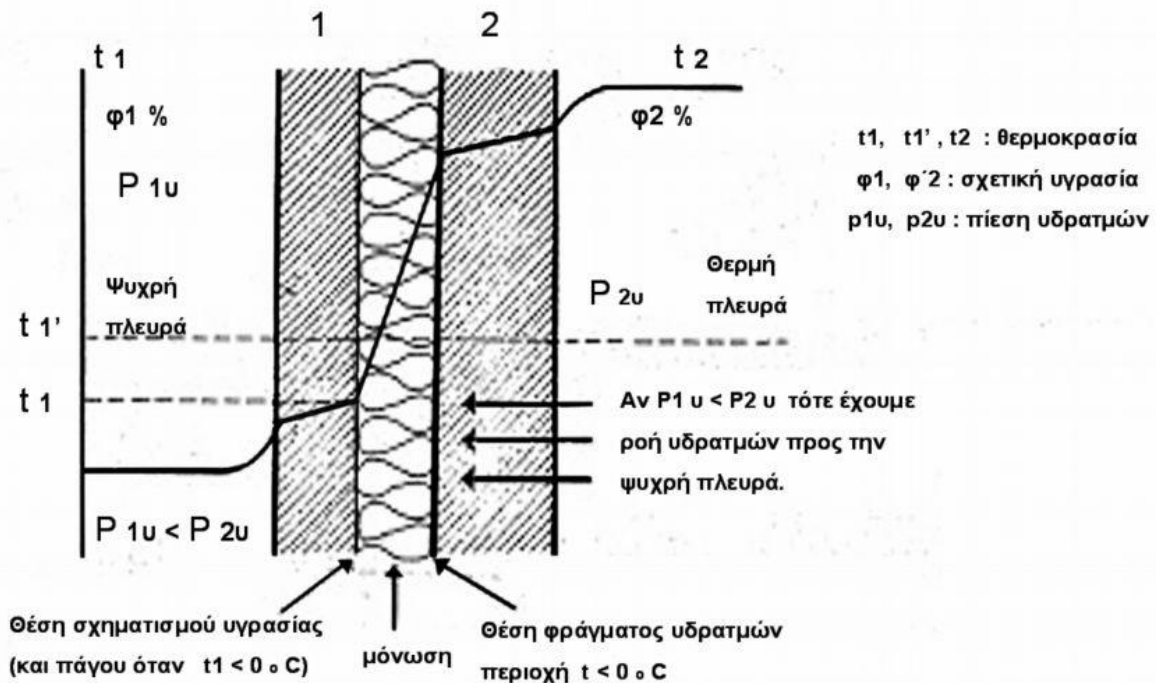
3.4.1. Θερμική άνεση(ψύξη/θέρμανση)

3.4.1.1. Θερμική προστασία του κελύφους

Η θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι εξασφαλίζεται με τη χρήση των κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου με τη σωστή θερμομόνωση και την αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων με ιδιαίτερη προσοχή στις θερμογέφυρες (αμόνωτο ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχείο, όπως ο φέρων οργανισμός, με αποτέλεσμα τη δημιουργία «ευαίσθητων» σημείων στο κτήριο και συμπύκνωση υδρατμών στις εσωτερικές επιφάνειες. Η θερμική προστασία εξασφαλίζεται κυρίως με χρήση κουφωμάτων βελτιωμένης ενεργειακής απόδοσης και (διπλά ή ειδικά τζάμια) καθώς και διατάξεις σκίασης.

3.4.1.2. Μόνωση

Η σημασία της θερμικής άνεσης στο καθημερινό μας περιβάλλον είναι μεγάλη. Ειδικότερα στα σχολεία η ύπαρξη θερμικής άνεσης έχει να κάνει με την απόδοση μαθητών και καθηγητών και άρα την εύρυθμη λειτουργία τους. Στην **εικόνα 9** έχουμε μια τυπική μορφή ενδιάμεσης μόνωσης σε τομή και τον τρόπο μετάδοσης θερμότητας.



Εικόνα 9: Διακύμανση θερμοκρασίας από την εσωτερική προς την εξωτερική πλευρά.

Κάθε κτήριο αποτελεί ένα κέλυφος μέσω του οποίου μπορούν να διέρχονται ποσά θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του ή και αντίστροφα. Η μεταφορά της θερμότητας μέσω του κελύφους είναι φαινόμενο περίπλοκο και πολύπλευρο. Η κατεύθυνση και το μέγεθος της ροής της θερμότητας επηρεάζεται από την ηλιακή πρόσπτωση και την εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία. Ένας από τους παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας στο σχεδιασμό ώστε να επιτύχουμε μέγιστη θερμική άνεση με την ελάχιστη δαπάνη ενέργειας είναι η μόνωση. Θερμομόνωση ενός χώρου μπορεί να επιτευχθεί με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Όταν λέμε άμεσο τρόπο εννοούμε τη χρήση θερμομονωτικών υλικών στην κατασκευή, είτε αυτά προβλεφθούν από το σχεδιασμό είτε αυτά προστεθούν εκ των υστέρων.

Η άμεση μόνωση των κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί με :

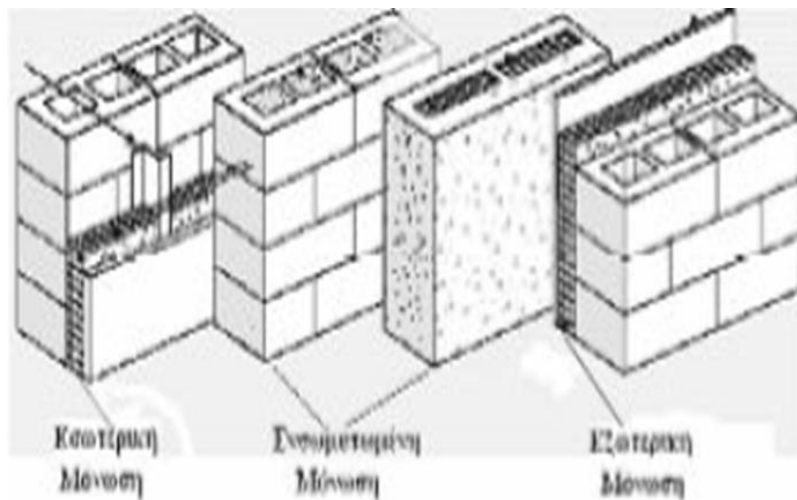
Εξωτερική θερμομόνωση

Γίνεται από υλικά πάχους όσου απαιτηθεί από την εκάστοτε μελέτη και θα περιβάλλει όλα τα δομικά φέροντα στοιχεία καθώς και τοίχους από τούβλο, υποστρώματα και δοκούς από σκυρόδεμα. Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό 42% για την Α κλιματική ζώνη, 24% για τη ζώνη Β και 17% για τη ζώνη Γ.

Εσωτερική θερμομόνωση

Όταν πρόκειται για προστασία εσωτερικού χώρου από υψηλότερες θερμοκρασίες του εξωτερικού τότε η εσωτερική μόνωση αποδίδει καλύτερα διότι αποφεύγεται η θερμοσυσσώρευση του εξωτερικού περιβάλλοντος και αυτό ωφελεί τόσο τους εσωτερικούς χώρους όσο και το άμεσο εξωτερικό

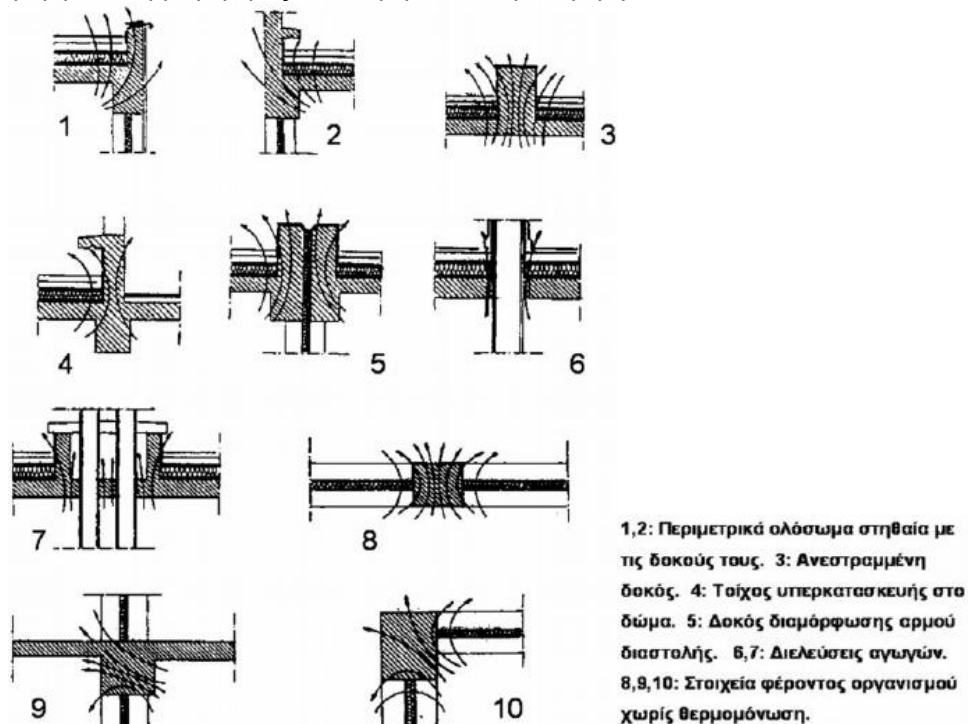
περιβάλλον όπου η ενέργεια αυτή θα αποδίδεται τις νυκτερινές ώρες. Η θερμομόνωση της εσωτερικής τοιχοποιίας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό 57% για την Α κλιματική ζώνη, 38% για την Β και 27% για την Γ.



Εικόνα 10 : Παραδείγματα μόνωσης

Απόδοση

Η εσωτερική μόνωση δίνει μεγαλύτερα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά μπορεί να συντελέσει στη συμπύκνωση υδρατμών στο εσωτερικό μέρος των τοίχων. Εξάλλου η εξωτερική μόνωση αποτελεί πληρέστερη λύση διότι προστατεύει το εξωτερικό περίβλημα από τις καιρικές μεταβολές, αλλά και διότι εξασφαλίζει την θερμή περίοδο. Η λύση της ενδιάμεσης θερμομόνωσης ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, η οποία και συνήθως εφαρμόζεται είναι επίσης δυνατή. Αυτό το είδος θερμομόνωσης βέβαια εάν δεν ληφθεί σχετική μέριμνα αφήνει πλήθος θερμογεφυρών στα στοιχεία από σκυρόδεμα (π.χ. υποστυλώματα, δοκάρια, πλάκες, πρέκια κλπ). Ακολουθεί η **εικόνα 11** με σχηματική αναπαράσταση διάφορων μορφών θερμογέφυρας σε διαφορετικά δομικά μέρη.



Εικόνα 11: μορφές θερμογέφυρας σε διαφορετικά δομικά μέρη

3.4.1.3. Μόνωση οροφής

Εξωτερική μόνωση

Υπάρχει η κλασική θερμομόνωση δωματίων (ή και στεγών) που τοποθετείται κάτω από τη στεγανωτική στρώση και συνήθως, πάνω από ένα λεπτό φράγμα υδρατμών για την αποφυγή συμπυκνώσεων εντός της μάζας της. Υπάρχει όμως και η «ανεστραμμένη» θερμομόνωση η οποία τοποθετείται (κυρίως στα δωμάτια) πάνω από την στεγανωτική στρώση, επομένως πρέπει να μην βλάπτεται από την βροχή και, συνήθως, προστατεύεται από πάνω με υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία και με αντίσταση στην υφαρπαγή (π.χ. στρώση από τεχνητές ή φυσικές πέτρινες πλάκες ή στρώση καταλλήλου πάχους από εμφανές θραυστό υλικό). Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα δωμάτια πρέπει να είναι αδιαπέραστα από το νερό (μη υδρόφιλα). Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης για τη ζώνη Γ μπορεί να είναι 5 – 7 cm ενώ για τις ζώνες Β και Α το πάχος των 5 cm. είναι επαρκές.

Εσωτερική μόνωση

Η θερμομόνωση εκ των έσω ενός δωματίου από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει σε κάθε περίπτωση να αποφεύγεται. Επιτρέπει επιπλέον θερμοσυσσώρευση στην πλάκα και μεταφορά του θερμικού φορτίου όλη τη νύκτα μέσω θερμογεφυρών στο εσωτερικό, επιβαρύνοντας συγχρόνως το άμεσο εξωτερικό περιβάλλον με αποβολή του συγκεντρωθέντος την ημέρα φορτίου. Η εξωτερική μόνωση όμως, λόγω της διατήρησης θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλει στη θερμική άνεση το καλοκαίρι.

Απόδοση

Από καθαρά ενεργειακή άποψη και λόγω των μεγάλων απωλειών από αερισμό αλλά και λόγω της σχετικά μικρής επιφάνειας της οροφής, η απόδοση της μόνωσης οροφής είναι μικρή, ανερχόμενη σε ποσοστό 8% για την Α κλιματική ζώνη, 7% για τη Β κλιματική ζώνη και 5% για τη Γ. Από θερμική όμως άποψη, η μόνωση της οροφής εντείνει το αίσθημα της θερμικής άνεσης στις αίθουσες του τελευταίου ορόφου, τόσο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου και δεν προβλέπεται μηχανικό σύστημα δροσισμού/κλιματισμού.

Η έμμεση μόνωση των κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί με :

Ένα κέλυφος μπορεί να μονωθεί και με έμμεσο τρόπο, δηλαδή με δομικά συστήματα όπως διπλά πατώματα με κενό, διπλούς τοίχους με κενό, επένδυση των όψεων με πλέγμα ξύλου που δημιουργεί μικροκλίμα μεταξύ της υπάρχουσας όψης και της επένδυσης. Το σύστημα αυτό επιτρέπει τη σκίαση της όψης και την ύπαρξη ενός κενού της τάξεως των 5 cm μεταξύ της παλιάς όψης και της καινούριας του κτιρίου. Το κενό αυτό επιτρέπει την κυκλοφορία αέρα και επομένως τη φυσική έμμεση μόνωση του κτιρίου, ελαττώνοντας στο ελάχιστο την επιφάνεια της όψης με άμεση ηλιακή πρόσπτωση. Άλλο σύστημα για έμμεση κτιριακή μόνωση είναι η παρεμβολή κενών χώρων υπαιθρίων ή ημιυπαιθρίων μεταξύ των μονάδων του κτιρίου, ώστε να ελαττώνονται τα θερμικά ποσά που μεταφέρονται από τον ένα χώρο στον άλλο.

3.4.1.4. Στεγάνωση

Η στεγάνωση έχει μεγάλη σημασία για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου επειδή η μη ύπαρξή της μπορεί να μειώσει τη θερμομονωτική ικανότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στη θερμομόνωση. Το γεγονός αυτό εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του νερού είναι 0,57 W/m.K ενώ του ακίνητου ξηρού αέρα είναι 0,024 W/m.K δηλαδή είναι τέσσερις φορές μικρότερος. Το υλικό που επηρεάζεται από την υγρασία είναι ο υαλοβάμβακας που μπορεί εύκολα να «εξουδετερωθεί» πλήρως ως θερμομονωτική στρώση και χρησιμοποιείται πάρα πολύ σε πολλά κτήρια. Αντίθετα, άλλα θερμομονωτικά υλικά όπως ο πετροβάμβακας ή η εξηλασμένη πολυστερόλη υψηλής πυκνότητας παρουσιάζουν σημαντική αντίσταση σε πρόσληψη υγρασίας. Επίσης η υγρασία σε ένα χώρο αυξάνει το ψύχος σε αυτόν, ενώ η αύξηση των υδρατμών και των συμπυκνώσεων είναι αντίθετη της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του.

3.4.2. Παθητικά-ηλιακά συστήματα

Είναι τεχνικές που εμπεριέχονται στο σχεδιασμό του κτιρίου και προσαρμόζονται κατάλληλα στο κέλυφός του. Διευκολύνουν στην καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων αξιοποιώντας τους νόμους της μεταφοράς θερμότητας. Την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και ύστερα τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης έχουμε την αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για την ψύξη τους. Μια γενική κατηγοριοποίηση των συστημάτων αυτών είναι τα συστήματα άμεσου κέρδους και έμμεσου κέρδους. Η διαφορά έγκειται στο χρόνο απόδοσης των συστημάτων όπως προιόδεάζουν και οι λέξεις. Κάποια συστήματα τέτοιων ειδών θα αναφερθούν παρακάτω.

φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ονομάζεται η φυσική διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συμβάλλει στη θέρμανσή του. Τα τελευταία χρόνια, ο όρος συνδέεται με την παγκόσμια θέρμανση (global warming), ενώ θεωρείται πως το φαινόμενο έχει ενισχυθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στην περίπτωση μας εννοούμε είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω γυάλινων ή διαφανών επιφανειών και τον εγκλωβισμό της θερμότητας που προκύπτει στον εσωτερικό χώρο.

3.4.3. Χωροθέτηση-προσανατολισμός

Για τα σχολικά κτήρια, η τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει στις αίθουσες διδασκαλίας να έχουν καλό φωτισμό σε όλη τη διάρκεια του έτους, τα μέγιστα ηλιακά κέρδη από την πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων μέσα στους χώρους κατά την διάρκεια του χειμώνα και να εξασφαλίζεται η σκίαση κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης θα πρέπει να διασφαλίζει τον διαμπερή αερισμό των χώρων με βάση τους ανέμους στην περιοχή και τον διαμπερή-αμφίπλευρο φωτισμό ώστε οι αίθουσες να φωτίζονται επαρκώς. Επιπλέον να αποφεύγεται το φαινόμενο της θάμβωσης και να υπάρχει προστασία από την ηχορύπανση. Τέλος ο προσανατολισμός του οικοπέδου, αλλά και του κτιριακού όγκου επηρεάζει άμεσα την φύτευση. Τα φυτά πρέπει να επιλέγονται και να τοποθετούνται στον περιβάλλοντα χώρο με κριτήριο την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι ιδανικότεροι προσανατολισμοί για τους χώρους διδασκαλίας θεωρούνται:

i) εξωτερικός προσανατολισμός

Ο νότιος, ο οποίος προσφέρει ιδανικές συνθήκες φωτισμού εφόσον οι χώροι προστατευθούν από τον απευθείας ηλιασμό και ο βορεινός που προσφέρει σταθερές συνθήκες έμμεσου – διάχυτου φωτισμού όλη την ημέρα.

Ο ανατολικός και ο δυτικός προσανατολισμός πρέπει να αποφεύγονται. Όταν ο ιδανικός προσανατολισμός δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί οι χώροι θα πρέπει να προστατεύονται από την απευθείας πρόσπτωση του ηλίου με άλλα μέσα. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι, όσον αφορά το νότιο προσανατολισμό των χώρων, πολλές παρεξηγήσεις έχουν συμβεί με βάση τις αρχές που έχουν καλλιεργηθεί σε βορειότερες και ψυχρότερες χώρες.

ii) εσωτερικός προσανατολισμός

Αφορά την χωροθέτηση των χρήσεων –λειτουργιών στο εσωτερικό του κτιρίου. Όταν δεν είναι εφικτός ο επιθυμητός προσανατολισμός του συνολικού κτιρίου, μπορούμε να χωροθετήσουμε τις λειτουργίες στο εσωτερικό του ώστε να έχουν τον ευνοϊκότερο δυνατό προσανατολισμό.

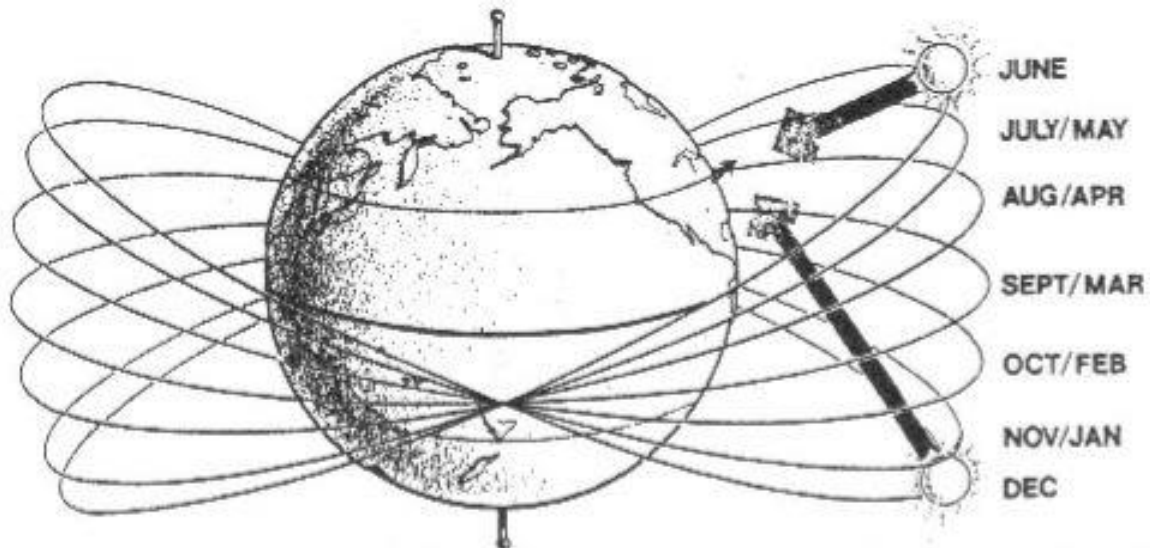
3.4.4. Ηλιοπροστασία του κτιρίου

Ο σκιασμός των ανοιγμάτων του κτιρίου είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου τη θερινή περίοδο. Θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και οπτικής άνεσης. Επίσης δε θα πρέπει να εμποδίζει τον ηλιασμό το χειμώνα. Μέσω της ορθής θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτή

συνεπάγεται (οικονομικά, περιβαλλοντικά λόγω μείωσης των εκπομπών CO₂, ποιότητας ζωής κ.λπ.). Για τη σωστή ηλιοπροστασία του κτιρίου συμβάλλουν και άλλοι παράγοντες όπως : τους προσανατολισμούς των χώρων, την λειτουργικότητα αυτών, τη γεωγραφική θέση του κτιρίου κ.α.

Ηλιακή τροχιά

Προκειμένου να προσδιοριστεί ο ηλιασμός ενός κτιρίου ή ενός οικοπέδου Κάνουμε την παραδοχή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, δηλαδή θεωρούμε ότι η γη παραμένει σταθερή, ενώ ο ήλιος κινείται. Αυτή η παραδοχή διευκολύνει στη γεωμετρική απεικόνιση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, οι οποίες ακολουθούν μια μεγάλη συνεχή σπείρα. Ο μήνας Δεκέμβριος έχει την χαμηλότερη τροχιά, ενώ ο Ιούνιος την υψηλότερη. Ακολουθεί η **εικόνα 12** που απεικονίζει τις τροχιές του ήλιου ανάλογα το μήνα.



Εικόνα 12: τροχιές ήλιου

3.5.Συστήματα έμμεσου κέρδους

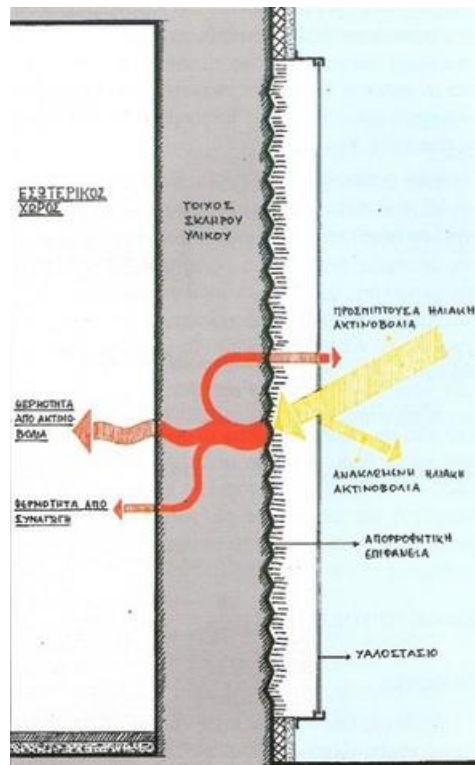
3.5.1. Ηλιακοί τοίχοι

Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά σε απόσταση 15cm περίπου τζάμια που λειτουργούν σαν ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πανέλο). Η τοιχοποιία μπορεί να είναι είτε αμόνωτος τοίχος μεγάλης θερμικής μάζας, είτε θερμομονωμένη κατασκευή. Το υαλοστάσιο μπορεί να είναι σταθερό ή ανοιγόμενο και να φέρει μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες.

τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης αποτελούνται από τοίχο κατασκευασμένο από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας όπως σκυρόδεμα, πέτρα, συμπαγή τούβλα, ή δοχεία που περιέχουν νερό ή άλλο υλικό (υλικό αλλαγής φάσης). Η εξωτερική τους επιφάνεια είναι σκούρου χρώματος για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απορροφώμενη ακτινοβολία μεταδίδεται με αγωγή, ακτινοβολία και συναγωγή (μεταφορά μέσω του αέρα) στον εσωτερικό χώρο.

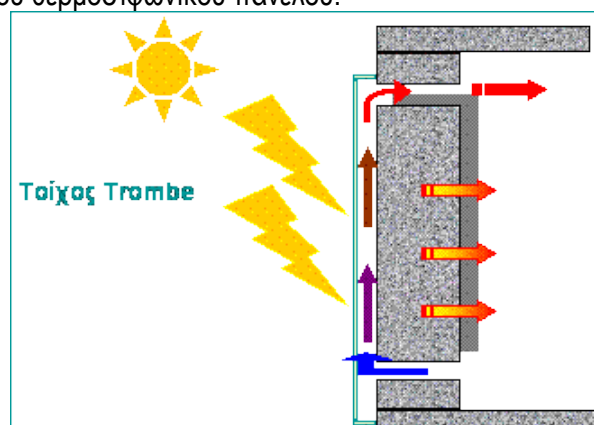
Ακολουθεί η **εικόνα 13** που αναπαριστά σχηματικά την λειτουργία ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης και το πώς εκμεταλλεύεται η ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 13: αρχή λειτουργίας

3.5.2. Θερμοσιφωνικό πάνελο

Η βασική διαφορά από τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης είναι ότι ο τοίχος του πάνελου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών. Επιπλέον, το θερμοσιφωνικό πάνελο συνήθως φέρει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο μεταλλική απορροφητική πλάκα για μεγαλύτερη απόδοση. Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη (γυάλινη επιφάνεια) μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδων στο άνω τμήμα του πάνελου. Θυρίδες στο κατώτερο τμήμα επιτρέπουν την εισροή αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο διάκενο του θερμοσιφωνικού πάνελου. Κατά τη θερινή περίοδο, η λειτουργία του αντιστρέφεται. Ανοίγματα στο άνω τμήμα του υαλοστασίου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα προς τον εξωτερικό χώρο με αποτέλεσμα το δροσισμό του κτιρίου. Ακολουθεί η εικόνα που αναπαριστά γραφικά την λειτουργία του θερμοσιφωνικού πάνελου.

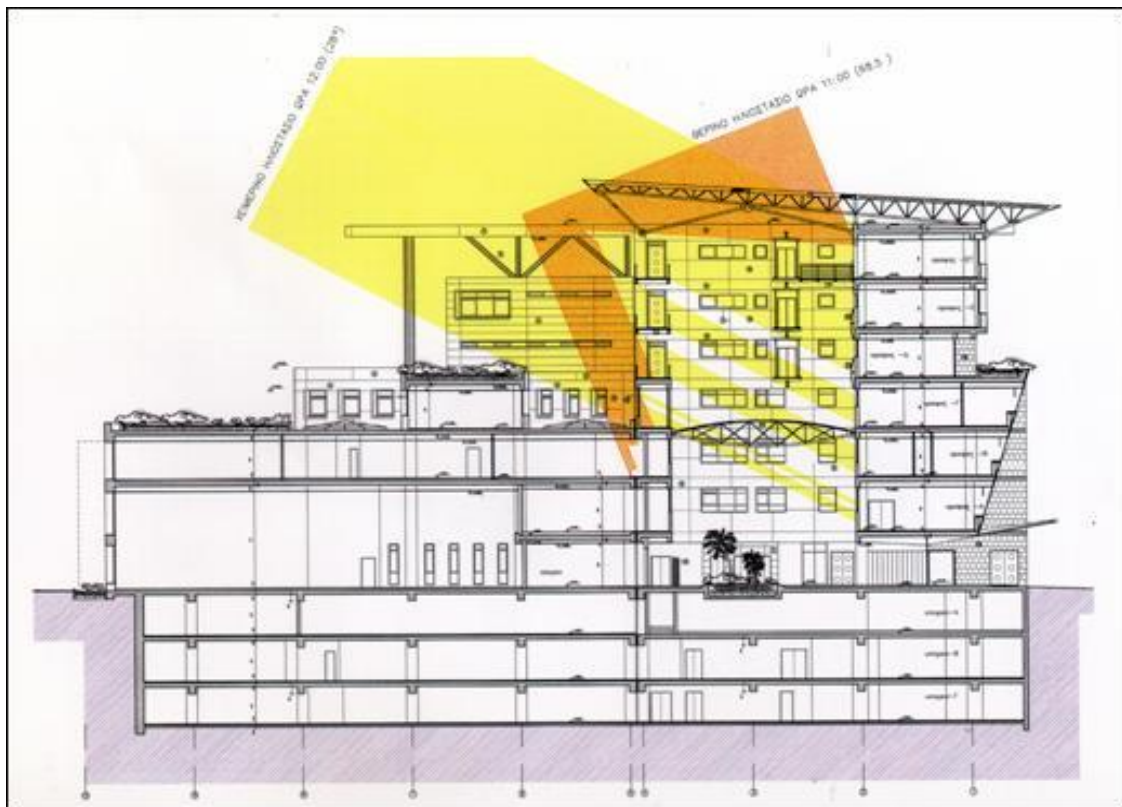


Εικόνα 14: αρχή λειτουργίας

3.5.3. Ηλιακά αίθρια

Ο αιθριακός χώρος ενός κτιρίου ο οποίος επικαλύπτεται με υαλοστάσια αποτελεί ένα άλλο σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους, το ηλιακό αίθριο. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αιθρίου και μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ή των κτιρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως μέσο θέρμανσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός.

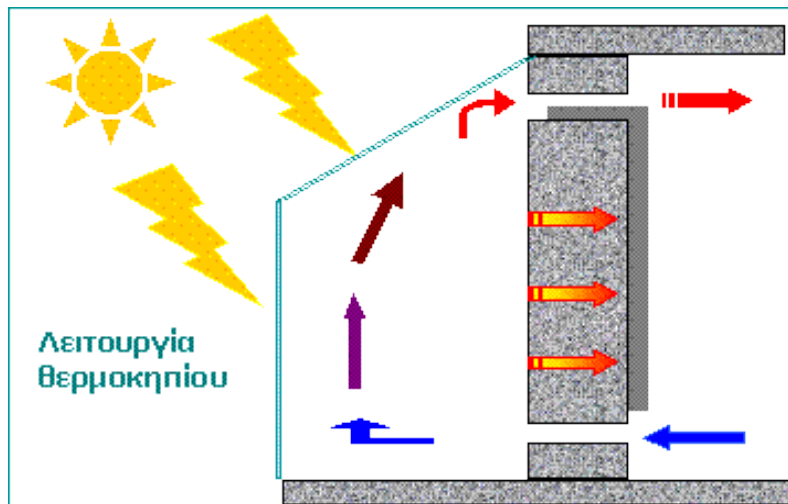
*Ενεργειακός Σχεδιασμός του κτιρίου της Ε.Σ.Υ.Ε. στην οδό Πειραιώς:
Τομή κτηρίου - ανάλυση ηλιασμού και σκιασμού των ηλιακών αιθρίων*



Εικόνα 15: ανάλυση ηλιασμού και σκιασμού των ηλιακών αιθρίων

3.5.4. Ηλιακοί χώροι(θερμοκήπια)

Είναι κλειστός χώρος, με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας, ο οποίος ενσωματώνεται σε τμήμα του κτιριακού κελύφους. Η ηλιακή ακτινοβολία, διερχόμενη από τα νότια υαλοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμική και μέρος αυτής αποδίδεται άμεσα στο χώρο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του, ενώ μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου (θερμική μάζα) και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας, που συσσωρεύεται στον ηλιακό χώρο, προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω των θυρίδων ή ανοιγμάτων του κοινού δομικού στοιχείου όπως φαίνεται και στην **εικόνα 16**



Εικόνα 16: αρχή λειτουργίας

3.5.5. Πράσινη οροφή

Ένα άλλο παθητικό μέτρο είναι η «πράσινη οροφή» όπου έχει πολλές εφαρμογές και σύμφωνα με τον H.F. Castleton et. al. είναι ένα μέτρο με οφέλη τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Επισημαίνεται ότι τα μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη τα έχουν κτήρια με φτωχή μόνωση ενώ σε αυτά με πολύ καλή παρατηρούμε μικρή διαφορά. Σημειώνεται ότι παρατηρείται αλλαγή στο μικροκλίμα της περιοχής. [5]

3.6.Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση στο εσωτερικό ενός χώρου χαρακτηρίζεται από τρία ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, που πρέπει να αποτελούν βασικά κριτήρια ελέγχου του φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας:

- 1) Η ποσότητα του φωτισμού που φτάνει στο επίπεδο εργασίας.
- 2) Η κατανομή του φωτισμού στο χώρο εργασίας (δηλαδή η ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός σε όλα τα θρανία).
- 3) Η αποφυγή της θάμβωσης που δημιουργείται συνήθως, είτε από την είσοδο και την πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο επίπεδο εργασίας, είτε από τη δημιουργία έντονων φωτοσκιάσεων στο χώρο. Το φαινόμενο αυτό γίνεται ιδιαίτερα έντονο όταν ο χώρος διαθέτει απροστάτευτα, από άποψη σκιασμού, μεγάλα ανοίγματα στις νότιες όψεις των χώρων του.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτήρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης συμβάλλει και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Ιδιαίτερη σημασία στο σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κάλυψη των αναγκών από το φυσικό φως ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου. Έτσι λοιπόν για να εξασφαλιστεί η οπτική άνεση, θα πρέπει να υπάρχει επαρκής ποσότητα φωτός αλλά ταυτόχρονα και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση. Αυτό επιτυγχάνεται με τα σωστά ανοίγματα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου, το χρώμα/υφή των επιφανειών και από τους τύπους των υαλοπινάκων.

3.6.1. Φυσικός φωτισμός

Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού μπορεί να μειώσει δραστικά την άσκοπη χρήση τεχνητού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο σημαντικό ποσό από την ενέργεια που απαιτείται για το φωτισμό του κτιρίου (αλλά και για τον κλιματισμό, εφ' όσον

μειώνονται τα εσωτερικά θερμικά φορτία) κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Ακολουθεί μια περιγραφή των μέτρων με τα οποία επιτυγχάνεται η απαιτούμενη οπτική άνεση σαν συνάρτηση του φυσικού φωτισμού.

3.6.2. Χρώματα

Τα χρώματα των εσωτερικών επιφανειών των τάξεων πρέπει να είναι ανοιχτόχρωμα για να μην δημιουργούνται σκιές στο χώρο και να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή αντανάκλαση. Επίσης η υφή των επιφανειών θα πρέπει να είναι ματ και όχι στιλπνή για να αποφευχθεί η έντονη αντανάκλαση. Τα παστέλ χρώματα απορροφούν το 50% του φωτός που προσπίπτει σε αυτές, ελαπώνοντας την ποσότητα του φωτός που αντανακλάται ξανά προς το χώρο.

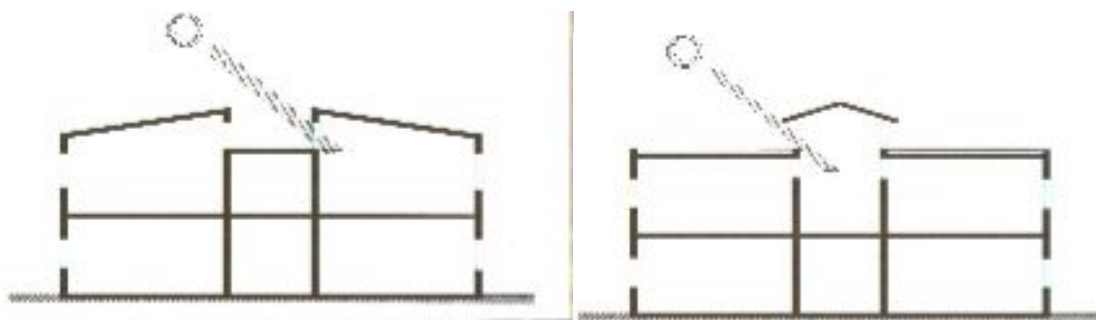
3.6.3. Ανοίγματα

Επειδή συνήθως οι αίθουσες διδασκαλίας έχουν μεγάλα ανοίγματα προς τη μία όψη, παρατηρείται ανομοιογένεια στην κατανομή του φωτός. Για να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού μέσα στις αίθουσες συνιστάται να υπάρχουν αμφίπλευρα ανοίγματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με φεγγίτες ή και μεγαλύτερα ακόμα ανοίγματα προς την πλευρά του διαδρόμου, ή και με ανοίγματα στην οροφή της αίθουσας ή του διαδρόμου στον τελευταίο όροφο.

Φωτισμός από ψηλά [φεγγίτες οροφής]

Οι φεγγίτες οροφής, υπό την προϋπόθεση ότι έχουν το κατάλληλο μέγεθος, είναι αποτελεσματικοί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ανεξάρτητα από το αν έχει ηλιοφάνεια ή συννεφιά και ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό του κτιρίου. Ο φωτισμός από ψηλά μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε μονώροφα κτήρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κτιρίων. Τα ανοίγματα οροφής επιτρέπουν ομοιόμορφη διανομή του φυσικού φωτός στο χώρο και ταυτόχρονα η χρήση τους μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης φαινομένων θάμβωσης. Ακολουθούν κάποια σχήματα ανά περίπτωση εφαρμογής. Οι παρακάτω εικόνες αναφέρονται σε μονώροφα κτήρια ή στον τελευταίο όροφο κτιρίου.

i) μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε ισόγεια κτήρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κατασκευών όπως φαίνεται και στην **εικόνα 17**



Εικόνα 17

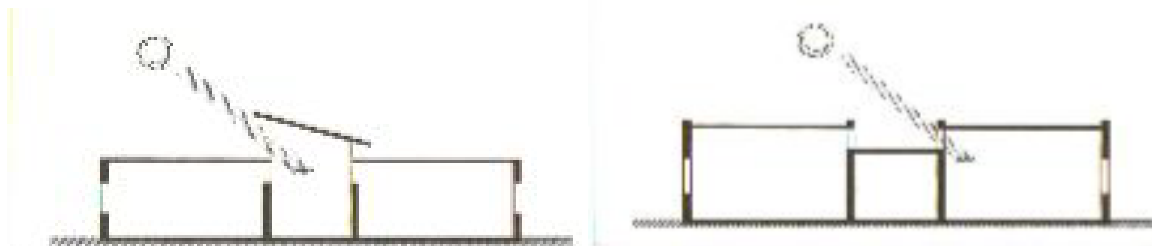
Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας.

Με υπερέκθεση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας.

ii) μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε ισόγεια κτήρια

Με υπερέκθεση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας

Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας. Αυτό φαίνεται και στην **εικόνα 18**.



Εικόνα 18 : προσομοίωση πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας

Φωτισμός από το πλάι [παράθυρα - φεγγίτες]

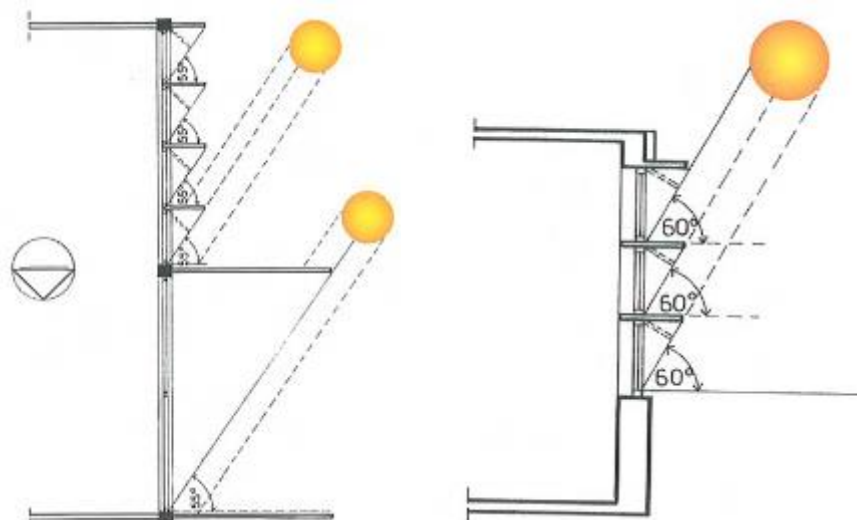
Η περισσότερο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος φυσικού φωτισμού είναι μέσω φωτιστικών ανοιγμάτων σε έναν ή περισσότερους τοίχους του χώρου. Ο φωτισμός από τα πλάγια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλους τους ορόφους του κτιρίου. Βέβαια, το φαινόμενο της θάμβωσης δεν είναι απολύτως ελέγξιμο χωρίς χρήση συστημάτων σκίασης και η διείσδυση του φωτός δεν είναι πλήρης γιατί το επίπεδο φωτισμού πέφτει απότομα καθώς αυξάνεται η απόσταση από τη φωτιστική επιφάνεια.

3.7. Τεχνητός-υβριδικός φωτισμός

Ο σχεδιασμός του συστήματος ηλεκτροφωτισμού πρέπει να είναι τέτοιος έτσι ώστε να λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς το φυσικό φως, και ενίσχυση της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω συστημάτων ελέγχου του φωτισμού. Να επιτρέπεται να σβήνουν τα φώτα στις περιοχές των χώρων που το φυσικό φως είναι επαρκές και να ανάβουν εκεί όπου είναι ελλιπές. Ο έλεγχος της λειτουργίας αυτού του συνδυαστικού συστήματος μπορεί να γίνεται χειροκίνητα ή με χρήση αυτοματισμών (με φωτοευαίσθητους αισθητήρες που καταγράφουν τα επίπεδα φωτός στο χώρο). Επίσης ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης της κατανάλωσης θα ήταν χρήσιμα για την παρακολούθηση της κατανάλωσης. Μια άλλη λύση, όχι τόσο εξελιγμένη, θα ήταν η λειτουργία του φωτισμού σε ζώνες. Δεδομένη πρέπει να θεωρείται η εγκατάσταση εξελιγμένου εξοπλισμού (λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, ηλεκτρολογική εγκατάσταση κ.λ.π), καθώς και η συχνή συντήρηση.

3.7.1. Σκίαση

Καθοριστικό στοιχείο για τη διασφάλιση των απαραίτητων συνθηκών άνεσης εντός των κτιρίων αποτελεί η κατάλληλη σκίαση των ανοιγμάτων. ο σχεδιασμός του ηλιασμού πρέπει να συνδυάζεται άμεσα με το σχεδιασμό της σκίασης, ώστε να αποφεύγεται η - συχνά παρατηρούμενη σε κτήρια στην χώρα μας - υπερθέρμανση των χώρων (φαινόμενο του θερμοκηπίου εντός των κτιρίων). Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η σκίαση των κτιρίων είναι αποτελεσματικότερη όταν επιτυγχάνεται προτού εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους, οπότε τα εξωτερικά σκίαστρα προτιμούνται των εσωτερικών. Αντίθετα κατά τους χειμερινούς μήνες η σκίαση δεν είναι επιθυμητή αφού με τον ηλιασμό μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση των εσωτερικών χώρων. Η σκίαση μπορεί να επιτευχθεί με σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (τα οποία μπορεί να είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, όπως πρόβολοι), με κινητά εξωτερικά σκίαστρα, εσωτερικά σκίαστρα και με συνδυασμό εξωτερικών /εσωτερικών σκιάστρων. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων δίνει τη δυνατότητα σκίασης των ανοιγμάτων όταν κρίνεται απαραίτητη, όταν δηλαδή οι εσωτερικές θερμοκρασίες υπερβαίνουν τα όρια άνεσης, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους και τη θέση του ήλιου. Επομένως ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος σκίασμού των ανοιγμάτων είναι η χρήση εξωτερικών κινητών σκιάστρων. Επειδή, όμως, τα εξωτερικά σκίαστρα με κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα ακριβά, προτείνεται εναλλακτικά η σταθερή εξωτερική σκίαση σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια. Στην περίπτωση ανοιγμάτων που βλέπουν προς το νότο ενδείκνυται η χρήση οριζόντιων στοιχείων σκίασης. Παράθυρα που βλέπουν προς την ανατολή και τη δύση μπορούν να ωφεληθούν από την κατακόρυφη σκίαση. Ο λόγος είναι ότι η θέση και το ύψος του ήλιου αλλάζει ανά εποχή. Στην εικόνα 19 παρουσιάζονται κάποια είδη εξωτερικών σκιάστρων.



Για ανατολικό/δυτικό προσανατολισμό

Για νότιο προσανατολισμό

Εικόνα 19 : είδη εξωτερικών σκιάστρων ανάλογα με τον προσανατολισμό

Θα μπορούσαμε να κατηγοριοποιήσουμε τον τρόπο σκίασης όπως θα αναφέρουμε παρακάτω.

Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα

Συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό. Τα σκίαστρα μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων, με αναλογίες τέτοιες ώστε να σχηματίζεται μεταξύ του εξωτερικού σκιάστρου και της ποδιάς του ανοίγματος γωνία ύψους 55°

Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκίαστρα

Συνιστώνται για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Το μήκος της προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των 55°

Εξωτερικά κινητά σκίαστρα

Πρόκειται εν γένει για μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό ή κατακόρυφες για ανατολικό/δυτικό, κινούμενες σε οδηγούς, με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης.

Εσωτερικά Κινητά σκίαστρα

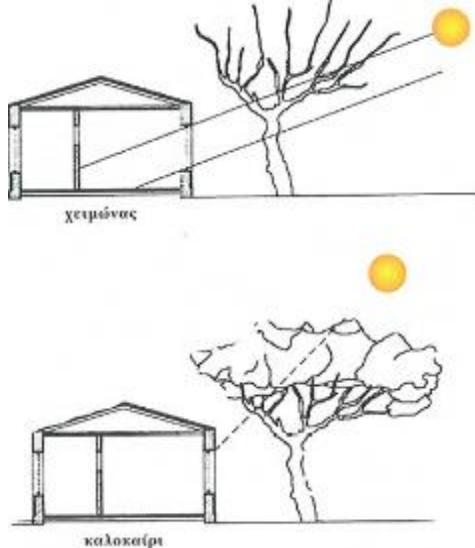
Συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς. Η προτεινόμενη λύση για τη λειτουργία των σχολείων είναι βενετικά στόρια, κατά προτίμηση κινούμενα σε οδηγούς, για λόγους καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής.

Ειδικά διάτρητα ρολά

Μια τεχνική η οποία είναι κατάλληλη για όλους τους προσανατολισμούς. Τοποθετούνται είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά. Συγκεκριμένα είναι διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά και το ύφασμά τους είναι κατασκευασμένο από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου. Λόγω της πλέξης τους επιτρέπουν την εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας έως και 80%. Σημαντικό μειονέκτημα το υψηλό αρχικό κόστος.

Σκίαση από δέντρα

Στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό πολύ αποτελεσματική είναι η σκίαση, η οποία επιτυγχάνεται με φυλλοβόλα δέντρα ανάλογα την εποχή (**εικόνα 20**). Πιο συγκεκριμένα το χειμώνα εκμεταλλευόμαστε τα θερμικά οφέλη της ηλιακής ακτινοβολίας με την απουσία των φύλλων ενώ το καλοκαίρι τη σκίαση με την παρουσία τους. Πρέπει όμως να σημειωθεί και η σημασία της βλάστησης για τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος γύρω από τα σχολικά κτήρια, σημαντικό τόσο για την επίτευξη της θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους, όσο και για την εξασφάλιση καλών και ευχάριστων συνθηκών στον αύλειο χώρο.



Εικόνα 20: σκίαση από δέντρα

3.8. Αερισμός/δροσισμός

3.8.1. Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός και υβριδικός αερισμός αποτελούν τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης θερμότητας από το κτήριο τους θερμούς μήνες και αυτό επιτυγχάνεται φυσικά. Παρακάτω περιγράφονται κάποιοι βασικοί τρόποι.

Διαμπερής οριζόντιος αερισμός

Η βασική αρχή κίνησης της ροής του ανέμου μέσα στο κέλυφος με διαμπερή αερισμό οφείλεται στις διαφορετικές κατανομές πιέσεων που δημιουργούνται γύρω από το κτήριο. Η εισροή του ανέμου στο κτήριο γίνεται από τα ανοίγματα της προσήνεμης επιφάνειας και εξέρχεται από την υπήνεμη επιφάνεια και την οροφή. Για να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με διαμπερή αερισμό εφαρμόζουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

1. Τοποθέτηση του κτιρίου κατά τη μέγιστη κατεύθυνση του ανέμου.
2. Τοποθέτηση των ανοιγμάτων εισόδου του αέρα στην προσήνεμη περιοχή και των ανοιγμάτων εξόδου στην απάνεμη περιοχή.
3. Διατάξεις πρασινάδας, ανεμοφρακτών, αρχιτεκτονικές προεξοχές, πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα προκειμένου να δημιουργηθούν περιοχές θετικών και αρνητικών πιέσεων ευνοώντας τον αερισμό.
4. Αποφυγή τοποθέτησης εμποδίων στην είσοδο των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου.
5. Η ταχύτητα του ανέμου μέσα στον κλειστό χώρο μεταβάλλεται σε σχέση με την θέση των ανοιγμάτων. Η επικρατέστερη τακτική είναι τα ανοίγματα εισόδου του αέρα και εξόδου να βρίσκονται στους αντικριστούς τοίχους.
6. Η θέση των ανοιγμάτων εισόδου είναι σημαντικότερη από τη θέση ανοιγμάτων εξόδου. Εάν τα ανοίγματα εισόδου τοποθετηθούν σε πολύ μεγάλο ύψος υπάρχει η πιθανότητα ο αέρας που θα εισαχθεί να οδηγηθεί στο άνω μέρος του χώρου και να προσπεράσει το χώρο συγκέντρωσης των ανθρώπων.
7. Για μικρούς χώρους όπου τα ανοίγματα εξόδου του αέρα δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στον αντίκρου τοίχο, μπορούμε να τοποθετήσουμε το άνοιγμα σε παρακείμενη θέση και να δημιουργηθεί ένα είδος φυσικού αερισμού (η εφαρμογή αυτή γίνεται σε πολύ μικρούς χώρους).
8. Κατά το σχεδιασμό του φυσικού αερισμού του κτιρίου καλό είναι να λάβουμε υπόψη μας και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τις νυχτερινές ώρες προκειμένου να επωφεληθούμε από το φυσικό αερισμό τις ώρες αυτές.
9. Τα ανοίγματα πρέπει να είναι προσβάσιμα από τους χρήστες.
10. Η επιφάνεια εισόδου και η επιφάνεια εξόδου πρέπει να είναι ίσες. Υψηλές ταχύτητες μέσα στον κλειστό χώρο μπορούν να επιτευχθούν εάν αυξήσουμε την επιφάνεια ανοιγμάτων εξόδου κατά 25% σε σχέση με τα ανοίγματα τις επιφάνειας εισόδου.
11. Σημαντικό είναι να αποφύγουμε τα ανοίγματα να βρίσκονται στην ίδια στάθμη και αντικριστά.
12. Οριζόντια φρεάτια και διατάξεις μπορούν οδηγήσουν τον αέρα στο εσωτερικό του χώρου με κάποια ταχύτητα.

3.8.2. Κατακόρυφος αερισμός

Ο κατακόρυφος αερισμός λειτουργεί λόγω του φαινομένου του φυσικού ελκυσμού. Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ζεστού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου και του ψυχρού αέρα στο εξωτερικό προκαλούν τη συσσώρευση του θερμού αέρα στο υψηλότερο σημείο του δωματίου και την έξοδο του από την οροφή. Ο αέρας θερμαινόμενος από εσωτερικά θερμικά φορτία (ανθρώπους, φώτα, θέρμανση) διαστέλλεται και ανέρχεται. Η μετακίνηση του αέρα δημιουργεί διαβάθμιση της πίεσης και άνοδο του προς τα επάνω. Τα ανοίγματα του κτιρίου κάνουν το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού πιο έντονο. Το βάρος του αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πυκνότητα (ο κρύος αέρας είναι βαρύτερος από τον ζεστό αέρα στις ίδιες συνθήκες). Το φαινόμενο του ελκυσμού έχει εφαρμογή κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η διαφορά θερμοκρασίας είναι η μεγίστη. Αυτό φαίνεται και στην **εικόνα 21**



Εικόνα 21: αρχή λειτουργίας

Αρχές σχεδιασμού

1. Εάν τα ανοίγματα εισόδου και εξόδου έχουν ίσο εμβαδόν, δημιουργείται ισορροπημένος και μέγιστος αερισμός του χώρου.
2. Ο λόγος πλάτους –ύψους των ανοιγμάτων πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 1 (τα ανοίγματα πρέπει να τοποθετούνται οριζόντια).
3. Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου προκειμένου να δημιουργηθεί το φαινόμενο της καμινάδας είναι 1,5m. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά ύψους που υπάρχει, τόσο καλύτερη ροή του ανέμου παρατηρείται.
4. Κατακόρυφα φρεάτια και ανοιχτά κλιμακοστάσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να αυξηθεί το φαινόμενο της καμινάδας.
5. Τα ανοίγματα πρέπει να χρησιμοποιούνται σωστά ανάλογα με τις θερμοκρασίες του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.
6. Κάθε μηχανισμός που υπάρχει στην είσοδο και την έξοδο πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση και καθαρός προκειμένου ο αέρας εισόδου να διατηρεί τις συνθήκες υγιεινής.
7. Κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η σωστή λειτουργία του φυσικού αερισμού με τον τεχνητό κλιματισμό του χώρου.
8. Τα ανοίγματα που προκαλούν το φυσικό αερισμό πρέπει να παραμένουν κλειστά όταν ο μηχανικός τρόπος κλιματισμού είναι σε λειτουργία.
9. Τα ανοίγματα εισόδου του αέρα δεν πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους στάθμευσης.

3.8.3. Ηλιακή καμινάδα

Η ηλιακή καμινάδα έχει όμοιες βασικές αρχές λειτουργίας με το φαινόμενο κατά συνέπεια ενισχύει τον αερισμό στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Η ηλιακή καμινάδα κατασκευάζεται από υαλοπίνακα στη νότια ή τη νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου. Ο εγκλωβισμένος αέρας μέσα στην καμινάδα

υπερθερμαίνεται (σε σχέση με τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου) από την παγίδευση των ηλιακών ακτινών μέσω του υαλοστασίου και οδηγείται από την καμινάδα προς την σχεδιασμένη κορυφή, δημιουργώντας υποπίεση χαμηλότερα. Η αρχή λειτουργίας φαίνεται και στο σχήμα.

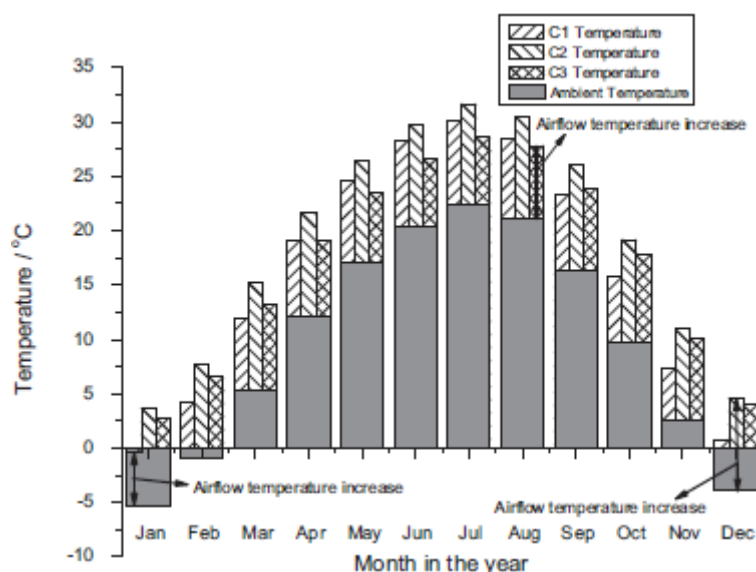


Εικόνα 22: αρχή λειτουργίας

Αρχές σχεδιασμού

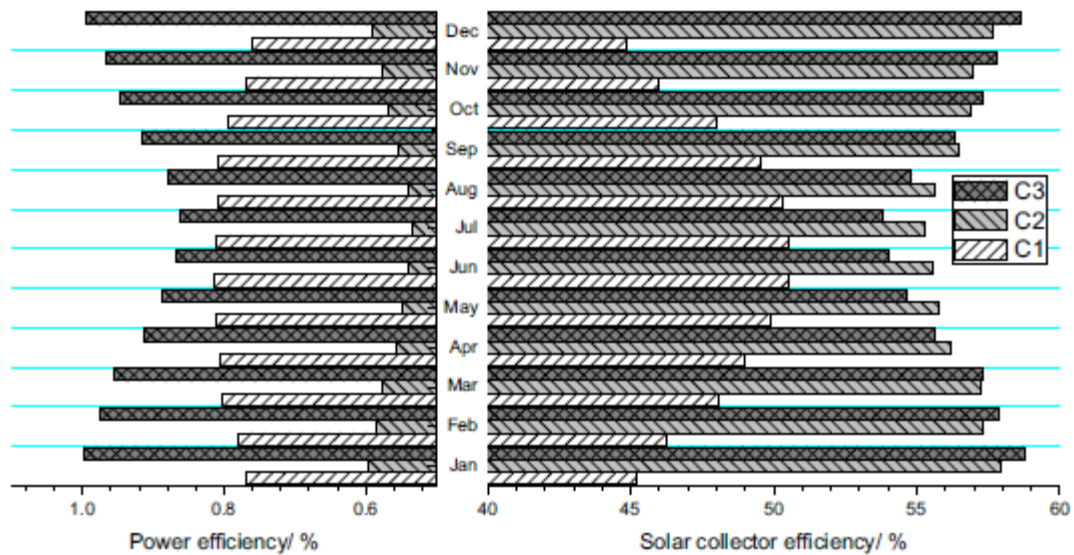
1. Η ηλιακή καμινάδα βρίσκει εφαρμογή κατά τους θερινούς μήνες. Θερμός αέρας διαφεύγει από την κορυφή της καμινάδας και αντικαθίσταται από τα ανοίγματα εισόδου του αέρα με φρέσκο αέρα.
2. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή υγρασία.
3. Κατά τους χειμερινούς μήνες ο ζεστός αέρας που παράγεται στην ηλιακή καμινάδα, μπορεί με κατάλληλη διάταξη ανεμιστήρα να οδηγηθεί μέσα στο κτήριο και να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του χώρου.

Σύμφωνα με τους Fei Cao et. al., η ιδέα αυτή υπάρχει από παλιά. Οι παράγοντες όμως που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι τοπικές γεωγραφικές και μετεωρολογικές συνθήκες, οι δυσκολίες στην ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου και τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα δομικά μέρη. Σημαντικές είναι οι αποκλίσεις στην απόδοση λόγω των διαφορετικών μοιρών τοποθέτησης του συστήματος. (C1 0°, C2 30°, C3 60°). Το παρακάτω γράφημα στην **εικόνα 23** μας δείχνει τη θερμοκρασιακή μεταβολή του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας σε κάθε ηλιακή καμινάδα και της ροής αέρα ανάλογα με την περίπτωση όσον αφορά τις μοίρες τοποθέτησης κατά τη διάρκεια ενός έτους.

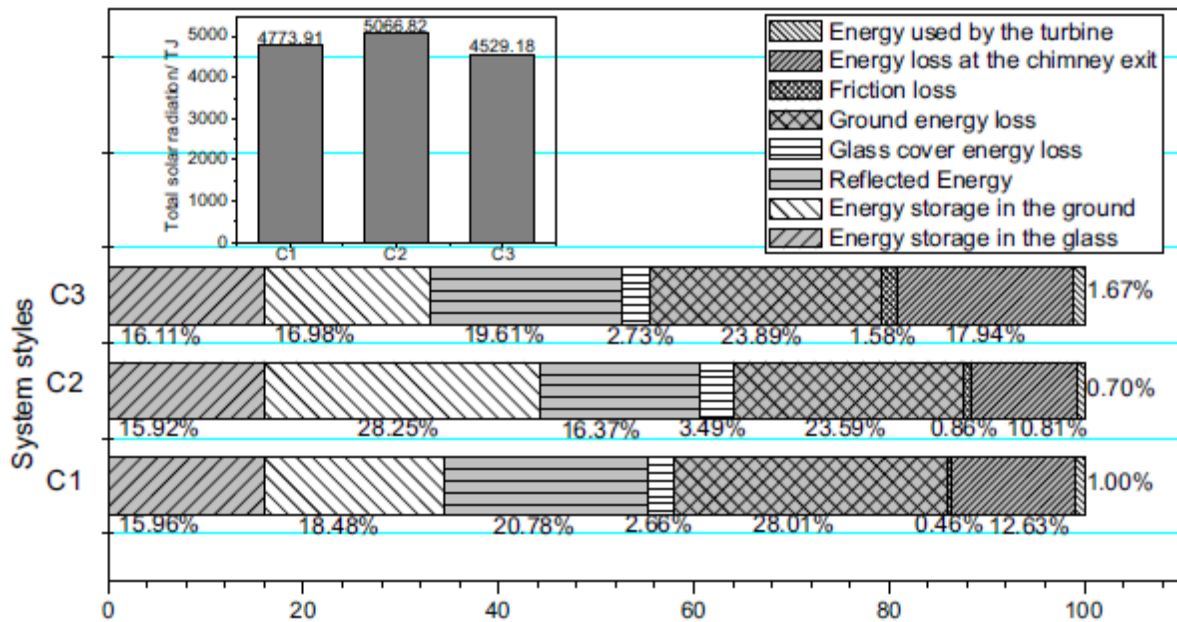


Εικόνα 23: θερμοκρασιακές μεταβολές ανά περίπτωση

Στην **εικόνα 24** έχουμε στο αριστερό κομμάτι την απόδοση ισχύος σε ποσοστά κατά τη διάρκεια ενός έτους για κάθε περίπτωση τοποθέτησης. Στο δεύτερο κομμάτι έχουμε την αποδοτικότητα του ηλιακού συλλέκτη για κάθε περίπτωση εγκατάστασης κατά τη διάρκεια του έτους. Στην **εικόνα 25** έχουμε την ολική καταναλισκόμενη ενέργεια η οποία κατανέμεται ποσοστιαία στα μέρη της καμινάδας και στο έδαφος καθώς και την αποθηκευμένη ενέργεια σε αυτή. Δηλαδή γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής της ανά περίπτωση εγκατάστασης σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία ανά περίπτωση. Τέλος δε θα πρέπει να ξεχνάμε το κόστος. [6]



Εικόνα 24: Αποτελεσματικότητα ανά περίπτωση για κάθε μήνα



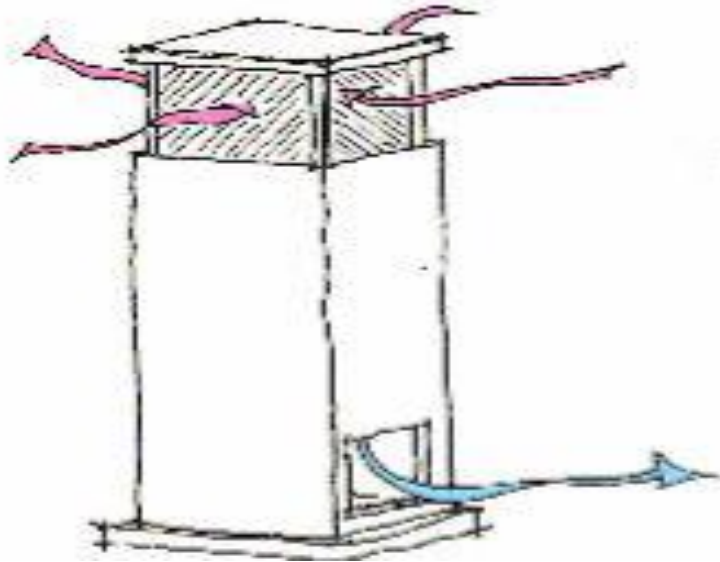
Εικόνα 25: κατανομή ενέργειας

3.8.4. Καμινάδα αερισμού (Πύργος Ψύξης)

Ο πύργος ψύξης είναι στοιχείο του κτιρίου που χρησιμοποιεί τη δυναμική του ανέμου. Η μορφή του πύργου είναι συνήθως τετράγωνη, ορθογώνια, ή τριγωνική. Τοποθετείται πάνω στην οροφή του κτιρίου ή δίπλα, σαν ξεχωριστή κατασκευή.

Αρχές σχεδιασμού

1. Πλευρές του πύργου ψύξης έχουν συνήθως πλάτος 3m και το ύψος είναι 7m
2. Το τελευταίο κομμάτι του πύργου ψύξης είναι ανοιχτό από όλες τις πλευρές του σε όλες τις διευθύνσεις του ανέμου. Κατά συνέπεια εκεί παγιδεύεται η ροή του ανέμου και διάμεσου καναλιού οδηγεί τον εξωτερικό αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.
3. Παράλληλα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σαν καμινάδα. Έτσι, όταν δεν υπάρχουν τοπικοί άνεμοι ο χώρος μπορεί να αεριστεί με το φαινόμενο του ελκυσμού.
Ο θερμός αέρας εισέρχεται από το πάνω τμήμα και εξέρχεται από το κάτω τμήμα όπως φαίνεται και στην **εικόνα 26**



Εικόνα 26: Πύργος Ψύξης

3.8.5. Υβριδικός αερισμός

Είναι ένας συνδυασμός μηχανικού και φυσικού αερισμού, όπου στην ουσία έχουμε υποβοήθηση του φαινομένου του φυσικού αερισμού με μηχανικά μέσα (συνήθως ανεμιστήρες οροφής). Αξίζει να σημειώσουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας είναι ελάχιστη.

Ηλιακή καμινάδα με ανεμιστήρα

Πρόκειται για καμινάδα μέσω της οποίας μεταφέρεται ο φυσικός φωτισμός προς υποκείμενους ορόφους, του κτιρίου καθώς και επιταχύνεται ο φυσικός αερισμός. Στα ζεστά κλίματα οι ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται προκειμένου να μετακινήσουν τις αέριες μάζες και να δημιουργήσουν αίσθηση άνεσης στους ανθρώπους αυξάνοντας την εξάτμιση της υγρασίας από το σώμα τους. Όσο υπάρχει κίνηση του αέρα, οι άνθρωποι που βρίσκονται στο χώρο μπορούν να αντέξουν σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η κίνηση του αέρα που προκαλείται από τον ανεμιστήρα διαφέρει από τη θέση του, την ισχύ του κινητήρα του, το μέγεθος της πτερωτής του, και τον αριθμό των ανεμιστήρων που βρίσκονται στο χώρο. Επίσης η ταχύτητα του αέρα διαφέρει και από την απόσταση του ανεμιστήρα από τον άνθρωπο.

3.9. Τεχνητός αερισμός

Ή αλλιώς εξαναγκασμένος αερισμός. Συνήθως σε καινούρια σχολικά κτήρια σχεδιασμένα με βιοκλιματικές αρχές γίνεται ελάχιστη χρήση. Για τον αερισμό χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες οροφής είτε τοποθετημένοι σε άλλα μέρη του κελύφους (π.χ. παράθυρα, τοίχος).

Οι ανεμιστήρες πρέπει να χρησιμοποιούνται σε χώρους που υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα και

μόνο κατά την διάρκεια που αυτή πραγματοποιείται. Διαφορετικά η κίνηση του κινητήρα παράγει θερμότητα χωρίς να υπάρχει ψυκτικό όφελος. Η κίνηση του ανεμιστήρα δημιουργεί συνθήκες ψύξης για τους ανθρώπους και όχι για το χώρο.

Αρχές σχεδιασμού

1. Η χρήση ανεμιστήρων με μεγάλα πτερύγια αυξάνει την ροή του αέρα σε μεγαλύτερες επιφάνειες, με μικρότερες ταχύτητες και με μικρότερο θόρυβο.
2. Οι ανεμιστήρες λειτουργούν αποδοτικότερα όταν τα πτερύγια βρίσκονται 2.5 m περίπου πάνω από το δάπεδο, και 3.5 m κάτω από την οροφή. Το άκρο του πτερυγίου πρέπει να έχει ελάχιστη απόσταση 5.5 m από τον τοίχο.
3. Ο ανεμιστήρας που επιλέγεται πρέπει να έχει κατ' ελάχιστο 2- ταχυτήτων για καλύτερη ρύθμιση της κίνησης του αέρα.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις προδιαγραφές

Επιφάνεια Δωματίου(m ³)	Ελάχιστη Διάμετρος Ανεμιστήρα(m)
9,3	0,9
14	1
21	1,2
35	1,3
37	απαιτούνται 2 ανεμιστήρες

Αερισμός με αισθητήρες CO₂

Η υψηλή συγκέντρωση CO₂ προκαλεί αρνητικές επιδράσεις τόσο σε επίπεδο υγείας όσο και σε επίπεδο απόδοσης, μαθητών και καθηγητών. Για την αποφυγή του προβλήματος αυτού, τοποθετούνται αισθητήρες στις αίθουσες διδασκαλίας, οι οποίοι ενεργοποιούνται όταν καταγράφεται υπέρβαση των 1.001ppm, θέτουν σε λειτουργία σύστημα αερισμού και έτσι ανανεώνεται ο αέρας της αίθουσας. Παράλληλα μειώνονται οι συσσωρεύσεις μικροσωματιδίων PM10 καθώς επίσης και λοιπών ρύπων (CO, NOX κλπ).

3.10. Ενεργειακά συστήματα- Α.Π.Ε.

Ορισμός : Είναι τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή τον δροσισμό των κτιρίων, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης.

Ορισμός : Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλιακή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις.

3.11. Αυτόματο σύστημα ελέγχου ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (έξυπνα κτήρια)

Είναι γνωστό ότι στα σχολικά κτήρια το 70% της ενέργειας καταναλώνεται για θέρμανση και το 30% για φωτισμό. Μέσω ειδικού συστήματος που συνεκτιμεί τον υπάρχοντα ηλιακό φωτισμό, καθώς και την ύπαρξη ή μη μαθητών στις τάξεις, θα μειώνεται ή δε θα χρησιμοποιείται ο φωτισμός μέσω

λαμπτήρων. Πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό σύστημα ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης κτιρίων, το οποίο αφ' ενός θα παρέχει τις καλύτερες δυνατές περιβαλλοντικές συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές προδιαγραφές και ιδιαιτερότητες κάθε κτιρίου και αφετέρου θα εξοικονομεί ενέργεια από μονάδες θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού. Τα «έξυπνα κτήρια», προτείνουν την εγκατάσταση αυτοματοποιημένων μηχανισμών που θα εξασφαλίζουν στους χρήστες των κτιρίων τις καλύτερες δυνατές περιβαλλοντικές συνθήκες όσον αφορά τη θερμική άνεση, το φωτισμό και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί θα προσαρμόζονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις κάθε κτιρίου, ενώ θα ενοποιούνται με σύγχρονο λογισμικό ηλεκτρονικής διαχείρισης. Το σύστημα θα έχει επίσης τη δυνατότητα να αξιολογεί την ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση του κτιρίου και να προτείνει μεθόδους βελτίωσής της. Το σύστημα αυτό ανταποκρίνεται στην ευρύτερη πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω του ορθολογικού σχεδιασμού και της διαχείρισης των κτιρίων, καθώς και σε συγκεκριμένη οδηγία που ωθεί τα κράτη μέλη στη θέσπιση αυστηρότερων προδιαγραφών για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

3.12. Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στοχεύει:

- 1) Στη μείωση της παραγόμενης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο από ορυκτά καύσιμα.
- 2) Στα σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, με τον περιορισμό των εκπεμπόμενων αερίων.
- 3) Στην οικονομικότερη παραγωγή ενέργειας.
- 4) Τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον εφόσον δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ενέργειας.
- 5) Η ηλιακή ενέργεια είναι καύσιμο ανεξάντλητο και δεν κοστίζει.
- 6) Αθόρυβη λειτουργία.
- 7) Σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- 8) Μεγάλη διάρκεια ζωής (25 χρόνια).
- 9) Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών.
- 10) Μπορούν να εγκατασταθούν σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές.
- 11) Ευελιξία στις εφαρμογές, εφόσον λειτουργούν άριστα, τόσο ως αυτόνομα συστήματα όσο και ως υβριδικά συστήματα, όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.
- 12) Μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη και παραγωγή όλο και πιο αποδοτικών προϊόντων. Εκτιμάται ότι το κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, έχει απόσβεση σε 10 χρόνια, όταν η συνολική διάρκεια ζωής του είναι 25 χρόνια.

Οι ενεργειακές ανάγκες και οι διεθνείς συνθήκες υποχρεώνουν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η έρευνα δείχνει ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σχολεία συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του κόστους για την κατανάλωση ενέργειας. Ως εκ τούτου ο (Ο.Σ.Κ.) προχωρά στην εγκατάσταση όπου είναι δυνατόν. Μέχρι στιγμής έχουν στηθεί σε 82 σχολεία πανελλαδικά (42 νηπιαγωγεία, 16 γυμνάσια και 23 λύκεια). Υπάρχουν τα στοιχεία για το 7 γυμνάσιο Πειραιά (μελέτη) με σύνδεση στο δίκτυο. Σημαντικό είναι ότι παράχθηκαν 2913 kWh από το συγκεκριμένο σχολείο που σημαίνει εξοικονόμηση 21,8 τόνους CO₂ για ένα χρόνο. Βέβαια πρέπει να σημειώσουμε ότι όσο αυξάνεται η παραγωγή έχουμε και περισσότερα έξοδα συντήρησης, οπότε καλό θα ήταν να υπάρχει σωστός σχεδιασμός. Από την άλλη πλευρά, η έρευνα δείχνει επίσης ότι σε θεμελιώδεις περιοχές θα πρέπει να προτιμάται να επενδύσουν στην κατασκευή αιολικών πάρκων και όχι στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σχολικές μονάδες. [7]

3.13. Γεωθερμία

Η γεωθερμία είναι μια μορφή ήπιας ανανεώσιμης ενέργειας. Είναι αποθηκευμένη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας, κάτω από τη σταθερή επιφάνεια της γης. Η θερμοκρασία του υπεδάφους σε βάθη από 2,00 έως 1,00m, είναι περίπου σταθερή όλο το χρόνο και κυμαίνεται από 14 – 18°C για τη χώρα μας. Η εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας, γίνεται με χρήση γεωθερμικών αντλιών και δικτύου σωληνώσεων εντός του υπεδάφους, έτσι ώστε να θερμαίνουμε τους χώρους το χειμώνα και να τους ψύχουμε το καλοκαίρι. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο το χρόνο, δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της ατμόσφαιρας. Η εκμετάλλευση της ενέργειας αυτής γίνεται με δύο συστήματα:

1) γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος

2) γεωθερμικά συστήματα ανοιχτού κυκλώματος.

Τα γεωθερμικά συστήματα *κλειστού κυκλώματος* βασίζονται στην κατασκευή ενός εναλλάκτη στο υπεδάφος (γεωεναλλάκτη), ο οποίος κατασκευάζεται από ένα αριθμό σωληνώσεων, μέσα στις οποίες κυκλοφορεί νερό. Το χειμώνα τροφοδοτείται η γεωθερμική αντλία θερμότητας με νερό θερμοκρασίας περίπου 16°C, από τον γεωεναλλάκτη, η οποία απορροφά 4–5°C πριν το επιστρέψει στη γη. Έτσι με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, παράγεται ζεστό νερό 35–45°C κατάλληλο και για θέρμανση (ενδοδαπέδια, fan coil). Τα γεωθερμικά συστήματα *ανοιχτού κυκλώματος* αντλούν νερό από υπόγειο ταμιευτήρα με χρήση γεώτρησης και με τη χρήση ενός ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και του ανοιχτού κυκλώματος. Προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα μας πριν το νερό επιστρέψει στον ταμιευτήρα. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται σε περιοχές με μικρό βάθος υδροφόρου ορίζοντα.

Ένα τέτοιο παράδειγμα εφαρμογής γεωθερμικής ενέργειας είναι το ειδικό σχολείο στην Καλλιθέα το οποίο είναι πιλοτικό. Ενδιαφέρον προκαλούν τα δεδομένα για την κατανάλωση. Σημαντικό είναι το γεγονός της χρησιμοποίησης του φυσικού αερίου στα σχολεία, αν και δεν αποτελεί ΑΠΕ. Υπάρχει σύγκριση μεταξύ φυσικού αερίου και γεωθερμικής ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται ο αριθμός των σχολείων που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο φυσικού αερίου. Μειονέκτημα της χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας είναι το μεγάλο κόστος εγκατάστασης σε σχέση με το φυσικό αέριο, αλλά σχεδόν μηδενικό κόστος χρήσης. Βέβαια και οι δυο μορφές ενέργειας είναι πιο φιλικές στο περιβάλλον σε σχέση με τις συμβατικές. [8]

περιοχή	αριθμός σχολείων	συνδεδεμένα με φυσικό αέριο
A.Μακεδονία και Θράκη	842	2
Θεσσαλία	1409	222
Κ. Μακεδονία	2464	390
Αττική	3036	1201
Σύνολο	7751	1815

3.14. Συλλογή και διαχείριση ομβρίων υδάτων

Πρόκειται για σύστημα συλλογής των υδάτων σε δεξαμενή, το οποίο διατίθεται για την άρδευση του αύλειου χώρου, καθώς και για το δίκτυο παροχής νερού για τις τουαλέτες.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σύμφωνα με τους Fayez A. Abdulla et.al. έγινε εξοικονόμηση από συλλογή βρόχινου νερού της τάξης 30% έως 60% για σπίτια στη Γερμανία και 60% από 27 σπίτια στο Newcastle. Βέβαια η μελέτη αναφέρεται στην Ιορδανία η οποία είναι μια χώρα με παρόμοιο κλίμα με την Ελλάδα, με ελάχιστη ετήσια βροχόπτωση (31.8-582 mm) και υψηλές θερμοκρασίες. Από

οικονομική άποψη το σύστημα συλλογής είναι σχετικά φθηνό. Π.χ. μια στέρνα 30m³ με την εγκατάσταση και αγορά των άλλων παραμετρικών στοιχίζει περίπου 3300 \$. Θα μπορούσε να γίνει μια αναγωγή στα σχολικά κτήρια και μπορούμε να αναλογιστούμε ότι τα οφέλη μακροπρόθεσμα είναι αρκετά ενθαρρυντικά, σε συνδυασμό με το παρακάτω μέτρο. [9]

3.15. Βαλβίδες ρυθμιζόμενου χρόνου ροής νερού

Τοποθετούνται σε βρύσες αυλείου χώρου, σε νιπτήρες καθώς και στα ουρητήρια και στις λεκάνες των χώρων υγιεινής. Με την εγκατάσταση αυτή υπάρχει εξοικονόμηση νερού, επειδή δεν υπάρχουν απώλειες από κακή και αλόγιστη χρήση.

3.16. Οικολογικά υλικά

Η επιλογή των δομικών υλικών σχετίζεται με την αειφορική ή μη διάσταση των κατασκευών, αφού η χρήση δομικών υλικών που δεν πληρούν φιλοπεριβαλλοντικά κριτήρια μπορεί να επιφέρει:

- 1) Κατασπατάληση φυσικών πόρων και ενέργειας
- 2) Διαταραχή του περιβάλλοντος από την εξόρυξη – ξύλωση των πρώτων υλών, την παραγωγή, μεταφορά και χρήση των δομικών υλικών
- 3) Επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων
- 4) Επιδείνωση του μικροκλίματος γύρω από το κτήριο

Για δομικά υλικά που δεν διαθέτουν κάποια οικολογική σήμανση, ακολουθείται μια μεθοδολογία τα τελευταία χρόνια σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Δηλαδή προτείνεται η χρήση κάποιων υλικών ενώ συνιστάται η αποφυγή κάποιων άλλων ανάλογα με το πόσο φιλικά είναι προς το περιβάλλον

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ				
Εφαρμογή	1 ^η προτίμηση	2 ^η προτίμηση	3 ^η προτίμηση	Δεν συνιστάται
Μόνωση τοίχων	Φελλός Κυτταρίνη Ξυλόμαλλο Biofiber (βιοπολυμερές από καλαμπόκι)	Πετροβάμβακας	Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) Υαλοβάμβακας	Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) Πολυουρεθάνη
Εσωτερικοί αγωγοί αποχέτευσης	Κεραμικοί σωλήνες	Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυπροπυλένιο (PP)	-	PVC

Σωληνώσεις νερού	Πολυπροπυλένιο (PP) Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυβουτυλένιο	Ανοξειδωτο ατσάλι	Χαλκός	PVC
Εξωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Ξυλεία κωνοφόρων χωρίς συντηρητικά	Ξυλεία κωνοφόρων με εμφυτεύματα βορικών αλάτων Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης	Αλουμίνιο Ξυλεία κωνοφόρων με συντηρητικά	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία PVC
Εσωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Κυψελοειδής μοριοσανίδα	Ευρωπαϊκή ξυλεία κωνοφόρων	Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Νοβοπάν	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία
Πλακάκια & κάλυψη πατωμάτων	Λινόλαιο Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Φελλός	Κεραμικά πλακάκια (κατά προτίμηση με οικολογική σήμανση) Ξυλεία επεξεργασμένη με συντηρητικά	Καουτσούκ	PVC Φελλός με επίστρωση PVC ή πολυουρεθάνης
Επιστέγαστρα Διαφανή συστήματα επικαλύψεων	Γυάλινα	Πολυανθρακικά	Ακρυλικά (Plexiglas)	PVC

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΡΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ	
Καλωδιώσεις	Προϊόντα ελεύθερα αλογόνων (halogen-free) πολυαιθυλενίου (PE), πολυπροπυλενίου (PP) ή καουτσούκ, αντί του προβληματικού από περιβαλλοντική άποψη PVC
Προϊόντα ξύλου	Υλικά μηδενικών ή εξαιρετικά χαμηλών εκπομπών φορμαλδεΰδης
Στεγάνωση κεκλιμένων στεγών	Μεμβράνες πολυολεφίνης ή πολυπροπυλενίου- πολυαιθυλενίου, αντί των συμβατικών ασφαλτόπανων
Υαλοστάσια	Διπλοί υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e) με θερμοδιακοπή για βέλτιστα θερμικά αποτελέσματα και προστασία κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Στα πλαίσια παραθύρων προτιμώνται ξύλινα κουφώματα ή ξύλου-αλουμινίου, αντί των πλαισίων από PVC
Χρώματα	Προϊόντα που φέρουν κάποια οικολογική σήμανση (όπως π.χ. το 'Οικολογικό Σήμα' της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 'Γαλάζιο Άγγελος' του Γερμανικού Υπουργείου Περιβάλλοντος, το 'Green Seal' των ΗΠΑ κ.λπ), ή ισοδύναμα προϊόντα με φυσικά συστατικά

Βιβλιογραφία

- [1] Igor Sartori, Assunta Napolitano, Anna J. Marszal, Shanti Pless, Paul Torcellini and Karsten Voss. “Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings”
- [2] A.J. Marszal , P. Heiselberg, J.S. Bourrelle, E. Musall, K. Voss, I. Sartori , A. Napolitano, “Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies”, Energy and Buildings 43 (2011) 971–979
- [3] Patxi Hernandez, Paul Kenny. “From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)”, Energy and Buildings 42 (2010) 815–821
- [4] Wim Zeiler, Gert Boxem, “Net-zero energy building schools”, Renewable Energy 49 (2013) 282e286
- [5] H.F. Castleton, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison, “Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit”, Energy and Buildings 42 (2010) 1582–1591
- [6] Fei Cao, Liang Zhao, Huashan Li, Liejin Guo, “Performance analysis of conventional and sloped solar chimney power plants in China”, Applied Thermal Engineering 50 (2013) 582-592
- [7] Agisilaos Economou, “Photovoltaic systems in school units of Greece and their consequences”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 881–885
- [8] Agisilaos Economou, “The use of natural gas and geothermal energy in school units. Greece: A case study”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 1317– 1322
- [9] Fayez A. Abdulla, A.W. Al-Shareef , “Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan Desalination”, 243 (2009) 195–207
- [10] ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΓΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ- Ο.Σ.Κ. Α.Ε 2008, “οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων”
- [11] τεχνολογίες εξοικονόμησης σε κτήρια, ΚΑΠΕ CRES 2005
- [12] Οδηγίες για θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια)
- [13] Επίσημος διαδικτυακός τόπος Κ.Α.Π.Ε. <http://www.cres.gr> (12/02/2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ-ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια αναφορά στις μετατροπές και ανακαινίσεις που έχουν γίνει στα παρακάτω εκπαιδευτικά κτίρια κατηγοριοποιημένα ανά χώρα.

4.1.ΔΑΝΙΑ

4.1.1. Σχολείο Egebjerg, Ballerup

Η σχεδιαστική φιλοσοφία επικεντρώνεται στην αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος μηχανικού αερισμού με ένα φυσικό σύστημα αερισμού και μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας με μειωμένες τιμές U-value σε στέγες, προσόψεις και παράθυρα.



Address of project	Egebjerg School, Egebjerg, 2750 Ballerup, Denmark.
Year of construction	1973 - 81
Year of renovation	1997-1998
Total floor area	17825 m ² - renovated area: 1714 m ²
Number of pupils	250
Numer of classrooms	12
Typical classroom	61 m ² 20 - 25 pupils

Altitude	10 m above sea level
Mean annual temperature	8°C
Mean winter temperature	4°C

Περιεχόμενο ανακαίνισης

Μια εντελώς νέα κεκλιμένη στέγη αντικατέστησε την αρχική επίπεδη στέγη. Προστέθηκε 20 cm μόνωση από πετροβάμβακα, δίνοντας συνολικά 30 cm πάχους μόνωση. Όλες οι προσόψεις ανανεώθηκαν και συμπεριλαμβάνουν πλέον 20 cm μόνωση πετροβάμβακα. Όλα τα παράθυρα σε επιλεγμένα τμήματα του σχολείου αντικαταστάθηκαν από νέα παράθυρα με U-value 1,7 W / m² K. Ένα εντελώς νέο σύστημα φυσικού αερισμού έχει σχεδιαστεί. Ο αέρας λαμβάνεται μέσω υπόγειων αγωγών κάτω από τις αίθουσες διδασκαλίας. Στη συνέχεια οδηγείται πίσω σε κάθε τάξη μέσω των θερμοπομπών που έχουν σχεδιαστεί για την προθέρμανση του αέρα. Ο αέρας κυκλοφορεί στην τάξη μέσω των διαδρόμων, όπου παρουσιάζεται ένα συνδυασμένο αποτέλεσμα στοίβας. Εκεί η αιολική και η ηλιακή καμινάδα τοποθετούνται. Δύο ξεχωριστές αίθουσες θερμαίνονται, όπου λειτουργούν σαν ηλιακοί συλλέκτες, και ανοίγουν όταν η θερμοκρασία αυξάνεται σε τέτοιο βαθμό ώστε να δημιουργηθεί μια σημαντική κινητήρια δύναμη(φυσική κυκλοφορία αέρα). Αυτό το χαρακτηριστικό έχει σχεδιαστεί κυρίως για τη λειτουργία του καλοκαιριού. Ένας ανεμιστήρας βρίσκεται στο χώρο για να δημιουργήσει μια ελαφρά υπερπίεση σε περίπτωση που οι φυσικές δυνάμεις οδήγησης είναι αδύναμες για να

παράξουν τον αναγκαίο αερισμό. Έχει εγκατασταθεί στη νότια πρόσοψη σε ύψος διπλάσιου του κτιρίου ένας τύπος ηλιακού συλλέκτη αέρα που ονομάζεται "Canadian Solar Wall". Από τον συλλέκτη, ο αέρας λαμβάνεται μέσα στο χώρο αντί από τους υπόγειους αγωγούς, οπότε προθερμαίνεται σε μια υψηλότερη θερμοκρασία. Τα φώτα οροφής έχουν ένα κατακόρυφο τμήμα για το άμεσο ηλιακό φως (κατά κύριο λόγο στράφηκε προς το νότο) και ένα κεκλιμένο τμήμα προς τον ουρανό για διάχυτο φως.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Month	Before refurb	Predicted after refurb	Actual after refurb		Before refurb	Actual after refurb	Predicted after refurb	Conventional new building
January	28888	14712	13800					
February	24812	12636	14227					
March	22560	11489	11342	Ventilation	26	13,5	17,5	
April	14289	7277	6075	Lighting	8	3,5	4,5	
May	5761	2934	2292	Total	36	18	22	30
June	0	0	0					
July	0	0	0					
August	0	0	0					
September	4000	2037	821					
October	11563	5889	5603					
November	19005	9679	9446					
December	26049	13266	12064					
Year	156927	79919	75670					
Per square metre	181	92,2	87,3					

51,7% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση

38,8% μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στις 740.000 ευρώ. (431,7 ευρώ/m²)

4.1.2. Σχολείο στο Enghøjskolen

Ο σκοπός του έργου ήταν να τεκμηριώσει το αποτέλεσμα της ανακαίνισης του σχολείου Enghøjskolen, Hvidovre. Εισήχθησαν επιφάνειες χαμηλής εκπομπής και ο μηχανικός αερισμός αντικαταστάθηκε από την αύξηση του όγκου στις τάξεις, καθώς και ο φυσικός αερισμός αυξήθηκε μέσα από τα παράθυρα, παρέχοντας αυξημένο έλεγχο στον χρήστη.



Address of project	Enghøjskolen, Hvidovre, Denmark
Year of construction	1974
Year of renovation	1997-1999
Total floor area	10 000 m ²
Number of pupils	
Number of classrooms	16
Typical classroom	69 m ² max 28 pupils

Altitude	10 m
Mean annual temperature	8 °C
Mean winter temperature	4 °C

Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1) Αυξημένη μόνωση του θερμικού περιβλήματος.
- 2) Φυσικός αερισμός με αρθρωτά παράθυρα.
- 3) Νέο σύστημα φωτισμού με αισθητήρες κίνησης.

Σώματα με θερμοστάτες θερμαίνουν τις αίθουσες. Η παραγωγή θερμότητας από τα καλοριφέρ καλύπτει τόσο τη μετάδοση όσο και τις απώλειες θερμότητας αερισμού. Η θεωρητική ταχύτητα αερισμού έχει οριστεί σε 5 l / s ανά άτομο συν 0,4 l / s ανά m² όταν υπάρχουν άνθρωποι σε ένα δωμάτιο. Ο φυσικός αερισμός εξασφαλίζεται με αρθρωτά παράθυρα. Το ανακαινισμένο σχολείο δεν έχει διαστάσεις για 28 μαθητές ανά τάξη, όπως στο παλιό, αλλά για 24 μαθητές και αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερο όγκο ανά άτομο (τουλάχιστον 12 m³). Αυτό είναι ο ελάχιστος όγκος που απαιτείται για να αποφευχθεί ο μηχανικός αερισμός. Το νέο σύστημα φωτισμού έχει φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους (CFL) και αισθητήρες κίνησης. Τα προϊόντα κατασκευής επιλέγονται να είναι στιβαρά και ανθεκτικά και να έχουν ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον τόσο κατά την κατασκευή και τη διάθεση.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

In kWh(m ² year)	1992-3	1993-4	1994-5	1998-9
Heat	166	191	284	73
Electricity	64	63	72	39

Measurements before & after renovation
class 8a/9a had additional mechanical
ventilation after renovation

	Class	Mean temp. Horiz. °C	Std. Dev. Temp. Horiz. °C	Mean temp. incr. Horiz. °C/h	Std. Dev. temp. Vert. °C	Mean CO ₂ conc. mg/m ³	Mean hydro- carbon conc. mg/m ³
Before	6a / 7 a	23.8	0.49	0.89	1.09	1730	4.8
	7b / 8b	—	—	—	—	1705	6.5
	7g / 8g	22.7	—	0.30	1.59	2251	55.1
	8a / 9a	21.2	0.97	0.50	1.03	1983	36.3
	Mean before	22.6	0.73	0.56	1.24	1917	25.7
After	6a / 7 a	21.3	0.29	0.54	0.75	—	—
	7b / 8b	21.9	0.20	0.48	0.46	—	—
	7g / 8g	21.3	0.19	0.50	1.01	1838	9.6
	8a / 9a	19.9	0.16	0.42	1.31	1583	5.6
	Mean after	21.1	0.21	0.49	0.88	1711	7.6

Ο πίνακας δείχνει ότι η μέση κατανάλωση θερμότητας από το 1992 έως 1995 πριν την ανακαίνιση ήταν **2,9 φορές υψηλότερη** από ό, τι στην περίοδο 1998-99. Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας πριν την ανακαίνιση ήταν **1,7 φορές υψηλότερη** από ό, τι μετά. Μεγάλο μέρος της ενέργειας χρησιμοποιούταν στα παλιά συστήματα αερισμού.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στις 9.650.000 ευρώ. (965 ευρώ/m²)

4.1.3. Σχολείο Vridsloeselille, Albert

Στο πλαίσιο της ανακαίνισης του Vridsløselille Skole, η τοπική αρχή ήθελε να χρησιμοποιήσει τον φυσικό αερισμό. Σε συνεργασία με τους άλλους εμπλεκόμενους, κατασκευάστηκε το φυσικό σύστημα αερισμού. Βασίστηκε σε προηγούμενες εμπειρίες της επιχείρησης με δύο έργα: την ανακαίνιση του σχολείου Egebjerg στο Ballerup, καθώς και την ανέγερση του Stege Skole. Το έργο ολοκληρώθηκε το 2000.

Address of project	Vridsloeselille School, Nyvej 5, 2620 Albertslund, Denmark.
Year of construction	1968
Year of renovation	2000
Total floor area	1740 m ²
Number of pupils	200
Numer of classrooms	10
Typical classroom	74 m ² 20-25 pupils
Altitude	10 m above sea level
Mean annual temperature	8 °C
Mean winter temperature	4 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Η σχεδιαστική φιλοσοφία επικεντρώνεται στην αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος μηχανικού αερισμού με ένα φυσικό σύστημα. Το κέλυφος του κτιρίου βελτιώθηκε μόνο με 100mm πρόσθετη μόνωση στην οροφή. Οι συνθήκες φωτός της ημέρας έχουν βελτιωθεί σημαντικά λόγω της προσθήκης περισσότερων φωτών θόλου στους διαδρόμους. Οι παλιές τάξεις, επίσης, έχουν χωριστεί έτσι ώστε να υπάρχει μια καλύτερη διαίρεση, για τις νέες ανάγκες της εκπαίδευσης στο σχολείο. Νέα σώματα έχουν εγκατασταθεί για να καλύψουν τις απώλειες αερισμού.

Ο αέρας προθερμαίνεται περνώντας μέσα από έναν νέο τύπο εγκιβωτισμού που περιβάλλει τα θερμαντικά σώματα τα οποία βρίσκονται κάτω από τα παράθυρα. Τα θερμαντικά σώματα ελέγχονται αυτόματα σε κάθε δωμάτιο από ηλεκτρονικούς θερμοστάτες. Κατά τη διάρκεια της νύχτας και σε περιόδους μη λειτουργίας η θερμοκρασία δωματίου μειώνεται. Η εισαγωγή αέρα γίνεται μέσω της πρόσοψης κάτω από τα παράθυρα και η έξοδος γίνεται μέσω ενός αγωγού που διέρχεται μέσω της σοφίτας στην οροφή. Ο καθαρός αέρας προθερμαίνεται από ένα θερμαντικό σώμα πριν εισέλθει στο δωμάτιο. Ένα διάφραγμα εισαγωγής αέρα είναι εγκατεστημένο και ελέγχεται από τα εγκαταστημένα συστήματα ανάλογα με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στην τάξη. Η ποιότητα του αέρα ελέγχεται ξεχωριστά σε κάθε τάξη στη θερμοκρασία και στην ποσότητα CO₂ από αισθητήρες.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Predicted, kWh/m ²	Savings
Transmission	17.8
Ventilation	16.1
Total savings	33.9

Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση

Predicted, kWh/m ²	Ventilation
Before refurbishment	6
After refurbishment	0
Savings	6

Εξοικονόμηση ενέργειας για ηλεκτρισμό

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στις 1.892.500 ευρώ (1087,6 ευρώ/m²)

4.2.ΦΙΛΑΝΔΙΑ

4.2.1. Δημοτικό σχολείο στο Oulujoki Oulu

Αυτό το σχολείο ήταν ένα από τα δεκαπέντε σχολεία που συμμετείχαν σε ένα έργο, στόχος του οποίου ήταν να μελετήσει πώς η ανακαίνιση των συστημάτων αερισμού θα μπορούσε να βελτιώσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και πώς αυτή θα επηρεάσει την κατανάλωση ενέργειας. Αποτελεί μελέτη περίπτωσης ενός τυπικού σχολικού κτιρίου που χτίστηκε στις μεταπολεμικές συνθήκες της δεκαετίας του 1940 σε αστικές περιοχές. Αρχικά είχε ένα φυσικό σύστημα αερισμού. Στο πρώτο στάδιο της ανακαίνισης (1997) περιλαμβάνονται οι αίθουσες, οι διάδρομοι και γυμναστήριο.

Address of project	Oulujoen ala-aste, Sangintie 129, FIN-90650 OULU	
Year of construction	1947	
Year of renovation	1997	
Total floor area	2,522 m ²	
Number of pupils	220	
Numer of classrooms		
Typical classroom	60 m ² 20 - 33 pupils	
Altitude	10 m above sea level	
Mean annual temperature	1 °C	
Mean winter temperature	-10 °C	

Περιεχόμενο ανακαίνισης

Το σύστημα αερισμού άλλαξε από ένα φυσικό σύστημα αερισμού σε ένα σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας. Το νέο σύστημα βασίζεται σε ένα καινοτόμο σύστημα ανάκτησης θερμότητας και προ-θερμαινόμενο φρέσκο αέρα. Οι μονάδες ανάκτησης θερμότητας είναι περιστρεφόμενοι εναλλάκτες θερμότητας, αλλά όχι ψύξης και υγραντήρες (δεν χρησιμοποιείται γενικά στη Φινλανδία). Όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από -17 ° C, ο ρυθμός ροής του αέρα για τις μεμονωμένες αίθουσες θα μπορούσε να μειωθεί προσωρινά κατά 50% χαμηλότερα από τον επιθυμητό σχεδιασμένο ρυθμό. Ο ενισχυμένος αερισμός ελέγχεται από χρονοδιακόπτη και αισθητήρες εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα. Έτσι λοιπόν έχουμε :

Αίθουσες διδασκαλίας: 3 l / s/ m²

Διάδρομοι: 1 l / s/ m²

Γυμναστήριο: 2 l / s/m² και επιπλέον ώθηση 6 l / s/ m²

Ενεργειακή εξοικονόμηση

26 weeks 1/9/97 to 28/2/98	before retrofit	after retrofit
Electric	350 MWh	39 992 kWh
Heating	328 MWh	47 849 kWh
Change	-22 MWh	+7 857 kWh

Εσωτερικές συνθήκες

Measurements	before retrofit	after retrofit
Maximum of CO ₂ during one lesson (45 min)	1500 – 1700 ppm	650 – 750 ppm
Maximum temperature of indoor air	+24 °C	+24 °C
Increase of temperature during one lesson	1.5 – 2.5 °C	1 °C
Maximum of relative humidity of indoor air	34 – 39 %	32 – 35 %

Ποιότητα εσωτερικού αέρα πριν και μετά

Teachers complaint	before retrofit	after retrofit
Inadequate ventilation in winter	67 %	22 %
Stuffy air in winter	44 %	13 %

%Ποσοστό καθηγητών που υπέφεραν πριν και μετά

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στις 100.880 ευρώ.

(40 ευρώ/m²)

4.2.2. Κέντρο ημερήσιας φροντίδας στο Vihaistenkari, Raahе

Ο σκοπός της μελέτης ήταν η εξεύρεση λύσεων στα προβλήματα και τις ελλείψεις που παρατηρούνται σε συστήματα αερισμού σε κέντρα ημερήσιας φροντίδας. Τα θέματα αυτά εκδηλώνονται είτε στο στάδιο της συντήρησης των συστημάτων αερισμού ως κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα είτε στην υπερβολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Οι μετρήσεις της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και τα ερωτηματολόγια στο προσωπικό έγιναν τόσο πριν όσο και μετά τις εργασίες ανακαίνισης.

Address of project	Vihaistenkarinkadun päiväkoti Vihaistenkarinkatu 19, FIN-92130 Raahе
Year of construction	1973
Year of renovation	2001
Total floor area	908 m ²
Number of pupils	about 80
Numer of groups	4
Typical classroom	33 to 43 m ² 15 - 23 pupils
Altitude	10 m above sea level
Mean annual temperature	1 °C
Mean winter temperature	-10 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Ο πιο σημαντικός στόχος των εργασιών ανακαίνισης ήταν η βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Το σύστημα εξαερισμού ανακαινίστηκε το 2001. Δεν έγινε καμία αλλαγή στην θέρμανση και στα συστήματα φωτισμού. Το νέο σύστημα αερισμού έχει μηχανική παροχή αέρα και η εξάτμιση του συστήματος αερισμού έχει ανάκτηση θερμότητας και προ-θέρμανση του αέρα παροχής. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από -17 ° C, ο ρυθμός ροής του αέρα για τις μεμονωμένες αίθουσες θα μπορούσε να μειωθεί προσωρινά κατά 50% χαμηλότερα από τον επιθυμητό σχεδιασμένο ρυθμό. Ο ενισχυμένος αερισμός ελέγχεται από χρονοδιακόπτη και αισθητήρες εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα.. Έτσι λοιπόν έχουμε ,αίθουσες διδασκαλίας: 5 l / s/άτομο (20 άτομα).

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση δεν έχει μειωθεί. Όταν το σύστημα εξαερισμού έχει ανακαινιστεί, δεν έγιναν άλλες επισκευές. Σε νέες συνθήκες, μέρος της παροχής αέρα έρχεται μέσα από την διαρροή(αερογέφυρες) σε στενούς χώρους των εξωτερικών τοίχων. Επιπλέον δεν υπάρχουν στατιστικά στοιχεία για τον ηλεκτρισμό. Αντίθετα για τις εσωτερικές συνθήκες έχουμε :

Measurements	before retrofit	after retrofit
Maximum of CO ₂ during one lesson (45 min)	1500 – 1700 ppm	650 – 750 ppm
Maximum temperature of indoor air	+24 °C	+24 °C
Increase of temperature during one lesson	1.5 – 2.5 °C	1 °C
Maximum of relative humidity of indoor air	34 – 39 %	32 – 35 %

Ποιότητα εσωτερικού αέρα πριν και μετά

Teachers complaint	before retrofit	after retrofit
Inadequate ventilation in winter	93 %	36 %
Stuffy air	87 %	29 %
Inadequate ventilation in summer	67 %	36 %

%Ποσοστό καθηγητών που υπέφεραν πριν και μετά

Κόστος ανακαίνισης

Δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με την ανακαίνιση.

4.3.ΓΑΛΛΙΑ

4.3.1. Γυμνάσιο στο Louise Labé, Λυών

Το έργο έχει ως στόχο την διεύρυνση του χώρου και την αναδιοργάνωση των χώρων ώστε να ενοποιηθούν οι χώροι διδασκαλίας, να ανακαινίσουν τη γενική όψη του κτιρίου, και να διορθώσει την ακουστική, θερμικές συνθήκες και την πρόσβαση ατόμων με ειδικές ανάγκες.

Address of project	Lycée Louise labé Boulevard Yves Farge 69007 Lyon France	
Year of construction	1953	
Year of renovation	2000	
Total floor area	9000 m ²	
Number of pupils	600	
Numer of classrooms		
Typical classroom	60 m ² 24-30 pupils	
Altitude	170 m above sea level	
Mean annual temperature	11.5°C	
Mean winter temperature	5.6°C	

Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1)μόνωση τοίχων και μόνωση στεγών
- 2)παράθυρα με διπλά τζάμια
- 3)εναλλάκτη θερμότητας για την υπηρεσία τηλεθέρμανσης
- 4)αύξηση του φυσικού φωτισμού
- 5)μηχανικός αερισμός
- 6)οικοδόμηση του συστήματος διαχείρισης

Οι λέβητες πετρελαίου έχουν αντικατασταθεί από έναν εναλλάκτη θερμότητας για την βελτίωση της επίδοσης της κεντρικής θέρμανσης. Το ζεστό νερό διανέμεται στις αίθουσες με θερμοκρασία ανάλογα με τη ζώνη του κτιρίου. Οι αγωγοί είναι μονωμένοι με υαλοβάμβακα. Τα σώματα έχουν θερμοστατικές βαλβίδες και συμβάλλουν στην διάχυση της θερμότητας σε ελεγχόμενη θερμοκρασία στο κύριο μέρος του κτιρίου. Ένα σύστημα διαχείρισης κτιρίου έχει εγκατασταθεί για να διαχειριστεί την θέρμανση, τον αερισμό, τον συναγερό και την συντήρηση. Ο φυσικός φωτισμός σε μεγάλο βαθμό παρέχεται μέσω μεγάλων σε επιφάνεια υαλοπινάκων στις προσόψεις. Τα παράθυρα είναι εξοπλισμένα με ρολά για την προστασία από τον ήλιο. Στα εργαστήρια στον πρώτο όροφο, το φως παρέχεται από ηλιακά ράφια από ψηλά. Στις αίθουσες διδασκαλίας, ο τεχνητός φωτισμός παρέχεται από φωτιστικά οροφής με λάμπες φθορισμού. Σε άλλα δωμάτια και διαδρόμους, υπάρχουν συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού που ελέγχονται από χρονοδιακόπτες.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Features	Average Consumption Ratio	
	Before Retrofit	After Retrofit
Heating	174 kWh/m ² .y	93 kWh/m ² .y
Electricity	24 kWh/m ² .y	31 kWh/m ² .y
Water	1717 m ³	1355 m ³

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την ανακαίνιση και την επέκταση αυξήθηκε κατά 57,6%, μείωση 46,5% στη θέρμανση και 21% στην κατανάλωση νερού.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε 9.500.000 ευρώ (1055 ευρώ/m²) . Είναι υψηλό λόγω της αντικατάστασης Μηχανολογικού Εξοπλισμού, κυρίως των εναλλακτών και του μηχανολογικού συστήματος αερισμού. Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει κάποια επιμέρους κόστη του κελύφους και συστημάτων.

		Renovation costs (Euros)
Envelope	Building works	4 700 000
	Windows	690 000
Systems	Lighting and electrical appliances	600 000
	HVAC	790 000
	BMS	75 000
Approximate increase in cost of project to discovery of asbestos		37 000

4.3.2. Επαγγελματικό σχολείο στο Gambetta, Bourgoin Jallieu

Το έργο είχε ως στόχο να προσαρμόσει και να ανακαινίσει το υπάρχον κτήριο και να προσθέσει μια επέκταση για να γίνει πιο λειτουργικό το σχολικό κτήριο.

Address of project	Lycée Gambetta 14, avenue Gambetta 38003 Bourgoin Jallieu France
Year of construction	1930
Year of renovation	1993-1995
Total floor area	9213 m ²
Number of pupils	520-540
Numer of classrooms	
Typical classroom	35-50 m ² 26-28 pupils
Altitude	254 m above sea level
Mean annual temperature	11.5°C
Mean winter temperature	5.6°C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1)θερμομόνωσης της τοιχοποιίας
- 2)παράθυρα με διπλά τζάμια
- 3)λέβητες πετρελαίου μετατρέπονται σε φυσικού αερίου
- 4)ανακαινισμένα ηλεκτρικά και τα συστήματα φωτισμού
- 5)μηχανικός αερισμός
- 6)οικοδόμηση του συστήματος διαχείρισης

Η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση χώρου θα πρέπει να επιτευχθεί χάρη στην καλύτερη μόνωση του κελύφους. Αφού αντικαταστάθηκε ο παλιός λέβητας πλέον το ζεστό νερό διανέμεται στις αίθουσες με θερμοκρασία ανάλογης της ζώνης του κτιρίου. Ένας ελάχιστος αερισμός παρέχεται με μηχανικό αερισμό ο οποίος ελέγχεται από ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης. Ένας αριθμός από παλιά καλοριφέρ αντικαταστάθηκαν και τοποθετήθηκαν νέες μονωμένες σωληνώσεις. Τα ηλεκτρικά και τα συστήματα φωτισμού ανακαινίστηκαν πλήρως, σύμφωνα με τις γαλλικές προδιαγραφές. Επίσης τα εξωτερικά ηλιακά συστήματα προστασίας έχουν εγκατασταθεί.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Features	Average Consumption Ratio	
	Before Retrofit	After Retrofit
Heating	108 kWh/m ² .y	79 kWh/m ² .y
Electricity	43 kWh/m ² .y	25 kWh/m ² .y

Προκύπτει μείωση κατά 26% για την κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης και 42% για την κατανάλωση ενέργειας φωτισμού.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 5.560.000 ευρώ, δηλαδή (603,5 ευρώ/m²).


		Renovation costs (Euros)
Envelope	Building works	2 900 000
	Windows	720 000
Systems	Lighting and electrical appliances	660 000
	HVAC	430 000

4.4.ΓΕΡΜΑΝΙΑ

4.4.1. Σχολείο στην Στουγγάρδη, Γερμανία

Στο σχολείο ανανεώθηκε το σύστημα θέρμανσης των χώρων του σχολικού κτιρίου και συνδυάστηκε η κίνηση αυτή με την προσθήκη βελτιωμένης μόνωσης. Η κίνηση σκόπευε στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από το κτήριο σε συνδυασμό με την μείωση των δαπανών σε καύσιμα.

Altitude	240 m above sea level
Mean annual temperature	8.6 °C
Mean winter temperature	5.8 °C
Address of project	Grund- und Hauptschule Plieningen Paracelsusstr. 4 70599 Stuttgart Germany
Year of construction	1936/1957/1970
Year of renovation	1996-1997
Total floor area	5260 m ²
Number of pupils	
Numer of classrooms	25 + 3 practical rooms
Typical classroom	60 m ² 20-25 pupils



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1)Σύνθετο σύστημα θερμομόνωσης, εσωτερική μόνωση.
- 2)Αντικατάσταση υαλοπινάκων με άλλα χαμηλής εκπομπής.
- 3)Μόνωση οροφής με φελιζόλ γίνεται από τους εκπαιδευτικούς και τους ίδιους τους μαθητές.
- 4)Αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού, το φως της ημέρας εξαρτάται από τον τεχνητό έλεγχο φωτισμού.
- 5)Νέοι λέβητες φυσικού αερίου (συμπύκνωση / λέβητες χαμηλής θερμοκρασίας), νέα σώματα καλοριφέρ.

Αναπτύχθηκε ο κατάλογος των πιθανών θερμομονώσεων και τα νέα συστήματα θέρμανσης. Οι τοίχοι μονώθηκαν από σύνθετη θερμομόνωση (εξωτερική μόνωση με σοβά) μέχρι και 14 cm. Μέρη της στέγης έχουν μονωθεί από τους καθηγητές και τους μαθητές με 18 cm φελιζόλ ενώ οι αρχικές προσόψεις πρέπει να διατηρηθούν ανέπαφες. Οι παλιοί λέβητες αντικαταστάθηκαν από ένα λέβητα συμπύκνωσης για το βασικό φορτίο θέρμανσης και από έναν χαμηλής θερμοκρασίας λέβητα για το φορτίο αιχμής, και οι δυο με καυστήρες χαμηλής εκπομπής NOx αερίων. Το φορτίο αιχμής των λεβήτων μειώθηκε κατά 60%. Δεν έχει εγκατασταθεί σύστημα αερισμού. Σε λίγες αίθουσες δοκιμών το φως της ημέρας εξαρτάται από τον τεχνητό έλεγχο φωτισμού και έχουν εγκατασταθεί πιο αποτελεσματικά τα φωτιστικά στοιχεία. Επίσης έχουν βαφτεί όλες οι αίθουσες με ειδικά χρώματα για να αναβαθμιστεί η ανακλώμενη επιφάνεια.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Segment of Building	Structural unit	U-value [$\text{W/m}^2\text{K}$]	
		after retrofit	before retrofit
1	windows	1,4	3,4
	walls	0,26	1,60
	roof	0,19	1,35
	floor	1,72 / 3,02	1,72 / 3,02
3	windows	1,4 / 2,5	2,5
	walls	0,26	1,36
	roof	0,28	0,28
	floor	0,79 / 2,17	1,56 / 2,17
2	windows	1,4	3,5
	walls	0,25	1,73
	roof	0,18	1,85
	floor	2,35	2,35

Η απόδοση του συστήματος θέρμανσης με τα δύο λέβητες παρακολούθηθηκε και φαίνεται να είναι 95%.

Segment of building	Heating energy consumption [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]		
	Before retrofitting (calculation fitted to consumption)	After retrofitting (monitored)	
		1997/98*	1998/99
1 (2090 m^2)	250	36	43
2 (1110 m^2)	210	40	45
3 (2060 m^2)	140	40	55
Total	200	38	49

* 1997/1998 represents an incomplete heating period (start of monitoring middle of November)

Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση πριν και μετά

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 2.120.492 ευρώ (403 ευρώ/ m^2). Ακολουθεί ένας πίνακας που δείχνει τα επιμέρους κόστη.

Use	Costs [EUR]				
Retrofitting with focus on energetic improvement	Thermal insulation	1,432,244	Research		
	Heating system	363,664		Research costs (institutes)	313,436
	Lighting	53,927		Measurements	61,414
	Planning costs	270,657		Public relations	11,074
	Σ	2,120,492	Σ	385,924	
		Auditing system by town (SEKS)	4,665		
		Σ	2,511,081		

4.4.2. Σχολείο Bertolt-Brecht, Δρέσδη

Η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση ήταν πολύ υψηλή λόγω απουσίας θερμομόνωσης, χαμηλής ποιότητας παραθύρων και φτωχής αεροστεγανότητας. Η ανακαίνιση περιελάμβανε και την μετατροπή δυο χώρων σε αιυές «κόλπων» με σκοπό την ανάδειξη της ενεργειακής εξοικονόμησης την κοινωνικών εγκαταστάσεων του σχολείου.

Address of project	Bertolt-Brecht-Gymnasium Lortzingstr. 1 01307 Dresden Germany
Year of construction	1967
Year of renovation	1993-1995
Total floor area	2407 m ²
Number of pupils	
Numer of classrooms	20 + 6 practical rooms
Typical classroom	50 m ² 20-25 pupils
Altitude	106 m above sea level
Mean annual temperature	8,9°C
Mean winter temperature	0°C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1) Προθέρμανση του αέρα του χειμώνα και νυχτερινό αερισμό το καλοκαίρι.
- 2) Μόνωση των εξωτερικών τοίχων με 12 εκατοστά φελιζόλ και γύψο (σύνθετο σύστημα θερμομόνωσης).
- 3) Μόνωση της στέγης, και επικάλυψη με τζάμια χαμηλής εκπομπής σε ξύλινα κουφώματα.
- 4) Νέος έλεγχος του συστήματος θέρμανσης (νύχτα και το Σαββατοκύριακο setpoint), καθώς και καθορισμός φωτός της ημέρας από τεχνητό έλεγχο φωτισμού.

Οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν σύνθετο σύστημα θερμομόνωσης με φελιζόλ πάχους 12 cm. Οι στέγες έχουν επιπλέον μόνωση 15 cm, το ισόγειο και οι τοίχοι βελτιώθηκαν με μόνωση 8 cm. Το υπάρχον σύστημα θέρμανσης του σχολείου παρέμεινε αλλά αντικαταστάθηκε το σύστημα ελέγχου με ένα νέο. Λόγω της ύπαρξης αιθρίων τοποθετήθηκαν 3 θερμαντικά σώματα ζεστού αέρα ανά αίθριο. Επίσης δημιουργήθηκε ένα σύστημα κατακόρυφου αερισμού. Η διαδικασία αυτή υποστηρίζεται από ανεμιστήρες που συνδέονται αυτόματα με τα παράθυρα στις στέγες των αιθρίων και στις αίθουσες διδασκαλίας. Ένα χειροκίνητο σύστημα σκίασης (καμβάς) κάτω από την οροφή αίθρια είχε εγκατασταθεί για να μειώσει την υπερθέρμανση και τον υπερβολικό φωτισμό.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

building part	U-value [W/m ² K]	
	before retrofit	after retrofit
exterior wall	1,82	0,28
cellar wall	3,03	0,43
ground floor	3,50	0,44
roof	0,95	0,25
windows	2,6	1,5
glazed roof of atria	-	1,6

Heating energy consumption [kWh/m ² a]			
Before retrofitting	According to Energy Concept	After retrofitting (monitored)	
		1996/97	1997/98
283	55	69	69

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μειώθηκε περισσότερο από 75%. Η εξοικονόμηση ενέργειας ήταν περίπου 77%, αλλά από την άλλη πλευρά το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ακριβό.

Κόστος ανακαίνισης

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία.

4.4.3. Το σχολείο Paul-Robenson, Leipzig

Από το 1991 - 1993 το κτήριο έχει ανακαινισθεί με σκοπό να δείξει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα της μετασκευής ήταν η χρήση διαφανούς μόνωσης σε σύγκριση με τη χρήση του πρότυπου υλικού μόνωσης.

Address of project	Paul-Robeson-Schule Jungmannstr. 5 04159 Leipzig Germany
Year of construction	1969
Year of renovation	1991-1993
Total floor area	4100 m ²
Number of pupils	
Numer of classrooms	18 + 6 practical rooms
Typical classroom	54 m ² 25 - 30 pupils
Altitude	107 m above sea level
Mean annual temperature	9.1 °C
Mean winter temperature	0 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1) Διαφανή μόνωση
- 2) Μόνωση των τοίχων, οροφής και αντικατάσταση παραθύρων χαμηλής εκπομπής.
- 3) Σκίασης μπροστά από τη διαφανή μόνωση και τα παράθυρα νότιου προσανατολισμού (μετά από υπερθέρμανση της πρώτης σεζόν)
- 4) Το νέο σύστημα ελέγχου θέρμανσης με αυτόνομο έλεγχο δωματίου
- 5) Ανοίγματα εξαερισμού στα πλαίσια των παραθύρων και υποστήριξη από ανεμιστήρες.

Επίσης υπήρξε ανανέωση του λέβητα και των κυκλωμάτων θέρμανσης. Για να μειωθεί ο κίνδυνος υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, ένα κινητό σύστημα σκίασης συνδέθηκε μπροστά από τη διαφανή μόνωση και μπροστά από τα παράθυρα νότιου προσανατολισμού. Οι εξωτερικοί τοίχοι από ελαφρού σκυρόδεμα μονώνονται με 8 cm από πετροβάμβακα. Η οροφή μονώθηκε με αφρώδες πολυστερενίου. Στη νότια πλευρά με 8 cm από διαφανές υλικό μόνωσης. Η τοπική παροχή αερίου αλλάχθηκε σε φυσικό αέριο. Το ζευγάρι των λεβήτων είναι συνδεδεμένα σε σειρά και ενεργοποιείται όταν απαιτείται. Τέλος ο φωτισμός δεν ήταν μέρος της μετασκευής.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Heating energy consumption [kWh/m ² a]			
Before retrofitting	Calculated (Energy Concept)	After retrofitting (monitored)	
		1994/95	1995/96
225	57	58	89

Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση πριν και μετά

Η εκτίμηση της απαίτησης ενέργειας θέρμανσης που προέρχεται από τη χρήση του φυσικού αερίου έδειξε μια μείωση της τάξης του 61% και 75%. Ο φωτισμός και άλλοι ηλεκτρικοί καταναλωτές ενέργειας δεν εξετάστηκαν.

Κόστος ανακαίνισης

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία.

4.4.4. Πανεπιστήμιο στη Στουτγάρδη

Τα κτήρια του πανεπιστημίου συνήθως χρησιμοποιούν πολύ εξελιγμένα συστήματα HVAC. Τα συστήματα αυτά θα πρέπει να προσαρμόζονται στις πραγματικές ανάγκες χρήσης. Αν αυτό δεν γίνεται σε τακτική βάση η κατανάλωση ενέργειας γίνεται δυσβάσταχτη. Η ανακαίνιση του συστήματος HVAC στα δύο κτήρια του πανεπιστημίου της Στουτγάρδης παρέχει ένα εντυπωσιακό παράδειγμα.

address	Universitätsgelände Pfaffenwald, Stuttgart-Vaihingen, Germany	
building	IWZ	ETI 1
year of construction	1975	1964
year of renovation	1987	1987
total floor area m ²	30500	14500
Hours of operation offices	12	12
Hours of operation labs	up to 24	up to 24
Altitude	Ca 450 m	
Mean annual temperature	9.7°C	
Mean winter temperature	4.9°C	



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Το έργο επικεντρώθηκε μόνο στα τεχνικά συστήματα. Δεν έγινε μετασκευή του κελύφους του κτιρίου. Έγινε εγκατάσταση της διαχείρισης της ενέργειας και βελτιστοποίηση του συστήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις των χρηστών. Γίνεται έλεγχος της χρήσης ενέργειας με στόχο τη συνεχή προσαρμογή και βελτιστοποίηση της συντήρησης του συστήματος. Επίσης επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση της ανάκτησης θερμότητας με βελτιστοποίηση της ψύξης και θέρμανσης σύμφωνα με τις πραγματικές απαιτήσεις του χρήστη. Η συνεχής παρακολούθηση της ενέργειας και η εκπαίδευση των χειριστών κρίνεται απαραίτητη. Έγινε αντικατάσταση των μεγάλων κινητήρων των ανεμιστήρων. Βελτιστοποίηση των στρατηγικών αερισμού. Επιπλέον μέτρηση των εκπομπών CO₂ για να προσαρμοστεί ανάλογα ο αερισμός, καθώς και αξιοποίηση των εσωτερικών θερμικών κερδών. Τέλος έγινε εγκατάσταση του νέου DDC / GLT συστήματος μαζί με εγκατάσταση 100 αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας για τη μέτρηση αναγκών θέρμανσης.

Ενεργειακή εξοικονόμηση



Σε MWh/m²

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση από τις αρχές της δεκαετίας του ενενήντα ήταν περίπου 328 MWh / m² . Μετά τη μετασκευή η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση ελέγχθηκε και ήταν περίπου 210 MWh / m² . Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται για τον αερισμό, το φωτισμό και τη λειτουργία των τεχνικών και επιστημονικών συστημάτων. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περίπου 200 MWh / m² και μετά την μετασκευή η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετρήθηκε περίπου στις 160 MWh / m² . Δηλαδή 35% και 20% μείωση αντίστοιχα.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 1.456.000 ευρώ. Πολύ υψηλός λόγω της εγκατάστασης του μηχανολογικού εξοπλισμού. Επίσης η λειτουργία του συστήματος για 8 χρόνια (διαχείριση ενέργειας και της χρηματοδότησης) κόστισε 168.000 ευρώ που περιλαμβάνεται στο συνολικό κόστος.

4.4.5. Πανεπιστήμιο στο Ulm

Έγινε η ίδια μορφή παρέμβασης με την προηγούμενη περίπτωση, δηλαδή αντικατάσταση HVAC συστημάτων.

address	Oberer Eselsberg, Ulm, Germany	
building	Retrofit part B	Retrofit part C
year of construction	1967	1983
year of renovation	2000	2000
total floor area m ²	19900	9100
Hours of operation offices	12	12
Hours of operation labs	up to 24	up to 24
Altitude	Ca 522 m	
Mean annual temperature	8.5 C	
Mean winter temperature	3.7 C	



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Ο παρακάτω κατάλογος των μέτρων αποδείχθηκε αποδοτικός στο Πανεπιστήμιο του Ulm. Για τα άλλα τα κτήρια παρόμοια μέτρα πρέπει να προσδιορίζονται σύμφωνα με την πραγματική κατάσταση και λειτουργία των κτιρίων.

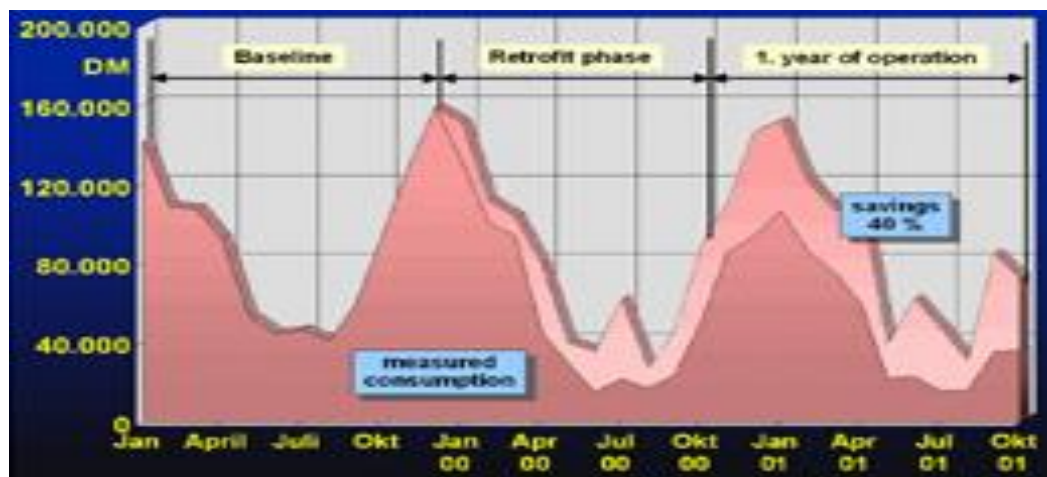
Τα μέτρα που εφαρμόζονται στην Ulm:

- 1) Αναβάθμιση του ελέγχου DDC.
- 2) Εγκατάσταση των 250 αισθητήρων θερμοκρασίας για τη μέτρηση των αναγκών θέρμανσης.
- 3) Αντικατάσταση του μεγάλου μεγέθους κινητήρων για αερισμό.
- 4) Βελτιστοποίηση των στρατηγικών αερισμού.
- 5) Αξιοποίηση των εσωτερικών θερμικών κερδών.
- 6) Βελτιστοποίηση της ανάκτησης θερμότητας.
- 7) Βελτιστοποίηση της ψύξης και θέρμανσης σύμφωνα με τις πραγματικές απαιτήσεις του χρήστη.
- 8) Συνεχής παρακολούθηση της ενέργειας και εκπαίδευση των χειριστών

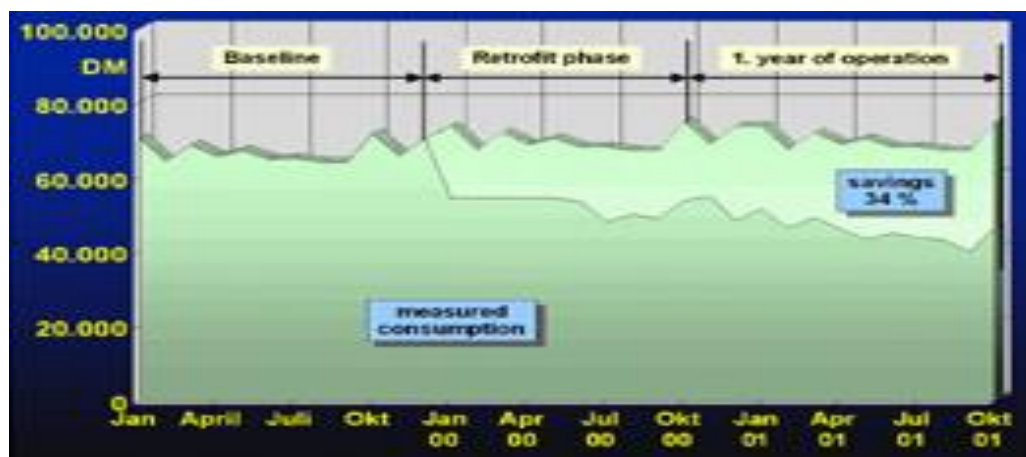
Ενεργειακή εξοικονόμηση



Κόστος ψύξης πριν και μετά



Κόστος θέρμανσης πριν και μετά



Κόστος ηλεκτρισμού πριν και μετά

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 1.367.000 ευρώ μαζί με το επιπλέον 11% επί της αρχικής επένδυσης (διαχείριση ενέργειας και της χρηματοδότησης).

4.4.6. Πανεπιστήμιο στη Βρέμη

Οι κύριοι στόχοι της μετασκευής ήταν να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας κατά περισσότερο από 50% και για τη βελτίωση του εσωτερικού κλίματος. Ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της χρήσης ενέργειας και εσωτερικού κλίματος πριν και μετά την ανακαίνιση χρησίμευσε για να βελτιστοποιήσει τη διαδικασία σχεδιασμού και ελέγχου της αποτελεσματικότητας της ανακαίνισης.

Address of project	Staat- und Universitätbibliothek Bremen Bibliothekstraße, 28334 Bremen, Germany
Architect	University of Bremen Construction Department
Year of foundation	1660
Year of construction	1974
Type of library	open access with lending Dpt.
Year of renovation	2001-2003
Total floor area	28,124 m ²
Number of students using the library	26,000 + staff of 1,900
Altitude	50 m above sea level
Mean annual temperature	9°C
Mean winter temperature	3.6°C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Το κύριο μέρος είναι ο επανασχεδιασμός του συστήματος HVAC. Ο κλιματιζόμενος χώρος θα μπορούσε να μειωθεί κατά περίπου 10% με την εγκατάσταση ανοιγόμενων παραθύρων στα περιμετρικά γραφεία όπως και η βελτίωση των προσόψεων για θερμική και οπτική άνεση. Η εγκατάσταση χωριστών σωμάτων στις προσόψεις και οι αποκεντρωμένες μονάδες ψύξης στον πυρήνα του κτιρίου επιτρέπουν την θέρμανση και την ψύξη να παρέχονται ανεξάρτητα από το σύστημα αερισμού και επομένως ο μηχανικός αερισμός μπορεί να απενεργοποιηθεί. Στα γραφεία με ανοιγόμενα παράθυρα τα θερμαντικά σώματα απενεργοποιούνται αυτόματα όταν το παράθυρο είναι ανοιχτό. Το ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού παίζει σημαντικό ρόλο στην ανακαίνιση, λόγω του μεγάλου αριθμού των ωρών λειτουργίας. Έχουν τοποθετηθεί νέοι αποδοτικοί λαμπτήρες. Η ψευδοροφή των περσίδων αντικαταστάθηκε από οροφές γυψοσανίδας, ώστε να καταστεί δυνατή η βέλτιστη τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων σε σχέση με τη θέση των ραφιών της βιβλιοθήκης. Επίσης έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες για το ηλιακό φως και άλλαξε η διαρρύθμιση του χώρου για την καλύτερη εκμετάλλευσή του.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Surface	Area	Specific Transmission Losses [W/K]		[kWh/m ² a]	Before Retrofit	After Retrofit
		Before Retrofit	After Retrofit			
Exterior Wall	3.964	5.877	5.877	Heating consumption: measured predicted	290 367.2	- 96.2
Roof	7.805	4.695	2.411	cooling consumption: measured predicted	42 50.1	- 30.4
Ground Floor	7.805	11.212	11.212			
Windows	2.954	10.413	5.227	Electric consumption: measured predicted	189 191.4	- 94.7
Total	22.582	32.196	24.726			

Κόστος ανακαίνισης

Παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα επιμέρους κόστη

Site facilities	4.9%
Dismounting	6.1%
Metal construction & glazings	14.0%
Shading systems	2.3%
Dismounting & replacing suspended ceilings	6.2%
Electrical installations & lighting	25.1%
Building management system	7.5%
Ventilation system	17.4%
Heating, Cooling & Steam supply systems	11.6%
Insulation of pipes & ducts	5.0%
Total budget	€5.6 Million

Τα κόστη που αναφέρονται στον πίνακα καλύπτονται από ένα περιφερειακό γερμανικό πρόγραμμα.

Το ολικό κόστος ανήλθε στα 7.200.000 ευρώ. (256 ευρώ/m²).

4.4.7. Το σχολείο Kathe-Kollwitz στο Aachen

Η Käthe-Kollwitz-School είχε υψηλή κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν από την ανακαίνιση. Μαζί με την ανεπαρκή μόνωση των εξωτερικών επιφανειών, που είχε ως αποτέλεσμα τις κακές συνθήκες διδασκαλίας και μάθησης. Σκοπός είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό κατά 50%. Αυτό σήμαινε τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της εξωτερικής επιφάνειας και του συστήματος θέρμανσης, αερισμού και φωτισμού.

Address of project	Käthe-Kollwitz-Schule Bayernallee 6 52066 Aachen Germany
Year of construction	1951/1955/1978/1990
Year of renovation	2000-2003
Total floor area	9600 m ²
Number of pupils	2200 pupils 85 teachers
Numer of classrooms	-
Typical classroom	55 m ² for about 20 pupils
Altitude	100 m above sea level
Mean annual temperature	9,6 °C
Mean winter temperature	7,1 °C



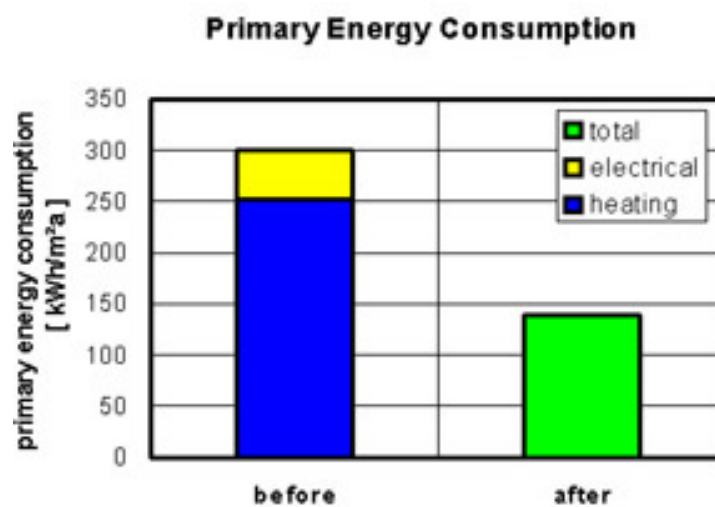
Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1)Σύνθετο σύστημα θερμομόνωσης αφρώδους πολυστερίνης στους εξωτερικούς τοίχους.
- 2)Αντικατάσταση των παραθύρων από ξύλινα / αλουμινένια κουφώματα χαμηλής εκπομπής και U-value 1,3 W / m² K.
- 3)Μόνωση της οροφής με κυτταρίνη και εσωτερική θερμομόνωση των τοιχωμάτων των «θερμοκηπίων» καθώς και μόνωση της οροφής.
- 4)Μετατροπή του συστήματος κεντρικής θέρμανσης από καυστήρες αερίου σε σύστημα τηλεθέρμανσης με διπλό σύστημα αγωγών.
- 5)Εγκατάσταση αποκεντρωμένων συστημάτων μηχανικού αερισμού με ελεγχόμενους ανεμιστήρες εξάτμισης.
- 6)Λαμπτήρες με ροοστάτη υψηλής ενεργειακής απόδοσης, υπεριώδους φωτός με ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία.
- 8)Το πάχος της μόνωσης και στις δύο όψεις θα είναι 12 cm. Η οροφή θα μονωθεί με μόνωση κυτταρίνης πάχους 20 cm. Για το ζεστό νερό θα τοποθετηθεί μια μικρότερη δεξαμενή νερού όγκου 300 λίτρων.

Surface	Area	U-value [W/m ² K]	
		Before Retrofit	After Retrofit
External Wall	1400 m ²	1,4/2,6	0,27/0,30
Windows	3100 m ²	5,2	1,3
Base Floor/ Cellar Ceiling	3150 m ²	1,7	0,3/1,7
Ceiling to the Attic Floor	3150 m ²	1,7	0,17

Διαφορά στις εκπομπές σε διαφορετικά μέρη του κτιρίου

Ενεργειακή εξοικονόμηση



(Στόχος είναι να μειωθεί στις 140 kWh/m²a) άρα πρόκειται για εκτίμηση.

Κόστος ανακαίνισης

Position	Estimated [Euro]	Realised [Euro]	Building element related [Euro/m ²]
External wall	119.315	156.707	175
Windows/doors	335.372	236.144	310
Roof/top ceiling	35.059	40.743	53
Cellar ceiling/ cellar walls	7.133	7.132	46
Additional building costs	20.196	62.303	-
Heating/ ventilation/ lighting system	368.920	442.831	-
Design	259.315	259.315	-
Total	1.145.310	1.205.175	-

Position	Cost estimation [Euro]			
	Sec. 1	Sec. 2	Sec. 3	Total
External wall	119.315	127.928	137.348	384.591
Windows/doors	335.372	267.840	161.364	764.576
Roof/top ceiling	35.059	82.325	54.002	171.386
Cellar ceiling/ cellar walls	7.133	26.587	-	33.720
Additional building costs	20.196	54.197	66.724	141.117
Heating/ ventilation/ lighting system	368.920	140.057	219.286	728.263
Design	259.315	141.598	141.769	542.682
Total	1.145.310	840.532	780.493	2.766.335

Το ολικό κόστος ανήλθε στα 2.800.000 ευρώ

4.4.8. Εργαστήρια στο Juelich

Το παλιό και μερικώς σπασμένο σύστημα κλιματισμού οδήγησε σε υψηλή κατανάλωση ενέργειας και υψηλό κόστος ενέργειας. Ειδικά για τα εργαστήρια έχουν υψηλά εσωτερικά ενεργειακά φορτία εξαιτίας της μεγάλης ποσότητας των οργάνων μέτρησης.

Address of project	Laborgebaeude 06.20 Juelich Forschungszentrum Juelich 52425 Juelich Germany
Year of construction	1956
Year of renovation	2003-2004
Total floor area	3330 m ²
Number of pupils	-
Numer of classrooms	-
Typical classroom	typical office/ laboratory: 20 m ²
Altitude	100 m above sea level
Mean annual temperature	9.6 °C
Mean winter temperature	7.1 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1) Ασχολείται κυρίως με τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος θέρμανσης και αερισμού με μειούμενο το ποσοστό αερισμού.
- 2) Αντικατάσταση της υπάρχουσας μόνωσης των εξωτερικών τοίχων.
- 3) Νέα παράθυρα με χαμηλή εκπομπή και πρόσθετη ψύξη με νερό.
- 4) Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των ανεμιστήρων και μείωση του υψηλού ποσοστού αερισμού.
- 5) Συγκέντρωση της εξαγωγής αέρα και εγκατάσταση ενός εναλλάκτη θερμότητας.

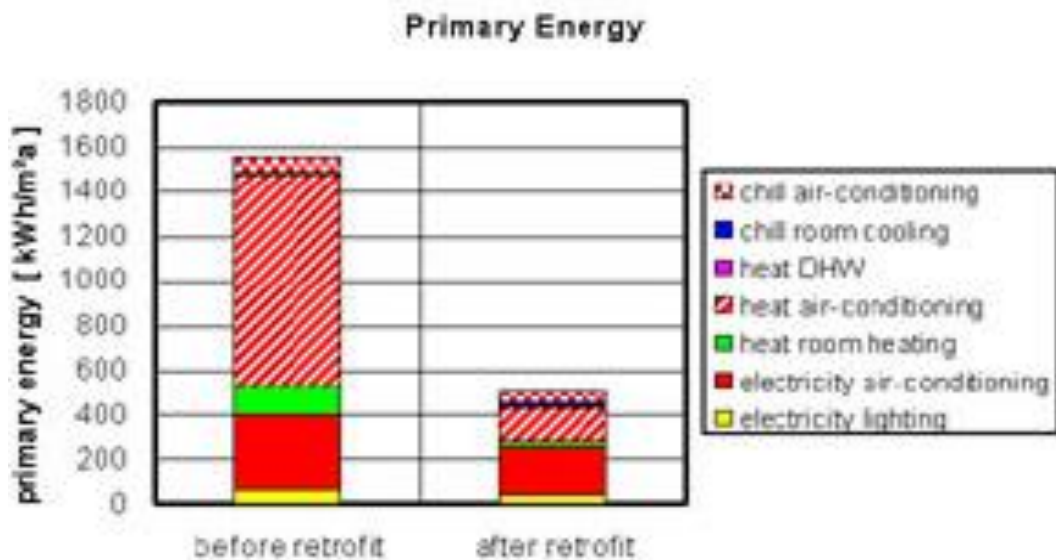
Η εγκατάσταση των υαλοπινάκων ανακατεύθυνσης του φωτός ημέρας θα πρέπει να διερευνηθεί. Η αναλογία φωτός ημέρας των διαδρόμων θα πρέπει να βελτιωθεί και να εγκατασταθεί σύγχρονα φωτιστικά σώματα. Η τρέχουσα κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου ανέρχεται σε 1558 kWh / m² a. Από αυτές οι 1372 kWh / m² a απαιτούνται για τον κλιματισμό και αερισμό των δωματίων, 126 kWh / m² a για επιπλέον θέρμανση, 58 kWh / m² a για φωτισμό και 1,6 kWh / m² a για ζεστό νερό χρήσης.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Surface	U-value [W/m ² K]	
	Before Retrofit	After Retrofit
External Wall	(0.38) 0.60*	0.30
Windows	3.4	< 1.5
Flat Roof	0.60	0.60

* including the wet insulation material and the thermal bridges

U-value στις επιφάνειες πριν και μετά



Κόστος ανακαίνισης

Παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος το οποίο είναι 5.010.000 ευρώ.


Position	Cost-estimation Euro
Building	957,000
Heating system	133,000
Air-conditioning system	3,550,000
Lighting system	61,000
Design	207,000
Project management	102,000
Research and monitoring	?
Total	5,010,000

Cost-estimation of the retrofit

4.5.ΙΤΑΛΙΑ

4.5.1. Βιομηχανικό κτήριο ως πανεπιστημιακό στη Ρώμη

Η έμφαση ήταν στην διατήρηση του χαρακτήρα του βιομηχανικού κτιρίου όσο το δυνατόν περισσότερο. Το έργο στοχεύει στην επαναχρησιμοποίηση του κτιρίου, ελαχιστοποίηση του κόστους παρέμβασης και την επίτευξη ενός ενεργειακά αποδοτικού και υγιεινού κτιρίου.

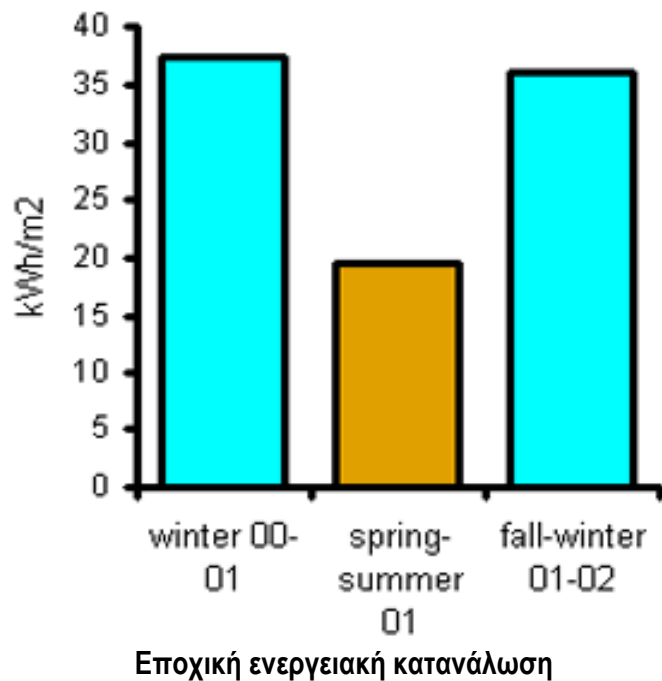
Address of project	Rome, Italy	
Year of construction	1888-1891	
Year of renovation	2000 Phase 1	
Total floor area	1200 m ²	
Number of students	500	
Number of lecture rooms	3	
Number of Auditoria	2	
Typical classroom:		
Size	320 m ²	
Window/glass area	74 m ²	
Number of students	80	
Altitude	20 m above sea level	
Summer temperature	18°C - 35°C	
Winter temperature	-2°C - 9°C	

Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1) Τοποθέτηση διπλών τζαμιών.
- 2) Μόνωση οροφής με ίνες από ξύλο πάνελ (Celenit), πάχους 4 cm.
- 3) Εγκατάσταση νέου συστήματος φωτισμού χαμηλής κατανάλωσης και εκμετάλλευση των υφιστάμενων φεγγιτών για το φως ημέρας.
- 4) Εγκατάσταση των εξωτερικών ηλιακών συσκευών σκίασης πάνω από τους φεγγίτες
- 5) Νέα αντλία θερμότητας θέρμανσης / ψύξης με σύστημα ακτινοβόλου δαπέδου για τη διανομή.

Επειδή οι εξωτερικές δομές είχαν μια ικανοποιητική θερμική απόδοση δεν έγινε ιδιαίτερη προσπάθεια για την προσθήκη ή τη βελτίωση της θερμομόνωσης των εξωτερικών τοιχωμάτων. Η θέρμανση και η ψύξη στο εργοστάσιο αποτελείται από δύο αντλίες θερμότητας 60 kW η κάθε μια. Για να μειωθεί ο κίνδυνος της υπερθέρμανσης, ρυθμιζόμενα σκίαστρα πάνω από το φεγγίτη εγκαταστάθηκαν. Επίσης εγκαταστάθηκε ένα υβριδικό σύστημα μηχανικού και φυσικού αερισμού χρησιμοποιώντας 100% εξωτερικό αέρα.

Ενεργειακή εξοικονόμηση



Η μέση κατανάλωση θέρμανσης παρέμεινε κάτω των 40 kWh/m² και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ήταν περίπου 10 kWh/m² ένα. Η τιμή αυτή, συμπεριλαμβάνει την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό εξωτερικών χώρων.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στις 700.000 ευρώ.

(583 ευρώ/m²)

4.6. ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

4.6.1. Γυμνάσιο στην κοινότητα William Parker

Το υπάρχον κτήριο είχε πολλά προβλήματα: Πολύ χαμηλή θερμική απόδοση μέσω της πρόσοψης με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες που οδηγεί σε υψηλές θερμικές απώλειες το χειμώνα και ηλιακά κέρδη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Υπήρχε διείσδυση βρόχινου νερού μέσω τζαμιών προκαλώντας ζημιές σε πλακάκια οροφής κάθε χρόνο αξίας £ 800. Η οροφή αντικαταστάθηκε και τοποθετήθηκε νέος αποτελεσματικός φωτισμός. Έγινε μόνωση εξωτερικά στην υπάρχουσα πρόσοψη υαλοπετάσματος αλουμινίου άμεσα με τα κύρια στηρίγματα χάλυβα.

Altitude	
Mean annual temperature	
Mean winter temperature	6.3 °C
Address of project	William Parker School, Ashby Road, Daventry, Northamptonshire NN11 5QE United Kingdom
Building volume	7463 m ³
Year of construction	1970
Year of renovation	1999-2000
Total floor area	2764 m ²
Usable floor space	1658 m ²
Number of pupils	600
Typical classroom size	80 m ²
Pupils per class	up to 30



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1) Μονωμένη επένδυση εξωτερικά στο υπάρχον τοίχωμα αλουμινίου.
- 2) Τα νέα παράθυρα έχουν λιγότερη επιφάνεια κατά 40%.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Surface	Area	U-value [W/m ² K]	
		before retrofit	after retrofit
Exterior wall	1544	2.5	0.4
Roof	1038	0.78	0.78
Base floor	1038	0.75	0.75
Windows	1020	5.8	2.6

U-value διάφορων επιφανειών πριν και μετά

Surface	Area	Specific Transmission Losses [W/K]	
		before retrofit	after retrofit
Exterior wall	1544	3860	778
Roof	1038	810	810
Base floor	1038	779	779
Windows	1020	5916	1612
Total	4640	11365	3979

Συγκεκριμένες απώλειες μετάδοσης

	predicted kW/m ² a	
	before retrofit	after retrofit
heating consumption	194.1	73.8
electric consumption	26.5	27.8

Εκτιμώμενες ενεργειακές εξοικονομήσεις

Κόστος ανακαίνισης

Total cost of overcladding and associated work, excluding internal fit out	£455500
Total cost of preliminary works	£158500
Approximate increase in cost of project due to discovery of asbestos in ceilings	£495800
Approximate cost of cladding part of project	£538200
Total cost of project excluding internal fit out	£1.034 million

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 1.292.500 ευρώ. (292,2 ευρώ/m²)

4.6.2. Νηπιαγωγείο στο Hadley, Telford

Ο κύριος στόχος του έργου ήταν να μειωθούν οι λογαριασμοί ενέργειας. Η δυνατότητα για τη βελτίωση της μόνωσης των σχολικών κτιρίων κρίθηκε αλλά η περίοδος αποπληρωμής για αυτό δεν ήταν βιώσιμη. Ωστόσο, οι λογαριασμοί ηλεκτρικού ρεύματος υπερέβαιναν στο διπλάσιο το ποσό των λογαριασμών θέρμανσης και η ποιότητα του υπάρχοντος φωτισμού ήταν κακή.

Address of project	Hadley Junior School, Hadley, Telford, TF1 4JU
Year of construction	1973
Year of renovation	2000
Total floor area	1398 m ²
Number of pupils	230
Number of classrooms	8
Typical classroom: Size Number of pupils	41 - 62 m ² 29
Altitude	120 m above sea level
Mean annual temperature	10.1°C
Mean winter temperature	4.8°C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Τα χαρακτηριστικά εξοικονόμησης ενέργειας του έργου ήταν η πιο αποτελεσματική υψηλής συχνότητας φωτισμός και τα αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου φωτισμού. Επίσης δεν υπήρξαν παρεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση του κτιρίου.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Energy savings due to energy efficient lighting:	23,520 kWh/year
Energy savings due to lighting controls:	4,039 kWh/year
Total energy savings:	27,559 kWh/year

Επιπλέον η εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται ότι μειώθηκε επιπλέον 26% λόγω των συστημάτων ελέγχου φωτισμού.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 18.947 ευρώ. (22.9 ευρώ/m²)

4.6.3. Γραφεία στο Πανεπιστήμιο Thames Valley

Ένα κτήριο γραφείων στο Πανεπιστήμιο Thames Valley μετατράπηκε σε ένα αμφιθέατρο, εργαστήρια πληροφορικής και γραφεία. Το κτήριο ήταν να αερίζεται φυσικά, όπου είναι δυνατόν για να βοηθήσει το πανεπιστήμιο να διατηρήσει την διαπίστευση ενέργειας της απόδοσης.

Altitude	24 m above sea level
Mean annual temperature	
Mean winter temperature	

Address of project	Grove House - Thames Valley University, St. Mary's Road Ealing, London, UK.
Year of construction	1985
Year of renovation	2001
Total floor area	2500 m ² 1250 m ² refurbished north wing
Number of students	~300
Numer of classrooms in referbished area	9 classrooms, 1 lecture theatre, 2 Technicians rooms, 3 offices
Typical classroom	65 m ² 20 students



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Επίσης υπάρχουν ανεμιστήρες ώθησης στα τερματικά εξόδου για να δώσει μια μικτή λειτουργία αερισμού. Η μεταφορά του αέρα, για τα δωμάτια των χαμηλότερων ορόφων γίνεται μέσα από περσίδες και δημιουργείται ένα σύστημα κατακόρυφου αερισμού. Επίσης έχουμε νυχτερινό αερισμό όταν αυτό επιτρέπεται. Εγκαταστάθηκαν περσίδες στην πρόσοψη για αερισμό. Έγινε εγκατάσταση 24 νέων παραθύρων στη βορινή πλευρά. Όσον αφορά τη θέρμανση, τοποθετήθηκαν θερμοστάτες στους καυστήρες και πρόγραμμα διαχείρισης εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και όλα τα θερμαντικά σώματα έχουν τοπικές θερμοστατικές βαλβίδες όπως και οι σωλήνες μονώθηκαν σε όλο το κτήριο. Ο ηλιακός συλλέκτης ισχύος 3kW αντικατέστησε 5 ηλεκτρικούς θερμανστές, ίδιας ισχύος για την παροχή (ZNX). Τοποθετήθηκε ηλεκτρονικός έλεγχος φωτισμού σε όλα τα δωμάτια. Νέα φώτα εγκαταστάθηκαν με υψηλή συχνότητα και στραγγαλιστικά πηνία.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

ELECTRICITY					GAS				
Year	Consumption (kWh)	Total cost	kWh/m ² /a.	Opening hours	Year	Consumption (kWh)	Total cost	kWh/m ² /a.	Opening hours
1997	270,664	€20,503.01	108	2950	1997	278,550	€3,243.70	111	2950
1998	293,338	€18,719.56	117	3147	1998	222,433	€2,403.02	88	3147
1999	303,895	€19,310.06	121	3343	1999	165,261	€1,418.39	66	3343
2000	321,511	€18,244.09	128	3540	2000	150,405	€1,250.52	60	3540
2001	355,017	€16,575.58	141	3737 ¹	2001	152,961	€1,865.52	61	3737 ¹
2002	321,486	€16,642.91	127	3945 ²	2002	140,522	€2,317.71	56	3945 ²

1 Passive-ventilation commissioned September 2001
2 Solar-Water commissioned July 2001

1 Major gas price increase
2 Major gas price increase

Ενεργειακή κατανάλωση για ρεύμα και για αέριο πριν και μετά

WATER & SEWERAGE				
Year	Consumption (kWh)	Total cost	cu m ³ /sq m ² /a.	Opening hours
1997	n/a	n/a	n/a	n/a
1998	n/a	n/a	n/a	n/a
1999	2,007	€2,405.91	0.80	3343
2000	2,299	€2,536.97	0.91	3540
2001	2,110	€2,444.79	0.89	3737
2002	1,009	€1,226.49	0,39	3945

1 Waterless urinals installed throughout

Ενεργειακή κατανάλωση για νερό πριν και μετά

Παρατηρήθηκε 8-10% μείωση της χρήσης του φυσικού αερίου από μαγνήτες και BMS συστήματα.

Κόστος ανακαίνισης

Use	Costs (€)	
Envelope	Window replacement	€25,500
	Ventilation components and controls	€49,500
	Building Works	€21,800
Systems	Solar water heating installation	€9,100
	Lighting controls per room (42 rooms)	€250
	Porch	€5,500
	Waterless urinals per unit (5 units)	€25.5
Costs of the retrofit		

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στα 122.027 ευρώ

97,6 (ευρώ/m²)

4.6.4. Σχολείο George Tomlinson, Bolton

Εγκαταστάθηκε ένας νέος λέβητας νερού, νέα συστήματα θέρμανσης, μόνωση οροφής και πιο αποδοτικός εξοπλισμός κουζίνας και την απομάκρυνση των κτιρίων που είχαν πλεόνασμα στις απαιτήσεις.

Address of project	George Tomlinson School, Springfield Road, Kearsley, Bolton, Lancs BL4 8HY, UK
Year of construction	1955 extended in 1960s
Year of renovation	1994-1998
Total floor area	6200 m ²
Number of pupils	613
Numer of classrooms	32
Altitude	105 m above sea level
Mean annual temperature	10 °C
Mean winter temperature	5 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Τα προβλήματα των αιθουσών στην θέρμανση, ειδικά στο άκρο του δικτύου θέρμανσης, έχει οδηγήσει στη χρήση ηλεκτρικών θερμαστρών. Όταν επιτρέπουν οι προτεραιότητες και οι προϋπολογισμοί, ο κλιματισμός θα μπορούσε να προσφέρει μια πιο κατάλληλη λύση για την υπερθέρμανση και τις κακές συνθήκες άνεσης σε αυτούς τους τομείς. Σε όλες τις ανακαινισμένες περιοχές χρησιμοποιήθηκε σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας φωτισμού. Υπάρχει ένα συνεχές πρόγραμμα επισκευής και αντικατάστασης των λαμπτήρων φθορισμού χρησιμοποιώντας σύγχρονο εξοπλισμό συμπεριλαμβάνοντας φωτιστικά σώματα υψηλής συχνότητας και λαμπτήρες T8.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Total energy cost (£)	
Before retrofit 1993/94	After retrofit 1997/98
49,876	40,372

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης από το 1994-1998 ανήλθε στα 1.581.537 ευρώ.

(255 ευρώ/m²)

4.6.5. Νηπιαγωγείο Ketley, Telford

Ο κύριος στόχος του έργου ήταν η μελέτη της αποτελεσματικότητας ενός νέου συστήματος διαχείρισης καυστήρα για τους λέβητες στο σχολείο, προκειμένου να διαπιστωθεί αν το σύστημα έχει μεγάλη ζήτηση σε άλλα σχολεία.

Address of project	Ketley Town Junior School, Riddings Close, Telford, TF1 5HF
Year of construction	1966
Year of renovation	1999
Total floor area	1,362 m ²
Number of pupils	219
Numer of classrooms	8
Typical classroom: size window/glass area number of pupils	49 - 54 m ² not available 27
Altitude	120 m above sea level
Mean annual temperature	10.1 °C
Mean winter temperature	4.8 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Υπάρχουν δύο δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας αυτού του έργου. Πρώτον, ένα σύστημα διαχείρισης καυστήρα που τροποποιεί τον καυστήρα ώστε να ελαχιστοποιήσει την σπάταλη πυροδότησης των λεβήτων. Δεύτερον, το σύστημα «Eco Warrior» έχει τη δυνατότητα να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας (και το νερό), παρέχοντας στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση σε μια γραφική μορφή κάθε μισή ώρα. Να σημειώσουμε ότι δεν υπήρξαν βελτιώσεις στα συστήματα αερισμού ή στον φωτισμό, ή στο κέλυφος του κτιρίου ως μέρος του έργου αυτού.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Εργαστηριακές δοκιμές έδειξαν ότι μπορεί να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας έως και 20%. Πριν την ανακαίνιση η κατανάλωση ήταν 212,683 kWh/χρόνο και μετά έγινε 40,187 kWh/χρόνο, δηλαδή 12 φορές μικρότερη. Μείωση **93,4%** ή **93%** με την εφαρμογή ενός ή και των 2 συστημάτων.

Κόστος ανακαίνισης

Το ολικό κόστος ανακαίνισης ανήλθε στις 5250 ευρώ. (8,63 ευρώ/m²)

4.6.6. Σχολείο Slough

Υπήρχε κατανάλωση στα ορυκτά καύσιμα 133% πάνω από τους στόχους και 70% περισσότερη ηλεκτρική κατανάλωση από τους τυπικούς στόχους του U.K.

Address of project	Slough Grammar School, Lascelles Road, Slough, Berkshire SL3 7PR United Kingdom
Year of construction	1914, 1930, 1996
Year of renovation	1997-2003
Total floor area	6478 m ²
Number of pupils	1200
Numer of classrooms	61
Typical classroom: size window/glass area number of pupils	520 sq. ft. 115 sq ft. 30



Υψόμετρο 30 m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, μέση ετήσια θερμοκρασία 12,8 °C, μέση θερμοκρασία χειμώνα 6,3 °C.

Περιεχόμενο ανακαίνισης

Το 1997 οι κεντρικοί λέβητες πετρελαίου αντικαταστάθηκαν με νέους φυσικού αερίου και το 1998, μετά το σφράγισμα των υπόγειων αγωγών που περιείχαν μόνωση αμιάντου λειτούργησαν νέες σωληνώσεις στους διαδρόμους. Το σχολείο έλαβε μέρος σε ένα ενεργειακό πρόγραμμα. Έτσι έγινε μια 5ετής ενεργειακή μελέτη και τοποθετήθηκαν όργανα ελέγχου στη θέρμανση των αιθουσών, τον έλεγχο του φωτισμού. Το 2002-2003 τοποθετήθηκαν αυτόματες μονάδες ελέγχου καταγραφής της κατανάλωσης ενέργειας με σκοπό την καταγραφή και συγκέντρωση πληροφοριών. Με βάση αυτή την έρευνα, η ενεργειακή πολιτική έγινε μελέτη με τις λεπτομέρειες των προτεινόμενων μέτρων βελτίωσης και υποβλήθηκε πρόταση στο Energy Saving Trust για την υποστήριξη της χρηματοδότησης.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Συγκρίνοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον Μάρτιο του 2002 και για τον Μάρτιο του 2001, έχουμε εξοικονόμηση 24.822 kWh.

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος ανήλθε στις 45.927 ευρώ

(7,08 ευρώ/m²)

4.6.7. Σχολείο στο Telford

Χτίστηκαν δυο αίθουσες στο σχολείο με φιλικά προς το περιβάλλον υλικά και υιοθετώντας τις αρχές της ενεργειακής τεχνολογίας. Τεχνικές (προκάτ) κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν για να αποδειχθεί ότι μπορούν να προσφέρουν αυτά τα σύμφωνα με το περιβάλλον τους.

Addresses of projects	Wrockwardine Wood (C of E controlled) Junior School, Church Road, Telford, TF2 7HG The Lord Silkin Secondary School, The District Centre, Stirchley, Telford, TF3 1FA
Year of construction	2002/3
Total floor area	312 m ² (156 m ² at each site)
Number of pupils	60 total
Numer of classrooms	2 (1 at each site)
Typical classroom: size window/glass area number of pupils	67.6 m ² (exc. conservatory) 3 m ² at rear and side, plus conservatory and light pipes 30
Altitude	120 m above sea level
Mean annual temperature	10.1 °C
Mean winter temperature	4.8 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Έγιναν βελτιώσεις στο φωτισμό, που θεωρήθηκε οικονομικά αποδοτική πρόταση. Επίσης αποφασίστηκε η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας τόσο με παθητικά όσο και ενεργητικά μέτρα. Υπάρχει υποδαπέδια ηλεκτρική θέρμανση. Το (ZNX) παρέχεται από ηλιακά πάνελ με ηλεκτρική υποστήριξη. Το κτήριο αερίζεται παθητικά με κάθετες περσίδες στερεωμένες στην οροφή. Λόγω των μεγάλων γυάλινων επιφανειών υπάρχει επάρκεια φωτισμού. Επίσης υπάρχει ένα σύστημα τεχνητού φωτισμού το οποίο λειτουργεί με ανίχνευση κίνησης. Τέλος έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά με U-values. Τοίχοι 0,35, στέγη και πάτωμα 0,25 και τέλος 2,0 για τις γυάλινες επιφάνειες.

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Υπάρχει εκτίμηση για μείωση ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 26%. Αυτό έδωσε μια συνολική εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας 27.559 kWh / έτος. Για την εξοικονόμηση στη θέρμανση δεν έχουμε ακόμα διαθέσιμα στοιχεία

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος ανήλθε στις 581.052 ευρώ (1862,3 ευρώ/m²)

	Costs
Building shells, including fit out:	£294,046
Sun pipes and passive ventilators:	£ 27,210
Mechanical and electrical systems:	£128,000
PV panels (including 50% grant)	£ 8,704
Conservatory roofs and plant rooms	£106,600
Screwfast foundations	£ 10,000
Wind turbines (including grant)	£ 7,200

Το συνολικό κόστος ανήλθε στις 581.052 ευρώ (1862,3 ευρώ/m²)

4.7.ΝΟΡΒΗΓΙΑ

4.7.1. Σχολείο Kampen,Νορβηγία

Το Kampen είναι ένα σχολείο όπου εντάσσονται οι έννοιες για την ενεργειακή απόδοση αερισμού και φωτισμού.

Altitude	100m
Mean annual temperature	6°C
Winter temperature	-20°C

Year of construction:	1888
Year of renovation:	2001 and 2002
Total floor area:	4500 m ²
Number of pupils:	About 400
Number of classrooms:	30
Typical class room :	
size:	65 m ²
window areas:	15 m ²
number of pupils:	Up to 28



Χαρακτηριστικά αναβάθμισης

1. Ολοκληρωμένος υβριδικός αερισμός
2. άνετο εσωτερικό κλίμα και η σχέση με την απόδοση
3. πηγές φωτός για την βελτιστοποίηση του εσωτερικού κλίματος και των ενεργειακών αναγκών.
4. απαίτηση ελεγχόμενου αερισμού και φωτισμού.
5. χρήση του φωτός της ημέρας για τη βελτίωση του ελέγχου της αντανάκλασης και της θερμικής ακτινοβολίας.

Περιεχόμενο αναβάθμισης

Οι εξοικονόμηση ενέργειας οφείλονται σε:

- 1.Βελτίωση του ελέγχου της θέρμανσης καλοριφέρ, λόγω των νέων θερμοστατικών βαλβίδων.
2. Μειωμένη ενεργειακή ισχύς του ανεμιστήρα, λόγω της βέλτιστης χρήσης των φυσικού αερισμού.
3. Η απαίτηση για ελεγχόμενο αερισμό με ανάκτηση θερμότητας.
4. Η απαίτηση για ελεγχόμενο φωτισμό τεχνητό και μέγιστη αξιοποίηση του φωτός της ημέρας.

Συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση

	Before	After	Reduction		Before	After	Reduction
Local heating	92	77	17 %	Heating	150	140	7 %
Central heating	52	58	-11 %	Fans, pumps, lightning, equipment	55	29	47 %
Domestic hot water	6	5	17 %				
Fans and pumps	24	6	75 %				
Lightning	21	13	38 %				
Equipment	10	10	0 %				
Cooling	0	0	0 %				
Total	205	169	18 %				

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος της ανακαίνισης εκτιμάται ότι θα είναι περίπου **11.000.000** Ευρώ. Το μέρος αυτού του κόστους, που επηρεάζεται από το σύστημα εξαερισμού υπολογίζεται σε περίπου **840.000** Ευρώ. Παραδοσιακά ο μηχανικός αερισμού θα είναι περίπου **780,000**. Παρά το υψηλό κόστος των επενδύσεων, η εναλλακτική λύση με υβριδικού αερισμό έχει το χαμηλότερο ετήσιο κόστος 12,5 EURO/m² σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς μηχανισμούς αερισμού με ετήσιο κόστος 15,5 Euro/m².

4.7.2. Γυμνάσιο Borgen

Νέες κατασκευές θα είναι το σημείο εκκίνησης για τη δημιουργία ενός κοινοτικού κέντρου. Στόχοι το καλό εσωτερικό κλίμα, χαμηλή ενέργεια και φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

Address of project	Borgen ungdomsskole Borgenveien 1388 Borgen Asker, Norway
Year of construction	1970
Year of renovation	2002-2003
Total floor area	6000 m ²
Number of pupils	450-500
Typical classroom	Home base groups of 15 or 45 pupils
Altitude	100 m above sea level
Mean annual temperature	6°C
Mean winter temperature	-20°C



Περιεχόμενο αναβάθμισης

- 1) Διευρυμένα παράθυρα με βελτιωμένη θερμική μόνωση και ηλιακή σκίαση
- 2) Νέα στέγη για να επιτρέψει την εισχώρηση του φωτός της ημέρας
- 3) Νέο σύστημα αερισμού που βασίζεται στον υβριδικό αερισμό για καλύτερες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες.
- 4) Συνολική αλλαγή στη διάταξη σχεδίου για την αντιμετώπιση νέων μεθόδων εργασίας.
- 5) Χαμηλής ενέργειας και φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις, που υποστηρίζονται από το εθνικό πρόγραμμα Ecobuild.

Η παλιά οροφή αφαιρείται και μεγάλα ανοίγματα γίνονται στην οροφή για να αφήσει το φως της ημέρας να εισέλθει στο κέντρο του κτιρίου. Επίσης το τεχνητό φως ελέγχεται αυτόματα. Η συχνότητα του αέρα αλλάζει και ελέγχεται από αισθητήρες CO₂. Με την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας με χρήση θερμότητας από το έδαφος, δίνει ενέργεια για τη θέρμανση χώρου, τον φρέσκο αέρα θέρμανσης και του ζεστού νερο.

Συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση

	Energy [kWh/m ² /year]	Power [W/m ²]
Space heating	29	30
Heating ventilation air	20	41
Water heating	13	10
Fans and pumps	15	6
Lighting	23	14
Equipment	11	8
Cooling	0	0
Total	111	

Η κατανάλωση της συνολικής χρήσης ενέργειας στο Borgen υπολογίζεται σε περίπου 50% της συνολικής χρήσης ενέργειας για νέα, υπάρχοντα σχολικά κτήρια στη Νορβηγία.

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος της ανακαίνισης εκτιμάται ότι θα είναι περίπου 21.025.119 ευρώ

(3.504 ευρώ/m²)

4.8.ΠΟΛΩΝΙΑ

4.8.1. Γυμνάσιο Swarzedz

Το σχολείο χτίστηκε το 1954 ως κατοικία για τους εργάτες του τοπικού εργοστασίου ξυλουργικών. Το 1992, το ξενοδοχείο αγοράστηκε από την τοπική αυτοδιοίκηση και μετατράπηκε σε σχολείο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Address of project	Zespol Szkol Zawodowych ul. Podgorna 12 62 – 020 Swarzedz
Year of construction	1954
Year of renovation	1999-2000
Total floor area	2455 m ²
Number of pupils	1570
Number of classrooms	15
Typical classroom	35,8 m ² 30 – 35 pupils
Altitude	89 m above sea level
Mean annual temperature	8°C
Mean winter temperature	- 5°C



Περιεχόμενο αναβάθμισης

Μόνωση: μόνωση τοίχων, οροφών και δαπέδων με 5,8,12 cm από αφρώδες πολυστυρένιο αντίστοιχα.

Θέρμανση: νέος σύγχρονος λέβητα φυσικού αερίου με αυτόματο σύστημα ελέγχου του καιρού, μεμβράνη ισοσταθμιστή, FDC αντλίες, σωλήνες ρύθμισης του συστήματος (πίεση ελέγχου) καθώς και σωλήνες χαλκού και θερμοκρατικά σώματα από χάλυβα, θερμοστατικές βαλβίδες.

Παράθυρα και πόρτες: νέα παράθυρα $U = 1,3 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ και πόρτες $U = 2,6 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$. Αντικατάσταση μηχανισμού του φωτισμού.

ενεργειακή εξοικονόμηση

πριν την ανακαίνιση:

δείκτης της ζήτησης ρεύματος θέρμανσης: $32,5 \text{ W} / \text{m}^3$

κατανάλωση ενέργειας της θερμότητας: $1644,6 \text{ MWh} / \text{a}$

μετά την ανακαίνιση:

δείκτης της ζήτησης ρεύματος θέρμανσης: $20 \text{ W} / \text{m}^3$

κατανάλωση ενέργειας της θερμότητας: $1100 \text{ MWh} / \text{a}$

Για την ηλεκτρική κατανάλωση:

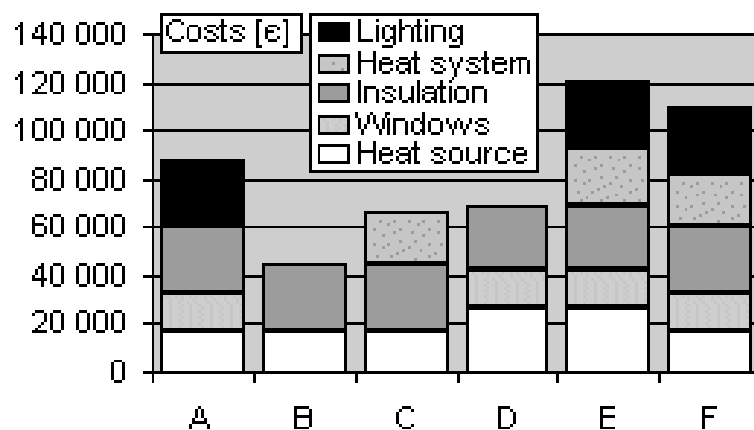
Εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό στο κεντρικό κτήριο κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους ήταν 28,4 MWh / a πριν την ανακαίνιση και μετά από αυτή 20.9 MWh/a.

Κόστος ανακαίνισης

Οι μεταβλητές του συνολικού κόστους περιλαμβάνει τα ακόλουθα

- i) Η αντικατάσταση του καυστήρα
- ii) Η αντικατάσταση του συστήματος θερμικής εγκατάστασης
- iii) Τα συστήματα θερμομόνωσης
- iv) Η αντικατάσταση των παραθύρων
- v) φωτισμός

Η συνολική ανακαίνιση για διαφορετικές παραλλαγές κόστισε 121.275 ευρώ. (225,8 ευρώ/m²)



Variant	Capital costs EUR	Costs EUR/m ²
A	44 225	23.76
B	66 875	35.93
C	69 175	37.17
D	88 600	47.61
E	110 075	59.15
F	121 275	65.17

4.8.2. Τεχνολογικό πανεπιστήμιο στο Poznan (κτήριο μηχανικών)

Στο κτήριο υπήρχαν ρεύματα διαρροής που προκαλούνταν από τα παράθυρα, η θερμική άνεση ήταν δύσκολο να επιτευχθεί με κακή μόνωση και σταθερές βαλβίδες καλοριφέρ. Οι αίθουσες διδασκαλίας καταλαμβάνουν περίπου το 21,7% της περιοχής κτιρίου, οι αίθουσες γραφείων το 40,7%, το 29,7% από τους διαδρόμους, ενώ το υπόλοιπο 7,9% είναι καταλαμβάνεται από άλλους χώρους που απομένουν.

Address of project	Poznan University of Technology, ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznan, Poland
Year of construction	1975
Year of renovation	2001
Total floor area	14,420 m ²
Number of pupils	1930
Numer of classrooms	64
Typical classroom	49 m ² 36 pupils
Altitude	94 m above sea level
Mean annual temperature	8.0°C
Mean winter temperature	2.6°C



Περιεχόμενο αναβάθμισης

Τα τείχη μεταξύ των ραβδώσεων μονώθηκαν με 10 cm από πολυστερίνη(φελιζόλ) ενώ οι άλλοι τοίχοι είχαν μόνωση πολυστερίνης 5 cm. Η οροφή είναι μονωμένη με 10 cm από πολυστερένιο. Επίσης έγινε εκσυγχρονισμός του συστήματος θέρμανσης (όλα τα καλοριφέρ είναι εξοπλισμένα με θερμοστατικές βαλβίδες).

ενεργειακή εξοικονόμηση

Κατανάλωση ενέργειας (θέρμανση) πριν τη μετασκευή:

αιχμής της ζήτησης: 1,954.5 ah

ετήσια κατανάλωση: 1.841.130 kWh / m²

Κατανάλωση ενέργειας (θέρμανση) μετά την ανακαίνιση:

αιχμής της ζήτησης: 1,383.8 ah [3]

ετήσια κατανάλωση: 1.303.558 kWh / m²

Η αναμενόμενη χρήση της ενέργειας θα είναι 70,8% της αρχικής τιμής. Επίσης αναμένεται μείωση της κατανάλωσης κατά 30 %.

Κόστος ανακαίνισης

Η αντικατάσταση των θερμοστατικών βαλβίδων στοίχισε 15.000 ευρώ

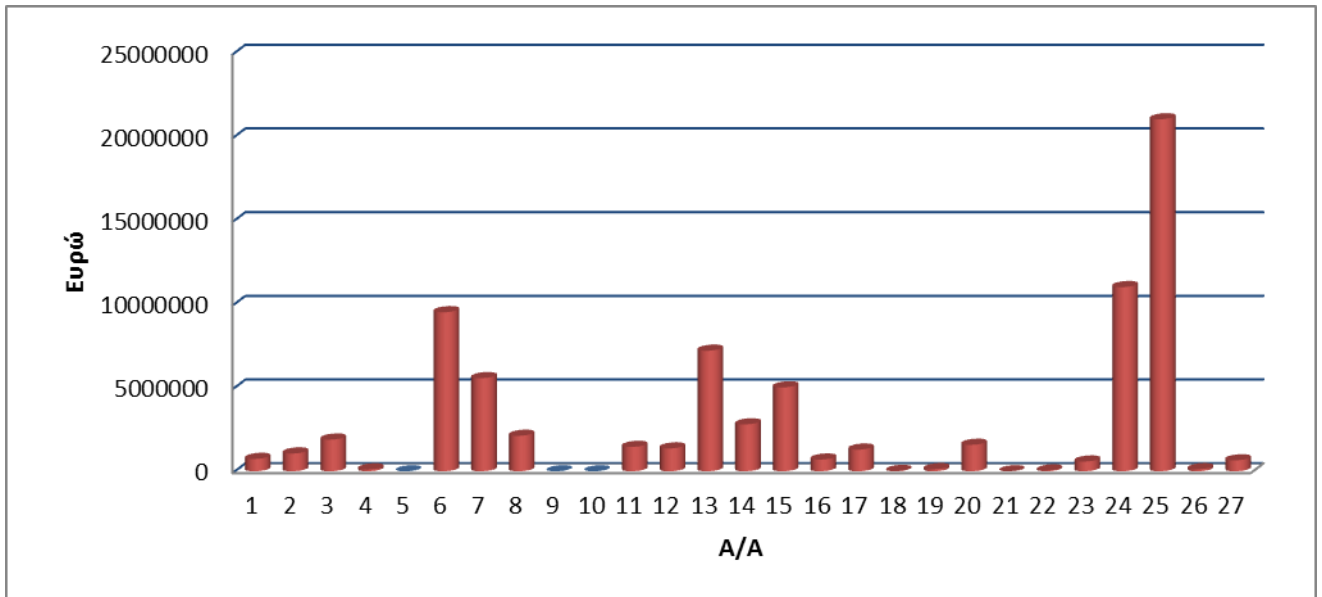
Τα συστήματα θερμομόνωσης κοστίζει 300.000 ευρώ,

Μόνωση οροφής 12.000 ευρώ.

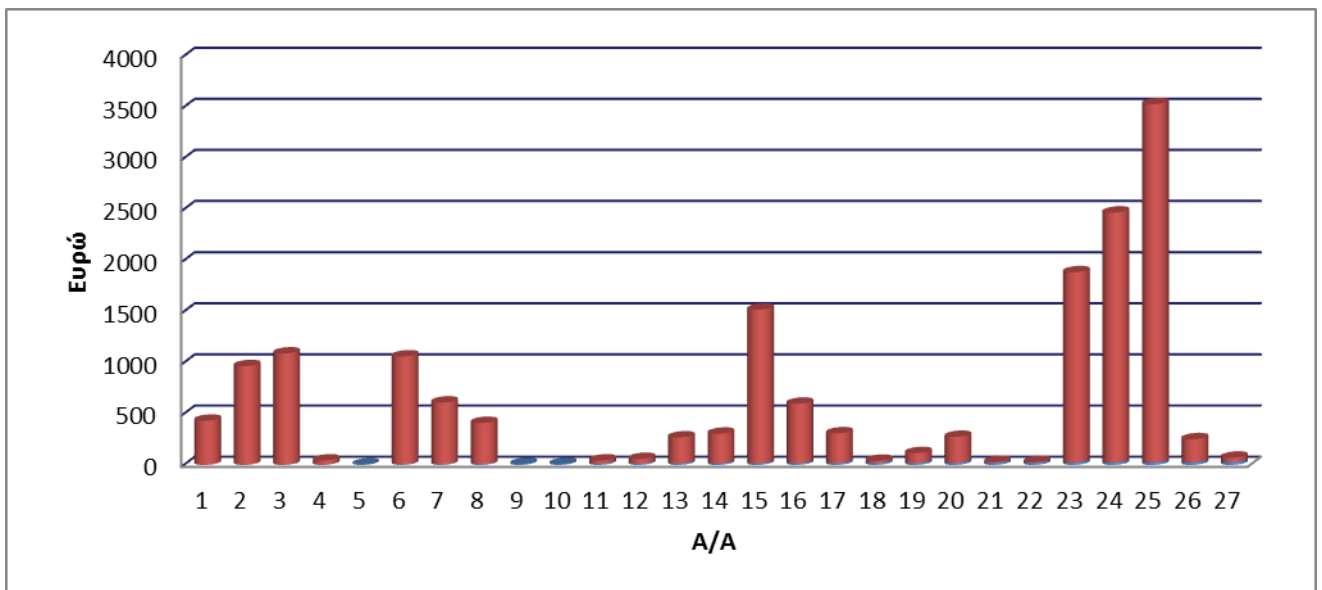
Η αντικατάσταση του κόστους παραθύρων 325.000 ευρώ.

Το συνολικό κόστος ανήλθε στις 652.000 ευρώ (45 ευρώ/m²)

Στη συνέχεια έχουμε συγκεντρώσει κάποια στοιχεία από τις παρεμβάσεις στα παραπάνω κτήρια με τη μορφή γραφημάτων και πινάκων



Γράφημα 1: Κόστος ανακαίνισης /σχολείο (σε ευρώ)



Γράφημα 2: Κόστος ανακαίνισης/m² για κάθε σχολείο(σε ευρώ)

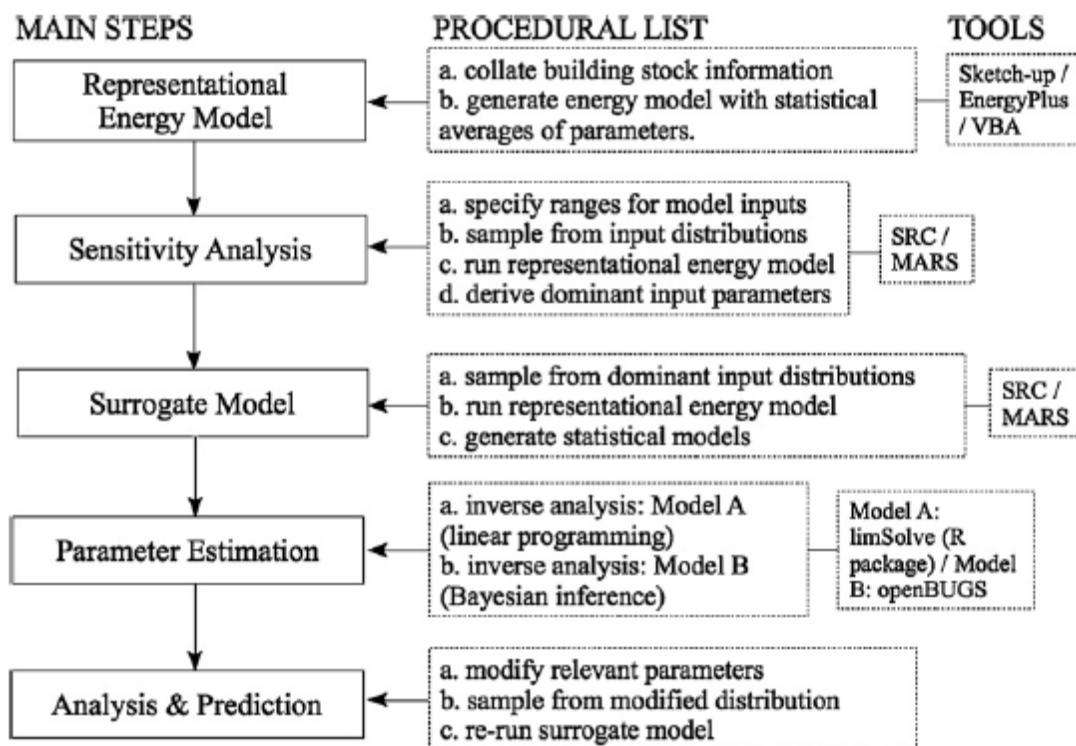
Πίνακας 1: συγκεντρωτικός πίνακας με τις παρεμβάσεις σε κάθε κτήριο

	Σχολεία	κέλυφος	θέρμανση	αερισμός	ψύξη	φωτισμός	διαχείριση
1	Egebjerg school, Ballerup, Denmark	√	√	√		√	√
2	Enghojskolen school-Denmark	√	√	√			
3	Vridsloeselille school, Albert, Denmark	√		√		√	√
4	Elementary School of Oulujoki Oulu-Finland			√			
5	Vihaistenkari day care center, Raahe, Finland			√			
6	Louise Labe, secondary school Lyon, France	√	√	√	√	√	√
7	Gambetta school Bourgoin Jallieu, France	√	√		√	√	√
8	Exemplary Retrofitting of a school in Stuttgart, Germany	√	√		√	√	√
9	The Bertolt-Brecht-school in Dresden, Germany	√		√	√	√	√
10	The Paul-Robenson school in Leipiz ,germany	√	√	√	√		
11	University of Stugartt, germany		√	√	√		√
12	University of Ulm, germany		√	√			√
13	University of Bremen, germany	√	√	√	√	√	√
14	Kathe-Kollwitz-school in Aachen, Germany	√	√	√		√	√
15	Laboratories in Juelich, Germany	√	√	√	√	√	√
16	Industrial building as university building in Rome	√	√	√	√	√	
17	William Parker Community secondary school, U.K.	√					
18	Hadley junior school, Telford, U.K.					√	
19	Grove house , U.K.	√	√	√	√	√	√
20	George Tomlinson school, Bolton, U.K.	√	√			√	√
21	Ketley junior school, Telford, U.K.		√				√
22	Slough Grammar school, U.K.		√		√	√	√
23	Secondary school, Telford, U.K.	√	√	√	√	√	√
24	Kampen school-Norway		√	√	√	√	
25	Borgen secondary school, Norway	√	√	√	√	√	√
26	Secondary school in Swarzedz, Poland	√	√			√	
27	Poznan University of technology, Poland	√	√				

Ακολουθούν κάποιες άλλες περιπτώσεις παρεμβάσεων οι οποίες βέβαια δεν είναι τόσο εκτεταμένες όπως οι προηγούμενες περιπτώσεις. Επίσης θα γίνει προσπάθεια κατηγοριοποίησης των παρεμβάσεων ανά τομέα.

Μια τέτοια περίπτωση είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης για σχολικά κτήρια στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου. Έχουμε μια θεωρητική προσέγγιση με μαθηματικά και στατιστικά μοντέλα και διαφορετικές μεθόδους (παραμετρική ή γραμμική) και τα πιθανά αποτελέσματα ανά περιπτώσεις. Υπάρχουν όμως κάποιες διαφοροποιήσεις λόγω των δεδομένων. Στην **εικόνα 1** φαίνονται τα βασικά βήματα της διαδικασίας ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ :

- 1) Παραστατικό μοντέλο και ενεργειακά δεδομένα(representational energy model): το βήμα αυτό περιλαμβάνει την ταξινόμηση των πληροφοριών για το κτήριο, τη δημιουργία ενεργειακού μοντέλου με στατιστικά με τη βοήθεια των κατάλληλων λογισμικών
- 2) Ανάλυση ευαισθησίας(sensitivity analysis): καθορισμός των μεταβλητών εισαγωγής, δείγμα κατανομής των μεταβλητών εισαγωγής, προσομοίωση του ενεργειακού μοντέλου, καταγραφή βασικών μεταβλητών
- 3) Υποκατάστατο μοντέλο(surrogate model): δείγμα των βασικών μεταβλητών, προσομοίωση του ενεργειακού μοντέλου, παραγωγή στατιστικών μοντέλων
- 4) Εκτίμηση παραμέτρων(parameter estimation): αντίστροφη ανάλυση(μοντέλο A γραμμικός προγραμματισμός), αντίστροφη ανάλυση(μοντέλο B Μπεϋζιανή συμπερασματολογία)
- 5) Ανάλυση και πρόβλεψη(analysis & prediction): τροποποίηση-διόρθωση παραμέτρων, δείγμα από τις διορθώσεις, επαναληπτική προσομοίωση του μοντέλου [1]



Εικόνα 1: σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου

Όσον αφορά την **θερμική** άνεση :

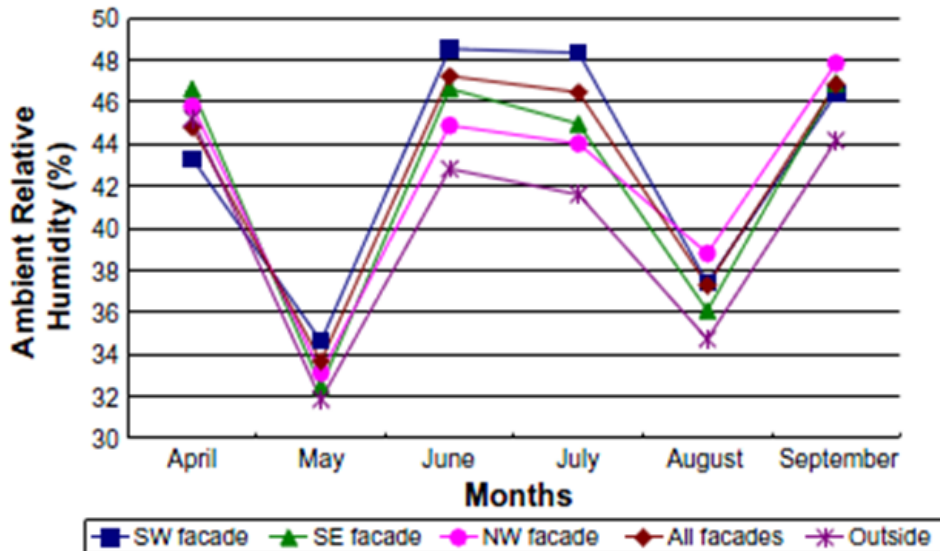
Ακολουθεί μια οικονομική ανάλυση για συστήματα ψύξης/θέρμανσης υψηλής απόδοσης με τη βοηθητική ενέργεια να παρέχεται από μια ηλεκτρικά οδηγούμενη αναστρέψιμη αντλία θερμότητας για διαφορετικά σχολεία στην Ιταλία με το λογισμικό TRNSYS μέσω προσομοιώσεων. Πιο συγκεκριμένα συμπεριλήφθη η ανάλυση της δυναμικής συμπεριφοράς του κτιρίου. Επίσης έχουμε μια παραμετρική

ανάλυση μέσω ενός ντετερμινιστικού αλγόριθμου βελτιστοποίησης, προκειμένου να καθορισθεί το σύνολο μεταβλητών που μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα του συστήματος. Επιπλέον έχουν συνυπολογιστεί οι θερμικές διαπερατότητες του κελύφους. Τέλος βγαίνουν κάποια συμπεράσματα ανάλογα τις στρατηγικές διαχείρισης για ολοκληρωμένα μοντέλα και πιθανά οφέλη σε συνάρτηση πάντα με τις μετρήσεις για τη βέλτιστη λύση. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά όπως και για το δυναμικό της εξοικονόμησης ενέργειας, όμως η οικονομική αποδοτικότητα των Solar Heating Cooling (SHC) systems μπορεί να επιτευχθεί μόνο στην περίπτωση των δημόσιων πολιτικών χρηματοδότησης όπως συμβαίνει πάντα για τη μεγάλη πλειοψηφία των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [2] Μια άλλη περίπτωση για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης είναι η κατασκευή μεγάλων κάθετων φυτεμένων προσόψεων διαφορετικών ειδών(παθητικό μέτρο). Μια τέτοια εφαρμογή έχει γίνει σε σχολείο στην Καταλονία(Ισπανία). Στην **εικόνα 2** βλέπουμε εικόνες από την τοποθέτησή τους. Σημασία έχει η επιλογή της βλάστησης.



Εικόνα 2: τοποθέτηση προσόψεων

Τα πλεονεκτήματα είναι πως ότι μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη με τη δημιουργία μικροκλίματος μέσω της διαπνοής των φυτών αλλά αύξηση κατά 25% για την θέρμανση. Όμως επηρεάζεται ο αερισμός και η θερμική ενέργεια του ήλιου το χειμώνα. Επίσης έχουμε αύξηση της υγρασίας που συμβάλλει αρνητικά τους ψυχρούς μήνες. Επομένως συμπεραίνουμε ότι θα ήταν μια λύση για ξηρά κλίματα με ήπια χειμερινή περίοδο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κα γραφικά. μέχρι τον Σεπτέμβρη για διαφορετικές εφαρμογές προσόψεων ανάλογα τον προσανατολισμό. [3] Στην **εικόνα 3**, παρουσιάζεται η διακύμανση της υγρασίας του περιβάλλοντος από τον μήνα Απρίλιο



Εικόνα 3 : κατανομή υγρασίας

Όσον αφορά τον αερισμό/δροσισμό:

Αυτή είναι μια περίπτωση ενός σχολείου στη Νορβηγία(Jaer) και την εγκατάσταση δυο διαφορετικών μηχανισμών αερισμού και τη μεταξύ τους σύγκριση.(CAV, DCDV-CO₂). Ακολουθεί ο ορισμός των συστημάτων



CAV :constant air volume , DCDV : demand controlled displacement ventilation

Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει το σχολείο. Αντιλαμβανόμαστε ότι και λόγω της τοποθεσίας έχουμε πολύ ακραίες συνθήκες ψύχους. Αξίζει να σημειώσουμε ότι δεν χρησιμοποιούνται μηχανισμοί για την υγρασία στις περιοχές αυτές. Στην **εικόνα 4** που ακολουθεί σημειώνονται με βέλη τα σημεία από όπου παρέχεται ο αερισμός στον χώρο.



Εικόνα 4: τα βέλη δείχνουν τον αερισμό.

Ύστερα από σύγκριση καταλήγουμε ότι το DCDV σύστημα υπερτερεί του CAV και επιτυγχάνουμε μείωση κατανάλωση ενέργειας κατά 50%. [4]

Σε αυτή την περίπτωση έχουμε παρεμβάσεις που αφορούν την θερμική άνεση και την οπτική άνεση. Αυτό το άρθρο μας δείχνει μια ανάλυση που έγινε σε σχολεία στην κεντρική Ιταλία για την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ηλεκτρισμό και την ενεργειακή τους «στάθμη» αλλά και τις πιθανές μελλοντικές εξοικονομήσεις. Εφαρμόστηκαν δυο μοντέλα ενεργειακής καταγραφής σε κάποια εξεταζόμενα σχολεία και μέσα από την εξέταση των αποτελεσμάτων, όπου υπάρχει και γραφική αναπαράσταση, προκύπτει ότι θα μπορούσε να είχαμε εξοικονόμηση για θέρμανση 38% και για ηλεκτρισμό πάνω από 46% [5]

Επιπλέον θα θέλαμε να τονίσουμε ότι λόγω της έλλειψης δεδομένων για ενεργειακές καταναλώσεις αλλά και άλλα σημαντικά δεδομένα, έτσι ώστε να δουλέψουμε με λογισμικά, καταλήγουμε στη λύση των ερωτηματολογίων. Έτσι λοιπόν σύμφωνα με τους Patxi Hernandez et. al. αυτό συνέβη για την ενεργειακή καταγραφή σε ένα δημοτικό σχολείο στην Ιρλανδία σε συνδυασμό με μια μέθοδο μέτρησης. Τέλος γίνεται σύγκριση των δυο μεθόδων, δηλαδή ερωτηματολογία και μέθοδο μέτρησης, και βλέπουμε τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα. [6]

Βιβλιογραφία

- [1] Wei Tian, R. Choudhary, “A probabilistic energy model for non-domestic building sectors applied to analysis of school buildings in greater London”, *Energy and Buildings* 54 (2012) 1–11
- [2] F. Calise, “Thermoeconomic analysis and optimization of high efficiency solar heating and cooling systems for different Italian school buildings and climates”, *Energy and Buildings* 42 (2010) 992–1003
- [3] Gabriel Pérez, Lidia Rincón, Anna Vila, Josep M. González, Luisa F. Cabeza, “Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings”, *Applied Energy* 88 (2011) 4854–4859
- [4] Bjørn Jenssen Wachenfeldt, Mads Mysen, Peter G. Schild, “Air flow rates and energy saving potential in schools with demand-controlled displacement ventilation”, *Energy and Buildings* 39 (2007) 1073–1079
- [5] Umberto Desideri, Stefania Proietti, “Analysis of energy consumption in the high school of a province in central Italy”, *Energy and Buildings* 34 (2002) 1003-1016
- [6] Patxi Hernandez, Kevin Burke, J. Owen Lewis, “Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools”, *Energy and Buildings* 40 (2008) 249–254
- [7] <http://www.annex36.com/ergebnisse.html> (05/03/2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ-ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια αναφορά στις μετατροπές και ανακαινίσεις που έχουν γίνει στα παρακάτω εκπαιδευτικά κτίρια που βρίσκονται στην Ελλάδα αλλά και κάποια μελλοντικά κτίρια τα οποία είτε είναι υπό κατασκευή είτε σε μακέτες.

5.1.Ενεργειακή Αναβάθμιση των κτιρίων του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π

Στόχος του προγράμματος ήταν η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και η αύξηση της θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες με την ταυτόχρονη μετατροπή κάποιων χώρων για τις ανάγκες του ιδρύματος.

Address of project	9 Heroon Polytechniou NTUA Campus, Athens, Greece
Year of construction	1985
Year of renovation	2002
Total floor area	30,000
Number of students	1.200
Number of classrooms	30
Typical class room:	
Size	60 m ²
Window area	10 m ²
Number of students	40
Altitude	219 m
Mean annual temperature	18°C
Mean winter temperature	10°C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

- 1)Ολοκληρωμένο PV / παθητικό ηλιακό σύστημα (νότια πρόσοψη, συνημμένο θερμοκήπιο, αίθριο που καλύπτεται).
- 2)Βελτιώσεις περιβλήματος του κτιρίου (θερμομόνωση, διπλά τζάμια, μείωση της διείσδυσης).
- 3)Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (Εξωτερική σκίαση, φυσικός φωτισμός).
- 4)Τα συστήματα HVAC (βελτίωση των ελέγχων και μόνωση, μειωμένη θερμοκρασία του ζεστού νερού, αντικατάσταση καυσίμου)
- 5)Αερισμός (φυσικός αερισμός, ανεμιστήρες οροφής, ηλιακές καμινάδες, την ψύξη του εδάφους, εκπεμπόμενων ψύκτες)
- 6)Τεχνητός φωτισμός (Επίπεδα εσωτερικού φωτισμού, βελτίωση της αποδοτικότητας και του ελέγχου τού εσωτερικού και εξωτερικού φωτισμού).
- 7)Άλλες περιβαλλοντικά σχεδιαστικά στοιχεία (άλλες πηγές ενέργειας, βελτίωση μικροκλίματος).

- 8) Ο έλεγχος της θέρμανσης χώρου και A / C και φυσικός αερισμός.
- 9) Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των ανεμιστήρων ή αντλίες - εξαερισμού νύχτας.
- 10) Η μόνωση των αγωγών και σωλήνες - Ανεμιστήρες οροφής
- 11) Βελτίωση της θέρμανσης και ψύξης στο σύστημα τροφοδοσίας.
- 12) Αντικατάσταση φίλτρων αέρα και υγραντήρα μονάδα (ΚΚΜ).

Εξοικονόμηση ενέργειας

energy consumption	before	after	kWh/m ²
heating	85,5	54,4	
electrical energy	49,2	27,06	
coolinig	49	13,3	

Δηλαδή μείωση 34,5% στη θέρμανση, 68,6% στην ψύξη και 55% στην ηλεκτρική κατανάλωση.

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος ανήλθε περίπου στις 900.000 ευρώ.

5.2. Ανακαίνιση στο κτήριο της φιλοσοφικής σχολής Ιωαννίνων

Ο στόχος αυτού του προγράμματος ήταν να δείξει ότι ο συνδυασμός της παθητικής ηλιακής συλλογής ενέργειας και συστημάτων αποθήκευσης μπορούν να καλύψουν το μεγαλύτερο μέρος των προβλημάτων θέρμανσης και ψύξης όλου του χρόνου αυτού του κτιρίου του Πανεπιστημίου σε συνδυασμό με την παρουσίαση πολύ ελκυστικών προοπτικών χαμηλού κόστους συντήρησης, η ανθεκτικότητα και η απλότητα της λειτουργίας.

Address of project	University of Ioannina Campus, Ioannina, Greece
Year of construction	1987
Year of renovation	1993
Total floor area	4.100 m ² (this section)
Number of students	1.600
Number of classrooms	60
Typical class room size	120 m ²
Altitude	500 m
Mean annual temperature	14.7°C
Mean winter temperature	9.4°C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Το ηλιακό σύστημα αποτελείται από:

- 1) ένα κεντρικό, καλυμμένο αίθριο, σχηματίζεται από μία ηλιακή οροφή ειδικά σχεδιασμένο για να καλύψει τόσο τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου γύρω από αυτό.
- 2) χαμηλή θερμοκρασία, μακροπρόθεσμο σύστημα αποθήκευσης θερμότητας, χρησιμοποιώντας τη γη

ως μέσο αποθήκευσης περιλαμβάνοντας μία σειρά από σωλήνες PVC διαμέτρου 27 cm τοποθετημένες σε βάθος των 1,5 m κάτω από την επιφάνεια (για ψύξη του αέρα) του εδάφους στο αίθριο.

Το αίθριο έχει έκταση περίπου 900m² και ένα μέσο ύψος 13m, ενώ κάθε υπόγεια σωλήνα έχει μήκος 40m.

3) ηλιακές καμινάδες.

4) Αυξημένα επίπεδα φωτισμού χάρη στα αίθρια.

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η παρούσα κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι 104,6 kWh/m².

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό: 7 W/m². Τα κέρδη από την ενέργεια του έργου εκτιμάται σε 33kWh / m² για αυτό το τμήμα του κτιρίου, ή το 30% των ετήσιων ενεργειακών αναγκών του.

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος ανήλθε περίπου στις 190.000 ευρώ.

5.3.Κτήριο Τοπογράφων Μηχανικών και αγρονόμων, Αθήνα

Ο στόχος του έργου είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών μέτρων στο πλαίσιο ανακαίνισης του κτιρίου, προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα της θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες και η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κτιρίου.

Address of project	9 Heroon Polytechniou NTUA Campus, Athens, Greece
Year of construction	1965
Year of renovation	2003
Total floor area	8550 m ²
Number of students	900
Numer of classrooms	16
Typical classroom	50 m ² 50 students
Altitude	219 m above sea level
Mean annual temperature	18 °C
Mean winter temperature	10 °C



Περιεχόμενο ανακαίνισης

Κέλυφος κτιρίου

- Βελτιώσεις στην εξωτερική μόνωση τοίχων
- Βελτιώσεις σε U-Value των ανοιγμάτων των κτιρίων
- Μείωση της διείσδυσης μέσω κουφωμάτων
- Η χρήση των συστημάτων σκίασης, απλών παθητικών ηλιακών συστημάτων,

Ψύξη/θέρμανση

- Ο έλεγχος της θέρμανσης χώρου
- Έλεγχος του κλιματισμού
- Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των ανεμιστήρων και αντλιών
- Η μόνωση των αγωγών και σωληνώσεων
- Βελτίωση της θέρμανσης και ψύξης όσον αφορά το σύστημα τροφοδοσίας
- Αντικατάσταση φίλτρων αέρα και υγραντήρα μονάδα (ΚΚΜ).
- Μειωμένη θερμοκρασία του ζεστού νερού

αερισμός

- Ο φυσικός αερισμός
- αερισμού νύχτας
- Ανεμιστήρες οροφής
- Άλλες συσκευές αερισμού
- Ηλιακές καμινάδες
- Ψύξη μέσω εδάφους
- Θερμική μάζα
- Βελτίωση Μικροκλίματος

Μείωση των επιπέδων φωτισμού εσωτερικών χώρων

- Φωτισμός εργασίας
- Έλεγχος του εσωτερικού εξοπλισμού φωτισμού
- Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των φωτιστικών
- Χρήση λαμπτήρων εξοικονόμησης ή στραγγαλιστικά πηνία
- Έλεγχος του εξωτερικού φωτισμού

Ενεργειακή εξοικονόμηση

Τα αποτελέσματα έχουν προκύψει από την χρήση του λογισμικού TRNSYS 14.2.

energy consumption	before	after	kW/m ²
heating	49,1	26,5	
cooling	41,5	11,1	
electrical energy	49,2	22,14	

Κόστος ανακαίνισης

Το συνολικό κόστος ανήλθε περίπου στις 135.000 ευρώ.

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει συγκεντρωτικά τις παρεμβάσεις που έγιναν στα παραπάνω κτήρια.

Πίνακας 1 : συγκεντρωτικά στοιχεία επεμβάσεων

A/A	σχολεία	κέλυφος	θέρμανση	αερισμός	ψύξη	φωτισμός	διαχείριση
1	Κτήριο Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	φιλοσοφική σχολή Ιωαννίνων	✓		✓	✓	✓	✓
3	Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.4.Σχολικό συγκρότημα Αγίου Δημητρίου



Εικόνα1: μια εικόνα από την είσοδο του σχολείου

Περιγραφή κτιρίου

Έχει συνολική έκταση 5.600 m². Χωρίζεται σε 4 τεταρτοκύκλια με αρμό και σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το κτήριο αποτελείται από τρεις όμοιους ορόφους καθένας από τους οποίους περιλαμβάνει τρεις τυποποιημένες μονάδες των 120-160 ατόμων. Στο κέντρο βρίσκεται ο πυρήνας ο οποίος πρόκειται μελλοντικά να πληρωθεί με τις ψηφιακές εγκαταστάσεις του σχολείου για να εξυπηρετεί κάθε μονάδα-αίθουσα του συγκροτήματος. Σήμερα, ο χώρος αυτός είναι κενός και χρησιμοποιείται ως δευτερεύον υπερωσμένο προαύλιο, ενώ στο ισόγειο, κάτω από αυτό, βρίσκεται η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων του συμβατικού κτηριολογικού προγράμματος

Παρεμβάσεις που έγιναν

- 1) Ενίσχυση του κελύφους του κτιρίου και θεμελίωση με συνδετήριους δοκούς.
- 2) Ανακατασκευή των τοίχων και αναδιαμόρφωση χώρων
- 3) Αντικατάσταση των μπετονένιων δοκίδων των περσίδων
- 4) Τοποθέτηση αλουμινένιων κουφωμάτων με διπλά τζάμια
- 5) Μόνωση κελύφους
- 6) Νέες μηχανολογικές και υδραυλικές εγκαταστάσεις (καλωδιώσεις, δίκτυα) για την σωστή ηλεκτρονική λειτουργία
- 7) Ανακατασκευή του προαύλιου χώρου με χώρους πρασίνου
- 8) Οι παραπάνω που αναφέραμε παραπάνω αναφέρονται και στα δυο ανεξάρτητα κτήρια των γυμναστηρίων [4]

Παρακάτω ακολουθούν κάποιες περιπτώσεις πρότυπων βιοκλιματικών σχολικών κτηρίων.

5.5.8 Δημοτικό σχολείο Συκεών Θεσσαλονίκης



Εικόνα 2: εικόνες από μακέτες και πάνω αριστερά από την διαδικασία περάτωσης

Εισαγωγή

Αξίζει να σημειώσουμε ότι είναι το πρώτο σχολείο στη Θεσσαλονίκη με αυτές τις προδιαγραφές. Περιλαμβάνει έξι αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκη, αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών, πολιτιστικών και καλλιτεχνικών εκδηλώσεων, αθλητισμού, κ.ά., καλύπτοντας όλα τα σύγχρονα παιδαγωγικά και ψυχοκοινωνικά κριτήρια. Η συνολική του έκταση είναι 2.250 m² και είναι ιδιαίτερα επικλινές αφού έχει 17 m κλίση από τη μια πλευρά στην άλλη.

Βιοκλιματικές εφαρμογές-ενεργειακά συστήματα-καινοτόμες δράσεις

Χωροθέτηση-προσανατολισμός : Κύριοι χώροι στον άξονα Δύση-Ανατολή. Οι αίθουσες είναι προσανατολισμένες ανατολικά και ο προαύλειος χώρος νοτιοδυτικά.

Ηλιοπροστασία-σκίαση : Υπάρχουν μεταλλικές πέργκολες στην ανατολική πλευρά του κτιρίου για σωστό φωτισμό των αιθουσών και το φως θα διαχέεται μέσω κατακόρυφων ηλιοπροστατευτικών περσίδων.

Φυσικός φωτισμός-αερισμός : Επιτυγχάνονται με τον σχεδιασμό κατάλληλων ανοιγμάτων, παράθυρα, φεγγίτες, στις σωστές πλευρές του κτιρίου. Επίσης κάθε αίθουσα προβλέπεται να έχει και καμινάδα αερισμού.

Μόνωση : Προβλέπεται μόνωση σε όλο το κέλυφος του κτιρίου ενώ τα ηλιοστάσια θα είναι από αλουμίνιο με διπλά τζάμια. Επιπλέον θα γίνει χρήση φιλικών προς το περιβάλλον υλικών.

Φύτευση χώρων : κάποια δωμάτια θα φυτευθούν με στόχο την μείωση της θερμικής επιβάρυνσης. Επίσης θα φυτευθεί και ο περιβάλλον χώρος τόσο για βελτίωση του μικροκλίματος όσο και για ηχομόνωση.

Τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας που θα χρησιμοποιηθούν είναι :

- 1) φωτοβολταϊκά στοιχεία
- 2) κεντρικό σύστημα ελέγχου φωτισμού κοινόχρηστων χώρων
- 3) διαχείριση ομβρίων υδάτων(δεξαμενή)
- 4) βαλβίδες ρυθμιζόμενου χρόνου ροής
- 5) καμινάδες αερισμού

Συνολικό κόστος

Ο προϋπολογισμός ανέρχεται στα 4.450.000 ευρώ και αναμένεται να παραδοθεί μέσα στο 2012.

5.6.8 νηπιαγωγείο Κορυδαλλού

Το κτήριο έχει έκταση 768,70 m². Περιλαμβάνει 2 αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσα ανάπαυσης νηπίων και αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, γραφείων νηπιαγωγών, κουζίνα, τραπεζαρία. Επιπλέον λεβητοστάσιο, αποθήκη και χώρος στάθμευσης.



Εικόνα3: ηλεκτρονική απεικόνιση(μακέτα)

Βιοκλιματικές εφαρμογές-ενεργειακά συστήματα-καινοτόμες δράσεις

Χωροθέτηση-προσανατολισμός : Η μεγαλύτερη πλευρά του κτιρίου έχει νότιο προσανατολισμό για καλύτερη εκμετάλλευση του ηλιακού φωτός. Η νότια πλευρά της αυλής καλύπτεται από βλάστηση.

Ηλιοπροστασία-σκίαση : Στη νότια, ανατολική, δυτική πλευρά έχουν τοποθετηθεί πέργκολες και μαζί με τα αίθρια δημιουργούν καλύτερες συνθήκες μικροκλίματος.

Φυσικός φωτισμός-αερισμός : Παρέχονται από κατάλληλα ανοίγματα στο κέλυφος του κτιρίου.

Μόνωση : Προβλέπεται μόνωση σε όλο το κέλυφος του κτιρίου ενώ τα ηλιοστάσια θα είναι από αλουμίνιο με διπλά τζάμια. Επιπλέον θα γίνει χρήση φιλικών προς το περιβάλλον υλικών.

Φύτευση χώρων : θα φυτευθεί και ο περιβάλλον χώρος τόσο για βελτίωση του μικροκλίματος όσο και για ηχομόνωση.

Τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας που θα χρησιμοποιηθούν είναι :

- 1) φωτοβολταϊκά στοιχεία
- 2) διαχείριση ομβρίων υδάτων(δεξαμενή)
- 3) βαλβίδες ρυθμιζόμενου χρόνου ροής
- 4) αερισμός αιθουσών διδασκαλίας με αισθητήρες CO₂. [4]

5.7. Πάλλειος σχολή Πειραιά(γυμνάσιο- λύκειο)



Εικόνα 4 :ηλεκτρονική απεικόνιση(μακέτα)

Πρόκειται για συγκρότημα από 3 διαφορετικά κτήρια. Η συνολική έκτασή τους είναι 5.682,4 m². Το διδακτήριο του γυμνασίου έχει 3 ορόφους και υπόγειο όπως και το λύκειο. Το τρίτο κτήριο έχει ισόγειο και υπόγειο και είναι για πολλαπλές χρήσεις.

Γυμνάσιο

Ισόγειο : χώροι διοίκησης, βιβλιοθήκη, κυλικείο, χώροι υγιεινής

A όροφος : 6 αίθουσες διδασκαλίας, 2 αίθουσες ξένων γλωσσών, εργαστήριο Φ/Χ

B όροφος : 6 αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες πληροφορικής, μουσικής, βιβλιοθήκη.

Υπόγειο : χώροι στάθμευσης, βοηθητικοί χώροι

Λύκειο

Ισόγειο : χώροι διοίκησης, βιβλιοθήκη, κυλικείο, χώροι υγιεινής

A όροφος : 6 αίθουσες διδασκαλίας, 2 αίθουσες ξένων γλωσσών, εργαστήριο Φ/Χ

B όροφος : 7 αίθουσες διδασκαλίας, 2 εργαστήρια πληροφορικής

Υπόγειο : χώροι στάθμευσης, βοηθητικοί χώροι

Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων

Ισόγειο : προθάλαμος, αποδυτήρια, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων

Υπόγειο : βοηθητικοί χώροι, χώρος στάθμευσης

Βιοκλιματικές εφαρμογές-ενεργειακά συστήματα-καινοτόμες δράσεις

Χωροθέτηση-προσανατολισμός : Οι αίθουσες διδασκαλίας έχουν νότιο και ανατολικό προσανατολισμό. Στο κέντρο του οικοπέδου έχει διαμορφωθεί ο χώρος με καθιστικά και βλάστηση.

Ηλιοπροστασία-σκίαση : Για την προστασία των ανοιγμάτων έχουν τοποθετηθεί σκίαστρα.

Φυσικός φωτισμός-αερισμός : Επιτυγχάνονται με τον σχεδιασμό κατάλληλων ανοιγμάτων, παράθυρα, φεγγίτες, στις σωστές πλευρές του κτιρίου για εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Μόνωση : Προβλέπεται μόνωση σε όλο το κέλυφος του κτιρίου ενώ τα ηλιοστάσια θα είναι από αλουμίνιο με διπλά τζάμια. Επιπλέον θα γίνει χρήση φιλικών προς το περιβάλλον υλικών. Η οροφή της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων καλύπτεται ξύλινη στέγη.

Φύτευση χώρων : θα φυτευθεί και ο περιβάλλον χώρος τόσο για βελτίωση του μικροκλίματος όσο και για ηχομόνωση.

Τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας που θα χρησιμοποιηθούν είναι :

- 1) φωτοβολταϊκά στοιχεία
- 2) διαχείριση ομβρίων υδάτων(δεξαμενή)
- 3) βαλβίδες ρυθμιζόμενου χρόνου ροής
- 4) αερισμός αιθουσών διδασκαλίας με αισθητήρες CO2.
- 5) κεντρικό σύστημα ελέγχου φωτισμού.
- 6) Κλιματισμός αίθουσας πολλαπλών χρήσεων, χώρων διοίκησης, βιβλιοθήκη, εργαστήριο πληροφορικής με αντλία θερμότητας.

Συνολικό κόστος

Ο προϋπολογισμός ανέρχεται στα 12.700.000 ευρώ και αναμένεται να παραδοθεί μέσα στο 2010. [4]

5.8.Μουσικό σχολείο Τρίπολης



Εικόνα 5: ηλεκτρονική απεικόνιση

Το έργο αφορά στην ολοκλήρωση κατασκευής του Μουσικού Γυμνασίου-Λυκείου Τρίπολης. Αφορά στην κατασκευή έξι (6) κτιρίων στα οποία θα στεγαστεί το Μουσικό Γυμνάσιο –Λύκειο Τρίπολης. Το συνολικό εμβαδό δόμησης είναι 3616,44 m² , ενώ η κάλυψη ισογείου είναι 1756,29 m² εντός οικοπέδου επιφανείας 4733,75 m².Περιλαμβάνει 9 αίθουσες διδασκαλίας, 1 αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, 1 βιβλιοθήκη, 1 εργαστήριο Βιολογίας, 2 εργαστήρια πληροφορικής, 1 εργαστήριο τεχνολογίας, 1 εργαστήριο σχεδίου, 1 εργαστήριο κατασκευής μουσικών οργάνων καθώς και αίθουσες ατομικού μαθήματος. Τα τμήματα του έργου που έχουν κατασκευαστεί, είναι :γενικές εκσκαφές από το φυσικό έδαφος ως την απόβαση δαπέδου ισογείου, εκσκαφές θεμελίων πάσης φύσεως, επιχώσεις, κατασκευή θεμελίων όλων των κτιρίων, τοιχία και οροφή υπογείου όλων των κτιρίων, τοιχοδομές με τη μόνωσή τους, κατασκευή τοποθέτηση και πάκτωση κασσών, αποπεράτωση εσωτερικών επιχρισμάτων. Επίσης το 19% εξωτερικών επιχρισμάτων κτιρίων και στεγασμένων χώρων, 77% των μεταλλικών κουφωμάτων και μεταλλικών κατασκευών, πλήρης αποπεράτωση των δαπέδων των κτιρίων και στεγασμένων χώρων, 90% κατασκευή των στεγών, 50% αποπεράτωση δικτύου σωληνώσεων ύδρευσης, πλήρης αποπεράτωση δικτύου σωληνώσεων αποχέτευσης, πλήρης κατασκευή των αλεξικέραυνων του έργου, 50% αποπεράτωση φρεατίων καναλιών ,καλωδιώσεων, σωληνώσεων. Δεξαμενή άρδευσης. Εργασίες που αφορούν τοποθέτηση υαλοστασίων από σιδηροδοκούς στην ΑΠΧ. Καθώς και οι ενισχύσεις τοιχοδομών με συνθετικό πλέγμα. Εργασίες που αφορούν τοποθέτηση των επιπλέον υδρορροών. Εργασίες περιβάλλοντος χώρου: χωματουργικές, σκυροδέτησης τοιχίων περίφραξης κερκίδων μεταλλικών κιγκλιδωμάτων περίφραξης .υδραυλικών

εγκαταστάσεων επιχρίσματα με τσιμεντοειδή υλικά της δεξαμενής. Τέλος υπολείπονται επιστρώσεις κτιρίων και μονώσεις, 50%ύδρευση αποχέτευση, θέρμανση, φωτιστικά, αλεξίκεραυνο, φωτισμός αυλής, αυτόματο πότισμα, κλιματισμός, φωτοβολταϊκά, κράσπεδα, μεταλλουργικά.

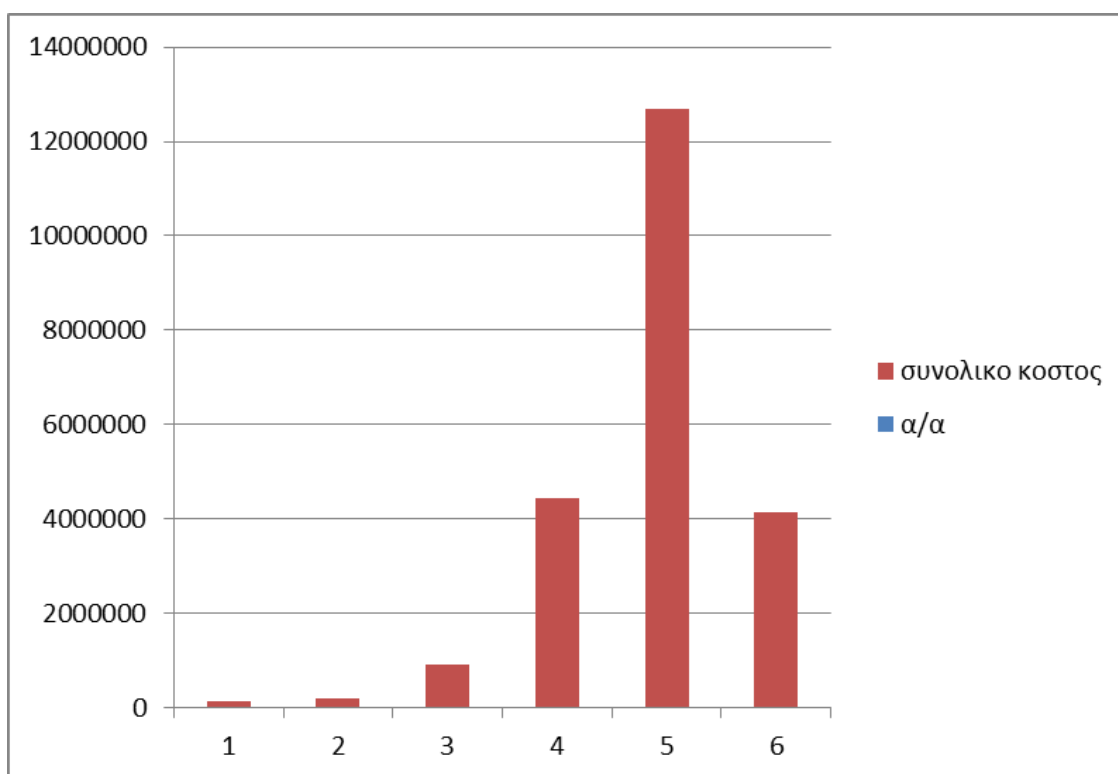
Συνολικό κόστος

Ο προϋπολογισμός ανέρχεται στα 4.153.736,66 ευρώ

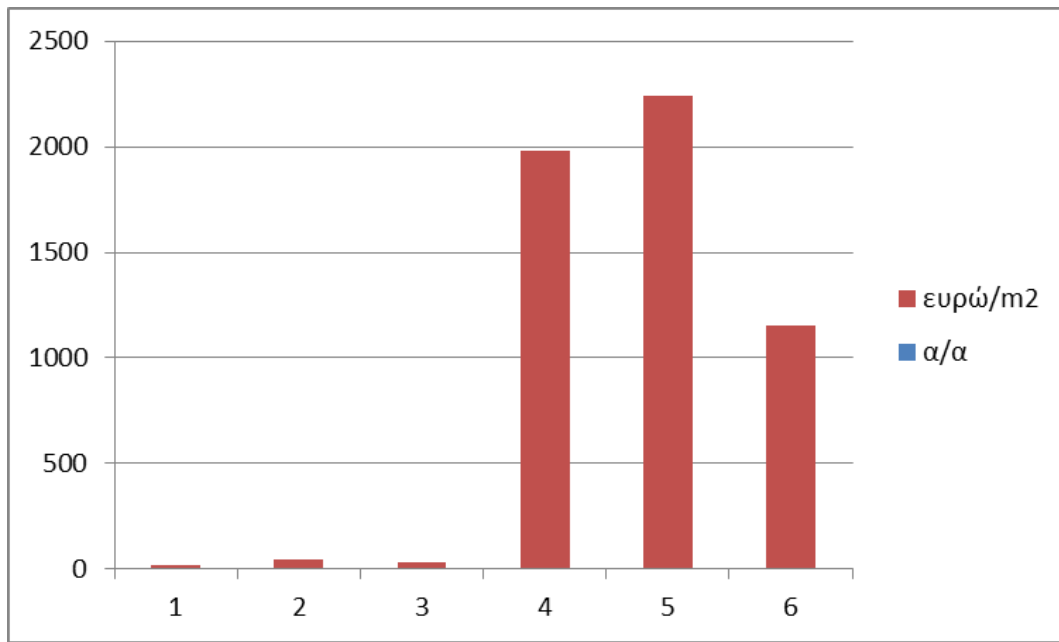
Ακολουθούν κάποια συγκεντρωτικά στοιχεία. Στον **πίνακα 2** έχουμε τα στοιχεία για το συνολικό κόστος και το κόστος/m².

Πίνακας 2: κόστος ανά m²

α/α	κτήρια Ελλάδα	συνολικό κόστος	m2	ευρώ/m2
1	Κτήριο Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα	135000	8550	15,78947
2	Φιλοσοφική σχολή Ιωαννίνων	190000	4100	46,34146
3	Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π	900000	30000	30
4	8 Δημοτικό Συκεών Θεσσαλονίκης	4450000	2250	1977,778
5	Ράλλειος σχολή	12700000	5682,4	2234,971
6	Μουσικό σχολείο Τρίπολης	4153736	3616	1148,71



Εικόνα 6: το γράφημα μας δείχνει το συνολικό κόστος ανακαίνισης ανά σχολείο σε ευρώ



Εικόνα 7: κόστος ανακαίνισης ανά σχολείο ανά m² σε ευρώ

Στη συνέχεια έχουμε και άλλες περιπτώσεις οι οποίες ακολουθούν και έχουμε πιο μικρής κλίμακας επεμβάσεις και πιο εξειδικευμένες.

Όσον αφορά τη θερμική άνεση, στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε την κατασκευή πράσινης οροφής σε ένα νηπιαγωγείο στην Αθήνα όπως φαίνεται και στην εικόνα 8 όπου βλέπουμε και τον χώρο που καταλαμβάνει η βλάστηση κατά τη διαδικασία κατασκευής



Εικόνα 8: κατασκευή πράσινης οροφής

Οι μετρήσεις έγιναν μέσω του προγράμματος TRNSYS, αφού εισήχθησαν τα δεδομένα, τόσο για το χειμώνα όσο και για το καλοκαίρι. Οι διαφορές στην θερμοκρασία παριστάνονται και γραφικά. Το συμπέρασμα είναι ότι έχουμε μεγάλη μείωση ενέργειας για ψύξη και υπήρξε μικρή διαφορά για το χειμώνα, όσον αφορά την ενέργεια θέρμανσης ενώ υπάρχει και δημιουργία μικροκλίματος και μείωση τοπικής θερμοκρασίας. [1]

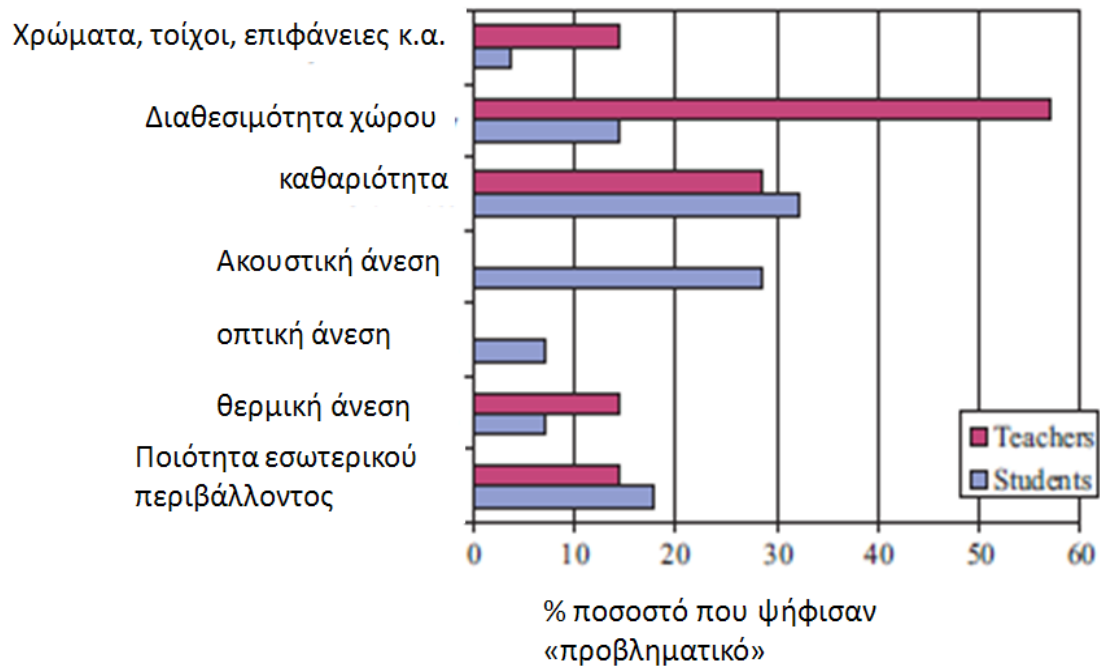
Μια ενδιαφέρουσα μελέτη είναι η επόμενη. Πιο συγκεκριμένα έχουμε την εξέταση 6 σχολίων στην κλιματική ζώνη Γ (Γρεβενά), συγκεκριμένων προδιαγραφών και τύπου. Εφαρμόζονται σε αυτά διάφορα σενάρια επεμβάσεων και εξετάζεται η ενεργειακή συμπεριφορά τους που φαίνεται στον **πίνακα 3**. Πιο συγκεκριμένα έχουμε την εξειδίκευση των σεναρίων τόσο για την ζεστή περίοδο όσο και για την ψυχρή. Τέλος γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και η εύρεση της βέλτιστης λύσης ύστερα από την παρατήρηση αυτών αλλά και των παραγόντων που επηρεάζουν τη λύση. [2]

Πίνακας 3: Θερμική ανάλυση σεναρίων

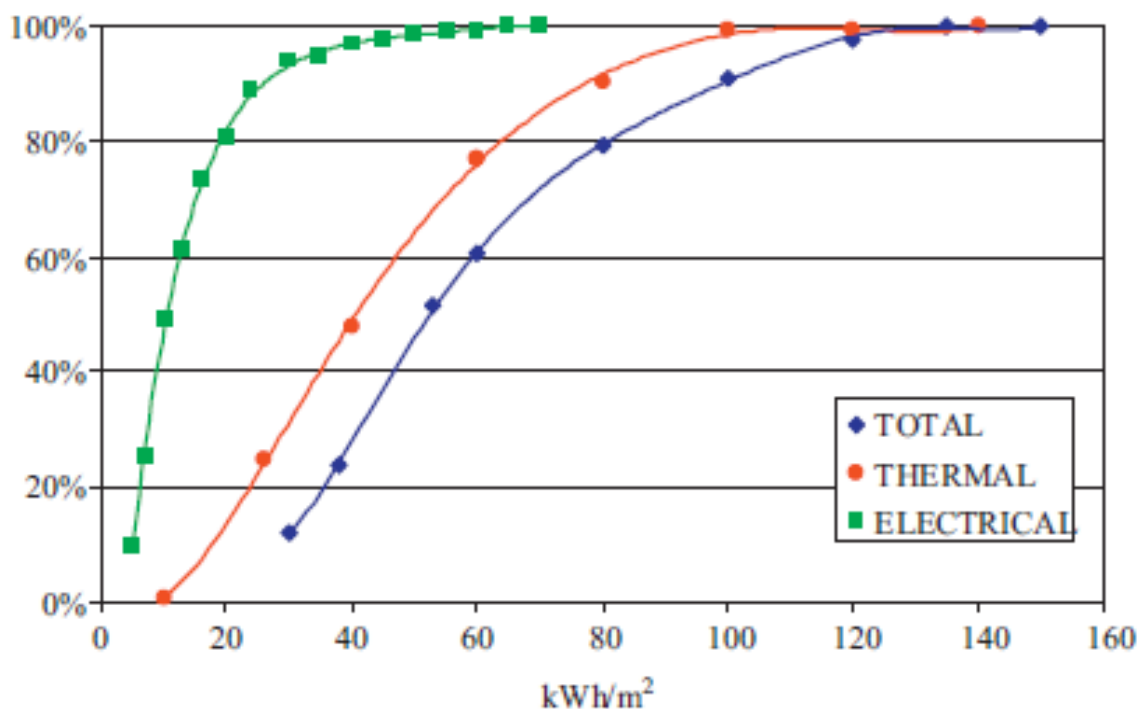
σενάρια	περίοδος θέρμανσης	περίοδος ψύξης
1	υπάρχουσα κατάσταση(μόνωση 5cm)	υπάρχουσα κατάσταση(μόνωση 5cm)
2	μόνωση δοκαριών και κολώνων 5cm	μόνωση δοκαριών και κολώνων 5cm
3	αύξηση μόνωσης τοίχων	αύξηση μόνωσης τοίχων
4	κινητά σκίαστρα	αύξηση μήκους των συσκευών σκίασης
5	αύξηση επιφάνειας ανοιγμάτων οροφής από 8,7 σε 12 m ²	ανεμιστήρες οροφής
6	μείωση της διαπερατότητας του αέρα των ανοιγμάτων	νυχτερινός αερισμός
7	αναβάθμιση των θερμικών χαρακτηριστικών των παραθύρων	νυχτερινός αερισμός σε συνδυασμό με μόνωση της δομής στήριξης

Σύμφωνα με τους Elena G. Dascalaki, Vasileios G. Sempetzoglou, αν και τα σχολεία ανήκουν στα «μη-κατοικήσιμα» κτήρια, αποτελούν χαμηλό ποσοστό στην ενεργειακή ισορροπία του κτιριακού τομέα. Αν και η απόδοση αλλά και η υγεία τόσο των μαθητών όσο και των καθηγητών σχετίζεται άμεσα με τις εσωτερικές συνθήκες, παρ' όλα αυτά υπάρχουν αναφορές για κακές συνθήκες ακόμα και στα καινούρια κτήρια μαζί με την υπέρογκη ενεργειακή κατανάλωση. Γίνεται έρευνα σε 135 σχολεία και σύγκριση αποτελεσμάτων με δημοσιευμένη βιβλιογραφία. Τέλος μελετάται η ενεργειακή κατανάλωση για την εξασφάλιση καλής ποιότητας εσωτερικών συνθηκών. Η έρευνα των indoor environment quality (IEQ) βασίστηκε σε ερωτηματολόγια στους καθηγητές και στους μαθητές. Τα προβλήματα αυτά παρουσιάζονται στην **εικόνα 9** σε ποσοστιαία κατανομή τα οποία είναι (κατά σειρά

από πάνω προς τα κάτω): 1) χρώμα των τοίχων, 2) διαθεσιμότητα χώρου, 3) καθαριότητα, 4) ακουστική άνεση, 5) οπτική άνεση, 6) θερμική άνεση, 7) ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος. Στην **εικόνα 10** έχουμε την αθροιστική κατανομή συχνοτήτων της κατανάλωσης για την ολική ενέργεια, τη θερμική αλλά και την ηλεκτρική για τα 135 σχολεία τα οποία εξετάστηκαν και είχαμε δεδομένα. Επίσης γίνεται αναφορά για τα πιθανά οικονομικά οφέλη ύστερα από την εφαρμογή των σεναρίων καθώς και ποια μέτρα είναι αποδοτικότερα. [3]



Εικόνα 9 :προβλήματα που οφείλονται στη (IEQ) ποσοστιαία με βάση τα ερωτηματολόγια



Εικόνα 10: ποσοστιαία κατανομή επιμέρους ενεργειών

Βιβλιογραφία

- [1] M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias, "Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece", *Energy* 32 (2007) 1781–1788
- [2] A. Dimoudi, P. Kostarela, "Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C climatic zone of Greece", *Renewable Energy* 34 (2009) 289–296
- [3] Elena G. Dascalakia, Vasileios G. Sermpetzoglou, "Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools", *Energy and Buildings* 43 (2011) 718–727
- [4] Παναγιώτης Αλ. Παταργιάς, Βίκυ Μπενετάρου, "Βιοκλιματικές Εφαρμογές και Καινοτόμες Δράσεις για την Προστασία του Περιβάλλοντος", εκδόσεις σταμούλης 2011.
- [5] <http://www.annex36.com/ergebnisse.html> (25/11/2012)
- [6] <http://www.cres.gr> (18/03/2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Η συμπεριφορά του χρήστη, κατοίκου ή εργαζομένου ενός κτιρίου είναι ένας κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας οποιουδήποτε προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης. Ο χρήστης συχνά είναι εκείνος που τελικά επιβεβαιώνει τις προβλέψεις των όποιων μελετών για εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή μέτρων νοικοκυρέματος ή ριζικής επέμβασης στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις. Ιδιαίτερη σημασία στην εξοικονόμηση ενέργειας η οποία μπορεί επιτευχθεί σε ένα κτήριο, έχει η «ενεργειακή» συμπεριφορά του χρήστη. Από την μη ορθολογική χρήση του κτιρίου και των συστημάτων του, μπορεί να μειωθεί σημαντικά η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου. Οι εργαζόμενοι και χρήστες σε ένα κτήριο, συνήθως δεν αντιμετωπίζουν την αιτία τέτοιων προβλημάτων. Άλλες φορές οι “διορθωτικές” ενέργειες τις οποίες εφαρμόζουν για την βελτίωση της θερμικής και οπτικής τους άνεσης, έχουν ενεργειακά αρνητικότερο από πριν αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, συχνά σε περιπτώσεις χειμερινής ή θερινής υπερθέρμανσης, ανοίγονται τα παράθυρα παράλληλα με τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης ή κάποιας κλιματιστικής μονάδας. Επίσης δεν ανοίγονται τα μέσα σκίασης (κουρτίνες, στόρια) ώστε να διευκολυνθεί η είσοδος φυσικού φωτός σε ηλιόλουστες χειμερινές μέρες, με αποτέλεσμα την υπερβολική χρήση του ηλεκτροφωτισμού. Έτσι λοιπόν σε αυτό το κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε 3 διαφορετικά ερωτηματολόγια. Ένας ακόμη λόγος που τα δημιουργήσαμε είναι η έλλειψη δεδομένων για βασικά στοιχεία, όπως ενεργειακές καταναλώσεις, ιστορικό καταναλώσεων κ.λ.π. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη δυσκολία χρήσης του κατάλληλου λογισμικού για μετρήσιμες μεθόδους και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Έτσι οδηγούμαστε σε άλλες μεθόδους π.χ. στατική, ερωτηματολόγια, χρεωστικοί λογαριασμοί Δ.Ε.Η., Ε.Υ.Δ.Α.Π κ.λ.π.

Κάτι παρόμοιο έγινε σύμφωνα με τους Umberto Desideri et. al. στο πρόγραμμα Educa-RUE, το οποίο εφαρμόστηκε σε τοπικό επίπεδο με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα. Για την Ιταλία, επαρχίες του Potenza (project leader), Περούτζια, Παλέρμο και Ριέτι καθώς και στο Essex και σε άλλα μέρη στο UK, στη Γερμανία και στην Ισπανία. Μια σειρά από αλληλένδετες δράσεις πραγματοποιήθηκαν σε οκτώ Πακέτα Εργασίας (ΠΕ) για να αντιμετωπίσουν τις πιυχές της ενεργειακής απόδοσης που προσδιορίζεται ως κύριο πρόβλημα. Στο έργο, το οποίο διήρκησε 30 μήνες αναπτύχθηκε μια διαδικασία, γνωστή ως " Educa- RUE " μέθοδο, για να αξιολογήσει πιθανές πολιτικές παρέμβασης για εκπαιδευτικά κτήρια. Σκοπός ήταν η ενεργή συμμετοχή της εκπαιδευτικής κοινότητας, όπως στην όλη διαδικασία με στόχο την αλλαγή κυρίως της νοοτροπίας και της αντιμετώπισης περιβαλλοντικών θεμάτων. [1]

Έτσι λοιπόν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, με τη βοήθεια των ερωτηματολογίων που συντάξαμε, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των δεδομένων που απαιτούνταν. Αυτό συνέβη στο γυμνάσιο των Κουνουπιδιανών. Σε πρώτη φάση δόθηκαν τα ερωτηματολόγια που αφορούσαν τους καθηγητές για να διαπιστώσουμε τις ανάγκες τους. Σε δεύτερη φάση έγινε επιτόπιος έλεγχος που αφορούσε στην καταγραφή των δεδομένων όπως αυτά ορίζονται στο τεχνικό ερωτηματολόγιο. Στόχος της καταγραφής ήταν η εξεύρεση λύσεων και μεθόδων, όσο το δυνατότερο οικονομικών. Από τα 45 ερωτηματολόγια που διανέμαμε στους καθηγητές μας επεστράφησαν τα 16. Επομένως τα όποια συμπεράσματα και οι καταγραφές αφορούν μόνο σε αυτό το δείγμα. Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει μια κλίμακα βαθμολόγησης από το 1 έως το 5.

ΚΛΙΜΑΚΑ	1	2	3	4	5	0
	Καθόλου /	Λίγο /	Μέτρια /	Πολύ	Πάρα πολύ /	ΔΞ/ΔΑ
	Απαραδέκτη	Μη ικανοποιητική	Μέτρια	Ικανοποιητική	Πολύ καλή	

		ΚΛΙΜΑΚΑ					
		1	2	3	4	5	0
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ							
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	1.1 ΘΕΡΜΑΝΣΗ						
	1.1 Α) Η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα πόσο θεωρείτε ότι επηρεάζει την συγκέντρωσή σας;		31,3%	12,5%	43,8%	12,5%	
	1.1 Β) Η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα πόσο θεωρείτε ότι επηρεάζει τη δυνατότητα κατανόησης γνώσεων ;		6,3%	12,5%	62,5%	18,8%	
	1.1 Γ) Πόσο πιστεύετε ότι η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα επηρεάζει την συγκέντρωσή σας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας;		6,3%	12,5%	56,3%	25,0%	
	1.1 Δ) Πόσο πιστεύετε ότι η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα επηρεάζει την υγεία σας;	6,3%	6,3%	37,5%	31,3%	18,8%	
	1.1 Ε) Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα αισθήματα όπως δυσφορία , αδιαφορία , υπνηλία από τους μαθητές ενδεχομένως δυσσομία κ.λ.π. ;			25,0%	50,0%	25,0%	
	1.1 ΣΤ) Γενικότερα πόσο πολύ πιστεύετε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος την υγιεινή των αιθουσών;		6,3%	12,5%	44,4%	31,3%	
	1.1 Ζ) Γενικότερα σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος την υγιεινή των αιθουσών;		6,3%		75,0%	18,8%	
	1.1 Η) Θα θέλατε να προσθέσετε κάτι άλλο;						
ΨΥΞΗ	1.2 ΨΥΞΗ						
	1.2 Α) Υπάρχουν τεχνητά μέσα δροσισμού (τι είδους); Και αν ναι πόσο αποτελεσματικά είναι;	37,5%		12,5%	12,5%	12,5%	25,0%
	1.2 Β) Κατά τη διάρκεια αερισμού των αιθουσών δροσιζονται οι αίθουσες;	12,5%		25,0%	37,5%	12,5%	
	1.2 Γ) . Σενάρια χρήσης (απαντήστε με ναι ή όχι). Πότε γίνεται ο αερισμός της τάξης; 1) Κατά τη διάρκεια του μαθήματος : 2) Στα διαλείμματα: 3) Και τα δυο : 4) Άλλο :		25,0%	68,8%			6,3%
	1.2 Δ) Γενικά είστε ικανοποιημένοι από τον δροσισμό των αιθουσών;	12,5%		37,5%	31,3%	12,5%	6,3%

ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	2.1 ΗΛΙΑΣΜΟΣ/ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ						
	2.1 Α) Θεωρείτε ότι οι αίθουσες έχουν τον απαιτούμενο ηλιασμό;	6,3%	6,3%	31,3%	31,3%	25,0%	
	2.1 Β) Θεωρείτε ότι η ηλιακή ακτινοβολία εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά από την κατασκευή/διάταξη των αιθουσών;		12,5%	43,8%	37,5%		6,3%
	2.2 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ						
	2.2.1 Α) Ποιες είναι οι πηγές φυσικού φωτισμού στην αίθουσα; (π.χ. παράθυρα ,αίθρια)	μέσω παραθύρων			100,0%		
	2.2.1 Β) Όταν είναι υπερβολικός ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες και δημιουργείται αντανάκλαση πως επηρεάζει αυτό την απόδοσή σας;	6,3%	6,3%	50,0%	31,3%	6,3%	
	2.2.1 Γ) Την απόδοση, συγκέντρωση των μαθητών σας;	6,3%	6,3%	37,5%	43,8%	6,3%	
	2.2.1 Δ) Δημιουργούνται προβλήματα όρασης σε εσάς και τους μαθητές σας;	6,3%	18,8%	18,8%	43,8%	12,5%	
	2.2.1 Ε) Όταν είναι ελλιπής ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες πως επηρεάζει αυτό την απόδοσή σας;	6,3%		12,5%	62,5%	18,8%	
	2.2.1 ΣΤ) Την απόδοση, συγκέντρωση των μαθητών σας;		6,3%	18,8%	56,3%	18,8%	
	2.2.1 Ζ) Δημιουργούνται προβλήματα όρασης (θάμβωση, κλπ) σε εσάς και τους μαθητές σας;	25,0%		25,0%	25,0%	25,0%	
	2.2.1 Η) Όταν δεν υπάρχει τεχνητός φωτισμός (π.χ. διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος) ο φυσικός επαρκεί;		12,5%	25,0%	50,0%	12,5%	
	2.2.1 Θ) Πιστεύετε ότι είναι επαρκής ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες;		12,5%	25,0%	50,0%	12,5%	
	2.2.1 Ι) Υπάρχουν μέσα αντιμετώπισης υπερβολικού φωτισμού (π.χ. σκίαστρα ,στόρια, κουρτίνες κ.λ.π.) και αν ναι πόσο αποτελεσματικά είναι;			37,5%	31,3%	18,8%	
	2.2.1 Κ) Υπάρχει ομοιόμορφη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας στις αίθουσες και πως θα την χαρακτηρίζατε;		18,8%	25,0%	50,0%	6,3%	
	2.2.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ						
	2.2 Α) Θεωρείτε ότι είναι επαρκής;		18,8%	12,5%	31,3%	37,5%	
	2.2 Β) Υπάρχει ομοιομορφία;	6,3%	12,5%	6,3%	43,8%	31,3%	
	2.2 Γ) Όταν υπάρχει επάρκεια φυσικού φωτισμού σβήνετε τα φώτα στις αίθουσες;	100,0%					
	2.2 Δ) Στα διαλείμματα σβήνετε τα φώτα;			81,3%	12,5%	6,3%	
	2.2 Ε) Ο τεχνητός φωτισμός λειτουργεί ενιαία ή τμηματικά;			87,5%	6,3%	6,3%	
	2.2 ΣΤ) Ενθαρρύνετε τους μαθητές να σβήνουν τα φώτα στο διάλειμμα;	87,5%	ναι	12,5%	οχι		
	2.2 Ζ) Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;						

ΑΕΡΙΣΜΟΣ	3.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ						
	3.1 Α) Με ποιες μεθόδους υλοποιείται;	μέσω παραθύρων			100,0%		
	3.1 Β) Πιστεύετε ότι είναι αποτελεσματικός;			25,0%	50,0%	25,0%	
	3.1 Γ) Υπάρχει επάρκεια κατά τη γνώμη σας;		12,5%	18,8%	43,8%	25,0%	
	3.1 Δ) Όταν απαιτείται ο φυσικός αερισμός και δεν επικρατούν μέσες κλιματολογικές συνθήκες (ζέστη ή κρύο) , πως αυτό επηρεάζει την απόδοσή σας ,συγκέντρωσή σας;		6,3%	31,3%	50,0%	12,5%	
	3.1 Ε) Αυτή των μαθητών σας;		6,3%	25,0%	50,0%	18,8%	
	3.1 ΣΤ) Πόσο πιστεύετε ότι σχετίζεται η υγεία σας με τον σωστό αερισμό;		6,3%	12,5%	31,3%	50,0%	
	3.1 Ζ) Αυτή των μαθητών σας;		12,5%	12,5%	31,3%	50,0%	
	3.1 Η i) Σενάρια χρήσης (απαντήστε με ναι ή όχι). Πότε γίνεται ο αερισμός της τάξης; (αναφέραμε στην χειμερινή περίοδο) 1) Κατά τη διάρκεια του μαθήματος : 2) Στα διαλείμματα: 3) Και τα δυο : 4) Άλλο :			56,3%	43,8%		
	3.1 Η ii) Ομοίως και για την καλοκαιρινή περίοδο. 1) Κατά τη διάρκεια του μαθήματος : 2) Στα διαλείμματα: 3) Και τα δυο : 4) Άλλο :			87,5%	6,3%		6,3%
	3.1 Θ) Πόσο πιστεύετε ότι σχετίζονται το αίσθημα δυσφορίας ,δυσοσμίας με τον σωστό αερισμό;				37,5%	56,3%	6,3%
	3.1 Ι) Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;						
	3.1.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ						
	3.1.2 Α) Υπάρχει επάρκεια;	62,5%	6,3%	12,5%	18,8%		
	3.1.2 Β) Λειτουργεί αυτόνομα ή μαζί με τον τεχνητό φωτισμό; Απάντηση :	18,8%					81,3%
	3.1.2 Γ) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του παρατηρείτε μεγάλες θερμοκρασιακές αλλαγές στην αίθουσα;	12,5%		6,3%	25,0%		56,3%
	3.1.2 Δ) Γενικότερα πόσο πιστεύετε ότι σχετίζεται η μετάδοση μικροβίων και ασθενειών με τον σωστό αερισμό;				37,5%	56,3%	6,3%
3.1.2 Ε) Γενικά πιστεύετε ότι αερίζονται σωστά οι αίθουσες;			50,0%	37,5%	6,3%		
3.1.2 ΣΤ) Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;							

ΚΤΗΡΙΟ	4. ΚΤΗΡΙΟ						
	4.1) Σχολιάστε θέματα ασφάλειας (χαρακτηριστικά κτηρίου – περιβάλλοντος χώρου, πυρασφάλεια, σχέδια εκκένωσης κτηρίου, αντισεισμικός σχεδιασμός, κλπ)						
	4.2) Σχολιάστε θέματα φθορών – αναγκαίων επισκευών – διαδικασιών χρήσης, κλπ						
	4.3) Άλλα σχόλια - προτάσεις.						

Παρατηρήσεις

- Στις ερωτήσεις 1.2 Γ, 3.1 Hi, 3.1 Hii οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν τα σενάρια και όχι την κλίμακα.
- Στην ερώτηση 2.2) «Ο τεχνητός φωτισμός λειτουργεί ενιαία ή τμηματικά;» οι 14 (87,5%) τμηματικά, 1 (6,3%) ενιαία, 1 (6,3%) και τα δυο. Έτσι λοιπόν τα ποσοστά αναφέρονται στην κλίμακα.
- Στην ερώτηση 3.1.2 Ε) «Γενικά πιστεύετε ότι αερίζονται σωστά οι αίθουσες;» οι 8 (50%) απάντησαν ναι, οι 6 (37,5%) όχι, 1 (6,25%) αρκετά. Έτσι λοιπόν τα ποσοστά αναφέρονται στην κλίμακα.

Στο τμήμα του ερωτηματολογίου που αφορά το κτήριο, αφού καταγράφηκαν οι απαντήσεις, έγινε η προσπάθεια συγκέντρωσης και κατηγοριοποίησής τους. Με βάση αυτά που αναφέραμε καταλήγουμε στα παρακάτω :

1. Όσον αφορά την ερώτηση 4.1. Οι περισσότεροι ερωτηθέντες θεωρούν ότι το θέμα της ασφάλειας είναι επαρκές για τις προδιαγραφές του σχολικού κτιρίου.
 - Επισημαίνουν όμως πως ο μεγάλος αριθμός των μαθητών ίσως είναι εμπόδιο για την τήρησή του.
 - Επίσης διατυπώνουν τη δυσaréσκείά τους για την έλλειψη ελεύθερου χώρου και την έλλειψη αιθουσών αφού οι μαθητές είναι υπεράριθμοι.
 - Σχεδόν όλοι επισημαίνουν πως είναι ακατάλληλες οι προκάτ αίθουσες αφού υπάρχει πρόβλημα θερμικής, οπτικής άνεσης και αερισμού/δροσισμού.
2. Όσον αφορά την ερώτηση 4.2. Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων θεωρεί πως η παρακολούθηση και η επισκευή των φθορών είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο.
3. Όσον αφορά την ερώτηση 4.3. Οι περισσότεροι επισημαίνουν την ανάγκη ανέγερσης νέου κτιρίου λόγω έλλειψης αιθουσών αλλά και μεγάλου αριθμού μαθητών. Τέλος έγινε μια παρατήρηση σχετικά με τον φυσικό φωτισμό στα εργαστήρια Φυσικής και Χημείας. Πιο συγκεκριμένα λόγω ανεπάρκειας των μέτρων σκίασης, υπάρχει πρόβλημα υπερβολικής διείσδυσης ηλιακής ακτινοβολίας με τις όποιες αρνητικές συνέπειες.

Βιβλιογραφία

[1] Umberto Desideri, Daniela Leonardi, Livia Arcioni, Paolo Sdringola, "European project Educa-RUE: An example of energy efficiency paths in educational buildings", Applied Energy 97 (2012) 384–395

7. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ

Σαν συνέχεια από το προηγούμενο κεφάλαιο καταλήγουμε ότι το κτήριο ύστερα από παρατήρηση καταλήξαμε ότι είναι τύπου «ΑΘΗΝΑ». Με βάση τα δεδομένα που συλλέξαμε, από επιτόπιο έλεγχο, στο τεχνικό ερωτηματολόγιο προσπαθήσαμε να καταλήξουμε σε κάποιες εναλλακτικές λύσεις με σκοπό την εξοικονόμηση χρημάτων. Όμως από την αρχή της διπλωματικής εργασίας αντιμετωπίσαμε προβλήματα γραφειοκρατίας στη συλλογή λογαριασμών όπως Δ.Ε.Η. και πετρελαίου. Παρ' όλα αυτά όμως καταλήξαμε στις παρακάτω φθηνές και αποδοτικές λύσεις.

Διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση νερού ήταν πάρα πολύ μικρή σε βάθος τριετίας. Επομένως η όποια εφαρμογή μέτρων για την εξοικονόμηση νερού δε θα είχε μεγάλη διαφορά.

Θερμική άνεση

1) Με βάση το τεχνικό ερωτηματολόγιο, ο καυστήρας δε διαθέτει κεντρικό θερμοστάση. Συγκεκριμένα η λειτουργία του καθορίζεται από το "αίσθημα" δυσφορίας που προκαλεί η υπερβολική ζέση. Η ποσότητα που προμηθεύτηκε το σχολείο (την περίοδο 2012-2013) ήταν 5232 λίτρα. Με το σενάριο τοποθέτησης ενός κεντρικού θερμοστάτη μακροπρόθεσμα έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας από 15 % έως 30% αναλόγως το είδος του και την τιμή του (250-2500 ευρώ). Οπότε μπορεί κάποιος να αναλογιστεί και την μείωση του ετήσιου κόστους θέρμανσης.

2) Για να εξασφαλιστεί η θερμική άνεση σε περιόδους με υψηλή θερμοκρασίας, τη στιγμή που δεν υπάρχει κάποιο μέσο δροσισμού ένας εύκολος τρόπος είναι ο διαμπερής αερισμός των αιθουσών ή η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής .

3) Επίσης η δημιουργία «πράσινου τοίχου», ειδικά στη νότια πλευρά, με αναρριχητικά φυλλοβόλα φυτά έτσι ώστε να έχουμε το κέρδος της ηλιακής ακτινοβολίας την χειμερινή περίοδο.

Οπτική άνεση

4) Ύστερα από την καταγραφή υπολογίσαμε ότι το σχολικό κτήριο έχει 410 λαμπτήρες φθορίου με μέση κατανάλωση 48 Watt ο καθένας. Όπως αντιλαμβανόμαστε η ολική αντικατάστασή τους με άλλες μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης είναι δύσκολη λόγω κόστους. Έτσι λοιπόν μια λύση είναι η σταδιακή αντικατάστασή τους ή η εφαρμογή κάποιων σεναρίων χρήσης, όπως:

- i) Το χρονικό διάστημα που δεν χρησιμοποιούνται οι αίθουσες να σβήνουν τα φώτα.
- ii) Όταν υπάρχει επάρκεια φυσικού φωτισμού να μην χρησιμοποιείται ο τεχνητός φωτισμός.
- iii) Τοποθέτηση ροοστατών.

5) Το βάψιμο των των αιθουσών με ανοιχτόχρωμα χρώματα (ματ) για να εκμεταλλευόμαστε τα κέρδη της αντανάκλασης.

6) Όσον αφορά την σκίαση, τη στιγμή που δεν υπάρχει η υποδομή και η χρηματοδότηση για την τοποθέτηση σκιάστρων μια συμφέρουσα λύση θα ήταν η τοποθέτηση.

Αερισμός/δροσισμός

7) Από τον επιτόπιο έλεγχο που έγινε, αλλά και λόγω της δομής του κτιρίου το μόνο μέσο για αερισμό και δροσισμό είναι τα παράθυρα. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται διαφέρει ανάλογα με τις θερμοκρασιακές περιόδους.

8) Τέλος ο τεχνητός αερισμός σε πολλές περιπτώσεις σε συνδυασμό με τον φυσικό δίνει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια βλέπουμε μια όλο και πιο έντονη ευαισθησία σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος τα οποία σχετίζονται άμεσα με την καθημερινότητά μας. Αυτό έχει σαν συνέπεια την όλο και αυξανόμενη δραστηριοποίηση θεσμών και αρχών, όπως η Directive on Energy Performance of Buildings (EPBD) και Energy Independence Building Directive (EISA), αλλά και οργανωμένων ενεργειών. Αυτό φαίνεται και από τη θέσπιση διεθνών συμβάσεων όπως (θέσπιση στόχων από το πρωτόκολλο Κιότο (E.P.B.D) το 2006. Επιπλέον η επίτευξη μείωσης των ρύπων με χρονικό ορίζοντα το 2020 για μετατροπή κτηρίων σε net-zero energy buildings σε ποσοστό 50% και την κατασκευή καινούριων «πράσινων» κτηρίων μέχρι το 2050. Ένας τομέας που αφορά αυτές τις προσπάθειες είναι ο κτιριακός όπως είδαμε. Στο εξωτερικό αυτές οι προσπάθειες βιώσιμης ανάπτυξης είναι εκτεταμένες και με πρόγραμμα.

Δυστυχώς στην Ελλάδα ακόμα είμαστε σε βρεφικό στάδιο και χωρίς την απαιτούμενη προσπάθεια και πρόγραμμα. Επίσης ένα επιπλέον εμπόδιο είναι η γραφειοκρατικές διαδικασίες και η μεγάλη δυσκολία στη συλλογή δεδομένων όπως τα ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά σχέδια, όπως και η συλλογή ενεργειακών δεδομένων κατανάλωσης ακόμα και η συλλογή χρεωστικών λογαριασμών. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η παλαιότητα και η δομή των σχολικών κτιρίων που κάνει ακόμα πιο δύσκολη την όποια παρέμβαση.

Μια πιθανή λύση θα ήταν η συμμετοχή των ιδιωτών για την εξασφάλιση χρημάτων (π.χ. με τη μορφή δωρεάς) μέσω κάποιων διαφανών διαδικασιών. Κάτι τέτοιο όμως είναι πολύ μακριά για την ελληνική πραγματικότητα. Αν λάβουμε λοιπόν υπ όψιν την οικονομική δυσχέρεια για την εξασφάλιση κονδυλίων, τη δομή και τις προδιαγραφές των σχολικών κτιρίων αλλά και την τεράστια ανάγκη για καινούριες σχολικές μονάδες, πιστεύουμε ότι το βασικότερο όλων είναι να εισάγουμε τον ανθρώπινο παράγοντα. Με αυτό εννοούμε να εμφυσησούμε την νοοτροπία της προστασίας του περιβάλλοντος στους μαθητές αλλά και στους διδάσκοντες. Δηλαδή την υιοθέτηση απλών και καθημερινών πρακτικών (όπως η ανακύκλωση εντός των σχολείων) κατά τη διάρκεια της χρήσης των κτιρίων, αλλά και πιο οργανωμένων προσπαθειών όπως ενημερωτικές εκδηλώσεις ή την επίσκεψη σε πρότυπα βιοκλιματικά κτήρια. Επιπλέον θεωρούμε ότι η ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε όλες αυτές τις προσπάθειες είναι απαραίτητη γιατί με αυτό τον τρόπο θα γίνει «κτήμα» τους, αλλά επίσης θα είναι πιο εύκολο να προσαρμοστούν σε μια νέα πραγματικότητα.

9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σε αυτό το κομμάτι έχουμε την παρουσίαση των ερωτηματολογίων τα οποία απευθύνονται στους καθηγητές, στους μαθητές και τέλος ένα τεχνικό ερωτηματολόγιο. Έγινε προσπάθεια κατηγοριοποίησης των ερωτήσεων στους παρακάτω τομείς :

- 1) Θερμική άνεση
- 2) Οπτική άνεση
- 3) Αερισμός / δροσισμός
- 4) Κτίριο

Στη συνέχεια θα γίνει η παρουσίαση των ερωτηματολογίων

9.1. Ερωτηματολόγιο για καθηγητές

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΠΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟ ΣΤΟΥΣ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΟΥΝΟΥΠΙΔΙΑΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ / ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ:

Όνοματεπώνυμο:

Σπυρίδων Παπαευθυμίου

Σχολή / Τμήμα:

Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης

Ιδιότητα/Θέση στο Ίδρυμα:

Επίκουρος Καθηγητής

Τηλέφωνο επικοινωνίας Επιβλέποντα:

28210 37428

E-mail - Fax:

spapaefthymiou@dpem.tuc.gr

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΚΟΥΜΕΝΟΥ:

Όνοματεπώνυμο ασκουμένου:

Ξενοφώντας Κωνσταντόπουλος

Σχολή / Τμήμα:

Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης

Εξάμηνο Σπουδών:

16^ο

A.M. Φοιτητή:

2005010084

Αποτιμήστε παρακάτω χρησιμοποιώντας την εξής Βαθμολογική Κλίμακα				
1	2	3	4	5
Καθόλου / Απαραδέκτη	Λίγο / Μη ικανοποιητική	Μέτρια / Μέτρια	Πολύ Ικανοποιητική /	Πάρα πολύ / Πολύ καλή

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν αφορούν τις παρακάτω γενικές κατηγορίες και πως σχετίζονται με θέματα όπως: την απόδοση των διδασκόντων, την υγεία τους, την υγεία των μαθητών, τη συγκέντρωσή τους κ.α.:

- 1) Θερμική άνεση(ψύξη, θέρμανση)
- 2) Οπτική άνεση (ηλιασμός/προσανατολισμός , φυσικός/τεχνητός φωτισμός)
- 3) Αερισμός (φυσικός/τεχνητός)
- 4) Κτήριο (ασφάλεια , συντήρηση, τεχνικά (διαρροές, συντήρηση κλπ)

1. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν έχουν σαν στόχο να θίξουν το πώς επηρεάζουν τους διδάσκοντες, αλλά και τους μαθητές τους οι κλιματολογικές συνθήκες (ψύχος ,ζέστη) στις ατομικές τους επιδόσεις, την συγκέντρωσή τους, την υγεία τους κ.α.

1.1 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

A. Η υπερβολική ζέστη ή ψύχος εντός της αίθουσας σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει την συγκέντρωσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

B. Η υπερβολική ζέστη ή ψύχος εντός της αίθουσας σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει τη δυνατότητα μετάδοσης γνώσεων προς τους μαθητές;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Πόσο πιστεύετε ότι η υπερβολική ζέστη ή ψύχος εντός της αίθουσας επηρεάζει την συγκέντρωση των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Πόσο πιστεύετε ότι η υπερβολική ζέστη ή ψύχος εντός της αίθουσας επηρεάζει την υγεία σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

E. Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος εντός της αίθουσας την υγεία των μαθητών;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

ΣΤ. Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος εντός της αίθουσας αισθήματα όπως δυσφορία , αδιαφορία , υπνηλία από τους μαθητές ενδεχομένως δυσσομία κ.λ.π. ;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Z. Γενικότερα σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος την υγιεινή των αιθουσών;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

H. Θα θέλατε να προσθέσετε κάτι άλλο;

1.2 ΨΥΞΗ

A. Υπάρχουν τεχνητά μέσα δροσισμού (τι είδους); Και αν ναι πόσο αποτελεσματικά είναι;
Απάντηση:

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

B. Κατά τη διάρκεια αερισμού των αιθουσών δροσίζονται οι αίθουσες;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Σενάρια χρήσης (απαντήστε με ναι ή όχι). Πότε γίνεται ο αερισμός της τάξης;

- 1) Κατά τη διάρκεια του μαθήματος :
- 2) Στα διαλλείματα:
- 3) Και τα δυο :

4) Άλλο :

Δ. Γενικά είστε ικανοποιημένοι από τον δροσισμό των αιθουσών;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

2. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

2.1 ΗΛΙΑΣΜΟΣ/ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

(Αναφερόμαστε στην ευκολία πρόσβασης της ηλιακής ακτινοβολίας στις αίθουσες και το ποσοστό εκμετάλλευσής της σε συνδυασμό με τον σωστό προσανατολισμό).

A. Θεωρείτε ότι οι αίθουσες έχουν τον απαιτούμενο ηλιασμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

B. Θεωρείτε ότι η ηλιακή ακτινοβολία εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά από την κατασκευή/διάταξη των αιθουσών;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

2.2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ(ΦΥΣΙΚΟΣ/ΤΕΧΝΗΤΟΣ)

(Αναφερόμαστε στην ηλιακή ακτινοβολία και την εκμετάλλευσή της όσον αφορά τον φωτισμό αλλά και τον τεχνητό φωτισμό αλλά και στους λαμπτήρες).

2.2.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

A. Ποιες είναι οι πηγές φυσικού φωτισμού στην αίθουσα; (π.χ. παράθυρα ,αίθρια)

Απάντηση :

B. Όταν είναι υπερβολικός ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες και δημιουργείται αντανάκλαση πως επηρεάζει αυτό την απόδοσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Την απόδοση, συγκέντρωση των μαθητών σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Δημιουργούνται προβλήματα όρασης σε εσάς και τους μαθητές σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

E. Όταν είναι ελλιπής ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες πως επηρεάζει αυτό την απόδοσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

ΣΤ. Την απόδοση, συγκέντρωση των μαθητών σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Z. Δημιουργούνται προβλήματα όρασης (θάμβωση, κλπ) σε εσάς και τους μαθητές σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Η. Όταν δεν υπάρχει τεχνητός φωτισμός (π.χ. διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος) ο φυσικός επαρκεί;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Θ. Πιστεύετε ότι είναι επαρκής ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ι. Υπάρχουν μέσα αντιμετώπισης υπερβολικού φωτισμού (π.χ. σκίαστρα ,στόρια, κουρτίνες κ.λ.π.) και αν ναι πόσο αποτελεσματικά είναι;

Απάντηση αν υπάρχουν ή όχι :

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Κ. Υπάρχει ομοιόμορφη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας στις αίθουσες και πως θα την χαρακτηρίζατε;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

2.2.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Α. Θωρείτε ότι είναι επαρκής;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Β. Υπάρχει ομοιομορφία;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Όταν υπάρχει επάρκεια φυσικού φωτισμού σβήνετε τα φώτα στις αίθουσες;
Απάντηση :

Δ. Στα διαλλείματα σβήνετε τα φώτα;
Απάντηση :

Ε. Ο τεχνητός φωτισμός λειτουργεί ενιαία ή τμηματικά;
Απάντηση :

Στ. Ενθαρρύνετε τους μαθητές να σβήνουν τα φώτα στο διάλειμα;
Απάντηση :

Ζ. Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;

3 ΑΕΡΙΣΜΟΣ (ΤΕΧΝΗΤΟΣ/ΦΥΣΙΚΟΣ)

3.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Α. Με ποιες μεθόδους υλοποιείται;

Απάντηση :

Β. Πιστεύετε ότι είναι αποτελεσματικός;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. υπάρχει επάρκεια κατά τη γνώμη σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Όταν απαιτείται ο φυσικός αερισμός και δεν επικρατούν μέσες κλιματολογικές συνθήκες (ζέστη ή κρύο) , πως αυτό επηρεάζει την απόδοσή σας ,συγκέντρωση σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ε. Αυτή των μαθητών σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

ΣΤ. Πόσο πιστεύετε ότι σχετίζεται η υγεία σας με τον σωστό αερισμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ζ. Αυτή των μαθητών σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Η. Σενάρια χρήσης (απαντήστε με ναι ή όχι). Πότε γίνεται ο αερισμός της τάξης; (αναφερόμαστε στην χειμερινή περίοδο)

- 1) Κατά τη διάρκεια του μαθήματος :
- 2) Στα διαλλείματα:
- 3) Και τα δυο :
- 4) Άλλο :

Ομοίως και για την καλοκαιρινή περίοδο.

- 1) Κατά τη διάρκεια του μαθήματος :
- 2) Στα διαλλείματα:
- 3) Και τα δυο :
- 4) Άλλο

Θ. Πόσο πιστεύετε ότι σχετίζονται το αίσθημα δυσφορίας ,δυσσομίας με τον σωστό αερισμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Κ. Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;

3.1.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Α. Υπάρχει επάρκεια;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Β. Λειτουργεί αυτόνομα ή μαζί με τον τεχνητό φωτισμό;

Απάντηση :

Γ. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του παρατηρείτε μεγάλες θερμοκρασιακές αλλαγές στην αίθουσα;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Γενικότερα πόσο πιστεύετε ότι σχετίζεται η μετάδοση μικροβίων και ασθενειών με τον σωστό αερισμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ε. Γενικά πιστεύετε ότι αερίζονται σωστά οι αίθουσες;

ΣΤ. Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;

4. ΚΤΗΡΙΟ

A. Σχολιάστε θέματα ασφάλειας (χαρακτηριστικά κτηρίου – περιβάλλοντος χώρου, πυρασφάλεια, σχέδια εκκένωσης κτηρίου, αντισεισμικός σχεδιασμός, κλπ)

B. Σχολιάστε θέματα φθορών – αναγκαίων επισκευών – διαδικασιών χρήσης, κλπ

Γ. Άλλα σχόλια - προτάσεις.

9.2.Ερωτηματολόγιο για μαθητές

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΠΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟ ΣΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΟΥΝΟΥΠΙΔΙΑΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΟΠΤΗ ΚΑΘΗΓΗΤΗ / ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ:

Όνοματεπώνυμο: Σπυρίδων Παπαευθυμίου

Σχολή / Τμήμα: Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης

Ιδιότητα/Θέση στο Ίδρυμα: Επίκουρος Καθηγητής

Τηλέφωνο επικοινωνίας Επιβλέποντα: 28210 37428

E-mail - Fax: spapaefthymiou@dpem.tuc.gr

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΚΟΥΜΕΝΟΥ:

Όνοματεπώνυμο ασκουμένου: Ξενοφώντας Κωνσταντόπουλος

Σχολή / Τμήμα: Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης

Εξάμηνο Σπουδών: 16^ο

A.M. Φοιτητή: 2005010084

Αποτιμήστε παρακάτω χρησιμοποιώντας την εξής Βαθμολογική Κλίμακα				
1	2	3	4	5
Απαράδεκτη/ Καθόλου	Μη ικανοποιητική/ Λίγο	Μέτρια/ Μέτρια	Ικανοποιητική/ Πολύ	Πολύ καλή/ Πάρα πολύ

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν αφορούν τις παρακάτω γενικές κατηγορίες και πώς σχετίζονται με θέματα όπως: την απόδοση των μαθητών, την υγεία τους, την υγεία των μαθητών, τη συγκέντρωσή τους κ.α.:

- 1) Θερμική άνεση(ψύξη, θέρμανση)
- 2) Οπτική άνεση (ηλιασμός/προσανατολισμός , φυσικός/τεχνητός φωτισμός)
- 3) Αερισμός (φυσικός/τεχνητός)
- 4) Κτήριο (ασφάλεια , συντήρηση, τεχνικά (διαρροές, συντήρηση κ.λ.π.))

1.ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν έχουν σαν στόχο να θίξουν το πώς επηρεάζουν τους μαθητές οι κλιματολογικές συνθήκες (ψύχος ,ζέστη) στις ατομικές τους επιδόσεις, την συγκέντρωσή τους, την υγεία τους κ.α.

1.1 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

A. Η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα πόσο θεωρείτε ότι επηρεάζει την συγκέντρωσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Β. Η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα πόσο θεωρείτε ότι επηρεάζει τη δυνατότητα κατανόησης γνώσεων ;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Πόσο πιστεύετε ότι η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα επηρεάζει την συγκέντρωσή σας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Πόσο πιστεύετε ότι η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα επηρεάζει την υγεία σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ε. Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος μέσα στην αίθουσα αισθήματα όπως δυσφορία , αδιαφορία , υπνηλία από τους μαθητές ενδεχομένως δυσσομία κ.λ.π. ;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ζ. Γενικότερα πόσο πολύ πιστεύετε ότι επηρεάζει η υπερβολική ζέστη ή ψύχος την υγιεινή των αιθουσών;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Η. Θα θέλατε να προσθέσετε κάτι άλλο;

1.2 ΨΥΞΗ

Α. Είστε ικανοποιημένοι από τον τρόπο που δροσίζεται η αίθουσα;
Πόσο αποτελεσματικά γίνεται αυτό;

Απάντηση

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Β. Κατά τη διάρκεια αερισμού των αιθουσών δροσίζονται οι αίθουσες;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

2.ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

2.1 ΗΛΙΑΣΜΟΣ/ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

(Αναφερόμαστε στο πόσο εύκολα εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στις αίθουσες και το ποσοστό εκμετάλλευσής της σε συνδυασμό με τον σωστό προσανατολισμό).

A. Θεωρείτε ότι οι αίθουσες έχουν τον απαιτούμενο ηλιασμό; (μπαίνει αρκετός ήλιος;)

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

B. Πιστεύετε ότι η ηλιακή ακτινοβολία εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά από την κατασκευή/διάταξη των αιθουσών;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

2.2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ(ΦΥΣΙΚΟΣ/ΤΕΧΝΗΤΟΣ)

(Αναφερόμαστε στην ηλιακή ακτινοβολία και την εκμετάλλευσή της όσον αφορά τον φωτισμό αλλά και τον τεχνητό φωτισμό αλλά και στους λαμπτήρες).

2.2.1ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

A. Όταν είναι υπερβολικός ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες και δημιουργείται αντανάκλαση πως επηρεάζει αυτό την απόδοσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Την συγκέντρωση σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Δημιουργούνται προβλήματα όρασης;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

E. Όταν δεν υπάρχει αρκετός φωτισμός στις αίθουσες και δημιουργείται θάμβωση πως επηρεάζει αυτό την απόδοσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

ΣΤ. Την συγκέντρωσή σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Z. Δημιουργούνται προβλήματα όρασης;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

H. Όταν δεν υπάρχει τεχνητός φωτισμός ο φυσικός επαρκεί; (εφόσον υπάρχει ηλιοφάνεια) π.χ. διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος.

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Θ. Πιστεύετε ότι είναι επαρκής ο φυσικός φωτισμός στις αίθουσες;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

I. Από τα μέσα αντιμετώπισης υπερβολικού φωτισμού (π.χ. σκίαστρα ,στόρια, κουρτίνες κ.λ.π.) πόσο αποτελεσματικά πιστεύετε ότι είναι;

Απάντηση αν υπάρχουν ή όχι :

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Κ. Υπάρχει ομοιόμορφη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας στις αίθουσες και πως θα την χαρακτηρίζατε;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

2.2.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Α. Θωρείτε ότι είναι αρκετός;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Β. Υπάρχει ομοιομορφία;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Όταν αρκεί φυσικός φωτισμός σβήνετε τα φώτα στις αίθουσες;

Απάντηση :

Δ. Στα διαλλείματα σβήνετε τα φώτα;

Απάντηση :

Ε. Οι καθηγητές σας ενθαρρύνουν να κλείνετε τα φώτα όταν δε χρειάζεται;

Απάντηση :

Στ. Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;

3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ(ΤΕΧΝΗΤΟΣ/ΦΥΣΙΚΟΣ)

3.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Β. Με τον τρόπο που γίνεται ο φυσικός αερισμός πιστεύετε ότι είναι αποτελεσματικός;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Γ. Αρκεί κατά τη γνώμη σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Όταν απαιτείται ο φυσικός αερισμός και στο περιβάλλον έχει πολύ ζέστη ή πολύ κρύο, πως αυτό επηρεάζει την απόδοσή σας ,συγκέντρωση σας;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Στ. Πόσο πιστεύετε ότι σχετίζεται η υγεία σας με τον σωστό αερισμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ζ. Πόσο πιστεύετε ότι σχετίζονται το αίσθημα δυσφορίας ,δυσσοσμίας με τον σωστό αερισμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Η. Θα θέλατε να συμπληρώσετε κάτι άλλο;

3.1.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Α. Υπάρχει επάρκεια;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Β. Λειτουργεί αυτόνομα ή μαζί με τον τεχνητό φωτισμό;

Απάντηση :

Γ. Όταν λειτουργεί παρατηρείτε μεγάλες αλλαγές θερμοκρασίας στην αίθουσα;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Δ. Γενικότερα πόσο πιστεύετε ότι σχετίζεται η μετάδοση μικροβίων και ασθενειών με τον σωστό αερισμό;

1.	2.	3.	4.	5.
----	----	----	----	----

Ε. Γενικά πιστεύετε ότι αερίζονται σωστά οι αίθουσες;

4. ΚΤΗΡΙΟ

Α. Σχολιάστε θέματα ασφάλειας (χαρακτηριστικά κτηρίου – περιβάλλοντος χώρου, πυρασφάλεια, σχέδια εκκένωσης κτηρίου, αντισεισμικός σχεδιασμός, κλπ)

Β. Σχολιάστε θέματα φθορών – αναγκαίων επισκευών – διαδικασιών χρήσης, κλπ

Γ. Άλλα σχόλια - προτάσεις.

9.3.Τεχνικό ερωτηματολόγιο

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ / ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ:

Όνοματεπώνυμο:	Σπυρίδων Παπαευθυμίου
Σχολή / Τμήμα:	Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης
Ιδιότητα/Θέση στο Ίδρυμα:	Επίκουρος Καθηγητής
Τηλέφωνο επικοινωνίας Επιβλέποντα:	28210 37428
E-mail - Fax:	spapaefthymiou@dpem.tuc.gr

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΚΟΥΜΕΝΟΥ:

Όνοματεπώνυμο ασκουμένου: .	Ξενοφώντας Κωνσταντόπουλος
Σχολή /Τμήμα:	Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης
Εξάμηνο Σπουδών:	16 ^ο
A.M. Φοιτητή:	2005010084

(Στόχος του ερωτηματολογίου είναι μια ποιοτική προσέγγιση στα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός σχολικού κτιρίου)

1.ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

1.1.1 ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ :

Τύπος
απόδοση
Ισχύς
Είδος καυσίμου
Μοντέλο καυστήρα
κυκλοφορητής
1)μοντέλο
2)τεχνικά χαρακτηριστικά
T(C) λειτουργίας boiler
Τεχνολογικά χαρακτηριστικά
Θερμοκρασία θερμοστάτη
Άλλο
Άλλο
Άλλο
Άλλο

1.1.2 ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΕΣ

Υπάρχουν ;

Αν υπάρχουν, τι είδος

αριθμός/αίθουσα

αριθμός/όροφο

Υπάρχουν στα γραφεία καθηγητών;

αριθμός ορόφων

Υπάρχει set point έναρξης;

Αν ναι, ποιο;

Αλλάζει ανά εποχή;

Άλλο σενάριο χρήσης;

Σύνολο θερμοστατών

1.1.3 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

τύπος

btu

Αριθμός/αίθουσα

Αριθμός/όροφο

Μέρος τοποθέτησης

Σενάριο χρήσης

Τμηματική;

Άνοιγμα-κλείσιμο;

Άλλο;

Ανά εποχή;

1.1.4 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Εξωτερικές

Εσωτερικές

ύπαρξη μόνωσης;

1.1.5 ΥΠΑΡΞΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ/ΜΕ ΠΟΙΟ ΜΕΣΟ

Απάντηση :

1.1.6 ΣΕΝΑΡΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΤΑ Σ/Κ ΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Απάντηση :

1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

1.2.1 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τοιχοποιία και μέρη αυτής (πλευρές)
+χρώμα

προσανατολισμός

Τύπος σχολείου

όροφοι

Υλικό κατασκευής οροφής

Υπαρξη μόνωσης;

Εξωτερική;

Εσωτερική;

Μόνο τοίχοι;

Σε ποιες πλευρές;

Οροφής; (ποια σημεία)

Οροφής+τοίχου;

Εξωτερική;

Εσωτερική;

1.2.2 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ (εξωτερικά)

πόρτες

Αριθμός

Υλικό κατασκευής πλαισίου

Υλικό κατασκευής υαλοπινάκων

Τύπος (π.χ. 2πλά τζάμια)

παράθυρα

Υλικό κατασκευής πλαισίου

Υλικό κατασκευής υαλοπινάκων

Αριθμός/αίθουσα

Αριθμός/όροφο

Αριθμός βορρά

Αριθμός νότο

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ (εσωτερικά)

πόρτες

Αριθμός

Υλικό κατασκευής πλαισίου

Υλικό κατασκευής υαλοπινάκων

Τύπος (π.χ. 2πλά τζάμια)

παράθυρα

Υλικό κατασκευής πλαισίου

Υλικό κατασκευής υαλοπινάκων

Αριθμός/αίθουσα

Αριθμός/όροφο

1.3.1 ΨΥΞΗ

είδος

ισχύς

watt

απόδοση

Αριθμός/αίθουσα

Αριθμός/όροφο

σύνολο

Υπάρχουν θερμοστάτες;

Αν υπάρχουν, τι είδος

αριθμός/αίθουσα

αριθμός/όροφο

Υπάρχουν στα γραφεία καθηγητών;

αριθμός ορόφων

Υπάρχει set point έναρξης;

Αν ναι, ποιο;

Αλλάζει ανά εποχή;

Άλλο σενάριο χρήσης;

Άλλο

2 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

2.1. %ΗΛΙΑΣΜΟΥ ΑΙΘΟΥΣΩΝ (ΕΚΤΙΜΗΣΗ)

2.1.1 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Τύπος λαμπτήρων

Αριθμός/τύπο

Αριθμός/αίθουσα + γραφεία

Σwatt

Αριθμός/όροφο

Σwatt

Τρόπος λειτουργίας (π.χ. σε ζώνες)

Σενάρια χρήσης

Κλείνουν τα διαλλείματα;

Όταν υπάρχει φυσικός φωτισμός ανάβουν τα φώτα;

Σ/Κ ;

Άλλο

Υπάρχει θάμβωση;

2.1.2 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Είδος

Υπάρχει θάμβωση;(% εκτίμηση)

Υπάρχει αντανάκλαση;(% εκτίμηση)

3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ

3.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ (κυρίως χειμερινή περίοδος)

Τρόπος

Σενάριο χρήσης

Διαλλείματα;

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος;

Σ/Κ ;

Άλλο

3.1.1 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

είδος

Ισχύς

Watt

Μέρος τοποθέτησης

Αυτόνομη λειτουργία;

Σενάριο χρήσης

Άλλο

4. ΚΤΗΡΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Διαρροές-φθορές

Συντήρηση

Συχνότητα συντήρησης

Σε ποιους τομείς;

5. ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΙ-ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ(ΣΕ ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΕΥΡΩ) σε βάθος 3ετίας ++

Δ.Ε.Η

Ε.Υ.Δ.Α.Π

Πετρέλαιο

Λοιποί λογαριασμοί

6. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Αυλόγυρος

Περιβάλλον χώρος

7. ΧΡΗΣΗ Α.Π.Ε