

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Μ.Κ.Καταφυγιώτου¹, Δ.Κ. Σεργίδη²

^{1,2} Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου/
Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος
Αρχιεπισκόπου Κυπριανού 31, Τ.Κ.3036, Λεμεσός, Κύπρος
Ηλεκτρονική. Διεύθυνση: martha.katafygiotou@cut.ac.cy
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: despina.serghides@cut.ac.cy

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Ενεργειακή και περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται αποτελέσματα που προέκυψαν στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος MED-TEENERGY-Ενεργειακή Απόδοση Σχολείων στην περιοχή της Μεσογείου. Η έκθεση επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της ποιότητας της δόμησης και τις πρακτικές που ακολουθούνται στον κατασκευαστικό τομέα στις ορεινές περιοχές της Κύπρου.

Γίνεται καταγραφή της ενεργειακής απόδοσης τριών σχολικών κτιρίων και επιθεωρούνται οι κρίσιμες πτυχές που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση. Με προσομοιώσεις με τη χρήση του λογισμικού iSBEMcy επιτυγχάνεται η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των κτιρίων. Το λογισμικό αυτό είναι το επίσημο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην Κύπρο για την κατηγοριοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ και έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια συμμόρφωσης με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EK.

Οι κύριοι τομείς των κτιρίων που μελετούνται είναι:

1. Γενικές πληροφορίες (τοποθεσία, κλιματικά δεδομένα κ.τ.λ.)
2. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες (σχεδιασμός κτιρίων, κέλυφος, ανοίγματα κελύφους κ.α.)
3. Συστήματα κλιματισμού (τύπος, καθημερινή λειτουργία, κατάσταση των συστημάτων)
4. Φωτισμός (τύπος, ισχύς)
5. Σύστημα ζεστού νερού χρήσης (τύπος, καθημερινή λειτουργία)
6. Άλλος εξοπλισμός (είδος, αριθμός τεμαχίων, δύναμη)
7. Πληροφορίες σχετικά με την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρικό ρεύμα και πετρέλαιο θέρμανσης)
8. Προσομοιώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και κατηγοριοποίηση

Τα συμπεράσματα που εξάγονται θα αποτελέσουν τη βάση για μελλοντική έρευνα ανάπτυξης στρατηγικών και τεχνικών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανακαίνιση των σχολικών κτιρίων, με υψηλές προδιαγραφές, που θα τα καθιστά ενεργειακά αποδοτικά και ταυτόχρονα θα παρέχουν συνθήκες εσωτερικής άνεσης.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση στις μέρες μας προκαλεί σοβαρά προβλήματα ανά τον κόσμο. Τα κτίρια ευθύνονται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον πλανήτη[1]. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των νέων αλλά και των υφιστάμενων κτιρίων όπως σχολεία, νοσοκομεία, γραφεία κ.α. Η

ενεργειακή απόδοση είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα κυρίως για τα σχολικά κτίρια. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι η ενεργειακή κατανάλωση ενός σχολείου είναι ουσιαστικά ο κυριότερος παράγοντας των εξόδων του. Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα σχολικό κτίριο συνεπάγεται άμεσα και μείωση του ετήσιου κόστους του. Επίσης η εσωτερική άνεση, η ποιότητα αέρα καθώς και η ενεργειακή απόδοση είναι οι τρεις τομείς που επηρεάζουν άμεσα το σχολικό περιβάλλον [2, 3].

Στην Κύπρο η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EK είναι η κύρια νομοθετική αναφορά για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [4] και βάση αυτής έχει θεσπιστεί και το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο στην Κύπρο [5]. Η οδηγία έχει σαν κύριο στόχο της την προώθηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Υποχρεωτική είναι πλέον μέσω της οδηγίας και η ενεργειακή πιστοποίηση και κατηγοριοποίηση όλων των νέων κτιρίων αλλά και των υφιστάμενων τα οποία πωλούνται, ενοικιάζονται ή μεταβιβάζονται.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην Κύπρο για ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων βασίζεται στα Ευρωπαϊκά πρότυπα. [6,7,8,9,10] σύμφωνα πάντα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό πιστοποίησης [11,12,13,14]. Για την κατηγοριοποίηση και την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης ΠΕΑ στην Κύπρο χρησιμοποιείται το λογισμικό iSBEMcy [15]. Αυτό είναι το επίσημο κρατικό λογισμικό το οποίο δημιουργήθηκε και χρησιμοποιείται για συμμόρφωση προς την οδηγία 2002/91/EK και προσδιορισμό ενεργειακής απόδοσης αλλά και εκπομπών CO₂ για κάθε οικοδομή.

Η ενεργειακή απόδοση του κάθε κτιρίου καθορίζεται ως το συνολικό ποσό ενέργειας που χρειάζεται μια οικοδομή για θέρμανση-ψύξη, αερισμό, παραγωγή ζεστού νερού και φωτισμό. Ο ενεργειακός έλεγχος των κτιρίων αποτελεί πια επιτακτική ανάγκη. Ήδη αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αρκετά στοιχεία δεκαετιών για την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού τους αποθέματος και διενεργούν συγκριτικές μελέτες για βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης [16,17,18]. Στην Κύπρο όπως και σε κάποιες άλλες χώρες δεν υπάρχει καμία καταγραφή για τις καταναλώσεις και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων κατά τα προηγούμενα έτη. Η έλλειψη στοιχείων αποτελεί πολλές φορές τροχοπέδη στις όποιες ενέργειες και έρευνες προσπαθούν να υλοποιηθούν. Η καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης και απόδοσης θα δημιουργήσει μια βάση δεδομένων η οποία θα φανεί πολύ βοηθητική σε μεταγενέστερες έρευνες.

Αυτή η έρευνα, μελετά δεδομένα και αποτελέσματα τα οποία προέρχονται από τον ενεργειακό έλεγχο σχολικών κτιρίων που προέκυψε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Med-Programme *TEENERGY*- Ενεργειακή Απόδοση Σχολείων στην περιοχή της Μεσογείου. Επικεντρώνεται στην ορεινή κλιματική περιοχή της Κύπρου και παρουσιάζει αποτελέσματα από τον ενεργειακό έλεγχο τριών σχολείων.

Το Med-Programme *TEENERGY* στοχεύει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των σχολείων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τα οποία βρίσκονται σε τρεις κλιματικές ζώνες της περιοχής της Μεσογείου (παράλια, ορεινή και πεδινή-ενδοχώρα) [19].

2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ

Τα τρία επιλεγμένα σχολεία βρίσκονται στις ορεινές περιοχές της επαρχίας Λεμεσού και Λάρνακας. Είναι τα Γυμνάσια Ομόδους, Λευκάρων και Αγρού. Γενικές πληροφορίες αναφορικά με τις ταυτότητες τους, την τοπογραφία τους και το έτος κατασκευής τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής που εδράζεται το κάθε σχολείο αντίστοιχα Πίνακας 2 [20].

Πίνακας 1: Γενικές πληροφορίες σχολικών κτιρίων

Σχολικό Κτίριο	Πόλη/ Επαρχία	Έτος κατασκευής
Γυμνάσιο Ομόδους	Λεμεσός	1960
Γυμνάσιο Λευκάρων	Λάρνακα	1922 (κύριο κτίριο), 1990, 1996, 1999,

		2005, 2007
Απεήτειο Γυμνάσιο Αγρού	Λεμεσός	1949, 1963, 1977

Πίνακας 2: Κλιματική Τοπολογία

	Γυμνάσιο Ομόδους	Γυμνάσιο Λευκάρων	Απεήτειο Γυμνάσιο Αγρού
Υψόμετρο	835m	570m	995m
Γεωγραφικό Πλάτος	34°51'	34°52'	34°55'
Γεωγραφικό Μήκος	32°48'	32°18'	33°01'
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	35.4 °C (Ιούλιος)	39.0 °C (Ιούλιος)	35.4 °C (Ιούλιος)
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	-1.8 °C (Φεβρουάριος)	-1.8°C (Φεβρουάριος)	-1.8°C (Φεβρουάριος)
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	51%	51%	51%
Ημέρες Ψύξης ¹ (20°C)	563	688	563
Ημέρες Θέρμανσης ² (20°C)	2002	1748	2002

1. Ημέρες Ψύξης- Θερμοκρασιακή Βάση 20°C

2. Ημέρες Θέρμανσης – Θερμοκρασιακή Βάση 20°C

Οι γενικές πληροφορίες είναι απαραίτητες για την μελέτη της λειτουργίας και της ενεργειακής απόδοσης του κάθε σχολείου. Το έτος κατασκευής υποδεικνύει τις κατασκευαστικές πρακτικές που ακολουθούνταν στην οικοδομική βιομηχανία τη συγκεκριμένη εποχή. Οι κλιματικές παράμετροι επηρεάζουν άμεσα το σχεδιασμό ενός κτιρίου. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες και τα επίπεδα υγρασίας καθορίζουν τη ψύξη, τη θέρμανση και τον αερισμό που χρειάζεται το κάθε κτίριο. Οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα στις ορεινές περιοχές της Κύπρου καθορίζουν τις τεχνικές και τις στρατηγικές που πρέπει να ακολουθηθούν για να επιτευχθεί θερμική άνεση. Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά είναι επίσης απαραίτητα σε περίπτωση ανακαίνισης ή αναβάθμισης ενός κτιρίου.

Τα τρία επιλεγμένα σχολεία απαρτίζονται κυρίως από παλαιά κτίρια. Το Γυμνάσιο Λευκάρων και το Γυμνάσιο Αγρού αποτελούνται από παλαιότερα κτίρια αλλά και από νέες προσθήκες.

Οι πληροφορίες σχετικά με την περίοδο λειτουργίας του κάθε κτιρίου, τον αριθμό μαθητών και προσωπικού, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τον εξοπλισμό καθώς και την κατανάλωση ενέργειας του κάθε σχολείου, έχουν παρθεί από τις Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, τις Σχολικές Εφορίες και τις Σχολικές Αρχές [21].

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο παρόν κεφάλαιο καταγράφονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κάθε σχολείου .

3.1 Γυμνάσιο Ομόδους

Το Γυμνάσιο Ομόδους βρίσκεται στην ορεινή περιοχή της επαρχίας Λεμεσού. Αποτελείται από 2 ορόφους Α: Ισόγειο και Β: Πρώτος όροφος. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου ανέρχεται στα 2.503,26 m². Η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια στα 2.482,10 m² και η συνολική επιφάνεια η οποία υψύχεται στα 128m².

Ο αριθμός των εργαζομένων στο Γυμνάσιο Ομόδους ανέρχεται στα 38 άτομα και ο αριθμός των μαθητών στους 134. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Το

μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων εκτίθεται Νοτιοανατολικά και Βορειοδυτικά.. Στον Πίνακα 3 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της οικοδομής και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο [22].

Πίνακας 3: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους -Γυμνασίου Ομόδους

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλα	OXI	1.39	U≤0.85
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	U≤0.75
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	2.016	U≤0.75
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	7.0	U≤3.8

3.2 Γυμνάσιο Λευκάρων

Το Γυμνάσιο Λευκάρων βρίσκεται στην ορεινή περιοχή της επαρχίας Λάρνακας. Αποτελείται από 3 ορόφους: Α: Υπόγειο, Β: Ισόγειο και Γ: 1^{ος} όροφος. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου ανέρχεται στα 2284.17m². Η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια στα 2081.71m² και η συνολική επιφάνεια η οποία ψύχεται στα 175m².

Ο αριθμός των εργαζομένων στο Γυμνάσιο Λευκάρων ανέρχεται στα 73 άτομα και ο αριθμός των μαθητών στα 369. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και δύο τύπους οροφής. Ο ένας τύπος τοιχοποιίας αποτελείται από παραδοσιακή πέτρα. Υπάρχει επίσης μια κεκλιμένη οροφή στο κυρίως κτίριο που αποτελείται από κεραμίδια και μια επίπεδη οροφή στο νέο κτίριο το οποίο προστέθηκε μεταγενέστερα στο σχολικό συγκρότημα. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Λευκάρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων εκτίθεται Νοτιοδυτικά.

Πίνακας 4: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Λευκάρων

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	OXI	1.39	U≤0.85
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Πέτρα	OXI	0.93	U≤0.85
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	U≤0.75
Οροφή 1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.016	U≤0.75
Οροφή 2	Κεραμίδια, Οπλισμένο	OXI	1.265	U≤0.75

	Σκυρόδεμα (Κεκλιμένη οροφή)			
Παράθυρα- Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	7.0	$U \leq 3.8$

3.3 Γυμνάσιο Αγρού

Το Γυμνάσιο Αγρού βρίσκεται στη ορεινή περιοχή της επαρχίας Λεμεσού. Αποτελείται από τρεις ορόφους: Α: Ισόγειο, Β: 1^{ος} όροφος και Γ: 2^{ος} όροφος. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου ανέρχεται στα 3480m². Η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια στα 2481.14m². και η συνολική επιφάνεια η οποία ψύχεται στα 130m².

Ο αριθμός των εργαζομένων ανέρχεται στα 78 άτομα και ο αριθμός των μαθητών στα 348. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και δύο τύπους οροφής. Το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων εκτίθεται Νοτιοδυτικά. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Αγρού παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Λευκάρων

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	OXI	1.39	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Πέτρα	OXI	1.21	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	$U \leq 0.75$
Οροφή 1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.016	$U \leq 0.75$
Οροφή 2	Κεραμίδια, Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Κεκλιμένη οροφή)	OXI	1.265	$U \leq 0.75$
Παράθυρα- Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	7.0	$U \leq 3.8$

Διαβάζοντας τους πίνακες 3,4 και 5 και συγκρίνοντας και με άλλες μελέτες [19] διαφαίνονται κάποια χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων. Οι πέτρινες κατασκευές παρουσιάζουν σχετικά καλές θερμικές ιδιότητες ($U\text{-Value}=0,93$ και $1,21$), καλύτερες από το τούβλο ($U\text{-Value}=1,39$) και το σκυρόδεμα ($U\text{-Value}= 4,0$). Παρόλα αυτά δεν είναι τόσο καλές ώστε να χαρακτηριστούν ως θερμομονωτικά υλικά. Επίσης παρόλο που το σκυρόδεμα δεν παρουσιάζει καλές θερμικές ιδιότητες διαθέτει υψηλή θερμοχωρητικότητα (θερμική μάζα), πράγμα το οποίο είναι πολύ σημαντικό για τις θερμικές συνθήκες της Κύπρου όπου παρουσιάζει αυξημένες θερμοκρασιακές μεταβολές μεταξύ ημέρας και νύχτας [22,24].

4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Το σύστημα θέρμανσης και στα τρία σχολεία αποτελείται από κεντρική θέρμανση με σώματα θέρμανσης –καλοριφέρ-. Αναλυτική περιγραφή του συστήματος θέρμανσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 6. Το κόστος του πετρελαίου θέρμανσης δεν είναι σταθερό γιατί εξαρτάται από την τιμή του πετρελαίου την ημέρα αγοράς του. Στις μετρήσεις αυτής της έρευνας υπολογίστηκε περίπου στα €0,61 το λίτρο. Το σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή του απόδοση κυρίως στις ορεινές περιοχές και αποτελεί τον κύριο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης και του ετήσιου κόστους λειτουργίας ενός κτιρίου. Στα τρία προεπιλεγμένα σχολεία το σύστημα διανομής της θέρμανσης είναι θερμομονωμένο και βρίσκεται σε μέτρια έως καλή κατάσταση. Η θερμοκρασία δωματίου κατά τους χειμερινούς μήνες διατηρείται σταθερή και στα τρία σχολεία στους 24°C. Η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης και η μετατροπή της σε πρωτογενή μορφή ενέργειας φαίνεται στον Πίνακα 7 [24].

Πίνακας 6: Περιγραφή συστήματος θέρμανσης

Σχολικό Κτίριο	Είδος	Σύστημα	Λέβητας (Ισχύς kW)	Εμβαδόν θέρμανσης [m ²]	Ημερήσια Λειτουργία	Ετήσια Λειτουργία	Τρόπος Λειτουργίας
Γυμνάσιο Ομόδους	Πετρέλαιο θέρμανσης	Κεντρική Θέρμανση	1 θερμομονωμένος 436	2482,10	7:30- 13:30	Νοέ-Απρ	Ένας θερμοστάτης
Γυμνάσιο Λευκάρων	Πετρέλαιο θέρμανσης	Κεντρική Θέρμανση	3 θερμομονωμένοι 100,188,400	2081.71	7:30–13:30	Νοέ-Απρ	Ένας θερμοστάτης
Γυμνάσιο Αγρού	Πετρέλαιο θέρμανσης	Κεντρική Θέρμανση	1 θερμομονωμένος 700	2481.14	7:30-13:30	Νοέ-Απρ	Ένας θερμοστάτης

Πίνακας 7: Περιγραφή κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης κατά το έτος 2009

Σχολικό Κτίριο	Κατανάλωση Πετρελαίου [lt]	Κόστος	Μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια [*1,1→kWh/kWh]	Μετατροπή σε εκπομπές CO ₂ [*0,266→kgCO ₂ /kWh]
Γυμνάσιο Ομόδους	19487	€8337.8	21435.7	5183.42
Γυμνάσιο Λευκάρων	24727	€12710.80	27199.7	6577.38
Γυμνάσιο Αγρού	21185	€12797.65	23303,5	5635.21

5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Στην Κύπρο τα περισσότερα δημόσια σχολεία δεν χρησιμοποιούν σύστημα ψύξης παρά μόνο για την ψύξη ορισμένων γραφείων. Η θερμοκρασία δωματίου στους ψυχόμενους χώρους διατηρείται σταθερή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με θερμοκρασία 24 ° C. Στις ορεινές περιοχές της Κύπρου δεν χρειάζεται οποιοδήποτε σύστημα για ψύξη παρά μόνο ίσως τον Ιούλιο που τα σχολεία είναι κλειστά όπου παρατηρούνται υψηλότερες θερμοκρασίες.

Πίνακας 8: Περιγραφή συστήματος ψύξης

Σχολικό Κτίριο	Είδος	Μονάδες	Εμβαδόν Ψύξης [m ²]	Ημερήσια Λειτουργία	Ετήσια Λειτουργία
Γυμνάσιο Ομόδους	Μονάδες διαιρεμένου	4	128	7:30-13:30	1 μήνας/ έτος

	τύπου				
Γυμνάσιο Λευκάρων	Μονάδες διατεμένου τύπου	10	175	7:30-13:30	1 μήνας/ έτος
Γυμνάσιο Αγρού	Μονάδες διατεμένου τύπου	6	130	7:30-13:30	1 μήνας/ έτος

6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Όλες οι αίθουσες των σχολείων φωτίζονται με τεχνητό φωτισμό. Χρησιμοποιούνται φλορέντζες για φωτισμό σχεδόν σε ολόκληρο το σχολικό κτίριο εκτός από τους διαδρόμους στους οποίους χρησιμοποιούνται απλοί λαμπτήρες πυράκτωσης. Ο φωτισμός συνήθως λειτουργεί έξι ώρες ημερησίως παρόλο που τις περισσότερες φορές δεν είναι απαραίτητος. Συνήθως στα σχολεία τοποθετείται μια φλορέντζα ανά 4 έως 10 τετραγωνικά μέτρα, ισχύος 60 ή 75 watts.

7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στα τρία σχολεία που μελετούνται υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα καύσης πετρελαίου για θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης. Οι λέβητες που χρησιμοποιούνται στα Λεύκαρα και το Όμοδος είναι χωρητικότητας 300lt και στον Αγρό 200 lt. Η ημερήσια λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ζεστού νερού είναι περίπου 4 ώρες και χρησιμοποιούν ζεστό νερό περίπου 100 άτομα τη μέρα.

8 ΑΛΛΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

8.1. Περιγραφή εξοπλισμού

Όλες οι συσκευές οι οποίες καταναλώνουν ποσά ενέργειας μεγαλύτερα των 2 kW ή χρησιμοποιούνται περισσότερο από 2 ώρες ημερησίως καταγράφονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού

Σχολείο		Η/Υ	Οθόνες	Εκτυπωτές	Σαρωτές	Φωτοτυπικές μηχανές	Μηχανές για σνακ	Ανελκυστήρες
Γυμνάσιο Όμοδος	Μονάδες	20	20	5	2	1	1	-
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	2 ώρες	-	3 ώρες	4 ώρες	-
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	-
Γυμνάσιο Λευκάρων	Μονάδες	41	41	3	2	1	1	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	1 ώρα	1 ώρα	3 ώρες	3 ώρες	2 ώρες
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν
Γυμνάσιο Αγρού	Μονάδες	37	37	3	2	1	1	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	3 ώρες	1 ώρα	3 ώρες	4 ώρες	2 ώρες

	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν
--	-------------------	----------	----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------

8.2 Ηλεκτρική κατανάλωση

Η ηλεκτρική κατανάλωση οφείλεται κυρίως στη ψύξη, το φωτισμό και τις καταναλώσεις των διαφόρων συσκευών όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κ.α. Στη παρούσα μελέτη Πίνακας 10 γίνεται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία καταναλώθηκε στα σχολεία κατά το έτος 2009 σε πρωτογενή ενέργεια και εκπομπές CO₂ [24]. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί στη συνέχεια να επιτευχθεί μια σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων της υπολογιστικής μεθόδου υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και των πραγματικών καταναλώσεων.

Πίνακας 10: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Σχολικό Κτίριο	Ηλεκτρισμός [kWh]	Κόστος [Ευρώ]	Μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια [*2,7→kWh/kWh]	Μετατροπή σε εκπομπές CO ₂ [*0,794→kgCO ₂ /kWh]
Γυμνάσιο Ομόδους	62541	€12465,02	168860,7	49657,55
Γυμνάσιο Λευκάρων	70320	€13413,36	189864	55834,08
Γυμνάσιο Αγρού	61741	€11785,84	166700,7	49022,35

9 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Για την προσομοίωση της ενεργειακής κλάσης των κτιρίων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό iSBEMCY. Το προαναφερθέν λογισμικό είναι το επίσημο αναγνωρισμένο εργαλείο στην Κύπρο για κατηγοριοποίηση και έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής κατάταξης κτιρίων. Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση ISBEM-CY_3.3.d_Patched_04. Το εν λόγω λογισμικό πρόγραμμα συνεχώς αναβαθμίζεται από την Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή προσομοίωση των κτιρίων.

Οι υπολογισμοί και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για εξαγωγή αποτελεσμάτων αφορούν ένα τυπικό μέρος των σχολικών κτιρίων.



Διάγραμμα 1: Γυμνάσιο Ομόδους

Διάγραμμα 2: Γυμνάσιο Λευκάρων

Διάγραμμα 3: Γυμνάσιο Αγρού

Τα τρία σχολεία καταναλώνουν μεταξύ 580 και 760 kWh/m²/year και εκπέμπουν 160 έως 220 kgCO₂/m²/year. Συγκεκριμένα το Γυμνάσιο Ομόδους βρίσκεται στην χαμηλότερη κατάταξη, κατηγορία G, με ενεργειακή κατανάλωση 754 kWh/m²/year και εκπέμπει 216,56kgCO₂/m²/year. Το Γυμνάσιο Λευκάρων φαίνεται να καταναλώνει 589 kWh/m²/year και να εκπέμπει 166,96

kgCO₂/m²year. Το Γυμνάσιο Αγρού καταναλώνει 655 kWh/m²/year και εκπέμπει 172,81 kgCO₂/m²year.

Η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των τριών επιλεγμένων σχολείων παρουσιάζεται μέσα από τα διαγράμματα 1,2 και 3. Τα πόσα ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζονται είναι αρκετά μεγάλα και αυτό μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες που θα αναλυθούν στη συνέχεια.

Η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου επηρεάζεται και καθορίζεται από συγκεκριμένους παράγοντες. Τις κλιματικές συνθήκες περιοχής, τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά (ανοίγματα, σκίαση, θερμική μάζα, φυσικός φωτισμός και αερισμός κ.α), τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων, την απόδοση συστημάτων κλιματισμού, το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού και τους λαμπτήρες φωτισμού. Όλα τα πιο πάνω σε συνάρτηση πάντα με τη χρήση του κτιρίου δηλαδή τις συνήθειες των εκάστοτε χρηστών. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν πάντα την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου ανεξάρτητα με το ποια μέθοδος ακολουθείται για να γίνει η πιστοποίηση του κτιρίου.

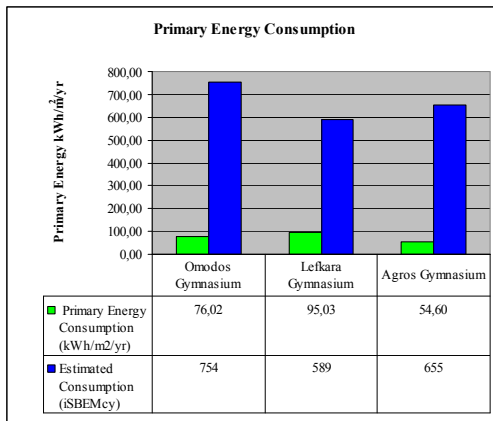
Οι υπολογισμοί μέσω του λογισμικού προγράμματος SBEMcy βασίζονται στη αρχιτεκτονική μελέτη του κτιρίου (Asset rating) και ακολουθούν μια σειρά παραδοχών όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Αυτές οι παραδοχές της υπολογιστικής μεθόδου πολλές φορές απέχουν κατά πολύ από την πραγματική κατανάλωση σε κάθε κτίριο γιατί διαφέρουν από τις πραγματικές συνήθειες του χρήστη.

Αν αναλυθεί η ενεργειακή απόδοση των σχολείων βάση των πραγματικών καταναλώσεων (Operational rating) τότε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν ίσως είναι τελείως διαφορετικά. Μια πρώτη ματιά στα διαγράμματα 4 και 5 δείχνει τις μεγάλες αποκλίσεις που υπάρχουν μεταξύ των δύο μεθόδων. Ποσοστό της απόκλισης ίσως προκύπτει σε κάποιο σφάλμα, κυρίως γιατί οι καταναλώσεις που συλλέχθηκαν για το κάθε κτίριο αφορούν μόνο ένα ολοκληρωμένο έτος, το οποίο ίσως είχε ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες. Γενικά όμως οι δύο μέθοδοι δείχνουν να μην συγκλίνουν.

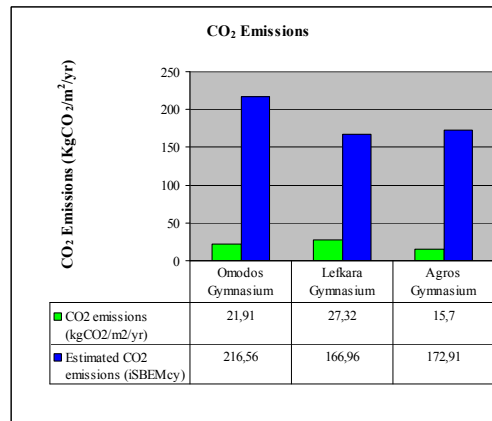
Επίσης αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρόλο που τα υπό εξέταση σχολεία βρίσκονται στα ορεινά καταναλώνουν περισσότερη πρωτογενή ενέργεια για ψύξη, φωτισμό, μηχανήματα (δηλαδή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος) παρά για θέρμανση (πετρέλαιο). Στα διαγράμματα 6,7 παρουσιάζεται η σύγκριση.

Table 11: Assumptions parameters of iSBEMcy software

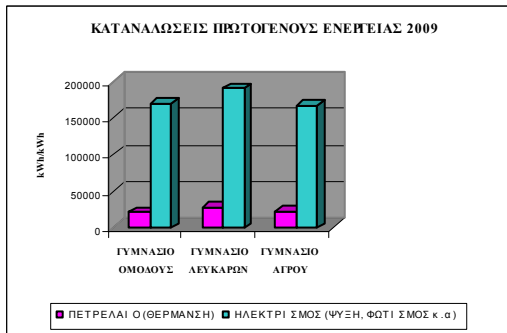
FULL_NAME	OCCUPANCY_DENSITY Y_DENS per/m2	METABOLIC_RATE METABOLIC RATE W/per	COOL_SET_POINT COOL_SET POINT °C	HEAT_SET_POINT HEAT_SET POINT °C	SET_BACK_TEMP SET_BACK TEMP °C	OA_FLOW_PERSON OA_FLOW PERSON l/s/per	LIGHTING_LUX LIGHTING LUX	EQUIPMENT_W/m2 EQUIPMENT _W/m2	DHW_l/m2 DHW l/m2
Domestic Lounge	0.02	110	25	21	12	10	150	5	0.53
Domestic Kitchen	0.02	160	23	18	12	12	300	40	0.53
Domestic Dining room	0.02	110	25	18	12	10	150	5	0.53
Domestic Bathroom	0.02	120	27	18	12	12	150	2	0.53
Domestic Bedroom	0.02	90	25	18	12	10	100	5	0.53



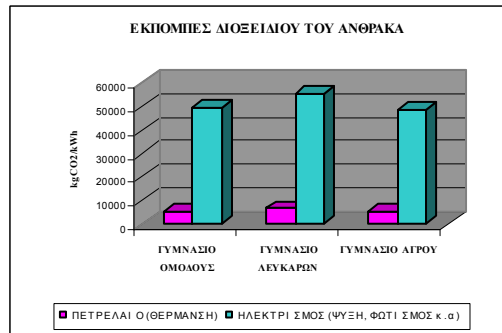
Διάγραμμα 4: Σύγκριση πραγματικής κατανάλωσης με τα αποτελέσματα του λογισμικού προγράμματος



Διάγραμμα 5: Σύγκριση πραγματικών εκπομπών CO₂ με τα αποτελέσματα του λογισμικού προγράμματος



Διάγραμμα 6: Σύγκριση ενεργειακών καταναλώσεων πετρελαίου και ηλεκτρισμού



Διάγραμμα 7: Σύγκριση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από το πετρέλαιο θέρμανσης και τον ηλεκτρισμό

10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ποιότητα δόμησης των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο τα οποία ως επί το πλείστον έχουν κτιστεί αρκετές δεκαετίες πριν χριζει αναβάθμισης. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και ο σχεδιασμός των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο είναι παρόμοιος σε κοινές κλιματικές περιοχές. Τα περισσότερα σχολικά συγκροτήματα στις ορεινές περιοχές της Κύπρου εκτός από το ότι είναι παλαιά, δεν παρουσιάζουν θερμομόνωση στο κέλυφος του κτιρίου, ούτε καν στην οροφή. Στις ορεινές περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα λόγω ιδιαίτερα χαμηλών θερμοκρασιών, είναι απαραίτητη η μείωση των θερμικών απωλειών με τη χρήση της θερμομόνωσης του κελύφους. Τα σχολεία χρειάζονται αναβαθμίσεις για να επιτύχουν καλύτερες θερμικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ένα συμπέρασμα που εξάγεται ακόμη είναι ότι παρόλο που συγκριτικά με άλλες κλιματικές περιοχές τα ορεινά καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά πετρελαίου θέρμανσης λόγω χαμηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εντούτοις η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για ψύξη, φωτισμό και διάφορες άλλες καταναλώσεις μέσω ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για θέρμανση

Επίσης ένα ακόμη συμπέρασμα που εξάγεται μέσα από την παρούσα μελέτη είναι το ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την προσομοίωση του

κτιρίου στο λογισμικό πρόγραμμα, υπολογιστική μέθοδος, και τις μέτρησης των πραγματικών καταναλώσεων. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων (asset Vs operational rating) αποκλίνουν σημαντικά (η υπολογιστική προσέγγιση «υπερεκτιμά» την κατανάλωση).

Αυτό δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν είναι αξιόπιστη. Ο υπολογισμός βάσει αρχιτεκτονικής μελέτης που χρησιμοποιεί το λογισμικό και έχει υιοθετηθεί στην Κύπρο συγκρίνει την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου με ένα πρότυπο κτίριο αναφοράς το οποίο έχει τις ίδιες διαστάσεις αλλά διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας υλικών. Με αυτό τον τρόπο γίνεται αντιληπτή και η στρατηγική που πρέπει να εφαρμοστεί για επίτευξη καλύτερης κατηγορίας και συνεπώς αποδοτικότερης ενεργειακής συμπεριφοράς. Μειώνοντας τα θερμικά φορτία και χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου παρουσιάζει βελτίωση.

Ο υπολογισμός βάσει των πραγματικών καταναλώσεων υπολογίζει τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση για την κάθε κατηγορία κατανάλωσης, μετατρέπει τις καταναλώσεις σε πρωτογενή ενέργεια με τη βοήθεια των συντελεστών [23], αφαιρείται από το συνολικό ποσόν η συνεισφορά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m².

Το ερώτημα που προκύπτει από αυτή τη μέθοδο είναι αν ο υπολογισμός ανά τετραγωνικό μέτρο κτιρίου πρέπει να αφορά μόνο τον κλιματιζόμενο χώρο του κτιρίου ή το συνολικό εμβαδόν. Στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκε βάση του συνολικού εμβαδού των κτιρίων.

Η ενεργειακή απόδοση των τριών υπό μελέτη σχολείων δεν συνάδει με τις απαιτήσεις που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρόλο που δεν απαιτείται στο παρόν στάδιο οποιαδήποτε αναβάθμιση των υφιστάμενων αυτών κτιρίων, καλό θα ήταν η Κύπρος να λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα ούτως ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε αυστηρότερες απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο μέλλον. Η νομοθεσία σήμερα θέτει ως ελάχιστη κλάση κατηγοριοποίησης των νέων κτιρίων την Β κλάση. Τα σχολεία που μελετήσαμε βρίσκονται πολύ χαμηλότερα. Γυμνάσιο Ομόδους κλάση G και Γυμνάσια Λευκάρων και Αγρού κλάση E.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη στην προσπάθεια μιας αποδοτικότερης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων ότι το απόθεμα των υφιστάμενων κτιρίων είναι μεγαλύτερο από τα νέα κτίρια. Τα δημόσια κτίρια και κυρίως τα σχολεία θα πρέπει να προηγηθούν και να αναβαθμιστούν. Μια αποδοτικά ενεργειακή συμπεριφορά τους θα προωθήσει την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών και κυρίως των μαθητών. Θα αφυπνίσει τους πολίτες και θα προάγει την αειφόρο ανάπτυξη στα μάτια των μικρών παιδιών οι οποίοι θα είναι οι αυριανοί συνεχιστές αυτού του έργου και οι κληρονόμοι αυτού του πλανήτη.

Σε μελλοντική έρευνα προγραμματίζεται να γίνει κριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων και να δοθεί μια εμπεριστατωμένη ερμηνεία. Με αυτό τον τρόπο θα διαφανούν οι στρατηγικές και οι τεχνικές που θα πρέπει να ακολουθηθούν ούτως ώστε να επιτευχθεί ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] United Nations Environment Programme, Buildings and Climate Change Status, Challenges and Opportunities, United Nations Environment Programme, Paris (2007) ISBN: 9789280727951.
- [2] A.M. Papadopoulos, A. Avgelis, Indoor environmental quality in naturally ventilated office buildings and its impact on their energy performance, International Journal of Ventilation 2 (3) (2003) 203–212.
- [3] A. Argiriou, D.N. Asimakopoulos, C. Balaras, E. Dascalaki, A. Lagoudi, M. Loizidou, M. Santamouris, I. Tselepidaki, On the energy consumption and indoor air quality in office and hospital buildings in Athens, Hellas, Energy Conservation and Management 35 (1994) 385–394.
- [4] European Council, Directive 2002/91/ec on the energy performance of buildings, 2002.
- [5] PG-N37 Standards supporting the Energy Performance of Buildings Directive
- [6] EN 15193-1 Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation
- [7] EN 15217 Methods of expressing energy performance and for energy certification of buildings

- [8] EN 15243 Ventilation for buildings – Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems
- [9] EN ISO 13786:2005 Review of standards dealing with calculation of heat transmission in buildings – Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods
- [10] N.142(I)/2006, N.30(I)/2009, N.101/2006, Κ.Δ.Π. 164/2009, Κ.Δ.Π. 429/2006, Κ.Δ.Π. 567/2007, Κ.Δ.Π. 414/2009, Κ.Δ.Π. 568/2007, Κ.Δ.Π. 446/2009.
- [11] EN ISO 13789 Review of standards dealing with calculation of heat transmission in buildings – Thermal performance of buildings –Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation methods
- [12] EN ISO 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
- [13] EN15316-3 Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – part 3 Domestic hot water systems
- [14] EN 15316-4-3-2007 Heating systems in buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems
- [15] Developed by Infotrend Innovations Co.Ltd & BRE for the Cyprus Ministry of Commerce, Industry and Tourism.
- [16] M. Santamouris, et al., Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings, *Energy and Buildings* 39 (1) (2007) 45–51.
- [17] P.G. Jones, et al., Energy benchmarks for public sector buildings in Northern Ireland, in: *Proceedings of CIBSE National Conference*, Dublin, 2000.
- [18] Patxi Hernandez, Kevin Burke, J Owen Lewis, Development of the energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools, *Energy and Buildings* 40 (2008) 249-254.
- [19] MED-TEENERGY Programme Energy Efficient Schools in the Mediterranean Area 2009-2011.
- [20] Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.
- [21] Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, Σχολικές αρχές.
- [22] *Building Insulation Guide*, 2nd Edition, Energy Service, Ministry of Commerce, Industry and Tourism of Cyprus.
- [23] Serghides D.K. (2007). Low Energy Building Design-The effectiveness of Mass. *Proceedings of 2nd Palenc Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century* September 2007, Crete Island, Greece I:936-940.
- [24] Serghides D.K. (2009). Optimisation of Insulation on Mediterranean Houses. *ICPSR Journal “ISESCO Science and Technology Vision* 5(8):79-83.
- [25] *Methodology for Assessing the Energy Performance of Buildings*, Cyprus Energy Service, 2009.