Ευρωπαϊκή Επιτροπή
Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια (XVII)
European Commission
Directorate General for Energy (DG XVII)

Οδηγίες για Θερμική - Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία

Guidelines for Thermal -Visual Comfort and Energy Conservation in Public Schools

Κ.Α.Π.Ε.
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
C.R.E.S.
Centre for Renewable Energy Sources

ΣΥΝΤΑΞΗ
Εύη Τζανακάκη, Κώστας Λύτρας

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ
Εύη Τζανακάκη

Η έκδοση αυτή παρουσιάζει συνοπτικά τα αποτελέσματα της μελέτης "*Τεχνική και οικονομική μελέτη για την αποκατάσταση σχολικών κτιρίων με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για την βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης*".
Η μελέτη εκπονήθηκε στα πλαίσια του έργου SAVE με αριθμό συμβολαίου 4.1031/93-76 με την συγχρηματοδότηση της 17ης Γ.Δ. Ενέργειας της Επιτροπής της Ε.Ε. και της Γ. Γραμματείας Ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης.
Στη μελέτη συνεργάστηκαν:

- Οι Αρχιτέκτονες Ελένη Ανδρεαδάκη - Χρονάκη, Γιάννης Καλλιγέρης, Μαργαρίτα Κωνσταντινίδου, Γιώργος Αραμπατζής και Γιώργος Παπαδόπουλος για τη διαμόρφωση των αρχιτεκτονικών λύσεων.

- Οι συνεργάτες του ΚΑΠΕ Εύη Τζανακάκη (Αρχιτέκτονας MSc) και Γρηγόρης Οικονομίδης (Δρ Πολιτικός Μηχανικός) για την ενεργειακή ανάλυση των αρχιτεκτονικών λύσεων.

- Ο συνεργάτης του ΚΑΠΕ Κώστας Λύτρας (Μηχανολόγος Μηχανικός MSc) για τη διαμόρφωση των λύσεων για τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, για την οικονομική ανάλυση όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων και για τον καθορισμό ενός προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης και συντήρησης των εγκαταστάσεων.

- Η συνεργάτιδα του ΚΑΠΕ Μαρία Κατσανούλη (Φυσικός DEA) για τις μετρήσεις των παραμέτρων θερμικής άνεσης σε δείγμα σχολικών κτιρίων.

- Η Καθ. Ελένη Ανδρεαδάκη - Χρονάκη για τη μελέτη του φυσικού φωτισμού.

Υπεύθυνη του έργου ήταν η κα Εύα Αθανασάκου, Υπεύθυνη του Τομέα Παθητικών Ηλιακών και Υβριδικών Συστημάτων του ΚΑΠΕ.

Η μακέτα του εξωφύλλου η ηλεκτρονική σελιδοποίηση και η εκτύπωση έγινε από την ΚΑΜΠΥΛΗ.

Περιεχόμενα

Contents

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εικ.1
Δημοτικό σχολείο στα Χανιά

Εικ.2
Γυμνάσιο-Λύκειο στα Τρίκαλα

Εικ.3
Γυμνάσιο-Λύκειο στη Θεσσαλονίκη

Στην Ελλάδα υπάρχουν πάνω από 15.000 δημόσια σχολικά κτίρια. Αυτά στεγάζουν σχολεία όλων των βαθμίδων με πάνω από 1.600.000 μαθητές σε όλη τη χώρα. Τα περισσότερα σχολεία λειτουργούν σε μια πρωινή βάρδια, στις μεγάλες όμως πόλεις, τα κτίρια δεν επαρκούν, με αποτέλεσμα να λειτουργούν σε δύο βάρδιες, πρωί-απόγευμα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Παιδείας, έχει καταγραφεί η ανάγκη για πάνω από 23.000 νέες αίθουσες, που αντιστοιχούν σε ζήτηση 35% πάνω από τις υπάρχουσες 65.000 περίπου αίθουσες διδασκαλίας.

Η κατανάλωση ενέργειας που αντιστοιχεί στο σύνολο των σχολικών κτιρίων είναι της τάξης των 270.000 MWh ετησίως. Αυτό το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας δεν καλύπτει τις πραγματικές ανάγκες των σχολείων, καθώς σε πολλές περιπτώσεις δεν επικρατούν συνθήκες άνεσης μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας και οι μαθητές κρυώνουν το χειμώνα, ζεσταίνονται από την άνοιξη ώς και το φθινόπωρο, και υφίστανται δυσμενείς συνθήκες φωτισμού όλες τις εποχές.

Στα πλαίσια του προγράμματος SAVE της 17ης Γενικής Διεύθυνσης της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο στοχεύει στον περιορισμό των εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, ο Τομέας Παθητικών Ηλιακών και Υβριδικών Συστημάτων του ΚΑΠΕ εκπόνησε μελέτη με τίτλο: *"Τεχνική και οικονομική μελέτη για την αποκατάσταση σχολικών κτιρίων με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης"*, και αριθμό συμβολαίου 4.1031/93-76, η οποία ξεκίνησε το 1993 και ολοκληρώθηκε το 1995.

Στα πλαίσια αυτής της μελέτης συγκεντρώθηκε υλικό από σχολεία όλων των βαθμίδων σε πολλές περιοχές της χώρας. Έγινε καταγραφή και ταξινόμηση των διαφόρων κατηγοριών και τύπων σχολικών κτιρίων και των χαρακτηριστικών τους τα οποία επηρεάζουν την ενεργειακή τους συμπεριφορά και τις συνθήκες άνεσης μέσα στους χώρους. Παράλληλα έγιναν δειγματοληπτικές μετρήσεις σε σχολεία σε περιοχές με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά, αντιπροσωπευτικά για τις κλιματικές ζώνες της χώρας και εντοπίστηκαν κάτω από πραγματικές συνθήκες τα προβλήματα που υπάρχουν. Μετά από εκτεταμένη ενεργειακή ανάλυση μέσω δυναμικής θερμικής προσομοίωσης με Η/Υ και οικονομική

INTRODUCTION

In Greece there are more than 15,000 Schools with facilities for more than 1,600,000 pupils. The total amount of energy consumed for heating and lighting of schools is estimated around 270,000 MWh annually.

Within the framework of the SAVE programme, the Passive and Hybrid Solar Systems Department of CRES has conducted a *"Technical and Economic Assessment of the Refurbishment of School Buildings for Energy Efficiency and Improvement of Thermal and Visual Comfort Conditions"*. The aim of this project was to produce economically viable technical solutions for reducing the energy consumption in schools (and the respective CO_2 emissions) while at the same time improving comfort conditions inside the classrooms, which, as has been recorded, are most often not met.

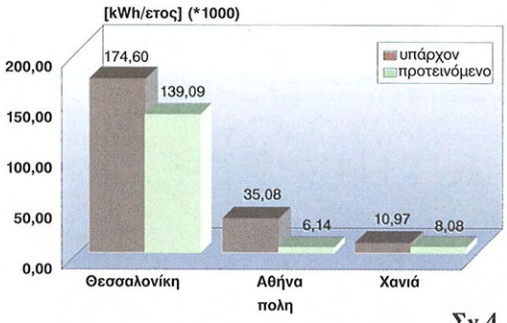
The project lasted from 1993 to 1995 and included recording and classification of school buildings and the factors affecting their thermal performance around the country. Sample in situ measurements and short-term monitoring was conducted at locations of distinct and typical climate, in order to identify on the spot the actual conditions and the problems occurring. Following extensive energy analysis via dynamic simulation modelling and economic analysis, the most viable combinations of solutions were formulated for each characteristic building typology in all three climatic zones of the country. The solutions concern building design and construction,

ανάλυση, εντοπίστηκαν οι πλέον βιώσιμες λύσεις απο τεχνική και οικονομική άποψη, για κάθε χαρακτηριστική τυπολογία σχολικών κτιρίων σε κάθε κλιματική ζώνη της χώρας. Από τη μελέτη αυτή προέκυψαν πολλά συμπεράσματα, τα περισσότερα από τα οποία ανταποκρίνονται τόσο σε υπάρχοντα, όσο και σε νεοανεγειρόμενα σχολικά κτίρια.

Ο Οδηγός αυτός περιέχει τις τεχνικές λύσεις που προέκυψαν από αυτή τη μελέτη, έτσι ώστε οι μελετητές και οι διαχειριστές των σχολικών κτιρίων, να βοηθηθούν στο να σχεδιάσουν, να κατασκευάσουν και να συντηρήσουν κτίρια με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, συνδυαζόμενη με την αναβάθμιση των χώρων διδασκαλίας από την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης και υγιεινής. Οι τεχνικές αυτές λύσεις αφορούν στο σχεδιασμό και την κατασκευή του κτιρίου, σε βελτιώσεις ή αλλαγές στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, σε μια ορθολογικότερη λειτουργία όλων των ενεργειακών συστημάτων και στο σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης και συντήρησης των εγκαταστάσεων.

Σε κάθε σχολείο η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με έναν σωστό συνδυασμό επεμβάσεων και ρυθμίσεων είναι τουλάχιστον 30% και μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη έως και την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών, ανάλογα με το είδος των επεμβάσεων και το κλίμα της περιοχής. Ο μεγάλος αριθμός δημόσιων σχολείων και η ανάγκη για νέα κτίρια, ώστε όλα τα σχολεία να μπορούν να λειτουργούν σε μια πρωινή βάρδια, δημιουργούν ένα μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας σε εθνική κλίμακα. Αν επί πλέον ληφθεί υπόψη το περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό όφελος από τη μείωση των εμπομπών CO_2 και SO_2, τότε τα οφέλη είναι ακόμα μεγαλύτερα.

Το επί πλέον όφελος από αυτές τις επεμβάσεις, το οποίο δεν μπορεί να αποτιμηθεί εύκολα, είναι η βελτίωση της άνεσης η οποία επιτυγχάνεται μέσα στις αίθουσες, τόσο από πλευράς φωτισμού όλο το έτος, όσο και από θερμικής πλευράς όλες τις περιόδους και κυρίως την περίοδο του δροσισμού (άνοιξη ώς και φθινόπωρο), ιδιαίτερα στις περιοχές με το θερμότερο κλίμα.



Σχ.4
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε τρία σχολεία σε διαφορετικές πόλεις σήμερα και μετά από επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Εικ.5
Δημοτικό σχολείο στην Αθήνα

Εικ.6
Σχολείο στα Χανιά

passive heating and cooling systems integrated onto the building structure, improvements or alterations of the HVAC and lighting services, rational operation of all energy systems, and the application of an energy management and maintenance scheme.

This Guide presents the technical solutions stemming from this study for the design, construction and maintenance of low energy, thermally and visually comfortable schools.

The energy which may be saved through the proposed interventions is at least 30% and depending on the type of intervention and on the climate of the area can be much greater, such that the energy consumption of the buildings is minimized. Furthermore, the improvement in thermal and visual comfort which can be achieved is a significant factor, the benefit of which is not easily evaluated.

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ/ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Εικ.7
Σχολείο νεοκλασσικό των αρχών του αιώνα

Εικ.8
Σχολείο με ανοιχτό διάδρομο

Εικ.9
Σχολείο με κλειστό διάδρομο

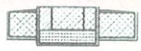
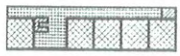
Εικ.10
Σχολείο τύπου "ΑΘΗΝΑ"

Κατηγορίες σχολικών κτιρίων

Στην Ελλάδα υπάρχουν γενικά δύο κατηγορίες σχολικών κτιρίων: αυτά τα οποία κτίστηκαν πριν το 1960 και είναι συνήθως πέτρινα με ξύλινη στέγη, και αυτά τα οποία κτίστηκαν μετά το 1960 και αποτελούν τυπολογίες του Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων (Ο.Σ.Κ.). Τα τελευταία εμφανίζονται εν γένει όμοια κατασκευαστικά σε όλες τις κλιματικές ζώνες της χώρας και είναι κτισμένα από μπετόν και τούβλα και φέρουν μεταλλικά κουφώματα. Τα παλαιότερα είναι αμόνωτα, τα νεώτερα (από το 1981 και μετά) φέρουν μόνωση στην οροφή και στους τοίχους, ενώ τα στοιχεία από μπετόν συνήθως παραμένουν αμόνωτα.

Η λειτουργία του σχολείου (Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο) εν γένει δεν διαφοροποιεί τις τυπολογίες, αν και κάποιες από αυτές συνηθίζονται σε ορισμένες κατηγορίες λειτουργίας περισσότερο. Ακόμα και διαφορετικές τυπολογίες παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες, κυρίως ως προς την κατασκευή αλλά και τις αναλογίες αιθουσών, διαδρόμων και άλλων χώρων. Βασικές διαφορές στις τυπολογίες παρουσιάζονται κυρίως ως προς τον αριθμό και τη διάταξη των αιθουσών. Η διάταξη μπορεί να είναι γραμμική ή σε Γ, ή σπανιώτερα σε σχήμα Π. Συχνά συναντάται και διάταξη συμπαγής, με αίθουσες διατεταγμένες γύρω από έναν κεντρικό εσωτερικό χώρο. Τα γραμμικά κτίρια καθώς και αυτά που είναι διατεταγμένα σε Γ, εμφανίζονται με τις αίθουσες να βλέπουν προς την αυλή ή προς το εξωτερικό τμήμα του οικοπέδου, με κλειστό διάδρομο από την πίσω πλευρά ή, σπανιώτερα, με ανοιχτό διάδρομο από την κύρια πλευρά τους. Οι τυπολογίες εμφανίζονται με 1, 2 ή 3 ορόφους, ανάλογα με το κτιριολογικό πρόγραμμα του σχολείου. Η συνηθέστερη διάταξη είναι του τύπου: αίθουσες που βλέπουν κατά προτίμηση στο νότο, με διάδρομο στην πίσω πλευρά.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τέσσερα από τα πιό χαρακτηριστικά παραδείγματα τύπων σχολικών κτιρίων (τα οποία συνήθως εμφανίζονται σε γραμμική διάταξη ή σε Γ), κτισμένα σε 3 διαφορετικές χρονικές περιόδους.

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	

CURRENT SITUATION

Classification of school buildings

There are two main categories of school buildings: buildings built before 1960 which are of stone construction and usually have a wooden pitched roof, and buildings built after 1960 by the Organisation of School Buildings (OSK), which are constructed of concrete and bricks. The latter are either uninsulated, or in the case of buildings built after 1980, have thermal insulation on the roof and walls. OSK buildings are similar in the design of classrooms, and vary mainly in size and configuration. Classrooms are usually organised in a linear configuration, or in L shape. More seldom there are U-shaped schools or schools of compact form, with classrooms located around a central space. The figures above present four of the most characteristic school types, an old stone building (fig.7), a school building with classrooms facing an open corridor (fig.8), a building with classrooms located along a closed corridor (fig.9), and a building of the typology 'ATHINA', with classrooms clustered in units of three (fig.10). Depending on their layout requirements, school buildings have 1,2, or 3 storeys.

Κλιματικές ζώνες της χώρας

Η Ελλάδα παρουσιάζει ποικιλία κλίματος. Σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης χωρίζεται σε τρεις κλιματικές ζώνες. Στο παρόν έντυπο έχουν επιλεγεί το κλίμα των Χανίων ως αντιπροσωπευτικό για την Α ζώνη, της Αθήνας για τη Β ζώνη και της Θεσσαλονίκης για τη Γ ζώνη.

Σχολικά κτίρια που βρίσκονται στη ζώνη Α, η οποία χαρακτηρίζεται από ήπιο κλίμα, έχουν αυξημένες ανάγκες σε ψύξη και λιγότερες σε θέρμανση. Τα κτίρια της Β ζώνης έχουν ισομοιρασμένες ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη. Τα κτίρια στη Γ ζώνη έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε ψύξη και πολύ μεγάλες ανάγκες σε θέρμανση.

Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει, αλλά και το τοπικό κλίμα το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με την τοποθεσία.

Παρά την άμεση και σημαντική επίδραση των κλιματικών συνθηκών στη θερμική λειτουργία του κτιρίου, δεν υπάρχει σαφής διαφοροποίηση στο σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις κλιματικές ιδαιτερότητες.

Εικ.11
Οι κλιματικές ζώνες της χώρας

Climatic zones of Greece

The Thermal Insulation Regulation effective in Greece since 1979, divides the country into three climatic zones, which are presented in figure 11. Buildings of the climatic zone A, which is characterised by a mild climate, have high cooling and low heating requirements. Buildings in zone B have equally balanced heating and cooling requirements, while buildings in zone C, which is the coldest zone, have high heating and low cooling requirements.

Three characteristic locations, one for each zone (Chania for zone A, Athens for zone B, and Thessaloniki for zone C) were chosen for the energy evaluation of the refurbishment options proposed.

Despite that climate is a crucial factor in the thermal behaviour of buildings, to date no specific distinction is made in the design or construction of school buildings depending on their climatic zone or location.

Εικ.12
Σχολείο στην Ελάτη Τρικάλων

Κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία

Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία εκτιμάται περί τις 92 kWh/m² θερμαινόμενου χώρου, αλλά πολύ συχνά φτάνει τις 100 έως και 200 kWh/m² θερμαινόμενου χώρου. Αυτό το ποσό, το οποίο καταναλώνεται κυρίως για τη θέρμανση των σχολείων, είναι πολύ υψηλό, ιδιαίτερα αν λάβει κανείς υπόψη το γενικά ήπιο κλίμα της χώρας μας. Επί πλέον, αυτή η κατανάλωση δεν καλύπτει τις πραγματικές ανάγκες σε θέρμανση, καθώς στα περισσότερα σχολεία οι συνθήκες άνεσης το χειμώνα δεν πληρούνται.

Ενδεικτικά, στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενου χώρου αιθουσών διδασκαλίας σε τυπικά σχολεία τεσσάρων τύπων για τις τρεις κλιματικές ζώνες της χώρας, όπως προέκυψε από την ενεργειακή προσομοίωση, όπου λαμβάνονται υπόψη η πραγματική κατάσταση του κελύφους και των εγκαταστάσεων των κτιρίων, αλλά θεωρείται ότι οι θερμοκρασίες των χώρων, δεν υπολείπονται ούτε υπερβαίνουν τις απαιτούμενες για άνεση, δηλαδή ότι υπάρχει θερμοστατικός έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης.

Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ανά τετραγ. μέτρο αίθουσας διδασκαλίας [kWh/m²]

Τύπος Σχολείου	Κλιματική Ζώνη Α	Κλιματική Ζώνη Β	Κλιματική Ζώνη Γ
Παλιό πέτρινο	10	48	146
Τύπος με ανοιχτό διάδρομο	15	46	122
Τύπος με κλειστό διάδρομο	12	41	115
Τύπος ΑΘΗΝΑ	5	27	86

Η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας σε εθνική κλίμακα, υπολογίζοντας πάνω από 65.000 σχολικές αίθουσες, είναι της τάξης των 270.000 MWh. Αυτή η ενέργεια, αντιστοιχεί σε ετήσια κατανάλωση ποσότητας καυσίμου πετρελαίου Diesel θέρμανσης ίσης με 16.300 τόννους συνολικού κόστους 1,7 δις Δρχ. (τιμές 1995) καθώς και σε ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού (78.000 MWh) συνολικού κόστους 2,6 Δις Δρχ. (τιμές 1995).

Οι επακόλουθες ετήσιες εκπομπές CO_2 (αερίου που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου) και SO_2 (αερίου ρύπου) είναι της τάξης των 150.000 τόννων και 1.000 τόννων αντίστοιχα.

Energy consumption in schools

The average energy consumption for heating in schools is estimated at 92 kWh/m² of heated space, but often reaches 100 or even 200 kWh/m². This amount is very high, taking into account the generally mild climate of the country. Furthermore, this consumption does not cover the actual needs, as in most schools comfort conditions are often not met. The mean annual fuel and electrical energy consumption on a national level is around 270,000 MWh, which is equivalent to 16,300 tonnes of fuel oil and 78,000 MWh electricity. The resulting annual CO_2 and SO_2 emissions are 150,000 and 1,000 tonnes respectively. In the table above, the annual energy consumption in kWh/m² of classroom area, as has been calculated is presented for four types of schools: old stone building, school building with classrooms facing an open corridor, building with classrooms located along a closed corridor and a building of the typology 'ATHINA') in all three climatic zones of the country.

Εντοπισμός προβλημάτων σχετικών με την άνεση και την κατανάλωση ενέργειας

Τα προβλήματα που παρατηρούνται συνήθως στα σχολεία συνοψίζονται στο ότι εν γένει δεν επικρατούν συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης, ενώ η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ειδικότερα:

- Καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, υπάρχει ανισοκατανομή του φωτός μέσα στις αίθουσες, δημιουργείται θάμβωση στο επίπεδο των μαθητών, ενώ στο βάθος των αιθουσών δεν επαρκεί ο φωτισμός.
- Την ψυχρή περίοδο, οι μαθητές συχνά κρυώνουν, ενώ παρατηρείται και το φαινόμενο η ποιότητα του αέρα κατά τη διάρκεια του μαθήματος να μην είναι καλή.
- Η κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το επίπεδο άνεσης που επιτυγχάνεται, είναι πολύ αυξημένη.
- Από την άνοιξη ώς και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου, ιδιαίτερα στην Α και στη Β κλιματική ζώνη, υπάρχει υπερθέρμανση μέσα στις αίθουσες.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδεινώνουν τη θερμική και οπτική άνεση και εντείνουν την κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία είναι οι ακόλουθοι:

- Ο ακατάλληλος προσανατολισμός του κτιρίου, με αποτέλεσμα τον ανεπαρκή ηλιασμό το χειμώνα, την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και τις κακές συνθήκες φωτισμού όλο το χρόνο
- Ο ακατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων, των συστημάτων φυσικού και των εγκαταστάσεων τεχνητού φωτισμού, με αποτέλεσμα την ανισοκατανομή του φωτός μέσα στις αίθουσες
- Ο ανεξέλεγκτος αερισμός, ο οποίος επιφέρει υπερβολική κατανάλωση καυσίμου και συνθήκες ψύχους μέσα στις αίθουσες
- Η μεγάλη διείσδυση αέρα από χαραμάδες των ανοιγμάτων, με αποτέλεσμα μεγάλες θερμικές απώλειες και ρεύματα μέσα στις αίθουσες
- Οι μεγάλες θερμικές απώλειες από το κέλυφος, που αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και επιδεινώνουν τις συνθήκες άνεσης το χειμώνα
- Ακατάλληλος σχεδιασμός και κακή συντήρηση συστημάτων θέρμανσης με αποτέλεσμα την μη αποδοτική τους λειτουργία
- Η μη ορθολογική λειτουργία εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης, με αποτέλεσμα να σπαταλάται ενέργεια χωρίς να επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες συνθήκες άνεσης
- Η ανεπάρκεια των συστημάτων σκίασης και αερισμού, που οδηγεί σε υπερθέρμανση και αίσθημα θερμικής δυσφορίας κατά τη διάρκεια της περιόδου δροσισμού των σχολείων, δηλαδή από την άνοιξη ώς και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου, γεγονός για το οποίο άλλωστε δεν προδιαγράφεται αντιμετώπιση μέσω συστήματος μηχανικού δροσισμού / κλιματισμού και έτσι το πρόβλημα παραμένει ανεπίλυτο.

Εικ.13
Ανισοκατανομή φωτός σε αίθουσα διδασκαλίας

Problems identified with respect to comfort and energy consumption

- Poor lighting conditions due to unequal distribution of daylight which results in glare and at the far end of classrooms inadequate lighting
- Relatively high energy consumption for heating compared to the resulting comfort conditions
- Uncomfortably high temperatures inside the classrooms from spring to autumn particularly in climatic zones A and B

Factors Affecting Energy Consumption and Comfort

- Inappropriate orientation of spaces, resulting in inadequate insolation during winter, overheating during the warm periods, and poor lighting conditions, all year-round
- Inappropriate design of openings, daylighting and artificial lighting systems, resulting in the uneven distribution of light in the classrooms
- High infiltration through window frames and uncontrolled ventilation, resulting in significant heat losses during winter
- Inappropriate design and poor maintenance of the heating systems, resulting in inefficient performance
- Inadequate shading and ventilation systems, in combination with the lack of specification for mechanical cooling systems, resulting in overheating during warm periods.

Ειδικοί στόχοι των επεμβάσεων και προτεραιότητες

Οι επεμβάσεις οι οποίες αφορούν στο κτιριακό περίβλημα έχουν ως ειδικούς στόχους:

- Το σχεδιασμό των ανοιγμάτων και άλλων συστημάτων φυσικού φωτισμού ώστε να επ τυγχάνεται ισοκατανομή του εισερχόμενου φωτός
- Τη μείωση των θερμικών απωλειών
  - λόγω της διείσδυσης του αέρα από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων
  - από φυσικό εξαερισμό
  - από αγωγή μέσω του κελύφους του κτιρίου
- Την αύξηση των ηλιακών κερδών την περίοδο θέρμανσης:
  - με κατάλληλη χωροθέτηση των ανοιγμάτων
  - με προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων
- Τη μείωση των θερμικών κερδών την περίοδο δροσισμού, με κατάλληλα συστήματα σκίασης
- Τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης και την ψύξη των κτιρίων κατά την περίοδο δροσισμού με διαμπερή εξαερισμό.

Παράλληλα οι επεμβάσεις στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις έχουν ως στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω της αύξησης της απόδοσης του εξοπλισμού τους και του ορθολογικού τρόπου λειτουργίας και συντήρησής τους.

Οι επεμβάσεις που προτείνονται αφορούν τόσο σε υφιστάμενα κτίρια όσο και σε νεοανεγειρόμενα κτίρια.

Σε υφιστάμενα κτίρια, οι επεμβάσεις αφορούν:

- Σφράγισμα των αρμών των κουφωμάτων
- Προσθήκη μονώσεων
- Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων στη νότια όψη
- Προσθήκη συστημάτων φυσικού φωτισμού-σκίασης στα ανοίγματα
- Εγκατάσταση ανεμιστήρων για ελεγχόμενο εξαερισμό το χειμώνα
- Εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής για αύξηση της θερμικής άνεσης την περίοδο δροσισμού
- Αναβάθμιση των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης και φωτισμού

PROPOSED INTERVENTIONS

The interventions proposed concern both the building envelope and installations, and have the following specific targets:

- The uniform distribution of light inside the classrooms via the appropriate design of openings and other daylighting systems
- Reduction of heat losses which occur through the building envelope and through uncontrolled ventilation
- Increase of winter solar heat gains
- Reduction of solar heat gains during the cooling period
- Increase of summer comfort conditions through ventilation
- Reduction of energy consumption by optimisation of heating and lighting systems.

In existing buildings the interventions include:

- Window frame sealing
- Application of thermal insulation
- Incorporation of passive solar systems onto the building south facade
- Application of daylighting/shading systems to the openings
- Installation of supply/ exhaust fans for controlled winter ventilation
- Installation of ceiling fans for summer cooling
- Refurbishment of heating and lighting installations.

Σε νεοανεγειρόμενα κτίρια οι επεμβάσεις αφορούν:

- Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμό του κτιρίου, ώστε να εξασφαλίζεται ο κατάλληλος ηλιασμός (να μεγιστοποιούνται τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα, να εξασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός, και να ελαχιστοποιούνται τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι)
- Σχεδιασμό των ανοιγμάτων για φυσικό φωτισμό και θερινό εξαερισμό
- Σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων φυσικού φωτισμού και ηλιοπροστασίας στα ανοίγματα
- Χρήση κατάλληλων μονώσεων και αεροστεγανών κουφωμάτων
- Ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων στη νότια όψη
- Εγκατάσταση ανεμιστήρων για ελεγχόμενο εξαερισμό το χειμώνα
- Εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής για αύξηση της θερμικής άνεσης την περίοδο δροσισμού
- Ορθή επιλογή και χρήση του εξοπλισμού και του ελέγχου των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης και τεχνητού φωτισμού.

Οι επεμβάσεις που θεωρούνται ως πρώτης προτεραιότητας για όλα τα κτίρια είναι οι επεμβάσεις ρύθμισης του φυσικού φωτισμού, για την περίοδο του χειμώνα η μείωση των απωλειών από διείσδυση του αέρα και ο ελεγχόμενος εξαερισμός, για την περίοδο δροσισμού η σκίαση και ο φυσικός εξαερισμός και τέλος, η αποδοτική λειτουργία των εγκαταστάσεων θέρμανσης και φωτισμού.

In new buildings the interventions concern:

- Appropriate building orientation and layout for maximum solar gains during winter, minimum solar gains during summer, and adequate daylighting
- Window design for daylighting and summer ventilation
- Design of systems for glare reduction and summer shading of openings
- Use of appropriate insulation materials and sealing of window frames
- Incorporation of passive solar systems
- Installation of supply/exhaust fans
- Installation of ceiling fans for summer cooling
- Appropriate design and control of heating and lighting services.

A. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ - ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

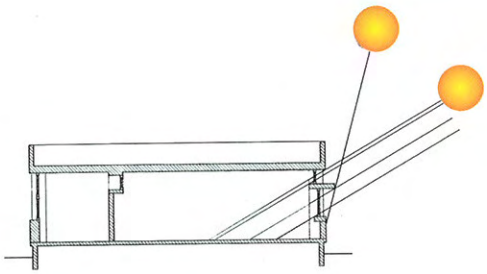
Εντοπισμός προβλήματος:
Ακατάλληλος προσανατολισμός του κτιρίου

Ο τυχαίος προσανατολισμός των κτιρίων, όπως προκύπτει από τα διαθέσιμα οικόπεδα, δεν εξασφαλίζει τον απαραίτητο ηλιασμό τους, ούτε την αποφυγή των υπερθερμάνσεων το καλοκαίρι (σε συνδυασμό με την ανεπαρκή σκίαση).

Επεμβάσεις αντιμετώπισης:
Σωστή χωροθέτηση / Κατάλληλος προσανατολισμός

Η χωροθέτηση των κτιρίων και ο προσανατολισμός των αιθουσών πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

- να εξασφαλίζεται καλός φωτισμός κατά τη διάρκεια του έτους
- να υπάρχουν ηλιακά κέρδη από πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων μέσα στους χώρους κατά τη διάρκεια του χειμώνα
- να εξασφαλίζεται η σκίαση κατά τους θερμούς μήνες.



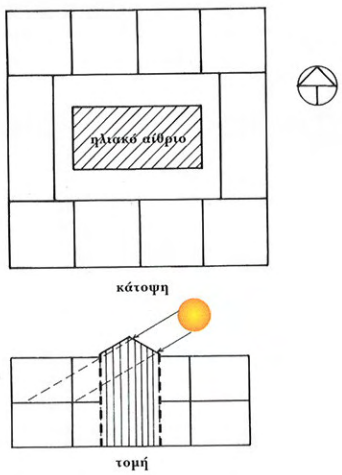
Σχ.14
Ηλιασμός αίθουσας διδασκαλίας χειμώνα/καλοκαίρι

Ο νότιος προσανατολισμός των αιθουσών είναι ο πιο κατάλληλος, ώστε να υπάρχει αρκετή ωφέλιμη εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και επαρκής φυσικός φωτισμός όλο το χρόνο. Απαιτούνται όμως συστήματα εκτροπής του φυσικού φωτός προς την οροφή, ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση στο οπτικό επίπεδο των μαθητών καθώς και σκίαση το καλοκαίρι, για πλήρη εκτροπή της ηλιακής ακτινοβολίας από την όψη του κτιρίου. Ο βόρειος προσανατολισμός δεν παρουσιάζει τα προβλήματα θάμβωσης και δεν απαιτεί σκίαση το καλοκαίρι, έχει όμως μειωμένα θερμικά κέρδη και αυξημένες θερμικές απώλειες το χειμώνα. Γι' αυτό και μεγάλα βόρεια ανοίγματα ενδείκνυνται κυρίως για τις πιο θερμές περιοχές, όπως στην κλιματική ζώνη Α που έχει λίγες απαιτήσεις σε θέρμανση, αρκεί να υπάρχει κατάλληλη θερμική προστασία των υαλοπινάκων (διπλά τζάμια).

Οταν οι συνθήκες του οικοπέδου επιβάλλουν βόρειο προσανατολισμό, σε κτίρια όπου προκύπτει διάδρομος στο νότο, συνιστάται η προσάρτηση παθητικών ηλιακών συστημάτων (διάδρομοι-θερμοκήπια ή θερμοσιφωνικά πανέλα προσαρτημένα στην εξωτερική πλευρά του διαδρόμου).

Ο ανατολικός και ο δυτικός προσανατολισμός θα πρέπει να αποφεύγονται. Σκίαστρα κατακόρυφα επιβάλλονται σε αίθουσες με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό.

Σε περίπτωση μικρής έκτασης οικοπέδου, οι τάξεις συνιστάται να τοποθετούνται γύρω από ηλιακό αίθριο (σχήμα 15), το οποίο χρησιμεύει τόσο για τον ηλιασμό όσο και για το φωτισμό των βορεινών αιθουσών διδασκαλίας. Γύρω από το αίθριο τοποθετείται ανοιχτός διάδρομος για την κίνηση των μαθητών.



Σχ.15
Διάταξη σχολείου με ηλιακό αίθριο

A. BUILDING LAYOUT AND ORIENTATION

South orientation of classrooms is the most recommended in order to obtain appropriate lighting conditions, maximum solar gains during winter, and solar protection during summer, as long as systems are provided on the apertures in order to reduce glare and summer solar gains. Such systems, combining glare reduction and summer shading are of horizontal direction (light shelves, louvers, etc.).

North orientation has no need for glare reduction or summer shading systems, but has low heat gains and increased heat losses during winter. Therefore, large north-facing apertures are recommended for areas with low heating needs, such as climatic zone A, but should have double glazing for winter thermal protection.

In North-facing buildings with corridors facing south, the incorporation of passive solar systems (i.e. thermosyphoning air panels) on their south side is recommended.

East and west orientations should be avoided, and provided with appropriate shading, generally of vertical form.

In cases of small-sized lots, classrooms may be placed round a solar atrium, as in figure 15.

B. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Απαιτούμενες συνθήκες φωτισμού

Η οπτική άνεση χαρακτηρίζεται από τρία ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, που αποτελούν βασικά κριτήρια ελέγχου του φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας και τα εργαστήρια:

- Από την ποσότητα του φωτισμού, που φτάνει στο επίπεδο εργασίας, η οποία σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΟΣΚ πρέπει να ισούται με 300-325 lux για τις τάξεις, 540 lux για τα εργαστήρια και 300 lux για τη βιβλιοθήκη.
- Από την κατανομή του φωτισμού στο χώρο εργασίας, που σημαίνει ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός σε όλα τα θρανία.
- Από την αποφυγή της θάμβωσης που δημιουργείται συνήθως, είτε από την είσοδο και πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο επίπεδο εργασίας, είτε από τη δημιουργία έντονων φωτοσκιάσεων στο χώρο.

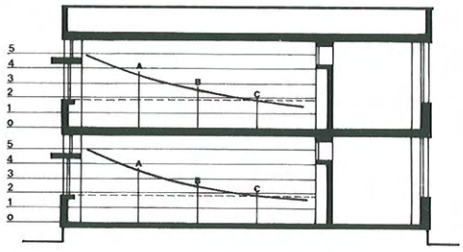
Εντοπισμός προβλήματος:
Κακές συνθήκες φωτισμού στις αίθουσες

Επειδή οι αίθουσες έχουν μεγάλα ανοίγματα προς μια όψη, υπάρχει ανομοιογένεια στην κατανομή του φωτός. Πολύ συχνά δε, το άμεσο φως προσπίπτει στα θρανία και ενοχλεί τους μαθητές, καθώς προκαλεί θάμβωση στο οπτικό τους πεδίο, ενώ στο βάθος της αίθουσας η στάθμη φωτισμού είναι ανεπαρκής. Το πρόβλημα της θάμβωσης αντιμετωπίζεται συνήθως με κουρτίνες, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, με συνέπεια τον ελλειπή φωτισμό και αντίστοιχα τη μείωση των ευεργετικών ηλιακών κερδών το χειμώνα. Πολύ συχνά δε, παρατηρείται να λειτουργούν όλα τα φωτιστικά σώματα, για την ενίσχυση του φωτισμού, ο οποίος είναι ανεπαρκής σε ορισμένα σημεία.

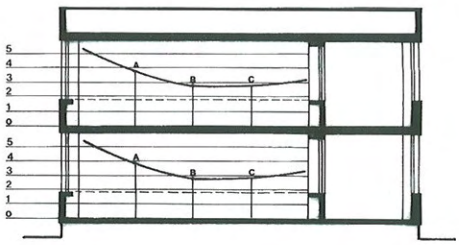
Επεμβάσεις αντιμετώπισης:
Κατάλληλα ανοίγματα

Για να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού μεσα στις αίθουσες, συνιστάται να υπάρχουν αμφίπλευρα ανοίγματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με παράθυρα μεγαλύτερα καθ' ύψος αντί φεγγιτών προς την πλευρά του διαδρόμου (σχ. 17) ή με ανοίγματα στην οροφή της αίθουσας (σχ. 18) ή και του διαδρόμου στον τελευταίο όροφο.

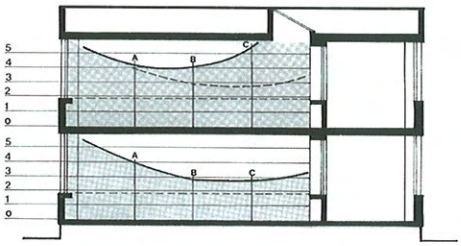
Στην περίπτωση σχολείων με αίθουσες τοποθετημένες αμφίπλευρα του διαδρόμου (προς βορρά και νότο), συνιστάται να υπερυψώνεται η οροφή του διαδρόμου, ώστε να εξασφαλίζεται ο αμφίπλευρος φωτισμός των τάξεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο για τον τελευταίο όροφο (σχ. 19).



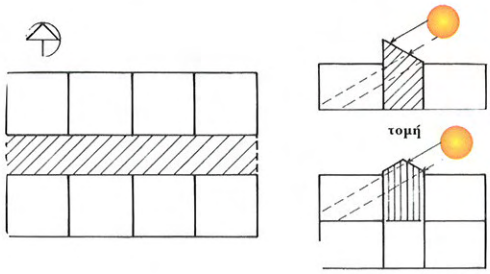
Σχ.16
Κατανομή του φυσικού φωτισμού σε αίθουσα διδασκαλίας: υφιστάμενη κατάσταση



Σχ.17
Κατανομή του φυσικού φωτισμού σε αίθουσα με αμφίπλευρα ανοίγματα



Σχ.18
Κατανομή του φυσικού φωτισμού σε αίθουσα με φεγγίτη στην οροφή



Σχ.19
Υπερύψωση της οροφής για την ενίσχυση του φυσικού φωτισμού

B. IMPROVEMENT OF LIGHTING CONDITIONS

Visual comfort is determined by:

- The illuminance level on the work plane, which is specified by OSK at 300-325 lux for classrooms, 540 lux for laboratories and 300 lux for libraries
- The uniform distribution of light
- The avoidance of glare, either due to direct light on the work plane or to intense shadows inside the spaces

Visual comfort conditions are very often not met, due to the existence of openings only on one side of the classrooms, and to the inadequate or inappropriate shading systems used.

Interventions:
Appropriate apertures

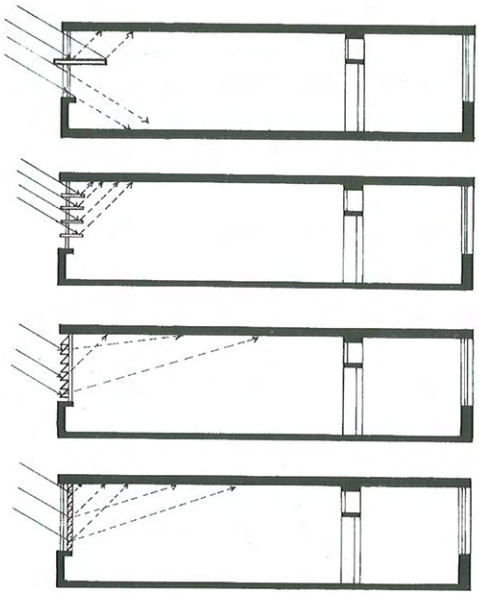
In order to obtain even daylighting distribution, openings are required on opposite sides of the classrooms. On the upper floor of buildings, other solutions may include skylights on the roof of classrooms or corridors.

Ανακλαστήρες-ράφια φωτισμού ή βενετικά στόρια

Για αποφυγή της θάμβωσης προτείνονται εναλλακτικές λύσεις εκτροπής της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας με ανάκλαση προς την οροφή, έτσι ώστε να επανέρχεται στό επίπεδο εργασίας υπό μορφή διάχυτου φωτός. Τέτοιες λύσεις μπορεί να είναι ανακλαστικά ράφια, από υλικά με ανακλαστική την πάνω επιφάνεια, ή περσίδες κινητές κατά προτίμηση στην εξωτερική πλευρά των παραθύρων.

Οι κατασκευές αυτές προσαρμόζονται στις κάσες των κουφωμάτων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται μπορούν να είναι ξύλο με στιλπνή την επάνω επιφάνεια, μέταλλο με επένδυση φύλλου αλουμινίου στην επάνω πλευρά ή περσίδες μεταλλικές ή πλαστικές, κατά προτίμηση κινητές περιστρεφόμενες περί οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα, ανάλογα με τον προσανατολισμό της τάξης. Στην περίπτωση που, για λόγους κόστους, δεν είναι εφαρμόσιμες αυτές οι λύσεις, προτείνεται η τοποθέτηση βενετικών στοριών στην εσωτερική επιφάνεια των παραθύρων.

Αυτά τα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως συστήματα σκιασμού για τους θερινούς μήνες σε αίθουσες με νότιο προσανατολισμό, αρκεί να έχουν τις κατάλληλες αναλογίες (ιδιαίτερα στην περίπτωση των σταθερών συστημάτων). Για τον ανατολικό και το δυτικό προσανατολισμό συνιστώνται επιπρόσθετα κατακόρυφα σκίαστρα, αν και οποιαδήποτε κινητή σκίαση, ακόμα και τα βενετικά στόρια, είναι αρκετά αποτελεσματική για την θερινή σκίαση, αν συνοδεύεται και από κατάλληλο εξαερισμό. Ο βόρειος προσανατολισμός έχει ομοιόμορφο φωτισμό και δεν απαιτεί ράφια φωτισμού ή σκίαστρα.



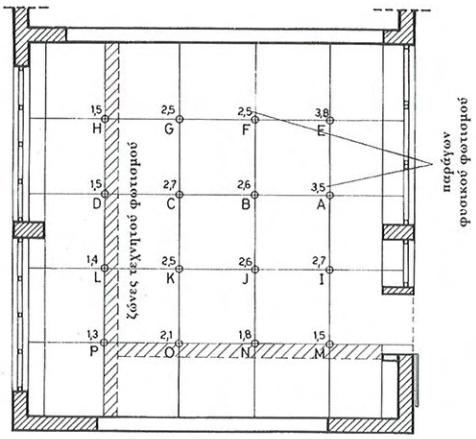
Σχ.20
Ανακλαστικές επιφάνειες αποφυγής θάμβωσης

Χρώματα

Τα χρώματα των εσωτερικών επιφανειών των τάξεων πρέπει να είναι ανοιχτόχρωμα, προς το λευκό, ώστε να μη δημιουργούνται σκιές στο χώρο και να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή ανάκλαση του φωτός. Οι επιφάνειες πρέπει να έχουν αδρή υφή με βαφή μάτ (όχι στιλπνή) για να αποφεύγεται η έντονη ανάκλαση και η συνεπαγόμενη θάμβωση. Συνεπώς οι καταλληλότερες βαφές είναι τα υδροχρώματα και το πλαστικό, ανοιχτού χρώματος για τους τοίχους και λευκό για την οροφή.

Σύστημα τεχνητού φωτισμού σε δύο ζώνες

Σε περίπτωση αιθουσών με μονόπλευρο φωτισμό, ο φωτισμός σταδιακά μειώνεται όσο προχωρούμε στο βάθος του χώρου. Για να εξασφαλιστεί σε αυτή την περίπτωση ομοιόμορφη κατανομή, προτείνεται η συνδυασμένη εφαρμογή του φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Σε βάθος του χώρου ίσο με τα 2/3 περίπου του συνολικού βάθους, συνιστάται ξεχωριστή ζώνη τεχνητού φωτισμού, ώστε να εξισορροπείται η μείωση του φυσικού φωτός λόγω της μεγάλης απόστασης από τα παράθυρα (σχ. 21).



Σχ.21
Παράδειγμα ξεχωριστών ζωνών τεχνητού φωτισμού σε αίθουσα

Light shelves or venetian blinds

In order to reduce glare caused by direct solar radiation on the work plane, reflective surfaces, such as light shelves should be used for directing the light beams toward the ceiling (fig.20). Instead of light shelves, and at a lower cost, internal venetian blinds may be installed. These devices may also be used for summer shading. Horizontal devices are recommended for south orientation. For east and west orientations the reflective surfaces should be of vertical orientation, but venetian blinds are also acceptable, as long as, during the summer, the classrooms are well ventilated for cooling. North orientation does not require any glare reduction devices as daylighting distribution is uniform.

Colours

Colours of interior surfaces should be light, for the maximum light reflection and minimum shadowing. It is recommended that ceilings are painted white. Surfaces should be matte (not specular) in order to reduce glare phenomena.

Zones of artificial lighting

In classrooms with windows on one side, a separately operating zone of artificial lighting is recommended in order to reduce unequal lighting distribution (fig.21). This zone is proposed to be at 2/3 of the classroom depth.

Λαμπτήρες - Φωτιστικά Σώματα

Ενας σημαντικός παράγοντας για την ενεργειακή αποδοτικότητα της εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού είναι η υψηλή φωτεινή απόδοση και η ποιότητα του συστήματος λαμπτήρες-φωτιστικά σώματα. Η επιλογή λαμπτήρων πρέπει να βασίζεται, εκτός του κόστους, και στο συνδυασμό άλλων κριτηρίων, όπως ο υψηλός λόγος φωτεινής ροής προς κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, η μεγάλη διάρκεια ζωής και ο υψηλός δείκτης χρωματικής απόδοσης.

Οι προτεινόμενες λύσεις γιά τα υφιστάμενα κτίρια περιλαμβάνουν:

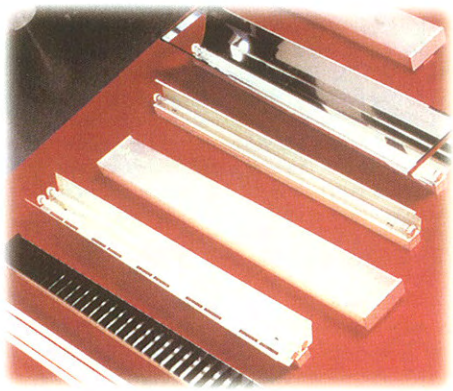
- αντικατάσταση παλαιών λαμπτήρων πυράκτωσης με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού ιδίου κάλυκα, χαμηλότερης ενεργειακής κατανάλωσης και μεγαλύτερης διάρκειας ζωής,
- αντικατάσταση φωτιστικών σωλήνων φθορισμού διαμέτρου 38mm με αντίστοιχους διαμέτρου 26mm και τέλος
- αντικατάσταση απλών λαμπτήρων πυράκτωσης καθρέπτου, όπου υφίστανται, με λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνων αερίων.

Επίσης προτείνεται η αναβάθμιση παλαιών φωτιστικών φθορισμού μέσω της αντικατάστασης των γυμνών, απλών ή πρισματικών καλυμάτων τους με καλύματα με σύστημα ανακλαστήρων φωτός. Η αλλαγή αυτή μπορεί να συνδυαστεί με την ταυτόχρονη μείωση του αριθμού των περιεχομένων ενεργών λαμπτήρων.

Ακόμα, προτείνεται σε καινούργιες κατασκευές η εγκατάσταση ηλεκτρονικών λαμπτήρων φθορισμού με στραγγαλιστικά πηνία υψηλής συχνότητας (20-30 kHz) για ακόμα μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση. Τα πηνία αυτά έχουν δυνατότητες πλήρους και αξιόπιστης διαβάθμισης (dimming) της αποδιδόμενης φωτεινότητας στο χώρο και αυτόματης διακοπής της ροής ηλεκτρισμού δια μέσου νεκρού λαμπτήρα, ώστε να μην υπάρχει άσκοπη χρέωση ηλεκτρικής κατανάλωσης και να εξασφαλίζεται η άμεση συσχέτιση του δυναμικού του φυσικού φωτισμού με τις εσωτερικές συνθήκες οπτικής άνεσης.

Για τα νεοανεγειρόμενα κτίρια η μελέτη φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις παραπάνω παραμέτρους ενεργειακού σχεδιασμού του συστήματος, συνυπολογίζοντας στο σύστημα ελέγχου λειτουργίας των κυκλωμάτων το δυναμικό των τεχνικών φυσικού φωτισμού και το ωράριο χρήσης του κτιρίου. Έτσι ο σχεδιασμός του συστήματος δεν θα αφορά μόνο νυχτερινές συνθήκες και συνεπώς θα επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος και η σωστή χωροθέτηση των φωτεινών πηγών καθώς και η διαβαθμισμένη λειτουργία τους, ώστε να καλύπτονται αποδοτικά οι πραγματικές ανάγκες των κτιρίων.

Εικ.22
Ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες φθορισμού



Εικ.23
Σύγχρονα φωτιστικά σώματα

Lamps and Luminaires

The high lighting efficiency and the quality of the lamp-luminaire equipment are essential for the energy performance of the artificial lighting system. The selection of lamps must be based not only on initial cost, but also on high lamp efficacy (luminous flux/electrical power), low energy consumption, long lifetime and good colour performance index.

The proposed solutions for existing buildings include the replacement of old incandescent tungsten filament lamps with equivalent compact fluorescent lamps of lower energy consumption and much longer lifetime (fig.22), the replacement of 38mm diameter fluorescent tubes with slimmer 26mm diameter ones, and the replacement of tungsten spotlights with tungsten halogen or high pressure discharge lamps. The improvement of old luminaires is also proposed, by replacing nude, opal or prismatic covers with new reflector systems, which may reduce the necessary number of contained lamps to produce the same indoor illuminance (fig. 23). In new buildings, high frequency (20-30 kHz) electronic ballasts for fluorescent tubes should be considered in the design of the lighting system. These ballasts can receive dimming and can prevent electric current circulation through blown lamps.

Ελεγχος λειτουργίας και συντήρηση συστήματος τεχνητού φωτισμού

Η ορθολογική λειτουργία της εγκατάστασης φωτισμού διασφαλίζεται με:

- κατάλληλο έλεγχο της έναυσης/παύσης των φωτιστικών ζωνών,
- τακτικές μετρήσεις και αξιολόγηση των επιπέδων φωτεινότητας (lux) σε κρίσιμους χώρους (αίθουσες, γραφεία, διαδρόμους, βιβλιοθήκες), και
- κατάλληλο τοπικό χειροκίνητο έλεγχο ή κεντρικά καθοδηγούμενο αυτόματο έλεγχο, ο οποίος επιτυγχάνεται με τη χρήση διακοπτών, διαβαθμιστών (dimmers), χρονοδιακοπτών και πιθανά αισθητήρων φυσικού φωτός.

Με την πάροδο του χρόνου οι λαμπτήρες, τα φωτιστικά σώματα και οι επιφάνειες των χώρων λερώνονται. Επιπλέον η φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται. Ετσι, ο τακτικός καθαρισμός επιφανειών και εξοπλισμού, η προληπτική αντικατάσταση λαμπτήρων κατά τη διάρκεια περιόδων παύσης των εκπαιδευτικών εργασιών καθώς και το ξαναβάψιμο των επιφανειών χώρων με τα κατάλληλα χρώματα, είναι μέτρα που συντελούν στην ελαχιστοποίηση των απωλειών φωτεινής ροής και στην απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης φωτισμού.

Operation and Maintenance

The energy efficient operation of lighting systems is assured by:

- Regular measurement and evaluation of illuminance levels (lux) in critical spaces (classrooms, offices, corridors, libraries)
- The introduction of an appropriate control strategy of lighting zones exploiting available daylight, via local manual and / or central automatic switches, dimmers, timers and daylight sensors.

With the passing of time lamps, luminaires and room surfaces get dirty. In addition, the light output from lamps decreases. Simple cleaning of lamps and luminaires at regular intervals, substantially improves the indoor lighting quality, from the artificial lighting system. Planned relamping during holidays can ensure that lighting losses are minimised and that the lighting installation is always running efficiently. The repainting of interior ceiling and wall surfaces with soft, bright and reflective colours can also reduce the need for artificial lighting.

Γ. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

Εντοπισμός προβλήματος:
Μεγάλη διείσδυση αέρα από χαραμάδες των ανοιγμάτων

Η κακή κατασκευή και συντήρηση των ανοιγμάτων έχει ως αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη διείσδυση του αέρα όλο το εικοσιτετράωρο. Με την είσοδο του ψυχρού αέρα, όχι μόνο αυξάνονται οι θερμικές απώλειες, αλλά κυρίως δημιουργούνται ψυχρά ρεύματα τα οποία με τη σειρά τους επιφέρουν έντονο αίσθημα κρύου στους μαθητές. Συνεπώς, είτε γίνεται σπατάλη ενέργειας για την αποφυγή των συνθηκών αυτών, ή, όπως συμβαίνει συνήθως, οι θερμικές ανάγκες δεν καλύπτονται και οι μαθητές κρυώνουν.

Επέμβαση αντιμετώπισης:
Μείωση των απωλειών από χαραμάδες

Η μείωση των απωλειών απο χαραμάδες είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος μείωσης του θερμικού φορτίου. Η επέμβαση αυτή είναι αποτελεσματική για όλες τις κλιματικές ζώνες της χώρας. Αυτό σημαίνει ότι η αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων ή η αντικατάσταση με αεροστεγανά κουφώματα και πλαίσια είναι τεχνικές πρώτης προτεραιότητας. Η μείωση των απωλειών μπορεί να μειώσει το φορτίο θέρμανσης κατά ποσά που φτάνουν 6,4 kWh/m² (68%) στη ζώνη Α, 11 kWh/m² (28%) στη ζώνη Β και 19,7 kWh/m² (29%) στη ζώνη Γ. Το σφράγισμα αρμών συντελεί σημαντικά και στη μείωση του εξωτερικού θορύβου.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ:

Σφράγισμα αρμών: Η κακή συναρμογή των κινητών τμημάτων μεταξύ τους και του πλαισίου με την τοιχοποιία είναι σημαντικότατος παράγοντας στις αυξημένες απώλειες. Η μείωση των θερμικών ανταλλαγών από τις χαραμάδες λόγω της κακής συναρμογής μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση ελαστικών παρεμβυσμάτων στα σημεία συναρμογής των κινητών τμημάτων και ελαστομερών υλικών σφραγίσματος και αρμοκαλύπτρων στα σταθερά τμήματα (πλαίσια, τζάμια). Τα υλικά αυτά πρέπει να αντέχουν στην ηλιακή ακτινοβολία και στις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Αντικατάσταση κουφωμάτων: Συνιστώνται ανοιγόμενα κουφώματα, διότι είναι πιο αεροστεγανά από τα συρόμενα. Τα ανοιγόμενα περί οριζόντιο άξονα είναι καλύτερα για τον αερισμό το καλοκαίρι. Τα πλαίσια μπορεί να είναι πλαστικά ή μεταλλικά με εσωτερική θερμομόνωση και αρμό για την αποφυγή θερμογέφυρας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη συναρμογή πλαισίου και τοιχοποιίας.

Εικ.24
Κακή κατάσταση κουφώματος-χαραμάδες

C. ENERGY CONSERVATION TECHNIQUES FOR SPACE HEATING

Interventions:
Reduction of Infiltration Losses

This is achieved by sealing of window and door frames and envelope cracks, or by installation of air-tight frames. Frames which are operable round a horizontal or vertical axis have a higher air tightness than sliding ones.

This measure is a most effective means of reducing energy consumption of school buildings in all climatic zones of the country.

The reduction of infiltration heat losses results in energy conservation of 6,4 kWh/m² (68% of the building heating load) in climatic zone A, 11 kWh/m² (28%) in zone B, and 19,7 kWh/m² (29%) in zone C.

This intervention also results in a significant reduction of noise entering the classrooms.

Εντοπισμός προβλήματος: *Ανεξέλεγκτος αερισμός*

Για λόγους υγιεινής, απαιτούνται 5 εναλλαγές αέρα/ώρα μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας. Στην πραγματικότητα, επειδή δεν υπάρχει ελεγχόμενος αερισμός και ο εξαερισμός γίνεται κυρίως κατά τα διαλείμματα, με ταυτόχρονη συχνά λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, είτε η ποιότητα του αέρα δεν είναι η απαιτούμενη, είτε οι θερμικές απώλειες είναι τεράστιες και το επίπεδο θερμικής άνεσης χαμηλό.

Επέμβαση αντιμετώπισης: *Ελεγχόμενος εξαερισμός*

Ο αποτελεσματικότερος τρόπος να μειωθούν οι απώλειες από εξαερισμό, είναι αυτός να γίνεται με τρόπο ελεγχόμενο, δηλαδή μηχανικά, έτσι ώστε ο εισερχόμενος φρέσκος αέρας να μην υπερβαίνει, αλλά και να μην υπολείπεται του απαιτούμενου. Αυτό σημαίνει ότι θα λειτουργούν ανεμιστήρες καθ' όλη τη διάρκεια των ωρών λειτουργίας, αλλά δεν θα ανοίγουν τα παράθυρα κατά τα διαλείμματα.

Το χειμώνα ο φυσικός εξαερισμός με το άνοιγμα παραθύρων ή φεγγιτών οδηγεί σε ανεξέλεγκτες ποσότητες εισερχόμενου αέρα, οι οποίες εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες της κάθε μέρας.

Το καλοκαίρι ο εξαερισμός μπορεί να είναι είτε μηχανικός μέσω των ανεμιστήρων, είτε φυσικός με το άνοιγμα παραθύρων, κατά το οποίο επιτυγχάνονται πολλές εναλλαγές αέρα, οι οποίες και είναι εν γένει επιθυμητές. Αν λόγοι εξωτερικού θορύβου απαιτούν κλείσιμο παραθύρων τις ώρες λειτουργίας, συνιστάται ο μηχανικός εξαερισμός κατά τις ώρες λειτουργίας του σχολείου χειμώνα-καλοκαίρι.

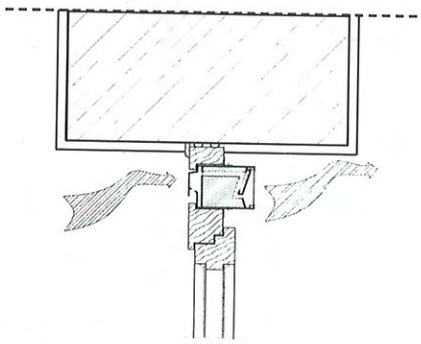
ΤΕΧΝΙΚΕΣ:

Μικροί ανεμιστήρες προσαγωγής/απαγωγής ισχύος περίπου 500 m^3/h.Συνιστάται να υπάρχουν 2 για κάθε αίθουσα, τοποθετημένοι στους δύο απέναντι τοίχους της κάθε αίθουσας, στον εξωτερικό και στον εσωτερικό προς το διάδρομο.

Σε περιοχές με ιδιαίτερο θόρυβο, συνιστώνται ηχοπαγίδες που προσαρμόζονται στα κουφώματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 27, οι οποίες προσάγουν αέρα είτε φυσικά, είτε με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Οι λύσεις αυτές όμως έχουν υψηλό κόστος, και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αν δεν υπάρχει άλλος τρόπος αντιμετώπισης του θορύβου.

Εικ.25
Ανοίγματα αίθουσας με φεγγίτες και ανεμιστήρες

Εικ.26
Ανεμιστήρας παραθύρου



Εικ.27
Ηχοπαγίδα

Controlled Ventilation

This is achieved mechanically by supply and exhaust fans of approximately 500 m^3/h, located one on each opposite side of the classrooms, which will be constantly operating during school hours. This way, the required 5 air changes per hour are met, and no additional heat losses occur, as is in the case of natural ventilation, which results in uncontrollable air changes and heat losses.

Mechanical ventilation may also be implemented during the cooling period instead of natural ventilation, in areas with high outdoor noise levels. In these areas, fan-assisted sound absorbers (fig. 27) installed on window frames may provide additional noise protection. Their cost, however, is very high.

Εντοπισμός προβλήματος:
Θερμικές απώλειες από το κέλυφος

Ολα τα αθερμομόνωτα στοιχεία των κτιρίων, ακόμα και στην περίπτωση των κτιρίων με μόνωση στους τοίχους και την οροφή (δηλαδή αμόνωτα υποστυλώματα, δοκάρια, προεξοχές) συντελούν στις αυξημένες απώλειες κατά τη διάρκεια του χειμώνα και σε αυξημένα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και εντείνουν το αίσθημα της θερμικής δυσφορίας.

Επέμβαση αντιμετώπισης:
Θερμική προστασία του κελύφους - Μονώσεις

Μονοί ή διπλοί υαλοπίνακες

Στη ζώνη Α επαρκούν και οι μονοί υαλοπίνακες, εκτός των περιπτώσεων όπου οι αίθουσες έχουν βορεινό προσανατολισμό, όπου και συνιστώνται διπλοί υαλοπίνακες. Στις άλλες δύο ζώνες (Β και Γ) συνιστώνται διπλοί υαλοπίνακες.

Μόνωση τοίχων

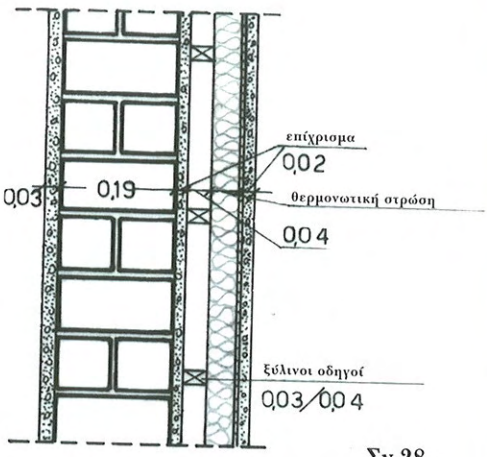
ΤΕΧΝΙΚΕΣ:

α. Εξωτερική θερμομόνωση: Στα παλιά πέτρινα κτίρια δεν προτείνεται μόνωση. Το μεγάλο πάχος των τοίχων (50-70 εκ.) έχει ως αποτέλεσμα τη μικρή συνεισφορά της προσθήκης μόνωσης στο εξωτερικό τους. Εξ' άλλου η μορφολογία τους συχνά λόγω εμφανούς τοιχοποιίας αποτρέπει τη δυνατότητα επέμβασης στο εξωτερικό των τοίχων.

Στα υφιστάμενα αμόνωτα κτίρια του ΟΣΚ κατασκευής πριν το 1980 και στα νέα κτίρια προτείνεται εξωτερικά μόνωση από υλικά μη υδρόφιλα σε πάχος περίπου 5 εκ., η οποία θα περιβάλλει όλα τα δομικά στοιχεία, τοίχους από τούβλο, υποστυλώματα και δοκούς από σκυρόδεμα. Η άλλη λύση για την περίπτωση επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια, όπου ενδεχόμενα μπορεί να κριθεί ασύμφορη η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης, είναι τοποθέτηση μιας στρώσης θερμοσοβά που θα συμβάλλει σε κάποιο βαθμό στον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό 42% (6,9 kWh/m^2) για την Α κλιματική ζώνη, 24% (12,3 kWh/m^2) για τη ζώνη Β και 17% (23,1 kWh/m^2) για τη ζώνη Γ.

β. Εσωτερική θερμομόνωση: Συνιστάται ως επέμβαση σε υφιστάμενα κτίρια της δεύτερης περιόδου (1960-1980), όπου δεν είναι δυνατή ή εύκολη η τοποθέτηση θερμομόνωσης εξωτερικά της τοιχοποιίας. Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό 57% (9,2 kWh/m^2) για την Α κλιματική ζώνη, 38% (19 kWh/m^2) για την ζώνη Β και 27% (35,6 kWh/m^2) για τη ζώνη Γ.

ΑΠΟΔΟΣΗ: 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 προστατεύεται το εξωτερικό περίβλημα από τις καιρικές μεταβολές, αλλά και διότι εξασφαλίζει μικρότερη διακύμανση εσωτερικών θερμοκρασιών και μεγαλύτερη θερμική άνεση τη θερμή περίοδο.



Σχ.28
Εξωτερική θερμομόνωση τοίχου

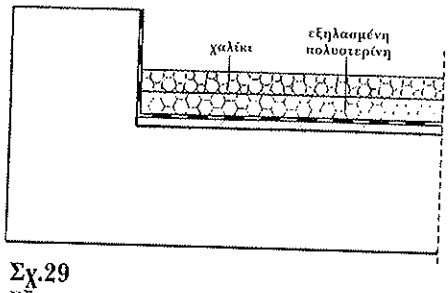
Thermal Protection of the Building Envelope: Insulation methods

Single/Double Glazing: In climatic zones B and C double glazing is required. In zone A, double glazing is recommended in north-facing classrooms.

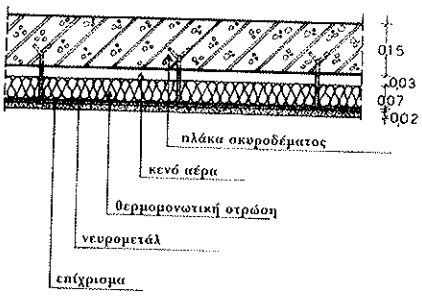
Wall Insulation: Wall insulation is recommended in buildings of concrete / brick construction. In old stone buildings it is not recommended as a refurbishment option.

- External wall insulation results in energy conservation of 6,9 kWh/m^2 (42% of the building heating load) in climatic cone A, 12,3 kWh/m^2 (24%) in cone B, and 23,1 kWh/m^2 (17%) in zone C.
- Internal wall insulation results in energy conservation of 9,2 kWh/m^2 (57% of the building heating load) in climatic zone A, 19 kWh/m^2 (38%) in zone B, and 35,6 kWh/m^2 (27%) in zone C.

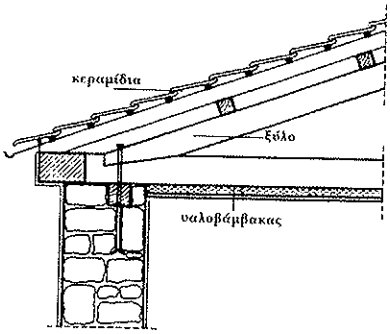
External insulation is recommended rather than internal insulation due to resulting higher thermal capacity of the walls, and therefore lower temperature variations throughout the year. Furthermore external insulation alleviates the risk of vapour condensation on the interior of walls and provides protection of the envelope from weather effects. Sandwich insulation is also a recommended option for new buildings, as long as all concrete elements are insulated externally.



Σχ.29
Εξωτερική μόνωση σε ανεστραμένο δώμα



Σχ.30
Εσωτερική μόνωση οροφής



Σχ.31
Εσωτερική μόνωση στέγης

Η λύση της ενδιάμεσης θερμομόνωσης ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, η οποία και συνήθως εφαρμόζεται, είναι επίσης καλή, αλλά πρέπει να δίνεται προσοχή στις θερμογέφυρες που προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα.

Μόνωση οροφής

ΤΕΧΝΙΚΕΣ:

α. Εξωτερική μόνωση: Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα δώματα πρέπει να είναι αδιαπέρασια από το νερό (μη υδρόφιλα). Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης για τη ζώνη Γ μπορεί να είναι 5-7 εκ., ενώ για τις ζώνες Β και Α το πάχος των 5 εκ. είναι επαρκές.

β. Εσωτερική μόνωση: Συνιστάται για τοποθέτηση κάτω από στέγες, ιδιαίτερα σε υπάρχοντα κτίρια. Τοποθετείται κάτω από την οροφή, στερεωμένη σε ξύλινες δοκίδες ή σε αναρτημένη ψευδοροφή από νεβρομετάλ. Τα υλικά κατασκευής μπορούν να είναι υδρόφιλα, προστατευμένα με φύλλα PVC ή αλουμινίου για να αποφεύγεται ο εμποτισμός τους από υδρατμούς.

Και στις δύο περιπτώσεις (εξωτερικής και εσωτερικής μόνωσης) η εξοικονόμηση ενέργειας είναι της ίδιας τάξης.Η εξωτερική μόνωση όμως, λόγω της διατήρησης θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλει στη θερμική άνεση το καλοκαίρι.Παράλληλα, συνιστάται διότι προστατεύει την κατασκευή από καταστροφές λόγω μεγάλων διακυμάνσεων της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του χρόνου.

ΑΠΟΔΟΣΗ: 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% (1,4 kWh/m²) για την Α κλιματική ζώνη, 7% (3,1 kWh/m²) για την ζώνη Β και 5% (6,1 kWh/m²) για τη ζώνη 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.

Roof Insulation: Roof insulation is recommended for raising the comfort level inside classrooms during winter and summer, but as a sole measure for reducing energy consumption it is not very effective, due to the relatively low area of the roof compared to the building envelope, coupled to the high ventilation rates. Roof insulation when possible, should be placed externally. External insulation materials should be water resistant. In existing buildings it may be placed internally, as seen in figures 30 and 31. Interval insulation materials need not be water resistant, as long as they are protected from vapour by PVC or aluminium sheets.

Roof insulation results in energy conservation of 1,4 kWh/m2 (8% of the building heating load) in climatic zone A, 3,1 kWh/m² (7%) in zone B, 6,1 kWh/m² (5%) in zone C.

In zones A and B, 5 cm of insulation is sufficient, in zone C a thickness of 5-7 cm is recommended.

Αύξηση των θερμικών κερδών με ταυτόχρονη μείωση των θερμικών απωλειών από αερισμό: *Παθητικά ηλιακά συστήματα για προθέρμανση του αέρα*

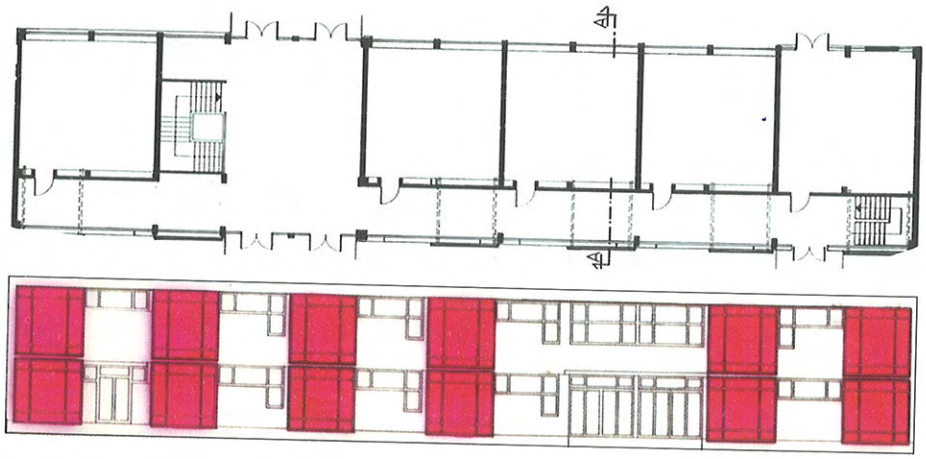
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα τα οποία είναι τα πιο κατάλληλα στη λειτουργία των σχολείων είναι το θερμοκήπιο (ή ηλιακός χώρος) και το θερμοσιφωνικό πανέλο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να προσαρτηθούν στη νότια πλευρά κτιρίων με απόκλιση μέχρι και 30° ανατολικά ή, στα σχολεία που λειτουργούν σε δύο βάρδιες και δυτικά.

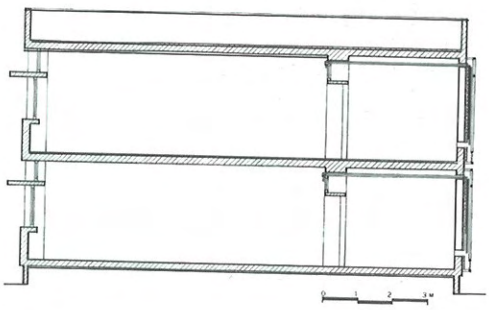
Ο ψυχρός αέρας από το περιβάλλον εισέρχεται μέσω κατάλληλων ανοιγμάτων μέσα στο παθητικό σύστημα, θερμαίνεται, και στη συνέχεια διοχετεύεται μέσω αγωγών και μικρών ανεμιστήρων στις αίθουσες διδασκαλίας.

Τα απλά συστήματα (θερμοσιφωνικά πανέλα και θερμοκήπια), που δεν προθερμαίνουν αέρα, δεν αποδίδουν ικανοποιητικά λόγω των μεγάλων απωλειών του κτιρίου από τον αερισμό, ώστε να διατηρούνται οι απαιτούμενες 5 αλλαγές αέρα την ώρα. Αντίθετα τα συστήματα αυτά, όταν προθερμαίνουν τον εισερχόμενο αέρα, αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας, συνεισφέρουν μέχρι και 40-58 kWh/m² στο φορτίο θέρμανσης ετησίως και το μειώνουν σε ποσοστό 50-85%.

α. Θερμοσιφωνικό Πανέλο που προθερμαίνει τον εισερχόμενο αέρα

ΕΝΤΑΞΗ: Προσαρτάται σε τμήματα νότιων διαδρόμων (με απόκλιση μέχρι 30° ανατολικά ή δυτικά από το Νότο), όπως φαίνεται στο σχήμα 32. Επίσης μπορεί να προσαρτηθεί σε κλιμακοστάσια ή τυφλούς νότιους τοίχους αιθουσών. Δεν συνιστάται να τοποθετείται απευθείας στις κύριες όψεις των αιθουσών, διότι τότε περιορίζεται η επιφάνεια των ανοιγμάτων.





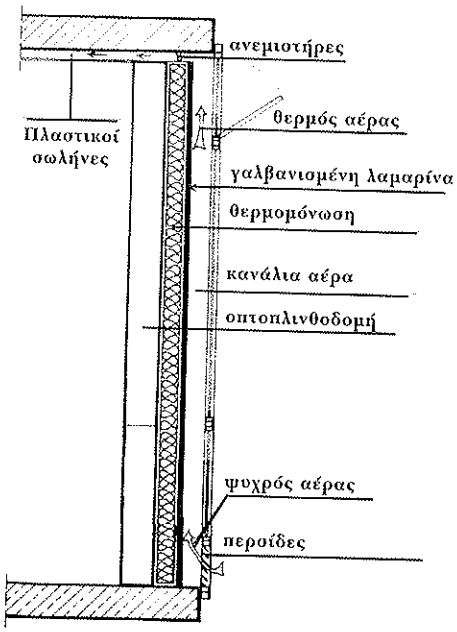
Σχ.32
Προσάρτηση θερμοσιφωνικού πανέλου σε σχολείο με νότιο κλειστό διάδρομο

Increase of Solar Gains and Reduction of Ventilation Heat Losses: Passive Solar Systems for Preheating of Incoming Air

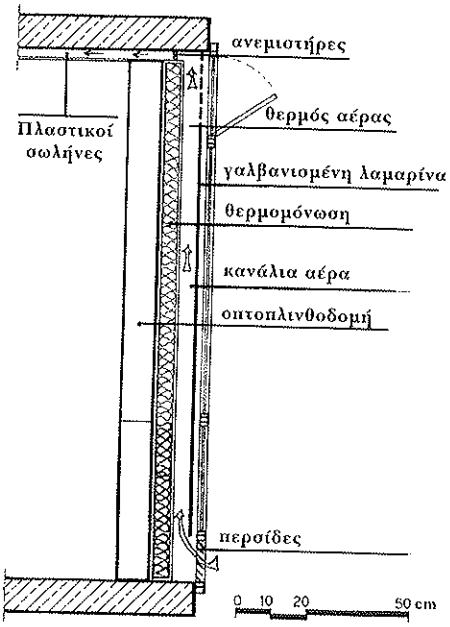
The passive solar systems which are most appropriate to the operation of schools are the thermosyphoning air panel (TAP) and the sunspace. These systems may be attached to south sides of schools, or with a deviation of 30 degrees towards east. These systems are used for preheating the required fresh air before it enters the classrooms. The cold winter air enters the TAP or sunspace through appropriate vents, is heated via solar radiation and finally enters the classrooms through vents or ducts located at the top of the classroom wall.

a. Thermosyphoning Air Panel (TAP): It is placed on parts of corridors or on walls without windows. It may not be placed on the main sides of classrooms.
Fig. 32 gives an indicative integration of a TAP system on a south-facing corridor.

The TAP system is constructed from an insulating layer in contact with the wall, a collector surface (corrugated metal decking or expanded metal lath painted dark) in contact with (fig. 33, front pass type) or at a distance from (fig. 34, back pass type) the wall, and external glazing externally, which has vents for allowing the entrance of fresh air. The dual pass panel (fig. 35) is the most effective type of TAP.



Σχ.33
Θερμοσιφωνικό πανέλο απλής διόδου



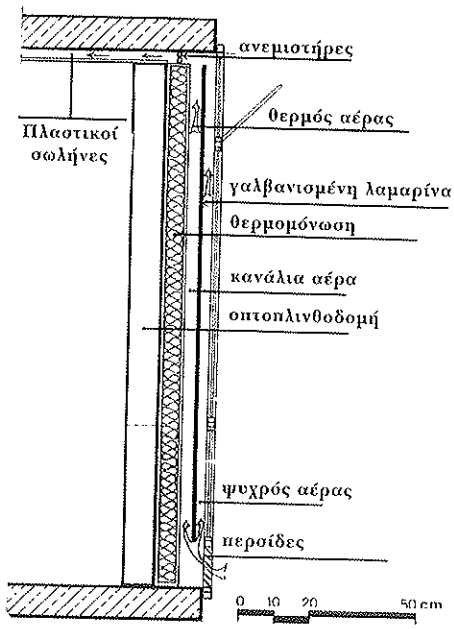
Σχ.34
Θερμοσιφωνικό πανέλο απλής διόδου

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Το πανέλο κατασκευάζεται σε επιλεγμένα τμήματα νότιων τοίχων (συνήθως διαδρόμων) καθ' όλο το ύψος του ορόφου.

Κατασκευάζεται από θερμομονωτική στρώση σε επαφή με τον τοίχο, απορροφητική επιφάνεια σε επαφή ή σε απόσταση από τη μόνωση (ώστε να δημιουργείται κενό για την προς τα πάνω κίνηση του θερμού αέρα) και εξωτερικά τοποθετείται υαλοστάσιο, του οποίου το κάτω μέρος φέρει περσίδες ή φεγγίτη ανοιγόμενο, που επιτρέπει την είσοδο του φρέσκου αέρα (σχ. 33,34,35).

Το υλικό απορρόφησης είναι από μέταλλο με πτυχώσεις (αυλακοειδής λαμαρίνα), διάτρητη λαμαρίνα ή μεταλλικές περσίδες και πρέπει να είναι κατά προτίμηση βαμμένο μαύρο ή σκούρο, για καλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η βαφή της μεταλλικής επιφάνειας πρέπει να είναι ανθεκτική και σε θερμοκρασίες γύρω στους 100°C. Η πιό αποδοτική μορφή θερμοσιφωνικού πανέλου είναι εκείνη με τη διπλή δίοδο, όπου το ρεύμα του αέρα διέρχεται και από τις δύο πλευρές της απορροφητικής επιφάνειας, όπως φαίνεται στο σχημα 35.

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ: Ο ψυχρός αέρας εισέρχεται από ανοιγόμενο τμήμα ή θυρίδες στο κάτω μέρος του υαλοστασίου, θερμαίνεται και κυκλοφορεί μέσω αγωγών στο επάνω τμήμα του διαχωριστικού τοίχου του προς τις αίθουσες υποβοηθούμενος από μικρό ανεμιστήρα. Ο αέρας της αίθουσας εξέρχεται μέσω ανεμιστήρα απαγωγής προς το περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της νύχτας οι θυρίδες του πανέλου παραμένουν κλειστές και η λειτουργία του διακόπτεται.



Σχ.35
Θερμοσιφωνικό πανέλο διπλής διόδου

During winter, fresh cold air enters through the vents at the bottom of the panel, is heated and circulated through ducts via a fan to the classroom. The air of the classroom is extracted via an exhaust fan. During summer, the dampers remain shut and dissalow air circulation towards the classroom. If there is an opening on the top of the TAP glazing, the panel is vented in order to avoid overheating. Shading of the TAP by a roller blind or another system is also recommended.

The TAP system which preheats incoming air presented in figure 32 results in energy conservation of 5,6 kWh/m² (45% of the building heating load) in climatic zone A, 12,8 kWh/m² (31%) in zone B, 41,5 kWh/m² (36%) in zone C.

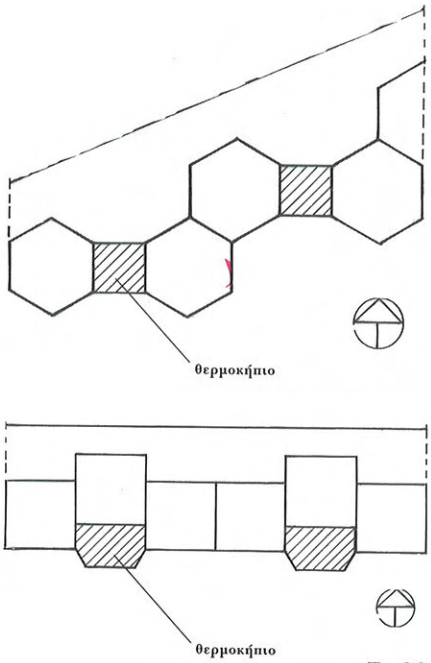
ΘΕΡΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ: Το καλοκαίρι η θερμοσιφωνική λειτουργία του πανέλου διακόπτεται με κλείσιμο των θυρίδων. Αν υπάρχει άνοιγμα και στο πάνω τμήμα του υαλοστασίου του πανέλου, μπορεί με ταυτόχρονο άνοιγμα των πάνω και κάτω ανοιγμάτων το πανέλο να αερίζεται. Επί πλέον, η σκίαση του πανέλου με τέντα η άλλο σκίαστρο, μειώνει τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς την επιβάρυνση του εξωτερικού τοίχου.

ΑΠΟΔΟΣΗ: Το πανέλο το οποίο παρουσιάζεται στο σχήμα 32, εξοικονομεί ενέργεια της τάξεως του 45% (5,6 kWh/m²) στη ζώνη Α, 31% (12,8 kWh/m²) στη.ζώνη Β και 36% (41,5 kWh/m²) στη ζώνη Γ.

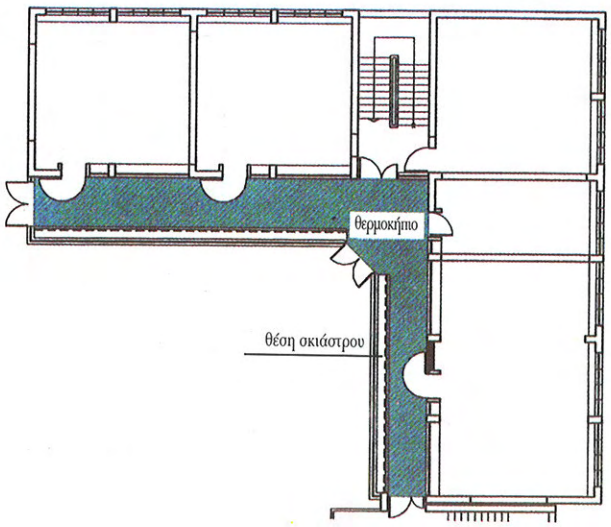
β. Θερμοκήπιο που προθερμαίνει τον εισερχόμενο αέρα

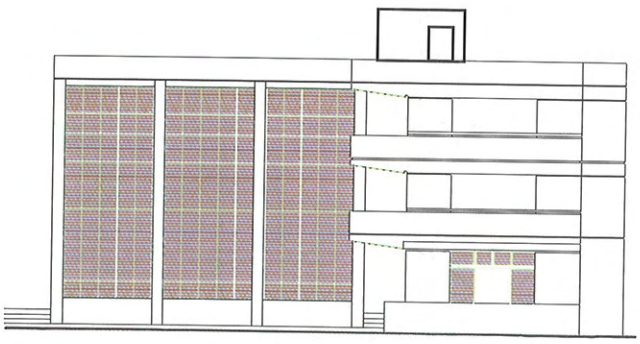
ΕΝΤΑΞΗ: Το θερμοκήπιο είναι η ιδανική λύση για μετατροπή ανοικτού διαδρόμου σε κλειστό, σε υφιστάμενα σχολεία όπου οι αίθουσες βλέπουν περίπου στο νότο (σχ. 37). Εξασφαλίζει φρέσκο προθερμασμένο αέρα και μείωση των θερμκών απωλειών, χωρίς να περιορίζει ιδιαίτερα τον φωτισμό των αιθουσών. Σε νέα κτίρια το θερμοκήπιο μπορεί να αποτελέσει διάδρομο προς νότο ή να τοποθετηθεί και σε άλλες διατάξεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 36.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Το θερμοκήπιο που κατασκευάζεται με το κλείσιμο των ανοικτών διαδρόμων σε υπάρχοντα κτίρια, συνιστάται να αποτελείται από ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο που τοποθετείται σε απόσταση 40 εκ. περίπου από την άκρη του εξώστη-διαδρόμου. Το ύψος του μπορεί να αρχίζει από το έδαφος, φτάνοντας μέχρι το ανώτερο σημείο του κτιρίου, μπορεί όμως το θερμοκήπιο να δημιουργηθεί και τμηματικά στους ορόφους. Στις πλαϊνές πλευρές (ανατολική και δυτική) καλό είναι να υπάρχουν ανοιγόμενα τμήματα.Αποτελείται από μεταλλικό σκελετό με κατακόρυφους ορθοστάτες και οριζόντιες μεταλλικές δοκούς. Στα κενά του σκελετού τοποθετούνται κουφώματα αλουμινίου με σταθερά και ανοιγόμενα τμήματα.



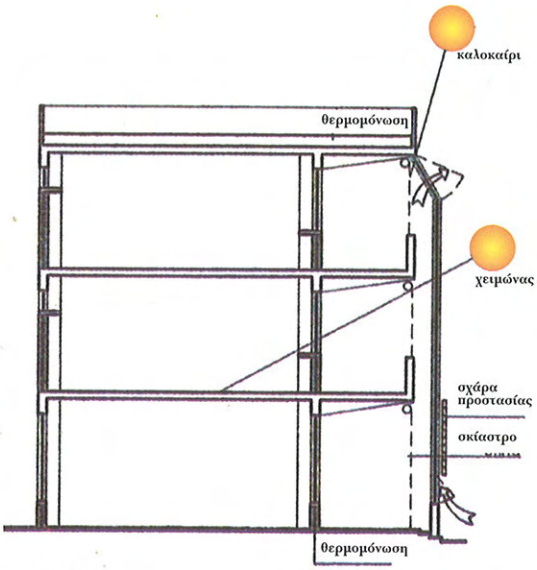
Σχ.36
Διατάξεις σχολείων με θερμοκήπια ενταγμένα στο σχεδιασμό



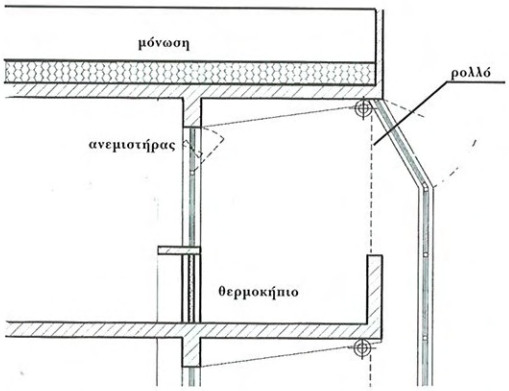


Σχ.37
Προσάρτηση θερμοκηπίου σε σχολείο με ανοιχτό διάδρομο

b. Sunspace: In existing buildings with an open corridor, the corridor may be converted to a closed one in the form of a sunspace (fig. 36). In new buildings sunspaces may be integrated in the building design (fig. 37). In the case of existing buildings glazing may be placed at a distance of about 40 cm from the edge of the corridor and balcony, covering the full height of the building (fig. 38),



Σχ.38
Θέση και λειτουργία θερμοκηπίου



Σχ.39
Θέση σκιάστρου στο θερμοκήπιο

Στο κάτω και πάνω μέρος δημιουργούνται φεγγίτες που ανοίγουν. Για την καλύτερη ροή του αέρα η πάνω σειρά των φεγγιτών μπορεί να έχει κλίση περίπου 60-70°. Η δημιουργία δύο σειρών φεγγιτών είναι απολύτως απαραίτητη για το θερινό εξαερισμό του θερμοκηπίου. Στο κάτω μέρος του θερμοκηπίου μπορεί να τοποθετηθούν ανεμιστήρες, οι οποίοι να εισάγουν τον απαιτούμενο φρέσκο αέρα ώστε να εξασφαλίζονται 5 εναλλαγές την ώρα σε κάθε αίθουσα.

Το στηθαίο του διαδρόμου προτείνεται να είναι κατασκευασμένο από εμφανές μπετόν με ύψος περίπου 90 cm και πάχος 10 cm. Όταν υπάρχει κιγκλίδωμα, είναι καλό να αντικατασταθεί με στηθαίο από συμπαγές υλικό. Για την προστασία των υαλοστασίων από τη χρήση τοποθετείται στο κάτω μέρος του υαλοστασίου και μέ ύψος μέχρι περίπου 3 m, μεταλλική σχάρα προστασίας με κενά 12 cm περίπου.

Στον ενδιάμεσο τοίχο μεταξύ αιθουσών και θερμοκηπίου ανοίγονται, αν δεν υπάρχουν, φεγγίτες πάνω από τα πρέκια των θυρών και θυρίδες με περσίδες στο κάτω μέρος του τοίχου ή της πόρτας για τη διευκόλυνση της ροής του αέρα. Αθόρυβοι ανεμιστήρες στους πάνω φεγγίτες ή στο πάνω μέρος του τοίχου ελέγχουν τη ροή αέρα προς την αίθουσα.

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ: Κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν ο ήλιος προσπίπτει στη γυάλινη επιφάνεια, θερμαίνει τον αέρα του θερμοκηπίου, ο οποίος κινείται προς τα επάνω και εισέρχεται μέσω των φεγγιτών στην αίθουσα. Ταυτόχρονα ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο περνάει από την κάτω θυρίδα. Μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται στο δάπεδο του θερμοκηπίου και στο διαχωριστικό τοίχο και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Ο φρέσκος αέρας απ' έξω εισέρχεται στο θερμοκήπιο μέσω ανοιγόμενων τμημάτων ή θυρίδων στο κάτω μέρος του θερμοκηπίου και μπορεί να υποβοηθείται από ανεμιστήρα. Τη νύχτα κλείνουν οι θυρίδες και οι φεγγίτες και η θέρμανση του χώρου συνεχίζεται με την ακτινοβολούμενη από τους τοίχους θερμότητα.

ΘΕΡΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ: Ο δροσισμός του θερμοκηπίου είναι απαραίτητος σε όλες τις ζώνες το Σεπτέμβριο, Μάϊο και Ιούνιο και για μεγαλύτερα διαστήματα για την Α και Β ζώνη. Ο αερισμός του θερμοκηπίου, ο οποίος γίνεται με άνοιγμα τμημάτων στο επάνω και στο κάτω μέρος του υαλοστασίου επαρκεί για τη δημιουργία καλών συνθηκών κατά το καλοκαίρι, αρκεί να εφαρμόζονται ταυτόχρονα οι απαιτούμενες τεχνικές φυσικού δροσισμού στις αίθουσες (σκίαση και αερισμός).

Το θερμοκήπιο μπορεί να σκιαστεί με τέντα, όπως φαίνεται στο σχήμα 39, ιδιαίτερα όταν συνορεύει με αίθουσα που δεν φωτίζεται μέσω αυτού. Συνήθως όμως, ο καλός εξαερισμός του επαρκεί στο να μην υπάρχει υπερθέρμανση λόγω του θερμοκηπίου. Παράλληλα, το κόστος της εγκατάστασης τέντας είναι αρκετά υψηλό και η συνεισφορά της σκίασης του θερμοκηπίου στη δημιουργία συνθηκών άνεσης είναι μικρή σε σχέση με το κόστος.

ΑΠΟΔΟΣΗ: Το θερμοκήπιο που προσαρτάται σε κτίριο με ανοικτό διάδρομο, μετατρέποντάς τον σε κλειστό, αποδίδει μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου της τάξεως του 85% (12,8 kWh/m²) στη ζώνη Α, 55% (25,6 kWh/m²) στη ζώνη Β και 47% (57,8 kWh/m²) στη ζώνη Γ.

During winter the fresh air enters from vents at the bottom of the sunspace, is heated and enters the classrooms through openings or vents at the top of the connecting wall. During the night all openings and vents remain closed.

During summer the sunspace should be vented by openings at the top and bottom (fig. 38). Additonally a roller blind may be placed for summer shading (fig. 39), but its cost is relatively high. Furthermore, the air temperature inside the classroom during the hours of operation is not significantly raised in the case of an unshaded sunspace, as long as the sunspace and the classroom are well ventilated, and classroom windows are shaded by venetian blinds.

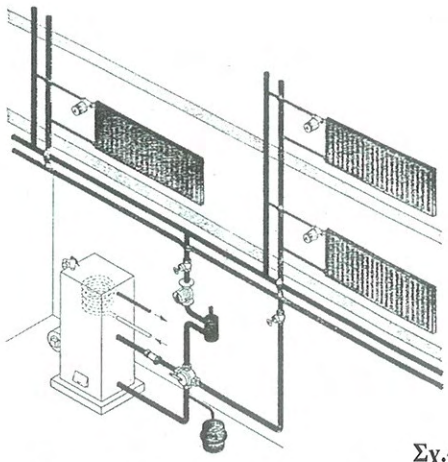
The sunspace described results in energy conservation of 12,8 kWh/m² (85% of the building heating load) in climatic zone A, 25,6 kWh/m² (55%) in zone B, and 57,8 kWh/m² (47%) in zone C.

Εντοπισμός προβλήματος:
Ακατάλληλος εξοπλισμός, κακή συντήρηση και μη ορθολογική λειτουργία συστημάτων θέρμανσης

Πολλά από τα παλαιότερα κτίρια (προ του 1960) κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές της περιφέρειας, θερμαίνονται τοπικά και άρα ανομοιόμορφα με απλές σόμπες πετρελαίου ή ξύλων. Στις τυπολογίες του Ο.Σ.Κ. με εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης ο εξοπλισμός παραγωγής και διανομής θερμότητας (λέβητες, καυστήρες, θερμαντικά σώματα, δίκτυο) είναι συχνά υπερδιαστασιολογημένος, ασυντήρητος, αλλοιωμένος με την πάροδο του χρόνου και χωρίς πρόβλεψη τοπικών διατάξεων απλού αυτόματου ελέγχου της λειτουργίας του.

Συνήθως το σύστημα θέρμανσης χώρων λειτουργεί για λίγες μόνο ώρες το πρωί με προκαθορισμένο χειροκίνητο (on/off) τρόπο και χωρίς οποιαδήποτε θερμοστατική ρύθμιση σε σχέση με τις ιδιαιτερότητες χρήσης των χώρων και τις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες.

Έτσι, άλλοτε αυτό λειτουργεί όταν δεν είναι απολύτως απαραίτητο, ενώ άλλοτε η θερμοκρασία στους χώρους πέφτει σε επίπεδα πολύ χαμηλότερα των αποδεκτών ορίων θερμικής άνεσης.



Σχ.40
Εφαρμογή 4-οδης βαλβίδας ανάμιξης και τοπικών θερμοστατικών διακοπτών σε εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης

Επέμβαση αντιμετώπισης:
Βελτιστοποίηση εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης

Μια σειρά από μέτρα που θα αναβαθμίσει τη λειτουργία της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, πρέπει να περιλαμβάνει τακτικούς ελέγχους κατάστασης του εξοπλισμού και του δικτύου θερμού νερού, συχνές μετρήσεις των παραμέτρων καύσης, διανομής θερμού νερού στο δίκτυο και θερμικής άνεσης στους χώρους καθώς και διορθωτικές ενέργειες και ίσως αντικατάσταση παλαιού, μη αποδοτικού κεντρικού εξοπλισμού παραγωγής θερμότητας.

Ελεγχοι κατάστασης:

Οι έλεγχοι στο λεβητοστάσιο θα πρέπει να επικεντρώνονται σε πιθανές διαρροές νερού, καυσίμου και καυσαερίων, στην καθαριότητα των επιφανειών θερμικής συναλλαγής μεταξύ καυσερίων και νερού στο λέβητα, στην καθαριότητα φίλτρων καυσίμου και αέρα, στην κατάσταση της θερμομόνωσης του λέβητα και των σωληνώσεων νερού και στην ακρίβεια και κατάσταση των υπαρχόντων ενδεικτικών οργάνων, αισθητήρων και ρυθμιστικών διατάξεων.

Η ύπαρξη ενός ελάχιστου αποθέματος ανταλλακτικών για επείγουσες επισκευές (μπέκ έγχυσης καυσίμου, ρουλεμάν κυκλοφορητών, διακόπτες σωμάτων κ.α.) πρέπει να εξασφαλίζεται με μέριμνα του δήμου και του διευθυντή του σχολείου.

Μετρήσεις λειτουργικών παραμέτρων:

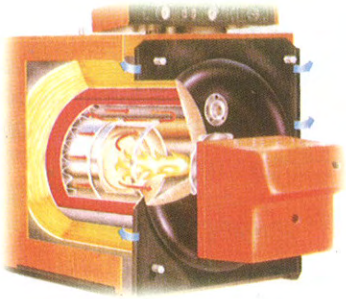
Οι περιοδικές μετρήσεις για τη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης, θα πρέπει να προσδιορίζουν τη στάθμη του καυσίμου, τη θερμοκρασία και τη σύσταση των καυσαερίων

Optimisation of the Central Heating System

Measures which optimise the operation of the central heating system should include regular inspection, periodic measurements of combustion, hot water distribution and room comfort parameters as well as corrective actions and possible replacement of old, inefficient heat production equipment.

Inspection of plant condition: Checks should be effected for possible water, fuel and flue gas leakages, for the cleanliness of boiler heat exchange surfaces and fuel and air filters, for the state of boiler and main pipework and for the state and accuracy of existing gauges, sensors and regulating devices.

Measurement of operation parameters: Regular measurements should indicate the tank fuel level, the flue gas exhaust temperature and concentration, the hot water supply and return temperatures in main pipes and typical radiators and finally the room temperature and relative humidity in typical areas.



Σχ.41
Σύγχρονοι λέβητες υψηλής απόδοσης (>90%) και χαμηλής θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων

Σχ.42
Σύγχρονος πολυβάθμιος καυστήρας διπλού καυσίμου (diesel, φυσικού αερίου)

(CO_2, CO, αιθάλη) και μέσω αυτών τον βαθμό απόδοσης του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα, τις θερμοκρασίες προσαγωγής και επιστροφής νερού σε κύριους συλλέκτες και χαρακτηριστικά θερμαντικά σώματα και τέλος τη θερμοκρασία και υγρασία σε τυπικούς χώρους.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών θα πρέπει να συγκρίνονται με τις προδιαγραφές του εξοπλισμού, με τις ρυθμίσεις των διατάξεων ελέγχου και με τις απαιτήσεις θερμικής άνεσης στους κατοικημένους χώρους.

Διορθωτικές ενέργειες - αναβάθμιση εξοπλισμού:

Τα τεχνικά μέτρα βελτιστοποίησης της εγκατάστασης θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα εξής:

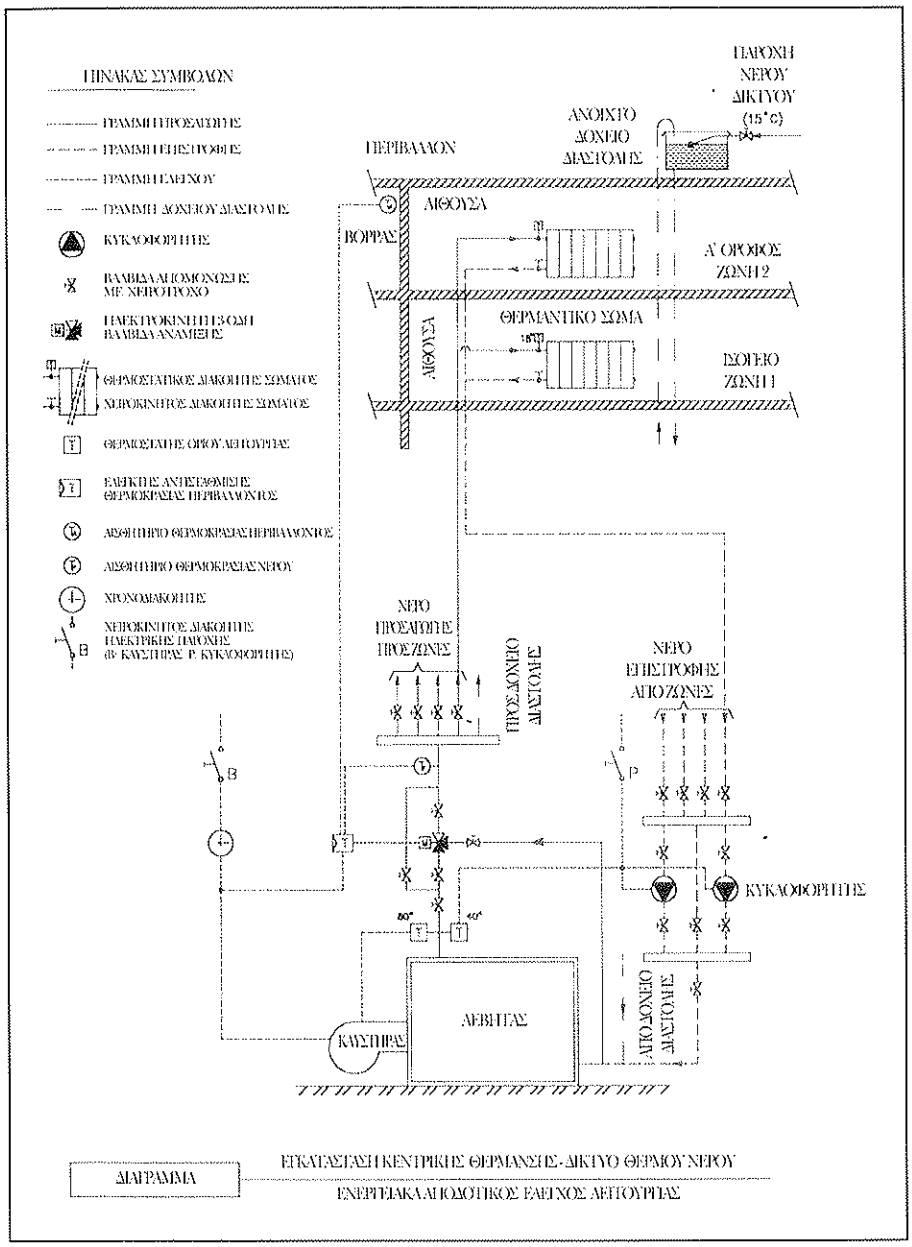
- Προοδευτική μείωση της θερμοκρασίας προσαγωγής θερμού νερού στο δίκτυο, για θέρμανση χώρων, έως τη χαμηλότερη επιτρεπτή τιμή για εξασφάλιση της θερμικής άνεσης στους χώρους.
- Προοδευτική μείωση της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων (όχι κάτω από το σημείο δρόσου των περιεχομένων υδρατμών), που συνεπάγεται μείωση των θερμικών απωλειών μέσω θερμών καυσαερίων, μέσω της μείωσης της εγχυόμενης, στην εστία καύσης, ποσότητας υγρού καυσίμου (diesel). Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με αντικατάσταση των υπαρχόντων εγχυτήρων (μπέκ) καυσίμου με νέους μικρότερης διαμέτρου έγχυσης.
- Αντικατάσταση φθαρμένης θερμομόνωσης ή προσθήκη νέας εκεί όπου αυτή λείπει, σε λέβητες και κύριους συλλέκτες διανομής θερμού νερού.
- Ρύθμιση της ροής θερμού νερού ανάλογα με το φορτίο θέρμανσης, μέσω της λειτουργικής σύνδεσης των κυκλοφορητών με τους καυστήρες εν αργία και μέσω της εφαρμογής δικτύου ανακυκλοφορίας με τρίοδες ή τετράοδες βαλβίδες αναμίξεως ελεγχόμενες από αισθητήρια θερμοκρασίας.
- Εγκατάσταση χρονοδιακοπτών, διακοπτών ροής, θερμοστατών χώρου ή/και εξωτερικής θερμοκρασίας ή πιο εξελιγμένων αυτόματων ελεγκτών (optimizers), με σκοπό την συσχέτιση των κλιματολογικών συνθηκών και των συνθηκών χρήσης του κτιρίου με την λειτουργία της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης.
- Εγκατάσταση τοπικών θερμοστατικών βαλβίδων σε θερμαντικά σώματα ισχύος μεγαλύτερης από 1 kW το καθένα για να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα του αυτόματου ελέγχου με αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Αντικατάσταση πεπαλαιωμένων καυστήρων diesel με νέους πολυβάθμιους διπλού καυσίμου (diesel/ φυσικό αέριο, όπου είναι δυνατό).
- Αντικατάσταση πεπαλαιωμένων λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (>90%) και χαμηλής θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων. Η θερμική ισχύς των λεβήτων αυτών πρέπει να είναι τέτοια που να εξασφαλίζει, όσο το δυνατό περισσότερο, τη λειτουργία του λέβητα σε πλήρες φορτίο, κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.

Corrective actions - Equipment upgrading:

Technical measures for the optimization of central heating systems include:

- Progressive reduction of supply hot water temperature for space heating down to the level of maintaining minimum thermal comfort conditions indoors.
- Reduction of flue gas exhaust temperature (not below 80°C), through the reduction of fuel quantity input by replacing burner injectors with new ones of smaller injecting diameter.
- Replacement of damaged or addition of new thermal insulation on boiler door and side surfaces and on main supply and return pipework.
- Water flow regulation according to demand through pump interlock with resting burners and the application of three or four way mixing motorized valves commanded by temperature sensors (fig. 40, 43).
- Installation of time and flow switches, room and/or ambient air temperature thermostats or more sophisticated optimizers (fig. 43).
- Installation of local thermostatic radiator switches to each radiator of a capacity bigger than 1 kW, (fig. 43).
- Replacement of old burners with new, dual fuel (diesel oil, natural gas) modular injection ones (fig. 42).

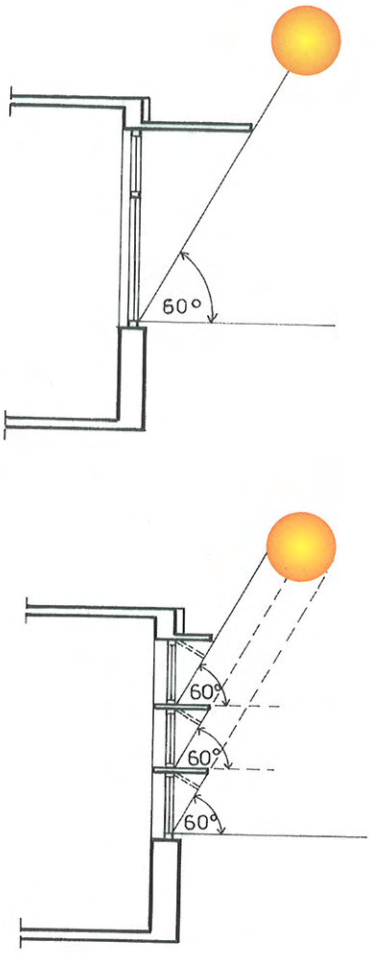
Για τα νεοανεγειρόμενα κτίρια, η ηλεκτρομηχανολογική μελέτη της κεντρικής θέρμανσης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις πιο πάνω παραμέτρους ορθολογικού σχεδιασμού της εγκατάστασης, συνυπολογίζοντας στον έλεγχο λειτουργίας του συστήματος τη συμβολή των παθητικών ηλιακών συστημάτων.



Σχ.43
Ενεργειακά αποδοτικός αυτόματος έλεγχος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης

- Replacement of old boilers with new high heating efficiency and low exhaust gas temperature ones with a heating capacity (kcal/h or kW) adequate to provide a full-load boiler operation for most of the heating season (fig.41).
- Replacement of old boilers with new high heating efficiency and low exhaust gas temperature ones with a heating capacity (kcal/h or kW) adequate to provide a full-load boiler operation for most of the heating season (fig.41).

For new schools, the design of central heating system should consider all the above parameters as well as the potential of passive solar systems in the central heating control philosophy.



Σχ.44
Γεωμετρία οριζόντιων σκιάστρων για νότιο προσανατολισμό σε γεωγραφικό πλάτος 38-36° (τομή)

Δ. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Το θέμα του δροσισμού είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς ο αυξημένος αριθμός των μαθητών μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη θερμοκρασία κατά μεγάλες περιόδους, δηλαδή από την άνοιξη ώς και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου, ιδιαίτερα στην Α και στη Β κλιματική ζώνη.

Επιπλέον, η μη πρόβλεψη Η/ Μ συστήματος δροσισμού / κλιματισμού σημαίνει ότι, άν δεν επαρκούν οι φυσικές μέθοδοι δροσισμού, οι συνθήκες μέσα στις αίθουσες θα παραμένουν δυσμενείς. Ο ορθός σχεδιασμός και λειτουργία των συστημάτων παθητικού και υβριδικού δροσισμού, αποτελεί επέμβαση μέγιστης προτεραιότητας, καθώς το αποτέλεσμα θα είναι η θερμική άνεση μέσα στους χώρους, τα οφέλη της οποίας δεν μπορούν να αποτιμηθούν ποσοτικά.

Εντοπισμός προβλήματος: ***Ανεπαρκής σκίαση και αερισμός το καλοκαίρι:*** Παρ' όλο που προβλέπονται τέτοια συστήματα (εξωτερικά σκίαστρα, κουρτίνες, άνοιγμα παραθύρων, εξαεριστήρες παραθύρων) συχνά είναι ανεπαρκή είτε ως προς το σχεδιασμό είτε ως προς τη λειτουργία τους, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των χώρων και τη δυσφορία των ατόμων κατά τις θερμές περιόδους.

Επεμβάσεις αντιμετώπισης: Οι επεμβάσεις αντιμετώπισης αφορούν στη μείωση των ηλιακών κερδών με τεχνικές σκίασης, στο δροσισμό των κτιρίων με φυσικό αερισμό κατά τις ώρες μη λειτουργίας, και στη βελτίωση των συνθηκών άνεσης με φυσικό εξαερισμό και με ανεμιστήρες οροφής.

Σκίαση: Η μείωση των θερμικών κερδών μέσω της σκίασης των ανοιγμάτων, είναι ουσιαστικότατη για την αποκατάσταση της θερμικής άνεσης όλες τις θερμές περιόδους. 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 κινητά σκίαστρα και με συνδυασμό εξωτερικών /εσωτερικών σκιάστρων.

Η σκίαση είναι πιο αποτελεσματική όταν γίνεται πριν εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβισθεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους, άρα τα εξωτερικά σκίαστρα προτιμώνται των εσωτερικών. 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. Συνεπώς, ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος σκιασμού των ανοιγμάτων είναι η χρήση εξωτερικών κινητών σκιάστρων. Επειδή όμως τα εξωτερικά σκίαστρα με κινητές περσίδες είναι εν γένει ιδιαίτερα ακριβά, εναλλακτικά προτείνεται σταθερή εξωτερική σκίαση σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια. Η εξωτερική σταθερή σκίαση (οριζόντια για νότια ανοίγ-

D. INCREASE OF THERMAL COMFORT DURING THE COOLING PERIODS

Cooling of spaces is crucial, as the high number of pupils inside the classroom results in increased internal gains, and therefore, a relatively larger cooling period, from spring to autumn. Furthermore, no mechanical cooling system is specified, and as the existing natural ventilation and shading is usually inefficient, discomfort occurs during the cooling period. The measures proposed are adequate shading, ventilation during the unoccupied hours, and use of ceiling fans, in order to assure comfort conditions in schools of all three climatic zones. Shading devices should always remain lowered during the hours of non-operation of the buildings.

Shading: Shading of building openings is essential for achieving thermal comfort conditions during all warm periods. Exterior shading is most recommended, and so are moveable shading devices, so as to control incoming solar radiation regardless of the period of year. Exterior movable shading devices are generally very expensive, and, alternatively, exterior permanent devices coupled to internal moveable devices (i.e. venetian blinds) are recommended.

For south orientation horizontal, while for east and west vertical, shading devices are recommended. For the case of east and south orientations and for classrooms well ventilated during the unoccupied hours, internal venetian blinds may suffice.

ματα και κατακόρυφη για ανατολικά/δυτικά) με τις κατάλληλες αναλογίες εξασφαλίζει τη στοιχειώδη ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων τη θερινή περίοδο και τον ηλιασμό κατά το χειμώνα, ενώ τα εσωτερικά στόρια συμπληρώνουν τη λειτουργία της όταν αυτή δεν επαρκεί, και παράλληλα συντελούν και στην αποφυγή της θάμβωσης. Τα κινητά σκίαστρα θα πρέπει τις θερμές περιόδους να μένουν χαμηλά και κατά τις ώρες μη λειτουργίας.

Στον ανατολικό προσανατολισμό, εάν η αίθουσα αερίζεται καλά κατά τη διάρκεια της νύχτας και συνεπώς, οι πρωινές θερμοκρασίες δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές (σε αντίθεση με τις αίθουσες που επιβαρύνονται θερμικά στη δύση από το μεσημέρι και μετά), μπορεί να επαρκούν απλώς οι οριζόντιες εσωτερικές περσίδες, χωρίς επιπρόσθετη εξωτερική σκίαση, ιδιαίτερα στην κλιματική ζώνη Γ, που έχει τις μικρότερες ανάγκες σε δροσισμό. Το ίδιο εν γένει ισχύει και για το νότιο προσανατολισμό. Ο βόρειος προσανατολισμός δεν έχει ιδιαίτερη ανάγκη σκίασης. Ειδικότερα οι συνιστώμενες τεχνικές συνοψίζονται παρακάτω:

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΤΑΘΕΡΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ: 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 σκίαστρου και του κατωφλίου του ανοίγματος γωνία ύψους 55° για γεωγραφικό πλάτος 40° και 60° για γεωγραφικό πλάτος 36°, όπως φαίνεται στο σχήμα 44.

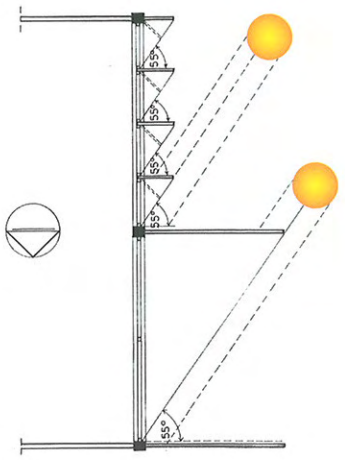
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΤΑΘΕΡΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ: Συνιστώνται για Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα η κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Το μήκος της προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των 55°, για όλα τα γεωγραφικά πλάτη της χώρας, όπως φαίνεται στο σχήμα 45.

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

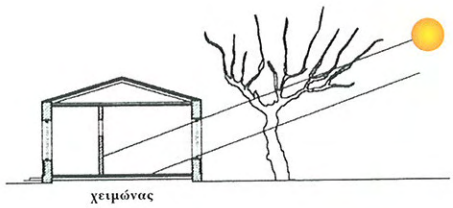
ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΙΝΗΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ: Συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς. Η προτεινόμενη λύση για τη λειτουργία των σχολείων είναι βενετικά στόρια, κατά προτίμηση κινούμενα σε οδηγούς, γιά λόγους καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής.

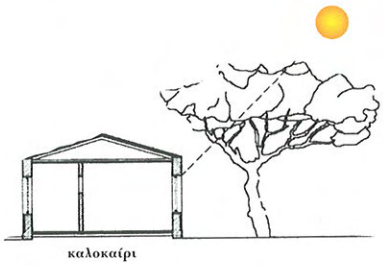
ΕΙΔΙΚΑ ΔΙΑΤΡΗΤΑ ΡΟΛΛΑ: Μιά τεχνική, η οποία είναι κατάλληλη για όλους τους προσανατολισμούς, είναι ειδικά διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται εξωτερικά ή και εσωτερικά. Το ύφασμα αυτών των ρολλών αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου, σε αραιή λεπτή ύφανση, που μειώνουν την εισερχόμενη ακτινοβολία έως και 70-80% και συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της θάμβωσης, ενώ επιτρέπουν μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Έχουν όμως ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

ΣΚΙΑΣΗ ΑΠΟ ΔΕΝΤΡΑ: Στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό πολύ αποτελεσματική είναι και η σκίαση, η οποία επιτυγχάνεται με φυλλοβόλα δέντρα (σχ. 46). Πρέπει όμως να σημειωθεί και η σημασία της βλάστησης για τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος γύρω από τα σχολικά κτίρια, σημαντικό τόσο για την επίτευξη της θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους, όσο και για την εξασφάλιση καλών και ευχάριστων συνθηκών στον αύλειο χώρο.



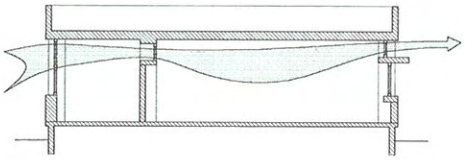
Σχ.45
Γεωμετρία κατακόρυφων σκιάστρων για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό (κάτοψη)





Σχ.46
Χρήση φυλλοβόλων δένδρων για σκίαση το καλοκαίρι

For North orientation no shading devices are recommended.
Horizontal exterior permanent or fixed shading devices: Recommended for South orientation. They may be in the form of overhangs or reflective shelves or louvers. The edge of the shading device should form an angle of 55° for geographic latitude of 40°, and 60° for a latitude of 36°, to the lower part of the window, as seen in fig. 44.
Vertical exterior permanent or fixed shading devices: Recommended for East and West orientation. Their length is determined by the angle of 55°, as seen in fig. 45, for all latitudes of the country.
Exterior moveable shading devices: Metal or rarely plastic louvers, horizontal for south, and vertical for east/west orientations, with manual or automatic control.
Interior moveable shading devices: Recommended for South, East, and West orientations. The technique proposed is venetian blinds, moving on rails for better operation and longer lifetime.
Special solar control blinds: These devices consist of a fabric of thin, dense weaving, made of fibreglass, plastic or aluminium. They reduce incoming radiation and glare, while allowing partial view. Their cost, however is very high.
Shading by trees: For east and west orientations shading by deciduous trees is very effective. The positive effect of trees to the school microclimate should also be considered.



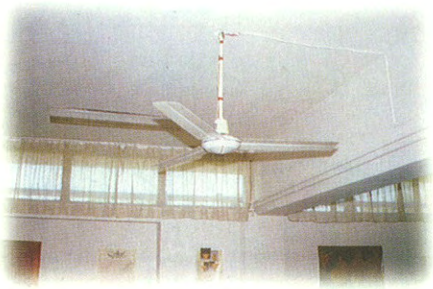
Σχ.47
Φυσικός εξαερισμός αίθουσας με ταυτόχρονο άνοιγμα αμφίπλευρων φεγγιτών

Αυξημένος αερισμός τις ώρες μη λειτουργίας

Οι απαιτούμενες 5 εναλλαγές αέρα την ώρα κατά τις ώρες λειτουργίας των σχολείων είναι επαρκείς για τη δημιουργία άνετων θερμικά συνθηκών μέσα στις αίθουσες, αρκεί να συνδυάζονται με τον καλό εξαερισμό των κτιρίων κατά τις υπόλοιπες ώρες. Αυτές οι 5 αλλαγές μπορεί να επιτευχθούν και με φυσικό διαμπερή αερισμό, που επιτυγχάνεται με ταυτόχρονο άνοιγμα παραθύρων και φεγγιτών, ενδέχεται δε αυτό να επιφέρει και μεγαλύτερες αλλαγές, οι οποίες δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα τις συνθήκες άνεσης, αντίθετα έχουν και ευχάριστο αποτέλεσμα, καθώς τα αυξημένα ρεύματα αέρα εντείνουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης.

Σε περίπτωση όπου εξωτερικοί θόρυβοι επιβάλλουν κλειστά παράθυρα, συνιστάται ο μηχανικός εξαερισμός κατά τις ώρες λειτουργίας, όπως και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τις ώρες μη λειτουργίας επιβάλλεται ο διαμπερής φυσικός εξαερισμός, ο οποίος μπορεί να εξασφαλιστεί με ταυτόχρονο άνοιγμα φεγγιτών και από τις δύο πλευρές των αιθουσών, δηλαδή των φεγγιτών στο επάνω μέρος των παραθύρων και των φεγγιτών προς τον διάδρομο. Θα πρέπει βέβαια να εξασφαλιστεί ο αντίστοιχος αερισμός και στους διαδρόμους, ώστε να εκτονώνεται η θερμότητα προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ανεμιστήρες οροφής



Σχ.48
Ανεμιστήρας οροφής σε αίθουσα

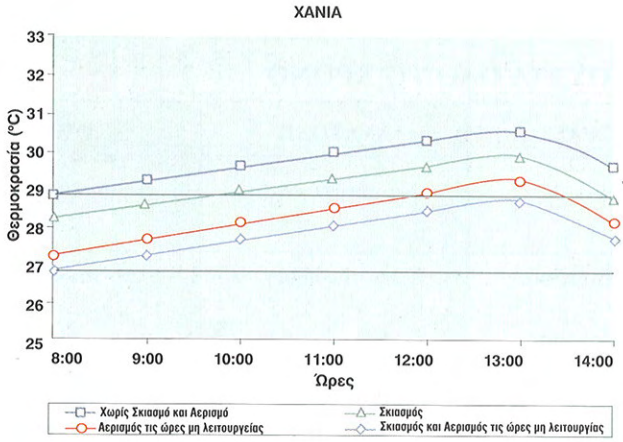
Στις κλιματικές ζώνες Α και Β ο φυσικός εξαερισμός και η σκίαση δεν επαρκούν για την επίτευξη θερμικής άνεσης μέσα στις αίθουσες. Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με επιτυχία με την απλή λύση της χρήσης ανεμιστήρων οροφής. Ενας ανεμιστήρας ηλεκτρικής ισχύος 100-200 Watt τοποθετημένος στο κέντρο της κάθε αίθουσας αρκεί για να φέρει τις θερμικές συνθήκες σε επίπεδα άνεσης σχεδόν όλη την ημέρα, όταν βέβαια συνδυαστεί με την επαρκή σκίαση και το σωστό φυσικό εξαερισμό. Αυτό συμβαίνει διότι ενώ το όριο θερμικής άνεσης σε ένα φυσικά δροσιζόμενο κτίριο είναι για τις θερμές περιόδους στους 27°C, όταν υπάρχει ανεμιστήρας οροφής, λόγω των ρευμάτων του αέρα που απάγουν θερμότητα από τα άτομα που βρίσκονται στους χώρους, το όριο άνεσης ανεβαίνει πάνω από τους 29 °C δηλαδή, το αίσθημα άνεσης επιτυγχάνεται σε υψηλότερη θερμοκρασία.

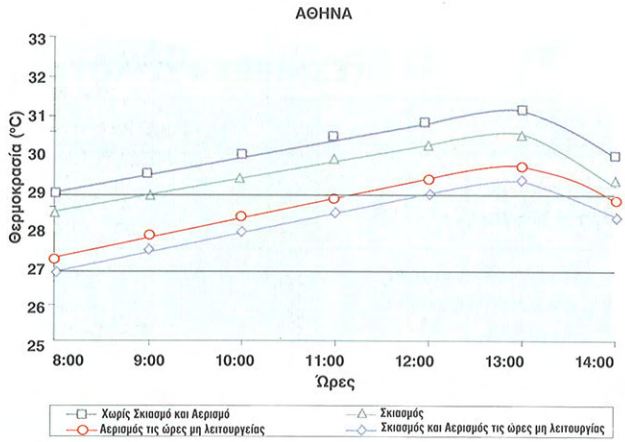
Στην κλιματική ζώνη Γ οι ανεμιστήρες οροφής δεν είναι απαραίτητοι, καθώς η κατάλληλη σκίαση και ο φυσικός εξαερισμός εν γένει επαρκούν για τη δημιουργία συνθηκών άνεσης το καλοκαίρι.

Increased Ventilation: During the hours of operation the required 5 air changes per hour, provide an adequate ventilation rate, as long as they are combined by all-day shading and increased ventilation during the hours of non-occupation. These air changes may be achieved by means of natural cross ventilation via open windows and skylights, or by the supply and exhaust fans used also during winter time, especially in areas with high noise level. Increased ventilation rates during the hours of non-occupation of the buildings may be achieved by opening skylights located on both sides of the classrooms, and on the exterior walls of corridors.

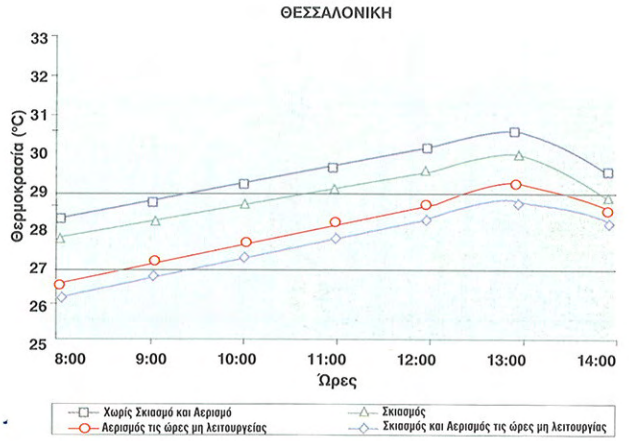
Ceiling Fans: In climatic zones A and B, the combination of shading plus natural ventilation is not sufficient for achieving thermal comfort inside the classrooms. The problem may be eliminated by the use of ceiling fans, the use of which raise the comfort level inside the spaces from 27°C to 29°C.

In climatic zone C ceiling fans are not required, as comfort conditions inside the classrooms are generally under 27°C.





Τα διαγράμματα παρουσιάζουν τη διακύμανση της θερμοκρασίας μέσα σε αίθουσα διδασκαλίας κατά τις ώρες λειτουργίας σε σχολείο του τύπου με κλειστό διάδρομο στα Χανιά, την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Παρουσιάζεται η θερμοκρασία σε κτίριο ασκίαστο, σε σκιασμένο κτίριο, σε κτίριο που αερίζεται κατά τις ώρες μη λειτουργίας και σε κτίριο με συνδυασμό σκίασης και αυξημένου αερισμού. Στα Χανιά και στην Αθήνα οι θερμοκρασίες σε κτίριο που συνδυάζει σκίαση και αερισμό κυμαίνονται μεταξύ 27 και 29° C, γεγονός που οδηγεί στην αναγκαιότητα του ανεμιστήρα οροφής, ενώ στη Θεσσαλονίκη οι αντίστοιχες θερμοκρασίες που προκύπτουν είναι κάτω από 27° C, που αποδεικνύει την μη αναγκαιότητα των ανεμιστήρων οροφής σε περιοχές με δροσερό καλοκαίρι.



Σχ.49
Εσωτερικές θερμοκρασίες σε αίθουσα με και χωρίς συστήματα φυσικού δροσισμού

In the diagrams above the interior temperature fluctuation inside a classroom during the hours of occupancy is presented for a school of the 'Closed corridor' typology in the cities of Chania, Athens, and Thessaloniki, the cities representative of the three climatic zones. The resulting temperature is presented for an unshaded and shaded, classroom, for a classroom with increased ventilation during hours of non-occupation, and in a classroom with both shading and increased ventilation. In the first two cities, for the last case, temperatures fall between 27 and 29°C, while in Thessaloniki, they are below 27°C.

ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

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

ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ									
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α			ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β			ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ 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

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α			ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β			ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ		
		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
			kWh/m2	%		kWh/m2	%		kWh/m2	%
ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	Ανεμιστήρες (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	
ΑΕΡΟΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	Σφράγισμα αρμών	Σε παλιά καλής κατάστασης κουφώματα	3,1 - 6,4	33 - 68	Σε παλιά καλής κατάστασης κουφώματα	5 - 11	18 - 28	Σε παλιά καλής κατάστασης κουφώματα	12,5-19,7	14 - 29
	Αεροστεγανά κουφώματα	Σε νέα κτίρια και σε κουφώματα υπό αντικατάσταση	3,1 - 6,4	33 - 68	Σε νέα κτίρια και σε κουφώματα υπό αντικατάσταση	5 - 11	18 - 28	Σε νέα κτίρια και σε κουφώματα υπό αντικατάσταση	12,5-19,7	14 - 29
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	Διπλοί	Δεν απαιτούνται	0,8 - 1,7	7 - 20	ΝΑΙ	2,2 - 3,3	5 - 11	ΝΑΙ	4,7 - 7,8	4 - 8
ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	Εξωτερική	ΝΑΙ για λόγους προστασίας του κελύφους και για καλύτερη θερμική άνεση	6,9	42	ΝΑΙ για λόγους προστασίας του κελύφους και για καλύτερη θερμική άνεση	12,3	24	ΝΑΙ για λόγους προστασίας του κελύφους και για καλύτερη θερμική άνεση	23,1	17
	Εσωτερική	Εν γένει ΟΧΙ, προτιμάται η εξωτερική	9,2	57	Εν γένει ΟΧΙ, προτιμάται η εξωτερική	19	38	Εν γένει ΟΧΙ, προτιμάται η εξωτερική	35,6	27
ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ	Εξωτερική	Προτείνεται για λόγους θερμικής άνεσης	0,2 - 1,4	2 - 8	Προτείνεται για λόγους θερμικής άνεσης	0,4 - 3,1	2 - 7	Προτείνεται για λόγους θερμικής άνεσης	1,4 - 6,1	1 - 5
ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	Θερμοσιφωνικό πανέλο	Για διαδρόμους περίπου νότιου προσαν/σμού και τυφλούς τοίχους	5,6	45	Για διαδρόμους περίπου νότιου προσαν/σμού και τυφλούς τοίχους	12,8	31	Για διαδρόμους περίπου νότιου προσαν/σμού και τυφλούς τοίχους	41,5	36
	Θερμοκήπιο	Κυρίως για μετατροπή ανοιχτών διαδόμων σε κλειστούς	12,8	85	Κυρίως για μετατροπή ανοιχτών διαδόμων σε κλειστούς	25,6	55	Κυρίως για μετατροπή ανοιχτών διαδόμων σε κλειστούς	57,8	47
ΟΛΕΣ ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΩΣ	Σφρ. αρμών + δ. τζάμια + μονώσεις + παθητικό σύστ.		11,1 - 15	92 - 100		31,1 - 38,1	58 - 75		81,9 - 82,5	68 - 71

ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ - ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α			ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β			ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ		
	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
		kWh/m^2	%		kWh/m^2	%		kWh/m^2	%
Περιοδικός έλεγχος κατάστασης εξοπλισμού, οργάνων λεβητοστασίου και δικτύου διανομής	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε παλαιές εγκαταστάσεις	0.2-0.6	4-6	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε παλαιές εγκαταστάσεις	1.1-2	4-6	Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά σε παλαιές εγκαταστάσεις	3.3-5	4-6
Μηνιαίες μετρήσεις παραμέτρων κατανάλωσης καυσίμου και θερμικής άνεσης χώρων	Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις		
Μείωση θερμοκρασίας προσαγωγής θερμού νερού στο δίκτυο και εγχυόμενης ποσότητας καυσίμου	Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις		
Θερμομόνωση λέβητα και δικτύου διανομής θερμού νερού	Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις		
Αυτόματος έλεγχος με χρονοδιακόπτη και αντισταθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας μέσω 3-οδης βαλβίδας ανάμιξης, αισθητηρίων και ολοκληρωμένου ελεγκτή. Τοπικοί θερμοστατικοί διακόπτες σε θερμαντικά σώματα ισχύος ≥1KW	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις	0.3-0.8	6-10	Σε όλες τις περιπτώσεις	1.7-2.8	6-10	Σε όλες τις περιπτώσεις	5.3-7.2	6-10
	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις			Σε όλες τις περιπτώσεις		
Νέοι καυστήρες διπλού καυσίμου (diesel, αέριο) με πολλές βαθμίδες έγχυσης	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις	0.2-0.8	5-7	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις	1.4-2.2	5-7	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις	4.4-6.1	5-7
Νέα συγκροτήματα λεβήτων υψηλής απόδοσης (≥90%) και χαμηλής θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων	Σε νέες εγκαταστάσεις	0.6-1.8	10-15	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις	3.3-5.6	10-15	Σε όλες τις περιπτώσεις με την οικονομική ενίσχυση της πολιτείας και ειδικά για τις παλαιές εγκαταστάσεις	10.3-14.7	10-15

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ				
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ
		ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ
ΣΚΙΑΣΗ	Οριζόντια σταθερά πετάσματα ή περσίδες	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς
	Οριζόντιες εξωτερικές 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 στόρια	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
	Ηλιοαπορροφητικά ρολά	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς
ΦΥΣΙΚΟΣ ή ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΟΣ* ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ * πρέπει να εξασφαλίζονται 5 αλλαγές τις ώρες λειτουργίας για λόγους υγιεινής	Αυξημένος αερισμός (10 αλλαγές την ώρα) τις ώρες μη λειτουργίας	Επιβάλλεται	Επιβάλλεται	Επιβάλλεται
	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

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑ ΣΧΟΛΕΙΑ

Η διασφάλιση της ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των σχολικών κτιρίων και των εγκατεστημένων σε αυτά ενεργειακών συστημάτων, πρέπει να ενταχθεί σε ένα σχέδιο δράσης της κάθε σχολικής διεύθυνσης σε συνεργασία με την αρμόδια για την εποπτεία των σχολείων υπηρεσία του κάθε δήμου ή κοινότητας της χώρας. Το σχέδιο δράσης αυτό θα πρέπει να περιλαμβάνει τον ορισμό ενός (ή περισσότερων) ειδικού μηχανικού ως Ενεργειακού Διαχειριστή, τον καθορισμό ενός ετήσιου προϋπολογισμού ενεργειακών δαπανών για κάθε σχολείο, τη συλλογή και ανάλυση ενεργειακών στοιχείων για τα σχολεία και τέλος το σχεδιασμό και τον έλεγχο εφαρμογής ενός προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης και συντήρησης των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Ο Ενεργειακός Διαχειριστής θα επιθεωρεί την λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων και την κατάσταση των στοιχείων του κελύφους των σχολικών κτιρίων, θα συντονίζει μία ομάδα τεχνικών συντήρησης, θα υπολογίζει και θα παρακολουθεί σε μόνιμη βάση την κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης θα προτείνει και θα αξιολογεί μέτρα νοικοκυρέματος καθώς και μεσοπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα μέτρα τα οποία θα συντελέσουν στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων.

Ο ετήσιος προϋπολογισμός ενεργειακών δαπανών θα πρέπει να βασίζεται στην ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης περασμένων ετών και σε εκτιμήσεις ή/και μετρήσεις της παρούσας ενεργειακής ζήτησης, στη συγκριτική ανάλυση της κατανάλωσης σχολικών κτιρίων της ίδιας κλιματικής ζώνης, τα οποία έχουν ομοειδή κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά, καθώς και στην ηλικία και φυσική κατάσταση των υπαρχόντων ενεργειακών συστημάτων.

Η συλλογή ενεργειακών στοιχείων για κάθε σχολείο θα πρέπει να αποτελείται από λογαριασμούς και τιμολόγια ηλεκτρικού, καυσίμων και νερού, από αποτελέσματα μετρήσεων σε θερμικά και ηλεκτρικά δίκτυα στο κτίριο, από κατάλογο εξοπλισμού με εγκατεστημένες ισχείς, από θερμικά χαρακτηριστικά δομικών υλικών και τέλος από το καθεστώς κατοίκησης και το καθεστώς λειτουργίας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων.

Το πρόγραμμα τεχνικών ενεργειών ενεργειακής διαχείρισης θα πρέπει να περιλαμβάνει διαρκείς και περιοδικές Ενεργειακές Επιθεωρήσεις (energy audits) του κελύφους και των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου, βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων αυτών καθώς και πιθανές τεχνοοικονομικές μελέτες εφαρμογής των προκυπτουσών δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας μέσης και μεγάλης περιόδου αποπληρωμής της σχετικής επένδυσης. Η αποτελεσματικότητα του προγράμματος θα πρέπει να αξιολογείται με βάση την σύγκριση του συνολικού κόστους των πραγματοποιημένων επεμβάσεων σε μία χρονιά σε σχέση με τον αρχικά διατιθέμενο προϋπολογισμό και με βάση τον έλεγχο του ενεργειακού και οικονομικού οφέλους εξαιτίας αυτών των επεμβάσεων.

ENERGY MANAGEMENT IN SCHOOLS

The manager of each school in cooperation with the technical department of municipalities should apply an action plan which includes the designation of an expert engineer as the Energy Manager of one or a group of schools, the establishment of the school annual energy budget, the collection and analysis of energy data and the design of a specific programme for energy management and systems maintenance. The effectiveness of this programme should be evaluated through the techno-economic benefits which result .from any applied energy conservation options in relation to the available annual energy budget. This budget must be based on the analysis of the previous years energy consumption and its comparison with the consumptions of other schools of similar construction as well as on the age and condition of existing energy systems.

The Energy Manager should coordinate the execution of periodic energy audits of the school building shell and services, the work of maintenance personnel and the monitoring of thermal and electric energy demand, whilst also proposing and evaluating housekeeping measures or long term options for energy conservation, through regular reports and specific techno-economic studies.

Το Πρόγραμμα Συντήρησης θα πρέπει να προβλέπει προληπτικούς ελέγχους εξοπλισμού, λιπάνσεις, καθαρισμούς (λέβητες, καπνοδόχοι, φωτιστικά σώματα), αντικατάσταση λαμπτήρων, φίλτρων, ρουλεμάν, μπέκ έγχυσης καυσίμου κλπ. και επίσης διορθωτικές επισκευές τμημάτων και εξαρτημάτων εξοπλισμού καθώς και ύπαρξη των απαιτούμενων ανταλλακτικών. Οι ενέργειες αυτές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη υπάρχοντα κατασκευαστικά σχέδια και τεχνικές προδιαγραφές, σχέδια εγκατεστημένου εξοπλισμού και οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης κατασκευαστών εξοπλισμού. Υπάρχοντες κατάλογοι εταιριών συντήρησης και κατασημάτων προμήθειας ανταλλακτικών θα πρέπει να λαμβάνονται επίσης υπόψη.

Οι διαδικασίες συντήρησης θα πρέπει να προσδιορίζουν το χρόνο, τη συχνότητα και την αλληλουχία, εναύσεων/παύσεων εξοπλισμού, τη μεθοδολογία και τα σημεία ελέγχου της λειτουργίας του, τον τρόπο καταγραφής διαφόρων παρατηρήσεων, τις ρυθμίσεις, την καταγραφή και αποθήκευση δεδομένων, τα σημεία και τη συχνότητα ελέγχων, τις διαδικασίες επισκευών και τον τρόπο αναφοράς των αποτελεσμάτων της συντήρησης.

Energy data for each school consists of fuel invoices, electricity bills, results of measurements effected in thermal and electric systems, equipment lists with installed power, thermal characteristics of construction elements and occupancy-services operation regime.

The maintenance programme should specify preventive equipment checks, lubrications, cleaning (boiler, chimney, lighting) and replacement of lamps, filters, bearings, fuel injectors etc., as well as corrective repairs of parts or group of equipment and spare parts provision. Proper maintenance actions lie on existing equipment technical specifications , shop drawings and installation instructions. Any existing lists of service companies and spare parts providers are to be concidered.

Maintenance procedures should determine the time, frequency and sequence of equipment starts and stops, the points and methodology of the inspection of equipment operation, the way of recording and reporting of different observations and finally the repairs procedure.

ΧΡΗΣΙΜΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- *"Τεχνική και οικονομική μελέτη για την αποκατάσταση σχολικών κτιρίων με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για την βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης"*, Κ.Α.Π.Ε, Τελική έκθεση του έργου SAVE με αριθμό συμβολαίου 4.1031/93-76, 1995.
- Goulding J.R., Lewis J.O., Steemers T.C., *'Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για Αρχιτέκτοντες'*, Μαλλιάρης-Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994.
- Goulding J.R., Lewis J.O., Steemers T.C.,*'Energy in Architecture, the European Passive Solar Handbook'*, London, Batsford for the European Commission, 1993.
- Baker N., Fanchiotti A., Steemers T.C., Eds., *'Daylighting in Architecture: A European Reference Book'*, London, James and James for the European Commission, 1993.
- *"European Passive Solar Components'*, Catalogue, DG XII.
- Balaras C., *'A Guide for Energy Conservation in School Buildings'*, C.I.E.N.E., Department of Applied Physics, University of Athens, 1994.
- Yannas, S. Editor, *'Design of Educational Buildings, 1 Primer'*, European Commission DG XII., Archiectural Association Graduate School, London 1995.
- Yannas, S. Editor, *'Design of Educational Buildings, 2 Examples'*, European Commission DG XII., Architectural Association Graduate School, London 1995.
- Yannas, S., *'Design of Educational Buildings, Climate Responsive Architectural Design Portfolios'*, European Commission DG XII.
- Maxibroehure *'Energy Efficient Lighting in Schools'*, BRECSU (OPET), CEC/DG XVII - Programme THERMIE.
- *'Εξοικονόμηση Ενέργειας στις Εγκαταστάσεις Κεντρικής Θέρμανσης'*, ΚΑΠΕ, CEC/DG XVII - Πρόγραμμα SAVE, 1996.
- *'Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Δημόσια Κτίρια'*, Εργαστ. Οικοδομικής ΑΠΘ, Δομοτεχνική, ΚΕΔ, CEC/DG XVII - Πρόγραμμα SAVE, 1996.

EDITORS

Evi Tzanakaki, Kostas Lytras

This publication presents in brief the results of the project: *"Technical and Economic Assessment of the Refurbishment of School Buildings for Energy Efficiency and Improvement of Thermal and Visual Comfort Conditions"*.
The project was carried out by the Passive Solar and Hybrid Systems Department of CRES, in the framework of the SAVE Programme (Contract number 4.1031/93-76), and funded by the Directorate-General for Energy (DG XVII) of the European Commission and by the General Secretariat for Energy of the Ministry of Development of Greece.

The following contributions have been made to the project:

- Building refurbishment design: Prof. E. Andreadaki-Chronaki, J. Kalligeris, M. Konstantinidou, G. Arabatzis, G.Papadopoulos
- Energy analysis of the architectural solutions: E. Tzanakaki, Dr. G. Economides
- Daylighting systems design: Prof. E. Andreadaki-Chronaki
- Energy conservation in building services and energy management scheme: K. Lytras
- Economic assessment of solutions: K. Lytras
- Short term monitoring of school buildings: M. Katsanouli

The project was coordinated by E. Athanassakos, Head of the Passive Solar and Hybrid Systems Department of CRES.

Κ.Α.Π.Ε.
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - 19° χλμ. Λεωφ. Μαραθώνος, 190 09 Πικέρμι Αττικής, Τηλ.: (01) 6039900, Fax: 6039904-5

C.R.E.S.
Centre for Renewable Energy Sources - 19th km, Athens - Marathon Ave., Pikermi 190 09, Athens Greece, Tel.: (01) 6039900, Fax: 6039904-5

ΚΑΜΠΥΛΗ