

ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ, ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ & ΕΠΙΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ

Γρηγόρης Οικονομίδης

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 19^ο χλμ. Λεωφ.Μαραθώνα, 19009 Πικέρμι Αττικής,
τηλ. 010 6039900, e-mail groiko@cres.gr

Κλειώ Αξαρχλή, Φανή-Ελένη Βιολιντζή, Κωνσταντίνος Λάσκος

Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24 Θεσσαλονίκη,
τηλ. 0310 995616, e-mail: axarfi@civil.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αναλύεται η ενεργειακή συμπεριφορά του Εμπορικού Κέντρου Δομικών Υλικών και Εξοπλισμού Eurotech, στη Θέρμη Θεσσαλονίκης. Αυτό το, από ενεργειακή σκοπιά, πρότυπο κτίριο που είναι εξοπλισμένο με σημαντικές ενεργειακές τεχνολογίες, επιδοτήθηκε, για την κατασκευή του, από το ΚΑΠΕ με το χρηματοδοτικό σχήμα, «χρηματοδότηση από τρίτους».

Σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο της προσπάθειας για την ενίσχυση του βιοκλιματικού σχεδιασμού στη χώρα μας, παίζει η εξακρίβωση της καλής λειτουργίας του κτιρίου Eurotech, με τον προσδιορισμό της ενεργειακής συμπεριφοράς του και του βαθμού της ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων που εφαρμόστηκαν, η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται καθώς και οι εσωκλιματικές συνθήκες που αναπτύσσονται στους χώρους του κτιρίου.

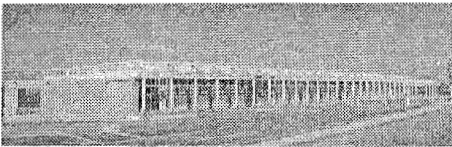
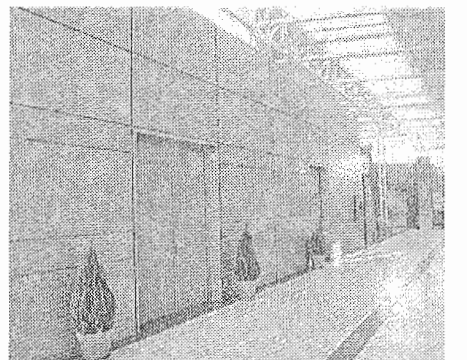
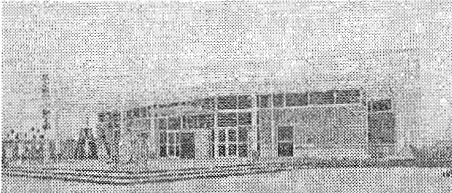
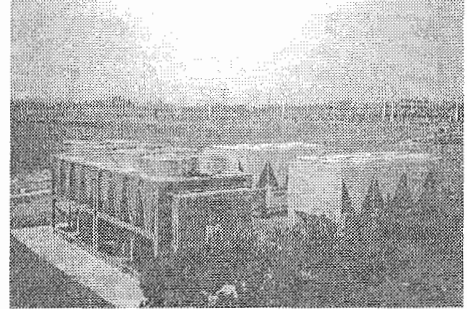
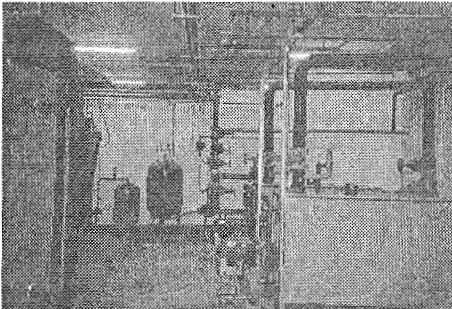
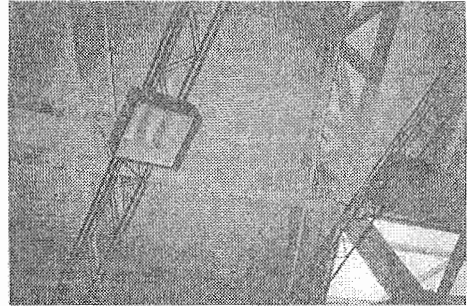
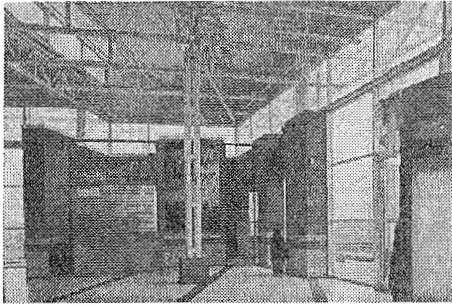
Το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου καθώς και διάφορα εναλλακτικά σενάρια βιοκλιματικού σχεδιασμού και παρεμβάσεων, όπως αυτά προέκυψαν από επιτόπου καταγραφές και μετρήσεις, ενεργειακές επιθεωρήσεις και από προσομοιωτικές αναλύσεις, αναλύονται και αξιολογούνται, ώστε να προσδιοριστεί η συμβολή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των τεχνολογικών συστημάτων που εφαρμόστηκαν, στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Κέντρο Δομικών Υλικών και Τεχνολογίας Eurotech που βρίσκεται στη Θέρμη Θεσσαλονίκης είναι ένα επιδεικτικό κτίριο βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, που κατασκευάστηκε με την υποστήριξη και τη συμβολή του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΕΠΕ). Ειδικότερα, το ΚΑΠΕ εφάρμοσε για πρώτη φορά το χρηματοδοτικό σχήμα «χρηματοδότηση από τρίτους (Τ.Ρ.Φ.)», επιδοτώντας το επιπλέον κόστος των ενεργειακών τεχνολογιών, και αποσκοπώντας στην αποπληρωμή του με βάση την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε.

Το κτίσμα είναι μονώροφο με υπόγειο. Το σχήμα του είναι επίμηκες ορθογωνικό με μικρές εσοχές. Έχει γενικές διαστάσεις 132,65x33,17m, μέσο ύψος 6.50 m, μέγιστο ύψος 7,50m και συνολικό εμβαδόν ορόφου 4120,13m². Ο κύριος άξονας του κτιρίου έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ με απόκλιση κατά 22^ο35' από τον άξονα Β-Ν. Λειτουργεί ως Εμπορικό Κέντρο Δομικών Υλικών και Εξοπλισμού και έχει δυνατότητα να στεγάσει συνολικά 71 καταστήματα, με σχεδόν ισάριθμες αποθήκες στο υπόγειο, ένα συνεδριακό κέντρο, καθώς και χώρο υποδοχής, γραφείο διοίκησης και καφετέρια ¹.

¹Το κτίριο μελετήθηκε το 1993-1994 και κατασκευάστηκε το 1994-97. Η αρχιτεκτονική μελέτη έγινε από τα αρχιτεκτονικά γραφεία Αλ. Τομπάζη και Π. Μακρίδη, η στατική μελέτη από τον πολιτικό μηχανικό Ι. Παύλιο, και η Η/Μ μελέτη από τους μηχανολόγους Π. Κικίδη, Δ. Μπόζη, και Γ. Καμίτη.



Η εξωτερική τοιχοποιία του ισογείου στο μεγαλύτερο μέρος της είναι δικέλυφη. Αποτελείται από διπλή σειρά εμφανούς πλινθοδομής με θερμομόνωση εξηλασμένη πολυστερίνη, πάχους 5 cm, στον πυρήνα. Η πλινθοδομή είναι κατασκευασμένη με πλήρη τούβλα. Αυτή είναι η βασική διατομή του κελύφους, η οποία διαφοροποιείται σε κάποιες θέσεις, ανάλογα με τις κατασκευαστικές ανάγκες. Η κάλυψη της οροφής έγινε με πάνελ πολουρεθάνης σε λευκό χρώμα. Αυτά αποτελούνται από δύο ειδικά διαμορφωμένα φύλλα λαμαρίνας με πλάκα πολουρεθάνης πάχους 6,0 cm στο εσωτερικό τους. Στα οριζόντια πάνελ της οροφής έχει επιστρωθεί στεγανωτικό φύλλο γκρίζου χρώματος, για το οποίο υπήρχε πρόβλεψη κάλυψής του με λευκή επίστρωση που δεν ολοκληρώθηκε στην κατασκευή. Το εμβαδόν των τριών βασικών δομικών στοιχείων, που αποτελούν το περιμετρικό κέλυφος του ισογείου, δίνεται στον πίνακα 1. Αναγράφεται επίσης και το ποσοστό συμμετοχής τους, ανάλογα με το μέγεθός τους, στο συνολικό κέλυφος του κτιρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Δομικό στοιχείο	Εμβαδόν σε m ²	Ποσοστό επί %
ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	1083.46	44.8 %
ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ	449.50	18.6 %
ΔΟΜΙΚΑ ΠΑΝΕΛ	884.85	36.6 %
Περιμετρικό κέλυφος ισογείου	2417.80	100.0 %

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ένας από τους κύριους στόχους της μελέτης του κτιρίου ήταν ο ενεργειακός σχεδιασμός του, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση, την αποφυγή της υπερθέρμανσης και τη μείωση της κατανάλωσης για την ψύξη του κτιρίου. Αναλυτικά:

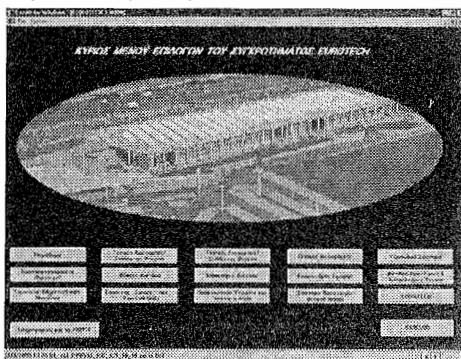
- Υιοθετήθηκε το παθητικό ηλιακό σύστημα του απευθείας κέρδους για την αύξηση των θερμικών κερδών του κτιρίου, δημιουργώντας συστοιχίες ανοιγμάτων στην πρωινή οροφή (συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας), σε συνδυασμό με την ισχυρή θερμομόνωση στο κέλυφος του κτιρίου (παγίδα θερμότητας). Συγχρόνως ολόκληρο το σύστημα της οροφής στράφηκε προς το νότο, «διορθώνοντας» την απόκλιση του άξονα του κτιρίου, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Έγινε προσπάθεια μείωσης των θερμικών απωλειών από τα ανοίγματα. Τα παράθυρα της οροφής φέρουν διαφανή μόνωση από ακρυλικές ίνες τύπου Okalux και έχουν αυξημένη αντίσταση θερμοδιαφυγής σε σχέση με τα κοινά υαλοστάσια ($K_F=2,21 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$). Στο σύνολο των υαλοστασίων του κελύφους στο ισόγειο, τα υαλοστάσια με Okalux αποτελούν περίπου το 63,7% ($788,84\text{m}^2$ από σύνολο $1238,34\text{m}^2$). Τα υπόλοιπα κατακόρυφα ανοίγματα του κτιρίου φέρουν δίδυμο υαλοπίνακα διάκενου 12mm σε πλαίσιο αλουμινίου ($K_F=3,49 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$) και είναι εφοδιασμένα με αεροστεγάνωση στους αρμούς.
- Χρησιμοποιήθηκαν υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα στο εσωτερικό του κελύφους (αποθήκη θερμότητας). Η πλήρης τουβλοδομή, ιδιαίτερα εκείνη του κεντρικού τοίχου, σε συνδυασμό με την πλάκα του δαπέδου εξασφαλίζουν στο κτίριο επαρκή θερμοχωρητικότητα.
- Υπήρξε πρόβλεψη ανοιγόμενων υαλοστασίων στην οροφή σε ποσοστό 20%, με σκοπό το δροσισμό του κτιρίου κατά τις νυχτερινές ώρες της θερινής περιόδου. Τα υαλοστάσια αυτά ενεργοποιούνται μέσω ηλεκτροκινητήρων από το σύστημα BMS.
- Εφαρμόστηκε βαφή λευκού χρώματος στα υλικά στην εσωτερική πλευρά της στέγης, ώστε με την υψηλή ανακλαστικότητα να ελαχιστοποιείται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο υψηλότερο επίπεδο του ισογείου και να μεταβιβάζεται η ακτινοβολία στο χαμηλότερο επίπεδο.

Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό δόθηκε επίσης στην **επάρκεια του φυσικού φωτισμού του κτιρίου**, ούτως ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η ανάγκη τεχνητού φωτισμού, άρα και η κατανάλωση «ακριβής» ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα:

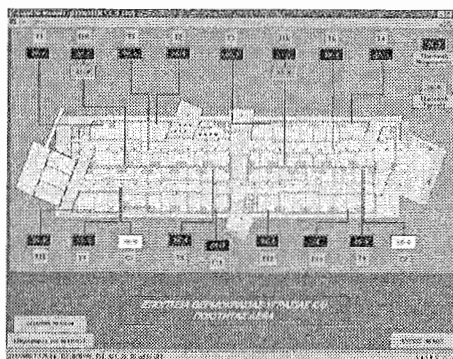
- Η έκταση των ανοιγμάτων τόσο της οροφής όσο και του περιμετρικού φεγγίτη επιτρέπουν τη διατήρηση ικανοποιητικής στάθμης φυσικού φωτισμού ακόμα και σε ημέρες με συννεφιασμένο ουρανό.
- Ελαχιστοποιήθηκαν τα ανοίγματα στο επίπεδο εργασίας. Ο φυσικός φωτισμός και η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας επιτυγχάνεται με τα ανοίγματα στην οροφή και στην περίμετρο του κτιρίου σε ύψος 4m. Έτσι δεν προκαλείται θάμβωση στους χρήστες του κτιρίου, ενώ συγχρόνως οι χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες των υαλοστασίων δεν επηρεάζουν τη θερμική άνεση στο επίπεδο εργασίας.
- Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, τόσο στον εσωτερικό όσο και στον εξωτερικό χώρο του κτιρίου καθώς και ειδικού τύπου φωτιστικά.

Το κτίριο ακόμα διαθέτει σύγχρονες Η/Μ εγκαταστάσεις, οι οποίες στεγάζονται κυρίως στο χώρο του υπογείου και περιλαμβάνουν το λεβητοστάσιο, το ψυχοστάσιο, το υδροστάσιο, το ηλεκτροστάσιο και τους χώρους των κλιματιστικών μονάδων. Ειδικότερα :

- Έγινε πρόβλεψη για πλήρη κλιματισμό (θερινό και χειμερινό) με μονάδες με fan coils, με διατάξεις συστημάτων VRV και μηχανικό εξαερισμό (προσαγωγή αέρα μέσω κεντρικών κλιματιστικών μονάδων μεταβλητής παροχής και απόρριψη μέσω της οροφής).
- Εγκαταστάθηκε κεντρικό σύστημα ελέγχου και διαχείρισης, Building Management System (BMS), με στόχο τον έλεγχο, την καταγραφή και τη διαχείριση συγκεκριμένων λειτουργιών του Η/Μ εξοπλισμού και τη βέλτιστη ενεργειακή λειτουργία του κτιρίου. Το σύστημα αποτελείται από πληθώρα αισθητηρίων, συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμούς (Σχήματα 1 & 2). Ο έλεγχος για το επίπεδο των εσωκλιματικών συνθηκών και των συνθηκών άνεσης (θερμικής, οπτικής κλπ.) επιτυγχάνεται με τη χρήση αισθητηρίων διαφόρων τύπων (θερμοκρασίας, υγρασίας, ποιότητας αέρα, έντασης φωτισμού κ.α.), που ανάλογα οδηγεί στην ενεργοποίηση του συστήματος θέρμανσης και ψύξης ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα ή στην ενεργοποίηση του συστήματος του τεχνητού φωτισμού, όταν είναι ανεπαρκής ο φυσικός, ή στο άνοιγμα των παραθύρων της οροφής όταν είναι απαραίτητος ο επιπλέον αερισμός για την υγιεινή του χώρου και τη διευκόλυνση του φυσικού δροσισμού.



Σχήμα 1. Απεικόνιση κεντρικής οθόνης του συστήματος BMS

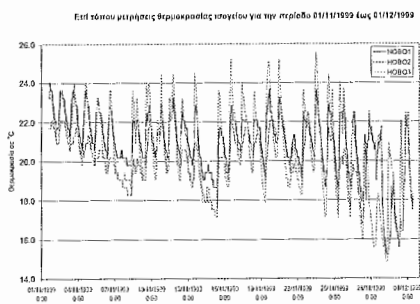


Σχήμα 2. Θέσεις αισθητήρων μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας και ποιότητας αέρα

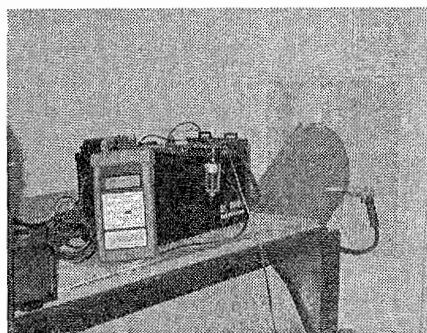
3. Η ΑΝΑΛΥΣΗ : ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου και την αξιολόγηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκαν:

- Οι τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας που επικρατούν σε διάφορους χώρους του κτιρίου και στο εξωτερικό περιβάλλον, που καταγράφονται συνεχώς σε ωριαία βάση, μέσω του συστήματος BMS
- Οι τιμές της έντασης του φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου, που καταγράφονται επίσης συνεχώς σε ωριαία βάση, μέσω του συστήματος BMS
- Οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας χώρου καθώς και επιφανειακές τιμές θερμοκρασίας και ταχύτητας του εσωτερικού αέρα σε ορισμένους χώρους του κτιρίου, μετά από ειδικές δειγματοληπτικές μετρήσεις περιορισμένης διάρκειας που έγιναν με μετρητές τύπου HOBO, κάνοντας χρήση του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ. (Σχήμα 3 & 4).
- Τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου και των εγκαταστάσεων με τη βοήθεια του ενεργειακού λεωφορείου του ΚΑΠΕ, που περιλάμβανε εκτός των άλλων θερμοφωτογραφίες των δομικών στοιχείων και μέτρηση του βαθμού απόδοσης των δύο λεβήτων του κτιρίου.



Σχήμα 3. Θερμοκρασία αέρα σε τρεις θέσεις στο χώρο του ισόγειου, όπως καταγράφηκε από τους μετρητές τύπου HOB0



Σχήμα 4. Εργαστηριακός εξοπλισμός για τις δειγματοληπτικές μετρήσεις

Στη συνέχεια παρουσιάζονται:

- α) η ανάλυση του θερμικού ισοζυγίου του Eurotech για την θερμαντική και ψυκτική περίοδο
- β) η διερεύνηση της συμβολής του ενεργειακού σχεδιασμού του κτιρίου στην εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης και ψύξης, και,
- γ) η ανάλυση, όσον αφορά στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω φυσικού φωτισμού

4. ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΨΥΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Για τον προσδιορισμό του θερμικού ισοζυγίου ακολουθήθηκε η εξής πορεία:

Επιχειρήθηκε η θερμική προσομοίωση του κτιρίου με τη χρήση του λογισμικού Suncode PC V.6, για τη θερμαντική περίοδο 1998-1999 και την περίοδο ψύξης του 1999, η οποία στηρίχθηκε τόσο στην αρχιτεκτονική μελέτη του κτιρίου, όσο και σε καταγεγραμμένα στοιχεία του παραπάνω χρονικού διαστήματος, τα οποία συνδέονται άμεσα με τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Αυτά είναι τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, οι εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα, καθώς και οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, συλλέχθηκαν:

- Με την αξιοποίηση των εσωκλιματικών συνθηκών που καταγράφονται από το BMS.
- Με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τους εργαζομένους στο κτίριο, για τον προσδιορισμό των εσωτερικών κερδών.
- Με την παραχώρηση κλιματικών στοιχείων από το Περιφερειακό Μετεωρολογικό Κέντρο Μακεδονίας (Π.Μ.Κ.Μ.) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.).
- Με βάση τις δειγματοληπτικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.
- Με την επεξεργασία των αρχείων του εκθεσιακού κέντρου για την κατανάλωση πετρελαίου για τη συγκεκριμένη θερμαντική περίοδο και την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για την περίοδο ψύξης.

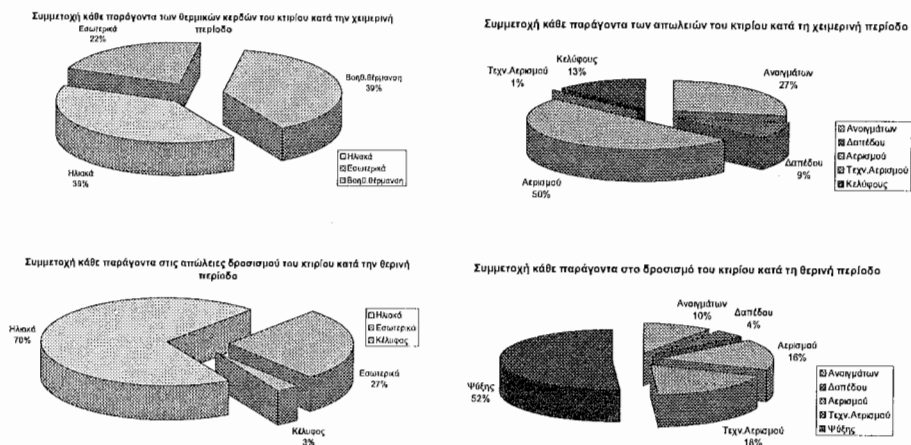
Η προσομοίωση για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο είχε ως στόχο τη δημιουργία ενός θερμικού μοντέλου, που να ανταποκρίνεται στην πραγματική θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Δηλαδή, σε πρώτη φάση, η προσομοίωση στόχευε στον προσδιορισμό των παραμέτρων που καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του μοντέλου, και κυρίως του αερισμού, που δεν μπορεί να μετρηθεί εύκολα σε κτίρια τέτοιας χρήσης.

Κατά την παραπάνω περίοδο μελέτης δεν λειτουργούσαν όλα τα καταστήματα που στεγάζονται στο κτίριο και δεν έγινε πλήρης χρήση των αυτοματισμών του συστήματος BMS. Συνεπώς ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούσε το κτίριο κατά τη συγκεκριμένη περίοδο δεν μπορεί να θεωρηθεί «τυπικός». Προκειμένου να προσομοιωθεί η τυπική λειτουργία του κτιρίου, έγιναν

επιπλέον θεωρήσεις και επαναπροσδιορίστηκαν τα εσωτερικά του κέρδη, έτσι ώστε η προσομοίωση να ανταποκρίνεται περισσότερο στον τρόπο λειτουργίας που αναμενόταν από τους μελετητές του.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα τυπικού έτους για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, έγινε η επίλυση του θερμικού μοντέλου, όπως αυτό προέκυψε για τις συνθήκες τυπικής λειτουργίας. Από τα αποτελέσματα της επίλυσης, υπολογίστηκε το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου για τυπική θερμαντική και ψυκτική περίοδο (σχήμα 5).

Το ετήσιο θερμικό φορτίο του κτιρίου ανέρχεται σε 75.6 kWh/m^2 κάτοψης (ή σε 11.6 kWh/m^3), με συνολική ετήσια κατανάλωση πετρελαίου 34.000 λίτρα. Το αντίστοιχο θερμικό φορτίο ενός μονώροφου κτιρίου με θερμομονωμένο κέλυφος στην Γ' κλιματική ζώνη, (περιοχή της Θεσσαλονίκης), όπως υπολογίστηκε από σχετική έρευνα /2/ ανέρχεται σε 104 kWh/m^2 ετησίως.



Σχήμα 5. Θερμικό ισοζύγιο κτιρίου κατά την τυπική θερμαντική και ψυκτική περίοδο.

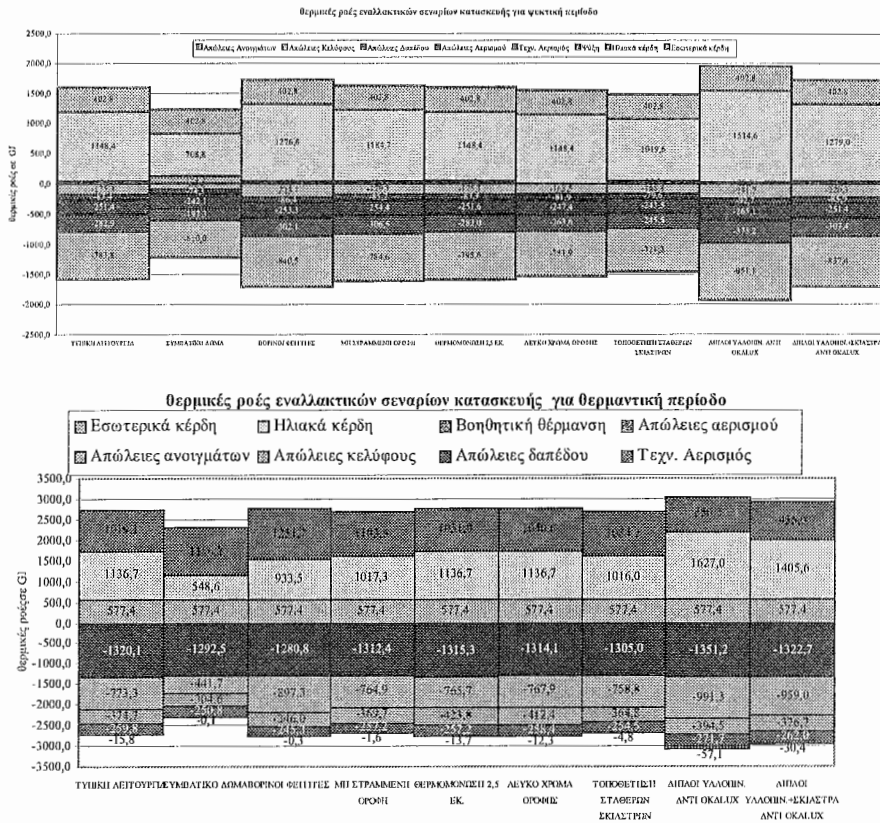
5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Στη συνέχεια διερευνήθηκαν διάφορα εναλλακτικά σενάρια σχεδιαστικών παρεμβάσεων στο κτίριο, με τα οποία επιχειρείται μία αξιολόγηση της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται από αυτές. Τα σενάρια αυτά επιλύθηκαν με το πρόγραμμα Suncode-PC και με κλιματικό αρχείο τυπικού έτους. Τα αποτελέσματα των σημαντικότερων επιλύσεων δίνονται γραφικά στα επόμενα διαγράμματα, όπου παρουσιάζονται για θερμαντική και για ψυκτική περίοδο όλες οι θερμικές ροές για κάθε σενάριο που εξετάζεται και για την τυπική λειτουργία, ενώ τα σημαντικότερα συμπεράσματα συνοψίζονται στην παράγραφο 7.

6. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ

Ο ειδικός σχεδιασμός της οροφής του κτιρίου (πριονωτή στέγη, γεωμετρία ανοιγμάτων και υλικά κατασκευής, όπως η χρήση της διαφανούς μόνωσης τύπου Okalux) συμβάλλει τόσο στη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης, όσο και στην περιορισμένη χρήση του τεχνητού φωτισμού με συνεπακόλουθο τη μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον πίνακα 2 καταγράφεται το σύνολο των φωτιστικών σημείων που υπάρχουν στο κτίριο καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. Σημειώνεται ότι τα φωτιστικά των καταστημάτων (30 φωτιστικά) και των διαδρόμων του ισόγειου (30 φωτιστικά) λειτουργούν, δηλαδή «ανάβουν» σε δύο σκάλες, ανάλογα με την στάθμη του φωτισμού που επικρατεί.



Σχήμα 6: Θερμικές ροές τυπικής λειτουργίας και εναλλακτικών σεναρίων κατά την θερμαντική και ψυκτική περίοδο.

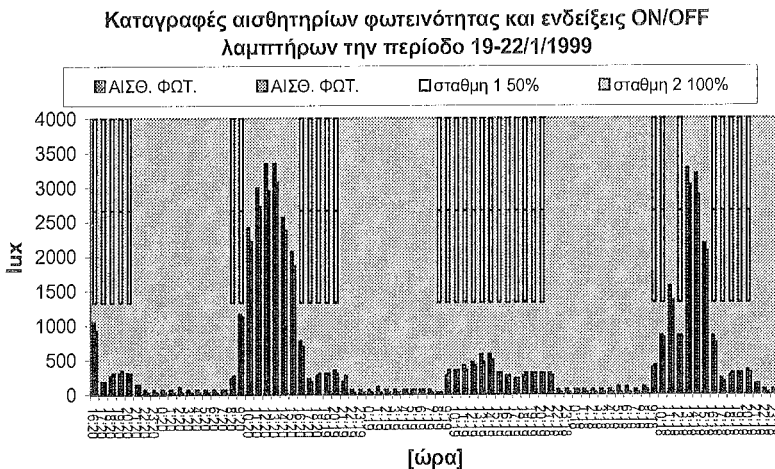
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ σε kWh ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥ EUROTECH

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ EUROTECH								
	Φωτιστικά Watt/Φωτ. Σύνολο			Ωρες/Ημ.	Ωρ./Σαβ.	Ωρ./Κυρ.	Σ. Ημέρας	Σ. Μήνα
Φωτιστικά καταστημάτων	300	39	11700	4.8			56160	1235.52
Διαδρόμων ισογείου	40	36	1440	4.8			6912	152.064
Διαδρόμων υπογείου	35	72	2520	0	0	0	0	0
Φωτιστικά οροφής	350	36	12600	4	0	0	50400	1108.8
Ασφαλείας ισογείου	9	36	324	11	11	11	3564	106.92
Ασφαλείας υπογείου	18	72	1296	24	24	24	31104	933.12
Περιμετρικοί στύλοι ανατολής	22	70	1540	7.5	7.5	7.5	11550	346.5
Περιμετρικοί στύλοι δύσης	22	70	1540	5	5	5	7700	231
Περιμετρικός φωτισμός δύσης	19	13	247	3	3	3	741	22.23
Φώτα κόμβου	7	250	1750	5	5	5	8750	262.5
Κεντρική είσοδος	9	150	1350	7.5	7.5	7.5	10125	303.75
Υπαίθριος χώρος κεντρικής	28	50	1400	7.5	7.5	7.5	10500	315
Φωτισμός Parking	7	1000	7000	6	2	2	42000	1036
WC οροφής			0	12	6	0	0	0
WC διάδρομοι			0	12	6	0	0	0
WC πάγκοι			0	12	6	0	0	0
Παράλληλοι είσοδοι	9	50	450	7.5	7.5	7.5	3375	101.25
Περιμετρικός συνεδριακού	6	150	900	7.5	7.5	7.5	6750	202.5

Το σύστημα BMS καταγράφει αφενός το επίπεδο έντασης του φωτισμού που επιτυγχάνεται στα καταστήματα και στους διαδρόμους του εκθεσιακού κέντρου, από τη συνδυασμένη χρήση φυσικού και τεχνητού φωτισμού, και αφετέρου τις ώρες λειτουργίας των φωτιστικών σημείων.

Ενδεικτικά παρατίθεται το σχήμα 7, όπου απεικονίζονται οι τιμές έντασης του φωτισμού (σε lux) που κατέγραψαν οι αισθητήρες φωτισμού καθώς και οι ενδείξεις του BMS για «ανοικτά/κλειστά» φώτα, ανάλογα και με τη σκάλα έντασης φωτισμού που λειτουργούσε, για τρεις ημέρες (19/1/99, από τις 16:20 – 22/1/99, στις 20:18). Είναι σαφές ότι στη χρονική περίοδο που επικρατούσε μεγάλη ηλιοφάνεια (πρώτη και τρίτη ημέρα των μετρήσεων που παρατίθενται), τα φωτιστικά σώματα δεν λειτουργούν.

Επίσης, με βάση τις ώρες λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων που κατέγραψε για έξι συνεχείς μήνες το σύστημα BMS, υπολογίστηκε ότι ο τεχνητός φωτισμός στα καταστήματα και τους διαδρόμους του ισογείου χρησιμοποιήθηκε κατά μέσο όρο, 4,8 ώρες/ημέρα.



Σχήμα 7. Ενδεικτική παρουσίαση των καταγραφών των αισθητηρίων φωτεινότητας σε lux σε συνδυασμό με την ενεργοποίηση στάθμης 1 (50%) και στάθμης 2 (100%) των λαμπτήρων.

Παίρνοντας υπόψη την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που θα απαιτείτο για τη συνεχή λειτουργία του τεχνητού φωτισμού («συμβατική» κατανάλωση ενέργειας) και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τις καταγραφές της ΔΕΗ και του συστήματος BMS (πραγματική κατανάλωση ενέργειας), προκύπτει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω του σχεδιασμού των ανοιγμάτων και της διαχείρισης της λειτουργίας των φωτιστικών των καταστημάτων και του διαδρόμου του ισογείου, είναι σε ετήσια βάση της τάξεως του 45.7%. Στον πίνακα 3 παρατίθενται οι σχετικές τιμές ανά μήνα και στο σύνολο του έτους.

Εάν παρθεί υπόψη και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό ασφαλείας, το φωτισμό των υπολοίπων χώρων του κτιρίου καθώς και το φωτισμό των υπαίθριων χώρων και του parking, η οποία είναι σημαντική, τότε η εξοικονόμηση ενέργειας για φωτισμό κατέρχεται σε ποσοστό 21.2%.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στον πίνακα 4 αναγράφεται τόσο η συνολική κατανάλωση ενέργειας όσο και η κατανάλωση ανά κατηγορία στο Εμπορικό κέντρο EUROTECH,

- όπως αυτή μετρήθηκε για την περίοδο χρήσης 1998-99 όπου λειτουργούσαν τα 41 από τα 71 καταστήματα που είναι διαμορφωμένα στο κέντρο του κτιρίου,
- η υπολογισθείσα, με τις ανάλογες θερμικές προσομοιώσεις, κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, με την προϋπόθεση ότι λειτουργούν όλα τα καταστήματα και στα οποία υφίστανται συνθήκες θερμικής άνεσης (δηλαδή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου

το χειμώνα 20°C και το καλοκαίρι 26°C). Οι κλιματικές συνθήκες που πάρθηκαν υπόψη στην προσομοίωση αντιπροσωπεύουν το τυπικό κλιματικό έτος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ EUROTECH

	Συμβατική * κατανάλωση κτιρίου (kWh)	Πραγματική κατανάλωση κτιρίου (kWh)	Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	Ποσοστό εξοικονόμησης (%)
Δεκέμβριος	8237.467	4822.089	3415.378	41.5%
Ιανουάριος	8237.467	5374.873	2862.594	34.8%
Φεβρουάριος	7566.266	4237.821	3328.445	44.0%
Μάρτιος	8237.467	5194.326	3043.141	36.9%
Οκτώβριος	8237.467	4196.028	4041.439	49.1%
Νοέμβριος	7901.866	4269.584	3632.282	46.0%
Σύνολο (6 μήνες)	48418	26293.92	22124.08	45.7%
Σύνολο (12 μήνες)	96836	52587.84	44248.16	45.7%
Μηνιαία κατανάλωση (kWh/month)	8069.667	4382.32	3687.346	45.7%

*Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό της συμβατικής κατανάλωσης ενέργειας για το φωτισμό, πάρθηκε υπόψη ότι το σύνολο των φωτιστικών λειτουργεί 11 ώρες ημερησίως τις καθημερινές και 7 ώρες το Σάββατο.

Στον πίνακα 4 επίσης αναγράφεται η κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια αντίστοιχης χρήσης (ο τρόπος οργάνωσης της κάτοψης και η λειτουργία των καταστημάτων “παραπέμπει” περισσότερο σε κτίριο γραφείων παρά σε κτίριο εμπορικής χρήσης) //.

Παρόλο που από τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας δεν προκύπτει εάν στα υπό καταγραφή κτίρια επικρατούσαν συνθήκες θερμικής άνεσης, είναι σαφές ότι το Εμπορικό κέντρο EUROTECH εξοικονομεί ενέργεια για θέρμανση και φωτισμό τόσο με την περιορισμένη λειτουργία του, όσο και με τις συνθήκες και τον τρόπο που σχεδιάστηκε να λειτουργεί. Για την ψύξη βέβαια υπολογίζεται ότι θα δαπανάται περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τα υφιστάμενα κτίρια, γεγονός που οφείλεται στο ότι σε πολλά υφιστάμενα κτίρια δεν λειτουργούν κλιματιστικές μονάδες, με συνέπεια το επίπεδο θερμικής άνεσης το καλοκαίρι να είναι πολύ χαμηλό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ EUROTECH

Τομείς κατανάλωσης ενέργειας	Συμβατικό κτίριο χρήσης γραφείων //	Κτίριο Eurotech: Περίοδος 1998-1999 (πραγματικές συνθήκες λειτουργίας)			Κτίριο Eurotech: Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και κλίματος (μέσος όρος κλίματος δεκαετίας)		
		Κατανάλωση	Κατανάλωση	Εξοικονόμηση / αύξηση (βάση: συμβατικό κτίριο)	Κατανάλωση	Εξοικονόμηση / αύξηση (βάση: συμβατικό κτίριο)	
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	(%)	kWh/m ²	kWh/m ²	(%)
Θέρμανση	95	82.3	12.7	13.37%	75.6	19.4	79.58%
Ψύξη	24	46.9	-22.9	-95.42%	58.1	-34.1	242.08%
Φωτισμός	20	19.93	0.07	0.35%		
Ηλ.συσκευές	48	35.99	12.01	25.02%		
Σύνολο	187	185.12	1.88	1.01%		

Από τον παραπάνω πίνακα, αλλά και από τους σχετικούς υπολογισμούς, τα εναλλακτικά σενάρια σχεδιαστικών παρεμβάσεων και τα διαγράμματα που ήδη αναλύθηκαν, προκύπτουν τα παρακάτω συνοπτικά συμπεράσματα:

- Το εμπορικό κέντρο Eurotech, με υπολογισθείσα ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση 75.6 kWh/m², συγκαταλέγεται στην κατηγορία των κτιρίων «χαμηλής

κατανάλωσης-απαιτήσης ενέργειας», δηλαδή αυτών που το θερμικό τους φορτίο κυμαίνεται μεταξύ 40-80 kWh/m² ετησίως /2/.

- Η εξοικονόμηση ενέργειας για την θέρμανση στο κτίριο γίνεται πιο σημαντική αν συνυπολογιστεί ο μεγάλος όγκος του (μέσο ύψος κτιρίου 6.5m), σε σχέση με τα συμβατικά, ανάλογης χρήσης κτίρια, με ύψος ορόφου 3.0-4.0m.
- Η στροφή προς το νότο του συστήματος της οροφής είναι μία εύστοχη σχεδιαστική λύση με ευεργετική επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση κατά 8,3% στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.
- Η λύση της προιονωτής οροφής έναντι ενός συμβατικού δώματος συμβάλλει αρνητικά στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη αυξάνοντάς την κατά 22.2%. Εν τούτοις, μειώνει την κατανάλωση για θέρμανση κατά 13,5%, καθώς και την ανάγκη τεχνητού φωτισμού.
- Η χρήση κοινών διπλών υαλοστασίων αντί για τη διαφανή μόνωση τύπου Okalux θα συνέβαλε σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας (μικρότερη κατανάλωση κατά 16.6% σε σχέση με αυτή που επιτυγχάνεται με την παρούσα κατασκευή και 21.1%, εάν γινόταν χρήση και νυχτερινής μόνωσης). Παράλληλα όμως η αντικατάσταση των Okalux με διπλά υαλοστάσια θα επιβάρυνε το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου κατά τη θερινή περίοδο έως και 21,3% και επιπλέον δεν θα επιτυγχανόταν στο εσωτερικό του κτιρίου η ίδια ποιότητα φυσικού φωτισμού.
- Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της προιονωτής στέγης με τις συστοιχίες των ανοιγμάτων και της εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης του τεχνητού φωτισμού στα καταστήματα και στους κεντρικούς διαδρόμους κυκλοφορίας, είναι σημαντική (της τάξεως του 45.7%).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, Διεύθυνση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., «Οικολογική Δόμηση», Εκδόσεις «Ελληνικά Γράμματα», Αθήνα, Ιούνιος 2000.
2. Χρυσομαλλίδου Ν. «Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων κτιρίων», Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου με θέμα: Υφιστάμενα κτίρια-Εξοικονόμηση Ενέργειας και περιβάλλον, ΑΠΘ, Θεσ/νίκη, 1999.
3. ΚΑΠΕ, «Καινοτομικά σχεδιασμένο κτίριο με ενσωματωμένα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού, τεχνικές φυσικού φωτισμού και επιδεικτικά συστήματα ΑΠΕ, Final Report, Αθήνα, Ιούλιος 2000.
4. Μακρίδης Π., «EUROTECH, Εμπορικό Κέντρο Δομικών Υλικών και εξοπλισμού», ΚΤΙΡΙΟ, τεύχος 107, Ιούνιος 1998, σελ. 81.
5. Κ. Axarli, G. Economides, «Evaluation of the energy behaviour of a bioclimatic shopping and exposition hall after a year of monitoring» πρακτικά PLEA International Conference "Architecture, City, Environment", Cambridge, July 2000.
6. Λιβέρης Π., Αραβαντινός Δ., Παπαδόπουλος Α., Τσακίρης Ν., «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα δημόσια κτίρια», Ευρωπαϊκή Επιτροπή – XVII Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Πρόγραμμα SAVE, Θεσσαλονίκη 1996.