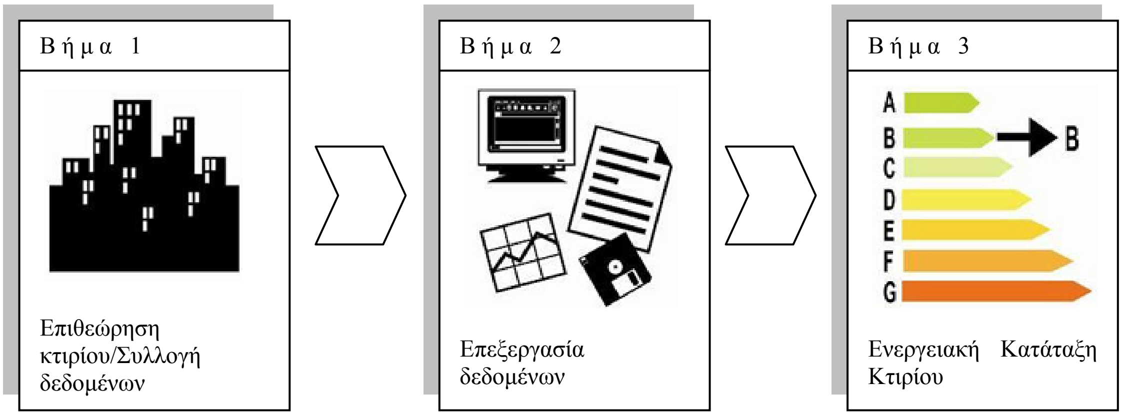
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Περιβαλλοντική & Οικονομική Αξιολόγηση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Κτιρίου Τριτογενούς Τομέα. Εφαρμογή στην Κρήτη

ΠΑΥΛΙΔΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ



Επιβλέπων: Επ. Καθηγητής: Θ. Τσούτσος

Χανιά

Σεπτέμβριος 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσης εργασίας, ο επιβλέπων Επίκουρος Καθηγητής κ. Θ. Τσούτσος, έδωσε τις κατευθυντήριες γραμμές για το επιστημονικό περιεχόμενο της εργασίας, ανέγνωσε τμήματα του κειμένου, υπέδειξε παραλείψεις και έκανε χρήσιμες διορθώσεις και τον ευχαριστώ θερμά γι αυτό.

Θεωρώ καθήκον μου επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον διδάκτορα ερευνητή κ. Β. Κουλουμπή για τις συμβουλές και υποδείξεις του, καθώς επίσης και για την επιστημονική και ηθική συμπαράσταση του κατά τη συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τους κ. Β. Γκέκα, κ. Μ. Λαζαρίδη, καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, τον κ. Γ. Καπετανάκη, Διευθυντή της Τεχνικής Υπηρεσίας του Πολυτεχνείου Κρήτης, καθώς επίσης και όλους τους εργαζόμενους του Γενικού Τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης, επειδή το φιλικό τους πνεύμα και η συνεργασία υπήρξαν ανεκτίμητη βοήθεια.

Τον κ. Σ. Παπαντωνίου, συνάδελφο και φίλο, για τις καίριες επισημάνσεις, προτάσεις ή διορθωτικές κινήσεις κατά την διαδικασία εξέλιξης της παρούσης εργασίας καθώς και τους γονείς μου που υπομονετικά μού παρίστανται σε κάθε μου βήμα.

Περίληψη

Η κατασπατάληση των παραδοσιακών μορφών ενέργειας και κυρίως οι αρνητικότατες επιπτώσεις τους στη ζωή μας, ώθησαν την παγκόσμια κοινότητα στην κατακόρυφη αναζήτηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Καθίσταται όμως αναγκαία τόσο η προστασία, όσο και η έλλογη χρήση των ΑΠΕ, μέσω της θεσμικής θωράκισης από τους αρμόδιους διεθνείς φορείς, αλλά και τοπικούς αρμόδιους φορείς. Ήδη έχει διαμορφωθεί από την Ε.Ε ένα τέτοιο πλαίσιο, στα όρια του οποίου υποχρεούνται να συμμορφώνονται όλοι για το ουσιαστικό όφελος όλων. Άλλωστε η Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση (ΣΠΕ) που προβλέπεται από την οδηγία 2001/42/ΕΚ, αποτελεί ένα πρόσθετο σημαντικό εργαλείο για τη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής, αφού επιβάλλει την εκ των προτέρων εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των σχεδίων και προγραμμάτων, καθώς και την εξέταση εναλλακτικών λύσεων. Η οδηγία ΣΠΕ αναφέρεται σε σχέδια και προγράμματα που αφορούν τομεακές ή περιφερειακές πολιτικές και για την ενεργειακή ανάπτυξη.

Ειδικότερα, όσον αφορά τον τομέα της ελάχιστης δομικής κοινωνικής μονάδας, της κατοικίας, θα πρέπει να γίνει ριζικός ανασχηματισμός και εκ βάθρων αναδόμηση στις αντιλήψεις που αφορούν το σχεδιασμό, τις προτεραιότητες, τις συμπεριφορές. Πρωτίστως ενδιαφέρει η εξοικονόμηση ενέργειας και η διαμόρφωση μιας νέας πολιτικής, που θα αποτελέσει το νέο άξονα της πολιτικής του ΥΠΕΧΩΔΕ εφεξής, προσανατολισμένης ακριβώς στην κατεύθυνση αυτή και εκφρασμένης ως παρέμβασης στις εξωτερικές μονώσεις, προμήθειας διπλών υαλοπινάκων στα παράθυρα, επισκευής και βελτίωσης της απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης, της προμήθειας πιο αποδοτικών συσκευών, της αντικατάστασης καυστήρων πετρελαίου με καυστήρες φυσικού αερίου κ.α.

Επομένως αντί να επιδοτηθεί η θέρμανση για την καύση του πετρελαίου και μάλιστα σε ειδικές κοινωνικές ομάδες, θα μπορούσε να επιδοτηθεί το σύνολο των προαναφερθεισών παρεμβάσεων για όφελος όλων των κοινωνικών ομάδων.

Στην κατεύθυνση αυτή λοιπόν ουσιώδη παράμετρο θα πρέπει να αποτελέσει η Ενεργειακή Επιθεώρηση των Κτιρίων, η οποία πρωτίστως θα εξασφαλίσει δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, με την υπόδειξη προτάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσής τους .

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αξιολογήθηκε περιβαλλοντικά και οικονομικά η ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίου τριτογενούς τομέα. Πιο συγκεκριμένα έγινε

προσομοίωση των κτιρίων του Γενικού Τμήματος Πολυτεχνείου Κρήτης και του κτιρίου που αποτελεί Κόμβο Επίδειξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων (ΚΦΒΕ), που βρίσκονται στη θέση Ακρωτηρίου του Ν. Χανίων με χρήση του μοντέλου EPA-NR. Το μοντέλο EPA-NR λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης και το προφίλ χρήσης, δίνει ως τελικό αποτέλεσμα την συνολική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων καθώς επίσης και τις συνολικές εκπομπές CO_2. Με βάση τα τελικά αποτελέσματα γίνονται προτάσεις για την ενεργειακή βελτίωση της συμπεριφοράς των κτιρίων με γνώμονα το περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος.

Πιο συγκεκριμένα στο Κεφάλαιο 1, δόθηκαν βασικά στοιχεία και ορισμοί που αφορούν την κατανάλωση και διαχείριση ενέργειας στα κτίρια. Στο Κεφάλαιο 2 αναφέρθηκαν τα βασικά σημεία της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ, δόθηκαν παραδείγματα εφαρμογής της σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες και περιγράφηκε η κατάσταση στην Ελλάδα. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και διατυπώνονται τα κριτήρια επιλογής των σεναρίων βελτίωσης,. Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθοδολογίας και των προτεινόμενων σεναρίων , ενώ στο Κεφάλαιο 5 γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων αυτών. Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 διατυπώνονται τα βασικά συμπεράσματα της διπλωματικής αυτής εργασίας και προτάσεις για περεταίρω επιστημονική διερεύνηση.

Abstract

The waste of traditional forms of energy and particularly negative impact on our lives, prompted the world community in vertical search of Renewable Energy Sources (RES). It is however a necessity both the protection and the rational use of RES, through institutional safeguard from the competent international bodies and local ones. Such a context has already been shaped by the EU, within the limits of which all country-members are required to comply for the real benefit of all. Moreover, the Strategic Environmental Assessment (SEA) laid down by Directive 2001/42 / EC, represents a further important tool for shaping environmental policy, imposed after the prior assessment of environmental impacts of projects and programmes and considering alternative solutions. The SEA Directive refers to plans and programmes relating to sectoral or regional policies and energy development.

Specifically, with respect to the minimum social structural unit, residence, should be radical restructuring in perceptions concerning the design, priorities and attitudes. Above all interested in saving energy and creation of a new policy which will provide a new feature of the policy of the Ministry of Environment, targeted precisely in this direction and expressed as external interference in the insulation, supply double glazing of windows, repair and improve the efficiency of heating systems, supply more efficient appliances, substituting oil burner with gas burners, etc.

So instead of subsidized heating for the burning of oil and even to specific social groups, could subsidize all of the above measures for the benefit of all social groups. In this direction therefore essential aspect should be the Energy Inspection of Buildings, which primarily will provide opportunities for energy savings, with the suggestion of proposals to improve energy performance.

This thesis was assessed environmental and economic energy behavior building tertiary sector. More specifically was made simulation of building of the General Department of TUC and a demonstrational building junction of Photovoltaic Systems located at Akrotiri, Chania district using the model EPA-NR. The model is EPA-NR taking into account parameters relating to the building shell, heating and cooling systems and use profile, gives a final result of the total energy consumption of buildings as well as the total emissions of CO_2. Based on the final results proposals are made for improving energy behavior of buildings concerning the environmental and economic benefit.

More specifically, in Chapter 1, were key elements and definitions on consumption and management of energy in buildings. In Chapter 2 outlined the main points of the Directive 2002/91 / EC, were given examples of the application in some European countries and was described the situation in Greece. In Chapter 3 is described in detail the methodology used and set out the criteria for selection of improvement scenarios. Chapter 4 details the results of the implementation of the methodology and proposed scenarios, while Chapter 5 provides a discussion of those results. Finally, in Chapter 6 are the main conclusions of this thesis and proposals for further scientific investigation.

Πίνακας Περιεχομένων

Κατάλογος Εικόνων

Κατάλογος Πινάκων

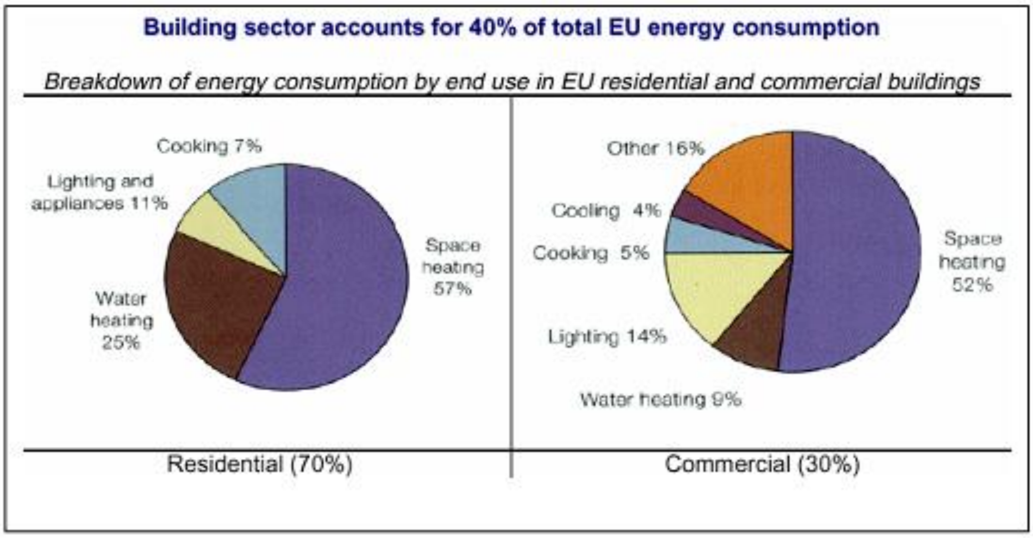
Κατάλογος Διαγραμμάτων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά στοιχεία για τη χρήση ενέργειας στα κτίρια

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί ίσως το σημαντικότερο τομέα της Ευρωπαϊκής οικονομίας, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 G€. Ταυτόχρονα, σε ημερήσια βάση, η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτίρια ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα περίπου ίση με τη συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητά του. Η κατά τα τελευταία χρόνια δραματική υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού προβλήματος καθώς και χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Παράλληλα η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι υψηλές εκπομπές μέρους των σύγχρονων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτιρίων, με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων [Σανταμούρης, 2002].

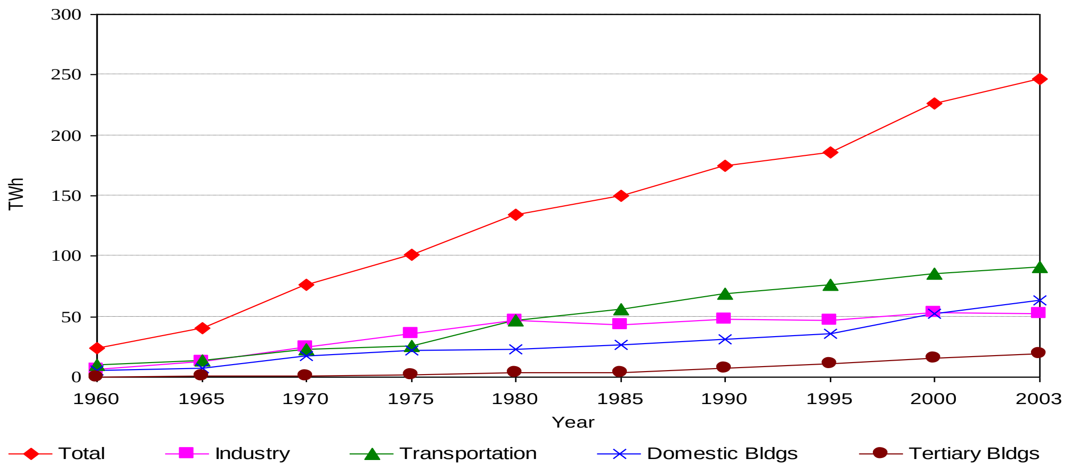
Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτιρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται ενιαία μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτιρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 1. Η κατανάλωση ενέργειας στα ευρωπαϊκά κτίρια

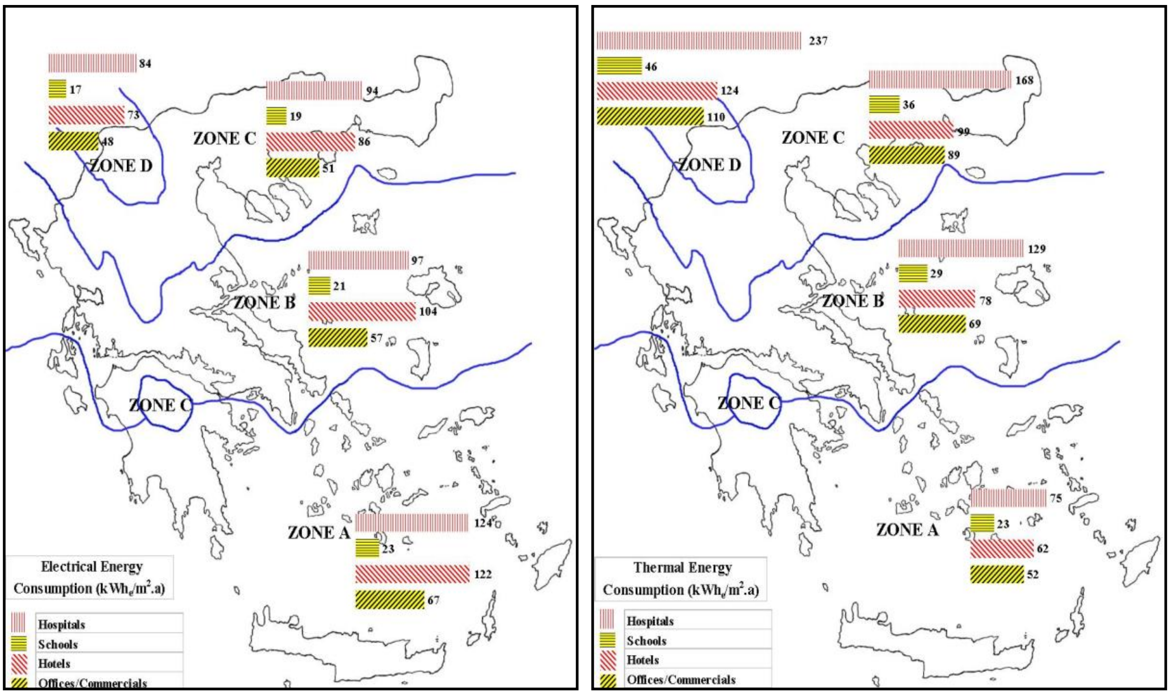
Πηγή: Πράσινη βίβλος για την ενέργεια, ΕΕ, 2001

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί, επομένως, πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για τον περιορισμό της εκροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων και κύρια του πετρελαίου. Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής στα **ελληνικά κτίρια** του οικιακού και τριτογενούς τομέα, όπου η χρήση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του ’70. Επιπλέον η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 35% περίπου των συνολικών εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα [Gaglia et al., 2007].



Εικόνα 2. Κατανάλωση ενέργειας στα Ελληνικά κτίρια

Πηγή: ΥΠΑΝ 2006



Εικόνα 3. Μέση ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια τριτογενούς τομέα (2001)

Πηγή: Gaglia et al,, 2007

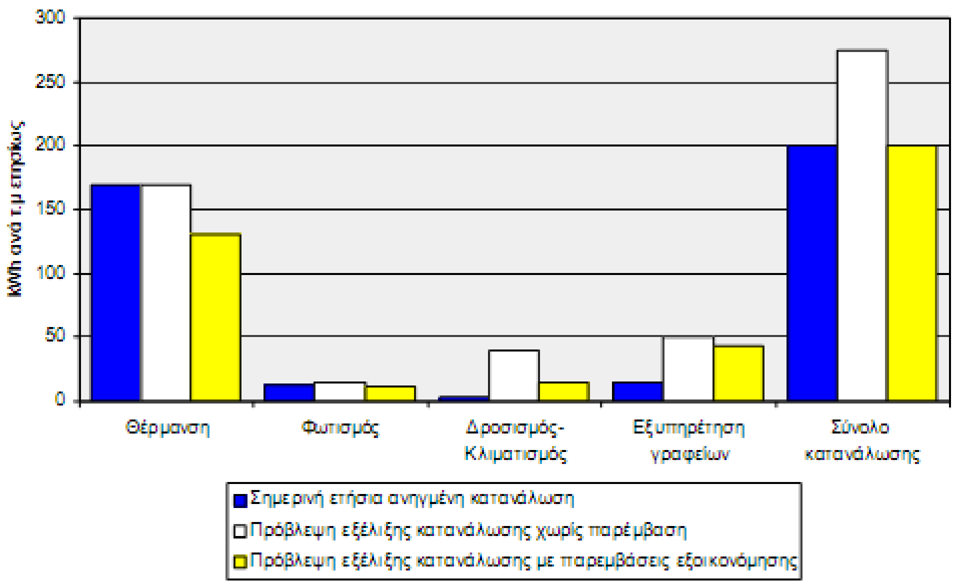
Τα αίτια της εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης στα Ελληνικά κτίρια είναι [Παπαδόπουλος, 2002]:

α. Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (περίπου 80% του συνόλου), τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και τα οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις, με τα σημερινά επίπεδα, αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.

β. Η, κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.

γ. Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική, κυρίως, ενέργεια. Αυτό αφορά τα κτίρια κατοικιών, κυρίως, αλλά και τα κτίρια γραφείων, καταστημάτων και υπηρεσιών.

δ. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ότι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 1.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 10 χρόνια.



Εικόνα 4. Προοπτικές και δυνατότητες εξέλιξης της κατανάλωσης ενέργειας στα Ελληνικά κτίρια

Πηγή: Παπαδόπουλος, 2002

1.2. Ενεργειακή Διαχείριση Κτιρίων

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη του επιπέδου άνεσης των ενοίκων.

Η Ενεργειακή Διαχείριση του κτιρίου, είναι μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων και στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων, που να κάνουν την παραμονή των ενοίκων στα κτίρια ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση και συνετή χρήση του ενεργειακού εξοπλισμού.

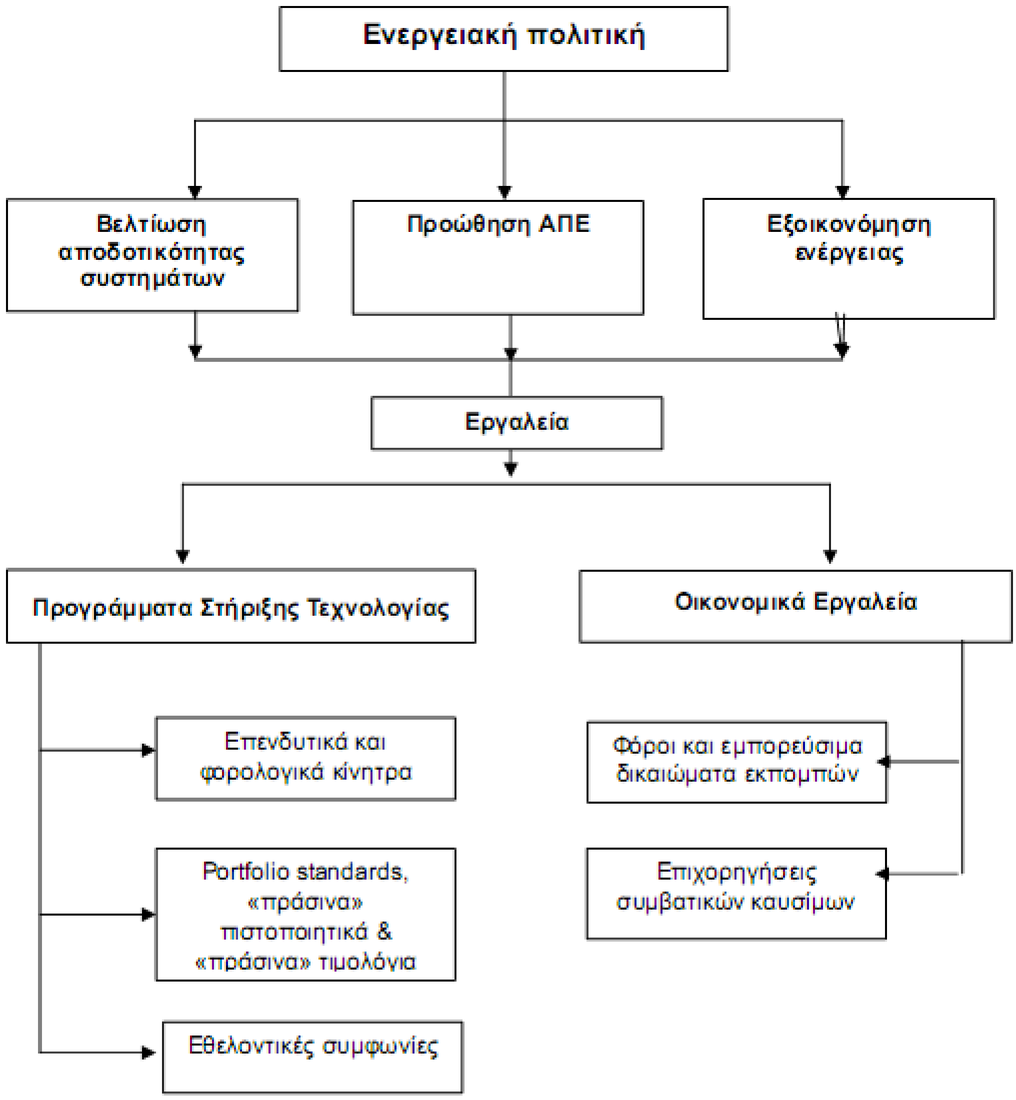
Οι δράσεις αυτές έχουν ως κριτήρια [ΚΑΠΕ,2000] :

• Την οικονομική αποδοτικότητα και αύξηση του οφέλους των διαφόρων φορέων διαχείρισης κτιρίων από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας,

• Τη διατήρηση ή βελτίωση της ασφάλειας και ποιότητας ζωής και παροχής υπηρεσιών στα κτίρια,

• Τη διατήρηση ή βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και

• Τον έλεγχο του συνολικού λειτουργικού ενεργειακού κόστους και όχι απλά της καταναλισκόμενης ποσότητας καυσίμων



Εικόνα 5. Διαδικασία Ενεργειακής Διαχείρισης και δυνατότητες υλοποίησής της

Πηγή: Παπαδόπουλος, 2002

Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλοεξαρτώμενα στάδια, συγκεκριμένα τη σκέψη, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση. Βασικά εργαλεία στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται.

Ένα δομημένο πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης (ΕΔ) κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων πρέπει να περιλαμβάνει [ΚΑΠΕ, 2000] :

• Εκτεταμένους ελέγχους, καταγραφές και μετρήσεις στο κέλυφος και τις ενεργειακές κτιριακές εγκαταστάσεις, που αποσκοπούν στη γνώση του ποσού, των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης και καταλήγουν στον προσδιορισμό δόκιμων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας,

• Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης,

• Μελέτες τεχνοοικονομικής σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, όπου θα διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών (π.χ. συμπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης δυναμικού ΑΠΕ κ.α.),

• Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του,

• Σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων-αναφορών, σε τακτά χρονικά διαστήματα, προς το φορέα διοίκησης-διαχείρισης,

• Έλεγχο της εφαρμογής ενός προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτιριακών ενεργειακών εγκαταστάσεων (θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης) και συσκευών,

• Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του χρήστη του κτιρίου σχετικά με τους στόχους του προγράμματος ΕΔ και σχετικά με τη συμμετοχή του σε αυτό,

• Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία και τη συντήρηση του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του,

• Διαδικασίες εξεύρεσης τρόπων χρηματοδότησης ενεργειακών έργων και

• Επίβλεψη κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και συνεχής παρακολούθηση της απόδοσής τους μετά την κατασκευή, με σκοπό την αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους

1.3. Ενεργειακή Επιθεώρηση

Αποφασιστικής σημασίας για την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και για την εξασφάλιση των στόχων της Ενεργειακής Διαχείρισης, αποτελούν οι Ενεργειακές Επιθεωρήσεις.

Ο όρος «Ενεργειακή Επιθεώρηση» χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας συστηματικής διαδικασίας που στοχεύει στην απόκτηση επαρκούς γνώσης γύρω από το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μίας βιομηχανικής μονάδας. Αυτή έχει στόχο τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των οικονομικά αποδοτικών δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας στην εν λόγω μονάδα [ΦΕΚ[1] 89 Α',19.5.2008].

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο για τις Ενεργειακές Επιθεωρήσεις στην ΕΕ αλλά και στην χώρα μας περιλαμβάνει [ΤΕΕ/ΤΔΚ, 2006]:

Την οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων,

Την οδηγία 2006/32/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες,

Την ΚΥΑ Δ6/Β/ΟΙΚ.11038 (ΦΕΚ 1526/Β/27-7-99) για τις διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για τη διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων και

Την ΚΥΑ 21475/4707/98 (ΦΕΚ 880/Β/19-8-98) για τον περιορισμό των εκπομπών CO_2 με τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Τα αποτελέσματα της Ενεργειακής Επιθεώρησης και τα διάφορα ενεργειακά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναγράφονται σε ειδικό έντυπο, το Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας του κτιρίου. Οι τύποι των Ενεργειακών Επιθεωρήσεων είναι δύο:

1. Η συνοπτική Ενεργειακή Επιθεώρηση και
2. Η εκτενής Ενεργειακή Επιθεώρηση

Η επιτυχία αξιοπιστίας μιας Ενεργειακής Επιθεώρησης στηρίζεται και εξαρτάται από την ορθότητα, την πληρότητα, την καταλληλότητα και την αξιοπιστία των στοιχείων και δεδομένων που έχουν ληφθεί κατά τις επιτόπου επισκέψεις και αυτοψίες. Ειδικά στην εκτενή Ενεργειακή Επιθεώρηση, εκτός από τη συλλογή στοιχείων απαιτείται και πρέπει να πραγματοποιείται μια σειρά επιτόπου ελέγχων, μετρήσεων και αναλύσεων ειδικά όπου επιβάλλεται από κανονισμούς ή κρίνει ως σκόπιμες ο Επιθεωρητής. Στην αγορά σήμερα

[1] ΦΕΚ: Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

διατίθεται μεγάλο εύρος υπολογιστικών προγραμμάτων με διαφορετικές δυνατότητες και περιορισμούς τις οποίες οφείλει να γνωρίζει ο μελετητής, ώστε να είναι σε θέση να επιλέξει το κατάλληλο για κάθε εφαρμογή [ΤΕΕ/ΤΔΚ, 2006].

1.4. Ορισμοί Ενεργειακής Επιθεώρησης των κτιρίων και Ενεργειακής Διάγνωσης [ΦΕΚ 89 Α',19.5.2008]

• *Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας κτιρίου (ΔΕΤΑ)*: Είναι ειδικό έντυπο στο οποίο περιγράφεται το σύνολο των ενεργειακών χαρακτηριστικών κάθε κτιρίου, είτε σύμφωνα με τα οριζόμενα από τον Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ), βάσει του οποίου μελετάται και κατασκευάζεται κάθε νέο κτίριο, είτε σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ενεργειακού ελέγχου, καθώς επίσης ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης και η ενεργειακή κατηγορία στην οποία κατατάσσεται.

• *Ενεργειακή βαθμονόμηση κτιρίου*: Είναι η βαθμολογική κατάταξη κάθε κτιρίου, με βάση το ΔΕΤΑ που γίνεται σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ενεργειακής πιστοποίησης, στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με τα καθορισμένα από τον κανονισμό ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας όρια των ειδικών ενεργειακών αποδόσεων ανά κατηγορία.

• *Ενεργειακή επίδοση κτιρίου*: Είναι ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου κατά τη λειτουργία του (μέσω του κελύφους και των ΗΜ εγκαταστάσεων) για την κάλυψη σε ετήσια βάση των συνολικών ενεργειακών του απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης και συσκευές, επιτυγχάνοντας τις αναγκαίες συνθήκεςάνεσης.

• *Ενεργειακή επιθεώρηση ή ενεργειακή αυτοψία ή ενεργειακή διάγνωση*: Είναι η διαδικασία εκτίμησης και καταγραφής των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο ή κτιριακό συγκρότημα με την υπόδειξη προτάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης των κτιρίων. Η ενεργειακή επιθεώρηση μπορεί, κατά περίπτωση να είναι συνοπτική ή εκτενής.

• *Συνοπτική Ενεργειακή Επιθεώρηση*: Είναι η ενεργειακή επιθεώρηση που εντοπίζει όλες τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας πρώτης προτεραιότητας και άμεσης απόδοσης και οριοθετεί τις επεμβάσεις εκείνες, οι οποίες κατ' αρχήν ικανοποιούν τα κριτήρια του φορέα για αυτοχρηματοδότηση επενδύσεων, καθώς και εκείνες οι οποίες χρήζουν αναλυτικής τεκμηρίωσης στα πλαίσια της εκτενούς ενεργειακής επιθεώρησης.

• *Εκτενής Ενεργειακή επιθεώρηση*: Είναι η ενεργειακή επιθεώρηση που συνήθως έπεται της συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης και όπου, εκτός από τα ενεργειακά στοιχεία, χρειάζονται και μετρήσεις, προκειμένου να καταρτιστούν τα ενεργειακά ισοζύγια στις ενεργοβόρες μονάδες ή εγκαταστάσεις. Με τον τρόπου αυτό προσδιορίζονται επεμβάσεις μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης απόδοσης.

• *Ενεργειακή μελέτη*: Είναι η μελέτη που εξετάζει συνολικά τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες κτιρίων ή οικισμών για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης, ώστε να εξασφαλίζεται θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του χρόνου. Υποδεικνύει τις βέλτιστες, κατά περίπτωση, λύσεις για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών μέσω τεχνικών και συστημάτων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας ή μέσω της χρήσης ΑΠΕ.

• *Ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίου*: Είναι η διαδικασία ελέγχου και διάγνωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς κάθε κτιρίου και της πραγματοποιούμενης κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη όλων των αναγκών του, στοιχεία που προκύπτουν μετά από τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων ή ελέγχων.

• *Ενεργειακοί επιθεωρητές ή ελεγκτές*: Είναι εξειδικευμένοι επιστήμονες όπως καθορίζονται από τον κανονισμό ενεργειακών επιθεωρήσεων και σχετικές υπουργικές αποφάσεις που εκδίδονται από το Υπουργείο Ανάπτυξης, οι οποίοι διενεργούν ενεργειακές επιθεωρήσεις για την πιστοποίηση του βαθμού ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής επίδοσης των κτιρίων.

1.5. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Η ενεργειακή διαχείριση μπορεί να επιτευχθεί τεχνικά κατ’ αρχήν μέσω επεμβάσεων λειτουργικού εξορθολογισμού μέσω [www.cres.gr]:

- της βελτιστοποίησης των εκκινήσεων και των διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού,
- της διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού στις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης και, κατά συνέπεια, χαμηλής απόδοσης,
- της κλιμακωτής εκκίνησης του εξοπλισμού, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι αιχμές,
- του καθορισμού του σημείου λειτουργίας σύμφωνα με άλλα στοιχεία (χρονοδιάγραμμα, απασχόληση, εξωτερική θερμοκρασία),
- της μείωσης των αιχμών κατανάλωσης με την επιλεκτική διακοπή της λειτουργίας των συστημάτων σε περιόδους που υπερβαίνεται το μέγιστο επίπεδο.

Υπάρχουν διάφορα επίπεδα στα ενεργειακά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν ανάλογα με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και το ύψος των διαθέσιμων επενδύσεων. Μπορούν να εξεταστούν τόσο χαμηλού ή και μηδενικού κόστους μέτρα, όσο και μέτρα με κάποιο σημαντικό κόστος επένδυσης, για τα οποία απαιτείται η πληρέστερη οικονομική ανάλυσή κόστους – οφέλους πριν εφαρμοσθούν [Florides et al., 2002]. Ενδεικτικά:

α) Μέτρα χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους

- Διακοπή λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού όταν δεν είναι απαραίτητα και
- Κινητοποίηση των ενοίκων για αποδοτική χρήση της ενέργειας (αυτό μπορεί να απαιτεί εκπαίδευση για τη βελτίωση του επιπέδου ενημέρωσης τους).

β) Μέτρα που περιλαμβάνουν κάποιο επίπεδο αρχικής επένδυσης

- Εισαγωγή συστημάτων ελέγχου – κεντρικά συστήματα θέρμανσης, σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης,
- Βελτιώσεις στο κτίριο ή σε θέματα σχεδιασμού κάποιου νέου κτιρίου,
- Βελτιώσεις στο φωτισμό,
- Χρήση συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας,
- Βελτίωση στον κλιματισμό / εξαερισμό και
- Εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

Όταν εξετάζονται μέτρα αυτού του είδους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που θα επιτευχθούν,
- Η επένδυση κεφαλαίου που απαιτείται και ο χρόνος για να αποσβεσθεί
- Το επίπεδο ενόχλησης που θα προσκληθεί αρχικά και τα θέματα συντήρησης και
- Το απαιτούμενο επίπεδο των τεχνικών γνώσεων.

Όταν εντοπισθούν πιθανές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, θα πρέπει να καταστρωθεί και να δρομολογηθεί ένα κατάλληλο σχέδιο δράσης. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση των δράσεων και διασφαλίζει ότι δεν θα παραληφθούν κάποιες από αυτές στην πορεία, ενώ διευκολύνει και την εκ των υστέρων εκτίμηση των ενεργειακών οφελών που επιτεύχθηκαν χάρη στην κάθε δράση ξεχωριστά.

Προς την κατεύθυνση αυτή, στην παρούσα διπλωματική εργασία διενεργήθηκε προσπάθεια Ενεργειακής Επιθεώρησης των κτιρίων, Γενικού Τμήματος Πολυτεχνείου Κρήτης και ΚΦΒΕ Πολυτεχνείου Κρήτης, με σκοπό την καταγραφή του ενεργειακού τους προφίλ και στη συνέχεια την διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων για την βελτίωσή του. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για το λόγο αυτό είναι το EPA-NR, ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε στα πλαίσια υλοποίησης της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ και του Ευρωπαϊκού Προγράμματος 'Intelligent Energy – Europe'(IEE). Το EPA-NR παρέχει μια υπολογιστική μέθοδο για την Αξιολόγηση της Ενεργειακής Απόδοσης Υφιστάμενων Κτιρίων του Τριτογενή Τομέα και απευθύνεται στους υπεύθυνους σχεδιασμού πολιτικής & τους εμπειρογνώμονες/μελετητές που ασχολούνται με την ενεργειακή πιστοποίηση υφιστάμενων κτιρίων στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου EPA είναι τα ακόλουθα:

- Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ,
- Προσαρμόζεται στις εθνικές προδιαγραφές διαφορετικών χωρών, όσον αφορά την νομοθεσία και σε τεχνικά θέματα,
- Εφαρμόζεται σε κτίρια του τριτογενή τομέα, αλλά μπορεί να προσαρμοστεί και σε κτίρια κατοικιών,
- Οι υπολογισμοί βασίζονται σε αυτόνομες ρουτίνες, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα επικαιροποίησης και αναπροσαρμογής τους σε ευρωπαϊκό ή εθνικό επίπεδο,

- Αξιόπιστα και ακριβή αποτελέσματα και
- Ολοκλήρωση της επιθεώρησης και της αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενου κτιρίου σε σύντομο χρονικό διάστημα.

2. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

2.1. Βασικά σημεία της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ

Τον Δεκέμβριο του 2002 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε την Οδηγία 2002/91/ΕΚ (EPBD: Energy Performance of Buildings Directive), η οποία έχει τεθεί σε εφαρμογή από τις 4 Ιανουαρίου 2006. Αντικείμενο αυτής της οδηγίας είναι να προωθήσει την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, λαμβάνοντας οικονομικά συμφέροντα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Η εφαρμογή της οδηγίας 2002/91/ΕΚ μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο για την επίτευξη του στόχου της Ε.Ε, σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο για την μείωση των εκπομπών του CO_2 [www.epa-nr.org].

Στόχοι της οδηγίας 2002/91/ΕΚ αποτελούν :

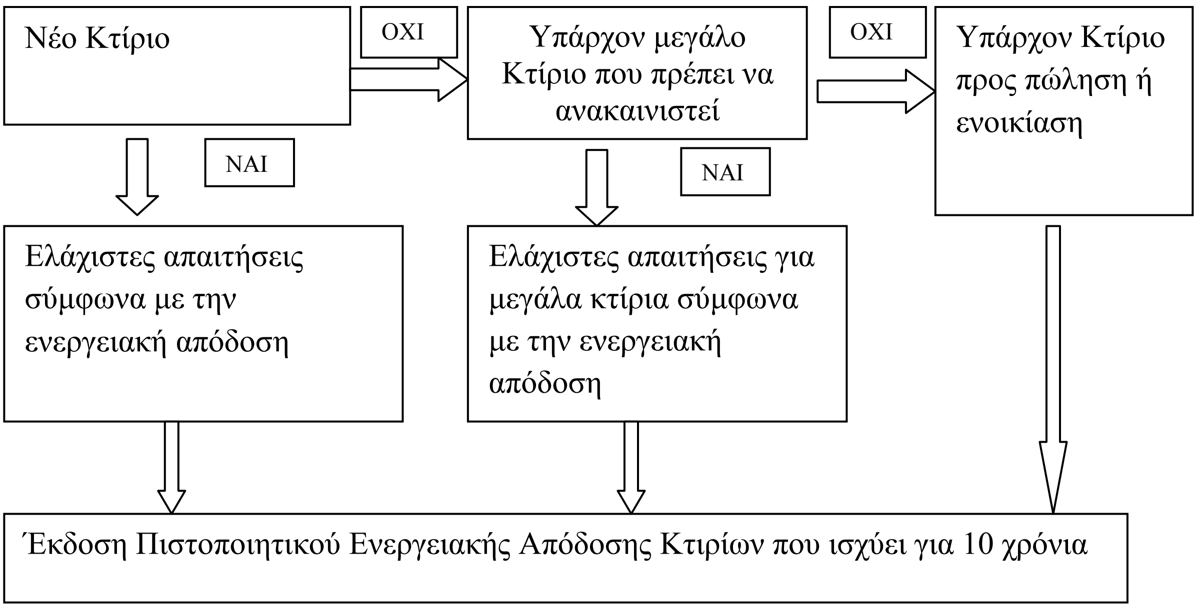
- Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης,
- Η ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας,
- Η αξιοποίηση ΑΠΕ,
- Η μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και
- Η χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον.

Απαιτήσεις της οδηγίας 2002/91/ΕΚ για τα κράτη-μέλη της Ε.Ε είναι:

- Μέθοδος υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης,
- Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης σε νέα κτίρια,
- Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για μεγάλα (>1,000 m^2) υφιστάμενα κτίρια που ανακαινίζονται τουλάχιστον κατά 25%,
- Τακτική επιθεώρηση λεβήτων
    - Ετήσια :Λέβητες 20-100 kW
    - Κάθε διετία: Λέβητες >10 kW
    - Κάθε τετραετία: Λέβητες φυσικού αερίου
    - Γενική επιθεώρηση εγκατάστασης και συστάσεις για μετατροπές ή αντικατάσταση σε λέβητες παλαιότητας >15 ετών,
- Τακτική επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού

➢ Ετήσια για ισχύ >12 kW και

- Ενεργειακή Πιστοποίηση



Εικόνα 6. Διάγραμμα ροής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ για την πιστοποίηση κτιρίων

Πηγή: www.epa-nr.org

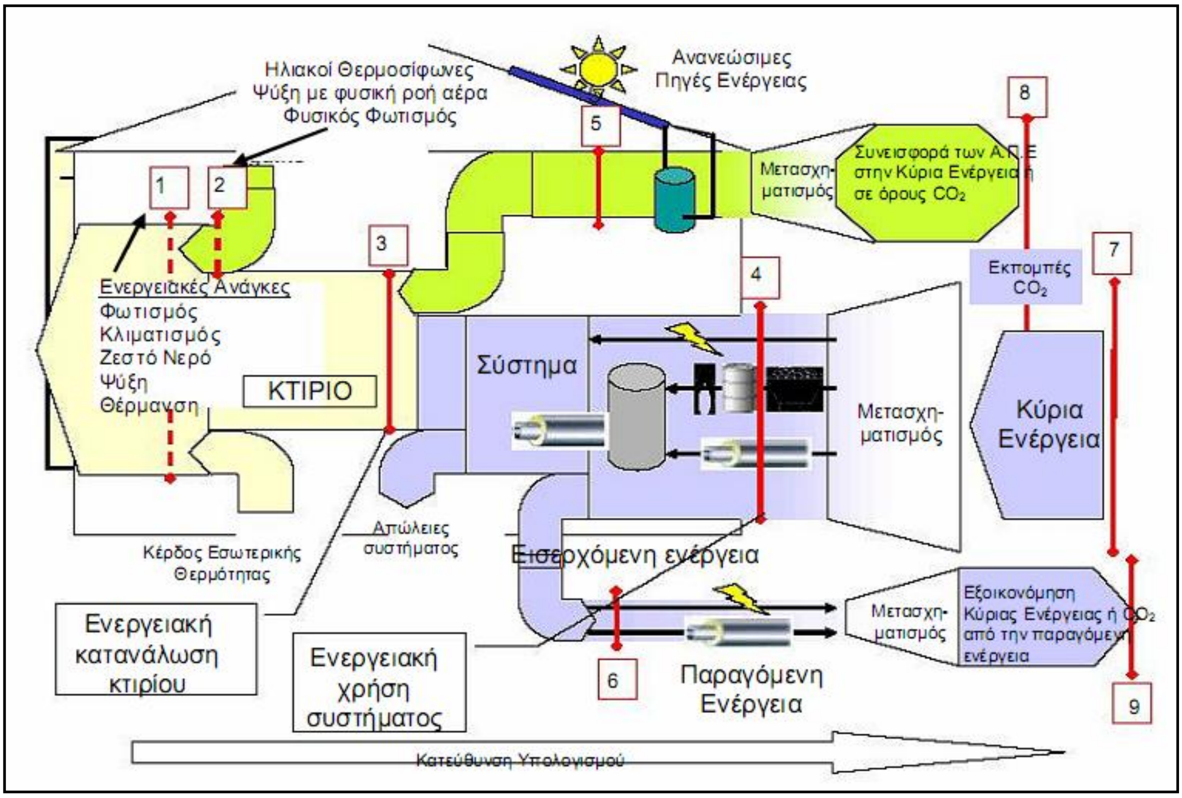
Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να εφοδιάσει τα κράτη-μέλη με μία πρακτική εφαρμογή της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ και συγκεκριμένα για την ανάπτυξη της μεθόδου αξιολόγησης για την ενεργειακή πιστοποίηση, υποχρέωσε τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό (CEN-European Committee of Standardization) να αναπτύξει ένα μεγάλο αριθμό Ευρωπαϊκών Κανονισμών. Έτσι όταν τα κράτη μέλη ξεκινήσουν την εφαρμογή της μεθόδου για την ενεργειακή αξιολόγηση των κτιρίων, θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους Κανονισμούς του Ευρωπαϊκού Οργανισμού (CEN).

Η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, σύμφωνα με το κείμενο-πλαίσιο "*Umbrella document*" (CEN/BT WG 173 EPBD N 15 rev), βασίζεται στα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τον εγκατεστημένο εξοπλισμό. Ο κανονισμός είναι δομημένος σε 3 επίπεδα [Μπαλαράς, 2007]:

- Υπολογισμός των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου,

- Υπολογισμός της αποδιδόμενης ενέργειας για θέρμανση & ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό και φωτισμό και

- Υπολογισμός του δείκτη ενεργειακής απόδοσης (πρωτογενής ενέργεια, εκπομπές CO_2 κλπ)



[1] : Μεικτές Ενεργειακές Ανάγκες : ανάγκες του χρήστη για θέρμανση, φωτισμό, ψύξη κλπ. οι οποίες καθορίζονται για να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό

[2] : Ενεργειακό κέρδος από φυσικές πηγές : Ηλιακοί θερμοσίφωνες, ψύξη με εξαερισμό, φυσικός φωτισμός

[3] : Η συνολική ενέργεια που χρησιμοποιεί το κτίριο είναι το άθροισμα του [1] και [2] σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του ίδιου του κτιρίου.

[4] : Εισερχόμενη ενέργεια που αναπαριστάται ξεχωριστά για κάθε είδος ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της βοηθητικής ενέργειας, που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, ζεστό νερό και συστήματα φωτισμού, λαμβάνοντας υπόψη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή ενέργειας. Αυτή η ενέργεια μπορεί να εκφραστεί σε ενεργειακές μονάδες ή σε οποιαδήποτε άλλη μονάδα (kg, m^3, kWh κλπ)

[5] : Ενέργεια παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που παράγονται στο ίδιο το κτίριο.

[6] : Παραγόμενη ενέργεια από το ίδιο το κτίριο και εξαγωγή ενέργειας προς την αγορά (μπορεί επίσης να περιλαμβάνει μέρος του [5]

[7] : Αναπαριστά την χρήση κύριας ενέργειας ή τις εκπομπές CO_2 που σχετίζονται με το κτίριο.

[8] : Αναπαριστά την κύρια ενέργεια ή τις εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας στο κτίριο και χρησιμοποιείται στο ίδιο το κτίριο και συνεπώς δεν αφαιρείται από το [7]

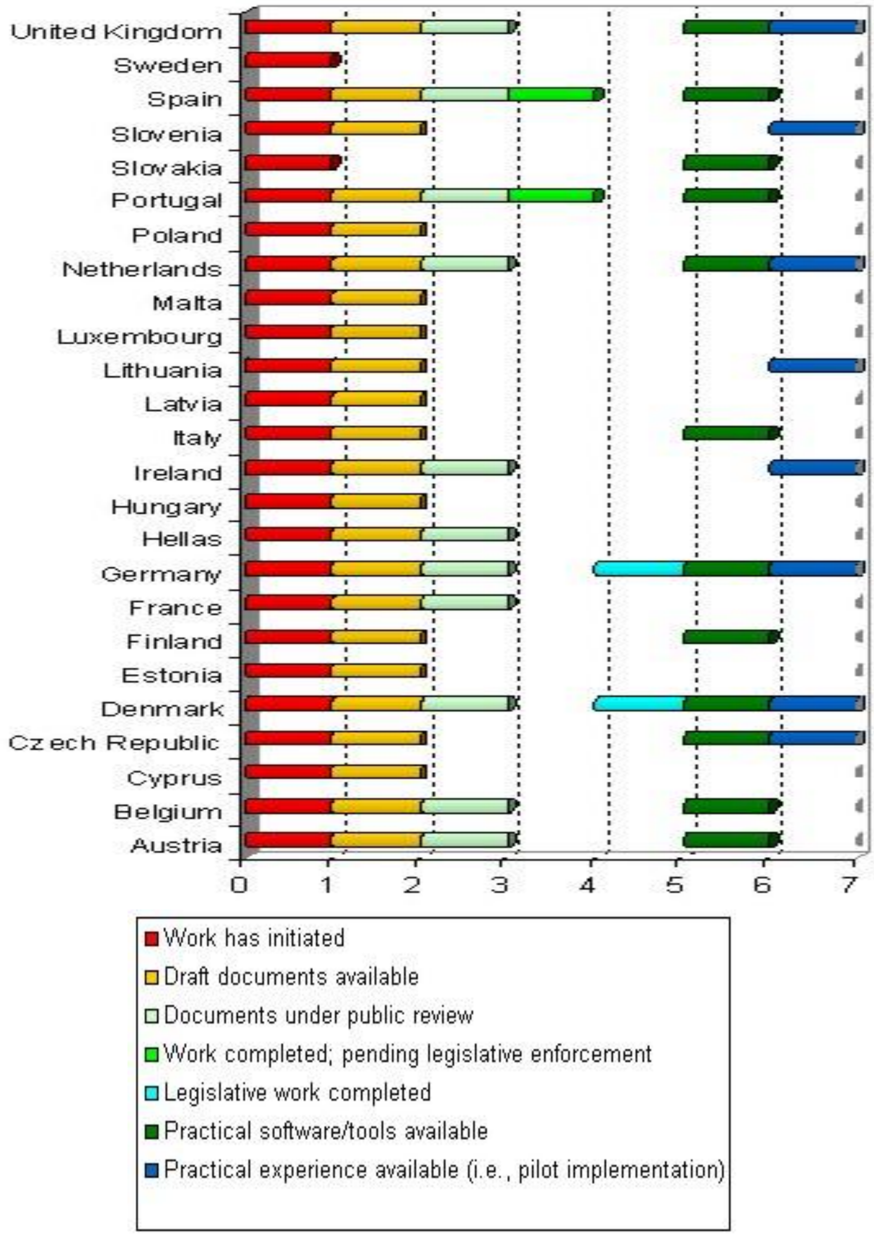
[9] : Αναπαριστά την εξοικονόμηση κύριας ενέργειας ή CO_2 που σχετίζεται με την παραγόμενη ενέργεια, η οποία αφαιρείται από το [7]

Εικόνα 7. Συνολική διαδικασία υπολογισμού κατανάλωσης ενέργειας σε κτίριο

Πηγή: CEN/BT WG 173 EPBD N

2.2. Εναρμόνιση Ευρωπαϊκών Κρατών με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ

Η προθεσμία εφαρμογής της Οδηγίας ήταν η <u>*4η Ιανουαρίου 2006*</u> με δυνατότητα χρήσης <u>*πρόσθετης περιόδου 3 ετών*</u> για την πλήρη εφαρμογή των άρθρων 7 (έκδοση πιστοποιητικών), 8 (επιθεώρηση λεβήτων) και 9 (επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού), όταν δεν διατίθενται ειδικευμένοι ή/και διαπιστευμένοι εμπειρογνώμονες. Οι εθνικές προσπάθειες για την ενσωμάτωση της Οδηγίας ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των κρατών-μελών της Ε.Ε. Ορισμένες χώρες δεν έχουν ακόμη προωθήσει την εφαρμογή της και ενδεχομένως θα εκμεταλλευτούν την τριετή περίοδο παράτασης για την πλήρη εφαρμογή της Οδηγίας, ενώ άλλες έχουν πλήρως προσαρμοστεί (όπως η Γερμανία, η Δανία, η Τσεχία, η Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο) [Αθανασίου, 2006].



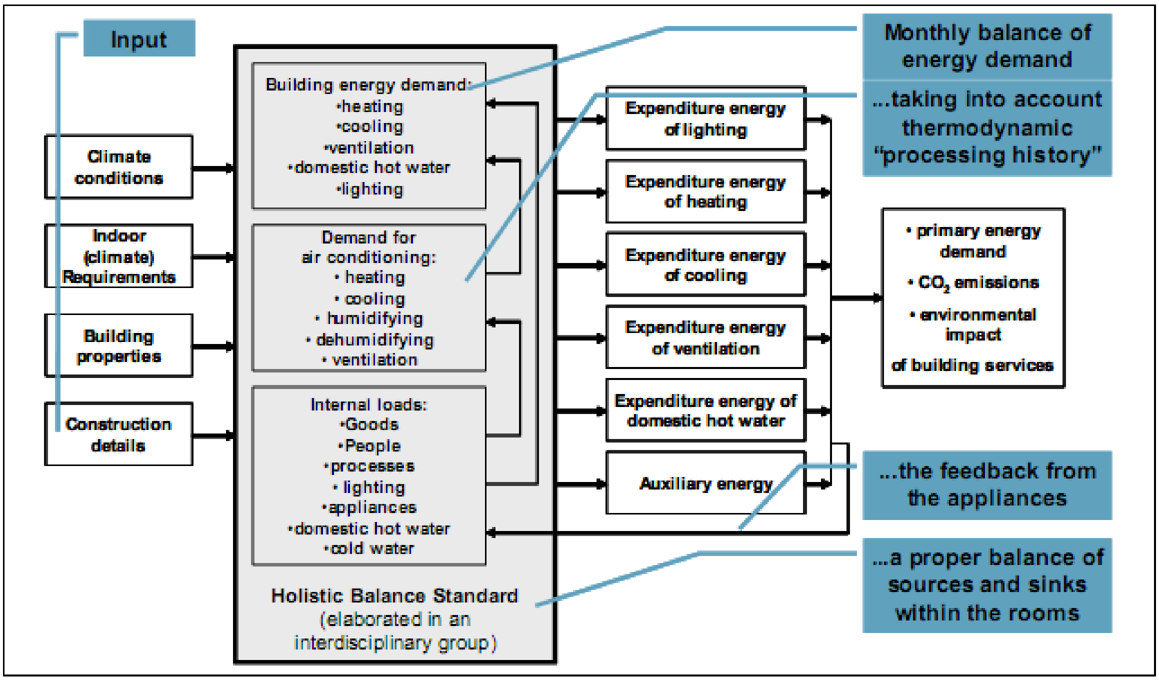
Εικόνα 8. **Εναρμόνιση Ευρωπαϊκών κρατών με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ**

Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2005

Στη συνέχεια ακολουθούν παραδείγματα εφαρμογής της νομοθεσίας για Γερμανία, Ισπανία, Αυστρία και Γαλλία.

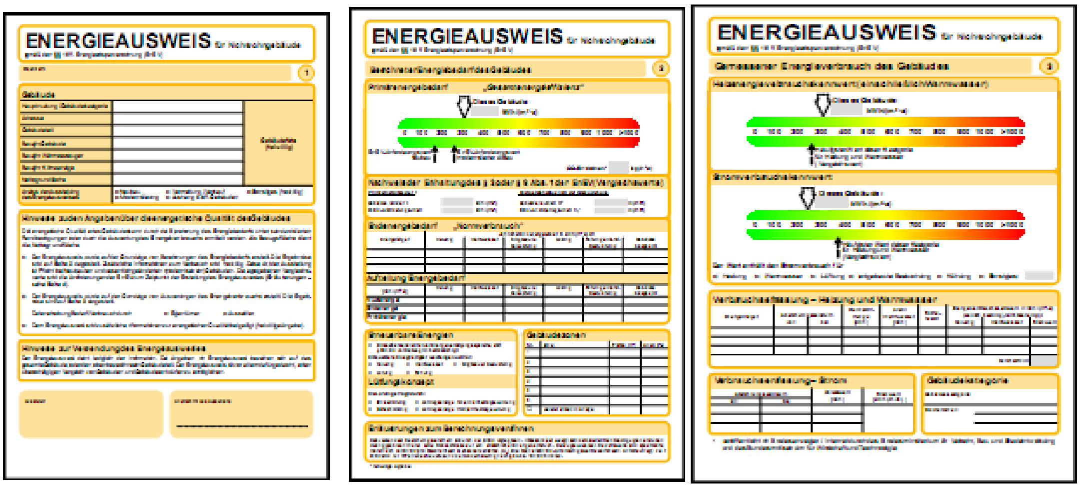
Παράδειγμα 1, Γερμανία [Schettler-Kohler, 2008]: Η Γερμανία ήδη από το 2002 έχει εφαρμόσει τις περισσότερες πτυχές της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ, ορίζοντας μία μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σύμφωνα με το DIN V 18599.

Βασικά στοιχεία και ειδικά τα αφορώντα συσκευές θέρμανσης έχουν εισαχθεί στα νέα Ευρωπαϊκά στάνταρντ.



Εικόνα 9. Σχέδιο υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στην Γερμανία

Πηγή: http://www.buildingsplatform.org



Εικόνα 10. Σήμα ενεργειακής πιστοποίησης για κτίρια τριτογενούς τομέα στη Γερμανία

Πηγή: http://www.buildingsplatform.org

Παράδειγμα 2, Ισπανία [Herrera,2007]: Στη χώρα αυτή η υπάρχουσα νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια χρονολογείται από το 1979 και η τελευταία νομοθεσία για την θερμομόνωση των κτιρίων από το 1998. Και οι δύο νομοθεσίες χρειάζονται αναθεώρηση και ανανέωση. Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ έδωσε στην Ισπανία την δυνατότητα να συμπεριλάβει περισσότερο ενεργειακά κριτήρια σε αυτή την αναθεώρηση, όχι μόνο για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων στην Ε.Ε, αλλά για την εφαρμογή άλλων Εθνικών ενεργειακών πολιτικών, όπως η Ενεργειακή Στρατηγική Ε4 και το Σχέδιο Ανανεώσιμης Ενέργειας.

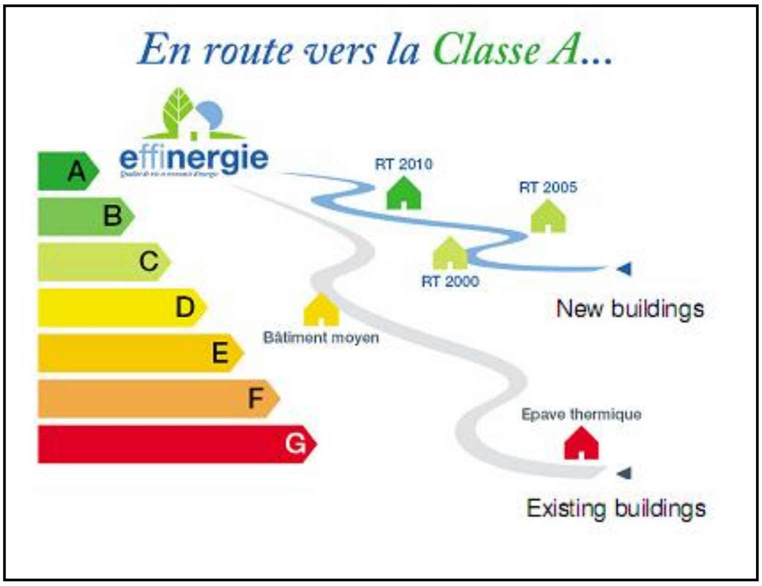
Παράδειγμα 3, Αυστρία [www.epa-nr.org]: Η μύηση της Αυστρίας στην προστασία του κλίματος ξεκίνησε με το πρόγραμμα "climate:active", το οποίο περιλαμβάνει πολλά συμβουλευτικά προγράμματα για ολόκληρο τον κτιριακό τομέα. Οι ιδιοκτήτες των κτιρίων συμβουλεύονται από ειδικές ομάδες, οι οποίες δίνουν κατευθύνσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια. Έτσι, προς την κατεύθυνση αυτή δημιουργήθηκαν διάφορες δημοσιεύσεις και μεθοδολογίες, οι οποίες είναι σύμφωνες με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ. Για παράδειγμα, στον κατάλογο των συμβουλευτικών προγραμμάτων ανήκει και το πρόγραμμα "climate: active house", το οποίο εργάζεται στον τομέα της ενεργειακής πιστοποίησης των κτιρίων και περιλαμβάνει διάφορα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια. Όταν οι ιδιοκτήτες επιθυμούν να πιστοποιήσουν το κτίριο τους, αυτό αξιολογείται από ειδικευμένους μελετητές και τα αποτελέσματα τα πιστοποίησης δημοσιεύονται στην επίσημη ιστοσελίδα του "climate: active house". Κάθε χρόνο τα αποδοτικότερα κτίρια, ενισχύονται οικονομικά από το εθνικό πρόγραμμα "climate:active".

Ένα πολύ σημαντικό μέτρο για την ποιότητα της αξιολόγησης και την ευρεία εφαρμογή της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ, δημιουργήθηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Παιδείας της Αυστρίας, το οποίο οργάνωσε την εφαρμογή των απαραίτητων γνώσεων για την εκπλήρωση της οδηγίας, εμπλουτίζοντας ήδη υπάρχοντα εκπαιδευτικά προγράμματα. Αυτοί που παίρνουν μέρος σε αυτές τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες, πιστοποιούνται από το "climate:active" και επιτρέπεται να εργάζονται ως Ενεργειακοί Επιθεωρητές.

Παράδειγμα 4, Γαλλία [Husaunndee, 2007]: Η πρώτη ενεργειακή κρίση οδήγησε τη χώρα αυτή στη θέσπιση νόμων για νέες κατοικίες το 1974. Ακολούθησε η θέσπιση νόμων για κτίρια του τριτογενή τομέα, το 1977, που αφορούσαν κυρίως τις θερμικές απώλειες. Οι νόμοι αυτοί εμπλουτίστηκαν για τα κτίρια του τριτογενή τομέα, το 1978, λαμβάνοντας υπόψη τις ενεργειακές απαιτήσεις και την κατανάλωση ενέργειας (θέρμανση, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης). Οι νόμοι παρέμειναν χωρίς αλλαγές μέχρι το 2000, όταν υπέστησαν μεγάλες τροποποιήσεις για τον κτιριακό τομέα, που αφορούσαν την κατανάλωση ενέργειας, καθώς και την θερμική άνεση το καλοκαίρι. Η θέσπιση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ οδήγησε σε εκ νέου αναθεωρήσεις των σχετικών νόμων το 2005, λαμβάνοντας υπόψη περισσότερο ενεργειακές κατευθύνσεις για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, αερισμό, βοηθητική ενέργεια για τα παραπάνω συστήματα και φωτισμό. Μεγάλη προσοχή δόθηκε στην προώθηση των ΑΠΕ.

Όσον αφορά τα ήδη υπάρχοντα κτίρια, για ενσωματωθούν οι απαιτήσεις της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ, θεσπίστηκαν δύο νόμοι στη Γαλλία. Ο πρώτος είχε να κάνει με κτίρια που η επιφάνειά τους δεν ξεπερνούσε τα 1.000 m^2 και με απαιτήσεις που αφορούσαν συστατικά του κτιρίου που έπρεπε να αλλαχθούν στα πλαίσια της ενεργειακή ανακαίνισης. Ο δεύτερος είχε να κάνει με κτίρια μεγαλύτερα από 1.000 m^2 και την ενεργειακή τους απόδοση.

Ένας φορέας που ασχολείται με θέματα ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα, είναι ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός "Effinergie" (www.effinergie.org). Ο οργανισμός αυτός ιδρύθηκε για να προωθήσει κτίρια χαμηλής ενέργειας στη Γαλλία, αναπτύσσοντας μια συγκεκριμένη σήμανση για νέα και ήδη υπάρχοντα κτίρια και συμβαδίζει με τον εθνικό πολιτικό στόχο για μείωση των εκπομπών CO_2.



Εικόνα 11. Πρόγραμμα "Effinergie"

Πηγή: www.effinergie.org

2.3. Εναρμόνιση Ελλάδας με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ

Η ισχύουσα Ελληνική νομοθεσία σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας στην μελέτη κτιρίων περιορίζεται στη μελέτη θερμομόνωσης που απαιτείται για κάθε νέα κατασκευή, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ), Προεδρικό Διάταγμα ΦΕΚ/362- 4.7.79, οποίος παρέμεινε χωρίς καμία προσαρμογή για περίπου τρεις δεκαετίες . Στη δεκαετία του 1990, λόγω της αύξησης του ενδιαφέροντος σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και ιδιαίτερα των εκπομπών CO_2, σε συνδυασμό με την ανάγκη εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με τις τότε σχετικές Ευρωπαϊκές Οδηγίες (96/76 της 13-9-1993), άρχισαν να γίνονται μερικά θετικά βήματα. Περιορίστηκαν όμως στο επίπεδο εκπόνησης μελετών και κάποιων οδηγιών, χωρίς όμως να περάσουν στη φάση της υλοποίησης και υποχρεωτικής εφαρμογής. Με βάση τα αποτελέσματα του προγράμματος του ΥΠΕΧΩΔΕ για την εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό, εμπορικό και τριτογενή τομέα (Ενέργεια 2001) που ολοκληρώθηκε το 1995, προετοιμάστηκε και εκδόθηκε η υπ’ αριθμόν 21475/2707 Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) του ΥΠ.ΕΘ.Ο., ΥΠ.ΑΝ., Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. και ΥΠ.ΕΣ.Δ.Δ.Α. (ΦΕΚ 880/Β 19-8-1998) που αφορούσε τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για τον περιορισμό των εκπομπών του CO_2. Η βασική καινοτομία της κοινής υπουργικής απόφασης ήταν η καθιέρωση του Ενεργειακού Πιστοποιητικού Κτιρίων [Δασκαλάκη et al., 2007].

Ο κορμός της προσπάθειας αυτής προβλεπόταν να είναι ο ΚΟΧΕΕ, οποίος θα έπρεπε να εκδοθεί σύμφωνα με το άρθρο 26 του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού (ΓΟΚ) και θα αντικαθιστούσε τον ισχύοντα κανονισμό θερμομόνωσης, μεταξύ όλων των άλλων απαιτούμενων ενεργειακών μελετών, ενεργειακής επιθεώρησης και πιστοποίησης των κτιρίων, ενεργειακής ταυτότητας, κλπ. Διάφορα άρθρα του ΓΟΚ τροποποιήθηκαν, για την εφαρμογή επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, για προσθήκη θερμομόνωσης, ενσωμάτωση ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων, χρήση σκιάστρων και βιοκλιματικά κτίρια κλπ. Δυστυχώς, οι αλλαγές αυτές δεν ίσχυσαν ακόμη, μια και δεν υλοποιήθηκε η έκδοση του ΚΟΧΕΕ που θα προδιέγραφε και θα υποστήριζε την υλοποίηση των προβλεπόμενων μέτρων. Το προσχέδιο του ΚΟΧΕΕ ετοιμάστηκε από το ΚΑΠΕ για το ΥΠΕΧΩΔΕ και παραδόθηκε με καθυστέρηση στα τέλη του 2003. Ακολούθησε στις αρχές του 2004 η περιορισμένη δημοσιοποίησή του στα πλαίσια δημόσιας διαβούλευσης, κατά την διάρκεια της οποίας διάφοροι φορείς, μεταξύ των οποίων και το ΙΕΠΒΑ/ΕΑΑ, υπέβαλαν τις παρατηρήσεις τους. Η διαδικασία διεκόπη, και τον Απρίλιο του 2005 συστάθηκε μια νέα επιτροπή από το Υπουργείο Ανάπτυξης - ΥΠΑΝ (Δ6/Β/7461/21.4.2005) με εκπροσώπους από το ΥΠΑΝ, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΤΕΕ, ΕΛΟΤ και το ΚΑΠΕ, που ανέλαβε το έργο. Ο κανονισμός μετονομάστηκε σε Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), λαμβάνοντας υπόψη τους νέους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς. Η επιτροπή «ολοκλήρωσε» το έργο της στο τέλος του 2005, με την προετοιμασία ενός γενικού θεσμικού πλαισίου για την εφαρμογή της Οδηγίας και ενός σχεδίου υπουργικής απόφασης για το μητρώο ενεργειακών επιθεωρητών, χωρίς όμως να γίνει καμιά δημόσια κοινοποίηση των όποιων αποτελεσμάτων. Το ΤΕΕ, μέσω της Μόνιμης Επιτροπής Ενέργειας, προχώρησε στη σύσταση μιας νέας επιτροπής που ασχολείται με το θέμα. Μέχρι σήμερα δεν έχει υπάρξει καμία δημοσιοποίηση οποιασδήποτε σχετικής απόφασης ή άλλης πληροφόρησης σχετικά με το περιεχόμενο και τη σύσταση του περιεχομένου του ενεργειακού πιστοποιητικού, των εθνικών ορίων για τη κατανάλωση ενέργειας, της γενικότερης μεθοδολογίας κλπ (πέρα από το ότι θα είναι σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς). Στις 27 Ιουνίου 2007, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέπεμψε την Ελλάδα στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο εξαιτίας της μη συμμόρφωσής της με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ [Δασκαλάκη et al., 2007].

Στις 19 Μαΐου 2008 ψηφίστηκε ο νόμος υπ’ αριθμόν 3661, με τις διατάξεις του οποίου εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ο νόμος αυτός θα τεθεί σε εφαρμογή το 2009 και μέχρι τότε θα έχουν ορισθεί και οι επιμέρους διατάξεις, που αφορούν στην εξειδικευμένη επιστημονική κατάρτιση και στην τεχνογνωσία των Ενεργειακών Επιθεωρητών, όπως και το ειδικό πλαίσιο της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιούν. Επιπλέον, σχεδιάζεται η παροχή δανείων ενεργειακής απόδοσης για την εφαρμογή συνολικών επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε υπάρχοντα κτίρια και σειρά μέτρων για φορολογικές απαλλαγές για την αγορά συστημάτων που εξοικονομούν ενέργεια. Ως τώρα τα κίνητρα που υπάρχουν είναι οι εκπτώσεις από το φορολογητέο εισόδημα για τα έξοδα αγοράς και εγκατάστασης συστημάτων φυσικού αερίου και ηλιακών συστημάτων [Χαραλαμπίδου, 2006].

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Στάδια μεθοδολογίας

Η ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίων και ο υπολογισμός των ενεργειακών τους καταναλώσεων μπορεί να βοηθηθεί από ένα μεγάλο αριθμό λογισμικών που έχουν δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό, ανάμεσά τους συγκαταλέγονται το TRNSYS, energyplus, DOE-2.ID14, BLAST κ.α. Τα κριτήρια με βάση τα οποία επιλέχθηκε το EPA-NR για την μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων που θα μελετηθούν είναι ότι είναι εύχρηστο, η ενεργειακή επιθεώρηση μπορεί να διενεργηθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα, έχει ελεγχθεί η αξιοπιστία του με τη διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδο BESTEST και είναι ένα πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος ‘Intelligent Energy Europe’.

Έτσι λοιπόν, με τη βοήθεια του λογισμικού EPA-NR ακολουθήθηκαν τέσσερα στάδια, σύμφωνα και με την γενική μεθοδολογία του λογισμικού [Δασκαλάκη et al., 2007], προκειμένου να μελετηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική και τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Στο **πρώτο στάδιο** πραγματοποιήθηκε μια Εισαγωγική Συνέντευξη με τους εργαζομένους του κτιρίου και με την Τεχνική Υπηρεσία του Πολυτεχνείου Κρήτης, κατά την οποία συγκεντρώθηκαν οι γενικές πληροφορίες για το κτίριο, ανάμεσά τους η κατηγορία του κτιρίου(γραφείο, νοσοκομείο κτλ.), το έτος κατασκευής του κτιρίου, διαθεσιμότητα αρχιτεκτονικών και ηλεκτρομηχανολογικών σχεδίων, ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων στο κτίριο, ύπαρξη γειτονικών κτιρίων και απόσταση από το υπό μελέτη κτίριο, υπάρχοντα μέτρα που έχουν ληφθεί για εξοικονόμηση ενέργειας κ.α. Η συνέντευξη είναι καθοριστική για τη χρονική διάρκεια της μελέτης, αφού κατά την διάρκειά της αποκτάται μία, κατά το δυνατόν, πλήρης εικόνα της συμπεριφοράς του κτιρίου καθ’ όλη την διάρκεια του χρόνου, άσχετα με το αν η επίσκεψη πραγματοποιήθηκε μια συγκεκριμένη εποχή, αλλά και συγκεντρώνονται κάποιες αρχικές πληροφορίες που διευκολύνουν την προετοιμασία της επιθεώρησης (π.χ. Αρχιτεκτονικά σχέδια, Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, Λογαριασμοί ενεργειακών καταναλώσεων). Στην οργάνωση της εισαγωγικής αυτής συνέντευξης, βοήθησε το Εγχειρίδιο Εισαγωγικής Συνέντευξης, ένα εγχειρίδιο με όλες τις χρήσιμες πληροφορίες, το οποίο διατίθεται στην ιστοσελίδα του προγράμματος (www.epa-nr.org).

Στο **δεύτερο στάδιο** έγινε η Συλλογή Δεδομένων, κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η επιθεώρηση του κτιρίου, με την πραγματοποίηση των απαραίτητων επιμετρήσεων, καθώς επίσης και την επαλήθευση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από σχέδια και τεχνικά εγχειρίδια. Στο στάδιο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα ακόμη εγχειρίδιο, το Πρωτόκολλο Επιθεώρησης, το οποίο επίσης διατίθεται στην ιστοσελίδα του προγράμματος (www.epa-nr.org) και αποτελεί τη βάση για την χρήση του λογισμικού περιγράφοντας όλα τα απαραίτητα δεδομένα, ώστε να μην ξεχαστεί κάποια απαραίτητη πληροφορία. Το εγχειρίδιο περιλαμβάνει [Δασκαλάκη et al., 2007]:

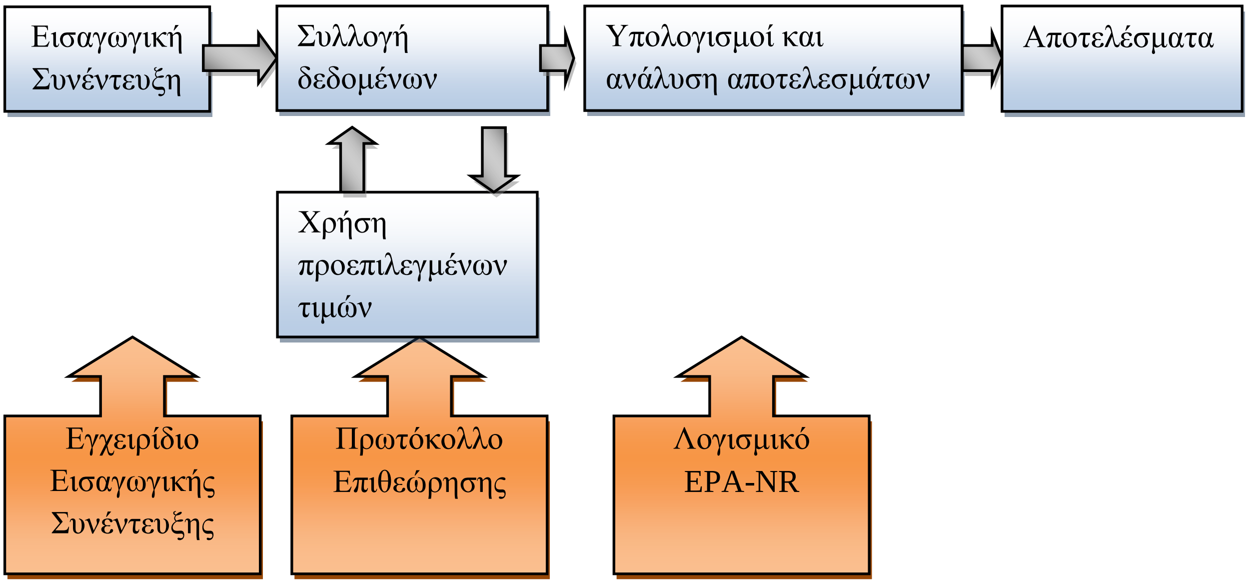
• Κατάλογο με όλα τα δεδομένα που πρέπει να συλλεχθούν κατά την επίσκεψη στο κτίριο με παράλληλη βοήθεια για την συγκέντρωση και επαλήθευσή τους,

• Κατάλογο με όλα τα απαραίτητα δεδομένα για το λογισμικό και

• Εθνικές παραδοχές για ελλιπή δεδομένα αλλά και εναλλακτικές λύσεις σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμο κάποιο στοιχείο (π.χ. Το έτος κατασκευής μπορεί να είναι ενδεικτικό για τον συντελεστή θερμοπερατότητας- U value).

Στο **τρίτο στάδιο** της μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκαν οι Υπολογισμοί και Ανάλυση Αποτελεσμάτων, κατά το οποίο αξιολογήθηκε την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου στην υπάρχουσα κατάσταση, διαμορφώθηκαν και αξιολογήθηκαν διάφορα σενάρια επεμβάσεων στο κέλυφος (τοίχοι, οροφή, ανοίγματα), στις εγκαταστάσεις ή σε παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα του κτιρίου. Οι υπολογισμοί λαμβάνουν υπόψη, όπως αναλύεται και στις § 3.2 και 3.3, Εθνικές Βιβλιοθήκες για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Οι Βιβλιοθήκες είναι αρχεία μορφής .xml, των οποίων οι τιμές των μεταβλητών για τα κλιματικά δεδομένα, καθώς και για τις σταθερές καυσίμων προσαρμόστηκαν στα δεδομένα του νομού Χανίων. Στοιχεία για τα κλιματικά δεδομένα προμηθεύτηκαν από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Σούδας και στοιχεία για τις σταθερές καυσίμων προμηθεύτηκαν από την ΔΕΗ του νομού Χανίων.

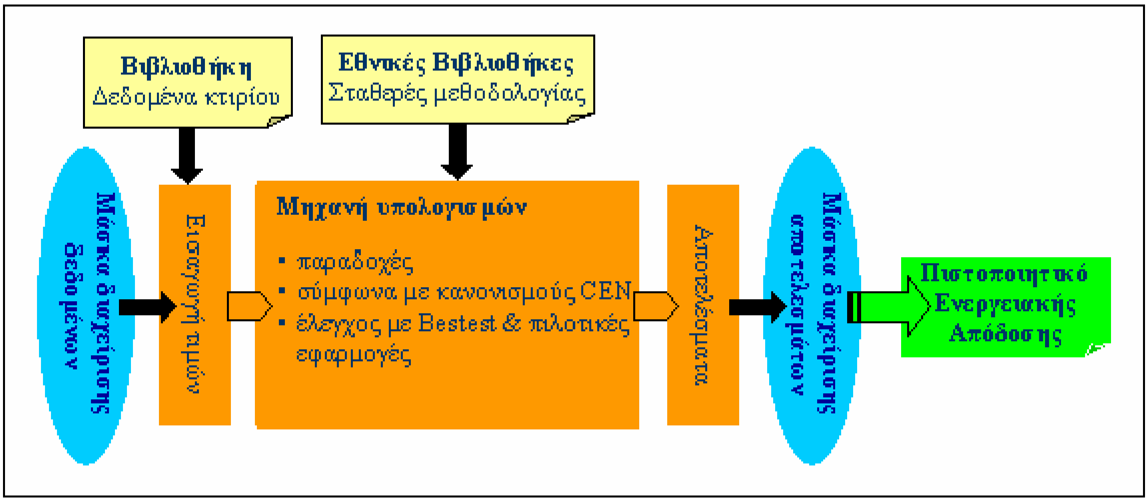
Στο **τέταρτο** και τελευταίο **στάδιο** παρουσιάζεται η Έκθεση Αποτελεσμάτων, η οποία περιλαμβάνει την υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου και τις προτεινόμενες επεμβάσεις με τα αντίστοιχα αποτελέσματα εξοικονομούμενης ενέργειας, ενεργειακών και περιβαλλοντικών δεικτών, και απλής περιόδου αποπληρωμής.



Διάγραμμα 1. Στάδια διαδικασίας και μέσα αξιολόγησης με χρήση του λογισμικού EPA-NR

3.2. Λογισμικό EPA-NR και Υπολογισμοί

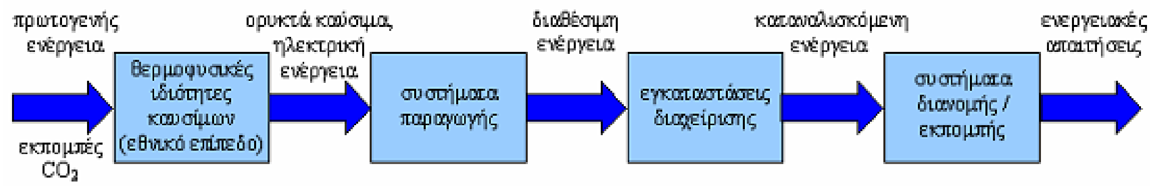
Το λογισμικό αποτελείται από τον πυρήνα των υπολογισμών, τις βιβλιοθήκες με τις τυπικές τιμές, την μάσκα εισαγωγής δεδομένων και την μάσκα των αποτελεσμάτων, όπως απεικονίζεται και στο Διάγραμμα 6.



Εικόνα 12. Σχηματική απεικόνιση του λογισμικού EPA.

Πηγή: Ινστιτούτο Μελετών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Ο πυρήνας των υπολογισμών είναι δομημένος με την λογική των αυτόνομων ρουτινών, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα εναρμόνισης στις εθνικές προδιαγραφές διαφορετικών χωρών, επικαιροποίησης και αναπροσαρμογής σε ευρωπαϊκό ή εθνικό επίπεδο. Οι ενεργειακοί υπολογισμοί που πραγματοποιούνται με το λογισμικό EPA, ξεκινάνε με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου ή των ζωνών ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ύγρανση, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμός). Στη συνέχεια υπολογίζεται η αποδιδόμενη ενέργεια προς τις ζώνες μέσω του συστήματος διανομής & εκπομπής των μηχανολογικών εγκαταστάσεων. Ακολουθεί ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας από τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις με αντίστοιχη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, για να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών τύπων καυσίμων, υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια και οι εκπομπές CO_2. Στο Διάγραμμα 7 απεικονίζεται η ενεργειακή ροή από το σύστημα παραγωγής και διανομής που καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου. Οι υπολογισμοί με το λογισμικό EPA πραγματοποιούνται βήμα-βήμα προς την αντίθετη κατεύθυνση.



Εικόνα 13. Τυπική ροή ενέργειας σε ένα κτίριο (από αριστερά προς δεξιά). Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται από δεξιά προς αριστερά.

Πηγή: www.epa-nr.org

Στο λογισμικό EPA-NR για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα, οι υπολογισμοί βασίζονται, όπως διαπιστώθηκε και στη διάρκεια της εργασίας αυτής,στους νέους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς (CEN), που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, για τα **θερμικά και ψυκτικά φορτία** οι υπολογισμοί βασίζονται στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό EN ISO 13790. Ανάμεσα στις 4 μεθόδους που περιλαμβάνονται στον Κανονισμό, το EPA-NR χρησιμοποιεί την μηνιαία μέθοδο, όπου τα φορτία υπολογίζονται με βάση τον συντελεστή χρήσης (εξαρτάται από το ισοζύγιο μεταξύ κερδών και απωλειών και την σταθερά χρόνου της ζώνης). Αυτός ο συντελεστής καθορίζει σε ποιο βαθμό τα θερμικά κέρδη είναι ωφέλιμα για το θερμικό φορτίο (περίοδος θέρμανσης) και σε ποιο βαθμό οι θερμικές απώλειες είναι ωφέλιμες για το ψυκτικό φορτίο (περίοδος ψύξης) [Δασκαλάκη et al., 2007] .

Για τα φορτία από **φυσικό αερισμό**, **διείσδυση του αέρα και μηχανικό αερισμό** οι υπολογισμοί βασίζονται στους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς EN 15242, EN 13779 και EN 15241 αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένοι Κανονισμοί υπολογίζουν την παροχή του αέρα, με διάφορες μεθόδους. Όπως είναι αναμενόμενο, πρόκειται για πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα και οι υπολογισμοί είναι υψηλών απαιτήσεων που θα απαιτούσαν λεπτομερή δεδομένα. Στα πλαίσια του EPA-NR επιλέχθηκε σταθερή παροχή αέρα (πχ από την κεντρική κλιματιστική μονάδα), η οποία εισάγεται σαν δεδομένο, που κρίνεται επαρκής για τις περισσότερες εφαρμογές μηχανικού αερισμού. Για τη διείσδυση αέρα και το φυσικό αερισμό χρησιμοποιούνται σταθερές τιμές για την παροχή, που κρίνονται επαρκείς για τη συγκεκριμένη μέθοδο. Μπορεί όμως να ενσωματωθεί και κάποια νέα υπολογιστική ρουτίνα, εάν υπάρχουν διαθέσιμες οι απαραίτητες πληροφορίες. Για την κατανάλωση ενέργειας από τον φωτισμό οι υπολογισμοί βασίζονται στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό EN 15193. Το EPA-NR ακολουθεί τη σύντομη μέθοδο και επιπλέον πραγματοποιεί μηνιαίους υπολογισμούς για την κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό με βάση τον συντελεστή μηνιαίας διακύμανσης και την ετήσια κατανάλωση. Για την εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης λαμβάνονται υπόψη η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τον φωτισμό, οι ώρες φυσικού φωτισμού, αυτοματισμοί για φυσικό φωτισμό και κίνηση, και ο φωτισμός ασφαλείας [Δασκαλάκη et al., 2007].

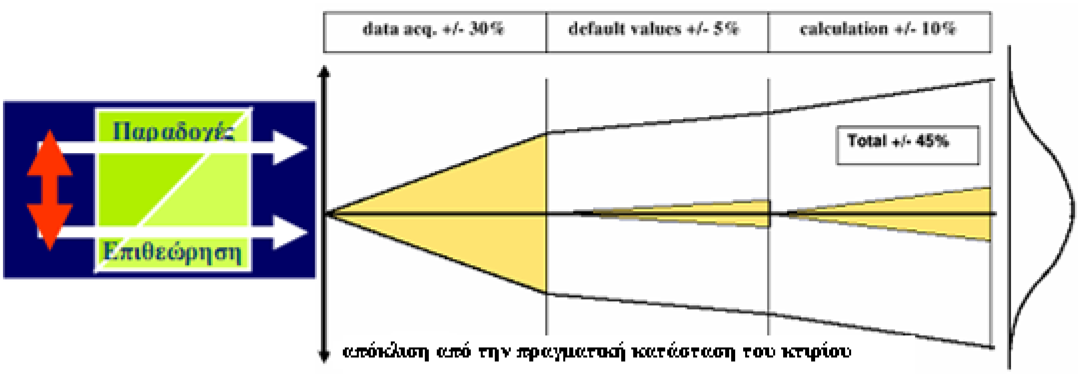
Για την **κατανάλωση ενέργειας από συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης** οι υπολογισμοί βασίζονται στους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς EN 15316-1, EN 15316-2-1, EN 15316-4, EN 15316-2-3 και EN 15316-3. Για τις ανάγκες του EPA-NR, κρίνεται επαρκής η εισαγωγή των συντελεστών απόδοσης για την παραγωγή, διανομή και διάθεση της θερμότητας [Δασκαλάκη et al., 2007].

Για την **πρωτογενή ενέργεια και τις εκπομπές CO_2** οι υπολογισμοί βασίζονται στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό EN 15603. Και στις δύο περιπτώσεις, οι εκτιμήσεις βασίζονται στην κατανάλωση ενέργειας και τους αντίστοιχους συντελεστές μετατροπής ανά φορέα ενέργειας. Λαμβάνεται υπόψη η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας λόγω εγκατάστασης φωτοβολταϊκών και από συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας [Δασκαλάκη et al., 2007].

3.2.1. Παραδοχές

Επειδή, στα μεγάλα υφιστάμενα κτίρια, όπως αυτά του τριτογενή τομέα, πολλές φορές τμήμα των απαιτούμενων πληροφοριών χάνεται κατά την διάρκεια ζωής του κτιρίου, και οι ενεργειακοί υπολογισμοί σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΚ απαιτούν πολλά διαφορετικά δεδομένα, γίνεται χρήση απλοποιήσεων και τυπικών τιμών. Η μεθοδολογία EPA έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε, να υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στον αριθμό των τυπικών τιμών και των δεδομένων που απαιτούνται από τον χρήστη του προγράμματος. Σύμφωνα με στατιστικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες, και κυρίως στην Ολλανδία, η ακρίβεια στους υπολογισμούς επηρεάζεται λιγότερο από το σφάλμα στις παραδοχές και το σφάλμα των υπολογισμών και περισσότερο από το σφάλμα κατά την συλλογή των δεδομένων (Διάγραμμα 8) [www.epa-nr.org].

Έτσι, στην μεθοδολογία, χρησιμοποιούνται τόσες παραδοχές, ώστε να μειώνονται τα δεδομένα που πρέπει να συλλεχθούν, καθώς και ο χρόνος της επιθεώρησης του κτιρίου, αλλά ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 14. Η διαμόρφωση του παράγοντα σφάλματος από την συλλογή δεδομένων μέχρι τα αποτελέσματα.

Πηγή: Ινστιτούτο Μελετών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

3.2.2. Βιβλιοθήκες[www.epa-nr.org]

Για τη διευκόλυνση του χρήστη του προγράμματος, το λογισμικό EPA διαθέτει ενσωματωμένες εθνικές βιβλιοθήκες με τις σταθερές της μεθοδολογίας, οι οποίες περιέχουν δεδομένα ανεξάρτητα από το εκάστοτε κτίριο, προσφέρουν ευελιξία για την εισαγωγή δεδομένων σε εθνική βάση και τέλος, είναι αυτόνομες και μπορούν να αναπροσαρμοστούν. Συγκεκριμένα:

• Κλιματική βιβλιοθήκη: περιλαμβάνει κλιματικά δεδομένα όπως γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) και μέσες μηνιαίες τιμές κλιματικών δεδομένων (εξωτερική θερμοκρασία, απόλυτη υγρασία, ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο, ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια).

• Βιβλιοθήκη σταθερών δεδομένων: περιλαμβάνει γενικά δεδομένα που είναι ανεξάρτητα από το εκάστοτε κτίριο και είναι δύσκολο να εκτιμηθούν από τον μελετητή, όπως ποσοστό πλαισίου παραθύρων, διορθωτικοί συντελεστές, παράμετροι για την ωφελιμότητα των κερδών.

• Βιβλιοθήκη καυσίμων: περιλαμβάνει δεδομένα για τα πιο κοινά καύσιμα σε εθνικό επίπεδο, όπως συντελεστές μετατροπής μονάδων, μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια και εκπομπές CO_2, τιμή μονάδας καυσίμου.

• Βιβλιοθήκη κατασκευαστικών χαρακτηριστικών: περιλαμβάνει κατασκευαστικά δεδομένα για τα αδιαφανή και διαφανή τμήματα του κτιρίου, το δάπεδο και τα εσωτερικά χωρίσματα.

• Βιβλιοθήκη χαρακτηριστικών Η/Μ συστημάτων: περιλαμβάνει δεδομένα για τα διάφορα ΗΜ συστήματα του κτιρίου.

3.2.3. Μάσκα εισαγωγής δεδομένων και αποτελεσμάτων

i) Εισαγωγή δεδομένων

Το κτίριο χωρίζεται σε ζώνες και για κάθε ζώνη, η περιγραφή του κτιρίου απαιτεί την εισαγωγή δεδομένων για :

• Γενικά στοιχεία: κλιματιζόμενη επιφάνεια, τεχνητός και φυσικός φωτισμός, φυσικός αερισμός και διείσδυση αέρα, εσωτερικές πηγές θερμότητας,

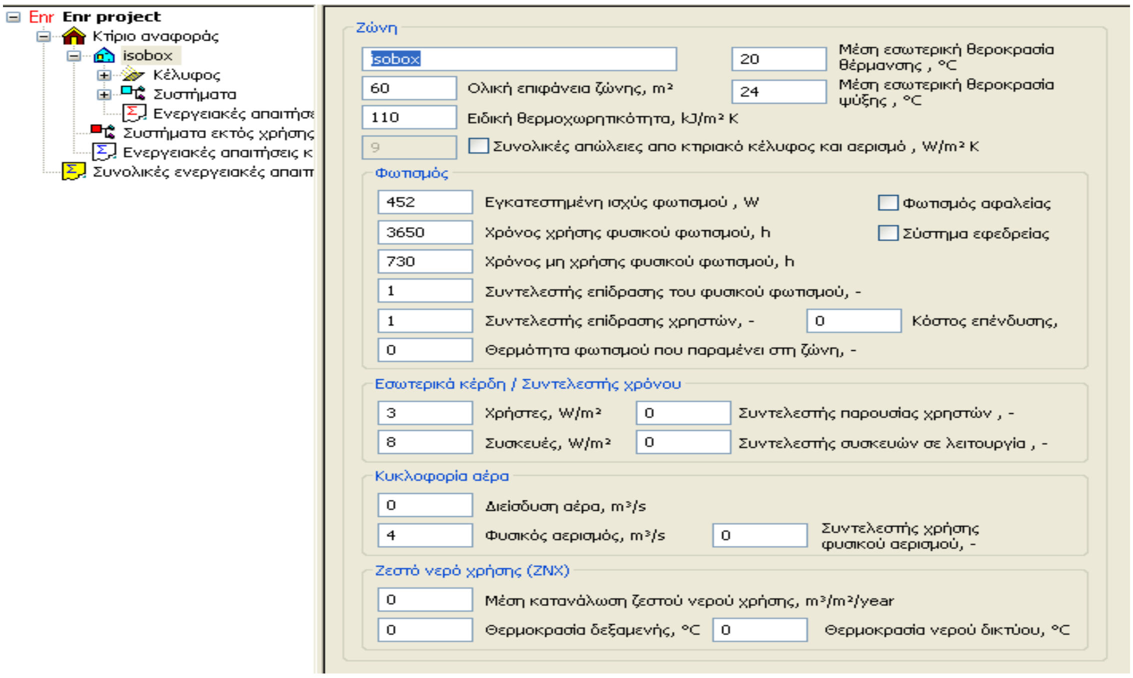
• Κτιριακό κέλυφος: αδιαφανή & διαφανή στοιχεία, σκίαση, μη θερμαινόμενοι χώροι,

• Εγκαταστάσεις: HVAC ,

• Παθητικά συστήματα: γεωμετρία & κατασκευή ηλιακών χώρων και

• Ενεργητικά ηλιακά συστήματα: ηλιακοί συλλέκτες, φωτοβολταϊκά

Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται σε μορφή πίνακα, όπως φαίνεται στην Εικ.16



Εικόνα 15. Μάσκα εισαγωγής δεδομένων

Πηγή: www.epa-nr.org

ii) Υπολογισμοί

Οι υπολογισμοί περιλαμβάνουν τα εξής βήματα:

1. Περιγράφεται η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου, υπολογίζονται τα μηνιαία φορτία και η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη χώρων, φωτισμό και βοηθητικά συστήματα, λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στη συνέχεια διαμορφώνονται και αξιολογούνται σενάρια-επεμβάσεις και νέος υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης και

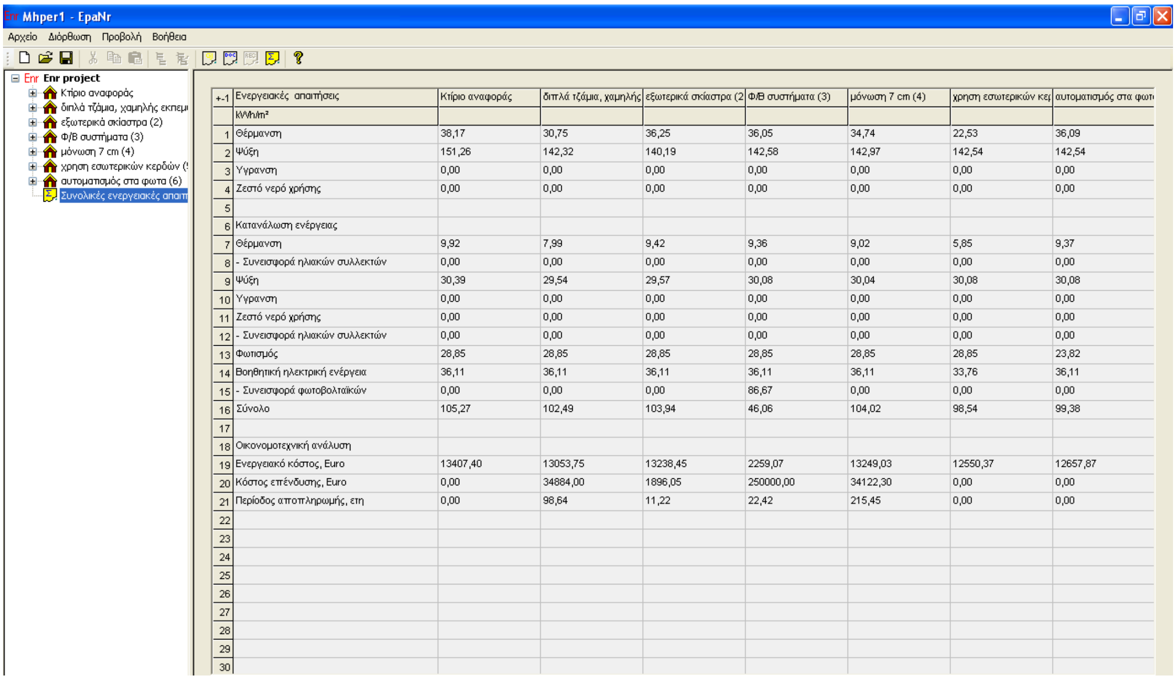
2. Υπολογίζεται η θερμική και ηλεκτρική εξοικονομούμενη ενέργεια (kWh/m^2) & μείωση ρύπων ($kg\ CO_2/m^2$) ανά έτος, καθώς επίσης πραγματοποιείται υπολογισμός του κόστους των επεμβάσεων και του χρόνου αποπληρωμής.

iii) Αποτελέσματα Υπολογισμών

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών περιλαμβάνουν :

- Φορτία και καταναλώσεις σε μηνιαία και ετήσια βάση,
- Πρωτογενή Ενέργεια & Εκπομπές CO_2,
- Εξοικονόμηση (καυσίμων, ηλεκτρικής ενέργειας, εκπομπών CO_2) και
- Κόστος, Περίοδος αποπληρωμής.

Τα αποτελέσματα τόσο για την υπάρχουσα κατάσταση, όσο και για κάθε σενάριο που μελετάται παρουσιάζονται με την μορφή πίνακα, όπως φαίνεται στην Εικ.3



+-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Κτίριο αναφοράς	διπλά τζάμια, χαμηλής	εξωτερικά σκίαστρα (2	Φ/Β συστήματα (3)	μόνωση 7 cm (4)	χρηση εσωτερικών κερ	αυτοματισμός στα φωτ
	kWh/m²							
1	Θέρμανση	38,17	30,75	36,25	36,05	34,74	22,53	36,09
2	Ψύξη	151,26	142,32	140,19	142,58	142,97	142,54	142,54
3	Υγρανση	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Ζεστό νερό χρήσης	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5								
6	Κατανάλωση ενέργειας							
7	Θέρμανση	9,92	7,99	9,42	9,36	9,02	5,85	9,37
8	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Ψύξη	30,39	29,54	29,57	30,08	30,04	30,08	30,08
10	Υγρανση	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Ζεστό νερό χρήσης	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Φωτισμός	28,85	28,85	28,85	28,85	28,85	28,85	23,82
14	Βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	33,76	36,11
15	- Συνεισφορά φωτοβολταϊκών	0,00	0,00	0,00	86,67	0,00	0,00	0,00
16	Σύνολο	105,27	102,49	103,94	46,06	104,02	98,54	99,38
17								
18	Οικονομοτεχνική ανάλυση							
19	Ενεργειακό κόστος, Euro	13407,40	13053,75	13238,45	2259,07	13249,03	12550,37	12657,87
20	Κόστος επένδυσης, Euro	0,00	34884,00	1896,05	250000,00	34122,30	0,00	0,00
21	Περίοδος αποπληρωμής, ετη	0,00	98,64	11,22	22,42	215,45	0,00	0,00
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Εικόνα 16. Μάσκα παρουσίασης αποτελεσμάτων

Πηγή: *www.epa-nr.org*

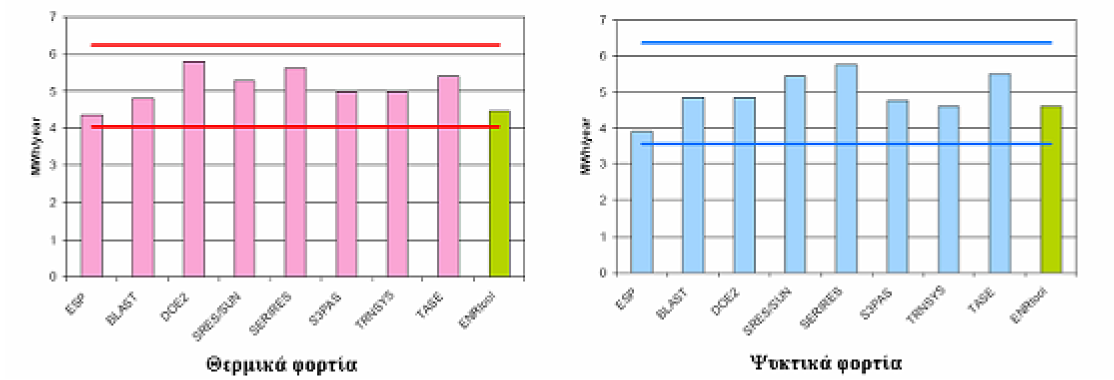
3.3. Έλεγχος μεθοδολογίας και Λογισμικού EPA

3.3.1. Μέθοδος BESTEST [www.epa-nr.org]

Ο έλεγχος της μεθοδολογία και της ακρίβειας των υπολογισμών έγινε σύμφωνα με την διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδο BESTEST [EN ISO 13791. ASHRAE Standard 140]. Το EPA-NR συγκρίθηκε με 8 πιστοποιημένα λογισμικά (ESP, BLAST, DOE2, SRES/SUN, SERIRES, S3PAS, TRNSYS, TAS), που χρησιμοποιούνται τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη, για διάφορες συνθήκες, που κάθε μία αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο φαινόμενο μετάδοσης θερμότητας. Μελετήθηκε το κτίριο αναφοράς με διαφορετικές γεωμετρίες, προσανατολισμούς και ποσοστό σκίασης ανοιγμάτων. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό EPA-NR βρίσκονται μέσα στο διάστημα εμπιστοσύνης 95% σε σχέση με τα αποτελέσματα των 8 πιστοποιημένων λογισμικών (υπάρχει δηλαδή 95% πιθανότητα η πραγματική τιμή να βρίσκεται μεταξύ των ορίων), για όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν, όπως φαίνεται και στην Εικ.4. Γενικά το EPA-NR δίνει καλά και ακριβή αποτελέσματα, συγκρινόμενο με πιο πολύπλοκα λογισμικά που πραγματοποιούν δυναμικές προσομοιώσεις.

3.3.2. **Πιλοτικές εφαρμογές** [www.epa-nr.org].

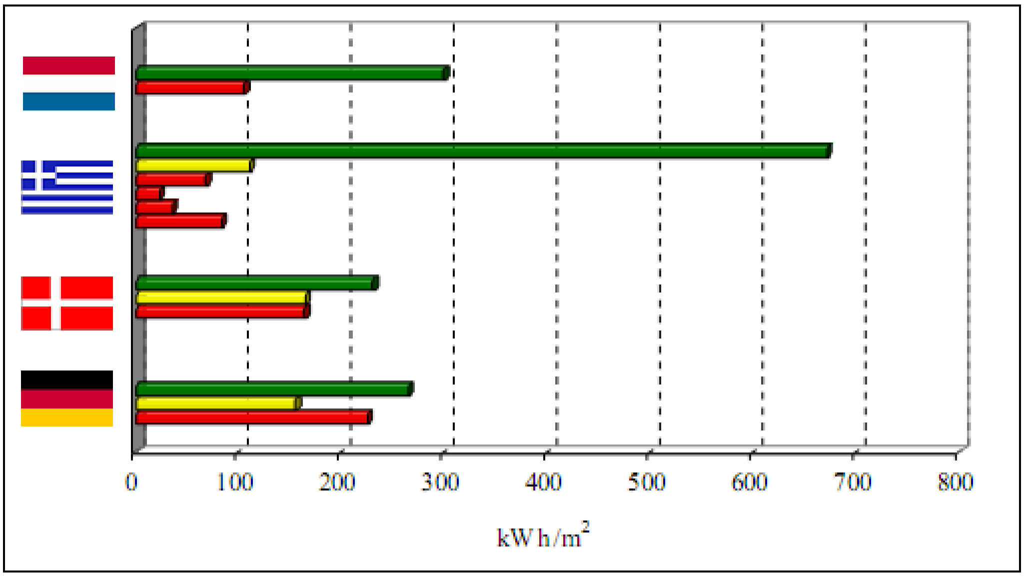
Ο έλεγχος της πληρότητας του προγράμματος EPA-NR πραγματοποιήθηκε από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, συμμετέχον για την Ελλάδα στο πρόγραμμα EPA-NR, με μια σειρά πιλοτικών εφαρμογών σε Ελληνικά και Ευρωπαϊκά κτίρια του οικιακού και τριτογενή τομέα αντίστοιχα. Σκοπός των πιλοτικών εφαρμογών ήταν να δοκιμαστούν οι μεθοδολογίες και τα λογισμικά σε πραγματικές συνθήκες και να επισημανθούν τυχόν προβλήματα, ελλείψεις ή βελτιώσεις για το τελικό λογισμικό.



Εικόνα 17. **Συγκριτικά αποτελέσματα θερμικών και ψυκτικών φορτίων για μια περίπτωση. Οι δυο οριζόντιες γραμμές, δηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης 95%.**

Πηγή: www.epa-nr.org

Η μέθοδος EPA-NR εφαρμόστηκε δοκιμαστικά στις επτά (7) χώρες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα (Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Δανία, Ελλάδα, Ιταλία και Ολλανδία). Συνολικά μελετήθηκαν είκοσι πέντε (25) κτίρια γραφείων, σχολείων, νοσοκομείων και ξενοδοχείων, αντιπροσωπευτικά των αντίστοιχων εθνικών τυπολογιών, ηλικίας 2 – 70 ετών και επιφάνειας 800 – 30,000 m^2. Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν συνολικά 6 πιλοτικές εφαρμογές σε 4 σχολεία, 1 κτίριο γραφείων και 1 νοσοκομείο, όλα στην Αθήνα. Αξιολογήθηκαν διάφορα σενάρια επεμβάσεων για θέρμανση χώρων, ζεστό νερό χρήσης, ψύξη χώρων, αερισμό και φωτισμό (Εικ.5).



Εικόνα 18. Πραγματική κατανάλωση θερμικής ενέργειας, για τα 14 κτίρια που επιθεωρήθηκαν (7 σχολεία, 3 γραφεία και 4 νοσοκομεία).

Πηγή: www.epa-nr.org

3.4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας EPA-NR στο κτίριο του Γενικού Τμήματος Πολυτεχνείου Κρήτης

3.4.1. Γενικά

Το κτίριο είναι τοποθετημένο στην Πολυτεχνειούπολη, Δήμος Ακρωτηρίου, Ν. Χανίων. Η συνολική έκταση του οικοδομήματος είναι περίπου 1,150 m^2 , όπου το κτίριο καλύπτει τα 720 m^2 .Το κτίριο έχει χτιστεί το 2003, αποτελείται από ένα ισόγειο, δύο ορόφους. Ο πρώτος όροφος και το ισόγειο περιλαμβάνουν γραφεία, εργαστήρια, δύο κλιμακοστάσια, 4 τουαλέτες, 4 αποθηκευτικούς χώρους και ο δεύτερος όροφος αποτελεί μηχανολογικό χώρο. Τα γραφεία λειτουργούν καθημερινά από τις 9 πμ. μέχρι τις 5 μμ., 5 ημέρες/εβδομάδα, όλο το έτος και τα εργαστήρια λειτουργούν από τις 9πμ. μέχρι τις 9 μμ., 5 ημέρες/εβδομάδα, όλο το έτος, εκτός από το εργαστήριο των Η/Υ (μηχανογραφικό κέντρο), το οποίο παραμένει κλειστό για το χρονικό διάστημα 30 ημερών από 20 Ιουλίου μέχρι 20 Αυγούστου.

3.4.2. Διαφοροποίηση του κτιρίου σε ζώνες

Η διαφοροποίηση του κτιρίου σε ζώνες στηρίζεται σε ορισμένες μεταβλητές οι οποίες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ διαφορετικών δωματίων [www.epa-nr.org]:

1 *Εσωτερική θερμοκρασία (διαφορά >4K).* Τα δωμάτια που δεν θερμαίνονται χωρίζονται σε διαφορετικές ζώνες,

2 *Εσωτερικά κέρδη.* Εξαρτώνται από τον αριθμό των προσώπων που παρευρίσκονται στο δωμάτιο και το εσωτερικό φορτίο, από τον εξοπλισμό ή άλλους είδους εξοπλισμό (πχ φωτισμός). Πχ δωμάτια που έχουν πολλούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές παράγουν πολύ θερμότητα,

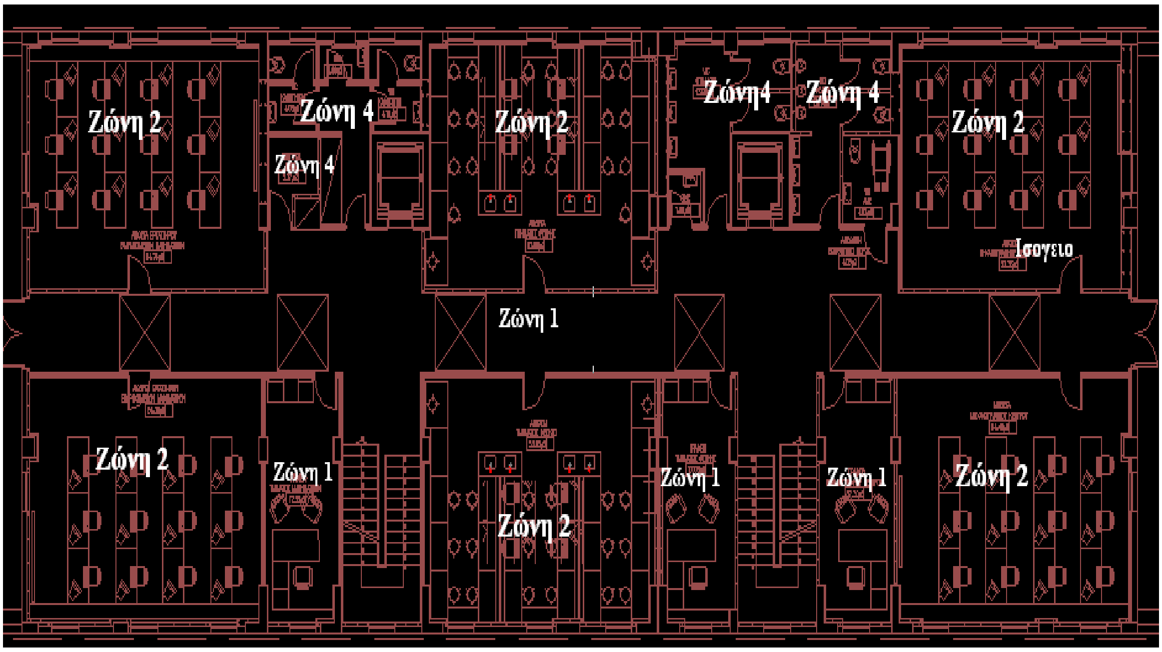
3 *Τύπος εξαερισμού και ποσοστό ροής αέρα.* Χωρίζονται σε διαφορετικές ζώνες δωμάτια που αερίζονται μηχανικά και δωμάτια που αερίζονται φυσικά. Επιπλέον, αν στα δωμάτια που αερίζονται μηχανικά υπάρχει μεγάλη διαφορά στο ποσοστό ροής αέρα, τότε και αυτά χωρίζονται σε διαφορετικές ζώνες. Αυτό μπορεί να εξεταστεί από σχέδια εξαερισμού ή κατά την διάρκεια της επιθεώρησης και

4 *Συστήματα ψύξης και θέρμανσης*. Όσον αφορά τη θέρμανση, δωμάτια που θερμαίνονται από διαφορετικά συστήματα χωρίζονται σε διαφορετικές ζώνες (πχ ένα δωμάτιο μπορεί να θερμαίνεται με air-condition και κάποιο άλλο με ηλεκτρική θέρμανση). Όσον αφορά την ψύξη, συνήθως δεν χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι

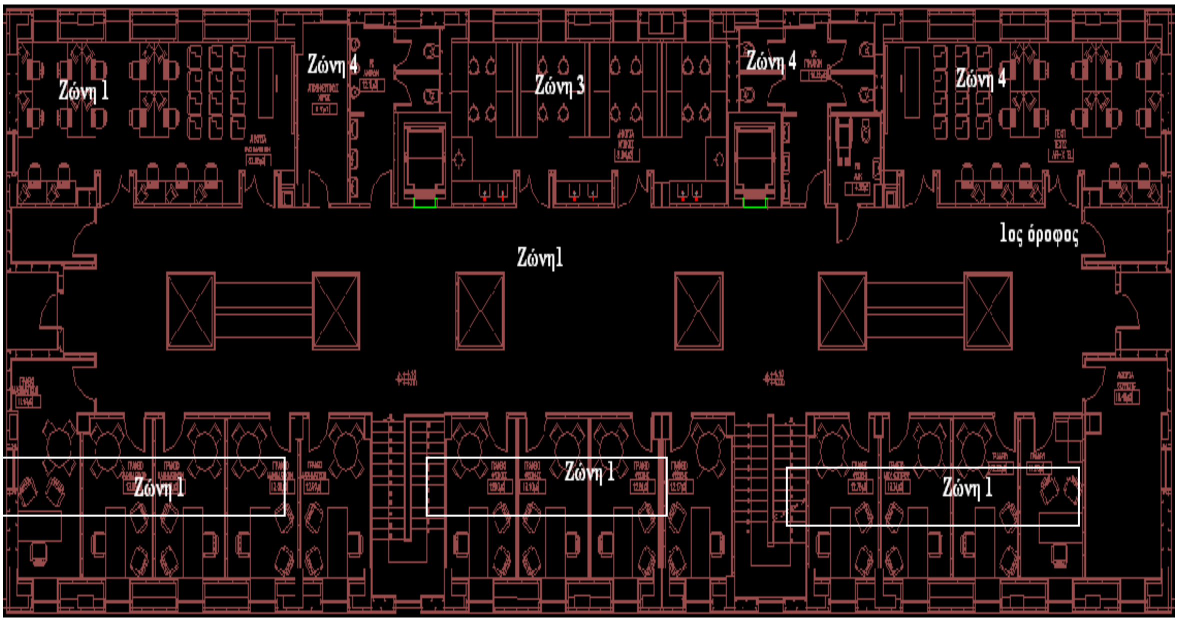
συστημάτων ψύξης στο ίδιο κτίριο και ο διαχωρισμός σε ζώνες γίνεται στα δωμάτια που ψύχονται από κάποιο σύστημα ψύξης και στα δωμάτια που δεν ψύχονται.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα κριτήρια, το κτίριο έχει χωρισθεί σε 4 ζώνες, λόγω του διαφορετικού προφίλ χρήσης της κάθε ζώνης. Η **ζώνη 1** περιλαμβάνει τα γραφεία, τα οποία λειτουργούν καθημερινά 8 h/ημέρα, 5 ημέρες/εβδομάδα και κλιματίζονται από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης/ψύξης. Η **ζώνη 2** περιλαμβάνει τα εργαστήρια των Η/Υ, τα οποία λειτουργούν 12 h/ημέρα, 5 ημέρες/εβδομάδα και είναι εξοπλισμένα με μεγάλο αριθμό Η/Υ για τις ανάγκες του εργαστηρίου, γεγονός που σημαίνει ότι σύμφωνα με το κριτήριο 2, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι μεγαλύτερα από ότι στην ζώνη 1, γι' αυτό και αποτελούν ξεχωριστή ζώνη. Η **ζώνη 3** περιλαμβάνει το εργαστήριο χημείας, αποτελεί ξεχωριστή ζώνη διότι είναι εξοπλισμένο με ειδικά μηχανήματα μεγάλης ισχύος, που σημαίνει, ότι υπάρχουν μεγάλα εσωτερικά θερμικά κέρδη και έχει διαφορετικό προφίλ χρήσης καθώς τις ημέρες που δεν διεξάγονται πειράματα, λειτουργεί 8 h/ημέρα και τις ημέρες που διεξάγονται πειράματα 12 ώρες/ημέρα. Τέλος, η **ζώνη 4** περιλαμβάνει 4 αποθήκες και 4 WC, τα οποία αποτελούν ξεχωριστή ζώνη, διότι θερμαίνονται από καυστήρα πετρελαίου που καταλήγει σε καλοριφέρ. Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι, το μηχανοστάσιο βρίσκεται στον δεύτερο όροφο του κτιρίου, η επιφάνειά του καλύπτει την επιφάνεια του πρώτου ορόφου, επομένως βρίσκεται σε άμεση επαφή με τις υπόλοιπες ζώνες και γι αυτό το λόγο αποτελεί μη θερμαινόμενο χώρο.

Το κτίριο αποτελείται από δύο διαδρόμους, έναν στο ισόγειο και έναν στον πρώτο όροφο, ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο του κάθε ορόφου και εκατέρωθεν του υπάρχουν γραφεία και εργαστήρια. Σύμφωνα με το προφίλ χρήσης του ο διάδρομος θα έπρεπε να συμπεριληφθεί στη ζώνη 4, αλλά επειδή στη ζώνη 4 υπάρχει διαφορετικό σύστημα θέρμανσης από ότι στον διάδρομο, ο διάδρομος συμπεριλαμβάνεται στην ζώνη 1, των γραφείων, παρότι έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά χρήσης. Η παραδοχή αυτή βρίσκεται σε συμφωνία και με παρόμοιες πιλοτικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, αλλά και στις άλλες χώρες που συμμετείχαν στον Ευρωπαϊκό πρόγραμμα EPA-NR.



Εικόνα 19. Κάτοψη ισογείου**, διαφοροποίηση σε ζώνες.**



Εικόνα 20. Κάτοψη πρώτου ορόφου**, διαφοροποίηση σε** ζώνες

3.4.3. Γεωμετρία του κτιρίου

Οι μεταβλητές που σχετίζονται με τη γεωμετρία του κτιρίου υπολογίζονται με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τα οποία έχουν προμηθευτεί από την Τεχνική Υπηρεσία του Πολυτεχνείου Κρήτης. Κατά την επιθεώρηση του κτιρίου έγινε και ένας έλεγχος για την επιβεβαίωση των στοιχείων. Οι σχετικές παράμετροι είναι:

- Η συνολική μικτή επιφάνεια δαπέδου: Για την συνολική μικτή επιφάνεια χρησιμοποιήθηκαν οι εξωτερικές διαστάσεις του κτιρίου.

- Συνολικός μικτός όγκος : Για τον συνολικό μικτό όγκο χρησιμοποιήθηκε το ύψος των τοίχων, το οποίο είναι 3 m προσθέτοντας το πάχος της πλάκας της οροφής ή ψευδοροφής, η οποία είναι 30 cm.

- Μικτή επιφάνεια στοιχείων του κτιρίου ανά προσανατολισμό: Χρησιμοποιούνται οι εξωτερικές διαστάσεις των στοιχείων και στα παράθυρα υπολογίζεται και το πλαίσιο.

- Επιφάνειες προς μη κλιματιζόμενους χώρους: Χρησιμοποιούνται οι εξωτερικές διαστάσεις.

- Όγκος για υπολογισμούς αερισμού: Χρησιμοποιούνται οι εσωτερικές διαστάσεις των στοιχείων της κάθε ζώνης.

- Θερμογέφυρες: Το μήκος των θερμικών γεφυρών δεν μπορεί εύκολα να αξιολογηθεί κατά την επίσκεψη στο κτίριο. Οι θερμικές γέφυρες τις περισσότερες φορές είναι μερικώς καλυμμένες από ασβεστοκονίαμα ή επένδυση από την εξωτερική πλευρά και ταπετσαρία από την εσωτερική. Επομένως ένα μήκος δεν μπορεί να μετρηθεί χωρίς να καταστραφεί (άνοιγμα οπής) τουλάχιστον μία πλευρά από την κάλυψη. Επειδή το λογισμικό EPA-NR δεν παρέχει ξεχωριστή διάταξη που να αξιολογεί τις θερμικές γέφυρες, προστίθεται ένα ΔU σε κάθε συστατικό του κτιρίου ίσο με 0.1 W/m^2K.

3.4.4. Στοιχεία του κτιρίου

Κάθε συστατικό του κτιρίου που ανήκει σε μία ζώνη ή σε ένα μη θερμαινόμενο χώρο καθορίζεται από μία U-value και για τα διαφανή συστατικά του κτιρίου επιπρόσθετα και από μία g-value.

i. U-value για αδιαφανή στοιχεία του κτιρίου (τοίχος, οροφή, δάπεδο)

Οι U-values για αδιαφανή στοιχεία του κτιρίου υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Ui = \frac{1}{Rsi + \Sigma \frac{di}{\lambda i} + Rse} \quad \textbf{[1]}$$

Όπου,

Rsi : εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου), m^2K/W

Rse: η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου), m^2K/W

di: πάχος υλικού, m

λi: θερμική αγωγιμότητα υλικού, W/mK

Σημείωση: Πίνακες των θερμικών ιδιοτήτων υλικών δίνονται στο Παράρτημα 2.

Το κτίριο που μελετάται είναι θερμικά μονωμένο. Οι τοίχοι αποτελούνται εσωτερικά προς εξωτερικά, από διπλή γυψοσανίδα πάχους 18 mm η μία, μόνωση πάχους 5 cm (πετροβάμβακας, πυκνότητας 80 kg/m^3) και τσιμεντοσανίδα πάχους 12 mm. Η οροφή του ισογείου και του πρώτου ορόφου αποτελείται από ανεπίχριστο σκυρόδεμα πάχους 2 cm, μόνωση πάχους 5 cm (πετροβάμβακας πυκνότητας 80 kg/m^3), διάκενο 20 cm και κεραμικά πλακάκια 10 mm. Η οροφή του δεύτερου ορόφου, που βρίσκεται ο μη θερμαινόμενος χώρος αποτελείται από ανεπίχριστο σκυρόδεμα πάχους 2 cm, μόνωση πάχους 10 cm και ασφαλτόπανο πάχους 10 mm. Τα δάπεδα σε όλους του χώρους καλύπτονται από κεραμικά πλακάκια πάχους 10mm, εκτός από το εργαστήριο χημείας που καλύπτονται με βιομηχανικό δάπεδο πάχους 20 mm.

Με βάση την εξίσωση [1] και τα συστατικά του κτιρίου υπολογίζονται οι U-values των αδιαφανών στοιχείων, οι τιμές των οποίων φαίνονται στο Παράρτημα 1.

ii. U-value και g-values για διαφανή στοιχεία του κτιρίου (παράθυρα, πόρτες)

Υπάρχουν εθνικά στάνταρντ που επιτρέπουν την αξιολόγηση U-value των παραθύρων που εξαρτώνται από τον τύπο του πλαισίου και την U-value του υαλοπίνακα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 17, Παράρτημα 2. Στο κτίριο που μελετάται όλα τα παράθυρα αποτελούνται από διπλούς υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου και εσωτερικές περσίδες. Οι τιμές στον Πίνακα 17, Παράρτημα 2 που βρίσκονται στο γαλάζιο φόντο, είναι οι τιμές U-values και g-values για τα τον τύπο παραθύρων του υπό μελέτη κτιρίου.

iii. Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίου (kJ/m^2K)

Τυπικές τιμές ειδικής θερμοχωρητικότητας κτιρίου φαίνονται παρακάτω [Εγχειρίδιο-Πρωτόκολλο Επιθεώρησης]:

Τάξεις κριτηρίου	Περιγραφή	Ειδική θερμοχωρητικότητα (kJ/m^2K)
1	Πολύ ελαφριά κατασκευή	79
2	Ελαφριά κατασκευή	112
3	Μεσαία κατασκευή	166
4	Βαριά κατασκευή	259
5	Πολύ βαριά κατασκευή	370

Η ειδική θερμοχωρητικότητα για το υπό μελέτη κτίριο βασίστηκε σε τυπικές τιμές από Εθνικές βιβλιοθήκες, για την κατηγορία κτιρίου *μεσαίας κατασκευής*.

iv. Συντελεστής απορρόφησης

Ο συντελεστής απορρόφησης των στοιχείων της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτιρίου εξαρτάται από το χρώμα και τον βαθμό αντανάκλασης της επιφάνειας. Εθνικά πρότυπα είναι διαθέσιμα και περιέχουν πίνακες που υποδεικνύουν τον κατάλληλο συντελεστή απορρόφησης. Τυπικές τιμές είναι [Εγχειρίδιο-Πρωτόκολλο Επιθεώρησης]:

- 0.8 σκούρες επιφάνειες
- 0.6 κόκκινες επιφάνειες (στέγη με κεραμίδια)
- 0.3 ανοιχτόχρωμες επιφάνειες
- 0.1 επιφάνειες αντανάκλασης, πχ αλουμινίου

Το υπό μελέτη κτίριο ανήκει στην κατηγορία *ανοιχτόχρωμες επιφάνειες*, με συντελεστή απορρόφησης 0.3.

3.4.5. Αεροστεγανότητα κτιρίου

Για την αεροστεγανότητα του κτιρίου απαιτούνται μετρήσεις με ειδικό εξοπλισμό ή εκτιμήσεις από την κατασκευή του κτιρίου ή πληροφορίες που δίνουν οι χρήστες για ρεύματα αέρα. Διαφορετικά η τιμή της αεροστεγανότητας δίνεται από Εθνικές βιβλιοθήκες ανάλογα με την κατασκευή του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα η αεροστεγανότητα παίρνει τιμές:

- 0.1-0.3 εναλλαγές/h για νέα αεροστεγή κτίρια,

- 0.5-0.7 εναλλαγές/h για υπάρχοντα κτίρια με καλή κατασκευή και

- >1.0 εναλλαγές/h για κτίρια με μόνιμες θυρίδες αερισμού

Το υπό μελέτη κτίριο ανήκει στην κατηγορία *υπάρχοντα κτίρια με καλή κατασκευή*, με τιμή αεροστεγανότητας 0.5 εναλλαγές/h. Ο μη θερμαινόμενος χώρος έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να επιτρέπει την είσοδο φυσικού αέρα, ο οποίος οδηγείται στο υπόλοιπο κτίριο μέσω φεγγιτών, που είναι τοποθετημένοι στην οροφή του ισογείου και του πρώτου ορόφου. Επομένως ανήκει στην κατηγορία κτίρια με μόνιμες θυρίδες αερισμού και παίρνει την τιμή 10 εναλλαγές/h.

3.4.6. Συστήματα σκίασης, Εξωτερικά εμπόδια

i. Τα συστήματα σκίασης λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της αποδοτικότητας των υαλοπινάκων που συλλέγουν ηλιακή ενέργεια. Για τον υπολογισμό αυτό χρειάζονται οι παρακάτω παράγοντες:

a) Η συνολική μετάδοση ηλιακής ακτινοβολίας από τα παράθυρα συμπεριλαμβανομένων των κινητών τμημάτων του συστήματος σκίασης και τις μεταδοτικές ιδιότητες των παραθύρων. Η μεταβλητή αυτή στο υπό μελέτη κτίριο έχει πάρει τις τιμές της από βάσεις δεδομένων με εθνικές προεπιλεγμένες τιμές.

b) Το μέρος του χρόνου που τα συστήματα σκίασης είναι κλειστά. Η μεταβλητή αυτή εξαρτάται από τον προσανατολισμό, την κλίση και οι τιμές της στο υπό μελέτη κτίριο λαμβάνονται από εθνικές προεπιλεγμένες τιμές.

c) Ο παράγοντας των πλαισίων των παραθύρων που επίσης έχει λάβει προεπιλεγμένη τιμή από εθνικές βιβλιοθήκες, στο υπό μελέτη κτίριο.

ii. Τα εξωτερικά εμπόδια (γειτονικές παρεμποδίσεις, οριζόντιοι πρόβολοι και πλάγιες προεξοχές) λαμβάνονται υπόψη με τους διορθωτικούς συντελεστές σκίασης, οι οποίοι έχουν λάβει τιμές για το υπό μελέτη κτίριο σύμφωνα με το ISO 13790.

Πίνακες με τις τιμές που μπορεί να λάβουν οι διορθωτικοί συντελεστές για τα εξωτερικά εμπόδια βρίσκονται στο Παράρτημα 2.

3.4.7. Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα εσωτερικά κέρδη διαιρούνται στις άμεσες εσωτερικές πηγές θέρμανσης στις ζώνες και στις έμμεσες εσωτερικές πηγές θέρμανσης από παρακείμενους μη θερμαινόμενους χώρους. Κατά την επιθεώρηση του υπό μελέτη κτιρίου προσδιορίστηκαν τα εξής στοιχεία:

i. Ο αριθμός καθώς και το μέρος του χρόνου των προσώπων που βρίσκονται στο χώρο,

ii. Πηγές θέρμανσης από συσκευές (εγκατεστημένη δύναμη και χρόνος λειτουργίας),

iii. Πηγές θέρμανσης από φωτισμό

Οι τιμές των παραμέτρων αυτών φαίνονται αναλυτικά στο Παράρτημα 1.

3.4.8. Συστήματα θέρμανσης και ψύξης

i. Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθορίζονται από τρεις τομείς:

a) Σύστημα παραγωγής θερμότητας: Περιλαμβάνει τον συντελεστή απόδοσης (σύστημα, αποθήκευση, σύστημα ελέγχου, ώρες λειτουργίας), χρήση ηλιακών συλλεκτών (εάν υπάρχουν),

b) Σύστημα διανομής θερμότητας: Περιλαμβάνει τον συντελεστή απόδοσης (απώλειες από σωληνώσεις/αεραγωγούς, θερμοκρασία λειτουργίας, μήκος δικτύου, ώρες λειτουργίας) και

c) Σύστημα απόδοσης θερμότητας**:** Περιλαμβάνει τον συντελεστής απόδοσης (τύπο θερμαντικού «σώματος», σύστημα ελέγχου, θέση, θερμοκρασία λειτουργίας)

Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους, το υπό μελέτη κτίριο είναι εξοπλισμένο με 4 αντλίες θερμότητας τύπου VRV για θέρμανση και ψύξη, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 34 kW, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο μηχανολογικό χώρο, στον δεύτερο όροφο του κτιρίου. Ο θερμός και ψυχρός αέρας διανέμεται στους χώρους μέσω μονωμένων σωλήνων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στην ψευδοροφή, και εκπέμπεται από κλιματιστικά τύπου κασέτας 4 κατευθύνσεων, τα οποία επίσης είναι εγκατεστημένα στην ψευδοροφή. Τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης διαχειρίζονται αυτόνομα, με θερμοστάτη που ελέγχεται από το χρήστη, σε κάθε ζώνη.

ii. Οι **συντελεστές απόδοσης** στο σύστημα διανομής, εκπομπής και παραγωγής βασίζονται σε Εθνικές βιβλιοθήκες. Συγκεκριμένα:

a) Σύστημα απόδοσης :

- για σώματα 0.9
- για ενδοδαπέδιο σύστημα 0.99
- για συστήματα αέρα 1

Το υπό μελέτη κτίριο εφόσον κλιματίζεται με σύστημα αέρα, έχει συντελεστή απόδοσης για εκπομπή και διανομή ίσο με 1, για τις ζώνες 1,2 και 3.

b) Σύστημα κεντρικής διανομής:

	Υψηλές θερμοκρασίες	*Χαμηλές θερμοκρασίες*
Παλαιές εγκαταστάσεις	0.67	0.76
Εγκαταστάσεις με μόνωση	0.76	0.82
Νέες εγκαταστάσεις	0.96	0.97

Η ζώνη 4 στο υπό μελέτη κτίριο θερμαίνεται από καυστήρα πετρελαίου, ανήκει στην κατηγορία *υψηλές θερμοκρασίες: νέες εγκαταστάσεις*, επομένως ο συντελεστής απόδοσης διανομής είναι 0.97.

c) Σύστημα παραγωγής:

Σύμφωνα με το πιστοποιητικό της μονάδας η απόδοση του συστήματος παραγωγής για θέρμανση και ψύξη είναι ίση με 1, με συντελεστή ενεργειακής απόδοσης (COP) ίσο με 3.85 για θέρμανση και 3.21 για ψύξη. Ο συντελεστής ενεργειακή απόδοσης εκφράζει το λόγο της απομακρυνόμενης θερμότητας από ένα χώρο, προς την ενέργεια που απαιτείται από το κλιματιστικό σώμα για την απομάκρυνση αυτή [Περδίος, 2005]. Δηλαδή για κάθε Watt ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνεται, αποδίδονται 3.85 Watt θερμότητας και 3.21 Watt ψύξης στον κλιματιζόμενο χώρο.

iii. Ώρες λειτουργίας συστήματος θέρμανσης/ψύξης

Περίοδος θέρμανσης: 3 μήνες (ΔΕΚ-ΦΕΒ) 8 h/ημέρα, 3 μήνες (ΝΟΕ-ΜΑΡ-ΑΠΡ) 4 ώρες/ημέρα

Περίοδος ψύξης: 3 μήνες (ΙΟΥΝ-ΑΥΓ) 8 h/ημέρα, 2 μήνες (ΜΑΙ-ΣΕΠΤ) 4 ώρες/ημέρα

3.4.9. Αερισμός

Ο αερισμός του κτιρίου πραγματοποιείται με φυσικό αερισμό μέσω ανοίγματος των παραθύρων και με μηχανικό αερισμό μέσω Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας (ΚΚΜ). Η τιμή της μεταβλητής για τον φυσικό αερισμό επιλέχθηκε 3 m^3/s για ολόκληρο το κτίριο, με βάση τις προδιαγραφές σχεδιασμού του κτιρίου, ώστε η ποιότητα του εσωτερικού αέρα να είναι αποδεκτή [Λαζαρίδης, 2008].

Όσον αφορά τον μηχανικό αερισμό, αυτός πραγματοποιείται από την ΚΚΜ, η οποία προσάγει νωπό αέρα με 4 εναλλαγές/h. Ο νωπός αέρας και εκπέμπεται από στόμιο προσαγωγής αέρα προσαρμοσμένο σε πλένουμ.

3.4.10. Φωτισμός

Η απαίτηση σε ενέργεια φωτισμού στο κτίριο υπολογίζεται από την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού και τον ενεργό χρόνο λειτουργίας ανά έτος στη ζώνη. Η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού υπολογίστηκε κατά την επιθεώρηση, καθώς μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός λαμπτήρων στο κτίριο και η κατανομή τους στις ζώνες. Ο ενεργός χρόνος λειτουργίας εξαρτάται από τον χρόνο χρήσης φυσικού φωτισμού, τον χρόνο μη χρήσης φυσικού φωτισμού, τον συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού και τον συντελεστή επίδρασης χρηστών.

Με βάση όσα προαναφέρθηκαν, το υπό μελέτη κτίριο αποτελείται από 976 λάμπες φθορίου των 16 W, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 18 kW. Επιπλέον υπάρχει φωτισμός ασφαλείας τις νυχτερινές ώρες. Όλοι οι διακόπτες ελέγχονται από το χρήστη. Επιπλέον οι συντελεστές που αφορούν τον χρόνο χρήσης φυσικού φωτισμού, τον χρόνο μη χρήσης φυσικού φωτισμού, τον συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού και τον συντελεστή επίδρασης χρηστών, λαμβάνουν τιμές που βασίζονται σε Εθνικές βιβλιοθήκες που ακολουθούν τα πρότυπα του CEN και φαίνονται στους πίνακες του Παραρτήματος 2.

3.4.11. Κατανάλωση ενέργειας

Το υπό μελέτη κτίριο καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια, κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας του, για την κάλυψη φορτίων για φωτισμό (σε όλο το κτίριο κατά την διάρκεια της ημέρας και για τον φωτισμό ασφαλείας κατά τη διάρκεια της νύχτας), τους ανεμιστήρες μηχανικού αερισμού, τους ανεμιστήρες των κλιματιστικών κασετών , τους ανελκυστήρες και τον εξοπλισμό των γραφείων/εργαστηρίων. Επίσης καταναλώνεται πετρέλαιο για την θέρμανση της Ζώνης 4.

3.4.12. Ειδικές επισημάνσεις

Οι εσωτερικές συνθήκες θέρμανσης/ψύξης κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα είναι ικανοποιητικές και εξασφαλίζουν την θερμική άνεση των εργαζομένων [Rizzo et al., 2004]. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι αποδεκτή, καθώς οι εργαζόμενοι ανοίγουν τα παράθυρα για φυσικό αερισμό καθημερινά από τις 9 πμ. μέχρι τις 10.30 πμ., εκτός από τις ημέρες με ακραία καιρικά φαινόμενα [Mahdavi, 2008]. Επιπλέον η κατασκευή του κτιρίου επιτρέπει τον φυσικό αερισμό και φωτισμό ολόκληρου του κτιρίου από φεγγίτες, οι οποίοι βρίσκονται στην οροφή του ισογείου και του πρώτου ορόφου.

3.4.13. Προτεινόμενα σενάρια-επεμβάσεις για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου

Προκειμένου να διαμορφωθούν τα σενάρια και οι κατάλληλες επεμβάσεις που θα οδηγήσουν στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά της πάγιας υποδομής και του συστήματος ελέγχου του κτιρίου που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας. Επομένως, κάνοντας επεμβάσεις στα χαρακτηριστικά αυτά, μπορεί να επιτευχθεί μείωση στην κατανάλωση ενέργειας, ανάλογα με τη συμβολή του καθενός στο ενεργειακό ισοζύγιο [Ζώγου και Σταματέλλος, 2002].

i. Χαρακτηριστικά της πάγιας υποδομής του κτιρίου που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται ορισμένα χαρακτηριστικά της πάγιας υποδομής του κτιρίου που επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, τα οποία έχουν ομαδοποιηθεί σε τρεις κατηγορίες: Στα γεωμετρικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κελύφους-σκελετού, συμπεριλαμβανομένου και του προσανατολισμού, στα κύρια χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων θέρμανσης-ψύξης-εξαερισμού και στα κύρια χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων και του κινητού εξοπλισμού του κτιρίου.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά σχεδιασμού της πάγιας υποδομής του κτιρίου που επηρεάζουν σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση

ΚΕΛΥΦΟΣ-ΘΕΣΗ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ ΨΥΞΗΣ/ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ /ΦΩΤΙΣΜΟΣ
• Σχετική θέση του κτιρίου ως προς τον ήλιο. Γειτονικά κτίρια. • Υλικά κατασκευής του κτιρίου: τοιχοποιία, σκελετός, ανοίγματα • Θερμομόνωση κελύφους	• Σχεδιασμός και σύστημα ελέγχου της θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού • Επιμέρους βαθμοί απόδοσης εξοπλισμού-εγκαταστάσεων θέρμανσης-ψύξης-εξαερισμού • Ανάκτηση ενέργειας • Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας	• Ένταση φωτισμού ανά θέση εργασίας, εκμετάλλευση ηλιακού φωτός • Τεχνολογία φωτιστικών σωμάτων, χαρακτηριστικά ενεργειακής απόδοσης • Επιμέρους βαθμοί απόδοσης εξοπλισμού

ii. Χαρακτηριστικά του Συστήματος Ελέγχου του Κτιρίου που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου

Ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα σύγχρονα κτίρια, μπορεί να γίνει με κατάλληλες επεμβάσεις στα συστήματα και πρακτικές αυτόματου ή χειροκίνητου ελέγχου των διαφόρων λειτουργιών του κτιρίου. Για παράδειγμα στον Πίνακα 2 συνοψίζονται ορισμένες χαρακτηριστικές παράμετροι ελέγχου της λειτουργίας των υποσυστημάτων του κτιρίου που επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Εδώ μπορούν να διακριθούν τρία επίπεδα ελέγχου: Το πρώτο επίπεδο υλοποιείται με κατάλληλο προγραμματισμό των ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου, το δεύτερο με κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού ασφαλείας/καθαρισμού του κτιρίου και το τρίτο υλοποιείται από τους ίδιους τους εργαζομένους, πάλι με κατάλληλη εκπαίδευση ώστε να καλλιεργηθεί κουλτούρα εξοικονόμησης ενέργειας μεταξύ τους.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικές παράμετροι ελέγχου ορισμένων υποσυστημάτων του κτιρίου που επηρεάζουν σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια του έτους

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ-ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ
• Κατάλληλη ρύθμιση παραμέτρων ελέγχου θέρμανσης-ψύξης-εξαερισμού • Βελτιστοποίηση των τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού-χρονοδιακόπτες	• Κλείσιμο των φώτων • Κλείσιμο των πορτών-παραθύρων • Κλείσιμο κλιματισμού επιμέρους χώρων • Κλείσιμο των μηχανισμών σκίασης	• Κλείσιμο εξοπλισμού και φώτων κατά την αποχώρηση από το γραφείο • Διατήρηση της θερμοκρασίας χώρου στους 20^o C ή χαμηλότερα το χειμώνα, 26^o C ή υψηλότερα το καλοκαίρι • Χρήση μέσων σκίασης • Καλός αερισμός των χώρων για μικρά διαστήματα, όχι ανοιχτά παράθυρα όλη μέρα

Λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα προαναφέρθηκαν και τα αποτελέσματα της τρέχουσας κατάστασης του κτιρίου, οι επεμβάσεις που προτείνονται ενδεικτικά για το κτίριο του Γενικού Τμήματος έχουν σκοπό να μελετηθεί η επίδρασή τους στα φορτία για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και είναι τα ακόλουθα:

1^o Σενάριο: Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας

Υπάρχουσα κατάσταση: Όλα τα παράθυρα του κτιρίου αποτελούνται από διπλά υαλοστάσια, επάλληλα αλουμινίου, με εσωτερικές περσίδες.

Πρόταση: Αντικατάσταση όλων των παραθύρων με διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας.

2^o Σενάριο: Εξωτερικά σκίαστρα

Υπάρχουσα κατάσταση: Το κτίριο στη ΝΑ πλευρά έχει παράθυρα με εσωτερικές περσίδες.

Πρόταση: Εγκατάσταση ημιδιάφανων οριζόντιων προεξοχών σε κάθε παράθυρο της ΝΑ πλευράς του κτιρίου.

3^{o} Σενάριο: Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος

Υπάρχουσα κατάσταση: Οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργειας καλύπτονται από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

Πρόταση: Εγκατάσταση Φ/Β κελιών για μερική κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια

4^{o} Σενάριο: Προσθήκη πρόσθετης μόνωσης

Υπάρχουσα κατάσταση: Οι τοίχοι του κτιρίου αποτελούνται από διπλή γυψοσανίδα (18 mm), μόνωση (5 cm) και τσιμεντοσανίδα (12 mm).

Πρόταση: Αύξηση της μόνωσης των τοίχων από 5 cm σε 7 cm.

5^{o} Σενάριο: Χρήση εσωτερικών κερδών για θέρμανση στη ζώνη 2

Υπάρχουσα κατάσταση: Η θέρμανση όλων των ζωνών καλύπτεται από αντλίες θερμότητας τύπου VRV, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο μηχανολογικό χώρο του κτιρίου και καταλήγουν σε κλιματιστικά τύπου κασέτας 4 κατευθύνσεων, τα οποία είναι τοποθετημένα στην ψευδοροφή κάθε ζώνης.

Πρόταση: Χρήση των εσωτερικών θερμικών κερδών από συσκευές και ηλιακά κέρδη στη ζώνη 2 (εργαστήρια Η/Υ) για πλήρη θέρμανση των χώρων την περίοδο θέρμανσης και κατάργηση της υπάρχουσας κατάστασης θέρμανσης με κλιματισμό

6^{o} Σενάριο: Χρήση αυτοματισμού στους διακόπτες των συστημάτων φωτισμού

Υπάρχουσα κατάσταση: Τα φώτα σε όλες τις ζώνες λειτουργούν με απλούς διακόπτες που ελέγχονται από το χρήστη.

Πρόταση: Αντικατάσταση των απλών διακοπτών με αυτόματους διακόπτες, οι οποίοι επιτρέπουν τη χρήση ηλεκτρικού φωτισμού, όταν ο φυσικός φωτισμός δεν είναι επαρκής στη ζώνη.

7^{o} Σενάριο: Αλλαγή παραμέτρων: Θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης

Υπάρχουσα κατάσταση: Η μέση θερμοκρασία θέρμανσης έχει ορισθεί στους 20^{o}C και η μέση θερμοκρασία ψύξης στους 25^{o}C.

Πρόταση**:** Αύξηση κατά 1^{o}C στη θερμοκρασία ψύξης και μείωση κατά 1^{o}C στη θερμοκρασία θέρμανσης.

8^{o} Σενάριο: Αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου (υποθετικό σενάριο)

Υπάρχουσα κατάσταση: Το κτίριο είναι προσανατολισμένο κατά 315^{o} Βόρεια, 45^{o} Ανατολικά, 105^{o} Νότια και 225^{o} Δυτικά .

Πρόταση**:** Αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου σε 0^{o} Βόρεια, 90^{o} Ανατολικά, 180^{o} Νότια και 270^{o} Δυτικά .

Συνοπτικά οι προτεινόμενες επεμβάσεις φαίνονται στον Πίνακα 3, ενώ στον Πίνακα 4 φαίνονται τα συνολικά προτεινόμενα σενάρια για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς, που περιλαμβάνουν τις επεμβάσεις που προτάθηκαν και συνδυασμό αυτών:

Πίνακας 3. Προτεινόμενες επεμβάσεις για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου Γενικού Τμήματος Πολυτεχνείου Κρήτης

Α/Α	Κέλυφος	Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	Φ/Β	Αλλαγές στη διαχείριση ενέργειας
1	Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με διπλά, χαμηλής εκπεμψιμότητας			
2	Προσθήκη εξωτερικών σκιάστρων στα ΝΔ παράθυρα			
3			Προσθήκη Φ/Β	
4	Προσθήκη πρόσθετης μόνωσης 2 cm σε όλους του τοίχους			
5				Χρήση εσωτερικών κερδών -κάλυψη θερμικών αναγκών Ζώνης 2
6		Χρήση αυτοματισμού στα φώτα		
7				Αλλαγή παραμέτρου θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη
8	Αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου			

Πίνακας 4. Προτεινόμενα σενάρια για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου του Γενικού Τμήματος

Προτεινόμενα σενάρια	Περιγραφή	Παράμετροι που αλλάζουν μετά την εφαρμογή σεναρίων
1	Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμψιμότητας	U-vlaue, g-value υαλοστασίων
2	Προσθήκη εξωτερικών σκιάστρων στα ΝΔ παράθυρα	Οριζόντιος συντελεστής σκίασης
3	Προσθήκη Φ/Β συστήματος για μερική κάλυψη ηλεκτρικού φορτίου	Προσθήκη φόρμας για Φ/Β
4	Προσθήκη πρόσθετης μόνωσης 2 cm σε όλους του τοίχους	U-value τοίχων
5	Χρήση εσωτερικών κερδών για κάλυψη θερμικών αναγκών στη Ζώνη 2	Κατάργηση συστήματος θέρμανσης
6	Χρήση αυτοματισμού στα φώτα	Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού
7	Αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	Θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
8	Αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου	Προσανατολισμός (μοίρες)
9	**Συνδυασμός σεναρίων 3,5 και 7:** Προσθήκη Φ/Β συστήματος για μερική κάλυψη ηλεκτρικού φορτίου, χρήση εσωτερικών κερδών για κάλυψη θερμικών αναγκών στη Ζώνη 2 και αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	Προσθήκη φόρμας για Φ/Β , κατάργηση συστήματος θέρμανσης, θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
10	**Συνδυασμός σεναρίων 1,5 και 7:** Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμψιμότητας, χρήση εσωτερικών κερδών στη Ζώνη 2 και αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	U-vlaue, g-value υαλοστασίων, κατάργηση συστήματος θέρμανσης, θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
11	**Συνδυασμός σεναρίων 2,5 και 7:** Αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη, χρήση εσωτερικών κερδών για κάλυψη θερμικών αναγκών στη Ζώνη 2 και προσθήκη εξωτερικών σκιάστρων στα ΝΔ παράθυρα	Οριζόντιος συντελεστής σκίασης, κατάργηση συστήματος θέρμανσης, θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης

Τα αποτελέσματα εφαρμογής των σεναρίων αναλύονται λεπτομερώς στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

3.4.14. Περιγραφή των μεταβλητών εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό

Τα δεδομένα εισόδου παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στο Παράρτημα 1. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό, συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης καθώς επίσης και από τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου και την μελέτη ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, στοιχεία που προμηθεύτηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Πολυτεχνείου Κρήτης.

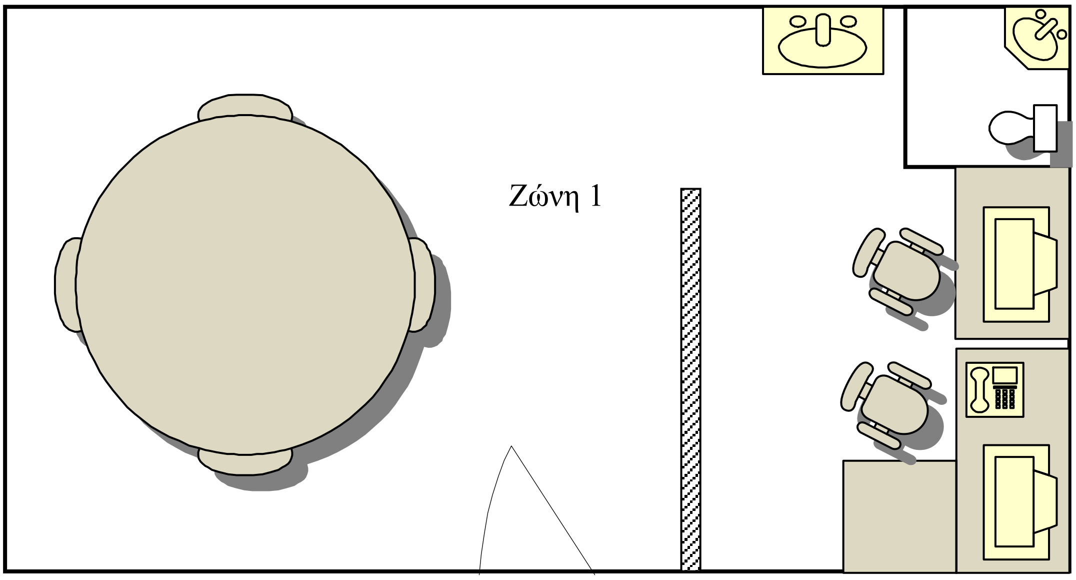
3.5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας EPA-NR στον ΚΦΒΕ

3.5.1. Γενικά

Το κτίριο είναι τοποθετημένο στην Πολυτεχνειούπολη, Δήμος Ακρωτηρίου, Ν. Χανίων, σε πολύ ανοιχτό περιβάλλοντα χώρο. Η συνολική επιφάνεια του χώρου είναι περίπου 200 m^2 και το κτίριο του εργαστηρίου καλύπτει τα 60 m^2. Το κτίριο έχει χτιστεί το 2007, είναι ισόγεια κατασκευή τύπου ISOBOX, η οποία περιλαμβάνει μία κεντρική πόρτα εισόδου, 3 θέσεις εργασίας με Η/Υ και έναν χώρο συνδιάσκεψης, κουζίνα, μπάνιο. Το κτίριο λειτουργεί 9πμ. μέχρι τις 9μμ., 5 ημέρες/εβδομάδα, όλο το έτος.

3.5.2. Διαφοροποίηση του κτιρίου σε ζώνες

Σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν στην § 3.4.2, το κτίριο θεωρήθηκε ως μία ζώνη, καθώς αποτελείται από ένα μόνο χώρο που θερμαίνεται και ψύχεται .



Εικόνα 21. Διαφοροποίηση κτιρίου σε ζώνες

3.5.3. Γεωμετρία του κτιρίου

Ισχύουν και εδώ, όλα όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην § 3.4.3.

3.5.4. Στοιχεία του κτιρίου

Με βάση τα όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην § 3.4.4, το υπό μελέτη κτίριο είναι θερμικά μονωμένο. Οι εξωτερικοί τοίχοι και η οροφή είναι από θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης τύπου ISOBAU, αποτελούμενα από δύο ελαφρώς διαμορφωμένα ελάσματα γαλβανισμένης και βαμμένης λαμαρίνας, πάχους 0,5 mm, χρώματος λευκού, βαμμένα αμφίπλευρα και μόνωση πολυουρεθάνης πάχους 40 mm. Ο μεταλλικός σκελετός είναι κατασκευασμένος από σύνθετη κατασκευή κοιλοδοκών βαρέως τύπου βαμμένων, το δε δάπεδο φέρει ενισχυμένες διατομές από χαλυβδοέλασμα πάχους 0.5 mm και καλύπτεται από κεραμικά πλακίδια πάχους 10mm. Η κατασκευή είναι τοποθετημένη πάνω σε βάση τσιμέντου πάχους 20 cm. Αποτελείται από 4 παράθυρα διπλά, επάλληλα αλουμινίου με εξωτερικά ρολά με μόνωση πολυουρεθάνης. Η στέγη είναι επίπεδη από πανώ πολυουρεθάνης με αμφίπλευρη επικάλυψη από γαλβανισμένη και βαμμένη λαμαρίνα.

Οι παράμετροι που αφορούν τα U-values και g-values των αδιαφανών και διαφανών συστατικών του κτιρίου φαίνονται αναλυτικά στο Παράρτημα 1.

Για την παράμετρο της ειδικής θερμοχωρητικότητας, το υπό μελέτη κτίριο ανήκει στην κατηγορία της *ελαφριάς κατασκευής*, με τιμή 112 kJ/m^2K , ενώ για τον συντελεστή απορρόφησης ανήκει στην κατηγορία *επιφάνειες αντανάκλασης* ,με τιμή 0.1

3.5.5. Αεροστεγανότητα

Το υπό μελέτη κτίριο, σύμφωνα με όσα περιγράφηκαν στην § 3.4.5, ανήκει στην κατηγορία υπάρχοντα κτίρια με κατασκευή, στην οποία λαμβάνουν χώρα μικρές διαρροές από τα ανοίγματα και λαμβάνει την τιμή 1 εναλλαγή/h.

3.5.6. Συστήματα σκίασης, Εξωτερικά εμπόδια

Ισχύουν και εδώ, όλα όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην § 3.4.6, στην υποενότητα **6.** Οι τιμές των μεταβλητών φαίνονται αναλυτικά στα Παράρτημα 1.

3.5.7. Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Ισχύουν και εδώ, όλα όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην § 3.4.7**.** Οι τιμές των μεταβλητών φαίνονται αναλυτικά στα Παράρτημα 3.

3.5.8. Συστήματα θέρμανσης και ψύξης

Με βάση όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην § 3.4.8, το υπό μελέτη κτίριο είναι εξοπλισμένο με 2 κλιματιστικά των 12,000 BTU. Οι εξωτερικές μονάδες των κλιματιστικών είναι εγκατεστημένες στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου. Οι συντελεστές απόδοσης για διανομή και εκπομπή λαμβάνουν την τιμή 1, ενώ ο παράγοντας COP για θέρμανση και για ψύξη είναι 2.92 και 2.62 αντίστοιχα.

Σχετικά με τις ώρες λειτουργίας θέρμανσης και ψύξης ισχύουν τα εξής:

Περίοδος θέρμανσης: 3 μήνες (ΔΕΚ-ΦΕΒ) 8 ώρες/ημέρα, 3 μήνες (ΝΟΕ-ΜΑΡ-ΑΠΡ) 4 h/ημέρα

Περίοδος ψύξης: 3 μήνες (ΙΟΥΝ-ΑΥΓ) 8 ώρες/ημέρα, 2 μήνες (ΜΙΑ-ΣΕΠΤ) 4 ώρες/ημέρα

3.5.9. Αερισμός

Ο αερισμός του κτιρίου πραγματοποιείται με φυσικό αερισμό μέσω ανοίγματος των παραθύρων και η τιμή που λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς είναι 0,5 m^3/s, με βάση τις προδιαγραφές σχεδιασμού του κτιρίου, ώστε η ποιότητα του εσωτερικού αέρα να είναι αποδεκτή [Λαζαρίδης, 2008].

3.5.10. Φωτισμός

Με βάση όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην § 3.4.10, το υπό μελέτη κτίριο διαθέτει κανάλια τύπου Legrand και αποτελείται από πίνακα με τους απαραίτητους ασφαλειοδιακόπτες και ρελέ διαρροής, εξωτερικό στεγανό κουτί σύνδεσης, έξι διπλά φωτιστικά οροφής στεγανά φθορισμού 1.20 X 36 W, μια εξωτερική χελώνα φωτισμού, πέντε πρίζες σούκο και τους απαιτούμενους διακόπτες, οι οποίοι ελέγχονται από το χρήστη

3.5.11. Κατανάλωση ενέργειας

Η ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας στη διάρκεια κανονικής λειτουργίας καλύπτει φορτία για τον φωτισμό, τον εξοπλισμό και τη χρήση των κλιματιστικών.

3.5.12. Ειδικές επισημάνσεις

Οι εσωτερικές συνθήκες θέρμανσης/ψύξης κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα είναι ικανοποιητικές και εξασφαλίζουν την θερμική άνεση των εργαζομένων [Rizzo et al., 2004]. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι αποδεκτή, καθώς οι εργαζόμενοι του κτιρίου ανοίγουν καθημερινά τα παράθυρα περίπου 1 h/ημέρα την περίοδο θέρμανσης και 3 h/ημέρα την περίοδο ψύξης, εκτός από μέρες με ακραία καιρικά φαινόμενα [Mahdavi, 2008].

3.5.13. Προτεινόμενα σενάρια-επεμβάσεις

Αντίστοιχα οι προτεινόμενες επεμβάσεις για το κτίριο ΚΦΒΕ είναι:

1^{ο} Σενάριο: Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας

Υπάρχουσα κατάσταση: Όλα τα παράθυρα αποτελούνται από διπλά υαλοστάσια, επάλληλα αλουμινίου και εσωτερικές περσίδες.

Πρόταση: Αντικατάσταση όλων των παραθύρων με διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας.

2^{ο} Σενάριο: Αλλαγή παραμέτρων: Θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης

Υπάρχουσα κατάσταση: Η μέση θερμοκρασία θέρμανσης έχει ορισθεί στους 18^{o}C και η μέση θερμοκρασία ψύξης στους 27^{o}C.

Πρόταση: Αύξηση κατά 1^{o}C στη θερμοκρασία ψύξης και μείωση κατά 1^{o}C στη θερμοκρασία θέρμανσης.

3^{ο} Σενάριο: Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος

Υπάρχουσα κατάσταση: Οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργειας καλύπτονται από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

Πρόταση: Εγκατάσταση Φ/Β κελιών για μερική κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια.

4^{ο} Σενάριο: Κλιματιστικά ενεργειακής κατηγορίας A (Inverter)

Υπάρχουσα κατάσταση: Η θέρμανση και η ψύξη του χώρου καλύπτεται από 2 κλιματιστικά ενεργειακής κατηγορίας D .

Πρόταση: Αντικατάσταση των κλιματιστικών ενεργειακής κατηγορίας D με κλιματιστικά ενεργειακής κατηγορίας A (inverter).

5^{ο} Σενάριο: Εξωτερικά σκίαστρα

Υπάρχουσα κατάσταση: Το κτίριο στη Νότια πλευρά έχει παράθυρα με εσωτερικές περσίδες.

Πρόταση: Εγκατάσταση ημιδιάφανων οριζόντιων προεξοχών σε κάθε παράθυρο της ΝΑ πλευράς του κτιρίου.

6^{o} Σενάριο: Χρήση αυτοματισμού στους διακόπτες των συστημάτων φωτισμού

Υπάρχουσα κατάσταση: Τα φώτα σε όλες τις ζώνες λειτουργούν με απλούς διακόπτες που ελέγχονται από το χρήστη.

Πρόταση: Αντικατάσταση των απλών διακοπτών με αυτόματους διακόπτες, οι οποίοι επιτρέπουν τη χρήση ηλεκτρικού φωτισμού, όταν ο φυσικός φωτισμός δεν είναι επαρκής στη ζώνη.

Συνοπτικά οι επεμβάσεις για το κτίριο ΚΦΒΕ φαίνονται στον Πίνακα 5 και τα συνολικά προτεινόμενα σενάρια για την ενεργειακή βελτίωση της συμπεριφοράς του κτιρίου στον Πίνακα 6.

Πίνακας 5. Προτεινόμενες επεμβάσεις για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου ΚΦΒΕ Πολυτεχνείου Κρήτης

Α/Α	Κέλυφος	Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	Φ/Β	Αλλαγές στη διαχείριση ενέργειας
1	Αντικατάσταση υπαρχόντων υαλοστασίων με διπλά, χαμηλής εκπεμψιμότητας			
2				Αλλαγή παραμέτρου θερμοκρασίας θέρμανσης/ψύξης
3			Προσθήκη Φ/Β	
4		Αντικατάσταση των κλιματιστικών D ενεργειακής κλάσης με κλιματιστικά ενεργειακής κλάσης Α		
5	Εξωτερικά σκίαστρα			
6		Αυτοματισμός στα φώτα		

Πίνακας 6. Προτεινόμενα σενάρια για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου του ΚΦΒΕ

Προτεινόμενα Σενάρια	Περιγραφή	Παράμετροι που αλλάζουν μετά την εφαρμογή των σεναρίων
1	Αντικατάσταση υπαρχόντων υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμψιμότητας	U-vlaue, g-value υαλοστασίων
2	Αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	Θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
3	Προσθήκη Φ/Β συστήματος για μερική κάλυψη ηλεκτρικού φορτίου	Προσθήκη φόρμας για Φ/Β
4	Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών D ενεργειακής κλάσης με κλιματιστικά Α ενεργειακής κλάσης	Συντελεστής ενεργειακής απόδοσης, COP για θέρμανση/ψύξη
5	Χρήση εξωτερικών οριζόντιων σκιάστρων στα Νότια παράθυρα	Οριζόντιος συντελεστής σκίασης, F_o
6	Χρήση αυτοματισμού στα φώτα	Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού
7	**Συνδυασμός σεναρίων 1,2:** Αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη, αντικατάσταση υπαρχόντων υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμψιμότητας και αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	U-vlaue, g-value υαλοστασίων, θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
8	**Συνδυασμός σεναρίων 2,5:** Χρήση εξωτερικών οριζόντιων σκιάστρων στα Νότια παράθυρα και αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	Οριζόντιος συντελεστής σκίασης, F_o, θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
9	**Συνδυασμός 2,3:** Προσθήκη Φ/Β συστήματος για μερική κάλυψη ηλεκτρικού φορτίου και αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη	Προσθήκη φόρμας για Φ/Β , θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης
10	**Συνδυασμός 2,4:** Αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη, αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών D ενεργειακής κλάσης με κλιματιστικά Α ενεργειακής κλάσης	Συντελεστής ενεργειακής απόδοσης, COP για θέρμανση/ψύξη, θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης

3.5.14. Περιγραφή των μεταβλητών εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό

Τα δεδομένα εισόδου παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στο Παράρτημα 1. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό, συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης καθώς επίσης και από την μελέτη ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, στοιχεία που βασίζονται σε δεδομένα που παρείχε η κατασκευαστική εταιρία KMS (www.kms.gr) .

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Ενεργειακές απαιτήσεις για το κτίριο του Γενικού Τμήματος βασισμένες στην υπάρχουσα κατάσταση

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την επιθεώρηση του κτιρίου, από τα αρχιτεκτονικά σχέδια και την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη, στο λογισμικό EPA-NR, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 7. Εκτιμώμενη χρήση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Συνολική	**210.93**	**78.1**

Πίνακας 8. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, χρήση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2 ανά τύπο ενέργειας

	Κατανάλωση καυσίμου (kWh/m^2/year)	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Ηλεκτρική ενέργεια	72.58	203.23	76
Πετρέλαιο	7.7	7.7	2.1

Πίνακας 9. Εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος

	Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m^2/year)
Θέρμανση	11.4
Ψύξη	30.44
Φωτισμός	28.85
Βοηθητική ενέργεια	9.59
Συνολική	**80.28**

Πίνακας 10. Εκτιμώμενες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση

Συνολικά ολόκληρο το κτίριο				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	13.17	Ηλιακά	31.82	
Από αερισμό	-1.08	Εσωτερικά	209.72	
Συνολικά	**12.09**	**Συνολικά**	**241.55**	**14.25**
Ζώνη 1				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	9.64	Ηλιακά	24.03	
Από αερισμό	5.69	Εσωτερικά	112.93	
Συνολικά	**15.33**	**Συνολικά**	**136.96**	**17.20**
Ζώνη 2				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	15.21	Ηλιακά	36.58	
Από αερισμό	6.67	Εσωτερικά	415.75	
Συνολικά	**21.88**	**Συνολικά**	**452.33**	**14.15**
Ζώνη 3				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	14.64	Ηλιακά	56.92	
Από αερισμό	15.74	Εσωτερικά	312.21	
Συνολικά	**30.37**	**Συνολικά**	**369.13**	**31.22**
Ζώνη 4				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	20.02	Ηλιακά	40.39	
Από αερισμό	-45.15	Εσωτερικά	53.09	
Συνολικά	**-23.13**	**Συνολικά**	**93.47**	**0.00**

Πίνακας 11. Εκτιμώμενες ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη

Συνολικά ολόκληρο το κτίριο				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	80.76	Ηλιακά	36.16	
Από αερισμό	33.76	Εσωτερικά	209.72	
Συνολικά	**114.52**	**Συνολικά**	**245.88**	**158.87**
Ζώνη 1				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	59.23	Ηλιακά	27.19	
Από αερισμό	35.24	Εσωτερικά	112.93	
Συνολικά	**94.47**	**Συνολικά**	**140.12**	**78.92**
Ζώνη 2				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	93.08	Ηλιακά	41.9	
Από αερισμό	41.27	Εσωτερικά	415.75	
Συνολικά	**134.35**	**Συνολικά**	**457.65**	**341.92**
Ζώνη 3				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	89.82	Ηλιακά	64.47	
Από αερισμό	97.43	Εσωτερικά	312.21	
Συνολικά	**187.25**	**Συνολικά**	**376.68**	**248.41**
Ζώνη 4				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	122.8	Ηλιακά	45.6	
Από αερισμό	-5.14	Εσωτερικά	53.09	
Συνολικά	**117.73**	**Συνολικά**	**98.69**	**0.00**

4.2. Ενεργειακές καταναλώσεις μετά τη εφαρμογή των προτεινόμενων σεναρίων για το κτίριο του Γενικού Τμήματος

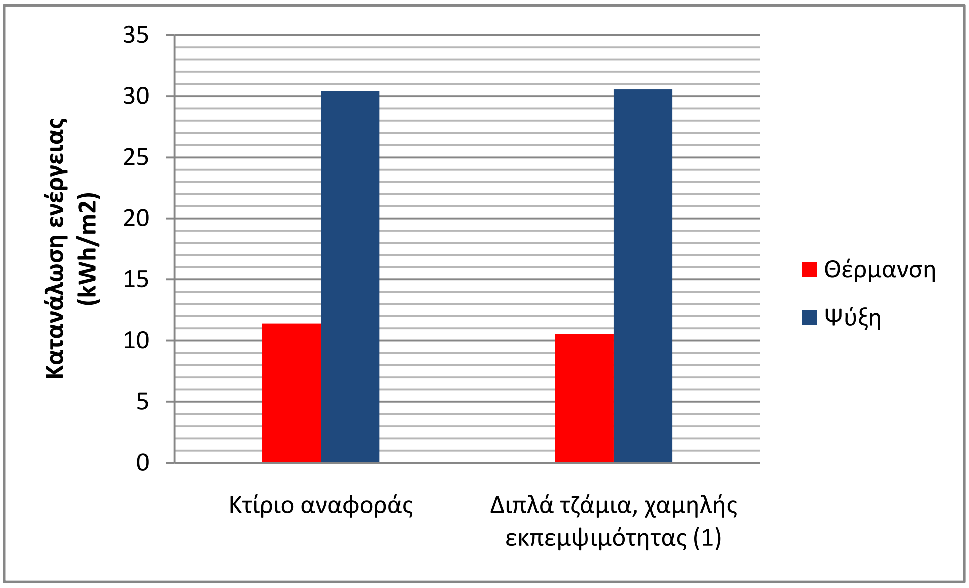
4.2.1. Σενάριο 1: Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 12. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 1	79.56	209.75	77.7
Μείωση %	**0.9**	**0.55**	**0.51**

Με τη χρήση διπλών υαλοστασίων, χαμηλής εκπεμψιμότητας η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μειώθηκε κατά 7% και για ψύξη παρέμεινε σχεδόν ίδια, με μία πολύ μικρή αύξηση της τάξης του 0.45%. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο φαίνεται στο διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη πριν και μετά το σενάριο 1.

Πίνακας 13. Κόστος επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,676.24
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	34,884
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	560.03

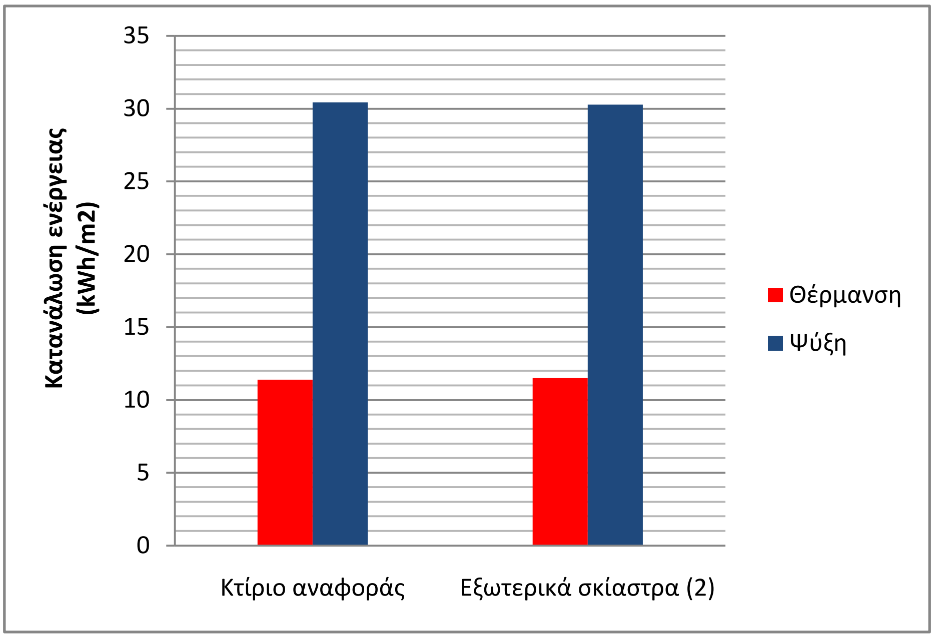
4.2.2. Σενάριο 2: Εξωτερικά σκίαστρα

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 14. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($kg/m^2/year$)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 2	80.23	210.6	78
Μείωση %	**0.06**	**0.15**	**0.12**

Με τη χρήση οριζόντιων εξωτερικών σκιάστρων η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη παρουσίασε μία μικρή μείωση της τάξης του 1% περίπου, ενώ η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση παρέμεινε σχεδόν ίδια. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο φαίνεται στο διάγραμμα 3.



Διάγραμμα 3. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη πριν και μετά το σενάριο 2.

Πίνακας 15. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο.

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,726.88
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,641.43
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	140.89

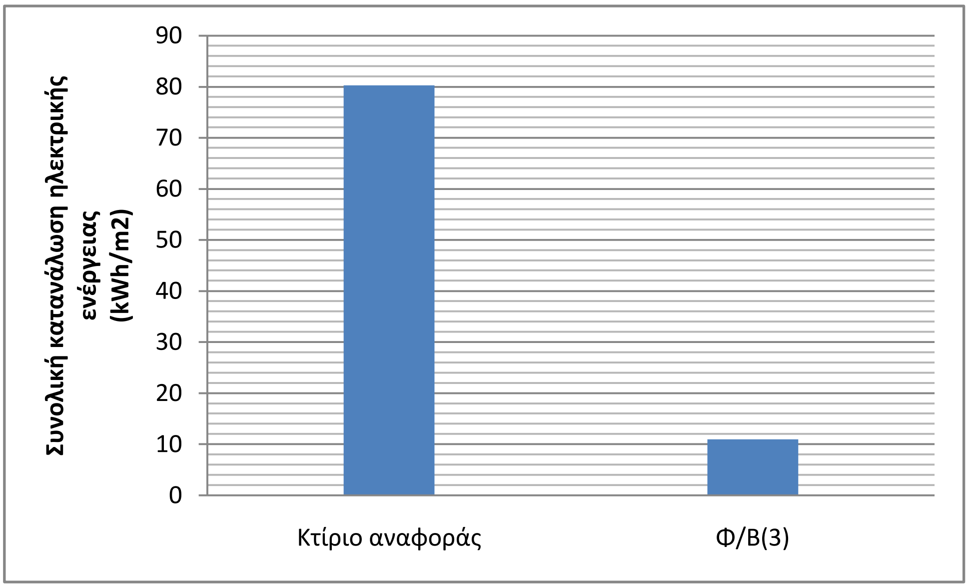
4.2.3. Σενάριο 3: Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 16. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($Kg/m^2/year$)
Base case	80.28	210.93	105.9
Σενάριο 3	10.95	16.8	5.5
Μείωση %	**86**	**92**	**92**

Η υπολογισμένη συνολική ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο φαίνεται στο διάγραμμα 4.



Διάγραμμα 4. Συνολική ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά το σενάριο 3

Πίνακας 17. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	908
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	200,000
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	22.65

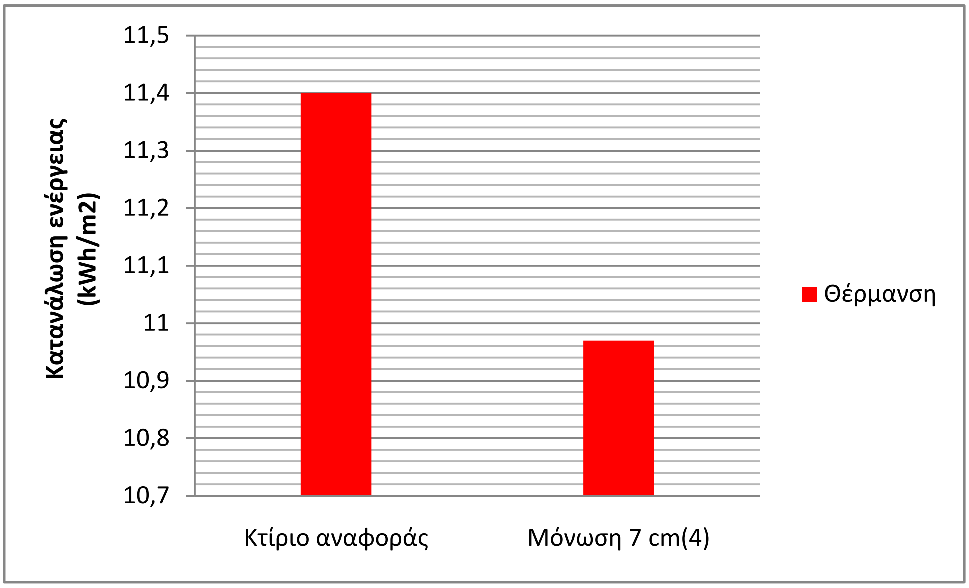
4.2.4. Σενάριο 4: Προσθήκη πρόσθετης μόνωσης.

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 18. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 4	79.84	210.07	77.8
Μείωση %	**0.54**	**0.4**	**0.38**

Με την αύξηση της μόνωσης των τοίχων από 5 cm σε 7 cm μειώνει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κατά 3.7%, ενώ η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη παραμένει σχεδόν η ίδια. Η υπολογισμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, φαίνεται στο διάγραμμα 5.



Διάγραμμα 5. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά το σενάριο 4

Πίνακας 19. **Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο**

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,695.28
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	19,588.8
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	453.04

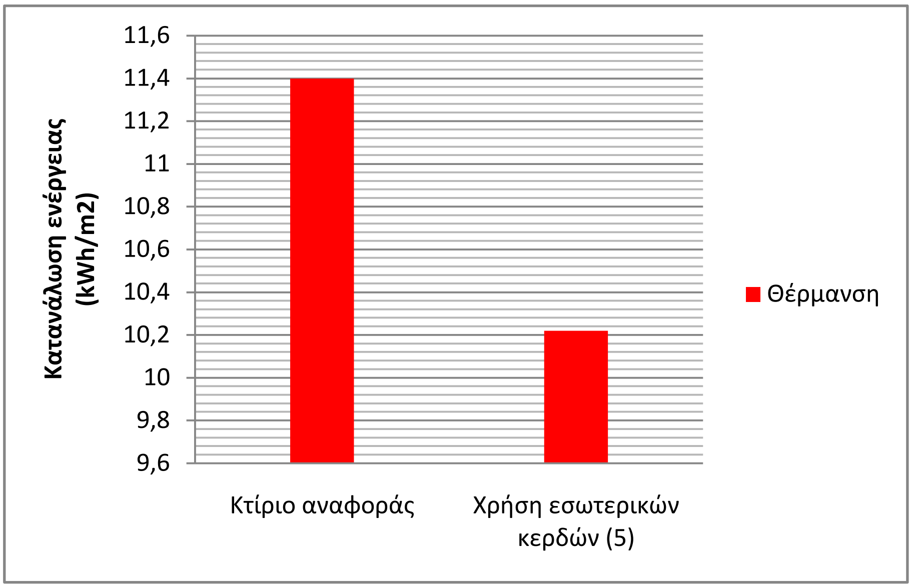
4.2.5. Σενάριο 5: Χρήση εσωτερικών κερδών για θέρμανση στη ζώνη 2

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 20. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($Kg/m^2/year$)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 5	76.75	201.04	74.4
Μείωση %	**4.4**	**4.7**	**4.7**

Με την χρήση των εσωτερικών θερμικών κερδών από συσκευές και ηλιακά κέρδη η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανσης μειώνεται κατά 12%. Η υπολογισμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, φαίνεται στο διάγραμμα 6.



Διάγραμμα 6. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά το σενάριο 5

Πίνακας 21. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,288.57
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	0
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	0

4.2.6. Σενάριο 6: Χρήση αυτοματισμού στους διακόπτες των συστημάτων φωτισμού

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 22. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($kg/m^2/year$)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 6	75.25	196.85	72.8
Μείωση %	**6.3**	**6.6**	**6.7**

Η χρήση αυτοματισμών στα φώτα μειώνει την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό κατά 17% και την συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 6.3%. Η υπολογισμένη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, φαίνεται στο διάγραμμα 7.

Διάγραμμα 7. Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά το σενάριο 6.

Πίνακας 23. **Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο**

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,098.08
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	10,000
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	15.6

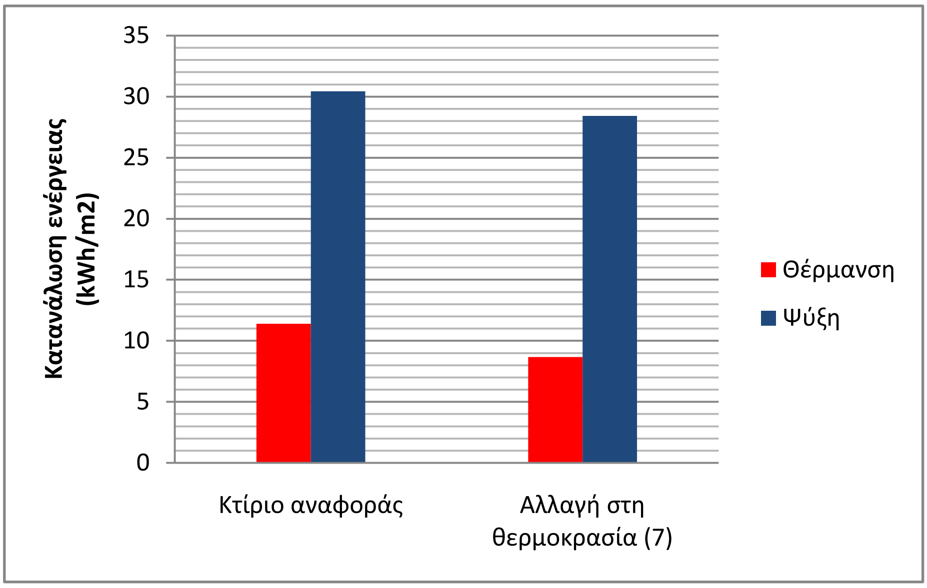
4.2.7. Σενάριο 7: Αλλαγή παραμέτρων: Θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 24. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 7	75.55	200.75	74.5
Μείωση %	**5.8**	**4.8**	**4.6**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 23% και 6.6% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 8. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο

Πίνακας 25. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,243.58
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	0
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	0

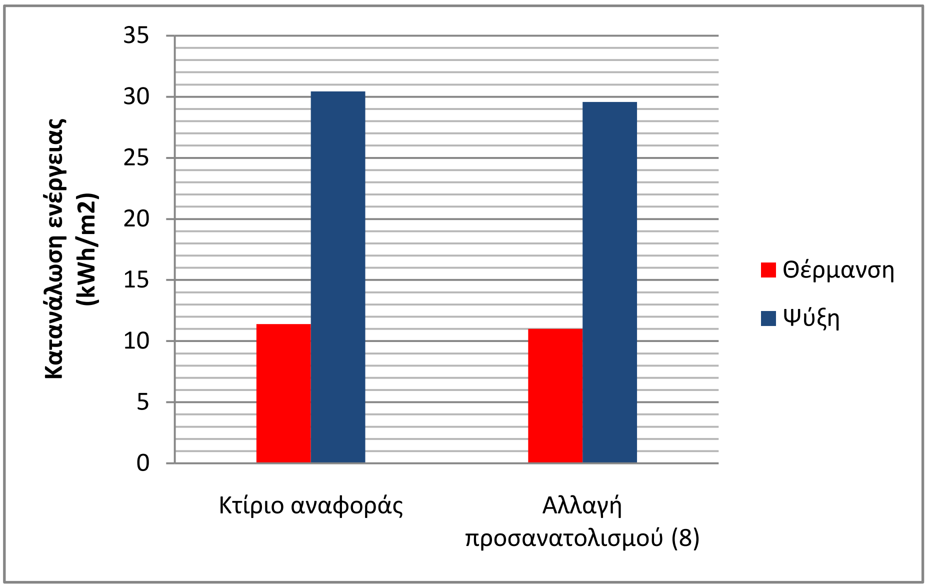
4.2.8. Σενάριο 8: Αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου (υποθετικό σενάριο)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 26. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($kg/m^2/year$)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 7	79.02	208.07	77.1
Μείωση %	**1.5**	**1.3**	**1.3**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 3.5% και 2.8% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 9. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο

Πίνακας 27. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	9,601.67
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	-
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	-

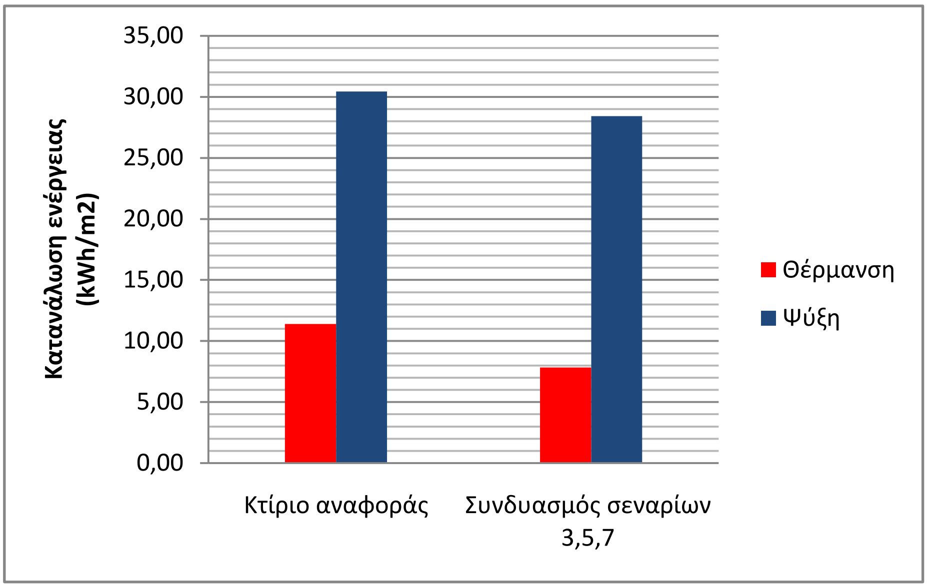
4.2.9. Σενάριο 9: Εγκατάσταση Φ/Β, χρήση εσωτερικών κερδών στη Ζώνη2, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός σεναρίων 3, 5 και 7)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 28. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($kg/m^2/year$)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 9	5.99	5.99	1.6
Μείωση %	**92**	**97**	**98**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 31% και 6.6% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 10.



Διάγραμμα 10. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο

Πίνακας 29. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	384.57
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	200,000
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	21.4

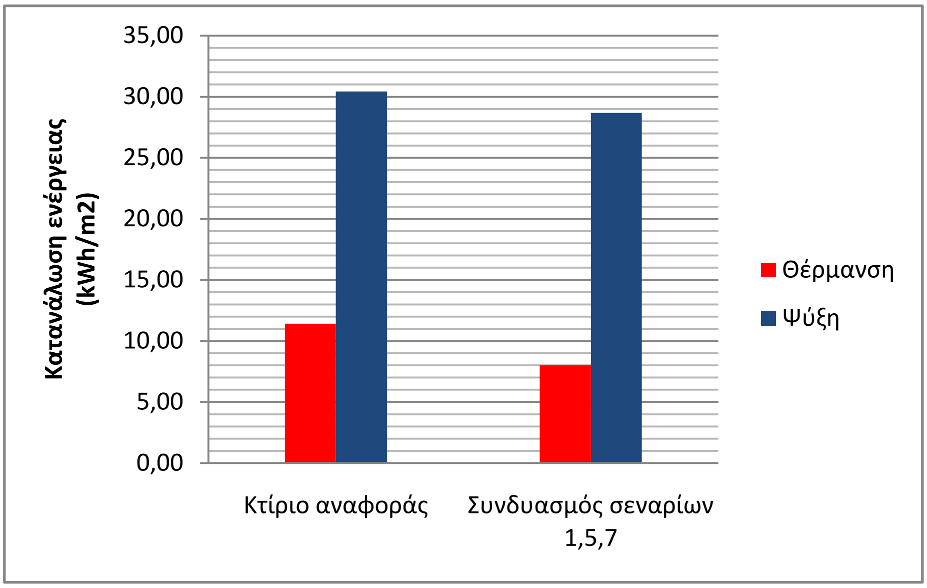
4.2.10. Σενάριο 10: Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας, χρήση εσωτερικών κερδών στη ζώνη 2, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός σεναρίων 1,5και 7)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 30. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (Kg/m^2/year)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 10	72.05	191.63	71.1
Μείωση %	**10.2**	**9.1**	**9**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 36% και 5.8% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 11.



Διάγραμμα 11. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο

Πίνακας 31. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	8,821.70
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	34,884
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	38

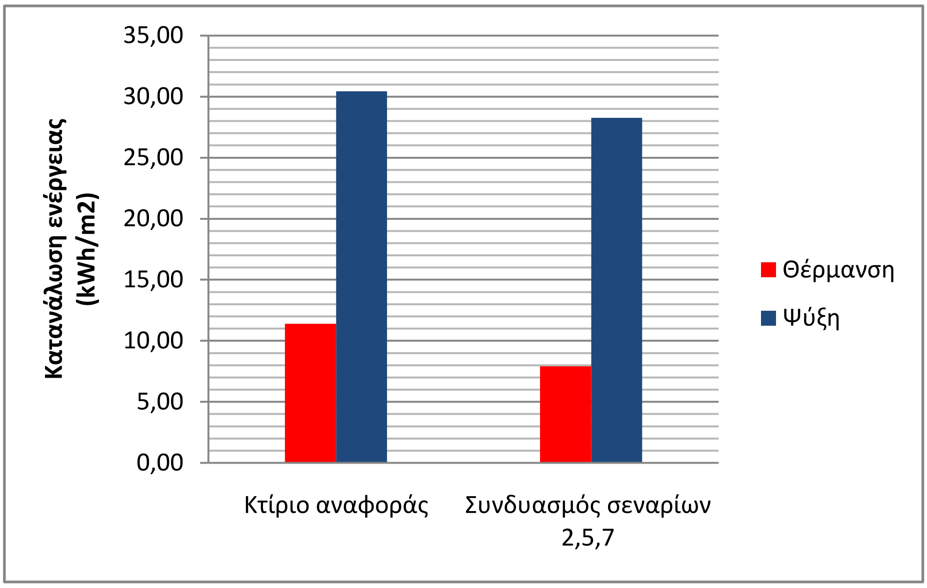
4.2.11. Εξωτερικά σκίαστρα, χρήση εσωτερικών κερδών στη Ζώνη 2, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός σεναρίων 2,5 και 7)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 32. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (Kg/m^2/year)
Base case	80.28	210.93	78.1
Σενάριο 11	72.29	191.51	71
Μείωση %	**9.9**	**9.2**	**9**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 30% και 8% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 12.



Πίνακας 33. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	8,824.47
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,641.4
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	1.8

4.3. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου ΚΦΒΕ βασισμένες στην υπάρχουσα κατάσταση

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την επιθεώρηση του κτιρίου, από τα αρχιτεκτονικά σχέδια και την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη, στο λογισμικό EPA-NR, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 34. Εκτιμώμενη χρήση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Συνολική	**130.13**	**48.7**

Πίνακας 35. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, χρήση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2 ανά τύπο ενέργειας

	Κατανάλωση καυσίμου (kWh/m^2/year)	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Ηλεκτρική ενέργεια	**46.47**	**130.13**	**48.7**

Πίνακας 36. Εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος

1.1.1	Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m^2/year)
Θέρμανση	18.53
Ψύξη	8.7
Φωτισμός	19.25
Συνολική	**46.47**

Πίνακας 37. Εκτιμώμενες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση/ψύξη

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (περίοδος θέρμανσης)				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	-25.11	Ηλιακά	29.79	
Από αερισμό	-20.17	Εσωτερικά	64.82	
Συνολικά	**-45.28**	**Συνολικά**	**94.61**	**54.11**
Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη (περίοδος ψύξης)				
Ενεργειακές απώλειες (kWh/m^2)		Κέρδη (kWh/m^2)		Συνολική απαίτηση σε ενέργεια (kWh/m^2)
Από μεταφορά	191.53	Ηλιακά	33.67	
Από αερισμό	154.87	Εσωτερικά	64.82	
Συνολικά	**346.4**	**Συνολικά**	**98.5**	**29.18**

4.4. Ενεργειακές καταναλώσεις μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων σεναρίων για το κτίριο ΚΦΒΕ

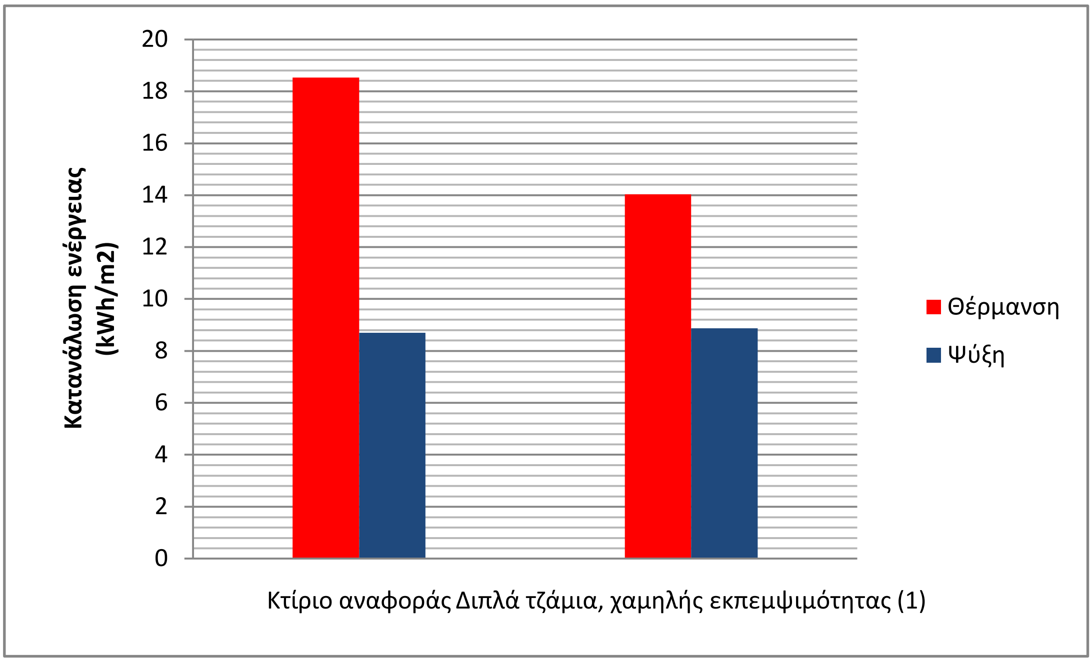
4.4.1. Σενάριο 1: Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 38. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($Kg/m^2/year$)
Base case	46.47	130.13	48.7
Σενάριο 1	42.5	119.1	44.6
Μείωση %	**8.5**	**8.4**	**8.4**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την εφαρμογή του σεναρίου αυτού μειώνεται κατά 24%. Αντίθετα η ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη αυξάνει κατά 1.9%. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 12.



Διάγραμμα 12. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη πριν και μετά το σενάριο 1

Πίνακας 32. Κόστος επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής της προτεινόμενης λύσης

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	287.87
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,360
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	52.4

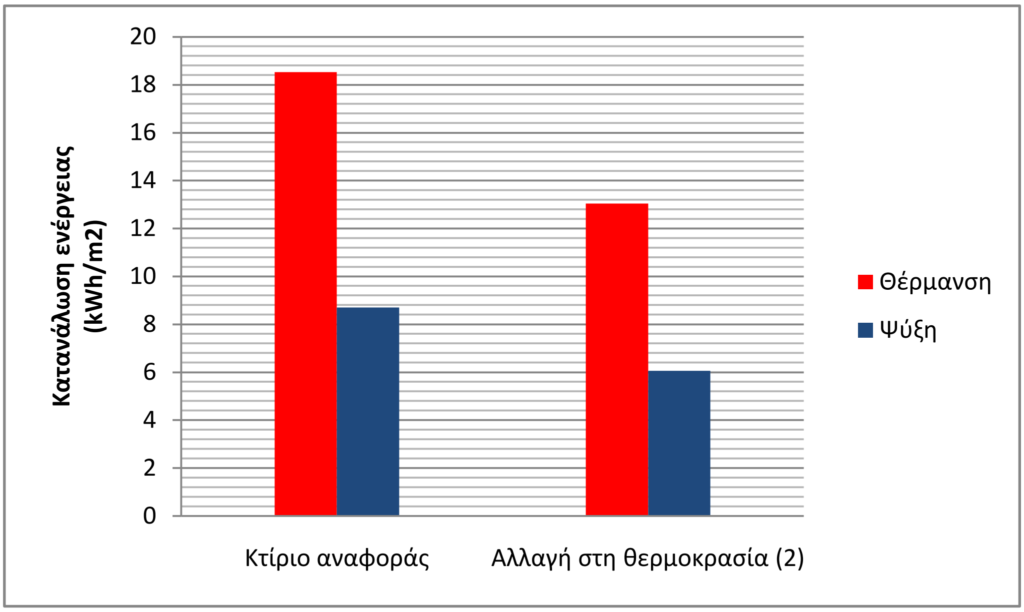
4.4.2. Αλλαγή παραμέτρων: Θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 39. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Base case	46.47	130.13	48.7
Σενάριο 2	38.35	107.38	40.2
Μείωση %	**17.4**	**17.4**	**17.4**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 29% και 31% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 13.



Διάγραμμα 13. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη πριν και μετά το σενάριο 2

Πίνακας 35. Κόστος επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής της προτεινόμενης λύσης

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	230.13
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	0
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	0

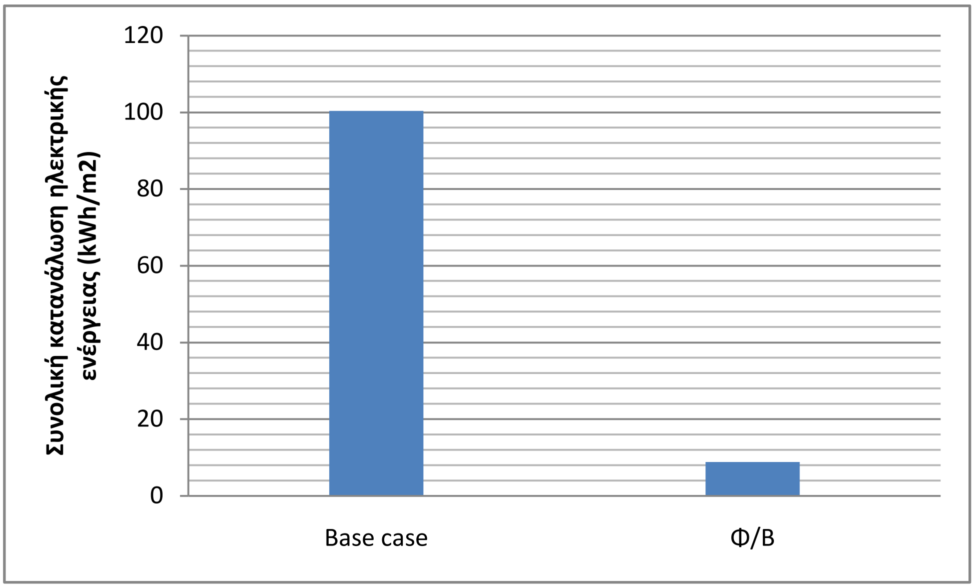
4.4.3. Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 40. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Base case	46.47	130.13	47.8
Σενάριο 3	1.74	4.86	1.8
1.1.2 Μείωση %	**96**	**96**	**96**

Η υπολογισμένη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 14.



Διάγραμμα 14. Συνολική ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά το σενάριο 3

Πίνακας 41. Κόστος επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής της προτεινόμενης λύσης

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	10.4
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	6,000
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	22.35

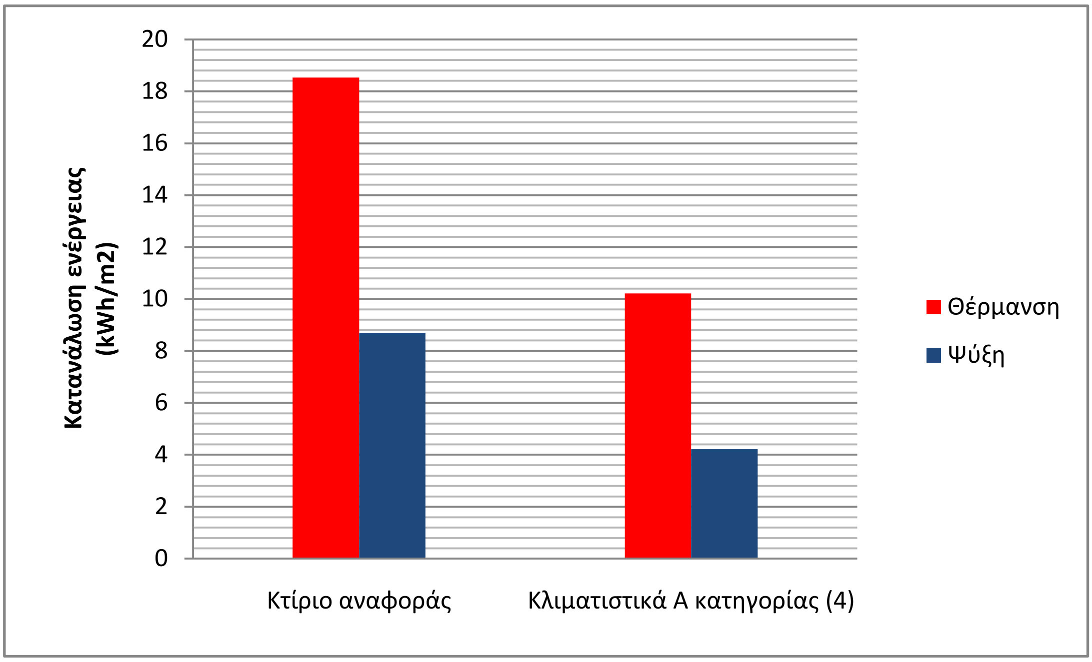
4.4.4. Σενάριο 4: Κλιματιστικά ενεργειακής κατηγορίας Α (Inverter)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 42. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (kg/m^2/year)
Base case	47.46	130.13	48.7
Σενάριο 4	33.67	94.28	35.3
Μείωση %	**29**	**27.5**	**27.5**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 44% και κατά 51% για ψύξη. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο ,παρουσιάζεται στο διάγραμμα 15.



Διάγραμμα 15. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το σενάριο 4

Πίνακας 43. Κόστος επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής της προτεινόμενης λύσης

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	202
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,780
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	23

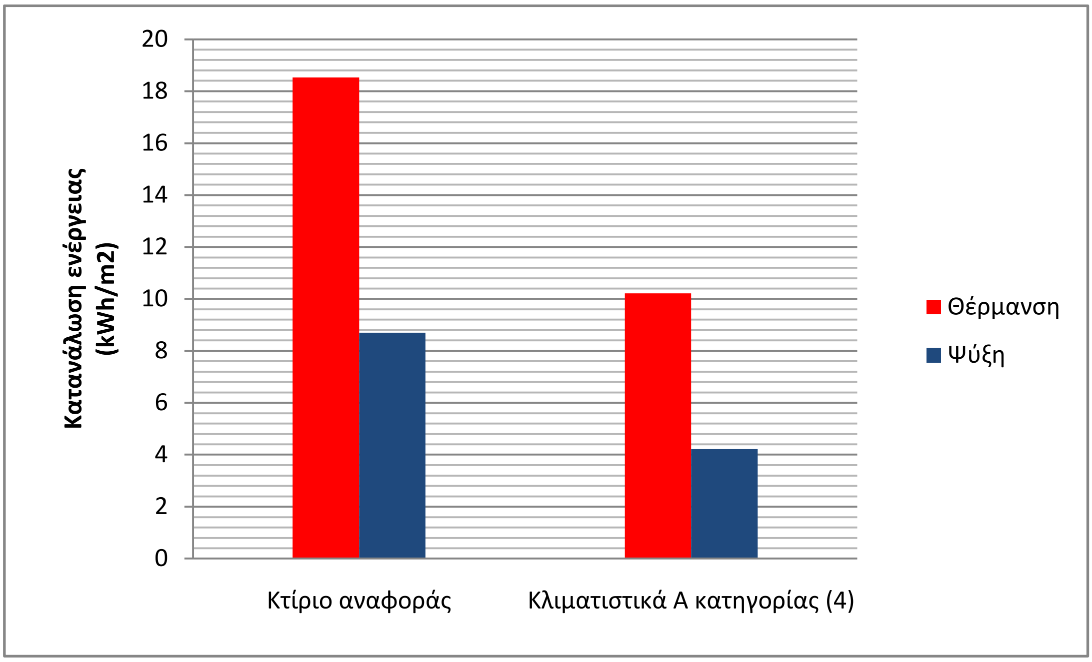
4.4.5. Σενάριο 5: Εξωτερικά σκίαστρα

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 44. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($Kg/m^2/year$)
Base case	47.46	130.13	48.7
Σενάριο 4	45.47	128.16	47.9
Μείωση %	**4.1**	**1.5**	**1.6**

Η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 8%, ενώ η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση παραμένει σχεδόν η ίδια. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο ,παρουσιάζεται στο διάγραμμα 16.



Διάγραμμα 16. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το σενάριο 5

Πίνακας 45. Κόστος επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής της προτεινόμενης λύσης

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	274.64
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	66.2
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	15.67

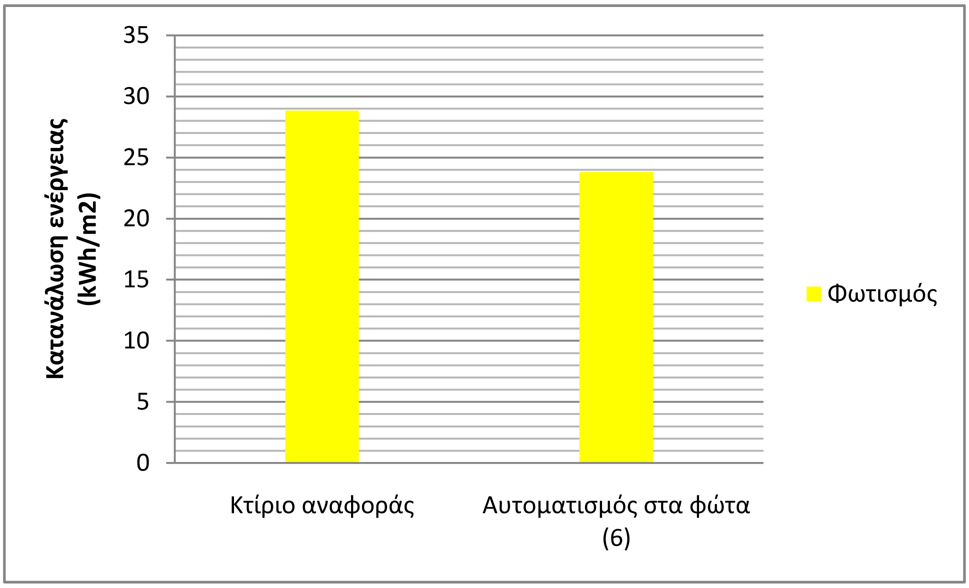
4.4.6. Σενάριο 6: Χρήση αυτοματισμού στους διακόπτες των συστημάτων φωτισμού

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 46. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (Kg/m^2/year)
Base case	46.47	130.13	48.7
Σενάριο 6	42.59	119.24	44.6
Μείωση %	**8.3**	**8.3**	**8.3**

Η χρήση αυτοματισμών στα φώτα μειώνει την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό κατά 17% και την συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 8.3 %. Η υπολογισμένη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, φαίνεται στο διάγραμμα 17.



Διάγραμμα 17. Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά το σενάριο 6.

Πίνακας 47. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	255.54
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,000
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	42.8

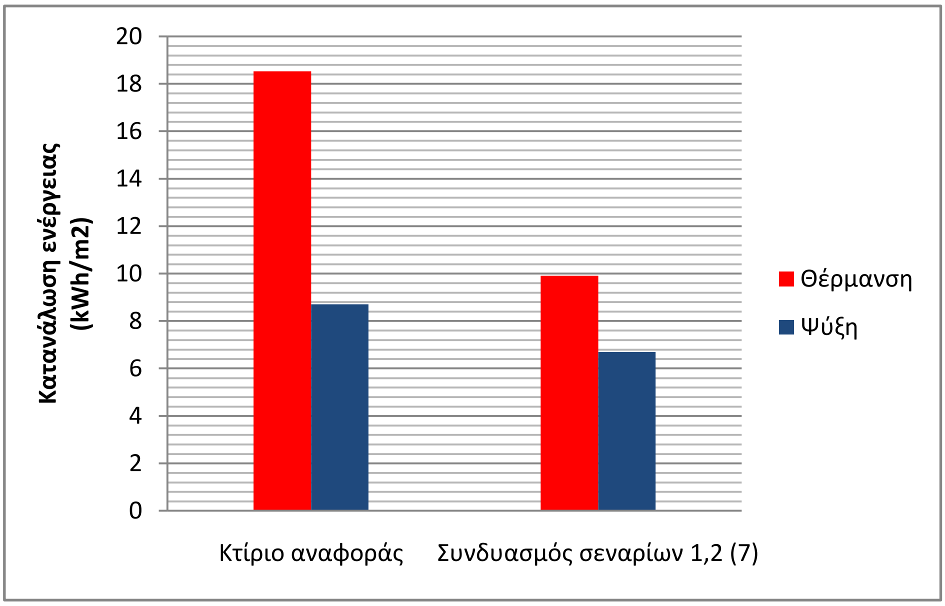
4.4.7. Σενάριο 7: Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός σεναρίων 1,2)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 48. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (Kg/m^2/year)
Base case	46.47	130.13	47.8
Σενάριο 7	35.86	100.44	37.6
Μείωση %	**2.2**	**2.2**	**2.1**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 46% και 23% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 18.



Διάγραμμα 18. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το σενάριο 7

Πίνακας 49. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	215.15
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,360
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	21.4

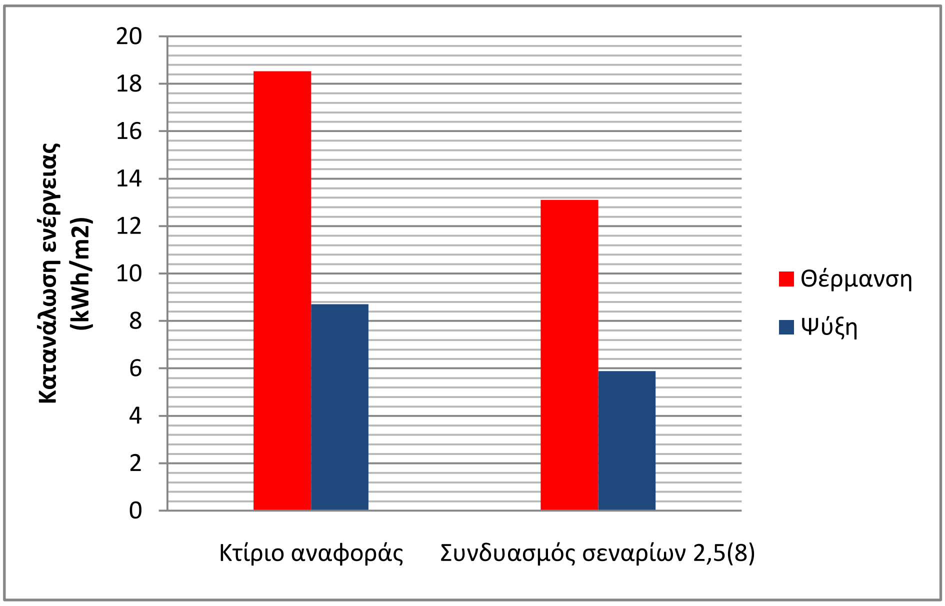
4.4.8. Σενάριο 8: Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, εξωτερικά σκίαστρα (Συνδυασμός σεναρίων 2,5)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 50. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου kWh/m^2/year	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2/year)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο (Kg/m^2/year)
Base case	46.47	130.13	47.8
Σενάριο 8	38.25	107.09	40
Μείωση %	**17.6**	**17.7**	**16.3**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 29% και 32% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 19.



Διάγραμμα 19. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το σενάριο 7

Πίνακας 51. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	229.5
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	66.2
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	1.34

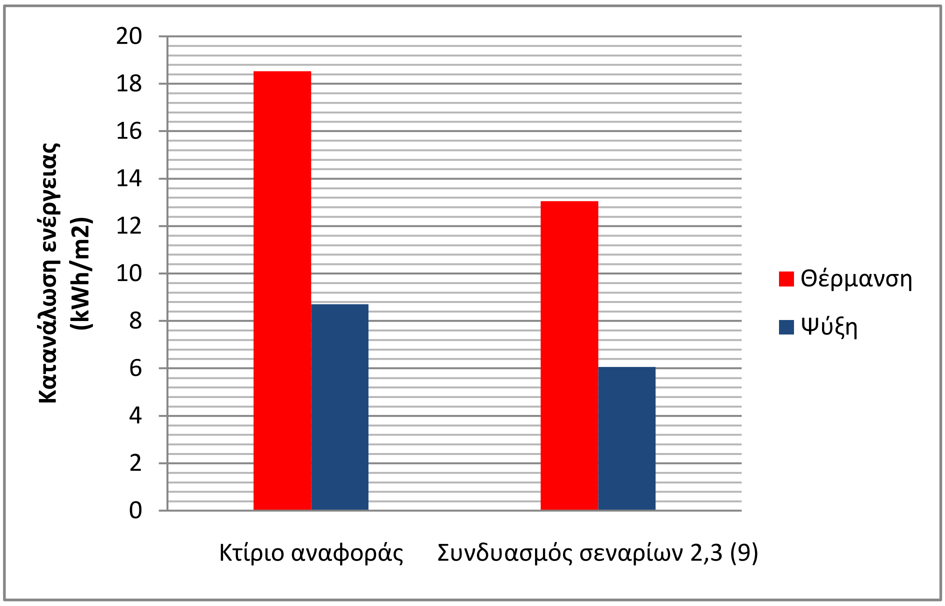
4.4.9. Σενάριο 9: Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, Φ/Β (Συνδυασμός σεναρίων 2,3)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 52. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($Kg/m^2/year$)
Base case	46.47	130.13	47.8
Σενάριο 9	0	0	0
Μείωση %	**100**	**100**	**100**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 29% και 30% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 20.



Διάγραμμα 20. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το σενάριο 7

Πίνακας 53. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	0
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	6,000
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	21.52

4.4.10. Σενάριο 10: Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, κλιματιστικά Α κατηγορίας (Συνδυασμός σεναρίων 2 και 4)

Η επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2 φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 54. Επίδραση της προτεινόμενης λύσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2

	Κατανάλωση καυσίμου $kWh/m^2/year$	Χρήση πρωτογενούς ενέργειας ($kWh/m^2/year$)	Εκπομπές CO_2 για το κτίριο ($Kg/m^2/year$)
Base case	46.47	130.13	47.8
Σενάριο 8	29.59	82.84	31
Μείωση %	**36**	**36**	**36**

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη μετά το προτεινόμενο σενάριο μειώνεται κατά 60% και 65% αντίστοιχα. Η υπολογισμένη κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το προτεινόμενο σενάριο, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 21.

Διάγραμμα 21. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά το σενάριο 7

Πίνακας 55. Κόστη επένδυσης και χρόνος αποπληρωμής για το προτεινόμενο σενάριο

Ενεργειακό κόστος για την λειτουργία του κτιρίου (€)	177.53
Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	1,780
Εκτίμηση χρόνου αποπληρωμής (έτη)	17.5

Πίνακας 56. **Συνολικά αποτελέσματα υπάρχουσας κατάστασης και προτεινόμενων σεναρίων** για το Γενικό Τμήμα

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)	Κτίριο αναφοράς	Σενάρια										
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Θέρμανση	14.25	12.7	14.28	14.25	13.39	9.70	14.25	10.35	14.15	7.12	6.45	7.13
Ψύξη	158.8	162	158	158.87	159.79	158.87	158.87	147.56	157.23	147.56	150.48	146.76
Κατανάλωση ενέργειας												
Θέρμανση	11.40	10.5	11.50	11.40	10.97	10.22	11.40	8.68	11.01	7.84	7.29	7.92
Ψύξη	30.44	30.6	30.29	30.44	30.43	30.44	30.44	28.42	29.57	28.42	28.67	28.28
Ύγρανση	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Φωτισμός	28.85	28.8	28.85	28.85	28.85	28.85	23.82	28.85	28.85	28.85	28.85	28.85
Βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια	9.59	9.59	9.59	9.59	9.59	7.24	9.59	9.59	9.59	7.24	7.24	7.24
Συνεισφορά φωτοβολταϊκών	0.00	0.00	0.00	95.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.33	0.00	0.00
Σύνολο	**80.28**	**79.6**	**80.23**	**41.84**	**79.84**	**76.75**	**75.25**	**75.55**	**79.02**	**36.27**	**72.05**	**72.29**
Οικονόμο-τεχνική ανάλυση												
Ενεργειακό κόστος, Euro	9,738	9,676	9,726	494.3	9,695.3	9,288.5	9,098.08	9,243.58	9,601.7	384.57	8,821.7	8,824.5
Κόστος επένδυσης, Euro	0	34,884	1,641.43	275,000	19,588.8	0	0	0	0	275,000	34,884	1,641.4
Περίοδος αποπληρωμής, έτη	0	560	140.8	29.75	453.04	0	0	0	0	29.4	38	1.8

Πίνακας 57. Συνολικά αποτελέσματα υπάρχουσας κατάστασης και προτεινόμενων σεναρίων για το ΚΦΒΕ

Ενεργειακές απαιτήσεις	Κτίριο αναφοράς	Σενάρια									
kWh/m²		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Θέρμανση	54.11	40.98	38.1	53.59	53.59	53.85	53.59	28.95	38.29	38.1	38.1
Ψύξη	29.18	28.68	20.21	26.57	26.57	25.82	26.57	22.38	19.57	20.21	20.21
Ύγρανση	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ζεστό νερό χρήσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κατανάλωση ενέργειας											
Θέρμανση	18.53	14.03	13.05	18.35	10.21	18.44	18.35	9.91	13.11	13.05	7.26
Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ψύξη	8.7	8.87	6.06	8.29	4.22	8.08	8.29	6.69	5.88	6.06	3.08
Ύγρανση	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ζεστό νερό χρήσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φωτισμός	19.25	19.25	19.25	19.25	19.25	19.25	15.95	19.25	19.25	19.25	19.25
Βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Συνεισφορά φωτοβολταϊκών	0	0	0	44.15	0	0	0	0	0	44.15	0
Σύνολο	46.47	42.15	38.35	26.64	33.67	45.77	42.59	35.86	38.25	19.1	29.59
Οικονομοτεχνική ανάλυση											
Ενεργειακό κόστος, Euro	278.87	252.95	230.13	10.42	202.04	274.64	255.54	215.15	229.5	0	177.53
Κόστος επένδυσης, Euro	0	1,360	0	6,000	0	66.2	1,000	1,360	66.2	6,000	0
Περίοδος αποπληρωμής, έτη	0	52.46	0	22.35	0	15.67	42	21.34	1.34	21.52	0

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, μετά την προσομοίωση των δύο κτιρίων που μελετώνται στο λογισμικό EPA-NR, τίθεται το ζήτημα της αξιοπιστίας των όσων έχουν καταγραφεί αναλυτικά στο ΚΕΦ. 4. Προκειμένου να διαπιστωθεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων θα πρέπει να συγκριθεί η εκτιμώμενη, σύμφωνα με το λογισμικό, ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με την πραγματική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των κτιρίων, στοιχείο που μπορεί να ληφθεί είτε από σχετικό λογαριασμό της ΔΕΗ, είτε από την εγκατάσταση ειδικού εξοπλισμού (αμπερόμετρο) στα υπό μελέτη κτίρια. Λόγω έλλειψης των σχετικών αυτών λογαριασμών και αδυναμίας εγκατάστασης του ειδικού εξοπλισμού, λόγω έλλειψης χρόνου, καθώς χρειάζεται αρκετό χρονικό διάστημα μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού για να προκύψει μία κατανάλωση του κτιρίου που να είναι αντιπροσωπευτική, ο μόνος τρόπος ελέγχου της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν, είναι η σύγκριση με βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν κατανάλωση ενέργειας κτιρίων τριτογενούς τομέα.

Έτσι λοιπόν, το κτίριο του Γενικού Τμήματος Πολυτεχνείου Κρήτης, αποτελεί κτίριο του τριτογενούς τομέα, με επιφάνεια που ξεπερνά τα 1.000 m^2 και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το λογισμικό EPA-NR αγγίζει τις 80.3 kWh/m^2 ετησίως. Μελετώντας τον Πίνακα 56, που ακολουθεί, μπορεί να διαπιστωθεί ότι το κτίριο του Γενικού Τμήματος μπορεί να συγκριθεί με την κατηγορία *Office/commercial*, οπότε προκύπτει ότι η ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου αυτού είναι παρόμοια με την κατανάλωση κτιρίων της αντίστοιχης κατηγορίας.

Αντίστοιχα, το κτίριο του ΚΦΒΕ, παρουσιάζει σύμφωνα με το λογισμικό, μία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που φτάνει τις 47 περίπου kWh/m^2 ετησίως, τιμή λογική εάν συγκριθεί με την κατηγορία *Office/commercial,* του Πίνακα 58, ελαφρώς μικρότερη λόγω του ότι το κτίριο αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά μικρό για την κατηγορία γραφείων, καθώς η επιφάνειά του δεν ξεπερνά τα 60 m^2.

Πίνακας 58. Ετήσια ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m^2) σε Ελληνικά Κτίρια του τριτογενή τομέα, για διαφορετικές κλιματικές ζώνες και διαφορετικά έτη κατασκευής.

Climatic zones	**Electrical energy consumption (kWh/m^2 a)**			**Thermal energy consumption (kWh/m^2 a)**		
	1980	**2001**	**2010**	**1980**	**2001**	**2010**
Office/commercial (O/C)						
Greece (total)	42	56	71	93	75	70
Zone A	48	67	88	67	52	48
Zone B	43	57	72	85	69	65
Zone C	39	51	64	107	89	83
Zone D	36	48	63	134	110	103
Hotels (H)						
Greece (total)	70	110	130	90	80	75
Zone A	77	122	145	71	62	58
Zone B	66	104	123	90	78	73
Zone C	54	86	102	113	99	92
Zone D	46	73	87	142	124	115
Schools (S)						
Greece (total)	20	20	21	32	31	31
Zone A	23	23	24	24	23	23
Zone B	21	21	22	29	29	28
Zone C	18	19	20	37	36	36
Zone D	17	17	18	46	46	45
Health care (HC)						
Greece (total)	90	99	107	145	134	129
Zone A	102	124	139	96	75	69
Zone B	92	97	102	136	129	126
Zone C	82	94	104	188	168	160
Zone D	77	84	91	252	237	231

Πηγή: Gaglia et al.,2007

Με βάση όσα προαναφέρθηκαν, μπορούν να γίνουν ορισμένες παρατηρήσεις όσον αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων που μελετώνται. Αρχικά, με βάση τα αποτελέσματα που αφορούν την χρήση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO_2, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ενεργειακή κατάταξη των δύο κτιρίων, καθώς δεν υπάρχει ακόμα σχετική νομοθεσία για την Ελλάδα. Επιπλέον, για να κατανοηθούν τα αποτελέσματα θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μεθοδολογία EPA-NR, στηρίζεται, όπως έχει προαναφερθεί, στη μηνιαία μέθοδο υπολογισμού, σύμφωνα με την οποία οι ενεργειακές απώλειες του κτιρίου βοηθούν την ψύξη των χώρων, ενώ τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, από ανθρώπους, συσκευές, ηλιακά, κτλ, βοηθούν την θέρμανση αντίστοιχα. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση υπολογίζονται αφαιρώντας τα εσωτερικά θερμικά κέρδη πολλαπλασιασμένα με ένα συντελεστή χρήσης από τις ενεργειακές απώλειες, ενώ οι ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη υπολογίζονται αφαιρώντας τις ενεργειακές απώλειες πολλαπλασιασμένες με ένα συντελεστή χρήσης από τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, όπως φαίνεται και στις εξισώσεις [2] και [3].

$$Q_H = Q_{L,H} - \eta_{G,H} \cdot Q_{G,H} \qquad \textbf{[2]}$$

$$Q_L = Q_{G,H} - \eta_{L,H} \cdot Q_{L,H} \qquad \textbf{[3]}$$

όπου,

Q_H= οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση, MJ

$Q_{L,H}$= οι συνολικές ενεργειακές απώλειες, MJ

$Q_{G,H}$= τα συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη, MJ

$\eta_{G,H}$= συντελεστής χρήσης εσωτερικών κερδών, -

$\eta_{L,H}$= συντελεστής χρήσης για ενεργειακές απώλειες, -

Έτσι λοιπόν, όσον αφορά το κτίριο του Γενικού Τμήματος, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις για ψύξη από ότι για θέρμανση. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς με βάση τα όσα αναφέρθηκαν και με την περιγραφή του κτιρίου, ο μεγάλος όγκος εξοπλισμού στο κτίριο, και κυρίως οι Η/Υ, ο προσανατολισμός και το σχήμα του κτιρίου που επιτρέπει σημαντική αξιοποίηση των ηλιακών κερδών και η άσκοπη χρήση ηλεκτρικού φωτισμού, αυξάνουν κατά πολύ τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγάλη ενέργεια για την ψύξη του κτιρίου, τους θερινούς μήνες. Από την άλλη πλευρά, η μεγάλη ποσότητα εσωτερικών κερδών συνεισφέρουν στη θέρμανση των χώρων την περίοδο θέρμανσης, με αποτελέσματα να υπάρχουν μικρότερες απαιτήσεις για θέρμανση. Επιπλέον η κατανάλωση ενέργειας σε φωτισμό, όπως διαπιστώθηκε είναι αρκετά μεγάλη και αυτό εξηγείται αφενός διότι υπάρχει μεγάλος αριθμός εγκατεστημένων λαμπτήρων και αφετέρου το κτίριο φωτίζεται τεχνητά όλη την ημέρα, ακόμη και τις ώρες που ο φυσικός φωτισμός επαρκεί.

Παρόμοια, μελετώντας το κτίριο ΚΦΒΕ, διαπιστώθηκε ότι οι απαιτήσεις για ψύξη είναι πολύ μικρότερες από ότι για θέρμανση. Ο μικρός όγκος εξοπλισμού και η χρήση των εξωτερικών ρολών τις ώρες με έντονη ηλιοφάνεια, μειώνουν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη κατά τους θερινούς μήνες και σε συνδυασμό με τις μεγάλες ενεργειακές απώλειες, λόγω μεταφοράς και αερισμού, μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για την ψύξη του κτιρίου.

Στην προσπάθεια να βελτιωθεί η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων που μελετώνται και να μειωθούν οι εκπομπές CO_2, εφαρμόστηκαν τα σενάρια που περιγράφονται στο ΚΕΦ. 3. Με βάση τα αποτελέσματα μετά τη εφαρμογή των σεναρίων αυτών, μπορεί να διαπιστωθεί, αρχικά για το κτίριο του Γενικού Τμήματος, ότι:

✓ Η αντικατάσταση των παραθύρων με παράθυρα διπλών υαλοστασίων, χαμηλής εκπεμψιμότητας δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι δεν συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και σχεδόν καθόλου στις εκπομπές CO_2 και επιπλέον απαιτεί πολλά έτη αποπληρωμής.

✓ Η εγκατάσταση εξωτερικών οριζόντιων σκιάστρων συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ψύξη, όπως ήταν αναμενόμενο, αλλά με πολύ μικρό ποσοστό. Επιπλέον δεν συμβάλλει καθόλου σχεδόν στη μείωση των εκπομπών CO_2. Επομένως το σενάριο 2 δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα λύση, λόγω του ότι δεν συμβάλλει καθόλου στην εξοικονόμηση ενέργειας και λόγω υψηλού κόστους αγοράς.

✓ Η εγκατάσταση Φ/Β κελιών έχει πολύ μεγάλο κόστος επένδυσης, αλλά συμβάλλει σε πολύ μεγάλο ποσοστό μείωσης στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και εκπομπών CO_2. Μπορεί να θεωρηθεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση διότι παρά το υψηλό κόστος επένδυσης, η μεγάλη συνεισφορά στην μείωση των εκπομπών CO_2 και εξοικονόμησης ενέργειας, επιφέρει σχετικά μικρό χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης.

✓ Η αύξηση της μόνωσης των τοίχων από 5 cm σε 7cm προκαλεί όπως ήταν αναμενόμενο μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, αλλά όχι με μεγάλο ποσοστό. Επιπλέον δεν συμβάλλει σχεδόν καθόλου στη μείωση των εκπομπών CO_2 και έχει υψηλό κόστος επένδυσης και χρόνο αποπληρωμής. Επομένως δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση.

✓ Η αξιοποίηση των εσωτερικών θερμικών κερδών από τις συσκευές και τα ηλιακά κέρδη αποτελεί μία οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση συνοδευόμενη από μείωση των εκπομπών CO_2 σε ένα ικανοποιητικό ποσοστό και με μηδενικό κόστος επένδυσης.

✓ Η χρήση αυτοματισμών στα φώτα, αποτελεί μία πρόταση η οποία δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, διότι αποτελεί επένδυση με πολύ υψηλό κόστος εφαρμογής και πολλά έτη αποπληρωμής.

✓ Η αλλαγή στη μέση θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης συμβάλλει με ένα σημαντικό ποσοστό στη μείωση της κατανάλωσης για θέρμανση και με ένα μικρό ποσοστό στη ψύξη και στις εκπομπές CO_2. Λόγω όμως του μηδενικού κόστους επένδυσης μπορεί να εφαρμοστεί, αποτελώντας μία οικονομικά συμφέρουσα πρόταση.

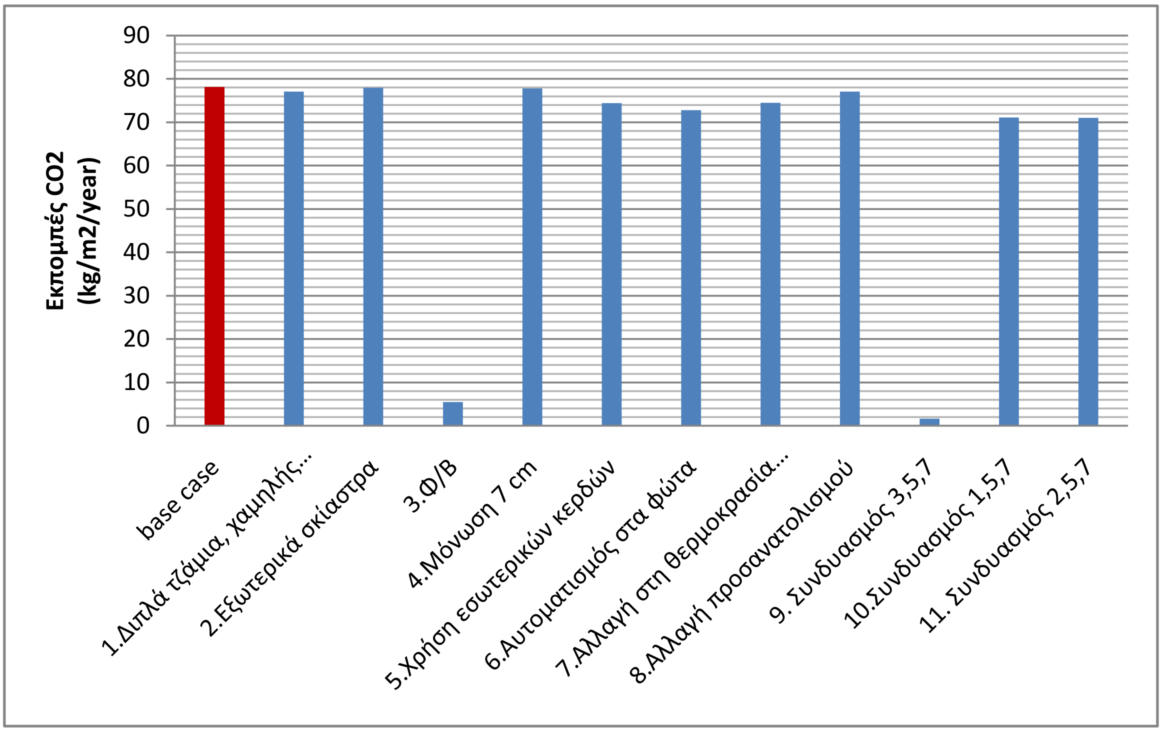
✓ Η αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου αποτελεί ένα υποθετικό σενάριο, το οποίο δεν είναι εφικτό. Σκοπός ήταν να μελετηθεί κατά πόσο αλλάζουν οι καταναλώσεις θέρμανσης/ψύξης, εάν το κτίριο είχε διαφορετικό προσανατολισμό, δηλαδή κατά πόσο το κτίριο αξιοποιεί τα ηλιακά κέρδη ή όχι και πόσο αυτό συμβάλλει στην κατανάλωση ενέργειας. Με την αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου διαπιστώθηκε ότι δεν συμβάλλει με μεγάλο ποσοστό στη μείωση της κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη, αλλά ούτε και στις εκπομπές CO_2.

✓ Το σενάριο 9 αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι η εγκατάσταση Φ/Β συμβάλλει από μόνη της σαν επέμβαση σε μεγάλη μείωση στην κατανάλωση καυσίμου και εκπομπών CO_2, με μεγάλο κόστος επένδυσης, αλλά μικρό σχετικά χρόνο αποπληρωμής για τα οφέλη αυτά. Συνδυάζοντας, λοιπόν, την εγκατάσταση Φ/Β με σενάρια που έχουν μηδενικό κόστος επένδυσης, όπως τα σενάρια 5 και 7, μεγιστοποιούνται τα οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας, με ακόμη πιο μικρό χρόνο αποπληρωμής.

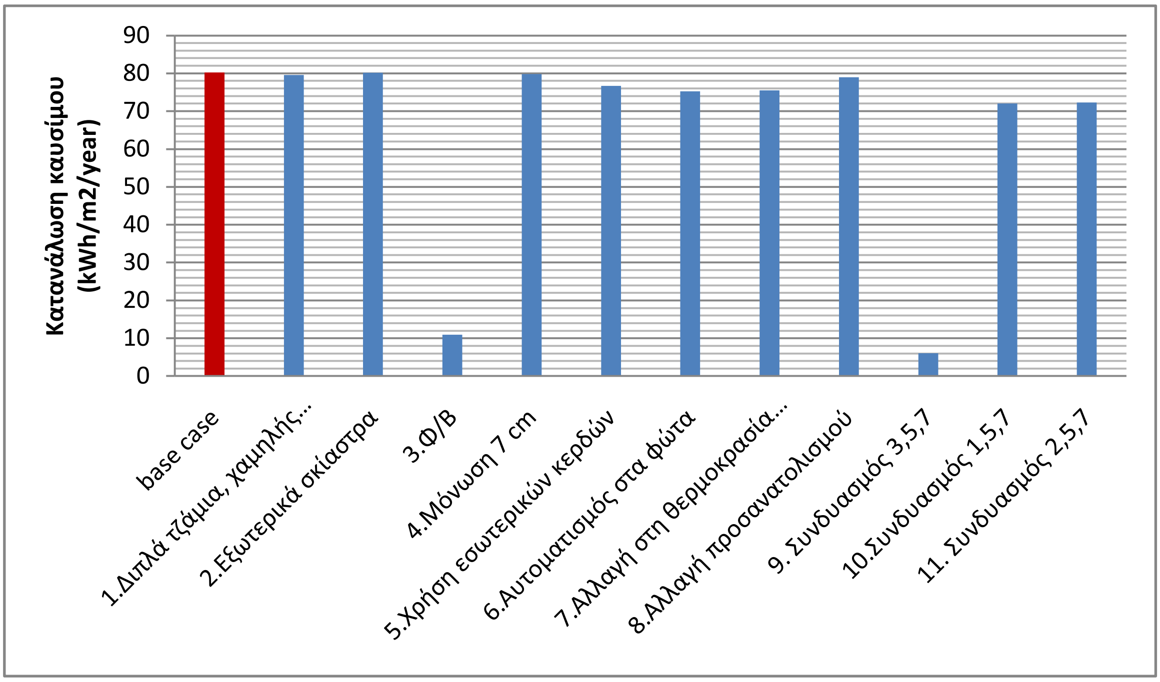
✓ Η εγκατάσταση διπλών υαλοστασίων, χαμηλής εκπεμψιμότητας, όπως διαπιστώθηκε προηγμένως, από μόνη της σαν επέμβαση δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα λύση, λόγω του υψηλού κόστους αγοράς και του μεγάλου χρόνου αποπληρωμής, χωρίς να συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Εάν συνδυαστεί όμως με σενάρια που έχουν πολύ μικρό κόστος εφαρμογής, όπως το σενάριο 7, μπορεί να αποτελέσει οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι παρά το υψηλό κόστος αγοράς, συμβάλλει κατά πολύ περισσότερο στην εξοικονόμηση ενέργειας, με χρόνο αποπληρωμής που μειώνεται σε μεγάλο βαθμό.

✓ Η εγκατάσταση εξωτερικών σκιάστρων, όπως διαπιστώθηκε προηγμένως, από μόνη της σαν επέμβαση δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα λύση, λόγω του μεγάλου χρόνου αποπληρωμής, χωρίς να συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Εάν συνδυαστεί όμως με 2 σενάρια που έχουν μηδενικό κόστος εφαρμογής, όπως τα σενάρια 5 και 7, μπορεί να αποτελέσει οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι συμβάλλει κατά πολύ περισσότερο στην εξοικονόμηση ενέργειας, με χρόνο αποπληρωμής που μειώνεται σε μεγάλο βαθμό.

Στα διαγράμματα 22 και 23 φαίνεται σχηματικά η επίδραση των προτεινόμενων σεναρίων στις εκπομπές CO_2 και στην κατανάλωση καυσίμου για το κτίριο του Γενικού Τμήματος.

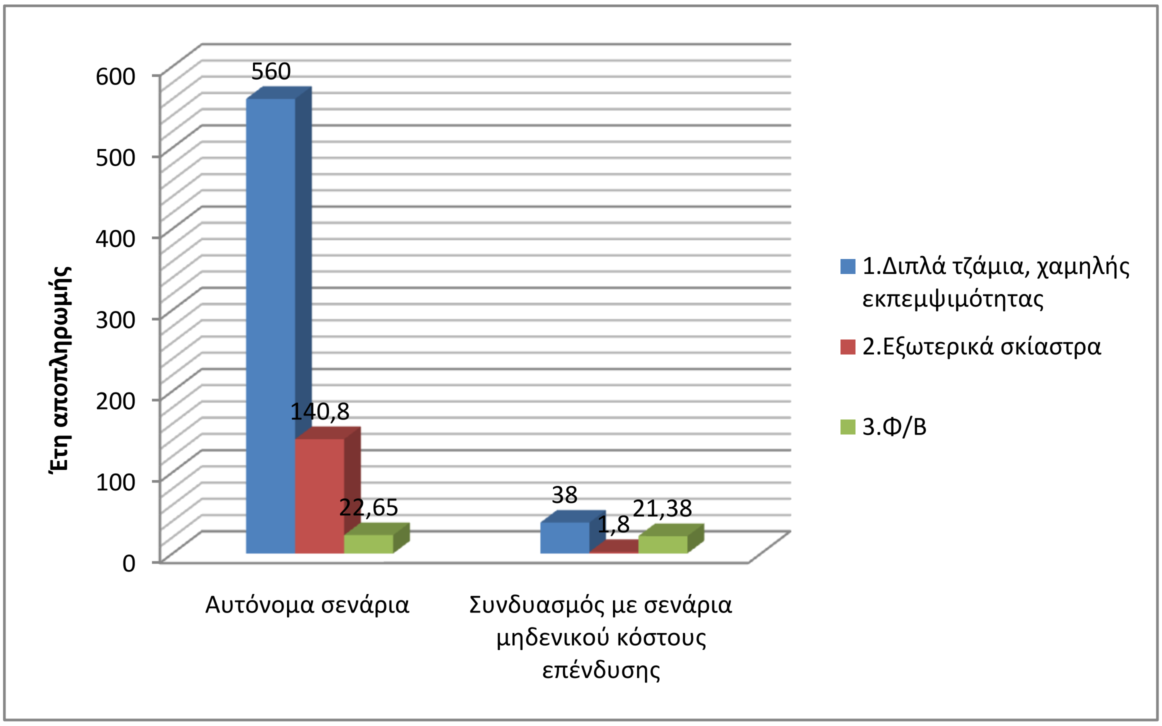


Διάγραμμα 22. Επίδραση των προτεινόμενων σεναρίων στις εκπομπές CO_2 για το κτίριο του Γενικού Τμήματος



Διάγραμμα 23. Επίδραση των προτεινόμενων σεναρίων στην κατανάλωση καυσίμου για το κτίριο του Γενικού Τμήματος

Η εγκατάσταση διπλών υαλοστασίων, εξωτερικών σκιάστρων και Φ/Β, είναι επεμβάσεις που έχουν υψηλό κόστος εφαρμογής και ανάλογα με το πόσο συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έχουν πολλά ή λίγα έτη αποπληρωμής. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε προηγουμένως ότι η εγκατάσταση διπλών υαλοστασίων στα παράθυρα δεν συμβάλλει με υψηλό ποσοστό στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και καθώς έχει υψηλό κόστος επένδυσης απαιτεί πολλά έτη αποπληρωμής. Το ίδιο συμβαίνει και στην τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων, ενώ αντίθετα η εγκατάσταση Φ/Β συμβάλλει με μεγάλο ποσοστό στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας και το γεγονός ότι το κόστος επένδυσης υψηλό και μάλιστα μεγαλύτερο από τα σενάρια που προαναφέρθηκαν, απαιτεί πολύ λιγότερα έτη αποπληρωμής. Ο συνδυασμός με σενάρια που έχουν μηδενικό κόστος εφαρμογής έχει σκοπό να μεγιστοποιήσει την εξοικονόμηση ενέργειας, χωρίς επιπρόσθετο κόστος επένδυσης και να μειώσει τα έτη αποπληρωμής. Στο διάγραμμα 24 που ακολουθεί φαίνεται σχηματικά η επίδραση του συνδυασμού σεναρίων μηδενικού κόστους επένδυσης με σενάρια με υψηλό κόστος επένδυσης στα έτη αποπληρωμής.



Διάγραμμα 24. Επίδραση συνδυασμού σεναρίων μηδενικού με σενάρια υψηλού κόστους στα έτη αποπληρωμής για το κτίριο του Γενικού Τμήματος

Προκειμένου να διαπιστωθεί πιο από τα σενάρια που προτάθηκαν είναι το πιο αποδοτικό για το κτίριο του Γενικού Τμήματος, θα πρέπει να γίνει αξιολόγηση των σεναρίων με βάση τρία κριτήρια:

- Το ενεργειακό κόστος,
- Το κόστος επένδυσης και
- Τα έτη αποπληρωμής.

Αποδοτικότερο θα είναι το σενάριο για το οποίο τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν ελαχιστοποιούνται συγχρόνως. Η επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος βελτιστοποίησης ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής εργασίας και μπορεί να αποτελέσει πρόταση για περεταίρω μελέτη. Μπορεί όμως να διαπιστωθεί πιο από τα σενάρια που προτάθηκαν είναι το αποδοτικότερο για καθένα κριτήριο ξεχωριστά.

Έτσι, τα προτεινόμενα σενάρια, για το κτίριο του Γενικού Τμήματος, με κριτήριο το ενεργειακό κόστος ταξινομούνται όπως φαίνεται στον Πίνακα 59. Σύμφωνα με την κατάταξη των σεναρίων, το αποδοτικότερο σενάριο με κριτήριο το ενεργειακό κόστος είναι ο συνδυασμός των σεναρίων 3,5,7, δηλαδή η εγκατάσταση Φ/Β, η χρήση εσωτερικών κερδών στη Ζώνη 2 και η αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού.

Πίνακας 59. Ταξινόμηση προτεινόμενων σεναρίων με κριτήριο το ενεργειακό κόστος για το κτίριο του Γενικού Τμήματος

Σενάριο	**Περιγραφή**	**Ενεργειακό κόστος (€)**
9	Φ/Β, χρήση εσωτερικών κερδών, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 3,5,7)	384.57
3	Φ/Β	908
10	Διπλά τζάμια, αυτοματισμός στα φώτα, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 1,5,7)	8,821.7
11	Εξωτερικά σκίαστρα, χρήση εσωτερικών κερδών , αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 2,5,7)	8,824.47
6	Αυτοματισμός στα φώτα	9,098.08
7	Αλλαγή στη θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης	9,243.58
5	Χρήση εσωτερικών κερδών	9,288.57
8	Αλλαγή προσανατολισμού	9,601.67
1	Διπλά τζάμια, χαμηλής εκπεμψιμότητας	9,676.24
4	Μόνωση 7 cm	9,695.29
2	Εξωτερικά σκίαστρα	9,726.88

Ομοίως, τα προτεινόμενα σενάρια για το κτίριο του Γενικού Τμήματος με κριτήριο το κόστος επένδυσης ταξινομούνται όπως φαίνεται στον Πίνακα 60. Με βάση το κριτήριο αυτό το αποδοτικότερο σενάριο είναι η χρήση εσωτερικών κερδών στη Ζώνη 2 και η αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού.

Πίνακας 60. Ταξινόμηση προτεινόμενων σεναρίων με κριτήριο το κόστος επένδυσης για το κτίριο του Γενικού Τμήματος

Σενάριο	**Περιγραφή**	**Κόστος επένδυσης (€)**
5	Χρήση εσωτερικών κερδών	0
7	Αλλαγή στη θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης	0
2	Εξωτερικά σκίαστρα	1,641
11	Εξωτερικά σκίαστρα, χρήση εσωτερικών κερδών , αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 2,5,7)	1,641
6	Αυτοματισμός στα φώτα	1,675
4	Μόνωση 7 cm	19,588
1	Διπλά τζάμια, χαμηλής εκπεμψιμότητας	34,884
10	Διπλά τζάμια, αυτοματισμός στα φώτα, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 1,5,7)	34,884
3	Φ/Β	200,000
9	Φ/Β, χρήση εσωτερικών κερδών, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 3,5,7)	200,000

Με τη ίδια λογική τα προτεινόμενα σενάρια για το κτίριο του Γενικού Τμήματος με κριτήριο τα έτη αποπληρωμής ταξινομούνται όπως φαίνεται στον Πίνακα 61. Με βάση το κριτήριο τα σενάρια που βρίσκονται στη πρώτη θέση αυτής της ταξινόμησης είναι η χρήση εσωτερικών κερδών στη Ζώνη 2 και η αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού.

Πίνακας 61. Ταξινόμηση προτεινόμενων σεναρίων με κριτήριο τα έτη αποπληρωμής για το κτίριο του Γενικού Τμήματος

Σενάριο	Περιγραφή	Έτη αποπληρωμής
5	Χρήση εσωτερικών κερδών	0
7	Αλλαγή στη θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης	0
11	Εξωτερικά σκίαστρα, χρήση εσωτερικών κερδών , αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 2,5,7)	1,8
6	Αυτοματισμός στα φώτα	15.6
9	Φ/Β, χρήση εσωτερικών κερδών, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 3,5,7)	21.4
3	Φ/Β	22.6
10	Διπλά τζάμια, αυτοματισμός στα φώτα, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός 1,5,7)	38
2	Εξωτερικά σκίαστρα	140.8
4	Μόνωση 7 cm	453
1	Διπλά τζάμια, χαμηλής εκπεμψιμότητας	1.1.3 560

Παρόμοια μελετώντας τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων σεναρίων για το κτίριο ΚΦΒΕ διαπιστώθηκαν τα εξής:

- ✓ Η αντικατάσταση των παραθύρων με παράθυρα διπλών υαλοστασίων, χαμηλής εκπεμψιμότητας, συμβάλλει με σημαντικό ποσοστό στη μείωση της κατανάλωσης για θέρμανση, ενώ όπως είναι αναμενόμενο η κατανάλωση για ψύξη παραμένει σχεδόν η ίδια. Το σενάριο αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι παρά το σχετικά μικρό κόστος επένδυσης, απαιτεί αρκετά έτη αποπληρωμής.
- ✓ Η αλλαγή στη μέση θερμοκρασία θέρμανσης/ψύξης αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι συμβάλει με μεγάλο ποσοστό μείωσης στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη και με επίσης μεγάλο ποσοστό μείωσης στις εκπομπές CO_2, με μηδενικό κόστος εφαρμογής .
- ✓ Η εγκατάσταση Φ/Β κελιών συμβάλλει σε πολύ μεγάλο ποσοστό μείωσης στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και εκπομπών CO_2, αλλά έχει μεγάλο κόστος

επένδυσης και απαιτεί πολλά έτη αποπληρωμής Επομένως δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα λύση.

- ✓ Η αντικατάσταση των κλιματιστικών ενεργειακής κατηγορίας D με κλιματιστικά ενεργειακής κατηγορίας A (inverter) δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι παρά το γεγονός ότι συμβάλει με σημαντικό ποσοστό στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση/ψύξη και στις εκπομπές CO_2, έχει μικρό κόστος επένδυσης, με μεγάλο χρόνο αποπληρωμής.

- ✓ Η εγκατάσταση εξωτερικών σκιάστρων στα Νότια παράθυρα του υπό μελέτη κτιρίου, δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρόταση, διότι αφενός δεν συμβάλλει αρκετά στη μείωση της κατανάλωσης για ψύξη και στις εκπομπές CO_2 και αφετέρου έχει μεγάλο χρόνο αποπληρωμής παρά το μικρό κόστος επένδυσης.

- ✓ Η χρήση αυτοματισμών στα φώτα, αποτελεί μία πρόταση η οποία δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, διότι αποτελεί επένδυση με πολύ υψηλό κόστος και πολλά έτη αποπληρωμής.

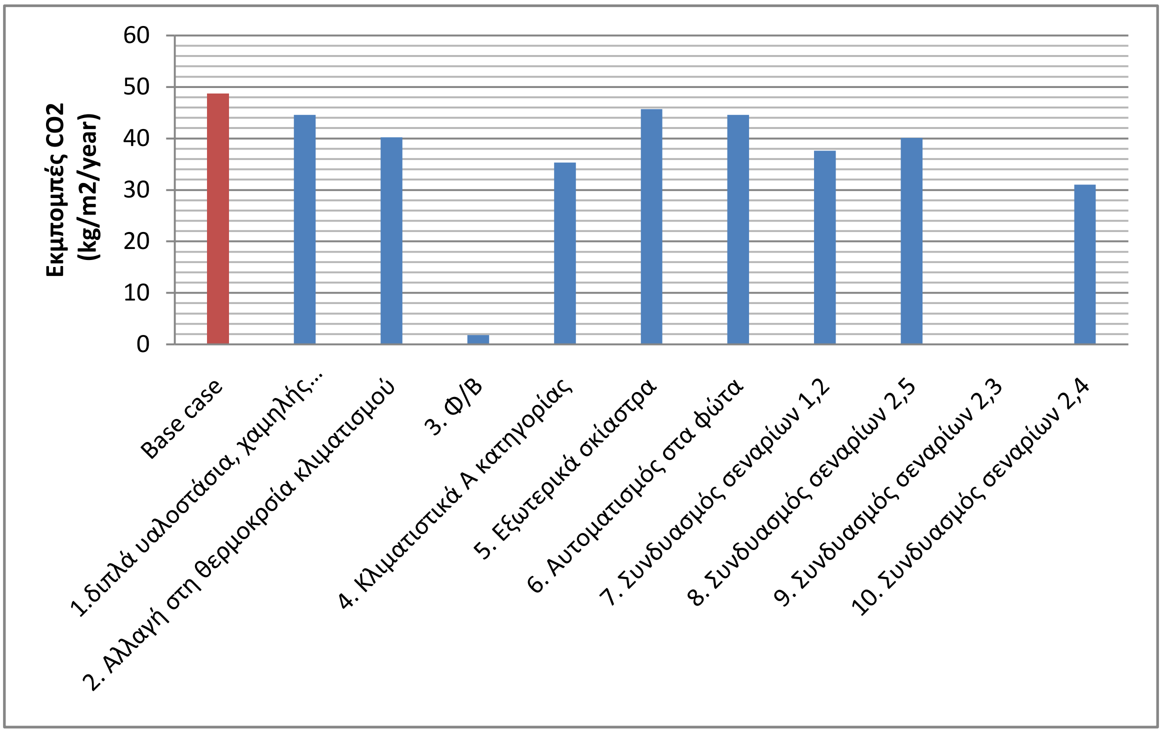
- ✓ Η εγκατάσταση διπλών υαλοστασίων, χαμηλής εκπεμψιμότητας, όπως διαπιστώθηκε προηγμένως, συμβάλλει με σημαντικό ποσοστό στη μείωση της κατανάλωσης για θέρμανση, απαιτεί όμως πολλά χρόνια αποπληρωμής σε σχέση με το μικρό σχετικά κόστος επένδυσης. Συνδυάζοντας την επέμβαση αυτή με επεμβάσεις που έχουν ελάχιστο κόστος επένδυσης, όπως το σενάριο 2 , μειώνεται κατά πολύ η κατανάλωση ενέργειας, με πολύ μικρό χρόνο αποπληρωμής.

- ✓ Τα οφέλη από την εγκατάσταση εξωτερικών σκιάστρων στα Νότια παράθυρα του υπό μελέτη κτιρίου, μπορούν να μεγιστοποιηθούν, συνδυάζοντας την επέμβαση αυτή με δύο σενάρια με πολύ μικρό κόστος επένδυσης, όπως τα σενάρια 2 και 6, μειώνοντας ταυτόχρονα τα έτη αποπληρωμής κατά πολύ.

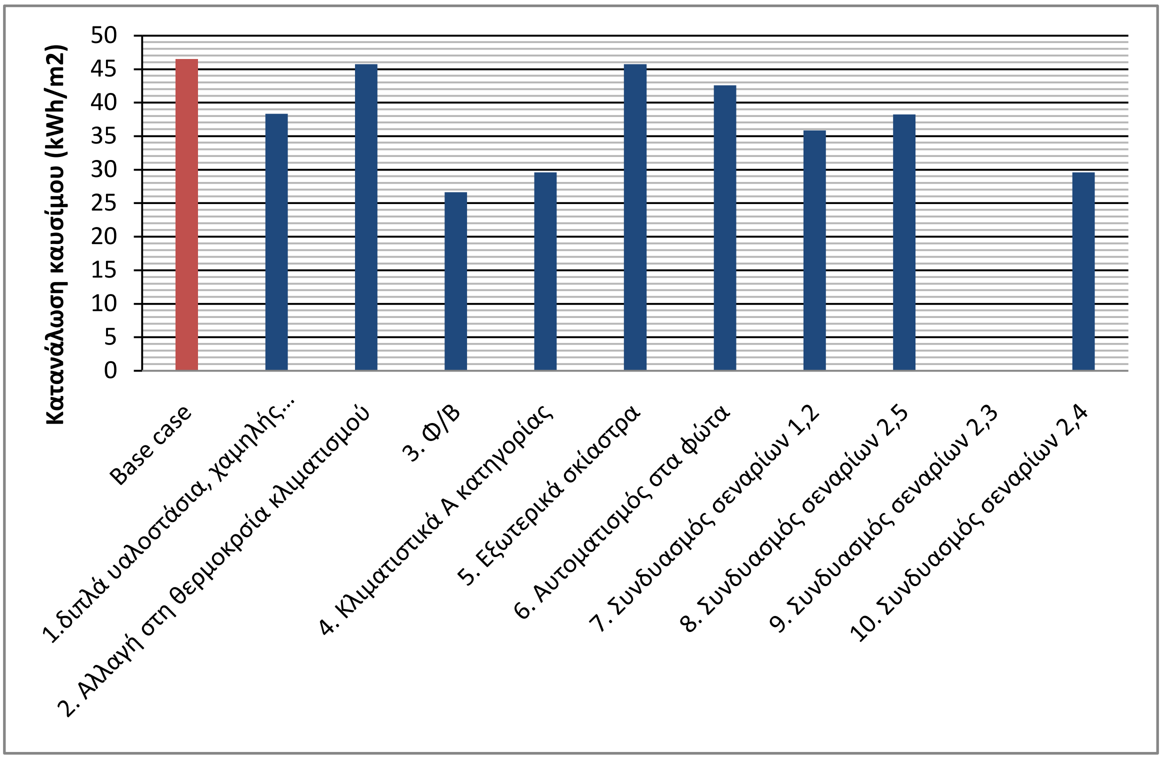
- ✓ Η εγκατάσταση Φ/Β κελιών συνεισφέρει με πολύ μεγάλο ποσοστό στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών CO_2. Παρόλα αυτά έχει σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης και πολλά έτη αποπληρωμής. Ο συνδυασμός της επέμβασης αυτής με επεμβάσεις που έχουν σχεδόν μηδενικό κόστος επένδυσης, όπως το σενάριο 2, θα επιφέρει 100% εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά χωρίς να μειώνει πολύ τα έτη αποπληρωμής.

- ✓ Όπως διαπιστώθηκε προηγουμένως, η αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με κλιματιστικά A ενεργειακής κατηγορίας, συνεισφέρει αρκετά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ο συνδυασμός της επέμβασης αυτής με την αλλαγή στην παράμετρο της θερμοκρασίας για θέρμανση/ψύξη, παρέμβαση με μηδενικό κόστος εφαρμογής, συνεισφέρει ακόμη περισσότερο στην εξοικονόμηση ενέργειας, μειώνοντας ταυτόχρονα τα έτη αποπληρωμής.

Στα διαγράμματα 25 και 26 φαίνεται σχηματικά η επίδραση των προτεινόμενων σεναρίων στις εκπομπές CO_2 και στην κατανάλωση καυσίμου για το κτίριο ΚΦΒΕ.

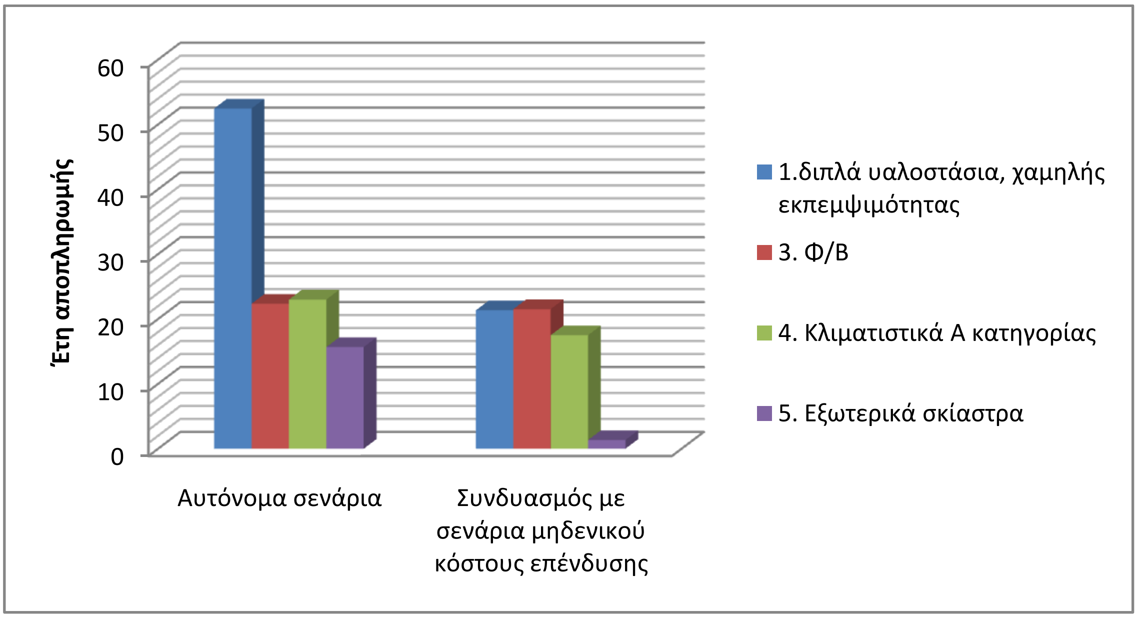


Διάγραμμα 25. Επίδραση των προτεινόμενων σεναρίων στις εκπομπές CO_2 για το κτίριο ΚΦΒΕ



Διάγραμμα 26. Επίδραση των προτεινόμενων σεναρίων στην κατανάλωση καυσίμου για το κτίριο ΚΦΒΕ

Παρόμοια στο κτίριο ΚΦΒΕ, σενάρια με υψηλό κόστος επένδυσης έχουν συνδυαστεί με σενάρια που έχουν σχεδόν μηδενικό κόστος επένδυσης. Η επίδραση του συνδυασμού αυτού φαίνεται σχηματικά στο διάγραμμα 27.



Διάγραμμα 27. Επίδραση συνδυασμού σεναρίων μηδενικού με σενάρια υψηλού κόστους στα έτη αποπληρωμής για το κτίριο ΚΦΒΕ

Ομοίως και στο κτίριο ΚΦΒΕ, γίνεται μια κατάταξη των προτεινόμενων σεναρίων προκειμένου να διαπιστωθεί πιο είναι το αποδοτικότερο για καθένα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν ξεχωριστά.

Έτσι, τα προτεινόμενα σενάρια, για το κτίριο ΚΦΒΕ, με κριτήριο το ενεργειακό κόστος ταξινομούνται όπως φαίνεται στον Πίνακα 62. Σύμφωνα με την κατάταξη των σεναρίων, το αποδοτικότερο σενάριο με κριτήριο το ενεργειακό κόστος είναι ο συνδυασμός των σεναρίων 2,3,6, δηλαδή η αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, η εγκατάσταση Φ/Β και ο αυτοματισμός στα φώτα.

Πίνακας 62. Ταξινόμηση προτεινόμενων σεναρίων με κριτήριο το ενεργειακό κόστος για το κτίριο ΚΦΒΕ

Σενάριο	**Περιγραφή**	**Ενεργειακό Κόστος (€)**
9	9. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, Φ/Β (Συνδυασμός σεναρίων 2,3)	0
3	3. Φ/Β	10.42
10	10. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, κλιματιστικά Α κατηγορίας (Συνδυασμός σεναρίων 2,4)	177.53
4	4. Κλιματιστικά Α κατηγορίας	202
7	7. Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός σεναρίων 1,2)	215.15
8	8. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, εξωτερικά σκίαστρα (Συνδυασμός σεναρίων 2,5)	229.5
2	2. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού	230.13
1	1.διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας	252.95
6	6. Αυτοματισμός στα φώτα	255.54
5	5. Εξωτερικά σκίαστρα	274.64

Ομοίως, τα προτεινόμενα σενάρια για το κτίριο ΚΦΒΕ με κριτήριο το κόστος επένδυσης ταξινομούνται όπως φαίνεται στον Πίνακα 63. Με βάση το κριτήριο αυτό το αποδοτικότερο σενάριο είναι η αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού.

Πίνακας 63. Ταξινόμηση προτεινόμενων σεναρίων με κριτήριο το κόστος επένδυσης για το κτίριο ΚΦΒΕ

Σενάριο	**Περιγραφή**	**Κόστος επένδυσης (€)**
2	2. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού	0
5	5. Εξωτερικά σκίαστρα	66.2
8	8. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, εξωτερικά σκίαστρα (Συνδυασμός σεναρίων 2,4)	66.2
6	6. Αυτοματισμός στα φώτα	1000
1	1.διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας	1,360
7	7. Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, αυτοματισμός στα φώτα (Συνδυασμός σεναρίων 1,2)	1,360
4	4. Κλιματιστικά Α κατηγορίας	1,780
10	10. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, κλιματιστικά Α κατηγορίας (Συνδυασμός σεναρίων 2,4)	1,780
3	3. Φ/Β	6,000
9	9. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, Φ/Β, αυτοματισμός στα φώτα (Συνδυασμός σεναρίων 2,3)	6,000

Τέλος, τα προτεινόμενα σενάρια για το κτίριο ΚΦΒΕ με κριτήριο τα έτη αποπληρωμής ταξινομούνται όπως φαίνεται στον Πίνακα 64. Με βάση το κριτήριο αυτό το αποδοτικότερο σενάριο είναι η αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού.

Πίνακας 64. Ταξινόμηση προτεινόμενων σεναρίων με κριτήριο τα έτη αποπληρωμής για το κτίριο ΚΦΒΕ

Σενάριο	**Περιγραφή**	**Κόστος επένδυσης (€)**
2	2. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού	0
8	8. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, εξωτερικά σκίαστρα (Συνδυασμός σεναρίων 2,5)	1.34
5	5. Εξωτερικά σκίαστρα	15.67
10	10. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, κλιματιστικά Α κατηγορίας (Συνδυασμός σεναρίων 2,4)	17.5
7	7. Διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας, αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού (Συνδυασμός σεναρίων 1,2)	21.52
9	9. Αλλαγή στη θερμοκρασία κλιματισμού, Φ/Β (Συνδυασμός σεναρίων 2,3)	21.8
3	3. Φ/Β	22.35
4	4. Κλιματιστικά Α κατηγορίας	23
6	6. Αυτοματισμός στα φώτα	42
1	1.διπλά υαλοστάσια, χαμηλής εκπεμψιμότητας	52.46

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας διαπιστώθηκε ότι τα κτίρια του τριτογενούς τομέα, συμμετέχουν με σημαντικό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας, που κατά ένα μεγάλο μέρος συνιστά σπατάλη. Στόχος λοιπόν για τα ελληνικά δεδομένα αποτελεί η εξοικονόμηση ενέργειας στα ήδη υπάρχοντα κτίρια με την εφαρμογή μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους, όπως προστάζει η Ευρωπαϊκή Ένωση με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ.

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι σημαντικό εργαλείο από το οποίο απορρέει μια σειρά πιθανών επεμβάσεων, ταξινομημένων σε χαμηλού, μεσαίου ή και υψηλού κόστους υλοποίησης. Όπως διαπιστώθηκε από τα κτίρια που μελετήθηκαν οι χαμηλού/μηδενικού κόστους επεμβάσεις είναι άμεσα εφαρμόσιμες και συμβάλλουν αρκετά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Από την άλλη οι επεμβάσεις μεσαίου ή υψηλού κόστους απαιτούν τη σύνταξη τεχνοοικονομικών μελετών, έτσι ώστε να επιλεγούν οι πιο αποδοτικές. Το αποδοτικότερο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας είναι αυτό για το οποίο ελαχιστοποιούνται οι εξής παράμετροι: τα έτη αποπληρωμής, το ενεργειακό κόστος και το κόστος επένδυσης.

Στην προσπάθεια να αξιολογηθεί το λογισμικό EPA-NR, που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των δύο κτιρίων, σημειώνονται οι εξής παρατηρήσεις:

- Αρχικά κατά τη χρήση του προγράμματος παρουσιάστηκαν προβλήματα όσον αφορά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, καθώς δεν αποθηκεύονταν οι τιμές ορισμένων μεταβλητών και κατά συνέπεια δεν λαμβάνονταν υπόψη στα τελικά αποτελέσματα.

- Επιπλέον δεν υπήρχε εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος που να περιλαμβάνει Ελληνικές Βιβλιοθήκες για τιμές παραμέτρων, οι οποίες δεν μπορούν να μετρηθούν κατά την επιθεώρηση του κτιρίου, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθούν Ευρωπαϊκά στάνταρντ για τις εν λόγω τιμές.

Οι παρατηρήσεις αυτές μπορούν να αποτελέσουν προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση του προγράμματος. Συγκεκριμένα, η βελτίωση της συμβατότητας του προγράμματος με το γραφικό περιβάλλον των Η/Υ και η δημιουργία ενός εγχειριδίου χρήσης που να περιλαμβάνει ελληνικά δεδομένα, μπορούν καταστήσουν το EPA-NR μία μεθοδολογία, η οποία μπορεί να εναρμονιστεί με τα άρθρα 3 και 6 του Νόμου Υπ' αριθμόν 3661, που ψηφίστηκε πρόσφατα και αφορά τα μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα [ΦΕΚ 89 Α',19.5.2008].

Προτάσεις για περεταίρω επιστημονική διερεύνηση αποτελούν ενδεικτικά:

- ✓ Να μελετηθεί η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στη Νότια πλευρά του κελύφους των κτιρίων που μελετήθηκαν, αντί για τα εξωτερικά οριζόντια σκίαστρα, τα οποία θα προσφέρουν εκτός από την επιθυμητή σκίαση το καλοκαίρι, βελτίωση του μικροκλίματος, καθώς λόγω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής, μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα γύρω από το κτίριο.
- ✓ Επιπλέον μπορεί να μελετηθεί η επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας, η τοποθέτηση αείφυλλων δέντρων στη βορινή πλευρά των κτιρίων, καθώς αποτελούν φράγματα απέναντι σους κρύους χειμωνιάτικους ανέμους. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να μειωθούν οι απαιτήσεις για θέρμανση, καθώς θα μειωθούν οι απώλειες λόγω διείσδυσης αέρα στα κτίρια.
- ✓ Η εγκατάσταση ενός αμπερομέτρου στα κτίρια που μελετήθηκαν, έτσι ώστε να υπάρχουν στοιχεία που αφορούν τις καταναλώσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα, για επόμενες μελέτες.
- ✓ Η μελέτη της επίδρασης στην κατανάλωση για φωτισμό, της επιφόρτισης του επιστάτη με την ευθύνη να επιτρέπει τη χρήση τεχνητού φωτισμού όταν χρειάζεται και να προσέχει τα φώτα να μην παραμένουν ανοιχτά ώρες που το κτίριο δεν λειτουργεί.
- ✓ Ακόμη μπορεί να μελετηθεί η εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού και η επίδρασή του στην κατανάλωση για ψύξη.
- ✓ Η εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτοματισμών (BMS) για κεντρική διαχείριση των συστημάτων του κτιρίου.
- ✓ Ο υπολογισμός της αποπληρωμής των προτεινόμενων σεναρίων, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος.
- ✓ Ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων που μελετήθηκαν με χρήση κάποιου άλλου λογισμικού (πχ. TRNSYS, energyplus κα.) για σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Αυτό που πρέπει να κατανοηθεί είναι ότι η εξοικονόμηση ενέργειας απαιτεί την εφαρμογή μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, αλλά πρώτιστα απαιτεί να καλλιεργηθεί πνεύμα περιβαλλοντικής συνείδησης στον άνθρωπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πέρπερας Νίκος, 2007, *Η Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση: ένα νέο εργαλείο άσκησης περιβαλλοντικής πολιτικής*, Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, τεύχος 2439, σελ. 8-12.

1. ASHRAE, 2003, ASHRAE Standard- building envelopes, *Fenestration* A46.3, American Society of Heating, Refrigerating, and Air –Conditioning, Atlanta GA.

2. ASHRAE, 2005, ASHRAE Standard- thermal comfort, F23, American Society of Heating, Refrigerating, and Air –Conditioning, Atlanta GA.

3. ASHRAE, 2005, ASHRAE Standard- ventilation, *air-flow rates* F27.2 , American Society of Heating, Refrigerating, and Air –Conditioning, Atlanta GA.

4. CEN Draft prEN 15193-1 – CEN WI-13, *Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation*, 2005.

5. CEN/TC 228 WI-2, *Heating systems in buildings – Energy performance of buildings – Overall energy use, primary energy and CO2 emissions*, 2005.

6. CEN/TC 228 WI-9, *Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2.2.4: Space heating generation systems, the performance and quality of CHP electricity and heat*, 2004.

7. Florides G., Tassou S., Kalogirou S., Wrobel L., 2002, Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness, Applied energy, Volume 73, Issue 3-4, p.299-328.

8. Gaglia Athina, 2007, *Empirical assessment of Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*, Energy Conversion and Management, Volume 48, Issue 4, p. 1160-1175.

9. Herrera Terresa, 2007, *Implementation of EPBD in Spain: status May 2007*, Instituo para la Piversificacion y Ahorro de Energia-IPAE, Spain.

10. Husaunndee Ahmad, 2007, *Low energy buildings in France :current trends for labeling of new and existing buildings*, Application Strategies of EPA-NR, σελ. 52.

11. ISO/DIS 13789 – CEN WI-23 part 2, *Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method*, 2004.

12. ISO/DIS 13790 – CEN/TC 89 WI-14, *Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling*, 2005.

13. Mahdari Ardeshir, Proglhof Claus, 2008, *A model- based approach to natural ventilation, Building and Environment*, Volume 43, Issue 4, p. 620-627.

14. Rizzo Gianfranco, Beccali Marco, Nucara Antonino, 2004, *Thermal Comfort*, Encyclopedia of Energy, p. 55-64.

15. Αθανασίου Δημήτρης, 2006, *Ενεργειακή απόδοση στα κτίρια: Θεσμικό πλαίσιο και Εφαρμογή στα κράτη-μέλη της Ε.Ε*, Ευώνυμος Βιβλιοθήκη, τεύχος 65.

16. Ευθυμιόπουλος Ηλίας, 2005, *Κτίριο & Περιβάλλον*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

17. ΚΑΠΕ, 2000, *Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης. Μέρος 1^{ο}:Μεθοδολογία και τεχνικές*, σελ.3-5.

18. Λαζαρίδης Μιχάλης, 2008, *Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους*, Εκδόσεις Τζιόλα.

19. Μαλτέζος Γιώργος, 2007, *Ένα κτίριο μπορεί να μεταμορφωθεί*, ECOTEC, τεύχος Ιανουαρίου 2007.

20. Μπαλαράς Κωνσταντίνος, 2001, *Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας σε κατοικίες*, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων έργων, σελ. 3.

21. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002 για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων.

22. Παπαδόπουλος Άγις, 2002, *Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων*, Σημειώσεις Προπτυχιακού μαθήματος, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Α.Π.Θ.

23. Περδίος Σταμάτης, 2005, *Βασικές Αρχές Οδηγίας 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση και Πιστοποίηση Κτιρίων*, ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ

24. Σανταμούρης Μάνθος, 2005, *Ενέργεια και κτίριο: ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και οι νέες τεχνικές για τη μείωσή της*, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής, Ομάδα Κτιριακού Περιβάλλοντος.

25. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως ΦΕΚ 89 Α', Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις, Προεδρικό Διάταγμα της 18.5.2008.

26. Χαραλαμπίδου Βάσω, 2006, *Σπάταλα ελληνικά κτίρια*, Το Βήμα, 8/1/2006, σελ. Α.56.

Internet sites

1. www.buildings.gr, 14/03/08
2. www.buildingsplatoform.eu, 14/03/08
3. www.cres.gr/greenbuilding/prEn-standards, 20/08/08
4. www.cres.gr/kape/publications/pdf/LAZARI.pdf,20/08/08
5. www.cres_energysaving.gr20/08/08
6. www.ec.europa.eu, 26/02/08
7. www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory,4/03/08
8. www.energystar.gov,4/03/08
9. www.enper-exist.com,3,/05/08
10. www.epa-nr.org, 18/03/08
11. www.medclima.gr/documents/Energy%20saving%20in%20buildings.pdf, 12/05/08
12. www.kms.gr, 3/05/08
13. www.sciencedirect.com, 3/09/08

Εγχειρίδια

1. EPA-NR: Application Strategies for the EPA-NR method
2. EPA-NR: Checklist for an intake interview
3. EPA-NR: Functional specification of the EPA-NR software
4. EPA-NR: Inspection Protocol