



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ:

**Αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης δημοσίου κτιρίου και
διερεύνηση δυνατοτήτων ZEB**

Υπεύθυνος καθηγητής:Καραπιδάκης Εμμανουήλ

Φοιτητής:Βλαχάκης Φώτιος (13/05/2013)

A.M.:3403

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	4
1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΈΡΕΥΝΑΣ Ή / ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΗ	6
1.3 ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (ΣΤΟΧΟΙ)	6
1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	8
1.5 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	9
1.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	9
1.7 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	11
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
2.2 ΤΟ ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	11
2.3 ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	21
2.4 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ Ή ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	28
2.5 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	30
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	30
3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	30
3.3 ΗΘΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ	37
3.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	38
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ : ΤΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ	39
4.3 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	89
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	89
5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	90

5.3 ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΙΔΙΟΥ ΤΥΠΟΥ.....	103
5.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	108
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	108
6.3 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	111
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	112

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Πρόσφατα, τα ζητήματα της ενέργειας έχουν γίνει πιο πραγματικά από ποτέ. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας παράγεται από ορυκτούς πόρους (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, λιγνίτης) και, δυστυχώς, οι πόροι μειώνονται συνεχώς. Την ίδια στιγμή, υπάρχει μια παγκόσμια αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κάτι που οδηγεί σε μια ανεξέλεγκτη ρύπανση και την παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Παρακάτω, μπορούμε να δούμε έναν οδηγό της κατανομής της κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση:

- Κτίρια: 40%
- Κατασκευές: 28%
- Μεταφορές: 32%

Σύμφωνα με την αναθεώρηση του προγράμματος ΕΕΕ, Ν°1, Απρίλιος 2007 τα αποτελέσματα αυτών των προϊόντων πετρελαίου το 2004, ήταν η κύρια πηγή ενέργειας στον κτιριακό τομέα, αντιπροσωπεύοντας το 55% (ή 3,03 Mtoe) της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ το 1990 το ποσοστό ήταν 47,6% (ή 1,51 Mtoe). Η Ηλεκτρική ενέργεια καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση με μερίδιο 26,3% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (ή 1,45 Mtoe) το 2004, και 24,6% (ή 0,78 Mtoe) το 1990. Έτσι, είναι αρκετά σαφές ότι η κατανάλωση των προϊόντων πετρελαίου και της ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε σημαντικά κατά την περίοδο 1990-2004 (Γιακουμή & Ιατρίδης, 2009).

Ειδικότερα, η ενέργεια που προέρχεται από προϊόντα πετρελαίου έχει σχεδόν διπλασιαστεί, όταν η κατανάλωση της ενέργειας που προέρχεται από το ηλεκτρικό ρεύμα αυξήθηκε σε 85%. Στον τομέα των κατασκευών, τα 2/3 της κατανάλωσης ενέργειας οφείλονται σε οικιακά (26% του συνόλου) και το υπόλοιπο ένα τρίτο οφείλεται στα γραφεία (14% του συνόλου).

Εικονογράφηση για τα σπίτια, το 77% της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό και κάτι παρόμοιο ισχύει και για τα γραφεία (Γαϊτάνι 2009). Δυστυχώς, η ζήτηση για θερμότητα στην χώρα δεν μπορεί να εκτιμηθεί λόγω της έλλειψης διαθέσιμων στατιστικών. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά στον οικιακό τομέα (συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων κτηρίων), υπάρχουν μερικά διαθέσιμα στοιχεία, μεταξύ άλλων, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τη συνολική ενεργειακή ζήτηση (Γιακουμή & Ιατρίδης, 2009).

Ωστόσο, μια παρατήρηση που δίνουν στο βιβλίο τους οι Ζωγκου & Σταματέλος (2009), είναι ότι τα περισσότερα από τα παλιά κτίρια δεν έχουν κατασκευαστεί με την κατάλληλη υποδομή ενέργειας (ήχος, μόνωση, κλπ.). Στην Ελλάδα, η πρώτη ρύθμιση για θερμική ενέργεια κτιρίου ψηφίστηκε το 1979 (ΦΕΚ 362Δ/1979). Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό, η χώρα διαιρείται για τις απαιτήσεις μόνωσης σε τρεις κλιματικές ζώνες και δεν υπάρχει διάκριση όσον αφορά τη χρήση του κτιρίου. Ο μέσος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U των εξωτερικών τοίχων είναι μικρότερος ή ίσος με 0,7 W/m²K, ενώ της στέγης είναι μικρότερος ή ίσος προς 0,5 W/m² K (Ζώγκου & Σταματέλλος, 2009).

Ωστόσο στο βιβλίο των Τσιολιαρίδου & Μπάκος, (2006), τονίζεται ότι ενώ πολλά κτίρια έχουν κατασκευαστεί μετά από το 1980, έχουν ενσωματωθεί οι θερμικές απαιτήσεις του κανονισμού.

Στην πράξη όμως έχει αναγνωρισθεί ότι η πλειοψηφία των κτιρίων που κτίστηκαν από το 1990 και μετά έχουν ανεπαρκή ή καθόλου μόνωση (η θερμική ρύθμιση ήταν έγκυρη, αλλά όχι πάντα στην πράξη). Κατά συνέπεια, εκτιμάται ότι ο αριθμός των κτηρίων, τα οποία είναι κατασκευασμένα χωρίς μόνωση είναι αρκετά μεγάλος.

Λίγες πρόσθετες εθνικές νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις έχουν επίσης εισαχθεί στην Ελλάδα σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΕ για την ορθολογική χρήση της ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών, όπως η ετήσια συντήρηση των λεβήτων κεντρικής θέρμανσης (ΟΗJ 143/A/2-9-93) και η επισήμανση της κατανάλωσης ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών (ΟΗJ 114/7-7-94). Σύμφωνα με τον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό και την κοινή υπουργική απόφαση (ΟΗJ 880/B/19-8-98), υπήρξε ένας νέος κωδικός ενέργειας στο πλαίσιο της ανάπτυξης κατά την τελευταία δεκαετία (αρχικά αναφέρεται ως «Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Ενέργειας Διατήρηση των κτιρίων "- ΚΟΧΕΕ, και σήμερα αναφέρεται ως " Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων "- ΚΕΝΑΚ, « Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας στα κτίρια "(RRUEC) σε συμμόρφωση με την ΟΕΕΚ (2002/91/ΕΚ).

Δυστυχώς, το έργο είναι ακόμη σε εξέλιξη, και η Ελλάδα είναι το πρώτο κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής ένωσης που η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει κινήσει νομικές διαδικασίες εναντίον της, με δικαστική απόφαση που δημοσιεύθηκε στις 17 Ιανουαρίου 2008 και βρίσκει την Ελλάδα ένοχη για την αποτυχία να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της προς ΟΕΕΚ [EUROPA].

Ωστόσο, το Ελληνικό Κοινοβούλιο επικύρωσε πρόσφατα το νόμο «Δράσεις για τη μείωση της συμμόρφωσης με οδηγία της ΕΕ (Επίσημη Εφημερίδα της Κυβέρνησης, 3661-19/5/2008).

Το θετικό είναι ότι, ως αποτέλεσμα της βελτίωσης της νομοθεσίας (π.χ. προδιαγραφές μόνωσης), η χρήση των νέων οικοδομικών υλικών και του πιο αποτελεσματικού εξοπλισμού, έχει φέρει μεγάλη πρόοδο, ενεργειακά, στα νέα κτίρια ως προς την απόδοση και τη φιλικότητα προς το περιβάλλον.

Από την άλλη πλευρά, τα υψηλότερα πρότυπα διαβίωσης και εργασίας, μαζί με την εισαγωγή του νέου εξοπλισμού και συσκευών, όπως κλιματισμό (A/C), αντισταθμίζουν αυτές τις εξοικονομήσεις και στην πραγματικότητα αυξάνουν τη μέση κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ώστε να δημιουργουν σημαντικά προβλήματα σε ώρες αιχμής.

Στην Ελλάδα, τα κτίρια που συνδέονται με το δημόσιο τομέα και τις εγκαταστάσεις, θεωρούνται μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας. Ωστόσο, με το σωστό σχεδιασμό, τα κτίρια αυτά μπορεί να έχουν μεγάλες δυνατότητες για εξοικονόμηση ενέργειας. Την περίοδο 1995-1997, το 87,2% των μέσων ετήσιων δαπανών της κεντρικής κυβέρνησης για τα δημοσια κτίρια καταναλώθηκαν στον τομέα της ενέργειας και τη συντήρηση. Δηλαδή, σε μέσο όρο 35,7 εκατ. ευρώ δαπανήθηκαν σε (κλιματισμό, ηλεκτρικές θερμάστρες και ανεμιστήρες, φωτισμο, ανελκυστήρες, εξοπλισμο γραφείου, κ.λπ.). Τα υπόλοιπα 5,2 εκατ. ευρώ δαπανήθηκαν για την παροχή καυσίμων, ιδίως για την κεντρική θέρμανση και συντήρηση του κτιρίων (Γαιτανι 2009).

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, λύσεις, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, κάτι που αυξάνει την αποδοτικότητα των κτιρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας, θα πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα. Με τον τρόπο αυτό, η ρύπανση από το διοξείδιο του άνθρακα είναι βέβαιο ότι θα μειωθεί. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, είναι ότι κατά τον καθορισμό συγκεκριμένων στόχων, που αναφέρονται μόνο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας και σύμφωνα με το νόμο 3468/06 είναι ένα καθεστώς επιδοτήσεων (feed-in σύστημα τιμολόγησης) ως μέτρο στήριξης των ΑΠΕ (Γιακουμή & Ιατρίδης, 2009).

Το μέτρο αυτό έχει καταργηθεί για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, όπως η Κρήτη. Σε αυτό το σημείο, ένα άλλο λυπηρό γεγονός είναι η έλλειψη της αντίστοιχης υποστήριξης για την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης από ΑΠΕ.

Η μελέτη επικεντρώνεται στην εύρεση των διαθέσιμων τεχνολογιών ώστε με το συνδυασμό τους να βελτιώσουμε την αποτελεσματικότητα των δημόσιων κτιρίων, με κύριο άξονα τις μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μελετώντας παράλληλα και τις οικονομικές παραμέτρους.

1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΈΡΕΥΝΑΣ Ή / ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΗ

Το πρόβλημα της έρευνας της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης και της IEQ (Indoor Environmental Quality) σε ένα αντιοσωπευτικό δημόσιο κτίριο για την Ελλάδα στην Α κλιματική ζώνη, προκειμένου να μπορέσει το συγκεκριμένο κτίριο, συνδυάζοντας τις νέες τεχνολογίες να χαρακτηριστεί κτίριο μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Εκτός από το μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον, την επείγουσα ανάγκη να συμμορφωθεί τόσο με τις ευρωπαϊκές οδηγίες 2002/91 και 2006/32 και τα πρότυπα CEN για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες, είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο κτιριακός τομέας είναι ο μεγαλύτερος σε κατανάλωση ενέργειας και συμβάλλει στις πολύ μεγάλες εκπομπές CO₂ σε ετήσια βάση.

1.3 ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (ΣΤΟΧΟΙ)

Ο σχεδιασμός των μελλοντικών δημόσιων κτιρίων δεν θα πρέπει να έχει ως μόνο στόχο την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διαμορφώνεται η περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών. Στόχος είναι η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί, ενώ η ενέργεια που καταναλώνεται από το κτίριο να εξασφαλίζεται από ΑΠΕ κατά τη διάρκεια του χρόνου για τη λειτουργία του, ώστε οι εκπομπές CO₂ να μειωθούν σε μηδενικά επίπεδα. (Hernandez 2008).

Ο σχεδιασμός αυτών των δημόσιων κτιρίων θα περιλαμβάνει υλικά και τεχνολογίες, οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον, αλλά και που θα ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις λειτουργικές ανάγκες τους. Την ίδια στιγμή, τα κτίρια αυτά θα προσφέρουν το κατάλληλο περιβάλλον για την περιβαλλοντική εκπαίδευση και την εξοικείωση των πολιτών με τις τεχνολογίες των ΑΠΕ σε ένα μάθημα για τη βιώσιμη ανάπτυξη (Lozano 2009).

Η διαχείριση της ενέργειας, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων και ο επανασχεδιασμός της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων θα πρέπει να μπου δυναμικά στη ζωή μας, αλλάζοντας όχι μόνο τον σχεδιασμό των κτιρίων μας, αλλά και τις συνήθειές μας. Έτσι, κατασκευάζοντας δημόσια κτίρια, με μηδενικές εκπομπές όχι μόνο δίνει παραδείγματα της περιβαλλοντικής συνείδησης στα παιδιά, αλλά και σε άλλους πολίτες, αποδεικνύοντας έτσι ότι η διαχείριση ενέργειας είναι οικονομικά βιώσιμη, σύγχρονη και πραγματική. Με αυτό τον τρόπο το ευρύ κοινό μπορεί να

ξυπνήσει και να κινητοποιηθεί για να διεκδικήσει περισσότερες κρατικές επιδοτήσεις για την επισκευή της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου (Gaglia 2006).

Προηγμένες τεχνολογίες και τεχνικές, όπως τα συστήματα φωτοβολταϊκών (PV), οι ανεμογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι ηλιακοί συλλέκτες για την παραγωγή ζεστού νερού, οι αντλίες θερμότητας και η αβαθή γεωθερμική θέρμανση / ψύξη, ανάκτηση θερμότητας εξαερισμού με τη συλλογή και χρήση του βρόχινου νερού μπορούν να προσφέρονται για τη συλλογή δεδομένων και την ανάλυση των εν λόγω χαρακτηριστικών των κτιρίων (κτίρια γραφείων).

Η ενσωμάτωση των ηλιακών θερμικών και φωτοβολταϊκών για τα κελύφη των κτιρίων, (BIPV, Κτίριο ολοκληρωμένο φωτοβολταϊκά) μπορούν να παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια του κτιρίου για όλο το χρόνο. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη του στόχου του σχεδιασμού πραγματικά βιώσιμων κτιρίων. Η ηλεκτρική ενέργεια φαίνεται να είναι η πιο πολύτιμη ενέργεια που απαιτείται στο μέλλον. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στα δημόσια κτίρια είναι μια επένδυση προσανατολισμένη προς το μέλλον. Οι Φ/Β τεχνολογίες μπορούν να προσφέρουν πολλές ευκαιρίες για τους αρχιτέκτονες, ώστε να σχεδιάσουν την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών μονάδων για τα κελύφη των κτιρίων ως συστατικά, ικανοποιώντας μακροπρόθεσμων στόχων για αειφόρα κτίρια.

Στατιστικά στοιχεία και αναλύσεις ερευνητών έχουν δείξει ότι σε περιπτώσεις όπου παρουσιάζεται μεγάλη ηλικία του κτιρίου (όπως κυρίως συμβαίνει στην Ελλάδα) έχουν ελάχιστη ή καθόλου μόνωση και συχνά κακή απόδοση ενέργειας. Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών CO₂ μπορεί να είναι ενδιαφέρον όχι μόνο από την άποψη μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και από οικονομικής πλευράς.

Το έργο περιλαμβάνει τη δημιουργία δημόσιων κτιρίων σε μια περιοχή της Κρήτης, με μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Παρ' όλα αυτά, προκειμένου να φτάσει η έρευνα σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να εφαρμοστούν άλλες μικρότερες έρευνες, όπως:

- Έρευνα για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα σε ένα συγκεκριμένο δημόσιο κτίριο.
- Έρευνα για πραγματικές λύσεις ή ακόμη και τη δημιουργία λύσεων, προκειμένου να επιτευχθεί ο πρωταρχικός στόχος που δεν είναι άλλος από ένα δημόσιο κτίριο με μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
- Έρευνα σχετικά με τις κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής αθροιζόμενο με τη συμπεριφορά, τα έθιμα και τις συνήθειες των κατοίκων της.
- Ενώ προτείνονται λύσεις, θα πρέπει να γίνει μια τεchnο-οικονομική μελέτη προκειμένου να καθοριστεί κατά πόσον η επένδυση αυτή είναι βιώσιμη ή όχι, και κατά πόσο οι προτεινόμενες λύσεις μπορούν να επεκταθούν σε άλλα κτίρια ή ακόμα και σε νοικοκυριά.

1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το έργο αφορά τη σύνθεση και την εφαρμογή πολύπλοκων συστημάτων για εξοικονόμηση ενέργειας σε έναν κοινό τύπο δημόσιου κτιρίου στην Κρήτη, σε συνδυασμό με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Παράλληλα, πρόκειται να διαμορφωθεί οικονομικό επιχειρηματικό σχέδιο.

Επίσης, η εκτίμηση αυτή περιλαμβάνει ενεργειακό έλεγχο και διαχείριση της ενέργειας, στο δημόσιο κτήριο του Δήμου στην Κρήτη με καινοτόμες παρεμβάσεις σε υπάρχοντα κτίρια. Για την ολοκλήρωση της αξιολόγησης, η Επιτροπή θα πρέπει να ολοκληρώσει μια σειρά από μέτρα, όπως:

1. Εκτενής βιβλιογραφική έρευνα, βασισμένη σε ελληνικές και ξένες πηγές, καθώς και έρευνα στο Διαδίκτυο γύρω από τα αντικείμενα που σχετίζονται με το θέμα της εργασίας, δίνοντας έμφαση στη μελέτη της εξοικονόμησης ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (CO₂) Επιπλέον, περιλαμβάνει την έρευνα των υλοποιούμενων παρεμβάσεων που σχετίζονται με το θέμα της εργασίας τη σχετική αποτίμηση - αξιολόγηση, τα δεδομένα, τις μεθόδους, τις τεχνικές και τα σχετικά αποτελέσματα.
2. Κατά τη διάρκεια της μελέτης, θα διεξαχθεί επίσης έρευνα με τους υπαλλήλους του δήμου, προκειμένου να παρέχουν τα σχέδια και τις παρεμβάσεις που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια.

Έχοντας όλες αυτές τις πληροφορίες θα δημιουργηθεί μια ομάδα και θα επιλεγεί το είδος του κτιρίου, το οποίο τελικά θα σχεδιαστεί για να φθάσει το επίπεδο των μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂),.

3. Το επόμενο βήμα είναι να εκτιμηθεί η κατάσταση του υπάρχοντος κτιρίου. Αυτό υποδηλώνει ότι θα πρέπει:
 - Να επισκεφτούμε το κτίριο και να επαληθεύσουμε τα αρχιτεκτονικά σχέδια έτσι ώστε να διορθωθούν τυχόν αποκλίσεις.
 - Να καταγράψουμε τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου
 - Να καταγράψουμε τη χωρητικότητα και τη χρήση του κτιρίου (γραφεία, αριθμός εργαζομένων, αριθμός ανθρώπων όπου θα επισκεφθούν το κτίριο, κλπ.)
 - Να καταγράψουμε την κατανάλωση ενέργειας όπως πραγματικά είναι, όχι όπως επιτρέπεται από το νόμο. (Υπολογιστές, κλιματιστικά, εξοπλισμό, κτίρια, κ.λπ.) όπως επίσης (σχετική υγρασία, θερμοκρασία, κλπ.)

4. Υστερα για την αξιολόγηση αυτή θα χρησιμοποιήσουμε ένα εργαλείο προσομοίωσης της οδηγίας της E.E. Το εργαλείο προσομοίωσης δημιουργήθηκε από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας για την εφαρμογή του μέτρου «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων Κανονισμοί» και το όνομα "TEE-KENAK." Σε αυτό το εργαλείο προσομοίωσης δημιουργείται ένα τρισδιάστατο μοντέλο του κτιρίου δοκιμής που ονομάζεται "κτίριο αναφοράς" το οποίο έχει την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, όπως περιγράφεται στον ευρωπαϊκό κανονισμό. Με αυτό το κτίριο αναφοράς θα εκτελούνται όλες οι συγκρίσεις για τις παρεμβάσεις που ο σχεδιαστής θέλει να εφαρμόσει στο κτίριο ελέγχου. Οι βελτιώσεις αυτές μπορεί να είναι η προσθήκη μόνωσης (επιλογή υλικού και πάχος), η αντικατάσταση στις πόρτες και τα παράθυρα (δίκλινα, τρίκλινα, low-e γυαλί),

η προσθήκη πράσινων στεγών, η χρήση ανεμιστήρων, η χρήση συστημάτων σκίασης του ενός κτιρίου και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συλλεκτών στην οροφή και άλλες..

5. Έχοντας διαθέσιμα τα αποτελέσματα του προηγούμενου βήματος θα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την κατανάλωση ενέργειας κάθε μήνα για ένα χρόνο. Αυτό μας επιτρέπει να μάθουμε περισσότερα σχετικά με τα οφέλη της ενέργειας από ηλιακά συστήματα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Έχοντας τις πληροφορίες και των δύο από τις ανωτέρω παραμέτρους (κατανάλωση ενέργειας και αύξηση ενέργειας) μπορούμε να υπολογίσουμε τις εκπομπές και τις εξοικονομήσεις διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια ενός έτους. Με τον τρόπο αυτό, ο κύριος στόχος αυτής της αξιολόγησης μπορεί να ικανοποιηθεί, (**μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα**).

6. Τέλος, από τα αποτελέσματα των προηγούμενων βημάτων θα εξετασούμε αν τα αντίστοιχα κτίρια μπορούν να αντιπροσωπεύουν όλα τα δημόσια συγκροτήματα του ίδιου τύπου. (Θα ελέγξουμε αν η κατανάλωση ενέργειας είναι η ίδια και αν ο τρόπος για να βελτιωθεί η κατανάλωση ενέργειας είναι επίσης ίδιος σε όλα τα κτίρια στην Α κλιματική ζώνη)

1.5 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το τρέχον ερευνητικό πρόγραμμα επιχειρεί να δώσει ιδέες για την ενεργειακή αναβάθμιση στο υπάρχον ελληνικό δημόσιο κτιριακό απόθεμα, όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση και τα χαρακτηριστικά κατασκευής σε εθνικό επίπεδο.

Επιπλέον, επιχειρεί να καταδείξει τις δυνατότητες μιας ολιστικής προσέγγισης για την αντιμετώπιση θεμάτων δημόσιου κτιρίου: έτσι, ένα δημόσιο κτίριο θα εξεταστεί πιο διεξοδικά. Ως τελικό βήμα είναι να αξιολογήσουμε διαφορετικά Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΜΕΕ), να ποσοτικοποιήσουμε πιθανή εξοικονόμηση της ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και να υπολογίσουμε τις σχετικές δαπάνες και περιόδους αποπληρωμής. Το δείγμα που αξιολογείται είναι σχετικά μικρότερο σε σύγκριση με εκείνο της αξιολόγησης ενεργειακής απόδοσης (1 σε σύγκριση με περίπου 150), ωστόσο, εκτιμούν ότι η παρούσα έρευνα παρέχει μια ολιστική εικόνα της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου που ποτέ πριν δεν είχε γίνει μια τέτοια έρευνα σε εθνικό επίπεδο.

1.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής είναι η εισαγωγή. Στόχος του είναι να εξοικειώσει τον αναγνώστη με το φόντο και το πλαίσιο του προβλήματος της έρευνας. Παρέχει, επίσης, την αιτιολόγηση και τους στόχους της τρέχουσας εργασίας. Τέλος, παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή της μεθοδολογίας και της οριοθέτησης του πεδίου εφαρμογής.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει τόσο τα θεωρητικά όσο και τα πρακτικά προβλήματα με ένα λεπτομερή και ολοκληρωμένο τρόπο. Σκοπός του είναι να εξοικειώσει τον αναγνώστη με το πλαίσιο της μελέτης, καθώς και να αποδείξει «επιστημονική συμβολή του στο πεδίο. Επιπλέον, παρουσιάζονται ερευνητικά

ερωτήματα προκειμένου να διευκρινιστούν τυχόν ασάφειες σχετικά με το πλαίσιο της έρευνας.

Το τρίτο κεφάλαιο παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εφαρμοζόμενη μεθοδολογία. Στόχος του είναι να περιγράψει τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην έρευνα και να δώσει μια δικαιολογία για την καταλληλότητά τους. Εξηγεί, επίσης, τη στρατηγική και τη μεθοδολογία της έρευνας. Τέλος, εξετάζονται οι βασικές παραδοχές και οι ηθικές ανησυχίες που απευθύνεται.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει μια συνολική μελέτη επτά (7) μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα συγκεκριμένο κτίριο παρουσιάζοντας για το κάθε μέτρο, τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν, και ως εκ τούτου την εξοικονόμηση ρύπων. Παράλληλα μελετάτε η οικονομική βιωσιμότητα του κάθε μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας.

Το πέμπτο κεφάλαιο ασχολείται με την ανάλυση των επτά μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, συνδυάζοντας τις, με σκοπό το εξεταζόμενο κτίριο να χαρακτηριστεί κτίριο μηδενικής εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα με τον πιο οικονομικά βιώσιμο τρόπο.

Το έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μια λεπτομερή συζήτηση με βάση τα αποτελέσματα των προηγούμενων κεφαλαίων. Γίνονται συγκρίσεις μεταξύ των ευρημάτων της παρούσας εργασίας και εκείνων που προέρχονται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία ενώ αξιολογείται ο βαθμός συνοχής μεταξύ των αποτελεσμάτων και των ερευνητικών υποθέσεων. Τέλος, διερευνώνται η αξιοπιστία και η ακρίβεια της διαδικασίας της έρευνας.

1.7 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν κεφάλαιο υπογράμμισε τα κρίσιμα χαρακτηριστικά του προβλήματος της έρευνας και τη σημασία του. Τέλος μετά τον επιτυχή ορισμό του προβλήματος της έρευνας μαζί με τις υποθέσεις και τους στόχους της, παρουσιάστηκαν τα επιμέρους στάδια που περιλαμβάνουν τη μεθοδολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι να καθορίσει τόσο το θεωρητικό όσο και το πρακτικό πρόβλημα της τρέχουσας έρευνας. Και τα δύο παρουσιάζονται με βάση ένα προκαθορισμένο πλαίσιο, κάτω από συγκεκριμένες υπο-κεφαλίδες. Έτσι, το πρακτικό πρόβλημα έχει ως εξής (γιατί είναι απαραίτητη η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε δημόσια κτίρια, πού είναι το όφελος, πώς μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ και τέλος πώς μπορούμε να αξιολογήσουμε το καλύτερο σε σχέση με την οικονομική βιωσιμότητα και τη μείωση των εκπομπών CO₂ σε μηδενικό επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, το θεωρητικό πρόβλημα αντιμετωπίζεται με το θέμα (τις τάσεις και τις προβλέψεις σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο), την περιοχή (σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε δημόσια κτίρια, και πάλι τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο) και το χάσμα στη γνώση (τι χώρος υπάρχει για την τρέχουσα έρευνα και πώς αυτή θα συμβάλει τελικά). Τέλος, παρουσιάζονται τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία διευκρινίζουν περαιτέρω το πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

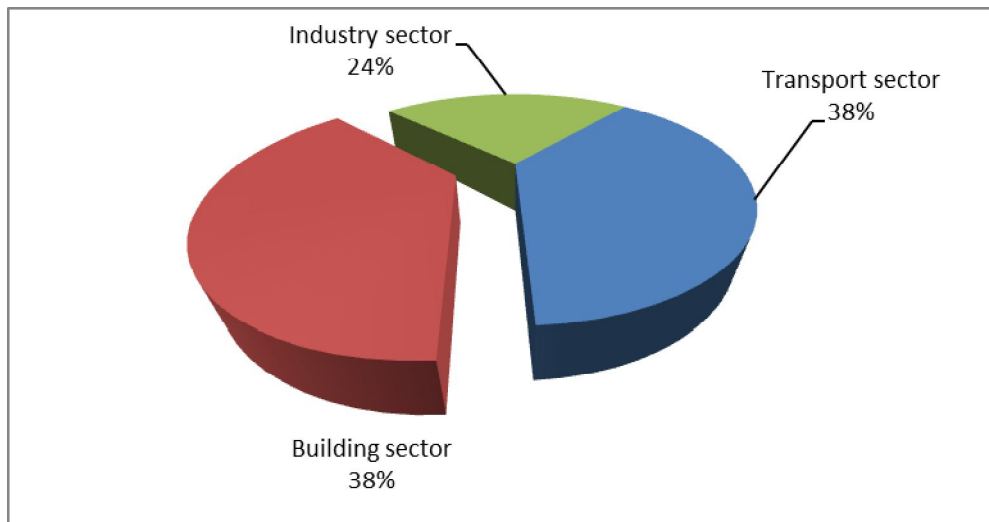
2.2 ΤΟ ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

Ανησυχία για τα τοπικά και τα παγκόσμια περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν στις αναπτυσσόμενες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η καταστροφή του όζοντος, η καταστροφή των φυσικών οικοτόπων καθώς και η απώλεια της βιοποικιλότητας είναι οι αιτίες συζητήσεων σε διεθνή φόρουμ. Η υπερθέρμανση του πλανήτη, και τα διάφορα πιθανά αποτελέσματά του επί της γης, είναι συνέπεια μιας μακροπρόθεσμης συσσώρευσης των λεγόμενων αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, NO₂, κλπ) στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η εκπομπή των αερίων αυτών είναι το αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως η καύση των ορυκτών καυσίμων, η αποψίλωση των δασών, κλπ.

Εκτιμάται ότι η πυκνότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα θα μπορούσε να εξηγήσει περίπου το 50% της υπερθέρμανσης του πλανήτη, επειδή η συγκέντρωση του CO₂ έχει υπερβεί τη φυσική ικανότητα αφομοίωσης του από τη γη.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του 2007, ανέφερε ότι τα κτίρια είναι επίσης μια σημαντική πηγή ρύπανσης, όπως είναι οι βιομηχανίες μεταφορών,. Η συμμετοχή του τομέα των κτιρίων στο σύνολο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (ποσοστό 2,1) είναι περίπου 38%. Τα ποσοστά συμμετοχής για τις μεταφορές και τη βιομηχανία είναι περίπου 38% και 24%, αντίστοιχα.



Σχήμα 2.1: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (πηγή: Μπαλαρας, 2007)

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, το 1/3 των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) παράγεται από τον τομέα οικοδόμησης. Το πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου (GHG) είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που αντιπροσωπεύει το 82% των συνολικών εκπομπών της ΕΕ το 2002.

Δυστυχώς, στην Ελλάδα, η κατανάλωση ενέργειας προέρχεται από τη σπατάλη. Μεγάλη σπατάλη ενέργειας παρατηρείται σε δημόσια κτίρια του τριτογενή τομέα, ακόμη και σε κτίρια που, λόγω της χρήσης τους (γραφεία, υπηρεσίες) και τις περιορισμένες ώρες λειτουργίας δεν δικαιολογούνται μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε από τους Goldman και Ritschard τα κτίρια γραφείων και εμπορικά έχουν αυξημένη ζήτηση ενέργειας, λόγω της συνεχούς λειτουργίας των Η/Μ εξοπλισμού κατά τις ώρες λειτουργίας του. Οι εργαζόμενοι επιδεινώνουν πολλές φορές αυτή την κατάσταση με την άσκοπη λειτουργία του εξοπλισμού, δεδομένου ότι δεν χρεώνονται άμεσα το κόστος της ενέργειας. Και όλα αυτά σε αντίθεση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΚ, η οποία ορίζει σαφώς ότι τα δημόσια κτίρια θα πρέπει να είναι ένα "παράδειγμα στα περιβαλλοντικά και ενεργειακά θέματα».

Είναι γεγονός ότι στην Ελλάδα, η κατανάλωση ενέργειας δείχνει τάσεις αύξησης μέχρι το 2010. Συνεπώς, είναι απαραίτητα τα άμεσα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, από περιβαλλοντικής και οικονομικής άποψης.

NΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η σημασία που δίνει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε αυτόν τον τομέα σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου φαίνεται από την εισαγωγή μιας σειράς οδηγιών, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τη σχετική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα αυτό.

Η πρόσφατη οδηγία της ΕΕ (ΟΕΕΚ), για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, λέει ότι μέχρι το τέλος του 2005 όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ θέτουν σε ισχύ τις εθνικές νομοθετικές και διοικητικές διατάξεις, για τη θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων και υφιστάμενων κτιρίων που υπόκεινται σε ανακαινίσεις μεγάλης κλίμακας, καθώς και για την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Πρόσθετες απαιτήσεις περιλαμβάνουν, την τακτική επιθεώρηση των συστημάτων κτιρίου και των εγκαταστάσεων, αξιολόγηση των υφιστάμενων

εγκαταστάσεων και την παροχή συμβουλών σχετικά με πιθανές βελτιώσεις και εναλλακτικές λύσεις.

Μερικά κράτη μέλη της ΕΕ στη Βόρεια Ευρώπη έχουν ήδη θέσει σε εφαρμογή διάφορα μέτρα, όπως τις αυστηρές κτιριακές προδιαγραφές, τους φόρους και τις επιδοτήσεις, και έχουν καταφέρει να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση. Κατά μέσο όρο, οι νέες ευρωπαϊκές κατοικίες είναι περίπου 60% πιο αποδοτικές ενεργειακά από ό, τι αυτά που κατασκευάστηκαν πριν από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση στη δεκαετία του 1970, και καταναλώνουν 28% λιγότερο από ό, τι οι κατοικίες που χτίστηκαν το 1985.

Η πρώτη φορά που η έννοια της οικονομίας της ενέργειας εισήχθη στην Ελλάδα, ήταν με το νόμο-πλαίσιο Ν.40/75 "Έγκριση για μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας." Παρόμοιο θέμα δεν είχε τεθεί ποτέ ξανά στην ελληνική νομοθεσία και ως εκ τούτου δεν υπήρχε νομοθετική ρύθμιση που θα μπορούσε να επικαλεσθεί .. Από εκείνη τη στιγμή και μετά, εκδόθηκαν μια σειρά νόμων και κανονισμών οι οποίοι είχαν μια κοινή κατεύθυνση, την εξοικονόμηση ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα 2.1. αναφέρονται σημαντικές νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις στον τομέα της οικοδομής.

Σχήμα 2.1:.) Νόμοι και Κανονισμοί στην Ελλάδα για τον τομέα οικοδόμησης. Πηγη:(Ο συγγραφέας)

Έτος	Νόμοι / Κανονισμοί
1975	Ν.40/75 (Νόμος –Πλαίσιο) περί «Λήψης Μέτρων για την Εξοικονόμηση Ενέργειας»
1979	ΦΕΚ 362 Δ', Π.Δ-1.6/4.7.1979 «Κανονισμός για την Θερμομόνωση των Κτιρίων» (ΚΘΚ)
1985	Άρθρο 26 του Ν.1577/85 «Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός» (ΓΟΚ-2000).
1985	Άρθρο 6 Ν.1512/85 για «Κίνητρα Εξοικονόμησης Ενέργειας».
1986	Νόμος 1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος.
1989	Υ.Α 3046/304 «Κτιριοδομικός Κανονισμός».
1992	Ν. 2052/92 περί «Μέτρων για την Καταπολέμηση του αστικού νέφους».
1993	Οδηγία 93/76/ΕΟΚ (SAVE) για «Περιορισμό των εκπομπών CO ₂ μέσω της βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης ».
1995	Σχεδίου Δράσης "Ενέργεια 2001" του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
1995	Κανονισμού Κατανομής Δαπανών Θέρμανσης.
1998	Εναρμόνιση Κοινοτικής Οδηγίας SAVE (21475/4707 ΚΥΑ–ΦΕΚ 880B /19-8-98)για τον «Περιορισμό των εκπομπών CO ₂ με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων» - ΑΡΘΡΟ 4: Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.
1999	ΥΑ 11038 «ΔΑΚ Κανονισμός Ενεργειακών Επιθεωρήσεων».
2001	Στρατηγική Εξοικονόμησης Ενέργειας στα κτίρια: Σχέδιο Δράσης «Ενέργεια 2001».
2001	Ν. 2831/00 – Τροποποίηση του Γ.Ο.Κ. (Ν.1577/85) – ΕΞΕ/ΑΠΕ.
2002	Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων».
2005	Επιτροπή εμπειρογνομόνων ΥΠΙΑΝ (Απόρριψη σχεδίου Κ.Ο.Χ.Ε.Ε και αντικατάσταση με ΚΕΝΑΚ, Σχέδιο Μητρώου Ενεργειακών Επιθεωρητών).
2008	Νόμος 3661 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις (Εφημερίδα της κυβέρνησης).

Ο νόμος 3661 ιδρύθηκε για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία της ΕΕ 2002/91/ΕΚ. Μεταξύ άλλων, ο νόμος προβλέπει:

Κατάρτιση για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων Κανόνες (ΚΕΝΑΚ), που καθορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια, καθώς και το μεγαλύτερο με επιφάνεια πάνω από 1.000 τετραγωνικά μέτρα. Στις περιπτώσεις όπου υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση και το κόστος της υπερβαίνει το 25% της αξίας του κτιρίου.

Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Τεύχος (EPC) για όλα τα νέα κτίρια που έχουν επιφάνεια πάνω από 50 m², με ισχύ δέκα χρόνια.

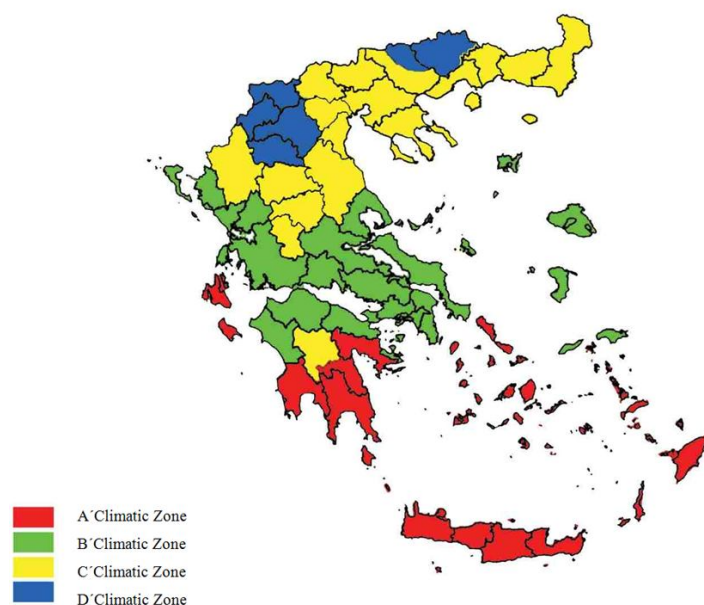
Υποβολή μελέτης στην αρμόδια Πολεοδομική Αρχή πριν από την κατασκευή σχετικά με τη σκοπιμότητα των εναλλακτικών πηγών ενέργειας στα νέα κτίρια που έχουν επιφάνεια πάνω από 1.000 τμ.

Δημιουργία σώματος επιθεωρητών ενεργειακής απόδοσης, το οποίο θα εκδίδει τα σχετικά πιστοποιητικά.

Διενέργεια τακτικών επιθεωρήσεων των λεβήτων και του κλιματισμού των κτιρίων, προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και να περιοριστούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Επιβολή προστίμων σε περίπτωση μη συμμόρφωσης.

Με βάση τη νέα νομοθεσία, η ελληνική περιφέρεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2, με βάση τις θερμοκρασίες που επικρατούν. Η Ζώνη Α παρουσιάζει κατά μέσο όρο τις υψηλότερες θερμοκρασίες σε ένα έτος, και η Ζώνη D παρουσιάζει τις χαμηλότερες.



Σχήμα 2.2: Σχηματική απεικόνιση των ελληνικών κλιματικών ζωνών. (Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, 2010)

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ

Από την εκτενή ανάλυση των παραπάνω είναι αρκετά κατανοητή η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Με σωστό σχεδιασμό η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μπορεί να σημαίνει έως και 30% μείωση της κατανάλωσης έως 42% μείωση των εκπομπών CO₂.

Η κατανομή των διαφόρων καυσίμων είναι 43% διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% χρήση πετρελαίου, 18% χρήση φυσικού αερίου, 6% άλλα στερεά καύσιμα και κατά 15% από την ηλιακή ενέργεια. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων ο αντίκτυπος είναι εμφανής τόσο στην υγεία και την άνεση καθώς και στην παραγωγικότητα του.

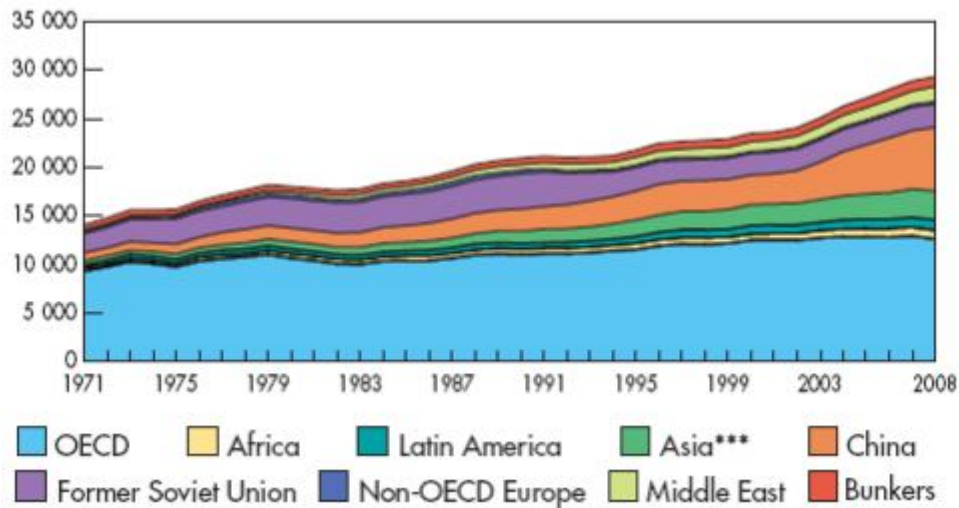
Από τα παραπάνω μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε τους λόγους που απαιτούν την εξοικονόμηση ενέργειας από ενεργειακής και περιβαλλοντικής πλευράς. Επιπλέον, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι επιθυμητή, και για οικονομικούς λόγους. Η εφαρμογή αυτών των τεχνικών υπόσχεται να μειώσει σημαντικά το κόστος λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων και συσκευών, με προφανή τα οικονομικά οφέλη και την τόνωση της εθνικής και τοπικής οικονομίας. Έτσι κάθε χώρα δεν είναι αναγκασμένη πλέον να εισάγει ορυκτά καύσιμα από τρίτες χώρες. Επίσης, ένα προφανές οικονομικό όφελος για κάθε χώρα είναι η δημιουργία χιλιάδων νέων θέσεων εργασίας και η παροχή νέων πηγών εισοδήματος για τους πολίτες της.

2.2.1 Η δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας και το όφελος για το περιβάλλον

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

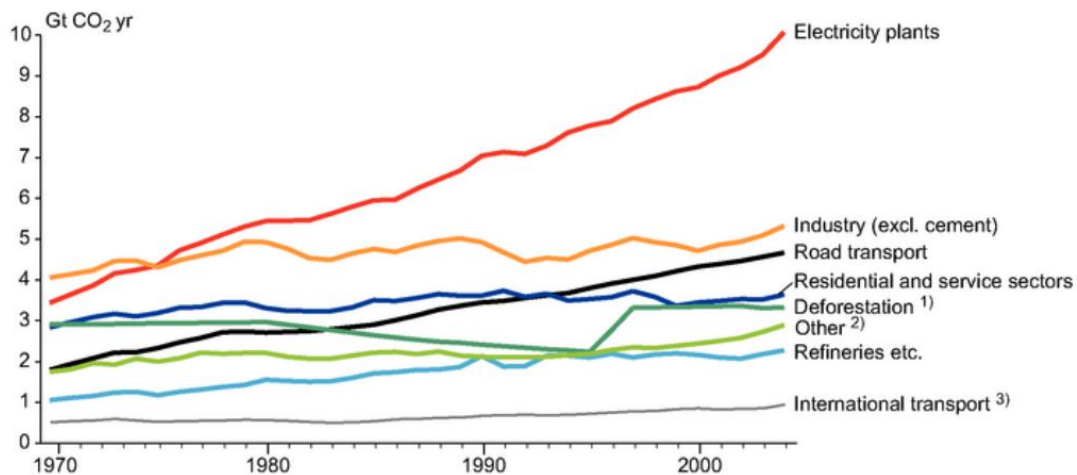
Η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη της σύγχρονης εποχής έχει οδηγήσει στον πολλαπλασιασμό των αναγκών σε ενέργεια. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι το λάδι και ο άνθρακας. Αυτές δεν είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η παραγωγή και η χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές επιβαρύνουν το περιβάλλον και προκαλούν κλιματικές αλλαγές, οι οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει την αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από το έτος 1971 έως το 2008, καθώς αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις.



Σχήμα 2.3: Εξέλιξη εκπομπών CO₂ σε παγκοσμιο επίπεδο 1971-2008 (εκατομμύρια τόνους CO₂) (Πηγή: IPCC, 2007, σελ.115)

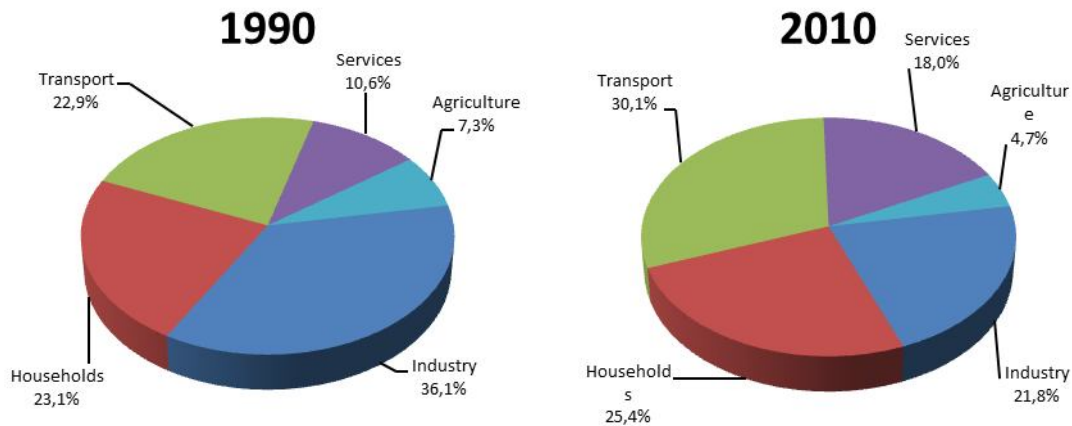
Η μεγαλύτερη αύξηση εκπομπών CO₂ προέρχεται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και από τις οδικές μεταφορές, με τη βιομηχανία, τα νοικοκυριά και τον τομέα των υπηρεσιών να παραμένει στα ίδια περίπου επίπεδα μεταξύ των ετών 1970 και 2004. Μέχρι το 2004, οι εκπομπές CO₂ από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντιπροσώπευαν πάνω από το 27% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ και στον τομέα της ενέργειας ήταν μακράν η πιο σημαντική πηγή του, το 2004, περίπου το 26% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από τον ενεργειακό εφοδιασμό (ηλεκτρισμού και θερμότητας), περίπου 19% .



Σχήμα 2.4: Μόνο άμεσες εκπομπές CO₂ ανά τομέα (Πηγή: IPCC, 2007, σελ. 104)

Στην Ελλάδα το 2010 (Σχήμα 2.5.) ο τομέας των μεταφορών παράγει το 30,1% του συνόλου των εκπομπών CO₂. Το αντίστοιχο μερίδιο εκπομπών CO₂ το 2010 για τα νοικοκυριά ήταν 25,5%, βιομηχανία 21,8%, τριτογενής 18% και γεωργία 4,7%. Το 1990

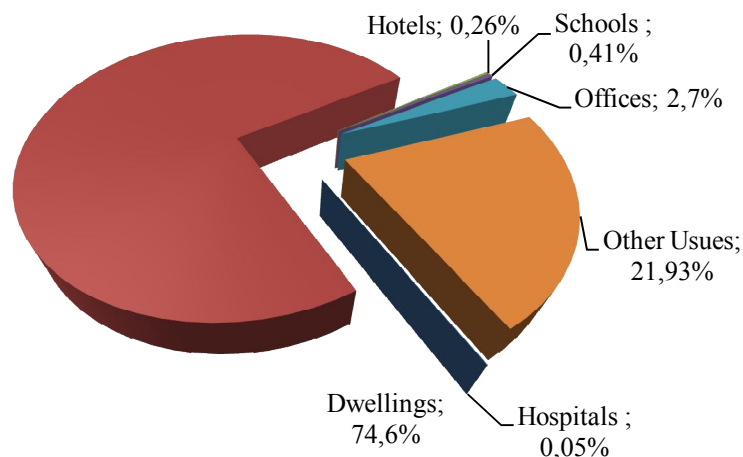
τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 23,1% για τα νοικοκυριά, 22,9% για τις μεταφορές, 36,1% για τη βιομηχανία, 10,6% για την τριτοβάθμια και 7,3% για τη γεωργία.



Σχήμα 2.5: Μερίδιο εκπομπών CO₂ ανά τομέα στην Ελλάδα (1990-2010). (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2012).

ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ

Οι κύριες κατηγορίες του κτιριακού αποθέματος της Ελλάδας ανάλογα με την τελική χρήση των κτιρίων είναι: οι κατοικίες, τα νοσοκομεία, τα ξενοδοχεία, τα σχολεία και τα εμπορικά κτίρια που παρουσιάζονται στην εικόνα 2.6. Τα μη οικιστικά κτίρια αντιπροσωπεύουν περίπου το 25% του συνολικού αριθμού των Ελληνικών κτιρίων για το 1990. Οι κύριες κατηγορίες των κτιριακών αποθεμάτων είναι: γραφεία / εμπορικά (2,74% του συνολικού αριθμού των κτιρίων), σχολεία (0,41%), ξενοδοχεία (0,26%) και νοσοκομεία (0,05%). Άλλες χρήσεις των κτιρίων περιλαμβάνουν εκκλησίες, εργοστάσια, αθλητικές εγκαταστάσεις, αποθηκευτικούς χώρους, κλειστούς χώρους στάθμευσης, κλπ, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 21,9% του συνόλου του αποθέματος, η πλειοψηφία των οποίων έχουν περιοδική χρήση και περιορισμένη συνολική συμβολή στη συνολική κατανάλωση ενέργειας.



Σχήμα 2.6: Κατανομή του Ελληνικού κτιριακού αποθέματος, σύμφωνα με την τελική χρήση των κτιρίων για το 1990 (Πηγή:.. Μπαλαράς 2007).

Η μέση ηλικία των κτιρίων είναι 34 ετών, δηλαδή 30,6 στις πόλεις και 37,8 στις αγροτικές περιοχές. Τα εμπορικά κτίρια αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 2% του αριθμού των κτιρίων, αλλά σχεδόν το 10% της συνολικής επιφάνειας του κτιριακού αποθέματος της. Τα Ξενοδοχεία αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 1% της επιφάνειας του συνολικού κτιριακού αποθέματος της και ευθύνονται για το 6% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Τέλος, τα γραφεία ευθύνονται για το 12% περίπου της συνολικής επιφάνειας του κτιριακού αποθέματος και για το 14% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 αντιστοιχούν στο 74,6% του συνολικού κτιριακού αποθέματος. Τα κτίρια αυτά δεν είναι θερμικά μονωμένα και παρουσιάζουν μια κακή ενεργειακή απόδοση, ενώ για τη συντριπτική πλειοψηφία τους, είναι εξοπλισμένα με παλιές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

2.2.2. Ποιος είναι ο βέλτιστος τρόπος να αξιολογηθεί η ενεργειακή απόδοση ενός δημόσιου κτιρίου σε σχέση με την οικονομική βιωσιμότητα του και τη μείωση των εκπομπών CO₂ σε μηδενικό επίπεδο.

Κατά τα τελευταία 30 χρόνια, έχουν υπάρξει μια σειρά από δημοσιεύσεις, σχετικά με τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε διάφορους τύπους κτιρίων.

Ένα μικρό μέρος των δημοσιεύσεων αυτών εξετάζει την οικονομική διάσταση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Freund, Π. (1979) ήταν από τους πρώτους που ασχολήθηκε με την αποτελεσματικότητα των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια παρέχοντας παραδείγματα κτιρίων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ανέφερε ότι τα μέτρα αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως επενδύσεις, οι οποίες θα πρέπει να αξιολογούνται με ορισμένους γενικούς δείκτες της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας.

Οι Borsch-Lakes, R. και Pohlmann, R. (1993), Πρότειναν το συντελεστή εσωτερικής απόδοσης και έφτιαξαν μια κατάταξη κόστους-αποτελεσματικότητας όλων των εξεταζόμενων μέτρων. Η απαίτηση πρωτογενούς ενέργειας "Triple-E-house" ήταν μόνο το 40% ενός τυπικού γερμανικού χαμηλής ενέργειας σπίτι, το οποίο λαμβάνει υπόψη μόνο τη μείωση του ποσοστού θέρμανσης χώρων ανά όροφο.

Ο Μπαλαράς, (2000) διερεύνησε τη δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας σε πολυκατοικίες, σε τρεις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Ακολούθησαν τη μεθοδολογία "EPIQR" και το αντίστοιχο λογισμικό, το οποίο περιλαμβάνει διάφορες ενότητες που σχετίζονται με την ενέργεια εκτελώντας υπολογισμούς, προκειμένου να έχει ο χρήστης μια αρχική εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας και της εξοικονόμησης ενέργειας. Οι προτεινόμενες δράσεις για την εξοικονόμηση εστιάζονται στη θέρμανση και την ψύξη χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού και φωτισμού.

Ο Ομέρ, (2000) παρουσίασε την παρακολούθηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων (PV), σε δύο κτίρια στο Πανεπιστήμιο του Nottingham. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν ήταν αποδοτικά. Αντίθετα, λίγα χρόνια αργότερα ο Eiffert έδειξε την αποτελεσματικότητα του κτιρίου με ένα ολοκληρωμένο σύστημα φωτοβολταϊκών (BIPV). Ισχυρίστηκε ότι για το σχεδιασμό των φωτοβολταϊκών συστημάτων, συνιστάται είτε η Καθαρή Παρούσα Αξία ή το Κόστος Κύκλου Ζωής.

Επιπλέον (η Κ. Δασκαλάκη και η Κ. Σερμπετζόγλου) δείχνουν ότι αν η εφαρμογή των μέτρων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων έχει εγκριθεί, θα πρέπει να αναμένεται ότι η ενσωμάτωση των συστημάτων εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε δημόσια κτίρια, όπως η πλειοψηφία των σχολείων, θα είναι μια αναγκαιότητα. Η αύξηση της ζήτησης της αγοράς για τα συστήματα αυτά αναμένεται να μειώσει το κόστος αγοράς τους και να βελτιώσει τα οικονομικά κριτήρια απόδοσης.

Ο στόχος και ταυτόχρονα η συνεισφορά της παρούσας εργασίας είναι να προτείνει μια σειρά μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας κτιρίου με μηδενικές εκπομπές CO₂. Τα μέτρα αυτά αφορούν σε ένα υπάρχον κτίριο με ειδικά χαρακτηριστικά κατασκευής και ενέργειας. Ο στόχος είναι να ταξινομήσει τις διάφορες παρεμβάσεις ανάλογα με τη σημασία τους και να εντοπίσει εκείνες οι οποίες, εκτός από το κέρδος ενέργειας, θα μπορούσαν επίσης να προσφέρουν οικονομικά οφέλη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλες

οι τιμές που αναφέρονται και χρησιμοποιούνται στην παρούσα αξιολόγηση, είναι τιμές του 2012.

Σύμφωνα με το έργο του Μπαλαρά, CA (1994), Γεωργοπούλου, (2006), Θεοδοσίου, Ορδουμποζιάνης, ΚΤ (2007), Μπαλαράς, CA (2007) και Περέζ, Υ-και Καπελούτο, IG (2008). Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν μελετηθεί χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Συγκεκριμένα:

- Εξοικονόμηση ενέργειας με μόνωση. Εδώ, γίνεται προσπάθεια να περιοριστούν οι αρνητικές επιδράσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος στην επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου με όσο το δυνατόν πιο ορθολογική χρήση των θερμικών ή ηλεκτρικών πηγών ενέργειας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της αναβάθμισης των συστημάτων θέρμανσης. Ο υπάρχων καυστήρας ή / και λέβητας πετρελαίου αντικαθίσταται με νέο, πιο οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον καυστήρα ή / και λέβητα φυσικού αερίου (NG). Επιπλέον, η ενδεχόμενη χρήση αυτόματων συστημάτων ελέγχου της θερμοκρασίας εξασφαλίζει ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου.
- Εξοικονόμηση ενέργειας από την αναβάθμιση του φωτισμού και των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Σε αυτή την περίπτωση, οι παλιές τεχνολογίας λαμπτήρες πυρακτώσεως αντικαθίσταται με λαμπτήρες χαμηλής ενέργειας (φθορισμός). Επιπλέον, οι παλιές ηλεκτρικές συσκευές αναβαθμίζονται με νέες ενεργειακά πιο αποδοτικές, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου.
- Εξοικονόμηση ενέργειας από την αναβάθμιση του συστήματος ψύξης. Εδώ, το παλιό σύστημα κλιματισμού αντικαθίσταται με ένα νέο τελευταίας τεχνολογίας, το οποίο κατατάσσεται στην κατηγορία Α, η οποία είναι πιο αποτελεσματική, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον.

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να κάνουμε τις ακόλουθες παρατηρήσεις σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια:

Σήμερα, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκές κυψέλες είναι 2,5 φορές υψηλότερη από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Ωστόσο, η πρόοδος σε φωτοβολταϊκά συστήματα έχει αρχίσει να περιορίζει αυτή τη διαφορά. Εάν συμπεριλάβουμε και τα περιβαλλοντικά οφέλη (π.χ. η μείωση κατά 1 kWh εξοικονομεί 0,989 kg εκπομπών CO₂), τότε η συγκεκριμένη επένδυση σύντομα θα αξίζει να εξεταστεί. Είναι αξιοσημείωτο επίσης το γεγονός ότι η συμπεριφορά των κατοίκων των κτιρίων διαφοροποιεί θετικά ή αρνητικά τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων και, κατά συνέπεια, την αξιολόγηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Για παράδειγμα, οι πιθανές απαιτήσεις των κατοίκων για υπερβολική αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας ή ένας απερίσκεπτος εξαερισμός των χώρων μπορεί να οδηγήσει σε αδικαιολόγητη αύξηση των δαπανών θέρμανσης.

Από την άλλη πλευρά, η μείωση της απαιτούμενης θερμοκρασίας δωματίου ή της συχνότητας αερισμού, πέραν των αποδεκτών θερμικών ορίων υγιεινής, ακόμα και αν αυτό οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας, υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής των κατοίκων στα κτίρια.

2.3 ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

2.3.1 Το θέμα: Μηδενικές εκπομπές CO₂ σε κτίριο

Η πρόκληση της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο απαιτεί αλλαγές συμπεριφοράς στον τρόπο ζωής και κατανάλωσης ενέργειας σε ανθρώπους, καθώς και η χρήση πιο αποδοτικών τεχνολογιών όσον αφορά τη μεταποίηση και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η αναγκαιότητα της αύξησης των εκπομπών CO₂ από τον τομέα των κατασκευών, οδήγησε στην εισαγωγή μιας νέας έννοιας. Την έννοια της μηδενικής εκπομπής CO₂ σε κτίριο.

Η έννοια του ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) (κτίριο μηδενικής εκπομπής CO₂) είναι μια σύνθετη έννοια με πολλές προσεγγίσεις που προβάλλει διάφορες πτυχές του ZEB. Επιπλέον, ο υπολογισμός του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου που είναι εξοπλισμένο με επί τόπου ή/και εκτός του χώρου των ανανεώσιμων πηγών, συστήματα παραγωγής ενέργειας και/ή αλληλεπιδρούν με το δίκτυο κοινής ωφελείας και προσπαθούν να εκπληρώσουν τον στόχο του μηδενός δεν είναι και πολύ εύκολο. Πόσο μάλλον, χωρίς σαφή υποστήριξη και τυποποιημένη μεθοδολογία για τον υπολογισμό του «μηδέν». Μερικές εθελοντικές περιβαλλοντικές μέθοδοι αξιολόγησης υπάρχουν όπως LEED ή BREEAM, αλλά έχουν πολύ ευρύτερο πεδίο εφαρμογής από ό, τι το τρέχον πλαίσιο που λειτουργεί για τη ZEB.

Η έννοια της σχεδόν μηδενικής ενέργειας κτιρίων εισήχθη στην Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD), στο άρθρο 9, «σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας Κτιρίων» (nZEB) ως μια μελλοντική απαίτηση που πρέπει να εφαρμοστεί από το 2019 και μετά, για δημόσια κτίρια και από το 2021 και μετά για όλα τα νέα κτίρια. (Οδηγία 2010/31/ΕΕ)

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες για τα ZEB

- Κτίριο μηδενικής ενέργειας είναι αυτό το οποίο είναι χτισμένο έτσι ώστε να επωφελείται πλήρως από την βιοκλιματική αρχιτεκτονική, έχει τις ελάχιστες δυνατές ενεργειακές απαιτήσεις, και η εισερχόμενη με την απερχόμενη ενέργεια από το δίκτυο πρέπει να είναι ίση κατά τη διάρκεια ενός έτους (Torcellini, 2006)
- Κτίριο σχεδόν μηδενικής ενέργειας είναι το κτίριο το οποίο έχει πολύ υψηλή ενεργειακή συμπεριφορά. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ μικρή ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται ώστε να λειτουργήσει το κτίριο θα πρέπει να καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από ΑΠΕ που παράγεται στο χώρο του κτιρίου είτε κοντά στον τόπο όπου βρίσκεται το ακίνητο. (Οδηγία 2006/32/ΕΚ)

Οι στόχοι για την εφαρμογή των ZEBs συζητούνται και προτείνονται σε διεθνές επίπεδο, π.χ. στις ΗΠΑ, στο πλαίσιο της Ενέργειας (Energy In dependence and Security του 2007 (EISA 2007) και, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, στο πλαίσιο της αναδιατύπωσης της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (OEEK) που εγκρίθηκε τον Μάιο του 2010. Η EISA 2007 εξουσιοδοτεί την Καθαρή ZEB Εμπορική Πρωτοβουλία για την υποστήριξη του στόχου της μηδενικής καθαρής ενέργειας για όλα τα νέα εμπορικά κτίρια μέχρι το 2030. Στοχεύει περαιτέρω για το 50% των αμερικανικών εμπορικών κτιρίων μέχρι το 2040 και το καθαρό μηδέν για όλα τα εμπορικά κτίρια στις ΗΠΑ έως το 2050 (Marszal AJ 2011). Ο OEEK καθορίζει το «σχεδόν μηδενικής ενέργειας κτιρίων» ως στόχο από το 2018 για όλα τα κτίρια δημόσιας ιδιοκτησίας ή που

χρησιμοποιούνται από δημόσιες αρχές και από το 2020 για όλα τα νέα κτίρια, (οδηγία 2010/31/EE). Με τον καθορισμό αυτών των στόχων, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι σχεδόν ZEBs θα πρέπει να είναι πραγματικότητα σε μόλις οκτώ χρόνια.

Ο Torcellini,(2006) είναι ένας από τους πρώτους που συνέβαλαν σημαντικά στο θέμα αυτό προτείνοντας επιμέρους επιλογές με το παραπάνω επιλογές εφοδιασμού. Επιπλέον, Torcellini,(2006) προτείνει μια κατάταξη των προτιμώμενων εφαρμογών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Πίνακας 2.3: Ιεραρχία δυνατοτήτων ZEB για ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (Πηγή: Torcellini 2006.).

Επιλογή	ZEB supply-side options	Examples
0	Reduce site energy use through low-energy building technologies	Daylighting, high-efficiency HVAC equipment, natural ventilation, evaporative cooling, etc.
On-site supply options		
1	Use renewable energy sources available within the building's footprint	PV, solar hot water, and wind located on the building
2	Use renewable energy sources available at the site	PV, solar hot water, low-impact hydro, and wind located on-site, but not on the building
Off-site supply options		
3	Use renewable energy sources available off site to generate energy on site	Biomass, wood pellets, ethanol, or biodiesel that can be imported from off site, or waste streams from on-site processes that can be used on-site to generate electricity and heat
4	Purchase off-site renewable energy sources	Utility-based wind, PV, emissions credits, or other "green" purchasing options. Hydroelectric is sometimes considered

Ο Marszal,(2009) προσπάθησε να αναπαραστήσει γραφικά τις πιθανές επιλογές των ανανεώσιμων πηγών ενεργειακού εφοδιασμού προτείνοντας διαφορετικές μεθοδολογίες υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης.

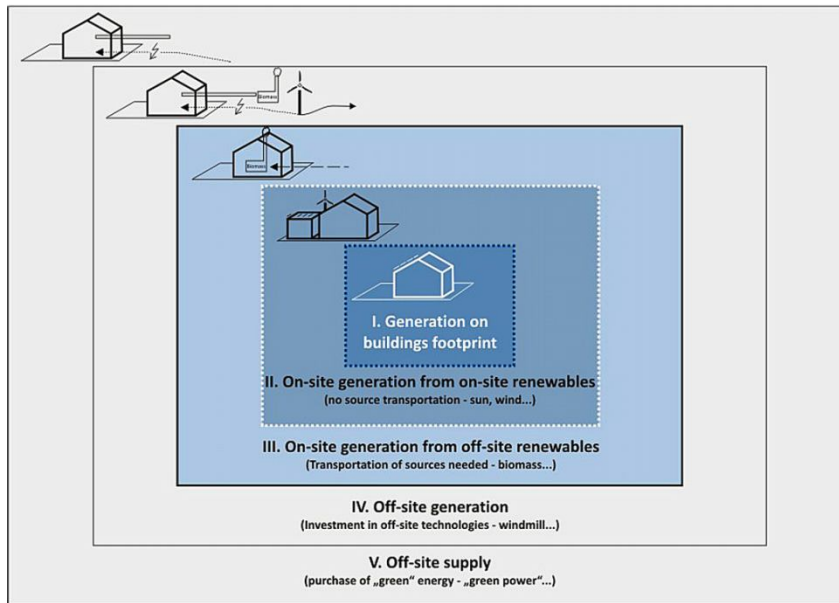


Figure 2.7: Overview of possible renewable supply options. (Πηγή: Marszal et al., 2010).

2.3.2. Η Περιοχή: Εκπομπές CO₂ από δημόσιο τομέα στην Α κλιματική ζώνη της Ελλάδας(Κρήτη)

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα της ευκαιρίας που δίνεται για την ενσωμάτωση της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα. Ενώ οι κυβερνήσεις επιλέγουν να χτίσουν ή να εκσυγχρονίσει τις εγκαταστάσεις για πολλούς λόγους, η ενσωμάτωση των θεμάτων ενεργειακής απόδοσης μπορεί να μειώσει το κόστος και να βελτιώσει την απόδοση του κτιρίου.

Στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 1990-2010 οι συνολικές εκπομπές CO₂, (συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας) είναι αυξημένες κατά 17,8%. Το σχήμα δείχνει την τάση των εκπομπών CO₂ και την κατανομή των εκπομπών CO₂ ανά τομέα. Μετά το 2007, εξαιτίας της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στους περισσότερους από τους τομείς στην Ελλάδα, η μείωση των εκπομπών CO₂ επεκτείνεται.

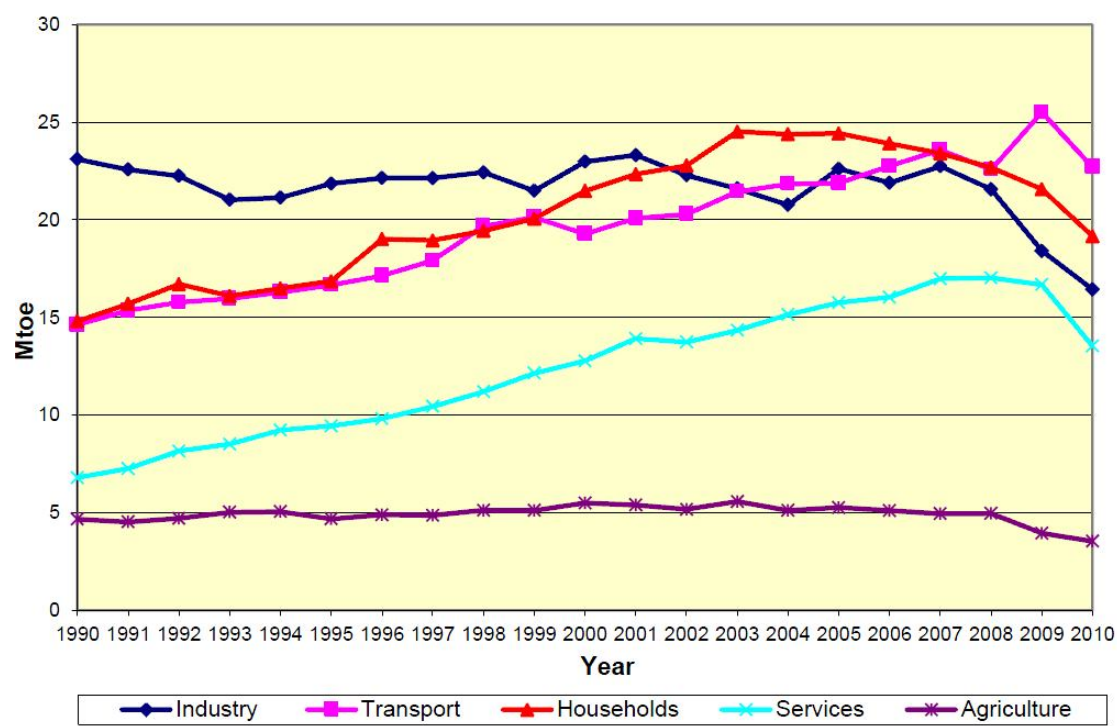


Figure 2.8.: CO₂ emissions trends by Sector in Greece (1990-2010). (Πηγή: CRES, 2012).

Η κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των υπηρεσιών σχεδόν τριπλασιάστηκε από 0,7 Mtoe το 1990 σε 1,91 Mtoe το 2010. Αυτή η αυξανόμενη τάση προέρχεται από την αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (0,48 Mtoe το 1990 σε 1,5 Mtoe το 2010). Από το 1998 με την εισαγωγή του Φυσικού Αερίου στο ενεργειακό μείγμα η τελική κατανάλωση αυξήθηκε με γρήγορους ρυθμούς και αυτή η ταχέως αναπτυσσόμενη τάση αναμένεται να διατηρηθεί μέχρι το 2008. Παρά το γεγονός ότι ο τομέας των υπηρεσιών τελικής κατανάλωσης αυξήθηκε σταθερά, ήταν ένα από τους πρώτους τομείς που στήριζαν τις επιπτώσεις της οικονομικής ύφεσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Το γεγονός αυτό οδήγησε στη μείωση της τελικής κατανάλωσης του τομέα, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2 ετών. Η κατανάλωση των προϊόντων

πετρελαίου, η οποία είναι το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται από τον τομέα των νοικοκυριών, μειώθηκε κατά 8,6% μεταξύ 2008 και 2010 (SRES, 2012).

Σύμφωνα με την έκθεση του ΚΑΠΕ, (1995), καθώς και την έρευνα του Σανταμούρη (2007) οι αυξημένες τιμές που δίνονται παραπάνω είναι κυρίως το αποτέλεσμα των προβλημάτων που αναφέρονται:

- Η ανισορροπία του φωτισμού στα δωμάτια έχει σαν αποτέλεσμα την σπατάλη ενέργειας, λόγω της κακοδιαχείρισης του φωτός.
- Λόγω του ακατάλληλου προσανατολισμού και της λάθος μόνωσης στους τοίχους, υπάρχει μεγάλη σπατάλη ενέργειας για την επίτευξη θερμικής άνεσης τόσο για το χειμώνα όσο και για το καλοκαίρι.
- Ανεπαρκής λειτουργία της θέρμανσης λόγω της κακής συντήρησης των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης.

Ως εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας για τη "Σχεδόν μηδενική ενέργεια κτιρίου" (οδηγία 2006/32/EK), καθώς και το Νόμο 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις», επιλέχθηκε το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης, στο οποίο θα εφαρμοστούν όλες οι τεχνικές και τα μέτρα ανακαίνισης.

Το κτίριο της Περιφέρειας Κρήτης βρίσκεται στο κέντρο της πόλης του Ηρακλείου, ανακατασκευάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1920. Το κτίριο αυτό αποτελεί ένα από τα τρία τμήματα του συγκροτήματος της Λεωφόρου Δικαιοσύνης.

Σχήμα 2.9: (Θέση κτιρίου περιφέρειας Κρήτης). (Πηγή: Google Earth, 2013).



Ο μεγάλος άξονας του κτιρίου εκτείνεται από τη Δύση στην Ανατολή με την κύρια είσοδο του κτιρίου να βρίσκεται στη ανατολική όψη του. Η ακριβής του γεωγραφική διεύθυνση προσδιορίζεται σε γεωγραφικές συντεταγμένες ($35^{\circ}20'16$, $25^{\circ}08'07$). Πρόκειται για ένα τυπικό κτίριο δημόσιου/ χαρακτήρα. Ανήκει, δηλαδή, σε μια κατηγορία κτιρίων που αναμένεται να διαδραματίσουν στο μέλλον πρωταγωνιστικό ρόλο στην εφαρμογή των κανονισμών για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στο κτίριο στεγάζονται πλήθος γραφείων, μεταξύ άλλων και το γραφείο του περιφερειάρχη, όπου υπάρχει μια ιδιαιτερότητα στις καταναλώσεις του. Όλα τα γραφεία του κτιρίου εξυπηρετούν όχι μόνο τους πολίτες του Ηρακλείου αλλά ολόκληρης της νήσου Κρήτης. Αποτελείται από το ισόγειο και δύο ορόφους με τον έναν να έχει σχεδόν

τις μισές εξωτερικές διαστάσεις του άλλου. Το κτίριο είναι εκτεθειμένο από όλες τις πλευρές ενώ στην δυτική πλευρά και σε απόσταση 20 μ στεγάζεται το κτίριο των δικαστηρίων. Η ανατολική πλευρά του ισόγειου, στην οποία βρίσκεται, μεταξύ άλλων και η κεντρική του είσοδος, έχει έναν χώρο αναμονής και μια εσωτερική σκάλα ενώ από η νότια πλευρά της εισόδου οδηγεί σε γραφεία.

Η βορεινή πλευρά του ισόγειου αποτελείται από , γραφεία και αποθηκευτικούς χώρους, καθώς επίσης και το λεβητοστάσιο. Στους δύο ορόφους στεγάζονται αποκλειστικά γραφεία προσωπικού, μια αίθουσα διαλέξεων και το γραφείο του περιφερειάρχη όπου περιλαμβάνει έναν χώρο αναμονής. Το δώμα του πρώτου ορόφου δεν χρησιμοποιείται για κάποιο σκοπό παρά μόνο ως χώρος τοποθέτησης των ψυκτικών μονάδων, ενώ το δώμα του δεύτερου ορόφου δεν έχει καμιά χρήση. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες του κτιρίου, καθώς και οι κατόψεις του κτιρίου.

Σχήμα 2.10: Ανατολική πλευρά με το εξεταζόμενο κτίριο. (Πηγή: Ο συγγραφέας).



	Μήκος	Πλάτος	Ύψος
Ισόγειο	43.55	17.75	4.54
1 ^{ος} όροφος	43.55	16.85	3.8
2 ^{ος} όροφος	43.55	16.85	3.8

Πίνακας 2.4: Διαστάσεις κτιρίου του δήμου της Κρήτης. (Πηγή: ο συγγραφέας).



Σχήμα 2.11: Βόρεια πλευρά του εξεταζόμενου κτιρίου. (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Στο κτίριο δεν έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές βελτιώσεις και παρεμβάσεις στο κέλυφός του, ενώ η σημαντικότερη μεταβολή στη λειτουργία του πραγματοποιήθηκε το 2006 με την προσθήκη αντλίας θερμότητας πέραν της υφιστάμενης για λόγους κάλυψης των ψυκτικών και θερμικών αναγκών. Το γεγονός ότι δεν πραγματοποιήθηκε ουσιαστική ανακαίνιση στο κτιριακό κέλυφος έχει αρνητικές επιπτώσεις τόσο στις συνθήκες άνεσης του κτιρίου όσο και στο λειτουργικό του κόστος και στην περιβαλλοντική του συμπεριφορά.

2.3.3. Κενό στη γνώση: Η έλλειψη διαθέσιμων δεδομένων για την αντιμετώπιση ολιστικά το θέμα της ενεργειακής απόδοσης των δημοσίων κτιρίων

Αναγνωρίζοντας την ποικιλία του πολιτισμού στην οικοδόμηση και το κλίμα σε ολόκληρη την ΕΕ, ο ΟΕΕΚ δεν καθορίζει μια ενιαία προσέγγιση για την υλοποίηση σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας Κτίρια και ούτε περιγράφουν μια μεθοδολογία υπολογισμού για το ενεργειακό ισοζύγιο. Για να προσθέσετε ευελιξία, απαιτεί από τα κράτη μέλη να καταρτίσουν ειδικά σχεδιασμένα εθνικά σχέδια για την αύξηση του αριθμού των σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τις εθνικές, περιφερειακές ή τοπικές συνθήκες. Τα εθνικά σχέδια θα πρέπει να μεταφράσει την έννοια της σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια και πρακτικές που εφαρμόζονται τα μέτρα και οι ορισμοί να αυξάνεται σταθερά ο αριθμός των σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας Κτίρια.

Ως εκ τούτου, αν ZEB θεωρείται ως μελλοντικό στόχο για τα κτίρια, είναι ένα βασικό ζήτημα για την ανάπτυξη μιας σωματικά πειστική, ισχυρή και μεταδοτικών μεθοδολογία υπολογισμού που να αντανακλά την ιδέα και να διευκολύνει το έργο των δύο αρχιτεκτόνων και μηχανικών στο σχεδιασμό κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Η αύξηση της κατανάλωσης, όπως αναφέρεται σε προηγούμενα κεφάλαια, συνεπάγεται με σημαντικό κόστος για τον κρατικό προϋπολογισμό, με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς και την έλλειψη συνθηκών άνεσης στο γραφείο μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα του υπαλλήλου.

Μια σημαντική παράμετρος για την ανάληψη δράσης για την ενεργειακή αναβάθμιση των δημοσίων κτιρίων είναι η αποδεδειγμένη γνώση της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας τους.

Το σύνολο του προτεινόμενου έργου θα συμβάλει σε αυτό με την παροχή up-to-νημερωμένες πληροφορίες, και θεωρείται πρωτοποριακό όσον αφορά την ανακαίνιση ή την κατασκευή ενός κτιρίου μηδέν ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Η κύρια έλλειψη γνώσης που εμφανίζονται είναι: (Paolo Bertoldi, Π., Rezessy, S.)

- Η έλλειψη εκπαιδευμένου προσωπικού για την πλήρη υλοποίηση του ZEB. Άγνοια για το πώς ένας ιδιοκτήτης μπορεί να επωφεληθεί από τις τοπικές κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Πώς οι χρήστες με τη συμπεριφορά τους να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη μιας ZEB. πώς η πολεοδομία μπορεί συχνά να φαίνεται σαν ένα εμπόδιο για ορισμένες τεχνικές.
- Έλλειψη συγκεκριμένες οδηγίες για να φτάσετε στο ZEB από την ελληνική νομοθεσία
- Έλλειψη ισορροπίας κόστους - Εξοικονόμηση Ενέργειας.
- Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση σε περίπτωση ενός τέτοιου σχεδίου

2.4 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ Ή ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Ο στόχος αυτής της ενότητας είναι να προσδιορίσει το βασικό υλικό και τα απαραίτητα αποδεικτικά στοιχεία προκειμένου να καθορίσει το πρακτικό πρόβλημα το θεωρητικό και το πρόβλημα της έρευνας.

1. Ποια είναι τα σημερινά πρότυπα και οι κατευθυντήριες γραμμές βάσει των οποίων λειτουργούν τα δημόσια κτίρια;
2. Χρειαζόμαστε να καθορίσουμε νέες κατευθυντήριες γραμμές;
3. Ποια είναι η ενεργειακή απόδοση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος (συμπεριλαμβανομένων όλων των σχετικών δεικτών);
4. Ποια είναι τα κύρια καύσιμα που χρησιμοποιούνται;
5. Ποιες είναι οι διάφορες τελικές χρήσεις (ανάλυση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας);
6. Ποια είναι τα «πράσινα» κέρδη από τις επικείμενες παρεμβάσεις;
7. Πώς συγκρίνονται τα κτίρια γραφείων με άλλους τύπους ελληνικών κτιρίων (σχολεία, κατοικίες, εμπορικά κλπ);
8. Πώς συγκρίνονται με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά δημόσια κτίρια;
9. Ποια είναι τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που θα πρέπει να θεσπισθούν προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση τους;
10. Πόσο οικονομικά βιώσιμες είναι οι λύσεις που προτείνονται;
11. Υπάρχει σχέση μεταξύ ενεργειακής απόδοσης και IEQ εκεί;

2.5 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτό το κεφάλαιο προσπάθησε να καθορίσει το πλαίσιο της έρευνας όσον αφορά την ανάλυση του θεωρητικού και του πρακτικού προβλήματος, αλλά και θέτοντας τα ερωτήματα της έρευνας. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αποκάλυψε τις αυξητικές τάσεις της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών σχετικά με τον ελληνικό οικοδομικό τομέα. Ενώ αναφέρθηκαν οι λόγοι για τους οποίους τα δημόσια κτίρια έχουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Ως εκ τούτου, στο πλαίσιο του πρακτικού προβλήματος, η βελτίωση της ανάγκης να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ στα δημόσια κτίρια κατά διάφορους λόγους (ανθρωπιστικές, οικονομικές, νομοθετικές και βιωσιμότητα), θα έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της υγείας και της παραγωγικότητας των ενοίκων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο ακολουθείται μια αναλυτική, βήμα προς βήμα καταγραφή της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης, για τη διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης. Τα στάδια της ενεργειακής επιθεώρησης, που λαμβάνουν χώρα και περιγράφονται παρακάτω, δεν αφορούν μόνο κτίρια γραφείων τριτογενή τομέα, αλλά γενικά κτίρια που ανήκουν στο βιομηχανικό, στον ευρύτερο εμπορικό ή δημόσιο τομέα, ακόμη και σε κτίρια του οικιακού τομέα.

Ο διαχωρισμός των σταδίων της μεθοδολογίας, έγινε όχι μόνο εξαιτίας της χρονικής ακολουθίας των διαδικασιών που πραγματοποιούνται κατά τη διεξαγωγή μιας ενεργειακής επιθεώρησης, αλλά κατά βάση επιχειρείται να δοθεί μια λογική σειρά, περιγραφής των βημάτων που θα πρέπει να ακολουθούνται, με σκοπό, η κατάληξη της μεθοδολογίας να οδηγεί στο οριστικό συμπέρασμα, σχετικά με το στόχο του προβλήματος της έρευνας.

Κάθε μπλοκ στο διάγραμμα ροής καθορίζει τους υπολογισμούς που θα χρειαστούν για την εύρεση της μείωσης των εκπομπών CO₂, όταν πραγματοποιείται κάποιο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας.

3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η ερευνητική διαδικασία δείχνει τον τρόπο που εφαρμόζεται ο νόμος 3661 για τα δημόσια κτίρια και συγκεκριμένα για το κτίριο της Περιφέρειας Κρήτης. Ταυτόχρονα δείχνει τα βήματα υπολογισμού για την εύρεση της νέας περιβαλλοντικής απόδοσης όσον αφορά τις εκπομπές CO₂. Ένας υπολογιστικός αλγόριθμος αναπτύχθηκε προκειμένου να παρουσιάσει μια ανάλυση σε βάθος, των βημάτων που εμπλέκονται στην έρευνα του πυρήνα του προβλήματος που είναι η μείωση των εκπομπών CO₂ σε μηδενικό επίπεδο.

Ο υπολογιστικός αλγόριθμος του σχεδίου ερευνητικής διαδικασίας περιλαμβάνει εισόδους, εξόδους, σταθερές παράμετρος, και βρόχους ελέγχου θεωρίας. Οι εισοδοί είναι δεδομένα που έχουν ανακτηθεί από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του με το εξεταζόμενο κτίριο. Οι έξοδοι είναι τα αποτελέσματα των υπολογισμών από το λογισμικό TEE-KENAK και από τον ερευνητή. Οι σταθερές παράμετροι έχουν προσδιοριστεί, έτσι ώστε να έχουν ένα κοινό σημείο αναφοράς για τη διαδικασία προσομοίωσης. Βρόχοι ελέγχου βρίσκονται σε σημεία ζωτικής σημασίας, προκειμένου να παρατηρηθεί οποιαδήποτε απόκλιση από τις βασικές εξισώσεις που περιβάλλουν την ανάλυση.

Οι Είσοδοι περιλαμβάνουν:

- Κατασκευαστικός τύπος διαφανών επιφανειών: Καθορίζεται ο τύπος του ανοίγματος, ανάλογα με τον τύπο πλαισίου, το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος και το υλικό του υαλοπίνακα.
- Εισαγωγή του είδους του συστήματος ψύξης – θέρμανσης: Καθορίζεται ο τύπος της μονάδας παραγωγής ψυκτικής – θερμικής ενέργειας. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει για παράδειγμα, Υδροψυκτική Α.Θ, Αερόψυκτη Α.Θ, Γεωθερμική Α.Θ. με οριζόντιο εναλλάκτη, κτλ.
- Πηγή τροφοδοσίας των συστημάτων ψύξης – θέρμανσης: Καθορίζεται η πηγή ενέργειας της συγκεκριμένης μονάδας: Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει για παράδειγμα: Φυσικό αέριο, Πετρέλαιο θέρμανσης, Ηλεκτρική ενέργεια, Υγραέριο, Βιομάζα, κ.τ.λ.
- Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος ψύξης – θέρμανσης: Εισάγεται η θερμική ισχύς (KW) της κάθε μονάδας παραγωγής θερμικής – ψυκτικής ενέργειας.
- Συντελεστής επίδοσης συστήματος ψύξης – θέρμανσης.
- Εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών σωμάτων (KW).
- Κατηγορία διατάξεων ελέγχου & αυτοματισμών: Καθορίζεται, η κατηγορία διατάξεων αυτομάτου ελέγχου που αφορούν στα συστήματα Θέρμανσης / Ψύξης.
- Τύπος Φ/Β πλαισίου: επιλέγεται ο τύπος των Φ/Β πλαισίων που πρόκειται να εγκατασταθεί ή που είναι ήδη εγκατεστημένο (π.χ. μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό, κτλ).
- Επιφάνεια κάλυψης Φ/Β πλαισίων: Εισάγεται η συνολική επιφάνεια των Φ/Β.
- Συνολική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β πλαισίων: Εισάγεται η συνολική ονομαστική ισχύς των ΦΒ.
- Προσανατολισμός και κλίση Φ/Β πλαισίων.
- Κόστος εφαρμογής των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι Έξοδοι περιλαμβάνουν:

- Ανηγγεμένη θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης (Cm): Εισάγεται η μέση ειδική θερμοχωρητικότητα της κατασκευής.
- Συντελεστής σκίασης αδιαφανών επιφανειών, από οριζόντια χειμώνα – καλοκαίρι (Fhor_c, Fhor_h).
- Συντελεστής σκίασης αδιαφανών επιφανειών από προβόλους ή τέντες χειμώνα – καλοκαίρι (Fov_c, Fov_h).
- Συντελεστής σκίασης αδιαφανών επιφανειών από πλευρικές προεξοχές χειμώνα – καλοκαίρι (Ffin_c, Ffin_h).
- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) αδιαφανών επιφανειών.
- Υπολογισμός πάχους θερμομόνωσης (d)
- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) διαφανών επιφανειών
- Συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία των υαλοπινάκων (gw)
- Συντελεστής σκίασης διαφανών επιφανειών, από οριζόντια χειμώνα – καλοκαίρι (Fhor_c, Fhor_h)
- Συντελεστής σκίασης διαφανών επιφανειών από προβόλους, περσίδες ή τέντες χειμώνα – καλοκαίρι (Fov_c, Fov_h)

- Συντελεστής σκίασης διαφανών επιφανειών από πλευρικές προεξοχές χειμώνα – καλοκαίρι (F_{fin_c} , F_{fin_h})
- Βαθμός απόδοσης δικτύου διανομής
- Βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων ($\eta_{em,t}$)
- Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση
- Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη
- Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό
- Συνεισφορά ΑΠΕ στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου.
- Συνολική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου.
- Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου.
- Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου ανά μήνα για θέρμανση – ψύξη – ύγρανση
- Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου ανά μήνα για θέρμανση – ψύξη – φωτισμό
- Ενεργειακή συνεισφορά ανά μήνα από ΑΠΕ
- Συνολική κατανάλωση καυσίμου από κάθε πηγή ενέργειας
- Συνολικές εκπομπές CO₂ από κάθε πηγή ενέργειας.
- Εκπομπές CO₂ για το κτίριο αναφοράς
- Εκπομπές CO₂ για το υπάρχον κτίριο
- Εκπομπές CO₂ για το κτίριο μετά την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
- Χρόνος αποπληρωμής των εφαρμοζόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι σταθερές παράμετροι περιλαμβάνουν:

- Επίσκεψη του εξεταζόμενου κτιρίου
 - Παροχή αέρα από μηχανικό αερισμό σε τμήματα ψύξης – θέρμανσης
 - Ειδική ηλεκτρική ισχύ των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής της μονάδας (Event).
 - Ισχύ και χρόνο λειτουργίας ανελκυστήρα
 - Αριθμός ορόφων
 - Ύψος τυπικού ορόφου
 - Ύψος ισογείου
 - Διαστάσεις αδιαφανών επιφανειών
 - Διαστάσεις διαφανών επιφανειών
 - Διαστάσεις κελύφους
 - Θερμαινόμενος όγκος: εισάγεται ο συνολικός όγκος των υπό εξέταση θερμικών ζωνών
 - Προσδιορισμός χρήσης κτιρίου: (π.χ. κτίριο γραφείων, νοσοκομείο, οικία, κ.τ.λ)
 - Προσανατολισμός κτιρίου
- Τα βήματα του υπολογιστικού αλγορίθμου θα γίνουν με την ακόλουθη σειρά:

A) Θα πραγματοποιηθούν επισκέψεις στο εξεταζόμενο κτίριο με σκοπό να συλλεχτούν όλα τα παραπάνω δεδομένα και να καταγραφούν.

B) Θα προσδιοριστούν και θα καταγραφούν όλες οι σταθερές και τα δεδομένα που αναφέρθηκαν προηγουμένως με σκοπό το λογισμικό TEE-KENAK να θεσει κάποια σταθερά για το κτίριο αναφοράς που δημιουργεί, με σκοπό την σύγκριση του με το υπάρχον κτίριο, που δεν είναι άλλο από το κτίριο που δημιουργούμε.

Γ) Έπειτα υπολογίζονται όλοι οι παράμετροι που απαιτείται ώστε το λογισμικό TEE-KENAK να εξάγει δεδομένα. Τέτοιοι παράμετροι είναι: οι συντελεστές σκίασης

διαφανών και αδιαφανών επιφανειών, οι συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών και αδιαφανών επιφανειών, ο βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων ψύξης/θέρμανσης και ο βαθμός απόδοσης δικτύου διανομής ψυκτικού/θερμικού μέσου.

Δ) Εισάγουμε όλες τις παραπάνω παραμετρούς και όλα τα δεδομένα των βημάτων Α έως Γ στο λογισμικό TEE-KENAK.

Ε) Εξαγωγή Αποτελεσμάτων του λογισμικού TEE-KENAK όπως:

1. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση,
2. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη,
3. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό,
4. Συνεισφορά ΑΠΕ στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου,
5. Συνολική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου,
6. Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου,
7. Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου ανά μήνα για θέρμανση – ψύξη – ύγρανση,
8. Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου ανά μήνα για θέρμανση – ψύξη – φωτισμό,
9. Ενεργειακή συνεισφορά ανά μήνα από ΑΠΕ,
10. Συνολική κατανάλωση καυσίμου από κάθε πηγή ενέργειας,
11. Συνολικές εκπομπές CO₂ από κάθε πηγή ενέργειας,
12. Εκπομπές CO₂ για το κτίριο αναφοράς,
13. Εκπομπές CO₂ για το υπάρχον κτίριο,

Σε περίπτωση εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας το λογισμικό εξάγει δεδομένα όπως:

14. Χρόνος αποπληρωμής των εφαρμοζόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας,
15. Κόστος εφαρμογής των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
16. Εκπομπές CO₂ για το κτίριο μετά την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Ζ) Πραγματοποιείται σύγκριση μετά την εξαγωγή των δεδομένων, για το κατά πόσο η ενεργειακή κατάταξη του εξεταζόμενου κτιρίου (συνολική πρωτογενής κατανάλωση) ικανοποιεί τον ερευνητή και τις ευρωπαϊκές οδηγίες. Στην περίπτωση όπου δεν ικανοποιείται η συνθήκη τότε εφαρμόζονται τα παρακάτω στάδια (G-----).

Η) Δημιουργείται ένα ακριβές αντίγραφο του υπάρχον κτιρίου, από το λογισμικό TEE-KENAK με σκοπό ο ερευνητής να μπορεί να εφαρμόζει τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας χωρίς να επηρεάζεται το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς. Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που περιγράφονται παρακάτω, μπορούν και πραγματοποιούνται με την σειρά που θέλει ο ερευνητής, χωρίς να είναι δεσμευμένος για την εφαρμογή όλων των μέτρων.

Θ) Προσθήκη θερμομόνωσης: Σε αυτό το μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας ο ερευνητής υπολογίζει το πάχος της θερμομόνωσης «d» που πρόκειται να εφαρμόσει αναλογιζόμενος το κόστος και τον συντελεστή θερμοπερατότητας U-value. Εφόσον έχει υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών επιφανειών, εισάγονται όλα τα δεδομένα αυτού του βήματος μαζί με το κόστος της προσθήκης, στο λογισμικό TEE-KENAK και επιστρέφει στο βήμα «B».

Ι) Αντικατάσταση κουφωμάτων / υαλοπινάκων: Όταν ο ερευνητής επιλέξει την εφαρμογή αυτού του μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας, θα πρέπει να είναι έτοιμος ώστε

να υπολογίσει ξανά τους συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε αδιαφανή επιφάνεια, έχοντας ως σταθερά τον καινούριο συντελεστή διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας (GW). Επίσης ο ερευνητής θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορεί να υπολογίσει ξανά την διείσδυση νωπού αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων. Ως τελευταία διαδικασία αυτού του βήματος είναι να εισέρθουν όλα τα δεδομένα αυτού του βήματος μαζί με το κόστος της αντικατάστασης, στο λογισμικό TEE-KENAK και να επιστρέψει στο βήμα «B».

Κ) Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων: Σε αυτό το μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, ο ερευνητής έχοντας καταγράψει το είδος και την ποσότητα των λαμπτήρων και των φωτιστικών σωμάτων, του εξεταζόμενου κτιρίου, πραγματοποιεί αντικατάσταση τους (πολλές φορές επαναπροσδιορίζεται και ο αριθμός τους) με σκοπό την μείωση της εγκατεστημένης ισχύος, δίχως να μειώνεται η ποιότητα του φωτισμού. Έπειτα εισάγονται όλα τα δεδομένα αυτού του βήματος μαζί με το κόστος της αντικατάστασης, στο λογισμικό TEE-KENAK και επιστρέφει στο βήμα «B».

Λ) Αντικατάσταση συστημάτων ψύξης/θέρμανσης: Όταν ο ερευνητής επιλέξει την εφαρμογή αυτού του μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας, θα πρέπει να υπολογίσει ξανά την απαιτούμενη θερμική ισχύ του εξεταζόμενου κτιρίου ώστε σε περίπτωση υπερδιαστασιολογησης ή σε περίπτωση αλλαγής των ιδιοτήτων του κτιρίου όπως για παράδειγμα, αλλαγή των συντελεστών θερμοπερατότητας U-value κάποιων υλικών. Έπειτα επιλέγεται ο τύπος των συστημάτων που θα εγκατασταθούν, ενώ σειρά έχει η επιλογή του βαθμού απόδοσης των νέων συστημάτων ψύξης θέρμανσης συμπεριλαμβάνοντας πάντα και το οικονομικό κριτήριο. Τέλος εισάγονται όλα τα δεδομένα αυτού του βήματος μαζί με το κόστος της αντικατάστασης, στο λογισμικό TEE-KENAK και επιστρέφει στο βήμα «B».

Μ) Προσθήκη συστημάτων σκίασης: σε αυτό το μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας ο ερευνητής υπολογίζει ξανά τους συντελεστές σκίασης των διαφανών επιφανειών για χειμώνα και καλοκαίρι και στην συνέχεια τους εισάγει στο λογισμικό TEE-KENAK μαζί με το κόστος της προσθήκης των συστημάτων σκίασης και επιστρέφει στο βήμα «B».

Ν) Προσθήκη συστημάτων αυτόματου έλεγχου: Η προσθήκη συστημάτων αυτόματου έλεγχου σημαίνει τη δυνατότητα έλεγχου όλων των συστημάτων του κτιρίου από ένα κεντρικό σύστημα. Όπως για παράδειγμα ο έλεγχος των συστημάτων σκίασης, ο έλεγχος θερμοκρασίας σε κάθε γραφείο, ο έλεγχος σε περίπτωση ανοικτού παραθύρου να απενεργοποιεί την τερματική μονάδα. Σε αυτό το μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας ο ερευνητής προσθέτει ή αντικαθιστά (στην περίπτωση που υπάρχει) με καινούριο σύστημα αυτόματου έλεγχου. Η προσθήκη ή αντικατάσταση αυτού του συστήματος εισάγεται στο λογισμικό TEE-KENAK μαζί με το κόστος αντικατάστασης και επιστρέφει στο βήμα «B».

Ξ) Προσθήκη Φωτοβολταϊκών συστημάτων: Σε αυτό το μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας ο ερευνητής, διενεργεί μια μελέτη για το κατά πόσο μπορεί να εγκατασταθεί ένα τέτοιο σύστημα διότι υπάρχουν περιορισμοί όπως σκιάσεις, επάρκεια χώρου, πολεοδομικοί περιορισμοί κτλ. Έπειτα την μελέτη ο ερευνητής προσδιορίζει την εγκατεστημένη ισχύ και εισάγει όλα τα δεδομένα αυτού του βήματος στο λογισμικό TEE-KENAK συμπεριλαμβανομένου και του κόστους εγκατάστασης. Ο υπολογιστικός αλγόριθμος του σχεδίου ερευνητικής διαδικασίας απεικονίζεται στο σχήμα 3.1 παρακάτω.

Σε γενικές γραμμές, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η όλη διαδικασία της έρευνας χαρακτηρίζεται από υψηλή αξιοπιστία και ακρίβεια, δεδομένου ότι βασίζεται σε πραγματικές καταστάσεις (είτε γίνεται αντιληπτή από τους ερωτηθέντες ή καταγραφεί από τη συσκευή ή να αξιολογηθεί από τον ερευνητή ή ακόμα και φαίνεται από τους λογαριασμούς ενέργειας). Η διαδικασία απεικονίζεται στο σχήμα 3.2.

3.3 ΗΘΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Η παρούσα ερευνητική εργασία είναι καθαρά τεχνολογική, χωρίς ανταγωνιστικά συμφέροντα. Σκοπός της είναι να συμβάλλει στην επιστημονική έρευνα στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας, με τον πιο ηθικό τρόπο.

Ο ερευνητής χορηγήθηκε με την άδεια και την πρόσβαση όχι μόνο να επικοινωνήσει με τα διάφορα σχολικά κτίρια και ως εκ τούτου να ανακτήσει τα δεδομένα που απαιτούνται, αλλά και της οργάνωσης αρχείων. Όλα τα δεδομένα που έχουν ανακτηθεί υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με εμπιστευτικότητα. Τέλος, ο συγγραφέας χορηγήθηκε με άδεια για τη χρήση και την επεξεργασία των δεδομένων που πήρε, καθώς και για να δημοσιεύσει τα αποτελέσματα που θα προκύψουν.

3.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάστηκε ο υπολογιστικός αλγόριθμος του σχεδίου ερευνητικής διαδικασίας. Ο αλγόριθμος είναι η ανάλυση του προβλήματος της έρευνας, το οποίο είναι: Με τι κόστος και τι παρεμβάσεις θα μπορούσαν οι εκπομπές του CO₂ να φτάσουν σε μηδενικό επίπεδο. Στον αλγόριθμο περιέχονται μεταβλητές που χαρακτηρίζονται από τον συγγραφέα ως είσοδοι, εξόδοι, σταθερές παράμετροι, και βρόχοι ελέγχου θεωρίας. Οι μεταβλητές ήταν η βασική δομή του αλγορίθμου που βοήθησαν στη δημιουργία των διαφόρων σταδίων. Κάθε βήμα του αλγορίθμου σκιαγραφήθηκε και τέλος παρουσιάστηκαν τα ηθικά ζητήματα για τη διεξαγωγή της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον Μάιο του 2008 ψηφίστηκε ο νόμος Ν.3661 για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την ευρωπαϊκή, για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Στο ίδιο πλαίσιο το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας(ΤΕΕ) αναπτύσσει ειδικό λογισμικό (ΤΕΕ-KENAK) για την καταχώριση των αναγκαίων στοιχείων για τους ενεργειακούς ελέγχους καθορίζοντας επίσης την κατάταξη απόδοσης των κτιρίων, και είναι σε λειτουργία από τον Οκτώβριο του 2010.

Το λογισμικό ΤΕΕ - KENAK για την Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων είναι βασικό λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη υπολογισμών ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές των :

- Νόμος 3661/2008 (ΦΕΚ Α ' 89)
- Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων Κανονισμοί - KENAK (GG407/9.4.2010)
- Η σχετική τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (20701-1/2010)

Συγκεκριμένα , το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ - KENAK χρησιμοποιείται :

- Σε εκπονήσεις μελετών σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, καθώς και για την κατάταξη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου .
- Για την ενεργειακή επιθεώρηση (καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων και υπολογισμός για την κατάταξη της ενέργειας) .

Το λογισμικό ΤΕΕ - KENAK βασίζεται σε ήδη υπάρχοντα ΕΡΑ - NR λογισμικού της ΕΕ, αλλά έχει τροποποιηθεί αναλόγως, ώστε να συμμορφώνεται με τις εθνικές απαιτήσεις , όπως αυτές προβλέπονται.

Στο δημόσιο τομέα της οικοδομής η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πιο επιτακτική. Λόγω του μεγέθους των κτιρίων, έχουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Οι υψηλές καταναλώσεις είναι γεγονός, γεγονός του ότι οι χρήστες των κτιρίων αυτών δεν είναι ιδιοκτήτες με αποτέλεσμα να μην αντιλαμβάνονται το κόστος της υπερβολικής χρήσης της ενέργειας, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η υπερβολική χρήση του Η/Μ εξοπλισμού.

Σύμφωνα με όλα τα ανωτέρω διεξήχθη μια έρευνα πεδίου στο εξεταζόμενο κτίριο, 'Α κλιματικής ζώνης, προκειμένου να καταγραφεί η σημερινή κατάσταση, καθώς και για να συγκριθεί με τα αντίστοιχα κτίρια αναφοράς.

Τέλος, με τη βοήθεια του λογισμικού ΤΕΕ-KENAK θα πραγματοποιηθεί μια σύγκριση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας που γινόταν κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης με το εξεταζόμενο κτίριο και μετά θα εκδοθεί πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Το πιστοποιητικό αυτό εκδίδεται 6 φορές. Η πρώτη έκδοση θα αφορά τη σημερινή κατάσταση, ενώ οι υπόλοιπες 5 θα αφορούν παρεμβάσεις που θα δοκιμαστούν στο κτίριο αναφοράς (π.χ. αντικατάσταση παραθύρων, οι ενεργοβόρες λάμπες, κλπ). Για κάθε αποτέλεσμα που θα προκύψει, θα μελετάται η οικονομική βιωσιμότητα των παρεμβάσεων.

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ : ΤΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ

4.2.1. Ενεργειακός έλεγχος των δημόσιων κτιρίων (το κτίριο του δήμου της Κρήτης)

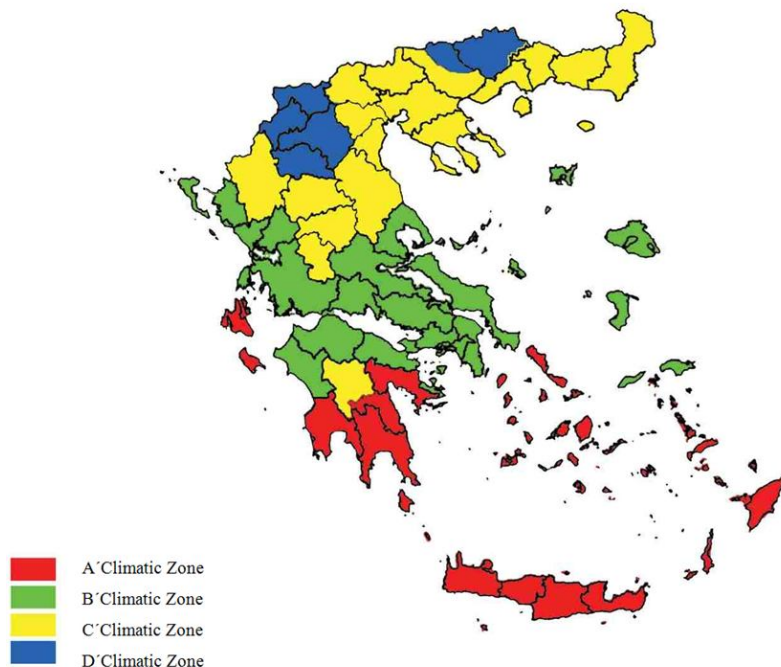
4.2.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου

Χρήση

Από τη χρήση των εργοταξίων του δήμου της Κρήτης, βγάζουμε το συμπέρασμα ότι το κτίριο προορίζεται για μεικτή χρήση, έτσι η κατάταξη όσον αφορά τη χρήση του κτιρίου γίνεται στην πλησιέστερη βασική περιγραφή. Κατά συνέπεια, το κτίριο εντάσσεται στην κατηγορία "Γραφεία".

Κλιματικά δεδομένα

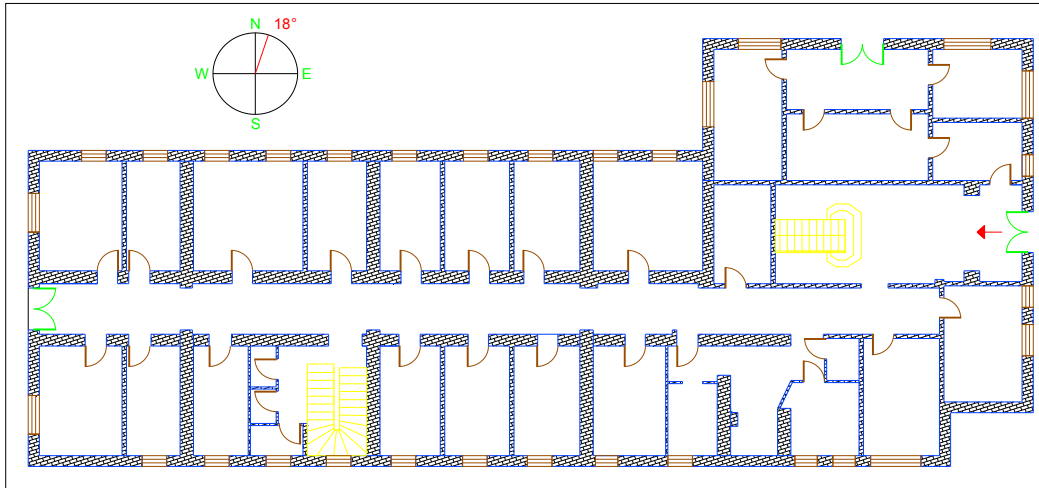
Για την υλοποίηση της ενέργειας ελέγχου είναι απαραίτητη η εισαγωγή των κλιματικών δεδομένων που σχετίζονται με το εξεταζόμενο κτίριο. Στο πλαίσιο της μελέτης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες (Σχήμα 4.1). Για κάθε νομό, οι περιοχές όπου βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων περιλαμβάνονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη. Στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με το τι νομοί περιλαμβάνονται στις κλιματικές ζώνες. Το κτίριο της Περιφέρειας Κρήτης εύλογα κατατάσσεται στην κλιματική ζώνη Α .



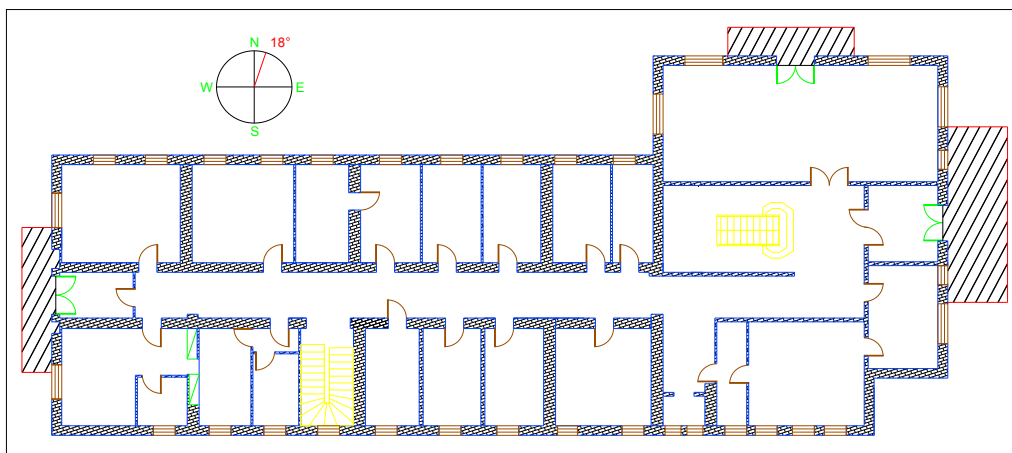
Σχήμα 4.1: Κατανομή των εκτιμώμενων κτιριακών αποθεμάτων το 2001 και οι αντίστοιχες βαθμοήμερες θέρμανσης για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες.

Γεωμετρικά οικοδόμηση δεδομένων

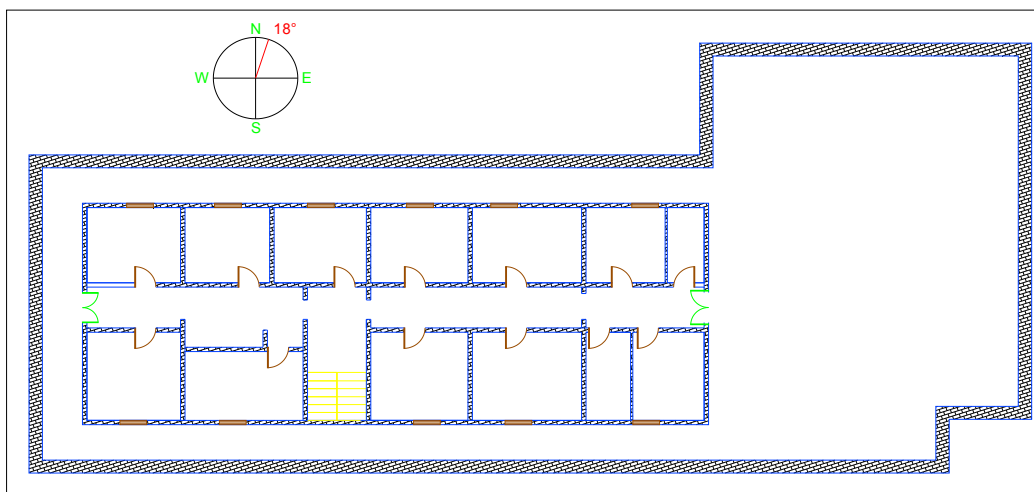
Για τον υπολογισμό της επιφάνειας του κτιρίου χρησιμοποιούνται αρχιτεκτονικά και λεπτομερή σχέδια, πάντα βασίζοντας τους υπολογισμούς σχετικά με τις εξωτερικές διαστάσεις των δομικών στοιχείων. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου υπολογίζεται σε 1.747,85 m². Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του κτιρίου, φαίνεται στα σχήματα (4.2 - 4.4).



Σχήμα 4.2: Κάτοψη ισογείου του κτιρίου Περιφέρειας Κρήτης.



Σχήμα 4.3: Σχέδιο του πρώτου ορόφου του κτιρίου της Περιφέρειας Κρήτης.



Σχήμα 4.4: Σχέδιο του δευτέρου ορόφου του κτιρίου της Περιφέρειας Κρήτης.

Ο συνολικός όγκος του κτιρίου εκτιμήθηκε σε 7343.7875 m³. Η εκτίμηση του όγκου εστιάζεται στον υπολογισμό του συνολικού όγκου, η οποία αναφέρεται στον όγκο της εξεταζόμενης θερμικής ζώνης η οποία περιλαμβάνει:

- Το δάπεδο, το οποίο έρχεται σε επαφή με τον αέρα, το έδαφος, τις περιοχές χωρίς θέρμανση, ή ακόμη και την επαφή με άλλες θερμικές ζώνες
- Οι κατακόρυφες πλευρικές επιφάνειες της περιοχής, η οποία μπορεί να έρχεται σε επαφή με τον αέρα, το έδαφος, τις μη θερμαινόμενες περιοχές ή άλλες ζώνες θερμότητας.

4.2.1.2 Θερμική περιγραφή του κτιρίου

4.2.1.2.1 Γενικά στοιχεία της θερμικής ζώνης

Ο καθορισμός των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών σύμφωνα με το KENAK και το πρότυπο ΕΛΟΤ (EN ISO 13.790 έως 2.009) επιβάλλεται στις περιπτώσεις όπου:

- Η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται περισσότερο από 4 K (4 ° C) σε σχέση με άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα ή το καλοκαίρι .
- Υπάρχουν αίθουσες με διαφορετική χρήση. Για παράδειγμα, σε ένα νοσοκομείο, υπάρχουν αίθουσες νοσηλείας, αίθουσες για γραφεία, για χειρουργικές επεμβάσεις, για ειδικό ιατρικό εξοπλισμό, εργαστήρια κλπ. Θέσεις με διαφορετικές χρήσεις συχνά, έχουν διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, καθαρό αέρα, κλπ)
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σύγκριση με το υπόλοιπο κτίριο) διαφορές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, απώλειες θερμότητας). Για παράδειγμα, τα δωμάτια με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτίριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τα άλλα δωμάτια διαφορετικών προσανατολισμών.
- Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα αερισμού (παροχή φρέσκου αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας της κάτοψης.

Χώροι οι οποίοι καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου και έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με το σύνολο δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες .

Εν κατακλείδι, ο διαχωρισμός των θερμικών ζωνών είναι στη διακριτική ευχέρεια και κρίση του επιθεωρητή ενέργειας και μπορεί να βασίζεται σε εθνικούς κανονισμούς και σε σχετικές τεχνικές οδηγίες. Ωστόσο, στο πλαίσιο του ελέγχου της ενέργειας, ο διαχωρισμός των θερμικών ζωνών δεν επηρεάζει ιδιαίτερα στους τελικούς υπολογισμούς και ως εκ τούτου συνιστάται η επιλογή του μικρότερου δυνατού αριθμού των ζωνών.

Αν το κτίριο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές στους χώρους, η βέλτιστη προσέγγιση είναι να αντιμετωπιστεί ως ενιαία θερμική ζώνη . Ως εκ τούτου, σύμφωνα με τα ανωτέρω, η εξέταση του κτιρίου στην περιοχή της Κρήτη καθορίζεται σε μια (1) θερμική ζώνη με βάση τα κριτήρια ομοιότητας της χρήσης όλων των περιοχών του εξεταζόμενου κτιρίου, καθώς και η ομοιότητα του συστήματος ψύξης / θέρμανσης.

Γενικά στοιχεία σχετικά με την θερμική ζώνη :

Συνολική επιφάνεια (m²)

Η συνολική επιφάνεια του είναι η συνολική επιφάνεια της κάθε θερμικής ζώνης, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές διαστάσεις της δομής. Λόγω του κτιρίου στο δήμο της Κρήτης εξετάζεται μία θερμική ζώνη . Σύμφωνα με τα παραπάνω η συνολική επιφάνεια της ζώνης υπολογίστηκε ως το άθροισμα των επιφανειών των χωριστών χώρων που είναι ίση με 1747,85 m².

Ανηγγμένη ικανότητα θερμότητας (kJ / m² K)

Η μέση ειδική θερμοχωρητικότητα της κατασκευής , σύμφωνα με την λεπτομερή περιγραφή και τις τυπικές τιμές που περιλαμβάνονται στο TOTEE (TOTEE 20701-1-2010 Πίνακας 3.13) για τον τύπο της κατασκευής του κτιρίου στο δήμο της Κρήτης, η αξία της θερμοχωρητικότητας Ανηγγμένη είναι 370 (kJ/(m².K)) .

Μέση κατανάλωση ζεστού νερού (m³/έτος)

Η μέση ετήσια κατανάλωση νερού υπολογίζεται με βάση τις ώρες και τις ημέρες της επιλεγμένης ζώνης. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1-2010 Πίνακας 2.5) .

Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που η τιμή τους είναι ότι πιο κοντινό σε αυτό της πραγματικής χρήσης .Έτσι η ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού είναι ίση με 227.2205 m³ ετησίως .

Κατηγορία Αυτοματισμού & συσκευές ελέγχου

Για το κτίριο του δήμου της Κρήτης, επιλέχθηκε το είδος κατηγορία ελέγχου της συσκευής και του αυτοματισμού "D" . Η κατηγορία "D" έχει επιλεγεί όπου δεν υπάρχουν τέτοιες διατάξεις αυτόματου ελέγχου που αφορά τις μονάδες παραγωγής θέρμανσης / ψύξης , μονάδες εξαερισμού , δίκτυο διανομής και τις τερματικές μονάδες επιλεγμένη ζώνη . (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1-2010 Πίνακας 5.5) .

Διείσδυση του αέρα από τα πλαίσια (m³ / h)

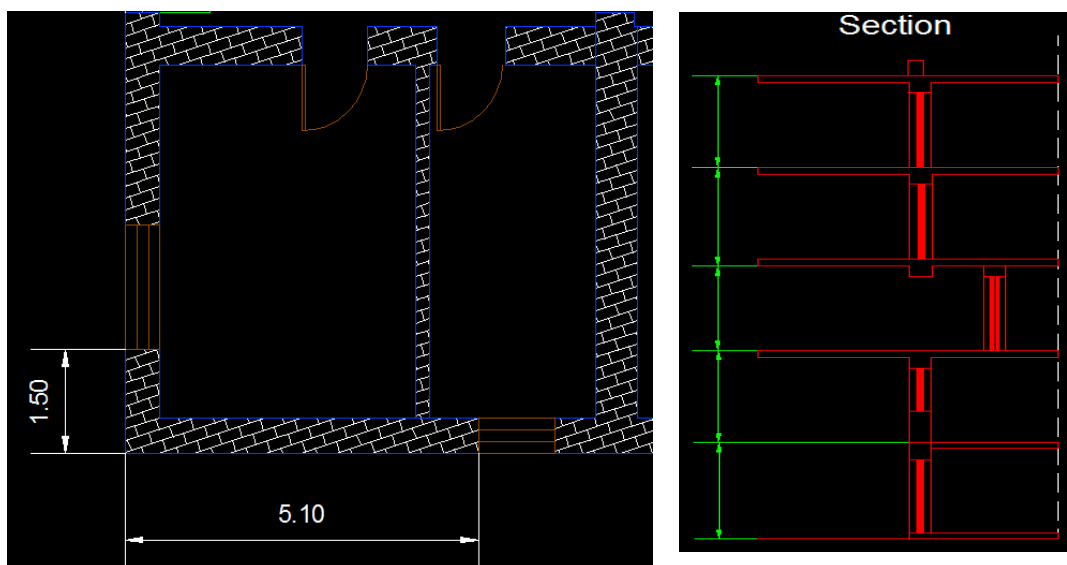
Η διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων χρεώνεται επιπλέον τα φορτία που οφείλονται σε ανεξέλεγκτο αερισμό του κτιρίου . Ο Πίνακας 3.26 . Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (2010) παρουσιάζει την εκτιμώμενη συνολική διείσδυση του εξωτερικού (νωπού) αέρα . Η τελική αξία εν προκειμένω είναι 5,365.0625 (m³ / h) . Θα μπορούσε επίσης να αξιολογηθεί και η διείσδυση του αέρα από τις καμινάδες και τους αεραγωγούς , καθώς και από τα φυσικά συστήματα εξαερισμού , αλλά στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν δεν υπάρχει.

4.2.1.2.2 Γεωμετρικά στοιχεία της θερμικής ζώνης

Σε κάθε θερμική ζώνη απαιτείται να υπολογιστεί για όλες τις επιφάνειες και γεωμετρικά στοιχεία , η περιοχή , η κλίση και ο προσανατολισμός (TOTEE 20701-1-2010) .

Επιφάνεια (m²)

Σε αυτό το σημείο εισάγεται η συνολική επιφάνεια όλων των επιφανειών του κτιρίου με βάση τις εξωτερικές διαστάσεις . Αυτές οι επιφάνειες είναι είτε διαφανή (τοίχους, οροφή, κλπ.) , ή επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος (δάπεδο , τοιχώματα υπογείου , κλπ.) ή διαφανείς επιφάνειες (πόρτες, παράθυρα, φεγγίτες, κ.λπ.). Λόγω των αποκλίσεων των αρχιτεκτονικών σχεδίων , όπου έχουν παραδοθεί στον συγγραφέα , τα στοιχεία της γεωμετρίας του κτιρίου προήλθαν από το συνδυασμό των παραδοθέντων αρχιτεκτονικών σχεδίων και της σχηματικής απεικόνισης της γεωμετρίας του κτιρίου από τον συγγραφέα .



Σχήμα 4.5 : Μέθοδος υπολογισμού της επιφάνειας (Πηγή : TOTEE 20701-1-2010)

Οι πλευρικές διαστάσεις των οριζόντιων δομικών στοιχείων ορίζεται χρησιμοποιώντας την αφετηρία μέτρησης των κατακόρυφων δομικών στοιχείων που τους ορίζουν .

Το ύψος των κατακόρυφων δομικών στοιχείων μετρώνται όπως παρουσιάζεται από τα σχέδια των τμημάτων στο Σχήμα 4.5 .

Προσανατολισμός , γ (μοίρες)

Ο προσανατολισμός της επιφάνειας ορίζεται ως η απόκλιση της κάθετης επιφάνειας προς την κατεύθυνση του βορρά. Οι γωνίες αζιμουθίου των επιφανειών , ανάλογα με τον προσανατολισμό τους δίνονται στον πίνακα 4.1 . Η γωνία κλίσης της επιφάνειας μετράται μεταξύ της κανονικής προς την επιφάνεια και την κατακόρυφο.

Προσανατολισμός	Βορειος	Ανατολικός	Νοτιος	Δυτικός
Γωνία αζιμουθιου	0	90	180	270

Πίνακας 4.1 : Προσανατολισμός της επιφάνειας (Πηγή : TOTEE 20701-1-2010)

Κλίση , β (μοίρες)

Εισάγεται η κλίση του δομικού στοιχείου , που μετράται μεταξύ της κάθετης προς την επιφάνεια και της κατακόρυφης (ζενίθ περιοχή). Ένα κάθετο άνοιγμα έχει κλίση 90° και ένας φεγγίτης σε μια επίπεδη οροφή 0° .

Επιπλέον , απαιτείται να υπολογιστούν οι παράμετροι που έχουν να κάνουν με τις θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων και της σκίασης . Οι παράμετροι αυτοί θα εξεταστούν χωριστά για κάθε κατηγορία των επιφανειών λόγω των ιδιαιτεροτήτων των υπολογισμών σε κάθε περίπτωση .

Αδιαφανείς επιφάνειες

Περιλαμβάνει στοιχεία για αδιαφανείς επιφάνειες , δηλαδή της τοιχοποιίας το κέλυφος που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα . Για κάθε μία αδιαφανής επιφάνεια είναι απαραίτητος ο υπολογισμός 4 παραμέτρων πέρα από τις προηγούμενες τρεις (επιφάνεια , Προσανατολισμός γ β Slope) .

a. Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας , U ($W/m^2 \cdot K$)

Εισάγεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του δομικού στοιχείου. Συγκεκριμένα , στο πλαίσιο του ελέγχου της ενέργειας και όσον αφορά τα δομικά στοιχεία του αδιαφανούς του , εκτιμάται θερμική συμπεριφορά τους , λαμβάνοντας υπόψη το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας .

Στην περίπτωση του εξεταζόμενου κτιρίου , λόγω της παλαιότητας δεν ήταν επαρκής τα διαθέσιμα δεδομένα , ώστε να κάνουμε υπολογισμούς με βάση τον KENAK .

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας επιλέχθηκε από τον πίνακα 3.4a TOTEE 20701-1(2010). Έτσι, για το ισόγειο και τον πρώτο όροφο, όπου κατασκευάζεται από 60 εκατοστά πάχος της πέτρας (Σχήμα 4.6) ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι ίσος με 3.85 ($W/m^2 \cdot K$) ,ενώ για το δεύτερο όροφο, όπου οι τοίχοι είναι από τούβλα , ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι ίσος με $3,05$ ($W/m^2 \cdot K$) .



Figure 4.6: Φωτογραφική απεικόνιση της λιθοδομής: (Πηγή: Ο συγγραφέας)

b. απορροφητικότητα

Προσδιορίζεται ο συντελεστής απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας στην εξωτερική επιφάνεια του οικοδομικού συστατικού . Εξαρτάται από το είδος του δομικού στοιχείου , το υλικό και το χρώμα της τελικής επίστρωσης σύμφωνα με τις πρότυπες τιμές από ΤΟΤΕΕ 20701-1 (2010).

Οι τιμές απορροφητικότητας χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου για το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK για το εξεταζόμενο κτίριο, οι οποίες προέκυψαν από τον προσανατολισμό του δομικού στοιχείου (οριζόντια ή κάθετη), και από τον τύπο της επικάλυψης.

c. Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας

Προσδιορίζεται ο συντελεστής εκπομπής για θερμική ακτινοβολία επί της εξωτερικής επιφανείας του δομικού στοιχείου σύμφωνα με τις πρότυπες τιμές από τον Πίνακα 3,15 ΤΟΤΕΕ 20701-1 (2010).

Οι τιμές του συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας εκπομπής χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στο λογισμικό ΤΕΕ - KENAK για το εξεταζόμενο κτίριο.

d. Συντελεστής σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου μπορεί να σκιάζονται λόγω της ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων , όπως για παράδειγμα γειτονικά κτίρια , αλλά και στοιχεία του ίδιου του κτηρίου , όπως στοές , πλευρικά στοιχεία ή ακόμα και τμήματα της δομής (π.χ. slots). Η κινητή εσωτερική σκίαση αγνοείται

Υπάρχουν τρεις κύριες σκιάσεις που εισέρχονται στο λογισμικό του ΤΕΕ - KENAK

- Ο συντελεστής σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος (γειτονικά κτίρια , κ.λπ.) . Στο εξεταζόμενο κτίριο , η πιο σημαντική αιτία σκίασης στον ορίζοντα είναι η κατασκευή στη βορειοδυτική πλευρά , καθώς και τα δέντρα στην νοτιοανατολική πλευρά (σχήμα 4.7).
- Ο συντελεστής σκίασης από τα εξωτερικά σκιάστρα . Σχεδόν σε όλο το ισόγειο του εξεταζόμενου κτιρίου υπάρχουν σκιάσεις από τις προβλέψεις των μπαλκονιών (σχήμα 4.7).

- Και ο συντελεστής σκίασης από πλευρικό κιγκλίδωμα . Τέτοιες σκιάσεις υπάρχουν στο νοτιο- ανατολικό τμήμα του κτιρίου, καθώς και στα βορειοδυτικά , (Σχήμα 4.7) και (σχήμα 4.8) .

Τονίζεται ότι, όλοι οι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας ποσοστό ίσο με ένα (1) όταν δεν υπάρχει σκίαση και μηδέν (0) σε πλήρη σκιά.

Οι συντελεστές σκίασης καθορίζονται ανάλογα με το είδος των τυφλών (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και ρολά) και τη γεωμετρία τους. Επειδή σύμφωνα με την εποχή οι συντελεστες σκίασης αλλάζουν, προσδιορίζεται η κάθε εξωτερική επιφάνεια με ένα ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχες μέσες τιμές σκίασης , μία για τη χειμερινή περίοδο και μία για την καλοκαιρινή περίοδο, ανάλογα με τον τύπο της τέντας.



Σχήμα 4.7: Τη Νότια και Νοτιοανατολική άποψη του κτιρίου (Πηγή: Ο συγγραφέας).



Σχήμα 4.8: Βορινή και βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου (Πηγή : Ο συγγραφέας).

Επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι επιφάνειες (τοίχοι , πατώματα) του υπό εξέταση κτιρίου , οι οποίες είναι σε επαφή με το έδαφος . Για τη διεξαγωγή του ελέγχου της ενέργειας μέσω του πιστοποιημένου λογισμικού TEE - KENAK , είναι απαραίτητα τα ακόλουθα δεδομένα εισόδου .

a. Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($W/m^2.K$)

Για άλλη μια φορά , λόγω της γήρανσης του κτιρίου , το U -value για το εξεταζόμενο κτίριο ανακτήθηκε από τον πίνακα 3.4β TOTEE 20701-1 (2010) .

b. Βάθος K . (m)

Εισάγεται η απόλυτη τιμή του βάθους στο έδαφος, του κάτω μέρους του δομικού στοιχείου.

c. Βάθος (m)

Εισάγεται η απόλυτη τιμή του βάθους στο έδαφος από το οποίο αρχίζει το κάθετο δομικό στοιχείο (τοίχος) .

d. Περίμετρος (m)

Εισάγεται η εκτεθειμένη περίμετρος του δαπέδου.

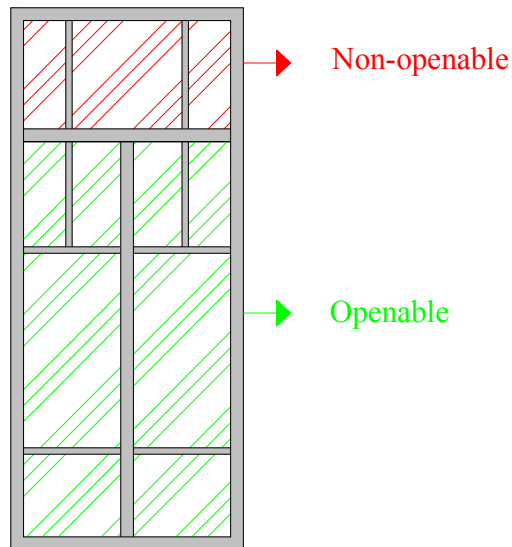
Διαφανείς επιφάνειες

Περιλαμβάνει στοιχεία για διαφανείς επιφάνειες του κελύφους (πόρτες, παράθυρα, φεγγίτες , κλπ.) κάθε θερμικής ζώνης, η οποία είναι σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον . Οι παράμετροι που καθορίζουν τις διαφανείς επιφάνειες είναι πέντε (5)

- a. ανοιγόμενες ή σταθερές διαφανείς επιφάνειες.
- b. τύπος ανοίγματος.
- c. Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από το άνοιγμα , U ($W/m^2.K$)
- d. Διαπερατότητα , g_w
- e. Συντελεστής σκίασης -(F_{hor} , F_{ov} , F_{fin}) - χειμώνα και το καλοκαίρι.

A. ανοιγόμενες ή σταθερές διαφανείς επιφάνειες.

Όλα τα ανοίγματα στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο , συμπεριλαμβανομένων των ανοιγόμενων και μη ανοιγόμενων τμημάτων (βλ. σχήμα 4.9) . Ενώ τα ανοίγματα του τελευταίου ορόφου περιλαμβάνουν μόνο τα ανοιγόμενα τμήματα .



Σχήμα 4.9 . : Ανοιγόμενα και μη ανοιγόμενα τμήματα.

b. Τύπος ανοίγματος

Προσδιορίζεται ο τύπος του ανοίγματος , ανάλογα με τον τύπο πλαισίου (ξύλο, μέταλλο , αλουμίνιο, κλπ.), το ποσοστό του πλαισίου επί του πλαισίου και του υλικού του υαλοπίνακα .

Συγκεκριμένα , στο εξεταζόμενο κτίριο βρίσκονται δύο τύπους ανοιγμάτων:

- Ξύλινη κορνίζα με διπλά τζάμια , χωρίς θερμοδιακοπή, 30% το frame rate , και το διάκενο ίσο έως 6 mm
- Μεταλλικά πλαίσια με διπλά τζάμια , χωρίς θερμοδιακοπή, 20% το frame rate , και το διάκενο ίσο έως 6 mm

Στον Πίνακα 4.2. Παρουσιάζονται τα είδη των ανοιγμάτων του κτιρίου εξέτασης , καθώς και οι ποσότητες ανά προσανατολισμό.

Πίνακας 4.2 : Τύπος έκθεσης ανά προσανατολισμό (Πηγή : TOTEE 20701-1-2010)

Τύποι πλαισίων	Προσανατολισμός							
	E	NE	N	NW	W	SW	S	SE
Αριθμός ξύλινων πλαισίων		8		26		10		27
Αριθμός μεταλλικών πλαισίων		1		6		1		5
Σύνολο		9		32		11		32

c. Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας της έκθεσης , U ($W/m^2.K$)

Είναι ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του πλαισίου (για υαλοπίνακες με πλαίσιο). Στην περίπτωση του εξεταζόμενου κτιρίου της Περιφέρειας Κρήτης

χρησιμοποιήθηκαν ως ενδεικτικές τιμές αυτές που δίνει το πιστοποιημένο λογισμικό TEE-KENAK μετά την εισαγωγή των τύπων της έκθεσης, δεδομένου μάλιστα ότι δεν υπήρχαν απαραίτητες πιστοποιήσεις, λόγω της παλαιότητας του κτηρίου.

d . Διαπερατότητα , g_w

Είναι ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία από τις διαφανείς επιφάνειες, ανάλογα με τον τύπο ανοίγματος. Οι συντελεστές αυτοί χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις τυπικές τιμές του Πίνακα 3.17 . Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (2010).

e . Συντελεστής σκίασης (F_{hor} , F_{ov} , F_{fin}) - χειμώνα και το καλοκαίρι .

Για τον υπολογισμό των συντελεστών σκίασης , ισχύει ότι στην περίπτωση των αδιαφανών επιφανειών .

4.2.1.3 Ανάλυση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου

4.2.1.3.1 Σύστημα Θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από το σύστημα παραγωγής, το σύστημα διανομής, το τερματικό και τις βοηθητικές μονάδες .

Ως ένα σύστημα παραγωγής θερμότητας στο εξεταζόμενο κτίριο της περιοχής της Κρήτης χρησιμοποιούνται 2 κεντρικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας για θέρμανση και ψύξη των γραφείων. Ουσιαστικά είναι δύο κεντρικές μονάδες κλιματισμού, μία από τις οποίες φαίνεται στην Εικόνα 4.10 οι οποίες συνδέονται με πολλές εσωτερικές μονάδες (Σχήμα 4.11). Η πρώτη αντλία θερμότητας έχει ονομαστική εγκατεστημένη ισχύ 152,1 KW για τη θέρμανση, ενώ η δεύτερη αντλία θερμότητας έχει ονομαστική εγκατεστημένη ισχύ 146 KW.

Οι συντελεστές απόδοσης (COP) και για τις δύο κεντρικές αντλίες θερμότητας είναι 3.3 και 3.1 αντίστοιχα



Σχήμα 4.10 . : Κεντρική αερόψυκτη αντλία θερμότητας (Πηγή: Ο συγγραφέας).



Σχήμα 4.11. : Εσωτερικές μονάδες (Πηγή : Ο συγγραφέας) .

Το σύστημα διανομής αποτελείται κυρίως από εσωτερικούς σωλήνες, ενώ η συνολική χωρητικότητα και για τις δύο κεντρικές αντλίες θερμότητας εκτιμάται στα 223.575 KW. Ο υπολογισμός έγινε σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3 TOTEE 20701-1 (2010).

Η απόδοση των τερματικών μονάδων υπολογίστηκε από τις τιμές του Πίνακα 4,12 TOTEE 20701-1 (2010) για την άμεση απόδοση της κατηγορίας σε εξωτερικό τοίχο.

4.2.1.3.2 Σύστημα ψύξης

Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα ψύξης των εγκαταστάσεων είναι η απόδοση: των ψυκτικών συστημάτων παραγωγής, της διανομής και των εγκαταστάσεων των τερματικών μονάδων ψύξης εκπομπών (μονάδες στοιχείου ανεμιστήρα, κεντρικές μονάδες κλιματισμού κ.λπ.).

Ως ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας ψύξης στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης χρησιμοποιούνται οι ίδιες κεντρικές αντλίες θερμότητας όπως εκείνες της θέρμανσης. Η ψυκτική ισχύς για την πρώτη αντλία θερμότητας είναι 133.6KW ενώ για τη δεύτερη είναι 131KW.

Για τους ψύκτες και τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για την ψύξη των χώρων η απόδοση καθορίζεται από την ονομαστική αναλογία ενεργειακής απόδοσης (EER). Οι δείκτες ενεργειακής απόδοσης για τα πάνω από την κεντρική αντλία θερμότητας είναι 2.9 και 2.59, αντίστοιχα.

Το σύστημα διανομής αποτελείται επίσης από ένα εσωτερικό σωλήνα , όπως το σύστημα θέρμανσης , ενώ η συνολική χωρητικότητα και για τις δύο κεντρικές αντλίες θερμότητας υπολογίζεται στα 198.45 kW. Ο υπολογισμός έγινε σύμφωνα με τον πίνακα 4.3 TOTEE 20701-1 (2010).

Η απόδοση των τερματικών μονάδων υπολογίζεται και πάλι με βάση τις τιμές του πίνακα 4.12 TOTEE 20701-1 (2010) για την άμεση απόδοση της κατηγορίας « σε εξωτερικό τοίχο, "ο λόγος είναι ότι οι ίδιες τερματικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για την ψύξη χρησιμοποιούνται και για τη θέρμανση .

4.2.1.3.3 Σύστημα φωτισμού

Για το σύστημα φωτισμού της κάθε ζώνης εξετάζεται χωριστά :

- Η εγκατεστημένη ισχύς των λαμπτήρων και φωτιστικών του χώρου (W)
- Η φωτεινή δραστηριότητα των λαμπτήρων (lm/W) ανά τύπο λαμπτήρα , όπως αναφέρεται στις τεχνικές προδιαγραφές .
- Το σύστημα ελέγχου λειτουργίας του φωτισμού , όπως οι αισθητήρες επιπέδου φωτός , αισθητήρες παρουσίας , χρονοδιακόπτες (ανάλογα με το πρόγραμμα της λειτουργίας του κτιρίου) , αισθητήρες σκίασης κ.α.
- Το ποσοστό του χώρου που λαμβάνεται ως ζώνη φυσικού φωτισμού . Υπολογίζεται το ποσοστό της θερμικής ζώνης για τα οποία οι απαιτήσεις φωτισμού μπορεί να καλύπτονται με φυσικό φως από τα διαθέσιμα ανοίγματα.

Για μεγαλύτερη λεπτομέρεια η χρήση του φυσικού φωτός εξαρτάται από τον προσανατολισμό του κτιρίου, τις επιδράσεις του ηλιακού φωτός του κτιρίου από τα πλευρικά ανοίγματα ή ανοίγματα στην οροφή, οι ώρες λειτουργίας χρήση και οι διαστάσεις των χώρων (βάθος, μήκος, πλάτος, ύψος), κλπ. Εξαιτίας των ανωτέρω παραμέτρων, το ποσοστό του φυσικού φωτισμού στο κτίριο είναι μηδέν (0). Σύστημα φωτισμού της λειτουργίας ελέγχου φωτισμού δεν υπάρχουν στο εξεταζόμενο κτίριο.

Μετά την καταγραφή που έγινε από τον συγγραφέα, η εγκατεστημένη ισχύς των λαμπτήρων και φωτιστικών σημείων είναι ίση με 28kW (πίνακας 4.3) .

Πίνακας 4.3: Εξοπλισμός φωτισμού του εξεταζομένου κτιρίου (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Αριθμός δωματίου	Ισχύς των φωτιστικών σωμάτων (W)	Ποσότητα	Συνολική ηλεκτρική ισχύς (W)
1	84	3	252
2	84	3	252
3	84	3	252
4	65	8	520
5-6	84	3	252
7	84	3	252
8	84	3	252
9	84	3	252
10	84	3	252
11	65	8	520
12	84	3	252
13	84	3	252
14	84	6	504
15	60	25	1500
16	84	5	420
17-18	65	15	975
19	84	2	168
20	84	4	336
21	84	3	252
22	84	3	252
23	84	3	252
24	84	3	252
25	84	3	252
26	84	3	252
27	84	3	252
28	84	3	252
29	84	4	336
30	84	3	252
31	84	4	336
32	84	4	336
33	84	4	336
34	65	19	1235
	84	4	336
35	65	6	390
36	65	10	650
37	84	4	336
38	84	4	336
39	65	5	325
40	65	4	260
41	60	3	180
42	84	4	336
43	84	3	252

44	84	4	336
45	60	2	120
46	84	1	84
47	60	27	1620
48	60	4	240
49	84	4	336
50	65	26	1690
51	84	3	252
52	84	4	336
53	84	4	336
54	84	4	336
55	84	4	336
56	84	4	336
57	84	4	336
	65	9	585
58	65	16	1040
59	60	4	240
60	65	25	1625
61	84	3	252
62	84	3	252
63	84	3	252
64	84	3	252
65	84	3	252
66	84	3	252
67	84	3	252
68	84	3	252
69	84	3	252
70	84	3	252
71	84	3	252
72	84	3	252
73	84	3	252
Συνολική ηλεκτρική ισχύς (KW)			29,17

Περιγραφή ηλεκτρολογικού/ηλεκτρονικού εξοπλισμού

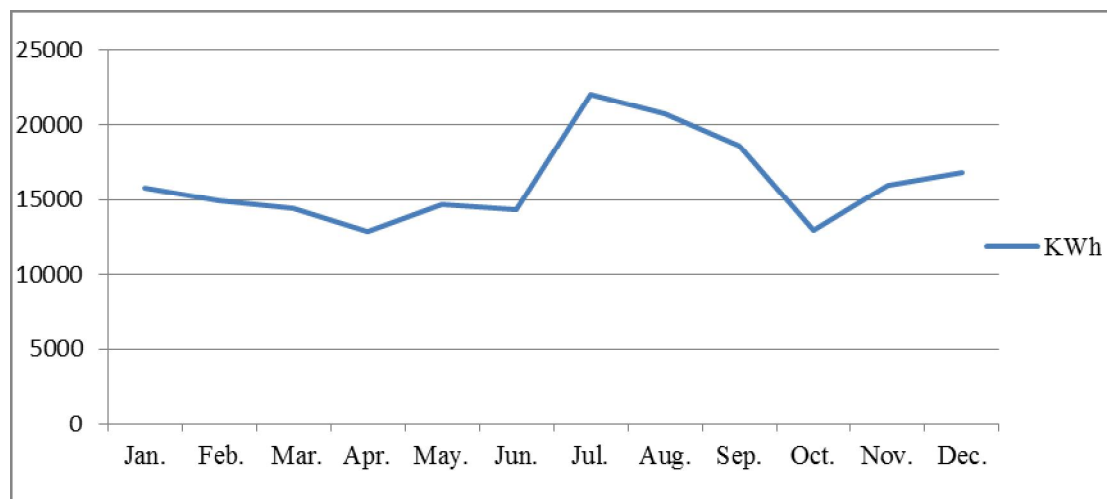
Το κτίριο διαθέτει ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 135 KVA. Στο κτίριο λειτουργούν 78 υπολογιστές, 35 εκτυπωτές A4, 9 φωτοτυπικά, 9 ψυγεία δωματίου, και κάποιες μικροσυσκευές όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4.: Εξοπλισμός του κτιρίου (Πηγή:ο συγγραφέας).

Περιγραφή	Ώρες λειτουργίας	Ηλεκτρική ισχύς (W)	Ποσότητα	Συνολική ηλεκτρική ισχύς (W)	Κατανάλωση (Wh)
Computers	8	250	75	18.750	150.000
Computers	12	250	3	750	9.000
A4 φωτοτυπικά	2	15	35	525	1.050
Φωτοτυπικά	1	1.700	9	15.300	15.300
Ψυγεία	4	90	9	810	3.240
Καταψύκτες	10	110	1	110	1.100
Τηλεοράσεις	12	80	1	80	960
Βραστήρες	1	1.000	2	2.000	2.000
Τοστιέρες	6	1.000	1	1.000	6.000
Καφετιέρες	3	900	2	1.800	5.400
Σύνολο				41.125	194.050

Καταναλώσεις

Το κτίριο χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις τόσο για θέρμανση και ψύξη όσο και για το φωτισμό και τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές του κτιρίου. Τα στοιχεία τα οποία ήταν διαθέσιμα κατά την ενεργειακή επιθεώρηση προέρχονταν από λογαριασμούς της ΔΕΗ του τελευταίου έτους. Για το λόγο αυτό στο σχήμα 4.12. παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ανά δίμηνο.



Σχήμα 4.12: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το 2011

Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας είναι τόσο αυξημένη διότι είναι η μόνη πηγή ενέργειας του κτιρίου. Μέγιστη κατανάλωση παρουσιάζεται κατά τους μήνες Ιούνιο έως Αύγουστο, και είναι φυσικό λόγω της χρήσης των κλιματιστικών μονάδων.

4.2.2 Κατάταξη Ενέργειας του κτιρίου της Κρήτης.

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό TEE - KENAK εκτελούνται οι απαραίτητοι υπολογισμοί , καθώς και η σύγκριση με τα αντίστοιχα δεδομένα του κτιρίου αναφοράς.

Η κατανάλωση για εξαερισμό περιλαμβάνεται στην κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη, καθώς και η κατανάλωση ενέργειας των βοηθητικών συστημάτων (θέρμανση, ψύξη και εξαερισμό) και το σύστημα ύγρανσης , εάν υπάρχουν. Με βάση τις προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς εμφανίζεται η κατάταξη της ενέργειας του κτιρίου (Πίνακας 4.5), καθώς και ένας συγκριτικός πίνακας με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη , ζεστό νερό , τον φωτισμό και τη συμβολή των ΑΠΕ και ΣΗΘ) και η συνολική κατάταξη της ενέργειας του κτιρίου , όπως θα εμφανίζεται στο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (EPC) για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς .

Επιπλέον , τα αποτελέσματα του κτιρίου εμφανίζονται σε μορφή πίνακα σε μηνιαία και ετήσια βάση :

- Οι ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²): εμφανίζονται σε μηνιαίες και ετήσιες τιμές των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη , ύγρανση και ζεστού νερού .
- Η κατανάλωση ενέργειας, (kWh/m²): εμφανίζονται μηνιαίες και ετήσιες τιμές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση , η συμβολή των ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση και ζεστό νερό. Επίσης, φαίνονται οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη , χρήσης ζεστού νερού (DHW), φωτισμού, καθώς και η συμβολή της ηλεκτρικής ενέργειας από τα ΦΒ. Τέλος, δίνει τη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας για ολόκληρο το κτίριο .
- Η κατανάλωση καυσίμου (kWh/m²): εμφανίζεται στις ετήσιες τιμές για την κατανάλωση καυσίμου.
- Εκπομπές CO₂ (Kg/m²): Εμφανίζονται σε ετήσιες αξίες για τις εκπομπές CO₂ , ανάλογα με το τι καύσιμα χρησιμοποιούνται σε διάφορα συστήματα του κτιρίου .

Πίνακας 4.5 :Κατηγορίες της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (TOTEE πηγή 20701-1 2010) .

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0.33R_R$	$T \leq 0.33$
A	$0.33R_R < EP \leq 0.50R_R$	$0.33 < T \leq 0.50$
B+	$0.50R_R < EP \leq 0.75R_R$	$0.50 < T \leq 0.75$
B	$0.75R_R < EP \leq 1.00R_R$	$0.75 < T \leq 1.00$
C	$1.00R_R < EP \leq 1.41R_R$	$1.00 < T \leq 1.41$
D	$1.41R_R < EP \leq 1.82R_R$	$1.41 < T \leq 1.82$
E	$1.82R_R < EP \leq 2.27R_R$	$1.82 < T \leq 2.27$
F	$2.27R_R < EP \leq 2.73R_R$	$2.27 < T \leq 2.73$
G	$2.73R_R < EP$	$2.73 < T$

EP : Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου

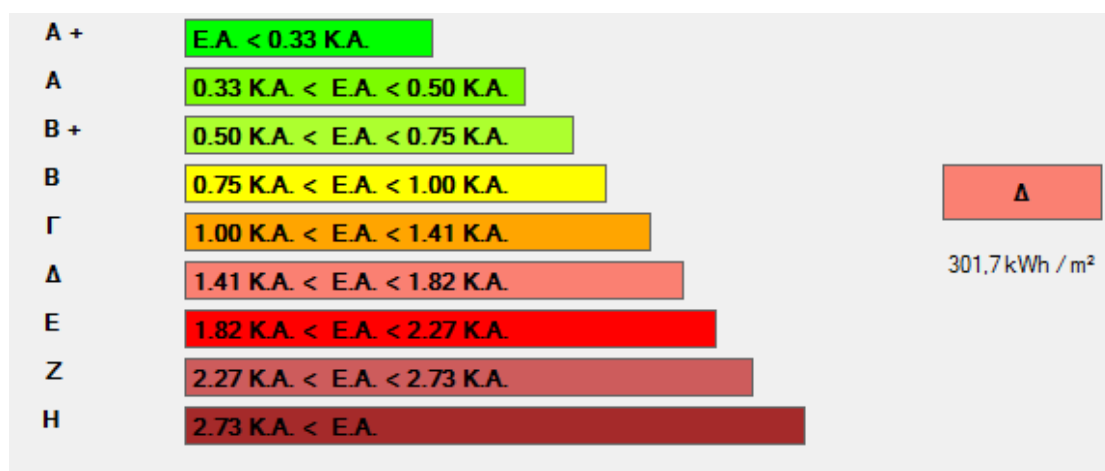
R_R : Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς

T : Λόγος που υπολογίζεται από την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το εξεταζόμενο κτίριο (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς(R_R) .

έτσι ώστε :

$$T = EP / R_R \text{ (4.1 .)}$$

Ως εκ τούτου , από την είσοδο των δεδομένων σε λογισμικό που δείχνει την τελική κατάταξη της ενέργειας του κτιρίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.13 . Και πίνακα 4.6.



Σχήμα 4.13 : Απεικόνιση για τη βαθμολογία ενέργειας του κτιρίου (πηγή : το λογισμικό TEE - KENAK 2013)

Πίνακας 4.6 : Αποτελέσματα και κατάταξη της ενέργειας για το εξεταζόμενο κτίριο . (πηγή : Το λογισμικό του TEE - KENAK 2013)

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχων κτίριο
Θέρμανση	12,7	73,9
Ψύξη	57,6	99,1
DHW	--	--
Φωτισμός	123,5	128,7
Συνεισφορά RES - CHP	--	--
Σύνολο	193,8	301,7
Καταταξη	--	D

Από την ενεργειακή μελέτη που διεξάγεται με τη χρήση του λογισμικού TEE - KENAK φαίνεται ότι το κτίριο ανήκει στην κατηγορία «D» (301,7 kWh/m²) .

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης μεταξύ του υπό εξέταση κτίριο , με το κτίριο αναφοράς . Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι στο κτίριο του δήμου της Κρήτης δεν υπάρχει κατανάλωση ζεστού νερού.

Οι απαιτήσεις ενέργειας και της ενεργειακής κατανάλωσης των υπό εξέταση κτιρίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7 και 4.8. Ενώ στον Πίνακα 4.9, μέσω του λογισμικού, παρέχονται πληροφορίες για όλες τις μορφές της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ .

Πίνακας 4.7 : Απαιτήσεις ενέργειας εξεταζόμενου κτιρίου.

Ενεργειακές απαιτήσεις (KWh/m ²)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαιος	Ιουν	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιες
Θέρμανση	13,4	10,1	5,6	0,8	0	0	0	0	0	0	2	7,4	39,3
Ψύξη	0	0	0	0	1,2	8	19,6	18,3	2,4	0	0	0	50
Υγρασία	0,6	0,6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1,8
DHW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

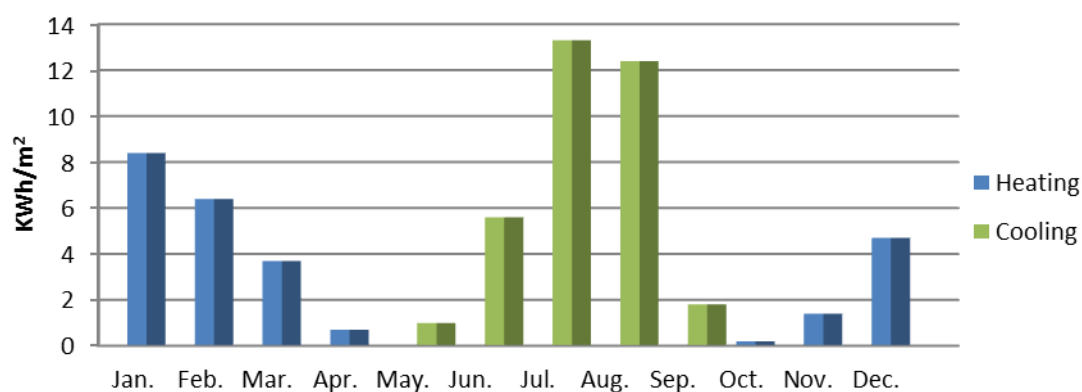
Πίνακας 4.8 : Κατανάλωση ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου

Energy consumption (KWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαιος.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιες
Θέρμανση	8,4	6,4	3,7	0,7	0	0	0	0	0	0,2	1,4	4,7	25,5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρου	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ψύξη	0	0	0	0	1	5,6	13,3	12,4	1,8	0	0	0	34,2
DHW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φωτισμός	3,8	3,4	3,8	3,6	3,8	3,6	3,8	3,8	3,6	3,8	3,6	3,8	44,4
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο	12,2	9,8	7,4	4,4	4,8	9,3	17	16,2	5,5	4	5,1	8,5	104,1

Πίνακας 4.9 : Εκπομπές CO₂ για όλες τις μορφές ενέργειας

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμου (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (Kg/m ²)
Ηλεκτρική ενέργεια	104,1	103
Πετρέλαιο	0	0
Φυσικό αέριο	0	0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0	0
Ηλιακή	0	0.0
Βιομάζα	0	0.0
Γεωθερμική	0	0
Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0	0.0
Σύνολο	104,1	103

Στο σχήμα 4.14 παρουσιάζεται η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας στην τελική μορφή της ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου θέρμανσης και ψύξης απαιτήσεις για ένα έτος .



Σχήμα 4.14 : Διάγραμμα της μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη (Πηγή : Ο συγγραφέας).

Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 1747.85m² . Ενώ οι συνολικές εκπομπές CO₂ από το κτίριο είναι 103 kg/m². Οι συνολικές εκπομπές CO₂ για την κατασκευή του δήμου της Κρήτης είναι : 180,028.55 τόνους εκπομπών CO₂

Ως εκ τούτου θα πρέπει να ληφθούν δραστικά μέτρα για τη μείωση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου . Τα μέτρα αυτά αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο .

4.2.3 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στο Κτίριο της περιφέρειας Κρήτης

Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα εφαρμοστούν τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η μελέτη εγκαταστάσεων συστημάτων παραγωγής ενέργειας στο κτίριο της περιφέρειας. Η μείωση στο ελάχιστο δυνατό της απαιτούμενης ενέργειας, απαιτεί δραστικά μέτρα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα μέτρα που χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιπτώσεις ριζικής ανακαίνισης για να γίνει το κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Όπως ειπώθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας παρατηρείται στους τομείς της θέρμανσης και της ψύξης. Η κατανάλωση ενέργειας για τον φωτισμό του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης είναι στα ίδια επίπεδα με το κτίριο αναφοράς. (πίνακας 4.6.). Συνεπώς, κρίνεται αναγκαίος ο προσανατολισμός των τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας που πρόκειται να εφαρμοστούν στο κτίριο, στην προσπάθεια μείωσης της ενέργειας που δαπανάται πρωτίστως για θέρμανση – ψύξη και φωτισμό ενώ σε δευτερη φαση θα μελετηθούν οι τεχνικές εξοικονομησης ενεργειας από τον υπολοιπο εξοπλισμο του κτιριου καθως επισης και οι τεχνικες ενσωματωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

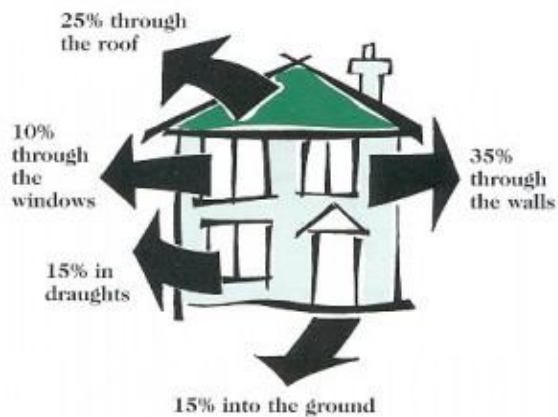
Εδώ, σε πρώτη φάση θα γίνει μεμονωμένη παρουσίαση του κάθε σεναρίου και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, θα συγκριθούν μόνο ως προς εκείνα του υπάρχοντος κτιρίου. Σε δεύτερη φάση θα γίνει παράλληλη σύγκριση και των οκτώ σεναρίων, ώστε να προκριθεί το καλύτερο εξ αυτών από οικονομικοτεχνική άποψη.

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας θα οργανωθούν σε οκτώ ανεξάρτητα σενάρια. Κάθε σενάριο ξεετάζει ένα αντίγραφο του αρχικού κτιρίου, το οποίο όμως παρουσιάζει κάποιες διαφορές σε σχέση με το αρχικό κτίριο, οι οποίες εντοπίζονται σε όσα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους ή/και των Η/Μ συστημάτων επηρεάζονται από τις τεχνικές εξοικονόμησης που εφαρμόζονται. Κάθε σενάριο απαιτεί την εισαγωγή του κόστους των τεχνικών εξοικονόμησης που περιλαμβάνει, ώστε να υπολογιστεί εν τέλει το συνολικό κόστος του νέου κτιρίου. Τα οκτώ σενάρια θα εξεταστούν παράλληλα από το λογισμικό και για κάθε ένα από αυτά θα υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και η περίοδος αποπληρωμής του αρχικού κόστους επένδυσης. Από τα αποτελέσματα θα κριθεί ποιο εκ των οκτώ σεναρίων διαθέτει τις ελκυστικότερες τεχνικές, από άποψη απόδοσης - κόστους, για μια πιθανή, μελλοντική εφαρμογή.

4.2.3.1 Παρουσίαση πρώτου Σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (Εξωτερική Θερμομόνωση)

4.2.3.1.2 Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Ένα πολύ σημαντικό μέτρο για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για τις ανάγκες της θέρμανσης και της ψύξης είναι η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου. Από τις εκτεθειμένες, στον εξωτερικό αέρα, πλευρές του κτιρίου έχουμε μεγάλες απώλειες ενέργειας της τάξης του 25-35 % των συνολικών απωλειών του κελύφους όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 4.15:. Παράδειγμα των απωλειών ενέργειας από τις επιφάνειες του κτιρίου.

Με την εξωτερική θερμομόνωση, περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατό η ανταλλαγή θερμότητας του κτιρίου με το εξωτερικό περιβάλλον, κρατώντας την θερμοκρασία στον εσωτερικό χώρο σε σταθερά επίπεδα. Το εσωτερικό κλίμα του κτιρίου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην άνεση των ατόμων που ζούνε ή εργάζονται μέσα σε αυτό. Η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης όχι μόνο μειώνει την καταναλισκόμενη ενέργεια, αλλά βελτιώνει επίσης και τις συνθήκες διαβίωσης των ανθρώπων μέσα στο κτίριο.

Ανάμεσα στην λύση της εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης προτιμάται η εξωτερική θερμομόνωση γιατί παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Εκμεταλλεύεται την θερμοχωρητικότητα της υφιστάμενης τοιχοποιίας και διατηρεί τη θερμοκρασία του χώρου μετά την διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων. Αυτό το πλεονέκτημα είναι απαραίτητο για τη συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή το κτίριο είναι συχνής χρήσης και χρειάζεται να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία στον εσωτερικό χώρο.
- Μείωση στο ελάχιστο της πιθανότητας σχηματισμού θερμογεφυρών.
- Προστασία της τοιχοποιίας από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Εκμετάλλευση όλου του εσωτερικού χώρου. Η περίπτωση εσωτερικής θερμομόνωσης θα μείωνε τον ωφέλιμο χώρο του κτιρίου μας.
- Πιο εύκολη διάχυση των υδρατμών με μειωμένο το ενδεχόμενο σχηματισμού υγρασίας, συμπύκνωσης.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι το μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης, καθώς και ότι για να θερμανθεί το κτίριο χρειάζεται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης.

Στην αγορά υπάρχουν πολλά υλικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξωτερική θερμομόνωση. Από αυτά τα σημαντικότερα είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS), η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS), ο υαλοβάμβακας, η πολυουρεθάνη, περλίτης, πετροβάμβακας και άλλα, με την πολυστερίνη να χρησιμοποιείται ευρέως στις περισσότερες περιπτώσεις. Στην συνέχεια θα αναφερθούν τα κύρια χαρακτηριστικά της διογκωμένης πολυστερίνης που θα χρησιμοποιηθεί στην εξεταζόμενη περίπτωση.

Διογκωμένη πολυστερίνη EPS: Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες υλικό που παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστυρολίου. Είναι εύχρηστο, οικονομικό και ευέλικτο υλικό. Ένα άλλο σημαντικό του προτέρημα είναι η ανθεκτικότητα του στην υγρασία καθώς και ότι είναι ανακυκλώσιμο και περιβαλλοντολογικά ασφαλές. Εκτός από την θερμομόνωση συμβάλλει αποτελεσματικά και στην ηχομόνωση του ανακαινιζόμενου κτιρίου, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου αποτελεσματικά και στην θερμομόνωση της οροφής.

Μια εξελιγμένη μορφή του EPS, είναι το THP EPS 80, το οποίο θα προτιμηθεί να χρησιμοποιηθεί για την θερμομόνωση του κτιρίου. Το 3% της σύστασης του παραπάνω υλικού είναι μόρια γραφίτη, τα οποία λειτουργούν σαν ανακλαστές που εμποδίζουν την μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, επιτρέποντας μόνο στην συναγωγή να συμβάλλει στην απώλεια θερμότητας. Το THP EPS, παρουσιάζει όλα τα πλεονεκτήματα της συμβατικής διογκωμένης πολυστερίνης και επιπλέον ο συντελεστής θερμικής του αγωγιμότητας είναι μειωμένος σε $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$

Πίνακας 4.10: τεχνικά χαρακτηριστικά του THP EPS 80

TRADE MARK		ISOPOR THP EPS 80 RF CE		
	Unit	Price		Control norm
Thermal conductivity λ 10 ⁰ C	W/m*K	0,037		prEN 12667
	Kcal/m*h*oC	0,032		EN 12939
Thermal Resistance R (m ² K/W)	m ² *K/W			EN 823
	30 mm	0,811		
	50 mm	1,351		
	80 mm	2,162		
	100 mm	2,703		
DIMENSION TOLERANCE				
Length L & Width W	mm	± 2		EN 822
Thickness T	mm	±1		EN 823
Square ness S	mm	± 2/1000		EN 824
Flatness P	mm	±5		EN 825
CHARACTERISTICS SPECIFICATIONS -				
Bending strength σ_b	KPa	125		EN 12089
	Kp/cm ²	1,28		
	N/mm ²	0,13		
Compression strength for 10% deformation σ_{10}	KPa	80		EN 826
	Kp/cm ²	0,82		
	N/mm ²	0,08		
Tensile strength perpendicular to faces σ_{mt}	KPa	150		EN 1607
	Kp/cm ²	1,53		
	N/mm ²	0,15		
Long-term water absorption under immersion		3,00%		EN 12087
Resistance to vapour diffusion μ (Air $\mu=1$)		20 - 40		EN 12086
Density	Kgr/m ³	18 - 20		EN 1602
Resistance to fire	E			prEN 13501-1
	B1			DIN 4102
TRACEABILITY CODE		EPS - EN 13163 - T2 -L2 - W2 - S2 - P4 - BS125 - CS(10)80 - TR150		EN 13163 : 2008

Η πόλη του Ηρακλείου, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ανήκει στην Α κλιματική ζώνη. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι $U = 0,60\text{W/m}^2\text{K}$ [4]. Προς την κατεύθυνση δημιουργίας κτιρίου κατηγορίας ZEB, θα πρέπει να αυξηθεί περισσότερο το πάχος της θερμομόνωσης για την εξωτερική τοιχοποιία. Αν και δεν υπάρχει ακόμα μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για τα ελληνικό κλίμα όσον αφορά το σχεδιασμό κτιρίων ZEB, θα αναζητηθεί μια ιδιαίτερα χαμηλή τιμή. Για να επιτευχθεί αυτός ο συντελεστής, θα πρέπει να υπολογιστεί το πάχος της θερμομόνωσης με το υλικό EPS THP 80.

Οι συντελεστές που έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1-2010) κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης για κάθε υφιστάμενη τοιχοποιία σε κάθε πλευρά είναι $3.85\text{ W/m}^2\text{K}$.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2-(2010) γνωρίζουμε ότι Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου «n» στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (4.2)$$

Όπου

U ($\text{W/m}^2\text{K}$) ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

N (-) το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

Λ (W/mK) συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης.

R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$) η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

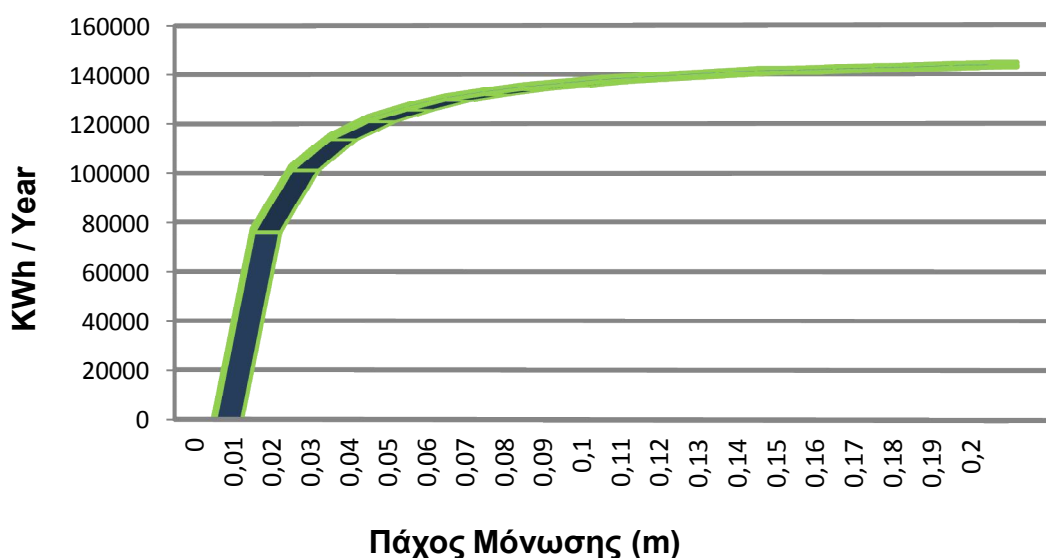
R_δ ($\text{m}^2\text{K/W}$) η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος.

R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$) η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3β στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2-(2010) το $R_i=0,130 \text{ (m}^2\text{K)/W}$, $R_{\delta} = 0 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ και $R_a = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)/W}$.

Στην περίπτωση του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης, επιδιώκεται χαμηλός συντελεστής θερμοπερατότητας λόγω του ότι η εξοικονόμηση ενέργειας πραγματοποιείται με σκοπό το κτίριο να χαρακτηριστεί μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας θα επιλεγεί έπειτα από μελέτη για το πάχος της μόνωσης ώστε να προσφέρεται σωστή μόνωση με την πιο βέλτιστη οικονομικά λύση

Συνεπώς από τον τύπο 4.2 και σε συνδυασμό με το λ του θερμομονωτικού υλικού θα προκύψει το πάχος της εξωτερικής μόνωσης παίρνοντας τιμές για το πάχος της μόνωσης από 0.01 έως 0.2m (σχήμα 4.16).



Σχήμα 4.16: Εκπομπές CO₂ για όλες τις μορφές ενέργειας

Όπως παρατηρείται από τον σχήμα 4.16 το ενεργειακό κέρδος σε σχέση με την αύξηση του πάχους της μόνωσης, δεν είναι γραμμική. Φαίνεται λοιπόν ότι μετά τα 10cm πάχους μόνωσης, το ενεργειακό κέρδος παραμένει σχεδόν σταθερό. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα το πάχος της μόνωσης που επιλέγεται για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης είναι $d=0.1\text{m}$, ενώ το ενεργειακό όφελος είναι 155,908.22 KWh/year σε φορτία ψύξης – θέρμανσης.

4.2.3.1.3 Θερμομόνωση δώματος

Οι απώλειες ενέργειας μέσω του δώματος είναι πολύ μεγάλες, της τάξης του 20-25%. Έτσι, καταλαβαίνουμε ότι η θερμομόνωση του δώματος είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι, ώστε το κτίριο μας να χαρακτηριστεί ZEB. Τα δώματα ως στοιχεία του εξωτερικού κελύφους δέχονται έντονα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος και είναι πλήρως εκτεθειμένα στις επιπτώσεις του (βροχές, καταιγίδες, ηλιακή ακτινοβολία). Για αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη όχι μόνο της θερμομόνωσης αλλά και της στεγανοποίησης του.

Οι Διαθέσιμοι τρόποι θερμομόνωσης του δώματος οι παρακάτω τέσσερις :

- Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια του με συμβατικό τρόπο

- Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με τον ανεστραμμένο τρόπο
- Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με προσθήκη πρασίνου
- Εσωτερικά σε όλη την επιφάνεια

Στο ανεστραμμένο δώμα η στεγανοποίηση βρίσκεται κάτω από την θερμομόνωση και προφανώς είναι πιο προστατευμένη σε σχέση με την συμβατική μόνωση. Η θερμομόνωση με τον ανεστραμμένο τρόπο προτιμάται σε υφιστάμενα κτίρια γιατί παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι :

- Η στεγάνωση προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία, τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τις μηχανικές καταπονήσεις.
- Έχει μικρότερο βάρος και δεν αυξάνεται το τόσο το ύψος της στάθμης του δώματος
- Η στεγανοποίηση είναι προστατευμένη από μηχανική κατάχρηση
- Δεν υφίσταται κίνδυνος εγκλωβισμού υγρασίας που υπάρχει στην συμβατική μόνωση
- Καταλληλότερο σύστημα για εφαρμογή σε χειμερινές συνθήκες

Η επιλογή μας όσον αφορά το θερμομονωτικό υλικό είναι πολύ περιορισμένη για την θερμομόνωση του δώματος με ανεστραμμένο τρόπο. Αυτό το υλικό είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη γιατί είναι το πλέον αδιάβροχο υλικό.

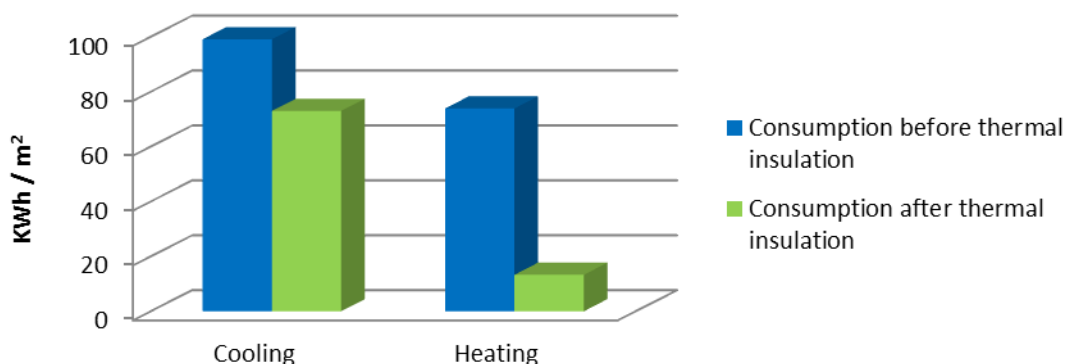
Η **εξηλασμένη πολυστερίνη** (XPS - Extruded polystyrene) είναι ελαφρύ, θερμομονωτικό υλικό με βάση την πολυστερίνη. Παράγεται σε πλάκες με την μέθοδο της εξέλασης και έχει μονωτικές ιδιότητες λόγω παγίδευσης αερίου σε κλειστές κυψελίδες. Ένα κύριο χαρακτηριστικό της είναι οι κλειστοί πόροι και η έλλειψη απορρόφησης νερού, κάτι που κάνει την εξηλασμένη πολυστερίνη κατάλληλη για εφαρμογές σε υψηλή υγρασία.

Properties		Measure units	EN standard	300-L
Shape of profile				L
Surface				Smooth
Board dimension		mm	EN 822	1250/600
Thickness tolerance			EN 823	T1
Declared value of compressive strength at 10% deformation		kPa	EN 826	300
Declared thermal conductivity (after 25 years)	20mm≤d≤60mm	W/(m*K)	EN 12667	0,033
	>60mm			0,034
Long term water absorption by immersion	Smooth surface	vol. %	EN 12087	0,7
Water absorption by diffusion		vol. %	EN 12088	3
Water vapour diffusion resistance factor		-	EN 12086	150-50
Temperature of use		°C		From -50 to +75
Reaction to fire		Class	EN 13501-1	E

Για την μόνωση του δώματος του κτιρίου της Υδραυλικής θα χρησιμοποιήσουμε το υλικό Fibran XPS με πάχος 40 cm. Η μόνωση του δώματος είναι πολύ βασικό κριτήριο

για την εξοικονόμηση ενέργειας, για αυτό και έγινε αυστηρότερη επιλογή πάχους υλικού.

Συνεπώς με $d=40$ cm, από τον προηγούμενο πίνακα θα έχουμε $\lambda = 0,033$ W/(m²K) Στο παρακάτω σχήμα (4.17) φαίνεται παραστατικά η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που προκαλεί η εξωτερική θερμομόνωση πάχους 40 cm για το δόμα και 10cm για την τοιχοποιία.



Σχήμα 4.17: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση (Πηγή: Ο συγγραφέας).

4.2.3.1.4 Κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης

Το κόστος για την θερμομόνωση του δώματος πάχους 40cm ανέρχεται στα 40€/m² ενώ για την θερμομόνωση της τοιχοποιίας πάχους 10cm ανέρχεται στα 32€/m². Συνεπώς, το συνολικό για την θερμομόνωση του εξεταζόμενου κτιρίου ανέρχεται στα 63,540.00€

Έτσι, η οικονομοτεχνική ανάλυση του TEE-KENAK μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 4.11: Κόστος και περίοδος αποπληρωμής

Savings and costs	Reference building	Existing building	under consideration scenario
Operating cost (€)	13,205.3	20,599.6	14,652.3
Initial investment cost (€)			63,540.9
Primary energy savings (KWh/m ²)			86.7
Primary energy savings (%)			28.7
Price saved energy (€/KWh)			0.4
Reduction of emissions CO ₂ (Kg/m ²)			29.6
Repayment period (years)			10.8

Σύμφωνα με το λογισμικό TEE – KENAK η απόσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης για την προσθήκη θερμομόνωσης επιτυγχάνεται σε 10.8 χρόνια.

Παρουσίαση δεύτερου Σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (Αντικατάσταση κουφωμάτων)

Ο ρόλος των κουφωμάτων στην ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου που αφορά την θέρμανση και την ψύξη των χώρων είναι πολύ σημαντικός. Πιο συγκεκριμένα το χειμώνα η θερμότητα που αναπτύσσεται στον εσωτερικό χώρο τείνει να εξέλθει στο ψυχρότερο εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το καλοκαίρι ακολουθεί την αντίστροφη πορεία. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την χρήση ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων

Βασική προϋπόθεση της αποδοτικότητας των κουφωμάτων είναι οι καλές θερμομονωτικές ιδιότητες τόσο των πλαισίων όσο και των υαλοπινάκων τους. Παράλληλα όμως, κατάλληλα επεξεργασμένοι υαλοπίνακες μπορούν να συμβάλουν και στην μείωση των ηλιακών θερμικών κερδών, αποτρέποντας την είσοδο μεγάλου μέρους της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς να επηρεάζουν τον εισερχόμενο φωτισμό.

Αναφορικά με τα κουφώματα του εξεταζόμενου κτιρίου, χαρακτηρίζονται από έναν τύπο κουφωμάτων, όπου το υλικό κατασκευής του πλαισίου τους είναι ξύλινο. Τα ξύλινα πλαίσια λόγω του σχετικής καλού συντελεστή θερμοπερατότητας $\{U_F=2.2(W/m^2k)\}$ και λόγω της αρχιτεκτονικής του κτιρίου δεν θα υπάρξει αντικατάσταση.

Σχετικά με τους υαλοπίνακες των υφιστάμενων κουφωμάτων, είναι διπλοί πάχους 4mm έκαστος με μεταξύ τους διάκενο αέρα 6mm.

Τα προηγούμενα, δίνουν την ευκαιρία στον συγγραφέα την εξέταση προτάσεων για διάφορα είδη υαλοπινάκων ενεργειακά αποδοτικότερων, με σκοπό την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του εξεταζόμενου κτιρίου και κατ'επέκταση την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος.

Ευρέως διαδομένο σε παρόμοιες εφαρμογές σε εξωτερικό και Ελλάδα είναι το γυαλί χαμηλής εκπομπής (low-e). Ενεργειακό (low-e) γυαλί είναι ένα διάφανο γυαλί το οποίο έχει επίστρωση μικροσκοπικών μεταλλικών οξειδίων στη μία του πλευρά. Αυτή η επίστρωση δεν επιτρέπει την μεταφορά θερμότητας από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο ή και αντίστροφα. Υπάρχουν πολλοί μέθοδοι επίστρωσης λόγω των διαφορετικών συνδυασμών των μετάλλων. Ενδεικτικά έχουμε:

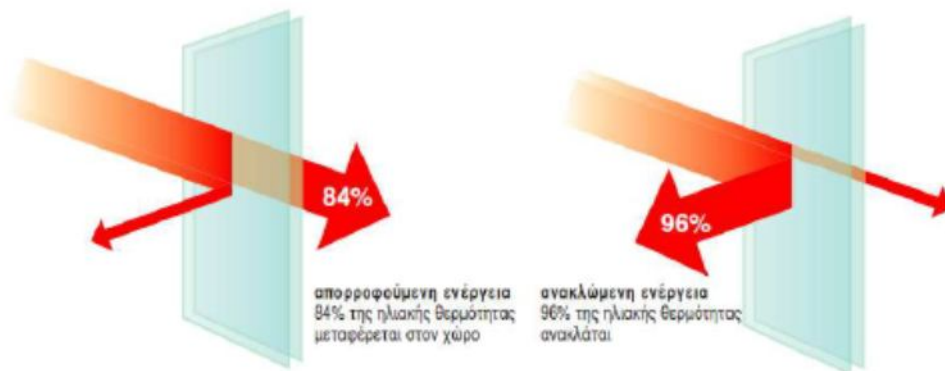
- Ενεργειακό γυαλί σκληρής επίστρωσης : Αναφέρεται σε γυαλί του οποίου η επιφάνεια έχει επιστρωθεί μέσω εμβάπτισης ή χημικού ψεκασμού. Θεωρείται ξεπερασμένη τεχνολογία γιατί εμφανίζουν τα παρακάτω μειονεκτήματα:
- Η τιμή U είναι ψηλότερη σε σχέση με αυτή της μαλακής επίστρωσης
- Χαμηλότερη διαφάνεια (ορατότητα και φωτεινότητα) σε σχέση με αυτή της μαλακής επίστρωσης
- Δημιουργία χρωματικών αποχρώσεων στην μεριά της επίστρωσης

Αναφέρεται σε γυαλί του οποίου η επιφάνεια έχει επιστρωθεί μέσω φυσικού ψεκασμού. Ο φυσικός ψεκασμός επιτυγχάνεται με την Μαγνητρονική Μέθοδο η οποία είναι ανεξάρτητη από την διαδικασία παραγωγής του γυαλιού. Είναι η εξέλιξη στην τεχνολογία των ενεργειακών υαλοπινάκων.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι τα εξής :

- Προσφέρουν τη χαμηλότερη τιμή U που υπάρχει στην αγορά.
- Υψηλή μετάδοση του ορατού φωτός.
- Μειώνει ως και 70% την UV ακτινοβολία σε σχέση με τον απλό υαλοπίνακα
- Οπτική διαφάνεια χωρίς χρωματισμούς.

Τα γυαλιά χαμηλής εκπομπής παίζουν σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της σταθερής κατάστασης στο εσωκλίμα. Η ενέργεια της ακτινοβολίας που απορροφάται από το γυαλί σε ένα διπλό υαλοπίνακα, κατά ένα μέρος θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται ανάμεσα στις δυο γυάλινες πλάκες, και το υπόλοιπο που φθάνει το 84%, εκπέμπεται προς τον εσωτερικό χώρο του σπιτιού. Στα low-e γυαλιά το ποσοστό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας δεν ξεπερνάει το 4%, ενώ το 96 % της θερμικής ενέργειας ανακλάται ή απορροφάται από το γυαλί όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 4.18. Αυτή η ιδιότητα δίνει τη δυνατότητα στα low-e γυαλιά να μην αφήνουν το καλοκαίρι να μπαίνει η ζέστη και τον χειμώνα να κρατούν τη ζέστη στο εσωτερικό του χώρου.



Σχήμα 6.6: Απορροφούμενη και ανακλώμενη ενέργεια σε low-e γυαλιά [Πηγή: www.efficientwindows.org]

Επιλογή υαλοπίνακα

Κατά την προσημείωση στο λογισμικό TEE-KENAK χρησιμοποιήθηκαν 2 τύποι υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής μαλακής επίστρωσης με διπλή υάλωση. Ο πρώτος τύπος υαλοπίνακα ήταν με συντελεστή διαπερατότητας $g_w = 0,08$ και Συντελεστή Θερμοδιαπερατότητας $U_{value} = 1,1$ ενώ ο δεύτερος τύπος ήταν με συντελεστή διαπερατότητας $g_w = 0,2$ και Συντελεστή Θερμοδιαπερατότητας $U_{value} = 1,1$.

Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο του κουφώματος ανάλογα των διαστάσεων του απεικονίζονται στον πίνακα 4.12

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή θερμοπερατότητας μονού κουφώματος χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος.

$$U_W = \frac{A_f * U_f + A_g * U_g + I_g * \Psi_g}{A_W}$$

Όπου:

U_w (W/m^2K) Ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f (W/m^2K) Ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισιου του κουφώματος

A_f (m^2) Επιφάνεια του πλαισιου του κουφώματος

U_g (W/m^2K) Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπινάκα

A_g (m^2) Επιφάνεια του υαλοπινάκα.

I_g (m) Το μήκος της θερμογεφυρας του υαλοπινάκα

Ψ_g (W/mK) Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατοτητας του υαλοπινάκα.

A_w (m^2) Το εμβαδον επιφανειας του κουφώματος.

Ο συντελεστής θερμοπερατοτητας του πλαισιου (U_f) όπως αναφερθηκε και προηγουμενως είναι $2,2 W/m^2K$ (πινακα 3.10, **T.O.T.E.E. 20701-1-2010**)

Η επιφάνεια (A_f) για κάθε πλαίσιο παρουσιάζεται στον πινακα 4.12

Ο συντελεστής θερμοπερατοτητας του υαλοπινάκα (U_g) για τους 2 τυπους υαλοπινάκων θα είναι $1,1 W/m^2K$.

Η επιφάνεια (A_g) για κάθε υαλοπινάκα παρουσιάζεται στον πινακα 4.12

Το μήκος της θερμογεφυρας για καθε υαλοπινάκα (I_g) παρουσιάζεται στον πινακα 4.12

Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατοτητας του υαλοπινάκα (Ψ_g) ισουτε με $0,08 W/mK$ (πινακα 3.11, **T.O.T.E.E. 20701-1-2010**)

Το εμβαδον επιφανειας για καθε κουφωμα A_w παρουσιάζεται στον πινακα 4.12

Πινακας 4.12 Επιφάνεια για κάθε πλαίσιο (Πηγή: Ο συγγραφέας)

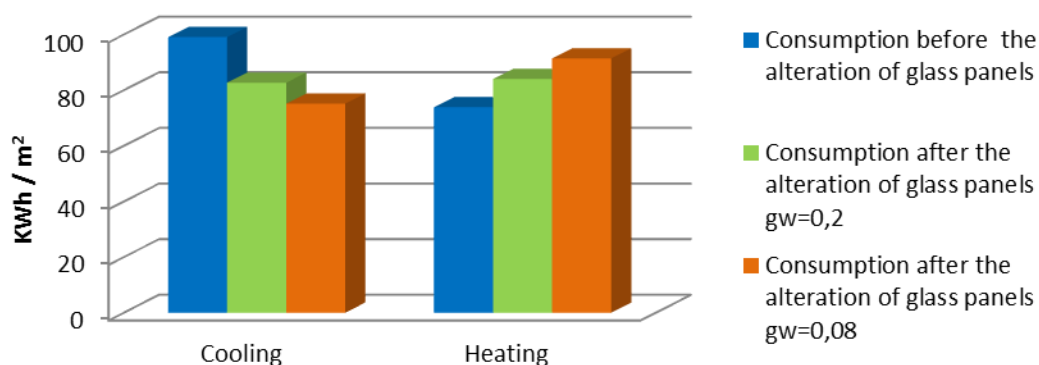
WINDOWS	Frame Dimensions (m)	A_f (m^2)	A_g (m^2)	I_g (m)	A_w (m^2)
	0,8x2,55	0,962	1,078	5,38	2,04
	1 x 2,55	1,032	1,518	5,78	2,55
	1,1 x 2,55	1,067	1,738	5,98	2,805
	1,2 x 2,55	1,102	1,958	6,18	3,06
	1,45 x 2,55	1,1895	2,508	6,68	3,6975
	1,8 x 2,55	1,312	3,278	7,38	4,59
	1,9 x 2,55	1,347	3,498	7,58	4,845
	2,1 x 2,55	1,417	3,938	7,98	5,355
	2,2 x 2,55	1,452	4,158	8,18	5,61
	2,25 x 2,55	1,4695	4,268	8,28	5,7375
	Total	12,35	27,94	69,4	40,29

Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο του κουφώματος αναλογα τις διαστάσεις και τον συντελεστή διαπερατότητας (g_w) απεικονίζονται στον πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13: συντελεστής μεταφοράς θερμότητας για ολόκληρο το πλαίσιο (Πηγή: Ο συγγραφέας).

WINDOWS	Frame Dimensions (m)	U_w with $g_w=0,2$ (W/m^2K)	U_w with $g_w=0,08$ (W/m^2K)
	0,8x2,55	1,500	2,146
	1 x 2,55	1,443	1,999
	1,1 x 2,55	1,423	1,945
	1,2 x 2,55	1,406	1,900
	1,45 x 2,55	1,373	1,815
	1,8 x 2,55	1,343	1,736
	1,9 x 2,55	1,336	1,719
	2,1 x 2,55	1,325	1,689
	2,2 x 2,55	1,320	1,676
	2,25 x 2,55	1,318	1,670

Στο παρακάτω σχήμα (4.19) παρουσιάζεται η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που προκαλεί η αντικατάσταση των υφιστάμενων υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής, μαλακής επίστρωσης με συντελεστή διαπερατότητας $g_w = 0,2$ και $g_w = 0,08$. Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα οι δυο τύποι υαλοπινάκων έχουν τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας ($1,1 W/m^2K$).



Σχήμα 4.19: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση (Πηγή: Ο συγγραφέας).

4.2.3.2.1 Κόστος Αντικατάστασης υαλοπινάκων

Το κόστος για την αλλαγή των υαλοπινάκων και στις δυο περιπτώσεις ανέρχεται στα 65€/ m². Το συνολικό κόστος για την αλλαγή των υαλοπινάκων του εξεταζόμενου κτιρίου ανέρχεται στα 15,627.70€

Έτσι, η οικονομοτεχνική ανάλυση του TEE-KENAK μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 4.14: Κόστος και χρόνος απόσβεσης

Savings and costs	Reference building	Existing building	under consideration scenario 1 (g=0.08)	under consideration scenario 2 (g=0.2)
Operating cost (€)	13,205.3	20,599.6	19,776.8	19,824.4
Initial investment cost (€)			15,627.7	15,627.7
Primary energy savings (KWh/m ²)			7.0	6.2
Primary energy savings (%)			2.3	2.1
Price saved energy (€/KWh)			1.3	1.4
Reduction of emissions CO ₂ (Kg/m ²)			2.4	2.2
Repayment period (years)			32.8	36.4

Σύμφωνα με το λογισμικό TEE-KENAK η απόσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης για την αντικατάσταση των υαλοπινάκων με gw=0.08 επιτυγχάνεται σε 32.8 χρόνια. Ενώ η απόσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης για την αντικατάσταση των υαλοπινάκων με gw=0.2 επιτυγχάνεται σε 36.4 χρόνια.

Αν και μικρο το κόστος αντικατάστασης των υαλοπινάκων σε σχέση με το μέγεθος του κτιρίου, η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου αποδεικνύεται μεγάλη. ο λόγος είναι ότι η εξοικονομούμενη ενέργεια είναι πάρα πολύ χαμηλή συγκριτικά με το αρχικό κόστος επένδυσης.

Η μικρή απολαβή σε εξοικονομούμενη ενέργεια δημιουργείται διότι οι υφιστάμενοι υαλοπίνακες του είναι διπλοί, με σχετικά καλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Επίσης ένα πρακτικό πρόβλημα στην αντικατάσταση των υαλοπινάκων είναι η αναγκαστική διακοπή λειτουργίας του κτιρίου για την περίοδο αντικατάστασης.

4.2.3.3 Παρουσίαση του Τρίτου Σεναρίου (αντικατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού)

Η ψύξη του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης με ενεργειακά αποδοτικά κλιματιστικά αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της βελτίωσης της ενεργειακής επίδοσης του. Μετά τις επεμβάσεις στα αδιαφανή μέρη του κελύφους, η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη και θέρμανση μειώθηκε. Για να επιτευχθεί ο στόχος της μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, πρέπει να ληφθούν δραστικά και αυστηρά μέτρα.

Για την επιλογή των ενεργειακά αποδοτικών μονάδων ψύξης - θέρμανσης που αφορούν τον οικιακό τομέα συστάθηκε η οδηγία 2002/31/EK και η κοινή Ευρωπαϊκή πύλη torpen. Σύμφωνα με τις παραπάνω οδηγίες τα κλιματιστικά πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι:

- Να είναι ενεργειακής κλάσης A σε λειτουργία ψύξης

- Να είναι ενεργειακής κλάσης A σε λειτουργία θέρμανσης
- Οι συσκευές ψυκτικής ισχύος μέχρι 4kW να έχουν βαθμό ενεργειακής απόδοσης $EER \geq 4,5$
- Οι συσκευές θερμικής ισχύος άνω των 4kW να έχουν βαθμό ενεργειακής απόδοσης $COP \geq 4,0$

Να είναι διαιρούμενου τύπου

- Να είναι αερόψυκτα

Για τον τριτογενή τομέα Η τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδος έχει θεσει κάποιες ελάχιστες προδιαγραφές για τις απόδοσης των κλιματιστικών και θερμαντικών μονάδων. Αυτές είναι:

- Οι αερόψυκτες μονάδες παραγωγής να έχουν $EER > 2.8$ και $COP > 3.2$
- Οι υδρόψυκτες μονάδες παραγωγής να έχουν $EER > 3.8$ και $COP > 4.3$

Λόγω, της θερμομόνωσης του κελύφους, η καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό. Έτσι, η νέα θερμική ισχύ P_{gen} που θα πρέπει να έχουν τα συστήματα θέρμανσης προκύπτει από την σχέση **4.1**

$$P_{gen} = A * U_m * \Delta T * 1.8$$

Όπου:

P_{gen} (w) : ισχύς του λέβητα

A (m^2) : η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα

U_m (W/m^2K): ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A

ΔT (K ή °C) : η διαφορά θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος όπου είναι για την Γ κλιματική ζώνη 23 °C.

1.8 : Συντελεστής που περιλαμβάνει τα φορτία λόγω αερισμού και τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής κλπ.

Για να βρεθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_m όλου του κτιρίου μετά την μόνωση και την αντικατάσταση κουφωμάτων, θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος που

αναφέρεται στην TOTEE 2010β

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b + \sum_{i=1}^V L_i * \Psi_i * b}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Οπου:

U_m (W/m²K) : ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου

n (-) : το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου

v (-) : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A του κελύφους

A_j (m²) : το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου

U_j (W/m²K) : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου

L (m) : το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

Ψ (W/mK) : ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

b (-) : μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου)

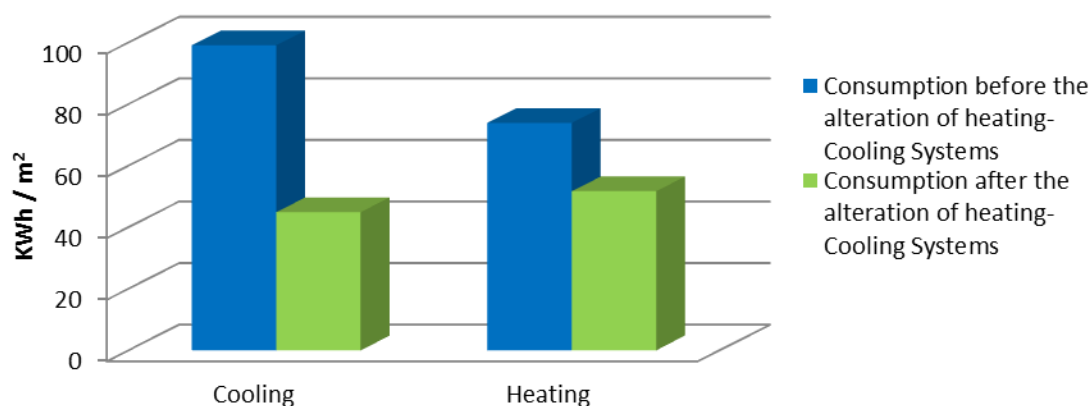
Για τον υπολογισμό δεν λήφθηκαν υπόψη οι θερμογέφυρες ενώ ισχύει $b=1$. Έτσι μετά από πράξεις, $U_m = 1.62$ W/m²K. Συνεπώς, από τη σχέση 6.3 η μέγιστη ισχύς του συστήματος θέρμανσης για την κάλυψη του θερμικού φορτίου για το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης, θα είναι : $P= 138,015$ kW.

Επιλογή μονάδων ψύξης – θέρμανσης

Συμπεριλαμβάνοντας όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, καθώς επίσης και όλες τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει η επιλογή των μονάδων ψύξης θέρμανσης.

Οι μονάδες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν είναι VRF τεχνολογίας inverter, διαιρούμενου τύπου με συνολική θερμική ισχύ 150KW με COP=4.25 και ψυκτική ισχύ 135KW με Βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER=3.95. Τα συστήματα VRF έχουν εισβάλει στην Ευρωπαϊκή αγορά την τελευταία δεκαετία, κερδίζοντας ένα μεγάλο μερίδιο από την συνολική αγορά του κλιματισμού. Ο όρος VRF είναι το ακρωνύμιο του «variable refrigerant flow» δηλαδή «μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου». Ουσιαστικά χαρακτηρίζει την δυνατότητα ενός συστήματος κλιματισμού να μεταβάλλει το ψυκτικό του αποτέλεσμα, ελέγχοντας με απόλυτη ακρίβεια την ποσότητα του ψυκτικού μέσου που θα χρησιμοποιηθεί για την απαιτούμενη μεταφορά θερμότητας. Η ευκολία της εγκατάστασής τους, ο μικρός χώρος που καταλαμβάνουν οι εξωτερικές μονάδες, καθώς και οι εξαιρετικά υψηλοί συντελεστές απόδοσης που διαθέτουν (EER-COP), καθιστούν τα συστήματα αυτά την πιο ασφαλή & αξιόπιστη λύση για τον κλιματισμό μικρών και μεγάλων κτιρίων. Ένα σημαντικό κομμάτι των VRF είναι και τα συστήματα κεντρικού χειρισμού, μέσω των οποίων γίνεται εφικτή η διαχείριση των εσωτερικών μονάδων. Πληθώρα ελεγκτών προσφέρουν τη δυνατότητα συνεργασίας με συστήματα BMS και πάνω από διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως LonWorks, BACnet, KNX, Modbus.

Στο σχήμα (4.20) παρουσιάζεται η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που προκαλεί η αντικατάσταση των υφιστάμενων συστημάτων ψύξης – θέρμανσης με συστήματα VRF διαιρούμενου τύπου τεχνολογίας inverter.



Σχήμα 4.20: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση (Πηγή: Ο συγγραφέας).

4.2.3.3.1 Κόστος Αντικατάστασης συστημάτων ψύξης-θέρμανσης

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των υφιστάμενων συστημάτων ψύξης-θέρμανσης με συστήματα VRF διαιρούμενου τύπου τεχνολογίας inverter (εξωτερικές και εσωτερικές μονάδες) συμπεριλαμβανομένου και το εργατικό κόστος ανέρχεται στα 58,000.00€

Έτσι, η οικονομοτεχνική ανάλυση του TEE-KENAK μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

Savings and costs	Reference building	Existing building	under consideration scenario
Operating cost (€)	13,205.3	20,599.6	15,351.5
Initial investment cost (€)			58,000.00
Primary energy savings (KWh/m ²)			76.4
Primary energy savings (%)			25.3
Price saved energy (€/KWh)			0.4
Reduction of emissions CO ₂ (Kg/m ²)			26.1
Repayment period (years)			11.1

Σύμφωνα με το λογισμικό TOTEE – KENAK η απόσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης για την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης – θέρμανσης με πολυδιαριρούμενες μονάδες VRF επιτυγχάνεται σε 11.1 χρόνια.

4.2.3.4 Παρουσίαση Τέταρτου Σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (προσθήκη συστημάτων σκίασης)

Σε ένα κτίριο, η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να εμποδίζεται από συστήματα ηλιοπροστασίας, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες όταν αυτή είναι δυσάρεστη.

Ταυτόχρονα όμως πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να εισέρχεται στο εσωτερικό του, όταν αυτό είναι επιθυμητό. Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να εξασφαλίζεται σωστός αερισμός και φωτισμός.

Κατά τη θερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτηρίου είναι σημαντική και αποτελεί τη βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτηρίου.

Η ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτηρίου, είτε φυσικό είτε τεχνητό. Στην πρώτη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα. Στη δεύτερη συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτηρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε θέσης του κτηρίου. Η ηλιακή γεωμετρία (η πορεία που διαγράφει ο ήλιος πάνω από την περιοχή μελέτης κατά τη διάρκεια του έτους), το κλίμα και ο προσανατολισμός είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή της ηλιοπροστασίας που θα επιλεγεί.

Οι τρόποι ηλιοπροστασίας ποικίλουν και μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, αναλόγως των μέσων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτίνων να φθάνουν στα παράθυρα.

Τα σκίαστρα, τα οποία βρίσκονται συνήθως σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια των ανοιγμάτων, μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- εξωτερικά, εσωτερικά και ενδιάμεσα

- οριζόντια και κατακόρυφα
- αλλά και ανάλογα με το υλικό, τις θερμικές και οπτικές ιδιότητές τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Φυσικά, μπορεί να υπάρξει και συνδυασμός αυτών.

Τα εξωτερικά, εσωτερικά και ενδιάμεσα σκίαστρα σχετίζονται με τη θέση τους ως προς την επιφάνεια του υαλοπίνακα. Τα εξωτερικά είναι συνήθως παραθυρόφυλλα, τέντες, πρόβολοι, κατακόρυφες και οριζόντιες περσίδες. Θεωρείται πιο αποδοτική τεχνική σκίασμού σε σχέση με τα εσωτερικά και τα ενδιάμεσα σκίαστρα, διότι η ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται πριν φτάσει στη γυάλινη επιφάνεια.

Η εξωτερική θέση, όμως, συνεπάγεται καταπόνηση από τις καιρικές συνθήκες, συνεπώς χρειάζεται χρήση ανθεκτικών υλικών. Όσο πιο σκούρο χρώμα χρησιμοποιείται, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η λειτουργία τους, διότι ανακλούν λιγότερη ακτινοβολία στο εσωτερικό, αφού υπάρχει μεγαλύτερη απορρόφηση λόγω χρώματος.

Τα κινητά σκίαστρα μπορούν να ρυθμίζονται χειροκίνητα, ηλεκτρικά ή αυτόματα με τη βοήθεια συστήματος αυτοματου ελεγχου (BMS) . Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα. Λόγω της δυνατότητας τους να κινούνται, προσαρμόζονται συνεχώς στις εκάστοτε συνθήκες.

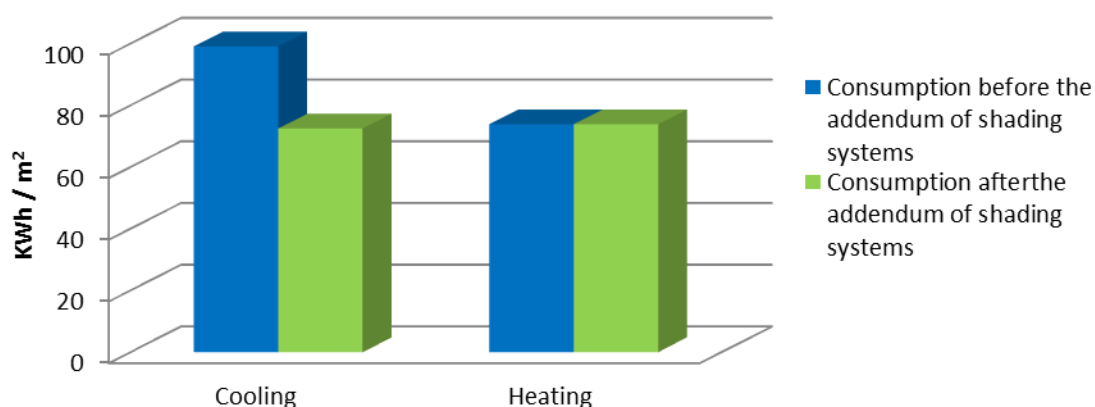
Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών αποτρέπουν μεγάλο μέρος της διάχυτης και ανακλώμενης ακτινοβολίας, ελαχιστοποιώντας το ηλιακό κέρδος την ημέρα και επιτρέποντας το δροσισμό τη νύχτα. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών συμβαίνει το αντίθετο.

Στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης τα σκίαστρα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι περσίδες εξωτερικού τύπου (εικόνα 4.21) με δυνατότητα δυο κινήσεων (περιστροφή φύλλων, κατακόρυφη κίνηση). Η κίνηση θα πραγματοποιείται με κινητήρα.



Σχήμα 4.21: Παραδειγμα εξωτερικών περσίδων.

Στο σχήμα (4.22) παρουσιάζεται η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη που προκαλεί η προσθήκη συστημάτων σκίασης στο κτήριο της περιφέρειας Κρήτης, καθώς δεν υπάρχει καμία μεταβολή στην θερμική κατανάλωση ενέργειας.



Σχήμα 4.22: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση (Πηγή: Ο συγγραφέας).

4.2.3.4.1 Κόστος προσθήκης συστημάτων σκίασης

Το συνολικό κόστος προσθήκης συστημάτων σκίασης στο κτήριο της περιφέρειας Κρήτης συμπεριλαμβανομένου και το εργατικό κόστος ανέρχεται στα 25,555.20€

Έτσι, η οικονομοτεχνική ανάλυση του TEE-KENAK μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

Savings and costs	Reference building	Existing building	under consideration scenario
Operating cost (€)	13,205.3	20,599.6	18,744.8
Initial investment cost (€)			25,555.2
Primary energy savings (KWh/m ²)			26.6
Primary energy savings (%)			8.8
Price saved energy (€/KWh)			0.5
Reduction of emissions CO ₂ (Kg/m ²)			9.1
Repayment period (years)			14.1

Σύμφωνα με το λογισμικό TEE – KENAK η απόσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης για την προσθήκη συστημάτων σκίασης επιτυγχάνεται σε 14.1 χρόνια.

4.2.3.5 Παρουσίαση Πέμπτου Σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (προσθήκη συστήματος αυτόματου ελέγχου BMS)

Γενική αρχή για την επίτευξη μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, είναι η ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας για την λειτουργία του. Είναι πάντα προτιμότερο και οικονομικότερο να εξοικονομείς ενέργεια από το να παράγεις.

Σημαντικό μέτρο βελτίωσης στην εξοικονόμηση ενέργειας, είναι η εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης (Building Management System-BMS). Το BMS εγκαθίσταται στα μεγάλα κυρίως κτίρια για να μειώσει τις καταναλώσεις ενέργειας μέσω συστημάτων ελέγχου και επίβλεψης.



Σχήμα 4.23: Παράδειγμα λειτουργίας των BEMS.

Σύμφωνα με την TOTEE, η ύπαρξη διάταξης ελέγχου προκαλεί μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια. Ανάλογα με την ύπαρξη πλήρους ελέγχου (κατηγορία Α) και καμιάς διάταξης ελέγχου (κατηγορία Δ), δίνονται από την TOTEE αντίστοιχοι συντελεστές διόρθωσης, οι οποίοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

Για την επίτευξη μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη όλοι οι διαθέσιμοι μηχανισμοί ελέγχου, με σκοπό την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Σε αυτή την ενότητα, θα εξεταστεί η εγκατάσταση κεντρικής διάταξης αυτόματου ελέγχου. Το BMS αποτελείται από το λογισμικό και το hardware για να επιβλέπει και να ελέγχει τον Η/Μ εξοπλισμό. Σκοπός της εγκατάστασης BMS, είναι ο έλεγχος του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, δηλαδή της εσωτερικής θερμοκρασίας, του επιπέδου του CO₂ και τα επίπεδα της υγρασίας.

Με αυτόν τον έλεγχο, δίνονται εντολές μέσω του υπολογιστή στα αντίστοιχα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού, φωτισμού, ύδρευσης, πυρασφάλειας, σκίαστρα, έτσι ώστε να επανέλθουν οι απαιτούμενες επιθυμητές συνθήκες.

Εκτός από το μεγάλο πλεονέκτημα της εξοικονόμησης ενέργειας, η εγκατάσταση ενός BMS, έχει και άλλα πλεονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

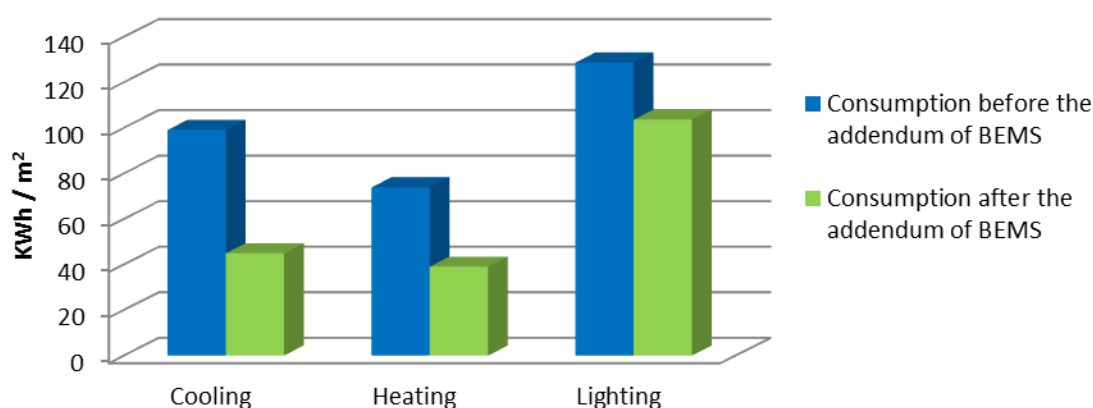
- Καταγραφή αναλογικών ή ψηφιακών μεγεθών συναρτήσει του χρόνου
- Χρονομέτρηση λειτουργίας μηχανών και προσδιορισμός χρόνων συντήρησης
- Ανάλυση της εξέλιξης βλαβών χρονικά, αναλύοντας την αλληλουχία των συμβάντων που οδήγησαν στη βλάβη
- Εξακρίβωση της αναγνώρισης των βλαβών σε συνάρτηση με κρίσιμες βλάβες και τον καταμερισμό ευθυνών.

Κτίρια με BMS, συνήθως παρουσιάζουν 40% εξοικονόμηση ενέργειας και εφόσον συμπεριληφθεί και ο φωτισμός, η εξοικονόμηση μπορεί να αγγίξει και το 70%.

Η τεχνολογία BMS χρησιμοποιείται χρόνια στο πλαίσιο της προσπάθειας για εξοικονόμηση ενέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το πανεπιστήμιο του Ούλστερ, όπου υλοποιήθηκε εγκατάσταση BMS από το 1998, με αποτέλεσμα της μείωσης της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας κατά 25%.

Στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης δεν υπάρχει διάταξη κεντρικού ελέγχου. Για την μείωση της απαίτησης της ενέργειας, θα εγκατασταθεί κεντρική διάταξη ελέγχου BMS. Ως άμεσο αποτέλεσμα της εγκατάστασης BMS είναι η μεταβολή της κατηγορίας διατάξεων ελέγχου κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου της Υδραυλικής. Συγκεκριμένα, οι διατάξεις ελέγχου εντάσσονται στην κατηγορία Α σύμφωνα με τον πίνακα 5.5 της TOTEE.

Το γεγονός αυτό έχει άμεσα αποτελέσματα στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτά υπολογίστηκαν από το λογισμικό TEE-KENAK μετά τον ορισμό διατάξεων ελέγχου κατηγορίας Α για κάθε θερμική ζώνη. Στο σχήμα (4.24) παρουσιάζεται η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό που προκαλεί η προσθήκη συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (BEMS) στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης.



Σχήμα 4.24: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό (Πηγή: Ο συγγραφέας).

4.2.3.4.1 Κόστος προσθήκης συστημάτων αυτόματου ελέγχου BMS

Το κόστος των συστημάτων BMS παρουσιάζει μια σημαντική διακύμανση σε τιμές αγοράς. Ωστόσο, τυπικό κόστος εγκατάστασης ενός απόλυτα αξιόπιστου συστήματος ελέγχου θέρμανσης ψύξης μπορεί να εκτιμηθεί στα 25,000.00€. Έτσι, η οικονομοτεχνική ανάλυση του TEE-KENAK μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

Savings and costs	Reference building	Existing building	under consideration scenario
Operating cost (€)	13,205.3	20,599.6	12,768.6
Initial investment cost (€)			25,000.0
Primary energy savings (KWh/m ²)			114.3
Primary energy savings (%)			37.9
Price saved energy (€/KWh)			0.1
Reduction of emissions CO ₂ (Kg/m ²)			39.0
Repayment period (years)			3.2

Σύμφωνα με το λογισμικό TOTEE – KENAK η αποσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης για την προσθυκη συστημάτων αυτοματου ελεγχου (BMS) επιτυγχάνεται σε 3.2 χρόνια.

4.2.3.6 Παρουσίαση Έκτου Σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (Αντικατάσταση λαμπτήρων τεχνητού φωτισμού)

Τα σημαντικότερα προβλήματα που παρατηρούνται στα συστήματα τεχνητού φωτισμού των σύγχρονων κτηρίων και που ευθύνονται για ένα μεγάλο ποσοστό της υψηλής ενεργειακής τους κατανάλωσης, είναι το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης (λόγω ανεπαρκούς ή παντελούς έλλειψης μελέτης) και της χρήσης πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας. (www.cres.gr1)

Με την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και της σύγχρονης τεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση κατά 30%-50%. Ωστόσο, ο σχεδιασμός των συστημάτων φωτισμού πρέπει να εξασφαλίζει, εκτός από την επιθυμητή εξοικονόμηση ενέργειας, και οπτική άνεση μέσω της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας και ποιότητας του φωτισμού. (www.cres.gr2)

Ο φωτισμός ευθύνεται για το 19% της παγκόσμιας ηλεκτρικής κατανάλωσης, ποσοστό που ισοδυναμεί με το 2%-3% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής). Συγκεκριμένα, στα κτήρια του τριτογενή τομέα, το 25%-35% της συνολικής τους ενεργειακής κατανάλωσης, δηλαδή 2.650 τρισεκατομμύρια kWh ετησίως, αντιστοιχεί στην κατανάλωση για απαιτήσεις φωτισμού. Στην Ελλάδα, η ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό είναι 2.960 GWh και υπερβαίνει: α) την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση (1.987 GWh) κατά 49%, β) την ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (2.543 GWh) κατά 16,4%, γ) την ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης (965 GWh) κατά 206,7%.

Ο λαμπτήρας αποτελεί τη φωτεινή πηγή της φωτιστικής συσκευής, όπου η ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε φωτεινή ισχύ. Αποτελεί, επομένως, σημαντικό στοιχείο στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα ηλεκτροφωτισμού.

Η παρουσίαση όλων των διαφορετικών ειδών λαμπτήρων είναι εκτός των πλαισίων αυτής της εργασίας. Αντίθετα, η ανάλυση θα περιοριστεί στους λεγόμενους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας και μάλιστα σε όσους από αυτούς χρησιμοποιούνται στο φωτισμό των εσωτερικών χώρων των κτιριακών εγκαταστάσεων του τριτογενούς και του παραγωγικού τομέα.

Μόνο η χρήση των λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας εξασφαλίζει τη μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό. Όλοι σχεδόν οι λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας ανήκουν στην κατηγορία των λαμπτήρων εκκένωσης. Μόνη εξαίρεση αποτελούν οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LED λαμπτήρες).

Η αιτία εκπομπής φωτός είναι κοινή για όλους τους λαμπτήρες. Αυτή είναι η μεταπήδηση διεγερμένων ηλεκτρονίων από κατάσταση υψηλότερης σε κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται αυτή η διέγερση όμως, διαφέρει σε κάθε τύπο λαμπτήρα. Στους λαμπτήρες εκκένωσης η διέγερση συμβαίνει με τη βοήθεια μιας ηλεκτρικής εκκένωσης.

Για να συμβεί η ηλεκτρική εκκένωση απαιτείται η σύνδεση του λαμπτήρα εκκένωσης εν σειρά με ένα ειδικό εξάρτημα, το οποίο εξασφαλίζει την απαραίτητη τάση για την έναυση της εκκένωσης. Το εξάρτημα αυτό ονομάζεται στραγγαλιστική διάταξη (ballast). Εξαιτίας αυτού του εξαρτήματος, οι απώλειες ισχύος των λαμπτήρων αυξάνονται αρκετά, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη αναβαθμισμένων στραγγαλιστικών διατάξεων για τον περιορισμό τους.

Οι λαμπτήρες εκκένωσης παρουσιάζουν διαφορετική φασματική κατανομή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τους υπόλοιπους λαμπτήρες, με αποτέλεσμα οι οπτικές και ενεργειακές ιδιότητές τους να διαφέρουν σημαντικά. Οι σημαντικότερες διαφορές εστιάζονται στις εξής ιδιότητες:

- Θερμοκρασία χρώματος λαμπτήρα
- Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI) λαμπτήρα
- Φωτεινή απόδοση λαμπτήρα.

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία λαμπτήρων διαθέσιμων στην αγορά. Τα διάφορα είδη λαμπτήρων προορίζονται για διαφορετικές εφαρμογές.

Οι κυριότερες κατηγορίες λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας εσωτερικού χώρου κτιριακών εγκαταστάσεων, είναι:

- Λαμπτήρες φθορισμού
- Επαγωγικοί λαμπτήρες.
- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης.
- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης με μεταλλικά αλογονίδια.
- Δίοδοι εκπομπής φωτός (λαμπτήρες LED).

Εκτός από τα παραπάνω είδη λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, υπάρχουν και άλλα είδη, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή σε κτίρια κατοικιών, όπως είναι οι λαμπτήρες αλογόνου (αποτελούν βελτιωμένη εκδοχή των λαμπτήρων πυρακτώσεως) ή σε

εξωτερικούς χώρους (π.χ. δρόμους, σήραγγες, πλατείες, πάρκα, παρκινγκ, αεροδρόμια), όπως είναι οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής ή χαμηλής πίεσης.

4.2.3.6.1 Φωτιστικές Συσκευές - Φωτιστικά Σώματα

Τα φωτιστικά σώματα κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογες με εκείνες που κατατάσσει η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού (CIE) τα συστήματα φωτισμού ενός χώρου.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα φωτισμού, επιβάλλει την αντικατάσταση όλων των παλαιών φωτιστικών σωμάτων με φωτιστικά σώματα σύγχρονου σχεδιασμού, κάτι που οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της απόδοσης της φωτιστικής συσκευής και των συνθηκών οπτικής άνεσης

Πολλά σύγχρονα φωτιστικά σώματα αποτελούνται από προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το φως από τους λαμπτήρες προς την απαιτούμενη κατεύθυνση. Επιπλέον, η χρήση ανακλαστήρων αλουμινίου αντί των τυπικών λευκών ανακλαστήρων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του συντελεστή ανακλαστικότητας από το 70% στο 95%. Οι παράγοντες αυτοί επιτρέπουν τη χρήση λιγότερων λαμπτήρων ή φωτιστικών για την παραγωγή μιας συγκεκριμένης στάθμης φωτισμού.

Εάν δεν είναι δυνατή η πλήρης αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών σωμάτων, τότε είναι δυνατή η βελτίωση της απόδοσής τους με την αντικατάσταση των συστημάτων διάχυσης ή ανάκλασης με νέα συστήματα ανακλαστήρων. Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης ανακλαστήρων στο παλαιό φωτιστικό, διατηρώντας τα υπάρχοντα εξαρτήματα ελέγχου του φωτός. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται, κυμαίνεται μεταξύ 20-50%.

Μία σημαντική παράμετρος που πρέπει να ελέγχεται κατά την αντικατάσταση ή τη βελτίωση των φωτιστικών σωμάτων, είναι η ποσότητα του εξερχόμενου φωτός από αυτά, καθώς αυτή μπορεί να ποικίλλει αρκετά. Φωτιστικά σώματα με τον ίδιο αριθμό λαμπτήρων δεν είναι απαραίτητο να παρέχουν την ίδια ποσότητα εξερχόμενου φωτός. Μικρότερη ποσότητα εξερχόμενου φωτός σημαίνει ότι απαιτούνται περισσότερα φωτιστικά σώματα για να εξασφαλίσουν σε ένα δεδομένο χώρο την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού. Επομένως ο σχεδιασμός θα είναι χαμηλότερης ενεργειακής απόδοσης.

Η αναλογία εξερχόμενου φωτός για κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο φωτιστικού από τον ένα κατασκευαστή στον άλλο διαφέρει. Για το λόγο αυτό συνίσταται να γίνεται έλεγχος των μοντέλων κατά την επιλογή τους.

Οι κύριες φωτιστικές συσκευές που υπάρχουν για εσωτερικές εγκαταστάσεις τριτογενούς τομέα είναι:

1. Συσκευές με άμεσα φωτιστικά σώματα

Η φωτεινή ροή στις συσκευές αυτές κατευθύνεται από την οροφή προς τα κάτω σε ποσοστό 90-100.

2. Συσκευές με ημιάμεσα φωτιστικά σώματα

Η φωτεινή ροή στις συσκευές αυτές κατευθύνεται από την οροφή προς τα κάτω σε ποσοστό 60-90%.

3. Συσκευές με διαχυτικά φωτιστικά σώματα

Η φωτεινή ροή στις συσκευές αυτές κατευθύνεται ομοιόμορφα σε ποσοστό 40-60% προς τα πάνω και προς τα κάτω.

4. Συσκευές με έμμεσα-άμεσα σώματα

Η φωτεινή ροή στις συσκευές αυτές κατευθύνεται ομοιόμορφα σε ποσοστό 40-60%

5. Συσκευές με ημιέμμεσα φωτιστικά σώματα

Η φωτεινή ροή στις συσκευές αυτές κατευθύνεται προς τα πάνω σε ποσοστό 60-90%.

6. Συσκευές με έμμεσα φωτιστικά σώματα

Η φωτεινή ροή στις συσκευές αυτές κατευθύνεται προς τα πάνω σε ποσοστό 90-100%.

Στο εξεταζόμενο κτίριο η συνολική ισχύ των φωτιστικών σωμάτων αγγίζει τα 29KW

Πίνακας 4.18 Τύπος και ισχύς για κάθε υπάρχων φωτιστικό (Πηγή: Ο συγγραφέας).

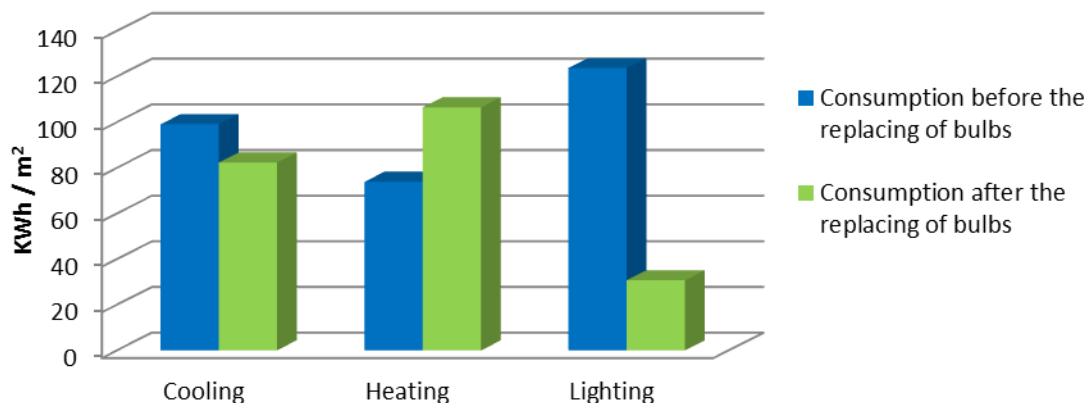
Type of Lamp	Multitude of Luminaires	Power of Luminaires (W)	Overall installed capacity (KW)
Fluorescence T8	184	84	15,45
Incandescent E27	65	60	3,9
Fluorescence TC-D/G24	151	65	9,82
Total			29,165

Ο πίνακας 4.18 απεικονίζει την αντικατάσταση των ενεργοβωρων φωτιστικών σωμάτων με νέα φωτιστικά LED χαμηλής κατανάλωσης, χωρίς βέβαια να «εξοικονομείται» η απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα του φωτισμού.

Πίνακας 4.19 Αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων υψηλής κατανάλωσης με φωτιστικά χαμηλής κατανάλωσης (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Type of Lamp	Multitude of Luminaires	Power of Old Luminaires (W)	Power of New Luminaires (W)	New Overall installed capacity (KW)
Fluorescence T8	184	72	24	4,42
Incandescent E27	65	60	8	0,52
Fluorescence TC-D/G24	151	65	10	1,51
Total				6,45

Στο σχήμα (4.25) παρουσιάζεται η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό που προκαλεί η αντικατάσταση παλαιού τύπου φωτιστικών σωμάτων με νέα φωτιστικά σώματα χαμηλής κατανάλωσης στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης.



Σχήμα 4.25: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό (Πηγή: Ο συγγραφέας).

4.2.3.4.1 Κόστος αντικατάστασης φωτιστικών σωμάτων

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης φωτιστικών συστημάτων χαμηλής κατανάλωσης στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης συμπεριλαμβανομένου και το εργατικό κόστος ανέρχεται στα 17,313.0€

Έτσι, η οικονομοτεχνική ανάλυση του TEE-KENAK μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

Savings and costs	Reference building	Existing building	under consideration scenario
Operating cost (€)	13,205.3	20,599.6	14,958.9
Initial investment cost (€)			17,313.0
Primary energy savings (KWh/m ²)			82.2
Primary energy savings (%)			27.2
Price saved energy (€/KWh)			0.1
Reduction of emissions CO ₂ (Kg/m ²)			28.1
Repayment period (years)			3.1

Συμφωνα με το λογισμικό TOTEE – KENAK η αποσβεση του κεφαλιου της επενδυσης για την αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων με τύπου LED επιτυγχάνεται σε 11.1 χρόνια.

4.2.3.7 Παρουσίαση Έβδομου Σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων)

Για την δημιουργία ενός κτιρίου μηδενικής εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (ZEB) δεν θα μπορούσε να παραβλεφθούν οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης αλλά και γενικότερα σε όλα τα κτίρια χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιριακών εγκαταστάσεων του τριτογενούς και του βιομηχανικού τομέα.

Άλλωστε, εξοικονόμηση ενέργειας σημαίνει εξοικονόμηση χρημάτων και ενεργειακών πόρων που είναι ο άμεσα ζητούμενος στόχος από τη χρήση των συστημάτων αυτών. Συνεπώς, ενσωμάτωση τέτοιων συστημάτων στις κτιριακές εγκαταστάσεις του τριτογενούς και του παραγωγικού τομέα οδηγεί στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων

πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται κατόπιν για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων.

Κατηγορίες των Φ/Β πλαισίων, αναλόγως της δομής του Si ή του τρόπου κατασκευής, είναι:

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου
- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου
- Άμορφου πυριτίου

Αναλόγως της ηλεκτρικής εγκατάστασης, τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

Συνδεδεμένα Φ/Β συστήματα

Συνδέονται απ' ευθείας με το ηλεκτρικό δίκτυο. Αποτελούνται από τα εξής στοιχεία:

- Μετατροπέα DC-AC (inverter) Μετατρέπει το συνεχές ρεύμα το οποίο παράγεται από το Φ/Β πλαίσιο σε εναλλασσόμενο
- Διπλό μετρητή ηλεκτρικού ρεύματος Καταγράφει το παραγόμενο από το Φ/Β σύστημα ρεύμα καθώς και το ρεύμα το οποίο καταναλώνεται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Επομένως, παρέχεται η δυνατότητα πάλησης της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας.

Η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, απαιτεί τη βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Προφανώς, τη βέλτιστη λύση αποτελεί ένα Φ/Β πλαίσιο το οποίο είναι σε θέση να περιστρέφεται έτσι ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και, κατά συνέπεια, να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας.

Η μηχανική πολυπλοκότητα το κόστος και η γραφειοκρατία ενός μηχανισμού ο οποίος θα επέτρεπε μια τέτοια κίνηση των πλαισίων καθιστά την εφαρμογή του σε κτιριακές εγκαταστάσεις εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή. Επομένως, όσον αφορά στα κτιριακά Φ/Β συστήματα επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη μέσης ετήσιας γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το δυνατόν πλησιέστερα στις 90°.

Οι παράγοντες η σωστή επιλογή των οποίων καθορίζει την επίτευξη αυτού του προσανατολισμού είναι:

1. Η κλίση του πλαισίου : Εκφράζεται με τη γωνία την οποία σχηματίζει το επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου με το οριζόντιο επίπεδο
2. Η αξιμότητα γωνία του πλαισίου Σχηματίζεται επάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου.

Όσον αφορά στον ελλαδικό χώρο, και συγκεκριμένα στο Ηράκλειο Κρήτης η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας η οποία προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 25°.

Δεδομένου ότι - στην περίπτωση των κτιριακών Φ/Β εγκαταστάσεων - οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας ενδεχομένως να είναι ανέφικτες – εξ αιτίας των περιορισμών οι οποίοι προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτιρίου – είναι απαραίτητη η εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία.

Γενικώς, και λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς οι οποίοι προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτιρίων, προτιμώνται επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης $0^\circ - 50^\circ$. Η χρήση γωνιών κλίσης άνω των $10^\circ - 15^\circ$ διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων - μέσω της βροχής - τόσο από σωματίδια σκόνης όσο και από άλλους ρύπους.

Η ύπαρξη σκιασμών αποτελεί άλλον ένα σημαντικό παράγοντα με καθοριστική επίδραση στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτιριακού Φ/Β συστήματος. Καθώς σε ένα Φ/Β πλαίσιο τόσο τα Φ/Β στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα Φ/Β πλαίσια μιας στοιχειοσειράς συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, ο σκιασμός ακόμη και ενός μέρους της Φ/Β συστοιχίας ενδέχεται να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικώς της αναμενόμενης τιμής αυτής.

Το συνολικό ρεύμα μιας στοιχειοσειράς Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος της Φ/Β συστοιχίας. Επομένως, η αποτροπή των σκιασμών είναι ουσιώδους σημασίας.

Η διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος απαιτεί την εξέταση του ενδεχομένου εμφάνισης ακόμη και μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτιρίων. Γενικώς, ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια ο ορίζοντας προς Νότο.

Για την προσομοίωση μελέτης Φ/Β εγκατάστασης στο κτίριο της περιφέρειας Κρητης, χρησιμοποιούνται δύο λογισμικά, το Meteororm και το PVSyst που συνεργάζονται μεταξύ τους.

Το Meteororm στην πραγματικότητα είναι μια μετεωρολογική βάση δεδομένων που περιέχει τα αναλυτικά κλιματολογικά στοιχεία για ηλιακές εφαρμογές σε κάθε σημείο της γης. Η μέθοδος βασίζεται σε βάσεις δεδομένων και σε αλγορίθμους που συνδέονται σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο σχέδιο. Το πρόγραμμα έχει στη βάση δεδομένων του κάποιους ήδη εγκατεστημένους σταθμούς και με βάση τις συντεταγμένες που εισάγονται γίνεται μια γραμμική παρεμβολή με τα δεδομένα των ήδη γειτονικών εγκατεστημένων μονάδων για τη δημιουργία ενός αρχείου εξόδου. Στο αρχείο αυτό περιλαμβάνονται οι τιμές της θερμοκρασίας και της ακτινοβολίας για κάθε ώρα.

Στο πρόγραμμα εισήχθησαν οι συντεταγμένες και το υψόμετρο της περιοχής.

Συγκεκριμένα, η περιοχή ορίστηκε σε γεωγραφικό πλάτος $35^\circ 20' 16''$ Β και γεωμετρικό μήκος $25^\circ 08' 07''$ Ε, ενώ το υψόμετρο τέθηκε στα 36m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Το PVSyst είναι ένα πρόγραμμα για την μελέτη, μέτρηση και ανάλυση δεδομένων ολοκληρωμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων και ενεργειακή μελέτη ενός Φ/Β συστήματος βασίζεται σε προσομοίωση που γίνεται μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού. Χρησιμοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα για την μελέτη φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων τόσο αυτόνομων όσο και διασυνδεδεμένων. Οι δυνατότητες που παρέχει είναι μια πλήρης μελέτη (διαστασιολόγηση, προσομοίωση, ανάλυση

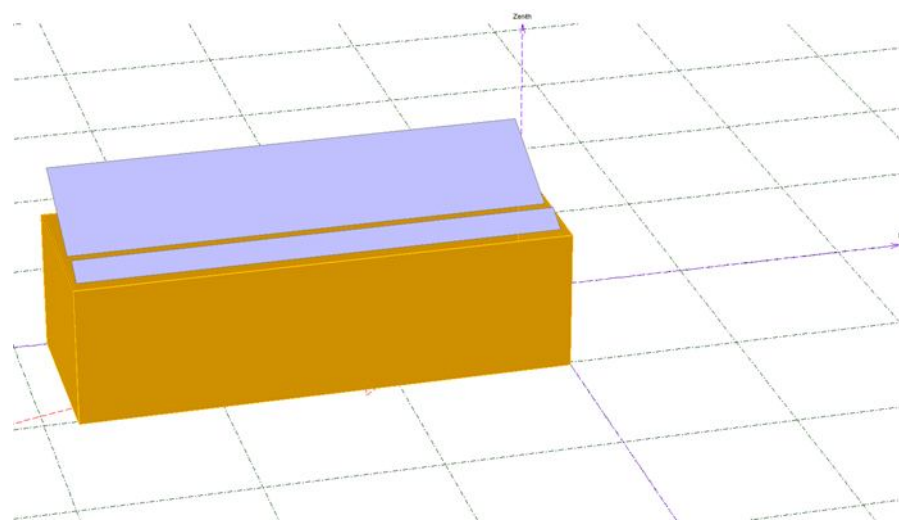
δεδομένων). Διαθέτει μια εκτενής βάση μετεωρολογικών δεδομένων καθώς και στοιχεία εξοπλισμού Φ/Β συστημάτων διαφόρων κατασκευαστών.

Για διασυνδεδεμένα συστήματα ο χρήστης εισάγει την επιθυμητή ισχύ επιλέγει τον τύπο του Φ/Β πλαισίου και τεχνολογία inverter από μια εκτενή βάση δεδομένων.

Στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης βρίσκεται μια σημαντική επιφάνεια, ώστε να αξιοποιηθεί για Φ/Β εγκατάσταση. Συγκεκριμένα, στην οροφή συναντιέται μια ελεύθερη επιφάνεια που υπολογίζεται στα $289,43\text{m}^2$.

προσομοιώνοντας την εγκατάσταση στο λογισμικό PVSyst προκύπτει μια ενεργός επιφάνεια για εγκατάσταση Φ/Β η οποία είναι ικανή για την εγκατάσταση ονομαστικής ισχύος 44.52 kWp. Μέσω αυτής και συνυπολογίζοντας τις απώλειες προκύπτει μια ετήσια παραγωγή ενέργειας που προσεγγίζει τις 56.5 MWh.

Η παραγωγή αυτή προορίζεται για το δίκτυο καθώς προτείνεται η λύση της διασυνδεδεμένης εγκατάστασης (grid-connected). Η προτεινόμενη εγκατάσταση συμπεριλαμβάνει πλαίσια με κοινά διαδεδομένο συντελεστή ηλιακής αξιοποίησης 16.5% καθώς επίσης 2 μετατροπείς ευρέως διαδεδομένους στην αγορά, αποδοσης 98%.

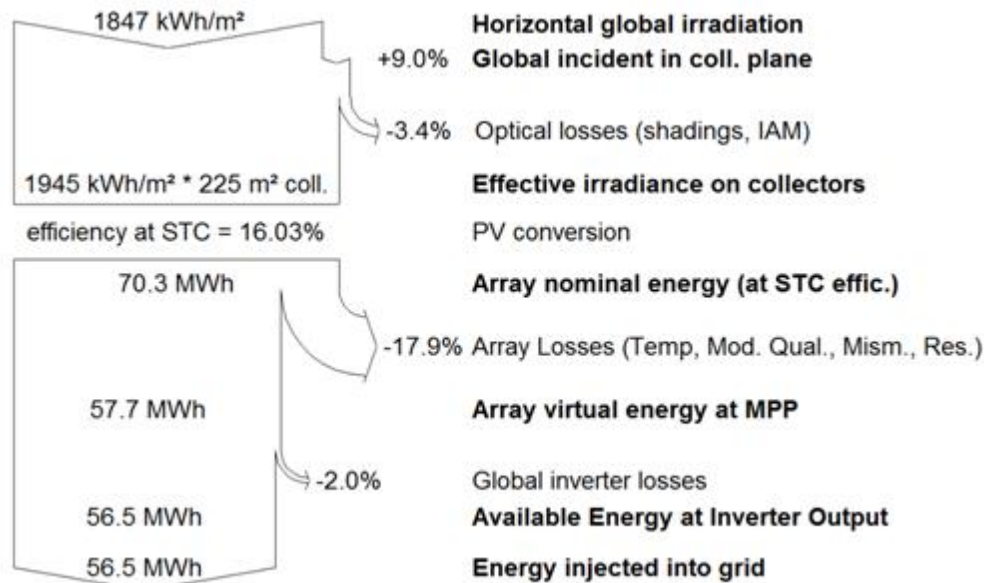


Με τη χρήση του παραπάνω λογισμικού είμαστε σε θέση να υπολογίζουμε κάθε είδους απώλειες που σχετίζονται με την παραγωγή ενός Φ/Β συστήματος. Οι κυριότερες είναι:

- απώλειες από εσωτερική σκίαση από μπροστινές σειρές πλαισίων και κοντινά αντικείμενα.
- απώλειες οπτικού τύπου, λόγω ανάκλασης και διάδοσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο πλαίσιο.
- απώλειες πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες σύμφωνα με τον κατασκευαστή.
- απώλειες λόγω διαφορετικού επιπέδου της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας.
- θερμικές απώλειες λόγω θερμοκρασίας των κυψελίδων.

- ωμικές απώλειες λόγω καλωδιώσεων.
- απώλειες του Inverter κατά την λειτουργία του.
- απώλειες Inverter λόγω ιδιοκατανάλωσης.

Ενώ δεν συνυπολογίζονται απώλειες φόρτισης-εκφόρτισης συσσωρευτών καθώς δεν συμπεριλαμβάνονται στην περίπτωση του on-grid συστήματος.



Κόστος εγκατάστασης Φ/Β συστήματος

Σε ότι έχει να κάνει με το κόστος μιας τέτοιας εγκατάστασης, αυτή εκτιμάται στα 1,5 euro/Watt, (www.Applitech.gr) συνυπολογίζοντας το κόστος πλαισίων, inverter, διατάξεων στήριξης των πλαισίων, εργασιών εγκατάστασης, λαμβάνοντας μια μέση τιμή της ελληνικής αγοράς.

Οπότε το συνολικό κόστος της εγκατάστασης προκύπτει $1.5 * 44,520.00 = 66.780.00€$. Για τον υπολογισμό της απόσβεσης της επένδυσης της Φ/Β εγκατάστασης, κρίνεται απαραίτητο να υπολογιστεί τα έσοδα που προκύπτουν από την πώληση ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ. Λαμβάνοντας, υπόψη την τιμή πώλησης kWh όπως αυτή ισχύει μέχρι τον Αύγουστο του 2013 και ισούται με 0.21488€/kWh για εγκαταστάσεις $\leq 100\text{kWp}$. Για την παραγωγή της Φ/Β εγκατάστασης του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης προκύπτουν ετήσια έσοδα $(56,500\text{kWh}) * (0.21488€/\text{kWh}) = 12,140.72€$

Η απόσβεση τελικά εκτιμάται στα 5.5 χρόνια.

4.3 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει την τρέχουσα ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου στο δήμο της Κρήτης. Ταξινομήθηκε, με βάση το πιστοποιημένο λογισμικό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (ΤΕΕ - ΚΕΝΑΚ) και στη συνέχεια παρουσιάστηκαν, επτά (7) σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα μέτρα εξοικονόμησης, παρουσιάστηκαν από τον ερευνητή μεμονωμένα, όχι ως ένα σύνολο μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη ξεχωριστά, για κάθε μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας των δαπανών, η εξοικονόμηση ενέργειας στην κατανάλωση πρωτογενούς και τελικής, καθώς και την περίοδο αποπληρωμής τους.

Το επόμενο κεφάλαιο θα αξιολογηθούν τα παραπάνω μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ την ίδια στιγμή μια θεωρητική εφαρμογή θα λάβει χώρα, προκειμένου να συλλέγει τα αποτελέσματα για όλες τις παρεμβάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι η συζήτηση των αποτελεσμάτων και χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, δηλαδή την εσωτερική και την εξωτερική. Η εσωτερική συζήτηση έχει να κάνει με την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση όσον αφορά τη μονάδα παραγωγής ενέργειας υπό έρευνα και η τεχνολογία που επιλέγονται για να ενσωματωθούν ως εναλλακτική ρύθμιση. Συγκεκριμένα, η εσωτερική συζήτηση περιέχει μια ανάλυση του συστήματος προετοιμασίας λιγνίτη που απασχολούνται στη Μεγαλόπολη, τα θερμοδυναμικά διαγράμματα εξηγούν ως προς την ακρίβεια και την αξιοπιστία τους και εξηγούνται και αιτιολογούνται οι δυσκολίες όσον αφορά την ενσωμάτωση του συστήματος WTA με την παρούσα ρύθμιση. Εξετάζεται η μετασκευή της εγκατάστασης τουρμπίνας ως μια διαφορετική προσέγγιση για τη μείωση των εκπομπών CO₂ και το κόστος αυτής της επιλογής σε σχέση με το κόστος του συστήματος WTA για νέο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας με τη χρήση προ-ξηρού λιγνίτη. Επιπλέον, εξετάζονται οι PFBC και IGCC τεχνολογίες για την καταλληλότητά τους στις ελληνικές μονάδες παραγωγής ενέργειας και ειδικά για TPS Μεγαλόπολης. Η εξωτερική συζήτηση περιέχει μία συγκριτική αξιολόγηση του συστήματος στεγνώματος WTA με άλλες εμπορικές διαθέσιμες τεχνολογίες προξήρανσης λιγνίτη. Συγκρίνονται τα οφέλη της προ-ξήρανσης σε σχέση με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν όταν πρόκειται για την εφαρμογή της WTA προ-ξήρανσης σε μια υπάρχουσα λιγνιτική μονάδα ισχύος, όπως στη Μεγαλόπολη (Μονάδα IV). Επιπλέον, υπολογίζεται το έτος εξάντλησης των εθνικών αποθεμάτων λιγνίτη για τα σημερινά ποσοστά κατανάλωσης λιγνίτη και με υποθετική μείωση. Η μείωση αυτή οφείλεται κυρίως στην ενσωμάτωση του συστήματος WTA, μαζί με την είσοδο των ΑΠΕ και των άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στις υπάρχουσες ελληνικές TPS.

5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Κατά την ανάλυση που προηγήθηκε, εξετάστηκαν επτά σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιο κτίριο γραφείων, του νομού Ηρακλείου στην Κρήτη.

Τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας, στόχο είχαν την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο. Σε αυτή την ενότητα θα αξιολογηθεί κατά πόσο οι εναλλακτικοί τρόποι δόμησης που προηγήθηκαν μπορούν, με την ενσωμάτωσή τους να κατηγοριοποιήσουν ένα κτίριο σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

5.2.1. Τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, και την ταξινόμηση στην κατηγορία των ZEB

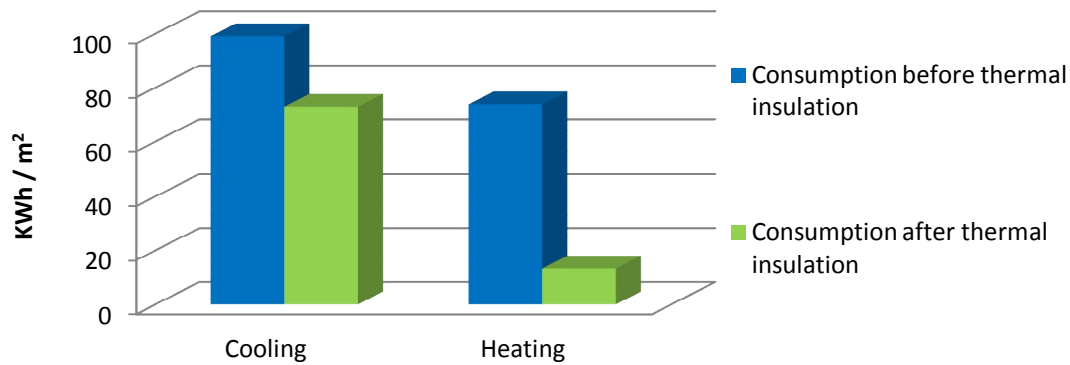
Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν σημαντικά βήματα για το σχεδιασμό και τη δημιουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου, το οποίο θα έχει ως προσανατολισμό την εναρμόνισή του με την ευρωπαϊκή οδηγία και τους στόχους που έχουν τεθεί.

Το μέγεθος όπως και το κόστος κάποιων εξ αυτών των επεμβάσεων αποδεικνύουν τη δυσκολία εφαρμογής των μέτρων σε ήδη υφιστάμενα και παλιά κτίρια, τα οποία στερούνται βιοκλιματικού σχεδιασμού και τα οποία λειτουργούσαν επί χρόνια σε ένα περιβάλλον ενεργειακής σπατάλης. Η εντυπωσιακή, ωστόσο, εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στην κατανάλωση ενέργειας καθιστούν τις επεμβάσεις αυτές οικονομικά συμφέρουσες, ενώ δίνουν στο κτίριο της Περιφέρειας Κρήτης το προφίλ ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Για να χαρακτηριστεί το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης ZEB θα πρέπει να υιοθετηθούν οι μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4 και να δοθεί η συνολική ενεργειακή κατανάλωση / εξοικονόμηση που προκύπτει από τις συγκεκριμένες παρεμβάσεις ως σύνολο των επεμβάσεων και όχι μεμονωμένες.

Θερμομόνωση

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάστηκε ως πρώτο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, η ενσωμάτωση θερμομόνωσης. Η ενσωμάτωση θερμομόνωσης αποδίδει μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, της τάξεως του 82% ενώ οι ανάγκες της ψύξης περιορίζονται κατά 26.3%.



Σχήμα 5.1: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά τη θερμική μόνωση (Πηγή: Ο συγγραφέας)

Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης ανέρχεται στα 63,540.00€ ενώ η περίοδος αποπληρωμής όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 είναι τα 10.8 χρόνια.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η περίοδος απόσβεσης είναι αυξημένη λόγω του ότι επιλέχθηκε ένα μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης, ώστε το κτίριο να μπορεί να χαρακτηριστεί ως ZEB. Στις περισσότερες περιπτώσεις η περίοδος αποπληρωμής φτάνει τα 7-8 χρόνια.

Αντικατάσταση υαλοπινάκων / κουφωμάτων

Ως δεύτερο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάστηκε η αντικατάσταση υαλοπινάκων. Η επιλογή για μόνο αντικατάσταση υαλοπινάκων και όχι του συνολικού κουφώματος έγινε για τον λόγο του ότι τα υφιστάμενα κουφώματα είναι ξύλινα με καλή εφαρμογή στην τοιχοποιία, με αποτέλεσμα να έχουν ένα καλό U-value.

Η αντικατάσταση των υαλοπινάκων έπειτα από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 4 αποδείχτηκε ότι δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα λύση, εφόσον η εξοικονόμηση για θέρμανση αυξήθηκε κατά 23,7% για υαλοπίνακα με $g_w=0.08$ και 13,7% για $g_w=0.2$. Ενώ για η κατανάλωση για την ψύξη μειώθηκε κατά 24.1% για υαλοπίνακες με συντελεστή $g_w=0.08$ και 16.5% για συντελεστή $g_w=0.2$.

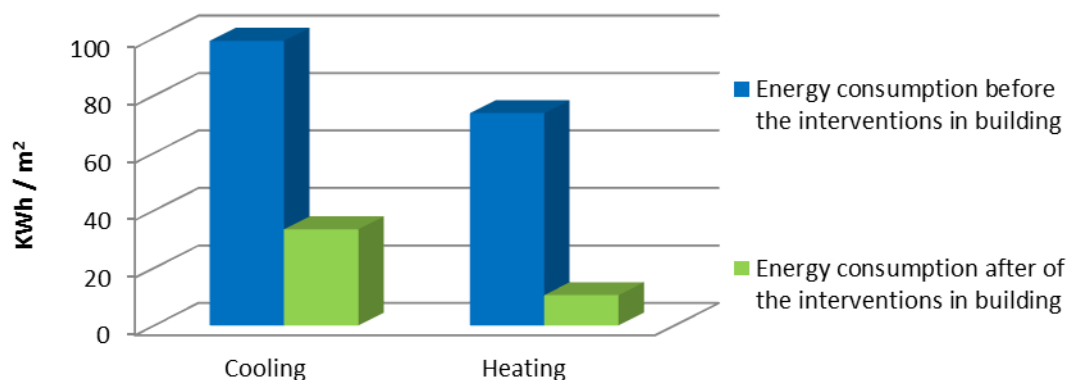
Η περίοδος αποπληρωμής για την περίπτωση της αντικατάστασης υαλοπινάκων με συντελεστή $g_w=0.2$ φτάνει τα 36.4 χρόνια ενώ για την αντικατάσταση υαλοπινάκων με συντελεστή $g_w=0.08$ φτάνει τα 32.8 χρόνια. Για τους παραπάνω λόγους, αποφασίστηκε να μην συμπεριληφθεί η αντικατάσταση των υαλοπινάκων, στα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που αφορά το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αντικατάσταση υαλοπινάκων ή ολόκληρων των κουφωμάτων χρησιμοποιείται κατά κόρον στις ενεργειακές αναβαθμίσεις κτιρίων, με την μόνη διαφορά ότι σε αυτές τις περιπτώσεις τα υφιστάμενα κουφώματα είναι μεταλλικά και χωρίς θερμοδιακοπή, ενώ συνήθως έχουν μονούς υαλοπίνακες.

Αντικατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού (Η/Μ) εξοπλισμού

Το τρίτο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 είναι η αντικατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Η αντικατάσταση αυτή, περιλαμβάνει κυρίως, τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης. Για να υπολογιστούν τα νέα

συστήματα ψύξης / θέρμανσης έπρεπε να υπολογιστεί η νέα θερμική ισχύς που απαιτεί το κτίριο για την θέρμανση, και κατ'επέκταση και για την ψύξη του. Μετά τον υπολογισμό, σειρά είχε η εύρεση κατάλληλου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού με πολύ καλό συντελεστή επίδοσης (COP, EER).

Εφαρμόζοντας την μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 4 για τα συστήματα ψύξης / θέρμανσης οι συνολικές επεμβάσεις στο κέλυφος μειώνουν την απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση κατά 85.7% από την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου, ενώ για ψύξη μειώνεται κατά 66.2% όπως παρουσιάζεται και στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 5.2: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την αντικατάσταση του Η / Μ εξοπλισμού (Πηγή: Ο συγγραφέας)

Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για την συγκεκριμένη εφαρμογή ανέρχεται στα 58,500.00€ ενώ το συνολικό κεφάλαιο επένδυσης συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων επεμβάσεων ανέρχεται στα 122,040.00€. Η συνολική περίοδος αποπληρωμής αυξάνεται στα 13.9 χρόνια.

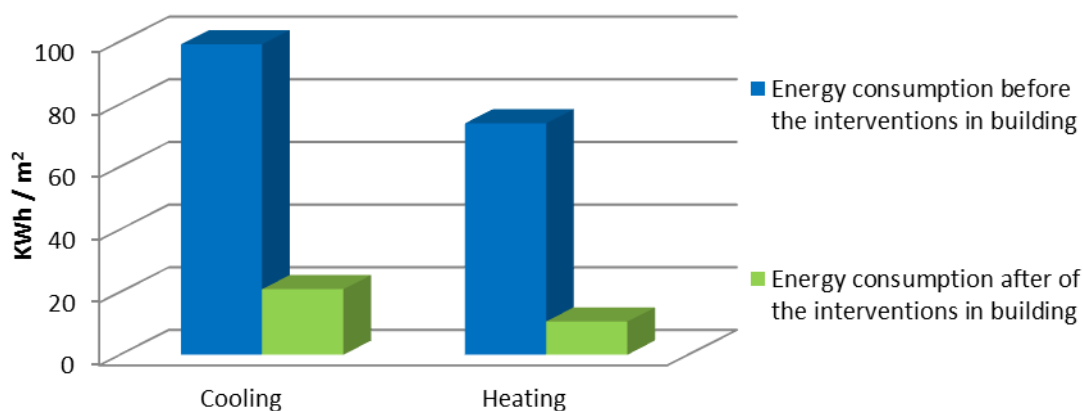
Προσθήκη συστημάτων σκίασης

Το τέταρτο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 είναι η προσθήκη συστημάτων σκίασης. Ως σύστημα σκίασης που επιλέχτηκε για το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης είναι, σύστημα εξωτερικής σκίασης με περσίδες συμπεριλαμβανομένου κινητήρων για την αυτόματη κίνηση. Επίσης οι συγκεκριμένες περσίδες εκτός της κατακόρυφης κίνησης για την κάλυψη του ανοίγματος (πάνω – κάτω) μπορούν και περιστρέφονται, αναγνωρίζοντας την τροχιά του Ήλιου. Όσον αφορά τα συστήματα σκίασης, αξίζει να σημειωθεί ότι το λογισμικό TEE-KENAK αδυνατεί να συμπεριλάβει την κίνηση των συστημάτων σκίασης, με αποτέλεσμα το λογισμικό να μην συμπεριλαμβάνει τα ηλιακά κέρδη που προέρχονται από αυτή την λειτουργία.

Αυτό σημαίνει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε πρακτικό επίπεδο θα είναι μεγαλύτερη, άρα και ο χρόνος αποπληρωμής για την εφαρμογή του συγκεκριμένου μέτρου, θα είναι μικρότερος από αυτόν που αναφέρει το λογισμικό. Τέλος ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι το λογισμικό δεν λαμβάνει υπόψη του την αύξηση των απαιτήσεων σε φωτισμό, από την στιγμή που εγκαθίστανται συστήματα σκίασης στο κτίριο. Επειδή όμως η διπλωματική εργασία χρησιμοποιεί πιστοποιημένο λογισμικό, θα αρκεστεί στα εξαγόμενα αποτελέσματα του λογισμικού. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK, συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων μέτρων

εξοικονόμησης ενέργειας δίνουν μια μείωση σε πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη της τάξεως του 78.9%.

Για την θέρμανση δεν υπάρχει μείωση παραμένει στο 85.7% η εξοικονομημένη ενέργεια από τις συνολικές παρεμβάσεις, για τους λόγους που αναφερθήκαν προηγουμένως.



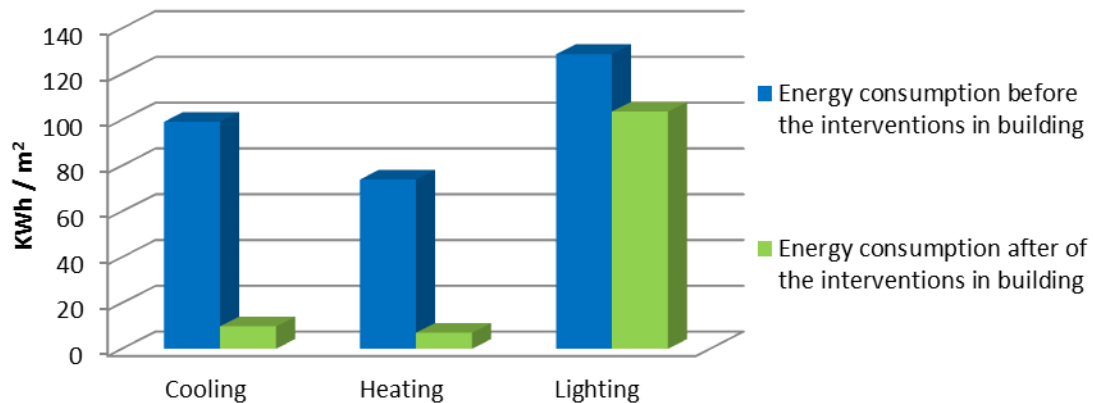
Σχήμα 5.3: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την προσθήκη των συστημάτων σκίασης (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για την συγκεκριμένη εφαρμογή ανέρχεται περίπου στα 24,000.00€ ενώ το συνολικό κεφάλαιο επένδυσης συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων επεμβάσεων ανέρχεται στα 145,778.00€. Η συνολική περίοδος αποπληρωμής αυξάνεται και πάλι στα 15.1 χρόνια.

Προσθήκη συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BEMS)

Το πέμπτο σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 είναι η προσθήκη συστημάτων αυτόματου έλεγχου. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 ως σύστημα αυτόματου έλεγχου νοείται ένα κεντρικό σύστημα όπου ελέγχει όλους τους αυτοματισμούς που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, ποιότητας αέρα, σκίασης και πολλών άλλων. Με την εφαρμογή του συγκεκριμένου μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας επιτυγχάνεται μείωση στις καταναλώσεις ψύξης θέρμανσης, όπως επίσης και σε φωτισμό. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος δεν λαμβάνεται υπόψη από το λογισμικό εφόσον δεν υπάρχει κάποιο αποτέλεσμα που να το αναδεικνύει.

Τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK, συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας δίνουν μια μείωση σε πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη της τάξεως του 90.2%. για θέρμανση ίση με 90.6% ενώ για τον φωτισμό η μείωση είναι 19.5%



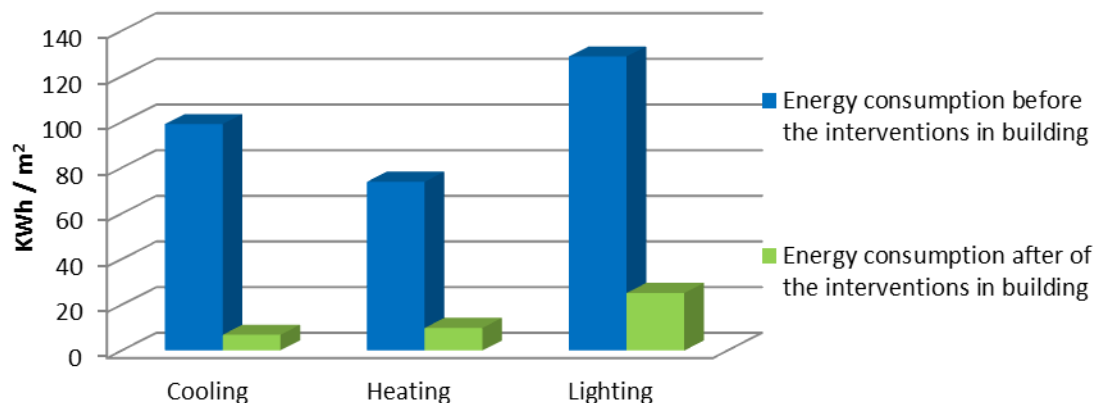
Σχήμα 5.4: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την προσθήκη των BEMS (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για την συγκεκριμένη εφαρμογή ανέρχεται περίπου στα 25,000.00€ ενώ το συνολικό κεφάλαιο επένδυσης συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων επεμβάσεων ανέρχεται στα 220,778.00€. Η συνολική περίοδος αποπληρωμής αυξάνεται για ακόμη μια φορά στα 17.8 χρόνια.

Αντικατάσταση λαμπτήρων - φωτιστικών

Ένα ακόμη σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 είναι η αντικατάσταση λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων. Η συνολική υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς όπως καταγράφηκε και παρουσιάστηκε στον πίνακα 4.18 είναι 29.165KW ενώ με την αντικατάστασή του, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μειώνεται στα 6.45KW, σύμφωνα με τον πίνακα 4.19. Αυτή η αντικατάσταση αποδίδει μείωση στην πρωτογενή κατανάλωση ψύξης συμπεριλαμβανομένου των προηγούμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, της τάξεως του 93% για την πρωτογενή κατανάλωση φωτισμού 80.4%. Ενώ για την θέρμανση η πρωτογενής κατανάλωση αυξήθηκε στα 86,6%.

Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για την συγκεκριμένη εφαρμογή ανέρχεται περίπου στα 17,313.00€ ενώ το συνολικό κεφάλαιο επένδυσης συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων επεμβάσεων ανέρχεται στα 238,091.00€. Η συνολική περίοδος αποπληρωμής μειώνεται στα 13.5 χρόνια.



Σχήμα 5.5: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την αντικατάσταση των φωτιστικών (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Στον παρακάτω πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις πριν και μετά τις επεμβάσεις στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης. Έτσι λοιπόν τα πέντε μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν συμπεριληφθεί έως τώρα σε αυτήν την διπλωματική εργασία, έχουν μειώσει αρκετά τις ενεργειακές καταναλώσεις σε ποσοστό έως και 93%.

Πίνακας 5.1: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά από πέντε εφαρμόζονται μέτρα εξοικονόμησης (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Final use	Existing building (KWh/m ²)	Building after the implementation of energy saving measures (KWh/m ²)
Heating	73.9	9.9
Cooling	99.1	6.9
DHW	--	--
Lighting	128.7	25.2
Contribution of RES	--	--
Total	301.7	42
Classification	D	A+

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β)

Το έβδομο και τελευταίο σενάριο που παρουσιάστηκε στο 4 κεφάλαιο, αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (P/V) συστημάτων. Η ενσωμάτωση συστημάτων ΑΠΕ δεν μειώνει τις ενεργειακές καταναλώσεις ενός κτιρίου, όπως γίνεται με τα υπόλοιπα μέτρα εξοικονόμησης, αλλά η παραγόμενη ενέργεια αφαιρείται από την συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση.

Πίνακας 5.2: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά από έξι εφαρμόζονται μέτρα εξοικονόμησης (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Final use	Existing building (KWh/m ²)	Building after the implementation of energy saving measures (KWh/m ²)
Heating	73.9	9.9
Cooling	99.1	6.9
DHW	--	--
Lighting	128.7	25.2
Contribution of RES	--	36.8
Total	301.7	5.2
Classification	D	A+

Μια πολύ σημαντική παρατήρηση σε αυτό το σημείο είναι ότι το λογισμικό TEE-KENAK δεν λαμβάνει υπόψη του το σύνολο της ενεργειακής παραγωγής από ΑΠΕ, διότι όπως αναφέρει Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4 (2010), η ενεργειακή παραγωγή από φωτοβολταϊκό σταθμό λαμβάνεται ως κάλυψη μερικού ή του συνόλου, των ενεργειακών καταναλώσεων και όχι για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο.

Αυτό σημαίνει ότι αν το λογισμικό δεν είχε αυτόν τον περιορισμό και η ενεργειακή παραγωγή προσμετρούταν στο σύνολο της τότε, σύμφωνα με την μελέτη που έγινε στο κεφάλαιο 4 η ενεργειακή συνεισφορά, στις καταναλώσεις του κτιρίου θα ήταν:

$$56,500\text{KWh/year} \times 2.9 \text{ (zero energy building www)} = 163,850.00\text{KWh/year}$$

Και όχι $64,320.09\text{KWh/year}$ ($36.8 \times 1,747.85$).

Όπου σύμφωνα με τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4 (2010) ο συντελεστής 2.9 είναι ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι ο πίνακας 5.2 θα μετατραπεί στον παρακάτω πίνακα 5.3, όπου και θα υιοθετηθεί από τον συγγραφέα, καθώς το λογισμικό είναι ένα μέσω βοήθειας για τον τελικό σκοπό και όχι ο σκοπός ο ίδιος.

Πίνακας 5.3: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά από έξι εφαρμόζονται μέτρα εξοικονόμησης συμπεριλαμβανομένου του συνόλου της παραγωγής ενέργειας από Φ / Β σταθμού (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Final use	Existing building (KWh/m ²)	Building after the implementation of energy saving measures (KWh/m ²)
Heating	73.9	9.9
Cooling	99.1	6.9
DHW	--	--
Lighting	128.7	25.2
Contribution of RES	--	93.74
Total	301.7	-51.74
Classification	D	A+

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.3 Το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης όχι μόνο είναι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, αλλά το ενεργειακό ισοζύγιο έχει αρνητικό πρόσημο που σημαίνει ότι κάθε χρόνο αποδίδει στο δίκτυο ενέργεια.

Τέλος ο χρόνος αποπληρωμής με αρχικό κεφάλαιο επένδυσης 66.780.00 €. ενός τέτοιου συστήματος όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 αγγίζει τα 5.5 χρόνια ενώ η περίοδος αποπληρωμής για το σύνολο των επεμβάσεων με συνολικό αρχικό κεφάλαιο 304,871.00€ και σύμφωνα με τον πίνακα 5.3, μειώνετε στα 11,1 χρόνια. Επίσης με την εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος στο κτίριο της περιφέρειας, εκτός όλων των

παραπάνω πλεονεκτημάτων, είναι και το ότι το κτίριο αποκτάει έσοδα, μετά την περίοδο αποπληρωμής.

Άλλα μέτρα βελτίωσης

Άλλα μέτρα βελτίωσης δεν αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια Λόγο αδυναμίας του λογισμικού TEE-KENAK να τα συμπεριλάβει. Τέτοια μέτρα θα μπορούσαν να ήταν η αντικατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών.

Όπως αναφέρθηκε στον πίνακα 4.4 του κεφαλαίου 4, στο κτίριο της περιφέρειας Κρήτης οι υπολογιστές που χρησιμοποιούνται είναι ισχύος 250 W ο καθένας μαζί με τις οθόνες. Υπάρχουν 78 υπολογιστές στο κτίριο, οπότε η συνολική ισχύς είναι περίπου 19.5 kW.

Όπως έχει αναφερθεί, η ΕΕ προχώρησε στον καθορισμό ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων για προϊόντα γραφειακού εξοπλισμού, με την ετικέτα «ENERGY STAR». Ένας πολύ αποδοτικός τρόπος μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας σε ένα κτίριο, είναι η αντικατάσταση των υπολογιστών με thin client υπολογιστές.

Ο υπολογιστής thin client (αλλιώς lean ή slim client) είναι ένας υπολογιστής μέλος ενός δικτύου και εξαρτάται από έναν κεντρικό υπολογιστή (server) για όλες τις λειτουργίες του. Υπάρχει πληθώρα μοντέλων thin client υπολογιστών με διαφορετικές CPU, χωρητικότητα μνήμης και λειτουργικά συστήματα.

Τα κύρια πλεονεκτήματα που εμφανίζουν οι thin client είναι :

- Χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση: Ένας thin client υπολογιστής καταναλώνει περίπου 48 W (συμπεριλαμβανομένου και του server). Αυτό προκαλεί πολύ μεγάλη μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια της τάξης του 80%, με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση μας θα έχουμε περίπου 3,74 kW συνολικά, δηλαδή μείωση 80.8% της ενέργειας.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής: Διαρκούν 4-6 χρόνια περισσότερο από τους κανονικούς υπολογιστές
- Κεντρική διαχείριση: Μπορούν να διαχειριστούν από τον κεντρικό server, με αποτέλεσμα η συντήρηση όλων των υπολογιστών να γίνεται από ένα σημείο.



Σχήμα 5.6: Κεντρική μονάδα thin client (Πηγή: www.hp.com)

Για την εκτίμηση μελλοντικών καταναλώσεων, μετά την εγκατάσταση ενεργειακά οικονομικότερων συσκευών, πρέπει να ληφθούν υπόψη ο ετήσιος αριθμός ωρών λειτουργίας, ο οποίος λαμβάνεται από τον πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (2010) ίσος με 600h. Με βάση τις ώρες αυτές πραγματοποιείται εκτίμηση ετήσιας κατανάλωσης 2.244 MWh ή αλλιώς 1.29 kWh/m². Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε κατανάλωση τελικής ενέργειας, ενώ η αντίστοιχη πρωτογενής ενέργεια εκτιμάται στις 3.73 kWh/m².

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από την αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών είναι σημαντική καθώς με την προϋπάρχουσα εγκατεστημένη ισχύ και για 600h λειτουργίας προέκυπτε κατανάλωση 11.7 MWh τελικής ηλεκτρικής ενέργειας ή 33.930 MWh πρωτογενούς ενέργειας.

Το εξοικονομούμενο όφελος από την συγκεκριμένη ενέργεια είναι ίσο με

$$0.9 (\text{€/KWh}) \times 9456 (\text{KWh/χρόνο}) = 8,510.4 \text{ €/χρόνο}$$

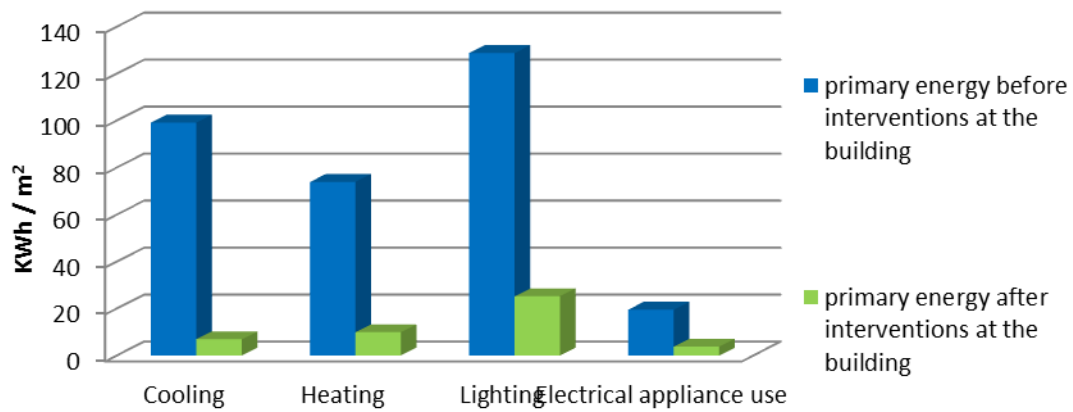
Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για την συγκεκριμένη εφαρμογή του μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας, ανέρχεται περίπου στα 44,314.07€ ενώ το συνολικό κεφάλαιο επένδυσης συμπεριλαμβανομένου και των προηγούμενων επεμβάσεων ανέρχεται στα 349,185.07€. Η περίοδος αποπληρωμής για το σύνολο των επεμβάσεων εξακολουθεί να παραμένει στα 11.1 χρόνια.

Με βάση τα παραπάνω η συνολική ενεργειακή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας φτάνει τα -71.15 (KWh/m² /year). Ενώ η περίοδος αποπληρωμής για το σύνολο των σεναρίων ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου αγγίζει τα 11 .1 χρόνια.

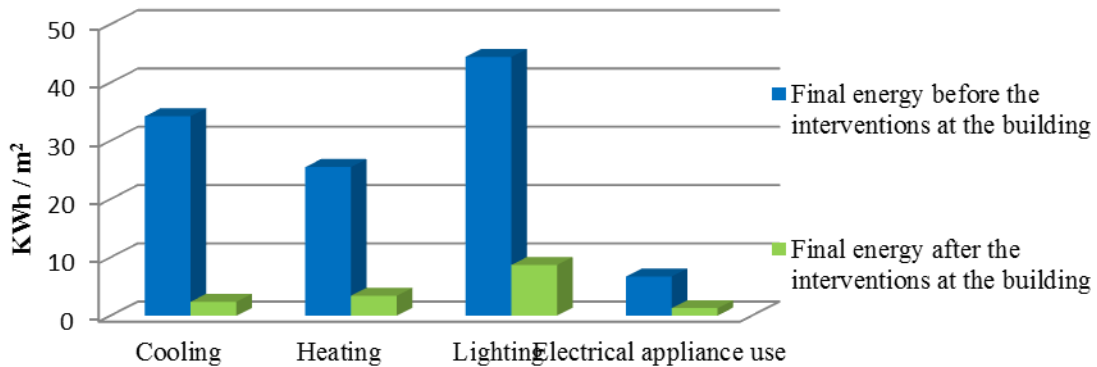
Στην περίοδο αποπληρωμής δεν έχουν υπολογιστεί τα έσοδα της παραγόμενης ενέργειας από τον Φ/Β σταθμό, καθώς επίσης δεν έχουν συμπεριληφθεί τα εξοικονομούμενα χρήματα που απολαμβάνει το κτίριο μετά την αποπληρωμή του κάθε μέτρου που εφαρμόζει. Έχοντας υλοποιήσει όλα τα παραπάνω μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας παρατηρείται ότι όλες οι καταναλώσεις κυμαίνονται στα ελάχιστα δυνατά επίπεδα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μείωση σε κατανάλωση πρωτογενούς

ενέργειας για ψύξη, όπου φτάνει στο 93%. Σε επίπεδο ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης κυμαίνεται και η κατανάλωση για την θέρμανση του κτιρίου με τη μείωση να ορίζεται στο 86.6%, ενώ περιορίστηκε και η ενεργειακή σπατάλη στο φωτισμό του κτιρίου με τη μείωση να υπολογίζεται στο 80.4 %, υπολογίζοντας πάντα την πρωτογενή ενέργεια.

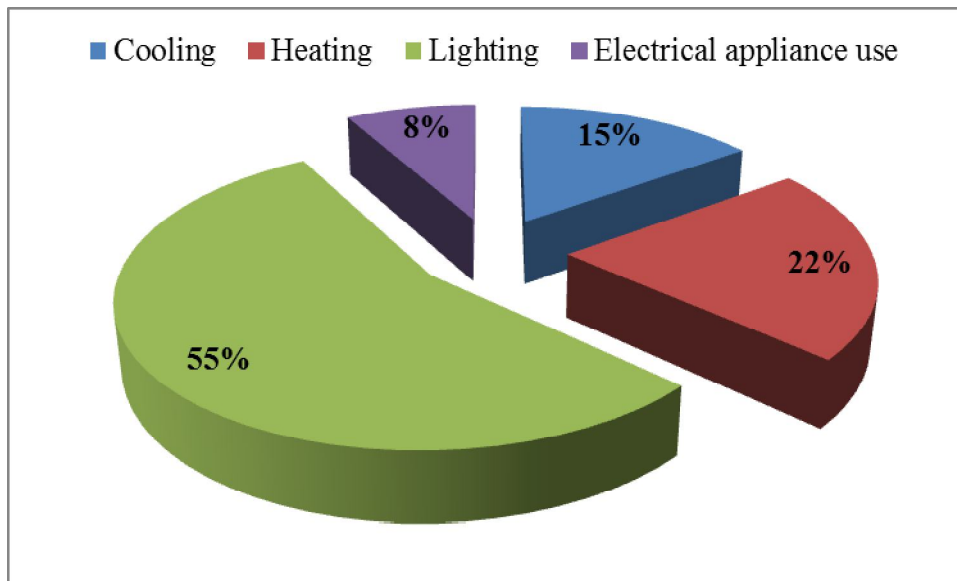
Επιπλέον, σημαντική μείωση ενεργειακής κατανάλωσης επιτυγχάνεται και στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών με μείωση 80.8% μετά τις αντικαταστάσεις που προτείνονται. Οι διαφοροποιήσεις στις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας παρουσιάζονται στο σχήμα 5.7 ενώ η αυτές για τις καταναλώσεις τελικής ενέργειας όπως και η ανακατανομή κατανάλωσης τελικής ενέργειας ανά χρήση παρουσιάζονται στα σχήματα 5.8 και 5.9.



Σχήμα 5.7: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά του συνόλου των παρεμβάσεων (Πηγή: Ο συγγραφέας).



Σχήμα 5.8: Τελική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά του συνόλου των παρεμβάσεων (Πηγή: Ο συγγραφέας).



Σχήμα 5.9: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στο κτίριο του δήμου της Κρήτης μετά του συνόλου των παρεμβάσεων (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν σίγουρα τα τελικά αποτελέσματα και τα οποία θα καθορίσουν αν το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης μετά από τις προτεινόμενες επεμβάσεις μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία των ZEB. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εξετάζεται αρχικά η πιθανότητα ένταξης του κτιρίου στην κατηγορία ZEB μέσω των ορισμών των δύο πιο διαδεδομένων τύπων ZEB, των Net Zero site Energy και Net Zero Source Energy. Για τις δύο αυτές κατηγοριοποιήσεις απαραίτητος είναι ο υπολογισμός του ισοζυγίου τόσο τελικής όσο και της πρωτογενούς ενέργειας όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.4: Πρωτογενής και την τελική κατανάλωση ενέργειας πριν από την εφαρμογή του συνόλου των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Final use	Primary energy (KWh/m ²)	Final energy (KWh/m ²)
Heating	9.9	3.41
Cooling	6.9	2.38
Electrical appliance use	3.73	1.29
Lighting	25.2	8.69
Contribution of RES	93.74	32.3
Total	-48.01	-16.55

Πριν την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ποσότητες ενέργειας που αναφέρονται για τα Φ/Β, αφορούν παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και οι τιμές τους αφαιρούνται από τις καταναλώσεις για ψύξη, θέρμανση, φωτισμό και χρήση ηλεκτρικών συσκευών.

Επιπλέον, οι τιμές πρωτογενούς ενέργειας διαφέρουν από αυτές για την τελική ενέργεια κατά τους αντίστοιχους συντελεστές μετατροπής, όπως αυτοί ορίζονται στον πίνακα 1.2 της τεχνικής οδηγίας του τεχνικού επιμελητήριου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1-2010).

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση σε κτίριο ZEB, πρέπει να τονιστεί ότι δεν έχουν καθοριστεί συγκεκριμένα όρια κατηγοριοποίησης. Αυτά οφείλει να τα ορίσει κάθε

κράτος λαμβάνοντας υπόψη κλιματικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Στην Ελλάδα μέχρι στιγμής δεν έχουν συζητηθεί.

Σύμφωνα με τον ορισμό που έχει δώσει ο Torcellini, (2006) για την κατηγοριοποίηση των ZEB καθώς και με τους ορισμούς για on site και of site supply, λαμβάνοντας επίσης υπόψη το ετήσιο ισοζύγιο ενέργειας, προκύπτει εύλογα το συμπέρασμα ότι λόγω της πολύ χαμηλής κατανάλωσης τελικής ενέργειας το κτίριο της Περιφέρειας Κρήτης, έπειτα από τις προτεινόμενες επεμβάσεις, θα ήταν δυνατό να οριστεί ως ZEB, καθώς η τιμή -16.65 kWh/m^2 τελικής ενέργειας, και χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων επί του κτιρίου για την παραγωγή ενέργειας, αναμφίβολα δικαιολογεί αυτή την κατηγοριοποίηση.

Με την ίδια μέθοδο, το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης, μπορεί να χαρακτηριστεί «Net Zero Source Energy» με την διαφορά ότι για αυτήν την κατηγοριοποίηση η τιμή αναφοράς (-48.01 kWh/m^2) προκύπτει από το ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας του πίνακα 5.4

Σε ότι αφορά την ένταξη στην κατηγορία ZEB-Net Zero Emissions Energy δεν υπάρχουν ξεκάθαροι μέθοδοι υπολογισμού και στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα γίνει μια απόπειρα ερμηνείας των ορισμών που έχουν δοθεί.

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές εκπομπής CO₂ των καυσίμων. Η ερμηνεία που δίνεται στον ορισμό της συγκεκριμένης κατηγορίας ZEB εστιάζεται στις εκπομπές που αποτρέπονται λόγω της χρήσης ΑΠΕ συγκριτικά με την περίπτωση που παρέμεναν τα συστήματα συμβατικών καυσίμων.

Στον παρακάτω πίνακα παραθέτονται τα αποτελέσματα υπολογισμών για την εκπομπή ρύπων CO₂ λόγω χρήσης ηλεκτρισμού μέσω του δικτύου της ΔΕΗ για ψύξη, φωτισμό και χρήση ηλεκτρικών συσκευών. Επίσης, καταγράφεται η αποφυγή παραγωγής ρύπων που πετυχαίνεται με την παραγωγή ηλεκτρισμού από Φ/Β.

Πίνακας 5.5: Πρωτογενής ενέργεια και τις εκπομπές CO₂ μετά τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας (Πηγή: Ο συγγραφέας)

Final use	Primary energy (KWh/m ²)	CO ₂ emissions (Kg/m ²)
Heating	9.9	9.79
Cooling	6.9	6.82
Electrical appliance use	3.73	3.69
Lighting	25.2	24.91
Contribution of RES	-93.74	-92.68
Total	-48.01	-47.47

Το αποτέλεσμα που προκύπτει ,επιτρέπει την κατηγοριοποίηση του εξεταζόμενου κτιρίου σε «Net Zero Emissions Energy» καθώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, λειτουργούν ελαφρυντικά για το περιβάλλον.

Τέλος, για την πιθανότητα ένταξης του κτιρίου σε κατηγορία «ZEB – Net Zero Cost Energy», θα επιχειρηθεί να ερμηνευτεί ο ορισμός ως εξής. Θα εκτιμηθεί το ετήσιο κόστος κατανάλωσης ενέργειας λόγω χρήσης ηλεκτρισμού (ψύξη, θέρμανση, φωτισμός, χρήση ηλεκτρικών συσκευών). Με άλλα λόγια, τα χρήματα τα οποία κοστίζει στο κτίριο η σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.

Στη συνέχεια, θα συγκριθεί με τα ετήσια έσοδα από την πώληση στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. της παραγόμενης ενέργειας από την εγκατάσταση Φ/Β στο κτίριο. Αναλυτικά, για τον

υπολογισμό του ετήσιου λογαριασμού της Δ.Ε.Η., λαμβάνεται υπόψη η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτή προκύπτει από το άθροισμα τελικής ενέργειας για ψύξη, θέρμανση, φωτισμό και χρήση ηλεκτρικών συσκευών, με τιμή 27,468.97 kWh.

Λαμβάνοντας τη μέση τιμή MWh από 1/1/2013 για το τιμολόγιο της μέσης τάσης του κτιρίου της περιφέρειας Κρήτης, όπως αυτή δίνεται στο δελτίο τύπου της ΔΕΗ στις 1/5/2013, ίση με 82.59 €, προκύπτει ετήσιο κόστος ενέργειας 2,268.6 €. Στην τιμή αυτή κρίνεται σκόπιμο να προστεθούν και τα ετήσια πάγια έξοδα των λογαριασμών της Δ.Ε.Η. Έτσι, για δημοτικά τέλη και φόρους, τέλος ακίνητης περιουσίας, Ε.Ρ.Τ. και ειδικό τέλος Α.Π.Ε., υπολογίζεται ετήσιο κόστος 1,977.9 ευρώ, λαμβάνοντας υπόψη στους υπολογισμούς εκτός από τους συντελεστές κάθε τέλους και την επιφάνεια του κτιρίου και την ετήσια κατανάλωση. Επομένως, το ετήσιο κόστος χρήσης του δικτύου της ΔΕΗ εκτιμάται στα 4,246.5 €.

Αν αυτή η τιμή συγκριθεί με τα έσοδα από τα Φ/Β (12,140.72 €) προκύπτει τελικό κόστος, με αρνητικό πρόσημο, που σημαίνει ότι το κτίριο θα έχει έσοδα από τον πρώτο χρόνο. Έπειτα από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι το κτίριο της περιφέρειας Κρήτης μπορεί να ονομαστεί Zero Cost Energy Building.

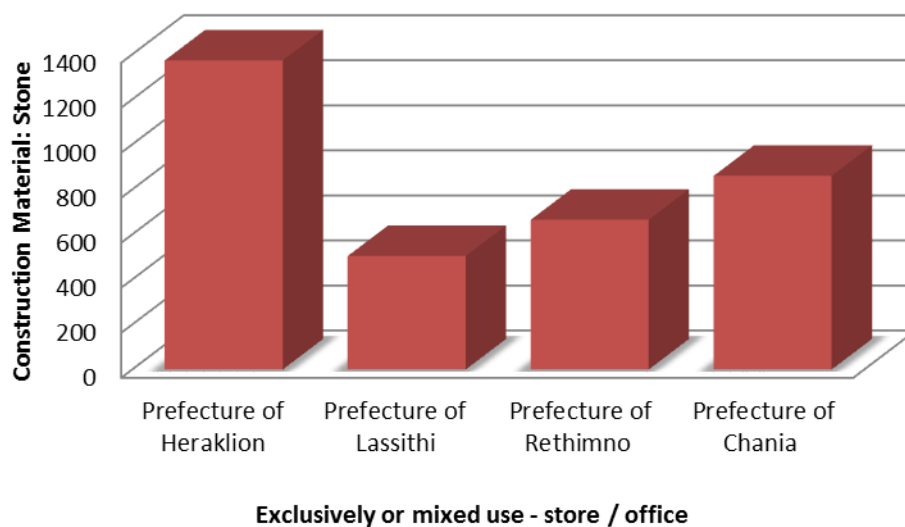
5.3 ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΙΔΙΟΥ ΤΥΠΟΥ

Ο σκοπός αυτού του μέρους της πτυχιακής είναι η εφαρμογή των αποτελεσμάτων του κτιρίου της Περιφέρειας Κρήτης σε κτίρια με ιδιες ή σχεδόν ιδιες ιδιότητες σε όλη την νήσο Κρήτη.

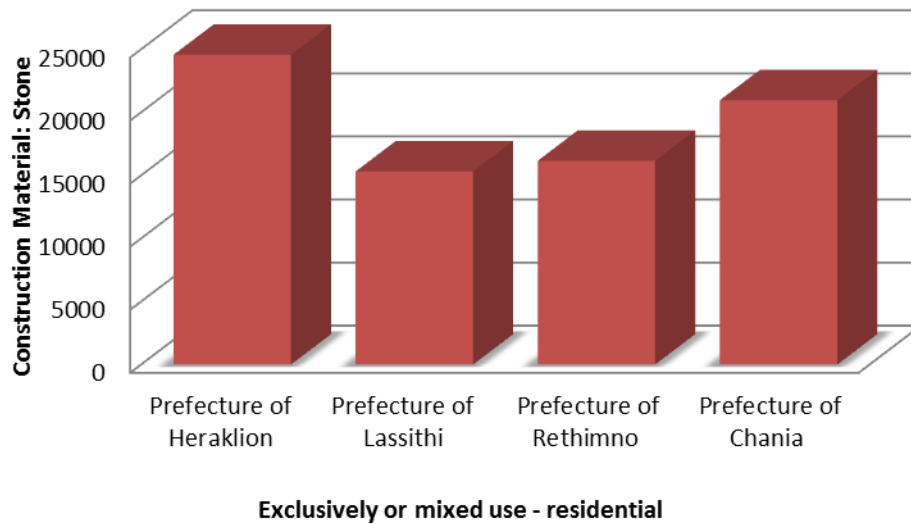
Τα στοιχεία για την μελέτη αντλήθηκαν από την στατιστική υπηρεσία της Ελλάδος (ELSTAT 2001) όπου κατεγράφησαν το 2001.

Ο περιορισμός που υπάρχει στην άντληση των στοιχείων αυτών είναι ότι τα στοιχεία αυτά είναι γενικά. Πέραν της ποσότητας των κτιρίων που υπάρχουν ανα νομο στην Ελλάδα, την κατηγοριοποίηση τους σε οικιακό, τριτογενή ή βιομηχανικό τομέα, αλλά και τον διαχωρισμό τους από το είδος κατασκευής (π.χ. πέτρα, ξύλο, σκυροδεμα κτλ) δεν υπάρχει κάποιος άλλος διαχωρισμός, όπως για παράδειγμα ποσα τετραγωνικά επιφάνειας καλύπτουν αυτά τα κτίρια, αν υπάρχει μονώση, ή ακόμη τον τύπο των κουφωμάτων που είναι εγκατεστημένα σε αυτά.

Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την στατιστική υπηρεσία Ελλάδος αφορά κτίρια κατασκευασμένα προ του 1980, με το υλικό κατασκευής να είναι από πέτρα. τα στοιχεία αυτά αφορούν τους τεσσέρις (4) νομούς της νήσου Κρήτης, καθώς επίσης κτίρια με αποκλειστική ή μερική χρήση καταστημάτων/γραφεία καθώς επίσης κτίρια με αποκλειστική ή μερική χρήση κατοικίας. Ο συνολικός αριθμός αυτών ανερχεται στα 80,376 κτίρια

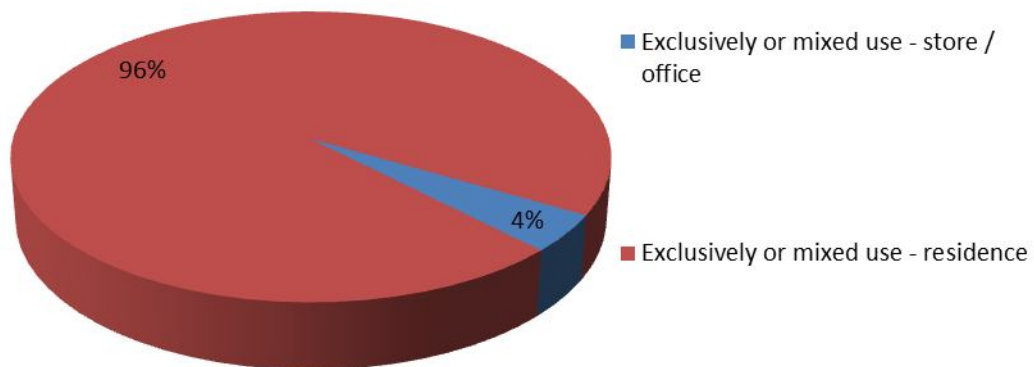


Σχήμα 5.10: Κτίρια με αποκλειστική ή μερική Stores χρήση / γραφεία σε ολόκληρο το νησί της Κρήτης ανά νομό. (Πηγή: Ο συγγραφέας).



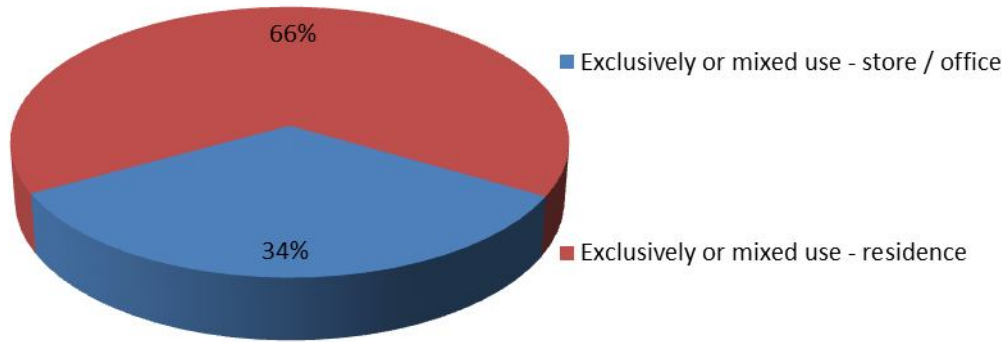
Σχήμα 5.11: Κτίρια με αποκλειστική ή μερική χρήση κατοικίας σε ολόκληρο το νησί της Κρήτης ανά νομό (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Συμφωνα με το σχήμα 5.12 το μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων κατασκευασμένα πριν το 1980 με υλικό κατασκευής την πέτρα είναι τα κτίρια των κατοικιών με ποσοστό 96% ενώ μόνο το 4% των κτιρίων, χρησιμοποιούνται ως κτίρια γραφείων.



Σχήμα 5.12: Ποσοστό χρήσης κτιρίων πριν από το 1980 (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Συμπεριλαμβανοντας εκτιμησεις και συμπληρωματικά στοιχεία που αντλήθηκαν απο τριτες πηγες (DATAMINE, 2007), για τον προσδιορισμο της επιφανειας καλυψης των κτιριων στην παρουμεσα εκτιμηση, ο μεσος ορος της επιφανειας καλυψης που αφορα τα κτιρια των γραφειων ανερχεται στα 1150m² ενώ για τα κτιρια των κατοικιων ο μεσος ορος επιφανειας είναι 100m². Συμφωνα με αυτά τα στοιχεια το ποσοστο της επιφανειας καλυψης (m²), ανα χρηση κτιριου κατασκευασμενο από πετρα, παρουσιαζεται στο σχημα 5.13



Σχήμα 5.13: Ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας (m²) ανά χρήση κτιρίου (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Σε περίπτωση εφαρμογής, των μετρών εξοικονομησης ενέργειας σε όλα τα κτιρια με ίδια χαρακτηριστικά, όπως εκείνου της περιφέρειας Κρήτης, τότε το ενεργειακό οφέλος (πρωτογενής ενέργεια) για τα κτιρια γραφείων και κατοικιών, παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6

Πίνακας 5.6: Πλεονεκτήματα ενέργειας από την εφαρμογή των παραπάνω μετρών εξοικονόμησης (Πηγή: Ο συγγραφέας).

Buildings manufactured from stone on the island of Crete		
	Exclusively or mixed use - store / office	Exclusively or mixed use - residence
Number of buildings	3.402	76.974
Area of Buildings (m ²)	3.912.300	7.697.400
primary energy contribution to the grid of Electricity (KWh/m ²)	187.829.523	369.552.174
contribution of CO ₂ emissions (Kg/m ²)	185.716.881	365.395.578

Ένα πραγματικό παράδειγμα μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα δημόσιου κτιρίου είναι το κτίριο της North Shore Community College, όπου βρίσκεται στη Μασαχουσέτη και το μέγεθος του είναι 5,453.2 m².

Η τελική συνεισφορά ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται 7.25 (MWh / έτος) ενώ η μετατόπιση CO₂ είναι περίπου 200 τόνοι / έτος



Figure 5.14: North Shore Community College Health and Student Services Building (Source: www.northshore.edu).

5.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κεφάλαιο 5 ο συγγραφέας αρχικά ανέφερε τις δυσκολίες στην εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση του κεφαλαίου 4, επίσης τόνισε το κύρος και την αξιοπιστία της όλης διαδικασίας μαζί με τις πιθανές πηγές ανακρίβειας . Ένα συμπέρασμα που βγάλαμε ήταν ότι όταν η ανθρώπινη υποκειμενικότητα παρεμβαίνει , οι πιθανότητες για το λάθος και η αβεβαιότητα αυξάνεται .

Επιπλέον , παρουσιάστηκε μια ολοκληρωμένη συζήτηση με βάση τα πορίσματα της έρευνας της ενέργειας σε συνδυασμό με χρήσιμες συγκρίσεις με την υπάρχουσα βιβλιογραφία , τόσο σε εθνικό όσο και διεθνές επίπεδο ενδεχομένως

Η συζήτηση συνεχίστηκε με την προσπάθεια εφαρμογής των μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο του δήμου της Κρήτης . Ο στόχος ήταν το κτίριο να έχει ετησίως , μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα . Ο στόχος επιτεύχθηκε και το κτίριο παύει όχι μόνο να παράγει εκπομπές CO₂ , αλλά και αποδίδει 89,420.00 Kg / έτος .

Πιο συγκεκριμένα τα μέτρα που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη ήταν συνολικά 8 :

- Θερμομόνωση
- Αντικατάσταση υαλοπινάκων / κουφωμάτων .
- Αντικατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών (H/M) εξοπλισμού .
- Η προσθήκη των συστημάτων σκίασης
- Η προσθήκη των συστημάτων διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (BEMS)
- Αντικατάσταση λαμπτήρων - φωτιστικά .
- Εγκατάσταση συστημάτων (Φ/Β) φωτοβολταϊκών .
- Άλλα μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Το μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας που περιελάμβανε την αντικατάσταση των υαλοπινάκων απορρίφθηκε λόγω ότι έχουν ήδη αξιόλογο συντελεστή μεταφοράς θερμότητας.

Το συνολικό κόστος υλοποίησης είναι ίσο με 255,133.00€ , ενώ η περίοδος αποπληρωμής φτάνει 8,5 χρόνια. Η ετήσια πρωτογενής ενέργεια που εκπέμπεται από το κτίριο στο δίκτυο είναι ίση με 51.74 KWh/m² ενώ η τελική ενέργεια που εκπέμπεται από το κτίριο με το δίκτυο είναι 17.82 KWh/m²

Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τη γενίκευση των αποτελεσμάτων για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος της Κρήτης με τα ίδια χαρακτηριστικά με το εξεταζόμενο κτίριο , 3.400 κτίρια γραφείων που βρέθηκαν στο νησί της Κρήτης από πέτρα και την κατασκευή περίοδο πριν από το 1980 . Ενώ η χρήση των αποτελεσμάτων επεκτάθηκε σε οικιακά κτίρια με παρόμοια χαρακτηριστικά .

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτής έδειξαν ότι για τα κτίρια γραφείων , η ετήσια παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας θα είναι περίπου 200 TWh ,και 390 TWh για τα κτίρια κατοικιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο 6, ο συγγραφέας παρουσιάζει τα συμπεράσματα του ερευνητικού του έργου. Τα συμπεράσματα είναι η συσσωρευμένη γνώση της μελέτης αυτής, και ιδίως η γνώση που αποκτήθηκε από την περαιτέρω έρευνα στα κεφάλαια 4 και 5. Είναι ουσιαστικά μια αναφορά σε όλα τα αποτελέσματα και τα ευρήματα.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

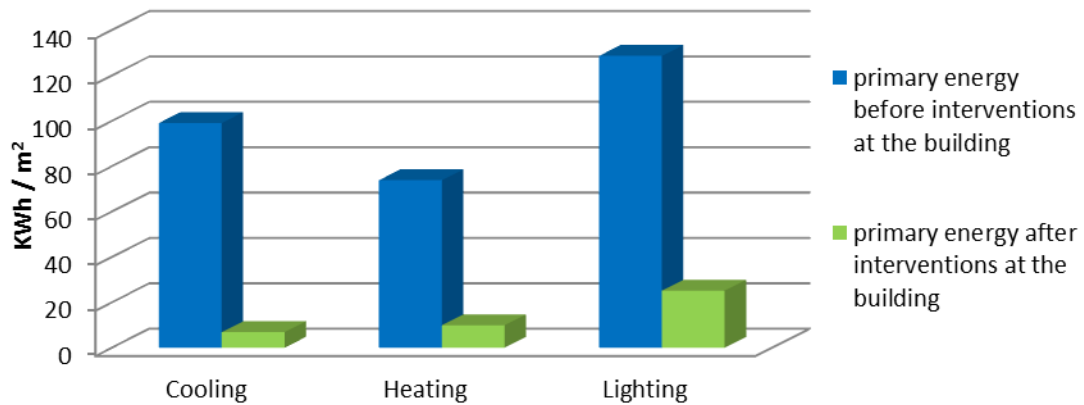
Τον Μάιο του 2008 ψηφίστηκε ο νόμος Ν.3661 για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την ευρωπαϊκή για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Στο ίδιο πλαίσιο το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας αναπτύσσει ένα ειδικό λογισμικό (ΤΕΕ-KENAK) για την καταχώριση των αναγκαίων στοιχείων για τους ενεργειακούς ελέγχους και καθορίζει επίσης τον υπολογισμό για την κατάταξη απόδοσης των κτιρίων, το οποίο είναι σε λειτουργία από τον Οκτώβριο του 2010.

Εκτός από το μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον, υπάρχει επείγουσα ανάγκη να συμμορφωθεί με τις δύο ευρωπαϊκές οδηγίες, τις εθνικές νομοθεσίες και πρότυπα CEN, ενώ είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο κτιριακός τομέας είναι ένας τεράστιος καταναλωτής ενέργειας που συμβάλλει στις τεράστιες εκπομπές CO₂ σε ετήσια βάση. Ο σχεδιασμός των μελλοντικών δημόσιων κτιρίων δεν θα πρέπει να έχει ως μόνο στόχο την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά θα πρέπει να διαμορφώνει την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών. Στόχος είναι η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να πραγματοποιηθεί. Επιπλέον, μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται από το κτίριο μπορεί να παραδοθεί από ΑΠΕ, με σκοπό την περαιτέρω μείωση των εκπομπών CO₂ που πρέπει να επιτευχθεί, στην καλύτερη περίπτωση σε μηδενικό επίπεδο.

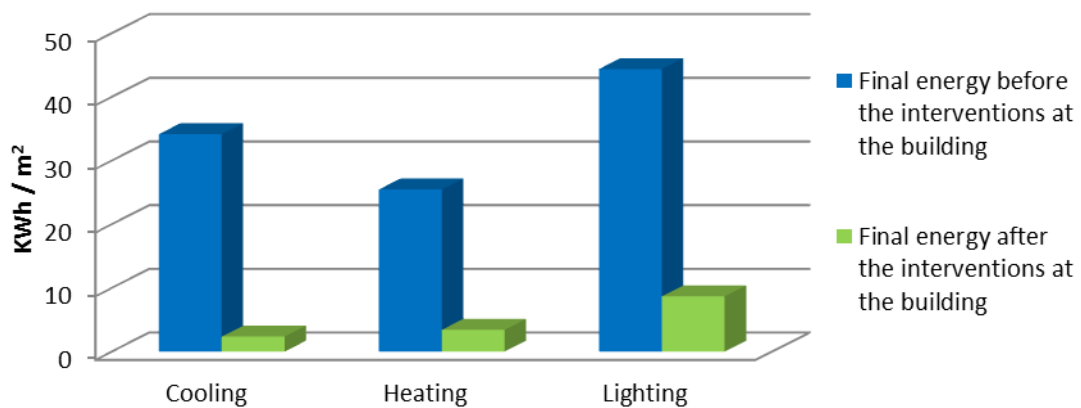
Το πρόβλημα της έρευνας της παρούσας εργασίας είναι να αξιολογηθεί η ενεργειακή απόδοση και η IEQ σε ένα αντιπροσωπευτικό δημόσιο κτίριο στην Κρήτη. Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας έχουν διερευνηθεί διάφορα σενάρια σχετικά με τη συμβολή τους στην επίτευξη μηδενικών ή κοντά στο μηδέν εκπομπών CO₂, εστιάζοντας κυρίως στις προηγμένες σύγχρονες τεχνολογίες στον τομέα της κατασκευής κτιρίων, τα συστήματα HVAC και τη βέλτιστη εφαρμογή τους.

Χρησιμοποιήσαμε έναν υπολογιστικό αλγόριθμο προκειμένου να αναλύσουμε τον πυρήνα του προβλήματος της έρευνας, η οποία είναι με τι κόστος και τι παρεμβάσεις θα μπορούσαν οι εκπομπές CO₂ να φτάσουν σε μηδενικό επίπεδο, σε ένα δημόσιο κτίριο. Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε περιέχει οντότητες που χαρακτηρίζονται ως είσοδοι, έξοδοι, σταθερές παράμετροι, και βρόχοι ελέγχου θεωρίας. Οι οντότητες ήταν η βασική δομή του αλγορίθμου που βοήθησαν στην δημιουργία των υπολογιστικών βημάτων, λαμβάνοντας ηθικά ζητήματα υπό εξέταση.

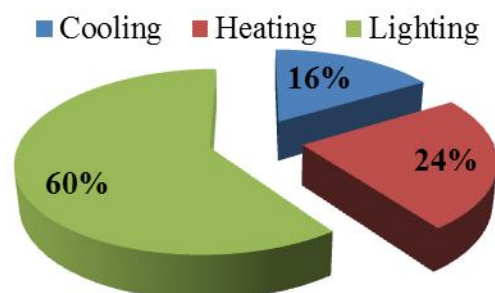
Τέλος, έχει επιτευχθεί μια σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας μετά από τη χρήση των σύγχρονων υλικών και συσκευών στο εξεταζόμενο κτίριο. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την πρωτοβάθμια και την τελική εξοικονόμηση ενέργειας, παρουσιάζονται στα ακόλουθα σχήματα 6.1, 6.2 και 6.3.



Σχήμα 6.1: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά από τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. (Πηγή : Ο συγγραφέας).



Σχήμα 6.2: Τελική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά από τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. (Πηγή : Ο συγγραφέας) .



Σχήμα 6.3: Ενεργειακή κατανάλωση ανά μετοχή χρήση μετά την προτεινόμενη εφαρμογή των μέτρων . (Πηγή : Ο συγγραφέας) .

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τελική κατάταξη του εξεταζόμενου κτιρίου, μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας, στην κατηγορία ZEB μέσα από τους πιο γνωστούς ορισμούς, Net Zero Energy και Net Zero Energy Source .

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από την Torcellini (2006) για την κατηγοριοποίηση των ZEB καθώς και ορισμούς για την περιοχή και της προσφοράς χώρων, λαμβάνοντας υπόψη το ετήσιο ισοζύγιο ενέργειας, το εξεταζόμενο κτίριο στην Κρήτη θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως « Net Zero Energy», με την τελική κατανάλωση ενέργειας κατά - 17,82 kWh/m² (μετά από τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας impelmentation). Με την ίδια διαδικασία, το εξεταζόμενο κτίριο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως « ZEB » επίσης, ενώ σε αυτή την περίπτωση, η τιμή αναφοράς είναι -51.74 kWh/m². Τα τελικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα .

Πίνακας 6.1 : Πρωτογενής ενέργεια και τις εκπομπές CO₂ μετά τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας. (Πηγή : Ο συγγραφέας).

Final use	Primary energy (KWh/m ²)	CO ₂ emissions (Kg/m ²)
Heating	9.9	9.79
Cooling	6.9	6.82
Lighting	25.2	24.91
Contribution of RES	-93.74	-92.68
Total	-51.74	-51.16

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου , όπως φαίνεται στον πίνακα 6.2 μειώθηκαν στο ελάχιστο, όμως, χωρίς τη συμβολή των ΑΠΕ, το υπό εξέταση κτίριο δεν θα μπορούσε να ονομαστεί ZEB. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το R θα πρέπει να θεωρείται αναπόσπαστο μέρος του κτιρίου, έτσι ώστε η κατανάλωση να εξισορροπείται από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Τέλος, εάν τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν εφαρμοστεί στο εξεταζόμενο κτίριο, εφαρμοστούν σε όλα τα κτίρια με παρόμοια χαρακτηριστικά, στο νησί της Κρήτης, τότε τα αποτελέσματα θα είναι ενθαρρυντικά για την οικονομία , την εκπαίδευση και το περιβάλλον. Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από την εξαγωγή των αποτελεσμάτων στον πίνακα 6.3 της παρούσας μελέτης .

Πίνακας 6.2: παροχές ενέργειας από τη συσκευή της παρουσιάζονται μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας (Πηγή : Ο συγγραφέας).

Buildings manufactured from stone on the island of Crete		
	Exclusively or mixed use - store / office	Exclusively or mixed use - residence
Number of buildings	3.402	76.974
Area of Buildings (m ²)	3.912.300	7.697.400
Primary energy contribution into electricity network (KWh/year)	202.422.402	398.263.476
Contribution of CO ₂ emissions (Kg/year)	200.153.268	393.798.984

Για περαιτέρω μελέτη θα ήταν ενδιαφέρον, οι δυνητικοί τρόποι για το σχεδιασμό μιας αγοράς των πιστοποιημένων από μονάδες ενέργειας ιστοσελίδα για την επίτευξη μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Επιπλέον, η μελέτη των κτιρίων με μεγαλύτερες

δυνατότητες εγκατάστασης και χρήσης ΑΠΕ, όπως τα κτίρια σε μια περιοχή ικανή για την εγκατάσταση μιας αντλίας επίγειας θερμότητας.

Τέλος, ενδιαφέρουσα μελέτη θα είναι εκείνη όπου ο χαρακτηρισμός ZEB θα περιλαμβάνει και την ενσωματωμένη ενέργεια. Επειδή ο προσδιορισμός του κτιρίου για μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (ZEB), που συνδέεται με τη λειτουργία του κτιρίου δεν περιλαμβάνει τις εκτιμήσεις του κύκλου ζωής για την ενσωματωμένη ενέργεια του κτιρίου.

6.3 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα κύρια συμπεράσματα. Έγινε σαφές ότι το πρόβλημα της έρευνας και οι ερωτήσεις της έρευνας εξετάστηκαν με επιτυχία . Τέλος αναφέραμε τους περιορισμούς και τις δυνατότητες που έχουμε για περαιτέρω εργασίες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- BALARAS, C. A. (1994) *A guide for energy conservation in school buildings*, Central Institution for Energy Efficiency Education, University of Athens, Commission of the European Communities, SAVE Programme, Athens.
- BALARAS, C. A., DROUTSA, K., ARGIRIOU, A. A. and ASIMAKOPOULOS, D. N. (2000) "Potential for energy conservation in apartment buildings". *Energy and Buildings*, 31, pp. 143-154.
- BALARAS, C. A., GAGLIA, A. G., GEORGOPOULOU, E., MIRASGEDIS, S., SARAFIDIS, Y. and LALAS, D. P. (2007) "European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings". *Building and Environment*, 42, pp. 1298-1314.
- BLOK, K. (2004) "Improving Energy Efficiency by Five Percent and More per Year?". *Journal of Industrial Ecology*, 8, pp. 87-99.
- BORSCH-LAAKS, R. and POHLMANN, R. (1993) "The Triple-E-House: Energy-efficient, Economical, Ecological, *Proc. the ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 1993;9(9.51).
- (BREEAM) BRE Environmental Assessment Method, <<http://www.breeam.org/>> (accessed 11.09.12).
- CRAWLEY, D., PLESS, S. and TORCELLINI, P. (2009) "Getting to Net Zero. *Related Information: Published in ASHRAE Journal, September 2009*, Medium: ED; p.13.
- [ΚΑΠΕ] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τεχνητό φωτισμό. <[Http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos.htm)> [πρόσβαση 23η Απριλίου 2013].
- [ΚΑΠΕ, 1995], Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (1995) κατευθυντήριες γραμμές για θερμική-οπτική άνεση και την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια των δημόσιων σχολείων, ΕΚ-ΓΔ XVII, Αθήνα.
- [ΚΑΠΕ, 2012], Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (2012) κατευθυντήριες γραμμές για θερμική-οπτική άνεση και την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια των δημόσιων σχολείων, ΕΚ-ΓΔ XVII, Αθήνα.
- DASCALAKI, E. G. and SERMPETZOGLU, V. G. (2011) "Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools". *Energy and Buildings*, 43, pp. 718-727.
- DOUKAS, H., NYCHTIS, C. and PSARRAS, J. (2009) "Assessing energy-saving measures in buildings through an intelligent decision support model". *Building and Environment*, 44, pp. 290-298.

[ECEEE] European Council for an Energy Efficient Economy (2003) Summer Study proceedings: main menu. < http://www.eceee.org/conference_proceedings/eceee/2003c/> (accessed on 02 Feb. 2010).

EIFFERT, P., INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2003). "Non-Technical Barriers to the Commercialization of PV Power Systems in the Built Environment". *Photovoltaic Power Systems in the Built Environment*. 35 p. NREL Report No. TP-550-31976.

ΕΛΣΤΑΤ Ελληνική Στατιστική Αρχή (2013): το κύριο μενού. <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>

Enerdata (2012): *Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU*. Lessons from the ODYSSEE/MURE project. Publication within the project, Monitoring of EU and national energy efficiency targets "(ODYSSEE-MURE 2010)" supported by Intelligent Energy Europe. ADEME editions: Paris.

[EULEB] European high quality Low Energy Buildings, (2013) <<http://www.new-learn.info/packages/euleb/en/glossary/index17.html>> (accepted on 29 March 2013).

[EUMEPS] European Manufacturers of Expanded Polystyrene (2010) *Low and net zero energy buildings with EPS Insulation* Belgium: main menu. <<http://www.eumeps.org/>> (accessed on 02 January 2013).

[EWC] Efficient Windows Collaborative (2013): main menu. <<http://www.efficientwindows.org/index.php>> (accessed on 22 January 2013).

FIBRAN (2013) "products of extruded polystyrene" main menu. < <http://www.fibran.gr/frontend/index.php>> (accessed on 22 January 2013).

FILIPPÍN, C. (2000) "Benchmarking the energy efficiency and greenhouse gases emissions of school buildings in central Argentina". *Building and Environment*, 35, pp. 407-414.

FREUND, P. (1979) "The Cost-Effectiveness of Some Measures for Energy Conservation in Buildings in the UK." *Proc. the CIB Symposium on Energy Conservation in the Built Environment*, Copenhagen.

GAGLIA, A. G., BALARAS, C. A., MIRASGEDIS, S., GEORGOPOULOU, E., SARAFIDIS, Y. and LALAS, D. P. (2007) "Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings". *Energy Conversion and Management*, 48, pp. 1160-1175.

GAITANI, N., LEHMANN, C., SANTAMOURIS, M., MIHALAKAKOU, G. and PATARGIAS, P. (2010) "Using principal component and cluster analysis in the heating evaluation of the school building sector". *Applied Energy*, 87, pp. 2079-2086.

GEORGOPOULOU, E., SARAFIDIS, Y., MIRASGEDIS, S., BALARAS, C. A., GAGLIA, A. and LALAS, D. P. (2006) "Evaluating the need for economic support policies in promoting greenhouse gas

emission reduction measures in the building sector: The case of Greece". *Energy Policy*, 34, 2012-2031.

GIAKOUMI, A. and IATRIDIS, M. (2009) "Current market situation Heating and Cooling in Greece". *Policy development for improving RESH/ C penetration in European Member States (RES-H Policy)*.

GINEVIČIUS, R., PODVEZKO, V. and RASLANAS, S. (2008) "Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multicriteria methods". *Journal of Civil Engineering and Management*, 14, pp. 217-226.

GOLDMAN, C. A. AND RITSCHARD, R. L. (1986) "Energy conservation in public housing: A case study of the San Francisco housing authority". *Energy and Buildings*, 9, pp. 89-98.

Google Earth, (2013) *Coordinates and altitude for examined building*: main menu. <
<http://www.google.earth.gr>> (accessed on 20 Feb. 2011)

HERNANDEZ, P., BURKE, K. AND LEWIS, J. O. (2008) "Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools". *Energy and Buildings*, 40, pp. 249-254.

IPCC (2007). *Climate change 2007 : mitigation of climate change : contribution of Working Group III contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press.

KAKLAUSKAS, A., ZAVADSKAS, E. K., RASLANAS, S., GINEVICIUS, R., KOMKA, A. and Malinauskas, P. (2006) "Selection of low-e windows in retrofit of public buildings by applying multiple criteria method COPRAS: A Lithuanian case". *Energy and Buildings*, 38, pp. 454-462.

KARKANIAS, C., BOEMI, S. N., PAPADOPOULOS, A. M., TSOUTSOS, T. D. and KARAGIANNIDIS, A. (2010) "Energy efficiency in the Hellenic building sector: An assessment of the restrictions and perspectives of the market". *Energy Policy*, 38, pp. 2776-2784.

LAZARI, E. (2007) *Energy Efficiency Systems and Energy Conservation Building Greek*. Presented in cycle speeches by Greek Society for the Protection of Environment and Cultural Heritage entitled *Environmental Quality of Buildings: The future of the buildings after the implementation of Directive 2002/91 on the energy performance of buildings*. Athens, Greece.

(LEED) Leadership in Energy and Environmental Design, U.S. Green Building Council (USGBC), *Green Building Rating System*, <<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>> (accessed 11.09.12).

LIN, W.-B., WANG, L. and INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT (2005) *Evaluation of Energy-Saving Benefits for Green Buildings using Natural Daylight Strategy*. 8th, International conference on power and energy systems, Acta Press, Anaheim.

LOZANO, M. A., RAMOS, J. C., CARVALHO, M. And SERRA, L. M. (2009) "Structure optimization of energy supply systems in tertiary sector buildings". *Energy and Buildings*, 41, pp. 1063-1075.

MARINO, A., BERTOLDI, P., REZESSY, S. & BOZA-KISS, B. (2011) A snapshot of the European energy service market in 2010 and policy recommendations to foster a further market development. *Energy Policy*, 39, pp.6190-6198.

MARSZAL, AJ, BOURRELLE, JS, MUSALL, E, HEISELBERG, P, GUSTAVSEN, A and VOSS, K (2010) "Net Zero Energy Buildings: Calculation Methodologies versus National Building Codes". In Proceedings of EuroSun 2010: International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings: 28 September - 1 October 2010, Graz, Austria. EuroSun 2010.

Meteonorm. Software which provides meteorological database. Available from <<http://meteonorm.com/download/software/mn70/>> [accessed 17 April 2011].

OMER, S. A., RIFFAT, S. B. AND WILSON, R. (2000) BIPV design study for renewable energy centre and eco-energy house.

PAPADOPOULOS, A. M., THEODOSIOU, T. G. and KARATZAS, K. D. (2002) "Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings: The impact of energy prices and the acceptable payback time criterion". *Energy and Buildings*, 34, pp. 455-466.

PEREZ, Y. V. and CAPELUTO, I. G. (2009) "Climatic considerations in school building design in the hot-humid climate for reducing energy consumption". *Applied Energy*, 86, pp. 340-348.

[PPC] Public Power Corporation (2013). *Pricelist of competitive and regulated charges 2013*. <<http://www.dei.gr/Documents2/TIM%20XT%201%202%202013/%CE%A4%CE%99%CE%9C2013%20XT%20%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%B3%20%20CE%A1%CF%85%CE%B8%CE%BC%20%CE%A7%CF%81.pdf>> (Updated on 05 Jan 2013, accessed 13 Feb. 2013).

PROST (2003) *Harnessing the Power of the Public Purse: Final Report from the European PROST Study on Energy Efficiency in the Public Sector*. Stockholm: Borg and Co. AB.

Pvsyst. *Simulation software for P/V installations*. <<http://www.pvsyst.com/en/software>> (accessed 17 April 2011).

[SAVVIDIS P & J] Savvidis, P. Savvidis, J. Ltd (2013) "Offer of supply and installation of shading systems" (accepted on 13 March 2013).

[SES] Sustainable Energy Studies (2013): main menu. <<http://sustainableenergystudies.org/>> (accessed on 22 January 2013).

SJÖGREN, J. U., ANDERSSON, S. and OLOFSSON, T. (2007) "An approach to evaluate the energy performance of buildings based on incomplete monthly data". *Energy and Buildings*, 39, pp. 945-953.

THEODOSIOU, T. G. and ORDOUMPOZANIS, K. T. (2008) "Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece". *Energy and Buildings*, 40, pp. 2207-2214.

TORCELLINI, P., PLESS, S., DERU, M. and CRAWLEY, D. (2006) *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition; Preprint*.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (2010) Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων υπολογισμού και την απελευθέρωση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδα », έκδοση Β, 2012.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2, Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (2010) Θερμο-φυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων και θερμική απόδοση των κτιρίων ελέγχουν. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδα, «Μια έκδοση του 2010.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20.701 με 3, Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (2010) Κλιματικά στοιχεία των ελληνικών πόλεων. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδα », έκδοση Β, 2012.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4, Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (2010) Οδηγό και Έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκατάσταση συστήματος κλιματισμού. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδα, «Μια έκδοση, 2010.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5, Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδα (2012) Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης: εγκατάσταση σε κτίρια. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδα, «Μια έκδοση, 2012.

TSIOLIARIDOU, E. And BAKOS, G. C. (2006) "A new methodology for renewable and rational use of energy policy in building sector: Case study for the island of Crete". *Energy and Buildings*, 38, pp. 196-206.

YILMAZ, Z. (2007) "Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate". *Energy and Buildings*, 39, pp. 306-316.

[WAREMA] WAREMA International GmbH, (2013): main menu. <
<http://www.warema.com/en/>> (accessed on 25 Feb. 2013).

ZOGOY, O. and STAMATELLOS, T. (2009) "Application of Building Energy Simulation in the sizing and design optimization of an office building and its HVAC equipment". *Energy and Buildings Efficiency*.