



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Διπλωματική εργασία

“ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ
ΣΤΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΧΑΝΙΩΝ”

ΒΑΓΙΑΣ ΒΑΓΙΑΣ

A.M.: 2008050045

Τριμελής Επιτροπή:

Δ. Κολοκοτσά (επιβλέπουσα)

Θ. Τσούτσος

Κ. Καλαϊτζάκης

Χανιά

Σεπτέμβριος 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία τελειώνουν οι σπουδές μου στο τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης. Κατά την διάρκεια της φοίτησης μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης συνέβαλαν πολλοί και διαφορετικοί άνθρωποι που με στήριξαν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επίκουρη Καθηγήτρια κυρία Διονυσία Κολοκοτσά καθώς και τον Υποψήφιο Διδάκτορα Σωτήρη Παπαντωνίου, που χωρίς την στήριξή τους και σωστή καθοδήγηση και φροντίδα που μου έδειξαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας δεν θα κατάφερνα να αποφοιτήσω έγκαιρα για να γίνω δεκτός στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω του κυρίου Θεοχάρη Τσούτσο και Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την μελέτη της διπλωματικής μου εργασίας

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τους συμφοιτητές και φίλους μου Κωνσταντίνο Κολοσιώνη , Αποστόλη Σπυριδωνίδη , Γεράσιμο Αχιλλέω και Θοδωρή Αλδάκο που με στήριξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Ακόμα θέλω να ευχαριστήσω εγκάρδια την οικογένειά μου, τους γονείς μου Νίκο Βάγια και Νίκη Αγιακάτσικα, την αδερφή μου Σοφία Βάγια και την γιαγιά μου Πελαγία Αγιακάτσικα που όλα αυτά τα χρόνια με τρομερές οικονομικές θυσίες με στήριξε προκειμένου να σπουδάσω. Όπως και την κοπέλα μου, Μαργαρίτα Κωνστανταρέα , που συνέβαλε καθοριστικά με την ψυχολογική της στήριξη κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος χωρίς τα χαρακτηριστικά της επιμονής, της πειθαρχίας, της οργανωτικότητας και της αποφασιστικότητας που το Κόμμα μου το ΚΚΕ τα τελευταία χρόνια ,μου έχει καλλιεργήσει με την πολιτική του , με την καθημερινή δράση και με την ανυπέρβλητη ηθική του υπόσταση, δεν θα μπορούσα να ολοκληρώσω σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα την διπλωματική μου εργασία. Αυτά τα χαρακτηριστικά μαζί με την ανάγκη ο νέος επιστήμονας να βλέπει την επιστήμη του από την σκοπιά των λαϊκών αναγκών, είναι αυτά που με έχουν διαμορφώσει σαν άνθρωπο, επιστήμονα και κομμουνιστή. Για όλους αυτούς τους λόγους δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω το ΚΚΕ που όλα αυτά τα χρόνια με την πολιτική του με διαπαιδαγόησε με αυτόν τον τρόπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια κυριαρχία του καπιταλιστικού συστήματος έχει οδηγήσει σε μία πρωτοφανή όρεξη των μονοπωλίων για κέρδος. Το ότι το βασικό κριτήριο σήμερα στην ανάπτυξη της οικονομίας είναι το κέρδος οδηγεί πολλές φορές στο να γίνονται επενδύσεις εκεί που υπάρχει μεγαλύτερη κερδοφορία και όχι εκεί που υπάρχουν σοβαρές ανάγκες του κοινωνικού συνόλου που δεν καλύπτονται. Ένα τέτοιο πεδίο είναι το περιβάλλον, η προστασία του οποίου χρειάζεται σοβαρά έξοδα τα οποία όμως είτε έχουν μειωμένη είτε καθόλου ανταποδοτικότητα σε αυτόν που επενδύει. Ακόμα και εκεί που υπάρχουν επενδύσεις γίνονται με κριτήριο το κέρδος. Για παράδειγμα η ανάπτυξη των ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια δεν γίνεται επειδή οι μονοπωλιακοί όμιλοι νοιάζονται για το περιβάλλον αλλά γιατί υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες κέρδους. Την ίδια ώρα σε άλλους τομείς που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος δεν υπάρχουν επενδύσεις, όπως στην περίπτωση της Ψυτάλλειας. Παρ όλα αυτά σήμερα οι νέοι μηχανικοί, οι νέοι επιστήμονες στον κλάδο του περιβάλλοντος και τις ενέργειας πρέπει να προβληματίζονται από τις σοβαρές επιπτώσεις της ανθρώπινης οικονομικής δραστηριότητας στο περιβάλλον και να προσπαθούν στο μέτρο του δυνατού να προσανατολίζουν την έρευνα που παράγουν προς την επίλυση σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ούτως ή άλλως οι όποιες καινοτομίες στις νέες τεχνολογίες που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος θα μπορούν στο μέλλον να αξιοποιηθούν προς όφελος της κοινωνίας αν η ίδια το αποφασίσει.

Ένα τέτοιο πρόβλημα είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Ιδιαίτερο ρόλο σε αυτό παίζουν τα κτίρια και πολύ περισσότερο η λειτουργία μεγάλων και δημόσιων κτιρίων όπως τα νοσοκομεία, που είναι σημαντικά ενεργοβόρα, λόγω της 24ωρης λειτουργίας τους και της υψηλής απαιτητικότητας για ποιοτικό εσωτερικό αέρα, κατάλληλες θερμοκρασίες κτλ. Ταυτόχρονα αυτή η υψηλή κατανάλωση ενέργειας οδηγεί σε μεγάλες εκπομπές CO₂. Οπότε εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα πάνε χέρι-χέρι.

Αυτός είναι και ο βασικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Θα μελετηθεί η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης εκπομπών του CO₂ σε τρία δωμάτια τις παιδιατρικής κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων “Ο Άγιος Γεώργιος”, με παράλληλη επίτευξη ικανοποιητικών τιμών στους δείκτες θερμικής άνεσης.

ABSTRACT

In recent years, the global domination of the capitalist system has led to an unprecedented appetite for profit, by the monopolies. The fact that the basic criterion nowadays considering the development of the economy, is profit ,often leads to the companies to invest on the most profitable fields and not in fields where there are serious societal needs that are not covered. One such field is the environment, the protection of which need serious expenses but which have either ,reduced or no , reciprocity to the investor. Even when investments are made, they are made in terms of profit. For example, the development of renewable energy in recent years it is a reality, not because there are monopoly groups that care about the environment, but because there is significant profit potential. At the same time in other areas relating to environmental protection there are not investments, as in the case of Psitallia. Nevertheless today the young engineers, young scientists in the field of environment and energy should be troubled by the profound impact of human activity on the environment and strive as far as possible to orient the research produced to solve serious environmental problems . Anyway any innovations in new technologies for environmental protection, will be used in the future for the benefit of society if the society itself decide so.

One such problem is the high worldwide energy consumption. Buildings, have a special role in this and much more the large public buildings such as hospitals, which are important energy-consumers due to the 24-hour operation and needs for high indoor air quality, appropriate temperatures etc.. Simultaneously this high energy consumption leads to large emissions of CO₂. So saving energy and reducing carbon dioxide emissions goes together.

This is the main objective of this diploma thesis. We will study the possibility of saving energy and reducing CO₂ emissions in three rooms of the pediatric clinic of the Hospital of Chania "Agios Georgios" while achieving satisfactory values of the factors of thermal comfort.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	10
1.1	Οι αιτίες τις κλιματικής αλλαγής και της αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας	10
1.2	Τα κτίρια μεγάλου όγκου βασικός συντελεστής στην κατανάλωση ενέργειας	11
1.3	Η συμμετοχή των νοσοκομείων στην κατανάλωση ενέργειας.....	12
1.4	Οι κύριοι στόχοι του ενεργειακού σχεδιασμού για νοσοκομεία	12
1.5	Γενικές πληροφορίες, ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας	14
2	Το πρόγραμμα Green@Hospital	14
2.1	Ποια νοσοκομεία λαμβάνουν μέρος στο πρόγραμμα	14
2.2	Επιστημονικοί στόχοι του Προγράμματος	15
2.3	Λίγα λόγια για τον “συνεργάτη” στην Ελλάδα. Το Γενικό Νοσοκομείο Χανίων “Ο Άγιος Γεώργιος”	16
3	Εφαρμογή του προγράμματος σε 3 δωμάτια της Παιδιατρικής Κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων.....	18
3.1	Θερμικά κέρδη από την χρήση και τον γεωγραφικό προσανατολισμό των δωματίων 18	
3.2	Περιγραφή των δωματίων και των κλιματιστικών τους	20
3.2.1	Για τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των δωματίων	21
3.2.2	Η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των κλιματιστικών των δωματίων	22
4	Νομοθεσία	23
4.1	Κλιματολογικές συνθήκες εντός νοσοκομείων	23
4.1.1	Θερμοκρασία	23
4.1.2	Υγρασία.....	24
4.1.3	Θερμοκρασία και σχετική υγρασία.....	25

5	Περί εξοικονόμησης ενέργειας.....	26
5.1	Για τις απώλειες θερμότητας.....	26
5.2	Για την θερμική άνεση	26
5.2.1	Η θερμική άνεση στα νοσοκομεία	27
5.3	Γενικές οδηγίες για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κελύφους του κτιρίου	27
6	Μοντελοποίηση των τριών δωματίων της Παιδιατρικής Κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων.....	28
7	Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής	29
7.1	Για το δωμάτιο των ασθενών	29
7.2	Για το γραφείο των γιατρών	30
7.3	Για τον χώρο ξεκούρασης των γιατρών	31
8	Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας.....	32
8.1	Προσθήκη μόνωσης στους τοίχους	33
8.1.1	Ιδιότητες των μονωτικών υλικών	34
8.2	Αλλαγή κουφωμάτων	35
8.3	Αντικατάσταση λαμπτήρων	40
8.3.1	Τα κυριότερα είδη ενεργειακών λαμπτήρων	41
8.4	Προσθήκη σκιάστρων	41
9	Μοντέλα προσομοίωσης κτιρίου	42
9.1	TRNSYS	42
9.1.1	Type 56.....	43
9.1.2	TRNBuild	44
10	Σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας στην Παιδιατρική Κλινική του Νοσοκομείου Χανίων	46
10.1	Σενάρια αλλαγής κουφωμάτων	46

10.2	Πίνακας κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων που αξιοποιήθηκαν στα σενάρια μας:	48
10.3	Πίνακας ενεργειακών ιδιοτήτων των κουφωμάτων που αξιοποιήθηκαν στα σενάρια μας: 48	
10.4	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών Z05 με αλλαγή κουφωμάτων	49
10.4.1	Μείωση εκπομπών CO ₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του δωματίου των ασθενών (Z05) 50	
10.4.2	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με αλλαγή κουφωμάτων (Z13)	51
10.4.3	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18) με αλλαγή κουφωμάτων	53
10.4.4	Συμπεράσματα για την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας με αλλαγή των υπαρχόντων κουφωμάτων	55
10.5	Σενάρια προσθήκης επιπλέον μόνωσης στους τοίχους	57
10.5.1	Εξοικονόμηση ενέργειας από το σενάριο προσθήκης μόνωσης στο δωμάτιο ασθενών (Z05)	57
10.5.2	Εξοικονόμηση ενέργειας από το σενάριο προσθήκης μόνωσης στο γραφείο των γιατρών (Z13)	59
10.5.3	Εξοικονόμηση ενέργειας από το σενάριο προσθήκης μόνωσης στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)	61
10.6	Σενάρια αλλαγής λαμπτήρων	62
10.6.1	Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων στο δωμάτιο των ασθενών (Z05)	63
10.6.2	Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων στο γραφείο των γιατρών (Z13)	64
10.6.3	Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)	65

10.6.4	Συμπεράσματα από την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων, με νέους ενεργειακούς λαμπτήρες	66
10.7	Σενάρια αλλαγής συσκευών	67
10.7.1	Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των συσκευών στο δωμάτιο των ασθενών (Z05)	67
10.7.2	Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των συσκευών στο γραφείο των γιατρών (Z13)	68
10.7.3	Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των συσκευών στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)	69
10.7.4	Συμπεράσματα από την αντικατάσταση των συσκευών στα τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής.....	70
10.8	Σενάρια με προσθήκη σκιάστρων	71
10.8.1	Εξοικονόμηση ενέργειας από την προσθήκη σκιάστρου στο δωμάτιο των ασθενών	71
10.8.2	Εξοικονόμηση ενέργειας από την προσθήκη σκιάστρου στο γραφείο των γιατρών	72
10.8.3	Εξοικονόμηση ενέργειας από την προσθήκη σκιάστρου στο δωμάτιο ξεκούρασης των γιατρών.....	73
10.8.4	Συμπεράσματα για το σενάριο προσθήκης σκιάστρων στα δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής	74
11	Άλλοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας	75
11.1	Εξοικονόμηση ενέργειας με κουφώματα νέας τεχνολογίας που δεν είναι διαθέσιμα στην βιβλιοθήκη του TRNBuild	75
11.1.1	Ηλεκτροχρωμικά παράθυρα	76
11.1.2	Έξυπνα παράθυρα με επίστρωση από διοξείδιο του βαναδίου (VO ₂)	78
11.1.3	Αναστρέψιμα παράθυρα με διπλά τζάμια	79
11.2	Άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργεια	80

11.2.1	Αεροζέλ.....	80
11.2.2	Πράσινες προσόψεις και living walls.....	80
11.2.3	Συσκευές ανάκτησης θερμότητας.....	81
11.2.4	Ηλιακοί συλλέκτες	82
11.2.5	Συστήματα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ).....	82
11.2.6	Αντιμετώπιση θερμογεφυρών – ένα νέο μονωτικό επίστρωμα	83
11.2.7	Κυψέλη καυσίμου	84
11.2.8	RAMEE. Σύστημα ανάκτησης θερμότητας και υγρασίας	85
12	Συζήτηση πάνω στα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης των εκπομπών CO ₂	85
12.1	Συγκεκριμένες προτάσεις για το κάθε δωμάτιο	86
12.2	Προτάσεις για την συνέχεια.....	89

1 Εισαγωγή

1.1 Οι αιτίες τις κλιματικής αλλαγής και της αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια η ανάδειξη του περιβάλλοντος σε πεδίο ληστικής εκμετάλλευσης των μονοπωλιακών ομίλων έχει οδηγήσει στην ένταση της υποβάθμισης και καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος, τόσο παγκοσμίως, όσο και στην Ελλάδα, στην ένταση της εμπορευματοποίησης των φυσικών πόρων, του αέρα, της Ενέργειας, των δασικών οικοσυστημάτων, της γης, στην υποβάθμιση του αστικού και οικιστικού περιβάλλοντος

Οι επιπτώσεις της διαχρονικής ασκούμενης πολιτικής στον τομέα του περιβάλλοντος στη χώρα μας είναι σοβαρές, με χαρακτηριστικές μεταξύ άλλων περιπτώσεις τη ρύπανση επιφανειακών νερών και υπόγειων υδροφορέων, τα καμένα δάση, τις πλημμύρες, τη συνεχή διάβρωση των εδαφών, τη βλαβερή για την υγεία ατμόσφαιρα στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης κλπ., τη συρρίκνωση των ελεύθερων χώρων του αστικού και περιαστικού πράσινου, την παραπέρα εμπορευματοποίηση της γης, με τον αποκλεισμό της λαϊκής οικογένειας από τις παραλίες σε αστικά κέντρα και σε νησιά, το δραματικό αδιέξοδο στη διάθεση των απορριμμάτων, την πλήρη ανυπαρξία υποδομών επεξεργασίας επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων και τις σοβαρές ελλείψεις στη διαχείριση των αποβλήτων υγείας, την ανύπαρκτη πρακτικά επεξεργασία των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, το τεράστιο έλλειμμα σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, με την υπολειτουργία όσων υπάρχουν και την απώλεια της επεξεργασμένης εκροής (π.χ. Ψυτάλλεια), το μόνιμα υποβαθμισμένο εργασιακό περιβάλλον.

Το πρόβλημα λοιπόν της κλιματικής αλλαγής, με την αύξηση της θερμοκρασίας και της κατανάλωσης ενέργειας δεν είναι άσχετο από την κυριαρχία των μονοπωλίων στην σφαίρα της οικονομίας. Ακόμα και η παραγωγή έρευνας για την προστασία του περιβάλλοντος από την στιγμή που γίνεται με κριτήριο το κέρδος και όχι την ικανοποίηση των λαϊκών αναγκών δεν βρίσκει πρακτική εφαρμογή ή και όταν βρίσκει η εφαρμογή είναι περιορισμένη ή είναι στην λογική της ανταποδοτικότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι βιομηχανίες της μεταποίησης, των κατασκευών, των μεταφορών που κατά κύριο λόγο ευθύνονται για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι βιομηχανίες αυτές είτε δεν ελέγχονται, αλλά και όταν

ελέγχονται δεν παίρνονται μέτρα προκειμένου να μην ρυπαίνουν, καθώς το κόστος είναι δυσθεώρητο και θα μείωνε σημαντικά τα κέρδη τους. Είναι λοιπόν καθήκον των σημερινών επιστημόνων να βλέπουν την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων από την σκοπιά της εξυπηρέτησης των λαϊκών αναγκών όσο και αν η ανάπτυξη της επιστήμης και της έρευνας που παράγουν εμποδίζεται από τα συμφέροντα των μονοπωλιακών ομίλων .

Είναι χαρακτηριστικό των τελευταίων 20 χρόνων, που ο καπιταλιστικός τρόπος παραγωγής κυριαρχεί στην υφήλιο και το κινήγι του κέρδους έχει γίνει πιο ανεξέλεγκτο από ποτέ , η σημαντική αύξηση τόσο των απαιτήσεων πρωτογενούς ενέργειας όσο και των ηλεκτρικών αναγκών. Αυτή η αύξηση σε συνδυασμό με την επίδραση της υπερθέρμανσης του πλανήτη καθιστά επιτακτική την ανάγκη λήψης κατάλληλων μέτρων.

Τα κτίρια ευθύνονται κατά ένα πολύ σημαντικό ποσοστό για το σύνολο των εκπομπών που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα κτίρια είναι υπεύθυνα για περίπου το 40% της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας και για το 25% των εκπομπών CO₂.^[1] Ταυτόχρονα τα κτίρια σε παγκόσμια κλίμακα εκπέμπουν 8,3 γιγατόνους διοξειδίου του άνθρακα τον χρόνο, ποσό που αντιπροσωπεύει πάνω από το 30% των εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες .^[2]

1.2 Τα κτίρια μεγάλου όγκου βασικός συντελεστής στην κατανάλωση ενέργειας

Σε γενικές γραμμές στο σύνολο των κτιρίων αυτά που ευθύνονται για την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας είναι τα ογκώδη κτίρια, μεταξύ των οποίων και τα νοσοκομεία. Ογκώδη κτίρια χαρακτηρίζονται όσα κτίρια έχουν ύψος ορόφου πάνω από 5 m και όγκο μεγαλύτερο των 10,000 m³ και πάνω. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των κτιρίων που τα καθιστούν ενεργοβόρα είναι ότι έχουν ψηλούς ορόφους, μεγάλο ποσοστό τοίχων τους είναι εκτεθειμένοι στο εξωτερικό περιβάλλον, έχουν μικρό σύστημα εξαερισμού, περίπλοκες λειτουργίες , και ειδικό φορτίο κλιματισμού που απαιτεί μια σημαντική κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τον συνήθη κλιματισμό. ^[3] Ωστόσο ακριβώς επειδή το μεγαλύτερο κομμάτι του κρύου ή θερμού φορτίου από τον κλιματισμό χάνεται στο περιβάλλον, πλέον η εξοικονόμηση ενέργειας σε μεγάλα κτίρια να προσελκύει ολοένα και μεγαλύτερη προσοχή στην κτιριακή έρευνα.

1.3 Η συμμετοχή των νοσοκομείων στην κατανάλωση ενέργειας

Τα παραπάνω δείχνουν ότι, η χρήση ενέργειας στον κόσμο αυξάνεται σημαντικά λόγω της αύξησης της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας και του αυξανόμενου πληθυσμού. Λόγω της αυξημένης ζήτησης ενέργειας και την εξάντληση των υφιστάμενων ορυκτών καυσίμων, είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούμε την ενέργεια πιο αποτελεσματικά. Έρευνες δείχνουν ότι, **τα νοσοκομεία αντιπροσωπεύουν περίπου το 6% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα των κτιρίων κοινής ωφέλειας**. Τα συστήματα κλιματισμού HVAC (Θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού) αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα νοσοκομεία[4].

Ακόμα αυτή η κατανάλωση ενέργειας προορίζεται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών όπως θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παραγωγή ατμού για θέρμανση, για αποστείρωση, για μαγείρεμα, καθώς και για άλλες ηλεκτρικές ανάγκες όπως φωτισμός, λειτουργία ιατρικών μηχανημάτων, κλπ. Οι βασικότεροι λόγοι, για τους οποίους η κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία είναι τόσο υψηλή, είναι η συνεχής λειτουργία τους όλο το εικοσιτετράωρο καθ' όλη την διάρκεια του έτους και τα ειδικά επίπεδα άνεσης τα οποία απαιτούνται για την υγεία των ασθενών καθώς επίσης και οι ιδιαίτερες συνθήκες λειτουργίας διάφορων χώρων π.χ. χειρουργεία[5]. Οπότε όταν αναφερόμαστε σε νοσοκομεία είμαστε ιδιαίτερα απαιτητικοί τόσο όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας όσο και την θερμική άνεση των ασθενών προκειμένου να μην προκύπτουν δυσκολίες στην πορεία ανάρρωσής τους λόγω δυσμενούς θερμοκρασίας ή λόγω του ότι δεν γίνεται καλή ανανέωση του αέρα ,αλλά και των γιατρών καθώς είναι κρίσιμης σημασίας ζήτημα να έχουν όσο πιο γίνεται ιδανικές συνθήκες εργασίας και να κάνουν απρόσκοπτα την δουλειά τους, αφού το ανθρώπινο λάθος στον τομέα της υγείας μπορεί να κοστίσει ακόμα και ζωές

1.4 Οι κύριοι στόχοι του ενεργειακού σχεδιασμού για νοσοκομεία

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα νοσοκομεία είναι ένα σύνθετο ζήτημα. Τα κτίρια αυτά, πράγματι, χαρακτηρίζονται πρώτον, από την ανάγκη διατήρησης αυστηρών ορίων θερμικής άνεσης και καλής ποιότητας αέρα στο εσωτερικό και, δεύτερον, από την υψηλή λειτουργική πολυπλοκότητα. Ο εσωτερικός έλεγχος των εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης, η καθαρότητα του εσωτερικού αέρα, η ανάγκη υψηλών ρυθμών αερισμού και ανανέωση του αέρα, η απομάκρυνση των ρευμάτων αέρα είναι οι σημαντικότεροι στόχοι που τα συστήματα

κλιματισμού πρέπει να πετύχουν όταν εφαρμόζονται σε νοσοκομεία, κυρίως για λειτουργίες όπως η χειρουργική επέμβαση, τα λευκά δωμάτια, τα τμήματα ανοσοανεπάρκειας και μολυσματικών ασθενών, οι μονάδες εντατικής θεραπείας και τα εξωτερικά ιατρεία των κλινικών. Ακόμα για άλλους χώρους των νοσοκομείων όπως διοικητικά και εκτελεστικά γραφεία, ακόμη και αν δεν απαιτείται ειδική στρατηγική ελέγχου του μικροκλίματος, απαιτούνται συνθήκες που εγγυώνται την ευεξία των εργαζομένων, των ασθενών και των επισκεπτών. Επιπλέον, ειδικά τμήματα και ερευνητικά εργαστήρια μπορούν να απαιτούν ειδικές εσωτερικές συνθήκες, γεγονός που μπορεί συχνά να καθορίζει, την αναγκαιότητα εγκατάστασης ειδικού εξοπλισμού κλιματισμού.

Από την στιγμή που καθορίζουμε ως βασικό μας στόχο την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μπορούμε να προχωρήσουμε σε διάφορες ενέργειες.

- για το κτιριακό κέλυφος (με τη βελτίωση της ποιότητας του),
- για συστήματα αυτοματισμού (επιλέγοντας αποδοτικές λύσεις HVAC), με την παροχή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ή επιλέγοντας κατάλληλα της εσωτερικές συνθήκες.

Η ανακαίνιση, λοιπόν του κελύφους του κτιρίου και η εφαρμογή των συστημάτων αυτοματισμού θα μπορούσε να προσφέρει καλύτερες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες, χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις, χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, αυτή η προσέγγιση, ακόμη και αν είναι αρκετά κοστοβόρα όταν εφαρμόζεται σε υπάρχοντα κτίρια, μπορεί να προσφέρει σοβαρή εξοικονόμηση ενέργειας.[6]

Για να αξιολογηθεί πλήρως η αποτελεσματικότητα τόσο των μεμονωμένων όσο και των πολλαπλών ενεργειακά αποδοτικών μέτρων, είναι απαραίτητο να συνυπολογιστεί η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφορετικών σχεδιαστικών μεταβλητών του κτιριακού κελύφους, του συστήματος λειτουργίας του κτιρίου καθώς και των εσωτερικών συνθηκών και του κλίματος του εξωτερικού περιβάλλοντος

Κάποια βασικά χαρακτηριστικά έχουν παρατηρηθεί γύρω από κάποια ενεργειακά αποδοτικά μέτρα. Αρχικά, η θερμομόνωση δεν είναι τόσο αποδοτική σε κτίρια που απαιτούν μεγάλα ψυκτικά φορτία, έχουν υψηλά εσωτερικά θερμικά κέρδη και βρίσκονται σε θερμά κλίματα [7]. Γενικότερα η υπερβολική θερμομόνωση θα πρέπει να αποφεύγεται καθώς προκαλεί αύξηση στην χρήση ενέργειας για τον κλιματισμό του χώρου. Επίσης, ο φυσικός φωτισμός και οι

πρόσφατες βελτιώσεις τις τεχνολογίες φωτισμού (π.χ. λαμπτήρες LED) έχουν μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας [7]. Η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται από την κατανάλωση ενέργειας των κλιματιστικών

1.5 Γενικές πληροφορίες, ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα εργασία θα εξετάσουμε τις δυνατότητες για εξοικονόμηση ενέργειας από επεμβάσεις κυρίως στο κέλυφος του κτιρίου. Οι επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου αφορούν την προσθήκη εσωτερικής ή εξωτερικής μόνωσης στα τοιχώματα που επικοινωνούν με το εξωτερικό περιβάλλον, καθώς και την χρήση διαφορετικών κουφωμάτων, την προσθήκη σκιάστρων. Ακόμα έγιναν σενάρια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης που αφορούν την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων με νέους ενεργειακούς λαμπτήρες και την αντικατάσταση των ηλεκτρονικών συσκευών με eco-συσκευές. Ταυτόχρονα βασικός στόχος είναι να πετύχουμε την δυνατόν μεγαλύτερη θερμική άνεση.

Θα εξετάσουμε πιο συγκεκριμένα την εφαρμογή αυτών των σεναρίων σε υπάρχον κτήριο, σε 3 δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων, ο Άγιος Γεώργιος.

2 Το πρόγραμμα Green@Hospital

Πιο συγκεκριμένα σήμερα προωθείται η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας σε νοσοκομεία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το Green @ Hospital, ένα πρόγραμμα που στοχεύει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νοσοκομείων και άλλων δημόσιων κτιρίων μέσω τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών

2.1 Ποια νοσοκομεία λαμβάνουν μέρος στο πρόγραμμα

- ✓ Το Γενικό Νοσοκομείο Χανίων “Ο Άγιος Γεώργιος” (Ελλάδα, Χανιά)
- ✓ Fundacio Sanitaria de Mollet (Ισπανία, Βαρκελώνη)
- ✓ Ospedali Riuniti di Ancona (Ιταλία, Ανκόνα)
- ✓ Servicio Andaluz de Salud (Ισπανία, Γρανάδα)

2.2 Επιστημονικοί στόχοι του Προγράμματος

Η διάρκεια του προγράμματος είναι τρία χρόνια και έχει σκοπό να υλοποιήσει **έξι κύριους επιστημονικούς στόχους** που αναφέρονται παρακάτω.

- **Στόχος 1^{ος}**

Να αναπτυχθεί ένα πρότυπο μοντέλο συγκριτικής αξιολόγησης για τη μέτρηση της ενέργειας σε νοσοκομειακό περιβάλλον

- **Στόχος 2^{ος}**

Η ανάπτυξη και ενσωμάτωση ενός Web-EMCS

- **Στόχος 3^{ος}**

Η ανάπτυξη ολιστικού αλγορίθμου ελέγχου για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας

- **Στόχος 4^{ος}**

Η εφαρμογή και η επικύρωση της προτεινόμενης λύσης

- **Στόχος 5^{ος}**

Υλοποίηση της υπηρεσίας συντήρησης

- **Στόχος 6^{ος}**

Η διάδοση των αποτελεσμάτων του έργου και η εκπαίδευση των χρηστών

2.3 Λίγα λόγια για τον “συνεργάτη” στην Ελλάδα. Το Γενικό Νοσοκομείο Χανίων “Ο Άγιος Γεώργιος”

Το Νοσοκομείο Χανίων, ιδρύθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα και αρχικά τοποθετήθηκε στην παλιά πόλη των Χανίων. Αρχικά ονομάστηκε Δημοτικό Νοσοκομείο Χανίων με 40 κλίνες μέγιστη χωρητικότητα για όλους τους νοσηλευόμενους ασθενείς.

Το 1905 το νοσοκομείο μεταφέρθηκε σε ένα νέο κτήριο, κρατικοποιήθηκε το 1948 και ονομάστηκε Γενικό Νοσοκομείο Χανίων "Ο Άγιος Γεώργιος".

Σήμερα το Νοσοκομείο Χανίων “Ο Άγιος Γεώργιος” είναι ένα νοσοκομείο με 450 κρεβάτια και βρίσκεται στις νέες σύγχρονες εγκαταστάσεις στις Μουρνιές Χανίων, και καλύπτει μια έκταση 50.992,54 m², έκταση που αναφέρεται και στις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και για ψύξη .Χτίστηκε την περίοδο 1997-2000, οπότε και λειτούργησε για πρώτη φορά.

Η ομάδα που συμμετέχει στο πρόγραμμα Green @ Hospital είναι υπεύθυνη για την καθημερινή λειτουργία των διαφόρων δραστηριοτήτων του νοσοκομείου. Διαθέτει ειδική τεχνογνωσία για τη συντήρηση του νοσοκομείου και είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης ενέργειας. Επιπλέον, η ομάδα είναι υπεύθυνη για το σύστημα HVAC, το φωτισμό, και άλλες τεχνικές δραστηριότητες.

Ρόλος

Το Νοσοκομείο Χανίων είναι ο Έλληνας “πιλότος” σε αυτό το έργο και θα συμμετέχει ουσιαστικά στην ανάπτυξη των HVAC και τον έλεγχο των εφαρμογών φωτισμού.

Η συλλογή όλων των δεδομένων πραγματοποιείται μαζί με το Πολυτεχνείο Κρήτης.

Πίνακας 1: Πληροφορίες για το Νοσοκομείο Χανίων

Γενικές πληροφορίες	
Τοποθεσία	Μουρινές , 4 χιλιόμετρα νότια από την πόλη των Χανίων και 600 μέτρα από τον ΒΟΑΚ
Χωρητικότητα	460 κλίνες
Έτος λειτουργίας	2000
Συνολική έκταση οικοπέδου	187.000 m ²
Άλλες εγκαταστάσεις	ελικοδρόμιο και πάρκινγκ 850 θέσεων
Χρήση του κτιρίου	
Αριθμός γραφείων και χώρων διοικητικών λειτουργιών	262
Αριθμός δωματίων επισκεπτών	24
αριθμός χειρουργικών αιθουσών	17
Τμήματα του νοσοκομείου	139
Δωμάτια ασθενών με μονές κλίνες	21
Δωμάτια ασθενών με διπλές κλίνες	35
Δωμάτια ασθενών με τριπλές ή τετραπλές κλίνες	82
Δωμάτια ασθενών με πάνω από 4 κλίνες	1
Booths with ext. bath and W.C.	139
Πλήρως κλιματιζόμενα δωμάτια	139
Δωμάτια με εσωτερικό τηλέφωνο	139
Όροφοι	
Υπόγειο -2	
Υπόγειο -1	λειτουργίες υποστήριξης και εξυπηρέτησης ασθενών
Εισόγειο	Διαγνωστικό κέντρο, δωμάτια ασθενών, αμφιθέατρα, διοίκηση
1ος Όροφος	λειτουργίες διεύθυνσης του νοσοκομείου
2ος Όροφος	Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός
3ος, 4ος και 5ος Όροφος	Μονάδες νοσοκομειακής περίθαλψης

Για το κέλυφος του Νοσοκομείου:

Το μεγαλύτερο μέρος της τοιχοποιίας στο νοσοκομείο Χανίων είναι από τσιμέντο με επιπλέον εσωτερική μόνωση από επένδυση με γυψοσανίδα . Σε μερικά σημεία του κελύφους έχουμε διπλά τούβλα με μόνωση από γυψοσανίδα ή γύψο. Η οροφή είναι χτισμένη από τσιμέντο με μόνωση από χαλίκι στην κορυφή. Οι πλέον χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν το κέλυφος του Νοσοκομείου Χανίων παρουσιάζονται στον πίνακα παρακάτω:

Πίνακας 2:Ιδιότητες κελύφους του Νοσοκομείου Χανίων

Ιδιότητες κελύφους		
Κέλυφος	Επιφάνεια	Μόνωση
Συνολική εκτεθειμένη τοιχοποιία	32000 m ²	μονωμένο
Επιφάνεια τζαμιών	30,6 %	διπλή μόνωση
Επιφάνεια οροφής	10000 m ²	μονωμένο
Επιφάνεια δαπέδων εκτεθειμένων σε εξωτερικές συνθήκες	248,1 m ²	μονωμένο

3 Εφαρμογή του προγράμματος σε 3 δωμάτια της Παιδιατρικής Κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων

3.1 Θερμικά κέρδη από την χρήση και τον γεωγραφικό προσανατολισμό των δωματίων

Τόσο η χρήση , όσο και ο γεωγραφικός προσανατολισμός των δωματίων παίζουν ρόλο στα διάφορα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας που θα πραγματοποιηθούν σε αυτήν την εργασία.

→**Ο προσανατολισμός:** Το γεγονός ότι η Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα η Κρήτη και τα Χανιά βρίσκονται στο Βόρειο ημισφαίριο θα επηρέαζε σημαντικά εάν ο προσανατολισμός των δωματίων ήταν νότιος ή βόρειος. Αυτό διότι ο νότος είναι το σημείο του ορίζοντα που “βλέπει” περισσότερη ώρα κατά την διάρκεια της ημέρας ο ήλιος. Οπότε σε μία τέτοια περίπτωση τα ενεργειακά κέρδη θα ήταν μεγάλα, και η ανάγκη για κάλυψη της θερμικής άνεσης των χρηστών θα οδηγούσε σε κοστοβόρα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας. Το αντίθετο θα συνέβαινε εάν υπήρχε βόρειος γεωγραφικός προσανατολισμός του εκτιθέμενου τοίχου.

→ **Η χρήση:** Και η χρήση μπορεί να επηρεάσει την ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό συμβαίνει με διάφορους τρόπους.

- Με την ύπαρξη ηλεκτρικών ιατρικών συσκευών ή και άλλων πχ λαμπτήρες κτλ, που με τη λειτουργία τους εκπέμπουν θερμότητα.
- Με την συνεχή ύπαρξη χρηστών στο δωμάτιο
- Με άλλες δραστηριότητες όπως κάπνισμα κτλ

Και τα τρία παραπάνω παραδείγματα αυξάνουν τα ενεργειακά κέρδη καθώς, τόσο το τσιγάρο, όσο και οι ίδιοι οι άνθρωποι αποτελούν πηγές θερμότητες. Οπότε όσο περισσότερα θερμικά κέρδη υπάρχουν σταθερά σε αυτά τα δωμάτια, τόσο πιο μεγάλες είναι οι απαιτήσεις σε εξοικονόμηση ενέργειας, άρα τόσο μεγαλύτερο και το κόστος της παρέμβασης για την επίτευξη της βέλτιστης λύσης. Από την χρήση των δωματίων εικάζεται πως μεγαλύτερα ενεργειακά κέρδη θα έχουμε στο δωμάτιο των ασθενών λόγω λειτουργίας των ιατρικών συσκευών και συνεχούς ύπαρξης ανθρώπων (ασθενείς, ιατροί και επισκέπτες) καθώς και στο δωμάτιο των ιατρών (συνεχείς λειτουργία του νοσοκομείου, εφημερίες, κάπνισμα). Πολύ παραπάνω αυτά τα ενεργειακά κέρδη έχουν επίπτωση και στην θερμική άνεση των χρηστών, καθώς τα Χανιά έχουν θερμό κλίμα.

Η χρήση των συγκεκριμένων δωματίων είναι η εξής:

1. Δωμάτιο ασθενών (Z05)→Ανατολικός προσανατολισμός
2. Γραφείο γιατρών (Z13)→Ανατολικός προσανατολισμός
3. Χώρος ξεκούρασης γιατρών (Z18)→Δυτικός προσανατολισμός

(*ο προσανατολισμός αναφέρεται στον εκτεθειμένο στις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες τοίχο)

3.2 Περιγραφή των δωματίων και των κλιματιστικών τους

Έχει μεγάλη σημασία με βάση τις παραπάνω γενικές πληροφορίες να εξετάσουμε πιο συγκεκριμένα το τι ισχύει για τα δωμάτια που μελετάμε όσον αφορά διάφορες παραμέτρους, καθώς αυτές οι παράμετροι αξιοποιήθηκαν και κατά την μοντελοποίηση που πραγματοποιήθηκε.

Πίνακας 3:Ενεργειακά κέρδη των υπό μελέτη δωματίων

	δωμάτιο ασθενών	γραφείο γιατρών	δωμάτιο ξεκούρασης γιατρών
αριθμός χρηστών	4	2	1
ενεργειακά κέρδη από χρήστες	W	W	W
Συνολικά	270	135	135
συναγωγή	176	88	88
ακτινοβολία	95	47	47
λανθάνουσα θερμότητα	285	142,5	142,5
mw(kg/h)	0,45	0,23	0,23
Ενεργειακά κέρδη από συσκευές	W	W	W
Συναγωγή			50
ακτινοβολία	100	100	100
λανθάνουσα θερμότητα			
mw(kg/h)			
Συνολικά ενεργειακά κέρδη			
συναγωγή	176	88	138
ακτινοβολία	195	147	147
λανθάνουσα θερμότητα	285	143	143
mw(kg/h)	0,45	0,23	0,23

3.2.1 Για τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των δωματίων

Είναι χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των υπό εξέταση δωματίων. Αφορούν το είδος και τα υλικά κατασκευής της υπάρχουσας τοιχοποιίας και κουφωμάτων.

Πίνακας 5: Ιδιότητες υπάρχοντος κουφώματος

Ιδιότητες του υπάρχοντος κουφώματος								
	επιφάνεια παραθύρου (m ²)	Υαλοπίνακες	σχέδιο	u-value	g-value	T-sol	Rf-sol	T-vision
δαμάτιο αοθενών	6,516	δύο πλάγια	3,2/3/3,2	2,83	0,789	0,747	0,136	0,747
γραφείο νατρών	6,525							
δαμάτιο ξεκούρασης νατρών	4,023							

Πίνακας 4: Ιδιότητες των μονωτικών υλικών των τοίχων

Ιδιότητες των μονωτικών υλικών των τοίχων								
είδος μόνωσης	πάχος (mm)	u-value (W/m ² *K)	θερμική αγωγιμότητα (kJ/h*m*K)	θερμοχωρητικότητα (kJ/kg*K)	πυκνότητα (kg/m ³)			
γυψοσανίδα	12	0,594	0,576	0,84	950	επιφάνεια τοίχου Z15 (m ²)	επιφάνεια τοίχου Z13 (m ²)	επιφάνεια τοίχου Z18 (m ²)
fiberglass	55		0,144	0,84	12			
ξύλο	9		0,504	0,9	503			
συνολικά	76					20,805	9,855	11,493

3.2.2 Η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των κλιματιστικών των δωματίων

Τα χαρακτηριστικά των κλιματιστικών όσον αφορά την θερμοκρασία του νερού, την ποσότητα αέρα κ.α. επηρεάζουν τόσο την ενεργειακή τους απόδοση όσο και την δυνατότητά τους να προσφέρουν ικανοποιητικά επίπεδα θερμικής άνεσης στους χρήστες με οποιεσδήποτε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Πίνακας 6. Παράμετροι λειτουργίας κλιματιστικών

Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
Δωμάτιο ασθενών		
ρυθμός εξαερισμού	m ³ /h	300
μέγιστη ροή αέρα στο κλιματιστικό	m ³ /h	1033
ισχύς κλιματιστικού	W	98
μέγιστη ροή υγρού στο κλιματιστικό	kg/h	935
Γραφείο γιατρών		
ρυθμός εξαερισμού	m ³ /h	75
μέγιστη ροή αέρα στο κλιματιστικό	m ³ /h	683
ισχύς κλιματιστικού	W	65
μέγιστη ροή υγρού στο κλιματιστικό	kg/h	645
Δωμάτιο ξεκούρασης γιατρών		
ρυθμός εξαερισμού	m ³ /h	75
μέγιστη ροή αέρα στο κλιματιστικό	m ³ /h	525
ισχύς κλιματιστικού	W	55
μέγιστη ροή υγρού στο κλιματιστικό	kg/h	490
Γενικά για τα κλιματιστικά		
εσωτερική θερμοκρασία του του υγρού κατά την λειτουργία θέρμανσης	°C	70
εσωτερική θερμοκρασία του του υγρού κατά την λειτουργία ψύξης	°C	7
συντελεστής λειτουργίας κλιματιστικού	-	0,42

Τα κλιματιστικά δεν ακολουθούν μόνο τις παραπάνω τιμές που περιγράφονται στον πίνακα 6, αλλά και μία λογική που εισάγεται μέσω του μοντέλου και είναι η ακόλουθη:

- ✓ Λειτουργούν βάση ενός ημερήσιου χρονοδιαγράμματος που εισάγεται από τον χρήστη

- ✓ Οι θερμοστάτες των κλιματιστικών τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη ανοίγουν μόνο όταν είναι η κατάλληλη εποχή και το κάθε χωριστό δωμάτιο χρειάζεται ψύξη ή θέρμανση

Οπότε έχουμε μεταφορά θερμότητας από το υγρό των κλιματιστικών στον αέρα που εξάγουν μόνο όταν οι θερμοστάτες λειτουργούν

Τα αποτελέσματα που μας δίνει το μοντέλο αφορούν:

- ✓ Χρήση ενέργειας από τα κλιματιστικά τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση
- ✓ Θερμοκρασία και σχετική υγρασία των επιλεγμένων δωματίων
- ✓ Τα αποτελέσματα αφορούν χρονικά διαστήματα 15 λεπτών

Από το Meteonorm παίρνουμε απευθείας τα εξής δεδομένα:

- ✓ Εξωτερική θερμοκρασία
- ✓ Συνολική οριζόντια ακτινοβολία
- ✓ Τις διαφορές τιμές της υγρασίας

4 Νομοθεσία

Τα διάφορα σενάρια που θα πραγματοποιήσουμε θα πρέπει να υπόκεινται στην υπάρχουσα νομοθεσία που καθορίζει τα εξής για την λειτουργία των νοσοκομείων:

4.1 Κλιματολογικές συνθήκες εντός νοσοκομείων

4.1.1 Θερμοκρασία

Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα πρέπει να διατηρείται εντός των συνιστώμενων ορίων για να έχουμε αποδεκτές συνθήκες. Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα πρέπει να είναι ομοιόμορφη μέσα στο χώρο. Η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι συνήθως 20-24 °C, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα . Χρήση χαμηλότερης ή υψηλότερης θερμοκρασία είναι αποδεκτή όταν το απαιτούν η άνεση των ασθενών και οι ιατρικές καταστάσεις . Για παράδειγμα, για εξειδικευμένες διαδικασίες, όπως είναι η καρδιακή χειρουργική επέμβαση, η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα μπορεί να ρυθμιστεί μόλις στους 17 °C. Αντίθετα, στις παιδιατρικές χειρουργικές επεμβάσεις συνήθως απαιτείται υψηλότερη

θερμοκρασία αέρα επειδή τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε κάθε περίπτωση, η υψηλή θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα μπορεί να προκαλέσει δυσφορία και προσφέρει ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης βακτηρίων ή τον μετριασμό τους από και προς τον ασθενή. Πρακτικά, δεν είναι δυνατόν να ικανοποιούνται 100% όλοι οι χρήστες του κτιρίου όσον αφορά τις εσωτερικές θερμικές συνθήκες. Ομοίως, το ιατρικό προσωπικό μπορεί να έχει μια διαφορετική αντίληψη για τις επικρατούσες συνθήκες των εσωτερικών χώρων λόγω των διαφορετικών επιπέδων δραστηριότητας. Σε γενικές γραμμές, οι χειρουργοί έχουν την τάση να αισθάνονται από 'ελαφριά ζέστη' έως και 'ζέστη' ».

Για τον ασθενή, η συνιστώμενη θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από 24 έως και 26 °C. Ο ιατρικός εξοπλισμός ένδυσης μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο συνθήκες θερμικής άνεσης του προσωπικού. Αυστηρότερες απαιτήσεις υπάρχουν για την χειρουργική ομάδα για προστατευτικά λόγους κατά τη διάρκεια μιας εγχείρησης (π.χ. λόγω AIDS), που μπορεί να απαιτήσει μια εσωτερική θερμοκρασία χαμηλότερη των 18 °C ή ακόμα και χαμηλότερη.

4.1.2 Υγρασία

Η υγρασία του αέρα πρέπει να διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα επειδή είναι στενά συνδεδεμένη με την υγιεινή του χώρου και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Υψηλά επίπεδα υγρασίας ευνοούν την ανάπτυξη και τη μεταβίβαση βακτηρίων που μπορούν να μεταφερθούν στον αέρα μέσω μορίων νερού. Τα υψηλά επίπεδα υγρασίας προκαλούν θερμική δυσφορία. οι απαιτήσεις αερισμού επηρεάζουν τον έλεγχο της υγρασίας. ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, ενώ επιπλέον εξαερισμός μπορεί να αυξήσει το φορτίο αφύγρανσης περισσότερο από την αισθητή ψύξη, επιβάλλοντας μια δυσανάλογη απαίτηση για τον εξοπλισμό HVAC. Χαμηλά επίπεδα υγρασίας (ξηρό αέρα) ευνοούν την πήξη του αίματος, η οποία είναι ανεπιθύμητη κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης. Επιπλέον, η υγρασία μπορεί να απορροφάται από τα υλικά της επένδυσης του αγωγού και των δομικών υλικών, και μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη μικροβίων

Τα συνιστώμενα επίπεδα της εσωτερικής σχετικής υγρασίας είναι 30-60%, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα. Ειδική μέριμνα πρέπει να ασκείται κατά την υγραποίηση προκειμένου να σιγουρέψουμε ότι δεν υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς βακτηριδίων στο ή μέσω του συστήματος εξαερισμού, καθώς ο υγραντήρας μπορεί να παρέχει ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη βακτηριδίων. Η σωστή συντήρηση και πρακτικές καθαρισμού θα

ελαχιστοποιήσουν τέτοιου είδους κινδύνους. Η ύγρανση επιτυγχάνεται καλύτερα με παροχή ξηρού ατμού.[8]

4.1.3 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία

Για κλιματιζόμενους χώρους:

1. Για ψύξη
 - Θερμοκρασία: 26 °C
 - Σχετική υγρασία 50%
2. Για θέρμανση
 - Θερμοκρασία: 22 °C
 - Σχετική υγρασία 40%

4.1.3.1 Αερισμός:

Για χώρους μόνωσης (χώροι όπου νοσηλεύονται ασθενείς με μολυσματικές ασθένειες) θα υπάρχει προσαγωγή αέρα τέτοια ώστε να γίνονται 6 αλλαγές/h του αέρα και απαγωγή ίση με το 120% της προσαγωγής

4.1.3.2 Διαμόρφωση δικτύων αεραγωγών

Η απαγωγή αέρα από το χώρο μόνωσης θα γίνεται με ιδιαίτερο δίκτυο αεραγωγών και ανεμιστήρα και ο αέρας θα απορρίπτεται κατευθείαν στο περιβάλλον

4.1.3.3 Αυτόματος έλεγχος ΚΚΜ

4.1.3.3.1 Έλεγχος της λειτουργίας σε ψύξη

Μέσω του αισθητηρίου θερμοκρασίας και του αισθητηρίου υγρασίας στην έξοδο της ΚΚΜ, ο ελεγκτής θα ρυθμίζει το ψυκτικό στοιχείο, ώστε η θερμοκρασία του προσαγόμενου αέρα να είναι 16 °C (η σχετική υγρασία θα προκύπτει περίπου 95%)

4.1.3.3.2 Έλεγχος της λειτουργίας σε θέρμανση

Μέσω του αισθητηρίου θερμοκρασίας και του αισθητήριου υγρασίας στον κεντρικό αεραγωγό στην έξοδο της ΚΚΜ ο ελεγκτής της ΚΚΜ θα ρυθμίζει το θερμαντικό στοιχείο και τον

υγραντήρα αντίστοιχα, ώστε η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία που προσαγόμενου αέρα να είναι 21°C και 40°C αντίστοιχα[9]

5 Περί εξοικονόμησης ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά πρώτα και κύρια την μείωση των ενεργειακών κερδών στο εσωτερικό του κτιρίου και την μείωση των θερμικών απωλειών.

5.1 Για τις απώλειες θερμότητας

Ένας κλειστός χώρος που θερμαίνεται ακτινοβολεί θερμότητα στο ψυχρότερο περιβάλλον που είναι γύρω του. Ταυτόχρονα η θερμότητα διαφεύγει από τις ατέλειες του περιβλήματος. Οι απώλειες αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται με τους διάφορους τρόπους μόνωσης. Πρέπει να τονιστεί ότι όποια παρέμβαση όσον αφορά τις ατέλειες του κελύφους και αν πραγματοποιήσουμε, σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να παρεμποδίζεται η ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Μια σωστή θερμομόνωση που απαιτεί περίπου το 2 - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτιρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και το 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του.

Η σωστή θερμομόνωση κατά τη διάρκεια του χειμώνα προστατεύει τον εσωτερικό χώρο από το κρύο και κατά το καλοκαίρι από την υπερβολική ζέστη. Εξασφαλίζει οικονομία στην αρχική δαπάνη εγκατάστασης και στις δαπάνες λειτουργίας της θέρμανσης, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμοκρασία με το εξωτερικό περιβάλλον ή με χώρους που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Εξοικονομεί χρήματα από τα έξοδα συντήρησης και αυξάνει το χρόνο ζωής του κτιρίου, συμβάλλοντας στην προστασία του από φθορές και βλάβες.[10]

5.2 Για την θερμική άνεση

Ενδεχόμενες ακατάλληλες συνθήκες θερμικής άνεσης σε ένα κτίριο μπορούν να οδηγήσουν σε χαμηλότερη εργασιακή απόδοση και να αυξήσουν την πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος. Η σωστή ρύθμιση των παραμέτρων θερμικής άνεσης μπορεί να παρέχει το κατάλληλο περιβάλλον για το προσωπικό.[11] Υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός μελετών που δείχνουν πώς η ικανοποίηση των εργαζομένων από το εργασιακό τους περιβάλλον συμπεριλαμβανομένων των θερμικών συνθηκών θα μπορούσε να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τους παραγωγικότητα. Επιπλέον, η υψηλή συσχέτιση μεταξύ των περιβαλλοντικών παραγόντων, την υγεία, την

παραγωγικότητα και την ικανοποίηση από το εργασιακό περιβάλλον θα μπορούσε να μειώσει τις συχνές απουσίες του προσωπικού από την δουλειά. Ο ίδιος ο άνθρωπος είναι ένας παράγοντας που είτε με την θέλησή του είτε χωρίς μπορεί να μεταβάλει την θερμική του άνεση ή να φτιάξει κατάλληλες συνθήκες θερμικής άνεσης για τον ίδιο. Αυτό γίνεται με την αλλαγή του ρυθμού μεταβολισμού, τη στάση του σώματος και τα είδη ένδυσης.[12] Η βέλτιστη θερμική άνεση μπορεί να επιτευχθεί με τη καλύτερη χρήση της θέρμανσης και των συστημάτων ψύξης καθώς και στην αναγνώριση των παραγόντων των θερμικών προβλημάτων σε κτίρια . Προκειμένου να αξιολογηθεί η θερμική άνεση μέσα σε ένα χώρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι πρότυποι θερμικοί δείκτες μεταξύ των οποίων ο Predicted Mean Vote (PMV) και Predicted Percent Dissatisfied (PPD).[11]

5.2.1 Η θερμική άνεση στα νοσοκομεία

Σε μεγάλο βαθμό η ποιότητα του εσωτερικού αέρα καθορίζει το κατά πόσο θα έχουμε ένα υγιές εσωτερικό περιβάλλον. Αρκετά βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα προβλήματα που αφορούν την υγεία και την παραγωγικότητα συνδέονται με την κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Διάφοροι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα, ο φωτισμός, και οι εκπομπές CO₂. Τα νοσοκομεία αντιμετωπίζουν τα ζητήματα αυτά πιο απαιτητικά από άλλα κτίρια, λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών και απαιτήσεων τους. Τα νοσοκομεία λειτουργούν όλο το 24ωρο, και το μικροκλίμα τους μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τόσο τους ασθενείς όσο και το προσωπικό. Οι απαιτητικές θερμικές ανάγκες των ασθενών δεν προκύπτουν μόνο από την φυσική τους αδυναμία , αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσουν τη διαδικασία επούλωσης ή ανάρρωσης και να αυξήσουν την διάρκεια παραμονής στο νοσοκομείο[12]

5.3 Γενικές οδηγίες για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κελύφους του κτιρίου

Από την πείρα που έχει συγκεντρωθεί μέχρι στιγμής όσον αφορά την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κελύφους του κτιρίου, το Γραφείο Ενεργειακή Επάρκειας και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας των Η.Π.Α. , έχει καταλήξει στις εξής οδηγίες που χρήζουν σήμερα της πιο πλατιάς εφαρμογής στα διάφορα είδη κτιρίων.

- υιοθέτηση αδιαφανών διπλών όψεων στην δυτική και στην ανατολική πλευρά,

- μόνωση με αφρό πολυουρεθάνης ολόκληρου του εξωτερικού κελύφους,
- αύξηση της κτιριακής θερμομόνωσης, με διάφορες λύσεις (εξωτερική μόνωση από κολόνες και δοκάρια, εμφύσηση διευρυμένου περλίτη μέσα στις κοιλότητες, εγκατάσταση των εσωτερικών μονωτικών πάνελ κάτω και πάνω από τα παράθυρα),
- αντικατάσταση των παραθύρων, διαλέγοντας:
 - (α) χαμηλής εκπομπής γυαλί και (β) φωτο-χρωμικό ή ηλεκτρο-χρωμικό γυαλί,
- Εγκατάσταση εξωτερικών περσίδων στα παράθυρα[6]

6 Μοντελοποίηση των τριών δωματίων της Παιδιατρικής Κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων

Αρχικά, τα δωμάτια μοντελοποιήθηκαν στο λογισμικό TRNSYS και έχουν βρεθεί τα φορτία ενέργειας που καταναλώνουν στις υπάρχουσες συνθήκες. Το δεύτερο βήμα ήταν η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας εφαρμόζοντας μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, καταλήξαμε στην επιλογή των βέλτιστων λύσεων για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών CO₂ για κάθε δωμάτιο. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω



Συνολικά εφαρμόστηκαν στα τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων 14 διαφορετικά σενάρια (5 για αλλαγή κουφώματος, 6 για επιπλέον μόνωση στους τοίχους, 1 για αντικατάσταση με λαμπτήρες LED, 1 για αντικατάσταση των συσκευών και 1 για προσθήκη σκιάστρων) και βρέθηκαν οι νέες καταναλώσεις ενέργειας.

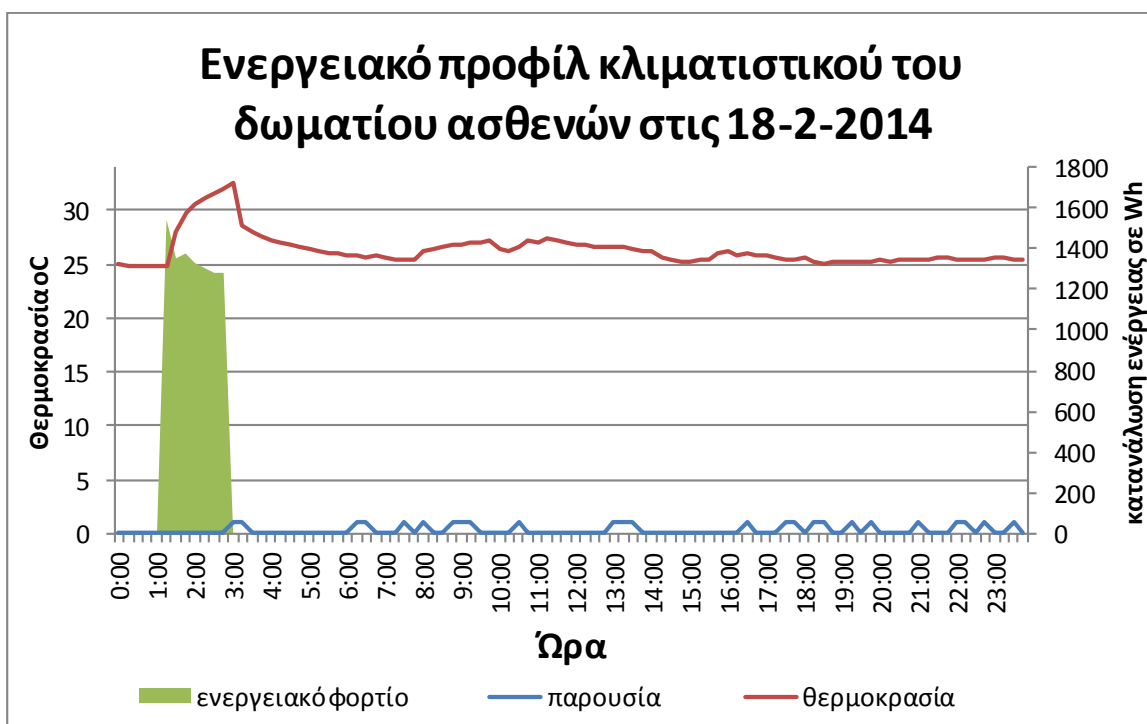
7 Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής

Από όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω φαίνεται η ανάγκη παρέμβασης και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και ιδιαίτερα των νοσοκομείων. Ακόμα πιο συγκεκριμένα φαίνεται η ανάγκη εφαρμογής τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας στο Νοσοκομείο Χανίων.

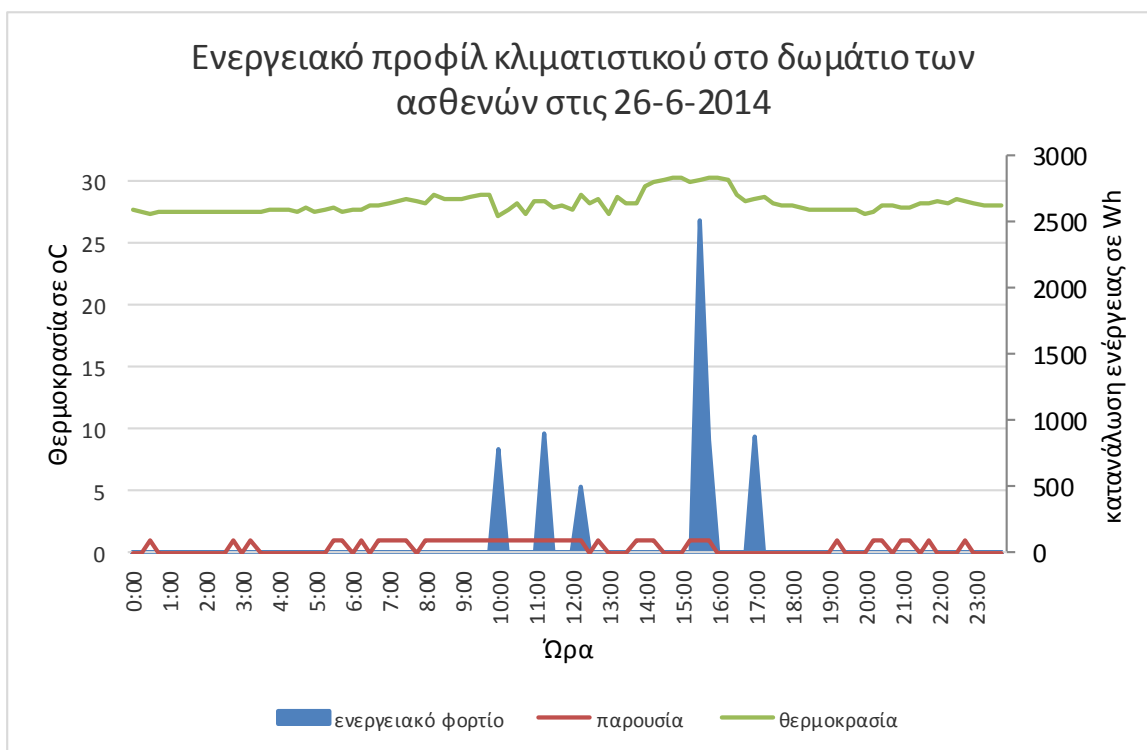
Ωστόσο έχει μεγάλη σημασία η επιστημονική τεκμηρίωση αυτής της ανάγκης. Αυτό έγινε μέσω μετρήσεων στο Νοσοκομείο Χανίων και πιο συγκεκριμένα στα τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής που εξετάζουμε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε μορφή γραφήματος που δείχνουν την κατανάλωση ενέργειας από τα κλιματιστικά, την διακύμανση της θερμοκρασίας και την παρουσία ανθρώπων στα τρία δωμάτια. Τα γραφήματα αναφέρονται σε μία χειμερινή και μία θερινή μέρα για το κάθε δωμάτιο.

7.1 Για το δωμάτιο των ασθενών

Διάγραμμα 1 :Ενεργειακό προφίλ κλιματιστικού στο δωμάτιο των ασθενών, Φεβρουάριος 2014

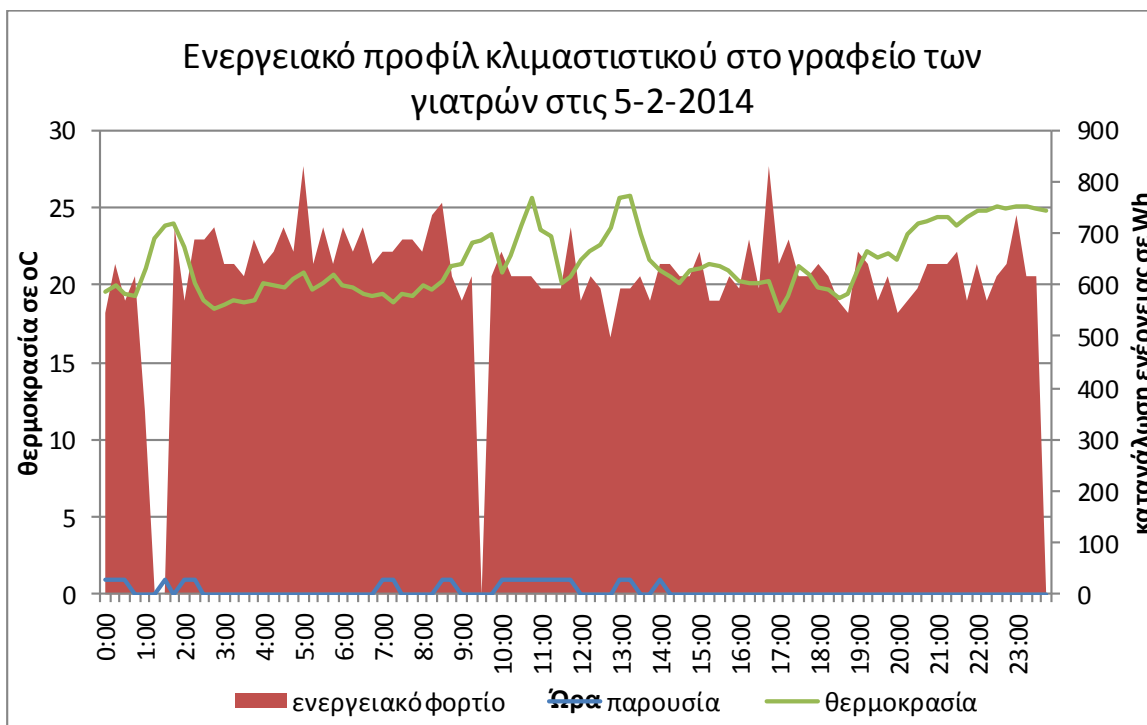


Διάγραμμα 2: Ενεργειακό προφίλ κλιματιστικού στο δωμάτιο των ασθενών, Ιούνιος 2014

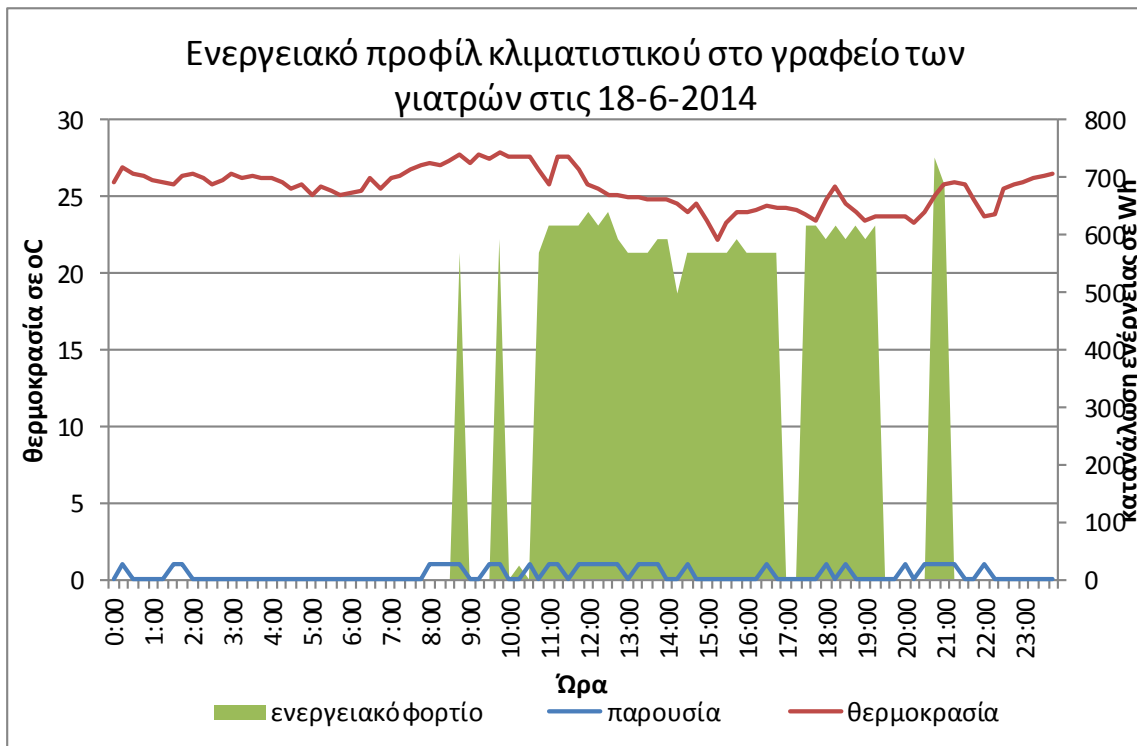


7.2 Για το γραφείο των γιατρών

Διάγραμμα 3: Ενεργειακό προφίλ κλιματιστικού στο γραφείο των γιατρών, Φεβρουάριος 014

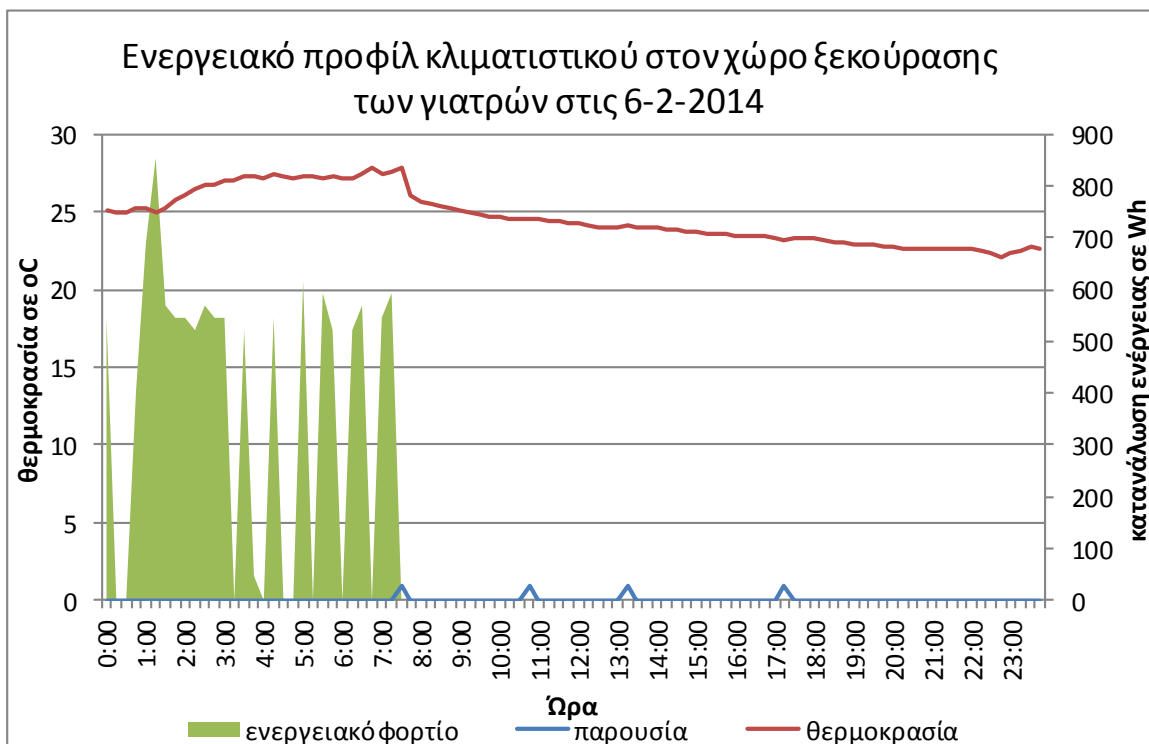


Διάγραμμα 4: Ενεργειακό προφίλ κλιματιστικού στο γραφείο των γιατρών , Ιούνιος 2014

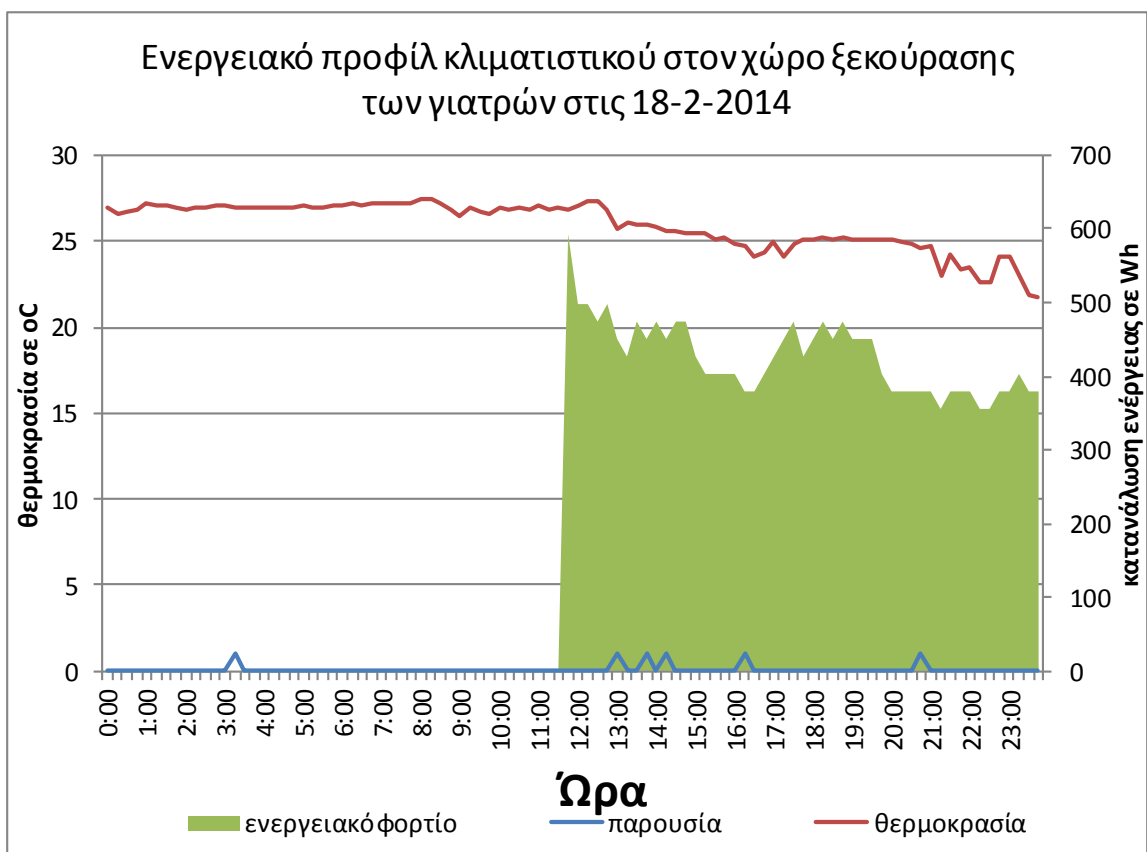


7.3 Για τον χώρο ξεκούρασης των γιατρών

Διάγραμμα 5: Ενεργειακό προφίλ κλιματιστικού στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών, Φεβρουάριος 2014



Διάγραμμα 6: Ενεργειακό προφίλ κλιματιστικού στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών, Ιούνιος 2014



Τα παραπάνω γραφήματα αν και είναι ενδεικτικά δείγματα της ενεργειακής συμπεριφοράς των τριών δωματίων δείχνουν τις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις που υπάρχουν. Συμπερασματικά υπάρχει ανάγκη να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση των τριών δωματίων της παιδιατρικής κλινικής που μελετάμε, καθώς φαίνεται πως θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν σημαντικά ποσά ενέργειας

8 Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας

- Εσωτερική ή εξωτερική προσθήκη μόνωσης στους τοίχους
- Αλλαγή κουφωμάτων
- Αλλαγή λαμπτήρων
- Προσθήκη σκιάστρων
- Εγκατάσταση eco-συσκευών

8.1 Προσθήκη μόνωσης στους τοίχους

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές: [10]

A) Από το εσωτερικό μέρος τους.

Βασικά πλεονεκτήματα

- ✓ Φθηνότερη λύση από την εξωτερική θερμομόνωση
- ✓ Θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος

Βασικά μειονεκτήματα:

- ✓ Ο χώρος ψύχεται πολύ σύντομα. Μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου.
- ✓ Δε λύνεται το πρόβλημα των θερμογεφυρών.

B) Από το εξωτερικό μέρος τους

Βασικά πλεονεκτήματα:

- ✓ Ο χώρος διατηρεί τη θερμότητα και μετά τη διακοπή παροχής θερμότητας
- ✓ Εξασφαλίζεται κάλυψη των θερμογεφυρών ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια και στις κολώνες.

Βασικά μειονεκτήματα:

- ✓ Η κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ακριβότερη σε σχέση με τη θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου.

Γ) Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων.

Σε αυτήν την περίπτωση ο τοίχος κτίζεται με θερμομονωτικά τούβλα που εξασφαλίζουν ικανοποιητικές τιμές συντελεστή θερμικής διαπερατότητας, άρα και ικανοποιητική θερμομόνωση. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων η σωστή στεγανότητα ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων.[10]

Δ) Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων.

Αποτελεί μέθοδο τοποθέτησης θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται πολύ στη χώρα μας. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι εξασφαλίζει την θερμομόνωση αλλά το μειονέκτημά της είναι πως δεν εξασφαλίζει με επάρκεια την στατική αντοχή του συστήματος.[10]

8.1.1 Ιδιότητες των μονωτικών υλικών

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας
- Ο Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών
- Η μηχανική αντοχή
- Η σταθερότητα στις διαστάσεις
- Η Αντίσταση στη φωτιά
- Το ειδικό βάρος

8.1.1.1 Θερμομονωτικά υλικά που μπορεί κανείς να βρει στην ελληνική αγορά[10]

- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Πολυουρεθάνη
- Υαλοβάμβακας / πετροβάμβακας
- Περλίτης
- Ηρακλείτης (Heraklith)
- Ο διογκωμένος φελλός

8.2 Αλλαγή κουφωμάτων

8.2.1.1 Αλλαγή κουφωμάτων - γενικά

Με τα καλύτερα ενεργειακά παράθυρα, μπορούμε να ελέγχουμε την εσωτερική θερμοκρασία και ο χώρος να δροσίζεται τις ζεστές καλοκαιρινές μέρες. Η επιλογή του κατάλληλου παραθύρου θα επιτρέψει στο ηλιακό φως να περάσει μέσα, αλλά ταυτόχρονα μπλοκάρει τη θερμότητα, βοηθώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας και των εξόδων για κλιματισμό.

8.2.1.2 Επιλογή Κουφωμάτων - ειδικά για θερμά κλίματα

Τα πλαίσια μπορούν να είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά, περιλαμβανομένου του αλουμινίου, fiberglass, βινύλιο και ξύλο. Τα κουφώματα αλουμινίου, αν και χρησιμοποιούνται ευρέως στις σύγχρονες κατασκευές, απαιτούν την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Τα κουφώματα Fiberglass είναι μετρίως αποτελεσματικά. Τα πλέον αποδοτικά είναι τα κουφώματα από βινύλιο και ξύλο. Τα κουφώματα από ξύλο είναι ακριβά, ενώ τα πλαίσια βινυλίου βρίσκονται στο εμπόριο σε προσιτές τιμές.

8.2.1.2.1 Παράγοντες καταλληλότητας υαλοπινάκων

Οι υαλοπίνακες συμβάλλουν στην ενεργειακή απόδοση του παραθύρου. **Υπάρχουν 3 παράγοντες που εξετάζουμε για την επιλογή του κατάλληλου τζαμιού:**

- Visible transmission (VT)
- Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών (SHGC)
- Δείκτης U-value

Η VT είναι η ποσότητα του ηλιακού φωτός που μεταδίδεται μέσα από το γυαλί, ενώ το SHGC είναι το κλάσμα της συνολικής ηλιακής θερμότητας που μπορεί να περάσει μέσα από το γυαλί. Ο δείκτης U-Value είναι το μέτρο της μεταφοράς της θερμότητας που περνά μέσα από το γυαλί μέσω συναγωγής και ακτινοβολίας.

Τα τζάμια με υψηλή VT επιτρέπουν σημαντική διέλευση του φυσικού φωτός στον εσωτερικό χώρο μειώνοντας έτσι την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας και ως εκ τούτου, βοηθάνε στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η συνιστώμενη τιμή για VT είναι 60 έως 80 τοις εκατό. **Για θερμά κλίματα το SHGC πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερο.** Γυαλιά με

χαμηλό SHGC μπορούν να αφήσουν ένα μικρότερο κλάσμα της ηλιακής θερμότητας να διεισδύσει στο εσωτερικό και έτσι να συμβάλει στην εξοικονόμηση των εξόδων για κλιματισμό. **SHGC κάτω από 0,40 συνιστάται για περιοχές με θερμά κλίματα.** Τα τζάμια με χαμηλό U-Value συνιστώνται για όλα τα κλίματα.

- **Χρήση διπλών και τριπλών υαλοπινάκων**

Τα ενιαία τζάμια είναι εξαιρετικά αναποτελεσματικά και πλέον δεν χρησιμοποιούνται. Η χρήση διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα συνιστάται για την βέλτιστη ενεργειακή απόδοση. Το κενό που δημιουργείται μεταξύ των τζάμια των παραθύρων είναι αυτό που προκαλεί τη μόνωση και ως εκ τούτου βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Για την καλύτερη ενεργειακή απόδοση, πρέπει να υπάρχει ένα τέλειο κενό μεταξύ των παραθύρων και αυτό καθίσταται δυνατόν αν τα τζάμια έχουν μεγάλο πάχος. Διάφορα αέρια χρησιμοποιούνται μεταξύ των υαλοπινάκων για να δημιουργηθεί μόνωση. Αυτά τα αέρια είναι καλύτερα μονωτικά υλικά από τον αέρα και ως εκ τούτου, βοηθάν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Κουφώματα με Argon (Αργό) χρησιμοποιούνται πιο συχνά λόγω της αποτελεσματικότητας και του ότι είναι οικονομικώς προσιτά της. Τα κουφώματα με Krypton (Κρυπτό) χρησιμοποιούνται για ειδικά τζάμια που είναι πολύ λεπτά, ενώ το Xenon (Ξένο) χρησιμοποιείται σπάνια, λόγω του υψηλού κόστους της.

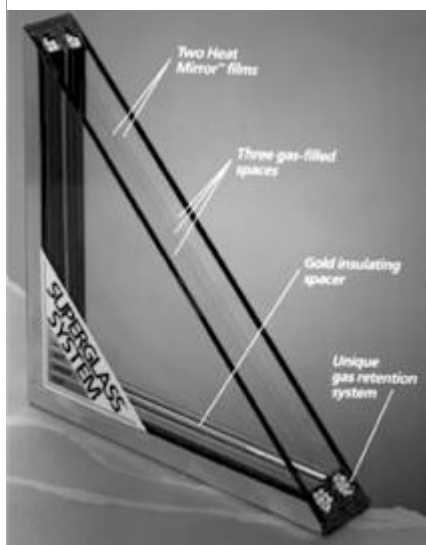
- **Τζάμια χαμηλής εκπομπής**

Χαμηλής εκπομπής υαλοπίνακες χρησιμοποιούνται και για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Τα τζάμια χαμηλής εκπομπής έχουν μία επικάλυψη μεταλλικού οξειδίου επί της εσωτερικής πλευράς. Η επικάλυψη χαμηλής εκπομπής εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των υαλοπινάκων, δηλαδή από γυαλί υψηλής θερμοκρασίας στο γυαλί χαμηλότερης θερμοκρασίας. **Για τα μέρη με θερμό κλίμα (όπως η Κρήτη και τα Χανιά), η επίστρωση χαμηλής εκπομπής θα πρέπει να εφαρμόζεται στην εσωτερική πλευρά του εξώτατου υαλοπίνακα .** Τα τζάμια χαμηλών εκπομπών και χαμηλών ενεργειακών κερδών μειώνουν την εισερχόμενη θερμότητα και αποτελούν τα ενεργειακά πλέον αποδοτικά παράθυρα για θερμά κλίματα.

▪ Πλήρωση αερίου

Ο χώρος μεταξύ των δύο υαλοπινάκων μπορεί να πληρωθεί με αργόν ή, λιγότερο συχνά, με κρυπτόν, τα οποία μονώνουν καλύτερα από τον αέρα. Το Krypton είναι κάπως πιο αποτελεσματικό σε παράθυρα με λιγότερο χώρο μεταξύ των υαλοπινάκων (1/4 της ίντσας έως 8.3 ίντσες), γι' αυτό χρησιμοποιείται συχνά σε παράθυρα με πολλαπλά διάκενα (όπως παράθυρα με τριπλά τζάμια) για να μειώνει το πάχος. Παράθυρα που γεμίζουν με αέρα ή αργό λειτουργούν καλύτερα το διάκενο έχει πάχος περίπου 1/2 ίντσες. Τα παράθυρα με κρυπτόν είναι συνήθως πιο ακριβά, τόσο επειδή το Κρυπτόν από μόνο του ως αέριο είναι ήδη ακριβό, όσο και επειδή τα σχέδια των κουφωμάτων τείνουν να είναι ανώτερης κλίμακας. Το Argon είναι σχεδόν εξίσου αποτελεσματικό και δεν προσθέτει ιδιαίτερα κόστη σε ένα παράθυρο με διπλό τζάμι.

Εικόνα 1: Διατομή διπλού υαλοπίνακα



8.2.1.3 Για την επιλογή του κατάλληλου μονωτικού παράθυρου

Εκτός από τη βελτίωση της άνεσης, τα παράθυρα με υψηλές τιμές μόνωσης είναι λιγότερο πιθανό να έχουν προβλήματα με τη συμπύκνωση. Η συμπύκνωση συμβαίνει όταν θερμός - υγρός αέρας εσωτερικών χώρων έρχεται σε επαφή με μία ψυχρή επιφάνεια, όπως ένα ανεπαρκώς μονωμένο παράθυρο. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του περιβάλλοντος τόσο ταχύτερα θα κινηθεί η θερμότητα μέσα από το παράθυρο. Θα παρατηρήσετε τη διαφορά, αν αντικαταστήσουμε ένα παλιό παράθυρο με ένα καλύτερο μονωτικό. Για παράδειγμα, όταν έξω έχει -18°C , η εσωτερική θερμοκρασία της επιφάνειας ενός παράθυρου με διπλό υαλοπίνακα είναι περίπου 7°C , αλλά για ένα παράθυρο υψηλής απόδοσης εκτοξεύεται στους 13°C . Τα παράθυρα υψηλής απόδοσης θα βοηθήσουν κυρίως το καλοκαίρι,

ειδικά αν προσπαθήσουμε να δροσίσουμε τον Χ εσωτερικό χώρο στους 25 °C, όταν η εξωτερική θερμοκρασία υπερβαίνει τους 38 °C.

▪ **Η κατανόηση του U-Factor**

Ο συντελεστής U μπορεί να μας δείξει πόση θερμότητα επιτρέπει ένα παράθυρο να περάσει από μέσα του .Ουσιαστικά δηλαδή μετράει την θερμική αγωγιμότητα. Όσο χαμηλότερο U-value έχουμε, τόσο καλύτερη μόνωση προσφέρει το συγκεκριμένο παράθυρο. Ο όρος R-value αναφέρεται στην αντίσταση του παραθύρου στην θερμική αγωγιμότητα, το αντίστροφο δηλαδή του U-value (δηλαδή, το R-value = 1 / U-value). Όσο χαμηλότερο U-value και όσο υψηλότερο R-value έχει ένα παράθυρο, τόσο αυξάνονται και οι μονωτικές του ιδιότητες.

Δεν έχουν όλα τα μέρη του παραθύρου το ίδιο U-value, οπότε θα πρέπει να εξετάσουμε το U-value για το σύνολο του παραθύρου. Το πλαίσιο και η ακμή του τζαμιού έχουν συνήθως υψηλότερο U-value εκτός από το κέντρο του υαλοπίνακα. Συνήθως οι κατασκευαστές και οι έμποροι δεν το διευκρινίζουν και όταν αναφέρονται στο U-value εννοούν το κέντρο του παραθύρου, το οποίο σχεδόν πάντα έχει μικρότερη τιμή από το σύνολο του παραθύρου

Πίνακας 7

Όλοι οι δείκτες U-factor από δείγματα παραθύρων			
	Κούφωμα αλουμινίου χωρίς θερμικό φράγμα	Κούφωμα αλουμινίου με θερμικό φράγμα	Κούφωμα από ξύλο ή βινύλιο
Μονό τζάμι	1.30	1.07	n/a
Διπλό τζάμι, με ½" διάκενο	0.81	0.62	0.48
Διπλό τζάμι, χαμηλών εκπομπών, (E*=0.2), με ½" διάκενο	0.70	0.52	0.39
Διπλό τζάμι, χαμηλών εκπομπών, (E*=0.1), με ½" διάκενο	0.67	0.49	0.37
Διπλό τζάμι, χαμηλών εκπομπών, (E*=0.2), με ½" διάκενο από Αργόν	0.64	0.46	0.34
Τριπλό τζάμι, χαμηλών εκπομπών, με 2 διάκενα πάχους ½" με αέριο πλήρωσης Αργόν	0.53	0.36	0.23
Τετραπλό τζάμι, χαμηλών εκπομπών (E=.01) με διπλούς υαλοπίνακες και διάκενο ¼" με Κρυπτόν	n/a	n/a	0.22
*Ε είναι ο συντελεστής της επιφάνειας του τζαμιού χαμηλών εκπομπών			
Πηγή: 1993 ASHRAE Handbook: Fundamentals, (Atlanta, GA : American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Incorporated, 1993).			

8.2.1.4 Ανατομία της ενεργειακή απόδοσης του παραθύρου

Ιδιότητες των διαφόρων μονωτικών παραθύρων:

• **τα πλαίσια από fiberglass** είναι ισχυρά, ανθεκτικά, με χαμηλό κόστος συντήρησης, και παρέχουν καλή μόνωση. Τα πλαίσια από Fiberglass μπορεί να είναι είτε με διάκενα είτε με μονωτικό αφρό.

• **τα κουφώματα βινυλίου** έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης και παρέχουν καλή θερμική μόνωση. Ακόμα μπορεί να είναι κοίλο ή γεμάτο με μονωτικό αφρό. Τα κουφώματα βινυλίου μπορούν να ενισχυθούν με μέταλλο ή ξύλο.

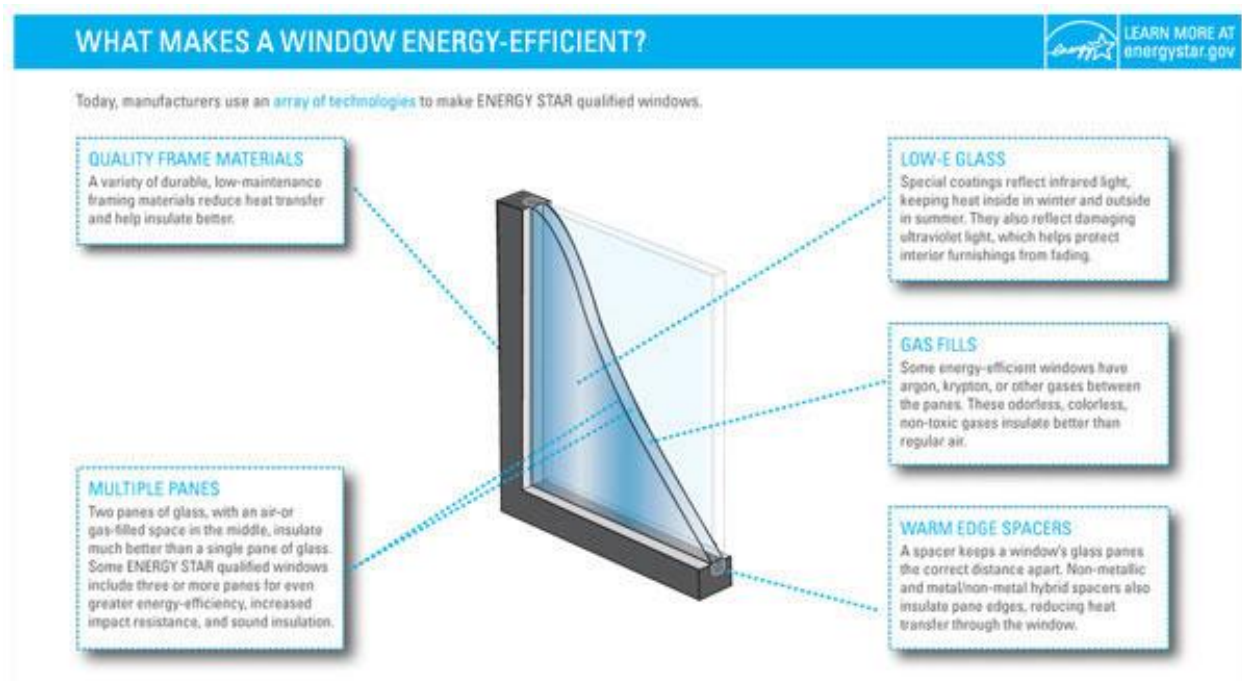
• **τα κουφώματα από αλουμίνιο** είναι ανθεκτικά, με χαμηλό κόστος συντήρησης, ανακυκλώσιμα, και συνήθως τουλάχιστον το 15% της μάζας τους ανακυκλώνεται. Ο σχεδιασμός του αλουμινένιου κουφώματος τυπικά περιλαμβάνει θερμικά κενά για να μειώσει την αγωγή απώλεια θερμότητας μέσω του μετάλλου.

• **τα κουφώματα από ξύλο** είναι ισχυρά, παρέχουν καλή μόνωση, και γενικά ευνοούνται σε γειτονιές που η αρχιτεκτονική τους προστατεύεται από τη νομοθεσία. Συνήθως η εξωτερική επιφάνεια των ξύλινων παραθύρων επικαλύπτεται με αλουμίνιο ή βινύλιο για να μειωθεί το κόστος συντήρησης.

• **τα συνδιαστικά πλαίσια** χρησιμοποιούν διαφορετικά υλικά χωριστά σε όλο το κούφωμα και στο φύλλο για να παρέχουν τη βέλτιστη απόδοση. Για παράδειγμα, το εξωτερικό ήμισυ ενός πλαισίου μπορεί να είναι βινύλιο, ενώ το εσωτερικό ήμισυ θα μπορούσε να είναι από ξύλο.

• **τα σύνθετα πλαίσια** είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά που έχουν αναμιχθεί κατά την κατασκευή για να δημιουργήσουν βιώσιμα, με χαμηλό κόστος συντήρησης και καλά μονωμένα παράθυρα.

Εικόνα 2: Η ανατομία ενός ενεργειακού παραθύρου



8.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας προχώρησε στη σταδιακή κατάργηση των ενεργοβόρων λαμπτήρων. Με βάση τον Κανονισμό 244/2009/EK, οι συμβατικοί / συνηθισμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης έπρεπε να έχουν καταργηθεί σταδιακά μέχρι το τέλος του 2012 και να αντικατασταθούν με οικονομικότερους λαμπτήρες. Οι λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών και στην προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας. [13]

8.3.1 Τα κυριότερα είδη ενεργειακών λαμπτήρων

Τύπος λαμπτήρα	Κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τους συμβατικούς/συνηθισμένους λαμπτήρες πυράκτωσης	Περιγραφή
Λαμπτήρες αλογόνου-βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης κατηγορίας Γ	20 - 25% λιγότερη κατανάλωση, Ενεργειακή σήμανση C	Βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης με τεχνολογία αλογόνου με ξένο, ανάλογης μορφής και ποιότητας φωτός με τους συνηθισμένους με διπλάσιο χρόνο ζωής. Είναι πλήρως συμβατοί σε μέγεθος με τις υπάρχουσες συσκευές φωτισμού και έχουν δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης εάν χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε ροοστάτη.
Λαμπτήρες αλογόνου-βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης κατηγορίας Β	45% λιγότερη κατανάλωση, Ενεργειακή σήμανση Β	Βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης με τεχνολογία αλογόνου με κάλυψη για υπέρυθρη ακτινοβολία, ανάλογης μορφής και ποιότητας φωτός με τους συνηθισμένους με τριπλάσιο χρόνο ζωής. Έχει δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης εάν χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε ροοστάτη.
συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL	65-80% λιγότερη κατανάλωση, Ενεργειακή σήμανση Α	Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL αποτελούνται από λυχνίες φθορισμού και έχουν διάρκεια ζωής 6-15 χρόνια, ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση. Όλοι οι τύποι λαμπτήρων φθορισμού, συμπαγείς ή κοινοί όπως οι φλορέσνες, περιέχουν πάντοτε ΥΔΡΑΡΓΥΡΟ (Hg) που διαχέεται στην ατμόσφαιρα άμεσα όταν ο λαμπτήρας σπάσει. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL περιέχουν 2-5mg Hg. Υπάρχουν μοντέλα σε διάφορα σχήματα και μερικά έχουν δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης. Κάποιοι διατίθενται, επίσης, με εξωτερικό περίβλημα το οποίο κρύβει τις λυχνίες και έτσι μοιάζουν με τους συνηθισμένους λαμπτήρες. Τους ξεχωρίζετε εύκολα γιατί αυτοί έχουν πάντοτε ενεργειακή σήμανση Α.
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL, "Liquid Mercury Free" (amalgam technology) (τεχνολογία αμαλγάματος με δεσμευμένο δηλαδή τον υδράργυρο)	65-80% λιγότερη κατανάλωση, Ενεργειακή σήμανση Α	Ανάλογης ενεργειακής απόδοσης με τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL αλλά δεν περιέχουν υδράργυρο και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η ένταση ("brightness") του φωτός είναι ισχυρή (μέχρι και 1.000 φορές μεγαλύτερη από εκείνη ενός συμβατικού λαμπτήρα) και η αναλογία του μπλε ως προς το άσπρο φως, σχετικά ψηλή.

[13]

8.4 Προσθήκη σκιάστρων

Η επίδραση της σκιάς στην θέρμανση, στον εξαερισμό, και στον κλιματισμό (HVAC) όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια, δεν περιλαμβάνεται αυτόματα στις ενεργειακές προσημειώσεις των κτιρίων. Η σκίαση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι πολύ ωφέλιμη καθώς το "μπλοκάρισμα" της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να μειώσει τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου σε ψύξη. [14]

Τα ηλιακά συστήματα σκίασης (σκιάστρα ή περσίδες) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου και τη διατήρηση μίας άνετης εσωτερικής κατάστασης. Με αυτήν την τεχνική, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να φτάσει περίπου στο 16-30%. Οι κατάλληλες ενέργειες των ίδιων των χρηστών των σκιάστρων, μπορούν να είναι τέτοιες που να ανταποκρίνονται πιο αποτελεσματικά στις εξωτερικές συνθήκες και μπορούν να πετύχουν ακόμα χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η βελτίωση μπορεί εύκολα να επιτευχθεί με τη χρήση απλών στρατηγικών, ως οδηγός για τον έλεγχο της χρήσης των σκιάστρων.[15]

Οι τιμές της σκίασης από ένα σκιάστρο μπορούν να υπολογιστούν προσομοιώνοντας τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που παράγεται από την σκιά. Μία απλουστευμένη προσομοίωση έδειξε μείωση των απαιτήσεων ψύξης που κυμαίνονται από 9.9% έως 21.8% και μείωση το λογαριασμού για κλιματισμό που κυμαίνεται από 9.2% έως 12.2% για το σύνολο του έτους. Μια καλή εκτίμηση για την βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί είναι ένα 4.69% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού,[14] όπως έχει προκύψει από μοντέλα, αλλά για τον χειμώνα τα ποσοστά είναι μικρότερα, κάτι που οδηγεί προφανώς σε χαμηλότερη εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση από το 4.69%. Ωστόσο αυτά τα μοντέλα στηρίζονται σε κλιματικές ζώνες διαφορετικές, πιο ψυχρές και με λιγότερη ετήσια ηλιοφάνεια από αυτή της περιοχής των Χανίων, οπότε τα δικά μας αποτελέσματα είναι πιθανό να έχουν μία μικρή απόκλιση.

9 Μοντέλα προσομοίωσης κτιρίου

Οι παραπάνω θεωρητικές τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας διερευνώνται και εφαρμόζονται μέσω υπολογιστικών εργαλείων θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Τα αποτελέσματα των οποίων αναλύονται στο κεφάλαιο 9.

9.1 TRNSYS

Το γενικό υπολογιστικό εργαλείο που αξιοποιήσαμε για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας είναι το μοντέλο προσομοίωσης TRNSYS (TRaNsient SYstems Simulation program), το οποίο είναι διαθέσιμο στο εμπόριο από το 1975. Είναι ένα ολοκληρωμένο και επεκτάσιμο περιβάλλον προσομοίωσης μεταβαλλόμενων συστημάτων στο χρόνο και χρησιμοποιείται παγκοσμίως από μηχανικούς και ερευνητές για την προσομοίωση και τον σχεδιασμό κτιρίων και

του εξοπλισμού τους, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τη συμπεριφορά των ατόμων μέσα σ' αυτό, καθώς και τα συστήματα εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Το TRNSYS υπολογίζει μια σειρά μεταβλητών, όπως είναι η εσωτερική θερμοκρασία, η υγρασία, η ροή του αέρα, η κατανάλωση ενέργειας, η θερμική άνεση κλπ., επιλύοντας μια σειρά διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν τη μεταφορά μάζας και θερμότητας στα κτίρια. Το μοντέλο αυτό βγάζει αποτελέσματα τόσο για το σύνολο του κτιρίου, όσο και για τα επιμέρους τμήματά του. Αυτό γίνεται εφικτό και μέσω του TRNBUILD που θα δούμε στην συνέχεια

Το TRNSYS περιέχει μια εκτενή βιβλιοθήκη με πλήθος εξαρτημάτων που συνθέτουν θερμικά και ηλεκτρικά ενεργειακά συστήματα. Ανάλογα τις παρεμβάσεις που θέλουμε να κάνουμε για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου επιλέγουμε τα εξαρτήματα που συνθέτουν το σύστημα και ορίζουμε τις μεταξύ τους συνδέσεις.

Το μοντέλο προσομοίωσης TRNSYS, αποτελείται από μια σειρά προγραμμάτων, τα οποία είναι:

- το στούντιο προσομοίωσης (simulation studio), το οποίο αποτελεί και το κεντρικό περιβάλλον του TRNSYS και το εκτελέσιμο αρχείο του (TRNExe.exe),
- το TRNBuild.exe που αφορά την εισαγωγή στοιχείων του κτιρίου και
- ο επεξεργαστής με τον οποίο μπορούν να δημιουργηθούν αυτόνομα προγράμματα γνωστά ως TRNSED εφαρμογές (TRNEdit.exe).

9.1.1 Type 56

Όταν ο χρήστης “τρέχει” το στούντιο προσομοίωσης εμφανίζεται ένα εργασιακό περιβάλλον που αποτελείται από μία λευκή οθόνη, μία μπάρα εργαλείων και την βιβλιοθήκη

Ο χρήστης γνωρίζοντας το τι θέλει να βγάλει από το μοντέλο κάνει και τις ανάλογες επιλογές τόσο για τις εισόδους, όσο και για τις εξόδους. Τα διάφορα στοιχεία είναι γνωστά ως Types και το μοντέλο ενός πολυζωνικού κτιρίου αναφέρεται ως Type 56. Ο χρήστης εισάγει τα διάφορα Types που είναι διαθέσιμα στην βιβλιοθήκη του TRNSYS που προσομοιώνουν την πραγματική κατάσταση που επιθυμεί να προσεγγίσει. Ακόμα εισάγει Types που δίνουν δεδομένα όπως μετεωρολογικά και είτε συνδέονται απευθείας με το Type 56, είτε συνδέονται

με Types που θα επεξεργαστούν τα δοσμένα δεδομένα . Ακόμα η επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να γίνει απευθείας από τον χρήστη αλλάζοντας τις παραμέτρους από εξωτερικά αρχεία. Τα Types που εισάγουν δεδομένα συνδέονται με άλλα Types που τα επεξεργάζονται ή με calculators. Στη συνέχεια τα Types που έχουν επεξεργαστεί τα δεδομένα τα ενώνουμε με το Type 56. Όσα αποτελέσματα θέλουμε να φαίνονται τα ενώνουμε με plotters και κατά προτίμηση με plottes with file, καθώς έτσι όχι μόνο παίρνουμε την γραφική παράσταση σε σχέση με τον χρόνο διαφόρων τιμών όπως θερμοκρασία, κατανάλωση ενέργειας ή ότι άλλο εμείς θελήσουμε αλλά δημιουργείται και εξωτερικό αρχείο που μπορούμε να αξιοποιήσουμε για να φτιάξουμε δικές μας γραφικές παραστάσεις, να βγάλουμε μέσους όρους, αθροίσματα τιμών και άλλα.

Το σύνολο αυτών των Types με τη σύνδεση τους με το Type 56 μας δίνει μία γραφική απεικόνιση της ενεργειακής μελέτης του μοντελοποιημένου κτιρίου.

Το στοιχείο Type 56 επίσης δέχεται ως είσοδο εξωτερικά αρχεία που περιγράφουν αναλυτικά το κτίριο και τις θερμικές ζώνες στις οποίες χωρίζεται.

Ως Θερμική ζώνη ορίζουμε μια περιοχή που λειτουργεί με βάση ένα σημείο ή κόμβο ελέγχου που μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρήση, είναι επομένως ένας χώρος ή ένα σύνολο χώρων σε ένα κτίριο όπου υπάρχει διαφορετική συμπεριφορά φορτίου από τους υπόλοιπους.

Για κάθε ζώνη του κτιρίου υπό μελέτη, το Type 56 θεωρεί ένα κόμβο αέρα το οποίο αναπαριστά το θερμικό δυναμικό του αέριου όγκου της ζώνης καθώς και θερμικά δυναμικά που συνδέονται άμεσα με αυτό.

9.1.2 TRNBuild

Μέσω του TRNBuild καθορίζονται αρχικά οι γενικές παράμετροι του κτιρίου, καθώς και παράμετροι που αφορούν τις θερμικές ζώνες μεμονωμένα. Πιο συγκεκριμένα ορίζονται:

- ❖ Ιδιότητες του κτιρίου. Οι ιδιότητες περιλαμβάνουν τις τιμές σταθερών όπως αυτή του Stephan Boltzmann, την πυκνότητα του αέρα καθώς και τιμές συντελεστών για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας.
- ❖ Ο προσανατολισμός των τοίχων και των παραθύρων. Μπορούν να επιλεχθούν συνήθεις προσανατολισμοί που προϋπάρχουν στην βιβλιοθήκη του TRNBuild (N,E,W,S). Ωστόσο μπορούν να ορισθούν και νέοι – ενδιάμεσοι προσανατολισμοί. Αυτό γίνεται

δίνοντας ένα όνομα για τον προσανατολισμό και ορίζοντας νέες εισόδους στο μοντέλο για τον καθορισμό της ακτινοβολίας στον προσανατολισμό αυτό που έχει να κάνει με την γωνία πρόσπτωσης.

- ❖ Οι εισοδοί του μοντέλου
- ❖ Οι έξοδοι του μοντέλου

Ειδικότερα για τις ζώνες του κτιρίου, καθορίζονται:

1. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- ❖ Τα δεδομένα των τοίχων που αφορούν πάχος, υλικό, εσωτερική ή εξωτερική μόνωση κλπ.
- ❖ Καθορίζεται ο συντελεστής θέασης του τοίχου από τον ουρανό, ο συντελεστής κατανομής της εισερχόμενης ακτινοβολίας και τυχόν επιπρόσθετα φορτία του τοίχου.
- ❖ Τα δεδομένα των παραθύρων (έκταση, ύψος και πλάτος). Τα παράθυρα μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικούς τοίχους και σε τοίχους παρακείμενους σε άλλες ζώνες.

2. Οι παράμετροι που αφορούν το εσωτερικό κλίμα της ζώνης:

- ❖ Η μέθοδος θέρμανσης κάθε ζώνης.
- ❖ Η μέθοδος ψύξης της ζώνης.
- ❖ Η διείσδυση του αέρα. Αφορά τον φυσικό αερισμό (infiltration)
- ❖ Η μέθοδος αερισμού κάθε ζώνης αφορά τον τεχνητό αερισμό (ventilation) Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να καθορισθεί η εισροή αέρα από οποιαδήποτε πηγή (π.χ. από ένα κλιματιστικό).
- ❖ Τα εσωτερικά κέρδη κάθε ζώνης. Τα εσωτερικά κέρδη αφορούν τα ενεργειακά κέρδη από τα θερμικά φορτία ανθρώπων, υπολογιστών, φωτισμού καθώς και κάθε άλλο φορτίο που ορίζεται από το χρήστη.

→Μέσω του TRNBuild μπορεί ο χρήστης να παρέμβει σε κάθε κόμβο αέρα-δωμάτιο και να αλλάξει

- ✓ Τον τύπο των παραθύρων
- ✓ Το πάχος και την μόνωση των τοίχων είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά
- ✓ Τον συντελεστή της θερμικής άνεσης ανάλογα την χρήση του κτιρίου
- ✓ Τα θερμικά κέρδη από ανθρώπους, φώτα ή συσκευές

10 Σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας στην Παιδιατρική Κλινική του Νοσοκομείου Χανίων

Με τη χρήση του προγράμματος TRNSYS και TRNBuild προχωρήσαμε σε σειρά σεναρίων που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση των εκπομπών CO₂ με παράλληλη τήρηση της θερμικής άνεσης σε τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής του Νοσοκομείου Χανίων. Έγιναν τα εξής σενάρια με την σειρά που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία

- ✓ Αντικατάσταση κουφωμάτων
- ✓ Ενίσχυση της μόνωσης των εξωτερικών τοίχων
- ✓ Αντικατάσταση λαμπτήρων
- ✓ Αντικατάσταση των υπαρχόντων συσκευών με eco-συσκευές
- ✓ Προσθήκη σκιάστρων

10.1 Σενάρια αλλαγής κουφωμάτων

Πέραν του αρχικού κουφώματος 5 διαφορετικά παράθυρα, που ήταν διαθέσιμα στην βιβλιοθήκη του TRNBuild, δοκιμάστηκαν για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα κουφώματα που δοκιμάστηκαν και οι ιδιότητές τους είναι οι εξής:

1. **SHA2_AR_3**: Τζάμι με χαμηλό δείκτη SHGC. Το πλαίσιο περιέχει χρυσό. Είναι με διπλό τζάμι, με υαλοπίνακες πάχους 6mm και διάκενο μεταξύ τους 16mm. Το διάκενο είναι πληρωμένο με αέριο αργό (Ar).

Χαρακτηριστικές τιμές:

- U-value=1.26
- g-value=0.212
- T-sol=0.138
- Rf-sol=0.12
- T-vis=0.238

2. **INS3_XE_2:** Είναι τριπλό τζάμι, με υαλοπίνακες πάχους 4mm και διάκενα μεταξύ τους 8mm. Τα διάκενα είναι πληρωμένα με αέριο Ξένο (Xe).

Χαρακτηριστικές τιμές:

- U-value=0.4
- g-value=0.408
- T-sol=0.268
- Rf-sol=0.231
- T-vis=0.625

3. **INS2_AR_4:** Είναι διπλό τζάμι, με υαλοπίνακες πάχους 4mm και διάκενο μεταξύ τους 16mm. Το διάκενο είναι πληρωμένο με αέριο Αργό (Ar).

Χαρακτηριστικές τιμές:

- U-value=1.4
- g-value=0.622
- T-sol=0.462
- Rf-sol=0.237
- T-vis=0.749

4. **INS2_Kr_6:** Είναι διπλό τζάμι, με υαλοπίνακες πάχους 4mm και διάκενο μεταξύ τους 16mm. Το διάκενο είναι πληρωμένο με αέριο Κρυπτόν (Kr).

Χαρακτηριστικές τιμές:

- U-value=0.81
- g-value=0.632
- T-sol=0.462
- Rf-sol=0.237
- T-vis=0.749

5. **INS3_Kr_1:** Είναι τριπλό τζάμι, με υαλοπίνακες πάχους 4mm και διάκενα μεταξύ τους 8mm. Τα διάκενα είναι πληρωμένα με αέριο Κρυπτόν (Kr).

Χαρακτηριστικές τιμές:

- U-value=0.68
- g-value=0.407
- T-sol=0.268
- Rf-sol=0.231

➤ T-vis=0.625

10.2 Πίνακας κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων που αξιοποιήθηκαν στα σενάρια μας:

Πίνακας 8: Ιδιότητες κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των υπό μελέτη κουφωμάτων

Κούφωμα	αέριο πλήρωσης	σχέδιο	αριθμός υαλοπινάκων	πάχος υαλοπινάκων (mm)	αριθμός διάκενων	πάχος διάκενων(mm)
SHA2_AR_3	Αργόν (Ar)	6/16/6	2	6	1	16
INS3_XE_2	Ξέον (Xe)	4/8/4/8/4	3	4	2	8
INS2_AR_4	Αργόν (Ar)	4/16/4	2	4	1	16
INS2_KR_6	Αργόν (Ar)	4/16/4	2	4	1	16
INS3_KR_1	Κρυπτόν(Kr)	4/8/4/8/4	3	4	2	8

10.3 Πίνακας ενεργειακών ιδιοτήτων των κουφωμάτων που αξιοποιήθηκαν στα σενάρια μας:

Πίνακας 9: Ενεργειακές ιδιότητες των υπό μελέτη κουφωμάτων

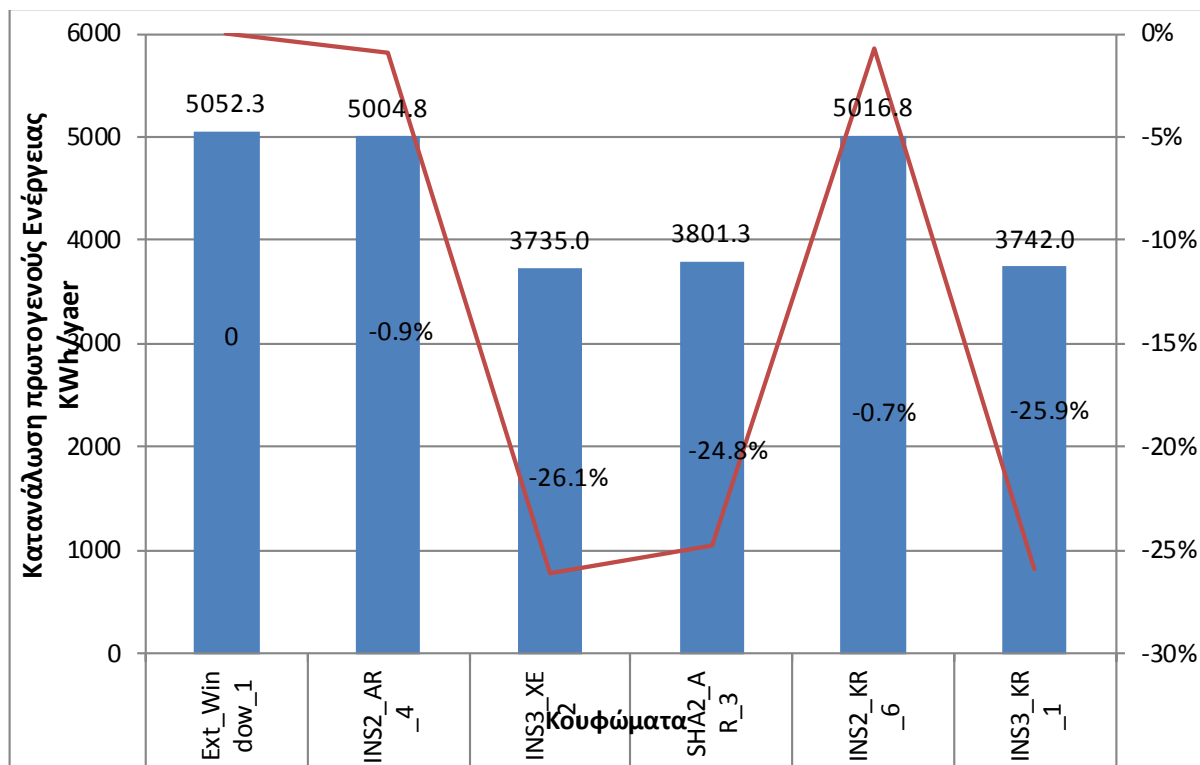
Κούφωμα	u-value	g-value	T-sol	Rf-sol	T-vis
SHA2_AR_3	1.26	0.212	0.138	0.12	0.238
INS3_XE_2	0.4	0.408	0.268	0.231	0.625
INS2_AR_4	1.4	0.622	0.462	0.237	0.749
INS2_KR_6	0.81	0.632	0.462	0.237	0.749
INS3_KR_1	0.68	0.407	0.268	0.231	0.625

Τα αποτελέσματα των δοκιμών φαίνονται παρακάτω για κάθε δωμάτιο

- ✓ Να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα αναφέρονται στην ετήσια πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας

10.4 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών Z05 με αλλαγή κουφωμάτων

Διάγραμμα 7 : Εξοικονόμηση ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών με αλλαγή κουφώματος

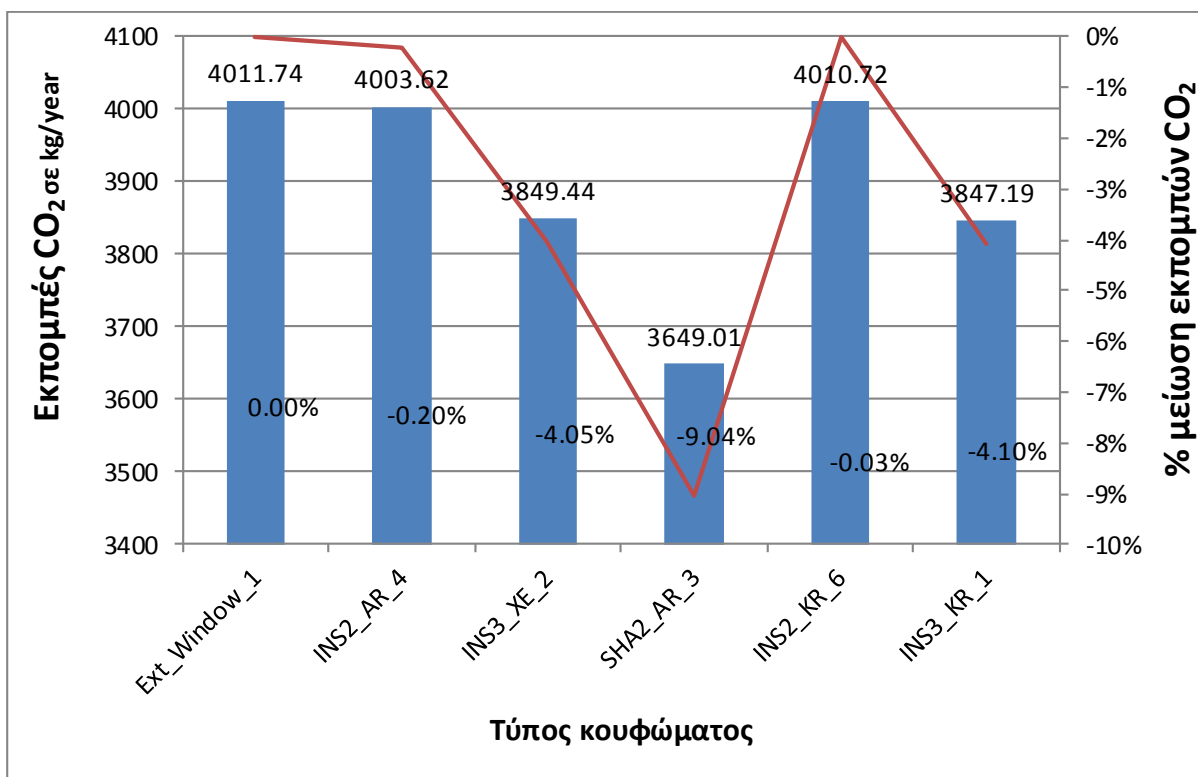


Από το διάγραμμα φαίνεται καθαρά πως το πλέον ενεργειακά αποδοτικό κούφωμα είναι το INS3_XE_2.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο Z05 με το αρχικό κούφωμα EXT_Window_1 ήταν **5052.3 KWh**. Με την αντικατάστασή του με το κούφωμα **INS3_XE_2** πετυχαίνουμε πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας **3735.0 KWh**, δηλαδή ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με **26.1%** ή **1317KWh/year**. Ωστόσο το ότι το Ξένον είναι πολύ ακριβό μπορεί να μας οδηγήσει στην επιλογή του κουφώματος **INS3_KR_1**, καθώς είναι πολύ κοντά στην ενεργειακή επίδοση του **INS3_XE_2** (**3742.0 KWh** , δηλαδή εξοικονόμηση ενέργειας ίση με **1310KWh** ή **25.9%~26.1%**). Αυτό βέβαια το κρίνουμε με βάση τον χρόνο απόσβεσης.

10.4.1 Μείωση εκπομπών CO₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του δωματίου των ασθενών (Z05)

Διάγραμμα 8 : Μείωση των εκπομπών CO₂ στο δωμάτιο των ασθενών με αλλαγή κουφώματος

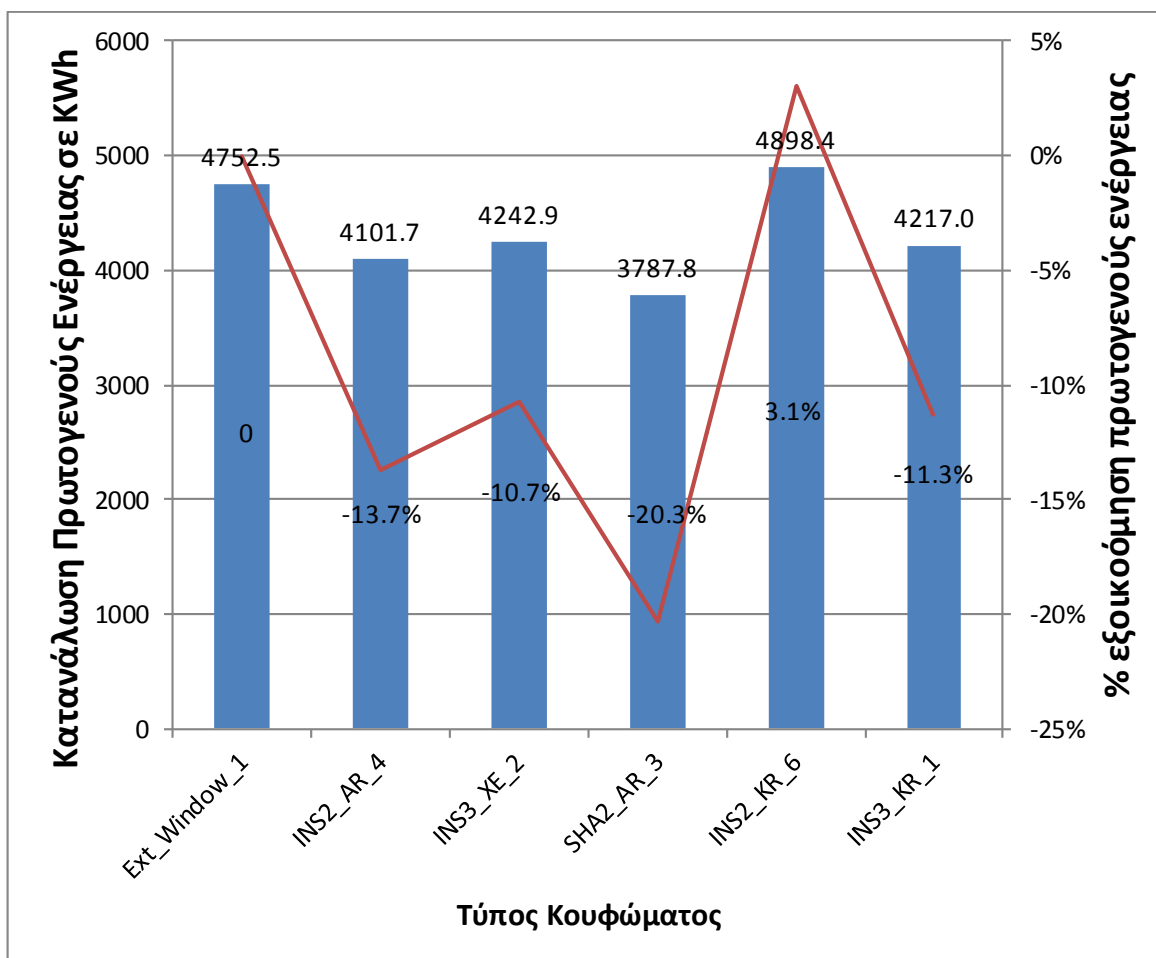


Από το διάγραμμα φαίνεται ότι τα κούφωμα SHA2 AR 3 είναι μακράν το αποδοτικότερο όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

Οι εκπομπές του CO₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του δωματίου Z05 με το αρχικό κούφωμα EXT_Window_1 είναι **4011.4 kgCO₂**. Από το γράφημα βλέπουμε πως ενώ το πλέον ενεργειακά αποδοτικό κούφωμα είναι το INS3_XE 2 με 26.1% έναντι 24.8% ή 1250.93 KWh/year του SHA2_AR_3, το SHA2_AR_3 είναι πολύ αποδοτικότερο όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με 9.04% και σε απόλυτους αριθμούς 3849.4 kgCO₂ , έναντι μόλις 4.05% του INS3_XE_2. Από αυτήν την σκοπιά , και αφού η διαφορά όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας είναι αμελητέα, **θα προκρίνουμε την επιλογή του κουφώματος SHA2_AR_3**, αντί του INS3_XE_2 ή του INS3_KR_1 (4.10% μείωση εκπομπών CO₂) που είχαμε διαλέξει προηγούμενα έχοντας ως μόνα κριτήρια την ενεργειακή απόδοση και το κόστος εγκατάστασης

10.4.2 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με αλλαγή κουφωμάτων (Z13)

Διάγραμμα 9 : Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με αλλαγή κουφώματος

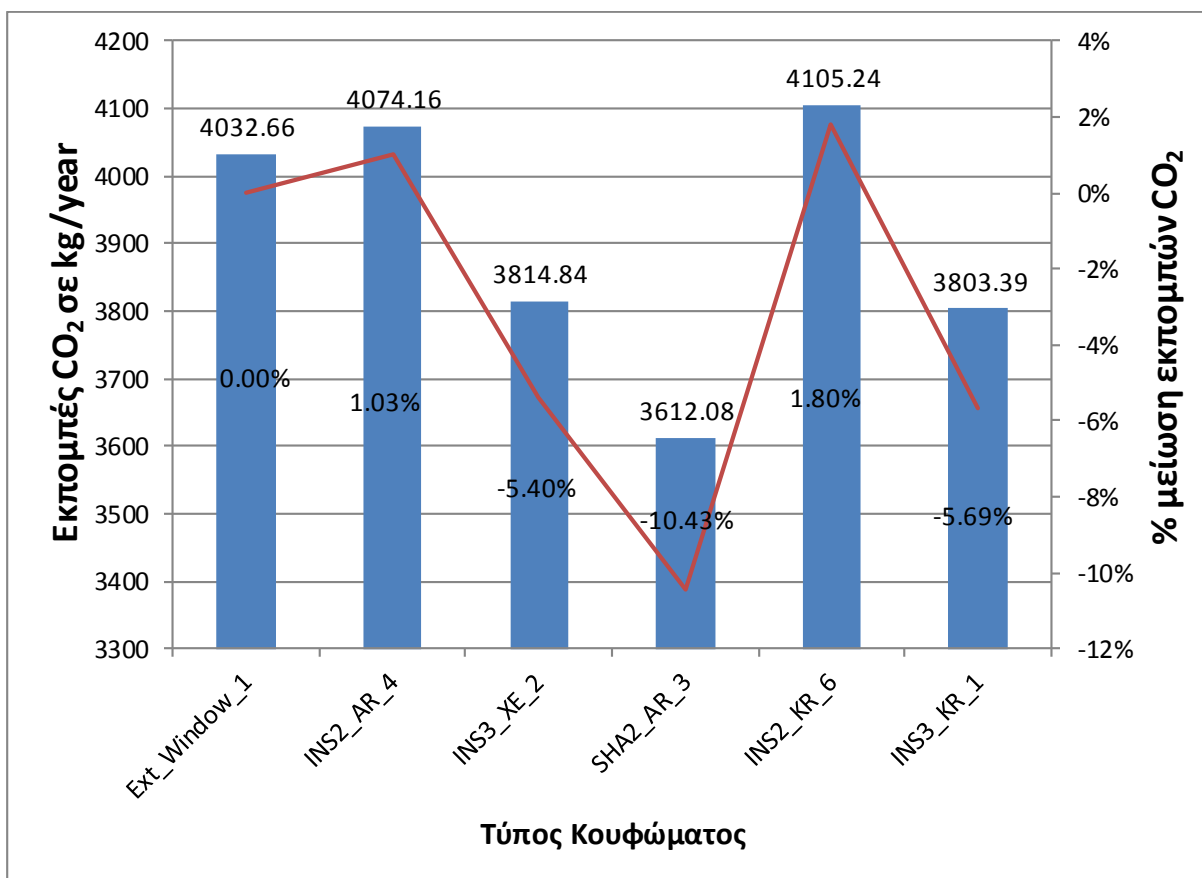


Από το διάγραμμα φαίνεται καθαρά πως το πλέον ενεργειακά αποδοτικό κούφωμα είναι το SHA2_AR_3.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο Z13 με το αρχικό κούφωμα EXT_Window_1 ήταν 4752.5 KWh. Με την αντικατάστασή του με το κούφωμα SHA2_AR_3 πετυχαίνουμε πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας 3787.8 KWh, δηλαδή ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 20.3%. Ταυτόχρονα το αέριο πλήρωσης Αργό (Ar) είναι και πολύ οικονομικό, άρα το επιλέγουμε ανεπιφύλακτα.

10.4.2.1 Μείωση εκπομπών CO₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του γραφείου των γιατρών (Z13)

Διάγραμμα 10 : Μείωση εκπομπών CO₂ στο γραφείο των γιατρών με αλλαγή κουφώματος

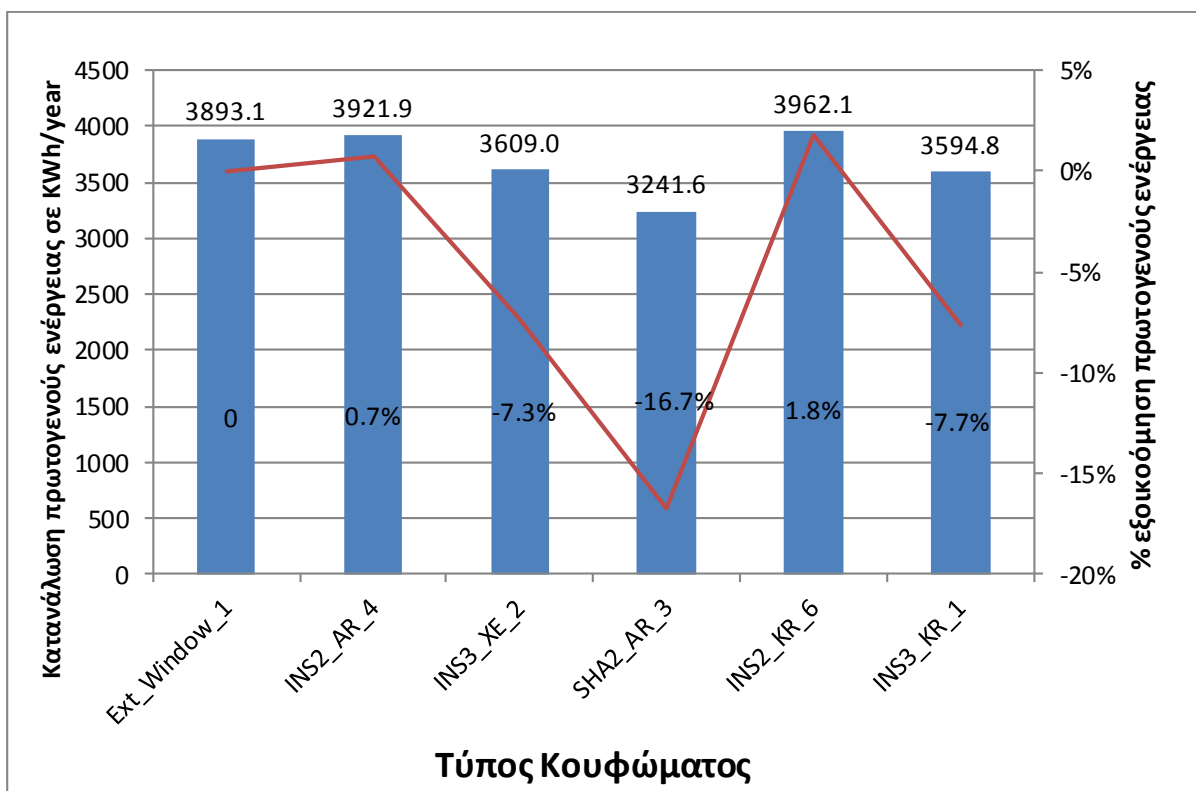


Από το διάγραμμα φαίνεται ότι τα κούφωμα SHA2_AR 3 είναι μακράν το αποδοτικότερο όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

Οι εκπομπές του CO₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του δωματίου Z13 με το αρχικό κούφωμα EXT_Window_1 είναι 4032.66 kgCO₂. Με την αλλαγή του με το κούφωμα SHA2_AR_3 οι εκπομπές κατακυλάν στις 3612.08 kgCO₂, δηλαδή μειώνονται κατά 10.43% ή 420.58 kg. Δεδομένου ότι το SHA2_AR_3 είναι και το πλέον αποδοτικό κούφωμα όσο αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, θα το προκρίνουμε ανεπιφύλακτα για αντικαταστάτη του παρόντος κουφώματος.

10.4.3 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18) με αλλαγή κουφωμάτων

Διάγραμμα 11 : Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με αλλαγή κουφώματος

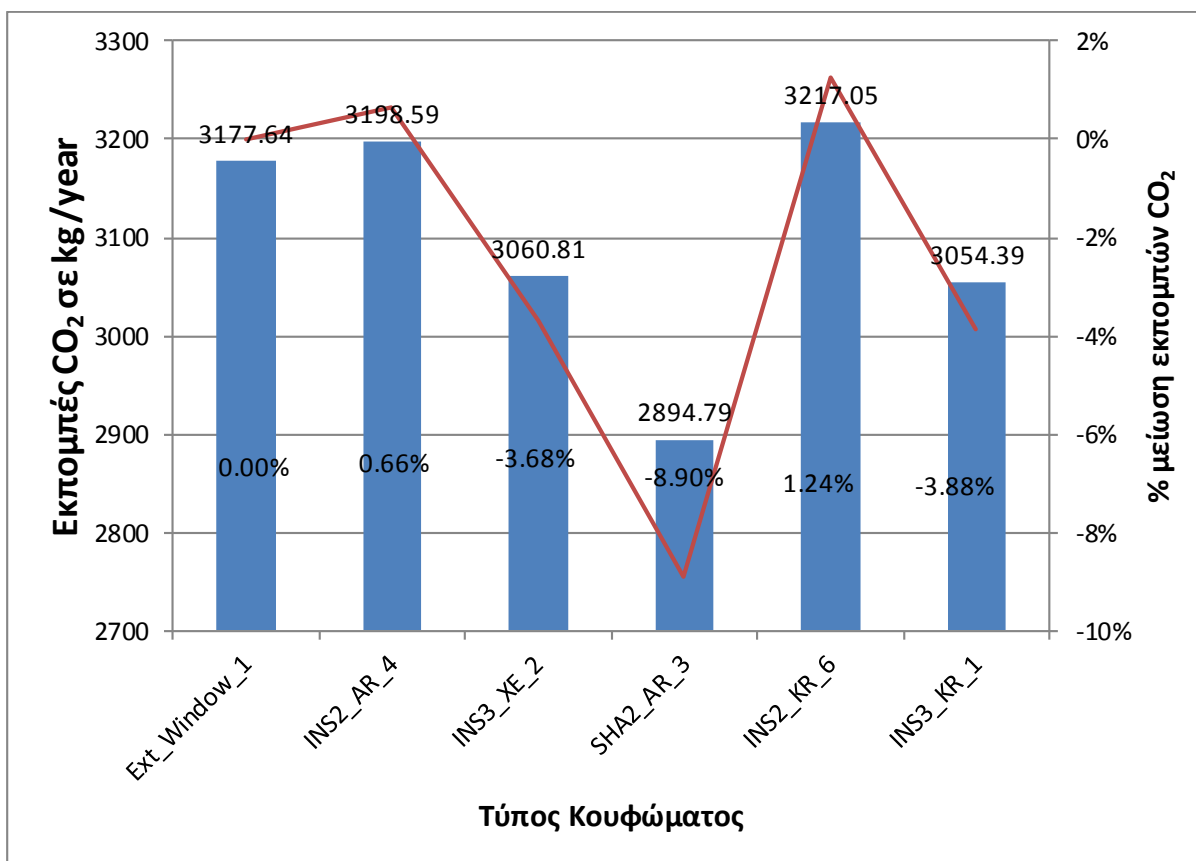


Από το διάγραμμα φαίνεται καθαρά πως το πλέον ενεργειακά αποδοτικό κούφωμα είναι το SHA2_AR_3.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο Z18 με το αρχικό κούφωμα EXT_Window_1 ήταν **3893.1 KWh**. Με την αντικατάστασή του με το κούφωμα SHA2_AR_3 πετυχαίνουμε πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας **3241.6 KWh**, δηλαδή ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με **16.7%**. Ταυτόχρονα το αέριο πλήρωσης Αργό (Ar), είναι φτηνό άρα το επιλέγουμε ανεπιφύλακτα.

10.4.3.1 Μείωση εκπομπών CO₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του χώρου ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

Διάγραμμα 12 : Μείωση εκπομπών CO₂ στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με αλλαγή κουφώματος



Από το διάγραμμα φαίνεται ότι τα κούφωμα SHA2_AR_3 είναι μακράν το αποδοτικότερο όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

*οι μονάδες του πίνακα 6.1.3.1 είναι σε kgCO₂ ή kgCO₂/year

Οι εκπομπές του CO₂ για τις ενεργειακές ανάγκες του δωματίου **Z18** με το αρχικό κούφωμα **EXT_Window_1** είναι **3177.64 kgCO₂**. Με την αλλαγή του με το κούφωμα **SHA2_AR_3** οι εκπομπές κατακυλάν στα **2894.79 kgCO₂**, δηλαδή μειώνονται κατά **8.9%** ή **282.85 kgCO₂**. Δεδομένου ότι το **SHA2_AR_3** είναι και το πλέον αποδοτικό κούφωμα όσο αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, θα το προκρίνουμε ανεπιφύλακτα για αντικαταστάτη του παρόντος κουφώματος

10.4.4 Συμπεράσματα για την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας με αλλαγή των υπαρχόντων κουφωμάτων

Από τα παραπάνω σενάρια συμπεραίνουμε τα εξής:

- ✓ Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση το SHA2_AR_3 είναι το πλέον αποδοτικό από τα κουφώματα που δοκιμάσαμε στα 2 από τα τρία δωμάτια
- ✓ Το μόνο δωμάτιο που το κούφωμα SHA2_AR_3 δεν είναι το πλέον ενεργειακά αποδοτικό είναι το δωμάτιο των ασθενών, όπου το πλέον ενεργειακά αποδοτικό είναι το κούφωμα INS3_XE_2.
- ✓ Ωστόσο παίρνοντας υπ όψιν το κόστος του αέριου Ξένον, προκρίναμε το κούφωμα INS3_KR_1 που είναι ελάχιστα λιγότερο αποδοτικό από το INS3_XE_2.
- ✓ Παίρνοντας αργότερα υπ όψιν και τα αποτελέσματα για τις εκπομπές CO₂ καταλήξαμε **στην επιλογή του κουφώματος SHA2_AR_3** καθώς είναι μακράν καλύτερο από τα υπόλοιπα στην μείωση εκπομπών του CO₂, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και σημαντική μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, με μικρή απόσταση από τις ενεργειακές αποδόσεις των INS3_XE_2 και INS3_KR_1. Όπως φαίνεται ακολούθως: INS3_XE_2 26.1% , INS3_KR_1 25.9%, και SHA2_AR_3 24.8%. Δηλαδή μειώνεται η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση από εξοικονόμηση 1317 KWh/year στις 1250.93 KWh/year. **Υπολειπόμαστε δηλαδή από το βέλτιστο κατά 58KWh/year** Ταυτόχρονα όμως έχουμε πολύ μεγαλύτερη μείωση εκπομπών CO₂: Με το **INS3_XE_2** έχουμε μείωση κατά 162,29 kgCO₂ ,ενώ με το **SHA2_AR_3** έχουμε μείωση εκπομπών CO₂ κατά 362.17 kgCO₂
- ✓ Προτιμώντας λοιπόν την εγκατάσταση του **SHA2_AR_3** αντί του INS3_XE_2 , όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας **υπολειπόμαστε ελάχιστα από το βέλτιστο**, κατά **μόλις 58KWh/year**, αλλά **κερδίζουμε τεράστια περιβαλλοντικά οφέλη** με την **βελτίωση** της μείωσης **εκπομπών CO₂**, καθώς **κερδίζουμε 232.16 kgCO₂/year** παραπάνω σε εξοικονόμηση
- ✓ Τελικά μετά από αναλυτική σύγκριση των αποτελεσμάτων κάθε σεναρίου καταλήγουμε στο ότι η βέλτιστη λύση για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών CO₂ είναι η **αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων με κουφώματα SHA2_AR_3 και στα τρία δωμάτια**. Ανατρέχοντας στον πίνακα 10 βλέπουμε πως αυτά τα αποτελέσματα μόνο τυχαία δεν είναι. Το κούφωμα **SHA2_AR_3** μπορεί να έχει το

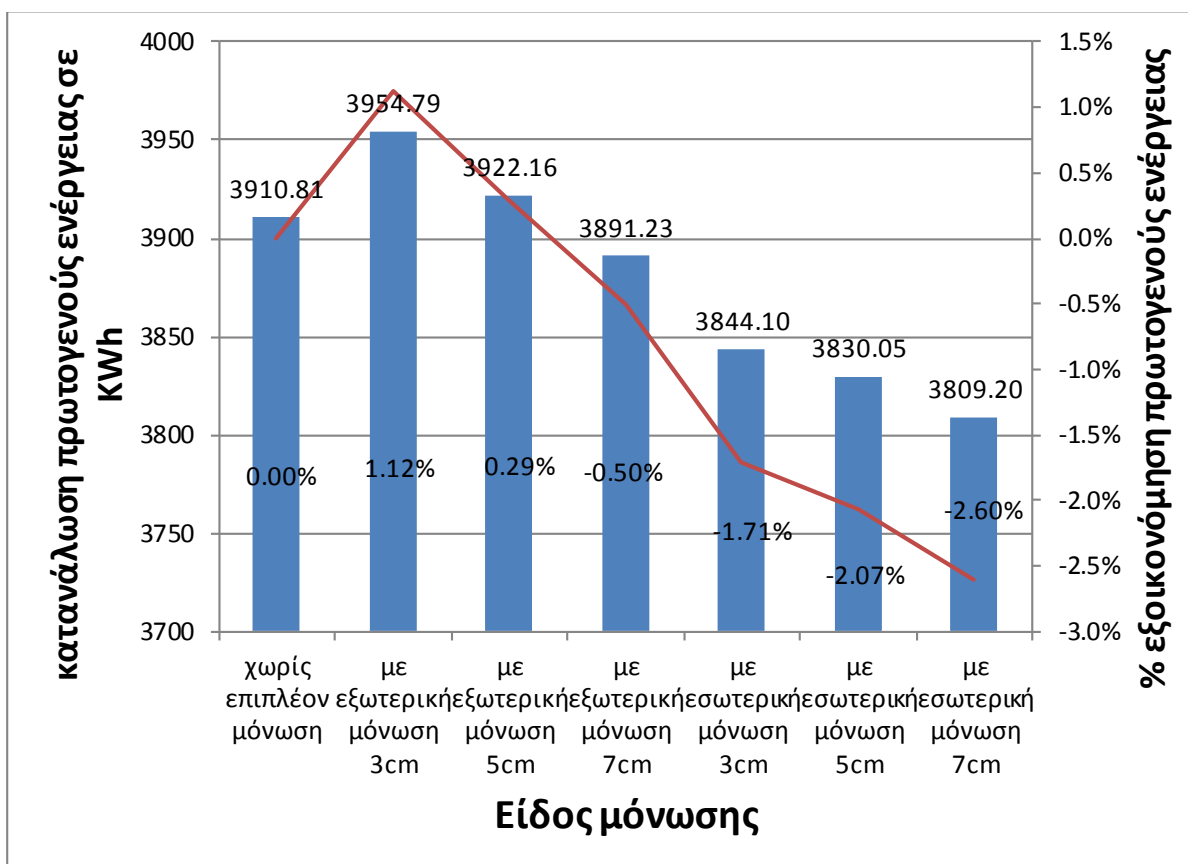
δεύτερο χειρότερο u-value και με μεγάλη διαφορά από το καλύτερο κούφωμα, ωστόσο σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες έχει την καλύτερη απόδοση από τα υπόλοιπα κουφώματα. Μάλιστα εξαιρετικά κρίσιμος για θερμά κλίματα είναι ο συντελεστής T-Vision, που δείχνει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που επιτρέπει ο υαλοπίνακας να περάσει στο εσωτερικό του δωματίου, όπου το SHA2_AR_3 έχει μακράν την καλύτερη απόδοση με 0.238 έναντι 0.625 του αμέσως επόμενου κουφώματος. **Αυτός ο δείκτης είναι εξαιρετικά κρίσιμος σε θερμά κλίματα, αντίστοιχα με αυτό των Χανίων, ακριβώς γιατί το βάρος της εξοικονόμησης ενέργειας πέφτει στα συστήματα ψύξης και ένας χαμηλός συντελεστής T-vision οδηγεί σε χαμηλά ενεργειακά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, οπότε αντίστοιχα μεγάλη μείωση της ανάγκης για κλιματισμό σε λειτουργία ψύξης κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο και το κούφωμα SHA2_AR_3 προσφέρεται για αξιοποίηση στο Νοσοκομείο Χανίων.**

10.5 Σενάρια προσθήκης επιπλέον μόνωσης στους τοίχους

Κατά την διενέργεια αυτών των σεναρίων δοκιμάστηκε η προσθήκη 3mm , 5mm και 7mm τόσο από την εσωτερική, όσο και από την εξωτερική πλευρά των εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον τοίχων. Το μονωτικό υλικό που διαλέξαμε είναι το RFDCK_ASHRAE. Οι δοκιμές αφορούν μόνο την αρχική κατάσταση (με το αρχικό κούφωμα) και όχι τον συνδυασμό με κάποιο από τα παραπάνω σενάρια αλλαγής κουφωμάτων

10.5.1 Εξοικονόμηση ενέργειας από το σενάριο προσθήκης μόνωσης στο δωμάτιο ασθενών (Z05)

Διάγραμμα 13: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών με προσθήκη μόνωσης

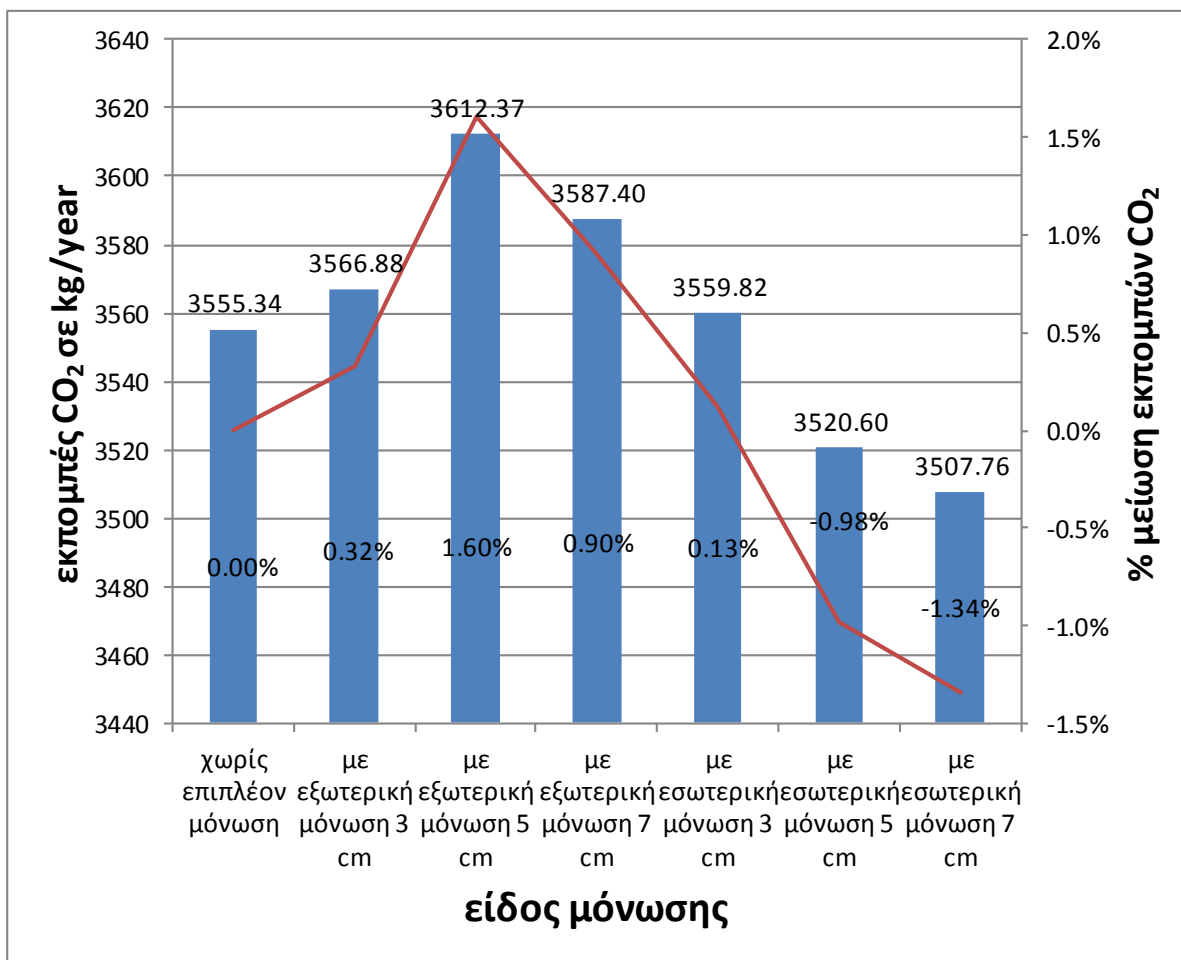


Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι η καλύτερη μόνωση για το δωμάτιο Z05 είναι η προσθήκη εσωτερικής μόνωσης **RFDCK_ASHRAE πάχους 7cm**, καθώς πετυχαίνει την μεγαλύτερη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Χωρίς την επιπλέον μόνωση η συνολικές απαιτήσεις σε πρωτογενή ενέργεια ήταν **3910.81 KWh**, ενώ με την προσθήκη

μόνωσης 7cm έχουμε ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 3809.2 KWh. Δηλαδή εξοικονόμηση ενέργειας ίση με 2.6%

10.5.1.1 Μείωση εκπομπών CO₂ για τις ανάγκες του δωματίου των ασθενών (Z05)

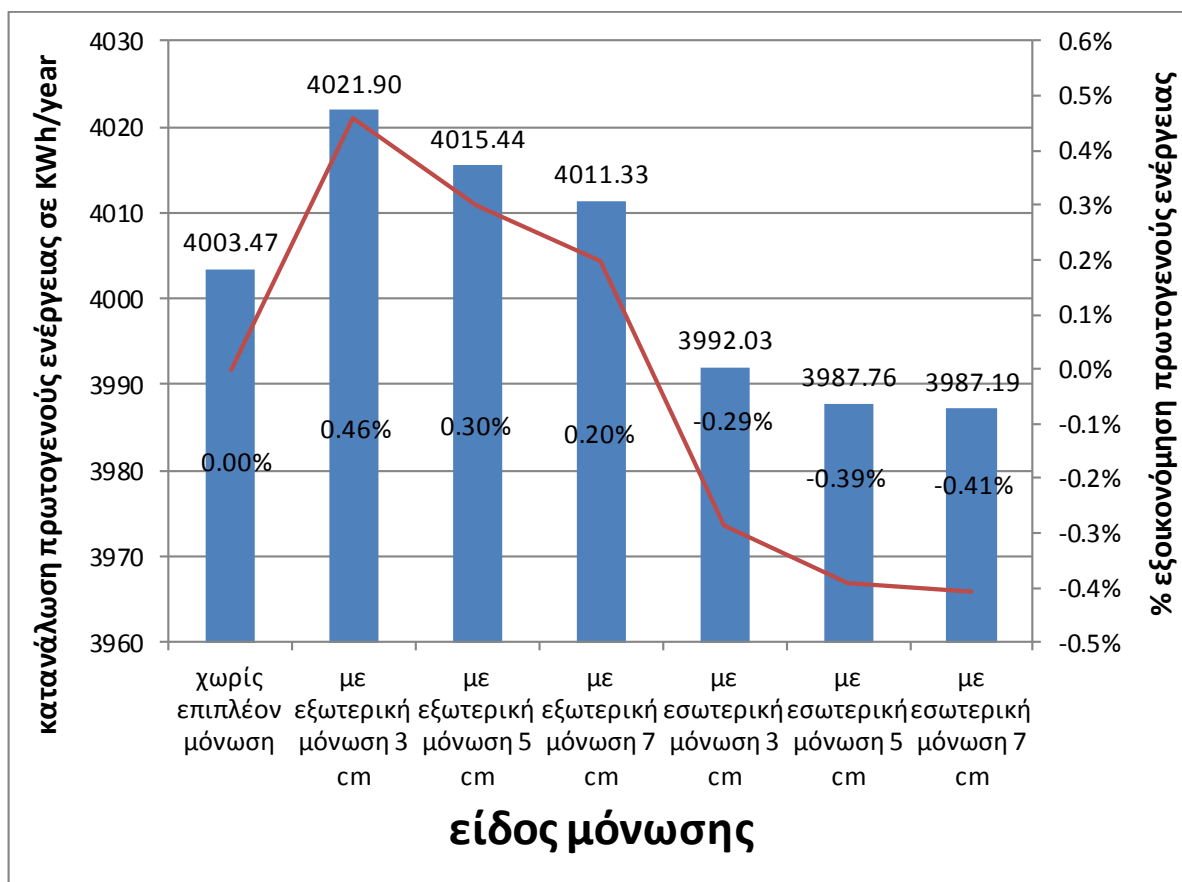
Διάγραμμα 14: Μείωση εκπομπών CO₂ στο δωμάτιο των ασθενών με προσθήκη μόνωσης



Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται μία μείωση των εκπομπών CO₂ μόνο για την εσωτερική μόνωση με πάχος 5cm και 7cm. Η βέλτιστη λύση είναι αυτή των 7mm όπου έχουμε **μείωση των εκπομπών κατά 1.34% που μεταφράζεται σε 47.58 kgCO₂**

10.5.2 Εξοικονόμηση ενέργειας από το σενάριο προσθήκης μόνωσης στο γραφείο των γιατρών (Z13)

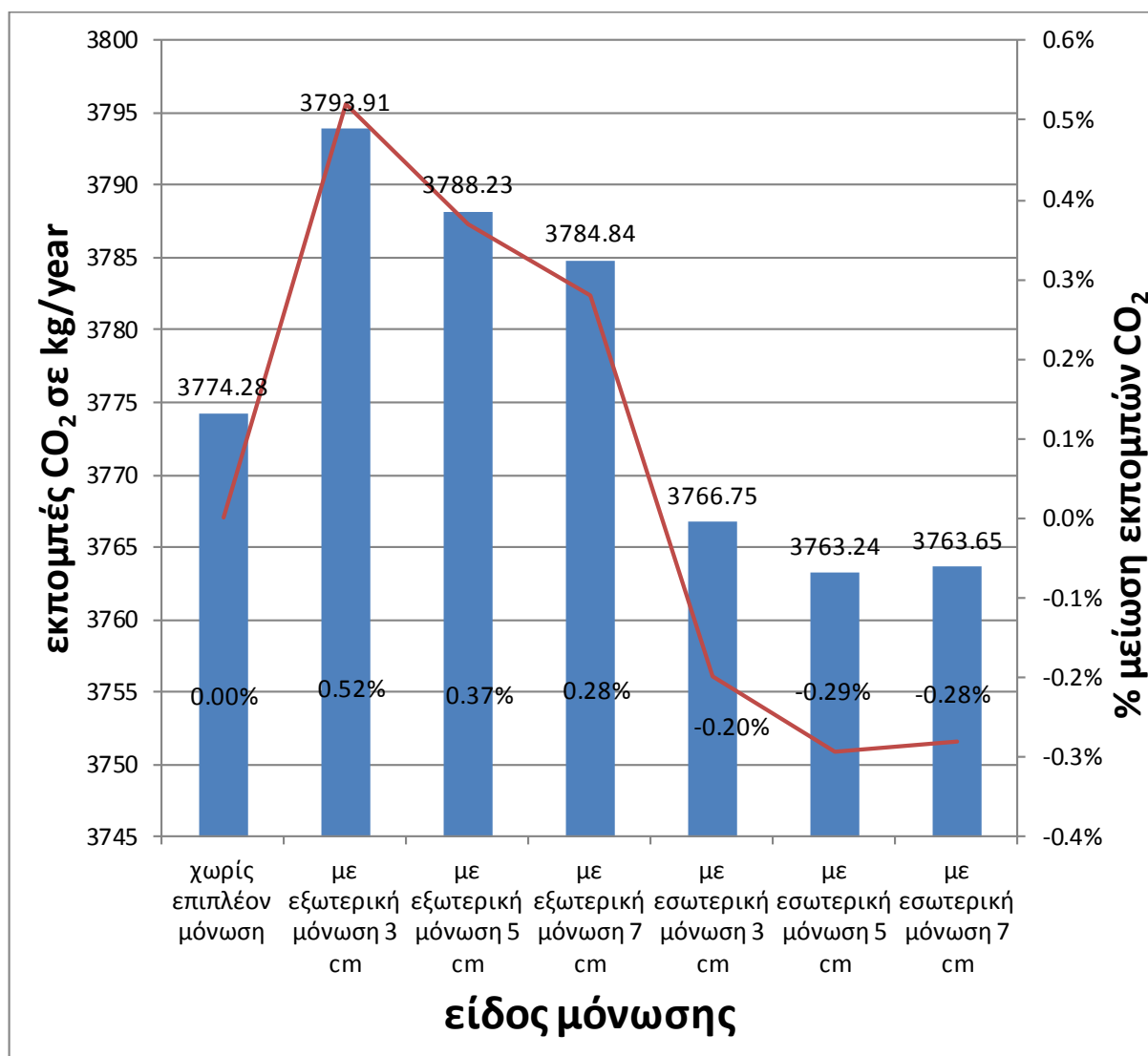
Διάγραμμα 15: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με προσθήκη μόνωσης



Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι η καλύτερη μόνωση για το δωμάτιο Z13 είναι η προσθήκη εσωτερικής μόνωσης **RFDCK_ASHRAE πάχους 7cm**, καθώς πετυχαίνει την μεγαλύτερη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Χωρίς την επιπλέον μόνωση η συνολικές απαιτήσεις σε πρωτογενή ενέργεια ήταν **4003.47 KWh**, ενώ με την προσθήκη μόνωσης 7cm έχουμε ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας **3987.19 KWh**. Δηλαδή εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με **0.41%**

10.5.2.1 Μείωση εκπομπών CO₂ για τις ανάγκες του γραφείου των γιατρών (Z13)

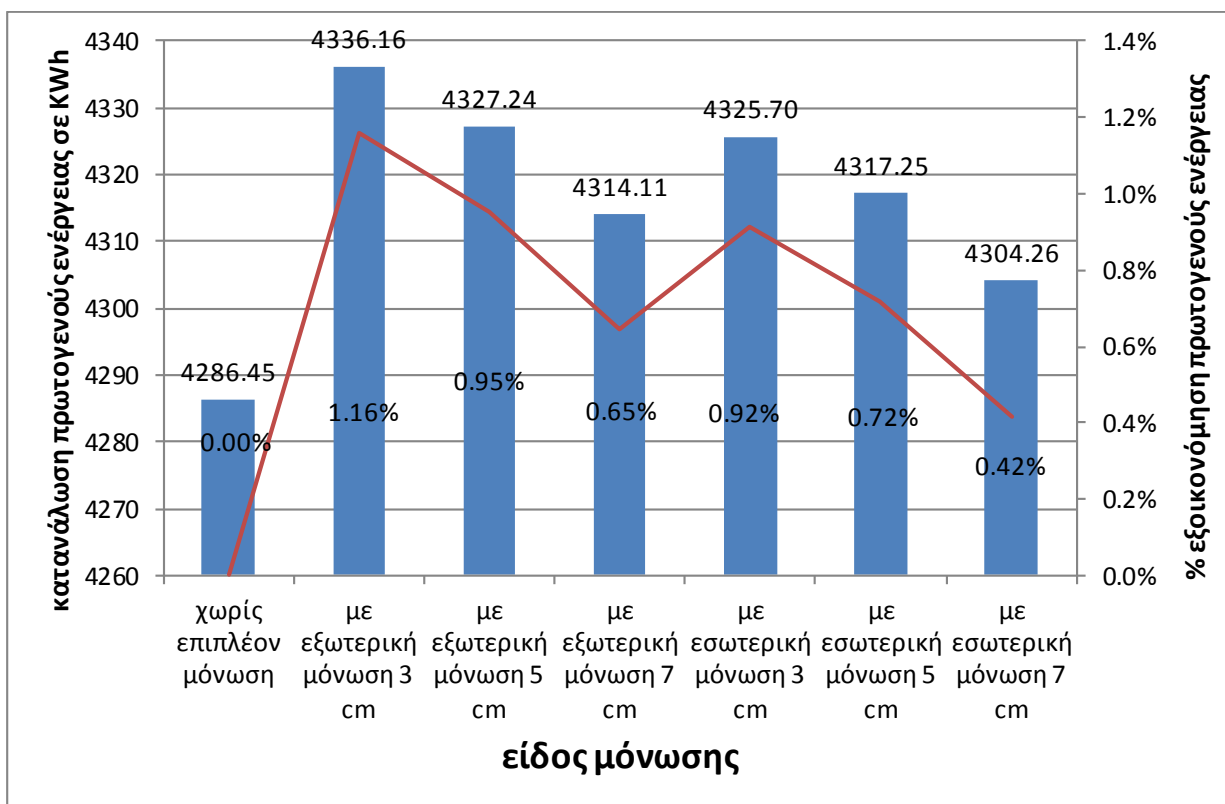
Διάγραμμα 16: Μείωση εκπομπών CO₂ στο γραφείο των γιατρών με προσθήκη μόνωσης



Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι οι εσωτερικές μονώσεις των 3, 5 και 7cm μειώνουν τις εκπομπές CO₂. Ωστόσο η πλέον αποδοτική είναι η εσωτερική μόνωση των 5cm που μειώνει τις εκπομπές κατά 11,04 kgCO₂ ή κατά 0.28%.

10.5.3 Εξοικονόμηση ενέργειας από το σενάριο προσθήκης μόνωσης στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

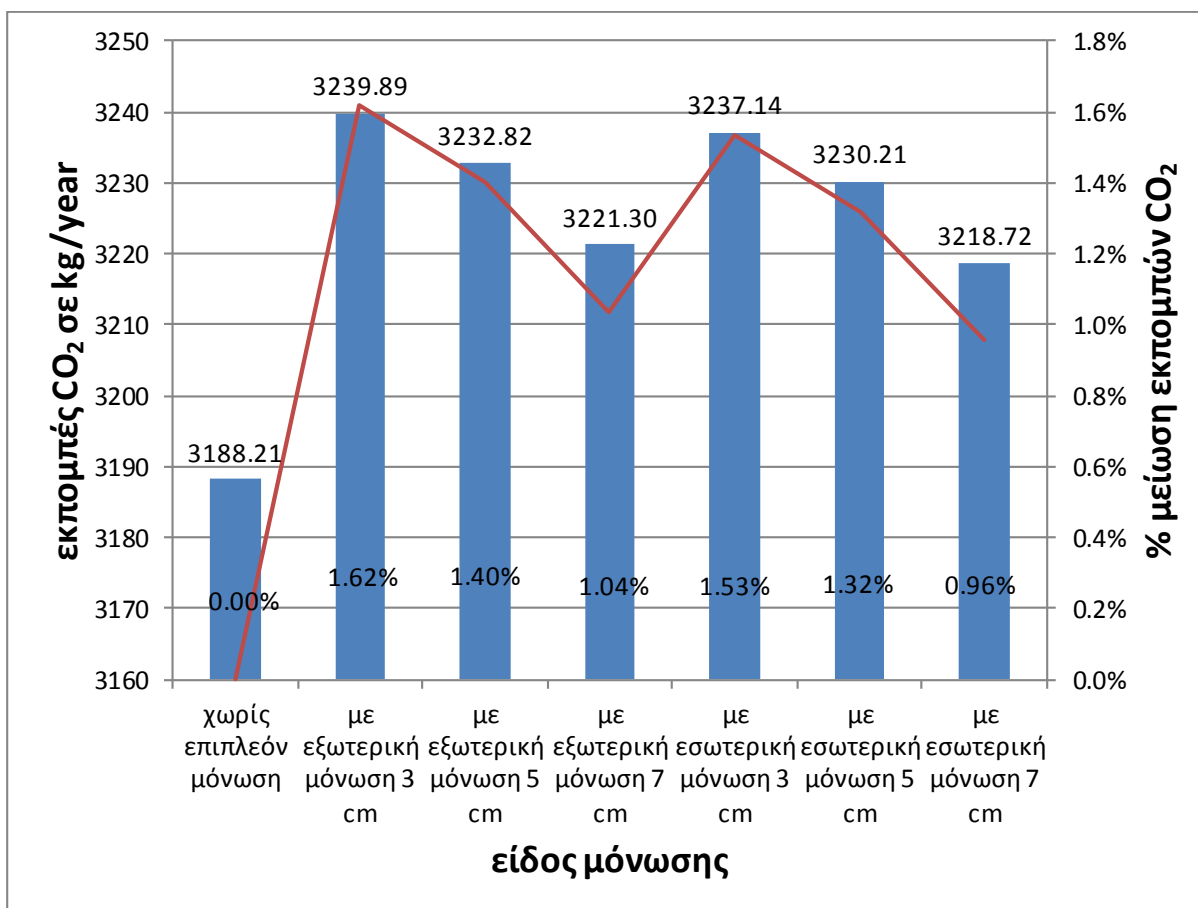
Διάγραμμα 17: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με προσθήκη μόνωσης



Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι **με οποιοδήποτε σενάριο προσθήκης μόνωσης RFDCK_ASHRAE** είτε εσωτερικής , είτε εξωτερικής, και οποιοδήποτε πάχους , **δεν επιτυγχάνεται εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο Z18**. Χωρίς την επιπλέον μόνωση η συνολικές απαιτήσεις σε πρωτογενή ενέργεια ήταν **4286.45 KWh**, ενώ με την προσθήκη μόνωσης 7cm (που από τα σενάρια που κάναμε είναι η καλύτερη δυνατή) έχουμε ετήσια **κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 4304.26 KWh**, δηλαδή **αύξηση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ίση με 0.42%**. άρα σε καμία περίπτωση **δεν μας συμφέρει η προσθήκη μόνωσης στο δωμάτιο Z18**.

10.5.3.1 Μείωση εκπομπών CO₂ για τις ανάγκες του χώρου ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

Διάγραμμα 18: Μείωση εκπομπών CO₂ στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με προσθήκη μόνωσης



Αντίστοιχα με την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας έτσι και για τις εκπομπές CO₂ είναι φανερό πως στο δωμάτιο ξεκούρασης των γιατρών δεν συμφέρει κανένα πάχος επιπλέον μόνωσης τόσο εξωτερικής, όσο και εσωτερικής.

10.6 Σενάρια αλλαγής λαμπτήρων

Κάναμε το σενάριο ότι αντικαθιστούμε τους υπάρχοντες λαμπτήρες στα 3 δωμάτια που εξετάζουμε, με λαμπτήρες LED που μπορούν να καταναλώσουν έως και 25% λιγότερη πρωτογενή ενέργεια από τα συνήθη τεχνητά φώτα. Πήραμε τα εξής αποτελέσματα, με δεδομένο ότι έχουμε το αρχικό κούφωμα και δεν έχουμε επιλέξει καμία προσθήκη μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους:

10.6.1 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων στο δωμάτιο των ασθενών (Z05)

Πίνακας 10 : Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών με αντικατάσταση λαμπτήρων

Z05	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (KWh)					
Λαμπτήρας/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟ ΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
LED	88.35	1266.91	1899.72	940.18	4195	12.91%
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	80.60	1263.5	2532.96	940.18	4817	0%

Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται καθαρά πως οι νέοι λαμπτήρες εξοικονομούν πολύ περισσότερη ενέργεια από αυτούς που είναι ήδη εγκατεστημένοι. Μπορεί οι ανάγκες για θέρμανση και για ψύξη να αυξάνονται ανεπαίσθητα ,8KWh και 3KW τον χρόνο αντίστοιχα, ωστόσο η πρωτογενής ενέργεια που εξοικονομείται αγγίζει τις 633KWh τον χρόνο κάτι που όχι απλά ισορροπεί την χασούρα , αλλά κάνει το σύστημά μας ενεργειακά πολύ αποδοτικότερο, εξοικονομώντας τελικά **622KWh τον χρόνο**, δηλαδή το **12.91%** της πρωτογενούς ενέργειας.

10.6.1.1 Μείωση των εκπομπών από την εγκατάσταση των νέων λαμπτήρων στο δωμάτιο των ασθενών (Z05)

Πίνακας 11 :Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο δωμάτιο των ασθενών από την αντικατάσταση λαμπτήρων

ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (kgCO₂)						
Λαμπτήρας/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
LED	23.15	1252.98	1878.82	929.84	4084.79	13.19%
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	21.12	1249.60	2505.10	929.84	4705.66	0.00%

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως η αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων στο δωμάτιο των ασθενών με λαμπτήρες LED μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ έως και 13.19%, δηλαδή **620.87 kgCO₂**

10.6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων στο γραφείο των γιατρών (Z13)

Πίνακας 12: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με αντικατάσταση λαμπτήρων

Z13	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (KWh)					
Λαμπτήρας/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜ ΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
LED	36.89	1173.83	1899.72	1011.01	4121.46	13.28%
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	34.3	1174.2	2532.96	1011.01	4752.5	0%

Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται καθαρά πως οι νέοι λαμπτήρες εξοικονομούν πολύ περισσότερη ενέργεια από αυτούς που είναι ήδη εγκατεστημένοι. Μπορεί οι ανάγκες για θέρμανση και για ψύξη να αυξάνονται ανεπαίσθητα , 2.5KWh και μείωση 0.5KW τον χρόνο αντίστοιχα, ωστόσο η πρωτογενής ενέργεια που εξοικονομείται αγγίζει τις 633KWh τον χρόνο κάτι που όχι απλά ισορροπεί την χασούρα , αλλά κάνει το σύστημά μας ενεργειακά πολύ αποδοτικότερο, εξοικονομώντας τελικά **631KWh τον χρόνο**, δηλαδή το **13.28% της πρωτογενούς ενέργειας**.

10.6.2.1 Μείωση των εκπομπών από την εγκατάσταση των νέων λαμπτήρων στο γραφείο των γιατρών (Z13)

Πίνακας 13: Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο γραφείο των γιατρών από την αντικατάσταση λαμπτήρων

ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (kgCO₂)						
Λαμπτήρας / κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
LED	9.66	1160.92	1878.82	999.89	4049.30	13.39%
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	8.98	1161.32	2505.10	999.89	4675.29	0.00%

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται η δυνατότητα να μειώσουμε τις εκπομπές έως και κατά 13.39% ή κατά 637.99 kgCO₂

10.6.3 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

Πίνακας 14: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με αντικατάσταση λαμπτήρων

Z18	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (KWh)					
Λαμπτήρας/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜ ΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
LED	43.72	1173.44	1899.7	144.13	3261.02	16.24%
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	38.5	1177.5	2532.96	144.13	3893.1	0%

Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται καθαρά πως οι νέοι λαμπτήρες εξοικονομούν πολύ περισσότερη ενέργεια από αυτούς που είναι ήδη εγκατεστημένοι. Μπορεί οι ανάγκες για θέρμανση και για ψύξη να αυξάνονται ανεπαίσθητα , 5KWh και μείωση 4KW τον χρόνο αντίστοιχα, ωστόσο η πρωτογενής ενέργεια που εξοικονομείται αγγίζει τις 633KWh τον χρόνο κάτι που όχι απλά ισορροπεί την χασούρα , αλλά κάνει το σύστημά μας ενεργειακά πολύ

αποδοτικότερο, εξοικονομώντας τελικά 632KWh τον χρόνο, δηλαδή το 16.24% της πρωτογενούς ενέργειας.

10.6.3.1 Μείωση των εκπομπών από την εγκατάσταση των νέων λαμπτήρων στο χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

Πίνακας 15: Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών από την αντικατάσταση λαμπτήρων

ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (kgCO₂)						
Λαμπτήρας / κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
LED	11.46	1160.54	1878.82	142.54	3193.36	16.45%
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	10.10	1164.55	2505.10	142.54	3822.29	0.00%

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται καθαρά πως με την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων με λαμπτήρες LED έχουμε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 682.96 kgCO₂/year ή κατά 16.45%.

10.6.4 Συμπεράσματα από την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων, με νέους ενεργειακούς λαμπτήρες

- Παρατηρούμε ότι η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας φτάνει το 12,91% έως και 16,24%. Σε αντίστοιχες τιμές κυμαίνεται και η μείωση εκπομπών CO₂.
- Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την λειτουργία των νέων λαμπτήρων είναι η ίδια σε όλα τα δωμάτια. Λογικό αφού και τα τρία δωμάτια έχουν τον ίδιο αριθμό λαμπτήρων και έχουν προσανατολισμό ανατολικό και δυτικό, κάτι που σημαίνει πως κανένα δεν έχει επιπλέον ενεργειακά κέρδη από το εξωτερικό περιβάλλον σε σχέση με τα υπόλοιπα.
- Σε όλα τα δωμάτια έχουμε περίπου τις ίδιες ανάγκες σε κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση
- Αυτό που τελικά κάνει την διαφορά είναι ότι στο γραφείο των γιατρών υπάρχουν πολλά ενεργειακά κέρδη από συσκευές, κάτι που μειώνει την συμμετοχή των λαμπτήρων στα

συνολικά ενεργειακά κέρδη του δωματίου. Ως αποτέλεσμα η αντικατάσταση των λαμπτήρων στο γραφείο των γιατρών γίνεται λιγότερο αποδοτική

10.7 Σενάρια αλλαγής συσκευών

Προχωρήσαμε σε σενάρια όπου υποθέσαμε πως αντικαθιστούμε τον υπάρχον εξοπλισμό των τριών δωματίων, με νέο που καταναλώνει 25% λιγότερη ενέργεια για την λειτουργία του από ότι ο σημερινό εξοπλισμός.

➤ Τα αποτελέσματα που πήραμε είναι τα εξής:

10.7.1 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των συσκευών στο δωμάτιο των ασθενών (Z05)

Πίνακας 16: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών με αλλαγή συσκευών

Z05	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ECO-ΣΥΣΚΕΥΩΝ (KWh)					
συσκευές/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜ ΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ECO- ΣΥΣΚΕΥΕΣ	117.50	1237.77	2533.0	705.135	4593.36	4.65%
ΠΑΛΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	80.6	1263.5	2533.0	1175.225	4817.2	0%

Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται καθαρά πως οι νέες συσκευές εξοικονομούν περισσότερη ενέργεια από αυτές που είναι ήδη εγκατεστημένοι. Μπορεί οι ανάγκες για θέρμανση να αυξάνονται κατά 37KWh και για ψύξη να μειώνονται κατά 27KWh τον χρόνο, ωστόσο η πρωτογενής ενέργεια που εξοικονομείται αγγίζει τις 470KWh τον χρόνο κάτι που όχι απλά ισορροπεί την χασούρα , αλλά κάνει το σύστημά μας ενεργειακά λίγο αποδοτικότερο από πριν, εξοικονομώντας τελικά **24KWh τον χρόνο**, δηλαδή το **4.65% της πρωτογενούς ενέργειας**.

10.7.1.1 Μείωση των εκπομπών CO₂ από την εγκατάσταση των νέων συσκευών στο δωμάτιο των ασθενών (Z05)

Πίνακας 17: Μείωση εκπομπών CO₂ στο δωμάτιο των ασθενών από την αλλαγή συσκευών

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ECO-ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kgCO₂)						
συσκευές/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
ECO- ΣΥΣΚΕΥΕΣ	30.78	1224.15	2505.10	697.38	4457.41	5.07%
ΠΑΛΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	21.12	1249.60	2505.10	919.61	4695.43	0.00%

Από την αντικατάσταση των συσκευών στο δωμάτιο των ασθενών έχουμε μικρή μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 5.07% ή κατά 238.02 kgCO₂/year

10.7.2 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των συσκευών στο γραφείο των γιατρών (Z13)

Πίνακας 18: Εξοικονόμηση ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με αλλαγή συσκευών

Z13	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ECO-ΣΥΣΚΕΥΩΝ (KWh)					
συσκευές/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟ ΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ECO- ΣΥΣΚΕΥΕΣ	53.14	1016.95	2532.96	758.26	4361.30	8.23%
ΠΑΛΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	34.3	1174.2	2532.96	1011.02	4752.5	0%

Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται καθαρά πως οι νέες συσκευές εξοικονομούν περισσότερη ενέργεια από αυτές που είναι ήδη εγκατεστημένοι. Μπορεί οι ανάγκες για θέρμανση να αυξάνονται κατά 19KWh και τον χρόνο, ωστόσο η πρωτογενής ενέργεια που εξοικονομείται για

ψύξη μειώνονται κατά 157KWh και από τις συσκευές αγγίζει τις 253KWh τον χρόνο κάτι που όχι απλά ισορροπεί την χασούρα , αλλά κάνει το σύστημά μας ενεργειακά λίγο αποδοτικότερο από πριν, εξοικονομώντας τελικά **391KWh τον χρόνο**, δηλαδή το **8.23%** της πρωτογενούς ενέργειας.

10.7.2.1 Μείωση των εκπομπών CO₂ από την εγκατάσταση των νέων συσκευών στο γραφείο των γιατρών (Z13)

Πίνακας 19: Μείωση εκπομπών CO₂ στο γραφείο των γιατρών από την αλλαγή συσκευών

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ECO-ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kgCO₂)						
συσκευές/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
ECO-ΣΥΣΚΕΥΕΣ	13.92	1005.76	2505.10	749.92	4274.70	8.57%
ΠΑΛΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	8.98	1161.32	2505.10	999.89	4675.29	0.0%

Από τον πίνακα 15 φαίνεται πως με την εγκατάσταση νέων συσκευών στο γραφείο των γιατρών έχουμε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 400.59 kg/year ή κατά 8.57%

10.7.3 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των συσκευών στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

Πίνακας 20: Εξοικονόμηση ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με αλλαγή συσκευών

Z18	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ECO-ΣΥΣΚΕΥΩΝ (KWh)					
συσκευές/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗ ΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ECO-ΣΥΣΚΕΥΕΣ	77.5	1075.9	2532.96	108.10	3830.6	1.61%
ΠΑΛΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	38.5	1177.5	2532.96	144.13	3893.1	0%

Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται καθαρά πως οι νέες συσκευές εξοικονομούν περισσότερη ενέργεια από αυτές που είναι ήδη εγκατεστημένοι. Μπορεί οι ανάγκες για θέρμανση να αυξάνονται κατά 35KWh και από τις συσκευές να αγγίζει τις 36KWh τον χρόνο, ωστόσο η πρωτογενής ενέργεια που εξοικονομείται για ψύξη μειώνεται κατά 98KWh τον χρόνο κάτι που όχι απλά ισορροπεί την χασούρα , αλλά κάνει το σύστημά μας ενεργειακά λίγο αποδοτικότερο από πριν, εξοικονομώντας τελικά **62.5KWh τον χρόνο**, δηλαδή το **1.61% της πρωτογενούς ενέργειας**.

10.7.3.1 Μείωση των εκπομπών CO₂ από την εγκατάσταση των νέων συσκευών στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών (Z18)

Πίνακας 21: Μείωση εκπομπών CO₂ στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών από την αλλαγή συσκευών

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ECO-ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kgCO₂)						
συσκευές/ κατανάλωση ενέργειας	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
ECO- ΣΥΣΚΕΥΕΣ	20.32	1064.08	2505.10	106.91	3696.41	3.29%
ΠΑΛΙΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	10.10	1164.55	2505.10	142.54	3822.29	0.00%

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται μικρή μείωση στις εκπομπές CO₂ από την αντικατάσταση των υπαρχόντων συσκευών με νέες στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών κατά 3.29% ή κατά 125.88 kg/year

10.7.4 Συμπεράσματα από την αντικατάσταση των συσκευών στα τρία δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής

Από τα αποτελέσματα που βλέπουμε στους παραπάνω πίνακες συμπεραίνουμε τα εξής:

- Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας που πετυχαίνουμε είναι πολύ μικρή και κυμαίνεται από 1,61% έως και 8,23%. Η μείωση των εκπομπών CO₂ κινείται σε αντίστοιχα ποσοστά , κάτι απολύτως λογικό.

- Αυτό είναι λογικό καθώς μπορεί οι συσκευές να λειτουργούν με 25% λιγότερη ενέργεια, ωστόσο τα ενεργειακά κέρδη από τις συσκευές αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών θερμικών κερδών που προέρχονται από τα φώτα και τους ανθρώπους
- Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας γίνεται για αντικατάσταση συσκευών στο γραφείο των γιατρών. Αυτό είναι λογικό καθώς εκεί υπάρχουν οι περισσότερες συσκευές (υπολογιστές, τηλεόραση)
- Κατά πάσα πιθανότητα, παίρνοντας υπ όψιν το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης η αντικατάσταση συσκευών ως σενάριο συμφέρει μόνο για το γραφείο των γιατρών

10.8 Σενάρια με προσθήκη σκιάστρων

10.8.1 Εξοικονόμηση ενέργειας από την προσθήκη σκιάστρου στο δωμάτιο των ασθενών

Πίνακας 22: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο δωμάτιο των ασθενών με προσθήκη σκιάστρου

Z05	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΣΤΑΣΗ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ (KWh)					
ΠΡΟΒΟΛΟΣ/ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	190.18	346.98	2532.96	940.18	4010.29	16.75%
ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	80.60	1263.50	2532.96	940.18	4817.24	0%

Από τον πίνακα 18 συμπεραίνουμε ότι η προσθήκη σκιάστρου στο δωμάτιο των ασθενών μπορεί να πετύχει έως και 16.75% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό προκύπτει κυρίως λόγω της μεγάλης εξοικονόμησης στην ψύξη που αγγίζει τις 916.5 KWh/year, τη στιγμή που έχουμε απώλειες κατά την θέρμανση που αγγίζουν της 110KWh/year. Ωστόσο το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο που προκύπτει είναι θετικό , στις 806.5 KWh/year

10.8.1.1 Μείωση των εκπομπών CO₂ στο δωμάτιο των ασθενών από την προσθήκη σκίαστρου

Πίνακας 23: Μείωση εκπομπών CO₂ στο δωμάτιο των ασθενών με προσθήκη σκίαστρου

Z05	ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΣΚΙΑΣΤΡΟΥ (kgCO₂)					
ΠΡΟΒΟΛΟΣ/ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	49.83	343.16	2505.10	929.84	3827.92	18.65%
ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	21.12	1249.60	2505.10	929.84	4705.66	0.00%

Από τον πίνακα παίρνουμε ότι με την προσθήκη σκίαστρου στο δωμάτιο των ασθενών πετυχαίνουμε μείωση εκπομπών CO₂ κατά 18.65% ή 877.74 kg/year

10.8.2 Εξοικονόμηση ενέργειας από την προσθήκη σκίαστρου στο γραφείο των γιατρών

Πίνακας 24: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο γραφείο των γιατρών με προσθήκη σκίαστρου

Z13	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΣΤΑΣΗ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ (KWh)					
ΠΡΟΒΟΛΟΣ/ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜ ΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	39.52	750.04	2532.96	1011.01	4333.53	8.82%
ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	34.29	1174.24	2532.96	1011.01	4752.50	0%

Από τον πίνακα 20 συμπεραίνουμε ότι η προσθήκη σκίαστρου στο δωμάτιο των ασθενών μπορεί να πετύχει έως και 8.82% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό προκύπτει κυρίως λόγω της μεγάλης εξοικονόμησης στην ψύξη που αγγίζει τις 475 KWh/year, τη στιγμή

που έχουμε απώλειες κατά την θέρμανση που αγγίζουν της 5KWh/year. Ωστόσο το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο που προκύπτει είναι θετικό , στις 470 KWh/year

10.8.2.1 Μείωση των εκπομπών CO₂ από την προσθήκη σκίαστρου στο γραφείο των γιατρών

Πίνακας 25: Μείωση εκπομπών CO₂ στο γραφείο των γιατρών με προσθήκη σκίαστρου

Z13	ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΣΚΙΑΣΤΡΟΥ (kgCO₂)					
ΠΡΟΒΟΛΟΣ/ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂
ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	10.35	741.78	2505.10	999.89	4257.13	8.94%
ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	8.98	1161.32	2505.10	999.89	4675.29	0.00%

Η προσθήκη σκίαστρου στο γραφείο των γιατρών μπορεί να πετύχει μείωση των εκπομπών CO₂ έως και 8.94% ή 418.16 kg σε ετήσια βάση, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που πήραμε από το μοντέλο μας.

10.8.3 Εξοικονόμηση ενέργειας από την προσθήκη σκίαστρου στο δωμάτιο ξεκούρασης των γιατρών

Πίνακας 26: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με προσθήκη σκίαστρου

Z18	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΣΤΑΣΗ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ (KWh)					
ΠΡΟΒΟΛΟΣ/ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΕΞΟΙΚΟΝΟΜ ΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	70.03	557.46	2532.96	144.13	3304.59	15.12%
ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	38.54	1177.50	2532.96	144.13	3893.13	0%

Από τον πίνακα 22 συμπεραίνουμε ότι η προσθήκη σκιάστρου στο δωμάτιο των ασθενών μπορεί να πετύχει έως και 15.12% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό προκύπτει κυρίως λόγω της μεγάλης εξοικονόμησης στην ψύξη που αγγίζει τις 620 KWh/year, τη στιγμή που έχουμε απώλειες κατά την θέρμανση που αγγίζουν της 31.5KWh/year. Ωστόσο το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο που προκύπτει είναι θετικό , στις 588.5 KWh/year

10.8.3.1 Μείωση των εκπομπών CO₂ από την προσθήκη σκιάστρου στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών

Πίνακας 27: Μείωση εκπομπών CO₂ στον χώρο ξεκούρασης των γιατρών με προσθήκη σκιάστρου

ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΣΚΙΑΣΤΡΟΥ (kgCO₂)						
ΠΡΟΒΟΛΟΣ/ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΦΩΤΑ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂
ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	18.35	551.33	2505.10	142.54	3217.32	15.83%
ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟ	10.10	1164.55	2505.10	142.54	3822.29	0.00%

Με την προσθήκη σκιάστρου στο δωμάτιο ξεκούρασης των γιατρών μπορούμε να πετύχουμε έως και 15.83% μείωση εκπομπών CO₂ ή 604.97 kgCO₂ τον χρόνο

10.8.4 Συμπεράσματα για το σενάριο προσθήκης σκιάστρων στα δωμάτια της παιδιατρικής κλινικής

- Συμπεραίνουμε ότι με την προσθήκη σκιάστρων πετυχαίνουμε εξοικονόμηση ενέργειας που κυμαίνεται από 8.82% έως 16.75%. Με αντίστοιχη διακύμανση στην μείωση των εκπομπών CO₂.
- Φαίνεται πως η εξοικονόμηση επιτυγχάνεται κυρίως λόγω της μείωσης των θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τους θερινούς μήνες που φτάνει και το 26.3% έως και το 72.5% ,με συνακόλουθη μείωση της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας από 450 έως 620 KWh/year.

- Ενώ έχουμε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στην ψύξη που αγγίζει στο δωμάτιο των ασθενών ακόμα και το 72%, το γεγονός ότι η κατανάλωση ενέργειας των λαμπτήρων φτάνει το 65% των ενεργειακών αναγκών για την λειτουργία του δωματίου , ενώ η ψύξη μόλις που αγγίζει το 8%, οδηγεί σε αντίστοιχα μικρή εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας
- Τέλος κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται αύξηση τόσο της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας , όσο και των εκπομπών CO₂. Αυτό είναι κάτι απόλυτα λογικό καθώς κατά τους χειμερινούς μήνες η ύπαρξη σκιάστρων μειώνει τα θερμικά κέρδη που είναι επιθυμητά από την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από τα κλιματιστικά για την θέρμανση του χώρου. Ωστόσο είναι αύξηση που θεωρείται αμελητέα και υπερκαλύπτεται εύκολα από την λειτουργία για ψύξη. Όπως και να έχει , ακόμα και αυτή η μικρή ενεργειακή επιβάρυνση μπορεί να αποφευχθεί με την τοποθέτηση σκιάστρων μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

11 Άλλοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας

Μπορεί στην παρούσα διπλωματική να εξετάσουμε μόνο συγκεκριμένες παρεμβάσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας, ωστόσο υπάρχουν πολλές ακόμα που αναφέρονται παρακάτω. Αυτές οι παρεμβάσεις δεν μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική τόσο λόγω έλλειψης χρόνου, όσο και λόγω του ότι δεν περιέχονται στην βιβλιοθήκη του TRNSYS.

11.1 Εξοικονόμηση ενέργειας με κουφώματα νέας τεχνολογίας που δεν είναι διαθέσιμα στην βιβλιοθήκη του TRNBuild

Ο ρόλος των προηγμένων υαλοπινάκων στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων και η συνακόλουθη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) τυγχάνει γενικής αναγνώρισης στις μέρες μας. Σύμφωνα με τις μελέτες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σχεδόν το 60% των κατοικιών στις ευρωπαϊκές χώρες έχουν ακόμα μόνωση παραθύρων με μονό τζάμι (SG). Αυτό οδηγεί σε υπερβολικές απώλειες θερμότητας και ως εκ τούτου αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Με την αναβάθμιση του γυαλιού U-value από 5.7 και 2.9 έως 1.6 W / m²K, το αντίστοιχο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας θα μπορούσε να φθάσει στο 1,1 MGJ (εκατομμύρια Giga τζάουλ) ή 26 εκατομμύρια TΠΠ (τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) ετησίως, ενώ η μείωση των εκπομπών CO₂ εκτιμάται σε 82 εκατομμύρια τόνους ετησίως.[16]

11.1.1 Ηλεκτροχρωμικά παράθυρα

Οι βιομηχανίες έχουν αναπτύξει διαφορετικούς τύπους διαφανών υλικών και ελαφριά συστήματα ελέγχου για τη βελτίωση του σχεδιασμού και της λειτουργίας των κτιρίων προκειμένου να επωφεληθούν πλήρως από το φως της ημέρας, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού, με δυνατότητα προσαρμογής τόσο της απόδοσης του φωτισμού, όσο και του εισερχόμενου φυσικού φωτός αναγνωρίζονται σήμερα ως πολύ σημαντικά σε μη οικιστικά κτίρια, καθώς ο τεχνητός φωτισμός είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας και μπορεί να επηρεάσει το μέγεθος του HVAC και τις μέγιστες τιμές ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια οι βιομηχανίες έχουν αναπτύξει ηλεκτροχρωμικές συσκευές και συστήματα ελέγχου του φωτισμού για την βελτίωση του σχεδιασμού και της λειτουργίας των κτιρίων, προκειμένου να επωφεληθούν πλήρως από το φως της ημέρας. Οι εγγενείς δυσκολίες στην ομοιόμορφη παραγωγή σταθερών υλικών για υαλοπίνακες, κατά τη διάρκεια πολλών χιλιάδων κύκλων παραγωγής, εμφανίζονται σήμερα να έχουν ξεπεραστεί από την αξιοποίηση μεταλλικών ανόργανων οξειδίων μεταπτώσεως (όπως το τριοξείδιο του βολφραμίου, WO_3). Διαφορετικά συστήματα παραθύρων με διπλά τζάμια, όπου χρησιμοποιήθηκαν συσκευές τριοξειδίου του βολφραμίου σε συνδυασμό με γυαλί χαμηλών εκπομπών, διατίθενται σήμερα στο εμπόριο σε διαφορετικά μεγέθη μέχρι περίπου $2m^2$. Ως εκ τούτου, η δυνατότητα να ενταχθούν διαφανή ηλεκτροχρωμικά υλικά σε παράθυρα κτιρίων, ως μέρος των συστημάτων ελέγχου του φωτισμού, είναι σήμερα μια πολύ ελπιδοφόρα προοπτική. [17]

11.1.1.1 Τα οφέλη απόδοσης των ηλεκτροχρωμικών παραθύρων

- ✓ Μείωση της ζήτησης ενέργειας για ψύξη τους καλοκαιρινούς μήνες με την μείωση των ενεργειακών κερδών από την ηλιακή θερμότητα (ειδικά σε ψυχρά κλίματα)
- ✓ Το χειμώνα γίνεται επιλογή ενός υαλοπίνακα εξαιρετικής μεταδοτικότητας (σε σύγκριση με συνηθισμένα τζάμια) για να επωφεληθούμε από την ελεύθερη ηλιακή θερμότητα για παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης (ιδιαίτερα σε μέτρια κλίματα)
- ✓ Μείωση της ζήτησης ενέργειας για τεχνητό φωτισμό, ενίσχυση παροχής φυσικού φωτός
- ✓ Βελτίωση της οπτικής άνεσης στο εσωτερικό, από τη μείωση της αντηλιάς, με σχετικά μειωμένη χρήση των παραδοσιακών συστημάτων σκίασης (τέντες, περσίδες, κλπ)

- ✓ Λειτουργία αυτόματου ελέγχου για "προσαρμογή" της διαπερατότητας των υαλοπινάκων σε απόκριση σε εξωτερικές, χρονικά μεταβαλλόμενες, καιρικές συνθήκες, αλλά και χειροκίνητου έλεγχου από τους χρήστες '
- ✓ Παροχή οπτικής επαφής μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων σε σχεδόν όλες τις καταστάσεις μετάδοσης θερμότητας (με τα σχετικά οφέλη για τους χρήστες), αλλά και διατήρηση της ιδιωτικής ζωής .[18]

Αυτά τα οφέλη αποδεικνύονται και από σχετική μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί, όπου συγκρίνονται κουφώματα με διπλά τζάμια και κουφώματα με τζάμια που είναι ενισχυμένα με V_2O_5 και WO_3 . Οι μεμβράνες V_2O_5 και WO_3 παρασκευάστηκαν με θερμική δέσμη ηλεκτρονίων και εξάτμιση δέσμης ηλεκτρονίων, αντίστοιχα. Μετρήθηκαν οι μέγιστες θερμοκρασίες κάτω από ηλιακή ακτινοβολία για βαμμένες και λευκασμένες ηλεκτροχημικές συσκευές, διπλά τζάμια και αέρα, και βρέθηκαν να είναι περίπου 63,63,53 και 36 °C αντίστοιχα . Τα ποσοστά αύξησης της θερμοκρασίας στην περίπτωση της πυκνότητας ισχύος για: βαμμένες, λευκασμένες συσκευές και διπλά τζάμια ήταν 0.051,0.049 και 0.041 °C / (W / m²), αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα φαίνεται η τεράστια επίδραση που έχει, στην εξοικονόμηση ενέργειας το λεπτό φιλμ που έχει ενισχυθεί από V_2O_5 και WO_3 . [19] Συμπεραίνουμε από τα στοιχεία ότι οι ηλεκτροχημικές συσκευές απορροφούν καλύτερα την ακτινοβολία, οπότε ειδικά την χειμερινή περίοδο μπορούμε να έχουμε αυξημένα ενεργειακά κέρδη και εξοικονόμηση ενέργειας, ρυθμίζοντας το φιλμ , μπορούμε να αυξήσουμε κατά τους θερινούς μήνες την αντανάκλαστικότητα και να πετύχουμε και πάλι μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. [20]

11.1.1.2 Ηλεκτροχρωμικά παράθυρα ενισχυμένα με τιτάνιο(Ti) και τριοξείδιο του βολφραμίου(WO_3)

Λεπτές μεμβράνες οξειδίου του πυριτίου με πρόσμιξη βολφραμίου έχουν κατατεθεί με μεταλλικό τιτάνιο και βολφράμιο υπό την παρουσία αργού και οξυγόνου. Η πίεση του θαλάμου οξυγόνου κυμαινόταν στο εύρος 1×10^{-3} έως 4×10^{-3} mbar διατηρώντας την ασθενή δύναμη του τιτανίου και βολφραμίου σταθερή στα 2(W/cm²) και 3(W/cm²)αντιστοίχως. Η επίδραση της πίεσης του θαλάμου οξυγόνου στις ηλεκτροχρωμικές ιδιότητες του τιτανίου με πρόσμιξη WO_3 έχει διερευνηθεί σε τρία βήματα. Πρώτον, οι ιδιότητες του υλικού της ταινίας ερευνήθηκαν από XRD, SEM, και φασματοφωτόμετρο UV-Vis το πάχος και οι οπτικές σταθερές υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις ανακλαστικότητας. Δεύτερον, η ηλεκτροχρωμική συμπεριφορά των ταινιών

χαρακτηρίζεται από κυκλική βολταμετρία (CV) με τη χρήση 1,0 M HCl ως ηλεκτρολύτη. Η οπτική διαφοροποίηση (ΔT) και αποδοτικότητα χρωματισμό (CE) του τιτανίου με πρόσμιξη λεπτού φιλμ οξειδίου του βολφραμίου αποτίθεται σε μία πίεση O₂ από 4 × 10⁻³ mbar βρέθηκε οι καλύτερες τυπικές τιμές να είναι: ΔT = 70% και CE = 66 cm²/C (σε λ = 550 nm). Τέλος, οι ηλεκτροχημικές συσκευές αποτελούνται από πέντε στρώματα (Glass / ITO / Ti: WO₃ / Ta₂O₅ / NiO / ITO) έχουν κατασκευαστεί και δοκιμαστεί. [21]

11.1.2 Έξυπνα παράθυρα με επίστρωση από διοξείδιο του βαναδίου (VO₂)

Τα “έξυπνα” παράθυρα με επιστρώσεις είναι κατασκευασμένα με τη χρήση λεπτού φιλμ διοξειδίου του βαναδίου (VO₂). Το λεπτό φιλμ VO₂ έχει νανοκρυσταλλική δομή και χαμηλή θερμοκρασία μεταβατικής φάσης η οποία είναι περίπου 35 °C. Αυτό το είδος του λεπτού φιλμ είναι υπέρυθρο και οπτικά διαφανές στη φάση ημιαγωγών σε χαμηλές θερμοκρασίες, και πολύ ανακλαστικό στη μεταλλική φάση σε υψηλές θερμοκρασίες. Με βάση την λεπτή μεμβράνη VO₂, έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί μία πολυστρωματική δομή για έξυπνο παράθυρο. Η πολυεπίπεδη δομή είναι οπτικά διαφανής για το ορατό φως είτε σε χαμηλές θερμοκρασίες είτε σε υψηλές θερμοκρασίες, και είναι διαφανής σε χαμηλές θερμοκρασίες και αδιαφανής σε υψηλές θερμοκρασίες για το υπέρυθρο φως, κάτι πολύ πρακτικό για την ρύθμιση της υπέρυθρης διαπερατότητας. Αυτός ο τύπος παραθύρου πολυστρωματικής δομής έχει όλες τις προοπτικές για να εφαρμοστεί σε έξυπνα πράσινα παράθυρα με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας .

Η δομή του “έξυπνου” παραθύρου: Αποτελείται από πέντε στρώματα συμπεριλαμβανομένου ενός γυάλινου υπόστρωματος, ένα στρώμα Al₂O₃, ένα ρυθμιστικό στρώμα Si₃N₄, ένα στρώμα λεπτού φιλμ VO₂, και ένα αντιανακλαστικό στρώμα SiO₂. Η αρχή λειτουργίας της πολυστρωματικής δομής μπορεί να εκφραστεί ως ακολούθως. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλή ,πάνω από τη θερμοκρασία φάσης-μετάπτωσης της μεμβράνης VO₂, η λεπτή ταινία VO₂ περνάει σε μεταλλική φάση και αποτυπώνει μία υπέρυθη απεικόνιση : κατάσταση "Off" που αφορά την κατάσταση της εξωτερικής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αντίθετα, η λεπτή ταινία VO₂ περνάει σε φάση ημιαγωγού και παρουσιάζει μία υπέρυθη απεικόνιση : κατάσταση "On" , όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή, κάτω από την θερμοκρασία φάσης-μετάβασης . Επιπροσθέτως, το ορατό φως μπορεί να περάσει μέσα από την πολυστρωματική δομή είτε σε χαμηλές θερμοκρασίες είτε σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι, η πολυεπίπεδη δομή του έξυπνου παραθύρου μπορεί να ρυθμίσει την υπέρυθη διαπερατότητα σε

λογικά επίπεδα για να διατηρήσει την εσωτερική θερμοκρασία. Μεταξύ των πέντε στρωμάτων και της δομής πολλών στρώσεων, οι οπτικές ιδιότητες του λεπτού φιλμ από VO₂ είναι ζωτικής σημασίας.[22]

Ακόμα μία άλλη τεχνική που έχει αναπτυχθεί είναι η ταινία με βάση διπλής στρώσης από VO₂- που περιέχει SiO₂ και TiO₂ (στρώματα αντανάκλασης). Αυτές οι διπλές στρώσεις μεμβρανών βελτιστοποιήθηκαν για τη βελτίωση της διαπερατότητας (Tlum) και την αποτελεσματικότητα μεταγωγής (DTsol). Το υπόστρωμα / VO₂ / TiO₂ με διπλή πολυεπίπεδη διάρθρωση έδειξε τη μεγαλύτερη βελτίωση με 21,2% σε Tlum (από 40,3% - 61,5%). Η διαπερατότητα (Tlum) θα μπορούσε να βελτιωθεί περαιτέρω έως και 84,8%, συνδυάζοντας φιλμ βελτιστοποίησης του πάχους και εναπόθεση αντανάκλαστικού στρώματος. Η αποτελεσματικότητα μεταγωγής DTsol (συνήθως κάτω του 10% για τις ενιαίες ταινίες VO₂) θα μπορούσε να βελτιωθεί με τη ρύθμιση της θέσης των κορυφών αντανάκλασης (η υψηλότερη DTsol ήταν 15,1%). Ένα δείγμα με ισορροπημένη Tlum και DTsol έδειξε Tlum περίπου 58% (20 °C) και 54% (90 °C), και DTsol του 10,9%. Το έργο αυτό είναι ένα σημαντικό τεχνικό επίτευγμα προς την πρακτική εφαρμογή του VO₂ σε έξυπνα παράθυρα.[23]

11.1.3 Αναστρέψιμα παράθυρα με διπλά τζάμια

Τα αναστρέψιμα παράθυρα με διπλά τζάμια είναι τα τελευταία χρόνια γεγονός. Στην πραγματικότητα, τα παράθυρα στην αγορά είναι συνήθως αναστρέψιμα σε μερικώς ανοιχτή θέση για τον καθαρισμό και τη μείωση του κόστους συντήρησης. Αλλά θα μπορούσαν επίσης να έχουν ένα θεμελιώδη ρόλο στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, εάν και εφόσον πραγματοποιηθεί με δύο διαφορετικά ήδη παραθύρων, ένα απορροφητικό και ένα καθαρό, και εάν θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως κλειστά παράθυρα και σε φυσιολογικές, αλλά και σε αντίστροφες θέσεις. Η θέση του υαλοπίνακα επηρεάζει τη θερμική συμπεριφορά του, εξοικονομώντας μια ποσότητα ενέργειας, αν η φιμέ επιφάνεια είναι στραμμένη προς τα μέσα τη θερινή περίοδο και προς τα έξω την χειμερινή. Το φιλτράρισμα της ηλιακής ακτινοβολίας στην πραγματικότητα απαιτείται κυρίως το καλοκαίρι, για να μειωθεί η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό περιβάλλον, ενώ θέλουμε θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα για να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση θέρμανσης, κάνοντας χρήση της ηλιακής ενέργειας.[24]

11.2 Άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας

Πέραν όσων έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής και όσων πραγματεύεται η δοσμένη διπλωματική, υπάρχουν και πολλές ακόμα τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας , μερικές εκ των οποίων αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω

11.2.1 Αεροτζέλ

Στα κτίρια, τα παράθυρα επηρεάζουν σημαντικά την ανάγκη θέρμανσης του χώρου και το εσωτερικού περιβάλλοντος, τόσο σε σχέση με τις εσωτερικές κλιματικές συνθήκες , όσο και με την οπτική ίνες εντός του κτιρίου. Προκειμένου να μειωθεί ο συντελεστής της μεταφοράς θερμότητας του παραθύρου, χρησιμοποιούμε αεροτζέλ. Το αεροτζέλ προσφέρει μερικές από τις χαμηλότερες τιμές θερμικής αγωγιμότητας για στερεό. Η αύξηση του κόστους της ενέργειας και της κατανάλωσης και οι αυξημένες περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν φέρει στην ημερήσια διάταξη την αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών θερμομόνωσης. Παρά τα προφανή τεχνικά πλεονεκτήματα του αεροτζέλ, η παραγωγή του ακόμα δεν έχει γενικευτεί στο εμπόριο. [2]

11.2.1.1 Τα πλεονεκτήματα των αεροτζέλ

Τα αεροτζέλ έχουν μεγάλη έκταση επιφανείας, χαμηλή πυκνότητα, υψηλό πορώδες, και άριστες ιδιότητες μόνωσης. Σχετικές μελέτες έχουν δείξει πως η ανάμειξη ευαίσθητης συγκολλητικής ουσίας και αεροτζέλ 10,15 και 20%, μπορεί να μειώσει την αισθητά την θερμική αγωγιμότητα των κουφωμάτων. Συγκεκριμένα με 10% μάζας αεροτζέλ σιλικόνης έχουμε μείωση θερμικής αγωγιμότητας 11%, με 15% μάζας αεροτζέλ σιλικόνης έχουμε 23% μείωση θερμικής αγωγιμότητας , ενώ σε μείγμα με 20% μάζας αεροτζέλ σιλικόνης έχουμε μείωση θερμικής αγωγιμότητας κατά 32%. Αυτό συμβαίνει επειδή το αεροτζέλ με πολλούς πόρους (αυτοί οι πόροι περιλαμβάνουν το 85,0 έως 99,8% του συνολικού όγκου του αεροτζέλ) δρα μονωτικά ως προς την θερμική αγωγιμότητα όσο το ποσοστό της μάζας του αεροτζέλ ως προς τον συνολικό όγκο του μείγματος αυξάνεται ποσοστιαία. [2]

11.2.2 Πράσινες προσόψεις και living walls

Η τεχνική κάλυψης του κελύφους ενός κτιρίου με πράσινους τοίχους θεωρείται βιώσιμη πρακτική κατασκευή. Ως πράσινος τοίχος μπορεί να χαρακτηριστεί μία πράσινη πρόσοψη ή ένας “living wall” (τοίχος από αναρριχώμενα φυτά) ανάλογα το σκοπό και τα χαρακτηριστικά τους. Οι living wall είναι κατασκευασμένοι με διαφορετικά στρώματα και μεταβλητά στυλ φύτευσης, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, τη λειτουργία του κτιρίου, και τις καιρικές συνθήκες.

Οι πράσινο τοίχοι μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: πράσινες προσόψεις και ζώντες τοίχους (living walls). Οι πράσινες προσόψεις είναι συστήματα στα οποία αναρριχώμενα φυτά ή κρεμαστοί θάμνοι καλλιεργούνται με τη χρήση ειδικών δομών υποστήριξης για να καλυφθεί μια επιθυμητή περιοχή. Τα φυτά μπορεί να τοποθετούνται απευθείας στο έδαφος, στη βάση της δομής, ή σε γλάστρες σε διαφορετικά ύψη της πρόσοψης. Οι πράσινες προσόψεις απλά βασίζονται στη χρήση των αναρριχώμενων φυτών χωρίς την πολυπλοκότητα των συστημάτων living walls. Τα οικολογικά οφέλη των πράσινων προσόψεων, όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, η θερμομόνωση, και η προστασία του κτιρίου, δεν είναι τόσο έντονα όσο είναι με τους ζώντες τοίχους. Η θερμική απόδοση των ζώντων τοίχων συμβάλλει στην ψύξη και στα μονωτικά οφέλη ενός κτιρίου. Το στρώμα αέρα ανάμεσα στην πρόσοψη και στον τοίχο έχει ένα μονωτικό αποτέλεσμα, το οποίο κάνει τον living wall να λειτουργεί ως ένα επιπλέον μονωτικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου. Το φαινόμενο του φωτοτροπισμού που δημιουργείται από τους ζώντες τοίχους μπορεί να εξασφαλίσει σημαντική επίδραση στην ψύξη του κτιρίου σε θερμότερα κλίματα. Από το ηλιακό φως που πέφτει πάνω στα φύλλα του living wall, 5% -30% ανακλάται, 5%-20% χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση, 10% -50% μετατρέπεται σε θερμότητα, 20%-40% χρησιμοποιείται για την εξατμισοδιαπνοή, και μόνο 5%-30% περνά μέσα από τα φύλλα.[25]. Είναι λοιπόν φανερό πως με μόνο το 5-30% τις ηλιακής ακτινοβολίας να φτάνει στο κέλυφος του κτιρίου, αυτή η τεχνική σε συνδυασμό με μία καλή μόνωση του κελύφους μπορεί να μειώσει σε συντριπτικό βαθμό τα ενεργειακά κέρδη, κάτι ιδιαίτερος επιθυμητό για την βελτίωση της θερμικής άνεσης και για την επίτευξη σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια που βρίσκονται σε θερμά κλίματα.

11.2.3 Συσκευές ανάκτησης θερμότητας

Διαφορετικοί τύποι των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας, όπως σωλήνες απαγωγής θερμότητας, ο περιστρεφόμενος τροχός, το περιστρεφόμενο πηνίο (run around coil), και η σταθερή πλάκα, έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση ενέργειας μεταξύ της τροφοδοσίας και της ροής του αέρα εξαγωγής.

Η συνολική απόδοση ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που περιλαμβάνουν την ιδιότητα του υλικού, την κατάσταση λειτουργίας, και την γεωμετρία του πυρήνα του εναλλάκτη θερμότητας.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά γεωμετρικά σχήματα αγωγών που από μετρήσεις έχει παρατηρηθεί ότι είναι οι πλέον αποδοτικοί. Οι γεωμετρίες αγωγού που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: ισόπλευρο τρίγωνο (Tri), κυκλική (Cyl), τετράγωνο (Squ), ορθογώνιο με αναλογία 1/2 (Rec (1/2)), 1.4 (Rec (1/4)), και 1/8 (Rec (1/8)). Κατά την ανάλυση, οι υδραυλικοί διάμετροι για όλα τα συγκρίσιμα σχήματα ποικίλουν από 5 mm έως 20 mm. [26]

11.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Ο κτιριακός κλιματισμός είναι υπεύθυνος για ένα μεγάλο ποσοστό του φαινομένου του θερμοκηπίου και της μείωσης του όζοντος, καθώς επιβλαβή ψυκτικά αέρια απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από τα συμβατικά συστήματα ψύξης. Η ανάγκη για την εφαρμογή προηγμένων νέων ιδεών για την κατασκευή των συστημάτων κλιματισμού είναι πιο κρίσιμη από ό, τι ποτέ. Τα ηλιακά συστήματα ψύξης (SCS) έχουν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά όπως νερό, ή διαλύματα ορισμένων αλάτων. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και ασφαλή για το περιβάλλον. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν, είτε ως αυτόνομα συστήματα ή με συμβατικά AC, για να βελτιωθεί η ποιότητα του εσωτερικού αέρα όλων των τύπων κτιρίων. Ο κύριος στόχος είναι να χρησιμοποιούνται τεχνολογίες "μηδενικών εκπομπών" για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών CO₂. Μεταξύ όλων, οι τεχνολογίες ψύξης και ψύξης απορρόφησης φαίνεται να έχουν ένα πολλά υποσχόμενο δυναμικό στην αγοράς.[27]

11.2.5 Συστήματα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ)

Ποιο συγκεκριμένα ο ρόλος προηγμένων συστημάτων όπως η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP) θεωρείται στη βιβλιογραφία (Ruan et al., 2009), δεδομένου ότι το σύστημα ΣΗΘ είναι μια ελκυστική επιλογή για μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα. Τέτοιου είδους τεχνολογία είναι το CHP (BCHP) μία τεχνολογία που κινείται στην περιοχή της ενεργειακής απόδοσης για νοσοκομεία, μέσω της αξιολόγησης και σύγκρισης των διαφόρων σεναρίων όσον αφορά τη σχέση θερμότητας – ισχύος με την εκτίμηση της συμβολής τους στην αποτελεσματικότητα χρήσης της ενέργειας, την εξοικονόμηση ενέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς και την οικονομική αποτελεσματικότητα. Τα αποτελέσματα διάφορων μελετών δείχνουν ότι **τα νοσοκομεία είναι τα πιο ελκυστικά κτίρια για BCHP** λόγω της σταθερής απαιτήσεως θερμικού φορτίου τους. Επιπλέον, ένα σύστημα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας υδροφόρου ορίζοντα (ATES) σε συνδυασμό με μια αντλία

θερμότητας έχουν εγκατασταθεί και παρακολουθούνται σε νοσοκομείο του Βελγίου. Η ενεργειακή ανάλυση έδειξε ότι η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας του συστήματος αντλίας θερμότητας είναι 71% μικρότερη σε σύγκριση με μια εγκατάσταση που βασίζεται σε κοινούς λέβητες αερίου και ψυκτικά μηχανήματα νερού [28]

11.2.6 Αντιμετώπιση θερμογεφυρών – ένα νέο μονωτικό επίστρωμα

Οι θερμογέφυρες είναι αδύναμες περιοχές του κελύφους του κτιρίου που μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το ενεργειακό φορτίο του κτιρίου.

Ο διαχωρισμός των τοίχων από τα αντίστοιχα παράθυρα οδηγεί στην παραγωγή τεσσάρων θερμογεφυρών (αριστερά, δεξιά, πάνω και κάτω άκρα).

Σύμφωνα με το Γαλλικό Επιστημονικό και Τεχνολογικό Κέντρο Κτιριακών Ερευνών (CSTB), **οι θερμογέφυρες μπορούν να αυξήσουν το θερμικό φορτίο ενός σπιτιού κατά 20%**. Για το πρόβλημα των θερμογεφυρών έχουν αναπτυχθεί καινοτόμες τεχνολογίες με εφαρμογή σε σύγχρονα κτίρια (για παράδειγμα, υλικά βασισμένα σε αεροπηκτώματα (silica aerogels), και οι μονώσεις κενού αέρος από διοξείδιο του πυριτίου).

Ένα παράδειγμα τέτοιας τεχνολογίας είναι η μονωτική επίστρωση με βάση το υπερ-μονωτικό υλικό: αεροπήκτωμα πυριτίου (silica aerogels) που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια (Αίτηση Ευρεσιτεχνίας WIPO WO / 2011/083174 που υποβλήθηκε τον Ιούλιο του 2011). Η εφεύρεση είναι μία γύψινη πλακέτα που μπορεί να εφαρμοστεί στην εξωτερική επιφάνεια ενός κτιρίου για την παραγωγή ενός θερμομονωτικού επιχρίσματος. Αποτελείται από νερό, ένα ορυκτό και / ή οργανικό υδραυλικό συνδετικό υλικό, ένα μονωτικό υλικό πληρώσεως που περιλαμβάνει σκόνη ή κόκκους υδρόφοβων ξηρογέλης πυριτίας (silica xerogel), και άλλα κατ'επιλογή πρόσθετα υλικά. Αυτή η επικάλυψη έχει αναπτυχθεί κυρίως για εξωτερικές επιφάνειες τοίχων των κτιρίων και μπορεί να έχει οποιοδήποτε πάχος. Ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται είναι μέσω ψεκασμού σε προσόψεις κτιρίων, που οδηγεί σε βάθος χρόνου και στην εξοικονόμηση κόστους. Μπορεί ακόμα να εφαρμοστεί κατά την κατασκευή του κτιρίου, όταν τα τούβλα είναι εκτεθειμένα. Η εφαρμογή σε αυτήν την περίπτωση γίνεται με ψεκασμό στις οπές των τούβλων εκείνων που είναι τοποθετημένα κάθετα ως προς την τοιχοποιία και έτσι διαμορφώνουν ένα είδος αγωγού που διευκολύνει την αγωγή θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό ή και αντίστροφα.

Περιπτώσεις μόνωσης των θερμογεφυρών:

1. Thermal bridge energy load

Με βάση έρευνα που έχει γίνει με την πρόσθεση για παράδειγμα 5 cm μόνωσης στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου η προσθήκη εσωτερικής μόνωσης μειώνει το ποσοστό συμβολής των θερμικών γεφυρών επί του συνολικού φορτίου ψύξης-θέρμανσης του σπιτιού :

- για την περίπτωση 'a': 3,5 εκ εξωτερική επίστρωση 3,7%, αντί του 7% για καμία επένδυση για τις θερμογέφυρες,
- 2,8% αντί του 4,5% για 1 εκατοστό επικάλυψης
- και 2,5% αντί 3,5% για 2 εκατοστά επίστρωση.

Επίσης, για την περίπτωση 'b' (7 εκατοστά εξωτερική επίστρωση) τα ποσοστά αυτά γίνονται:

- 6% αντί για 11%, χωρίς επικάλυψη
- 4,7% αντί του 7,7%, 1 cm επικάλυψης
- και 4,1% αντί 6,1%, , και 2 cm αντίστοιχα.

Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αύξηση του πάχους της εξωτερικής μόνωσης, οδηγεί σε αύξηση του κλάσματος των θερμογεφυρών ως προς τα συνολικά φορτία. Από την άλλη πλευρά, όταν προστίθεται μόνωση εσωτερικά, αυτό το κλάσμα μειώνεται επειδή η εσωτερική μόνωση λειτουργεί ως θερμική αντίσταση που καταστέλλει τη ροή θερμότητας της θερμικής γέφυρας. Όταν προστίθενται 1 ή 2 εκατοστά επικάλυψης στην θερμογέφυρα, το ετήσιο θερμικό φορτίο από την θερμογέφυρα μειώνεται σημαντικά (40-50%), όταν δεν υπάρχει εσωτερική μόνωση, ενώ δείχνει μια μικρότερη μείωση με την προσθήκη εσωτερικής μόνωσης (25-35%).[29]

11.2.7 Κυψέλη καυσίμου

Η κυψέλη καυσίμου με βάση το συνδυασμένο σύστημα θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (FCCHPS) έχει προσελκύσει την προσοχή ως ένα νέο ενεργειακό σύστημα ανανεώσιμων πηγών με μεγάλες δυνατότητες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, τα FCCHPS δεν έχει εφαρμοστεί ενεργά στον κατασκευαστικό τομέα. Υπάρχουν ωστόσο μελέτες που επιχειρούν την εφαρμογή των FCCHPS για τη στέγαση πολλών οικογενειών.[30]

11.2.8 RAMEE. Σύστημα ανάκτησης θερμότητας και υγρασίας

Ο Run-Around Membrane Energy Exchanger (RAMEE) είναι ένα νέο σύστημα ανάκτησης της θερμότητας και της υγρασίας που αποτελείται από δύο χωριστούς εναλλάκτες τροφοδοσίας και εξαγωγής σε συνδυασμό με ένα υδατικό διάλυμα ροής άλατος. Το διάλυμα άλατος μεταφέρει ενέργεια (θερμότητα και υγρασία) σε ένα κλειστό βρόχο μεταξύ του συστήματος εξαερισμού και του εξερχόμενου από το κτίριο αέρα. Η απόδοση του συστήματος είναι μία συνάρτηση του ρυθμού ροής του διαλύματος άλατος, του εξαερισμού και των κλιματολογικών συνθηκών. Η εξάρτηση της απόδοσης του συστήματος για την επίλυση του ρυθμού ροής και οι εξωτερικές συνθήκες απαιτούν την προσαρμογή του κατάλληλου ρυθμού ροής που δίνει η βέλτιστη απόδοση του συστήματος σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη εξωτερική κατάσταση. Μελέτη που έχει γίνει, έχει δείξει πως ο RAMEE μπορεί να μειώσει την ετήσια θερμική ενέργεια κατά 60% σε ψυχρά κλίματα και την ετήσια ενέργεια ψύξης κατά 15-20% σε ζεστά κλίματα. Η RAMEE έχει άμεση απόσβεση σε ψυχρά κλίματα και ένα 1/3 χρόνο απόσβεσης σε ζεστά κλίματα, ανάλογα με την πτώση πίεσης κατά μήκος των εναλλακτών. Τέλος, **η RAMEE μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO₂-ισοδύναμα) κατά 25% σε ψυχρά κλίματα και 10% ζεστά κλίματα.**[31]

12 Συζήτηση πάνω στα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης των εκπομπών CO₂

Από τα αποτελέσματα των σεναρίων που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια 10.1 έως 10.5 είναι παραπάνω από προφανές ότι η εξοικονόμηση ενέργειας και η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι εφικτή στο Νοσοκομείο Χανίων και πιο ειδικά στα τρία δωμάτια της Παιδιατρικής Κλινικής που εξετάσαμε.

Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι:

- ✓ Δεν μπορούμε να πετύχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα και για εξοικονόμηση ενέργειας και για μείωση των εκπομπών με την ίδια μέθοδο.
- ✓ Η πλέον αποδοτική μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας είναι η αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων με κουφώματα SHA2_AR_3 που πετυχαίνουμε εξοικονόμηση ενέργειας 16.7% - 24.8%

- ✓ 2^η αποδοτικότερη μέθοδος ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι η αντικατάσταση λαμπτήρων με λαμπτήρες LED που πετυχαίνουν μείωση κατά 12.91% έως και 16.24%
 - ✓ 3^η αποδοτικότερη μέθοδος ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι η προσθήκη σκιάστρων που πετυχαίνει μείωση κατά 8.82% έως και 18.65%. Ταυτόχρονα είναι και η μέθοδος που μειώνει περισσότερο από άλλες μεθόδους τις εκπομπές CO₂, κάτι απόλυτα λογικό αφού εμποδίζοντας μεγάλα ποσά της ηλιακής ακτινοβολίας να εισέλθουν μειώνεται πολύ η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από τα κλιματιστικά για ψύξη, ενώ ταυτόχρονα δεν καίει ρεύμα για την λειτουργία του
 - ✓ 4^η αποδοτικότερη μέθοδος ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι η αντικατάσταση των συσκευών με νέες που πετυχαίνουν μείωση 3.29% έως και 8.57%
 - ✓ Η λιγότερη αποδοτική μέθοδος ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι αυτή της προσθήκης μόνωσης 7cm στο εσωτερικό των εξωτερικών τοίχων που μειώνει την κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 0.28% έως και 1.34%.
 - ✓ Σε κάθε περίπτωση επιτυγχάνεται μία ικανοποιητική θερμική άνεση από τους χρήστες με τιμές να κυμαίνονται από -1.2 έως +2
-

12.1 Συγκεκριμένες προτάσεις για το κάθε δωμάτιο

Για κάθε δωμάτιο χωριστά φαίνεται πως οι βέλτιστες λύσεις είναι οι εξής:

1. Για το δωμάτιο των ασθενών:

- ✓ Αντικατάσταση του υπάρχοντος κουφώματος με το κούφωμα SHA2_AR_3
- ✓ Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος τεχνητού φωτισμού με λαμπτήρες τύπου LED
- ✓ Προσθήκη σκιάστρου

2. Για το γραφείο των γιατρών:

- ✓ Αντικατάσταση του υπάρχοντος κουφώματος με το κούφωμα SHA2_AR_3
- ✓ Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος τεχνητού φωτισμού με λαμπτήρες τύπου LED
- ✓ Αντικατάσταση των υπαρχόντων συσκευών με eco-συσκευές

3. Για τον χώρο ξεκούρασης των γιατρών:

- ✓ Αντικατάσταση του υπάρχοντος κουφώματος με το κούφωμα SHA2_AR_3

- ✓ Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος τεχνητού φωτισμού με λαμπτήρες τύπου LED
- ✓ Προσθήκη σκιάστρου

Τέλος η λύση της προσθήκης επιπλέον μόνωσης δεν προτείνεται σε καμία περίπτωση καθώς δεν προσφέρει σοβαρή μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας , ενώ ταυτόχρονα μπορεί να οδηγήσει έστω και οριακά στην αύξηση των εκπομπών CO₂ , ειδικά αν πάρουμε υπ όψιν μας ανθρώπινα λάθη που μπορούν να υπάρξουν όπως κακοτεχνίες κ.α.

Πίνακας 28: Επίτευξη βέλτιστης εξοικονόμησης ενέργειας και εκπομπών CO₂ σε κάθε δωμάτιο με την εφαρμογή της κάθε τεχνικής

Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακής απόδοσης των διαφόρων μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας που δοκιμάστηκαν

	Αλλαγή κουφώματος		προσθήκη επιπλέον μόνωσης		αντικατάσταση με λαμπτήρες LED		αντικατάσταση με eco- συσκευές		προσθήκη σκιάστρου	
Δωμάτιο	μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	μείωση εκπομπών CO ₂	μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	μείωση εκπομπών CO ₂	μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	μείωση εκπομπών CO ₂	μείωση κατανάλω- σης πρωτογενο- ύς ενέργειας	μείωση εκπομπών CO ₂	μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	μείωση εκπομπών CO ₂
ασθενών	-24.80%	-9.04%	-2.60%	-1.34%	-12.91%	-13.19%	-4.65%	-5.07%	-6.57%	-18.65%
γραφείο γιατρών	-20.30%	-10.43%	-0.41%	-0.28%	-13.28%	-13.39%	-8.23%	-8.57%	-8.82%	-8.94%
χώρος ξεκούρασ- ης γιατρών	-16.70%	-8.90%	Χ	Χ	-16.24%	-16.45%	-1.61%	-3.29%	-15.12%	-15.83%

12.2 Προτάσεις για την συνέχεια

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μία προσπάθεια να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπών CO₂ με την χρήση διαφόρων τεχνικών. Ωστόσο τα αποτελέσματα δεν χρήζουν ακόμα τελικής εφαρμογής. Για τον λόγο αυτό παρακάτω προτείνονται κάποιες περαιτέρω ενέργειες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε τελική πρακτική εφαρμογή των παραπάνω αποτελεσμάτων. Οπότε προτείνουμε:

- Διενέργεια οικονομικής μελέτης που θα μας δώσει ένα μέγιστο όριο όσον αφορά το κόστος των παρεμβάσεων για κάθε δωμάτιο
- Με βάση αυτό το μέγιστο κόστος να πραγματοποιηθούν συνδυαστικά σενάρια για το κάθε δωμάτιο
- Με αυτόν τον τρόπο θα μπορέσουμε να έχουμε την τελική εφαρμογή καθώς υπάρχουν τεχνικές που στον συνδυασμό τους επηρεάζει η μία την απόδοση της άλλης. Για παράδειγμα αν προσθέσουμε σκίαστρα , η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που περνάει μπορεί να αχρηστεύσει ουσιαστικά ένα νέο κούφωμα, καθώς θα δέχεται πολύ μικρά ποσά ηλιακή ακτινοβολίας. Με αυτόν τον τρόπο ο χρόνος απόσβεσης της αγοράς και εγκατάστασής του θα είναι πολύ μεγάλος και άρα δεν θα συμφέρει οικονομικά.
- Ανάπτυξη αλγορίθμων ελέγχου, που να ελέγχουν την λειτουργία των τεχνητού φωτισμού ανάλογα την παρουσία ανθρώπων στο χώρο και την ώρα. Ακόμα για τον έλεγχο της λειτουργία των παραθύρων

Βιβλιογραφία

- [1] A. Uihlein and P. Eder, “Policy options towards an energy efficient residential building stock in the EU-27,” *Energy Build.*, vol. 42, no. 6, pp. 791–798, Jun. 2010.
- [2] J. Cha, S. Kim, K.-W. Park, D. R. Lee, J.-H. Jo, and S. Kim, “Improvement of window thermal performance using aerogel insulation film for building energy saving,” *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 116, no. 1, pp. 219–224, Nov. 2013.
- [3] Y. Wang, K. K. L. Wong, H. Du, J. Qing, and J. Tu, “Design configuration for a higher efficiency air conditioning system in large space building,” *Energy Build.*, vol. 72, pp. 167–176, Apr. 2014.
- [4] A. Teke and O. Timur, “Assessing the energy efficiency improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 33, pp. 224–235, May 2014.
- [5] T. Mechanism and P. H. Sector, ““ Κατανάλωση Ενέργειας στα Δημόσια Νοσοκομεία 1 ,”” pp. 1–15.
- [6] F. Ascione, N. Bianco, R. F. De Masi, and G. P. Vanoli, “Rehabilitation of the building envelope of hospitals: Achievable energy savings and microclimatic control on varying the HVAC systems in Mediterranean climates,” *Energy Build.*, vol. 60, pp. 125–138, May 2013.
- [7] D. H. W. Li, L. Yang, and J. C. Lam, “Zero energy buildings and sustainable development implications – A review,” *Energy*, vol. 54, pp. 1–10, Jun. 2013.
- [8] C. a. Balaras, E. Dascalaki, and A. Gaglia, “HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms,” *Energy Build.*, vol. 39, no. 4, pp. 454–470, Apr. 2007.
- [9] Υ. Υ. και Κοινωνικής and Αλληλεγγύης, “ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ,” 2010.
- [10] “Θερμομόνωση (Σημαντικός παράγοντας στην Οικολογική Δόμηση) Πως δημιουργούνται οι απώλειες θερμότητας μιας κατοικίας Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διάφορων τεχνικών θερμομόνωσης.”
- [11] a Pourshaghaghly and M. Omidvari, “Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model,” *Appl. Ergon.*, vol. 43, no. 6, pp. 1089–95, Nov. 2012.
- [12] F. Azizpour, S. Moghimi, C. H. Lim, S. Mat, E. Salleh, and K. Sopian, “A Thermal Comfort Investigation of a Facility Department of a Hospital in Hot-Humid Climate: Correlation between Objective and Subjective Measurements,” *Indoor Built Environ.*, vol. 22, no. 5, pp. 836–845, Sep. 2012.

- [13] “Εθνική επιτροπή Κύπρου ‘ Περιβάλλον και υγεία του παιδιού’_Γενικό Χημείο του Κράτους,” 2012.
- [14] J. Shultz and L. Witmer, “IMPACT OF SHADE ON HVAC ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS : A RESIDENTIAL CASE STUDY.”
- [15] J. Yao, “Determining the energy performance of manually controlled solar shades: A stochastic model based co-simulation analysis,” *Appl. Energy*, vol. 127, pp. 64–80, Aug. 2014.
- [16] S. Papaefthimiou, E. Syrrakou, and P. Yianoulis, “An alternative approach for the energy and environmental rating of advanced glazing: An electrochromic window case study,” *Energy Build.*, vol. 41, no. 1, pp. 17–26, Jan. 2009.
- [17] F. Gugliemetti and F. Bisegna, “Visual and energy management of electrochromic windows in Mediterranean climate,” *Build. Environ.*, vol. 38, no. 3, pp. 479–492, Mar. 2003.
- [18] A. Piccolo, “Thermal performance of an electrochromic smart window tested in an environmental test cell,” *Energy Build.*, vol. 42, no. 9, pp. 1409–1417, Sep. 2010.
- [19] S. N. Alamri, “The temperature behavior of smart windows under direct solar radiation,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 93, no. 9, pp. 1657–1662, Sep. 2009.
- [20] S. Review, “Developing Low-conductance Window,” 2008.
- [21] A. Karupphasamy and A. Subrahmanyam, “Studies on electrochromic smart windows based on titanium doped WO₃ thin films,” *Thin Solid Films*, vol. 516, no. 2–4, pp. 175–178, Dec. 2007.
- [22] X. Chen, Q. Lv, and X. Yi, “Smart window coating based on nanostructured VO₂ thin film,” *Opt. - Int. J. Light Electron Opt.*, vol. 123, no. 13, pp. 1187–1189, Jul. 2012.
- [23] Z. Chen, Y. Gao, L. Kang, J. Du, Z. Zhang, H. Luo, H. Miao, and G. Tan, “VO₂-based double-layered films for smart windows: Optical design, all-solution preparation and improved properties,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 95, no. 9, pp. 2677–2684, Sep. 2011.
- [24] F. Gugliemetti and F. Bisegna, “Saving energy in residential buildings: The use of fully reversible windows,” *Energy*, vol. 32, no. 7, pp. 1235–1247, Jul. 2007.
- [25] H. Feng and K. Hewage, “Lifecycle assessment of living walls: Air purification and energy performance,” *J. Clean. Prod.*, vol. 69, pp. 91–99, Apr. 2014.
- [26] X. P. Liu and J. L. Niu, “An optimal design analysis method for heat recovery devices in building applications,” *Appl. Energy*, vol. 129, pp. 364–372, Sep. 2014.

- [27] T. Tsoutsos, E. Aloumpi, Z. Gkouskos, and M. Karagiorgas, “Design of a solar absorption cooling system in a Greek hospital,” *Energy Build.*, vol. 42, no. 2, pp. 265–272, Feb. 2010.
- [28] D. Kolokotsa, T. Tsoutsos, and S. Papantoniou, “Energy conservation techniques for hospital buildings,” *Adv. Build. Energy Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 159–172, May 2012.
- [29] M. Ibrahim, P. H. Biwale, E. Wurtz, and P. Achard, “Limiting windows offset thermal bridge losses using a new insulating coating,” *Appl. Energy*, vol. 123, pp. 220–231, Jun. 2014.
- [30] T. Hong, D. Kim, C. Koo, and J. Kim, “Framework for establishing the optimal implementation strategy of a fuel-cell-based combined heat and power system: Focused on multi-family housing complex,” *Appl. Energy*, vol. 127, pp. 11–24, Aug. 2014.
- [31] M. Rasouli, S. Akbari, C. J. Simonson, and R. W. Besant, “Energetic, economic and environmental analysis of a health-care facility HVAC system equipped with a run-around membrane energy exchanger,” *Energy Build.*, vol. 69, pp. 112–121, Feb. 2014.