



TEI of Crete
Technological Educational Institute of Crete

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Ενεργειακή Απόδοση σε Εμπορικά Κτήρια”

Συλλιγνάκης Στέφανος

ΕΠΙΒ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΣΑΚΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2016

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών, του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηρακλείου Κρήτης. Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα είχε ολοκληρωθεί δίχως την συμβολή και την πολύτιμη βοήθεια ορισμένων ατόμων, τα οποία θέλω να ευχαριστήσω.

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σακκά Νικόλαο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου το θέμα και για όλη την πολύτιμη καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστούσα όλους τους εκάστοτε καθηγητές μου, που μου μετέδωσαν τουλάχιστον τις απαραίτητες γνώσεις για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για όλη την βοήθεια που μου πρόσφερε όλα αυτά τα χρόνια, είτε αυτή ήταν οικονομική, είτε ψυχολογική, δίνοντάς μου κουράγιο να υλοποιήσω τους στόχους μου και να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

Ηράκλειο 2016
Συλλιγνάκης Στέφανος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ζήτηση για ενέργεια συνεχώς αυξάνεται, η οποία απαιτεί την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Αλλαγές έχουν γίνει για να κάνουν τα κτίρια περισσότερο ενεργειακά αποδοτικά. Για να καταλάβει κανείς την χρησιμοποίηση ενέργειας στα κτήρια χρειάζεται να έχει μια γενική εικόνα στο ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται και στους διάφορους τύπους καυσίμων που χρησιμοποιούνται. Τα κτίρια που μπορούν να βοηθήσουν αξιοποιώντας την ενεργειακή τους ζήτηση μέσω της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας θα βοηθούσαν στο να μειωθεί η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από το κτίριο. Ως εκ τούτου, για να πετύχει η ανάπτυξη μιας βιώσιμης κοινωνίας τα κτίρια θα πρέπει πάντα να βελτιώνονται, καθώς βελτιώνεται και η τεχνολογία.

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι το να αποκτήσει μια σαφή κατανόηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και ειδικότερα στα εμπορικά κτίρια περιγράφοντας την πιο εφικτή τεχνική ανανεώσιμων μορφών ενέργειας που πρέπει να ληφθούν σε εμπορικά κτήρια. Υπάρχει μεγάλο εύρος από διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα σε εμπορικά κτήρια, εκ των οποίων μερικές είναι αντιφατικές.

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διαθέσιμες προς το παρόν, από τις οποίες κάποιες έχουν επιτύχει και κάποιες όχι. Για παράδειγμα, στα εμπορικά κτήρια η υπερθέρμανση είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί, οι διάφορες μελέτες περιπτώσεων που υπάρχουν θα βοηθήσουν στην αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων της κάθε τεχνολογίας, και σε πόσο μεγάλο βαθμό τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, η κατασκευή και η μετέπειτα χρήση, έχουν αντίκτυπο.

Ως εκ τούτου, ο στόχος είναι να κατασκευαστεί μια επισκόπηση των πιο πρόσφατων διαβουλεύσεων σχετικά με το ποιες είναι οι τρέχουσες τάσεις στο να γίνουν τα κτίρια πιο έξυπνα, αυτάρκη και στο τι θα μπορούσε να γίνει ώστε να γίνουν τα κτήρια περισσότερο βιώσιμα. Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου θα έχει στιγμιαία επίδραση στην μεταπώληση και στο εισόδημα ενοικίου. Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων θα συζητηθεί αργότερα σε συγκεκριμένα κεφάλαια αυτής της διπλωματικής.

Abstract

The demand for energy keeps rising which requires the generation of vast amounts of electricity. Changes have been made to make buildings more energy efficient. Understanding the use of energy in buildings requires an insight into the amounts of energy consumed and the different types fuels used. Buildings that could help contribute to their energy demand through the generation of renewable energy would help reduce the amounts of Carbon Dioxide (CO^2) produced by the building. Hence to succeed in developing a sustainable society buildings will always need to be improved as technology improves.

The objective of this dissertation is to obtain a clear understanding of energy efficiency in buildings and specifically in commercial buildings outlining what would be the most feasible renewable technique to be adopted in commercial buildings, although there is a large amount of information available about energy efficiency in commercial buildings of which some are contradictory.

There are many renewable technologies available at present, of which some had succeeded and other didn't, succeeded in a sense of acceptability from the consumer of the building, for example in commercial buildings overheating is an issue that has to be tackled, the different case studies provided will assist in evaluating the benefits of each technology and to what extent it made an impact on the design features, construction and subsequent use.

Therefore the aim is to construct a review of the most recent consultations on what are the current trends achieved towards making buildings more intelligent, self-sufficient and what could be done to make buildings more sustainable. The energy performance of a building will directly impact on the resale and rental income of the building. The energy performance of buildings will be discussed in later chapters of this dissertation.

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Εισαγωγή και Ιστορικό	11
1.2 Ενεργειακή Απόδοση	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗ ΚΤΙΡΙΑ.	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Ενεργειακή Απόδοση σε Εμπορικά Κτίρια.....	14
2.2.1 Διατήρηση της Ενέργειας.....	15
2.2.2 Η Αύξηση στη Χρήση Ενέργειας στον Αναπτυγμένο Κόσμο	16
2.2.3 Χρήση της Ενέργειας σε Ζεστά Κλίματα/ Χώρες υπό Ανάπτυξη.....	17
2.2.4 Ικανοποίηση της Ανάγκης για Εξοικονόμηση Ενέργειας	18
2.3 Ενεργειακή Απόδοση	19
2.3.1 Κατανάλωση Ενέργειας.....	19
2.3.2 Δομικές Διατάξεις.....	20
2.4 Ενεργειακή Πολιτική της Ε.Ε.: Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων	21
2.4.1 Σύσταση.....	21
2.4.2 Υλοποίηση	21
2.5 Θέματα Οικοδομικού Υφάσματος	22
2.5.1 Χειμώνας Έναντι Καλοκαίρι Τιμές-R.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΝ ΕΝΕΡΓΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	25
3.1 Μικρής Κλίμακας Ολοκληρωμένες Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών	25
3.1.1 Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	25
3.1.1.1 Η Oberlin College Μελέτη Περίπτωσης	27
(i) Συστήματα Δόμησης.....	30
(ii) Ενέργεια.....	30
(iii) Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα	32
(iv) Ανάκτηση Θερμότητας	32
(v) Μόνωση και Παράθυρα	33
3.1.2 Οφέλη από Φωτοβολταϊκά Συστήματα	33
3.2 Τοπική Παραγωγή Ενέργειας.....	34
3.2.1 Ηλιακή Θέρμανση Νερού.....	34

3.2.2 Διακλαδικές Ανεμογεννήτριες	35
3.2.3 Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (CHP).....	36
(a) Micro CHP	37
(β) Μικρής Κλίμακας CHP	37
(γ) Μεγάλης Κλίμακας CHP	37
3.3 Σύνοψη.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	39
4.1 Σχεδιασμός Κτιρίων	39
4.2 Χρήση Παθητικών Συστημάτων Ανανεώσιμης Ενέργειας σε Κτίρια	40
4.2.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Ενέργειας.....	40
4.2.2 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης	40
4.2.2.1 Γενικά	40
4.3 Άμεσα και Έμμεσα Συστήματα Απολαβής	42
4.3.1 Άμεσης Απολαβής	42
4.3.2 Έμμεσης Απολαβής	44
4.3.3 Μελέτες Περιπτώσεων.....	45
4.3.3.a The Wallasey School Case Study	46
4.4 Παθητική Ηλιακή Ψύξη.....	50
4.4.1 Φυσικός Αερισμός.....	51
4.4.2 Υψηλή Θερμική Μάζα	51
4.4.3 Υψηλή Θερμική Μάζα με Νυχτερινό Αερισμό	51
4.4.4 Ψύξη με Εξάτμιση.....	51
4.4.5 Μελέτες Περιπτώσεων	52
4.4.5.1 Το Κτίριο Queens, Πανεπιστήμιο De Montfort	52
4.4.5.1a Κεντρικό Κτίριο	53
4.4.5.1b Μηχανικά Εργαστήρια.....	54
4.4.5.1c Ηλεκτρικά Εργαστήρια	55
4.4.5.1d Στρατηγικές Εξυπηρέτησης	55
(i) Εξαερισμός	56
(ii) Ημερήσιος Φωτισμός	57
4.4.5.2 Κτίριο Υπηρεσιών.....	57
4.4.5.2a Χώρος Θέρμανσης και Ζεστού Νερού Χρήσης.....	57
4.4.5.2b Ηλεκτροφωτισμός.....	57
4.4.5.2c Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (BEMS)	57

4.4.5.2d Χρήση Ενέργειας.....	58
4.4.5.2e Κόστος.....	59
4.5 Φωτισμός Ημέρας.....	61
4.6 Περίληψη	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	63
5.1 Τύποι Συστήματος.....	63
5.1.1 Κεντρικά Συστήματα.....	63
5.1.2 Τυποποιημένα Συστήματα	65
5.1.3 Αυτόνομος Κλιματισμός Δωματίου	67
5.2 Εξοπλισμός.....	67
5.2.1 Μονάδες Διαχείρισης του Αέρα.....	68
5.2.2 Τερματικές Μονάδες.....	71
5.2.3 Ανεμιστήρες Εξάτμισης	72
5.2.4 Αντλίες	73
5.2.5 Πύργοι Ψύξης.....	74
5.2.6 Λοιπός Εξοπλισμός	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ, ΑΡΧΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ	77
6.1 Γενική Επισκόπηση	77
6.2 Τμηματοποίηση Κτιριακού Αποθέματος	79
6.2.1 Μεταβλητές Τμηματοποίησης	80
6.2.2 Γεωγραφική / Κλιματική Τμηματοποίηση.....	83
6.2.3 Μεθοδολογία Κατάτμησης	84
6.2.4 Αποτελέσματα Κατάτμησης.....	87
6.2.5 Βελτιώσεις Κατάτμησης	88
6.3 Θερμικά Φορτία Κτιρίου.....	89
6.4 Μοντελοποίηση Συστήματος Δόμησης	89
6.4.1 Σχεδιασμός Φορτίων Ισχύς Εισόδου	90
6.4.2 Πλήρες Φορτίο, Αποτελεσματικές Ώρες	90
6.5 Αποτελέσματα Χρήσης Ενέργειας	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΙΑ ΠΙΟ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ	97
7.1 Προσαρμοζόμενοι και Ασαφής Αλγόριθμοι Ελέγχου.....	100
7.1.1 Συνοπτική Παρουσίαση.....	100
7.1.2 Ιστορικό	101
7.1.3 Απόδοση.....	103

7.1.4 Κόστος	103
7.1.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	104
7.1.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	104
7.2 Ειδικά Εξωτερικά Συστήματα Αέρα, DOAS	104
7.2.1 Συνοπτική παρουσίαση	104
7.2.2 Ιστορικό	105
7.2.3 Απόδοση	108
7.2.4 Κόστος	109
7.2.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	109
7.2.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	109
7.3 Εξαερισμός Εκτόπισης	110
7.3.1 Συνοπτική παρουσίαση	110
7.3.2 Ιστορικό	111
7.3.3 Απόδοση	114
7.3.4 Κόστος	116
7.3.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	117
7.3.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	117
7.4 Ηλεκτρονική Μεταγωγή Κινητήρων με Μόνιμους Μαγνήτες	117
7.4.1 Συνοπτική παρουσίαση	117
7.4.2 Ιστορικό	118
7.4.3 Απόδοση	119
7.4.4 Κόστος	121
7.4.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	123
7.4.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	123
7.5 Ενθαλπία/Ανάκτηση Ενέργειας από Εναλλάκτες Θερμότητας για Εξαερισμό	123
7.5.1 Περιγραφή	123
7.5.3 Ιστορικό	124
7.5.3 Απόδοση	127
7.5.4 Κόστος	128
7.5.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	128
7.5.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	129
7.6 Αντλίες Θερμότητας για Ψυχρά Κλίματα	129
7.6.1 Περιγραφή	129
7.6.2 Ιστορικό	130

7.6.3 Απόδοση	133
7.6.4 Κόστος	133
7.6.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	134
7.6.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	134
7.7 Βελτιωμένη Στεγανοποίηση Αγωγών	135
7.7.1 Περιγραφή.....	135
7.7.2 Ιστορικό	136
7.7.3 Απόδοση.....	136
7.7.4 Κόστος	137
7.7.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	137
7.7.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	138
7.8 Αποξηραντικά Υγρά Κλιματιστικών	138
7.8.1 Περιγραφή.....	138
7.8.2 Ιστορικό	140
7.8.3 Απόδοση.....	143
7.8.4 Κόστος	144
7.8.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	144
7.8.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	144
7.9 Εναλλάκτες Θερμότητας Μικροδιαύλων.....	144
7.9.1 Περιγραφή.....	145
7.9.2 Ιστορικό	145
7.9.3 Απόδοση.....	147
7.9.4 Κόστος	149
7.9.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	149
7.9.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	150
7.10 Μικροπεριβάλλοντα	150
7.10.1 Περιγραφή.....	150
7.10.2 Ιστορικό	151
7.10.3 Απόδοση.....	154
7.10.4 Κόστος	155
7.10.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	155
7.10.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	155
7.11 Ακτινοβολούμενη Ψύξη Οροφής.....	156
7.11.1 Περιγραφή.....	156

7.11.2 Ιστορικό	157
7.11.3 Απόδοση	158
7.11.4 Κόστος	160
7.11.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	160
7.11.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	160
7.12 Μικρότεροι Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές	161
7.12.1 Περιγραφή.....	161
7.12.2 Ιστορικό	161
7.12.3 Κόστος	163
7.12.4 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	164
7.12.5 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	164
7.13 Διαγνωστικά Συστήματα, Εξαρτήματα	164
7.13.1 Περιγραφή.....	164
7.13.2 Ιστορικό	165
7.13.3 Απόδοση.....	167
7.13.4 Κόστος	170
7.13.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	171
7.13.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	172
7.14 Ψυκτικό Υγρό Μεταβλητού Όγκου	172
7.14.1 Περιγραφή.....	172
7.14.2 Ιστορικό	174
7.14.3 Απόδοση.....	175
7.14.4 Κόστος	175
7.14.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά	176
7.14.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”	177
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ	179
8.1 Πλαίσιο Λήψης Αποφάσεων της Εκάστοτε Επιχείρησης.....	179
8.1.1 Οφέλη από την Υιοθέτηση ISTRP	179
8.1.2 Κόστος Υιοθεσίας ISTRPs	181
8.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Υιοθέτηση της Επιχείρησης του ISTRPs	181
8.2.1 Κρυφό Κόστος και τα Οφέλη	181
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΚΟΣΤΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ	184
9.1 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO ²) από Εμπορικά Κτίρια.....	184
9.2 Ευκαιριών Βελτίωσης για τους Ιδιοκτήτες	185

9.3 Μοντελοποίηση των Εκπομπών CO ² και Κατανάλωσης Ενέργειας	185
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	188

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή και Ιστορικό

Τα τελευταία χρόνια η χρησιμοποίηση ενέργειας στα κτίρια έχει αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας στην χρησιμοποίησή της για θέρμανση και ψύξη μέσα στα κτίρια. Χωρίς ενέργεια τα κτίρια δεν θα ήταν δυνατόν να δουλέψουν ή να κατοικηθούν. Βελτιώσεις έχουν γίνει στην μόνωση, στον φωτισμό και στον έλεγχο και αυτά είναι σημαντικά χαρακτηριστικά στο να κατορθώσουμε να έχουμε ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να μάθουμε τι σημαίνει η φράση “Ενεργειακή Απόδοση”.

1.2 Ενεργειακή Απόδοση

Ενεργειακή απόδοση είναι η χρησιμοποίηση ελάχιστης ποσότητας ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, εξοπλισμό και φωτισμό, που απαιτείται για να διατηρηθούν σε λειτουργικά επίπεδα αυτές οι προϋποθέσεις εντός κτιρίων. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου είναι το περίβλημα του ή αλλιώς το κέλυφος του. Σε αυτό συμπεριλαμβάνονται όλα τα στοιχεία του κτιρίου, από το εσωτερικό μέχρι και το εξωτερικό του όπως: τοίχοι, παράθυρα, πόρτες, ταβάνι και θεμέλια. Όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να συνεργαστούν αρμονικά για να καταφέρουν να κρατήσουν ένα κτίριο θερμό το χειμώνα και δροσερό το καλοκαίρι.

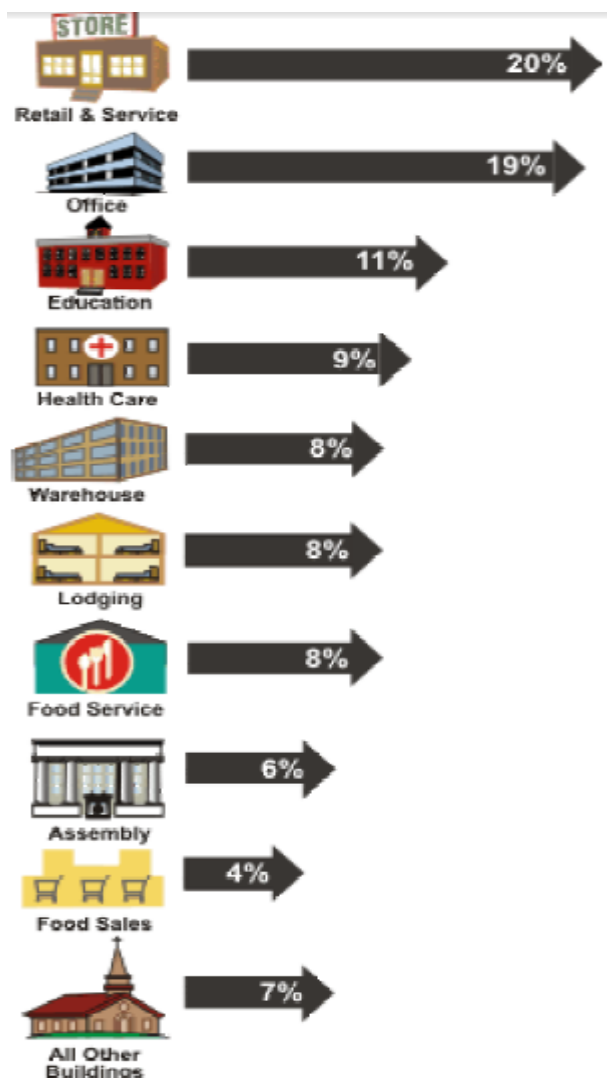
Το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται ποικίλλει, ανάλογα με το σχέδιο της δομής του κτιρίου, των συστημάτων του και πώς λειτουργούν. Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καταναλώνουν την περισσότερη ενέργεια σε ένα κτήριο, όμως συστήματα όπως οι προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες και συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Επίσης κάποια κτίρια χρησιμοποιούν συστήματα ζώνης, τα οποία μπορούν να μειώσουν την θέρμανση και την ψύξη σε περιοχές κτιρίων που δεν χρησιμοποιούνται συχνά. Στα εμπορικά κτίρια η καλύτερη προσέγγιση για την μέγιστη ενεργειακή απόδοση είναι τα ενοποιημένα συστήματα θέρμανσης χώρου και νερού.

Για παράδειγμα, η ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού μπορεί να μειωθεί με μονωτικούς σωλήνες νερού έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια θερμότητας, και θερμοσίφωνες. Στο παρελθόν δεν γίνονταν να έχουμε μεγάλη εξάρτηση από την ενέργεια όπως σήμερα καθώς είχε υψηλό κόστος παραγωγής.

Ενεργειακοί έλεγχοι μπορούν να διεξάγονται ως ένα χρήσιμο εργαλείο για τον καθορισμό του τρόπου ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, και επίσης για ποιες βελτιώσεις μπορούν να γίνουν για τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Διάφοροι έλεγχοι πρέπει να γίνονται ώστε να εξασφαλίζεται ότι η θέρμανση, η ψύξη, ο φωτισμός και ο εξοπλισμός εργάζονται όλα μαζί αποτελεσματικά και αποδοτικά.

Τα κτίρια επίσης παράγουν και εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), αλλά ο τομέας αυτός λαμβάνει λιγότερη προσοχή σε σύγκριση με τους λοιπούς παράγοντες ρύπανσης, όπως οι τομείς των

μεταφορών και της βιομηχανίας. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης η εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα ήταν ένα πλεονέκτημα στον τομέα των κτιρίων, καθώς θα μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, και η ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση, την ψύξη, τον εξαερισμό και τον φωτισμό.



- Κτίρια λιανικής πώλησης και κτίρια υπηρεσιών χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια απ' όλα τα εμπορικά κτίρια.
- Τα κτίρια γραφείων χρησιμοποιούν το ίδιο ποσό ενέργειας περίπου, όσο αυτά της λιανικής πώλησης και των υπηρεσιών.
- Τα κτίρια εκπαίδευσης χρησιμοποιούν 11% από την συνολική ενέργεια, η οποία είναι μεγαλύτερη από το σύνολο της ενέργειας που χρησιμοποιούν όλα τα νοσοκομεία και τα διάφορα ιατρικά κτίρια μαζί.
- Αποθήκες, καταλύματα και εστιατόρια χρησιμοποιούν το καθένα 8% από το σύνολο της ενέργειας.
- Δημόσια συγκροτήματα, από βιβλιοθήκες μέχρι και αθλητικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν το 6%, και τα σούπερ μάρκετ το 4%.
- Όλα τα υπόλοιπα ήδη κτιρίων όπως εκκλησίες, πυροσβεστικές, αστυνομικά τμήματα, εργαστήρια αντιπροσωπεύουν το υπόλοιπο 7% της ενέργειας που χρησιμοποιούν τα εμπορικά κτίρια.

Είναι ευκολότερο να σχεδιαστούν λειτουργίες ενεργειακής αποτελεσματικότητας σε νέα κτίρια, όμως τα ήδη υπάρχοντα κτίρια αποτελούν το 99% του κτιριακού αποθέματος. Αυτός ο τομέας παρέχει έτσι τη μεγαλύτερη πρόκληση για την υλοποίηση της ενεργειακής απόδοσης καθώς και τη μεγαλύτερη ευκαιρία για αύξηση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης. Παρά το γεγονός ότι οι πρωτοβουλίες για ενεργειακή απόδοση σε υφιστάμενα κτίρια μπορεί να αποδειχθούν ότι είναι οικονομικά αποδοτικές, υπάρχει περιορισμένη επιτυχία στο να πειστούν μεγάλοι οργανισμοί και οι ιδιοκτήτες των κτιρίων, να αναλάβουν έργα ενεργειακής απόδοσης όπως μετασκευές και ανακατασκευές.

Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η χρήση σημείων αναφοράς που στέκονται ως αντιπροσωπευτικά πρότυπα βάσει των οποίων τα κτίρια μπορούν να συγκριθούν και να παρακολουθείται η απόδοση τους. Για παράδειγμα, η σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας με ένα τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας με το σημείο αναφοράς θα επιτρέψει την λήψη της απόφασης για να παρατηρήσετε και να αξιολογήσετε το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται και πού μπορούν να γίνουν βελτιώσεις ώστε να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση εντός της συγκεκριμένης περιοχής.

Η κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων δεν κοστίζει απαραίτητα περισσότερο απ' ο, τι των κανονικών κτιρίων, εφόσον διατηρούνται σε καλή κατάσταση και διαχειρίζονται την ενέργεια αποτελεσματικά. Έχουν οριστεί να είναι πολύ αξιόπιστα, άνετα και τόσο παραγωγικά όσο ένα κανονικό κτίριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗ ΚΤΙΡΙΑ.

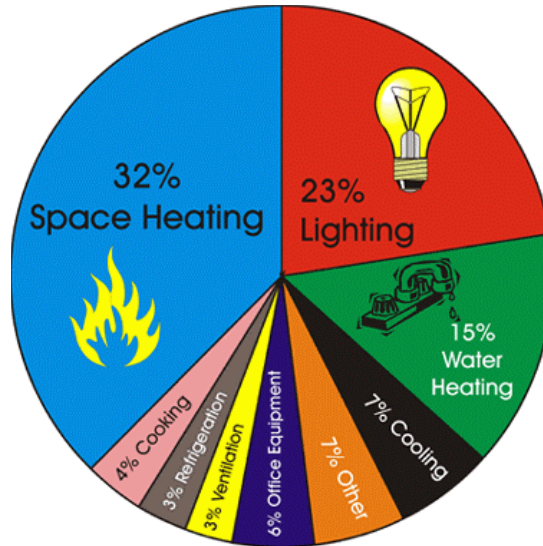
2.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται στην παροχή μιας γενικής ιδέας σχετικά με τη κατανόηση για το τι είναι η ενεργειακή απόδοση και ποιες θα μπορούσε να είναι οι πιθανές επιπτώσεις, τόσο στα ίδια τα κτίρια όσο και στον οικοδομικό κανονισμό για τη δημιουργία ενός βιώσιμου περιβάλλοντος που θα διαρκούσε για να ωφεληθούν οι μελλοντικές γενεές και την ευαισθητοποίηση σχετικά με τη σημασία της αειφόρου σχεδιασμού των κτιρίων.

2.2 Ενεργειακή Απόδοση σε Εμπορικά Κτίρια

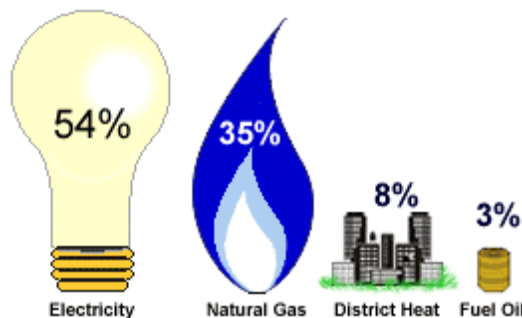
Το κτιριακό απόθεμα περιλαμβάνει οικιστικά, εμπορικά, εκπαιδευτικά και δημόσια κτίρια. Ευκαιρίες για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων μέσω της ενεργειακής αποδοτικότητας και της παθητικής ανανεώσιμης ενέργειας καλύπτονται από τον κτιριακό σχεδιασμό, τα δομικά υλικά, την θέρμανση, τη ψύξη, τον φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές. Αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθεί σε μικρής κλίμακας τεχνολογίες, που δραστηριοποιούνται στην ανανεώσιμη ενέργεια, και τη διανομή τους και τα οφέλη για την τοπική παραγωγή ενέργειας και σε κτίρια γενικά, και πιο συγκεκριμένα ενσωματωμένα συστήματα σε εμπορικά κτίρια.

Στα εμπορικά κτίρια περιλαμβάνεται μια ευρεία ποικιλία τύπων κτιρίων, όπως γραφεία, νοσοκομεία, σχολεία, αστυνομικά τμήματα, χώροι λατρείας, αποθήκες, ξενοδοχεία, βιβλιοθήκες, εμπορικά κέντρα, κλπ. Αυτές οι διαφορετικές εμπορικές δραστηριότητες έχουν όλες τους μοναδική ανάγκη για ενέργεια, αλλά ως σύνολο, τα εμπορικά κτίρια χρησιμοποιούν περισσότερο από το ήμισυ της ενέργειας τους για θέρμανση και φωτισμό.



Εικόνα 2.1 Χρήση ενέργειας σε εμπορικά κτίρια.

Στα εμπορικά κτίρια τα πιο κοινά είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται είναι της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου. Περιστασιακά, τα εμπορικά κτίρια χρησιμοποιούν επίσης μια άλλη πηγή ενέργειας που δημιουργείται σε τοπική κλίμακα ή περιοχή ενέργειας με τη μορφή θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό εφαρμόζεται κυρίως σε καταστάσεις όπου πολλά κτίρια που βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο, όπως είναι σε μεγάλες πόλεις ή πανεπιστήμια, όπου είναι πιο αποτελεσματικό να υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης και ψύξης η οποία διανέμει ενέργεια υπό μορφή ατμού, ζεστού ή κρύου νερού σε έναν αριθμό κτιρίων. Ένα σύστημα “περιοχής” μπορεί να μειώσει το κόστος του εξοπλισμού και της συντήρησης, καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω του ότι είναι πιο αποτελεσματικό και οικονομικό να συγκεντρώσει την εγκατάσταση και τη διανομή.



Εικόνα 2.2 Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας.

2.2.1 Διατήρηση της Ενέργειας

Η επιτακτική ανάγκη για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι τόσο παλιά όσο και η χρήση της ενέργειας. Για το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας, η χρήση της ενέργειας περιορίζεται στο ποσό της εργασίας που θα μπορούσε να γίνει από τον άνθρωπο, συνήθως ατομικά, αλλά μερικές φορές σε μεγάλες Συλλιγνάκης Στέφανος

ομάδες. Αργότερα, οι άνθρωποι έμαθαν να χρησιμοποιούν τα ζώα και τις ομάδες των ζώων για να κάνουν τις εργασίες που απαιτούν βαριά ανύψωση και ανάσυρση. Αρχικά η διατήρηση της ενέργειας χρειαζόταν λιγότερο κόπο. Όμως όσο ο άνθρωπος και η εξυπνάδα του αναπτυσσόταν, τόσο έβρισκαν όλο ένα και πιο εύκολους τρόπους για να βγάλουν εις πέρας μια εργασία. Για παράδειγμα, η εφεύρεση του τροχού ήταν ένα πρώιμο επίτευγμα για την εξοικονόμηση ενέργειας. Η φωτιά είναι η παλαιότερη, κύρια πηγή ενέργειας, που ελέγχεται από τον άνθρωπο.

2.2.2 Η Αύξηση στη Χρήση Ενέργειας στον Αναπτυγμένο Κόσμο

Η ηλεκτρική ενέργεια εμφανίστηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 19ου αιώνα, ειδικά για το φωτισμό. Ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από όλο και πιο αποδοτικούς κινητήρες. Ωστόσο, οι λαμπτήρες παρέμειναν ανεπαρκείς μέχρι την εμπορευματοποίηση των λαμπτήρων φθορισμού, λίγο πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Η ανάπτυξη πρακτικών ηλεκτρικών κινητήρων, σε μεγάλο βαθμό από τον Nikola Tesla, συνέβη προς το τέλος του 19^{ου} αιώνα. Αυτό εκτίναξε τις εφαρμογές για μηχανική ενέργεια. Η εφεύρεση αναρίθμητων μικρών μηχανών και συσκευών εξοικονόμησης εργασίας, έκανε την “ενέργεια” ένα πανταχού παρόν προϊόν από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα.

Σε αντίθεση με την ανάπτυξη του μηχανολογικού εξοπλισμού, η ανάπτυξη των ηλεκτρικών συσκευών βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στη θεωρία. Όλα τα πρακτικά ηλεκτρικά μοτέρ είναι αποτελεσματικά, όταν συγκρίνονται με εσωτερικής καύσης μηχανήματα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών που εξυπηρετούνται από ανέξοδους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, συχνά περιορίζεται από το γεγονός ότι αυτοί οι κινητήρες είναι συσκευές μονής ταχύτητας. Αποδοτικοί κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας αναπτύχθηκαν νωρίς, αλλά είχαν σοβαρούς περιορισμούς κόστους και συντήρησης.

Μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας επιταχυνόταν, όπως επίσης και η ενέργεια που καταναλωνόταν από το σύνολο του παγκόσμιου πληθυσμού, με ταχείς ρυθμούς. Συσκευές εκτόπισαν την μυϊκή καταπόνηση στο σπίτι. Μηχανήματα αύξησαν την παραγωγή στα εργοστάσια και στη γεωργία. Αυτοκίνητα έκαναν την μεταφορά ένα νέο σημαντικό καταναλωτή καυσίμων. Τα καύσιμα αντικατέστησαν τον άνεμο για την κίνηση των πλοίων. Τα αεροπορικά ταξίδια έγιναν ένας άλλος χρήστης καυσίμου, η διάθεση παροχής ενέργειας συνέχισε να αυξάνεται αισθητά αφού η ζήτηση ολοένα και μεγάλωνε. Τεράστιες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής παραγωγής χτίστηκαν για να προσφέρουν θέσεις εργασίας κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική σχάση προέκυψε ως υποπροϊόν των πυρηνικών όπλων, δημιουργώντας μια άλλη σημαντική πηγή ενέργειας από το 1950 και έπειτα.

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970, υπήρξε μια δημοφιλής αντίληψη ότι η τιμή της ενέργειας συνεχώς μειωνόταν. Για παράδειγμα, οι υποστηρικτές της πυρηνικής δύναμης δήλωσαν ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε να είναι “*πάρα πολύ φτηνή για να την λάβεις υπόψη*”. Ως αποτέλεσμα, η απόδοση έπαψε να είναι σημαντική ανησυχία των μηχανικών που σχεδίαζαν τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί η ενέργεια, και η αποδοτικότητα.

Ωστόσο, η προειδοποίηση για την ταχεία κατανάλωση των φυσικών πόρων του πλανήτη άρχισε να ανησυχεί τους επιστήμονες και τους οικολόγους. Ορισμένοι πολιτικοί προειδοποίησαν για το ενδεχόμενο

του Ο.ΠΕ.Χ¹, χώρες που χρησιμοποιούν ως όπλο τους πετρελαίου για να “πνίξουν” ορισμένες χώρες, όμως οι προειδοποιήσεις αυτές φαίνεται να έχουν περάσει απαρατήρητες. Η άνοδος των τιμών του πετρελαίου το 1973 από τις χώρες του Ο.ΠΕ.Χ. ήταν αναμενόμενη από αρκετές ανεπτυγμένες δυτικές χώρες, και αυτό οδήγησε σε ενεργειακές κρίσεις. Σε πολλές χώρες, η πλειονότητα των καταναλωτών ενέργειας, όπως η βιομηχανία, οι μεταφορές και τα εγχώρια συστήματα ήρθαν σε πλήρη ακινησία.

Από την πετρελαϊκή κρίση του 1973, οι διαδοχικές κυβερνήσεις του Ηνωμένου Βασιλείου έθεσαν σε εφαρμογή μια σειρά από μέτρα για να ενθαρρύνουν την διατήρηση της ενέργειας. Το 1974 ο υφυπουργός ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου, ανακοίνωσε ένα πακέτο 12 σημείων για να βοηθήσει την διατήρηση της ενέργειας των κτιρίων. Το 1978, η κυβέρνηση εισήγαγε επίσημα ένα “πράσινο” βιβλίο με τίτλο «Ενεργειακή πολιτική - ένα συμβουλευτικό ανάγνωσμα». Αυτό προσπάθησε να διευκρινίσει τους βασικούς τομείς της κυβερνητικής πολιτικής για την διατήρησης της ενέργειας, ως εξής:

1. Οι τιμές της ενέργειας πρέπει να αντανακλούν το κόστος της προμήθειας.
2. Οι καταναλωτές ενέργειας θα πρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις υπό το φως των κατάλληλων πληροφοριών σχετικά με το ενεργειακό κόστος και τους τρόπους με τους οποίους η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά. Η κυβέρνηση θεωρεί ότι ο ρόλος της είναι η εξασφάλιση των διαθέσιμων πληροφοριών να είναι ολοκληρωμένες και σωστές. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι απαραίτητη η παροχή συγκριτικών πληροφοριών, για να εξασφαλιστεί μέσω νομοθεσίας.
3. Οι δημόσιες αρχές είναι υπεύθυνες για το 6% της ενεργειακής κατανάλωσης και η κυβέρνηση έχει μια ιδιαίτερη ευθύνη για τη διασφάλιση της επίτευξης μειώσεων στην κατανάλωση ενέργειας.
4. Στέγαση του δημόσιου τομέα, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 9% της συνολικής χρήσης ενέργειας, είναι ένας άλλος τομέας όπου μπορεί να αναμένεται καμία ουσιαστική πρόοδος χωρίς σημαντικές δημόσιες δαπάνες.
5. Η κυβέρνηση εντοπίζει τις περιοχές στις οποίες η έρευνα και η ανάπτυξη θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση στην κατανάλωση ενέργειας.
6. Σε ορισμένες περιπτώσεις υποχρεωτικά είναι τα μέτρα για την προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας.

Το πράσινο βιβλίο συνεχίζει λέγοντας ότι αυτές οι πολιτικές πρέπει να ενισχυθούν με τη θέσπιση ενός μίγματος από τρεις άξονες δράσης που αποσκοπούν στην μεγιστοποίηση της διατήρησης της ενέργειας με αύξηση των τιμών της, για τους καταναλωτές μέσω:

- Φορολογίας.
- Ενίσχυσης και επέκτασης των υποχρεωτικών μέτρων.
- Ενθάρρυνση της αποταμίευσης μέσω επιχορηγήσεων και φορολογικές ελαφρύνσεις ενέργειας.

2.2.3 Χρήση της Ενέργειας σε Ζεστά Κλίματα/ Χώρες υπό Ανάπτυξη

Όταν πρόκειται για την κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια τροπικών περιοχών, η ψύξης μέσω του κλιματιστικού καταναλώνει μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας σε σύγκριση με τη θέρμανση. Ωστόσο, ορισμένες τροπικές χώρες που εμπιπτουν παρεμπιπτόντως στις αναπτυσσόμενες χώρες, καταναλώνουν πολύ λίγη ενέργεια σε σύγκριση με τις ανεπτυγμένες χώρες.

¹ Ο.ΠΕ.Χ. → Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγικών Χωρών.
Συλλιγνάκης Στέφανος

2.2.4 Ικανοποίηση της Ανάγκης για Εξοικονόμηση Ενέργειας

Για την αντιμετώπιση του ζητήματος της ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της τρέχουσας κρίσης και των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών, οι δυτικές και οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, οι οποίες θεωρούνται υπεύθυνες για την περισσότερη κατανάλωση ενέργειας στον κόσμο, έφτασαν στο συμπέρασμα με τέσσερις βασικές πτυχές για τη διατήρηση των ενεργειακών πόρων και έχουν ως εξής:

1. Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια, με διαχείριση της ενέργειας και αποτελεσματικών μέτρων ενεργειακής απόδοσης.
2. Επείγουσα ανάγκη για εναλλακτικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε χαμηλότερες τιμές.
3. Σχεδιασμός των κτιρίων για την επίτευξη της θερμικής απόδοσης συμπεριλαμβανομένης καλύτερης μόνωσης.
4. Εξοικονόμηση νερού, υλικών και ενεργειακών πηγών.

Από την άποψη της διατήρησης της ενέργειας από εναλλακτικές ή ανανεώσιμες πηγές, η ηλιακή ενέργεια και οι εφαρμογές της, τείνουν να είναι πιο πρακτικές όσον αφορά τη διασύνδεση στην τοπική παραγωγή (προσφορά και ζήτηση) και ως εκ τούτου είναι η πιο ελκυστικές για το μέλλον. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει ευκαιρίες για την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:

Ιεραρχία Ενέργειας	Οικιακά	Μη- οικιακά
Μείωση Ζήτησης	<ul style="list-style-type: none"> Καλά σχεδιασμένη διάταξη. Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός. Ανάλυση κύκλου ζωής υλικών. Υψηλά επίπεδα μόνωσης. Υψηλό NHER² (10+). 	<ul style="list-style-type: none"> Καλά σχεδιασμένη διάταξη. Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός. Ανάλυση κύκλου ζωής υλικών. Υψηλά επίπεδα μόνωσης. Φυσική μόνωση. BREEAM³.
Ενεργειακή Απόδοση	<ul style="list-style-type: none"> Λέβητες συμπίκνωσης. Ενεργειακά αποδοτικά λευκά είδη φωτισμού. Καλός έλεγχος θέρμανσης. Επιρροή συμπεριφοράς. 	<ul style="list-style-type: none"> Συστήματα διαχείρισης της ενέργειας των κτιρίων. Ενεργειακά αποδοτικές συσκευές και εξοπλισμός. Λέβητες συμπίκνωσης. Ενεργειακή αποδοτικότητα/φυσικός αερισμός.
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	<ul style="list-style-type: none"> Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός. Ηλιακός/θέρμανση αέρα. Φωτοβολταϊκά. Μικρής κλίμακας ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα. 	<ul style="list-style-type: none"> Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός. Φωτοβολταϊκά. Ηλιακός/θέρμανση αέρα. Μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Μικρής κλίμακας έργα ανέμου.
CHP⁴/Τηλεθέρμανση	<ul style="list-style-type: none"> Τηλεθέρμανση και CHP 	<ul style="list-style-type: none"> CHP με την χώνευση των αποβλήτων. CHP περιοχή τροφοδοσίας θέρμανσης.

Πίνακας 2.1 Ευκαιρίες για εξοικονόμηση ενέργειας και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

² NHER → National House Energy Rating

³ BREEAM → Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology

⁴ CHP → Combined Heat and Power

2.3 Ενεργειακή Απόδοση

Δεν ήταν μέχρι η χρήση της ενέργειας στα κτίρια να γίνει θέμα ανησυχίας, και η έρευνα άρχισε πραγματικά να εξετάζει τη θέσπιση μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Οι δείκτες ενεργειακής απόδοσης είναι μετρητές που παρέχουν τη δυνατότητα να συγκρίνουν τα διαφορετικά επίπεδα της χρήσης ενέργειας για την παροχή μιας συγκεκριμένης μορφής υπηρεσίας. Ο στόχος τους είναι να δημιουργήσουν ένα ευρετήριο που διευκολύνει τις συγκρίσεις των κτιρίων.

Υπάρχουν τρεις παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την κατασκευή των δεικτών ενεργειακής απόδοσης σε ένα κτίριο και αυτοί είναι: οι ώρες πληρότητας, η βαρύτητα του κλίματος και το είδος των δραστηριοτήτων στο κτίριο. Η βαρύτητα του κλίματος και οι ώρες πληρότητας, είναι καλύτερα μετρήσιμες διαιρώντας την ετήσια χρήση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας με ένα συντελεστή που υπολογίζεται με βάση το κλίμα ή από τις ώρες πληρότητας.

Η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου γίνεται όλο και πιο σημαντική για την λειτουργία του κτιρίου. Ένα υψηλά βαθμολογημένο κτίριο μπορεί να έχει το δικαίωμα για αναγνώριση μέσω μιας σειράς εθελοντικών ή υποχρεωτικών προγραμμάτων, γεγονός που αυξάνει την αξία μεταπώλησής του και το εισόδημα από τα τυχόν ενοίκια. Η βαθμολογία ενέργειας μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των μη λειτουργικών κτιρίων και ευκαιρίες για την ενέργεια και την εξοικονόμηση κόστους.

Μπορεί πάντα να γίνει διάκριση μεταξύ του πώς να αποκτήσετε ένα “χαμηλής ενέργειας κτίριο” και πως ένα “ενεργειακά αποδοτικό κτίριο”. Οι ενεργειακά αποδοτικές λύσεις κτιρίων συχνά επιτυγχάνονται επιλέγοντας τις χαμηλότερες δυνατές ενεργειακές απαιτήσεις με λογική χρήση των πόρων. Από πλευράς του εγκατεστημένου εξοπλισμού μια στρατηγική για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση χαμηλής ενέργειας και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι να προσδιορίσουμε τι πρέπει να συντηρείται και ο σκοπός για αυτό. Τα συστήματα διαβάθμισης που σχετίζονται γενικά με την πιστοποίηση. Πιστοποίηση σημαίνει την αξιολόγηση του κτιρίου στο στάδιο του σχεδιασμού.

Ως εκ τούτου, ο κύριος στόχος της ενεργειακής απόδοσης είναι να ενθαρρύνει την πρακτική της χρησιμοποίησης συγκεκριμένων υλικών, εξαρτημάτων και συστημάτων. Ο συγκεκριμένος στόχος της ενεργειακής απόδοσης είναι να προσδιορίσει τι απαιτείται από το κτίριο από την άποψη της ενεργειακής κατανάλωσης.

2.3.1 Κατανάλωση Ενέργειας

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις κατηγορίες:

1. *Πρωτογενής ενέργεια:* Αυτή αφορά την θερμιδική αξία των ορυκτών καυσίμων στην “ακατέργαστη” μορφή τους.
2. *Δευτερογενής ενέργεια:* Αυτή είναι διαθέσιμη από την ηλεκτρική ενέργεια, και άλλα είδη ενέργειας που παράγονται από μία πηγή πρωτογενούς ενέργειας.
3. *Χρήσιμη ενέργεια:* Αυτή αναφέρεται στην ενέργεια που απαιτείται για την εκτέλεση ενός συγκεκριμένου έργου. Αυτό ισχύει συνήθως για τις αξιολογήσεις φορτίων θέρμανσης στον χώρο και άλλες μορφές βελτίωσης της αποτελεσματικότητας.

2.3.2 Δομικές Διατάξεις

Ο πρώτος τομέας του νόμου κατασκευής 1984 δίνει στον υπουργό του κράτους δύναμη να θεσπίσει οικοδομικούς κανονισμούς, οι οποίοι έχουν τρεις στόχους:

1. Την εξασφάλιση της υγείας, της ασφάλειας, της ευημερίας και της ευκολίας των ανθρώπων που μπαίνουν και βγαίνουν από τα κτίρια αλλά και αυτούς που μπορεί να επηρεάζονται από κτίρια ή θέματα που συνδέονται με την οικοδομή.
2. Την πρόληψη των αποβλήτων, την αδικαιολόγητη κατανάλωση, την κατάχρηση ή ακόμα και την μόλυνση των υδάτων.
3. Την προώθηση της διατήρησης των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας.

Εθνικοί οικοδομικοί κανονισμοί για τη μόνωση εισήχθησαν το 1965. Από τότε, πρότυπα τέθηκαν και αυξάνονταν κατά τη διάρκεια των ετών, και πιο πρόσφατα από τον Κανονισμό Οικοδομών (ένα ξεχωριστό σύστημα ελέγχου κτιρίων ισχύει στη Σκωτία και τη Βόρεια Ιρλανδία). Αυτό τροποποίησε την δομική διάταξη *SI 1991/2768* με την επέκταση της απαίτησης ότι *“πρέπει να γίνει λογική πρόβλεψη για τη διατήρηση των καυσίμων και ενέργειας στα κτίρια”*. Η διάταξη αυτή πρέπει να επιτευχθεί με:

- Περιορισμό της απώλειας θερμότητας από την δομή του υφάσματος⁵ του κτιρίου.
- Έλεγχο της λειτουργίας της θέρμανσης χώρου και ζεστού νερού.
- Περιορισμό της απώλειας θερμότητας από σκάφη ζεστό νερό και των σωληνώσεων.
- Περιορισμός της απώλειας θερμότητας από τους σωλήνες ζεστού νερού και αγωγούς θερμού αέρα, που χρησιμοποιούνται για θέρμανση χώρων.
- Εγκατάσταση συστημάτων τεχνητού φωτισμού τα οποία έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να μην χρησιμοποιούν περισσότερα καύσιμα και δύναμη από ό, τι είναι ευλόγως εφικτό υπό τις περιστάσεις και κάνοντας λογικές διατάξεις για τον έλεγχο των συστημάτων αυτών.

Η τελευταία αυτή απαίτηση δεν ισχύει για τις κατοικίες και σε μερικά μικρότερα κτίρια. Οι πέντε γενικές απαιτήσεις που απαριθμούνται ανωτέρω υποστηρίζονται από *“Εγκεκριμένο Έγγραφο L”*. Αυτό παρέχει λεπτομερείς οδηγίες για το πώς μπορούν να επιτευχθούν οι οικοδομικοί κανονισμοί, που ισχύουν για νέα κτίρια και ορισμένες μετατροπές. Για παράδειγμα, τεχνικές πληροφορίες σχετικά με την θερμική απόδοση των διαφορετικών στοιχείων του κτιρίου (παράθυρα, πόρτες, φεγγίτες κ.λπ.) παρέχεται, επιτρέποντας τον υπολογισμό του πιθανού ρυθμού απώλειας θερμότητας μέσα από τη δομή του υφάσματος του κάθε κτιρίου.

Η τροποποίηση των κανονισμών το 1994 εισήγαγε μια απαίτηση ότι οι νεοσυσταθείς κατοικίες πρέπει να παρέχονται με εκτίμηση ενέργειας υπολογισμένη με βάση της Τυποποιημένης Διαδικασίας Αξιολόγησης⁶ της κυβέρνησης. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει υπόψη το κόστος των καυσίμων, εξαερισμού, απώλειες θερμότητας του υλικού, απαιτήσεις θέρμανσης του νερού, τα εσωτερικά κέρδη θερμότητας (π.χ. ανθρώπινη θερμότητα σώματος, και τη θερμότητα από τις οικιακές συσκευές), και τα ηλιακά κέρδη. Η μέθοδος υπολογισμού αυτής της ενεργειακής εκτίμησης λαμβάνει την μορφή ενός φύλλου εργασίας, που συνοδεύεται από μια σειρά από πίνακες που περιέχουν τυπικά δεδομένα. Το τελευταίο περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των διαφόρων τύπων των συστημάτων θέρμανσης, και οι

⁵Υφασμα Κτιρίου → Οι τοίχοι, το δάπεδο και οροφή ενός κτιρίου. Ολόκληρο το Οικοδόμημα

⁶SAP → Systems, Applications and Products

εκτιμήσεις της χρήσης του ζεστού νερού ως συνάρτηση της επιφάνειας. Η βαθμολογία SAP εκφράζεται σε μια κλίμακα από το 1 έως το 100. Η βαθμολογία του 1 αντιπροσωπεύει μια κακή ποιότητα ενεργειακής απόδοσης, ενώ 100 αντιπροσωπεύει ένα πολύ υψηλό επίπεδο (όπως προκύπτει από το χαμηλότερο κόστος ενέργειας). Στο πλαίσιο των Οικοδομικών Κανονισμών, ένα SAP με βαθμολογία 60 ή πιο κάτω δείχνει την ανάγκη για ένα υψηλότερο επίπεδο μόνωσης της δομής του υφάσματος.

2.4 Ενεργειακή Πολιτική της Ε.Ε.: Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

2.4.1 Σύσταση

Τα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης στις εθνικές προδιαγραφές για τα κτίρια ήταν μία από τις πιο αποτελεσματικές και οικονομικά αποδοτικές μεθόδους για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στις περισσότερες χώρες της Ε.Ε., η οδηγία αυτή μπορεί να είναι πολύ σημαντική για τη μελλοντική αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Η επίδραση του είναι, ωστόσο, ζωτικής σημασίας και εξαρτάται από την εφαρμογή της εθνικής νομοθεσίας. Είναι σημαντικό να υπάρχει μια εθνική συζήτηση για την εφαρμογή, με έμφαση στο πώς να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη της, και όχι πώς να έχουν τις λιγότερες αλλαγές. Σε όλες τις χώρες οι τρέχουσες προδιαγραφές για τα κτίρια έχουν σχετικά χαμηλές απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες οδηγούν σε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το κόστος αποτελεσματικού επιπέδου. Επειδή τα περισσότερα σπίτια είναι χτισμένα σύμφωνα με στάνταρ πρότυπα, οι χρήστες παγιδεύονται σε αυτά τα περιττά υψηλά κόστη. Νέοι, ισχυρότεροι κτιριακοί κωδικοί μπορούν να διορθώσουν αυτό το πρόβλημα, προς όφελος των χρηστών, των κατασκευαστών και του περιβάλλοντος. Έτσι, οι NGO⁷ και άλλα ενδιαφερόμενα άτομα ή οργανισμοί θα πρέπει να πιέσουν την εφαρμογή της νέας οδηγίας, σε μια φιλόδοξη κατεύθυνση.

Προτείνεται ότι το όριο για την ανακαίνιση των κτιρίων που απαιτούν τα ισχύοντα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης να οριστεί σε ανακαινίσεις που κοστίζουν πάνω από το 10% της αξίας του κτιρίου.

2.4.2 Υλοποίηση

Οι οδηγίες θα έπρεπε να έχουν υλοποιηθεί μέχρι το τέλος του 2005, με κάποιες δυνατότητες για την αναβολή κάποιων επιμέρους κομματιών της εφαρμογής έως το 2008. Ως εκ τούτου, υπάρχει μια μικρή εμπειρία με την υλοποίηση της. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν κάνει πρόσφατα ενημέρωση ή βρίσκονται σε επικαιροποίηση των κανονισμών ενεργειακής απόδοσης τους, προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων τους, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας.

Το κύριο περιεχόμενο της οδηγίας έχει ως εξής:

- Εφαρμογή και τακτική επικαιροποίηση των ελάχιστων προτύπων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με βάση μια κοινή μεθοδολογία για όλα τα νέα κτίρια και για υφιστάμενα κτίρια άνω των 1000m², που ανακαινίζονται. Η παράσταση θα περιλαμβάνει τη χρήση ενέργειας για θέρμανση,

αερισμό, φωτισμό, καθώς και τη δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας και των τοπικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην παροχή με οικονομικά αποτελεσματικούς τρόπους.

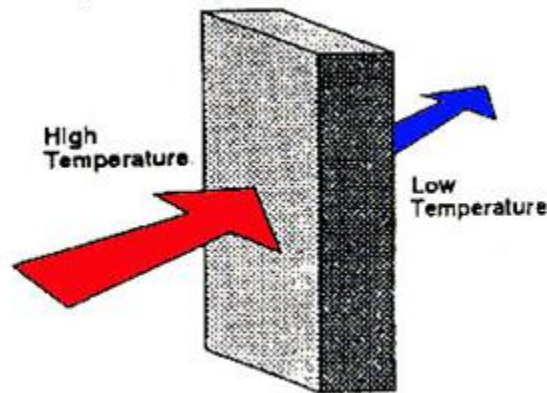
- Κοινή μεθοδολογία για την κατάρτιση των ελάχιστων προτύπων ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης, το οποίο θα πρέπει τα κράτη μέλη να θεσπίσουν, για κάθε τύπο κτιρίου. Η μεθοδολογία αυτή θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις διαφορές στο κλίμα και να περιλαμβάνει παράγοντες σχετικά με τη μόνωση, τη θέρμανση, τον αερισμό, τον φωτισμό, τον προσανατολισμό του κτιρίου, την ανάκτηση θερμότητας, και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- *Συστήματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια*: Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης όχι μεγαλύτερη των δέκα ετών, τα οποία περιέχουν συμβουλές για το πώς να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση, θα πρέπει να είναι διαθέσιμα για όλα τα κτίρια, όταν χτιστούν, πωληθούν ή μισθωθούν. Αυτά τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης, μαζί με πληροφορίες σχετικά με τις συνιστάμενες και τις πραγματικές εσωτερικές θερμοκρασίες, θα εμφανιστούν επίσης σε δημόσια κτίρια και άλλα είδη κτιρίων στα οποία συχνάζει το κοινό.
- Ειδικοί έλεγχοι και αξιολόγηση του εξοπλισμού θέρμανσης και ψύξης από τους εμπειρογνώμονες. Τα κράτη μέλη θα πρέπει να προβούν σε ρυθμίσεις για την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων με ονομαστική ισχύ εξόδου μεταξύ 20-100 kW. Λέβητες πάνω από το όριο αυτό πρέπει να ελέγχονται κάθε δύο έτη (λέβητες φυσικού αερίου κάθε τέσσερα χρόνια).

2.5 Θέματα Οικοδομικού Υφάσματος

Μια σημαντική πτυχή των οικοδομικών υλικών είναι η μόνωση των κτιρίων. Μόνωση αποτελείται από υλικά που ελαχιστοποιούν τη ροή της ενέργειας μέσα από τις επιφάνειες των κτιρίων. Αυτό περιλαμβάνει υλικά για να μειώσει τόσο την αγωγιμότητα όσο και την ακτινοβολία της ενέργειας. Χωρίς μόνωση, η ροή της ενέργειας στα κτίρια θα είναι τεράστια για τη διατήρηση άνετων συνθηκών, δηλαδή, χωρίς τη χρήση μηχανικών τεχνικών για τη θέρμανση και την ψύξη.

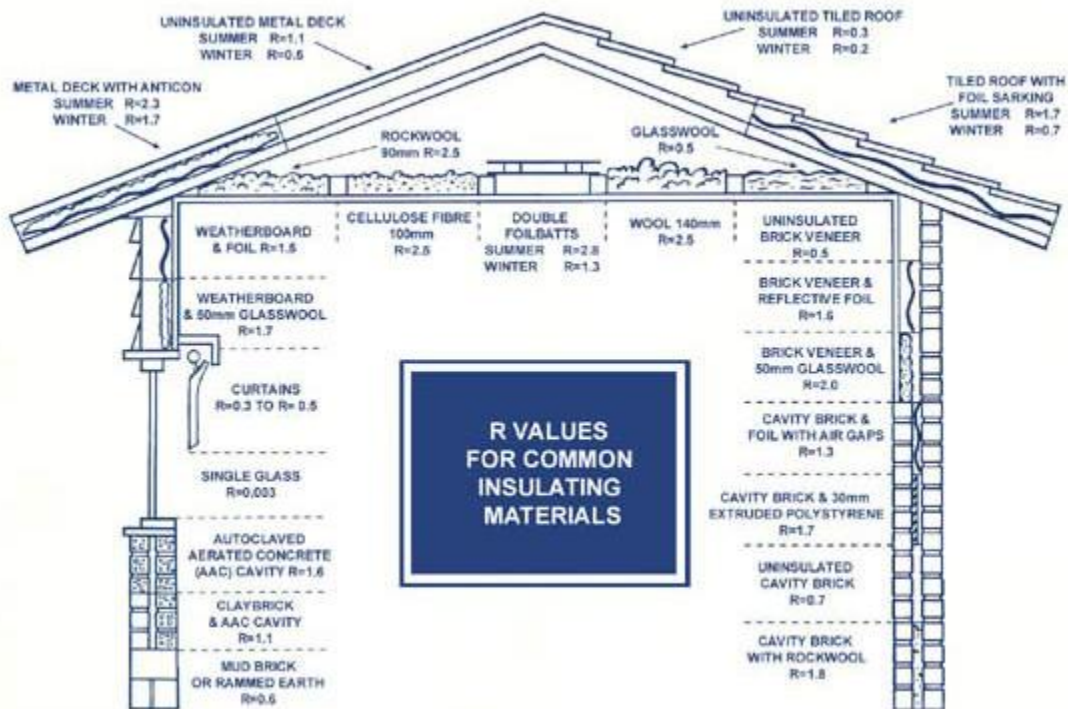
Θερμική αντίσταση (R) είναι ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας του μονωτικού υλικού, όσο μεγαλύτερη είναι η " R - αξία" ενός υλικού, τόσο το καλύτερο, η *Εικόνα 2.3* παρουσιάζει την R - αξία των πιο κοινών δομικών υλικών. Για τους σκοπούς του υπολογισμού της συνολικής μεταφοράς ενέργειας, το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης είναι η " U - αξία", και μετριέται σε $W/^\circ C/m$. Όσο μικρότερη είναι η U -τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμική αντίσταση.

Θερμική αγωγιμότητα είναι η διαδικασία της μεταφοράς θερμότητας μέσα από ένα υλικό μέσο στο οποίο η κινητική ενέργεια μεταδίδεται διαμέσου του υλικού από σωματίδιο σε σωματίδιο χωρίς μετατόπιση των σωματιδίων. Η θερμική αγωγιμότητα ενός υλικού εξαρτάται από την πυκνότητα του, το μέγεθος των μορίων του υλικού, την ηλεκτρική αγωγιμότητα του, και το πάχος του.



Εικόνα 2.3 Αγωγιμότητα είναι η μεταφορά ενέργειας μέσα στο υλικό όπου τα σωματίδια που κινούνται πιο γρήγορα και είναι πιο θερμά, συγκρούονται με τα ψυχρότερα πιο αργά σωματίδια..

2.5.1 Χειμώνας Έναντι Καλοκαίρι Τιμές-R



Εικόνα 2.4 Χειμώνας έναντι Καλοκαίρι Τιμές-R

Η διαφορά στις τιμές-R αναγράφεται για τα ίδια υλικά το καλοκαίρι και το χειμώνα. Αυτό συμβαίνει επειδή η συνολική μεταφορά θερμότητας εξαρτάται από το αν η ενέργεια ρέει μέσα ή έξω από το κτίριο. Το καλοκαίρι, όταν είναι θερμότερο το εσωτερικό από ό, τι εξωτερικά, υψηλές αντανακλαστικές επιφάνειες, όπως φύλλο, το χρώμα του αλουμινίου και ανοιχτόχρωμα υλικά στέγης συμβάλουν στη μείωση της ακτινοβόλου θερμότητας. Το χειμώνα, όταν το εσωτερικό του σπιτιού είναι θερμότερο, ανακλαστικές επιφάνειες επάνω ή κάτω από τη στέγη δεν θα είναι αρκετές για να αποτρέψουν την ενέργεια να

μεταφέρεται μέσω του ταβανιού. Ο ζεστός αέρας πάνω από το ταβάνι είναι ελεύθερος να δραπετεύσει, και δεν θα παρέχει το ίδιο μονωτικό πάχος φιλμ αέρα, όπως το καλοκαίρι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΝ ΕΝΕΡΓΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται ή τα συστήματα που εγκαθίστανται κατά το στάδιο ανακατασκευής σε ήδη υπάρχοντα κτίρια προσφέρουν πλέον περισσότερες επιλογές για την ενεργειακή απόδοση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα συστήματα αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν τα δομικά υλικά που ενσωματώνονται στην κατασκευή ή τεχνολογίες μικρής κλίμακας, όπως τα φωτοβολταϊκά, ηλιακός θερμοσίφωνα, ανεμογεννήτριες DWT⁸.

3.1 Μικρής Κλίμακας Ολοκληρωμένες Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών

Οι τύποι της μικρής κλίμακας ολοκληρωμένων τεχνολογιών κατάλληλες για τις ανανεώσιμες πηγές που εντάσσονται σε εμπορικά κτίρια αναλύονται στις ακόλουθες ενότητες:

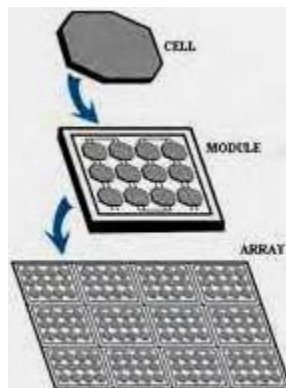
3.1.1 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα κύτταρα των φωτοβολταϊκών (PV⁹) είναι κατασκευασμένα από υλικά ημιαγωγών όπως πυρίτιο, το οποίο είναι το συνηθέστερο χρησιμοποιούμενο υλικό. Όταν το φως χτυπά το υλικό (ηλιακό κύτταρο), ένα ορισμένο τμήμα του απορροφάτε μέσα στο υλικό των κυττάρων. Η ενέργεια που απορροφάτε από το φως (φωτόνια) μεταφέρεται στους ημιαγωγούς. Αυτή η ενέργεια χτυπά τα ηλεκτρόνια **χαλαρά**, επιτρέποντάς τους να ρέουν ελεύθερα. Αυτή η ροή των ηλεκτρονίων δημιουργεί ένα ηλεκτρικό ρεύμα, και με την τοποθέτηση μεταλλικών επαφών στην κορυφή και στο κάτω μέρος του κελιού PV, το ρεύμα αυτό μπορεί να απομακρύνεται για να χρησιμοποιήσετε εξωτερικά για να φορτίσει μια μπαταρία, μια συσκευή τροφοδοσίας ή, κτίριο.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα για μικρές εφαρμογές, ωστόσο περισσότερη δύναμη απαιτείται όταν ένας αριθμός των κυττάρων τίθενται μαζί για να σχηματίσουν μια μονάδα, και μονάδες μπορούν επίσης να ομαδοποιηθούν μαζί για να σχηματίσουν συστοιχίες. Στη θεωρία συστοιχίες μπορεί να κυμαίνονται από ένα μικρό αριθμό μονάδων για να τροφοδοτήσει ένα κτίριο σε χιλιάδες μονάδες για να τροφοδοτήσει μια πόλη.

⁸ DWT → Ducted Wind Turbines

⁹ PV → Photovoltaics



Εικόνα 3.1 Κύτταρα συνδυάζονται για να σχηματίσουν μονάδες και στη συνέχεια συστοιχίες.

Τα φωτοβολταϊκά είναι ευέλικτα δομικά υλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οροφές, υαλοπετάσματα, διακοσμητικές οθόνες, τζάμια, και μπορούν επίσης να αντικαταστήσουν άμεσα άλλα συμβατικά υλικά στο οικοδομικό ύφασμα του κτίριο. Τα προϊόντα αυτά μπορούν να εξυπηρετήσουν τις διαρθρωτικές ανάγκες και τις καιρικές συνθήκες όπως ακριβώς έκαναν και οι πιο παραδοσιακές εναλλακτικές τους, καθώς και να προσφέρει το πλεονέκτημα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πάνελ:

- *Μονοκρυσταλλικά* φωτοβολταϊκά - αυτό είναι μια ενιαία δομή του κρυστάλλου και είναι ο απλούστερος τύπος των φωτοβολταϊκών.
- *Πολυκρυσταλλικά* φωτοβολταϊκά - αυτό χρησιμοποιεί πολλαπλούς κρυστάλλους που το καθιστά απλούστερο και πιο ενεργειακά αποδοτικό για την κατασκευή.
- *PV-Κύκλωμα παχύς μεμβράνης*- φωτοβολταϊκά που βασίζονται σε μια πυκνή μεμβράνη η οποία είναι αποτελεσματική σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού.
- *PV- Κύκλωμα λεπτής μεμβράνης*- φωτοβολταϊκά που βασίζονται σε λεπτή μεμβράνη επιτρέποντας να χρησιμοποιηθεί σε σύνθετες εφαρμογές όπως στις καμπύλες της στέγης. Μπορεί επίσης να αντισταθεί ζημιές από βανδαλισμούς.

Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει μείνει σημαντικά πίσω από πολλές άλλες ευρωπαϊκές χώρες για την τόνωση της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών. Το 2002, το βρετανικό Υπουργείο Εμπορίου και Βιομηχανίας ξεκίνησε ένα πρόγραμμα επίδειξης φωτοβολταϊκών, το οποίο στοχεύει να οδηγήσει στο να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά συστήματα σε 3000 εγχώριες στέγες και 140 σε μη οικιστικά κτίρια, έως το 2006. Αυτό το πρόγραμμα είναι μια προσθήκη σε ένα προηγούμενο πρόγραμμα, το οποίο στόχευε σε ένα ελάχιστο των 500 εγκαταστάσεων σε εγχώριες στέγες και 18 σε μεγάλα δημόσια κτίρια.

Φωτοβολταϊκές γεννήτριες μπορούν να ενσωματωθούν σε στέγες και τοίχους των εμπορικών, εκπαιδευτικών και βιομηχανικών κτιρίων, αντικαθιστώντας μερικές από τις συνήθεις επενδύσεις τοίχων ή Συλλιγνάκης Στέφανος

στέγης και ελαχιστοποίηση του κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια είναι συνήθως καταλυμένα κατά τη διάρκεια της ημέρας που συσχετίζεται με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Ως εκ τούτου, η ενέργεια που παράγεται μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί θεωρητικά να ελαχιστοποιήσει την ανάγκη για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο κατά τις συνήθεις εμπορικές τιμές. Με άλλα λόγια, είναι οικονομικά εφικτό να χρησιμοποιήσουν όσο περισσότερη φωτοβολταϊκή ενέργεια, όσο το δυνατόν, *net metering*¹⁰ συστήματα μέτρησης υιοθετούν από την μειοψηφία των βρετανικών υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, όπου η αγορά και οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ίδια, και ο καταναλωτής πληρώνει τον καθαρό αριθμό των μονάδων που χρησιμοποιούνται. Παρά το γεγονός ότι το σύστημα *net metering* είναι ασυνήθιστο στο Ηνωμένο Βασίλειο, χρησιμοποιείται ευρέως σε άλλες χώρες, όπως η Γερμανία, η Ολλανδία και η Ιαπωνία.



Εικόνα 3.2 Πρώτο κτίριο της Βρετανίας με φωτοβολταϊκή επένδυση, ένα σύστημα 40 kWp εγκαταστάθηκε το 1995 στην πρόσοψη του ένα ανακαινισμένο κέντρο πληροφορικής στο Πανεπιστήμιο του Northumbria στο Newcastle.

3.1.1.1 Η Oberlin College Μελέτη Περίπτωσης

Το κολέγιο Oberlin χρησιμοποιεί μια προσέγγιση ολόκληρου του κτηρίου για τη μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και για να εξοικονομήσει χρήματα με ένα σύστημα φωτοβολταϊκών το οποίο είναι τοποθετημένο στην οροφή των εγκαταστάσεων, όταν χτίστηκε το κέντρο Περιβαλλοντικών Μελετών. Όταν σκέφτεστε να αγοράσετε ενός φωτοβολταϊκού συστήματος για ένα εμπορικό κτίριο, είναι ζωτικής σημασίας να εξετάσετε όλο το σύνολο του σχεδιασμού του κτιρίου, γιατί μόνο όταν το σύνολο των εγκαταστάσεων είναι ενεργειακά αποδοτικό τότε θα πρέπει να λάβετε υπόψη σας την χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών συστημάτων αφού θα είναι και οικονομικά αποδοτικότερο. Με άλλα λόγια, το σύστημα των φωτοβολταϊκών έχει σχεδιαστεί για να καλύψει το ελάχιστο υπολειπόμενο φορτίο. Ο σχεδιασμός του κτιρίου λαμβάνει

¹⁰ Net Metering System → Το σύστημα με ηλεκτρικό καταναλωτή Συλλιγνάκης Στέφανος

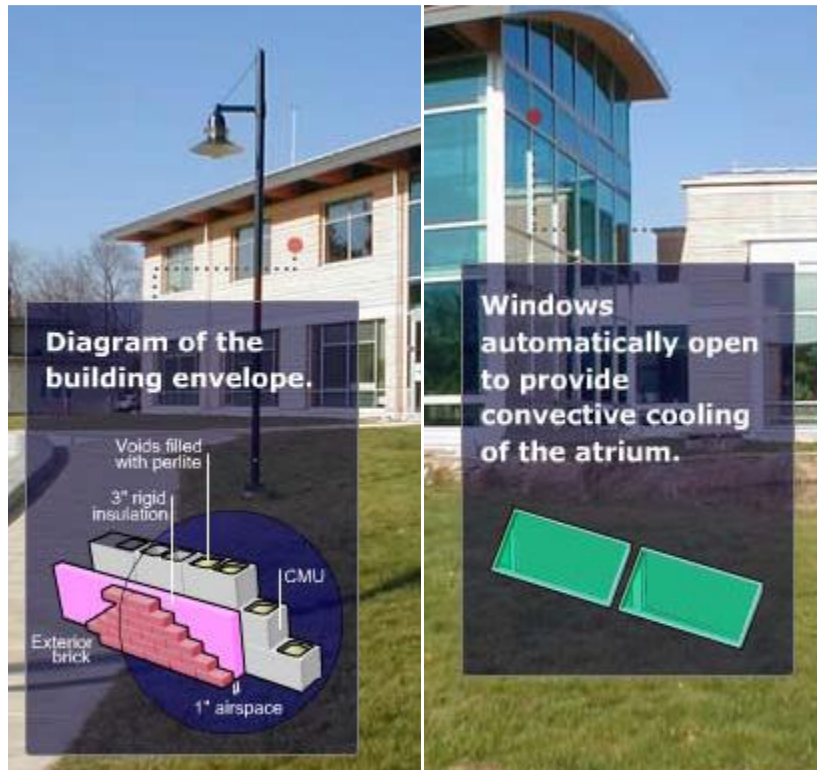
υπόψη τη δομή και τα συστήματα κτιρίου στο σύνολό τους και εξετάζει πώς αυτά τα συστήματα λειτουργούν καλύτερα μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



Εικόνα 3.3 Πανεπιστήμιο Oberlin από πλάγια όψη.

Για τις νέες κατασκευές, όπως περιγράφεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, η ενεργειακή απόδοση και τα παθητικά ηλιακά στοιχεία που ενσωματώνονται στον σχεδιασμό των κτιρίων μπορεί να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου. Για παράδειγμα, ένα κτίριο που χρησιμοποιεί το φυσικό φως όχι μόνο θα μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό, αλλά θα ελαχιστοποιήσει την ποσότητα της θερμότητας που εκπέμπεται από φωτιστικά, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για κλιματισμό.





Ακόμη και όταν η ανάγκη δεν έχει εξαλειφθεί τελείως ένα μικρότερο σύστημα κλιματισμού θα χρειάζονται λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει, και, ως εκ τούτου, λιγότερο φωτοβολταϊκά πάνελ θα απαιτηθούν για την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη του κτιρίου, επιτρέποντας έτσι οι ιδιοκτήτες κτιρίων να παίρνουν την καλύτερη αξία από τα φωτοβολταϊκά πάνελ τους. Άλλες τεχνολογίες που μπορούν να μειώσουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι ηλιακές θερμικές τεχνολογίες για θέρμανση χώρου και νερού.

Σε ευρύτερη κλίμακα, η προσέγγιση αυτή για ολόκληρο το σχεδιασμό των κτιρίων θα μπορούσε να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση της ποσότητας της ενέργειας που καταναλώνεται στο Ηνωμένο Βασίλειο από εμπορικά κτίρια. Με τη δημιουργία κτιρίων που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και έχουν χαμηλότερες απαιτήσεις ισχύος, μεγαλύτερη ανθεκτικότητα των κτιρίων, καθώς και το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται. Άλλα οφέλη της προσέγγισης σχεδιασμού ολόκληρου του κτηρίου περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να:

- Μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας έως και 50%.
- Μείωση του κόστους συντήρησης και του κεφαλαίου.
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



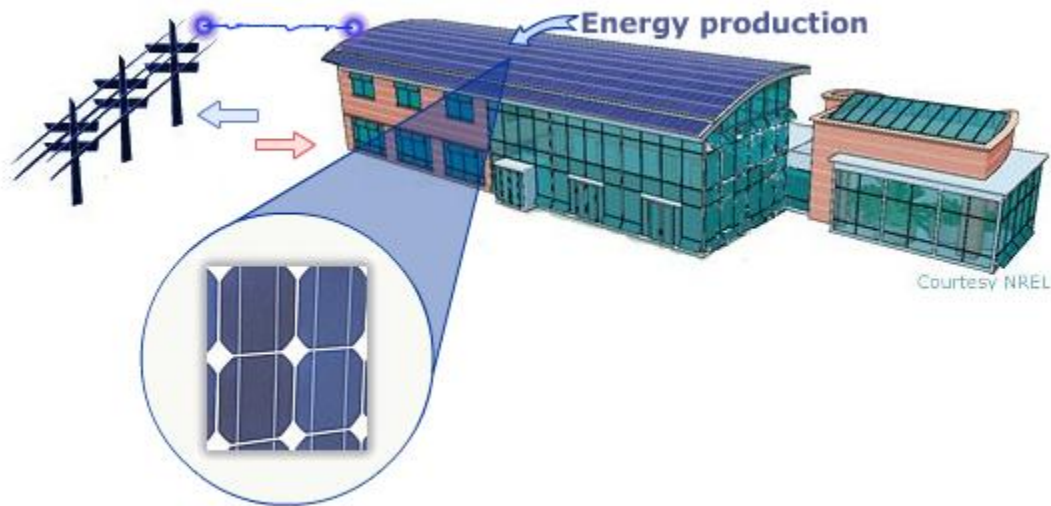
Εικόνα 3.4 Εικονογράφηση: 1. Φωτοβολταϊκά πλαίσια 2. Γεωθερμικός τομέας 3. Παθητικό ηλιακός σχεδιασμός 4. Χώροι διαβίωσης.

(i) Συστήματα Δόμησης

Με πάνω από 150 περιβαλλοντικούς αισθητήρες εγκαταστημένους σε όλο το κτίριο και το τοπίο, το σύστημα παρακολούθησης και απεικόνισης δεδομένων του πανεπιστημίου Oberlin παρέχει μια μοναδική ευκαιρία για να απεικονίσει σε πραγματικό χρόνο τις ροές της ενέργειας και της ανακύκλωσης της ύλης που απαιτείτε για την υποστήριξη του δομημένου περιβάλλοντος.

(ii) Ενέργεια

Από την τοπική ως και την παγκόσμια κλίμακα, τα περισσότερα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα συνδέονται με την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα για την ενέργεια. Φωτοβολταϊκά (PV) πάνελ στην οροφή του κτιρίου χρησιμοποιούν ανανεώσιμη ενέργεια από τον ήλιο για να καλύψουν σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας συνδέεται με ενεργειακά αποδοτικού φωτισμού, θέρμανσης και συσκευές για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Το κτίριο του πανεπιστημίου Oberlin έχει 60kW διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα για να παράγει ένα σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών του από ανανεώσιμες πηγές.



Εικόνα 3.5 Το διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα του Πανεπιστημίου Oberlin.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αρχίζει με 690 ενότητες οροφής, οι οποίες χρησιμοποιούν ημιαγωγούς για να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε συνεχές ρεύμα (*DC*). Στη συνέχεια στους εσωτερικούς μετατροπείς το συνεχές ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα (*AC*). Η ενέργεια εισέρχεται στον κύριο πίνακα διανομής αφού πλέον είναι συμβατή με όλες τις συσκευές του κτιρίου. Το πάνελ διανέμει ενέργεια σε διάφορα μέρη του κτιρίου. Σε αντίθεση με ένα breaker box¹¹, που συνήθως χωρίζει κυκλώματα με περιοχές (κουζίνα, σαλόνι, κ.λπ.), ο πίνακας χωρίζει ηλεκτρική ροή ενέργειας ανά τελική χρήση (φώτα, σπαδούς, κ.λπ.). Για τον εκτεταμένο εξοπλισμό παρακολούθησης της ενέργειας πρέπει να εκμεταλλευτούμε κάποια τμήματα του πίνακα για να ενημερωθεί η έρευνα και να επιτρέψει τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Τέλος, όταν η φωτοβολταϊκή παραγωγή υπερβεί την κατανάλωση ηλεκτρικής εντός του κτιρίου, το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας αντιστρέφει την κατεύθυνση μέσω του μετρητή χρέωσης και πωλείται πίσω στην εταιρεία ηλεκτρισμού.

¹¹ Breaker Box → Πίνακας Διανομής
Συλλιγνάκης Στέφανος



Εικόνα 3.6 Στάδια μετατροπής της ενέργειας.

(iii) Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα

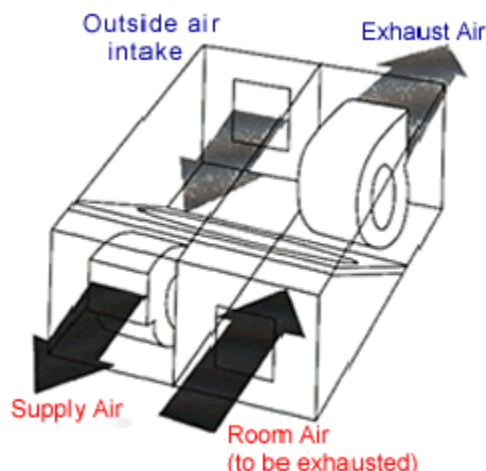
Τα πολύ-απασχολούμενα κτίρια απαιτούν συνεχή φρέσκο αέρα για να καθαρίσει το διοξείδιο του άνθρακα από την αναπνοή και την απομάκρυνση των τοξινών από τα υλικά, όπως χρώματα, κόλλες, χαλιά, και δείκτες. Κατά ειρωνικό τρόπο, η ποιότητα του αέρα μπορεί να είναι προβληματική σε καλά μονωμένα και ερμητικά σφραγισμένα “πράσινα” κτίρια διότι τέτοιου είδους πρακτικές ελαχιστοποιούν το παθητικό αέρα ανταλλαγής “διείσδυση”. Χρησιμοποιώντας μη-τοξικά υλικά κρατάνε τον αέρα στο κτίριο Oberlin σχετικά χωρίς τοξίνες.

(iv) Ανάκτηση Θερμότητας

Ο αέρας συντάσσεται ενεργά στο κέντρο τόσο από τα ανατολικά όσο και τα δυτικά του κτιρίου από ανεμιστήρες ανάκτησης ενέργειας ERV¹². Πριν αποσταλεί στους χώρους στο εσωτερικό του κτιρίου, ο εισερχόμενος αέρας έρχεται σε επαφή με τον απερχόμενο αέρα. Οι ERV ανταλλάσσουν θερμότητα μεταξύ των εξερχόμενων και εισερχόμενων σωματιδίων αέρα.

Εντός των ERV, ο τροχός θερμαίνεται σε θερμότερο αέρα και μεταφέρει αυτή την ενέργεια θερμότητας στον ψύκτη. Κατά τη διάρκεια των ψυχρότερων μηνών, η περίσσεια θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα μεταφέρεται στον εισερχόμενο αέρα, μειώνοντας έτσι την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση του αέρα από ότι οι αντλίες θερμότητας για μεμονωμένους χώρους. Ομοίως, κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών, εξερχόμενος αέρας χρησιμοποιείται για την ψύξη εισερχόμενου αέρα προτού να σταλεί προς ρύθμιση των εσωτερικών χώρων.

¹² ERV → Energy Recovery Ventilator
Συλλιγνάκης Στέφανος



Εικόνα 3.7 Ανεμιστήρας ανάκτησης ενέργειας.

(v) Μόνωση και Παράθυρα

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο είναι ένα σφικτό κτιριακό κέλυφος (εξωτερική επιφάνεια). Αυτό σημαίνει ότι η οροφή, οι τοίχοι, τα παράθυρα και τα πατώματα είναι καλά μονωμένα για τη μείωση της θερμικής αγωγιμότητας και προσεκτικά σφραγισμένα για την αποτροπή ανεπιθύμητων διαρροών αέρα με συναγωγή. Ένα σφικτό και καλά μονωμένο κτίριο απαιτεί λιγότερη ενέργεια και μικρότερα μηχανικά συστήματα, προκειμένου να επιτευχθούν άνετες εσωτερικές συνθήκες. Τα χαρακτηριστικά των παραθύρων του πανεπιστημίου του Oberlin είναι:

- Τριπλά τζάμια για μειωμένες απώλειες θερμότητας.
- Εσωτερικοί αγωγοί αργού αερίου, καθώς αυξάνουν την αξία της μόνωσης.
- Επίστρωση χαμηλής εκπομπής που αντανακλά την ανεπιθύμητη θερμότητα.
- Αξία-R με βαθμό 7.
- Αξία-R των μονών ή διπλών τζαμιών να κυμαίνεται από 1 έως 2,5.

Ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει τη σύγκριση σε τιμές-R μεταξύ του κτιρίου Oberlin και άλλα συμβατικά κτίρια.

Υλικά	Oberlin Πανεπιστήμιο	Συμβατικά Κτίρια
Τοίχοι	21	16
Στέγη	35	19
Ολόκληρο Κτίριο	13	10

Πίνακας 3.1 Σύγκριση περιπτώσεων.

3.1.2 Οφέλη από Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά έχουν μια σειρά από οφέλη και έχουν ως εξής:

- Ασφαλής λειτουργία.

- Απλός χειρισμός.
- Ελάχιστη συντήρηση και χωρίς κινούμενα μέρη.
- Χωρίς εκπομπές ρύπανσης.
- Δυνατότητα να ενταχθούν σε υφιστάμενα και νέα κτίρια.
- Υψηλή αξιοπιστία, αντοχή και μεγάλη διάρκεια ζωής (περίπου 30+ ετών).
- Αθόρυβη λειτουργία και μηδαμινές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

3.2 Τοπική Παραγωγή Ενέργειας

3.2.1 Ηλιακή Θέρμανση Νερού

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι και οι δύο είναι τοποθετημένοι στο νότιο ή νοτιοδυτικό σημείο της στέγης του κτιρίου. Σε ορισμένα συστήματα, ο ήλιος θερμαίνει άμεσα το νερό που ρέει μέσα από σωλήνες σε μια επίπεδη πλατφόρμα που ονομάζεται ηλιακός συλλέκτης. Αυτοί οι σωλήνες κυκλοφορούν το θερμαινόμενο νερό έξω από το ηλιακό συλλέκτη και στη συνέχεια κάτω μέσα σε μία δεξαμενή συγκράτησης. Σε άλλα συστήματα, ένα αντιψυκτικό διάλυμα διατρέχει διαμέσου των σωλήνων αντί για νερό. Σε ψυχρότερα κλίματα, αυτό το είδος λύσης θα κρατήσει τους σωλήνες από το να ψυχθούν. Όπως και με το σύστημα με βάση το νερό, ο ήλιος θερμαίνει το υγρό και ρέει μέσω των σωλήνων κάτω στην δεξαμενή συγκράτησης. Η θερμότητα από το υγρό στους σωλήνες μεταφέρεται στη δεξαμενή νερού και θερμαίνει το νερό. Και στα δυο συστήματα, το υγρό στους σωλήνες ανακυκλώνεται μέσω του ηλιακού συλλέκτη, όπου η διαδικασία αρχίζει πάλι.

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού από τον ήλιο. Υπάρχουν πολλές χρήσεις για ζεστό νερό σε κατοικίες και εμπορικά κτίρια. Παρακάτω είναι οι δύο πιο συνήθεις: ζεστό νερό για πισίνες και ζεστό νερό για χρήση σε εσωτερικούς χώρους, με χρόνο απόσβεσης μικρότερο από δύο χρόνια. Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού για θερμαινόμενες πισίνες είναι από τα πιο οικονομικά αποδοτικά. Αυτά τα συστήματα συνήθως τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου, αποτελούμενο από πλαστικούς σωλήνες συνήθως όχι περισσότερο από το ένα τέταρτο της ίντσας σε διάμετρο, και είναι χρωματισμένα μαύρα για να απορροφούν θερμότητα από τον ήλιο. Η υπάρχουσα αντλία της πισίνας κυκλοφορεί το νερό από την πισίνα, μέσω του ηλιακού συλλέκτη, και στη συνέχεια πίσω στην πισίνα.

Ζεστό νερό μέσης θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την καθημερινή, εσωτερική χρήση, όπως την κολύμβηση, τον καθαρισμό, και μερικές φορές τη θέρμανση των κτιρίων. Υπάρχει μια ποικιλία ηλιακών θερμοσιφώνων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση του νερού για χρήση σε κτίρια:

Παθητικά Συστήματα: Αυτά τα συστήματα βασίζονται στην πίεση του νερού στην κύρια ίσαλο γραμμή ή την φυσική τάση του ζεστού νερού να αυξηθεί (θερμοσίφωνο). Τα συστήματα αυτά είναι από τα λιγότερο δαπανηρά και δεν έχουν κινούμενα μέρη που μπορεί να φθαρούν με την πάροδο του χρόνου. Το απλούστερο σύστημα, που είναι γνωστό ως ένα σύνολο παραγωγής ή ως “breadbox” θερμοσίφωνα. Παθητικά συστήματα αποτελούνται από ένα συλλέκτη, συνήθως ένα τζάμι με μεταλλική δεξαμενή ή εσωτερικές σωληνώσεις μέσα βαμμένες μαύρο, και μια δεξαμενή αποθήκευσης η οποία μπορεί να είναι ένα ήδη υπάρχων θερμοσίφωνο.

Ενεργά συστήματα: Αυτού του είδους τα συστήματα βασίζονται σε αντλίες που κυκλοφορούν νερό ή άλλο υγρό μέσω ενός ηλιακού συλλέκτη. Το ζεστό νερό από τον ηλιακό συλλέκτη αποθηκεύεται συνήθως σε ένα τυπικό θερμαντήρα νερού, το οποίο λειτουργεί ως στήριγμα για το σύστημα, όταν ο ήλιος δεν λάμπει.

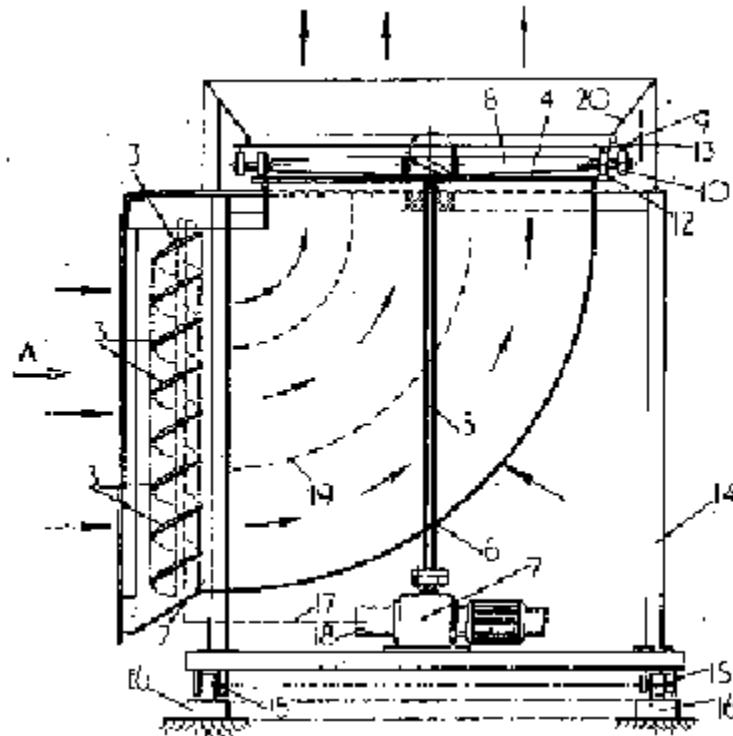
Αν και αυτά τα συστήματα τείνουν να είναι πιο ακριβά, έχουν υψηλότερες αποδόσεις που αντισταθμίζουν συνήθως το υψηλότερο αρχικό κόστος.

Οικιστικές και εμπορικές εφαρμογές σε κτίρια που απαιτούν θερμοκρασίες κάτω από 93 °C συνήθως χρησιμοποιούν επίπεδους συλλέκτες, εν τω μεταξύ οι συλλέκτες αυτοί απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 93 °C χρήση με σωλήνες κενού ή συγκέντρωσης.

3.2.2 Διακλαδικές Ανεμογεννήτριες

Οι DWT αναπτύχθηκαν το 1979 από έναν μηχανικό από τη Γλασκόβη, ο αρχικός στόχος χρησιμοποίησής τους ήταν για δομο-στοιχειωτές εφαρμογές. Στη συνέχεια ερευνήθηκε από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου του Strathclyde η ενσωμάτωση τους στον σχεδιασμό των κτιρίων. Μία από τις κύριες διαφορές μεταξύ των DWT και ένα πρότυπο ανεμογεννήτριας είναι η επίδραση της αεροτομής στην ανεμογεννήτρια. Τα DWT δείχνουν το αποτέλεσμα σχετικά με τα χαρακτηριστικά της ροής γύρω από την άκρη του κτιρίου και διαμέσου των DWT. Μπορεί να φανεί ότι η πίεση στο άκρο του κτιρίου είναι θετική και μέσω των DWT η πίεση είναι αρνητική. Όσο υψηλότερη είναι η διαφορά πίεσης τόσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα μέσα από τα πτερύγια του στροβίλου και ως εκ τούτου παράγεται μεγαλύτερη δύναμη.

Οι διακλαδικές ανεμογεννήτριες βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, αλλά καταδεικνύουν το δυναμικό για εφαρμογές χαμηλής ισχύος. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συσκευή αποδίδει καλύτερα σε περιοχές όπου υπάρχει ομαλή κατεύθυνση του ανέμου και μπορούν να ενσωματωθούν με μεγαλύτερες δομές, οι καθοδηγούμενες ανεμογεννήτριες όταν δοκιμάστηκαν στην αεροδυναμική σήραγγα και υλοποιούνται στον τομέα είχε αποδείξει την ικανότητά τους να παράγουν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, και είναι, επίσης, ήσυχη και ισχυρή. Η κατασκευή των διακλαδικών αγωγών της ανεμογεννήτριας εκτός από το να είναι ισχυρή συνέβαλε στη διαμόρφωση μιας αθόρυβης λειτουργίας, είχε ένα έξυπνα κρυμμένα στρόβιλο εντός της δομής για την ελαχιστοποίηση των οπτικών επιπτώσεων αν οι μονάδες αυτές τοποθετήθηκαν σε στέγες κτιρίων.



Εικόνα 3.9 Εγκάρσια τομή διαμέσου ενός DWT.

Αυτή η συσκευή είναι κατασκευασμένη από εύκολα διαθέσιμα, ανακυκλώσιμα υλικά όπως π.χ. φύλλο μετάλλου, αγωγών και η θέση της γεννήτριας κάτω από τον αεραγωγό δεν εμποδίζει τη ροή του αέρα, όπως θα ήταν για τις συμβατικές ανεμογεννήτριες. Η παρακάτω μελέτη περίπτωσης καταδεικνύει τη χρήση των DWT στα κτίρια.

3.2.3 Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (CHP)

Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (CHP) είναι η επιτόπου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η αξιοποίηση της θερμότητας που είναι ένα υποπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής. Η χωρητικότητα της CHP σε κτίρια έχει διπλασιαστεί τα τελευταία χρόνια και τώρα υπάρχουν πάνω από 1.000 εγκαταστάσεις που παρέχουν ηλεκτρική ισχύ 400 MW περίπου. Μικρής κλίμακας CHP χρησιμοποιείται ως η κύρια πηγή ενέργειας και θέρμανσης σε πολλά κτίρια, όπως κατοικίες, εμπορικά κτίρια, πανεπιστήμια και ιδρύματα της άμυνας.

Εν τω μεταξύ, στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του *Kyoto*, η βρετανική κυβέρνηση έχει δεσμευτεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 12,5%, και έχει θέσει έναν πιο αυστηρό στόχο, τη μείωση των εκπομπών CO₂¹³ κατά 20%. Ως εκ τούτου, η κυβέρνηση έχει θέσει στόχο την ενθάρρυνση της εγκατάστασης των 10,000MW καλής ποιότητας CHP, η οποία θα μπορούσε να παράγει περίπου το 20% του στόχου εξοικονόμησης άνθρακα.

¹³ CO₂ → Carbon Dioxide
Συλλιγνάκης Στέφανος

Οι CHP εγκαταστάσεις μπορεί να μετατρέψουν έως 90% της ενέργειας του καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια και χρήσιμη θερμότητα. Αυτό συγκρίνεται πολύ ευνοϊκά με τη συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία έχει παραδώσει ενεργειακή απόδοση περίπου 30-45%. Εγκαταστάσεις CHP μπορούν να λειτουργούν με φυσικό αέριο, βιο-αέριο ή πετρέλαιο ντίζελ (πετρέλαιο). Η αξιοπιστία των CHP είναι γενικά καλή με παράγοντες διαθεσιμότητα πάνω από 90% που είναι κοινά. Το εύρος των διαθέσιμων CHP για τα κτίρια έχουν ως εξής:

- Micro CHP (μέχρι 5kWe)
- Μικρής κλίμακας (κάτω 2MWe)
 - Κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα.
 - Micro τουρμπίνες (30-100kWe).
 - Αεροστρόβιλους μικρής κλίμακας (συνήθως 500 kWe).
- Μεγάλης κλίμακας (άνω 2MWe)
 - Μεγάλοι εμβολοφόροι κινητήρες.
 - Μεγάλες αεροστρόβιλοι.

(α) Micro CHP

Υπάρχει ένας μικρός αριθμός πολύ μικρών CHP που εξυπηρετούν μικρές ομάδες των κατοικιών και μικρών εμπορικών εφαρμογών, παρέχοντας εξόδους περίπου γύρω στα 5 kWe και θερμότητα 10-15kW. Οι μικρότερες μονάδες περίπου 1 kWe που βασίζονται σε μηχανές *Stirling* προορίζονται για την αγορά.

(β) Μικρής Κλίμακας CHP

Αυτό το είδος της CHP είναι πιο συχνά τοποθετημένα εκ των υστέρων σε υπάρχουσες κτιριακές εγκαταστάσεις, αν και CHP μπορεί να είναι πιο συμφέρουσες σε νέα κτίρια. Μικρής κλίμακας CHP έχουν ηλεκτρική ισχύ έως 2MWe, και συνήθως διατίθενται σύμφωνα με τη συσκευασία των εργοστασίων.

(γ) Μεγάλης Κλίμακας CHP

Μεγάλης κλίμακας CHP είναι γενικά πάνω από 2MWe στην έξοδο. Μεγάλες εγκαταστάσεις πολλαπλών κτιρίων (νοσοκομεία, πανεπιστήμια κ.λπ.) και για θέρμανση κοινότητας χρησιμοποιούν είτε τουρμπίνες αερίου ή μεγάλους εμβολοφόρους κινητήρες που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο ή πετρέλαιο. Οι αεροστρόβιλοι ευνοούνται όταν απαιτείται υψηλός βαθμός θερμότητας για την παραγωγή ατμού. Μεγάλοι αεροστρόβιλοι είναι πιο περίπλοκοι για να διατηρηθούν, έχουν χαμηλότερη ηλεκτρική απόδοση και έχουν χειρότερη απόδοση με μερικό φορτίο από κινητήρα με βάση CHP. Η θέρμανση κοινότητας με CHP είναι ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέσο για την παροχή μεγάλων χαρτοφυλακίων των οικιστικών και επαγγελματικών ακινήτων.

3.3 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάσαμε τα ενεργά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν μικρής κλίμακας παραγωγή μέσω φωτοβολταϊκών, ηλιακό θερμοσίφωνα, διακλαδικές ανεμογεννήτριες και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες έχει συζητηθεί και αποδεικνύεται μέσω μελετών περιπτώσεων. Όλες αυτές οι μελέτες περιπτώσεων τονίζουν τα δυνατά σημεία της κάθε τεχνολογίας.

Η όλη προσέγγιση για την ελαχιστοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας αποδεικνύεται μέσα από την μελέτη της περίπτωσης του πανεπιστημίου *Oberlin*. Αυτή η προσέγγιση στο σύνολο του σχεδιασμού του κτιρίου θα μπορούσε να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση της ποσότητας της ενέργειας που καταναλώνεται στο Ηνωμένο Βασίλειο από εμπορικά κτίρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ρόλοι της ενεργειακής απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας κάποτε θα έχουν βρει τρόπους αντιμετώπισης, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με τη χρήση των διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν παθητικά, δηλαδή με μη μηχανικά μέσα.

4.1 Σχεδιασμός Κτιρίων

Η ενέργεια έχει διαφορετικές ποιότητες: όσο υψηλότερος είναι ο βαθμός, τόσο υψηλότερες είναι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ενεργειακού. Το κλειδί για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των κτιρίων στο περιβάλλον είναι να ταιριάζει το σωστό επίπεδο της ενεργειακής κατηγορίας με τις ανάγκες του χρήστη. Χαμηλής ποιότητας εργασίες, όπως η θέρμανση χώρων, θα πρέπει να συνδυάζεται με χαμηλής ποιότητας πηγές ενέργειας, όπως τα παθητικά ηλιακά κέρδη.

Το φυσικό φως της ημέρας και ο φυσικός εξαερισμός είναι μόνο μερικές από τις λύσεις για το σχεδιασμό κτιρίων χαμηλής ενέργειας. Η εξασφάλιση της πρόσοψης και μηχανικά συστήματα εργασίας ενός κτιρίου μαζί με τη μείωση των ενεργειακών εκπομπών αποτελεί βασικό στοιχείο για την επίτευξη της σωστής ισορροπίας των απωλειών θερμότητας και του κέρδους.

Λύσεις χαμηλής ενέργειας δεν σημαίνει και υψηλό κόστος: η ανάθεση για την διατήρηση και την εγκατάσταση είναι συχνά φθηνότερη σε σχέση με άλλες επιλογές. Μια συνδυασμένη προσέγγιση του συμβατικού σχεδιασμού με εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όχι μόνο δημιουργεί ένα άνετο περιβάλλον για τη δημιουργία χρηστών, αλλά μπορεί να κάνει σημαντική εξοικονόμηση.

Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας προκαλεί αλλαγές στη θερμοκρασία της γης. Η γη έχει μεγάλη χωρητικότητα αποθήκευσης θερμότητας, έτσι χρειάζεται πολύς χρόνος για να κρυώσει μετά το ηλιοβασίλεμα, καθώς και περισσότερος χρόνος για την αύξηση της θερμοκρασίας μετά την άνοδο του ήλιου. Ως αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου, οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται τα απογεύματα παρά στα πρωινά αν και η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας σε αμφότερες τις περιπτώσεις είναι περίπου η ίδια.

Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός των κτιρίων θα πρέπει να βασίζεται σε μια παρόμοια έννοια, δεδομένου ότι τα κτίρια θα πρέπει να σχεδιαστούν για να επιτευχθεί μια σταθερή θερμική κατάσταση, χωρίς διακυμάνσεις λόγω μεταβολών στις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του πάχους τοιχωμάτων που αποθηκεύουν θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, αποτρέποντας την διαρροή της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια, η θερμότητα αποθηκεύεται από τα παχιά τοιχώματα και διαχέεται μέσα στο κτίριο. Προκειμένου να επιτευχθεί θερμική άνεση με τα άτομα ενός κτιρίου, είναι αναγκαίο να χαθούν ποσότητες θερμότητας που είναι ανάλογες με την ποσότητα που παράγεται από φυσικές δραστηριότητες.

4.2 Χρήση Παθητικών Συστημάτων Ανανεώσιμης Ενέργειας σε Κτίρια

Τα παθητικά ηλιακά σχέδια περιλαμβάνουν παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, ψύξης, φυσικό φωτισμό και φυσικό εξαερισμό.

4.2.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Ενέργειας

Η ιστορία για την καλύτερη αξιοποίηση του ηλιακού φωτός μέσω τεχνικών παθητικών συστημάτων χρονολογείται από τους Ρωμαίους, όπου παθητικές τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν για χώρους όπως, κοινόχρηστοι χώροι συνάντησης και το μπάνιο του σπιτιού. Τα παράθυρα αυτών των περιοχών έχουν σχεδιαστεί με μεγάλα ανοίγματα. Μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, η ικανότητα να παράγονται μεγάλα φύλλα γυαλιού εξαφανίστηκε για τουλάχιστον μια χιλιετία. Δεν ήταν μέχρι το τέλος του δέκατου έβδομου αιώνα όταν η διαδικασία παραγωγής του γυαλιού εμφανίστηκε στη Γαλλία.

Το δέκατο όγδοο και δέκατο ένατο αιώνα οι πόλεις ήταν γεμάτες με κόσμο και τα περισσότερα κτίρια, συμπεριλαμβανομένων των σπιτιών είχαν ελλιπή φωτισμό. Δεν ήταν μέχρι τα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα, όταν οι πολεοδόμοι διερεύνησαν τη δυνατότητα παροχής καλύτερων εσωτερικών συνθηκών. Αυτή τη στιγμή οι σχεδιαστές ερευνούν περισσότερο τα ιατρικά πλεονεκτήματα του ηλιακού φωτός μετά την ανακάλυψη ότι το υπεριώδες φως σκοτώνει τα βακτηρίδια. Μια μεταγενέστερη διαπίστωση είναι το ότι το υπεριώδες φως δεν διαπερνά τα παράθυρα, και αυτό ενισχύεται από τα ευρήματα ότι το έντονο φως το χειμώνα είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ανθρώπινης ισορροπίας των ορμονών. Χωρίς αυτό οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να αναπτύξουν κατάθλιψη “*midwinter*”.

4.2.2 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

4.2.2.1 Γενικά

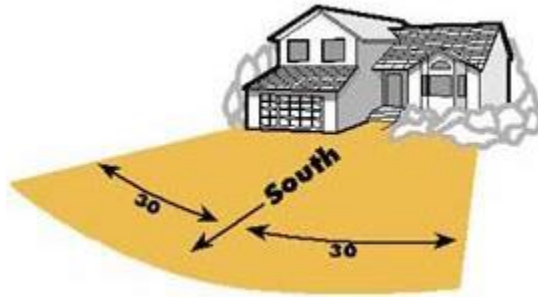
Το χειμώνα, τα παράθυρα που βλέπουν νότια αναμένεται να παρέχουν πρόσβαση για τη θερμότητα του ήλιου, ενώ από την άλλη πλευρά μόνωση από το κρύο είναι επίσης απαραίτητη. Το καλοκαίρι, σε ένα ήπιο κλίμα η πολιτική είναι να αναγνωρίσουμε το φως του ήλιου και να αποθηκεύεται με μορφή θερμότητας. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος του ημερήσιου φωτισμού, οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης βρίσκονται στο νότιο τμήμα του κτιρίου όπου βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος των εσωτερικών χώρων.

Κατά το σχεδιασμό των κτιρίων για παθητικά ηλιακά συστήματα ανανεώσιμης ενέργειας, θα πρέπει να ενσωματωθούν χαρακτηριστικά όπως μεγάλες ποσότητες παράθυρων με νότιο προσανατολισμό, για να υπάρχει η μέγιστη δυνατή ηλιακή πρόσβαση. Επιπλέον υλικά που απορροφούν και σταδιακά απελευθερώνουν τη θερμότητα που απορροφάτε από τον ήλιο θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τζάμια προσανατολισμένα νότια.

Μια σημαντική έννοια της παθητικής ηλιακής θέρμανσης του ηλιακού σχεδιασμού είναι να ταιριάζει με την ώρα που ο ήλιος μπορεί να παρέχει φωτισμό και θερμότητα σε ένα κτίριο όταν χρειάζεται ζέστη, αυτό είναι αρκετά εύκολο να επιτευχθεί στο εσωτερικό των κτιρίων, αλλά όταν πρόκειται για εμπορικά κτίρια, υπάρχουν πολύπλοκες απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ως εκ τούτου, οι στρατηγικές

σχεδιασμού τους απαιτούν ανάλυση στον υπολογιστή (π.χ. από ένα εργαλείο μοντελοποίησης ενέργειας, όπως ESP-r) από έναν αρχιτέκτονα ή μηχανικό.

Η στρατηγική της σχεδίασης παίζει σημαντικό ρόλο, οι κατόψεις του κτιρίου θα πρέπει να σχεδιαστούν για να βελτιστοποιηθούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Για παράδειγμα, τα κατάλληλα τζάμια στα παράθυρα και τις πόρτες, και προσανατολισμένα 30 βαθμούς νότια.



Εικόνα 4.1 Στρατηγική Μελέτη: Παράθυρα και πόρτες πρέπει να είναι προσανατολισμένα 30 μοίρες νότια.

Λόγω της ηλιακής διαδρομής, το βέλτιστο και άμεσο κέρδος σε παθητικά ηλιακά κτίρια είναι ο προσανατολισμός προς το νότο. Οι νότιο-προσανατολισμένες επιφάνειες δεν χρειάζεται να είναι κατά μήκος του ίδιου τοίχου. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος και η ικανότητα να ελέγχει τη σκίαση και το καλοκαίρι την υπερθέρμανση, μειώνεται όσο οι επιφάνειες στρέφονται μακριά από το νότο.

Οι βασικές απαιτήσεις για τη βελτιστοποίηση της χρήσης των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης στα κτίρια έχουν ως εξής:

- Τα κτίρια πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, με κύριο προσανατολισμό του κτιρίου κατά 30°, κτίρια που βρίσκονται νότιο-ανατολικά θα επωφεληθούν περισσότερο από τον ήλιο το πρωί, ενώ αυτά που βρίσκονται νότιο-δυτικά θα ωφεληθούν περισσότερο αργά το απόγευμα καθυστερώντας τη βραδινή περίοδο θέρμανσης.
- Τα τζάμια θα πρέπει να τοποθετούνται στη νότια πλευρά των κτιρίων αφού χρησιμοποιούνται πιο συχνά και απαιτούν περισσότερη ζέστη, όπως και τα σαλόνια.
- Τα συστήματα θέρμανσης ευαίσθητων ζωνών, διευκολύνουν την αυτόματη απομόνωση των περιοχών όπου και όποτε χρειάζεται, αποφεύγοντας έτσι την περιττή θέρμανση σε άδειους χώρους.
- Αποφύγετε την υπερβολική σκίαση από άλλα κτίρια, προκειμένου να επωφεληθείτε από τον χειμωνιάτικο ήλιο.
- Τα κτίρια πρέπει να είναι θερμικά συμπαγές ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση το καλοκαίρι.
- Τα παράθυρα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα ώστε να παρέχουν επαρκή φωτισμό την ημέρα. Τουλάχιστον 15% της συνολικής επιφάνειας ενός δωματίου.
- Τα κτίρια πρέπει να είναι καλά μονωμένα για την ελαχιστοποίηση της συνολικής απώλειας θερμότητας.

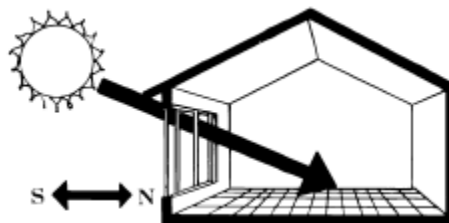
4.3 Άμεσα και Έμμεσα Συστήματα Απολαβής

Τα συστήματα θέρμανσης γενικά ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, στα άμεσα και έμμεσα συστήματα απολαβής. Σύστημα άμεσης απολαβής χρησιμοποιούν συλλέκτες για να επιτρέψουν την είσοδο του ηλιακού φωτός απευθείας στο σπίτι, όπου απορροφάτε και μετατρέπεται σε θερμότητα. Τα έμμεσα συστήματα απολαβής δημιουργούν ενδιάμεσους χώρους, εξωτερικά του σπιτιού, όπου το φως μετατρέπεται σε θερμότητα, και στη συνέχεια η θερμότητα εναλλάσσεται μέσα στο σπίτι μέσω ενδιάμεσων στοιχείων. Λίμνες οροφής, θερμοκήπια, και *Trombe*¹⁴ τοίχοι είναι όλα τα παραδείγματα αυτής της τεχνικής.

Όστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υπερθέρμανση και το έντονο φως μπορεί να συμβεί όταν το φως του ήλιου διεισδύει άμεσα σε ένα κτίριο και αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί με τα κατάλληλα μέτρα. Ένας χώρος “άμεσης απολαβής” μπορεί να υπερθερμανθεί σε πλήρη ηλιοφάνεια και είναι πολλές φορές πιο φωτεινός από ό, τι απαιτείται, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα θάμπωσης. Αργά το πρωί και νωρίς το απόγευμα, ο ήλιος μπαίνει από παράθυρα με νότιο προσανατολισμό. Η χαμηλή γωνία επιτρέπει στο φως του ήλιου να διεισδύσει βαθιά μέσα στο κτίριο πέραν της κανονικής περιοχής του συστήματος. Αν το κτίριο και οι καταλυμένες θέσεις δεν έχουν σχεδιαστεί με βάση έλεγχο των επιπτώσεων της διείσδυσης του ήλιου, οι επιβάτες θα εμφανίσουν δυσφορία από το έντονο φως. Η προσεκτική ανάλυση και στρατηγικές σχεδιασμού εξασφαλίζουν ότι αυτές οι μικρές γωνίες των ακτίνων του ήλιου είναι κατευθυνόμενες. Για παράδειγμα, τα ράφια της κουζίνας μπορεί να υποκλέψουν τον ήλιο και το φως της ημέρας.

4.3.1 Άμεσης Απολαβής

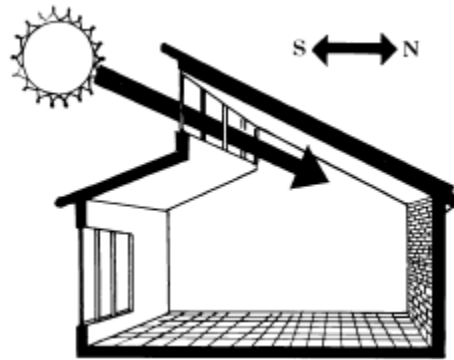
Άμεση απολαβή είναι η απλούστερη προσέγγιση και συνήθως η πιο οικονομική για την κατασκευή. Χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνική, το ηλιακό φως εισέρχεται στο κτίριο από μεγάλες περιοχές του νότου και θερμαίνει το πάτωμα και τους τοίχους άμεσα.



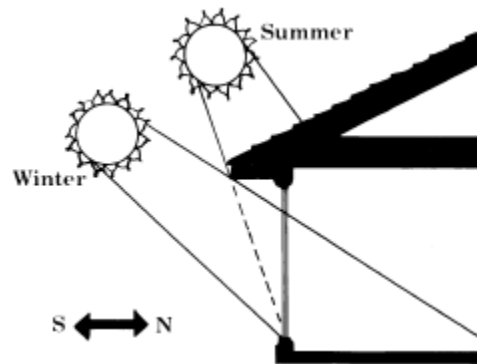
Εικόνα 4.2 Σύστημα Άμεσης Απολαβής

Φεγγίτες παράθυρα και φωταγωγοί χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν την ποσότητα του ηλιακού φωτός που χτυπά στην πίσω περιοχή των τοίχων και στα δάπεδα. Μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση των συστημάτων άμεσης απολαβής, συνήθως οι φεγγίτες έχουν την τάση να δημιουργούν υπερθέρμανση το καλοκαίρι και σε ένα κλίμα όπως το Ηνωμένο Βασίλειο μπορεί να προκαλέσουν διαρροές εάν δεν έχουν εγκατασταθεί σωστά ή αν δεν είναι καλά μονωμένα.

¹⁴ Trombe Wall → Ένας τοίχος Trombe είναι ένα παθητικό σύστημα ηλιακού σχεδιασμού των κτιρίων
Συλλιγνάκης Στέφανος



Εικόνα 4.3 Φεγγίτες παράθυρα σε σύστημα άμεσης απολαβής αφήνουν το φως του ήλιου να χτυπήσει στο θερμικά συμπαγές πίσω τοίχο.



Εικόνα 4.4 Η προεξοχή επιτρέπει τον ήλιο τον χειμώνα, ενώ η σκίαση τον αποτρέπει το καλοκαίρι.

Στα συστήματα άμεσου κέρδους, η ποσότητα του γυαλιού που είναι προσανατολισμένο νότια και η θερμική μάζα αποθήκευσης πρέπει να είναι ισορροπημένα για βέλτιστες επιδόσεις καλοκαίρι και χειμώνα. Αν τα παράθυρα συλλέγουν περισσότερη θερμότητα από τι το δάπεδο ή οι τοίχοι, τότε συμβαίνει υπερθέρμανση. Ως εκ τούτου, σκίαση απαιτείται για να ελαχιστοποιηθεί η αύξηση της θερμότητας το καλοκαίρι. Υπάρχουν αρκετές επιλογές, όπως πρόβολοι, τέντες, πέργκολες, περσίδες, ηλιακές οθόνες και κινητή μόνωση. Σήμερα η εξωτερική σκίαση συνιστάται περισσότερο αντί της εσωτερικής, διότι εξωτερικές οθόνες και άλλες συσκευές θα σταματήσουν τη θερμότητα προτού να μπει μέσα στο κτίριο.

Επιπλέον, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη θέση και την ποσότητα της μάζας υφάσματος. Για παράδειγμα, η αποθήκευση θερμικής ενέργειας είναι ίσως πιο λεπτή και πιο ευρέως διαδεδομένη στο σαλόνι από ό, τι με άλλα παθητικά συστήματα. Καλύπτοντας την θερμική μάζα αποθήκευσης με χαλί ή άλλα υλικά θα μειωθεί η ικανότητα αποθήκευσης, ως εκ τούτου, η οργάνωση των επίπλων είναι σημαντική, έτσι ώστε να μην παρεμβαίνει με τη συλλογή ηλιακής ενέργειας, την αποθήκευση και τη διανομή. Ο παρακάτω πίνακας συγκρίνει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων άμεσης απολαβής:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Τα παράθυρα που βλέπουν νότια, κατά την διάρκεια της ημέρας παρέχουν φυσικό φως και εξωτερική θέα.	Η μεγάλη ποσότητα παράθυρων που βλέπουν νότια, μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα με την λάμψη και την προστασία της ιδιωτικής σας ζωής.
Προσφέρει άμεση θέρμανση. Έτσι δεν χρειάζεται μεταφορά ενέργειας από ένα δωμάτιο σε ένα άλλο.	Η θερμική μάζα που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση θερμότητας δεν θα πρέπει να καλύπτεται από χαλί ή να αποκλειστεί από έπιπλα.
Ο αριθμός και το μέγεθος των παραθύρων με νότιο προσανατολισμό μπορεί να ρυθμιστεί για να ταιριάζει με το χώρο για να είναι θερμικά συμπαγές. Φεγγίτες παράθυρα μπορεί αφήνουν το φως του ήλιου να πέφτει κατευθείαν πάνω στα πίσω μέρη των δαπέδων ή τοίχων.	Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης αν τα παράθυρα και το θερμικό συμπαγές δεν είναι ισορροπημένα.
Είναι συγκριτικά χαμηλό κόστος για την κατασκευή, δεδομένου ότι δεν θέλουμε να προστατεύσουμε κάποιο ειδικό δωμάτιο. Το δάπεδο, τα τοιχώματα, μπορούν να χρησιμεύσουν ως μάζα αποθήκευσης.	Τα παράθυρα που είναι προσανατολισμένα νότια χρειάζονται καλοκαιρινή σκίαση και σκεπάσματα μόνωσης κατά τη διάρκεια της νύχτας το χειμώνα. Μόνωση κατά τη διάρκεια της νύχτας μπορεί να παρέχεται από το εξωτερικό τοποθετημένο πάνελ, τις εσωτερικές κουρτίνες, παντζούρια, πάνελ, ή άλλες μονωτικές επεξεργασίες παραθύρων.
	Έπιπλα και υφάσματα που εκτίθεται σε υπεριώδη ακτινοβολία από τον ήλιο μπορεί να υποβαθμιστούν ή να αλλάξουν χρώμα.

Πίνακας 4.1 Συστήματα άμεσης απολαβής.

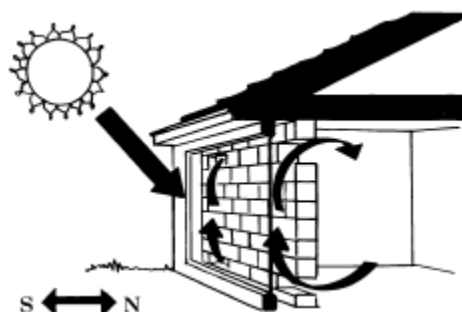


Εικόνα 4.5 Σύστημα πλήρωσης με τοιχώματα παρέκκλισης παρέχουν σκίαση αν η προεξοχή είναι ανεπαρκής

4.3.2 Έμμεσης Απολαβής

Στη μέθοδο αυτή η μάζα αποθήκευσης βρίσκεται ανάμεσα στα νότια προσανατολισμένα παράθυρα και του ζωτικού χώρου. Έμμεσα συστήματα απολαβής χρησιμοποιούν συστήματα όπως θερμικά τοιχεία και άλλα είδη υλικών για την συλλογική αποθήκευση θερμότητας. Οι κοινοί τρόποι αποθήκευσης μάζας είναι ένας τοίχος *Trombe*, ένας τοίχος νερού από σωλήνες ή βαρέλια βρίσκεται αρκετά χιλιοστά πίσω από το παράθυρο.

Το τούβλο του τοίχου *Trombe* είναι συνήθως 200-300mm πάχους σε σύγκριση με αυτά της άμεσης απολαβής τα οποία είναι συνήθως 100-150mm παχιά, αλλά απλώνεται σε μια ευρύτερη περιοχή. Καθώς το φως του ήλιου περνάει μέσω των νότιο προσανατολισμένων παραθύρων, απορροφάτε από τη μάζα του τοίχου. Ο τοίχος θερμαίνεται σταδιακά και απελευθερώνει τη θερμότητα στο καθιστικό 6-8 ώρες αργότερα. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην αύξηση της θερμοκρασίας της μάζας και την απελευθέρωση της θερμότητας βοηθά να κρατήσει την θερμοκρασία στο σαλόνι σταθερή, ως εκ τούτου, η θέρμανση είναι διαθέσιμη αργά το απόγευμα και το βράδυ, όταν χρειάζεται περισσότερο.



Εικόνα 4.6 Αεραγωγοί τοίχου Trombe κυκλοφορούν τον θερμό αέρα στο σαλόνι την ημέρα, το βράδυ οι αεραγωγοί είναι κλειστοί για να εμποδίζουν την αντιστροφή του θερμού αέρα.

Οι τοίχοι *Trombe* μπορεί να εξαερώνονται ή όχι. Οι αεριζόμενοι τοίχοι επιτρέπουν τον θερμαινόμενο αέρα να κυκλοφορεί απευθείας στο σαλόνι. Οι *Trombe* τοίχοι δεν χρησιμοποιούνται τόσο συχνά τα τελευταία χρόνια λόγω της δυσκολίας στην εξασφάλιση ορθού ανοίγματος και κλεισίματος των αεραγωγών. Η έρευνα δείχνει ότι *Trombe* τοίχοι αποκτούν περισσότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ως εκ τούτου, κινητή μόνωση πάνω από τον τοίχο *Trombe* βελτιώνει την αποδοτικότητά τους. Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων έμμεσης απολαβής:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<p>Η συσκευή μαζικής αποθήκευσης είναι τοποθετημένη πιο κοντά στο γυαλί, και επιτρέπει την αποτελεσματική συλλογή της ηλιακής ενέργειας.</p> <p>Το δάπεδο και οι χώροι γύρω από τους τοίχους στο καθιστικό μπορεί να χρησιμοποιηθούν με μεγαλύτερη ευελιξία, δεδομένου ότι η μαζική αποθήκευση έχει τοποθετηθεί δίπλα από τα νότιο προσανατολισμένα παράθυρα. Αυτό ελευθερώνει τον εσωτερικό χώρο και δεν εκθέτει έπιπλα σε άμεσο ηλιακό φως.</p> <p>Το πάχος και η θερμική χωρητικότητα αποθήκευση της θερμής μάζας θερμαίνεται σταδιακά και διανέμει τη θερμότητα στο σαλόνι όταν είναι περισσότερο απαραίτητη.</p>	<p>Η νότια θέα και το φυσικό φως χάνονται. Ορισμένοι τοίχοι <i>Trombe</i> έχουν σχεδιαστεί με παράθυρα τοποθετημένα στον τοίχο για να ισοσταθμιστούν.</p> <p>Ο τοίχος <i>Trombe</i> καταλαμβάνει πολύ χώρο σε ένα μικρό κτίριο.</p> <p>Έπιπλα και αντικείμενα τοποθετούνται επί ή στον τοίχο <i>Trombe</i> επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του τοίχου <i>Trombe</i> θερμαίνοντας το καθιστικό.</p> <p>Επειδή ο τοίχος <i>Trombe</i> θερμαίνει μόνο την περιοχή που συνδέεται, το κόστος εργασίας και υλικών στην κατασκευή του μπορεί να είναι υψηλή σε σχέση με τη συμβολή του στις συνολικές ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου.</p> <p>Οι εξαεριζόμενοι τοίχοι <i>Trombe</i> πρέπει να είναι κλειστοί τη νύχτα για να εμποδίζουν την αντιστροφή του θερμού αέρα.</p> <p>Το καλοκαίρι ή το χειμώνα όταν οι μέρες δεν έχουν ηλιοφάνεια, ο τοίχος <i>Trombe</i> δρα ως ένα πολύ φτωχό μονωμένο τοίχιο. Εξωτερικά μεταφερόμενη μόνωση θα βοηθούσε στο να βελτιωθεί το τοίχιο.</p>

Πίνακας 4.2 Συστήματα έμμεσης απολαβής.

4.3.3 Μελέτες Περιπτώσεων

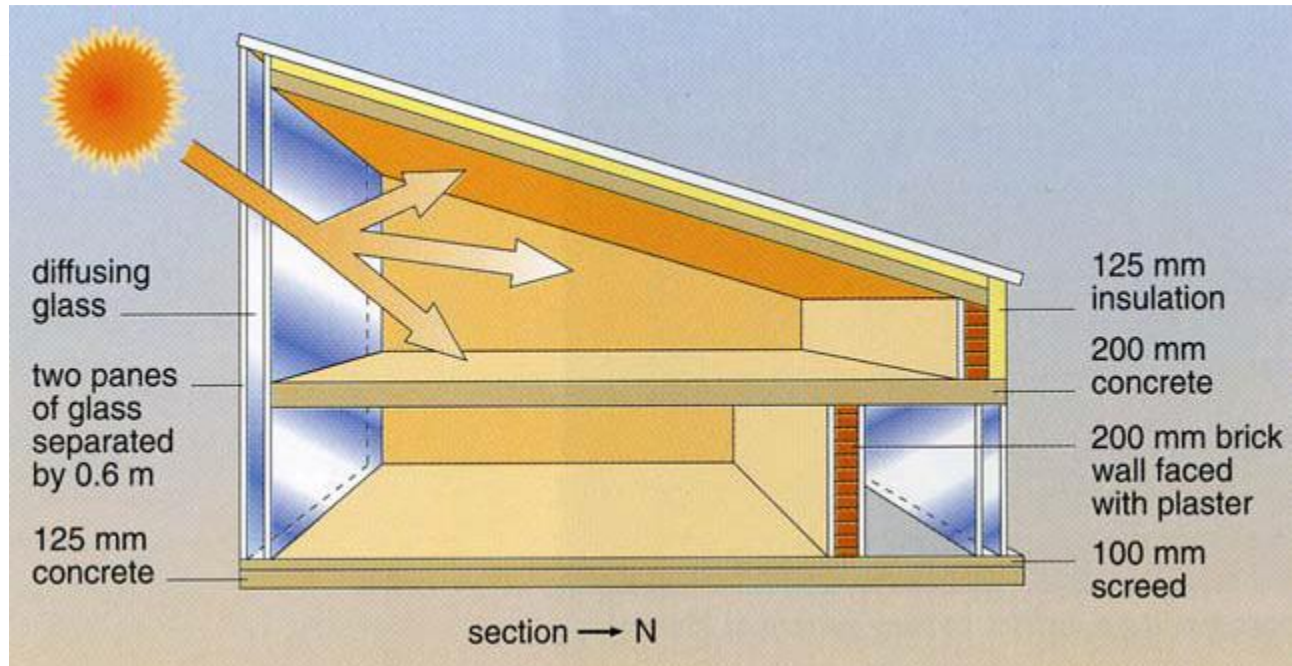
4.3.3.a The Wallasey School Case Study

Το σχολείο *Wallasey* στο *Cheshire* κατασκευάστηκε το 1961, ο σχεδιασμός υποκινήθηκε από ήδη υπάρχοντα αμερικανικά και γαλλικά κτίρια. Το σχολικό κτίριο *Wallasey* έχει τα βασικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ηλιακού φωτός και, συνεπώς, θεωρείται ως σύστημα άμεσης απολαβής. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του σχολείου είναι:

- Θερμικά βαριά κατασκευή (πυκνό σκυρόδεμα ή τοιχοποιία). Αυτό αποθηκεύει τη θερμική ενέργεια όλη την ημέρα και τη νύχτα.
- Μια μεγάλη περιοχή με τζάμια νότια προσανατολισμένα που συλλαμβάνουν το φως του ήλιου.
- Πυκνή μόνωση στο εξωτερικό της δομής να συγκρατεί τη θερμότητα.



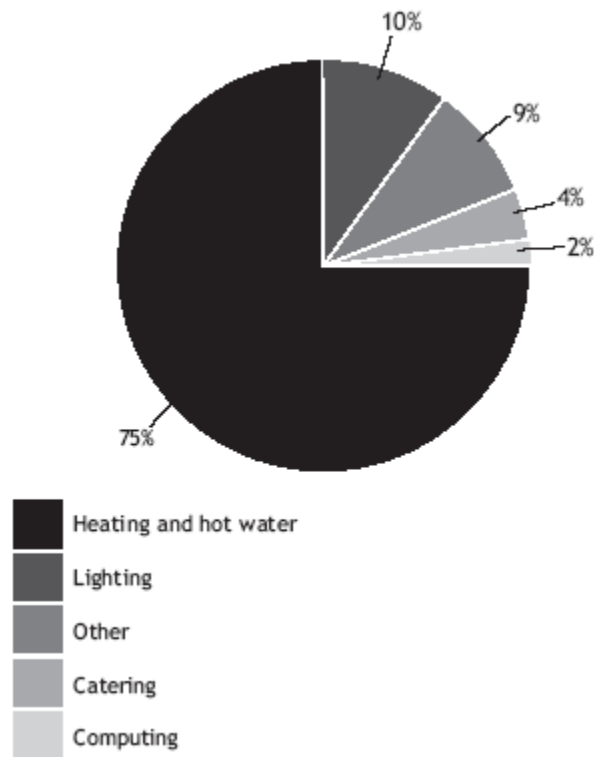
Εικόνα 4.7 Το σχολείο *Wallasey* στο *Cheshire*, *UK*.



Εικόνα 4.8 Τομή του σχολείου Wallasey.

Μετά την κατασκευή του κτιρίου του σχολείου, διαπιστώθηκε ότι το καύσιμο που πυροδοτούσε την καύση στο σύστημα θέρμανσης δεν ήταν αναγκαίο και απομακρύνθηκε. Ως εκ τούτου, το κτίριο θερμαίνεται από ένα συνδυασμό της ηλιακής ενέργειας, του φωτός, από τα κέρδη θερμότητας από τον εξοπλισμό και την πληρότητα των σπουδαστών.

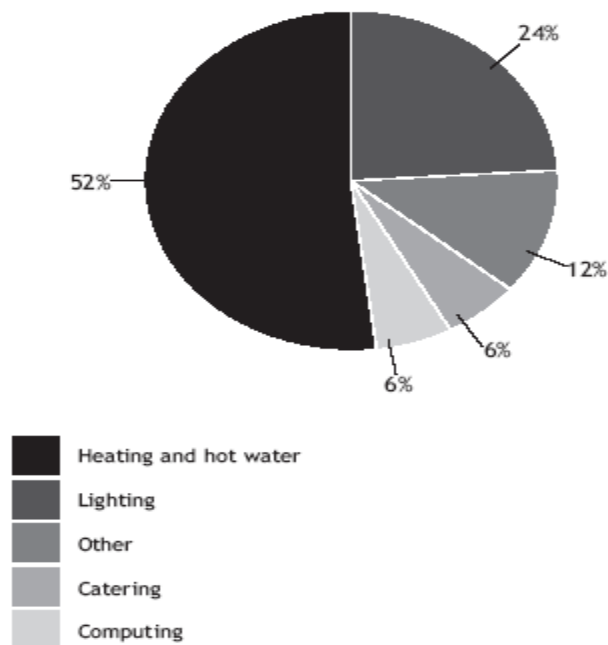
Στην πλειονότητα των σχολείων, η ενέργεια παρέχεται σε δύο μορφές: τα ορυκτά καύσιμα (φυσικό αέριο, πετρέλαιο, κάρβουνο ή υγραέριο) και της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε ορισμένα σχολεία η θέρμανση χώρων, το ζεστό νερό και μερικές συσκευές εστίασης παρέχονται από τα ορυκτά καύσιμα, αν και ορισμένα σχολεία έχουν πρόσβαση μόνο στην ηλεκτρική ενέργεια ή την χρησιμοποιούν εκτενέστερα. Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για φωτισμό, ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και τροφοδοσία. Η κατανομή για την κατανάλωση ενέργειας είναι ως εξής:



Εικόνα 4.9 Κατανάλωση ενέργειας ενός μέσου σχολείου στην Βρετανία.

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται στα σχολεία χρησιμοποιείται προς θέρμανση και ζεστό νερό. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την επικέντρωση στα συστήματα θέρμανσης σχολείου. Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι τόσο υψηλές όσο 6 P/kWh, ενώ τα ορυκτά καύσιμα ίσως μόνο 1 P/kWh. Το 80% της ενέργειας που καταναλώνεται στα σχολεία είναι από τα ορυκτά καύσιμα και αυτό αντιπροσωπεύει το 40% του κόστους. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει την κατανομή του κόστους για τη χρήση της ενέργειας σε ένα τυπικό σχολείο. Ο φωτισμός αντιπροσωπεύει περίπου το 50% του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, με ηλεκτρικές συσκευές, ανεμιστήρες και αντλίες που αποτελούν το υπόλοιπο.

Energy cost for a typical UK school



Εικόνα 4.10 Κόστος ενέργειας ενός μέσου σχολείου στην Βρετανία

Η συγκριτική αξιολόγηση επιτρέπει στα σχολεία να συγκρίνουν την ενεργειακή απόδοσή τους με άλλα σχολεία. Τα περισσότερα σχολεία ενδιαφέρονται να γνωρίζουν τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και νερού. Οι δείκτες αναφοράς υπολογίζονται ξεχωριστά για τα ορυκτά καύσιμα και την ηλεκτρική ενέργεια, έτσι ώστε ένα σχολείο μπορεί να καθορίσει την απόδοση για κάθε είδος χρήσης της ενέργειας. Το εύρος των διαθέσιμων σημείων αναφοράς είναι χρήσιμα για τον προσδιορισμό ρεαλιστικών ποσοτικοποιημένου δυναμικού εξοικονόμησης. Στα σχολεία το σημείο αναφοράς μετριέται σε κιλοβάτ / ώρα (kWh) ανά m² του θερμαινόμενου χώρου δαπέδου ετησίως για τα ορυκτά καύσιμα και την ηλεκτρική ενέργεια. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα ενεργειακά σημεία αναφοράς για μια καλή, τυπική και την κακή απόδοση των σχολείων.

Energy benchmarks (kWh/m ²) for good, typical and poorly performing schools						
Annual Energy (kWh/m ²)	Primary School (no pool)		Secondary School (no pool)		Secondary School (with pool)*	
	Fossil Fuel	Electricity	Fossil Fuel	Electricity	Fossil Fuel	Electricity
Good Practice	110	25	117	28	142	29
Typical Practice	157	34	160	36	187	36
Poor Practice	209	47	207	45	233	41

Πίνακας 4.3 Αναφορά Ενέργεια για μια Καλή, Τυπική και Κακή Ενεργειακή Απόδοση των Σχολείων

CO ₂ emissions by fuel type for the UK		
	kg CO ₂ /kWh	kg CO ₂ /litre
Electricity	0.43	
Natural Gas	0.19	
Gas/Diesel Oil	0.25	2.68
Liquid Petroleum Gas (LPG)	0.23	1.65
Renewable Energy	0	0

Πίνακας 4.4 Εκπομπές CO₂ ανά Τύπο Καυσίμου για το Ηνωμένο Βασίλειο

Για τον υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ενός σχολείου, πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την κατανάλωση σε (kWh) από το συντελεστή CO₂ παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.5.

Fuel	Annual kWh		CO ₂ factor		Annual kg CO ₂
Natural Gas	1,134,000	x	0.19	=	215,460
Electricity	266,000	x	0.43	=	114,380
Total	1,400,000				329,840

Πίνακας 4.5 Υπολογισμός Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα

4.4 Παθητική Ηλιακή Ψύξη

Πριν από την έλευση της τεχνολογίας ψύξης, οι άνθρωποι διατηρούνταν δροσεροί στα κτίρια με χρήση φυσικών μεθόδων όπως:

- Αεράκι που ρέει μέσα από τα παράθυρα.
- Νερό που εξατμίζεται από πηγές και βρύσες.
- Μεγάλες ποσότητες πέτρας και χώματος για να απορροφούν τη θερμότητα της ημέρας.

Αυτές οι ιδέες αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών ως αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού του κτιρίου. Η ειρωνεία είναι ότι η παθητική ψύξη θεωρείται πλέον μια “εναλλακτική” σε μηχανική ψύξη που απαιτεί πολύπλοκα συστήματα ψύξης. Με τη χρησιμοποίηση τεχνικών παθητικής ψύξης σε σύγχρονα κτίρια, είναι δυνατόν να εξαλειφθεί η μηχανική ψύξη ή ο κλιματισμός ή τουλάχιστον να μειώσει το μέγεθος και το κόστος του εξοπλισμού. Η ψύξη με οποιοδήποτε μέσο είναι απλώς το αντίθετο της θέρμανσης. Ως εκ τούτου, περιλαμβάνει την ελεγχόμενη απόρριψη της προσπίπτουσας ενέργειας από τα ανοίγματα της συλλογής. Η θερμική αποθήκευση ελαχιστοποιείται με τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των στοιχείων αποθήκευσης και τις καταβόθρες θερμότητας του περιβάλλοντος στο κτίριο, όπως παράθυρα και εξαερισμό.

Τεχνικές παθητικής ψύξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ελαχιστοποίηση και, σε ορισμένες περιπτώσεις να εξαλείψει, μηχανικές απαιτήσεις κλιματισμού σε περιοχές όπου η ψύξη είναι ένα κυρίαρχο πρόβλημα. Σε πολλές περιπτώσεις, στα σύγχρονα κτίρια με υψηλά εσωτερικά κέρδη, η θερμική άνεση το

καλοκαίρι σημαίνει πολύ περισσότερα από απλά κρατώντας την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα κάτω από 24 °C, η άνεση σχετίζεται κυρίως με την ισορροπία της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Υπάρχουν διάφορες παθητικές στρατηγικές ψύξης, και έχουν ως εξής:

4.4.1 Φυσικός Αερισμός

Η τεχνική αυτή εξαρτάται κυρίως από την κίνηση του αέρα για την ψύξη των επιβατών. Ανοίγματα των παραθύρων στις αντίθετες πλευρές του κτιρίου αποδυναμώνουν τον εξαερισμό που οδηγείται από αύρες. Δεδομένου ότι το φυσικό αεράκι δεν μπορεί να προγραμματιστεί, οι σχεδιαστές επιλέγουν συχνά να ενισχύουν με χρήση φυσικού αερισμού υψηλούς χώρους στο εσωτερικό των κτιρίων που ονομάζονται στοίβες και καμινάδες.

Με ανοίγματα κοντά στην κορυφή της στοίβας, θερμός αέρας μπορεί να διαφύγει, ενώ ψυχρότερος αέρας εισέρχεται στο κτίριο από τα ανοίγματα κοντά στο έδαφος. Ο εξαερισμός απαιτεί το κτίριο να είναι ανοιχτό κατά τη διάρκεια της ημέρας για να επιτρέψει τη ροή του αέρα.

4.4.2 Υψηλή Θερμική Μάζα

Αυτή η τεχνική βασίζεται στην ικανότητα των υλικών στο κτίριο να απορροφούν τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κάθε βράδυ η μάζα απελευθερώνει θερμότητα, καθιστώντας την, έτοιμη να απορροφήσει τη θερμότητα και πάλι την επόμενη μέρα. Για να είναι αποτελεσματική, η θερμική μάζα θα πρέπει να εκτίθενται στους χώρους διαβίωσης. Τα οικιστικά κτίρια θεωρούνται ότι έχουν μέση μάζα, όταν η εκτεθειμένη περιοχή μάζας είναι ίση με την επιφάνεια του δαπέδου. Μια πλάκα δαπέδου θα είναι ένας εύκολος τρόπος για να επιτευχθεί αυτό σε ένα σχέδιο. Υψηλή μάζα κτίρια θα έχουν έως και τρία τετραγωνικά πόδια των εκτιθέμενων μάζα για κάθε τετραγωνικό πόδι της επιφάνειας. Μεγάλα τζάκια τοιχοποιία και εσωτερικοί τοίχοι από τούβλα είναι δύο τρόποι για να ενσωματωθεί μεγάλη μάζα.

4.4.3 Υψηλή Θερμική Μάζα με Νυχτερινό Αερισμό

Η τεχνική αυτή εξαρτάται από την καθημερινή αποθήκευση θερμότητας της θερμικής μάζας σε συνδυασμό με νυχτερινό αερισμό που δροσίζει τη μάζα. Το κτίριο πρέπει να είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της ημέρας και να ανοίγει το βράδυ για να εξαπλώνεται η θερμότητα μακριά.

4.4.4 Ψύξη με Εξάτμιση

Η ψύξη με εξάτμιση μειώνει τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα από την εξάτμιση του νερού. Σε ξηρά κλίματα, αυτό γίνεται συνήθως απευθείας στο χώρο. Άλλες έμμεσες μέθοδοι, όπως λίμνες στη στέγη, επιτρέπουν την ψύξη με εξάτμιση να χρησιμοποιείται σε περισσότερο θερμά κλίματα περισσότερο.

Εξαερισμός και ψύξη αναθυμιάσεων συχνά συμπληρώνονται με μηχανικά μέσα, όπως οι ανεμιστήρες. Χρησιμοποιούν πολύ λιγότερη ενέργεια για να διατηρηθεί η άνεση σε σύγκριση με τα Συλλιγνάκης Στέφανος

συστήματα ψύξης. Είναι επίσης δυνατή η χρήση αυτών των στρατηγικών σε εντελώς παθητικά συστήματα που δεν απαιτούν επιπλέον μηχανήματα ή ενέργεια για να λειτουργήσουν.

4.4.5 Μελέτες Περιπτώσεων

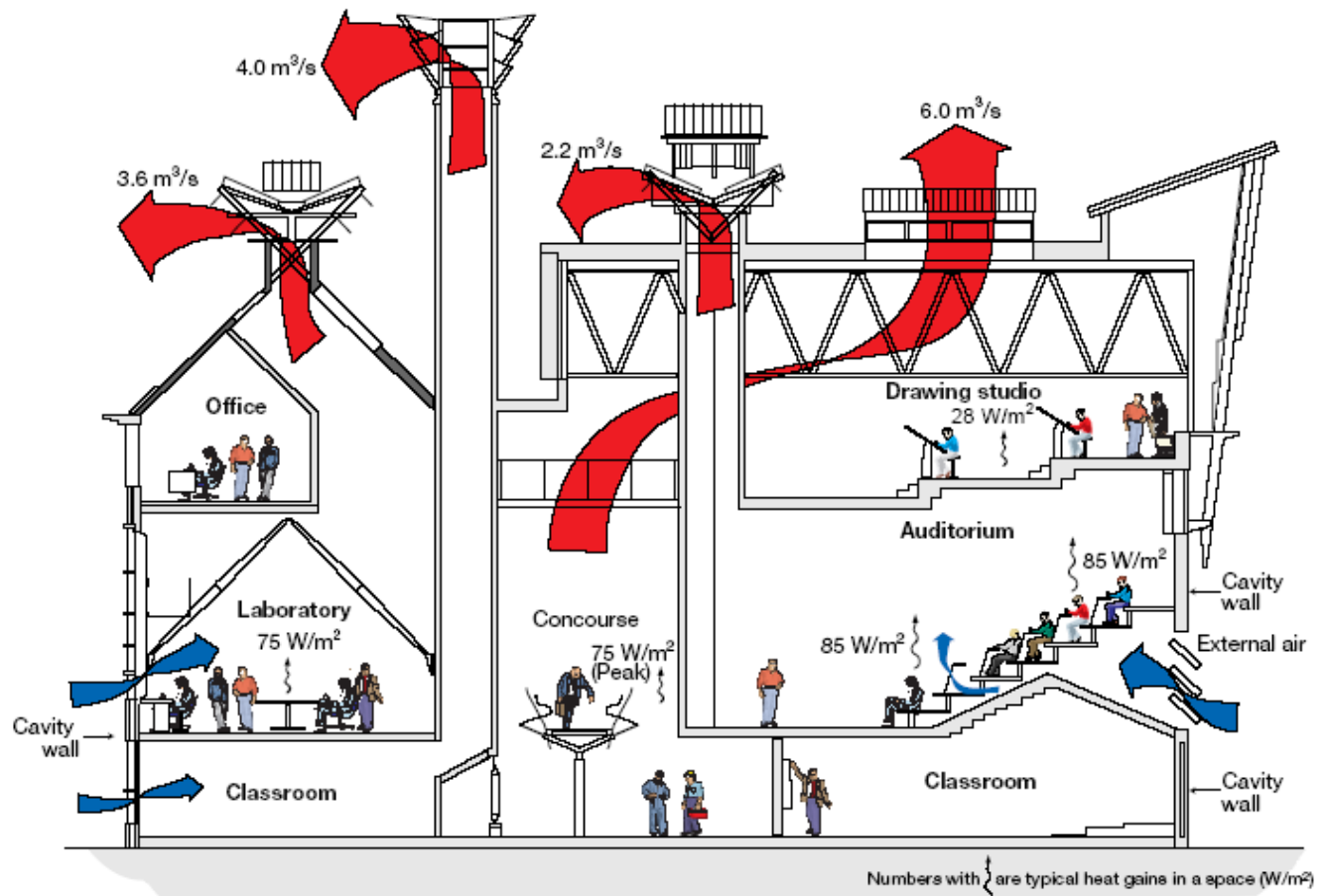
4.4.5.1 Το Κτίριο Queens, Πανεπιστήμιο De Montfort

Το 1989 το κτίριο της πόλης απόθεμα πανεπιστημιούπολης, το πανεπιστήμιο De Montfort (πρώην Λέστερ Πολυτεχνείο) κρίθηκε ακατάλληλο και επικίνδυνο. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε η κατασκευή ενός νέου κτιρίου για τη Σχολή Μηχανικής. Το κτίριο ονομάστηκε το Queens και παρέχει ακαδημαϊκές εγκαταστάσεις για 1500 φοιτητές της Σχολής Μηχανικών.



Εικόνα 4.11 Πλάγια όψη του πανεπιστημίου De Montfort

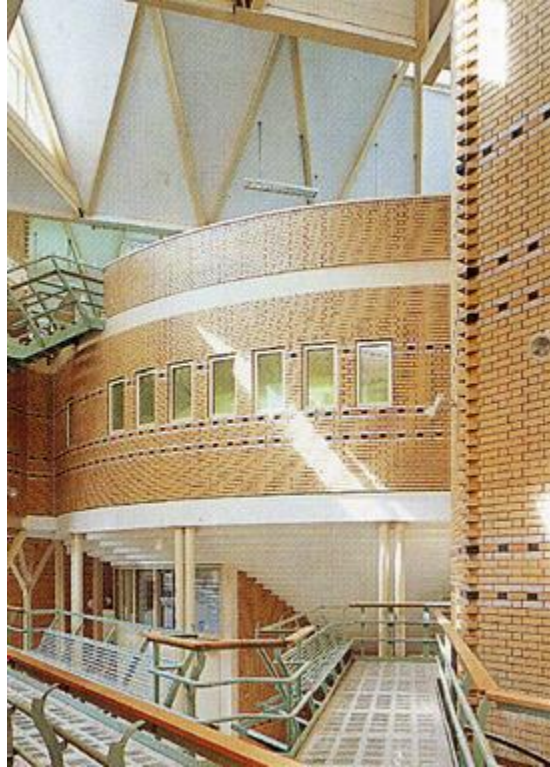
Η κατασκευή του κτιρίου καθιστά ορατές τις δομικές, ακουστικές και αεριστικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται. Η δομή 10.000m² έχει τρία διακριτά στοιχεία και έχουν ως εξής:



Εικόνα 4.12 Η φυσική στρατηγική εξαερισμού στο κεντρικό κτίριο.

4.4.5.1a Κεντρικό Κτίριο

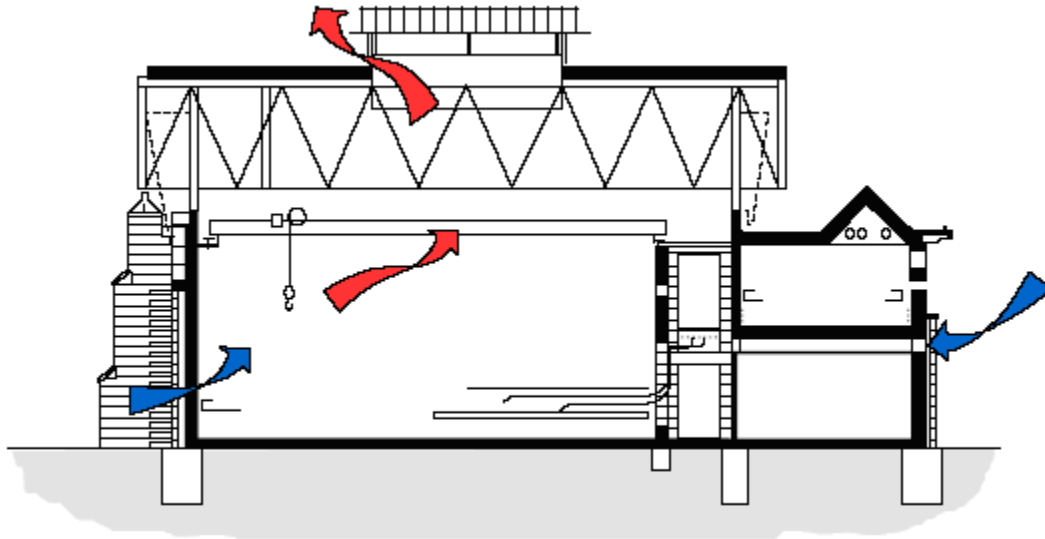
Το πλήρες ύψος της κεντρικής αίθουσάς του λειτουργεί ως φωταγωγός και θερμική ζώνη ασφαλείας από τις παρακείμενες θέσεις. Οι αίθουσες του ισογείου και των θεάτρων αερίζονται με διακριτικές καμινάδες οι οποίες δρουν ως στοίβες εξαερισμού, εργαστήρια και εν τω μεταξύ περιοχών του προσωπικού στους πάνω ορόφους εξυπηρετούνται από ανεμιστήρες στον τελευταίο όροφο. Αέρας από την κεντρική αίθουσα περνά μέσω των στούντιο σχεδίασης με ανεμιστήρες κορυφογραμμής, τα οποία είναι τζάμια και έχουν μια βόρεια κατεύθυνση για τη βελτιστοποίηση του φωτισμού ημέρα χωρίς κυρώσεις σε ηλιακό κέρδος.



Εικόνα 4.13 Το Εσωτερικό του Κεντρικού Κτιρίου

4.4.5.1b Μηχανικά Εργαστήρια

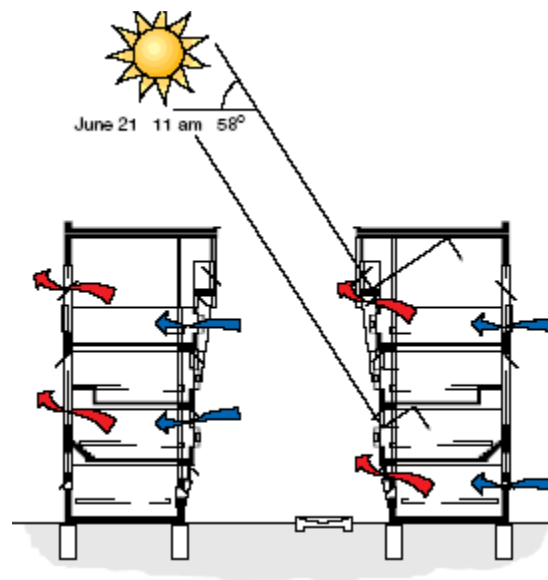
Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα επίπεδα θορύβου σε κοντινές ιδιωτικές κατοικίες, η αίθουσα του μηχανήματος φυσικού εξαερισμού πλαισιώνεται στη δυτική πρόσοψη από δύο πολυκατοικίες των εξειδικευμένων εργαστηρίων. Αυτό επίσης παρέχει μια δευτερεύουσα λειτουργία για την αντίσταση στις πλευρικές δυνάμεις τις κινητής γερανογέφυρας. Αυτές οι δυνάμεις αντιτίθενται στην ανατολική όψη από μια σειρά αντηρίδες. Κάθε αντηρίδα είναι κούφια, παρέχοντας ένα εξασθενημένο φρέσκο αέρα που περνάει από τον αγωγό εισαγωγής, με παρόμοια επένδυση κενά πάνω και μεταξύ των γραφείων στο ισόγειο παρέχουν αέρα από τη δυτική όψη. Τα τζάμια των αεραγωγών, και το δυτικό αέτωμα που βλέπει τα παράθυρα, τα οποία είναι τριπλά τζάμια για να μειωθεί η διείσδυση του θορύβου προς τα έξω, διασφαλίζοντας ότι ο χώρος της μηχανής είναι καλά φωτισμένος την ημέρα.



Εικόνα 4.14 Τμήμα μέσα στα μηχανικά εργαστήρια

4.4.5.1c Ηλεκτρικά Εργαστήρια

Τα ηλεκτρικά εργαστήρια στεγάζονται σε δύο αβαθή σχέδια, πτέρυγες τεσσάρων ορόφων, και έτσι επωφελούνται από αντιεξαερισμό και τον καλά κατανομημένο φωτισμό της ημέρας. Παράθυρα ανοίγματος χαμηλού και υψηλού επιπέδου είναι αρκετά μεγάλα ώστε να παρέχουν επαρκή εξαερισμό για να διαλύσει τα υψηλά εσωτερικά κέρδη από τον εξοπλισμό, εν τω μεταξύ η πρόσοψη του προβόλου ελαχιστοποιεί το άμεσο ηλιακό κέρδος και το έντονο φως.



Εικόνα 4.15 Τμήμα μέσα στα ηλεκτρικά εργαστήρια

4.4.5.1d Στρατηγικές Εξυπηρέτησης

(i) Εξαερισμός

Ο φυσικός αερισμός έχει αξιοποιηθεί σε όλο το κτίριο. Η στρατηγική του φυσικού αερισμού για τις δύο αίθουσες είναι ότι ο καθαρός αέρας εισέρχεται στις περιοχές αυτές μέσω ολομέλειας κάτω από το κεκλιμένο ξύλινο πάτωμα και απευθείας μέσω της εξωτερικής πρόσοψης στο αμφιθέατρο 2, και στη συνέχεια αναλώνεται με δύο 13,3 m υψηλές καμινάδες. Εν τω μεταξύ, το χειμώνα ο εισερχόμενος αέρας θερμαίνεται από σωλήνες με πτερύγια τοποθετημένα πίσω από τα κάθετα κάγκελα της προσφοράς. Οι μηχανοκίνητοι αποσβεστήρες στην κορυφή των στίβων εξαερισμού ρυθμίζονται από ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (BEMS¹⁵) για να διατηρήσει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στο μεγαλύτερο μέρος του κτιρίου. Οι αίθουσες απαιτούν περισσότερο ευαίσθητους ελέγχους με την προσθήκη αποσβεστήρων διαμόρφωσης στην είσοδο.



Εικόνα 4.16 Αέρας εισέρχεται στο χώρο του αμφιθεάτρου μέσω ολομέλειας υπό τα κεκλιμένα καθίσματα

Η βασική απαίτηση όταν τα αμφιθέατρα είναι καταλυμένα, είναι μια ελάχιστη παροχή φρέσκου αέρα, όπως προσδιορίζεται από τους αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα CO₂, με έναν αυξανόμενο όγκο αέρα για να ανταποκριθεί το φορτίο ψύξης, υπό την προϋπόθεση ότι η εσωτερική θερμοκρασία υπερβαίνει την εξωτερική θερμοκρασία. Για την αποφυγή σχεδίων, ο φρέσκος αέρας θερμαίνεται σε μία ελάχιστη θερμοκρασία, και αποσβεστήρες θα κλείσουν όταν η θερμοκρασία στο μέσον της στοίβας ανιχνεύεται να

¹⁵ BEMS → Building Energy Management System
Συλλιγνάκης Στέφανος

είναι μικρότερη από 12 °C. Αισθητήρες αποτρέπουν επίσης τους αποσβεστήρες να ανοίγουν περισσότερο από το 50%, εάν υπάρχει κίνδυνος εισόδου βροχής.

(ii) Ημερήσιος Φωτισμός

Οι χώροι φωτίζονται κατά κύριο λόγο από την πλευρά των παραθύρων, τα οποία καλύπτονται από το άμεσο κέρδος ηλιακής θερμότητας. Μια σειρά από μικρά παράθυρα χρησιμοποιείται για να παρέχει φυσικό φωτισμό και διανέμεται χωρίς τις κυρώσεις της μεταφοράς θερμότητας. Βόρεια φώτα και τα φώτα οροφής χρησιμοποιούνται ευρέως για να καλύψουν τις ανάγκες της σε συνδυασμό με εξαεριστήρα και φυσικό φωτισμό.

4.4.5.2 Κτίριο Υπηρεσιών

4.4.5.2a Χώρος Θέρμανσης και Ζεστού Νερού Χρήσης

Η κύρια εγκατάσταση θέρμανσης αποτελείται από μια μικρή 38kWe μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (CHP), ένα λέβητα συμπύκνωσης και δύο λέβητες υψηλής απόδοσης, σε ακολουθία για να ανάβουν με αυτή τη σειρά, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει επαρκής ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

4.4.5.2b Ηλεκτροφωτισμός

Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης, όπως συμπαγής και T8 γραμμικού φθορισμού και πηγές εκκένωσης υψηλής πίεσης χρησιμοποιούνται για τη συμπλήρωση του φυσικού φωτισμού. Κατά τη διάρκεια των κανονικών ωρών εργασίας, οι διακόπτες των κυκλωμάτων φωτισμού ενεργοποιούνται από το BEMS και στη συνέχεια ελέγχονται επιτόπου μέσω χειροκίνητων διακόπτων. Σε άλλες εποχές ο BEMS απενεργοποιεί κυκλώματα σε άδειους χώρους μέσω παθητικών υπέρυθρων ανιχνευτών (PIR¹⁶).

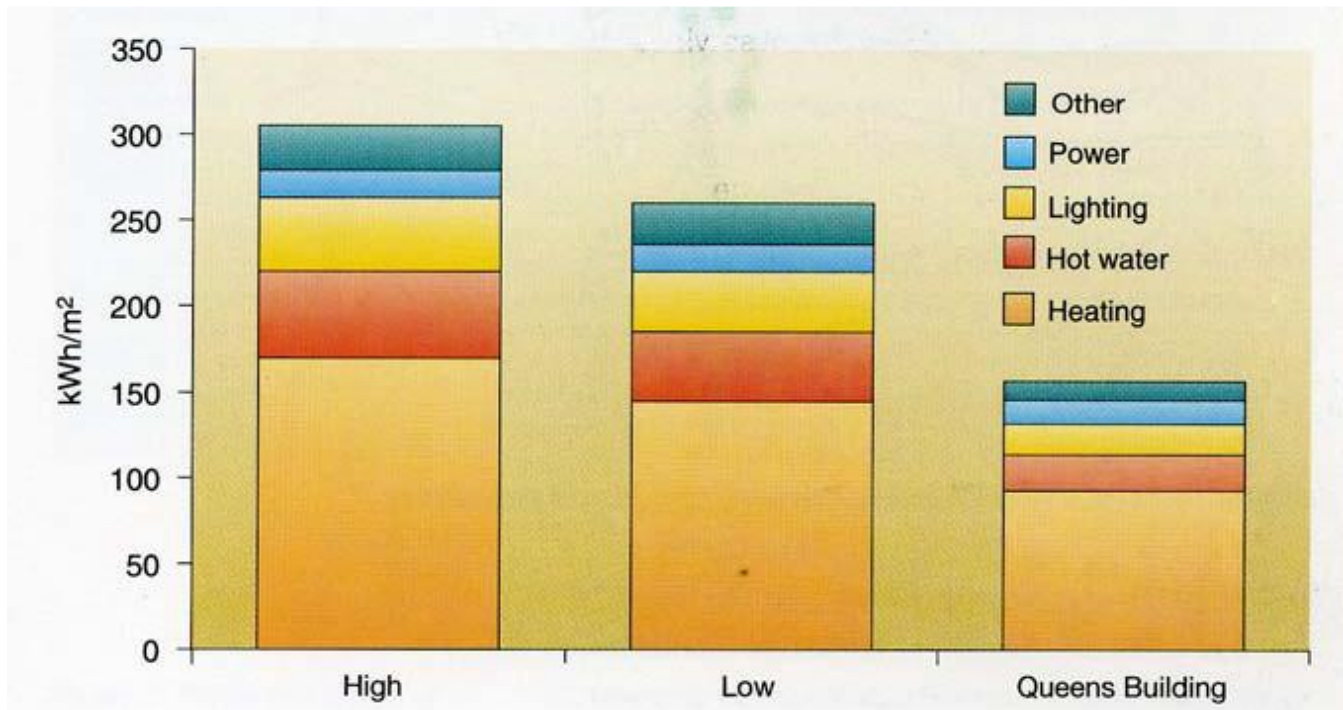
4.4.5.2c Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (BEMS)

Το BEMS ελέγχει τα συστήματα θέρμανσης, φωτισμού και εξαερισμού, κατά μέσο όρο θερμοστάτες σε δέκα διαφορετικές ζώνες ελέγχου έχουν ρυθμιστεί για να “γυρίσουν πίσω” και να επιτρέψουν τη διάρκεια της νυχτερινής ψύξης το καλοκαίρι. Πολυάριθμοι επιπλέον αισθητήρες έχουν προστεθεί στα BEMS έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

¹⁶ PIR → Passive Infrared Sensor
Συλλιγνάκης Στέφανος

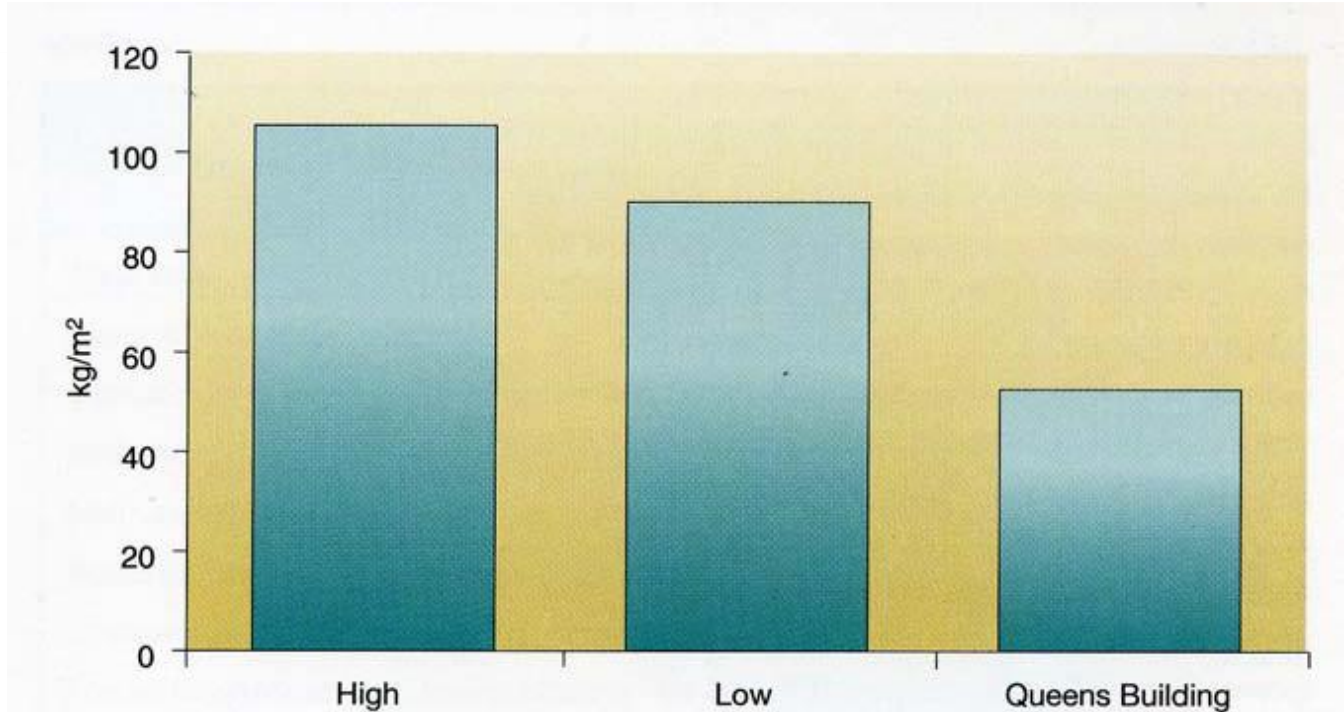
4.4.5.2d Χρήση Ενέργειας

Η κατανάλωση ενέργειας για το πρώτο έτος λειτουργίας του με βάση το ακαθάριστο εμβαδόν του δαπέδου, εξισώνεται με 114 kWh/m² για το φυσικό αέριο και 43 kWh/m² για την ηλεκτρική ενέργεια με αντίστοιχες εκπομπές CO₂ των 53kg/m². Η αποφυγή του μηχανικού αερισμού οδήγησε σε σημαντική μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, αν και η ζήτηση ηλεκτρικού φωτισμού θα μπορούσε κάλλιστα να είναι χαμηλότερη, αν οι αυτόματοι έλεγχοι ήταν πλήρως λειτουργικοί.



Εικόνα 4.17 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

Παρά το γεγονός ότι λειτουργεί ήδη 2 χρόνια, παρέμειναν εκκρεμείς προσαρμογές που πρέπει να γίνουν. Οι ανιχνευτές CO₂ βρέθηκαν να μην λειτουργούν σωστά. Η καθυστερημένη ενεργοποίηση των κυκλωμάτων φωτισμού με αισθητήρες πληρότητας έχουν οδηγήσει σε αυτήν την κατάσταση. Οι ανιχνευτές PIR πιστεύεται ότι είναι ανεπαρκώς ευαίσθητοι, τα σήματα και η σίτισή τους πίσω μέσω του BEMS προσδίδει μια αισθητή καθυστέρηση.

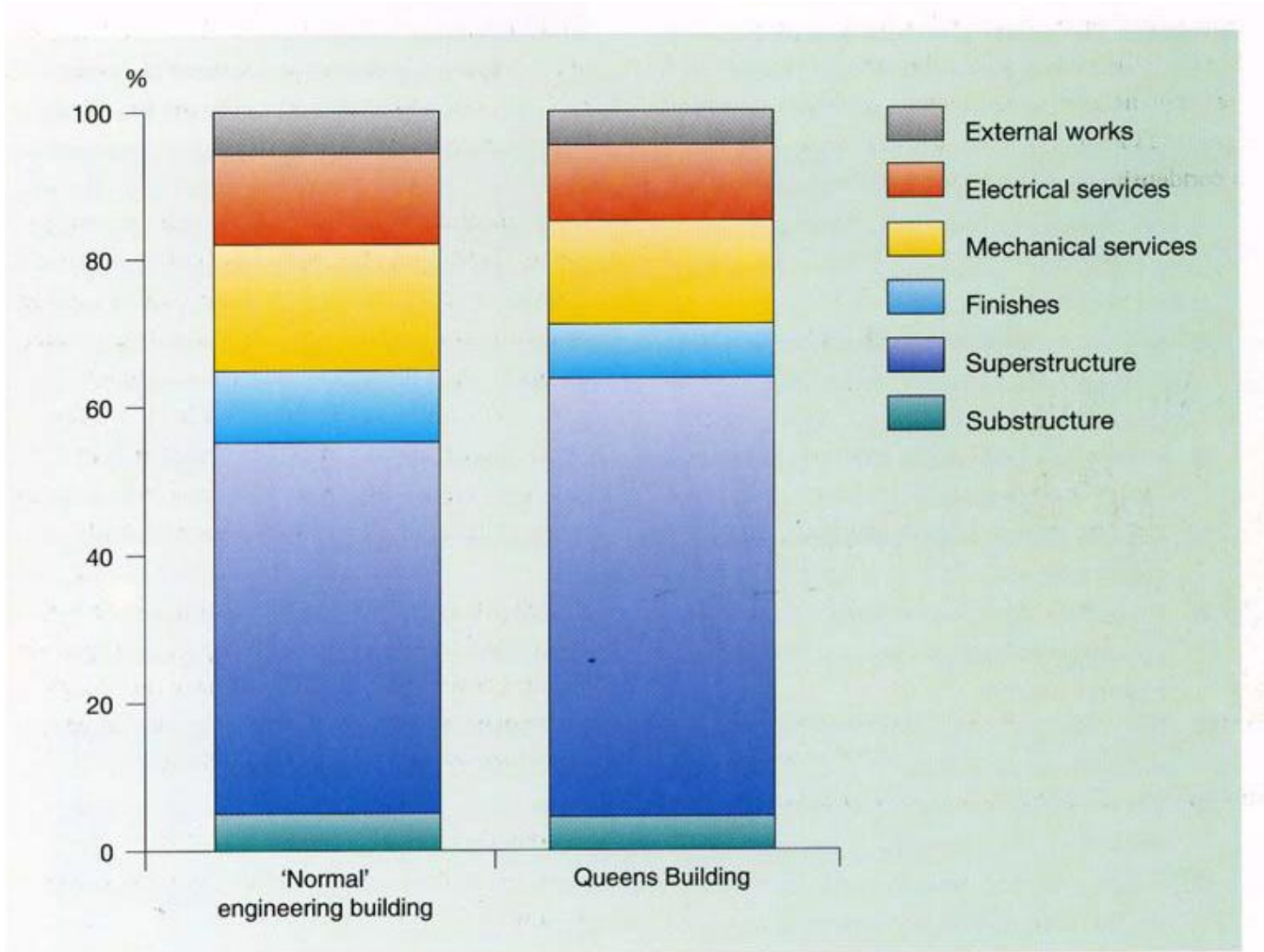


Εικόνα 4.18 Ετήσια εκπομπή CO₂.

Εν τω μεταξύ, στα μηχανικά εργαστήρια, ο στόχος ήταν να αντικαταστήσουν τον ηλεκτρικό φωτισμό με φυσικό ημερήσιο φωτισμό, αλλά αυτό συμβαίνει να είναι αδύνατο εξαιτίας του ηλεκτροφωτισμού που χρησιμοποιείται κάθε φορά όταν τα βαρέα μηχανήματα λειτουργούν με βάση την υγεία και ασφάλεια.

4.4.5.2e Κόστος

Η διαδικασία κατασκευής του κτιρίου Queens αποδείχθηκε ότι δεν είναι πιο δαπανηρή σε σχέση με ένα πιο συμβατικό κτίριο. Αυτή ήταν μια θεμελιώδης απαίτηση της χρηματοδότησης του συμβουλίου πολυτεχνείου και κολεγίων, επειδή έπρεπε να εμπίπτουν στα καθορισμένα κριτήρια κόστους. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη σύγκριση του κόστους ανάμεσα σε ένα κανονικό μηχανικό κτίριο και την κατασκευή Queens.



Εικόνα 4.19 Σύγκριση κόστους.

Η παθητική προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί στο κτίριο *Queens* συμβαίνει να έχει παράσχει ένα αποδεκτό περιβάλλον κατά την αρχική λειτουργία του. Το κτίριο *Queens* επιδεικνύει μια καινοτομία στο “πρασίνισμα” των δύο κτιρίων και στην αστική ανάπτυξη.

Το κτίριο έχει δείξει ότι το να υιοθετήσεις ένα τέτοιο χαμηλό ενεργειακά σχεδιασμό δεν έρχεται σε αντίθεση με τις λειτουργικές πτυχές της εγκατάστασης και έχει γίνει ορόσημο χωρίς επιπλέον κόστος. Το κτίριο *Queens* είναι μια μαρτυρία για το τι μπορεί να επιτευχθεί από την άποψη του χαμηλού σε κόστος ενεργειακού σχεδιασμού.

4.5 Φωτισμός Ημέρας

Στα περισσότερα εμπορικά κτίρια γραφείων, ο φωτισμός μπορεί να αποτελεί μέχρι και το 30% της παρεχόμενης ενέργειας. Με την εισαγωγή της φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας, κατά τον 19^ο αιώνα, ο φυσικός φωτισμός σταδιακά αγνοήθηκε και τα πιο σύγχρονα κτίρια γραφείων εξαρτώνται κυρίως από ηλεκτρικό φωτισμό.



Εικόνα 4.20 Καθρέπτες χρησιμοποιήθηκαν για να συλλαμβάνουν το φως της ημέρας σε στενούς δρόμους του Λονδίνου πριν από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο.

Ωστόσο, αν σχεδιαστεί σωστά και ενσωματωθεί αποτελεσματικά με το ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού, ο φυσικός φωτισμός μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με συμψηφισμό ενός τμήματος του ηλεκτρικού φωτισμού ως και 25%. Ένα επιπλέον όφελος είναι η μείωση της ικανότητας η χρήση ψύξης με τη μείωση σημαντικών συστατικών των εσωτερικών κερδών. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, ο ημερήσιος φωτισμός βελτιώνει γενικά την ικανοποίηση των επιβαινόντων και την άνεση.

4.6 Περίληψη

Αυτό το κεφάλαιο εποπτεύει τις παθητικές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με μελέτες περιπτώσεων που προβλέπονται για την προβολή των πλεονεκτημάτων της κάθε τεχνολογίας. Στην σχολή *Wallasey* υιοθετείται η μελέτη περίπτωσης παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φυσικού φωτισμού. Είναι σαφές από το σχεδιασμό του κτιρίου το οποίο εμπνεύστηκε από τα αμερικανικά και τα γαλλικά κτίρια. Το σχολείο αποκτά τη θερμότητά του μέσω ενός συνδυασμού των εσωτερικών κερδών που κυμαίνονται από τους μαθητές και τον εξοπλισμό για την ηλιακή ενέργεια και φυσικό φωτισμό.

Σε αυτό το κεφάλαιο στρατηγικών φυσικού αερισμού συζητούνται επίσης και η μελέτη περίπτωσης του κτιρίου *Queens* που δείχνει την αποτελεσματικότητα του φυσικού αερισμού σε όλο το κτίριο. Παρά το γεγονός ότι το κτίριο κηρύχθηκε ακατάλληλο και επικίνδυνο το 1989. Ως εκ τούτου, ένα νέο κτήριο κατασκευάστηκε και ονομάστηκε κτίριο *Queens*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Αυτή η ενότητα παρέχει μια σύντομη περιγραφή των τύπων συστημάτων που θα εξετάσουμε σε αυτήν την μελέτη. Αυτή η μελέτη επικεντρώνεται ως επί τον πλείστον σε κεντρικά συστήματα, αλλά απευθύνεται επίσης στην παρασιτική χρήση της ενέργειας σε συσκευασμένα και μεμονωμένα συστήματα.

5.1 Τύποι Συστήματος

Οι τύποι του συστήματος HVAC¹⁷ σε εμπορικά κτίρια κατανέμονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης: κεντρικά, συσκευασμένα, αυτόνομες μονάδες AC. Τα κεντρικά συστήματα ορίζονται ως εκείνα στα οποία η ψύξη δημιουργείται σε ένα ψύκτη και διανέμονται σε μονάδες χειρισμού αέρα ή μονάδες fan-coil¹⁸ με ένα σύστημα κρύου νερού. Η θέρμανση στα κεντρικά συστήματα παράγεται σε ένα λέβητα και διανέμεται σε τοπικές μονάδες fan-coil, καλοριφέρ, θερμάστρες ή σοβατεπί μέσω ενός συστήματος ατμού ή ζεστού νερού. Τα τυποποιημένα συστήματα περιλαμβάνουν μονάδες του τελευταίου ορόφου ή διαιρούμενων συστημάτων τα οποία έχουν άμεση διαστολή, πηνία ψύξης, με απόρριψη θερμότητας με απομακρυσμένο από το ψυχόμενο χώρο χειρισμό. Μεμονωμένα συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος περιλαμβάνουν αυτόνομες συσκευασμένες μονάδες ψύξης οι οποίες είναι τοποθετημένες σε παράθυρα ή σε έναν εξωτερικό τοίχο έτσι ώστε η ψύξη και η θερμότητα να λαμβάνει χώρα εντός.

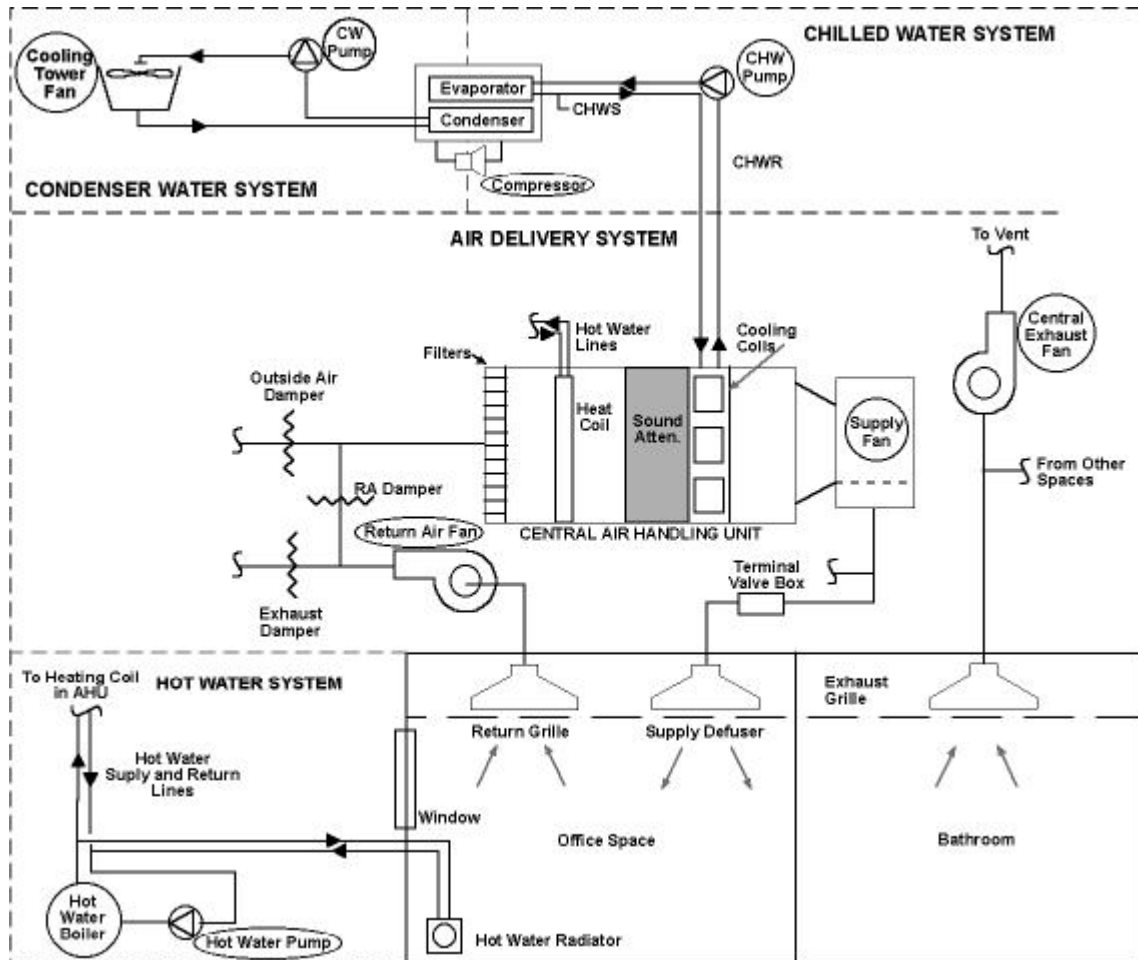
5.1.1 Κεντρικά Συστήματα

Κεντρικά συστήματα ορίζονται τα συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιούν παγωμένο νερό ως ψυκτικό μέσο. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει συστήματα με αερόψυκτους ψύκτες, καθώς και τα συστήματα ψύξης με πύργους για την απόρριψη θερμότητας. Η θέρμανση σε αυτά τα συστήματα συνήθως παράγεται σε ένα λέβητα και διανέμεται με καυτό νερό ή με σωληνώσεις ατμού.

Ένα κεντρικό σύστημα που εξυπηρετεί χώρους γραφείων απεικονίζεται στην Εικόνα 5.1 παρακάτω. Ο χώρος ο οποίος εξαρτάται από το σύστημα είναι στο κάτω δεξί μέρος του σχήματος. Το σύστημα είναι κατανεμημένο σε τρία μεγάλα υποσυστήματα: την μονάδα διαχείρισης του αέρα, εγκαταστάσεις ψυχρού ύδατος, και το λεβητοστάσιο.

¹⁷ HVAC → Heating, Ventilating, Air-Conditioning.

¹⁸ fan-coil → Ανεμιστήρας.



Εικόνα 5.1 Σχηματική απεικόνιση από ένα κεντρικό σύστημα.

Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες παρέχουν αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο. Ο αέρας προσάγεται από τη μονάδα, είτε από το εξωτερικό είτε από τον ίδιο τον χώρο μέσω ενός συστήματος αέρα επιστροφής. Οι τρεις αποσβεστήρες ελέγχονται για την ανάμιξη του αέρα σύμφωνα με την επιλεγμένη στρατηγική ελέγχου. Όταν η ενθαλπία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από εκείνη του αέρα επιστροφής, είναι πιο οικονομικό να χρησιμοποιούν τον εξωτερικό αέρα για την ψύξη του κτιρίου από το να κυκλοφορεί τον αέρα επιστροφής (αυτό ονομάζεται εξοικονόμηση). Όταν ο εξωτερικός αέρας είναι θερμότερος από τον αέρα επιστροφής, ή όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή, μια ελάχιστη ποσότητα του εξωτερικού αέρα, θα πρέπει να αναμιγνύεται με τον αέρα επιστροφής, προκειμένου να παρέχει εξαερισμό με καθαρό αέρα για την αφαίρεση των εσωτερικών μολύνσεων στον χώρο όπως το διοξείδιο του άνθρακα. Ο αέρας φιλτράρεται και ρυθμίζεται στην επιθυμητή θερμοκρασία (ο αέρας μπορεί να απαιτεί προθέρμανση παρά ψύξη, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες). Προθέρμανση και ψύξη γίνονται με πηνία εναλλάκτη θερμότητας τα οποία παρέχονται με ένα μέσο ανταλλαγής θερμότητας, συνήθως ατμού ή ζεστού νερού για τη θέρμανση, και κρύου νερού για την ψύξη.

Η ροή του αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο μπορεί να ελέγχεται, όπως στην περίπτωση του συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα VAV¹⁹, με ένα κιβώτιο ακροδεκτών της βαλβίδας. Ο αέρας τελικά διαχέεται στον χώρο μέσω ενός διαχυτή, σκοπός του οποίου είναι η ανάμιξη του αέρα τροφοδοσίας και τον αέρα του

¹⁹ VAV → Variable Air Volume.

δωματίου. Το κιβώτιο ακροδεκτών μερικές φορές έχει ένα πηνίο αναθέρμανσης, το οποίο παρέχει επιπλέον θερμότητα, όταν ο χώρος δεν χρειάζεται να ψύχεται ή χρειάζεται λιγότερη ψύξη από αυτή που θα παραδοθεί από τον αέρα τροφοδοσίας στο τερματικό κουτί. Συστήματα σταθερού όγκου αέρα CAV²⁰, που δεν επιτρέπονται από τους κωδικούς ενέργειας σε πολλές εφαρμογές, δεν μειώνουν τα ποσοστά παροχής αέρα και εξαρτώνται από σπείρες αναθέρμανσης για τον έλεγχο της παραδομένης ψύξης.

Αέρας φεύγει από τον κλιματιζόμενο χώρο, είτε μέσω του συστήματος επιστροφής, ή μέσω του συστήματος εξάτμισης. Σε πολλές εγκαταστάσεις, ο χώρος ανώτατου ορίου χρησιμοποιείται ως τμήμα του αγωγού επιστροφής, προκειμένου να σώσει το κόστος των αγωγών επιστροφής.

Το σύστημα κρύου νερού τροφοδοτεί κρύο νερό για τις ανάγκες ψύξης όλων των κλιματιστικών μονάδων του κτιρίου. Το σύστημα περιλαμβάνει μια αντλία κρύου νερού το οποίο κυκλοφορεί το ψυχρό νερό μέσα από την ενότητα ψύκτη εξάτμισης και μέσα στο κτίριο. Το σύστημα μπορεί να έχει πρωτοβάθμιες και δευτεροβάθμιες αντλίες κρύου νερού προκειμένου να απομονώνει το ψύκτη/ες από το κτίριο: οι πρωτογενείς αντλίες εξασφαλίζουν σταθερή ροή κρύου νερού μέσω του ψύκτη, ενώ οι δευτερεύοντες αντλίες παραδίδουν μόνο παγωμένο νερό. Ο ψύκτης είναι ουσιαστικά ένα σύστημα ψύξης συμπίεσης ατμών που παρέχει ψύξη στο παγωμένο νερό και απορρίπτει θερμότητα στο νερό του συμπυκνωτή. Η αντλία νερού του συμπυκνωτή κυκλοφορεί το νερό στο συμπυκνωτή μέσω του συμπυκνωτή του ψύκτη, στον πύργο ψύξης, και πίσω. Ο πύργος ψύξης αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω της άμεσης επαφής του συμπυκνωτή νερού και του αέρα ψύξης. Ένα μέρος του νερού εξατμίζεται στον συμπυκνωτή, με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται το αποτέλεσμα ψύξης.

Το σύστημα θέρμανσης νερού φαίνεται στην Εικόνα 5.2 και περιλαμβάνει ένα λέβητα και μια αντλία για κυκλοφορία του νερού θέρμανσης. Η θέρμανση του νερού μπορεί να χρησιμοποιεί μονάδες χειρισμού πηνίων προθέρμανσης του αέρα, πηνία αναθέρμανσης και τοπικά καλοριφέρ. Πρόσθετες χρήσεις για το νερό θέρμανσης είναι για τη θέρμανση του νερού υπηρεσίας και άλλες ανάγκες της διαδικασίας, ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου. Ορισμένα κεντρικά συστήματα έχουν ατμολέβητες και όχι τους λέβητες ζεστού νερού, λόγω της ανάγκης ατμού για τις ανάγκες κλιματισμού ή διαδικασία αναγκών (αποστειρωτές σε νοσοκομεία, θέρμανση άμεσου ψεκασμού σε πλυντήρια και τα πλυντήρια πιάτων, κλπ.).

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, η κατηγορία κεντρικών συστημάτων αναλύεται περαιτέρω:

- Κεντρικά συστήματα VAV με μονάδες χειρισμού αέρα.
- Κεντρικά συστήματα με CAV με μονάδες διαχείρισης αέρα.
- Κεντρικά συστήματα με μονάδες fan-coil για την παράδοση της ψύξης (μονάδες fan-coil είναι μικροί έξοδοι χωρίς ψυκτικές μονάδες).

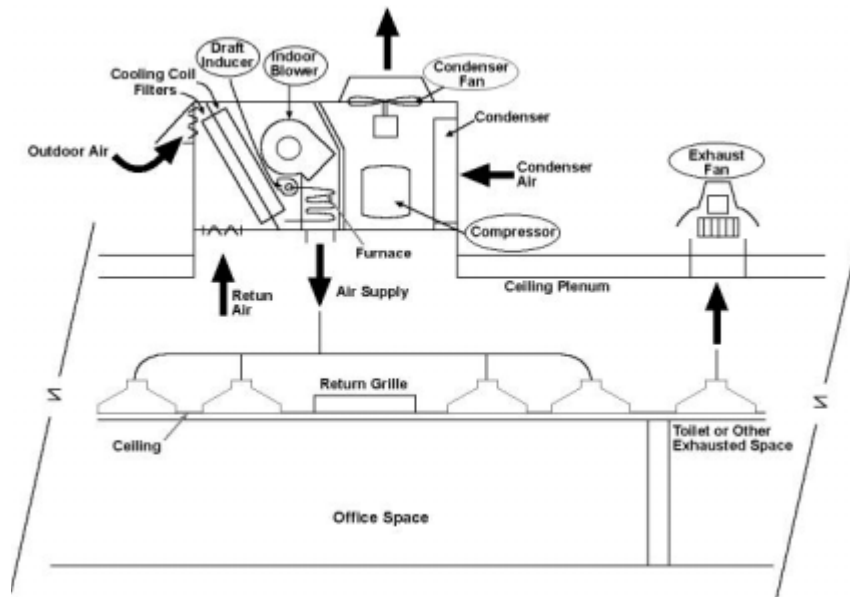
5.1.2 Τυποποιημένα Συστήματα

Τυποποιημένα συστήματα περιλαμβάνουν τόσο ενιαία συστήματα, όπως μονάδες στον τελευταίο όροφο, καθώς και συστήματα split²¹. Ουσιαστικά, αυτά είναι συστήματα τα οποία δεν χρησιμοποιούν παγωμένο νερό σαν ενδιάμεσο μέσο ψύξης. Η ψύξη παραδίδεται άμεσα στον αέρα τροφοδοσίας στο πηνίο ψυκτικού εξατμιστή. Συσκευασμένες μονάδες έχουν είτε ένα φούρνο αερίου ή ηλεκτρικό πηνίο θέρμανσης

²⁰ CAV → Constant Air Volume.

²¹ Split HVAC System → Heat exchanger is separated by some distance from the outside-environment.

με ηλεκτρική αντίσταση για τη θέρμανση, ή έχουν σχεδιαστεί ως αντλίες θερμότητας (στην οποία το σύστημα ψύξης αντλεί θερμότητα από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του κτιρίου). Ένα συσκευασμένο σύστημα που εξυπηρετεί χώρους γραφείων απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 5.2 Σχηματική απεικόνιση τυποποιημένου συστήματος.

Η εικόνα δείχνει μια μονάδα στον τελευταίο όροφο που χρησιμοποιείται για την ψύξη ενός γραφείου. Και πάλι, ο αέρας κυκλοφορεί από το κλιματιζόμενο χώρο μέσα από τη μονάδα και την πλάτη, μονάδες στον τελευταίο όροφο μπορεί να χρησιμοποιούν τον εξωτερικό αέρα για την ψύξη, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά δροσερή. Ο αέρας κινείται διαμέσου ενός φίλτρου, μέσα από το πηνίο εξατμιστή, μέσω του εσωτερικού φυσητήρα, μέσω μιας σπείρας κλιβάνου, και τροφοδοτείται στο χώρο μέσω αγωγών. Το σχήμα δείχνει αέρα να επιστρέφει μέσα από την θάλαμο της οροφή. Ένα πόσο του αέρα τραβιέται από το χώρο μέσα από ανεμιστήρες εξάτμισης.

Η ψύξη της μονάδας και πάλι παρέχεται από ένα κύκλωμα ψύξης συμπίεσης ατμού. Ωστόσο, η ψύξη παραδίδεται άμεσα στον αέρα παροχής, και η θερμότητα απορρίπτεται σε ένα πηνίο συμπυκνωτή άμεσα στον αέρα του περιβάλλοντος.

Η θέρμανση της μονάδας του τελευταίου ορόφου εφοδιάζεται με ένα κλιβάνο. Οι περισσότερες μικρές μονάδες στον τελευταίο όροφο χρησιμοποιούν ανεμιστήρα που προκαλεί διακίνηση των προϊόντων της καύσης μέσω του πηνίου του κλιβάνου. Ορισμένες από τις μεγαλύτερες μονάδες χρησιμοποιούν αναρροφητικούς ανεμιστήρες βεβιασμένης κυκλοφορίας που ωθούν τον αέρα καύσης μέσα στο θάλαμο καύσης. Η θερμότητα μπορεί επίσης να παρέχεται από ηλεκτρική αντίσταση θερμότητας ή από το κύκλωμα συμπίεσης ατμού (που λειτουργεί ως μια αντλία θερμότητας).

Σε ένα σύστημα διαχωρισμού, οι δύο πλευρές της μονάδας που φαίνεται στο σχήμα διαχωρίζονται, με ένα σωλήνα ψυκτικού υγρού ανάμεσα τους. Η μονάδα συμπύκνωσης, που αποτελείται από το ψυκτικό συμπιεστή, τη σπείρα συμπύκνωσης, και τον συμπυκνωτή του ανεμιστήρα, βρίσκεται εξωτερικά. Η εσωτερική μονάδα, που αποτελείται από τον εσωτερικό εξατμιστή και ένα φυσητήρα βρίσκεται κοντά στον κλιματιζόμενο χώρο. Η ένταξη ενός φούρνου ή πρόβλεψη για την πρόσληψη εξωτερικού αέρα θα εξαρτώνται από την εγγύτητα της εσωτερικής μονάδας προς τα έξω.

5.1.3 Αυτόνομος Κλιματισμός Δωματίου

Δωμάτια με αυτόνομο σύστημα κλιματισμού περιλαμβάνουν μονάδες AC, τερματικά συσκευασμένα κλιματιστικά (PTAC²²), συσκευασμένα τερματικά αντλίας θερμότητας (PTHP²³), και αντλίες θερμότητας νερού-βρόχου. Αυτές οι μονάδες AC είναι παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται σε κατοικίες. PTAC και PTHP χρησιμοποιούνται κυρίως σε ξενοδοχεία και μοτέλ. Η μονάδα είναι τοποθετημένη σε έναν εξωτερικό τοίχο, και μια τρύπα στον τοίχο παρέχει πρόσβαση σε εξωτερικό αέρα, η οποία χρησιμοποιείται για τον εξαερισμό, την απόρριψη της θερμότητας, και την άντληση θερμότητας (για το PTHP).

Αντλίες θερμότητας βρόχου-νερού (που ονομάζονται επίσης και αντλίες θερμότητας Καλιφόρνια) είναι παρόμοιες με τις PTHP εκτός του ότι το νερό διοχετεύεται στη μονάδα και παίρνει τη θέση του εξωτερικού αέρα. Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στην τοποθέτηση της μονάδας, επιτρέπει την άντληση θερμότητας από ζεστό και να κρυώσει μέρη του κτιρίου μέσω του βρόχου που κυκλοφορεί το νερό, αλλά απαιτεί την εγκατάσταση του συστήματος βρόχου-νερού. Το κύκλωμα νερού απαιτεί έναν πύργο ψύξης και ένα λέβητα για την απόρριψη της θερμότητας ή προσθήκη θερμότητας όταν τα θερμικά φορτία του κτιρίου δεν ισορροπούν.

5.2 Εξοπλισμός

Ένα αρκετά διεξοδικό κατάλογο του εξοπλισμού που συμβάλλει στα HVAC παρασιτικά φορτία φαίνεται στο Πίνακα 5.1 παρακάτω. Ο πίνακας δίνει επίσης τυπικές περιοχές έντασης του φορτίου σχεδιασμού W/m^2 αυτού του εξοπλισμού όταν χρησιμοποιείται σε εμπορικές εφαρμογές. Η μελέτη έδωσε λιγότερη έμφαση σε μερικά από τα είδη εξοπλισμού με μικρότερη ένταση φορτίου. Το τραπέζι υποδεικνύει τους τύπους εξοπλισμού που περιλαμβάνονται στην πλήρως-τμηματοποιημένη αρχική ανάλυση της χρήσης ενέργειας.

²² PTAC → Packaged Terminal Air Conditioner.

²³ PTHP → Packaged Terminal Heat Pump.

Τύπος Εξοπλισμού	Τυπικός Σχεδιασμός Εντάσεων Φορτίου σε Εμπορικές Κτιριακές Εφαρμογές (W/sqft)	Σχόλια	Περιλαμβάνεται στην Βασική Πλήρη Εκτίμηση (Yes/No)
<i>Σύστημα Διανομής Ανεμιστήρων</i>			
<i>Κεντρικό Σύστημα Εφοδιασμού Ανεμιστήρων</i>	0.3-1.0		Y
<i>Κεντρικό Σύστημα Επιστροφής Ανεμιστήρα</i>	0.1-0.4		Y
<i>Τερματικό Κουτί Ανεμιστήρα Fan-Coil Ανεμιστήρες</i>	0.5		Y
<i>Συσκευασμένα ή Split Συστήματα Εσωτερικών Ανεμιστήρων Αντλίες</i>	0.1-0.3	Έξοδος Χωρίς Αγωγό	Y
<i>Αντλία Κρύου Νερού</i>	0.1-0.2		Y
<i>Αντλία νερού συμπυκνωτή</i>	0.1-0.2		Y
<i>Αντλία θέρμανσης νερού</i>	0.002-0.005		N
<i>Συμπυκνωμένη Αντλία Επιστροφής</i>	0.02-0.05		N
<i>Λέβητα αντλία τροφοδοσίας νερού</i>	0.002-0.005		N
<i>Εγχώρια αντλία ζεστού νερού ανακυκλοφορίας Λοιπά</i>			
<i>Ανεμιστήρας Πύργου Ψύξης</i>	0.1-0.3		Y
<i>Αερόψυκτες Μονάδες Συμπυκνωτή Ανεμιστήρα</i>	0.6		Y
<i>Πνευματικοί Έλεγχοι Συμπιεστή</i>	0.03-0.06		N
<i>Ανεμιστήρες Εξάτμισης</i>	0.05-0.3	Ισχυρή Εξάρτηση από τον Τύπο του Κτίριου	Y
<i>Ανεμιστήρες Συμπυκνωτή</i>	0.6		Y
<i>Φούρνος με Αξονικούς Ανεμιστήρες</i>	0.01		N
<i>Φούρνος με Εξαναγκασμένους Ανεμιστήρες</i>	0.005		N
<i>Λέβητας Καυστήρα Ανεμιστήρα</i>	0.005-0.01		N

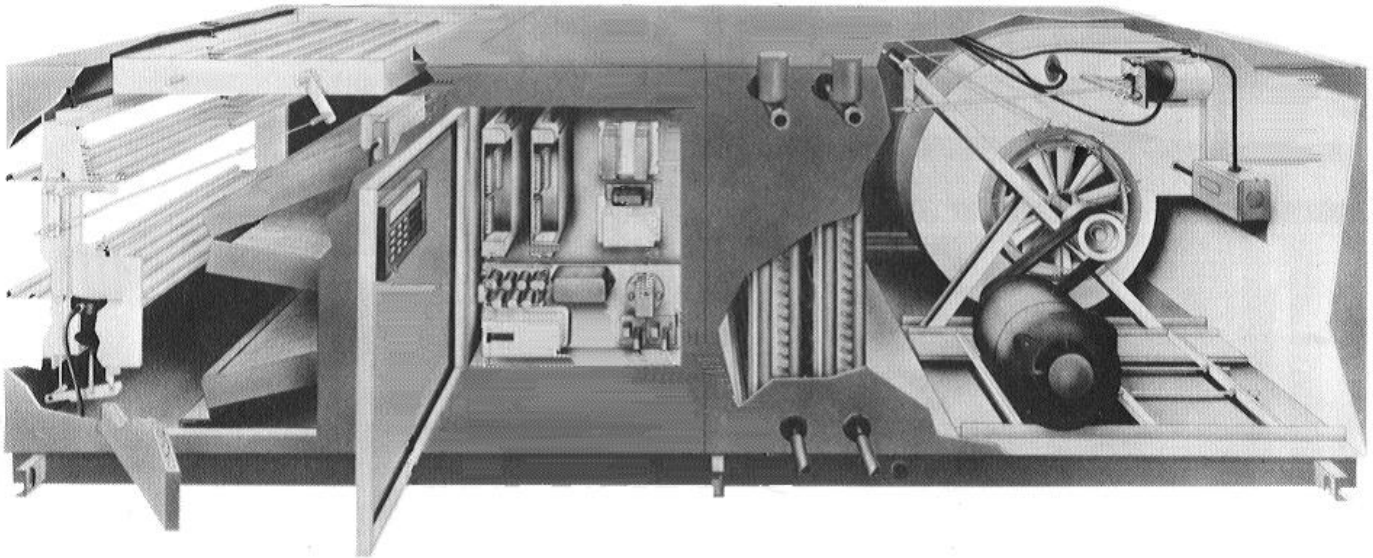
Πίνακας 5.1 Κατάλογος εξοπλισμού.

Πηγή: ADL εκτιμήσεις βασίζονται σε βιβλιογραφία του προϊόντος, συζητήσεις με εκπροσώπους του κλάδου, και οι υπολογισμοί της μηχανικής.

5.2.1 Μονάδες Διαχείρισης του Αέρα

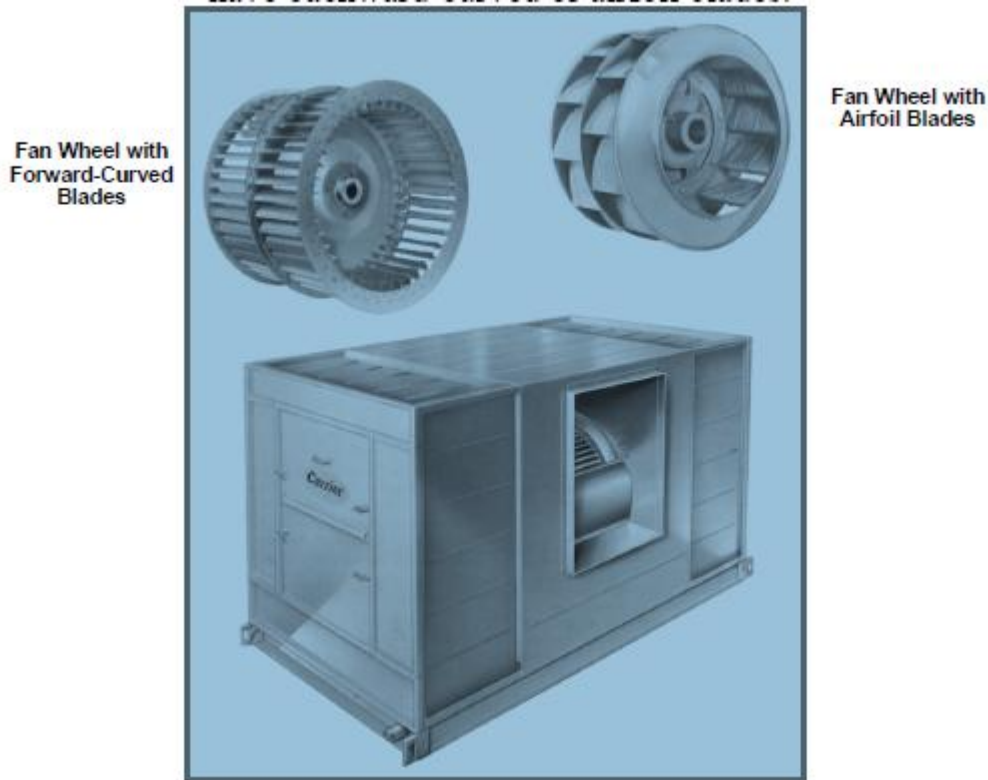
Οι μονάδες διαχείρισης αέρα χρησιμοποιούνται σε κεντρικά συστήματα για να κυκλοφορούν και να διατηρούν τον αέρα που παρέχεται στους κλιματιζόμενους χώρους. Μια τυπική μονάδα αεροχειρισμού φαίνεται στην Εικόνα 5.3 παρακάτω. Ένας τυπικός αποσβεστήρας φαίνεται στο αριστερό άκρο της μονάδας. Οι εξωτερικοί αποσβεστήρες αέρα στο κάτω αριστερά άκρο είναι πλήρως ανοικτοί και οι αποσβεστήρες αέρα επιστροφής στην κορυφή της μονάδας είναι πλήρως κλειστοί. Στα δεξιά των αποσβεστήρων είναι το τμήμα του φίλτρου. Ο ανεμιστήρας, δείχνοντας αποσβεστήρες είσοδο, η τροχαλία ιμάντα μετάδοσης κίνησης, το

σύστημα, και το μοτέρ κίνησης, βρίσκεται στο δεξί μέρος της μονάδας. Τα πηνία θέρμανσης και ψύξης εμφανίζονται ακριβώς στα αριστερά του ανεμιστήρα.



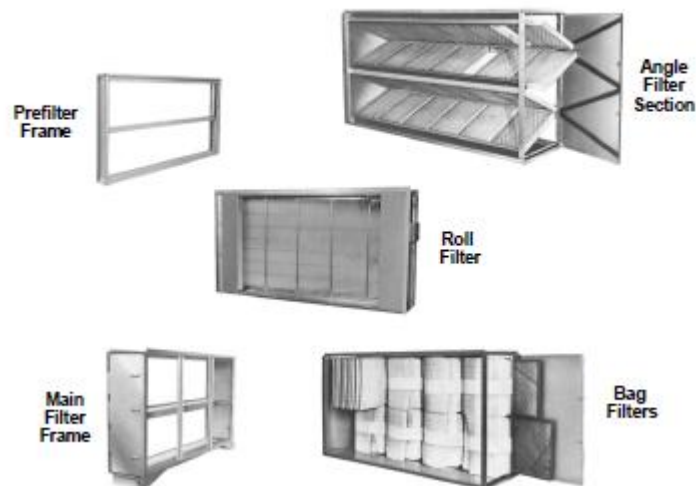
Εικόνα 5.3 Μονάδα χειρισμού κεντρικού συστήματος αέρα.

Πολλές μονάδες χειρισμού αέρα κατασκευάζονται σε αρθρωτά τμήματα. Η Εικόνα 5.4 δείχνει ένα τυπικό τμήμα του ανεμιστήρα. Το μικρό ορθογώνιο άνοιγμα στα δεξιά είναι η ανταπόκριση εκκένωσης του ανεμιστήρα. Το σχήμα δείχνει επίσης δύο κοινούς τροχούς στον ανεμιστήρα. Τα εμπρός-καμπύλα πτερύγια παρέχουν πιο στατική πίεση για ένα δεδομένο μέγεθος και την ταχύτητα των τροχών, αλλά η καμπυλωτή και οι λεπίδες αεροτομής είναι πιο αποτελεσματικές. Όσο μεγαλύτερη είναι η ροή του αέρα, το πιο πιθανό η μονάδα θα έχει καμπυλωτή ή λεπίδες αεροτομής.



Εικόνα 5.4 Μονάδα διαχείρισης του αέρα, δείχνοντας 2 τύπους ανεμιστήρα.

Στην Εικόνα 5.5 παρακάτω φαίνονται τυπικές τομές φίλτρων. Το κύριο φίλτρο συνήθως προηγείται και αμέσως μετά από αυτό υπάρχει ένα χονδροειδές προ-φίλτρο. Οι τρεις βασικοί και πιο συνηθέστεροι τύποι φίλτρων που παρουσιάζονται είναι: το φίλτρο με γωνία, το φίλτρο *roll*, και το φίλτρο σακούλα. Σε ένα φίλτρο γωνία, τετράγωνο δύο ιντσών με παχιά φίλτρα σύρετε στα γωνιακά ράφια. Το φίλτρο ρολό κυλά αυτόματα από το φρέσκο τέλος στο χρησιμοποιημένο, μειώνοντας έτσι τη συχνότητα της χειροκίνητης αντικατάστασης του φίλτρου. Φίλτρα σακούλας αποτελούνται από πολλαπλές σακούλες υλικού φίλτρου, συσκευασμένα έτσι ώστε η επιφάνεια του φίλτρου να είναι σε ένα περιορισμένο όγκο.

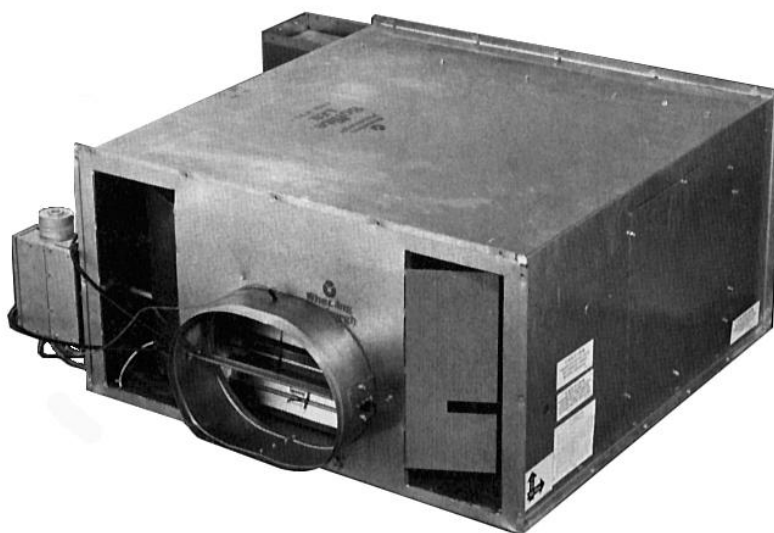


Εικόνα 5.5 Τυπικά φίλτρα μονάδων διαχείρισης του αέρα.

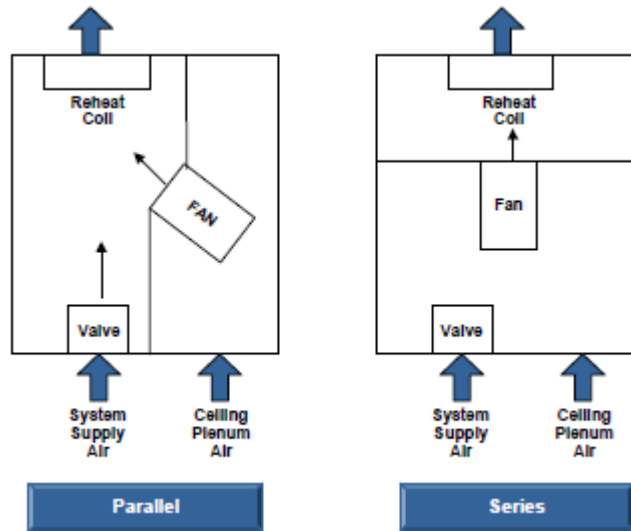
5.2.2 Τερματικές Μονάδες

Οι τερματικές μονάδες παρέχουν τοπικό έλεγχο ροής αέρα σε ένα μεγάλο κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Η πλειοψηφία των τερματικών μονάδων χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της έντασης του αέρα σε συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα VAV. Μπορεί επίσης να έχουν πηνία αναθέρμανσης. Τα περισσότερα από αυτά είναι κουτιά βαλβίδας, τα οποία έχουν απλά ένα εξελιγμένο αποσβεστήρα (βαλβίδα) για τον έλεγχο της ροής του αέρα.

Η Εικόνα 5.6 δείχνει ένα τυπικό κιβώτιο ακροδεκτών που τροφοδοτείται από ανεμιστήρα. Η Εικόνα 5.7 δείχνει τη διαφορά μεταξύ των σειριακών και των παράλληλων τερματικών κιβωτίων ακροδεκτών. Οι μονάδες αυτές επιτρέπουν την ροή αέρα εκτός από τον αέρα που παρέχεται από τον κεντρικό ανεμιστήρα. Στα κιβώτια σε σειρά ο κεντρικός αέρας και ο αέρας της οροφής αναμιγνύονται πριν την είσοδο στον ανεμιστήρα - οι μονάδες αυτές συνήθως απαιτούν συνεχή λειτουργία του ανεμιστήρα. Στα παράλληλα κιβώτια, όπου ο ανεμιστήρας ανακυκλώνεται ως ένα πρώτο στάδιο της αναθέρμανσης, ο αέρας του συλλέκτη της οροφής αναμιγνύεται με κεντρικό αέρα μετά τη διέλευση μέσω του ανεμιστήρα. Τα κουτιά των ανεμιστήρων χρησιμοποιούνται συχνά σε περιμετρικούς χώρους, όπου το φορτίο θέρμανσης απαιτεί περισσότερο αέρα να παραδοθεί για να ικανοποιήσει το φορτίο. Το πρώτο στάδιο του ελέγχου ως θερμοκρασία του χώρου είναι η μείωση της κεντρικής ροής αέρα. Αυτή η μείωση του όγκου μπορεί να μην είναι επαρκής η θερμοκρασία πέφτει περαιτέρω και ο θερμοστάτης ζητά για θέρμανση.

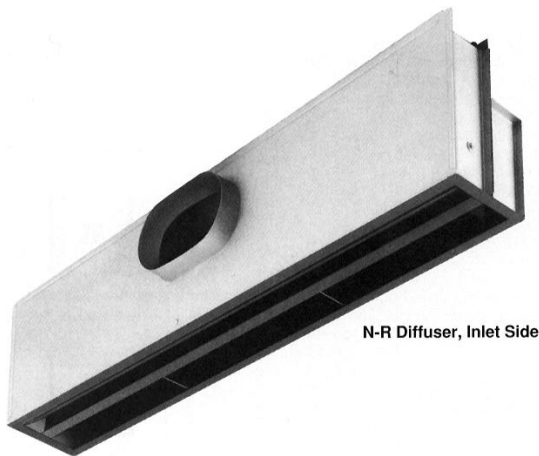


Εικόνα 5.6 Τερματικό κουτί που τροφοδοτείται από ανεμιστήρα.

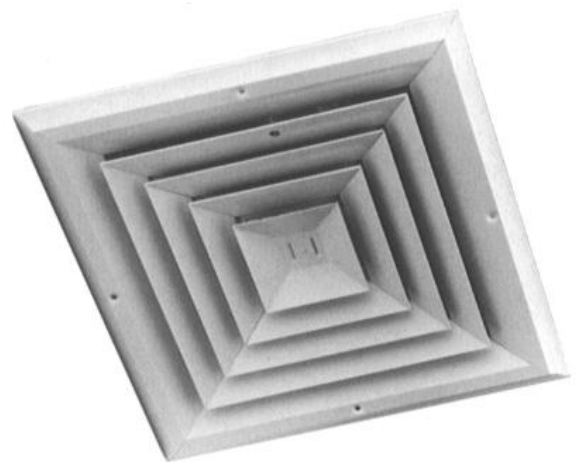


Εικόνα 5.7 Παράλληλα και σε Σειρά κιβώτια ανεμιστήρων.

Τελική παράδοση του αέρα στο χώρο είναι μέσω διαχυτών. Η Εικόνα 5.8 δείχνει ένα διαχυτή που χρησιμοποιείται για τα συστήματα VAV. Το άνοιγμα των διαχυτών VAV ποικίλλει προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής ανάμιξη του δωματίου και παροχής αέρα πάνω από το εύρος των ρυθμών ροής του. Η Εικόνα 5.9 δείχνει ένα τυπικό διαχυτή οροφής, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συστήματα VAV ή CAV.



Εικόνα 5.8 Διαχυτήρας μεταβλητού όγκου.



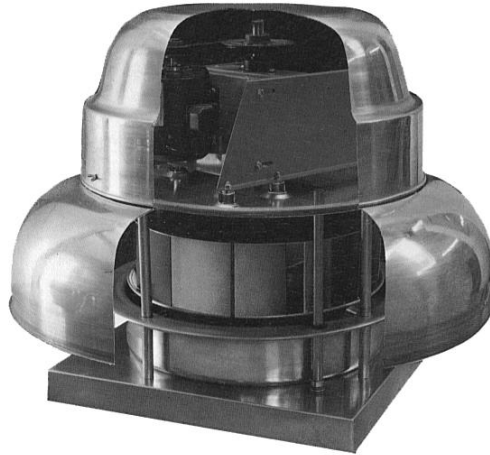
Εικόνα 5.9 Τυπικός διαχυτήρας ταβανιού.

5.2.3 Ανεμιστήρες Εξάτμισης

Η Εικόνα 5.10 δείχνει ένα τυπικό ανεμιστήρα εξάτμισης οροφής. Αυτό το είδος του ανεμιστήρα χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, ειδικά σε κτίρια με επίπεδη στέγη με έναν περιορισμένο αριθμό ορόφων. Η στέγη ανεμιστήρα εξάτμισης τοποθετείτε εύκολα στην οροφή, στην κορυφή ενός κατακόρυφου αγωγού εξαγωγής καυσαερίων, καταλαμβάνοντας λιγότερο χώρο. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι ολόκληρο

το σύστημα του αγωγού εξαγωγής εντός του κτιρίου βρίσκεται σε αρνητική πίεση, εξαλείφοντας την πιθανότητα ρύπανσης των εσωτερικών χώρων από διαρροή καυσαερίων αέρα.

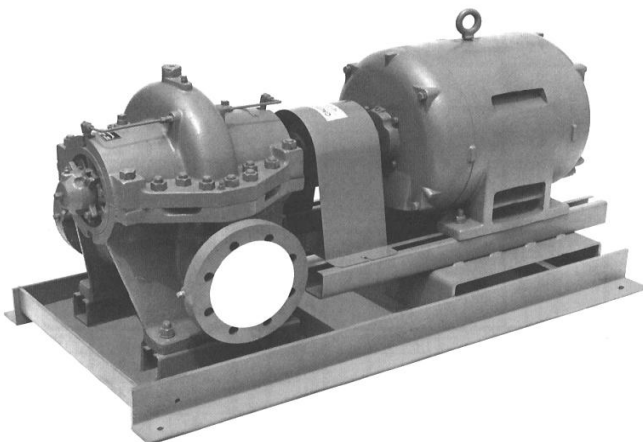
Σε άλλες εφαρμογές καυσαερίων χρησιμοποιήστε μια άλλη ποικιλία από ανεμιστήρες εξάτμισης οι οποίοι είναι αγωγοί εισόδου και εκκένωσης. Οι πιο κοινές από αυτές τις διαμορφώσεις είναι ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας ενιαίου πλάτους με μια μόνο είσοδο (SWSI).



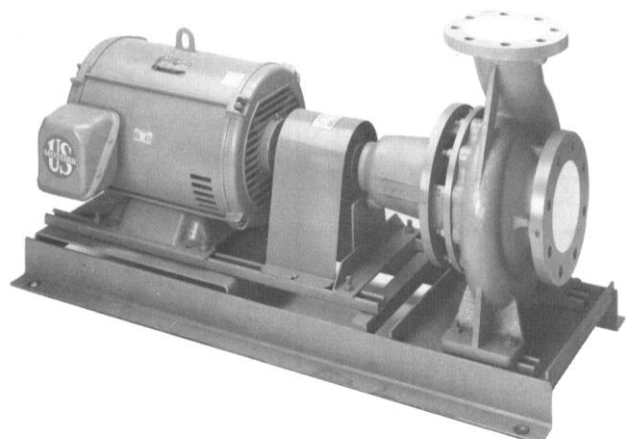
Εικόνα 5.10 Ανεμιστήρας καυσαερίων που τοποθετείτε στην στέγη.

5.2.4 Αντλίες

Αντλίες χρησιμοποιούνται σε συστήματα κλιματισμού για την κυκλοφορία ή τη μεταφορά του νερού ή νερού/ γλυκόλης. Οι Εικόνες 5.11, 5.12 παρακάτω δείχνουν δύο τύπους αντλιών για συστήματα HVAC. Η θήκη που διαχωρίζει την οριζόντια αντλία χρησιμοποιείται σε πολλές μεγαλύτερες εφαρμογές (> 1000gal/min). Έχει υψηλότερο κόστος αγοράς σε σχέση με άλλες αντλίες, αλλά είναι πιο αποτελεσματική και η διάσπαση αυτή κάνει πιο εύκολη την επιθεώρηση και συντήρησή της, χωρίς να διαταραχθεί ο ρότορας, ο κινητήρας, ή η σύνδεση των σωληνώσεων. Οι αντλίες τελικής αναρρόφησης χρησιμοποιούνται σε μικρότερες εφαρμογές. Και οι δύο εικόνες των αντλιών δείχνουν το σώμα της αντλίας, τον κινητήρα, και ένα πλαίσιο στήριξης. Οι σύνδεσμοι του άξονα είναι κρυμμένοι από το προστατευτικό κάλυμμα του άξονα. Ορισμένες μικρότερες αντλίες τελικής αναρρόφησης είναι άμεσης σύζευξη: το στροφέιο τοποθετείτε κατευθείαν στον άξονα ενός κινητήρα. Μία τρίτη δημοφιλή HVAC αντλία είναι η φυγοκεντρική αντλία επί της γραμμής, στις οποίες η είσοδος και οι σωληνώσεις εκκένωσης είναι στη γραμμή.



Εικόνα 1.11. Αντλία με χωρισμένο περίβλημα οριζόντια.

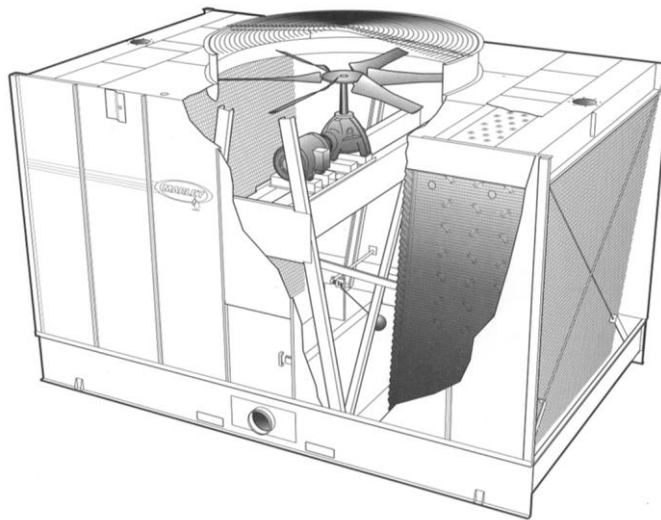


Εικόνα 5.12 Αντλία με έλικα, αξονική είσοδο.

5.2.5 Πύργοι Ψύξης

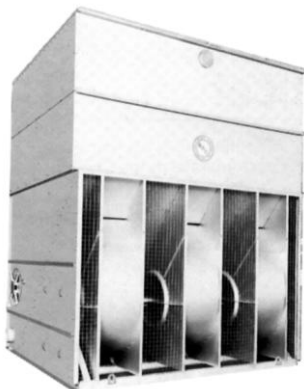
Οι πύργοι ψύξης χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές HVAC για να κρυώνουν το νερό του συμπυκνωτή για την απόρριψη θερμότητας του ψυκτικού συγκροτήματος. Οι πύργοι ψύξης μπορεί να χαρακτηριστούν ως ανοικτοί ή κλειστοί σε ανοικτούς πύργους. Το συμπυκνωμένο νερό έρχεται σε επαφή απευθείας με αέρα ψύξης. Οι περισσότεροι πύργοι ψύξης για συστήματα HVAC είναι ανοικτοί. Σε κλειστούς πύργους ψύξης, το νερό του συμπυκνωτή ρέει σε κλειστό κύκλωμα σωληνώσεων.

Η Εικόνα 5.13 δείχνει ένα τυπικό εγκάρσιο σχέδιο πύργου ψύξης με ανεμιστήρα έλικα. Το νερό του συμπυκνωτή κατανέμεται πάνω από την συσκευασία και στις δύο πλευρές του πύργου όπου αναγκάζεται να ρέει σε λεπτές ταινίες, βελτιώνοντας έτσι τη μεταφορά θερμότητας και μάζας. Ο αέρας αναρροφάται από τις πλευρές και τις απορρίπτεται μέσα από τη σχάρα του ανεμιστήρα. Ένα μέρος από το νερό εξατμίζεται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του πύργου, ενισχύοντας έτσι την ψύξη του νερού. Το νερό του συμπυκνωτή απαιτεί μια νέα παροχή νερού, η οποία παρέχεται μέσω μιας βαλβίδας με πλωτήρα στο κάρτερ του πύργου. Κάποια ποσότητα του νερού του συμπυκνωτή πρέπει επίσης να αποστραγγίζεται συνεχώς για να αφαιρούνται τα ιζήματα.



Εικόνα 5.13 Πύργος ψύξης με προπέλα για ανεμιστήρα.

Η Εικόνα 5.14 δείχνει ένα πύργο ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας που είναι εξοπλισμένος με φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες. Αυτό το είδος πύργου συνήθως απαιτεί περισσότερη ισχύ στους ανεμιστήρες, αλλά είναι γενικά πιο ήσυχο. Τα αναγκαστικά προσχέδια χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρότερες εφαρμογές.



Εικόνα 5.14 Ένας φυγοκεντρικός πύργος ψύξης.

5.2.6 Λοιπός Εξοπλισμός

Άλλα συστήματα HVAC με παρασιτικό εξοπλισμό που τραβάνε το ενδιαφέρον είναι:

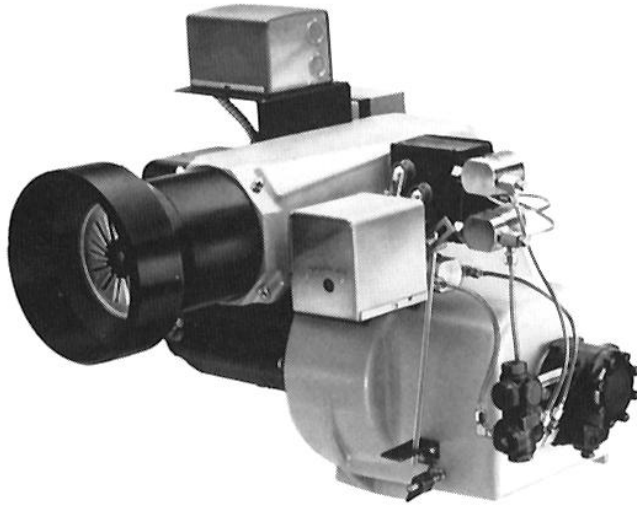
- Ανεμιστήρες συμπυκνωτή.
- Πνευματικοί συμπιεστές.
- Καυστήρες.
- Αναγκαστικοί ή αξονικοί ανεμιστήρες καύσης αέρα.

Συσκευασμένες μονάδες οροφής, μονάδες κλιματισμού δυαδικού συστήματος, και αερόψυκτοι ψύκτες απορρίπτουν θερμότητα σε αερόψυκτους συμπυκνωτές. Οι ανεμιστήρες του συμπυκνωτή που χρησιμοποιούνται για την κίνηση του αέρα ψύξης, είναι γενικά αξονικοί ανεμιστήρες έλικα που είναι συναρμολογημένοι απ' ευθείας επί των ατράκτων των μοτέρ κίνησης.

Αν και η τάση των εμπορικών κτιρίων σήμερα κλείνει προς τα HVAC συστήματα, για πιο άμεσο ψηφιακό έλεγχο (DDC²⁴), τα συστήματα ελέγχου που ήταν ήδη εγκατεστημένα σε εμπορικά κτίρια ήταν πνευματικού ελέγχου. Οι έλεγχοι αυτοί περιλαμβάνουν τη χρήση πεπιεσμένου αέρα στους 15 έως 25psig που θέτουν σε κίνηση αποσβεστήρες και βαλβίδες. Ορισμένα παλαιότερα πνευματικά συστήματα έκχεαν συνεχώς αέρα για να διατηρήσουν τις πιέσεις ελέγχου, αλλά όλα τα πνευματικά συστήματα χρησιμοποιούν αέρα κατά τη διάρκεια του κύκλου των ελέγχων. Τυπικοί παλινδρομικοί συμπιεστές αέρα χρησιμοποιούνται για την παροχή αυτού του πεπιεσμένου αέρα.

Οι ανεμιστήρες του καυστήρα και οι ανεμιστήρες για την καύση αέρα χρησιμοποιούνται σε λέβητες και φούρνους. Το Σχήμα 3-15 δείχνει ένα τυπικό εμπορικό καυστήρα πετρελαίου. Ο κινητήρας παρέχει δύναμη τόσο για τον αέρα καύσης, αλλά και για την αντλία λαδιού. Το σώμα του καυστήρα διπλασιάζεται όσο ο ανεμιστήρας συσπειρώνεται. Στο σχήμα, ο κινητήρας είναι εν μέρει κρυμμένος στα αριστερά του ανεμιστήρα, και η αντλία λαδιού είναι στα δεξιά του ανεμιστήρα. Ανεμιστήρες πεπιεσμένου αέρα για κλίβανους αερίου ή λέβητες, ενσωματώνονται στο συγκρότημα καυστήρα. Ανεμιστήρες εξαγωγής, χρησιμοποιούνται κυρίως για φούρνους αερίου, είναι γενικά τοποθετημένα χωριστά επί του περιβλήματος του κλιβάνου, με ο κινητήρας στον ατμοσφαιρικό αέρα.

²⁴ DDC → Direct Digital Controls
Συλλιγνάκης Στέφανος



Εικόνα 5.15 Καυστήρας πετρελαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ, ΑΡΧΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ

6.1 Γενική Επισκόπηση

Οι στόχοι της βασικής εκτίμησης χρήσης της ενέργειας είναι:

- Να παρέχει μια ακριβή εκτίμηση της ενέργειας που χρησιμοποιείται από τους ανεμιστήρες και τις αντλίες για τη διανομή θέρμανσης ή ψύξης στον τομέα των εμπορικών κτιρίων.
- Να παρέχει μια φυσική κατανόηση των παραγόντων που συμβάλλουν στη χρήση της ενέργειας από τον εξοπλισμό θερμικής διανομής.
- Να παρέχει μια εκτίμηση βάση της σημερινής χρήσης της ενέργειας παγκοσμίως που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπολογισμό της διεθνούς εξοικονόμησης ενέργειας από ποικίλες έρευνες.

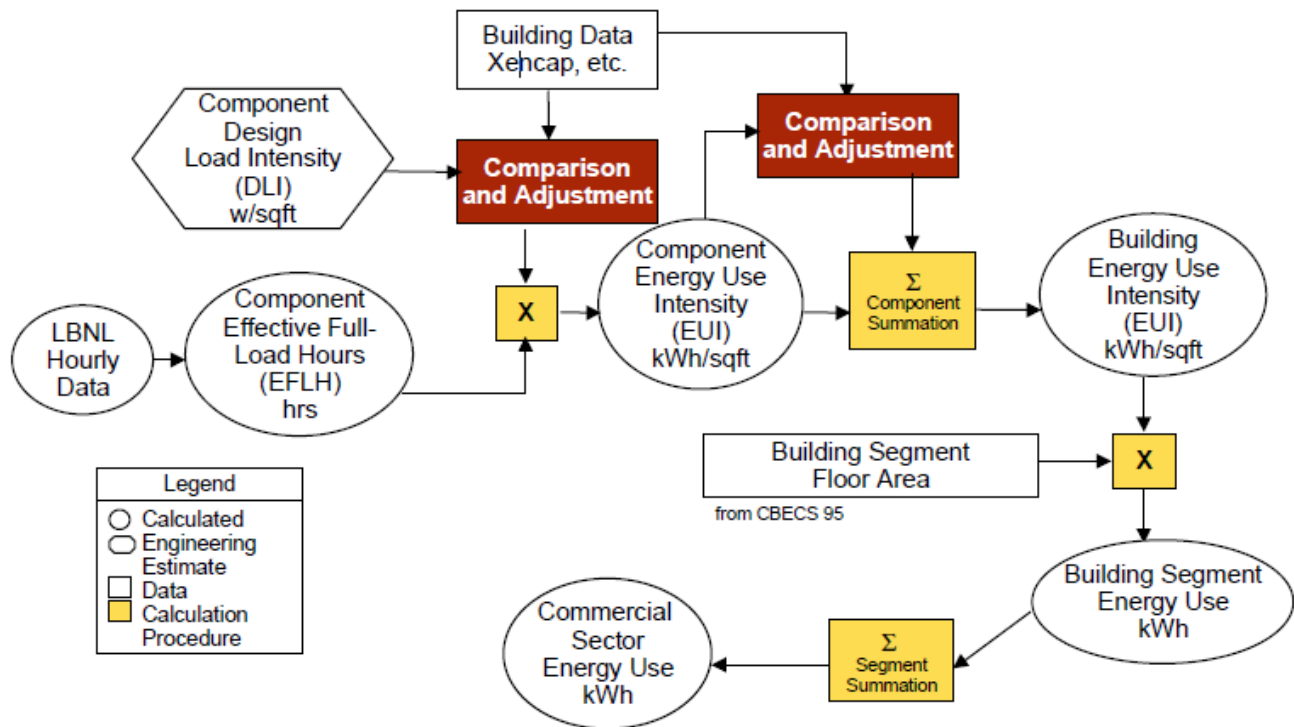
Η εκτίμηση της χρήσης ενέργειας αναπτύσσεται στη μελέτη αυτή και είναι μία “*bottom-up*” προσέγγιση, πράγμα που σημαίνει ότι βασίζεται στην οικοδόμηση χώρων, και εκτιμά την ετήσια ένταση της χρήσης ενέργειας (EUI²⁵), για τα τυπικά συστήματα δόμησης. Η εκτίμηση είναι, επίσης, “*as-designed*”, πράγμα που σημαίνει ότι ο εξοπλισμός θεωρείται ότι λειτουργεί σωστά, σύμφωνα με τις προϋποθέσεις του σχεδιασμού. Για παράδειγμα, η μοντελοποίηση των συστημάτων κρύου νερού δεν επιτρέπει τη λειτουργία με μειωμένη θερμοκρασία κρύου νερού να λογοδοτήσει για ανεπαρκή ροή του αέρα σε μονάδες διαχείρισης αέρα. Τέτοια λειτουργία μπορεί να συμβεί στον τομέα αυτό, αλλά η επικράτηση και οι επιπτώσεις της δεν μπορούν να προβλεφθούν επαρκώς.

Επειδή η μελέτη υιοθετεί μια “*as-designed*” προσέγγιση με τις εκτιμήσεις της ενέργειας, οι εκτιμήσεις είναι θεωρητικά συντηρητικής προσέγγισης των πραγματικών συνθηκών. Ακούσια λειτουργία μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση ή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Το μέγεθος της αβεβαιότητας που συνδέεται με την προβλεπόμενη λειτουργία είναι δύσκολο να προβλεφθεί, αλλά θα μπορούσε να είναι όσο το 20% των συνολικών εκτιμήσεων.

Οι θεμελιώδεις εξισώσεις για την εκτίμηση της ενέργειας απαριθμούνται στον Πίνακα 6.1 παρακάτω. Αυτοί δείχνονται γραφικά στην Εικόνα 6.1.

²⁵ EUI → Energy Use Intensity
Συλλινάκης Στέφανος

For a given Building Type/ Climate/System Type segment	$\text{Component Annual EUI (kWh/sqft)} = \text{Component Design Load Intensity (DLI) (W/sqft)} \times \text{Component Effective Full-Load Hours (hrs)} \div 1000W$
	$\text{Total Building EUI (kWh/sqft)} = \sum \text{Component EUI (kWh/sqft)}$
	$\text{Total Segment Energy Use (kWh)} = \text{Total Building EUI (kWh/sqft)} \times \text{Total Segment Floor Area (sqft)}$
For a given group of segments (ie all hospitals or the entire commercial sector)	$\text{Total Group Energy Use (kWh)} = \sum \text{Total Segment Energy Use (kWh)}$
	$\text{Average Group EUI (kWh/sqft)} = \frac{\text{Total Group Energy Use (kWh)}}{\text{Total Group Floor Area (sqft)}}$



Εικόνα 6.1 Βασική εκτίμηση χρήσης ενέργειας εξισώσεις/ διάγραμμα ροής.

Οι εκτιμήσεις των συστατικών του σχεδιασμού της έντασης του φορτίου DLI²⁶, έχουν τυπικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για κάθε ένα από τα δομικά τμήματα που έχουν αναπτυχθεί. Αυτές οι εκτιμήσεις βασίζονται σε τυποποιημένες πρακτικές σχεδιασμού και προδιαγραφών για τον εξοπλισμό. Για παράδειγμα, ο ανεμιστήρας τροφοδοσίας DLI βασίζεται στις τυπικές τιμές των cfm ανά τετραγωνικό πόδι,

²⁶ DLI → Design Load Intensities
Συλλινάκης Στέφανος

απαιτείται παροχή πίεσης του ανεμιστήρα, τυπική απόδοση του ανεμιστήρα, και τυπική απόδοση του κινητήρα, όπως φαίνεται παρακάτω για το μεγάλο γραφείο της Νέας Υόρκης με ένα κεντρικό σύστημα VAC.

$$\begin{aligned} \text{Supply Fan DLI} &= \left(0.86 \frac{\text{cfm}}{\text{sqft}} \right) \times (4 \text{ in wc fan total pressure rise}) \div 8.5 \frac{\text{cfm} * \text{in wc}}{W} \div \\ & \quad (69\% \text{ fan efficiency}) \div (97\% \text{ drive efficiency}) \div (90\% \text{ motor efficiency}) \\ &= 0.67 \text{ W/sqft} \end{aligned}$$

Οι εκτιμήσεις της μηχανικής των ημερήσιων τιμών συγκρίνονται με τα πραγματικά δεδομένα κτιρίων από τη βάση δεδομένων *XenApp™*.

Το EUI για ένα συγκεκριμένο στοιχείο του συστήματος και είναι ίσο με τους χρόνους DLI επί τις αποτελεσματικές ώρες φορτίου EFLH²⁷ της λειτουργίας σε ένα έτος. Σε πολλές περιπτώσεις, ο EFLH είναι απλά ίσος με τον συνολικό αριθμό των ωρών λειτουργίας. Ωστόσο, μερικοί ανεμιστήρες και αντλίες κύκλου ανάλογα με τις συνθήκες του κτιρίου, λειτουργούν με μεταβλητή ροή. Η μοντελοποίηση των συστημάτων έγινε για να καθοριστεί ο EFLH για τα εξαρτήματα του συστήματος με διαφορετικό φορτίο ή με διαφορετικά ποσοστά “σε” χρόνο.

Οι οικοδομικές EUI του κτιρίου πολλαπλασιάζονται στο δάπεδο ενός συγκεκριμένου τμήματος του κτιριακού αποθέματος για να αποδοθεί η χρήση της ενέργειας. Το άθροισμα αυτόν τον τμημάτων δίνει τη συνολική χρήση ενέργειας για μια ομάδα τμημάτων ή για το σύνολο του εμπορικού τομέα. Τα συστατικά των EUI είναι ότι τα ίδια τα συστατικά αυτά μπορούν να πολλαπλασιαστούν στο δάπεδο και να δώσουν εκτιμήσεις της συνολικής χρήσης ενέργειας για ένα δεδομένο τύπο στοιχείου.

6.2 Τμηματοποίηση Κτιριακού Αποθέματος

Αυτή η ενότητα περιγράφει τον κατακερματισμό της περιοχής ενός όροφου του κτιρίου και περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Συζήτηση των σημαντικών μεταβλητών τμηματοποίησης.
- Περιγραφή της γεωγραφικής κατάτμησης.
- Περιγραφή της μεθοδολογίας κατάτμησης.
- Συζήτηση της εξωτερικής αξιολόγησης των αποτελεσμάτων από εμπειρογνώμονες του κλάδου.
- Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Η κατάτμηση επικεντρώθηκε για πρώτη φορά σε συστήματα ψύξης, αφού παρασιτικά φορτία που συνδέονται με την συστήματα ψύξης, ή συστήματα ψύξης / θέρμανσης είναι σημαντικά μεγαλύτερα από εκείνα που σχετίζονται με τα συστήματα θέρμανσης μόνο, ειδικά για τα μεγαλύτερα κτίρια με κεντρικά συστήματα. Η κυριαρχία της παρασιτικής ψύξης φορτίων απεικονίζεται στο ακόλουθο παράδειγμα ενός κτιρίου με ένα κεντρικό ψύκτη, VAV μονάδες για ψύξη και θέρμανση της περιμέτρου.

²⁷ EFLH → Effective Full Load Hours

6.2.1 Μεταβλητές Τμηματοποίησης

Οι μεταβλητές τμηματοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη ήταν:

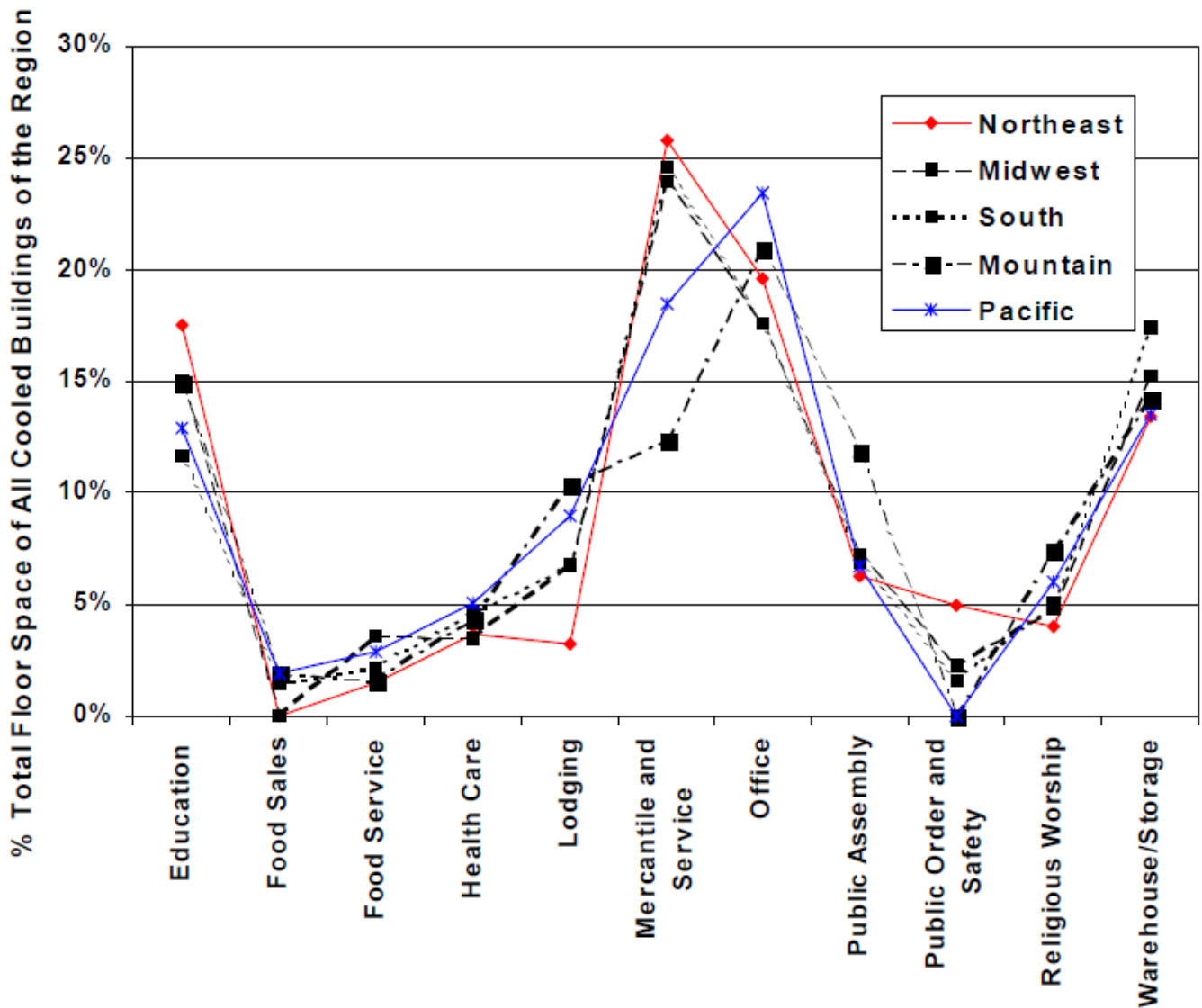
- Το κλίμα και η γεωγραφική περιοχή.
- Τύπος Κτίριο.
- Τύπος συστήματος.

Δεν υπάρχει καμία μελέτη ή έρευνα που να δίνει επαρκή ανάλυση του εμπορικού κτιριακού αποθέματος στις Η.Π.Α. με όλες αυτές τις μεταβλητές. Τα δεδομένα CBECS 95²⁸ αντιπροσωπεύουν την πιο πλήρη έρευνα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια τέτοια κατάτμηση.

Η απλοποίηση της διαδικασίας κατάτμησης ήταν απαραίτητη λόγω των περιορισμών στα δεδομένα. Απλούστερες υποθέσεις έχουν ως εξής:

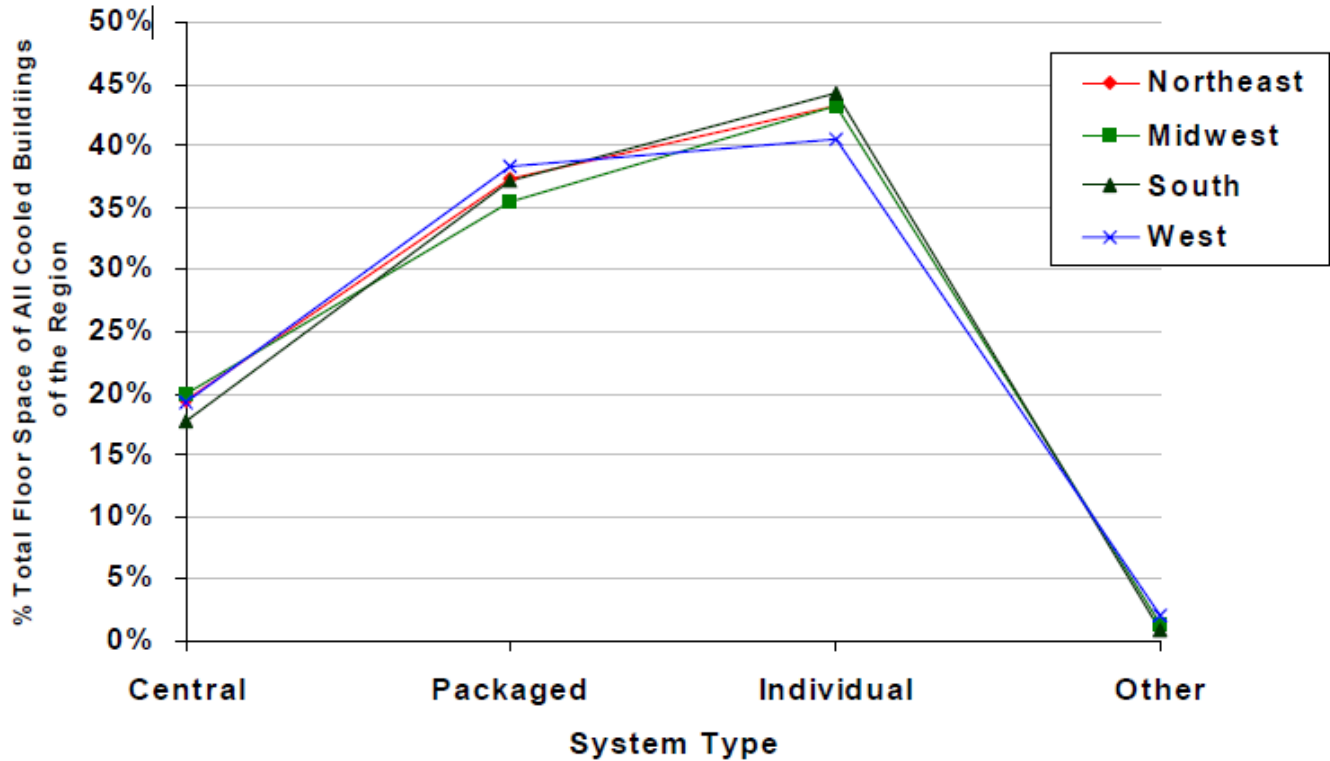
- Η κατανομή τύπων κτιρίων του δαπέδου δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την περιοχή (βλέπε Εικόνα 6.2 παρακάτω).
- Η διανομή τύπου συστήματος δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την περιοχή (βλέπε Εικόνα 6.3 παρακάτω).

Το παρακάτω διάγραμμα Εικόνα 6.2 δείχνει διανομές τύπου κτίριο του δαπέδου για επιλεγμένες γεωγραφικές περιοχές με βάση τα δεδομένα από CBECS 95. Το διάγραμμα δείχνει ότι, παρόλο που υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στις κατανομές καθώς κινούμαστε από περιοχή σε περιοχή, το βασικό σχήμα των κατανομών παραμένει παρόμοιο.



Εικόνα 6.2 Περιφερειακή Διακύμανση Τύπων Κτιρίων Διανομής.

Η Εικόνα 6.3 που ακολουθεί δείχνει CBECS 95 τα δεδομένα για τις διανομές τύπων συστημάτων ανά περιοχή. Τα στοιχεία δείχνουν σαφώς ότι η διανομή αυτή δεν επηρεάζεται έντονα από την περιοχή. Οι τύποι ορίζονται στον Πίνακα 6.1 παρακάτω.



Εικόνα 6.3 Κατανομή Τύπων Συστημάτων.

Η επιλεγμένη προσέγγιση κατάτμησης είναι τρισδιάστατη, με βάση τον τύπο κτιρίου, το είδος του συστήματος και τη γεωγραφική περιοχή. Οι κατανομές της επιφάνειας του εδάφους με την κατασκευή του τύπου και το σύστημα υποτίθεται ότι είναι σταθερά κατά τη μετακίνηση από περιοχή σε περιοχή. Ωστόσο, το μέγεθος του συστήματος και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας εξαρτώνται από το κλίμα των διαφόρων περιοχών. Αυτό αντιπροσωπεύει σίγουρα μια απλούστευση των αποθεμάτων στα εμπορικά κτίρια, αλλά πρόκειται να είναι μια λογική προσέγγιση για την ανάπτυξη των εθνικών παρασιτικών εκτιμήσεων της ενέργειας. Πίνακας 6.1 παρακάτω δείχνει τις θεωρηθεί περιοχές της τμηματοποίησης μεταβλητές.

Μεταβλητές	Κατηγορία	Περιγραφή
Τύπος Κτιρίου (CBECS95)	Εκπαίδευση	
	Πωλήσεις Τροφίμων	
	Υπηρεσία Τροφίμων	
	Φροντίδα Υγείας	
	Καταλύματα	
	Εμπορευμάτων και Συντήρησης	
	Γραφεία	
	Δημόσια Κτίρια	Περιλαμβάνει CBECS 95 κατηγορίες δημόσιας συνέλευσης, Δημόσιας τάξης και ασφάλειας, καθώς και θρησκευτικής λατρείας.
	Αποθήκες	
	Μεμονωμένα ή Ολόκληρα Δωμάτια AC	Παράθυρο AC, συσκευασμένα τερματικά AC, τυποποιημένα τερματικό αντλιών θερμότητας.
Τύπος Συστημάτων	Συσκευασμένα	Ενιαία, Split Systems, Κεντρική AC, Αντλίες θερμότητας Κατοικίες-Type.
	Κεντρικά VAV	Μεταβλητά συστήματα αέρα που εξυπηρετούνται από κεντρικούς ψύκτες.
	Κεντρικά CAV	Σταθερά συστήματα αέρα που εξυπηρετούνται από κεντρικούς ψύκτες.
	Κεντρικά FCU's	Περιλαμβάνει πολλαπλές ζώνες και Dual-Duct Constant τόμους.
	Κεντρικά FCU's	Fan-Coil Συστήματα μονάδων που εξυπηρετούνται από Κεντρικούς Ψύκτες.
Περιοχές	Μη Ψυχόμενα	
	Βορειοανατολικά	
	Κεντροδυτικά	
	Νότια	
	Ορεινά	

Πίνακας 6.1 Τύποι κτιρίων- εξοπλισμός.

6.2.2 Γεωγραφική / Κλιματική Τμηματοποίηση

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.1 παραπάνω, σε αυτήν την μελέτη χρησιμοποιούνται πέντε περιφερειακές κατηγορίες. Ο πρωταρχικός στόχος για την επιλογή των περιοχών ήταν (1) επαρκή αριθμό περιοχών για να δώσει μια λογική αναπαράσταση των ΗΠΑ, (2) ο αριθμός των περιφερειών δεν θα πρέπει να είναι υπερβολικός, (3) η συνέπεια σε περιοχές με CBECS 95, και (4) μία πόλη ανά περιφέρεια για αντιπροσωπευτικά δεδομένα του καιρού.

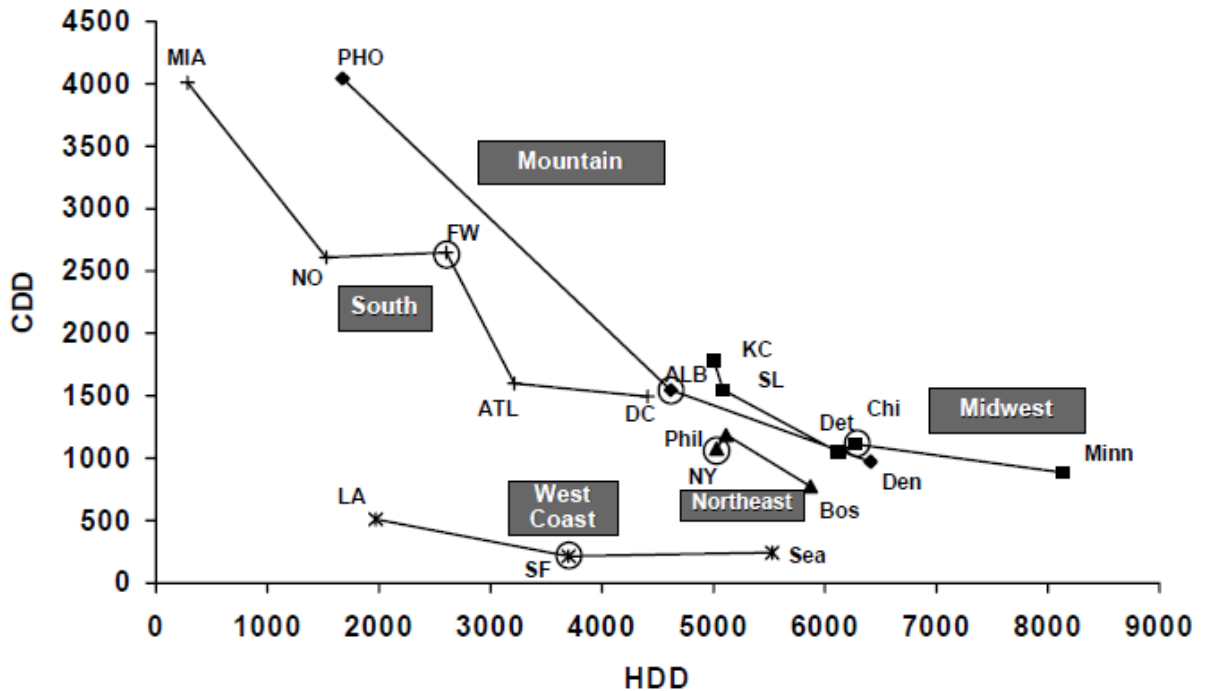
Οι αντιπροσωπευτικές πόλεις για τις πέντε περιοχές αναφέρονται στον Πίνακα 6.2 παρακάτω.

Περιοχή	Πόλη
Βορειοανατολικά	Νέα Υόρκη
Κεντροδυτικά	Σικάγο
Βόρεια	Φορτ Γουόρθ
Ορεινά	Αλμπουκέρκη
Κοντά στον Ειρηνικό Ωκεανό	Σαν Φρανσίσκο

Πίνακας 6.2 Αντιπροσωπευτικές πόλεις- περιοχές.

Οι πέντε περιοχές που προρίζονται να αντικατοπτρίσουν το εύρος της μεταβολής του κλίματος των ΗΠΑ φαίνεται στις Εικόνες 6.4, 6.5. Αυτές δείχνουν τα χαρακτηριστικά για τις πόλεις που αντιπροσωπεύουν τις περιοχές αυτές, του βαθμού ψύξης την ημέρα (CDD) έναντι το βαθμό θέρμανσης (HDD), μόνωσης έναντι Συλλιγνάκης Στέφανος

του σκληρού δίσκου, και λανθάνουσα ψύξη εναντίον οικοπέδων HDD. Οι γραφικές παραστάσεις δείχνουν ότι οι πέντε αυτές περιφέρειες και οι πόλεις αντιπροσωπεύουν αρκετά διακριτά κλίματα.

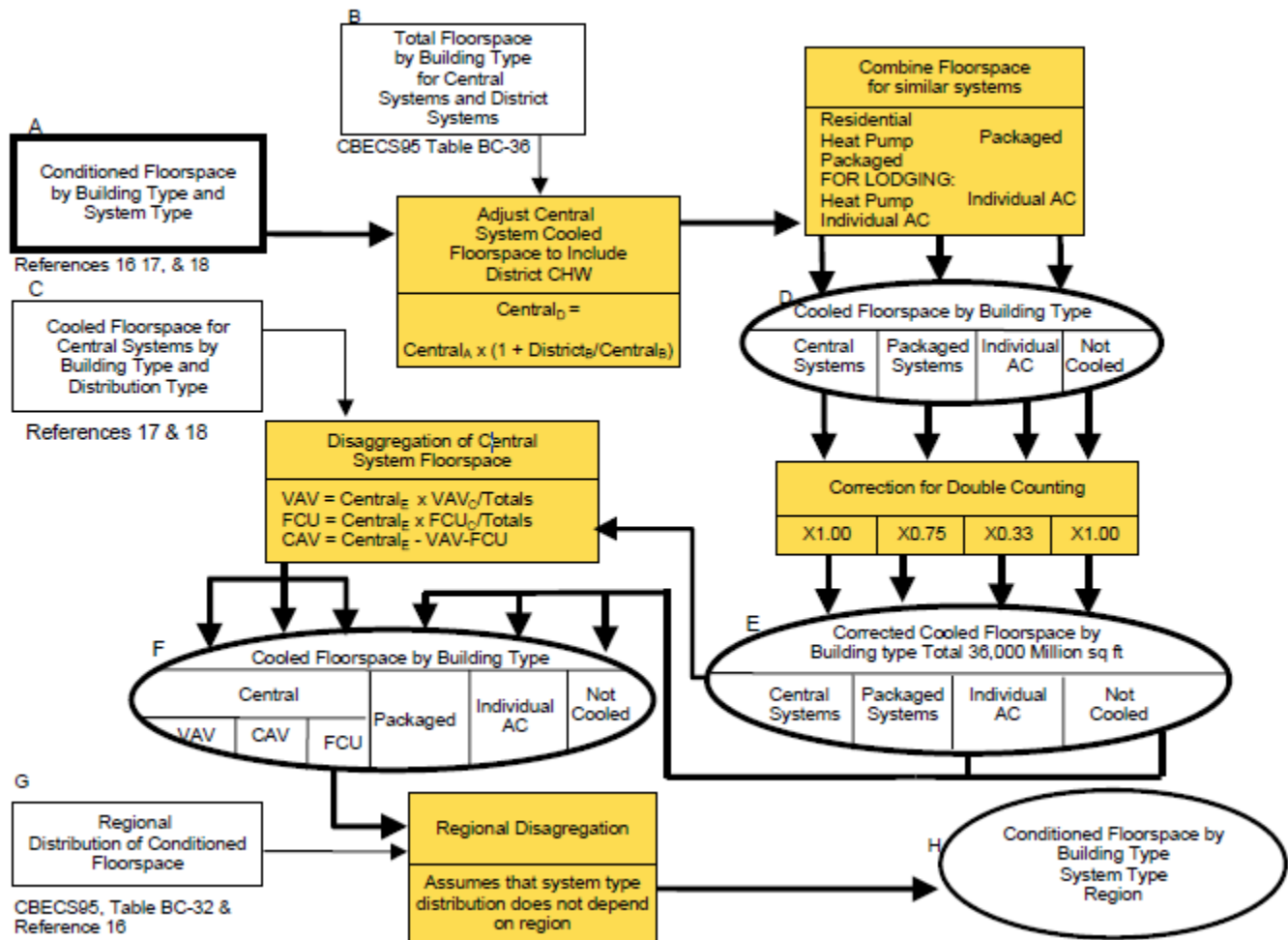


Legend			
Alb	Albuquerque	Mia	Miami
Atl	Atlanta	Minn	Minneapolis
Bos	Boston	NO	New Orleans
Chi	Chicago	NY	New York
DC	Washington DC	Phil	Philadelphia
Den	Denver	Pho	Phoenix
Det	Detroit	Sea	Seattle
FW	Fort Worth	SF	San Francisco
KC	Kansas City	SL	St. Louis
LA	Los Angeles		

Εικόνα 6.4 Περιφερειακή Κατανομή - Ψύξη Βαθμός Ημέρας έναντι Θέρμανση Βαθμός Ημέρας.

6.2.3 Μεθοδολογία Κατάτμησης

Η ενότητα αυτή περιγράφει τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την ανάθεση χώρων σε επιλεγμένα κτιριακά τμήματα των αποθεμάτων. Η διαδικασία απεικονίζεται στην Εικόνα 6.5 παρακάτω.



Εικόνα 6.5 Τμηματοποίηση Κτιριακών Αποθεμάτων.

Η τμηματοποίηση βασίζεται αρχικά σε εκτιμήσεις των συσκευασμένων δαπέδων. Οι αναφορές παρέχουν μια κατανομή των ψυχρών χώρων που ανάλογα με τον τύπο της οικοδόμησης, τον τύπο του συστήματος ψύξης (κεντρική, συσκευασμένα, ατομική AC, αντλία θερμότητας, και οικιστικών κεντρικό) και την κατανομή των χώρων που θερμαίνονται με την οικοδόμηση τύπου. Προσαρμογές αυτών των χώρων έχουν ως εξής.

- Περιφέρεια δαπέδου ψύξης προστίθεται στο κεντρικό σύστημα. Η αναλογία της περιοχή ψύξης χώρων που στο κεντρικό δάπεδο ψύξης υπολογίζεται από CBEC 95 για τους τύπους που ισχύουν κτιρίου (Παιδεία, Υγεία, Κατάλυμα, Εμπορικής & Υπηρεσία, Γραφείο, δημόσια κτίρια, και αποθήκη). Αυτές οι αναλογίες εφαρμόζονται σε ψυχρές εκτιμήσεις δαπέδων για κεντρική ψύξη για να πάρει εκτιμήσεις των κτιρίων με παγωμένο νερό ψύξης για κάθε κατηγορία τύπο κτιρίου.
- Παρόμοια είδη συνδυασμένων συστημάτων χρησιμοποιούνται για την απλούστευση του κτιριακού αποθέματος. Όλα τα κεντρικά-οικιακά δάπεδα AC και αντλιών θερμότητας χώρων που είναι σε συνδυασμό με το συσκευασμένο μονάδα χώρων προσφέρουν μια συνολική εκτίμηση για τα συσκευασμένα συστήματα δαπέδου. Αυτό προϋποθέτει ότι ψύχεται ή όχι το δάπεδο θεωρείται ασήμαντο.
- Για την κατηγορία καταλύματος κτιρίου, η αντλία θερμότητας του δαπέδου θεωρείται ότι σχετίζεται με τερματικές αντλίες θερμότητας και όχι με τις αντλίες των αγωγών θερμότητας. Ως εκ τούτου, για

την συγκεκριμένη κατηγορία κτιρίων, αντλία θερμότητας δαπέδου συνδυάζεται με το ατομικά AC δαπέδου.

- Οι εκτιμήσεις δαπέδου πρέπει να μειωθούν. Η έρευνα CBEC95 επιτρέπει την επικάλυψη της ψύξης από τύπους συστημάτων που εξυπηρετούν τα ψυχρά δάπεδα ενός κτιρίου. Ως εκ τούτου, άθροισμα των χώρων που σχετίζονται με κάθε σύστημα ψύξης δίνει ένα ποσό (46,6 δις τ.μ), το οποίο είναι μεγαλύτερο από το συνολικό ψυχρό δάπεδο (36 δις τ.μ) σε εμπορικά κτίρια. Η διπλή καταμέτρηση λαμβάνεται υπόψη με τη μείωση των ψυχρών δαπέδων για κάθε τύπο συστήματος, έτσι ώστε η συνολική ψύξη χώρων που ισούται με το συνολική 36 δισεκατομμύρια τ.μ. Η μείωση εφαρμόζεται από τον πολλαπλασιασμό του δαπέδου από παράγοντες που φαίνονται στον Πίνακα 6.3 παρακάτω. Αιτιολόγηση για την επιλογή παράγοντα είναι η σχετική σημασία καθενός από τους τύπους του συστήματος σε περιπτώσεις όπου επικάλυψη ψύξης συστήματος συμβαίνει. Σημειώστε ότι για ψυχόμενο χώρων που δεν υπάρχει διπλή καταμέτρηση, έτσι ο συντελεστής προσαρμογής είναι 1,00.

System Type	Adjustment Factor
Central	1.00
Individual AC	0.33
Packaged	0.75
Not Cooled	1.00

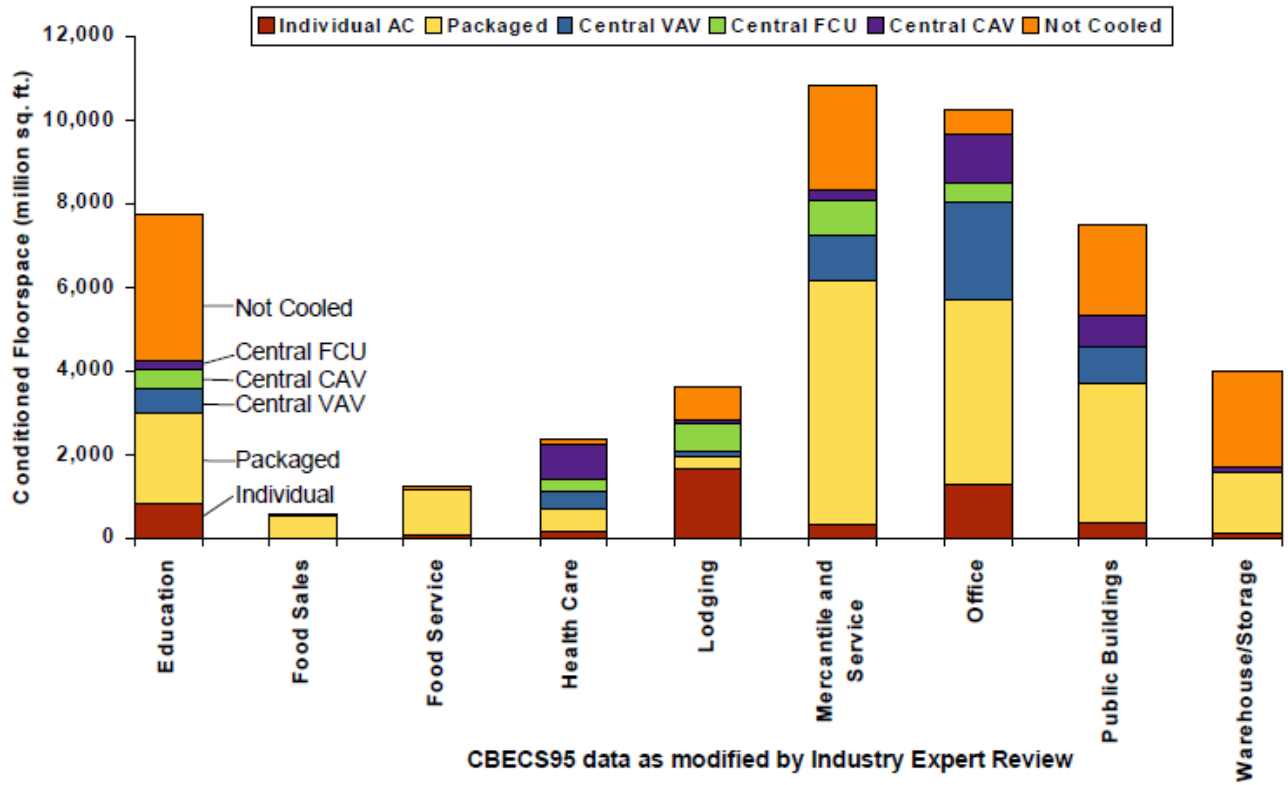
Πίνακας 6.3 Παράγοντες προσαρμογής διπλής καταμέτρησης.

- Το κεντρικό σύστημα δαπέδου αναλύεται κατά είδος διανομής: Σταθερά του αέρα όγκο (CAV) μονάδες διαχείρισης αέρα, μεταβλητού όγκου αέρα (VAV) μονάδες διαχείρισης αέρα, και μονάδες fan-coil (FCU). Και πάλι, μία προσαρμογή πρέπει να γίνει για διπλή καταμέτρηση εγγενείς με αυτά τα δεδομένα. Ωστόσο, υποτίθεται ότι ο διπλός υπολογισμός ισχύει εξίσου και για κάθε ένα από αυτούς τους τύπους διανομής. Ως εκ τούτου, οι αναλογίες των τύπων διανομής στην αναφορά εφαρμόζεται στο κεντρικό σύστημα ψυχόμενο χώρο στο δάπεδο.

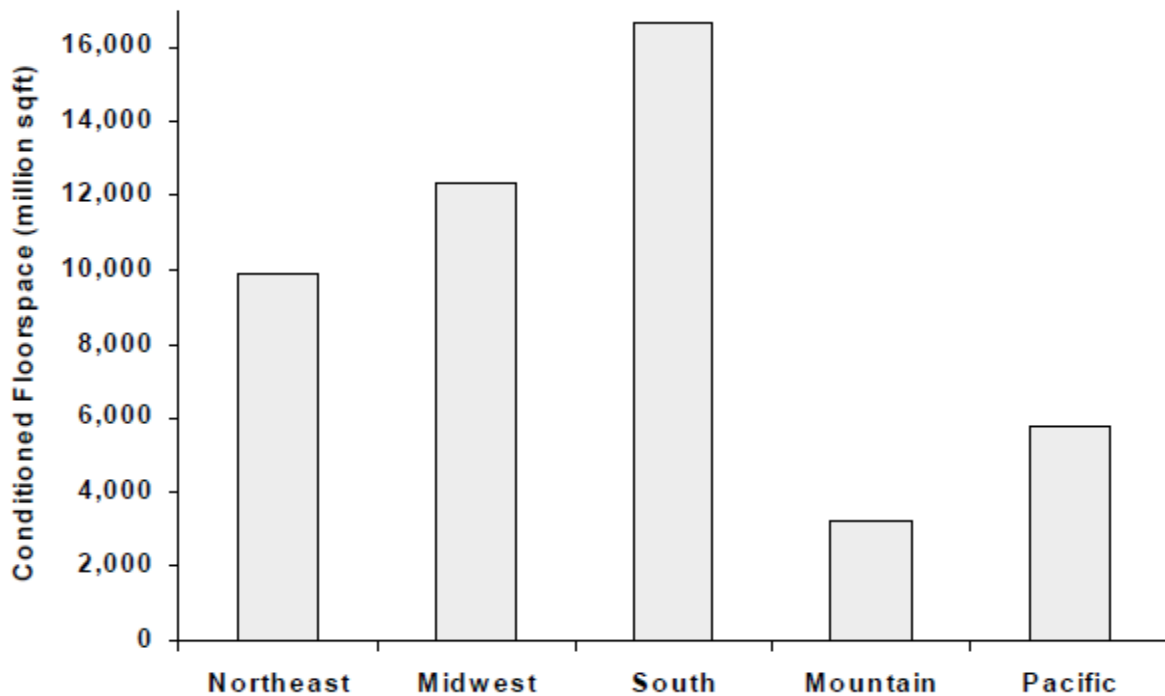
Region	Conditioned Floorspace (million sqft)	Percent of Total Conditioned Floorspace	Information Source
Northeast	9,919	20.6%	CBEC95, Table BC-32 (Reference 3)
Midwest	12,382	25.8%	CBEC95, Table BC-32 (Reference 3)
South	16,667	34.7%	CBEC95, Table BC-32 (Reference 3)
Mountain	3,272	6.8%	Swenson Fax 10/8/97, Table 7 (Reference 16)
Pacific	5,824	12.1%	Swenson Fax 10/8/97, Table 7 (Reference 16)
Total	48,064	100%	

Πίνακας 6.4 Περιφερειακή περιγραφή κλιματιζόμενου χώρου.

6.2.4 Αποτελέσματα Κατάτμησης



Εικόνα 6.6 Τμηματοποίηση κτιριακού αποθέματος: Τύποι κτιρίων και συστημάτων.



Εικόνα 6.7 Περιφερειακή κατανομή.

6.2.5 Βελτιώσεις Κατάτμησης

Αυτή η ενότητα περιγράφει διαδικασίες που υιοθετήθηκαν προκειμένου να ενσωματωθούν πρόσθετες περιπλοκές στην ανάλυση χρήσης ενέργειας, χωρίς την προσθήκη καινούργιων δομικών συστημάτων στην ήδη υπάρχουσα δομή του κτιρίου που έγινε η κατάτμησης. Η επιφάνεια του δαπέδου του κτιρίου ενός τμήματος υποδιαιρείται περαιτέρω, υπολογίζονται και αναφέρονται οι μέσοι όροι για του συνολικού τμήματος. Η διαδικασία αυτή κατά μέσο όρο επηρεάζει έναν περιορισμένο αριθμό τμημάτων.

Οι καταστάσεις που λαμβάνονται υπόψη με αυτή τη διαδικασία επέκτασης τμημάτων περιγράφεται παρακάτω.

Ψύκτες: Υδρόψυκτοι εναντίον Αερόψυκτων: Υδρόψυκτοι ψύκτες απαιτούν συμπυκνωτή νερού (CW) αντλίες και τους πύργους ψύξης για να απορρίψουν τη θερμότητα. Αερόψυκτοι ψύκτες είναι γενικά μικρότεροι. Συνήθως οι συμπιεστές τους είναι περισσότερο παλινδρομικοί παρά φυγοκεντρικοί, και απορρίπτουν θερμότητα στον αερόψυκτο συμπυκνωτή που χρησιμοποιεί σημαντική ισχύς από τον ανεμιστήρα.

VAV κουτιά ακροδεκτών: Κουτιά Βαλβίδων εναντίον Κουτιά Ανεμιστήρων: Η χρήση ενέργειας για το σύστημα VAV ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τη διάταξη του ανεμιστήρα. Τα κουτιά σειράς είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν σε όλα τα είδη κτιρίων. Τα παράλληλα κουτιά ανεμιστήρα ελέγχεται ως πρώτο στάδιο της αναθέρμανσης. Κουτιά βαλβίδας δεν απαιτούν καμία ενέργεια για τη λειτουργία των ανεμιστήρων.

Νερό-βρόχου (Καλιφόρνια) αντλίες θερμότητας: Αυτές οι αντλίες θερμότητας απορρίπτουν και παίρνουν θερμότητα από ένα βρόχο νερό. Το νερό κυκλοφορεί σε όλο το κτίριο, επιτρέποντας τη θερμότητα να μετακινηθεί από περιοχές που δεν χρειάζεστε σε εκείνους που πραγματικά την έχουν ανάγκη. Υπερβολική θερμότητα μπορεί να απορριφθεί σε πύργο ψύξης και απαιτείται θερμότητα που μπορεί να προστεθεί με έναν λέβητα.

Αυτά προστίθενται περιπλοκές στην ανάλυση συνοψίζονται στον Πίνακα 5-6 και 5-7 παρακάτω.

Refinement	Segments Affected	Components Affected	Distribution (by floor area)
VAV Valve Series Fan Parallel Fan	Central VAV in Offices	Terminal Units	Percentages of VAV Floorspace Valve 50% Series 30% Parallel 20%
Chillers Air-Cooled Water-Cooled	All Central	CW Pump Tower Fan Condenser Fan	Depends on Building Type (see Table 5-7 below)
Water-Loop Heat Pumps (WLHP)	Lodging and Office Individual AC	CW Pump Tower Fan	Percentages of total building type floorspace WLHP's put into Individual AC segment. Office: Window AC: 3% WLHP: 10% Lodging: PTAC, PTHP: 44% WLHP: 15%

Πίνακας 6.5 Βελτιώσεις τμηματοποίησης.

Building Type	Percent of Floorspace Served by Chiller Type	
	Water-Cooled	Air-Cooled
Education	40%	60%
Health Care	45%	55%
Lodging	70%	30%
Mercantile and Service	70%	30%
Office	50%	50%
Public Buildings	55%	45%
Warehouse/Storage	0%	100%

*ADL estimates based on industry interviews

Πίνακας 6.6 Διανομή ψύξης.

6.3 Θερμικά Φορτία Κτιρίου

Οι ακριβείς εκτιμήσεις των θερμικών φορτίων του κτιρίου που απαιτούνται στους υπολογισμούς των αποτελεσματικών ωρών πλήρους φορτίου για τον εξοπλισμό που μεταβάλλουν τη χωρητικότητα για την αντιμετώπιση αναγκών κλιματισμού χώρου. Τα φορτία υπολογίστηκαν με βάση τον παράγοντα της ώρας χρησιμοποιώντας DOE2. Αυτή είναι η πιο ολοκληρωμένη βάση δεδομένων των εμπορικών κτιρίων φορτίου HVAC τα οποία είναι διαθέσιμα.

Τα θερμικά φορτία του κτιρίου αντιπροσωπεύουν τη θέρμανση, ψύξη, και λανθάνουσα φορτία ψύξης η οποία θα πρέπει να αντισταθμιστεί από το σύστημα HVAC, προκειμένου να διατηρηθεί η επιθυμητή τιμή. Ως εκ τούτου, περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα (1) εσωτερικά κέρδη θερμότητας, (2) τη μετάδοση θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου, (3) ηλιακή φόρτιση, είτε απ' ευθείας μέσα από τα παράθυρα ή να μεταδοθεί μέσω του κελύφους του κτιρίου, (4) εσωτερική παραγωγή υδρατμών, (5) διείσδυση, και (6) κτιριακή θερμική μάζα. Τα φορτία αυτά δεν περιλαμβάνουν τα πρόσθετα φορτία που σχετίζονται με φρέσκο αέρα εξαερισμού, την υπερβολική και αναγκαία αναθέρμανση, αγωγός θερμικές απώλειες, απώλειες αέρα αγωγού, ανεμιστήρα θερμότητας, κ.α.

Η έξοδος DOE2 είναι τοποθετημένη σε 8.760 σειρές που αντιπροσωπεύουν τα ωριαία δεδομένα. Επιπλέον σε θερμικά φορτία, τα αρχεία δεδομένων περιλαμβάνουν δεδομένα καιρού (*ξηρό αναλογία βολβών και υγρασία*), ο χρόνος δεδομένων, ανεμιστήρας ηλεκτρικά φορτία, φορτία πηνίο (*θέρμανση, ψύξη, λανθάνουσα ψύξη*), και θερμική και ηλεκτρικά φορτία για τον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων (*αντλίες, πύργου ψύξης, κ.λπ.*). Πρόσθετες πληροφορίες χρησιμοποιήθηκαν (1) ως πρόσθετη πηγή υπόβαθρου για παρασιτικά δεδομένα φορτίου, και (2) ως έλεγχος για την μοντελοποίηση του συστήματος.

6.4 Μοντελοποίηση Συστήματος Δόμησης

Μοντέλα συστήματος δόμησης αναπτύχθηκαν για να παρέχουν μια λογική, ακριβής, και διαφανή εκπροσώπηση της χρήσης της ενέργειας του συστήματος. Είσοδοι για τα μοντέλα αυτά είναι τα στοιχεία **LBNL** φορτίου του κτιρίου, τα δεδομένα XenApp™, και παραδοχές σχετικά με διαμορφώσεις συστήματος και περιγραφές των συστατικών. Οι έξοδοι είναι η ένταση του εξοπλισμού του φορτίου σχεδιασμού και αποτελεσματικές ώρες πλήρους φορτίου.

Λεπτομερής μοντελοποίηση κτιρίου έγινε σε κτίρια γραφείων για όλες τις περιφέρειες και τα διαφορετικά συστήματα τύπων, και σε βορειανατολικές περιοχές για όλους τους τύπους κτιρίων και συστημάτων. Παρέκταση χρησιμοποιήθηκε για εκτιμήσεις που αφορούν άλλα είδη και περιοχές κτιρίων.

6.4.1 Σχεδιασμός Φορτίων Ισχύς Εισόδου

Τιμές συνόλου φορτίου σχεδιασμού (DLI , $W/t.μ$) υπολογίστηκαν για κάθε σχετικό τύπου συστήματος για κάθε ένα από τα τμήματα του κτιριακού αποθέματος. DLI τιμές εκτιμάται με βάση τα τυπικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού για τη συγκεκριμένη εφαρμογή κτιρίου. Πηγές των δεδομένων εισόδου για τους υπολογισμούς αυτούς ήταν η ζώνη LBNL θερμικών φορτίων, τυπικές τιμές της βιβλιογραφίας του προϊόντος, συνεντεύξεις με ειδικούς του κλάδου, και μηχανικούς υπολογισμούς.

6.4.2 Πλήρες Φορτίο, Αποτελεσματικές Ώρες

Αποτελεσματικές ώρες πλήρους φορτίου ($EFLH$) είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την αποτελεσματική φορά που ένα συγκεκριμένο συστατικό έχει την κατανάλωση ενέργειας, με πλήρες φορτίο, σε έναν ολόκληρο χρόνο. Ως ένα παράδειγμα, ας υποθέσουμε την προμήθεια και την επιστροφή των ανεμιστήρων σε ένα πρόγραμμα χειρισμού αέρα που λειτουργεί σε πλήρες φορτίο για 12 ώρες την ημέρα και στο μισό φορτίο για τις υπόλοιπες 12 ώρες. Κατά τη διάρκεια του έτους, οι οπαδοί θα έχουν $EFLH$ των 6.570 ώρες (18 ώρες την ημέρα, η οποία υπολογίζεται από αθροίζοντας 12 ώρες πλήρους φορτίου συν το ήμισυ των 12 ωρών για το φορτίο 50%).

Οι εκτιμήσεις των αποτελεσματικών ωρών πλήρους φορτίου ($EFLH$) εξαρτώνται από το είδος της πράξης του εξεταζόμενου συστατικού. Οι τρεις βασικοί τύποι της λειτουργίας που εξετάζονται είναι (1) πρόγραμμα- το εξάρτημα να λειτουργεί σύμφωνα με ένα καθορισμένο πρόγραμμα, (2) περιοδική επανάληψη και (3) μεταβαλλόμενη. Ταξινόμηση των συστατικών σε αυτές τις κατηγορίες παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-8 παρακάτω.

System Types	Components							
	Supply and Return Fans	Terminal Box Fan	CHW Pump	CW Pump	HW Pump	Cooling Tower Fan	Condenser Fan	Exhaust Fan
Central VAV	V	C	C/V	C ¹	C ²	C/V		S
Central CAV	S		C/V	C ¹	C ²	C/V		S
Central FCU	S/C		C/V	C ¹	C ²	C/V		S
Packaged	S/C						C	S
Individual AC	C						C	S

Legend: S: Schedule

C: Cycling Operation

V: Variable Operation

¹Operates when cooling is required

²Operates when heating is required

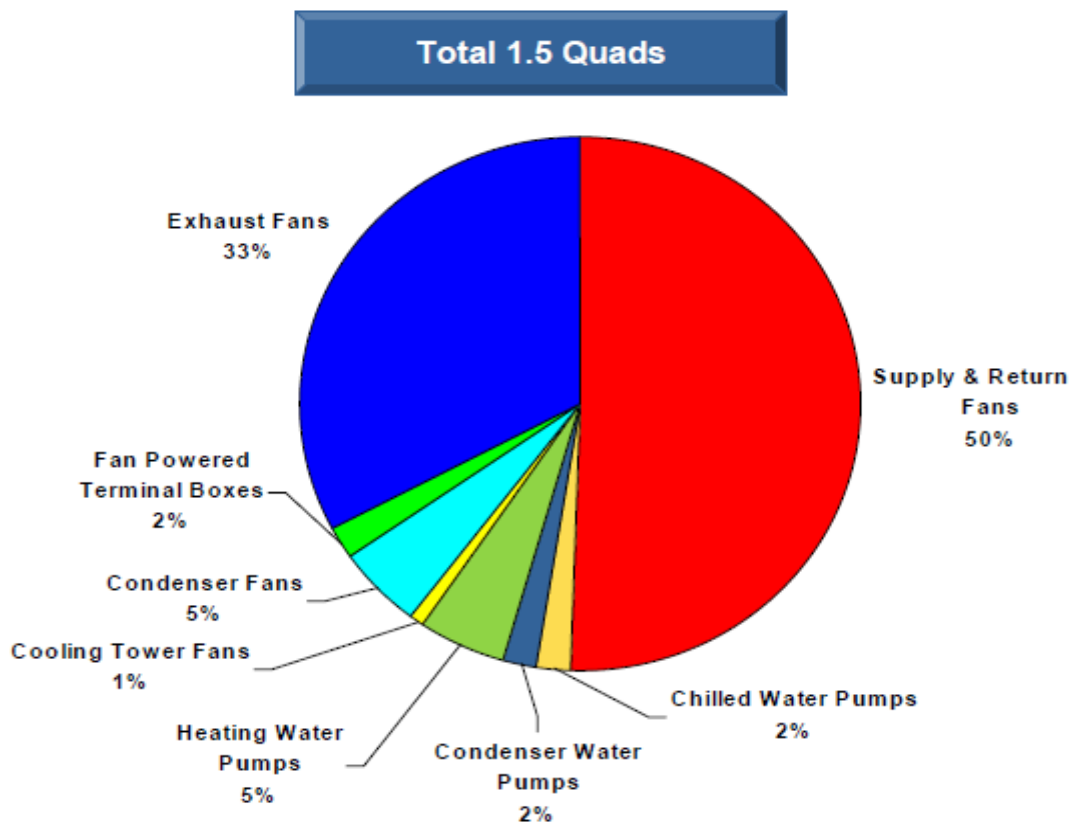
Πίνακας 6.7 Πλήρη Φορτία Αποτελεσματικός Υπολογισμός Τύπων Ώρας

Για τα συστατικά που λειτουργούν σε ένα χρονοδιάγραμμα, EFLH είναι απλά ίσο με το ετήσιο χρόνο λειτουργίας, ο οποίος είναι συνήθως ίσος με τις ώρες που είναι καλυπμένο το κτίριο.

Η λειτουργία της μεταβλητής ή επανάληψη εξοπλισμού έχει ως πρότυπο για τον προσδιορισμό της EFLH. Ο ανάλυση ξεκινά με ωριαία φορτία κτιρίου που αναπτύχθηκαν από LBNL για πρωτότυπα κτίρια. Τα ωριαία δεδομένα φορτίου κτιρίου οργανώνονται σε ομάδες θερμοκρασίας ξηρού βολβού της 5°F εύρος για τις κατεχόμενες και ακατοίκητες ώρες. Επίσης εξάγεται από τα δεδομένα LBNL είναι οι καιρικές συνθήκες, σημαίνει συγκεκριμένα συμπίπτει θερμοκρασία υγρού βολβού, σημαίνει συμπίπτει αναλογία υγρασίας, και ώρα για κάθε ομάδα θερμοκρασίας.

6.5 Αποτελέσματα Χρήσης Ενέργειας

Το 1995 η παρασιτική χρήση της ενέργειας σε εθνικά εμπορικά κτίρια με συστήματα HVAC εκτιμάται ότι είναι 1.5 quads πρωτογενούς ενέργειας (ποσοστό θερμότητας συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, μεταφοράς, και απώλειες διανομής των 11.005 Btu/kWh έχει αναλάβει σε μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια). Η κατανομή αυτής της ενέργειας από τον εξοπλισμό, τον τύπο κτιρίου, γεωγραφική περιοχή, και τον τύπο του συστήματος φαίνονται στα σχήματα του παρόντος τμήματος. Όπως μπορεί να φανεί από την Εικόνα 6.6, οι μεγαλύτεροι χρήστες αυτής της παρασιτικής ενέργειας είναι οι ανεμιστήρες προσφοράς και επιστροφής και οι ανεμιστήρες εξάτμισης. Μαζί, αυτά τα δύο εξαρτήματα του συστήματος περιλαμβάνουν περίπου το 83% του συνολικού παρασιτικού φορτίου.

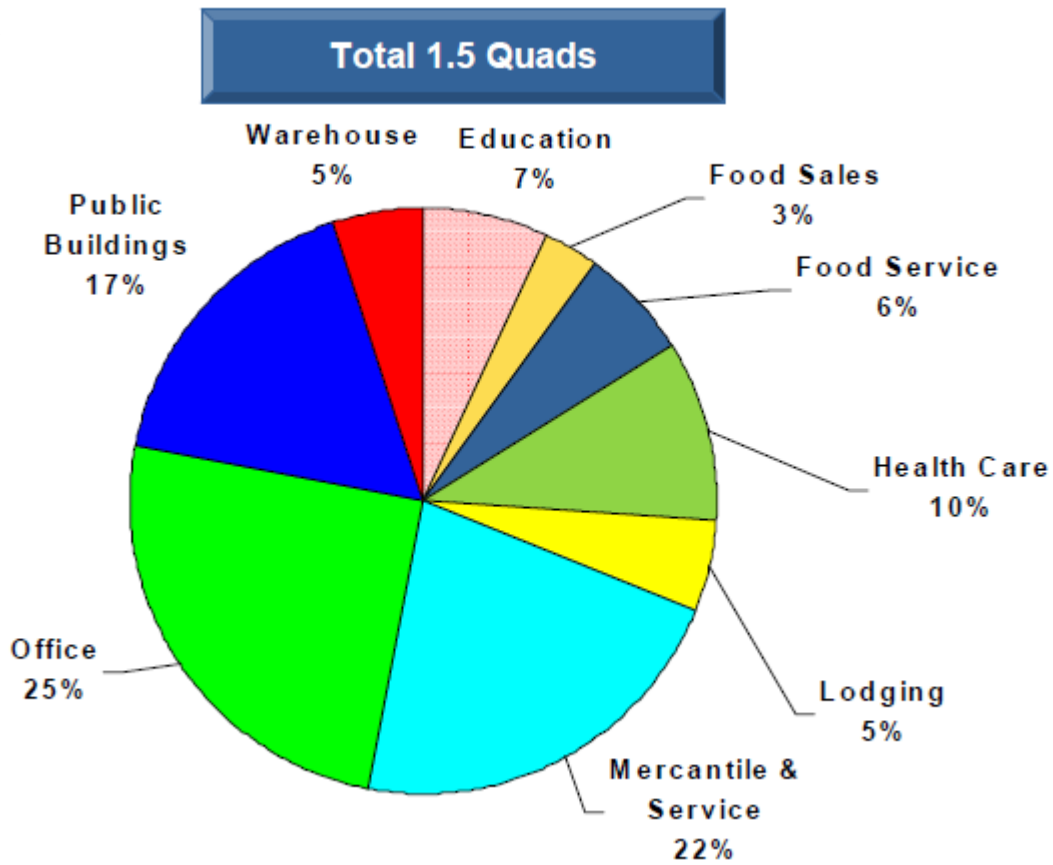


Εικόνα 6.6 Παρασιτικές Πρωτογενείς Χρήσεις Ενέργειας- Ανάλυση Εξοπλισμού.

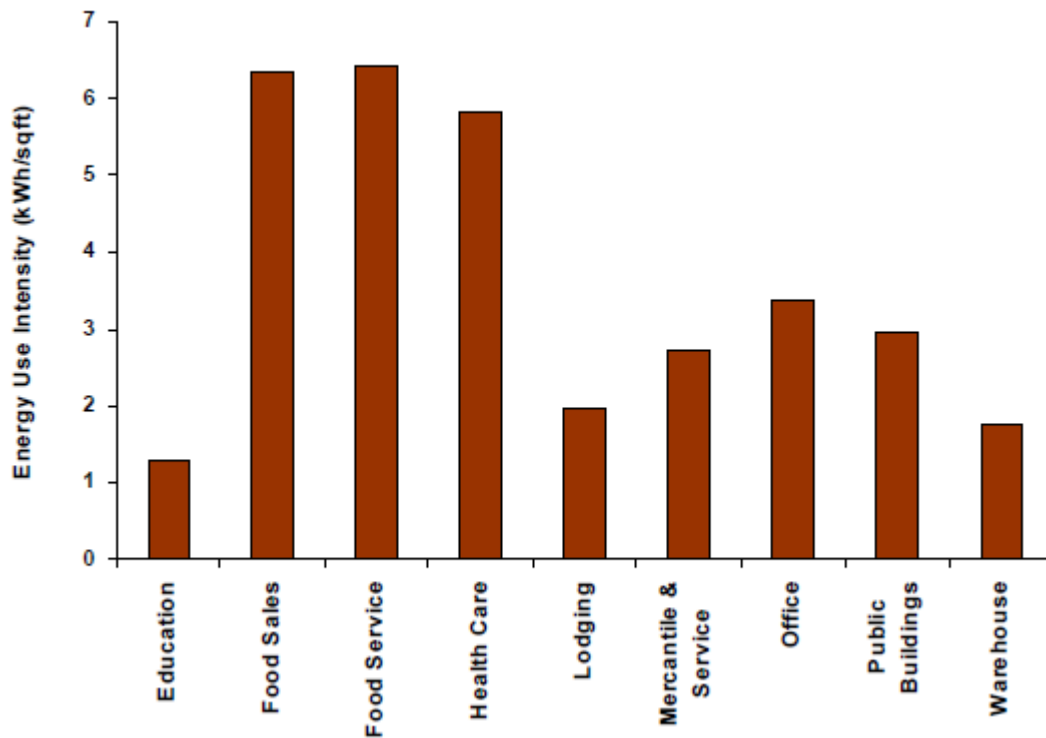
Ανεμιστήρες τροφοδοσίας χρησιμοποιούν τόση ενέργεια (περίπου 0,75 Quad), επειδή (1) χρησιμοποιούνται σε σχεδόν το 100% των τύπων συστημάτων, (2) ο αέρας είναι ένα εγγενώς αναποτελεσματικό μέσο μεταφοράς θερμότητας, (3) την πρακτική του σχεδιασμού τυπική κατανομή αέρα συνεπάγεται με σημαντική πτώση πίεσης για διήθηση, ψύξη και θέρμανση πηνίων, τερματικά κουτιά και διαχυτές, και (4) πολλά από τους ανεμιστήρες λειτουργούν στο 100% της ισχύος κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Ανεμιστήρες εξάτμισης, ενώ γενικά αντιπροσωπεύουν πολύ λιγότερο από ό, τι ιπποδύναμη των ανεμιστήρων τροφοδοσίας, χρησιμοποιούν σημαντικές ποσότητες ενέργειας (περίπου 0,5 quad), δεδομένου ότι σχεδόν όλα λειτουργούν στο 100% της ισχύος κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου. Οι συνεισφορές των κεντρικών βοηθητικών εξοπλισμών του συστήματος (νερού συμπυκνωτή και διατηρημένες με απλή ψύξη αντλίες νερού, πύργος ψύξης ανεμιστήρων, και μια μερίδα ανεμιστήρων του συμπυκνωτή) είναι σχετικά μικρή, επειδή (1) η δύναμη εισόδου ανά τόνο ψύξης είναι πολύ χαμηλή και (2) τα κεντρικά συστήματα αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το ένα τρίτο του εμπορικού κτιριακού δαπέδου. Κομμάτια αυτού του εξοπλισμού έχουν επίσης πολύ χαμηλές τιμές EFLH λόγω των χαρακτηριστικών λειτουργίας του - χρησιμοποιείται σε πλήρη ισχύ πολύ σπάνια.

Όπως παρατηρείται στη Εικόνα 6.7 παρακάτω, ο τύπος του κτιρίου που καταναλώνει πιο παρασιτική ενέργεια είναι τα γραφεία (τα οποία περιλαμβάνουν περίπου το 25% του συνολικού παρασιτικού φορτίου). EUI για όλα τα παρασιτικά συστήματα HVAC παρουσιάζεται για τις κατηγορίες κτιρίου στην Εικόνα 6.8 παρακάτω. Η Εικόνα 6.7 δείχνει επίσης ότι οι μικρότερες χρήστες της παρασιτικής ενέργειας είναι Πωλήσεις Τροφίμων, Διαμονή, και Αποθήκη. Παρά το γεγονός ότι στον τομέα της αποθήκευσης περιλαμβάνεται ένα μεγάλο μερίδιο των συνολικών χώρων που στον τομέα των εμπορικών κτιρίων, είναι επίσης, το λιγότερο ψυχρό. Ως εκ τούτου, είναι επίσης ένας από τους χαμηλότερους καταναλωτές παρασιτικής ενέργειας. Το ποσοστό των παρασιτικών ενέργειας που σχετίζεται με την κατάθεση μπορεί να είναι εκπληκτικά μικρό, αλλά η πλειοψηφία των ξενοδοχείων και μοτέλ χρησιμοποιούν μικρές, ατομικά AC δωματίου PTAC, όπως η ψύξη τους και την πηγή θέρμανσης. Αυτά τα μικρά, ατομικά κλιματιστικά συνήθως έχουν μόνο ένα μικρό μοτέρ ανεμιστήρα.



Εικόνα 6.7 Παρασιτικές πρωτογενείς χρήσεις ενέργειας- ανάλυση τύπων κτιρίων.



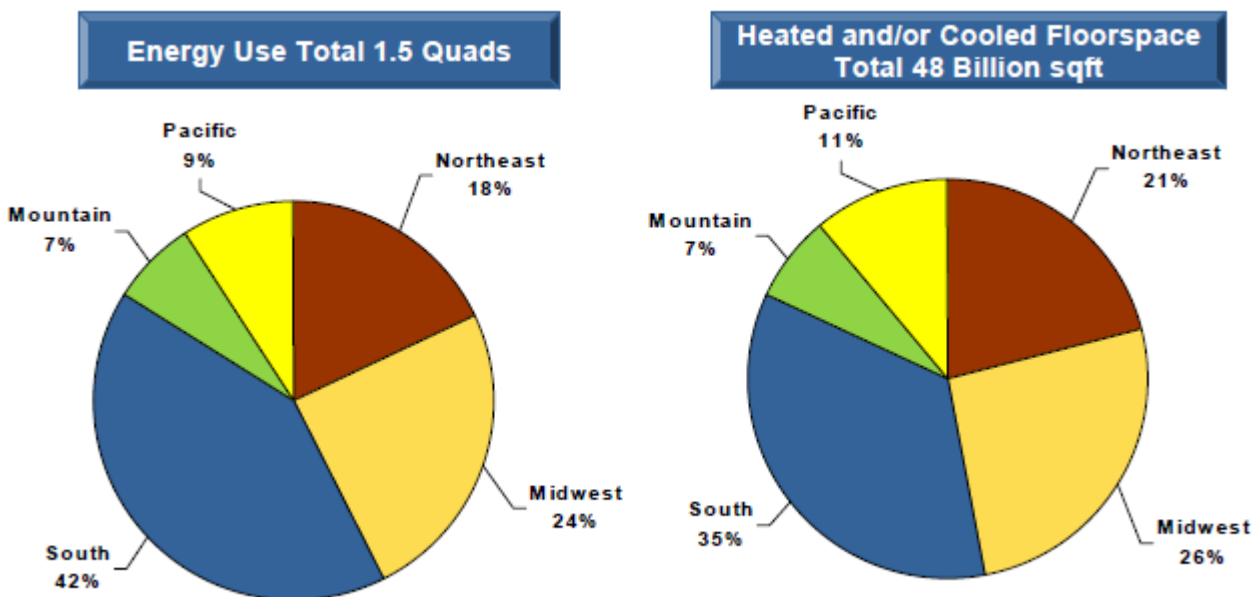
Εικόνα 6.8 Παρασιτική χρήση ενέργειας ανά τύπο κτιρίου.

Τα κτίρια με γραφεία και τα κτίρια με εμπορεύματα και υπηρεσίες, που από κοινού αντιπροσωπεύουν περίπου μισό της χρήσης ενέργειας παρασιτικών συστημάτων HVAC, εξετάζονται περαιτέρω στον Πίνακα 6.7.

	Office	Mercantile & Service
Equipment Breakdown		
Supply & Return Air Fans	162	186
Exhaust Fans	138	95
Terminal Box	23	—
Condenser Fan	15	17
Cooling Tower Fan	6	3
Heating Water Pump	11	6
Condenser Water Pump	8	5
Chilled Water Pump	10	4
System Breakdown		
Central CAV	57	9
Central VAV	111	34
Central FCU	15	21
Packaged	162	215
Individual	21	6
Not Cooled	7	33

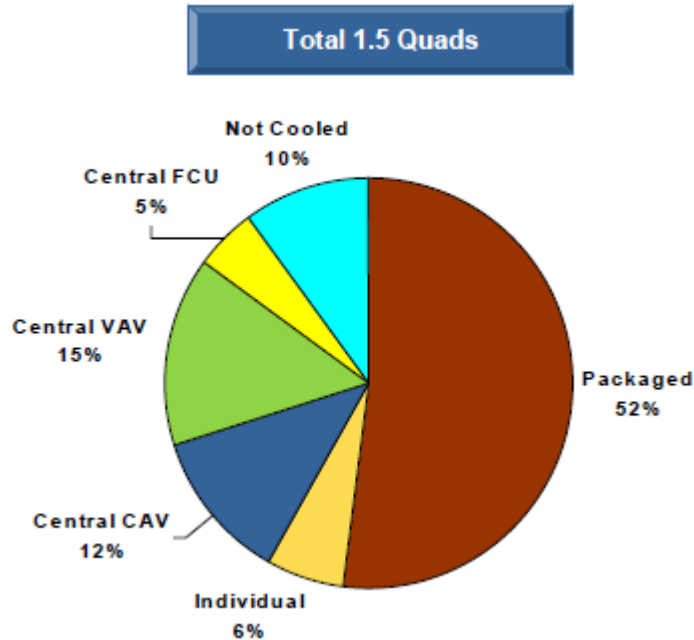
Πίνακας 6.7 Κατανομή χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε γραφεία και εμπορικές υπηρεσίες που χρησιμοποιούν παρασιτικά συστήματα HVAC.

Η κατανομή των παρασιτικών συστημάτων HVAC χρήσης ενέργειας ανά γεωγραφική περιοχή αντανακλά έντονα την εμπορική κατανομή στο δάπεδο. Η χρήση της ενέργειας και τις διανομές δαπέδου ανά περιοχή αναπαριστάτε στην Εικόνα 6.9 παρακάτω. Οι διαφορές στις δύο κατανομές είναι λόγω της αναμενόμενης έντασης της χρήσης ενέργειας που προκύπτει από τα υψηλότερα ψυκτικά φορτία σε θερμότερες περιοχές.



Εικόνα 6.9 Παρασιτική χρήση πρωτογενούς ενέργειας – Ανάλυση ανά γεωγραφική περιοχή.

Το ξεμπλοκάρισμα τύπου συστήματος που φαίνεται στην Εικόνα 6.10 παρακάτω, δείχνει ότι συσκευασμένα συστήματα αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσό της παρασιτικής χρήσης της ενέργειας. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή υπάρχει πολύς περισσότερος χώρος που σχετίζεται με τα συσκευασμένα συστήματα από ό, τι με τους άλλους τύπους συστημάτων.

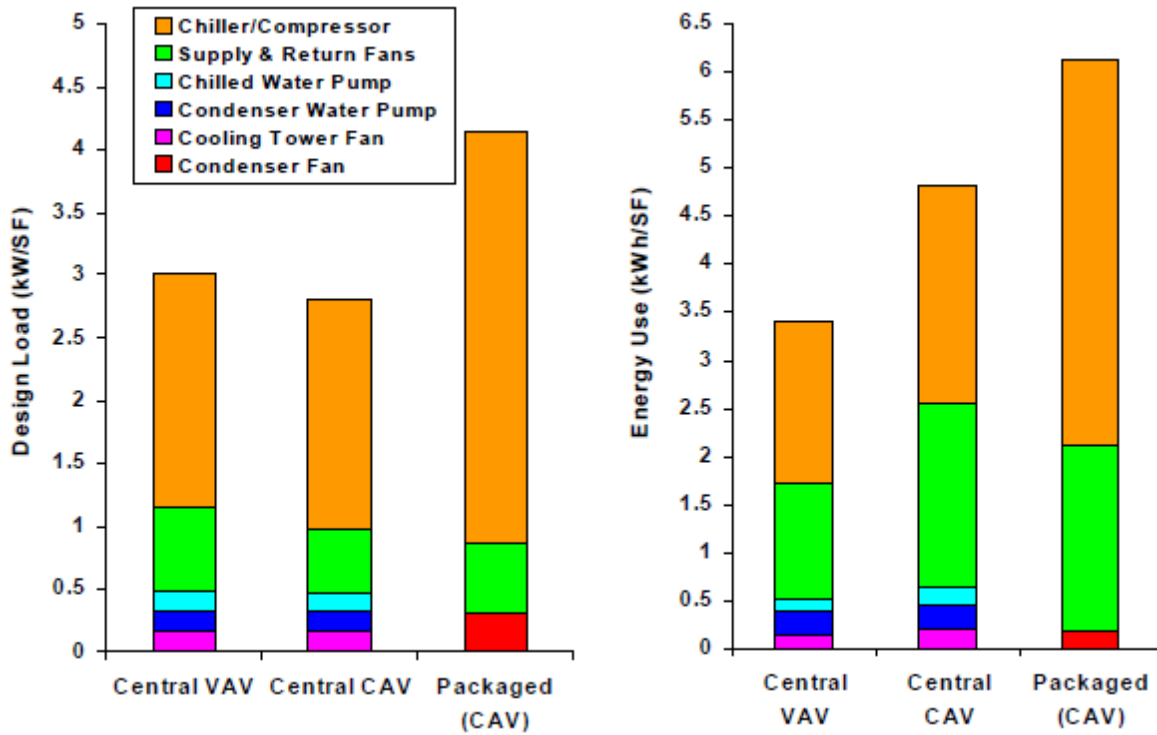


Εικόνα 6.10 Παρασιτική χρήση ενέργειας – Ανάλυση ανά τύπο συστημάτων.

Αποτελεσματικότητα των κεντρικών και συσκευασμένων συστημάτων συγκρίνεται στην Εικόνα 6.11 παρακάτω για κτίρια γραφείων. Αυτή η σύγκριση δείχνει ότι τα κεντρικά συστήματα με VAV έχουν καλύτερη απόδοση του σχεδιασμού και έχουν καλύτερη απόδοση μερικού φορτίου από ένα συσκευασμένο σύστημα. Οι διαφορές είναι κυρίως εξαιτίας:

- Απόρριψη θερμότητας στο κεντρικό σύστημα χρησιμοποιώντας ένα πύργο ψύξης, ο οποίος ενισχύει την απόρριψη θερμότητας μέσω της εξάτμισης του νερού συμπυκνωτή.
- Χρήση μεγαλύτερων και πιο αποδοτικών συμπιεστών ψυκτικού για τα κεντρικά συστήματα.
- Η λειτουργία σταθερής παροχής όγκου της συσκευασμένης μονάδας και των ανεμιστήρων τροφοδοσίας της κεντρικής CAV σε ποίκιλα ψυκτικά φορτία. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι η προσφορά της χρήσης ενέργειας ανεμιστήρα είναι υψηλότερη για τα δύο αυτά συστήματα, ακόμη και αν ο σχεδιασμός ισχύος εισόδου του ανεμιστήρα είναι υψηλότερος για τα συστήματα VAV.
- Η ενέργεια αντλίας κρύου νερού είναι υψηλότερη για τα CAV από τα συστήματα VAV λόγω της υψηλότερης ετήσια ψύξης.
- Όπως ήταν αναμενόμενο, τα συσκευασμένα συστήματα παρασιτικής χρήσης της ενέργειας είναι μικρότερη από ό, τι για τα συστήματα CAV, δεδομένου ότι λιγότερος εξοπλισμός απαιτείται και θερμική απόσταση κατανομής είναι τυπικά μείον.

Αυτοί οι πέντε παράγοντες καλύπτουν πολύ παραπάνω τα μειονεκτήματα του συστήματος των πρόσθετων εναλλάκτων θερμότητας και θερμικής διανομής που συνδέονται με το κεντρικό ψύκτη. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι συσκευάζονται συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για λειτουργία μεταβλητού όγκου, να είναι εφοδιασμένα με εξαρτήματα υψηλότερης απόδοσης, και να αξιοποιήσει συμπυκνωτές εξάτμισης, η οποία θα μπορούσε να εξαλείψει το πλεονέκτημα απόδοσης ενός κεντρικού συστήματος.



Εικόνα 6.11 Φορτίο σχεδιασμού, σύγκριση χρήσης της ενέργειας σε κεντρικά συστήματα VAV, κεντρικά συστήματα CAV και συσκευασμένα συστήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΙΑ ΠΙΟ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η περαιτέρω ανάλυση απευθύνεται σε έναν αριθμό τεχνολογιών και για κάθε μία από αυτές τις επιλογές απευθύνεται σε θέματα και ερωτήσεις ειδικές για κάθε τεχνολογία. Για κάθε επιλογή, η πιο εκλεπτυσμένη αξιολόγηση επιχείρησε να φι σε σχετικά με τις βασικές πληροφορίες που απαιτούνται για την παροχή μια σαφέστερης εικόνας των τεχνικών που βασίζονται στην αγορά δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας της τεχνολογίας. Αυτό κυμαίνονταν από την ανάπτυξη των αναλυτικών μοντέλων για τη βελτίωση των εκτιμήσεων εξοικονόμησης ενέργειας στη συλλογή πρόσθετων πληροφοριών κόστους που σχετίζεται με την επιλογή της τεχνολογίας. Η αξιολόγηση επικεντρώθηκε επίσης σε πληροφορίες που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στο πλαίσιο του έργου αυτού, δηλαδή, ένα απλό μοντέλο κτιρίου με χρήση ομαδοποιημένων δεδομένων φορτίου σε καιρικές συνθήκες και θα μπορούσε να δημιουργηθεί για να αξιολογήσει αντλίες θερμότητας για ψυχρά κλίματα, αλλά μια πλήρη άνθηση προσομοίωσης DOE-2 ήταν εκτός του πεδίου εφαρμογής του παρόντος έργου. Τυπικά, διεξοδική ανάλυση περιλαμβάνεται περαιτέρω εξέταση της τεχνικής βιβλιογραφίας, συχνά για να ενημερώσει αναλυτικά μοντελοποίηση και συλλογή πρόσθετων πληροφοριών κόστους.

Είδος Τεχνολογίας	Κατάσταση Τεχνολογίας	Δυναμικές Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας
<i>Προσαρμοζόμενοι και ασαφής αλγόριθμοι ελέγχου.</i>	Καινούργια	0.23
<i>Ειδικά εξωτερικά συστήματα αέρα.</i>	Τρέχουσα	0.45
<i>Εξαερισμός εκτόπισης.</i>	Τρέχουσα	0.20
<i>Ηλεκτρονική μεταγωγή κινητήρων με μόνιμους μαγνήτες.</i>	Τρέχουσα	0.15
<i>Ενθαλπία/Ανάκτηση ενέργειας από εναλλάκτες θερμότητας για εξαερισμό.</i>	Τρέχουσα	0.55
<i>Αντλίες θερμότητας για ψυχρά κλίματα.</i>	Προηγμένη	0.1
<i>Βελτιωμένη στεγανοποίηση αγωγών.</i>	Τρέχουσα/ Καινούργια	0.23
<i>Αποξηραντικά υγρά για κλιματιστικά.</i>	Προηγμένη	0.2/ 0.0612
<i>Εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλων.</i>	Καινούργια	0.11
<i>Μικροπεριβάλλοντα.</i>	Τρέχουσα	0.2/0.0313
<i>Ακτινοβολούμενη ψύξη οροφής.</i>	Τρέχουσα	0.6
<i>Μικρότεροι φυγοκεντρικοί συμπιεστές.</i>	Προηγμένη	0.15
<i>Διαγνωστικά συστήματα/εξαρτήματα.</i>	Καινούργια	0.45
<i>Μεταβλητού όγκου ψυκτικό υγρό.</i>	Τρέχουσα	0.3

Πίνακας 7.1 Επιλογές για πιο επικεντρωμένη μελέτη.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας των διαφορετικών τεχνολογιών δεν είναι προσθετικές.

Κάθε ανατίμηση ακολουθεί την ίδια βασική μορφή:

- Συνοπτική κατάσταση τεχνολογικής επιλογής.
- Συνοπτικός πίνακας βασικών μετρήσεων.
- Γενικές πληροφορίες (πως λειτουργεί σε ένα σύστημα HVAC, και πως μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια).
- Επιδόσεις (εξοικονόμηση ενέργειας) σύνοψη και συζήτηση.
- Κόστος (οικονομικό) σύνοψη και συζήτηση.
- Εμπόδια στην εμπορευματοποίηση.
- Τεχνολογική ανάπτυξη “επόμενα βήματα”.
- Παραπομπές.

Κάθε περιληπτική επιλογή της τεχνολογίας περιλαμβάνει τη «σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας», η οποία ισούται με το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται από τα εμπορικά συστήματα HVAC με το οποίο θα μπορούσε να εφαρμοστεί η επιλογή της τεχνολογίας. Οι Πίνακες 7.2, 7.3 και 7.4 παρούσα αναλύσεις της εμπορικής κατανάλωσης ενέργειας HVAC με τον τύπο του εξοπλισμού ψύξης, θέρμανσης, και παρασιτικές εξοπλισμό, αντίστοιχα.

Εξάρτημα	Συνολική Χρήση Ενέργειας	Ποσοστό
<i>Κοχλιοφόροι Ψύκτες</i>	0.037	2.7%
<i>Παλινδρομικοί Ψύκτες</i>	0.17	12.4%
<i>Ψύκτες Απορρόφησης</i>	0.022	1.7%
<i>Φυγοκεντρικοί Ψύκτες</i>	0.19	13.7%
<i>Αντλίες Θερμότητας</i>	0.092	6.8%
<i>PTAC</i>	0.038	2.8%
<i>Unitary A/C (rooftops)</i>	0.74	55%
<i>RACs</i>	0.074	5.5%
<i>Σύνολα</i>	1.4	100%

Πίνακας 7.2 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ψύξης σε εμπορικά κτίρια.

Εξάρτημα	Συνολική Χρήση Ενέργειας	Ποσοστό
<i>Κλίβανος</i>	0.34	20%
<i>Αέριο</i>	0.21	12.4%
<i>Πετρέλαιο</i>	0.054	3.2%
<i>Ηλεκτρικό</i>	0.073	4.3%
<i>Λέβητας</i>	0.36	21%
<i>Αέριο</i>	0.23	13.7%
<i>Πετρέλαιο</i>	0.13	7.6%
<i>Αερόθερμο</i>	0.31	18%
<i>Αέριο</i>	0.15	8.6%
<i>Ηλεκτρικό</i>	0.16	9.5%
<i>Αντλίες Θερμότητας</i>	0.107	6.3%
<i>Ducted heat pumps</i>	0.078	4.5%
<i>PTHP, WLHP</i>	0.029	1.7%

<i>Μεμονομένοι Θερμαντήρες Χώρου</i>	0.039	2.3%
<i>Υπέρθερης Ακτινοβολίας</i>	0.011	0.6%
<i>Ηλεκτρικό Σοβατεπί</i>	0.028	1.7%
<i>Συσκευασμένες Μονάδες</i>	0.44	26%
<i>Αέριο</i>	0.37	22%
<i>Ηλεκτρικό</i>	0.068	4%
<i>Αστική Θέρμανση</i>	0.11	6.5%
Σύνολο	1.7	100%

Πίνακας 7.3 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης σε εμπορικά κτίρια.

Εξάρτημα	Συνολική Χρήση Ενέργειας	Ποσοστό
<i>Ανεμιστήρες Προσφοράς/Επιστροφής</i>	0.74	51%
<i>Αντλίες Νερού Απλής Ψύξης</i>	0.029	2.0%
<i>Αντλίες Νερού Συμπυκνωτή</i>	0.027	1.8%
<i>Αντλίες Νερού Θέρμανσης</i>	0.071	4.8%
<i>Ανεμιστήρες Πύργων Ψύξης</i>	0.016	1.1%
<i>Ανεμιστήρες Συμπυκνώτη</i>	0.072	4.9%
<i>Τερματικά Κουτιά Κινούμενα με Ανεμιστήρες</i>	0.023	1.6%
<i>Ανεμιστήρες Εξάτμισης</i>	0.49	33%
Σύνολο	1.5	100%

Πίνακας 7.4 Κατανομή κατανάλωσης παρασιτικής ενέργειας σε εμπορικά κτίρια.

Σε πολλές περιπτώσεις, η απλή περίοδος αποπληρωμής, SPP, χρησιμοποιήθηκε για να ποσοτικοποιηθούν τα οικονομικά της τεχνολογίας. Ισούται με το κόστος της εξοικονόμησης ενέργειας που προσφέρει η τεχνολογία, C_{Esave}, διαιρούμενο με το οριακό premium του μέτρου της ενεργειακής απόδοσης, το οποίο είναι η διαφορά μεταξύ του κόστους της αθέτησης της τεχνολογίας, OüEP, και ότι της επιλογής της τεχνολογίας, CoPt,:

$$SPP = \frac{C_{Esave}}{C_{def} - C_{opt}}$$

Εκτός αν ορίζεται διαφορετικά, όλοι οι υπολογισμοί υποτίθεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια στον τομέα των εμπορικών κτιρίων κοστίζει \$ 0,07 / kWh και κοστίζει ότι το φυσικό αέριο \$ 5.50 / MMBtu 14. Di Canio (1994, από το Hawken et al., 1999) διαπίστωσε ότι περίπου το 80% των αμερικανικών επιχειρήσεων που χρησιμοποιούν κάποια άλλη μέθοδο από το αρχικό κόστος για να μελετήσει τις επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης που χρησιμοποιούνται ΕΠΠ, και ότι το μέσο όριο ΕΠΠ ήταν 1,9 χρόνια. Hawken et al. (1999) σημειώνουν ότι αυτό αντιστοιχεί σε 71% πραγματική απόδοση ρυθμό μετά από φόρους της επένδυσης (ROI), που υπερβαίνουν κατά πολύ το επίπεδο του 25% ROI εμπόδιο που για πολλά εταιρικά εσωτερικές επενδύσεις.

7.1 Προσαρμοζόμενοι και Ασαφής Αλγόριθμοι Ελέγχου.

7.1.1 Συνοπτική Παρουσίαση

Προσαρμοστικοί και ασαφής αλγόριθμοι ελέγχου βελτιώνουν τον κλασικό τρόπο προσέγγισης ελέγχου επιτρέποντας πολύ καλύτερη ευελιξία στο να ανταποκριθεί στις προκλήσεις του ελέγχου των συστημάτων HVAC, συγκεκριμένα για συστήματα που λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργικών συστημάτων των κρατών. Μπορούν δυνητικά να εξοικονομήσουν ενέργεια, επιτρέποντας λειτουργίες ελέγχου που δεν ήταν εφικτές με τα κλασικά χειριστήρια. Ίσως το πιο σημαντικό, είναι ότι μπορούν να βοηθήσουν στο να εξασφαλιστεί επαρκής έλεγχος σε καταστάσεις στις οποίες δεν έχει έρθει η ώρα να ρυθμιστούν σωστά τα συμβατικά χειριστήρια. Τα πιθανά οφέλη αυτών των προηγμένων ελέγχων έχουν αναφερθεί στην τεχνική βιβλιογραφία, η ανάγκη και τα οφέλη από αυτές τις προσεγγίσεις δεν είναι πάντα σαφής ως προς το επίπεδο των φορέων κτιρίου και τους ιδιοκτήτες. Μεγάλο μέρος του εξοπλισμού χρησιμοποιεί συμβατικά μη ηλεκτρονικά μέσα ελέγχου και θα απαιτήσει την πρώτη μετατροπή σε ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου για να καταστεί δυνατή η εφαρμογή του ασαφούς ή προσαρμοστικού ελέγχου. Τεχνικοί απαιτούν επίσης περισσότερη κατάρτιση για να αντιμετωπιστούν σωστά τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητας.	Καινούργιο.	Σημαντικές εργασίες έρευνας και ανάπτυξης έχουν γίνει, αλλά η έγκριση των προσαρμοζόμενων ή ασαφών λογαρίθμων είναι σπάνια στη γενική εμπορική των συστημάτων HVAC.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Όλα τα HVAC συστήματα.	
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχον εξοπλισμούς/κτίρια.	Ναι.	
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	4.5	
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.23	Με βάση πολύ πρόχειρης εκτίμησης με εξοικονόμηση ενέργειας 5%, εφαρμόζεται σε όλα τα συστήματα HVAC.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	Κυμαίνεται.	Το ευρύ φάσμα των σεναρίων εφαρμογής για ασαφή και προσαρμοστικούς ελέγχους έχει ένα ευρύ φάσμα οικονομικής ελκυστικότητας. Ο εξοπλισμός ήδη διαθέτει ηλεκτρονικό έλεγχο που μπορεί πολύ πιο εύκολα να προγραμματιστούν για ασαφής ή προσαρμοστικούς ελέγχους από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν σήμερα τα συμβατικά χειριστήρια.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Βελτιωμένη άνεση επιβατών.	Μελλοντική προσδοκία (π.χ., την επόμενη ώρα) για τα συστήματα HVAC είναι η βελτίωση του ελέγχου. “Εκμάθηση” των χαρακτηριστικών του συστήματος, για τη βελτίωση του ελέγχου.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	Μεγάλοι προμηθευτές ελέγχου, δηλαδή Honeywell, Johnson Controls, Invensys, κ.λπ.	
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι	
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές	Συστήματα HVAC με ένα ευρύ φάσμα σημαντικών συνθηκών λειτουργίας έντασης ενέργειας.	
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”	Σωστός προσδιορισμός απώλειας ενέργειας που σχετίζεται με ανεπαρκή λειτουργία του συμβατικού ελέγχου. Επίδειξη Ανάπτυξη πρωτοποριακών τεστ για να υπολογιστούν τα οφέλη. Την παρακολούθηση της εφαρμογής από τους ελέγχου.	

Πίνακας 7.5 Σύνοψη χαρακτηριστικών προσαρμοσμένων κ ασαφών αλγόριθμων ελέγχου.

7.1.2 Ιστορικό

Προσαρμοστικοί και ασαφής έλεγχοι αντιπροσωπεύουν μια σειρά από τεχνικές ελέγχου που μπορούν να παρέχουν καλύτερο έλεγχο από ό, τι τα συμβατικά χειριστήρια των συστημάτων HVAC.

Ο ασαφής έλεγχος βασίζεται στη θέσπιση ενός συνόλου “λεκτικών” κανόνων για τη λειτουργία του συστήματος, για παράδειγμα “*Αν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, μεγάλωσε το άνοιγμα της βαλβίδας*”. Κανόνες όπως αυτοί, συνάδουν με τον τρόπο που οι άνθρωποι μιλάνε για τα συστήματα ελέγχου, αλλά απαιτούν διασύνδεση με τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου. Η διεπαφή για μεταβλητές εισόδου ονομάζεται “*fuzzification*²⁹” και η διεπαφή στις μεταβλητές εξόδου καλείται “*defuzzification*³⁰”. Ο αλγόριθμος μετατρέπει μία μεταβλητή εισόδου, όπως η θερμοκρασία, σε μια σειρά από λειτουργίες που περιγράφουν τον βαθμό στον οποίο η θερμοκρασία ανήκει σε ένα σύνολο τιμών, όπως (κρύο, δροσερό, άνετο, ζεστό). Ασαφής λογική θεωρία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να καθορίσει την κατάλληλη έξοδο για το δεδομένο σύνολο των

²⁹ Fuzzification → A fuzzy Implementation → Μια ασαφής εφαρμογή.

³⁰ Defuzzification → A process of producing a quantifiable result in fuzzy logic.

κανόνων ελέγχου. Η αύξηση στη ρύθμιση της βαλβίδας μπορεί να έχει ασαφείς αξίες, όπως (πολύ αρνητική, ελαφρώς αρνητική, μηδέν, θετικές, πολύ θετικές), και την εφαρμογή των κανόνων για τον έλεγχο εκχωρεί ένα βαθμό καταλληλότητας για κάθε μία από αυτές τις πιθανές ενέργειες. Η διαδικασία “defuzzification” τότε μετατρέπει τις ασαφείς τιμές σε μία κατάλληλη μεταβλητή της αξίας της παραγωγής, για παράδειγμα, στην θέση της βαλβίδας.

Οι απλές μορφές προσαρμοστικών ελέγχων βασίζονται στην κλασική PID³¹ (Αναλογικό-Ενσωματωμένο- Παράγωγο), με δυνατότητα προσαρμογής των συντελεστών ελέγχου (συντονισμός) σε πραγματικό χρόνο με βάση τη συμπεριφορά του συστήματος. Πιο σύνθετες προσεγγίσεις ελέγχου μπορεί να περιλαμβάνουν άλλες στρατηγικές για τη βελτίωση του ελέγχου, όπως τα ακόλουθα:

- 1) Προσαρμογή του ελέγχου με βάση τις προβλέψεις των παραμέτρων εισόδου του συστήματος, όπως η πρόβλεψη του καιρού που θα επηρεάσουν τις μελλοντικές ανάγκες των συστημάτων HVAC.
- 2) Έλεγχοι που μαθαίνουν επιθυμητά πρότυπα λειτουργίας βάσει στοιχείων από τους χρήστες ή από την δυναμική του συστήματος.

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας αυτές τις προηγμένες προσεγγίσεις ελέγχου με τους ακόλουθους τρόπους:

- 1) Σταθερότητα ελέγχου δεν μπορεί να εγγυηθεί για τα συμβατικά “on/off” ή ακόμα και για τον κλασικό PID έλεγχο σταθερού συντελεστή που αντιμετωπίζουν ένα ευρύ φάσμα συνθηκών λειτουργίας. Για παράδειγμα, ένας θερμοστάτης που παρέχει πολύ καλό έλεγχο της θερμοκρασίας σε μια κρύα ημέρα του χειμώνα, μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου σε μια μέτρια δροσερή ημέρα ή κατά τη διάρκεια του πρωινού.
- 2) Ο συντονισμός των ελεγκτών, που απαιτείται για τους κλασικούς PID ελεγκτές, συχνά δεν γίνεται ή δεν γίνεται σωστά. Οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι ελέγχου έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε να εξαλείφουν την ανάγκη για αυτό το βήμα.
- 3) Η βελτιστοποίηση σε πραγματικό χρόνο των παραμέτρων λειτουργίας μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας. Για παράδειγμα, η ελαχιστοποίηση της ισχύος εισόδου για μια μεγάλη μονάδα στον τελευταίο όροφο μπορεί να απαιτήσει τη χρήση όλων των ανεμιστήρων του συμπυκνωτή σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια απλή στρατηγική επαναφοράς που βασίζεται στην εξωτερική θερμοκρασία του αέρα, αλλά δεν μπορεί να είναι τόσο αποτελεσματική όσο η βελτιστοποίηση της σε πραγματικό χρόνο, επειδή η βελτιστοποίηση μπορεί να εξαρτάται επίσης από τις συνθήκες του αποστακτήρα.
- 4) Η στρατηγική λειτουργίας των συστημάτων HVAC δεν μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε μαθηματικό ορισμό που απαιτείται για τον έλεγχο PID. Για παράδειγμα, ένα σύστημα ελέγχου θα μπορούσε να περάσει σε μια κλήση για θέρμανση, αν ο χώρος δεν είναι πάρα πολύ κρύος και η περίοδος κινητικότητας είναι περίπου στο τέλος. Η έννοια αυτή μπορεί πολύ πιο εύκολα να υλοποιηθεί με τη χρήση ασαφούς ελέγχου.
- 5) Η χρήση ενέργειας μπορεί να μειωθεί μέσω της προηγμένης γνώσης των καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα, εάν μια μέρα στις αρχές της άνοιξης είναι πολύ θερμότερη από το κανονικό, η έναρξη της προθέρμανσης πριν από την κατάληψη της ενέργειας και των αποβλήτων θα μειώσει την άνεση.
- 6) Θερμοστάτες που μαθαίνουν από την οικοδόμηση των κτιρίων μπορούν να βελτιστοποιήσουν την παράδοση της θέρμανσης και ψύξης.

³¹ PID → Proportional Integral Derivative.

Αυτά είναι μόνο μερικά παραδείγματα για το πώς προηγμένες προσεγγίσεις ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας. Σίγουρα υπάρχουν πολλές άλλες περιοχές όπου η αύξηση της πολυπλοκότητας του ελέγχου μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια. Για κάθε μία από αυτές τις περιοχές, μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι από ένας τρόποι για να εφαρμοστεί μια βελτιωμένη στρατηγική. Με άλλα λόγια, δεν είναι σαφές ότι ο ασαφής έλεγχος, ή οποιαδήποτε από τις άλλες προσεγγίσεις ελέγχου, θα ήταν η καλύτερη προσέγγιση σε όλους τους τομείς. Η γκάμα των κατηγοριών του εξοπλισμού, οι διαμορφώσεις των συστημάτων, και το λειτουργικό σενάριο κάνει την τεχνική που ταιριάζει σε όλα σχεδόν αδύνατη.

7.1.3 Απόδοση

Απαιτήσεις της εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από τους προσαρμοσμένους ή ασαφής ελέγχους ποικίλλουν ευρέως. Η βιβλιογραφία αναφέρει την εξοικονόμηση ενέργειας σε έναν αριθμό εφαρμογών, αλλά το φάσμα των πιθανών τρόπων εξοικονόμησης που συνδέονται με προηγμένα συστήματα ελέγχου δεν είναι πολύ καλά κατανοητό σε γενικές γραμμές. Μια πρόχειρη προκαταρκτική εκτίμηση του εθνικού δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας HVAC είναι 5%.

Μερικά από τα HVAC συστήματα απόδοσης τονίζουν ότι ο προσαρμοστικός ή ασαφής έλεγχος θα μπορούσε να συμβάλει στην επίλυση κάποιων ζητημάτων όπως για παράδειγμα την αδυναμία να συντονιστούν συντελεστές PID, θα πρέπει επίσης να εντοπίζονται, αν οικοδόμηση θέση έγιναν ή εάν μια διαγνωστική ικανότητα του συστήματος ενσωματώθηκαν με τους ελέγχους του εξοπλισμού ή τη διαχείριση της ενέργειας του κτιρίου σύστημα.

7.1.4 Κόστος

Οι αλλαγές στον εξοπλισμό που συνδέονται με τον προσαρμοζόμενο/ ασαφή έλεγχο ότι το κόστος των επιπτώσεων ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την εφαρμογή και την προσέγγιση ελέγχου που χρησιμοποιείται. Πιθανές αλλαγές που απαιτούνται για την υλοποίηση αυτού του ελέγχου είναι οι εξής:

- 1) Η χρήση ενός μικροεπεξεργαστή αντί ηλεκτρομηχανικών στοιχείων ελέγχου.
- 2) Χρήση ενός μεγαλύτερου μικροεπεξεργαστή από ότι θα χρησιμοποιηθεί για απλούστερες προσεγγίσεις ελέγχου.
- 3) Επιπρόσθετοι αισθητήρες.
- 4) Διεπαφές επικοινωνιών (για παράδειγμα, για τη λήψη δεδομένων καιρού με σύνδεση στο διαδίκτυο).
- 5) Συμπληρωματικά στοιχεία εξόδου ελέγχου, όπως αγωγοί ή κινητήρες αμορτισέρ, οι οποίοι θα παρέχουν κάποια λειτουργία εξόδου ελέγχου που δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται με τα συμβατικά κομμάτια του εξοπλισμού με τη χρήση συμβατικών συστημάτων ελέγχου.
- 6) Τροποποιημένα εξαρτήματα εξοπλισμού HVAC που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταστεί δυνατή η εφαρμογή μιας στρατηγικής ελέγχου που δεν μπορεί να εφαρμοστεί με συμβατικούς ελέγχους. Για παράδειγμα, μία ηλεκτρονική βαλβίδα εκτόνωσης που θα παρέχει ασαφής έλεγχο για υπερθέρμανση.

7.1.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Ο προσαρμοζόμενος/ ασαφής έλεγχος συχνά συζητείται και διατίθενται στο εμπόριο σε γενικές γραμμές με την έκφραση “καλό ακούγεται”, αλλά δεν παρέχει μια συγκεκριμένη κατανόηση του πώς θα επιτευχθεί η εξοικονόμηση ενέργειας. Ομοίως, συγκεκριμένα παραδείγματα της σπατάλης ενέργειας που μπορεί να εξαλειφθεί με τη χρήση προηγμένων οργάνων ελέγχου δεν είναι καλά τεκμηριωμένα. Επιπλέον, η χρήση προηγμένων οργάνων ελέγχου μπορεί να είναι περίπλοκη, καθιστώντας δύσκολη τη δουλειά του να πειστούν οι τελικοί χρήστες ότι η ενέργεια μπορεί να σωθεί. Η πιο περίπλοκη φύση των ελέγχων αυτών κάνει την εγκατάσταση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και την εξυπηρέτηση πιο δύσκολο για τους αναδόχους ή τους τεχνικούς που έχουν συνηθίσει σε συμβατικό εξοπλισμό. Το ευρύ φάσμα των μεθόδων με τις οποίες ο προσαρμοζόμενος/ ασαφής έλεγχος προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας συστήματος και εξοπλισμού, κάνει αυτήν την “τεχνολογία” να είναι δύσκολη στο να την κατανοήσουν και να την διαχειριστούν.

7.1.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

- Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη των συγκεκριμένων εννοιών ελέγχου, οι οποίες είναι καλά κατανοητές και των οποίων η παροχή ενέργειας γίνεται δεκτή.
- Ανάπτυξη μιας καλύτερης κατανόησης των τρόπων με τους οποίους οι συμβατικοί έλεγχοι παρέχουν λιγότερο-από-βέλτιστο σύστημα και την απόδοση του εξοπλισμού και πώς προσαρμοζόμενοι/ ασαφής έλεγχοι μπορούν να το βελτιώσουν αυτό.

7.2 Ειδικά Εξωτερικά Συστήματα Αέρα, DOAS³²

7.2.1 Συνοπτική παρουσίαση

Ειδικά εξωτερικά συστήματα αέρα (DOAS) προϋποθέτουν ο εξωτερικός εξαερισμός ανανέωσης αέρα να είναι χωριστός από τον αέρα επιστροφής από τον κλιματιζόμενο χώρο. Η αντιμετώπιση του αέρα ανανέωσης εξαερισμού, στον ανώτερο έλεγχο υγρασίας, γίνεται με την ενασχόληση της πρωτογενής πηγής της υγρασίας στα περισσότερα κτίρια - υγρασία περιβάλλοντος που μεταφέρεται από τον αέρα εξαερισμού - απευθείας στην πηγή της. Όταν τα DOAS αφαιρούν αρκετή επιπλέον υγρασία από τον αέρα ανανέωσης για να χειριστεί το κτίριο εσωτερικό φορτίο, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τη λειτουργία του ξεχωριστή, λογική μόνο ψύξη, το εσωτερικό σύστημα ψύξης σε υψηλότερη θερμοκρασία εξάτμισης, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας πραγματοποιείται με την παροχή μόνο της ποσότητας του αέρα εξαερισμού που είναι απαραίτητη και με τη χρήση ενθαλπίας αποκατάστασης για τον αέρα εξόδου του κτιρίου να προ-ψύξη του ανανεώσιμου αέρα.

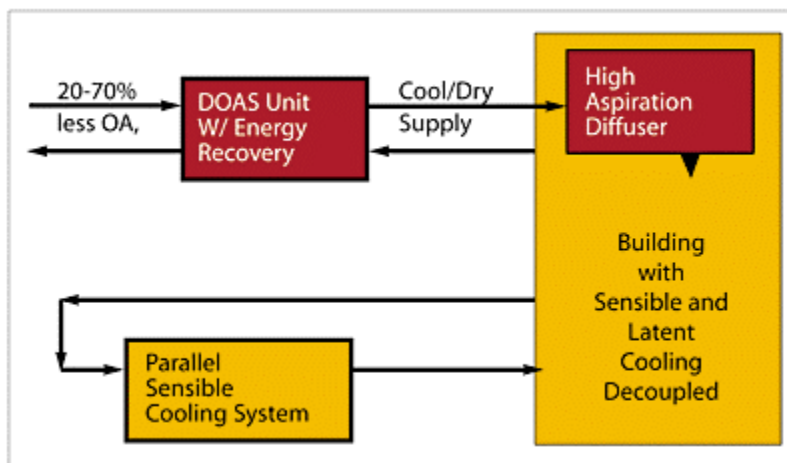
³² DOAS → Dedicated Outdoor Air Systems.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητας. <i>Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.</i> <i>Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.</i> <i>Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).</i>	Τρέχων. Όλα τα HVAC συστήματα.	Συστήματα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού.
	Εξαρτάται.	Ένα DOAS χρειάζεται πολλές περισσότερες συνδέσεις αγωγού.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	4.0	Όλα τα μη-ατομικά συστήματα ψύξης και εξαερισμού.
	0.4 to 0.5	Μείωση κατά 10% στη θέρμανση. Μείωση 17% στην ψύξη. Περίπου καμία επίδραση στην καθαρή ενέργεια εξαερισμού.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	Δυνητικά άμεση.	Δυνητικά χαμηλότερο αρχικό κόστος (σε νέες κατασκευές και ανακαινίσεις μεγάλης κλίμακας).
Μη ενεργειακά οφέλη.	Βελτιωμένος έλεγχος υγρασίας και άνεση των επιβατών.	Με την παροχή πιο κατάλληλου κλιματισμού δωματίου σε διαφορετικές ζώνες, μειώνεται η εναλλαγή της θερμοκρασίας, βελτιώνεται η άνεση και, ενδεχομένως, αυξάνεται η παραγωγικότητα. Σε εφαρμογές με μικρά εσωτερικά φορτία, υγρασία και χαμηλή διεύθυνση, τα DOAS επιτρέπουν την αποσύνδεση της λανθάνουσας και λογικής διαχείρισης του φορτίου από τη διαχείριση της πηγής υγρασίας.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	Διάφοροι.	Penn State University, EPRI, McClure Engineering.
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	Εξασφαλίζοντας ότι κατά την περίοδο αιχμής, μόνο οι περιοχές του κτιρίου που είναι πιο συνωστισμένες, θα λαμβάνουν κλιματισμό, τα DOAS μειώνουν περαιτέρω την ζήτηση μέσω της μείωσης των ψυκτικών φορτίων του εξωτερικού αέρα, τα οποία προσεγγίζουν μέγιστες τιμές κατά τις περιόδους αιχμής.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές		Κτίρια με μεγάλους κατειλημμένους χώρους, όπως κτίρια γραφείων, νοσοκομεία ή σχολεία. Τα συστήματα DOAS παρέχουν μεγαλύτερα οφέλη σε περιοχές στις οποίες η επιβάρυνση κλιματισμού με εξωτερικό αέρα είναι μεγαλύτερη.
Τεχνολογία “Επόμενα Βήματα”		Επίδειξη της εξοικονόμησης ενέργειας και ανώτερο έλεγχο της υγρασίας, και του λογισμικού σχεδιασμού.

Πίνακας 7.6 Σύνοψη χαρακτηριστικών των ειδικών εξωτερικών συστημάτων αέρα.

7.2.2 Ιστορικό

Είναι κοινή τακτική στα εμπορικά κτίρια ο κλιματισμός να συνδυάζει εξαερισμό εξωτερικού αέρα με αέρα επιστροφής από το κτίριο, και στη συνέχεια αυτός ο αέρας (ψύξης ή θέρμανσης) να κατανέμεται ανάλογα με τις ανάγκες, με ή χωρίς ζώνες που προορίζονται για έλεγχο της θερμοκρασίας. Τα συστήματα DOAS καθιστούν τον εξωτερικό αέρα ανανέωσης ξεχωριστά από τον αέρα επιστροφής από τον κλιματιζόμενο χώρο (βλέπε Εικόνα 7.1).



Εικόνα 7.1 Σχηματική απεικόνιση ενός ειδικού συστήματος εξωτερικού αέρα.

Αυτή η προσέγγιση για την αντιμετώπιση εξαερισμού του ανανεώσιμου αέρα έχει λάβει σημαντική προσοχή τα τελευταία χρόνια. Η ώθηση για αυτή την προσοχή ήταν η αυξανόμενη συνειδητοποίηση των κυρώσεων και των δυσκολιών που εμπλέκονται στην αντιμετώπιση ASHRAE³³ (αερισμού για αποδεκτή ποιότητα του εσωτερικού αέρα) απαιτήσεις σε όλο τον κλιματιζόμενο χώρο ενός εμπορικού κτιρίου, με τον αποτελεσματικό έλεγχο της υγρασίας, ιδίως στο πλαίσιο της ενέργειας με αποτελεσματικές προσεγγίσεις, όπως μεταβλητού όγκου αέρα.

Αναγνωρίζεται επίσης ότι σημαντική ενέργεια πρέπει να δαπανηθεί για να ρυθμίσει την ανανέωση του αέρα, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται, χωρίς προετοιμασία, με τον αέρα επιστροφής από τον κλιματιζόμενο χώρο. Η ελεγχόμενη ζήτηση αέρα DCV³⁴ είναι μια προσέγγιση για τον περιορισμό των επιπτώσεων της ενέργειας. Η DCV χρησιμοποιεί αισθητήρες που μετρούν τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα ως υποκατάστατο για την πραγματική πληρότητα, και μεταβάλλει το ρυθμό ροής αερισμού σε αναλογία με την πληρότητα, διατηρώντας σταθερή συγκέντρωση (800 - 1200 ppm). Ωστόσο, ένας θεμελιώδης περιορισμός αυτής της προσέγγισης, που αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο, είναι ότι αραιώνει τον εξαερισμό και καταργεί μια ποικιλία εσωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων, πολλά από τα οποία δεν έχουν άμεση σχέση με το επίπεδο της ανθρώπινης παρουσίας. Κατά συνέπεια, είναι επιθυμητό να έχουμε ένα σύστημα εξαερισμού που επιτρέπει την πλήρη ροή εξαερισμού που πρέπει να διατηρηθεί χωρίς να υποστεί άλλες κυρώσεις. Στην πράξη, συστήματα κλιματισμού με ατμό κύκλου είναι συχνά σε θέση να διατηρήσουν άνετα (δηλαδή, αρκετά χαμηλά) επίπεδα υγρασίας στον κλιματιζόμενο χώρο, όταν υγρός αερισμός ανανέωσης αέρα αναμιγνύεται με αέρα επιστροφής πριν από την σερπαντίνα ψύξης.

Ο χειρισμός της κατεργασίας για την κατανομή του ανανεώσιμου αέρα και του αέρα επιστροφής από τον κατεχόμενο χώρο με ξεχωριστά ή με παράλληλα συστήματα προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα VAV που βοηθούν να ξεπεραστούν τα προβλήματα που συζητήθηκαν παραπάνω. Πολλά από αυτά τα πλεονεκτήματα οδηγούν άμεσα σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας:

- Το σύστημα εξαερισμού ανανεώσιμου αέρα μπορεί να μετρηθεί και να λειτουργεί για να παρέχει την ταχύτητα ροής του αέρα εξαερισμού που απαιτείτε από τον κωδικό (π.χ., ASHRAE Std 62) για να παρέχει αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα και να παρέχει τον επιθυμητό ρυθμό ροής ανεξάρτητα

³³ ASHRAE → Formerly the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

³⁴ DCV → Demand Controlled Ventilation.

από την εσωτερική θερμοκρασία, χωρίς να χρειάζεται να υπερδιαστασιολογήσει το ποσοστό εξαερισμού. Ο ρυθμός αερισμού μπορεί να είναι σταθερός ή μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με το λειτουργικό πρόγραμμα του κτιρίου και την πληρότητά του ή σε απάντηση στην πραγματική χωρητικότητα (σε πραγματικό χρόνο). Επιπλέον, ένα σύστημα DOAS επιτρέπει την εύκολη εξακρίβωση ότι το σύστημα παρέχει τις ελάχιστες ποσότητες εξωτερικού αέρα σε διαφορετικά τμήματα του κτιρίου. Η ανταλλαγή θερμότητας και η ανάκτηση ενέργειας μεταξύ του ανανεώσιμου αέρα και καυσαερίων εύκολα υλοποιείται σε αυτήν τη ρύθμιση, μειώνοντας κατακόρυφα την ψύξη και την θέρμανση. Αυτό έρχεται σε έντονη αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα VAV, όπου τα ποσοστά παράδοσης του εξωτερικού αέρα μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά, καθώς τα ποσοστά παροχής αέρα αλλάζουν και πολυπλέκουν το σύστημα (*Chamberlin et al., 1999*).

- Το κυρίαρχο φορτίο υγρασίας στο πιο εμπορικό κτίριο, στις περισσότερες περιοχές, είναι η υγρασία που εισέρχεται με τον εξαερισμό ανανεώσιμου αέρα (σε ζεστό καιρό). Κατά συνέπεια, το σύνολο του φορτίου υγρασίας για το κτίριο μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά με το να κλιματίζεται ξεχωριστά κομμάτια του κτιρίου, έτσι ώστε η περίσσεια υγρασία περιβάλλοντος να αφαιρείται (μαζί με την πρόσθετη ικανότητα να καλύψουν τις εσωτερικές πηγές της υγρασίας).
- Με τον εξαερισμό του ανανεώσιμου αέρα σε ξεχωριστά κλιματιζόμενα δωμάτια, με ολόκληρο το φορτίο του κτιρίου υγρασίας να αντιμετωπίζεται με αυτή τη διαδικασία, η επανακυκλοφόρηση στο σύστημα κλιματισμού εσωτερικών χώρων μπορεί να λειτουργήσει για να διατηρήσει τον έλεγχο της θερμοκρασίας. Επειδή αυτό προορίζεται μόνο για την αισθητή ψύξη, η ψύξη μπορεί να λειτουργεί σε μία υψηλότερη από την κανονική θερμοκρασία (περίπου 55°F) την πρόληψη της συμπύκνωσης της υγρασίας και την αύξηση του COP³⁵ του συμπιεστή. Ο κλιματιζόμενος ρυθμός ροής του αέρα μεταβάλλεται ανάλογα με την καθαρή ψύξη ή από το φορτίο θέρμανσης, εξοικονομώντας σημαντικά ποσά ενέργειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους, όταν δεν απαιτείται πλήρης ψύξη ή θέρμανση. Εν τω μεταξύ, τα παράλληλα συστήματα εξαερισμού ανανεώσιμου αέρα συνεχίζουν να προσφέρουν την κατάλληλη ποσότητα αέρα για τους σκοπούς της IAQ³⁶.

Τα πλεονεκτήματα αυτά, μπορούν να πραγματοποιηθούν σε συστήματα HVAC που αποτελούνται είτε από μονής-ζώνης διάταξη ή από δύο ή και περισσότερες ζώνες. Στην περίπτωση ενιαίας ζώνης, ισχύουν τα προηγούμενα πλεονεκτήματα. Τα συστήματα διζωνικού ελέγχου HVAC διαιρούν ένα κτίριο σε πολλές περιοχές ή ζώνες, και καθιστούν τον έλεγχο του περιβάλλοντος σε κάθε ζώνη σύμφωνα με την ανάγκη της κάθε ζώνης. Τυπικά, ο σχεδιαστής του συστήματος HVAC θα πρέπει να οριοθετήσει ζώνες με βάση τις διαφορές στην τοποθεσία, πληρότητα, και το σκοπό. Για παράδειγμα, ένα μονόροφο κτίριο γραφείων θα μπορούσε να έχει επτά ζώνες, τρεις για τους ανεξάρτητους χώρους γραφείων, δύο δεμένα σε αίθουσες συνεδριάσεων, ένα για τον χώρο του φαγητού, και ένα άλλο για διάφορες κτιριακές υπηρεσίες. Ξεχωριστά θερματικά VAV ελέγχονται από αισθητήρες κίνησης (π.χ., αισθητήρες CO²).

Η διζωνική προσέγγιση αποδίδει θέρμανση, ψύξη και αερισμό σε περιοχές που το έχουν ανάγκη, μειώνοντας την αχρείαστο κλιματισμό σε κενές ζώνες και την υπέρ-θέρμανση ή υπερβολική ψύξη των ζωνών κατοχής. Συστήματα DOAS μπορούν να πραγματοποιήσουν περαιτέρω βελτίωση της αποτελεσματικότητας, μειώνοντας σημαντικά την εισαγωγή της περίσσειας του εξωτερικού αέρα (OA) που απαιτείται για την επίτευξη των ελάχιστων επιπέδων εξωτερικού αέρα σε ένα σύστημα πολλαπλών ζωνών, μειώνοντας έτσι την ποσότητα του εξωτερικού αέρα κλιματισμού (τόσο για θέρμανση και ψύξη).

³⁵ COP → Coefficient of Power.

³⁶ IAQ → Indoor Air Quality.

7.2.3 Απόδοση

Τα συστήματα DOAS επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας μέσω τριών κύριων στοιχείων - βέλτιστη χρήση του αέρα εξαερισμού που παρέχεται (που επιτρέπει την τήρηση της ASHRAE 62 με την ελάχιστη ποσότητα του εξωτερικού αέρα), χρήση ενθαλπίας ανάκαμψης στην προ-ψύξη του εξωτερικού αέρα και, επιτρέπει το εσωτερικό φορτίο να είναι σε υψηλότερη θερμοκρασία από αυτή του ψυκτικού και COP. Όταν το εσωτερικό φορτίο αντιμετωπίζεται με απλή ψύξη με πάνελ οροφής, η θερμική κατανομή παρασιτικής ισχύς μειώνεται σημαντικά.

Ο συνδυασμός ενός συστήματος DOAS με ένα σύστημα VAV εξοικονομεί ενέργεια μειώνοντας τη συνολική ροή αέρα εξαερισμού και με το να χειρίζεται πιο αποτελεσματικά τα φορτία ψύξης. Σε ένα σύστημα DOAS, οι απαιτήσεις αερισμού μπορούν να επιτευχθούν με λιγότερη ροή αέρα εξαερισμού, λόγω της εγγενούς ακρίβειας των DOAS στην παροχή απαιτούμενες ροές εξαερισμού στο σύνολο και στις επιμέρους ζώνες στο κτίριο. Στη λειτουργία ψύξης χώρου, η εξοικονόμηση ενέργειας περιλαμβάνει την παροχή της υψηλότερης θερμοκρασία του κρύου νερού για το λογικό μέρος του φορτίου και μειωμένη ροή αερισμού ψύξης. Στη λειτουργία θέρμανσης χώρου, η ενέργεια αποθηκεύεται ως αποτέλεσμα της μειωμένης ροής του αέρα εξαερισμού που επιτρέπεται από την εγγενή ακρίβεια των συστημάτων DOAS στην παροχή εξαερισμού, στο συσσωμάτωμα και στις μεμονωμένες ζώνες του κτίριο. Η TIAX³⁷ αναλύει τη χρήση ομαδοποιημένων φορτίων του κτιρίου και μετεωρολογικών δεδομένων για κτίρια γραφείων με τα συστήματα VAV που δείχνουν ότι, συνήθως 50-60% του φορτίου θέρμανσης χώρου οφείλεται στη θέρμανση εξωτερικού αέρα. Τα συστήματα DOAS επιτρέπουν τον εξωτερικό αέρα να μειωθεί κατά περίπου 20%, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση χώρων της τάξης του 10% (βλέπε πίνακα 7.7).

Κατηγορία	Ποσοστό Εξοικονόμησης Ενέργειας	Σχόλια
Θέρμανση χώρου.	8-12%	Εξωτερικός αέρας 50% του φορτίου θέρμανσης. Μείωση κατά 20% του εξωτερικού αέρα.
Ψύξη χώρου.	15-20%	Εξωτερικός αέρας 25% του ψυκτικού φορτίου. Μείωση 20% του εξωτερικού αέρα. Για εσωτερικά φορτία 20% αύξηση.
Εξαερισμός κίνησης αέρα τροφοδοσίας.	0%	Μείωση του υπέρ-αερισμού που αντισταθμίζεται από τα συστήματα CAV.

Πίνακας 7.7 Εξοικονόμηση ενέργειας σε εξωτερικά συστήματα αέρα DOAS με συμβατικά CAV.

Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, τα συστήματα DOAS παρέχουν ανώτερο εσωτερικό έλεγχο υγρασίας σε ένα ευρύ φάσμα τις εξωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας. Αυτό μπορεί να αποτρέψει την ανάπτυξη μούχλας και την προώθηση πιο υγιεινών συνθηκών εσωτερικού χώρου. Από την άλλη πλευρά, σε αντίθεση με ένα συμβατικό σύστημα VAV, κάνει γενικά αποκλείει λειτουργία εξοικονομητή σε επίπεδα πάνω και πέρα από εκείνα που απαιτούνται για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του εξωτερικού αέρα, αφού τα συστήματα DOAS κατά πάσα πιθανότητα δεν περιλαμβάνουν επιπλέον χωρητικότητα εξαερισμού.

³⁷ TIAX, LLC → TIAX LLC is a laboratory-based technology development company that takes early stage inventions, transforms them into technology-enabled products ready for spin-out and commercialization.

7.2.4 Κόστος

Υπάρχει μια γενική αντίληψη ότι η αντικατάσταση ενός ενιαίου συστήματος με δύο παράλληλα συστήματα θα οδηγήσει σε αύξηση του κόστους του εγκατεστημένου εξοπλισμού λόγω εγκατάστασης πρόσθετων κομματιών. Σε νέες κατασκευές ή ανακαινίσεις μεγάλης κλίμακας αυτό δεν είναι απαραίτητα ακριβό. Μπορούμε να απαριθμήσουμε όχι λιγότερες από εννέα κατηγορίες οικοδόμησης μηχανικών συστημάτων και το συνολικό κόστος κατασκευής μειώνεται με τη χρήση ενός ξεχωριστού συστήματος DOAS. Στην περίπτωση της μελέτης του κτιρίου γραφείων 186.000 ft², ο συνδυασμός των συστημάτων DOAS και συστημάτων με απλή ψύξη οροφής (για εσωτερικά φορτία) μειώνουν το συνολικό αρχικό κόστος μέχρι και \$2 ανά ft², σε σύγκριση με ένα “συμβατικό” σύστημα VAV. Στην πραγματικότητα, υπάρχει η δυνατότητα για DOAS να υλοποιηθεί χωρίς την πρώτη ποινή του κόστους, με το κόστος της ενέργειας αποταμίευσης και τα οφέλη της δραστικά βελτιωμένο έλεγχο της υγρασίας και τη βελτίωση της παραγωγικότητας των επιβατών παρέχοντας μια άμεση απόσβεση και συνεχή εξοικονόμηση.

7.2.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Η προηγούμενη συζήτηση του κόστους παρά τη διαδεδομένη αντίληψη ότι υπάρχουν συστήματα HVAC που βασίζονται σε DOAS έχουν υψηλότερα “αρχικά” κόστη από τα συμβατικά συστήματα. Αυτή η αντίληψη είναι ένα σύμπτωμα-αποτέλεσμα σχετικά με την πρόσφατη εισαγωγή της προσέγγισης και την εξοικείωση των σχεδιαστών HVAC και εργολάβων με τα συστήματα DOAS. Σε γενικές γραμμές, τα συστήματα DOAS έρχονται σε αντίθεση με την τρέχουσα πρακτική HVAC.

Η χρήση των συστημάτων DOAS θεωρείται ως ένα μέσο για τη βελτίωση των επιδόσεων στις ζώνες που προορίζονται. Το αρχικό κόστος είναι επίσης ένα ζήτημα, καθώς και η προθυμία του αναδόχου για την πώληση και το κόστος για τις θέσεις εργασίας. Ο Tally αντανακλά την πεποίθηση ότι μερικοί άνθρωποι πιστεύουν ότι η οριοθέτηση δεν μπορεί να επεκταθεί σημαντικά πέρα από την παρούσα εφαρμογή της.

7.2.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Η επίδειξη της εξοικονόμησης ενέργειας και της ανώτερης απόδοσης στη διαχείριση εσωτερικών επιπέδων υγρασίας σε πραγματικά κτίρια, αποτελεί προτεραιότητα προς την ευρεία αποδοχή. Ένα μέτριο σε μέγεθος κτίριο γραφείων με 25-ton ψυκτικό φορτίο σχεδιασμού (περίπου 10.000 έως 12.000 ft²) θα είναι ο κατάλληλος τρόπος για μια αποτελεσματική επίδειξη κόστους. Για να αποδείξει το πλεονέκτημα του ανώτερου ελέγχου υγρασίας, σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας, η επίδειξη θα πρέπει να λάβει χώρα σε ένα υγρό κλίμα.

Υποθέτοντας ότι η επίδειξη πετύχει, η ανάπτυξη ενός απλού αλλά και αποτελεσματικού μοντέλου που επιτρέπει στους σχεδιαστές HVAC να προβλέψουν την ενεργειακή εξοικονόμηση κόστους και τη συνολική εξοικονόμηση κόστους του κτίριο που χρησιμοποιεί DOAS θα αυξήσει την ικανότητα των σχεδιαστών του συστήματος να εξετάσει DOAS ως επιλογή του σχεδιασμού, καθώς και τη διευκόλυνση της ESCO³⁸. Στην ιδανική περίπτωση, ένα τέτοιο εργαλείο θα επιτρέψει επίσης στους σχεδιαστές του συστήματος να

³⁸ ESCO → Energy Service Company.

καθορίσουν την καλύτερη επιλογή (σε σχέση με την ενέργεια και την οικονομία) για την παράλληλη λογική του συστήματος ψύξης, είτε λογικό VAV, ακτινοβόλο πάνελ οροφής, ή μια άλλη εναλλακτική λύση.

7.3 Εξαερισμός Εκτόπισης

7.3.1 Συνοπτική παρουσίαση

Παρά το γεγονός ότι έχει μια ισχυρή παρουσία στην Ευρώπη, ο εξαερισμός εκτόπισης παραμένει σχετικά άγνωστος από τους οικοδομικούς σχεδιαστές και σύμβουλους μηχανικούς των συστημάτων HVAC στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και οι περίοδοι αποπληρωμής ποικίλουν σημαντικά σε διαφορετικά κτίρια, στα σχέδια των συστημάτων, και στα διαφορετικά κλίματα. Η βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα είναι μια καθοριστική ιδιότητα του εξαερισμού εκτόπισης και είναι έντονα υπεύθυνη για τη δημοτικότητά της στην Ευρώπη. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η βελτίωση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τα οφέλη του αερισμού εκτόπισης είναι απαραίτητη να αυξηθεί το μερίδιο αγοράς της και να αξιοποιήσουν τις δυνατότητές της εξοικονόμησης ενέργειας.

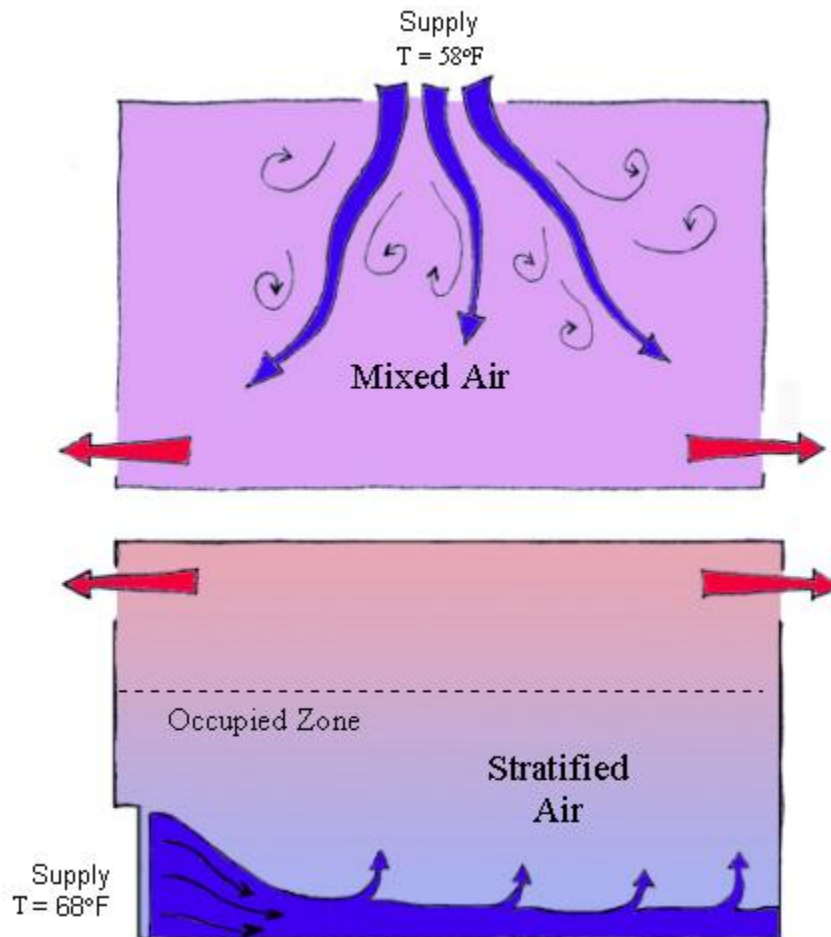
Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητας.	Τρέχων.	Πιο συχνά αναπτύσσεται στη Βόρεια Ευρώπη.
<i>Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.</i>	Κεντρικά και συσκευασμένα συστήματα HVAC.	
<i>Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.</i>	Όχι.	Η εκτόπιση εξαερισμού συνήθως απαιτεί την αναδιάρθρωση των αγωγών και των μεγάλων διαχυτών (μερικές φορές πρέπει να ενσωματωθούν σε ένα υπερυψωμένο δάπεδο) για την παροχή αέρα με χαμηλή ταχύτητα σε επαρκή ρυθμούς ροής. Οι ανεμιστήρες προμήθειας και επιστροφής τυπικά πρέπει να αντικατασταθούν.
<i>Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).</i>	1.9	Ψυκτική ενέργεια και ανεμιστήρες προμήθειας και επιστροφής συνδέονται με τα κεντρικά και συσκευασμένα συστήματα HVAC.
<i>Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).</i>	0.20	Βασισμένο σε 0,46 quad μείωση της ενέργειας ψύξης, σε συνδυασμό με αύξηση 0,26 των ανεμιστήρων προσφοράς και επιστροφής.
<i>Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.</i>	3.5 ως 20 χρόνια.	Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κλίμα, σε θερμότερα κλίματα η αποπληρωμή είναι γρηγορότερη. Στα περισσότερα κλίματα θα δούμε περιόδους αποπληρωμής από 5 έως 10 χρόνια.
<i>Μη ενεργειακά οφέλη.</i>	Βελτιωμένη ποιότητα εσωτερικού αέρα.	Στρωματοποιημένες παγίδες αέρα, θερμικά-συνδεδεμένοι ρύποι πάνω από την κατεχόμενη ζώνη (δηλαδή πάνω από το επίπεδο αναπνοής).
<i>Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.</i>	UC Berkeley, MIT, International Air Technologies, Ευρωπαϊκές επιχειρήσεις αρχιτεκτονικής.	
<i>Αιχμή μείωση της ζήτησης.</i>	Ναι.	Μείωση στην ενέργεια κατανάλωσης.
<i>Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές</i>	Κτίρια με ψηλά ταβάνια που έχουν μέτρια πυκνότητα φορτίου ψύξης, μεγάλη ετήσια κατανάλωση ενέργειας ψύξης, και απαιτούν μικρές ποσότητες φρέσκου αέρα με υψηλή ποιότητα του αέρα, π.χ., γραφεία, δημόσια κτίρια.	
<i>Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”</i>	Έργα επίδειξης που τεκμηριώνουν την εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ συμμορφώνονται με τους κωδικούς του κτιρίου (ίσως ξεκινώντας με τη δημοσίευση των μελετών περίπτωσης για τα υφιστάμενα κτήρια στην Ευρώπη).	

Πίνακας 7.8 Σύνοψη χαρακτηριστικών των συστημάτων εξαερισμού εκτόπισης.

7.3.2 Ιστορικό

Παραδοσιακή “ανάμιξης” εξαερισμού χρησιμοποιεί ένα ταραχώδη αεριωθούμενο αεράκι του φρέσκου αέρα να αναμειγνύεται και αραιώνεται με παλιό, μολυσμένο αέρα και να διατηρεί τις συνθήκες θερμικής άνεσης σε ένα χώρο του κτιρίου. Σε αντίθεση, η εκτόπιση εξαερισμού χρησιμοποιεί ένα ρεύμα χαμηλής ταχύτητας του φρέσκου κρύου αέρα που τροφοδοτείται κοντά στο πάτωμα για να “εκτοπίσει” σιγά-σιγά το μπαγιάτικο αέρα επάνω προς το ταβάνι από όπου φεύγει από το δωμάτιο. Αυτό στρωματοποιεί τον αέρα στο δωμάτιο, με ζεστό μπαγιάτικο αέρα που συγκεντρώνεται πάνω από την κατεχόμενη ζώνη και δροσερό φρέσκο αέρα στην κατεχόμενη ζώνη (η κατεχόμενη ζώνη είναι ο χώρος σε ένα δωμάτιο όπου συνήθως είναι καταλυμένο από ανθρώπους, και είναι, συνήθως έξι πόδια πάνω από το δάπεδο). Η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται περαιτέρω όταν οι θερμικές λοφίες αυξάνονται από τους ανθρώπους στο χώρο, Συλλιγνάκης Στέφανος

δροσερός αέρας σηκώνεται από το πάτωμα σε ένα στρώμα φρέσκου αέρα κατά μήκος του σώματος του κάθε ατόμου στο πρόσωπό του. Το σχήμα 4.2 απεικονίζει τις διαφορές μεταξύ ανάμειξης και εξαερισμού μετατόπισης.



Πίνακας 7.2 Απεικόνιση ανάμειξης (επάνω) και εκτόπισης εξαερισμού (κάτω).

Η μέθοδος εκτόπισης εξαερισμού αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις στον σχεδιασμό που καθιστά δύσκολη την σωστή εφαρμογή της. Από μόνη της, η μετατόπιση εξαερισμού δεν θερμαίνει αποτελεσματικά τα κτίρια, αναγκάζοντας τους σχεδιαστές να χρησιμοποιούν συχνά ένα συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης σε κτίρια με υψηλές απαιτήσεις σε θέρμανσης. Ο αερισμός εκτόπισης είναι επίσης περιορισμένος κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης, διότι ο στρωματοποιημένος αέρας γίνεται δυσάρεστος για τους επιβάτες (προκαλεί "κρύα πόδια") σε τυπικά κτήρια, όταν το ψυκτικό φορτίο υπερβαίνει $13 \text{ Btu}^{39}/\text{hr}\cdot\text{ft}^2$ ($40 \text{ W}/\text{m}^2$). Ωστόσο, το μέγιστο φορτίο ψύξης μπορεί να αυξηθεί σε ένα ανώτατο όριο των $40 \text{ Btu}/\text{hr}\cdot\text{ft}^2$ ($120 \text{ W}/\text{m}^2$) σε κτίρια με πολύ ψηλά ταβάνια, σε κτίρια με χαμηλά ποσοστά εξαερισμού φρέσκου αέρα, σε κτίρια με συμπληρωματικά συστήματα ψύξης, ή ακόμα και σε κτίρια με μεγάλους διαχυτές.

Ο έλεγχος της υγρασίας είναι επίσης μια ανησυχία του εξαερισμού με μετατόπιση, καθώς οι υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα τροφοδοσίας ψύξης μειώνουν την ικανότητα του συστήματος HVAC για τη διαχείριση της υγρασίας και θα μπορούσε να οδηγήσει σε προβλήματα που σχετίζονται με την υγρασία.

³⁹ BTU → British Thermal Unit.

Κατά συνέπεια, τα κτίρια που κατέχουν εξαερισμό με μετατόπιση σε πολλά κλίματα απαιτούν ένα σφιχτό περίβλημα κτιρίου και ξεχωριστή μεταχείριση του εξωτερικού αέρα για να περιοριστούν τα εσωτερικά επίπεδα υγρασίας. Κτίρια με υψηλά εσωτερικά φορτία υγρασίας (π.χ. πισίνες) δεν είναι κατάλληλα περιβάλλοντα για εξαερισμό με μετατόπιση.

Όταν εφαρμοστεί σωστά, η μετατόπιση εξαερισμού μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας του ανεμιστήρα, και έχει μικρό αντίκτυπο στην ενέργεια που καταναλώνεται από τους λέβητες και τους φούρνους. Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κλιματισμού με τέσσερις τρόπους. Οι δύο πρώτοι ισχύουν για όλα τα συστήματα εξαερισμού με μετατόπιση, όταν αυτά συγκριθούν με τα συμβατικά συστήματα αερισμού ανάμειξης, και τα δύο τελευταία εφαρμόζεται μόνο σε ορισμένα συστήματα.

- 1) Ο κλιματισμός με κύκλο COP αυξήσεων για εξαερισμό μετατόπισης, επειδή η θερμοκρασία του αέρα τροφοδοσίας (65°F έως 68°F) δεν είναι τόσο δροσερή όπως είναι για ανάμειξη αερισμού (55°F έως 58°F). Αυτό επιτρέπει υψηλότερες θερμοκρασίες ψυκτικού εξατμιστή στον εξοπλισμό του κλιματισμού, η οποία μειώνει τον ανεκμιστήρα της θερμοκρασίας κατά μήκος του συμπιεστή και αυξάνει το COP του κύκλου. Όπως σημειώνεται παραπάνω, η αύξηση της θερμοκρασίας του εξατμιστή, ωστόσο, περιορίζεται από τις απαιτήσεις αφύγρανσης του συστήματος. Σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν ένα ειδικό υπαίθριο σύστημα αέρα (DOAS) για την παροχή της διαχείρισης της υγρασίας, οι περισσότερες από αυτές τις εξοικονομήσεις θα αποδοθούν στα συστήματα DOAS και όχι στη μέθοδο μετατόπισης εξαερισμού.
- 2) Ο στρωματοποιημένος αέρας σε ένα χώρο με χρήση μετατόπισης εξαερισμού έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνει την θερμοκρασία του αέρα στο δωμάτιο με την ανάμειξη αερισμού με αποτέλεσμα να μειώνεται η μεταφορά θερμότητας μέσα από τοίχους και ιδιαίτερα στην οροφή ενός κτιρίου.
- 3) Για τα συστήματα HVAC με οικονομητήρες, ο αριθμός των ωρών που διατίθενται για εξοικονόμηση ενέργειας αυξάνεται κατά τη χρήση εξαερισμού μετατόπισης επειδή η θερμοκρασία προσαγωγής είναι υψηλότερη (μέχρι την επιτρεπόμενη εξωτερική θερμοκρασία / ενθαλπίας). Αυτό διαφοροποιήτε σημαντικά με το κλίμα, π.χ., τα θέματα υγρασίας στα πιο υγρά κλίματα θα περιορίσουν αυτό το όφελος.
- 4) Όταν χρησιμοποιείτε εξαερισμός βάση ελεγχόμενης ζήτησης, η απαιτούμενη ποσότητα φρέσκου αέρα για ένα σύστημα εξαερισμού με μετατόπιση θα μπορούσε δυνητικά να είναι χαμηλότερη από ό,τι για την ανάμειξη αερισμού, επειδή οι θερμικά-συνδεδεμένοι ρύποι έχουν παγιδευτεί κοντά στο ανώτατο όριο στρωματοποιημένου αέρα.

Η κατανάλωση ρεύματος από τον ανεμιστήρα είναι υψηλότερη όταν αναφερόμαστε σε αερισμό μετατόπισης από ότι για την ανάμειξη αερισμού επειδή οι ανεμιστήρες πρέπει να παρέχουν περισσότερο αέρα σε κάθε χώρο για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων, όταν η θερμοκρασία προσαγωγής είναι θερμότερη. Δεδομένου ότι ο αερισμός μετατόπισης είναι θεμελιωδώς κατάλληλος για ψύξη, και όχι θέρμανση, συμπληρωματικά συστήματα θέρμανσης είναι πιο πιθανό να απαιτούνται ώστε τα φορτία θέρμανσης να μην είναι, ως εκ τούτου, διαφορετικά μεταξύ της μετατόπισης και της ανάμειξης των συστημάτων εξαερισμού.

Επειδή υπάρχει τέτοια μεταβολή στο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας του εξαερισμού μετατόπισης ανάλογα με τον τύπο του συστήματος, είναι χρήσιμο να δημιουργηθούν λογικές υποθέσεις σχετικά με το σύστημα εξαερισμού μετατόπισης. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης (απόδοση και το κόστος), ισχύουν οι ακόλουθες παραδοχές για τα συστήματα HVAC:

- Ένα συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης (*υδραυλική ακτινοβόλος θερμότητα για παράδειγμα*) χρησιμοποιείται σε όλα τα συστήματα μετατόπισης.
- Μεγάλοι διαχυτές τοίχων χρησιμοποιούνται για την παροχή χαμηλής ροής ταχύτητας του ψυχρού αέρα του εξαερισμού μετατόπισης, αλλά τα μεγέθη των αγωγών τροφοδοσίας και επιστροφής είναι τα ίδια και για τους δύο τύπους συστημάτων.
- Εξαερισμός μετατόπισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τα κεντρικά και ενιαία συστήματα HVAC, αλλά όχι με ατομικά συστήματα.
- Οι εξοικονομητές περιλαμβάνονται σε όλα τα συστήματα ανάμιξης αερισμού και μετατόπισης.
- Ελεγχόμενη ζήτηση αερισμού δεν λαμβάνεται υπ' όψη (σταθερός εξωτερικός ρυθμός παροχής αέρα βασίζεται στη μέγιστη κατάληψη της επιφάνειας).

Τα αποτελέσματα θα αλλάξουν όταν δημιουργηθούν διαφορετικές παραδοχές, οι παραπάνω υποθέσεις είναι λογικές εκτιμήσεις για το πώς τα συστήματα μετατόπισης εξαερισμού θα πρέπει να εγκατασταθούν στις Ηνωμένες Πολιτείες.

7.3.3 Απόδοση

Συνοπτική παρουσίαση: Οι ερευνητικές μελέτες του εξαερισμού μετατόπισης επικεντρώθηκαν σε προσομοιωτικά μοντέλα υπολογιστών διαφόρων κτιρίων σε διάφορα κλίματα στις ΗΠΑ. Μελέτες κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τις εκτιμήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης τους, ανάλογα με τον τύπο του συστήματος HVAC, τον τύπο του κτιρίου, και το κλίμα. Επεξεργασία των αποτελεσμάτων από τις μελέτες και ανεξάρτητοι υπολογισμοί που βασίζονται σε λογικές υποθέσεις δείχνουν ότι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό ψύξης (*δηλαδή, το συμπιεστή*) θα μειωθεί κατά περίπου 30-75% με τα συστήματα αερισμού μετατόπισης, ενώ η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από την προσφορά και την επιστροφή των ανεμιστήρων θα αυξηθεί κατά 35-50% (*ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου*). Το αποτέλεσμα είναι μια καθαρή πρωτογενή δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας των 0,20 quads.

Ο Πίνακας 7.9 παρουσιάζει τις ποσοστιαίες αποταμιεύσεις ή αξίες ζημίας που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας του εξαερισμού μετατόπισης. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για ψύξη είναι πάντα χαμηλότερη για εξαερισμό μετατόπισης από ό, τι είναι για την ανάμειξη αερισμού και την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για την προμήθεια και της επιστροφή των ανεμιστήρων είναι πάντα μεγαλύτερη. Για διαφορετικά κλίματα και είδη κτιρίων υπάρχει μια διακύμανση στην ψύξη στην εξοικονόμηση ενέργειας και οι απώλειες ενέργειας του ανεμιστήρα, διότι οι αυξημένες ώρες εξοικονόμησης και μείωσης θερμικών φορτίων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Κλιματική Ζώνη.	Τύπος Κτιρίου.	Ποσοστιαία εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για προμήθεια και απόδοση ανεμιστήρων.	Ποσοστιαία εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη εξοπλισμού.
Βορειοανατολικά	Γραφεία/ Εμπορικά	-40%	40%
	Υπηρεσίες Τροφίμων/ Υγεία	-45%	40%
	Εκπαίδευση/ Οίκημα	-35%	40%
Κεντροδυτικά	Αποθήκες/ Δημόσια	-50%	40%
	Γραφεία/ Εμπορικά	-40%	38%
	Υπηρεσίες Τροφίμων/ Υγεία	-45%	38%
Νότια	Εκπαίδευση/ Οίκημα	-35%	38%
	Αποθήκες/ Δημόσια	-50%	38%
	Γραφεία/ Εμπορικά	-40%	29%
Ορεινά	Υπηρεσίες Τροφίμων/ Υγεία	-45%	29%
	Εκπαίδευση/ Οίκημα	-35%	29%
	Αποθήκες/ Δημόσια	-50%	29%
Ωκεάνια	Γραφεία/ Εμπορικά	-40%	40%
	Υπηρεσίες Τροφίμων/ Υγεία	-45%	40%
	Εκπαίδευση/ Οίκημα	-35%	40%
Ωκεάνια	Αποθήκες/ Δημόσια	-50%	40%
	Γραφεία/ Εμπορικά	-40%	75%
	Υπηρεσίες Τροφίμων/ Υγεία	-45%	75%
Ωκεάνια	Εκπαίδευση/ Οίκημα	-35%	75%
	Αποθήκες/ Δημόσια	-50%	75%
	Σύνολο εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας	-0.26 quads	0.46 quads

Πίνακας 7.9 Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας για το σύνολο εξοικονόμησης στην Βρετανία, ανά κατηγορία περιοχής και κτιρίων.

Ο Zhivon και ο Krymkevich (1998) προσομοίωσαν συστήματα εξαερισμού μετατόπισης σε πρωτότυπα “sit-down” εστιατόρια σε πέντε πόλεις των ΗΠΑ (*Minneapolis, Seattle, Albuquerque, Phoenix, and Miami*) με το πρόγραμμα λογισμικού *BLAST*. Διαπίστωσαν ότι το κλίμα είχε σημαντικές επιπτώσεις στην εξοικονόμηση ενέργειας και ότι η εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης ήταν παρόμοια για συστήματα με δύο συντελεστές φρέσκου αέρα ελεγχόμενης ζήτησης και σε αυτά με σταθερά ποσοστά φρέσκου αέρα. Δείχνουν ότι η θέρμανση της ενέργειας αυξάνεται για όλες τις πόλεις, επειδή η αποτελεσματικότητα αερισμού μειώνεται κατά τη θέρμανση με ένα σύστημα εξαερισμού μετατόπισης. Ύστερα εξέτασαν τις επιπτώσεις της αυξημένης εξοικονόμησης, με αυξημένο κύκλο του COP, και αύξηση της ισχύς του ανεμιστήρα, αλλά δεν έλαβαν υπόψη τα μειωμένα θερμικά φορτία. Ο Πίνακας 7.10 αναπαράγει τα αποτελέσματά τους για ένα σταθερό σύστημα εξωτερικού αέρα.

Περιοχή	Ποσοστιαία εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.
<i>Albuquerque</i>	22%
<i>Miami</i>	13%
<i>Minneapolis</i>	29%
<i>Phoenix</i>	18%
<i>Seattle</i>	45%

Πίνακας 7.10 Zhivon and Krymkevich (1998) εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης για εξαερισμό μετατόπισης.

7.3.4 Κόστος

Συνοπτική παρουσίαση: Τα οικονομικά του εξαερισμού μετατόπισης δεν έχουν παρουσιαστεί καλά στη βιβλιογραφία. Ενώ έχουν τεκμηριωθεί κάποιες προσπάθειες στα πρώτα κόστη και την ενεργειακή εξοικονόμηση δεν είναι αρκετά εκτενείς ώστε να δείχνουν τα ακριβή οικονομικά συμπεράσματα. Τούτου λεχθέντος, μια συνεκτική οικονομική εκτίμηση συλλέγοντας πληροφορίες από διάφορες πηγές δείχνει ότι η περίοδος αποπληρωμής κυμαίνεται μεταξύ 3.5-13 χρόνια, με μια ισχυρή εξάρτηση από το κλίμα.

Όπως και με τις εκτιμήσεις της απόδοσης, είναι απαραίτητο να γίνει μια ουσιαστική σύγκριση με ένα παραδοσιακό σύστημα εξαερισμού ανάμειξης με κάποιες υποθέσεις σχετικά με το σύστημα εξαερισμού μετατόπισης. Οι ίδιες παραδοχές που γίνονται για την ενότητα των επιδόσεων έγιναν και πάλι.

Η βιβλιογραφία ποσοτικοποιεί την κεφαλαιακή βάση την απλοποιημένων δεδομένων. Υπάρχει μια πρόταση ότι τα αρχικά κόστη ενός συστήματος εξαερισμού μετατόπισης σε νέες κατασκευές είναι 5-17% περισσότερα από ότι για ένα σύστημα εξαερισμού ανάμειξης ανάλογα με τον τύπο κτιρίου, συμπεριλαμβανομένου ενός συμπληρωματικού συστήματος θέρμανσης και λαμβάνοντας υπόψη το μειωμένο μέγεθος του ψυκτικού συγκροτήματος και το αυξημένο κόστος του χειριστή αέρα. Η αύξηση στο αρχικό κόστος κυμαίνεται μεταξύ 0,10-0,50\$ ανά τετραγωνικό πόδι.

Όπως και με κάθε μελέτη του λειτουργικού κόστους, τα αποτελέσματα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό τα ποσοστά χρησιμότητας. Μελέτες μέχρι σήμερα έχουν λάβει μόνο μια απλουστευμένη προσέγγιση για τον υπολογισμό κόστους ενέργειας μεταξύ μετατόπισης ανάμειξης εξαερισμού, πολλαπλασιάζοντας την ετήσια διαφορά στην ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας κατά ένα σταθερό ηλεκτρικό ρυθμό.

Συλλέγοντας τα στοιχεία και κάνοντας απλουστευμένες παραδοχές των περιφερειακών ηλεκτρικών ποσοστών επιτρέπουν τον υπολογισμό της απλής περιόδου αποπληρωμής. Ο Πίνακας 7.11 συνοψίζει την αύξηση του κόστους του συστήματος, μείωση του ετήσιου κόστους λειτουργίας, και αντίστοιχη περίοδο αποπληρωμής για κάθε περιοχή.

	Αύξηση συστήματος κόστους [\$/ft ²].	Μείωση λειτουργικών κοστών [\$/ft ² /έτος].	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής [χρόνια].
<i>Βορειοανατολικά</i>	\$0,520	\$0,045	11.5
<i>Κεντροδυτικά</i>	\$0,147	\$0,026	5.6
<i>Νότια</i>	\$0,098	\$0,029	3.4
<i>Ορεινά</i>	\$0,147	\$0,039	3.7
<i>Ωκεάνια</i>	\$0,392	\$0,016	24

Πίνακας 7.11 Πλεονεκτήματα του εξαερισμού μετατόπισης για μικρά κτίρια γραφείων.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι ο εξαερισμός μετατόπισης έχει πολύ μεγάλες περιόδους αποπληρωμής στην περιοχή του Ειρηνικού, αν και ο Πίνακας 7.11 δείχνει τα υψηλότερα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτές τις περιοχές. Αυτό αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι τα εμπορικά κτίρια στο ήπιο κλίμα του Ειρηνικού έχουν σχετικά μικρή ετήσια κατανάλωση ενέργειας ψύξης, μειώνοντας την απόλυτη εξοικονόμηση ενέργειας (και, επομένως, εξοικονόμηση κόστους), ενώ τα αρχικά κόστη ενός συστήματος εξαερισμού μετατόπισης δεν αλλάζουν δραστικά.

Δεν βρέθηκαν μελέτες που να δείχνουν εξοικονόμηση ενέργειας σε πραγματικά κτίρια ή έστω προσομοίωση κατασκευών με πραγματική χρησιμότητα, ως εκ τούτου, τα οικονομικά της οικονομίας εξαερισμού μετατόπισης χρήζουν περαιτέρω μελέτης.

7.3.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Στις ΗΠΑ, οι περισσότεροι σχεδιαστές HVAC και εργολάβοι έχουν μικρή εξοικείωση με εξαερισμό μετατόπισης. Κατευθυντήριες γραμμές και διαδικασίες σχεδιασμού, δεν είναι προφανώς υιοθετημένες ή επικυρωμένες από τη βιομηχανία, και δεν έχουν μεταφερθεί σε σχεδιαστικά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η θεμελιώδης πολυπλοκότητα ενός σωστά σχεδιασμένου συστήματος εξαερισμού μετατόπισης είναι πολύ διαφορετική από την καθιερωμένη πρακτική της ανάμειξης εξαερισμού, και τα συμπληρωματικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης που απαιτούνται συχνά. Σε πιο υγρά κλίματα, συστήματα DV⁴⁰ μπορεί να απαιτούν χωριστή διαχείριση του εξωτερικού αέρα για τη διαχείριση της υγρασίας, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών εξάτμισης που χρησιμοποιούνται από τα συστήματα DV.

7.3.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Με βάση την δημοτικότητα των κτιρίων στην Ευρώπη, θα ήταν χρήσιμο να ελέγξουμε το κόστος, εξοικονόμησης ενέργειας, και οφέλη της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και του αερισμού μετατόπισης μελετώντας πώς λειτουργούν. Ως μέρος αυτής της διαδικασίας, θα ήταν σημαντικό να σημειώσουμε και τις διαφορές διεύθυνσης στα κτίρια και ψυκτικών φορτίων εξωτερικού αέρα μεταξύ κλιμάτων για να καταλάβουμε πόσο εύκολα θα μεταφραστεί σε διαφορετικά κλίματα των ΗΠΑ. Στη συνέχεια, εφόσον δικαιολογείται, το επόμενο βήμα θα είναι να πραγματοποιήσει έργα επίδειξης στις Ηνωμένες Πολιτείες για να καταδειχθεί η αποτελεσματικότητα του αερισμού μετατόπισης. Τέλος, πρέπει να αναπτυχθεί η εκπαίδευση και τα εργαλεία λογισμικού σχεδίασης για να εκπαιδευτούν οι σχεδιαστές και οι εργολάβοι στις Ηνωμένες Πολιτείες και να αυξηθεί η ευαισθητοποίηση και της γνώσης τους για τα οφέλη και τις πιθανές παγίδες του εξαερισμού μετατόπισης. Αναπτυξιακό δυναμικό «επόμενα βήματα» θα περιλαμβάνει την εφαρμογή με διαχυτές αέρα με τη δυνατότητα για υψηλότερες ταχύτητες αέρα κατά τη διάρκεια της θέρμανσης για να ενεργοποιησετε επαρκών “ρίξει” του θερμότερου αέρα, π.χ., ένα διαχυτή μεταβλητό διάφραγμα (μεγαλύτερο άνοιγμα κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης, μικρότερο άνοιγμα κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης).

7.4 Ηλεκτρονική Μεταγωγή Κινητήρων με Μόνιμους Μαγνήτες

7.4.1 Συνοπτική παρουσίαση

Κινητήρες ηλεκτρονικής μεταγωγής με μόνιμους μαγνήτες προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για την υπο-κλασματική αξιολόγηση ιπποδύναμης σε σχέση με τις πιο κοινές τεχνολογίες κινητήρων, αλλά έχουν περιορισμένο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας για κινητήρες αναπόσπαστης ιπποδύναμης (HP) λόγω των υψηλότερων αποδόσεων των συμβατικών κινητήρων επαγωγής σε αυτό το εύρος και των πρόσθετων απωλειών του ηλεκτρονικού κυκλώματος μεταγωγής που απαιτείται για τη

⁴⁰ DV → Displacement Ventilation.

λειτουργία του μόνιμου μαγνήτη εναλλακτικών κινητήρων. Οι αναπόσπαστοι κινητήρες HP αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 80% του συνόλου της εμπορικής κατανάλωσης ενέργειας του κινητήρα των συστημάτων HVAC, τα eCPM⁴¹ δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε εμπορικές εφαρμογές HVAC. Επιπλέον, οι ECMP κοστίζουν πολύ περισσότερο από ό, τι οι επαγωγικοί κινητήρες με μόνιμη διάσπαση πυκνωτή (PSC⁴²) εξαιτίας στους μικρότερους όγκους παραγωγής και της ανάγκη για μονάδα ελέγχου/ηλεκτρονικών ειδών. Παρ' όλα αυτά, οι eCPM προσφέρουν ελκυστική περίοδο αποπληρωμής για αρκετές εφαρμογές που χρησιμοποιούν κλασματική ισχύς κινητήρες HP, όπως φυσητήρες PTAC και μικροί ανεμιστήρες εξάτμισης.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Τρέχων.	ECPM κινητήρες μεγαλύτερη ισχύ από 1HP δεν είναι ακόμη διαθέσιμοι στην αγορά.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Όλοι οι κινητήρες HVAC.	Σχεδόν όλα τα οφέλη από eCPM είναι για αξιολογήσεις με ισχύ μικρότερη από 2 HP.
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.	Ναι.	Ιδιαίτερα για τα συστήματα εξαερισμού και αντλιών, λιγότερο για συμπιεστές.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	2.9/0.7	Στην πράξη, eCPM συνειδητοποιούν κυρίως οικονομικά αποδοτικά πλεονέκτημα εξοικονόμησης ενέργειας για την κλασματική αξιολογήσεις ισχύος HP.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.15	Λαμβάνοντας υπόψη μόνο ανεμιστήρα εξάτμισης, ενιαίο ανεμιστήρα του συμπυκνωτή, και RAC, PTAC, μικρούς και μεσαίους ενιαίους φυσητήρες.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	2.5+ χρόνια.	Χαμηλότερη για τις πολύ μικρούς (1/10ο HP) κινητήρες, αυξάνεται με το μέγεθος του κινητήρα.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Βελτιωμένη άνεση των επιβατών.	Μόνο για λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας, καθώς αυτό επιτρέπει την καλύτερη αντιστοίχιση του εξαερισμού με τις ανάγκες θέρμανσης/ψύξης, μειώνοντας τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	A.O. Smith, POWERTEC Industrial Corporation, General Electric, Emerson, AMETEK.	
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Εξαρτάται.	Για κινητήρες κλασματικής αξιολογήσεις ισχύος HP, οι eCPM προσφέρουν σημαντική μείωση της ζήτησης αιχμής οικονομικά αποδοτική. Σε αναπόσπαστες εφαρμογές της HP, όπου eCPM παρέχουν σχετικά μικρή οικονομικά αποδοτική βελτίωση της αποτελεσματικότητας, ηλεκτρονική εισαγωγή δίσκου τρέχουσα αρμονική παραμόρφωση μπορεί να αλλοιώσει την ποιότητα ισχύος, όπου υπάρχει εντατική χρήση των μονάδων αυτών.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές Τεχνολογία "Επόμενα βήματα"	Κλασματικοί κινητήρες ισχύος HP (για τους ανεμιστήρες των καυσαερίων).	Μείωση του κόστους των eCPM.

Πίνακας 7.12 Σύνοψη χαρακτηριστικών ηλεκτρονικής μεταγωγής κινητήρων με μόνιμους μαγνήτες.

7.4.2 Ιστορικό

Οι eCPM, επίσης γνωστοί ως κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες, χρησιμοποιούν διάφορους μαγνήτες συνδεδεμένους με ένα ρότορα και ενός στάτορα με ηλεκτρικές περιελίξεις που δημιουργούν ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Καθώς κινείται ο ρότορας, γίνεται μεταγωγή στις περιελίξεις του στάτη, δηλαδή ενεργοποιείται σε φάση με τη θέση των μόνιμων μαγνητικών πόλων επί του

⁴¹ ECMP → Electronically Commutated Permanent Magnet.

⁴² PSC → Permanent Split Capacitor.

δρομέα. Για τον έλεγχο χρονισμού μετατροπής, η θέση του ρότορα ανιχνεύεται και τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα χωρίς ψήκτρες στο μοτέρ μεταβλητής ταχύτητας (VSD⁴³) και χρησιμοποιήθηκε για το χρονοδιάγραμμα της μεταγωγής των τρανζίστορ εξόδου για τον έλεγχο του ρεύματος στις περιελίξεις του κινητήρα. Οι eCPM συμπεριφέρονται σαν κλασικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος, η ταχύτητα τους είναι ανάλογη με την τάση και η ροπή είναι ανάλογη με το ρεύμα. Απαιτούν έλεγχο κινήσεων για να λειτουργήσουν σωστά. Ως εκ τούτου, επειδή το οριακό κόστος για την παροχή ελέγχου τάσης (η οποία ελέγχει την ταχύτητα), μέσω διαμορφωτές εύρους παλμού (PWM⁴⁴) είναι αμελητέα, οι eCPM είναι εγγενώς κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας.

Κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες εξοικονομούν ενέργεια με δύο τρόπους. Αρχικά, η λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας ταιριάζει με την ταχύτητα που απαιτείται από την εφαρμογή, επιτρέποντας αντλίες, ανεμιστήρες, συμπιεστές να ανταποκριθούν αποτελεσματικά σε μερικά φορτία. Αυτό αποφεύγει τις απώλειες κύκλου που προκαλούνται από το άνοιγμα-κλείσιμο της λειτουργία και στραγγαλισμού ζημιών που δημιουργήθηκαν από τη ροή στραγγαλισμού (π.χ., με αποσβεστήρες ή βαλβίδες). Δεύτερον, κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες προσφέρουν συνήθως ανώτερες αποδόσεις σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες επαγωγής στην κλασματική τάξη ισχύος.

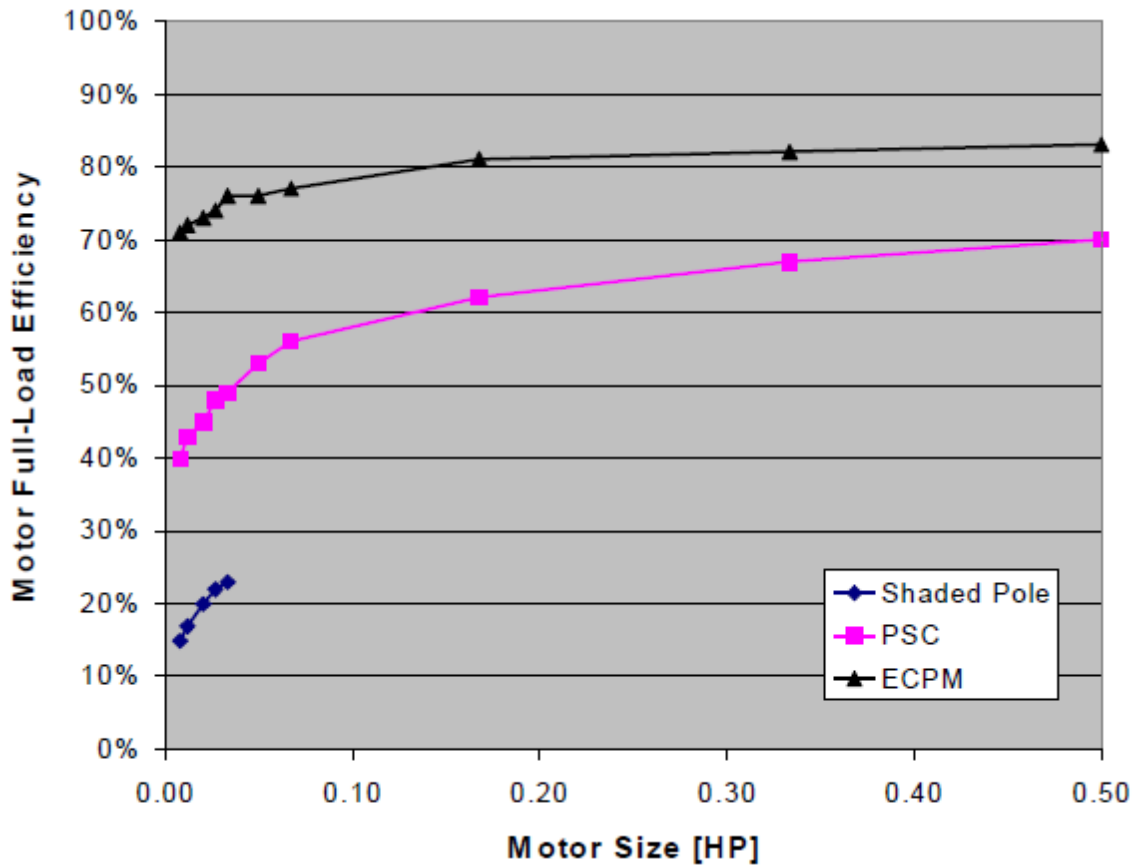
7.4.3 Απόδοση

Συνοπτική παρουσίαση: Από μόνες τους, οι eCPM μπορεί να επιτύχουν πολύ μέτρια εξοικονόμηση ενέργειας σε εφαρμογές συστημάτων HVAC, κυρίως επειδή προσφέρουν μόνο σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση (10%) επειδή χρησιμοποιούν συνήθως σκιασμένο κινητήρα επαγωγής στο υπο-κλασματικό φάσμα ισχύος με αναπόσπαστους κινητήρες που ευθύνονται για τη συντριπτική πλειονότητα των πιο εμπορικών καταναλώσεων ενέργειας. Όταν συνδυάζεται με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου και δύναμης για να επιτευχθεί λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας, ο συνδυασμός αυτός μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας στις περισσότερες εφαρμογές HVAC κατά τουλάχιστον 30% σε σχέση με έναν κινητήρα επαγωγής μιας ταχύτητας.

Η Εικόνα 7.2 δείχνει ότι οι eCPM προσφέρουν σημαντική βελτίωση της αποτελεσματικότητας σε σχέση με το μόνιμο διαχωρισμό πυκνωτή και σκιερό κινητήρα στη σχέση ισχύος.

⁴³ VSD → Variable Speed Drive.

⁴⁴ PWM → Pulse Width Modulators.



Εικόνα 7.2 Υπο-κλασματική υποδύναμη κινητήρα βελτίωσης αποτελεσματικότητας.

Επιπλέον, στο κλασματικό εύρος της ισχύς, οι eCPM διατηρούν την αποτελεσματικότητά τους σε ένα ευρύτερο φάσμα φορτίων από τους συμβατικούς (τριφασικούς) επαγωγικούς κινητήρες, δηλαδή, ένα κενό απόδοσης τουλάχιστον 5% σε πλήρες φορτίο θα αυξηθεί σε 10-15% σε ελαφρύτερα φορτία. Κατά συνέπεια, συνεχείς κινητήρες χωρίς ψήκτρες μπορεί να πραγματοποιήσουν σημαντικά κέρδη αποδοτικότητας για RAC⁴⁵ και τις εφαρμογές ανεμιστήρα ΡΤΑC, με κάπως μικρότερα κέρδη για τους μικρούς ενιαίους ανεμιστήρες και μεγαλύτερο μοτέρ ανεμιστήρα του συμπυκνωτή (βλέπε Πίνακα 7.13).

Εφαρμογή	Μέγεθος Κινητήρα (HP)	Κατανάλωση Ενέργειας (quads)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (quads)	Αποπληρωμή (χρόνια)
Δωμάτιο κλιματισμού φουσητήρα.	1/10 – 1/3	0.017	20%	0.0033	7.7
Συσκευασμένο τερματικό κλιματισμού φουσητήρα.	1/10 – 1/4	0.010	33%	0.0033	2.6
Μικροί ενιαίοι φουσητήρες.	1/4 – 3/4	0.066	33%	0.022	N/A
Μικροί ενιαίοι συμπυκνωτές.	1/4 – 1/2	0.026	33%	0.0088	N/A
Μεσαίοι ενιαίοι φουσητήρες.	1 – 5	0.091	11%	0.010	N/A

Πίνακας 7.13 Κλασματική υποδύναμη κινητήρων χωρίς ψήκτρες σε εμπορικά κτίρια.

Αναφέροντας μια συγκεκριμένη πιθανή εφαρμογή, προσομοιώσεις μίας ενιαίας μονάδας 10-ton που λειτουργεί σε ένα μικρό κτίριο γραφείων της Νέας Υόρκης διαπίστωσε ότι η λειτουργία μεταβλητής

⁴⁵ RAC → Refrigeration and Air Conditioning.

ταχύτητας ενός συνεχούς κινητήρα χωρίς ψήκτρες που χρησιμοποιείται για τον ανεμιστήρα του συμπυκνωτή θα μείωνε τη συνολική κατανάλωση της μονάδας ενέργειας κατά τη διάρκεια της ψύξης σε ολόκληρη τη σεζόν με μόλις πάνω από 6% σε σχέση με ένα συμβατικό κινητήρα. Αυτό μεταφράζεται σε μια απλή περίοδο αποπληρωμής περίπου 13 με 31 χρόνια.

Αν και δεν αναφέρονται στον Πίνακα 7.13, ανεμιστήρες εξάτμισης μπορεί να αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη (σε μέγεθος) δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας για κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται με ανεμιστήρες εξάτμισης κυμαίνονται από 0,1 μέχρι και περισσότερο από 5HP σε μέγεθος, και καταναλώνει 0,49 quads της ενέργειας. Υποθέτοντας ένα μέσο μέγεθος κινητήρα μεταξύ 0.25 και 0.5HP. Η Εικόνα 7.2 δείχνει ότι οι ηλεκτρονικής μεταγωγής κινητήρες με μόνιμους μαγνήτες μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση του κινητήρα από 67-82%, ένα τεχνικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας περίπου 0.11 quads.

Στην πράξη, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν ενσωματωμένο μοτέρ ισχύος αντιπροσωπεύουν τη συντριπτική πλειοψηφία (> 80%) των εμπορικών συστημάτων HVAC κατανάλωσης ενέργειας του κινητήρα. Πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν προμοδοτήσεις ασφάλειας σε κινητήρες απόδοσης με αναπόσπαστο το μέγεθος της ισχύς, μειώνοντας περαιτέρω το όφελος επαγωγής των επιδόσεων του κινητήρα.

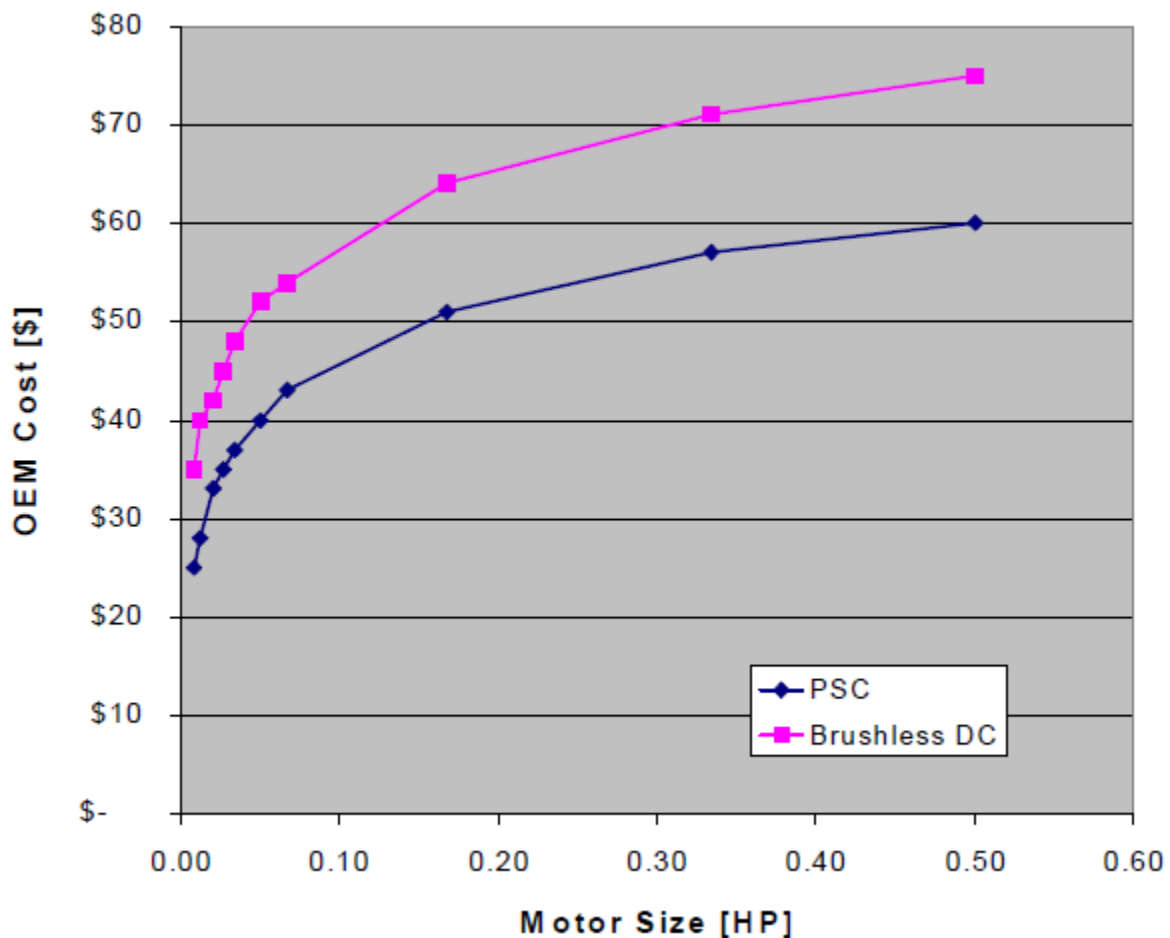
Μέχρι στιγμής, η δυνατότητα για λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας προσφέρει μεγαλύτερο όφελος στις ECPM. Οι ECPM απαιτούν εγγενώς ηλεκτρονική καθοδήγηση και εξοπλισμό για να γίνει σωστά η μεταγωγή των τρανζίστορ εξόδου για τον έλεγχο του ρεύματος στις περιελίξεις του κινητήρα. Έτσι, για ένα μικρό οριακό κόστος για την παροχή ελέγχου τάσης, τα ECPM γίνονται εύκολα κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας. Θα πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι οι εξοικονομήσεις αυτές οφείλονται στο VSD, και όχι μόνο στους συνεχείς κινητήρες χωρίς ψήκτρες. Για κλασματικούς κινητήρες ισχύς, τα eCPM έχουν περίπου 15% υψηλότερη απόδοση από ό, τι επαγωγικών κινητήρων με VSD.

7.4.4 Κόστος

Συνοπτική παρουσίαση: Οι eCPM κοστίζουν πολύ περισσότερο από ό, τι οι κινητήρες επαγωγής σε όλες τις κλίμακες μεγεθών. Στην σχέση ισχύος, οι μελέτες δείχνουν ότι οι eCPM προσφέρουν περίοδο αποπληρωμής πάνω από 2.5 χρόνια, σε εμπορικές εφαρμογές συστημάτων HVAC.

Επί του παρόντος, οι eCPM είναι σημαντικά πιο ακριβοί από τους κινητήρες επαγωγής λόγω της ανάγκης για ηλεκτρονική ισχύς ελέγχου, καθώς και πολύ χαμηλότερο ετήσιο όγκο παραγωγής. Η Εικόνα 7.3 παρουσιάζει OEM⁴⁶ κόστος των eCPM σε σχέση με τους PSC κινητήρες για μια εφαρμογή ανεμιστήρα ψυγείου. Οι eCPM θεωρούνται ότι έχουν τα ηλεκτρονικά οδήγησης μιας ταχύτητας ενσωματωμένα με τον κινητήρα.

⁴⁶ OEM → Original Equipment Manufacturer.



Εικόνα 7.3 Κόστος των κινητήρων χωρίς ψήκτρες, και για κινητήρες μόνιμης λειτουργίας με πυκνωτές εκκίνησης.

Στις περισσότερες εφαρμογές HVAC, καθώς αυξάνεται το μέγεθος του κινητήρα και η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των eCPM, σε σχέση με κινητήρες επαγωγής, μειώνεται, οι eCPM γίνονται πιο ελκυστικοί σε πολλές εφαρμογές HVAC. Για παράδειγμα, τα RTAC μοτέρ φυσητήρα (1/10^ο έως 1/4^ο της ισχύς) έχουν περίπου μια απλή περίοδο αποπληρωμής στα 2.5 χρόνια. Για έναν κινητήρα RAC φυσητήρα (1/10^ο έως 1/3^ο της ισχύς) η απόσβεση αυξάνεται σε σχεδόν 8 χρόνια. Ομοίως, ένας ECPM μεταβλητής ταχύτητας χρησιμοποιείται ως μοτέρ του ανεμιστήρα του συμπυκνωτή (1/4 της ισχύς) για ένα το 10-τοπ κτίριο που συζητήθηκε στην προηγούμενη ενότητα έχει ένα κόστος \$160 για τις μεγάλες αγορές όγκου, με σχεδόν 13 χρόνια περίοδο αποπληρωμής. Ανεμιστήρες εξάτμισης φαίνεται να είναι μια αξιοσημείωτη εξαίρεση σε αυτή την τάση, με τους eCPM να προσφέρουν περίπου δύο χρόνια απλή αποπληρωμή.

Τελικά, με σημαντική αύξηση του όγκου παραγωγής, την τιμή της κλασματικής ισχύς των eCPMs (χωρίς ενσωματωμένη ή ξεχωριστά συσκευασμένη ηλεκτρονική μονάδα) αναμένεται να προσεγγίσει αυτή την υπερτίμηση των επαγωγικών κινητήρων. Ομοίως, κλασματική ECPM και επαγωγή κόστος μοτέρ πρέπει επίσης να συγκλίνουν (υποθέτοντας μεγάλες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες όγκους του κινητήρα). Παρ'όλα αυτά, κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες κοστίζουν σήμερα περίπου \$50/HP περισσότερο από έναν κινητήρα επαγωγής με μετάδοση μεταβλητής ταχύτητας.

7.4.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Το αρχικό κόστος στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες σε σχέση με τους κινητήρες επαγωγής, καθοδηγείται κυρίως από τα ηλεκτρονικά κίνησης και ελέγχου του κόστους και χαμηλότερων όγκων παραγωγής, είναι ο πρωταρχικός παράγοντας που αποτρέπει την αύξηση της χρησιμοποίησης μοτέρ συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες σε εφαρμογές HVAC.

7.4.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Περαιτέρω μείωση κόστους των κινητήρων συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες και ενσωματωμένο ή ξεχωριστά συσκευασμένα ηλεκτρονικά δίσκο τους είναι απαραίτητη ώστε να επιτευχθεί σημαντική διείσδυση στα εμπορικές εφαρμογές HVAC. Για παράδειγμα, τουλάχιστον μία εταιρεία προσπάθησε να μειώσει το κόστος του στάτη με υποκατάσταση ενός πλαστικού στάτορα “πλαίσιο” για ένα συμβατικό πυρήνα σιδήρου, με ανάμεικτα αποτελέσματα απόδοσης. Συνολικά, η συνεχιζόμενη σμίκρυνση και εμπορευματοποίηση των ελέγχων και των ηλεκτρονικών ειδών θα πρέπει να μειώσει περαιτέρω το κόστος των κινητήρων συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες. Μια πολύ αυξημένη ζήτηση για κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες με ενσωματωμένη ή ξεχωριστά συσκευασμένων ηλεκτρονική μονάδα - πιθανόν σε μια εφαρμογή εκτός των εμπορικών HVAC είναι αναγκαία για την πραγματοποίηση των απαραίτητων για τη μείωση του κόστους του ίδιου του κινητήρα.

7.5 Ενθαλπία/Ανάκτηση Ενέργειας από Εναλλάκτες Θερμότητας για Εξαερισμό

7.5.1 Περιγραφή

Εναλλάκτες θερμότητας ανάκτησης ενέργειας αέρα-αέρα, μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη και τον εξαερισμό του αέρα ανανέωσης. Η τεχνολογία αυτή είναι οικονομικά αποδοτική, με περίοδο αποπληρωμής που κυμαίνεται από 1-3 χρόνια στις περισσότερες εφαρμογές. Η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε οποιοδήποτε κτίριο που είναι εύλογα καλό-κατασκευασμένο, με τον αγωγό αέρα επιστροφής/εξαγωγής που βρίσκεται κοντά στον φρέσκο αέρα ανανέωσης εισαγωγής. Επί του παρόντος, τα ERV προσδιορίζονται μόνο για περίπου 1% των πιθανών εφαρμογών, έτσι, ένα μεγάλο αναξιοποίητο δυναμικό για εξοικονόμηση ενέργειας υπάρχει με αυτή την τρέχουσα τεχνολογία.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Τρέχων.	Πολύ περιορισμένα (1%) των πιθανών εφαρμογών.
<i>Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.</i>	Μεγάλο μέρος όλων των μονάδων διαχείρισης ανανεώσιμου αέρα εξαερισμού.	Ανάγκη εξαγωγής του αέρα από το κτίριο να κατευθύνεται κοντά στο σημείο όπου βρίσκεται η εισαγωγή αέρα. Το κέλυφος του κτίριο πρέπει να είναι “σφικτό” έτσι ώστε μικρή πιθανή πίεση αέρα στους εσωτερικούς χώρους να μπορεί να διατηρηθεί χωρίς να χαθεί όλη η ποσότητα αέρα.
<i>Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.</i>	Ναι.	Με την εφαρμογή των περιορισμών που αναφέρθηκαν παραπάνω.
<i>Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).</i>	1.3	Η ενέργεια που καταναλώνεται για την θέρμανση ή ψύξη του εξαερισμού ανανεώσιμου αέρα για εσωτερική θερμοκρασία/υγρασία.
<i>Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).</i>	0.5-0.6	Μειώνει την ΟΑ κλιματισμού ενέργειας (θέρμανση και ψύξη), καταναλώνει επιπλέον ενέργεια σε περίπτωση πτώση πίεσης.
<i>Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.</i>	1-3 χρόνια.	Ποικίλλει ανάλογα με τη θέση και τον τύπο του κτιρίου.
<i>Μη ενεργειακά οφέλη.</i>	Βελτιωμένο έλεγχο υγρασίας και άνεση των επιβατών.	Μειώνει την ποδηλασία από τα AHU και τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης για να μειώσετε εναλλαγές της θερμοκρασίας.
<i>Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.</i>	Airxchange, Aaon, Siebu Geiken, Semco, Munters.	
<i>Αιχμή μείωση της ζήτησης.</i>	Ναι, σημαντικό.	Η μέγιστη ενέργεια ψύξης και κατανάλωσης ενέργειας και δύναμης συμβαίνουν στο πιο ζεστές καιρικές συνθήκες, μειώνοντας σημαντικά της ζήτησης αιχμής κατά την ίδια στιγμή που το ηλεκτρικό δίκτυο βιώνει αιχμής της ζήτησης.
<i>Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”</i>	Κτίρια σε ζεστά-υγρά κλίματα ή ψυχρά κλίματα. Επίδειξη - απόδοση, εξοικονόμηση κόστους και την αξιοπιστία παιδείας - διάδοση αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με τις επιδόσεις και την οικονομία	

Πίνακας 7.14 Σύνοψη χαρακτηριστικών συστημάτων ανάκτησης ενέργειας από εναλλάκτες θερμότητας, για εξαερισμό.

7.5.3 Ιστορικό

Και οι δύο τεχνολογίες ανήκουν στην κατηγορία του εξοπλισμού που είναι γνωστή ως ανεμιστήρες ανάκτησης θερμότητας (HRV⁴⁷) ή ανεμιστήρες ανάκτησης ενέργειας (ERV⁴⁸), τα οποία τοποθετούνται σε μονάδες εξαερισμού που λαμβάνουν στο εξωτερικό αέρα, ενώ τον εξαερισμό του εσωτερικού αέρα. Η Εικόνα 7.4 απεικονίζει την βασική διάταξη, όπου εξερχόμενος αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου περνάει μέσα από τη μία πλευρά του εναλλάκτη, σε αντίθετη ροή με τον εισερχόμενο αέρα ανανέωσης ο οποίος περνά μέσα από την άλλη πλευρά του εναλλάκτη. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης, ο πιο ψυχρός εσωτερικός αέρας περνά μέσα από το θερμαντικό τροχό και ψύχει αυτό το τμήμα του τροχού. Όταν το ψυχθέν τμήμα του τροχού περιστρέφεται σε θερμότερο με υπαίθρια ρεύματα αέρα, προ-ψύχει τον εισερχόμενο εξωτερικό αέρα. Η μεταφορά της θερμότητας αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, δηλαδή, ο τροχός μεταφέρει θερμότητα από το θερμότερο εσωτερικό αέρα για την προθέρμανση του εισερχόμενου

⁴⁷ HRV → Heat Recovery Ventilator

⁴⁸ ERV → Energy Recovery Ventilator

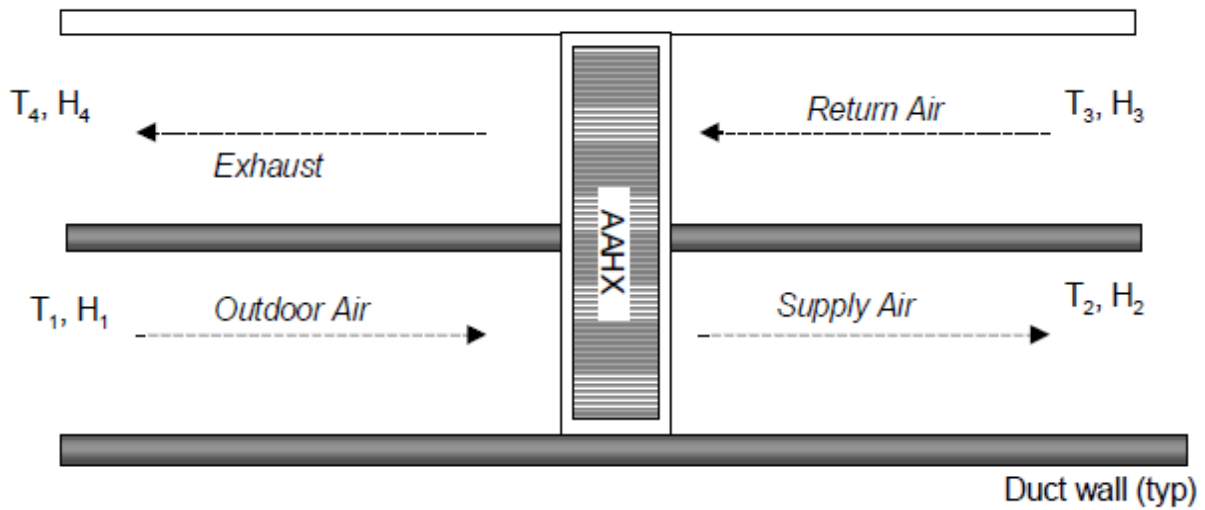
εξωτερικού αέρα. Ο εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να μεταφέρει αισθητή θερμότητα μόνο ή μπορεί να μεταφέρει τόσο αισθητή όσο και λανθάνουσα θερμότητα.

Αρκετές διαμορφώσεις έχουν γίνει στους εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα και είναι σε χρήση. Ρυθμίσεις στα πλακοειδές πτερύγια μεταφέρουν μόνο αισθητή θερμότητα μεταξύ αέρα ανανέωσης και σε ρεύματα εξαγωγής αέρα.

Διαμορφώσεις των πλακών κατασκευάζονται με διαπερατά πλαστικά που μπορούν να μεταφέρουν λανθάνουσα θερμότητα, όμως κανένα προϊόν με βάση την αρχή αυτή δεν έχει εμπορευματοποιηθεί σε σημαντική κλίμακα. Κυκλικό βρόγχοι χρησιμοποιούν ένα κύκλωμα νερού για τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ ξεχωριστού αέρα με εναλλάκτες θερμότητας νερού με κάθε ένα από τα καυσαέρια και ρεύματα ανανεώσιμου αέρα, όταν ο ανανεώσιμος αέρας και τα ρεύματα εξαγωγής δεν βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με το άλλο.

Τροχοί θερμότητας και ενθαλπίας σιγά-περιστρεφόμενοι δίσκοι κατασκευάζονται από λεπτό μέταλλο, πλαστικό, χαρτί ή κεραμικές επιφάνειες, όπως κηρήθρα ή ένα τυχαίο πλέγμα, για να δημιουργήσουν πολύ μεγάλες περιοχές επιφάνειας. Τροχοί ενθαλπίας χρησιμοποιούν τους ίδιους τύπους επιφανειών μεταφοράς θερμότητας και ενσωματώνουν αποξηραντικό υλικό, πήκτωμα πυριτίου ή ένα μοριακό κόσκινο, τα οποία επιτρέπουν συνολική μεταφορά ενθαλπίας, η είναι, αμφότερα μάζα και μεταφοράς θερμότητας. Εφαρμογή των τροχών ανάκτηση ενέργειας σε μονάδες του τελευταίου ορόφου γίνεται σήμερα σε περιορισμένη βάση, κυρίως σε εξειδικευμένες εφαρμογές, όπου τα οφέλη είναι προφανή, π.χ., αντικατάσταση του ανεμιστήρα εξάτμισης σε χώρους με υψηλή υγρασία ή/και εφαρμογές αέρα υψηλής μακιγιάζ.

Όταν ο εξωτερικός αέρας εξαερισμού εισάγεται στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου σε υψηλότερη ή χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία στο εσωτερικό του, πρέπει να ψύχεται ή να θερμαίνεται (αντίστοιχα) για να το φέρει στην θερμοκρασία του χώρου. Με τη χρήση της μεταφοράς θερμότητας με το ρεύμα αέρα εξαγωγής για να προ-ψυχτεί (κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης) ή για να προ-θερμανθεί (θέρμανση σεζόν) ο εισερχόμενος εξωτερικός αέρας, εναλλάκτες θερμότητας μειώνουν το λογικό μέρος του αερισμού που προκαλεί κλιματισμό και θέρμανση φορτίων. Τροχοί ενθαλπίας μεταφέρουν επίσης την υγρασία και έτσι μειώνουν τη λανθάνουσα ψύξη και θέρμανση (αφύγρανση και ύγρανση, αντίστοιχα) στο τμήμα του φορτίου αερισμού.

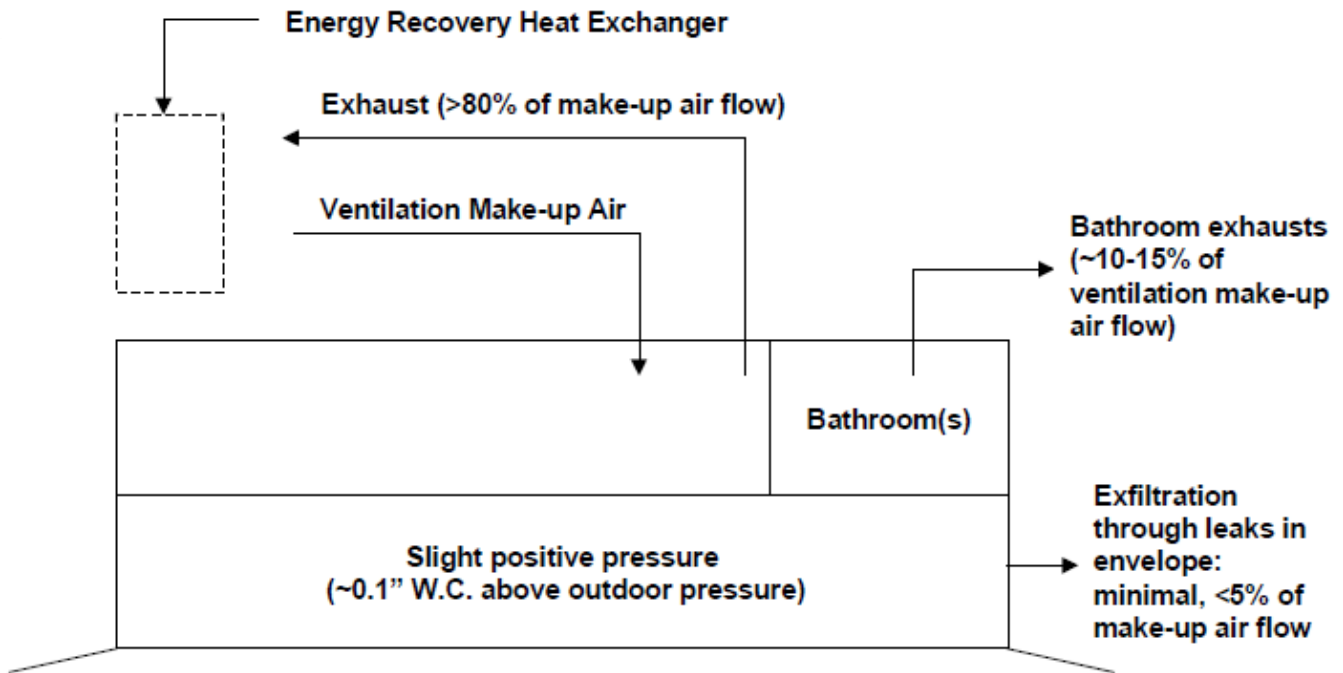


Εικόνα 7.4 Γενική διαμόρφωση ενός εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση ενέργειας σε εφαρμογές εξαερισμού.

Μια ERV για να παρέχει την δυναμική της ψύξη και την προθέρμανση των επιδόσεων, είναι απαραίτητο η ροή του αέρα εξαγωγής να πληρεί δύο βασικές προϋποθέσεις:

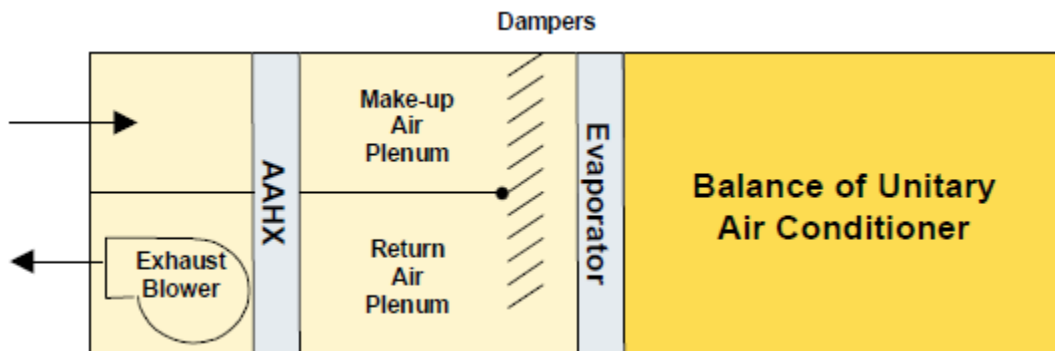
- Ο ρυθμός ροής πρέπει να είναι ένα σημαντικό ποσοστό του ρυθμού ροής του ανανεώσιμου αέρα (πάνω από, ας πούμε, 75%).
- Η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα εξαγωγής πρέπει να είναι κοντά σε εκείνη του κλιματιζόμενου χώρου (δηλαδή, η απώλεια θερμότητας ή κέρδος της απόδοσης ή της εξάτμισης αγωγό πρέπει να είναι μικρή).

Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 7.5, ο ηχητικός σχεδιασμός και οι πρακτικές κατασκευής πρέπει να τηρούνται για το κέλυφος του κτιρίου, έτσι ώστε να είναι λογικά σφιχτό, από την μεριά του αέρα. Σε τυπικά εμπορικά κτίρια, περίπου 10-15% του ρυθμού ροής του ανανεώσιμου αέρα είναι ξεχωριστός για να εξαντληθεί από τις εξατμίσεις του μπάνιου. Αν το κέλυφος του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των παραθύρων και θυρών, είναι εύλογα στεγανό, μπορεί να λειτουργεί σε μια ελαφρώς θετική πίεση, αποτρέποντας τη διείσδυση της άνευ όρων αέρα μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο, με ελάχιστη εκ διήθηση, βελτιώνοντας την άνεση των επιβατών και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου. Ο προκύπτων ρυθμός ροής του αέρα εξαγωγής που μπορεί να συλλεχτεί και να περάσει αν και ο εναλλάκτης θερμότητας ανάκτησης ενέργειας θα είναι τουλάχιστον το 80% του ποσοστού ροής ανανεώσιμου αέρα.



Εικόνα 7.5 Σε ένα “σφιχτό” κατασκευασμένο κτίριο, η ροή του αέρα εξάτμισης που ρέει από τους εξαεριστήρες ανάκτησης ισούται με σημαντική μερίδα της ροής του αέρα ανανέωσης.

Εναλλάκτες θερμότητας ανάκτησης ενέργειας αέρα-αέρα μπορούν να ενσωματωθούν με απλή συσκευασία στη στέγη με μοναδιαία κλιματιστικά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.6. Επί του παρόντος, η εταιρία *Aason* προσφέρει μια ολοκληρωμένη οικογένεια προϊόντων με ενσωματωμένο εναλλάκτη ενθαλπίας.



Εικόνα 7.6 Ενιαίο σύστημα κλιματιστικού με ένα εργοστασιακό ολοκληρωμένο ΑΑΗΧ⁴⁹.

7.5.3 Απόδοση

Συνοπτική παρουσίαση: Ενθαλπία και οι τροχοί θερμότητας μπορούν να μειώσουν την αιχμή φορτίου θέρμανσης και ψύξης έως και κατά το ένα τρίτο, μειώνοντας μεγέθη των εγκαταστάσεων θέρμανσης/ψύξης, πραγματικές τιμές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές κλιματικές και εξωτερικές απαιτήσεις του αέρα. Μια ανάλυση δοχειοθέτησης για ένα κτίριο γραφείων της Νέας Υόρκης έδειξε ότι μια μονάδα 10 τόνων,

⁴⁹ ΑΑΗΧ → Air to Air Heat Exchanger
Συλλιγνάκης Στέφανος

εφοδιασμένη με ένα τροχό ενθαλπίας, πραγματοποιεί για μια περίοδο αποπληρωμής ενός έτους, μείωσε την ετήσια θέρμανση και την ψύξη της κατανάλωσης ενέργειας κατά 35%. Τροχοί θερμότητας και ενθαλπίας μπορεί να προσεγγίσουν το 80% της θερμότητας (και μάζα).

Μία εν εξελίξει μελέτη TAX έδειξε ότι σε μία μονάδα στον τελευταίο όροφο, στην πόλη της Νέας Υόρκης (NYC), με το σύστημα VAV, ένα τροχό ενθαλπίας θα αυξήσει συστήματος το συνολικό κόστος κατά 33%, αλλά και να αυξήσει σημαντικά, των χώρων (ft²) ότι η μονάδα θα μπορούσε να σερβίρισμα. Το καθαρό αποτέλεσμα ήταν η αύξηση ~ 6% στο κόστος του συστήματος. Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ισοφάρισε στο 35%, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες ανά κεφάλι, το οποίο μεταφράζεται σε 1-έτους της περιόδου απλής αποπληρωμής. Όταν συνδυάζεται με ένα οικονομητήρα στην ίδια μικρή εφαρμογή γραφείου NYC, διαφορετικές εφαρμογές επιτευχθεί ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 35 έως 49%, στο 6-15% κόστους παραγωγής (που αντανakλούν αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος), με απλές περιόδους αποπληρωμής κυμαίνεται από 1-2 χρόνια. Η αποτελεσματικότητα της ανταλλαγής της συσκευής θεωρείται μειώνεται από 80% σε 60% καθώς αυξάνεται η ταχύτητα ροής από 50% έως το 100% της σχεδίασης, ενώ πτώση πίεσης αυξάνεται από 0,5. έως 1,0 in.

Σε μια μελέτη του *Collier* (1997), η οποία αφορούσε κυρίως ενεργά αποξηραντικά, εναλλάκτες θερμότητας ανάκτησης ενέργειας εξετάστηκαν επίσης. Ανέλαβε έως 67% απόδοση για τροχό ενθαλπίας. Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται από την ισχύ του ανεμιστήρα/κινητήρα που απαιτείται για να ξεπεραστεί πτώση πίεσης και ογκομετρικής ροής για το σύστημα. Ετήσιες προσομοιώσεις αθροίζοντας την ανακτηθέντα ενέργειας (ψύξης και θέρμανσης) και αέρα που κινείται δύναμη προβλεπόμενου πρωτογενούς ενέργειας COP κυμαίνονται 2.7 έως 33.1, ανάλογα σε μεγάλο βαθμό από μετωπική ταχύτητα, λιγότερο κατά γεωγραφική τοποθεσία.

7.5.4 Κόστος

Η τεχνολογία είναι οικονομικά αποδοτική, όχι μόνο λόγω της μείωσης του κόστους ενέργειας, αλλά και επειδή η ικανότητα ψύξης σε συνθήκες σχεδιασμού που παρέχονται, επιτρέπει την ικανότητα κλιματισμού του κτιρίου να μειωθεί, μειώνοντας το κόστος του κλιματιστικού. Μέσο κόστος φαίνεται να είναι \$1.50/CFM μόνο για τον τροχό. Το εύρος των εκτιμώμενων δαπανών περιλαμβάνει \$2.50/CFM \$4-\$5/CFM για το βασικό σύστημα αερισμού ανάκτησης ενέργειας σε εμπορικά κτίρια. Για τροχούς ενθαλπίας ή θερμότητας: \$ 1.25 / CFM έναντι \$ 1 / CFM για εναλλάκτες θερμότητας επίπεδης πλάκας (*Zetec, 2000*) και την τιμή του \$ 3.000 για τροχό 2.000cfm (\$1.50/CFM για την πλήρη κασέτα) (*ADL, 2000*). Υπό συνθήκες αιχμής, ένας τόνος ψύξης ισούται περίπου 170cfm.

7.5.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Εναλλάκτες θερμότητας ανάκτησης ενθαλπίας/ενέργειας για εξαερισμό υποφέρουν από μια αντίληψη του τριτοβάθμιου πρώτο κόστους στην αγορά, σε ορισμένες περιπτώσεις, επειδή οι σχεδιαστές του συστήματος HVAC δεν λαμβάνουν πλήρη πίστωση για την *offset* ικανότητα ψύκτη (κόστος) που παρέχεται από τη συσκευή. Ορισμένες εφαρμογές δεν μπορούν να απασχολούν τους τροχούς ενθαλπίας / θερμότητας, επειδή απαιτούν σύνθετες εισαγωγές αέρα και αεραγωγούς για να λειτουργήσουν. Τροχοί θερμότητας επίσης θεωρούνται ότι έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις συντήρησης από επίπεδες συσκευές

εναλλάκτη θερμότητας, λόγω του κινούμενου τμήματος και την επιχειρησιακή εμπειρία. Ρύπανση μπορεί επίσης να είναι ένα πρόβλημα, ιδιαίτερα σε ψυχρότερα κλίματα κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης από το πάγωμα, επειδή μειώνει την αποτελεσματικότητα του εναλλάκτη θερμότητας και μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη πτώση πίεσης της συσκευής (και την εξουσία ανεμιστήρα) από την αυξημένη απόφραξη της ροής.

7.5.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Επίδειξη και επαλήθευση της εξοικονόμησης ενέργειας και την αξιοπιστία λειτουργίας και συντήρησης των προϊόντων τρέχουσας τεχνολογίας, καθώς και σε βάθος ανάλυση της σχέσης κόστους και εξοικονόμησης ενέργειας σε διαφορετικές τοποθεσίες και για διαφορετικούς τύπους κτιρίων.

7.6 Αντλίες Θερμότητας για Ψυχρά Κλίματα

7.6.1 Περιγραφή

Μια αντλία θερμότητας που έχει βελτιστοποιηθεί και έχει επιλεγεί για χαμηλά φορτία θέρμανσης θα επεκτείνει το φάσμα της εφαρμογής των αντλιών θερμότητας στο βόρειο μισό των ΗΠΑ, εκτοπίζοντας κάποια θερμότητα ηλεκτρικής αντίστασης. Οι αντλίες θερμότητας δεν χρησιμοποιούνται ευρέως για κλιματισμό εμπορικών κτιρίων, διότι η ζέση του φυσικού αερίου είναι σήμερα ένα σχετικά φθινό πρόσθετο για τον εξοπλισμό κλιματισμού στον τελευταίο όροφο και γενικά παρέχει χαμηλότερο κόστος θέρμανσης. Το δυναμικό για την αύξηση του μεριδίου αγοράς και το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι αντίστοιχα μικρό.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα. <i>Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.</i>	Προηγμένα/ νέα. Χώρος θέρμανσης-Βόρεια.	3-4 χρόνια.
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.	Εξαρτάται.	Ναι, αν υπάρχει αγωγός διανομής αέρα για ζεστό αέρα (σε αντικατάσταση της μονάδας με φυσικό αέριο με μια μονάδα αντλίας θερμότητας). Όχι-εάν δεν υπάρχει αγωγός.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	1.2	Όλα τα συστήματα θέρμανσης με αντλία θερμότητας σε εμπορικά κτίρια.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.1	Περίπου το 10% της θέρμανσης σε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας για το μέγεθος της αντλίας θερμότητας και για το φορτίο θέρμανσης, σε σχέση με ένα φούρνο αερίου.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	4-5 χρόνια χωρίς αποπληρωμή.	4-5 χρόνια εναντίον συμβατικής αντλίας θερμότητας. Χωρίς αποπληρωμή (το ενεργειακό κόστος είναι υψηλότερο) εναντίον αέριο θερμότητας.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Βελτιωμένη άνεση επιβατών.	Υψηλότερη θερμοκρασία αέρα μειώνει την αντλία θερμότητας “κρύο χτύπημα”.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.		U. Illinois, Urbana Champaign-(βελτιωμένη απόδοση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες), U. Μέριλαντ, Purdue U. (αντλίες θερμότητας CO2), Global Group.
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Πιθανόν.	Η αύξηση της αποτελεσματικότητας της θέρμανση μειώνει το χειμώνα την αιχμή της ζήτησης. Ορισμένες προσεγγίσεις σχεδιασμού βελτιώνουν επίσης την αποδοτικότητα της ψύξης, μειώνοντας το καλοκαίρι τη ζήτηση αιχμής.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές		Η μετατόπιση της ηλεκτρικής αντίστασης θέρμανσης.
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”		Ποια είναι τα κόστη και τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας των συστημάτων διπλού συμπιεστή; Ποια είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και για άλλους τύπους συμπιεστή και σε διαφορετικά κλίματα;

Πίνακας 7.15 Σύνοψη χαρακτηριστικών για αντλίες θερμότητας για ψυχρά κλίματα.

7.6.2 Ιστορικό

Συμβατικές αντλίες θερμότητας αέρα είναι στην ουσία ένα κλιματιστικό με βαλβίδα αναστροφής και μερικά άλλα δευτερεύοντα συστατικά που προστίθενται για να επιστρέψει ο κύκλος ατμού στην αντλία θερμότητας, είτε έξω από τον κλιματιζόμενο χώρο (για ψύξη χώρου) ή στον κλιματιζόμενο χώρο (για θέρμανση χώρου). Η προκύπτουσα αύξηση του κόστους είναι πολύ μικρή, σε σύγκριση με ένα κλιματιστικό με ηλεκτρική αντίσταση θέρμανσης, και πολύ μικρότερο από το κόστος της προσθήκης ενός κλιβάνου αερίου. Η συντριπτική πλειοψηφία των συστημάτων αυτών είναι εγκατεστημένα σε μέτριες έως θερμές περιοχές των Η.Π.Α. Τυπικά, η δυναμικότητα προσδιορίζεται να πληροί τις απαιτήσεις ψύξης του κτιρίου. Όποια και αν είναι η θερμαντική δυναμικότητα, αυτή η παροχή χρησιμοποιείται κατά προτίμηση σε ηλεκτρική αντίσταση θερμότητας, η οποία χρησιμοποιείται για να συμπληρώσει την έξοδο της αντλίας θερμότητας όπως απαιτείται για να ανταποκριθεί το φορτίο θέρμανσης. Η δυναμικότητα των αντλιών θερμότητας κύκλου ατμού πέφτει γρήγορα καθώς πέφτει η εξωτερική θερμοκρασία - συνήθως η δυναμικότητα των 17°F από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μόνο το μισό της χωρητικότητας σε θερμοκρασία περιβάλλοντος που φτάνει τους 47°F. Το φορτίο θέρμανσης του κτιρίου, από την άλλη πλευρά, αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέφτει. Στα θερμότερα μέρη των ΗΠΑ, η διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και το εύρος των εξωτερικών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης είναι τέτοια ώστε η αντλία θερμότητας να είναι σε θέση να ανταποκρίνεται στις περισσότερες από τις απαιτήσεις θέρμανσης, με σχετικά

μικρή ηλεκτρική αντίσταση θέρμανσης. Αυτό οδηγεί σε πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (κόστος θέρμανσης) από ό, τι θα πρέπει να πραγματοποιούνται με τη λιγότερο δαπανηρή εναλλακτική λύση κλιματισμού χώρου για αυτές τις περιοχές, ένα κλιματιστικό με ηλεκτρική θέρμανση αντίσταση. Για τις συμβατικές αντλίες θερμότητας, η αποφυγή της ηλεκτρικής αντίστασης θέρμανσης είναι η κύρια βάση της εξοικονόμησης ενέργειας. Στην πραγματικότητα, ακόμη και σε μέτριες εξωτερικές θερμοκρασίες (45-50 °F), η κύρια ενεργειακή απόδοση σε θερμότητα με μια αντλία θερμότητας μπορεί να συγκριθεί μόνο με εκείνη ενός συμβατικού κλιβάνου αερίου συμπίκνωσης, ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος η κύρια ενεργειακή απόδοση της αντλίας θερμότητας είναι μικρότερη. Σε ψυχρότερα κλίματα, σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής αντίστασης θερμότητας χρειάζονται, με αποτέλεσμα η απόδοση θέρμανσης να είναι πολύ ακριβή και μη ικανοποιητική.

Μια αντλία θερμότητας “0-Βαθμών” είναι μια έννοια για τα σχέδια της αντλίας θερμότητας που λειτουργούν αποτελεσματικά σε ψυχρά κλίματα (μέχρι 0°F), και δεν περιορίζεται σε οποιαδήποτε μεμονωμένη τεχνολογία. Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι για τους οποίους οι παραδοσιακές αντλίες θερμότητας δεν είναι κατάλληλες για θέρμανση σε ψυχρά κλίματα. Ο πρώτος λόγος, όπως συζητήθηκε παραπάνω, είναι ότι η ψύξη στα φορτία σχεδιασμού είναι μικρότερη από τη θέρμανση τους (με μεγάλη διαφορά σε ψυχρά κλίματα), έτσι αντλίες θερμότητας είτε για θέρμανση (που απαιτεί συμπληρωματική θέρμανση) ή υπερμεγέθη για ψύξη (που σημαίνει υψηλότερο κόστος εξοπλισμού και χαμηλότερη απόδοση λειτουργίας για τα παραδοσιακά συστήματα μονού συμπιεστή). Ο δεύτερος λόγος είναι ότι η απόδοση του κύκλου θέρμανσης μειώνεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα μειώνεται, επειδή η ανύψωση της θερμοκρασίας κατά μήκος του συμπιεστή αυξάνεται. Πολλές τροποποιήσεις και τεχνολογίες σχεδιασμού έχουν προταθεί ή να εισαχθούν (μεμονωμένα και σε συνδυασμό) για τις αντλίες θερμότητας για να ξεπεραστούν αυτά τα δύο εμπόδια συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων συμπιεστή μεταβλητής χωρητικότητας και των συστημάτων νερού.

Συστήματα συνδυασμού εδάφους/νερού: Το πρόβλημα της μειωμένης απόδοσης του κύκλου θέρμανσης σε ψυχρό αέρα του περιβάλλοντος εξαλείφεται ουσιαστικά όταν ο εξατμιστής αφαιρεί θερμότητα από το νερό του εδάφους ή από νερό βιομηχανικής χρήσης (σε μια υψηλότερη και πιο σταθερή θερμοκρασία από τον εξωτερικό αέρα). Σε αυτά τα συστήματα, οι αντλίες θερμότητας προσφέρουν σχεδόν σταθερή θέρμανση και ψύξη και είναι αποδοτικές όλο το χρόνο. Τα συστήματα συνδυασμού δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ασυμφωνίας θέρμανσης και ψύξης, αλλά μπορεί να μετρηθούν με βάση το θερμικό φορτίο σχεδιασμού. Η προκύπτουσα πάνω από το μέγεθος για την ψύξη μπορεί να γίνει δεκτή (σε ψυχρά κλίματα η περίοδος ψύξης είναι σύντομη και οι σωρευτικές κυρώσεις της ύπαρξης μεγάλου μεγέθους για ψύξη δεν είναι μεγάλη) ή να διορθωθούν με τη χρήση διπλών συμπιεστών ή ένα συμπιεστή μεταβλητής χωρητικότητας. Ενώ, μεγάλη έμφαση στις εργασίες για τις αντλίες θερμότητας ψυχρού κλίματος έχει γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, το κύριο εμπόδιο για την ευρεία χρήση τους είναι το κόστος για την εγκατάσταση της πηγής θερμότητας του εδάφους.

Συστήματα συμπιεστή μεταβλητής χωρητικότητας στοχεύουν στο πρώτο εμπόδιο της ασυμφωνίας των φορτίων. Οι επιλογές περιλαμβάνουν διπλούς συμπιεστές, συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας, ή ένα μεταβλητό κύλινδρο παλινδρομικών συμπιεστών. Ουσιαστικά η ικανότητα του συμπιεστή έχει τέτοιο μέγεθος ώστε τα φορτία σχεδιασμού θέρμανσης να πληρούνται στην πλήρη δυναμικότητα του συμπιεστή, ενώ τα ψυκτικά φορτία σχεδιασμού να συναντούν την μερική (αλλά ακόμα αποτελεσματική) ικανότητα του συμπιεστή. Συμπιεστές μεταβλητής χωρητικότητας δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της μειωμένης απόδοσης του κύκλου θέρμανσης σε ψυχρό αέρα του περιβάλλοντος.

Το μεγαλύτερο μέρος της εμπειρίας με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας είναι σε οικιακές εφαρμογές κλιματισμού χώρου, με σχετικά μικρή εφαρμογή για τον εμπορικό κλιματισμό χώρου. Εμπορικές εφαρμογές μπορεί να είναι εγγενώς κατάλληλες για ψυχρότερες καιρικές συνθήκες από ό, τι οικιακές εφαρμογές, επειδή μεγαλύτερη χωρητικότητα απαιτεί περισσότερη ψύξη για τα εσωτερικά φορτία και αντισταθμίζει την υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Στη λειτουργία θέρμανσης, η μεγαλύτερη χωρητικότητα ψύξης μεταφράζεται σε μεγαλύτερη χωρητικότητα θέρμανσης με αντλία θερμότητας και τα εσωτερικά φορτία του αέρα τροφοδοσίας μειώνουν την καθαρή θέρμανση. Κατά μέσο όρο, αυτό θα μπορούσε να αυξήσει το εύρος των κατάλληλων κλιμάτων κατά περίπου 5°F ψυχρότερο σε σχέση με οικιακές εφαρμογές. Ακόμα για ψυχρότερα κλίματα, απαιτούνται πρόσθετα μέτρα για τη βελτίωση των επιδόσεων πηγής αέρα.

Μέχρι την θερμοκρασία των 40°F, οι αντλίες θερμότητας καταναλώνουν λιγότερη πρωτογενή ενέργεια από τους λέβητες αερίου ή φούρνους για να παραδώσουν την ίδια ποσότητα θερμότητας και ουσιαστικά λιγότερη πρωτογενή ενέργεια από τα ηλεκτρικά. Εάν οι αντλίες θερμότητας μπορούσαν να σχεδιαστούν για να παρέχουν επαρκή ικανότητα θέρμανσης και επίτευξη υψηλότερων πρωτογενών ενεργειακών αποδόσεων σε σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες, τότε οι αντλίες θερμότητας θα μπορούσαν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης σε μεγαλύτερο εύρος περιοχής της βόρειας Αμερικής από ό, τι είναι δυνατό σήμερα. Επιλογές για να επιτευχθεί αυτό περιλαμβάνουν:

- Πολλαπλοί συμπιεστές ή ένας διπλός συμπιεστής με μεταβλητή ή ενισχυμένη δυναμικότητα, έτσι ώστε όταν προστεθεί να μπορεί να φέρει στο προσκήνιο, όσο η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει και οι δομικές φορτία στο χώρο αυξηθούν.
- Η αυξημένη εξωτερική χωρητικότητα του πηνίου (*πάνω στην επιφάνεια βάσης, περισσότερη μετωπική επιφάνεια, αύξηση της δυναμικότητας του ανεμιστήρα*) για να επιτρέψει περισσότερη θερμότητα πρέπει να παραλαμβάνεται από τον αέρα χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος με λιγότερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εισόδου αέρα και της εξάτμισης του ψυκτικού μέσου. Αυτό είναι ουσιαστικά το ίδιο πράγμα με υπέρ διαστασιολόγηση του ρυθμιστή στην εξωτερική πλευρά της αντλίας θερμότητας, αλλά σε συνδυασμό με τη μεταβλητή χωρητικότητα του συμπιεστή θα έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη EER λειτουργία ψύξης.
- Το CO² είναι μια πολλά υποσχόμενη επιλογή για το ψυκτικό μέσο για τις αντλίες θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος, επειδή η καμπύλη πίεσης σε θερμοκρασία ατμού είναι πιο επίπεδη από ό, τι για τα συμβατικά ψυκτικά (*παρέχοντας μεγαλύτερη χωρητικότητα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος από μια παρόμοια συμβατική αντλία θερμότητας*). Απόρριψη θερμότητας απλώνεται πάνω από ένα ευρύτερο φάσμα θερμοκρασίας, έτσι ώστε οι υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα να μπορούν να ληφθούν χωρίς θερμοδυναμική ποινή
- Με τη χρήση μηχανικών υγρών υπόψυξης παρέχεται μια πρόσθετη αύξηση του αριθμού της χωρητικότητας (10%) και της απόδοσης (5%).
- Βελτιστοποίηση των εσωτερικών και εξωτερικών κυκλωμάτων συνδεσμολογίας του πηνίου για τη λειτουργία θέρμανσης.

7.6.3 Απόδοση

Συνοπτική παρουσίαση: Αντλίες θερμότητας συμπιεστή μεταβλητής χωρητικότητας για μεγαλύτερα φορτία θέρμανσης εξοικονομούν περίπου 3-10% της κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με μια μικρότερη αντλία θερμότητας μόνο για τα μικρότερα φορτία ψύξης. Μια προκαταρκτική ανάλυση ενός παρόμοιου μεγέθους αντλίας θερμότητας CO² υποδηλώνει ότι θα μπορούσε να καταναλώνουν λίγο περισσότερο από το ένα χρησιμοποιώντας ένα συμβατικό ψυκτικό, καθώς οι χαμηλότερες τιμές COP αντισταθμίζουν τη μείωση της ηλεκτρικής αντίστασης θέρμανσης.

ΤΙΑΧ εκτελείται μια απλή ανάλυση, χρησιμοποιώντας μια αντλία θερμότητας 10 EER συσκευασμένη, με ομαδοποιημένα δεδομένα καιρού για ένα μικρό γραφείο στο Σικάγο. Η ανάλυση συγκρίνει μια αντλία θερμότητας 5-ton με τη χρήση δύο σταδίων συμπιεστή (μεταβλητό κύλινδρο τύπου, Bristol TS™) έναντι μιας αντλίας θερμότητας 10-ton που αποτελείται από ένα 5-ton συμπιεστή μεταβλητής χωρητικότητας και ένα 5-ton πρότυπο συμπιεστή. Επιπλέον, και οι δύο επιλογές σε σύγκριση με μια συμβατική επιλογή θέρμανσης, δηλαδή, ένας κλίβανος AFUE⁵⁰ 80% (βλέπε Πίνακα 7.16).

Τύπος Συστήματος	Εκτιμώμενη τιμή συστήματος.	Κόστος λειτουργίας.	Περίοδος αποπληρωμής. [χρόνια]	Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας.
Κλίβανος	Βασική.	\$510	Βασική.	102
Αντλία θερμότητας 5-ton.	\$0	\$910	5 ως 6	126
Αντλία θερμότητας 10-ton.	\$1.150	\$680	Ποτέ.	93

Πίνακας 7.16 Σύγκριση κόστους και ενέργειας με κλίβανο.

Η ανάλυση έδειξε ότι η μονάδα 10-ton μείωσε την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση κατά 25% περίπου σε σχέση με τη μονάδα 5-ton. Σε σχέση με ένα κλίβανο, η 10-ton μονάδα θα εξοικονομήσει περίπου 10% σε σχέση με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Τα δεδομένα των δοκιμών αυτών δείχνουν ότι χρησιμοποιώντας το διοξείδιο του άνθρακα ως το εργαζόμενο ρευστό, σε χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος (-8.3°C ή 17°F) είναι περίπου 35% πιο υψηλό από ό, τι θα ήταν στην περίπτωση με R-410A, υποθέτοντας ότι τα δύο συστήματα έχουν μέγεθος για την ίδια ψυκτική ικανότητα.

7.6.4 Κόστος

Συνοπτική παρουσίαση: Για ένα μικρό γραφείο στο Σικάγο, μια “υπερμεγέθη” αντλία θερμότητας, θα κάνει απόσβεση σε περίπου 5 χρόνια σε σχέση με μια αντλία θερμότητας σχεδιασμένη για να καλύψει το ψυκτικό φορτίο (με βάση το πληροφορίες για τις επιδόσεις που αναφέρονται παραπάνω). Ωστόσο, σε σχέση με έναν φούρνο, η αντλία θερμότητας “μεγάλου μεγέθους” δεν μπορεί να κάνει απόσβεση επειδή έχει ένα μεγαλύτερο αρχικό κόστος και θα κοστίσει περισσότερο για να λειτουργήσει από ένα φούρνο αερίου ή πετρελαίου. Πολύ μικρή ανάλυση κόστους έχει γίνει για να καταστεί δυνατή η αξιόπιστη εκτίμηση της διαφοράς του κόστους εξοπλισμού μεταξύ CO² και συμβατικών ψυκτικών μέσων. Εμπειρογνώμονες του

⁵⁰ AFUE → Annual Fuel Utilization Efficiency

κλάδου κλιματισμού έχουν δείξει ότι η πρωτοδότηση κόστους για τις εκπομπές CO² τουλάχιστον κατά 20% θα μπορούσαν να αναμένεται σε περίπου συγκρίσιμη EER.

Μία μεγάλη ομάδα ειδικών υποστηρίζει ότι *“Η εφαρμογή της διπλής μονάδας ή συμπιεστών δύο ταχυτήτων είναι οικονομικά απαγορευμένη. Ένας συμπιεστής δύο ταχυτήτων απαιτεί πέντε συνδέσεις των ακροδεκτών, σύμπλεξη επαφής, και εξωτερική προστασία κινητήρα, έτσι ώστε, σε ορισμένες περιπτώσεις, μια διπλή μονάδα να κοστίζει περισσότερο από το διπλάσιο του ενιαίου συμπιεστή”*. Ακόμα υποστηρίζουν τη χρήση ενός συμπιεστή διπλής χωρητικότητας για να παρέχει την απαραίτητη διαμόρφωσης κόστους αποτελεσματικά. Το οριακό κόστος ανέρχεται στο οριακό κόστος της μεγαλύτερης διπλής χωρητικότητας συμπιεστή σε σχέση με την χαμηλότερη ικανότητα του συμπιεστή ενιαίας ταχύτητας. Από την άλλη πλευρά, μια διπλή μονάδα μπορεί να έχει ένα παρόμοιο κόστος, αν οι συμπιεστές που παράγονται σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Προσθέτοντας την ικανότητα του συμπιεστή για χρήση σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος προσθέτει κυρίως το κόστος της επιπλέον χωρητικότητας του συμπιεστή. Και οι δύο προσεγγίσεις είναι μια μινιμαλιστική προσέγγιση, με επιπτώσεις χαμηλού κόστους, αλλά αντίστοιχα μέτρια επίδραση στην χαμηλώσει το σημείο ισορροπίας και καμία βελτίωση της χαμηλής απόδοσης του περιβάλλοντος. Ενώ και οι δύο μπορεί να μειώσει το σημείο ισορροπίας, η απόδοση της αντλίας θερμότητας συνεχίζει πτώση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, έτσι ώστε η προσέγγιση είναι ελκυστική μόνο σε σχέση με τη χρήση ηλεκτρικών θερμική αντίσταση.

Χρησιμοποιώντας την ίδια ανάλυση όπως παραπάνω, TIAX τον υπολογισμό του πρόσθετου κόστους και αποπληρωμής (βλέπε Πίνακα 7.16). Το σύστημα συμπιεστή μεταβλητής χωρητικότητας έχει αποπληρωμή περίπου 5 ετών σε σύγκριση με μια αντλία θερμότητας 5-ton χωρίς την επιπλέον χωρητικότητα του συμπιεστή. Αντί να χρησιμοποιούν ένα τυποποιημένο συμπιεστή 5-ton και μεταβλητής χωρητικότητας 5 τόνων συμπιεστή, ένα ενιαίο μεταβλητής χωρητικότητας 10 τόνων συμπιεστής μπορεί να είναι μια φθηνότερη επιλογή του σχεδιασμού, που θα συντομεύσει την απόσβεση λίγο.

7.6.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Υπάρχει μια γενική αντίληψη ότι αντλίες θερμότητας δεν αποτελούν βιώσιμη λύση θέρμανσης για ψυχρά κλίματα. Η έλλειψη της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας σε σύγκριση με τις συμβατικές επιλογές χώρου θέρμανσης φυσικού αερίου περιορίζει την ελκυστικότητα αυτής της επιλογής σε καταστάσεις χωρίς φυσικό αέριο, όπου οι αντλίες θερμότητας μπορούν να εκτοπίσουν την ηλεκτρική αντοχή στη θερμότητα.

7.6.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Μια πιο ενδελεχής μελέτη του σχεδιασμού του CO² με βάση γωνιόμορφη μεταβολή συντελεστή πίεσης αντλίας θερμότητας ψυχρού κλίματος 10-25 τόνους, θα αποτελέσει τη βάση για τη σύγκριση της πρωτογενούς ενεργειακής απόδοσης με άλλες εναλλακτικές, και για την εκτίμηση της πρωτοδότησης του κόστους κατασκευής έναντι των συμβατικών κλιματιστικών οροφής (με τη θερμότητα του φυσικού αερίου).

7.7 Βελτιωμένη Στεγανοποίηση Αγωγών

7.7.1 Περιγραφή

Οι διαρροές στους αγωγούς είναι μια σημαντική πηγή σπατάλης ενέργειας στα συστήματα HVAC και, τόσο η κακή ποιότητα κατασκευής όσο και η αποτυχία της στεγανώσεως συμβάλλει στη διαρροή των αγωγών. Συστήματα στεγανοποίησης αγωγών *αερολύματος* σφραγίζουν αποτελεσματικά τις υπάρχουσες διαρροές, αλλά δεν εγγυώνται ότι οι σφραγίδες δεν θα αποτύχουν στο μέλλον - ειδικά αν ο αγωγός ήταν κακώς στηριγμένος - και οι αρθρώσεις με την πάροδο του χρόνου απομακρύνονται λόγω της θερμικής και της κυκλικής πίεσης. Για να μειώσετε τις απώλειες ενέργειας από τη διαρροή των αεραγωγών, οι μελλοντικές προσπάθειες θα πρέπει να επικεντρωθούν στη βελτίωση της ποιότητας της εγκατάστασης αγωγού.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
<i>Τεχνική αρτιότητα.</i>	Τρέχων.	Βελτιωμένες διαδικασίες σφράγισης αγωγού είναι νέες για την αγορά, όπως το σύστημα AeroSeal (το οποίο, όπως του Y2000, έχει εφαρμοστεί σε περίπου 2.000 κατοικίες).
<i>Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.</i>	Όλοι οι αγωγοί.	Επιδρά στην ισχύ του ανεμιστήρα, της ενέργειας, και της ενέργειας θέρμανσης ψύξης στα κεντρικά και συσκευασμένα συστήματα HVAC.
<i>Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.</i>	Ναι.	Βελτιωμένες διαδικασίες σφράγισης του αγωγού θα πρέπει είτε να εφαρμοστούν σε νέο αγωγό, ή σε υπάρχοντα αγωγό χωρίς να απαιτούνται σημαντικές διαρθρωτικές αλλαγές.
<i>Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).</i>	3.5	Θέρμανση, ψύξη, και παρασιτικές ενέργειες που συνδέονται με τα κεντρικά και συσκευασμένα συστήματα HVAC.
<i>Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).</i>	0.23	Βασισμένο σε μείωση ψύξης, θέρμανσης, παροχής κατά 6,5%.
<i>Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.</i>	7-14 χρόνια.	Με βάση τα ετήσια λειτουργικά έξοδα HVAC \$0.60/ft ² .
<i>Μη ενεργειακά οφέλη.</i>	Μειωμένη προσφορά ανεμιστήρα θέρμανσης/ψύξης.	Όταν σφραγίζεται κατά τη στιγμή της εγκατάστασης, και μόνο.
<i>Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.</i>		AeroSeal, Inc., LBNL.
<i>Αιχμή μείωση της ζήτησης.</i>	Ναι.	Τα υψηλότερα ποσοστά ροής αέρα εμφανίζονται σε περιόδους αιχμής φορτίου ψύξης, με αποτέλεσμα υψηλότερα ποσοστά διαρροής.
<i>Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές</i>		Μικρά εμπορικά κτίρια με περιορισμούς κόστους που δεν παρήγγειλε και είναι, ως εκ τούτου, επιρρεπείς σε κακοτεχνίες. Περιοχές με υψηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (φορτία αιχμής).
<i>Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”</i>		Την ανάπτυξη “αλάθητων” προτύπων για τη διαρροή των αεραγωγών που θεωρούν δύο κύριους παράγοντες: (1) το σχεδιασμό του αγωγού και η δεξιοτεχνία σε θέματα που ενθαρρύνουν τα συστήματα αγωγών χαμηλής διαρροής κατά τη στιγμή της εγκατάστασης, και (2) τη στήριξη του διαρθρωτικού αγωγού και στεγανωτικών υλικών σε ζητήματα ιδιοκτησίας, ότι η ελαχιστοποίηση της μακροχρόνιας αποτυχίας λόγω της θερμικής και της κυκλικής πίεσης.

Πίνακας 7.17 Σύνοψη χαρακτηριστικών για συστήματα με βελτιωμένη στεγανοποίηση των αγωγών.

7.7.2 Ιστορικό

Όλοι οι αγωγοί έχουν κάποιο βαθμό διαρροής, αλλά οι μετρήσεις από *Fisk et al. (1998)* σε συστήματα ενός εμπορικού κτιριακού αγωγού διαπίστωσε ότι η διαρροή του αγωγού υπέρβαση της ASHRAE συνιστάται από διαρροή της τάξης περίπου ενός συντελεστή 20 (*ASHRAE, 1998*), και ότι οι συνδέσεις στα έργα του αγωγού (π.χ., *διαχυτές*) είναι ιδιαίτερα τρύπιες. Παρατήρησαν ότι διάφορα εμπορικά συστήματα με ελαφρύ αγωγό είναι γεμάτα με σφάλματα, συμπεριλαμβανομένων είτε σχισμένο ή ακόμα και απουσία εξωτερικού καλύμματος αγωγού, κακοτεχνίες γύρω από αγωγό απογειώσεις και εξαρτήματα, αποσυνδέεται αγωγών, και δεν έχουν εγκατασταθεί σωστά στον αγωγό. Ακόμη και με κατάλληλα σφραγισμένο αγωγό, θερμικές κυκλικές βλάβες αυξάνουν τη διαρροή με την πάροδο του χρόνου. Με τον κύκλο πίεσης, επίσης, μπορεί να φθαρούν σφραγίδες αγωγού με την πάροδο του χρόνου από τις αρθρώσεις που οδηγεί σε αυξημένη διαρροή - ειδικά όταν ο αγωγός δεν υποστηρίζεται επαρκώς κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης.

Αγωγοί *αερολύματος* σφραγίζουν τις τρύπες στο συστήματα με μπαλώματα στις ρωγμές, σε διαρροές αγωγών χρησιμοποιώντας ένα σπρέι κόλλας. Το σύστημα ψεκάζει με ανασταλτικό μίγμα κόλλας στον αγωγών και μετά αφαιρείται από τους διαχυτές και μπλοκάρει όλες τις άκρες για να σφραγίσει το σύστημα (*προσέχοντας να μην απομονώσει τυχόν πηνία, αποσβεστήρες, κλπ για την πρόληψη της ρύπανσης*). Η ανασταλτική κόλλα στη συνέχεια κινείται σε όλο το σύστημα υπό την πίεση του αγωγού και αφήνει μέσα από τις ρωγμές ή τρύπες που βρίσκει κολλήσει στα άκρα καθώς αφήνει και σχηματίζουν σιγά σιγά μια νέα σφραγίδα.

Επισκευή και επιδιόρθωση των διαρροών σε συστήματα αγωγών HVAC εξοικονομεί ψύξη, θέρμανση και ενέργεια του ανεμιστήρα. Δεδομένου ότι ο σκοπός των αγωγών είναι να παραδώσει θερμά ή διατηρημένα με απλή ψύξη αέρα σε ένα κλιματιζόμενο χώρο, οποιαδήποτε διαρροή στον αγωγό σημαίνει ότι θα χρειαστεί επιπλέον αέρας, που πρέπει να παρέχεται έτσι ώστε αρκετός αέρας να φτάνει στον κλιματιζόμενο χώρο. Σφράγιση τυχόν διαρροών σε ένα σύστημα αγωγών μειώνει την ποσότητα του θερμού ή ψυχρού αέρα όταν ανεμιστήρας τροφοδοσίας πρέπει να χειριστεί για να παραδώσει την ίδια ποσότητα αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο.

7.7.3 Απόδοση

Συνοπτική παρουσίαση: Κατά μέσο όρο, τυπικά εμπορικά κτίρια έχουν συστήματα αγωγών που διαρρέουν μεταξύ 10-20% της συνολικής ροής του αέρα που παρέχεται από τον ανεμιστήρα της προσφοράς, με περίπου το μισό της διαρροής αγωγού εκτός του κλιματιζόμενου χώρου. Χρησιμοποιώντας μεθόδους αγωγού *αερολύματος* μειώνουν τη διαρροή των αεραγωγών μέχρι και 2-3% του συνόλου της ροής του αέρα που παρέχεται, τη μείωση ψύξη, θέρμανση, και παρασιτικές κατανάλωση ενέργειας των συστημάτων HVAC αγωγού που βασίζεται σε 4-9%.

Ενώ η διαρροή των αγωγών σε ιδιωτικά κτίρια είναι διαβόητη, μικρά εμπορικά κτίρια πραγματικά υποφέρουν τα χειρότερα ποσοστά διαρροής αγωγού και μεγάλα εμπορικά κτίρια έχουν τα χαμηλότερα ποσοστά διαρροής αγωγού. Μικρά εμπορικά κτίρια συνήθως δεν είναι αναθετημένα σε κάποιον αρμόδιο (*σε αντίθεση με μεγαλύτερα κτίρια*), έτσι ώστε τα προβλήματα διαρροής αγωγού δεν έχουν εντοπιστεί. Επιπλέον, τα μεγαλύτερα εμπορικά κτίρια συχνά περιλαμβάνουν μια κατασκευή HVAC, οδηγώντας σε καλύτερες πρακτικές κατασκευής και εποπτεία σε σχέση με πολλά μικρότερα εμπορικά κτίρια.

Ερευνητές αναφέρουν ότι, κατά μέσο όρο για όλα τα εμπορικά κτίρια, μεταξύ 10-20% του συνολικού αέρα που παρέχεται από τον ανεμιστήρα εφοδιασμού χάνεται σε διαρροές. Όμως δεν χάνεται πλήρως ο αέρας που διαρρέει έναν αγωγό, ωστόσο, δεδομένου ότι περίπου το ήμισυ του συνολικού συστήματος αγωγών σε ένα τυπικό κτίριο βρίσκεται εντός κατειλημμένο χώρο. Τα συστήματα, όπως σφράγιση *Aeroseal*[®], είναι αποδεδειγμένο ότι μειώνουν σημαντικά τη διαρροή των αεραγωγών. Σε εμπορικά κτίρια, το σύστημα σφράγισης αερολύματος έχει μειώσει τα ποσοστά διαρροής μεταξύ 2-3%. Το πρόβλημα της διαρροής αγωγού, ωστόσο, πάει πέρα από τις διαρροές στεγανοποίησης. Οι αγωγοί είναι συχνά ανεπαρκώς στηριγμένοι προκαλώντας τον αγωγό να “τραβήξει” χώρια, όταν βρίσκεται υπό πίεση, και οι σφραγίδες μπορεί να αποτύχουν με την πάροδο του χρόνου. Ως εκ τούτου, εάν ένα σύστημα ερμητικά κλειστό, έχει εγκατασταθεί και οι σφραγίδες που απέτυχαν λόγω της κακής κατασκευής του αγωγού, τότε η σφράγιση με αερόλυμα μπορεί να παρέχει μόνο μια προσωρινή λύση, εκτός εάν η ρίζα του προβλήματος είναι σταθερή.

Έτσι, αυξάνεται η διαρροή αγωγού θέρμανσης και ψύξης κατανάλωσης ενέργειας κατά 4-9%. Επιπλέον, ο αέρας “χάνεται” στο διάστημα και θα απαιτήσει από τον ανεμιστήρα να λειτουργεί σε υψηλότερο επίπεδο (για ένα σύστημα VAV) ή περισσότερο (CAV) για να παραδώσει τον απαιτούμενο κλιματισμό χώρου, αυξάνοντας την προσφορά, την επιστροφή και την κατανάλωση ενέργειας ανεμιστήρα εξάτμισης από 4-9%.

7.7.4 Κόστος

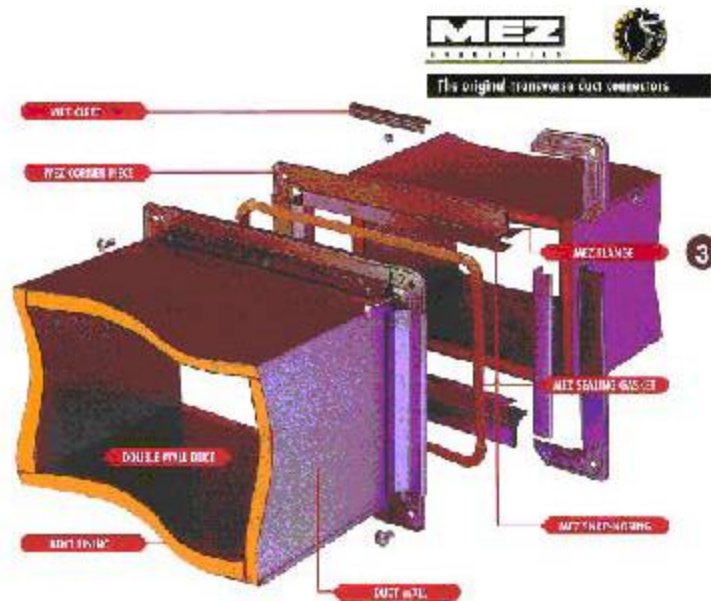
Η σφράγιση του αγωγού με αερολύματα είναι μια υπηρεσία υψηλής έντασης εργατικού δυναμικού, που κοστίζει περίπου \$0.40/ft², στα μικρά εμπορικά κτίρια κοστίζουν λίγο λιγότερο και στα μεγάλα εμπορικά κτίρια κοστίζουν λίγο περισσότερο (λόγω των πολλαπλών μονάδων διαχείρισης του αέρα). Αυτό αντανακλά ότι οι αγωγοί σφράγισης κοστίζουν μεταξύ \$600-\$1000 για οικιακές υπηρεσίες σε ένα σπίτι 2.000ft². Εκτιμάται ότι ένα μέσο εμπορικό κτίριο ξοδεύει περίπου \$0.60/ft² κάθε χρόνο σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας HVAC. Επίσης μια υπηρεσία σφράγισης αγωγού με αερολύματα θα κάνει απόσβεση σε περίπου 10 χρόνια. Ωστόσο, εάν το υποκείμενο συγκρότημα του αγωγού είναι κακό, δεν είναι σαφές πόσο καιρό η σφράγιση αγωγού θα διαρκέσει αποτελεσματικά. Ένας σύμβουλος της βιομηχανίας HVAC που σχεδιάζει συστήματα HVAC για την κατασκευή κατοικιών εκτιμά ότι η λήψη του χρόνου για να σφραγιστούν σωστά οι αγωγοί είναι της τάξης των \$0.20/ft² μαζί με το κόστος εγκατάστασης. Ωστόσο, εξασφαλίζοντας τη σωστή εγκατάσταση (συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών/θέση σε λειτουργία των αγωγών) θα μπορούσε να ανέβει μέχρι και \$1/ft².

7.7.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Ιδιοκτήτες κτιρίων που ανησυχούν περισσότερο για τα αρχικά κόστη είναι πιο πιθανό να έχουν διαρροές στα συστήματα αγωγών, και θα είναι λιγότερο πρόθυμοι να πληρώσουν για μια υπηρεσία σφράγισης με αερολύματα. Λίγοι ανάδοχοι HVAC είναι εξοικειωμένοι και εκπαιδευμένοι σε τεχνολογία στεγανοποίησης με αερολύματα. Το ίδιο το πρόβλημα της διαρροής αγωγού δεν είναι πλήρως κατανοητό, και οι ιδιοκτήτες κτιρίων δεν γνωρίζουν τις δυνατότητες εξοικονόμησης που συνδέονται με τον καθορισμό σφράγισης των αγωγών.

7.7.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Ενώ η διαρροή αγωγού είναι σίγουρα ένα πρόβλημα, το μέγεθος και τα αίτια της δεν είναι πλήρως αντιληπτά σε εμπορικά κτίρια. Το πρώτο βήμα που θα πρέπει να κατανοήσουν καλύτερα τους λόγους για τη διαρροή των αεραγωγών σε εμπορικά κτίρια. Σφράγιση του αγωγού με αερολύματα είναι μία λύση για το πρόβλημα, αλλά και άλλες λύσεις είναι επίσης διαθέσιμες που θα μπορούσαν να αποφέρουν περισσότερα μόνιμα αποτελέσματα στην περίπτωση της κακής εγκατάστασης. Αυστηρότερα πρότυπα αγωγών που προκαλούν εργολάβους για τη σωστή εγκατάσταση και σφραγίστε τον αγωγό είναι μια τέτοια επιλογή. Ο εντοπισμός και ο περιορισμός της χρήσης της σφράγισης υλικά που αποτυγχάνουν όταν υπόκεινται σε θερμική ανακύκλωση είναι μια άλλη επιλογή. Τέλος, καλύτερες τεχνικές εγκατάστασης και τα προϊόντα που διευκολύνουν την καλή εγκατάσταση του αγωγού θα βελτιώσουν την πιθανότητα να μειωθεί η διαρροή αγωγού.



Εικόνα 7.7 Στεγανοποιημένο σύστημα αγωγών όπως κατασκευάστηκε από Duro-Dyne Corporation.

7.8 Αποξηραντικά Υγρά Κλιματιστικών

7.8.1 Περιγραφή

Αποξηραντικό υγρό αφυγραντήρων είναι ένας τύπος θερμικού ενεργοποιημένου συστήματος ψύξης, όπου η υγρασία απορροφάται από τον αέρα σε ένα υγρό διάλυμα ξηραντικού μέσου (αφαιρώντας τη λανθάνουσα θερμότητα) και τη θερμική ισχύ (π.χ. από το ψήσιμο αέριο) διαβιβάζει τη θερμότητα εξάτμισης που απαιτείται για την αναγέννηση του διαλύματος του ξηραντικού μέσου με το να εξατμίσει την απορροφημένη υγρασία από το διάλυμα. Όταν εφαρμόζεται ως συσκευασμένη μονάδα προ-ψύξης ανανεώσιμου αέρα που απομακρύνει την λανθάνουσα μερίδα φορτίου, το εσωτερικό σύστημα ψύξης του

αέρα μπορεί να λειτουργήσει ως ένα λογικό σύστημα ψύξης, σε υψηλότερες CFM⁵¹ ανά τόνο και EER⁵². Με την διπλή-αναγέννηση, θερμική COP από 1.2-1.4 είναι εφικτά.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητας.	Νέα/ προηγμένη.	Περίπου 3-4 χρόνια στην εμπορευματοποίηση, εφόσον η ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση συνεχιστούν δυναμικά.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Κατ'αρχήν, όλα τα συστήματα κλιματισμού.	Πιο συμβατά με τις εγκαταστάσεις που ήδη χρησιμοποιούν την ψύξη λόγω εξάτμισης.
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.	Εξαρτάται.	Πιο έτοιμα για εξαερισμό τα συστήματα αέρα ανανέωσης, σε μικρότερο βαθμό τα ολοκληρωμένα σύστημα ψύξης. Θέματα που προκύπτουν περιλαμβάνουν περιορισμούς χώρου, παρεχόμενες υπηρεσίες (καύσιμα, αεραγωγούς καυσαερίων, και νερό ψύξης).
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	1.3/0.3	Σε όλα τα μη-ατομικά συστήματα ψύξης.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.2/0.06	Split: Σχετικά με μη συστήματα DOAS/ σχετικά με συμβατικά συστήματα DOAS.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	5-6 χρόνια.	Βασισμένο στον εκτίμηση Loewenstein (1998, 2000) για κόστος κατασκευής \$385/τόνο.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Βελτιωμένο έλεγχο της υγρασίας και άνεση των επιβατών.	Αφαιρεί την υγρασία από το σύστημα αερισμού ανανεώσιμου αέρα, σταθεροποίηση εσωτερικών επιπέδων υγρασίας. Χαμηλή υγρασία στους αγωγούς αποτρέπει μούχλα και την ανάπτυξη βακτηριδίων. Σε σχέση με συστήματα κλιματισμού, τα υγρά συστήματα με αποξηραντικά υγρά μπορεί να αφαιρέσουν ένα πολύ μεγαλύτερο τμήμα του λανθάνοντος φορτίου για τις μονάδες του ίδιου μεγέθους, παρέχοντας ένα πλεονέκτημα άνεσης σε εφαρμογές υψηλής υγρασίας. Η σαρωτική δράση του υγρού αφυγραντήρα αφαιρεί επίσης μικροβία από τον αέρα για να βελτιωθεί IAQ. Υγρά συστήματα ξηραντικού υγρού εξαλείφει επίσης την ανάγκη για συστέγαση της εισόδου και εξόδου του αέρα που απαιτείται από την ανάκτηση ενέργειας για την επεξεργασία του αέρα ανανέωσης.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	AIL Research Inc., RANGTech., NREL, Drykor (Ισραήλ), Kathabar.	
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	Αφαιρεί ορισμένα ή όλα τα φορτία κλιματισμού από το ηλεκτρικό δίκτυο. Οι συσκευές που παράγουν και αποθηκεύουν αναγεννημένο ξηραντικό κατά τη διάρκεια της μη-αιχμής για της ώρες αιχμής θα συνειδητοποιήσουν επίσης μείωση της ζήτησης.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές	Εξαερισμός ανανεώσιμου αέρα αφύγρανσης/προ-ψύξης σε κτίρια όπου ένα ρεύμα αέρα εξάτμισης δεν είναι διαθέσιμο για αερισμό ανάκτησης ενέργειας, π.χ., υπηρεσία τροφίμων. Κτίρια με υγρασία ή / και θέματα συμπύκνωσης, π.χ., σούπερ μάρκετ και παγοδρόμια, σε υγρά κλίματα.	
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”	Σχεδιαστικές μελέτες αφιερωμένες σε μονάδες ανανεώσιμου αέρα σε υγρό κλίμα. Ανάπτυξη πρωτοτύπων και δοκιμές για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα υγρού μεταφοράς.	

Πίνακας 7.18 Σύνοψη χαρακτηριστικών αποξηραντικών υγρών κλιματιστικών.

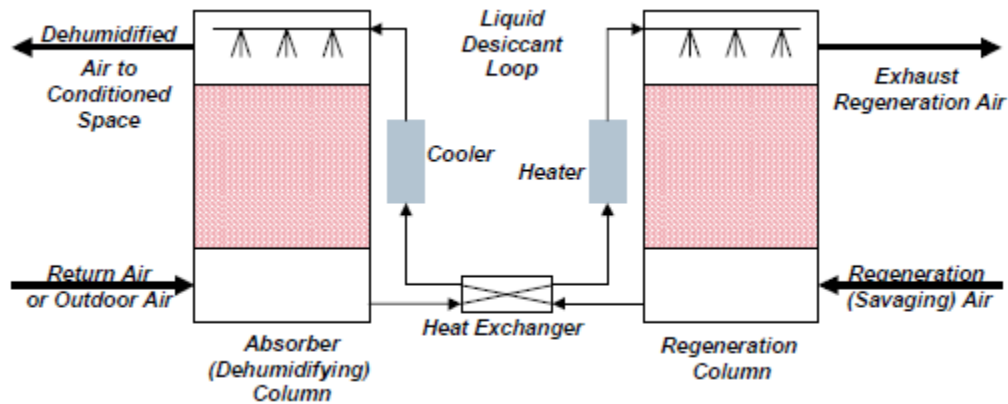
⁵¹ CFM → Cooling Fan Module

⁵² EER → Energy Efficiency Ratio

7.8.2 Ιστορικό

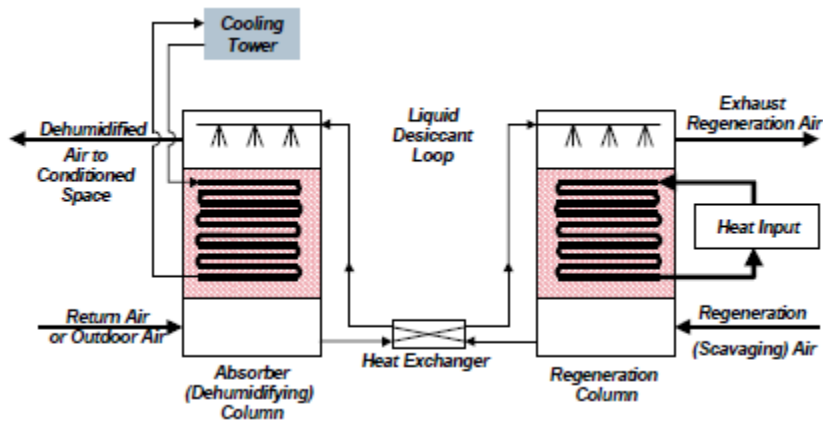
Ένα υγρό αποξηραντικό κλιματιστικού αφαιρεί την υγρασία και την λανθάνουσα θερμότητα από τον αέρα διεργασίας μέσω ενός υγρού αποξηραντικού υλικού, όπως το χλωριούχο λίθιο. Αποτελείται από δύο κύριες μονάδες, έναν απορροφητή όπου συμπυκνωμένο διάλυμα αποξηραντικού υγρού απορροφά την υγρασία από τον αέρα διεργασίας, και έναν αναγεννητή όπου η υγρασία έχει αναλάβει την υγρή ξηραντική ουσία στον απορροφητή και απομακρύνεται από το υγρό αποξηραντικό. Η μονάδα αναγέννησης απαιτεί είσοδο θερμότητας, έτσι ώστε το υγρό αποξηραντικό να είναι μια θερμικά ενεργοποιημένη επιλογή ψύξης. Οι τρέχουσες εμπορικές εφαρμογές του αποξηραντικού υγρού αφύγρανσης περιορίζονται σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτείται βαθιά ξήρανση ή/και ακριβής έλεγχος της υγρασίας. Έχουν προταθεί αρκετές διαφορετικές διαμορφώσεις.

Στη βασική διαμόρφωση, που φαίνεται στην Εικόνα 7.8, συμπυκνωμένη και υπό ψύξη (με ένα πύργο ψύξης ή ψύκτη) υγρή ξηραντική ουσία ρέει εντός του απορροφητή και κατά μέσω μιας συσκευασμένης κλίνης από κοκκώδη σωματίδια (ή πάνω από κάποιο άλλο είδος ενισχυμένης επιφανείας μεταφοράς μάζας) όπου απορροφά την υγρασία και τη θερμότητα από τον αέρα. Καθώς ο αέρας περνά μέσα από την υποδοχή, μεταφέρει υγρασία και θερμότητα στο υγρό αποξηραντικού μετρητή ροής. Η θερμότητα εξάτμισης του υδρατμού που απορροφάται απελευθερώνεται στο απορροφητικό διάλυμα σαν αισθητή θερμότητα. Τελικά, η υγρή ξηραντική ουσία αφήνει το κάτω μέρος της συσκευασμένης κλίνης με τη συγκέντρωσή του μειώνεται από το νερό που απορροφάται από τον αέρα και τροφοδοτεί τον αναγεννητή. Στον αναγεννητή, μια πηγή θερμότητας (είτε πρόκειται για φυσικό αέριο ή πετρέλαιο, τα απόβλητα θερμότητα ή ηλιακή) θερμαίνει το ασθενές διάλυμα υγρής ξηραντικής ουσίας, το οποίο στη συνέχεια ψεκάζεται μέσω μιας άλλης συσσωρευμένης κλίνης. Το θερμαινόμενο διάλυμα επιτρέπει την μεταφορά μάζας της απορροφούμενης υγρασίας σε ένα ρεύμα αέρα καθαριστή μετρητή ροής, αφαιρώντας την υγρασία από το ρεύμα και την αναγέννηση ενός περισσότερο πυκνού υγρού διαλύματος αποξηραντικού. Μια ροή επιστροφής από τον απορροφητή στον προαναφερθείσα πύργο ψύξης ή ψύκτη, ψύχει το υγρό διάλυμα ξηραντικού μέσου σε μία κατάλληλη θερμοκρασία για τον απορροφητή και ολοκληρώνει τον κύκλο. Ένας εναλλάκτης θερμότητας αντιρροής μεταξύ του απορροφητή, προθερμαίνει τον αναγεννητή και προ-ψύχει το υγρό διάλυμα ξηραντικού μέσου καθώς αυτό περνά από τον απορροφητή προς τον αναγεννητή και στη συνέχεια πίσω στον απορροφητή για να μειωθεί απαιτούμενη εξωτερική θέρμανση και ψύξη. Δύο σημαντικοί περιορισμοί απόδοσης αυτής της βασικής διάταξης έχει σαν αποτέλεσμα η απόδοση να είναι πολύ κάτω από τα επίπεδα που θα είναι ενδιαφέρον για εφαρμογές HVAC - η συσσώρευση θερμότητας στον απορροφητή μειώνει την ποσότητα της καθαρής αισθητής και λανθάνουσας ψύξης επιτυγχάνεται με τον απορροφητήρα και απλής αναγέννηση επίδραση χρησιμοποιεί μόνο την είσοδο θερμότητας αναγέννηση μια φορά, εγγενώς περιορίζοντας την COP σε λιγότερο από 1.

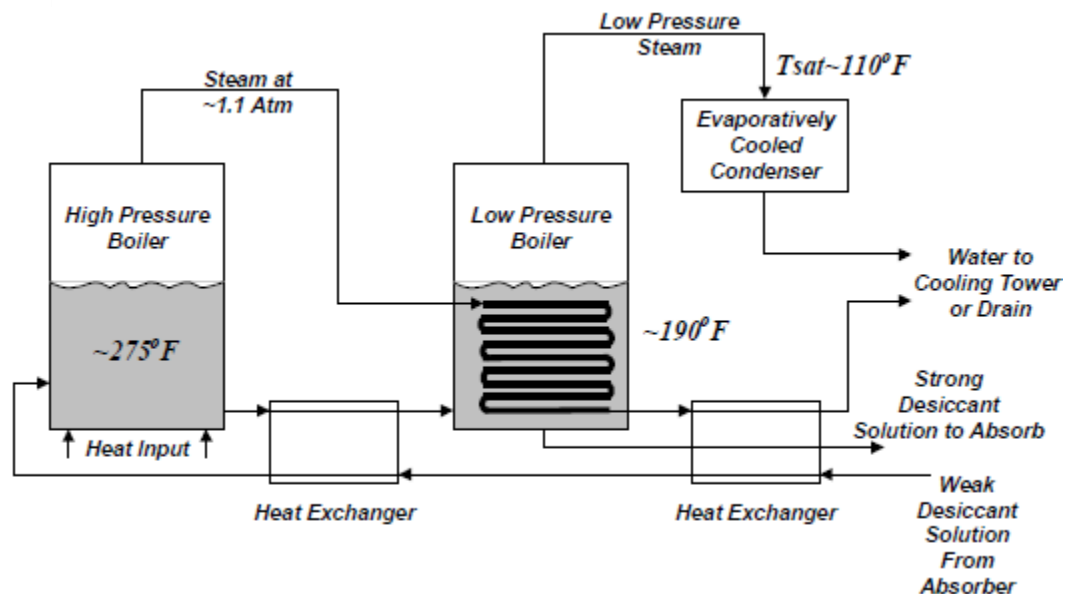


Εικόνα 7.8 Βασική διαμόρφωση ενός αποξηραντικού αφυγραντήρα.

Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της βασικής διάταξης που φαίνεται στην Εικόνα 7.8. Από τις πιο πολύπλοκες παραλλαγές. Η Εικόνα 7.9 απεικονίζει μία διευθέρηση η οποία ξεπερνά μία από τους μείζονες περιορισμούς της βασικής διαμόρφωσης. Η θεμελιώδης ενίσχυση της διατάξεως αυτής είναι ότι ο απορροφητής εξάτμισης ψύχεται. Αναθυμιάσεις ψύξης του απορροφητή επιτρέπουν μια χαμηλότερη θερμοκρασία εξόδου του αέρα, με μεταφορά της λανθάνουσας θερμότητας από την απορροφούμενη υγρασία στον αέρα του περιβάλλοντος, μαζί με αισθητή θερμότητα αέρα διεργασίας. Η Εικόνα 7.10 απεικονίζει μία διαμόρφωση ενός πολλαπλού αποτελέσματος αναγεννητή.



Εικόνα 7.9 Αποξηραντικό κλιματιστικό με απορροφητή εξάτμισης- ψύξης.



Εικόνα 1.10 Ανακομιστήρας θερμότητας διπλού αποτελέσματος.

Κλιματιστικά με υγρό αποξηραντικό προσφέρουν τη δυνατότητα για σημαντική αύξηση της απόδοσης σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα ενεργού αφυγραντικού τροχού όταν χρησιμοποιούν αναγεννητές σε λέβητα πολλαπλής, με αποτέλεσμα να εκδιωχθεί η υγρασία και η εκ νέου συμπύκνωση του διαλύματος. Επιπλέον, τα συστήματα κλίσης υψηλής συγκέντρωσης μπορεί σημαντικά να μειώσουν παρασιτικές απώλειες ενέργειας. Ωστόσο, τα υπάρχοντα κλιματιστικά αποξηραντικού υγρού πάσχουν από δύο κύρια προβλήματα που περιορίζουν την απόδοσή τους. Πρώτον, τα σημερινά συστήματα λειτουργούν σε πολύ χαμηλές βαθμίδες συγκέντρωσης αποξηραντικού υγρού, το οποίο αυξάνει την απαιτούμενη μάζα συστήματος ροής δραματικά σε σχέση με την υψηλότερη συγκέντρωση (π.χ., ένα συντελεστή 10). Τα υψηλότερα ποσοστά ροής της μάζας αυξάνουν την παρασιτική κατανάλωση ενέργειας, τόσο από την άποψη άντλησης του υγρού ρεύματος αποξηραντικού και τη δύναμη του ανεμιστήρα που απαιτείται για να οδηγήσει τον αέρα μέσα από τη γεμάτη βάση. Δεύτερον, κλιματιστικά υγρού αποξηραντικού πάσχουν από προβλήματα μεταφοράς, όπου ο αέρας διαδικασία μεταφερόμενων σταγονιδίων υγρού αποξηραντικό καθώς περνά μέσω της συσκευασμένης κλίνης και ψεκασμό ξηραντικό, προκαλώντας πιθανές ανησυχίες για την υγεία και τον περιορισμό της αγοράς αποδοχή των συσκευών. Πιθανές λύσεις για τα δύο προβλήματα υπάρχουν. *Lowenstein et al. (1998)* θεωρεί ότι η χαμηλής ροής διανομή ρυθμός του υγρού ξηραντικού μέσου απευθείας πάνω στις επιφάνειες απορροφητήρα (δηλαδή, χωρίς ψεκασμό) μπορεί να εξαλείψει αποξηραντικού υγρού μεταφοράς ενώ μειώνοντας το μέγεθος και το κόστος του απορροφητή. Αυτή η προσέγγιση λειτουργεί με μια ισχυρότερη κλίση συγκέντρωσης αποξηραντικού και ψύξη εσωτερικών απορρόφησης για την απομάκρυνση υψηλότερης πυκνότητας ροής θερμότητας του μικρότερου απορροφητή.

7.8.3 Απόδοση

Παγκοσμίως, κλιματιστικά αποξηραντικού υγρού φαίνεται να προσφέρουν μικρό δυναμικό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας ως χονδρική αντικατάσταση για συστήματα συμπίεσης ατμού, εκτός αν χρησιμοποιούν απόβλητα ή ηλιακή θερμότητα. Σε υγρά περιβάλλοντα, θα προσφέρουν κάποια οφέλη. Όπως συζητείται παρακάτω, όταν χρησιμοποιείται ως μέσο για την παροχή ειδικού αέρα ανανέωσης για προψύξης και αφύγρανση, την απομάκρυνση του φορτίου υγρασίας από το κύριο σύστημα κλιματισμού, μπορεί να ληφθεί συνολική εξοικονόμηση ενέργειας του συστήματος. Όπως συζητήθηκε παραπάνω, η αναγέννηση διπλού αποτελέσματος είναι απαραίτητη για την απόκτηση ανταγωνιστικών επιπέδων απόδοσης. Ο *Lowenstein et al. (1998)* εκτιμά ότι η COP για ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ένα διπλό αναγεννητή λέβητα μπορεί να πλησιάσει το 1.5. Συστήματα αποξηραντικού μπορούν να κάνουν αποτελεσματική χρήση της χαμηλότερης θερμοκρασίας αποβλήτων (170°F για ενιαία-αποτελέσματα, 245°F για διπλό αποτέλεσμα), καθιστώντας την οικονομία τους και την εξοικονόμηση ενέργειας πιο ελκυστική σε εγκαταστάσεις με τη θερμότητα των αποβλήτων διαθέσιμη.

Μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία προετοιμασίας του εξαερισμού συνθέτουν αέρα σε κτίρια όπου ένα ρεύμα αέρα εξάτμισης δεν είναι άμεσα διαθέσιμο να χρησιμοποιηθεί για τον αέρα στην ανταλλαγή ενθαλπίας του αέρα με εξαερισμό ανανεώσιμου αέρα. Εξωτερικός αέρας θα περάσει μέσα από μια εξάτμιση και θα ψυχθεί στον απορροφητήρα, μειώνοντας την υγρασία κάτω από το επιθυμητό για να χειριστεί εσωτερικά φορτία υγρασίας. Η θερμοκρασία ξηρού βολβού αέρα θα είναι περίπου 10 πάνω από την περιβάλλουσα θερμοκρασία υγρού βολβού, συνήθως παρέχοντας μια μικρή ποσότητα αισθητή ψύξη του ανανεώσιμου αέρα. Σε τυπικές συνθήκες σχεδιασμού, καμία λογική ψύξη παρέχεται στο κτίριο, ενώ σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες υγρού βολβού, η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη και κάποια αισθητή ψύξη παρέχεται επιπλέον της λανθάνουσας ικανότητας ψύξης. Από τον χειρισμό ολόκληρου του φορτίου υγρασίας του κτιρίου από το σύστημα ανανεώσιμου αέρα έχει ως αποτέλεσμα, το υπόλοιπο φορτίο κλιματισμού να είναι θερμικό, επιτρέποντας το κλιματιστικό να λειτουργεί σε υψηλή CFM/τόνο και αυξημένη θερμοκρασία εξάτμισης, τη βελτίωση της COP/EER σε σχέση με ένα συμβατικό ψύκτη κατά περίπου 20% (δηλαδή, η ίδια η εξοικονόμηση που παρέχεται από DOAS). Ο αέρας στους κλιματιζόμενους αγωγούς διανομής αέρα θα έχει σχετική υγρασία 70% ή λιγότερο, επειδή η υγρή ξηραντική ουσία αφαιρεί την υγρασία χωρίς ψύξη του αέρα, επιτρέποντας στους αγωγούς διανομής αέρα να είναι στεγνοί, βοηθώντας να αποφευχθεί η μούχλα και η ανάπτυξη βακτηριδίων. Με ένα αναγεννητή διπλού αποτελέσματος, η θερμική COP για αφυγραντήρα αέρα ανανέωσης θα κυμαίνεται από 1.2-1.4, ανάλογα με την επιφάνεια θερμότητας και μεταφορά μάζας μεγέθους σε σχέση με την χωρητικότητα. Ο *Lowenstein (1995)* ανέλυσε ένα σύστημα διαχείρισης του ανανεώσιμου αέρα κατά μήκος αυτών των γραμμών που πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ένα τυπικό κτίριο γραφείων που βρίσκεται στην Ατλάντα.

Σε σχέση με ένα συμβατικό σύστημα DOAS, το σύστημα αποξηραντικού υγρού επίσης εξοικονομεί ενέργεια, αν και είναι λιγότερη σε σύγκριση με ένα σύστημα μη-DOAS. Τα συμβατικά DOAS χρησιμοποιούν ένα πηνίο με απλή ψύξη νερού για την ψύξη του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία. Κατά τη διαδικασία, μια σημαντική ποσότητα ψύξης παραδίδεται στο χώρο. Ένα υγρό αποξηραντικό που βασίζεται σε συστήματα DOAS χρησιμοποιεί το ξηραντικό μέσο για τη μείωση της υγρασίας στο επιθυμητό επίπεδο, αλλά παραδίδει τον αέρα σε μια θερμοκρασία κοντά στην εξωτερική θερμοκρασία υγρού βολβού. Σε τυπικές συνθήκες σχεδιασμού, καμία λογική ψύξη δεν παρέχεται στο κτίριο, ενώ σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες υγρού βολβού, η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη και κάποια αισθητή ψύξη παρέχεται επιπλέον στη λανθάνουσα χωρητικότητα ψύξης. Αν και η πρωταρχική

ενέργεια COP ενός αναγεννημένου συστήματος ξηραντικού υγρού διπλού αποτελέσματος είναι συγκρίσιμη με ένα ψύκτη κύκλο ατμού (καμία εξοικονόμηση πόρων), κάνει εξοικονόμηση ενέργειας, μεταφέροντας το λογικό φορτίο για την ψύξη του εξωτερικού αέρα στο υψηλότερο COP μόνο ψύξης. Το πιο σημαντικό, κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν η εξωτερική θερμοκρασία υγρού βολβού πλησιάζει τη θερμοκρασία του κρύου νερού, το υγρό σύστημα αποξηραντικού θα συμβάλει επίσης μια μεγάλη αισθητή ψύξη για τον εξωτερικό αέρα. Η συμβολή στην εξοικονόμηση από κάθε μία από αυτές τις επιδράσεις ποικίλλει ανάλογα με το κλίμα. Για ένα μέσο κλίμα, μια πρόχειρη εκτίμηση είναι ότι η κατανάλωση ενέργειας για τον εξαερισμό κλιματισμό ανανεώσιμου αέρα μειώνεται κατά 25% και η ενέργεια για την συνολική ψύξη μειώνεται κατά περίπου 5% (βλέπε Πίνακα 7.19).

Κατηγορία	Εξοικονόμηση Ενέργειας [%]	Σχόλια
ΟΑ ψύξη.	20-25%	Υποθέτει ότι: Το 50% της ΟΑ ψυκτικού φορτίου είναι λογικό.
Ψύξη χώρου.	0%	10oF αύξησης του χώρου ψύξης θερμοκρασίας εξατμιστή συστήματος.

Πίνακας 7.19 Αποξηραντικό υγρό, εξοικονόμησης ενέργειας και συμβατικός κύκλος σε συστήματα DOAS.

7.8.4 Κόστος

Ο *Lowenstein et al.* (1998) εκτιμά ένα κόστος κατασκευής των \$0,64/cfm, \$0.77 με μονού αποτελέσματος αναγεννητή/απορρόφησης έναντι \$1,20/cfm για ένα σύστημα τροχών στερεού αποξηραντικού, με βάση το κόστος κατασκευής βάση, ένα σύστημα διπλού αποτελέσματος θα πιάσει \$385/τόνο.

7.8.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Ο *Sand et al.* (1997) σημειώνει ότι “απαιτούνται περαιτέρω βελτιώσεις στην απόδοση, το κόστος, το μέγεθος, την αξιοπιστία και το προσδόκιμο ζωής να διεισδύσει στην ευρύτερη αγορά κλιματισμού.” Υγρό μεταφοράς (δηλαδή, τη μεταφορά των υγρών σταγονιδίων του αποξηραντικού από τα συστήματα και την κυκλοφορία του αέρα) έχει αποδειχθεί ένα δύσκολο πρόβλημα στο παρελθόν, ο *NREL* (2001) σημειώνει ότι οι ερευνητές έχουν αναπτύξει εργαστήριο συστημάτων. Η *LiCl* χρησιμοποιείται σε πολλά συστήματα που τείνουν να διαβρώσουν τα μεταλλικά στοιχεία και απαιτεί τροποποιήσεις στον σχεδιασμό.

7.8.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Σχεδιαστικές μελέτες γύρω από αφιερωμένες μονάδες αέρα ανανέωσης σε υγρά κλίματα. Ερευνήστε την σκοπιμότητα της αναγέννησης του τριπλού αποτελέσματος. Ανάπτυξη προτύπου και δοκιμή, για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα με το υγρό μεταφοράς. Ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών συστημάτων, δοκιμές των πεδίων των συστημάτων.

7.9 Εναλλάκτες Θερμότητας Μικροδιαύλων

7.9.1 Περιγραφή

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλων. Ένα σενάριο συνοψίζονται στον Πίνακα 7.20 που ακολουθεί δείχνει τη βελτίωση των επιδόσεων για μια ήδη αποδοτική μονάδα EER στον τελευταίο όροφο 7.5 τόνων. Μια ώθηση EER έως 1.2 αποδείχθηκε να είναι δυνατή για αυτή τη μονάδα, χωρίς την αύξηση του μεγέθους του πλαισίου. Η περίοδος αποπληρωμής για τις βελτιώσεις που υπολογίζεται κατά μέσο όρο να είναι περίπου 2 χρόνια, υποθέτοντας ότι για το κλίμα των ΗΠΑ κατά μέσο όρο και τη σχετικά συντηρητική εφοδιαστική αλυσίδα σήμανσης 2.5 από το κόστος παραγωγής για τον τελικό χρήστη το κόστος. Η ανάλυση αυτή προϋποθέτει ένα κάπως δυσμενές σενάριο κατασκευής για τους εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου: αντικατάσταση της OEM λυμένων συμβατικών εναλλακτών θερμότητας με εναλλάκτες μικροδιαύλου θερμότητας που παρέχεται από τον πωλητή. Αντίθετα, εκτιμάται ότι η περίοδος αποπληρωμής για μια παρόμοια αύξηση στην μονάδα απόδοσης θα είναι 1.5-3 φορές περισσότερη εάν χρησιμοποιηθούν συμβατικοί εναλλάκτες θερμότητας μεγαλύτερου μεγέθους.

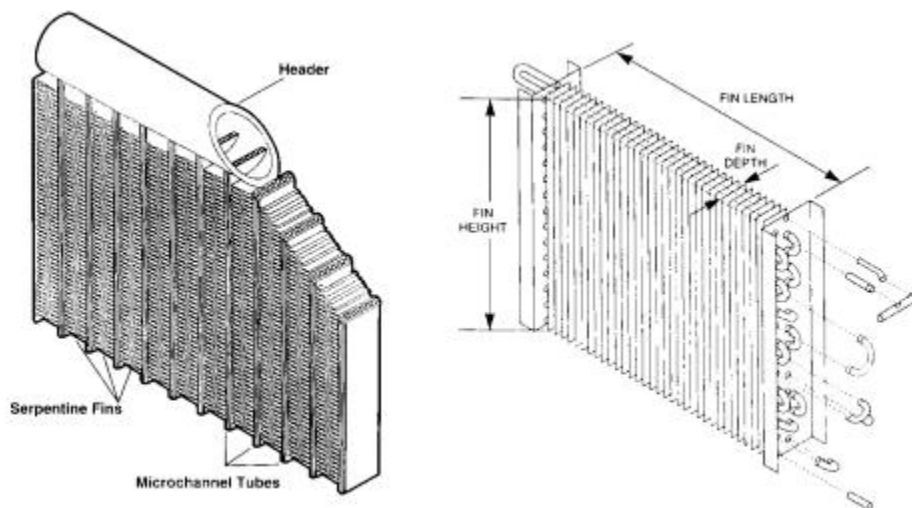
Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Τρέχων.	Χρησιμοποιούνται ευρέως για την αυτοκινητοβιομηχανία κλιματισμού και σε ορισμένες σταθερές εφαρμογές κλιματισμού.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Ενιαία (συσκευασμένη) ψύξη.	Χρησιμοποιείται για αερόψυκτους συμπυκνωτές και εξατμιστήρες ψύξης αέρα.
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.	Όχι.	
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	1.0	Δυνητικά όλοι ατμοί ψύξης συμπίεσης εξαιρουμένων υδρόψυκτων ψυκτών.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.11	Εκτιμάται 10% εξοικονόμησης ενέργειας ψύξης.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	2 έτη (για ενιαία).	Η περίοδος απόσβεσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο που η τεχνολογία έχει εφαρμοστεί.
Μη ενεργειακά οφέλη.		Πιο συμπαγής εξοπλισμός, μειωμένο βάρος, μειωμένη ποσότητα ψυκτικού μέσου, βελτιωμένο εξατμιστή λανθάνουσας ικανότητας, αυξημένη αντοχή στη διάβρωση.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	Modine.	Μια σειρά από εταιρείες, συμπεριλαμβανομένης της Modine αυτοκινητοβιομηχανία. Η Heatcraft για την ανάπτυξη της τεχνολογίας για σταθερές εφαρμογές HVAC.
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές		Εφαρμογές αερόψυκτων συστημάτων για περιορισμένο χώρο, ιδίως μονάδες κλιματισμού στον τελευταίο όροφο, αερόψυκτων ψυκτών, αερόψυκτοι συμπυκνωτές και μονάδες συμπύκνωσης.
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”		Παρακολουθεί την πρόοδο, ιδίως η Modine, στην πώληση εναλλάκτων θερμότητας μικροδιαύλου για τους κατασκευαστές.

Πίνακας 7.20 Σύνοψη χαρακτηριστικών εναλλάκτων θερμότητας μικροδιαύλων.

7.9.2 Ιστορικό

Εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου αποτελούνται από επίπεδους σωλήνες που συνδέονται παράλληλα μεταξύ δύο κεφαλών και τα πτερύγια του ανεμιστήρα με περσίδες συγκολλημένες μεταξύ γειτονικών σωλήνων. Η κατασκευή εναλλάκτων θερμότητας μικροδιαύλων σε σύγκριση με εκείνη των συμβατικών εναλλακτών θερμότητας φαίνεται στην Εικόνα 7.11 παρακάτω. Οι επίπεδοι σωλήνες μικροδιαύλου συνδέονται με τις κεφαλές στα άκρα του εναλλάκτη θερμότητας και ελικοειδή πτερύγια

τοποθετούνται μεταξύ των σωλήνων. Οι εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλων κατασκευάζονται από αλουμίνιο το οποίο είναι ανοδιωμένο σε θέσεις που απαιτούνται για την συγκόλληση. Είναι συγκεντρωμένα έξω από τα συστατικά στοιχεία τους και συγκολλημένα σε ένα φούρνο συγκόλλησης. Για τις περισσότερες εφαρμογές εναλλασσόμενου ρεύματος, η πτώση υψηλής πίεσης μέσω ενός ενιαίου σωλήνα μικροδιαύλου κάνει τη χρήση παράλληλων βραχυκυκλωμάτων απαραίτητη. Οι εξελιγμένες τεχνικές που απαιτούνται για την κατασκευή αυτών των εναλλακτών θερμότητας με οικονομικά αποδοτικό τρόπο έχουν αναπτυχθεί πάνω από την *Modine* και έχουν υιοθετηθεί και από μερικούς άλλους κατασκευαστές. Στους συμβατικούς εναλλάκτες θερμότητας, τα πτερύγια είναι συνεχή, φύλλα με σπές μέσω των οποίων οι σωλήνες μπορούν να περάσουν. Οι σωλήνες φουρκέτα, ολισθαίνουν μέσα από τις τρύπες, και τα ανοικτά άκρα του σωλήνα είναι συνδεδεμένα όπως απαιτείται χρησιμοποιώντας κάμπεις επιστροφής, επικεφαλίδες, κλπ.



Εικόνα 7.11 Σύγκριση μικροδιαύλου και τους συμβατικούς εναλλάκτες θερμότητας

Επί του παρόντος, οι εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου χρησιμοποιούνται εκτενώς για κλιματισμό αυτοκινήτων. Η τεχνολογία έχει συζητηθεί στο πλαίσιο της στατικής βιομηχανία HVAC για πολλά χρόνια, αλλά έχει περιορισμένη επιτυχία μέχρι σήμερα. Μεγάλοι κατασκευαστές με πληροφορίες που έχουν συναφθεί με βάση την προηγούμενη έρευνα ότι η τεχνολογία δεν παρέχει αρκετό όφελος κόστους σε σχέση με τη συμβατική τεχνολογία εναλλάκτη θερμότητας.

Οι εναλλάκτες μικροδιαύλων θερμότητας παρέχουν βελτιωμένη μεταφορά θερμότητας σε σύγκριση με συμβατικούς εναλλάκτες θερμότητας λόγω: (1) η μικρή δίοδος ψυκτικού ροής έχει ως αποτέλεσμα υψηλή μεταφορά θερμότητας ψυκτικού από την πλευρά της, και (2) το επίπεδο προσανατολισμού των σωλήνων μειώνει την αντίσταση ροής στον ελεγχόμενο χώρο, που οδηγεί σε είτε αυξημένη ροή αέρα ή μειωμένη ισχύς του ανεμιστήρα καθένα από τα οποία μπορεί να βελτιώσει τη συνολική απόδοση του συστήματος.

Πρόσθετα οφέλη περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου έχουν σημαντικά χαμηλότερο εσωτερικό όγκο, με αποτέλεσμα μικρότερο φορτίο ψυκτικού μέσου.
- Η υψηλή μεταφορά του ψυκτικού από την πλευρά της θερμότητας των εξατμιστήρων μικροδιαύλου στο κάτω πτερύγιο της επιφάνειας θερμοκρασίας έχει σαν αποτελέσματα, να ενισχύει την λανθάνουσα χωρητικότητα.

- Το μικρό μέγεθος και το λίγο βάρος των εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλου επιτρέπει τον πιο συμπαγή σχεδιασμό του συστήματος.
- Βελτιωμένη αντοχή στη διάβρωση και μειωμένη πιθανότητα μειώσεων απόδοσης που προκύπτει από τη διάβρωση.

Μερικά μειονεκτήματα και τις προκλήσεις για την επιτυχή χρήση της τεχνολογίας μικροδιαύλου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Τυπική χρήση των σωλήνων χαλκού για σωληνώσεις μεταξύ των εξαρτημάτων του κυκλώματος ψύξης που οδηγούν σε αρθρώσεις αργιλίου/χαλκού σε εναλλάκτες θερμότητας. Τεχνολογίες για τη σύνδεση αυτών των διαφορετικών μετάλλων δεν είναι τόσο γνωστές όσο η συγκόλληση χαλκού, και η κλείδωση θα πρέπει να προστατεύεται από γαλβανική διάβρωση. Η τρέχουσα συνιστώμενη τεχνολογία είναι εξάρτημα του δακτυλίου συμπίεσης που σφραγίζει μηχανικά τους σωλήνες.
- Επισκευή διαρροών σε συμβατικούς εναλλάκτες θερμότητας με συγκόλληση μπορεί να εξετάζονται από έμπειρους τεχνικούς, ενώ επισκευή διαρροής σε έναν εναλλάκτη θερμότητας μικροδιαύλου απαιτεί γενική αντικατάσταση.
- Υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία σχεδιασμού σε συμβατικές τεχνολογίες εναλλάκτη θερμότητας. Για παράδειγμα, είναι πολύ πιο εύκολο να σχεδιάσουμε ένα συμπυκνωτή με ένα ξεχωριστό κύκλωμα υπόψυξης, ή να οργανώσει εξάτμιση σε παράλληλη ή αντίθετη ροή με τον αέρα.

7.9.3 Απόδοση

1. Τα κόστος εναλλάκτη θερμότητας μικροδιαύλου βασίστηκε σε μια εκτίμηση που παρέχεται από την *Modine* στα \$385 για εναλλάκτες θερμότητας. Αυτή είναι μια συντηρητική εκτίμηση, υποθέτοντας ότι η παραγωγή αυτών των εναλλακτών θερμότητας ισοσταθμείται σε λογικά επίπεδα. Οι βασικές επιφυλάξεις σχετικά με αυτό το κόστος είναι: (α) ο συμπυκνωτής και ο εξατμιστής να αποτελείται από δύο ξεχωριστούς εναλλάκτες θερμότητας, δεδομένου ότι δεν είναι ακόμη σαφές κατά πόσον οι δυνατότητες κατασκευής θα επιτρέψουν για αυτούς που πρόκειται να κατασκευαστούν ως μεμονωμένες μονάδες, και (β) το κόστος να προϋποθέτει τα πηνία να αγοράζονται από έναν προμηθευτή και όχι να κατασκευάζονται από την OEM.
2. Εκτιμήσεις κόστους συμβατικών εναλλακτών θερμότητας που αναπτύχθηκε από TIAH βασίστηκαν σε επίπεδα παραγωγής χαρακτηριστικά για *Carrier*. Η εκτίμηση κόστους είναι \$276 για αμφότερους, εξατμιστή και συμπυκνωτή. Το σενάριο υποθέτει ότι ο κατασκευαστής της μονάδας κλιματισμού κατασκευάζει τους εναλλάκτες θερμότητας (όπως είναι τυπικό για *Carrier*), αντί για την αγορά τους από έναν προμηθευτή, όπως υποτίθεται για το σενάριο μικροδιαύλου.
3. Η ποσότητα ψυκτικού υγρού για το σύστημα με τη χρήση εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλου θα μειωθεί κατά περίπου 50%. Η εξοικονόμηση 8lb ψυκτικού υγρού αντιπροσωπεύει \$16 της εξοικονόμηση κόστους υποθέτοντας \$2/lb κόστος για HCFC⁵³-22.
4. Η αυξημένη περιοχή προσώπου του συμπυκνωτή μπορεί να σχεδιαστεί για μία μονάδα χωρίς καμία αλλαγή αποτυπώματος, λόγω της ικανότητας να κάμψει τους εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου πιο εύκολα από τους συμβατικούς εναλλάκτες θερμότητας. Η αρκετά μέτρια (17%) μεταβολή

⁵³ HCFC → Chemicals which contain only H,C,F and CL are classified as hydrochlorofluorocarbon

περιοχής προσώπου κάνει μια σημαντική βελτίωση EER. Μια εκτίμηση του προστιθέμενου κόστους εναλλάκτη θερμότητας για το μεγαλύτερο είναι \$20.

5. Η συμβατική εξατμιστή έχει μικρό σωλήνα στο στόμιο ενσωματωμένο στο εσωτερικό της. Πρόσθετο κόστος δεν υποτίθεται για μία συσκευή διαστολής για τον εξατμιστή μικροδιαύλου, επειδή υποτίθεται ότι τα στόμια αυτά μπορούν να ενσωματωθούν σε αυτό με αμελητέο κόστος.
6. Οι περιπτώσεις 5 έως 10 περιλαμβάνουν ανεμιστήρες του συμπυκνωτή με λεπίδες υψηλότερης γωνίας, καθώς και οι περιπτώσεις 5 έως 7 ενδεχομένως συνεπάγονται με μεγαλύτερο μοτέρ. Η λεπίδα υψηλότερης γωνίας δεν θα πρέπει να επηρεάζει το κόστος, αλλά μεγαλύτεροι κινητήρες μπορεί να οδηγήσουν σε επιπλέον αύξηση του κόστους.
7. Η εξοικονόμηση κόστους για τους μικρότερους συμπιεστές είναι πολύ μικρή. Είναι ίσως μέσα στην περιοχή αβεβαιότητας της εκτίμησης του κόστους εναλλάκτη θερμότητας.
8. Η εξοικονόμηση κόστους ενέργειας είναι ετήσια, υποθέτοντας ότι οι ώρες έμφορτης λειτουργίας της μονάδας είναι 2.000 ώρες, που ισχύει κατά μέσο όρο για τις Η.Π.Α. Χρησιμοποιώντας την απόδοση, την έναρξη της χρήσης της ενέργειας είναι 15.691 kWh. Ένα μέσο ενεργειακό κόστος των \$0,070/kWh υποτίθεται, και η μείωση EER θεωρείται ότι είναι αντιπροσωπευτικά της εποχιακής μείωσης της χρήσης ενέργειας.
9. Η περίοδος απόσβεσης του τελικού χρήστη υπολογίζεται υποθέτοντας τη σήμανση των εξόδων από τον κατασκευαστή για τον τελικό χρήστη στα 5 χρόνια. Ωστόσο, οι αποκλίσεις των πραγματικών σημείων σήμανσης από την τιμή αυτή θα οδηγήσει σε διαφορετικές περιόδους αποπληρωμής.

Ως βάση σύγκρισης για τη σχέση κόστους/οφέλους για ένα σύστημα που έχει τροποποιηθεί με τη χρήση εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλου, συνεχή ανάλυση για τον εμπορικό εξοπλισμό κλιματισμού δείχνει ότι ανάλογες δαπάνες ώθησης απόδοσης περισσότερο με τη συμβατική τεχνολογία εναλλάκτη θερμότητας. Η ανάλυση δείχνει ότι η αύξηση της EER 11-12 για μια μονάδα στον τελευταίο όροφο 7,5 τόνων θα κοστίσει από \$150-260, ανάλογα με το αν το μέγεθος του πλαισίου πρέπει να αυξηθεί για το συγκεκριμένο μοντέλο.

Αυτό το σενάριο που συνοψίζονται ανωτέρω είναι ενδεικτικά των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας εναλλάκτη θερμότητας μικροδιαύλου. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δυνατότητες εξοικονόμησης μπορεί να είναι διαφορετικές για άλλες μονάδες, ανάλογα τον σχεδιασμό τους. Το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας θα είναι διαφορετικό για διαφορετικά προϊόντα, όπως αερόψυκτων ψυκτών. Η ανάλυση που παρουσιάζεται παραπάνω η ίδια δεν ήταν εξαντλητικό για την αξιολόγηση των διαφορετικών επιλογών που θα μπορούσαν να θεωρηθούν. Ωστόσο, ορισμένες βασικές παρατηρήσεις σχετικά με την ανάλυση έχουν ως εξής:

1. Η ανάλυση δείχνει ότι EER μπορεί να ενισχυθεί μέχρι και 1.2 με δεδομένη μονάδα πλαισίου.
2. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας επιτεύχθηκε σε πολύ λογικές προμοδότηση κόστος των \$93 κόστος κατασκευής, πολύ μικρότερο κόστος από ό, τι θα προέκυπτε εάν οι συμβατικοί εναλλάκτες θερμότητας μεγαλύτερου μεγέθους χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν βελτίωση των επιδόσεων.
3. Απλή περίοδος αποπληρωμής για το μέσο όρο του κλίματος των ΗΠΑ είναι σε περίπου 2 χρόνια. Οικονομική ελκυστικότητα θα ήταν καλύτερη σε θερμότερα κλίματα. Για παράδειγμα, στο Τέξας, αποτελεσματικές ώρες πλήρους φορτίου θα είναι περίπου 3.000, και η περίοδος αποπληρωμής θα μειωθεί σε περίπου 1.3 χρόνια.
4. Μείωση της εσωτερικής δύναμης φυσητήρα λόγω εξάτμισης και μείωση της πτώσης της πίεσης μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση EER όσο και στην μείωση της ισχύς του ανεμιστήρα του συμπυκνωτή.

5. Χρησιμοποιώντας την υψηλότερη πυκνότητα πτερυγίων ήταν πιο επωφελής για τον εξατμιστή μικροδιαύλου, η ροή του αέρα μπορεί να μειωθεί αποτελεσματικά. Αυτό φαίνεται να είναι διότι (α) η πτώση πίεσης εναλλάκτη θερμότητας είναι ένα μικρότερο ποσοστό της συνολικής πτώσης πίεσης στο χώρο ελιγμών για τον εξατμιστή, και (β) η μείωση του ανεμιστήρα ισχύος αυξάνει την χωρητικότητα, καθώς και η μείωση της ισχύος εισόδου.
6. Τα καλύτερα αποτελέσματα απαιτούν ανάλυση του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των πρόσθετων αλλαγών στο σύστημα, εκτός από απλές αλλαγές στους εναλλάκτες θερμότητας.
7. Η λογική αναλογία θερμότητας που προβλέπεται για τους εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου είναι σταθερά χαμηλότερες, αντικατοπτρίζοντας μεγαλύτερη ικανότητα λανθάνουσας χωρητικότητας.

7.9.4 Κόστος

Η επίπτωση στο κόστος των συστημάτων εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλου εξαρτάται όχι μόνο από το κόστος που συνδέεται με τον εναλλάκτη θερμότητας, αλλά και για τις επιπτώσεις του κόστους των ακόλουθων πιθανών αλλαγών.

- Η επίπτωση του κόστους θα πρέπει να αξιολογείται με βάση σαφώς καθορισμένες και λεπτομερείς συγκρίσεις. Μερικά πιθανά σενάρια είναι ίση απόδοση, ίσο κόστος, κάποια βελτίωση των επιδόσεων με κάποια αλλαγή κόστους. Ενώ η τεχνολογία μικροδιαύλου θα μπορούσε δυνητικά να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ίσων αποδόσεων με μειωμένο κόστος.
- Μειωμένο μέγεθος εναλλάκτη θερμότητας και βάρους που προκύπτει σε ένα μικρότερο και ελαφρύτερο σύστημα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη κόστους.

Το πρώτο από τα παραπάνω σημεία θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με προσοχή, όταν προσπαθήσουμε να αξιολογήσουμε τον αντίκτυπο του κόστους της τεχνολογίας εναλλάκτη θερμότητας μικροδιαύλου. Το σενάριο κατασκευής πρέπει επίσης να εξεταστεί προσεκτικά. Για παράδειγμα, ένας μεγάλος κατασκευαστής συστημάτων HVAC πιθανότατα κατασκευάζει δικούς τους εναλλάκτες θερμότητας, ενώ οι μικροί κατασκευαστές μπορούν να αγοράσουν εναλλάκτες θερμότητας από τους προμηθευτές. Η μετάβαση σε μια νέα τεχνολογία εναλλάκτη θερμότητας θα είναι πολύ διαφορετική οικονομικά για τα δύο αυτά σενάρια κατασκευής.

7.9.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η τεχνολογία εναλλάκτη θερμότητας μικροδιαύλου έχει συζητηθεί ως ένας τρόπος για να βελτιώσει την απόδοση ή την αποτελεσματικότητα για σταθερό εξοπλισμό HVAC για πολλά χρόνια. Σε προηγούμενες έρευνες τεχνολογίας, κατασκευαστές εξοπλισμού κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η τεχνολογία μικροδιαύλου δεν θα είναι αποδοτική.

Κεφαλαιουχικές δαπάνες που σχετίζονται με την είσοδο στην παραγωγή των εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλου είναι σίγουρα ένα θέμα. Ένα άλλο ζήτημα είναι ο τεχνικός κίνδυνος. Επιτυχημένη κατασκευή εναλλακτών θερμότητας μικροδιαύλου δεν είναι τόσο απλή όσο για τα συμβατικά εναλλάκτες θερμότητας.

Ένα άλλο εμπόδιο για την υιοθέτηση του μικροδιαύλου τεχνολογίας εναλλάκτη θερμότητας είναι η ανάγκη για ακριβή πρόβλεψη απόδοσης. Η βελτίωση των εργαλείων πρόβλεψης ήταν το αντικείμενο Συλλιγνάκης Στέφανος

έρευνας του πρόσφατου προγράμματος ARTI (Jacobi et al., 2001). Η δημοσιοποίηση της τελικής έκθεσης της πρώτης φάσης της μελέτης αυτής ενδέχεται να ευνοούν ορισμένους κατασκευαστές μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στο να προχωρήσουν με τη χρήση της τεχνολογίας μικροδιαύλου.

7.9.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

- Ανάπτυξη εργαλείων πρόβλεψης απόδοσης, δημοσίως διαθέσιμα.
- Ερευνητικές προσεγγίσεις για την κατασκευή εναλλάκτη, μείωση του κόστους μικροδιαύλου θερμότητας.
- Ανάπτυξη τεχνικών κατασκευής που επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία σχεδιασμού.

7.10 Μικροπεριβάλλοντα

7.10.1 Περιγραφή

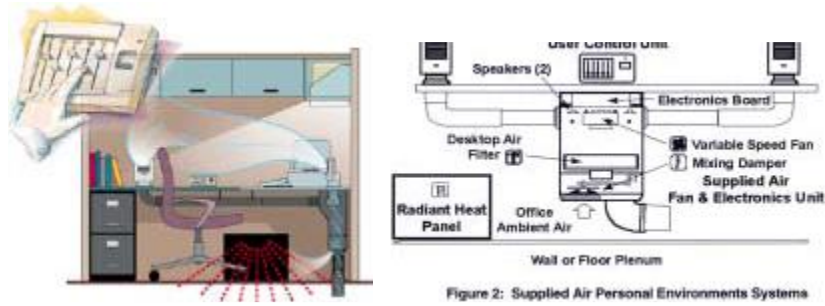
Μικροπεριβάλλοντα, που ονομάζεται επίσης κλιματισμός έργου-περιβάλλοντος, είναι μια ιδέα που έχει εμπορευματοποιηθεί στην Ιαπωνία, στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες για περισσότερο από δέκα χρόνια. Ενώ μέτρια εξοικονόμηση ενέργειας είναι δυνατόν σε εμπορικά κτίρια, συστήματα κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος είναι περισσότερο γνωστά για την αύξηση της θερμικής άνεσης των εργαζομένων σε ανοιχτούς χώρους γραφείων. Σημαντικότερα εμπόδια, όπως το υψηλό αρχικό κόστος και την αντοχή να κινείται μακριά από τα συστήματα διανομής αέρα παραδοσιακή αίθουσα παρεμπόδισαν κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος από την επίτευξη ευρείας υιοθέτησης στις ΗΠΑ αγορά εμπορικών κτιρίων γραφείων. Εκπαιδευτικές προσπάθειες μπορεί να παράγουν κάποιο αυξημένο ενδιαφέρον για τα οφέλη του κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Τρέχων.	Περιορισμένη έκδοση παρά την εμπορευματοποίηση στη δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Όλα τα συστήματα HVAC σε κτίρια γραφείων.	
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.	Όχι.	Κλιματισμός περιβάλλοντος απαιτεί συνήθως σημαντικές αλλαγές αγωγού στην αναβάθμιση της εγκατάστασης για να αξιοποιήσει τον εναέριο αγωγό παροχής.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	0.55	Όλα τα συστήματα ψύξης και του ενεργειακού εφοδιασμού και την επιστροφή του ανεμιστήρα σε κτίρια γραφείων.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.0750	Περιλαμβάνει την εξοικονόμηση ενέργειας που συνδέεται με τον εξοπλισμό και τους ανεμιστήρες (δεν περιλαμβάνει το φωτισμό εξοικονόμησης ενέργειας) ψύξης.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	>100 χρόνια.	Λαμβάνοντας υπόψη μόνο την ενεργειακή εξοικονόμηση κόστους (δεν λαμβάνονται υπόψη η αξία της κάθε αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων).
Μη ενεργειακά οφέλη.	Αυξημένη άνεση των επιβατών.	Δυνητικά βελτίωση της ποιότητας του αέρα.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	Johnson Controls, Inc., Hartman , Tate Access Inc., Climadesk™, αρκετοί Ιάπωνες κατασκευαστές.	
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	Μειώνει την ψύξη (που σχετίζεται με εξαερισμό) κατανάλωσης ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης (κυρίως μέσω αισθητήρων πληρότητας).
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές	Χώροι γραφείων με ενιαία διαρρύθμιση, κατά διαστήματα κατέλαβαν χώρους εργασίας και χαμηλές πυκνότητες του προσωπικού (για τη μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας), νέα κατασκευή παρουσιάζεται ευνοϊκότερη οικονομικά για τις μονάδες κλιματισμού μικροπεριβάλλοντος από μετασκευές.	
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”	Δεν απαιτούνται πρόσθετα βήματα.	

Πίνακας 7.21 Σύνοψη χαρακτηριστικών μικροπεριβάλλοντων.

7.10.2 Ιστορικό

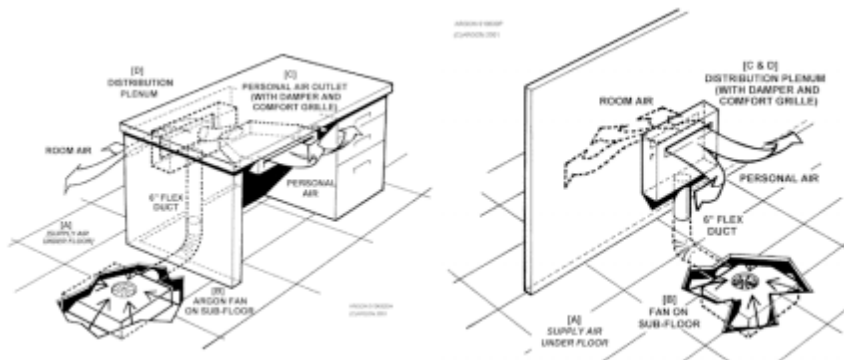
Κλιματισμός μικροπεριβάλλοντος εξατομικεύει θερμικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, και ροή αέρα) για τη μεγιστοποίηση της θερμικής άνεσης. Θερμική άνεση είναι μια δύσκολη παράμετρος για να προσδιοριστεί ποσοτικά, δεδομένου ότι βασίζεται σε προσωπικές προτιμήσεις της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ροής του αέρα που ποικίλλουν ανάλογα με το φύλο, το επίπεδο δραστηριότητας, το επίπεδο ρούχων, και μπορεί ακόμη και να ποικίλουν μέρα σε μέρα ανάλογα με τη διάθεση ενός ατόμου. Η έρευνα έχει στατιστικά ποσοτική “άνεση”, σύμφωνα με πειραματικές έρευνες των ανθρώπων που εργάζονται κάτω από διάφορες συνθήκες, αλλά ακόμα και ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα HVAC θα αφήσει το 10% των επιβατών “πάρα πολύ καυτό” ή “πολύ κρύο”. Σύμφωνα με μελέτες των πραγματικών κτιρίων γραφείων (π.χ., Schiller et al., 1988, από Arens et al., 1991), ένα πολύ μεγαλύτερο μέρος (40%) των εργαζομένων είναι δυσαρεστημένοι με το θερμικό περιβάλλον εργασίας τους. κλιματισμός μικροκλίματος δημιουργεί ουσιαστικά μια εικονική ζώνη για κάθε επιβάτη για τον έλεγχο του περιβάλλοντος σύμφωνα με τις προτιμήσεις του. Αρκετοί κατασκευαστές προσφέρουν προϊόντα που παρέχουν αέρα σε διαφορετικές θέσεις και έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά (μερικοί έχουν ατομικούς ανεμιστήρες τροφοδοσίας, ακτινοβόλο θέρμανση ή πάνελ ψύξης, συγκαλύπτοντας το θόρυβο, αποσβεστήρες ανακυκλοφορίας, ολοκληρωμένο έλεγχο φωτισμού, αισθητήρες κίνησης, κλπ.) ενώ άλλοι δεν το κάνουν. Η Εικόνα 7.12 απεικονίζει ένα γραφείο με προσαρμοσμένο σύστημα με πολλές δυνατότητες. Η Εικόνα 7.14 δείχνει διάφορες μονάδες που παράγονται από την Argon Corporation.



Εικόνα 7.12 Ιδιωτικά συστήματα περιβάλλοντος. “Johnson Controls”.



Εικόνα 7.13 Εργασία αέρα στο δάπεδο. “Tate Access, Inc”.



Εικόνα 7.14 Προϊόντα γραφείου. “Argon Corporation”.

Κλιματισμός μικροπεριβάλλοντος επηρεάζει δυνητικά την κατανάλωση ενέργειας συστημάτων HVAC με διάφορους τρόπους, κάποιιο μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και μερικοί την αυξήσουν. Ο Πίνακας 7.22 συνοψίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή των HVAC. Οι τρεις παράγοντες εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε όλα τα συστήματα μικροπεριβάλλοντος είναι:

- Οι υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα τροφοδοσίας ψύξης (για την αποφυγή “κρύου χτυπήματος” άμεσα στους επιβάτες), παρέχοντας αυξημένη αποτελεσματικότητα του κύκλου κλιματισμού (COP) και επιτρέποντας περισσότερες ώρες λειτουργίας οικονομική σε ένα χρόνο.
- Η μέση θερμοκρασία αφήνεται να επιπλεύσει σε κοινόχρηστους χώρους - υψηλότερο (στην εποχή ψύξης) και κατώτερο (στην εποχή θέρμανσης) - μειώνοντας τα φορτία θερμικού περιβλήματος.

- Αισθητήρες κατάληψης παίζουν μεγάλο ρόλο στον περιορισμό της τοπικής κατανάλωσης ρεύματος ανεμιστήρα, αλλά και στη μείωση της κατανάλωσης ψύξης και θέρμανσης.

Το καθαρό αποτέλεσμα του κλιματισμού μικροπεριβάλλοντος, ωστόσο, δεν θα είναι αναγκαστικά μια συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από το σύστημα κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος αλλά αυξάνουν επίσης την ενέργεια που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό διανομής αέρα.

Δράση των Περιβάλλοντων Συστημάτων	Αποτελέσματα	Επηρεάζουν την Ετήσια Ηλεκτρική Κατανάλωση του Συστήματος HVAC σε Τυπικά Εμπορικά Κτίρια.
<i>Προσθέστε ανεμιστήρες σε κάθε γραφείο (παράλληλα με τους κεντρικούς ανεμιστήρες)</i>	Αυξάνει την ηλεκτρική έλξη.	Αύξηση (+++)
	Μειώνει τη στατική πίεση κατά μήκος των κεντρικών ανεμιστήρων.	Μείωση (-)
	Αυξάνει την αποδοτικότητα του κύκλου (COP) του εξοπλισμού κλιματισμού.	Μείωση (-)
<i>Αυξήστε την ψύξη της θερμοκρασίας του αέρα τροφοδοσίας</i>	Αυξάνει την απαιτούμενη ταχύτητα ροής του αέρα για την κάλυψη των θερμικών φορτίων.	Αύξηση (++)
	Αυξάνει τον αριθμό των ωρών που διατίθενται για εξοικονόμηση.	Μείωση (-)
<i>Μειώστε τη θερμοκρασία του αέρα παροχής θέρμανσης</i>	Αυξάνει τον απαιτούμενο ρυθμό ροής του αέρα για την κάλυψη των θερμικών φορτίων.	Αύξηση (+++)
	Μειώνει τον απαιτούμενο ρυθμό ροής του αέρα για την κάλυψη των θερμικών φορτίων.	Μείωση (--)
<i>Αυξήστε μέση τιμή θερμοκρασίας δωματίου (ψύξη) ή να μειώσετε μέση επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας χώρου (θέρμανση)</i>	Μειώνει τα θερμικά φορτία περιβλήματος.	Μείωση (-)
	Μειωμένα φορτία φωτισμού.	Συνήθως μικρό, ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου.
<i>Απενεργοποιήστε το σύστημα όταν κατειλημμένο (αισθητήρες κίνησης)</i>	Μειωμένα τοπικά φορτία ανεμιστήρα.	Μείωση (-)
	Αυξάνει την ηλεκτρική έλξη.	Αύξηση (++)
<i>Προσθέστε θερμαντήρες ακτινοβολίας σε κάθε γραφείο</i>	Μειώνει τον απαιτούμενο ρυθμό ροής του αέρα για την κάλυψη των θερμικών φορτίων.	Μείωση (-)

Πίνακας 7.22 Σύνοψη για το πώς τα μικροπεριβάλλοντα επηρεάζουν την ενέργεια των συστημάτων HVAC.

Αρκετές απλούστερες υποθέσεις των συστημάτων μικροπεριβάλλοντος έγιναν κατά την εξέταση της εξοικονόμησης ενέργειας και του κόστους στις ακόλουθες ενότητες. Αυτές οι υποθέσεις είναι τυπικά χαρακτηριστικά των συστημάτων κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος, όπως τεκμηριώνεται από *Bauman et al. (1991 και 1994)*:

- Ψυχρός αέρα τροφοδοσίας παρέχεται στα 64°F για να αποφευχθεί το ρεύμα αέρα (σε σύγκριση με 58°F σε ένα συμβατικό σύστημα).
- Αέρας θέρμανσης παρέχεται στους 100°F για να αποφεύγεται η δυσφορία (σε σύγκριση με 130°F σε ένα συμβατικό σύστημα).
- Ο έλεγχος αμορτισέρ επιτρέπει σε κάθε χρήστη να αναμίξει την παροχή αέρα με τοπικά ανακύκλωσης αέρα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας της προσφοράς.

- Διαστρωμάτωση δημιουργεί την επιστροφή του αέρα που είναι 4.5°F θερμότερη από τον αέρα στην κατεχόμενη ζώνη κατά την ψύξη.
- Οι θερμοστάτες δωματίου επιτρέπουν μια σειρά ευρύτερου στραγγαλισμού (7°F σε σχέση με ένα πιο συμβατικό 4.5°F).
- Οι αισθητήρες κίνησης συμπεριλαμβάνονται για να απενεργοποιούν τον ανεμιστήρα και το πάνελ ακτινοβόλου θέρμανσης.
- Ο φωτισμός δεν θεωρείται τμήμα του συστήματος (μη HVAC).

7.10.3 Απόδοση

Συνοπτική παρουσίαση: Πειράματα και προσομοιώσεις έχουν δείξει ότι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας HVAC είναι δυνατή με κατάλληλα σχεδιασμένα, εγκαταστημένα και λειτουργικά συστήματα κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος. Αυξημένη εξοικονόμηση, διαστρωμάτωση μέσα στο δωμάτιο, και πιο χαλαρή ρύθμιση της θερμοκρασίας στους κοινόχρηστους χώρους, όλα συμβάλλουν στο μέσο όρο της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας 16% για τον εξοπλισμό και 4% για την ψύξη για τους ανεμιστήρες σε όλη την ΗΠΑ, με αισθητήρες κίνησης που αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της εξοικονόμησης ενέργειας. Η εφαρμογή αυτών των μέσων εξοικονόμησης ενέργειας πάνω από το τμήμα κτίριο γραφείων ΗΠΑ δίνει συνολικά 0.07 quads.

Πρώιμες μελέτες προσομοίωσης ενέργειας (*Arens et al 1991 και Braun, 1992*) πρότεινε ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας κλιματισμού ενός συστήματος μικροπεριβάλλοντος είναι μικρότερη από εκείνη ενός συμβατικού συστήματος (περίπου 20-30% ανάλογα με το κλίμα) λόγω των αυξημένων αισθητήρων εξοικονόμησης και πληρότητας. Οι μελέτες αυτές, ωστόσο, δεν αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένα κτίρια αλλά έκανε μια ευρεία γενίκευση για την οικοδόμηση χαρακτηριστικών και της λειτουργίας. Μεταγενέστερες μελέτες έχουν ενισχύσει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας των συστημάτων μικροπεριβάλλοντος μέσω λεπτομερών προσομοιώσεων.

Μια μελέτη από *Bauman et al. (1994)* περιέχει λεπτομερή ανάλυση των συστημάτων μικροπεριβάλλοντος σε μεγάλα κτίρια γραφείων. Με την πρωτότυπη προσομοίωση, κτίρια γραφείων σε δύο πόλεις της Καλιφόρνιας με DOE⁵⁴, ο Bauman έδειξε ότι τα συστήματα μικροπεριβάλλοντος θα μπορούσαν να μειώσουν την ετήσια κατανάλωση ψύξης και διανομής ενέργειας έως και κατά 18%, με τον αισθητήρα πληρότητας που αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της εξοικονόμησης ενέργειας. Οι οικονομίες αυτές, όμως, είναι υπό τις πιο αισιόδοξες συνθήκες υπάρχουν περιπτώσεις για τις οποίες βρήκε αυξήσεις στην κατανάλωση ενέργειας.

⁵⁴ DOE → Department of Energy
Συλλιγνάκης Στέφανος

7.10.4 Κόστος

Συνοπτική παρουσίαση: Ανάλογα με την πολυπλοκότητα ενός συστήματος που είναι εγκατεστημένο, το κόστος κυμαίνεται μεταξύ \$500 και \$1300 ανά σύστημα (π.χ., γραφείο). Λαμβάνοντας υπόψη την αισιόδοξη εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους, μόνο, δίνει μία απλή περίοδο αποπληρωμής που υπερβαίνει τα 100 έτη (ξεπερνώντας κατά πολύ την λογική διάρκεια ζωής του εξοπλισμού). Αν και οι κατασκευαστές υποστηρίζουν ότι η αξία της αύξησης της παραγωγικότητας των εργαζομένων μειώνει την απλή ανταπόδοση για περίπου 18 μήνες.

Johnson Controls κατασκευάζει μονάδες μικροπεριβάλλοντος για καμπίνες (που ονομάζεται *Personal Environments*[®]) με ένα κόστος εγκατάστασης των μονάδων μεταξύ \$800 και \$1300, σύμφωνα με τα έντυπα της εταιρείας, με την εξάπλωση να αντικατοπτρίζει το εύρος των πιθανών χαρακτηριστικών και την ποσότητα των μονάδων. Άλλοι κατασκευαστές, όπως *Argon Corporation*, προσφέρουν λιγότερο πολύπλοκα συστήματα σε τιμές που ξεκινούν από \$500, εγκατεστημένα.

Βασίζεται σε μια απλή ανάλυση ομαδοποιημένων φορτίων σε πέντε πόλεις των ΗΠΑ και χρησιμοποιώντας ένα κόστος εγκατάστασης του συστήματος των \$5 ανά τετραγωνικό πόδι, οι πέντε πόλεις αυτές βρήκαν μία απλή περίοδο αποπληρωμής πάνω από 100 χρόνια (βλέπε Πίνακα 7.23).

Περιοχή	Ηλεκτρικός Συντελεστής (\$/kWh)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ηλεκτρικού (kWh/ft ²)	Απλή Αποπληρωμή (έτη)
<i>New York City</i>	0.10	0.43	115
<i>Chicago</i>	0.05	0.5	200
<i>Fort Worth</i>	0.06	0.52	160
<i>Albuquerque</i>	0.06	0.62	135
<i>San Francisco</i>	0.08	0.16	380

Πίνακας 7.23 Εκτίμηση αποπληρωμής συστημάτων μικροπεριβάλλοντος σε 5 διαφορετικές πόλεις.

Με βάση μια περιπτωσιολογική έρευνα από την *Johnson Controls*, η αύξηση της παραγωγικότητας κατά 2.8% (αξίας \$845/έτος/άτομο), δίνει μία απλή περίοδο αποπληρωμής των 18 μηνών.

Συστήματα μικροπεριβάλλοντος προσφέρουν επίσης μεγαλύτερη ευελιξία για την εκ νέου διαμόρφωση από τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού, ιδιαίτερα όταν ενσωματωθούν σε ένα υπερυψωμένο σε διάταξη όροφο. Αυτό μειώνει το κόστος της εκ νέου διαμόρφωσης.

7.10.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Τα αρχικά κόστη αντιπροσωπεύουν το πιο σημαντικό εμπόδιο - ιδιοκτήτες κτιρίων πρέπει να πειστούν ότι η αξία της αυξημένης άνεσης των επιβατών είναι σημαντική ώστε να δικαιολογεί τα σημαντικά αρχικά κόστη ενός συστήματος έργου-περιβάλλοντος. Εργολάβοι, κατασκευαστές και ιδιοκτήτες κτιρίων είναι επίσης απρόθυμοι να υιοθετήσουν ένα αντισυμβατικό και σχετικά αναπόδεικτο σύστημα διανομής αέρα.

7.10.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Ενώ η επιπλέον εκπαίδευση μπορεί να αυξήσει την υιοθέτηση του κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος στις ΗΠΑ, πολύ δουλειά έχει ήδη γίνει. Εκτιμήσεις της ενέργειας και κόστους έχουν τεκμηριωθεί εκτεταμένα από τον *Bauman et al.* και έχουν αναπτύξει πρακτικές οδηγίες σχεδιασμού για τους εργολάβους και τους οικοδόμους, περιγράφοντας τον τρόπο εγκατάστασης συστημάτων κλιματισμού έργου-περιβάλλοντος. Η *Johnson Controls* εμπορεύεται σήμερα το προϊόν της ενεργά, και οι άλλοι κατασκευαστές έχουν την εμπορία των προϊόντων στις ΗΠΑ από τις αρχές της δεκαετίας του 1990.

7.11 Ακτινοβολούμενη Ψύξη Οροφής

7.11.1 Περιγραφή

Κτίρια με συστήματα ακτινοβολούμενης ψύξης οροφής, γνωστά επίσης και ως συστήματα “διατηρημένα με απλή ψύξη δέσμης”, δροσίζει το δωμάτιο με φυσική συναγωγή και μεταφορά ακτινοβολίας θερμότητας. Όπως σημείωσε ο *Mumma (2001b)*, τα σημερινά συστήματα σχεδόν πάντα απαιτούν εξειδικευμένα εξωτερικά συστήματα αέρα (*DOAS*) και σφιχτό περίβλημα κτιρίου για να διαχειριστεί την υγρασία. Εξοικονόμηση ενέργειας πραγματοποιείται από σημαντικές μειώσεις στον κινητήρια δύναμη του αέρα (μόνο ο εξωτερικός ανανεώσιμος αέρας διανέμεται στο κτίριο) και την υψηλότερη θερμοκρασία εξάτμισης του ψύκτη παροχής δροσερού νερού στα διατηρημένα με απλή ψύξη πάνελ οροφής.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητας. <i>Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.</i>	Τρέχων Όλα τα συστήματα HVAC.	Πολύ πιο συχνή στην Ευρώπη από ό, τι στις ΗΠΑ
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχον εξοπλισμούς/κτίρια.	Όχι.	Απαιτεί την εγκατάσταση μεγάλων πάνελ οροφής και σωληνώσεων σε όλο το κτίριο.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	3.4	Όλα τα μη-ατομικά ενέργειας ψύξης και εξαερισμού, θέρμανσης ενέργειας συνδέεται με την ΟΑ
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.6	17% μείωση της ενέργειας ψύξης. 10% μείωση θερμικής ενέργειας. 25% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας εξαερισμού.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	Δυνητικά άμεση.	Σε νέα κατασκευή ή ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Βελτιωμένη άνεση των επιβατών, χαμηλά επίπεδα θορύβου, χαμηλή συντήρηση.	Ακτινοβόλος θέρμανση/ψύξη θεωρείται γενικά πιο άνετα από ό, τι οι μέθοδοι εξαναγκασμένου αέρα. Χαμηλή συντήρηση. Λιγότερο θόρυβο από τη διανομή του αέρα. Σύμφωνα με <i>Stetiu (1997)</i> , η ακτινοβόλος ψύξη μειώνει τον εξαερισμό, το οποίο μειώνει τον χώρο που απαιτείται για αγωγούς μέχρι και 75%.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/κατασκευαστές τεχνολογίας.		<i>Frenger, Trox, Dadanco</i> , χρησιμοποιούν μικρότερους ανεμιστήρες για τη διανομή πρωτογενούς αέρα μέσω της μονάδας, σε συνδυασμό με δευτερεύοντα, αέρα δωματίου.
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	Μειώνει το φορτίο αιχμής εξαερισμού που απαιτείται για την παροχή αιχμής ψύξης. Ο <i>Stetiu (1997)</i> διαπίστωσε μείωση της ζήτησης κατά 27% κατά μέσο όρο.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές		Σφιχτά κτίρια με υψηλά φορτία ψύξης, που βρίσκονται σε τοποθεσία χαμηλής υγρασίας (π.χ. νοσοκομεία λόγω απαίτησης εξαερισμού).
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”		Σύστημα HVAC με εκπαιδευτική προσέγγιση σχεδιαστή/κατασκευαστή, ενσωμάτωση σε κοινώς χρησιμοποιούμενα εργαλεία σχεδιασμού HVAC, επίδειξη επιχειρησιακών οφελών, εξοικονόμηση ενέργειας διατηρημένα με απλή ψύξη δέσμης vs VAV.

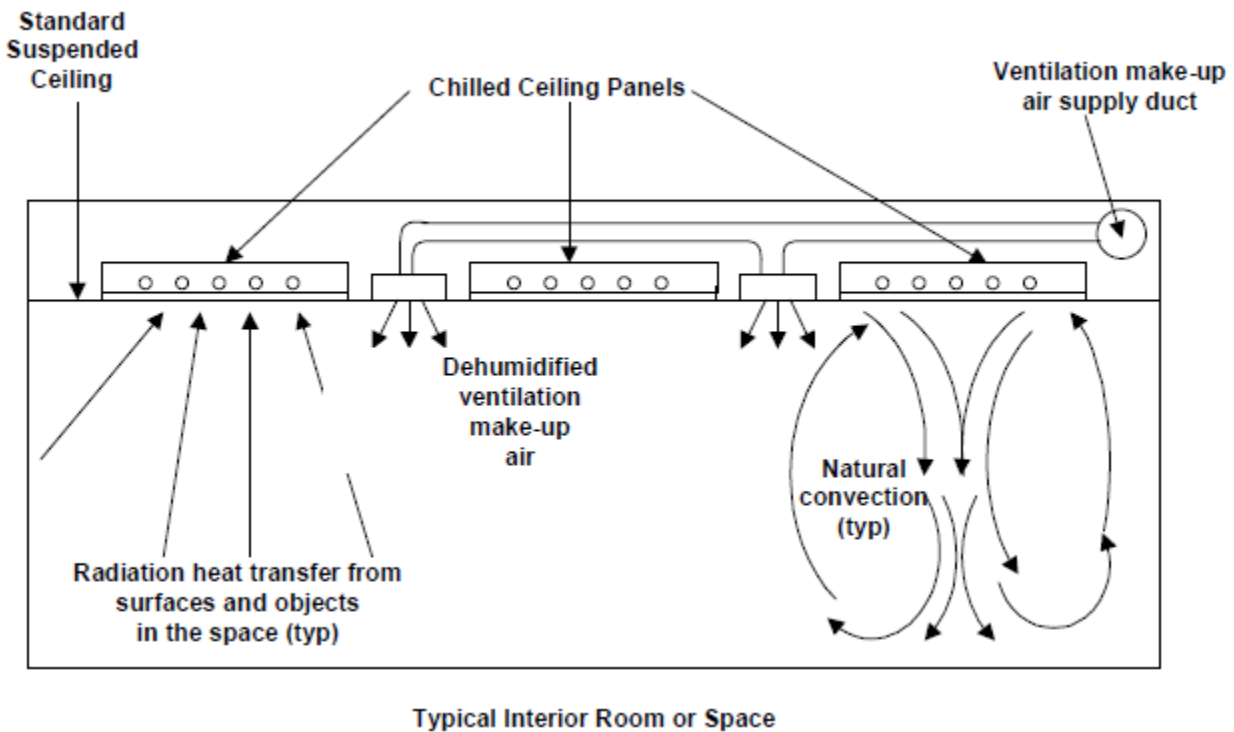
Πίνακας 7.24 Σύνοψη χαρακτηριστικών συστημάτων ακτινοβολούμενης ψύξης οροφής.

7.11.2 Ιστορικό

Κτίρια με συστήματα ψύξης ακτινοβόλου οροφής, γνωστή επίσης και ως συστήματα “διατηρημένα με απλή ψύξη δέσμης”, ενσωματώνουν σωλήνες στις οροφές των κτιρίων, μέσω των οποίων ρέει το κρύο νερό. Οι σωλήνες βρίσκονται κοντά στις επιφάνειες οροφής ή σε πίνακες και την ψύξη του δωματίου μέσω φυσικής μεταφοράς και ακτινοβολίας μεταφορά θερμότητας (βλέπε Εικόνα 7.15). Η τεχνολογία υπάρχει για περισσότερα από 50 χρόνια. Ωστόσο, η συμπύκνωση προκάλεσε την υγρασία να συσσωρεύεται στις ψυχρές επιφάνειες, προκαλώντας τα υλικά οροφής (π.χ., γύψο) να αποτύχουν και τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για βιολογική ανάπτυξη. Όπως σημείωσε ο *Mumma (2001b)*, τα σημερινά συστήματα σχεδόν πάντα απαιτούν εξειδικευμένα εξωτερικά συστημάτων αέρα και πολύ σφιχτό περιβλήματα στα κτίρια για να διαχειριστεί η υγρασία.

Σε τυπικά εμπορικά κτίρια, η στρατηγική για την αποφυγή της συμπύκνωσης σε θερμαντικά πάνελ είναι απλή. Ένα ξεχωριστό σύστημα διατηρεί το σημείο δρόσου στον χώρο κάτω από τη θερμοκρασία των ακτινοβόλων πλαισίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η κύρια πηγή του φορτίου αιχμής υγρασία είναι η υγρασία που περιέχεται στον εξερισμό αέρα ανανέωσης. Ως εκ τούτου, μία επιλογή για το χειρισμό των φορτίων υγρασίας χωριστά από το διατηρημένα με απλή ψύξη οροφής είναι η αφύγρανση του αέρα ανανέωσης, με αρκετή “extra” υγρασία να αφαιρείται για να καλύψει την εσωτερική παραγωγή υγρασίας, πριν από την εισαγωγή της στο χώρο. Ο *Mumma (2001c)* αναφέρει ότι με καλό έλεγχο βάσης του σημείου δρόσου, τα διατηρημένα με απλή ψύξη πάνελ είναι αρκετά επιεικής (σε σχέση με το σχηματισμό συμπύκνωσης) κατά τη διάρκεια ανατροπών, όπως η μη αναμενόμενες αυξήσεις στην πληρότητα ή άλλες προσωρινές αυξήσεις στα τοπικά φορτία υγρασίας και στο σημείο δρόσου.

Ένα ακτινοβόλο σύστημα ψύξης οροφής παραδίδει άμεσα αισθητή ψύξη σε χώρους, ανεξάρτητη σύζευξη μέγιστης παροχής αέρα από το ψυκτικό φορτίο και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας εξαερισμού ανεμιστήρα. Τυπικά, η λαμπερή και φυσική ικανότητα ψύξης των διατηρημένων με απλή ψύξη πάνελ οροφής είναι συγκρίσιμη, με το συνδυασμό της λαμπερής και φυσικής ικανότητα ψύξης συναγωγής είναι επαρκής για την κάλυψη κορυφαίων λογικών φορτίων με περίπου το 50% της έκτασης της οροφής που καλύπτεται από πάνελ ψύξης. Με αισθητή ψύξη διαχωρίζεται το σύστημα αερισμού, μπορεί να παρέχεται αέρας όπως απαιτείται για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις εξαερισμού (επί μια προκαθορισμένη βάση cfm/ft^2 , ή όπως προσδιορίζεται από αισθητήρες CO_2). Όπως συζητήθηκε παραπάνω, τα ακτινοβόλα πάνελ απαιτούν τη χρήση ενός ειδικού συστήματος για την αφύγρανση του εξωτερικού αέρα, μια προσέγγιση που, αν και δεν είναι μοναδική για τα συστήματα ακτινοβόλων πάνελ, μειώνει επίσης την κατανάλωση ενέργειας εξαερισμού σε σχέση με ένα τυπικό σύστημα VAV (*Mumma, 2001a*). Επιπλέον, επειδή τα ακτινοβόλα πάνελ πρέπει να λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες για να αποφευχθεί η συμπύκνωση, μειώνουν την άνωση του κύκλου συμπίεσης ατμού παροχής της ψύξης. Τέλος, η μεταφορά θερμότητας ακτινοβολίας παραδίδει “δροσιά” απευθείας στους φορείς των επιβατών, η οποία μπορεί να επιτρέψει ελαφρώς υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα του κτίριο, μειώνοντας τα φορτία για ψύξη του κτιρίου.



Εικόνα 7.15 Αρχές πάνελ ψύξης ακτινοβολούμενης οροφής.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όντως τα συστήματα DOAS θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν παράλληλα με ένα λογικό μονό σύστημα VAV, με παρόμοια πλεονεκτήματα. Μια λεπτομερής σύγκριση του κόστους εξοικονόμησης ενέργειας και την εγκατάσταση των DOAS παράλληλα με κάθε τύπο συστήματος χειρισμού λογικών φορτίων θα ήταν χρήσιμη.

7.11.3 Απόδοση

Σύντομη παρουσίαση: Πάνελ ψύξης/ψυχόμενες οροφές (σε συνδυασμό με ένα σύστημα DOAS) μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας ψύξης και αερισμού κατά 25-30% σε σχέση με ένα σύστημα VAV.

Για παθητικά πάνελ οροφής, η ικανότητα ψύξης συνήθως μοιράζεται ομοιόμορφα μεταξύ ακτινοβολίας και μεταφοράς θερμότητας με φυσική συναγωγή. Για παράδειγμα, οι μονάδες *Frenger* πάνελ οροφής έχουν μια διάσπαση χωρητικότητας περίπου 40-60% ακτινοβόλου συναγωγής, σε μια πυκνότητα έως και $150\text{W}/\text{m}^2$ ($50\text{ Btu}/\text{ft}^2$). Ενεργές διατηρημένες με απλή ψύξη μονάδες δέσμης μπορούν να παρέχουν μεταξύ $25\text{-}250\text{W}/\text{m}^2$ με 17% επίτευξη μείωσης της ισχύος του ανεμιστήρα σε σχέση με τα συμβατικά VAV. Κάθε μονάδα μπορεί να ελέγχεται ανεξάρτητα, οδηγώντας σε απλές ζώνες.

Ένας από τους βασικούς μηχανισμούς της εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ικανότητα να λειτουργεί με υψηλότερη θερμοκρασία κρύου νερού, αφήνοντας τη θερμοκρασία του ψυκτικού συγκροτήματος εξατμιστή να είναι αντίστοιχα μεγαλύτερη. Σύμφωνα με τον *Springer (2001)*, διατηρημένα με απλή ψύξη πάνελ οροφής συνήθως χρησιμοποιούν νερό 50°F αντί για $40\text{-}45^\circ\text{F}$, ενώ ο *Feustel (2001)* σημείωσε ότι μια εγκατάσταση στη Γερμανία χρησιμοποιεί τις ακόλουθες θερμοκρασίες: Παροχή 95°F (88°F επιστροφή) για να

διατηρηθεί ο χώρος στους 68°F κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και 61°F ο εφοδιασμός, 66°F επιστροφής, 80°F από τη θερμοκρασία του χώρου για την ψύξη.

Όπως σημειώθηκε νωρίτερα, ακτινοβόλα συστήματα ψύξης οροφής στα περισσότερα κλίματα απαιτούν την εγκατάσταση ενός συστήματος για τη διαχείριση της υγρασίας του ΟΑ⁵⁵, π.χ. ένα σύστημα DOAS. Μαζί, το σύστημα DOAS με την ακτινοβόλο ψύξη οροφής εξοικονομεί ενέργεια μειώνοντας την κινητήρια δύναμη του αέρα, μειώνοντας τη συνολική ροή του αέρα εξαερισμού και χειρίζεται πιο αποτελεσματικά τα λογικά φορτία ψύξης. Η κινητήρια δύναμη του αέρα μειώνεται, διότι μόνο αέρας κινείται είναι αυτή που απαιτείται για τον αερισμό. Όταν το DOAS έχει σχεδιαστεί με αγωγούς που ταιριάζουν με αυτό μειώνεται, σταθερά, η απαίτηση ροής, ισχύς φυσητήρα δεν μειώνεται σε περιόδους χαμηλού φορτίου, όπως είναι η περίπτωση με VAV. Είναι σημαντικό, ωστόσο, ένα σύστημα DOAS να μπορεί να ανταποκριθεί ASHRAE στις απαιτήσεις εξαερισμού με μικρότερη ροή αέρα εξαερισμού, λόγω της εγγενούς ακρίβειας των DOAS στην παράδοση, απαιτούμενες ροές εξαερισμού στο συσσωμάτωμα και στις μεμονωμένες ζώνες στο κτίριο.

ΤΙΑΧ ανέπτυξε μια απλή ανάλυση για τη σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός συμβατικού συστήματος VAV με ένα ακτινοβόλο σύστημα ψύξης οροφής μαζί με σύστημα DOAS. Χρησιμοποιώντας στοιχεία φορτίου του κτιρίου και ομαδοποιημένων δεδομένων καιρού να συγκρίνουν τον αέρα απόδοσης των δύο συστημάτων για ένα μικρό κτίριο γραφείων σε περιοχή του Ατλαντικού, το ακτινοβόλο σύστημα μαζί με το σύστημα DOAS συνειδητοποίησε ετήσια εξοικονόμηση ισχύς ανεμιστήρα της τάξης του 25%, με τις μεγαλύτερες αποταμιεύσεις σε θερμότερα κλίματα (βλέπε Πίνακα 7.25). Στη λειτουργία ψύξης χώρου, η εξοικονόμηση ενέργειας περιλαμβάνει την παροχή της υψηλότερης θερμοκρασίας του κρύου νερού στα ακτινοβόλα πάνελ οροφής για το λογικό μέρος του φορτίου, ο μειωμένος αέρας που κινείται διαχέεται εντός του κλιματιζόμενου χώρου, και οι μειωμένες ροές εξαερισμού ψύχονται. Στη λειτουργία θέρμανσης χώρου, η ενέργεια αποθηκεύεται ως αποτέλεσμα της μειωμένης ροής του αέρα εξαερισμού που επιτρέπεται από την εγγενή ακρίβεια των DOAS στην παροχή απαιτούμενων ροών εξαερισμού στο συσσωμάτωμα και στις μεμονωμένες ζώνες του κτιρίου. Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι τυπικά 50-60% του φορτίου θέρμανσης χώρου οφείλεται στην θέρμανση εξωτερικού αέρα. Τα DOAS επιτρέπουν τον εξωτερικό αέρα να μειωθεί κατά περίπου 20%, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση χώρων της τάξης του 10%.

Κατηγορία	Εξοικονόμηση Ενέργειας
Θέρμανση Χώρου	8-12%
Ψύξη Χώρου	15-20%
Δύναμη Εξαερισμού	20-30%

Πίνακας 7.25 Εξοικονόμηση ενέργειας από ακτινοβολούμενα συστήματα οροφής έναντι συμβατικών VAV.

Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν αρκετά με τα ευρήματα από την κατασκευή προσομοιώσεων από τον Stetiu (1997), ο οποίος υπολόγισε εξοικονόμηση 17% στο κρύο, σε υγρές περιοχές έως και 42% σε ζεστό, ξηρές περιοχές, με μέσο όρο 30%. Ομοίως, οι προσομοιώσεις για ένα κτίριο γραφείων στη Φιλαδέλφεια διαπίστωσε μέχρι και 23% μείωση του ετήσιου λειτουργικού κόστους των συστημάτων HVAC.

Σε γενικές γραμμές, η απαίτηση των συστημάτων DOAS στις περισσότερες ακτινοβόλες εφαρμογές ψύξης απαγορεύει γενικά τη λειτουργία του οικονομητήρα σε επίπεδα πάνω και πέρα από αυτές που απαιτούνται για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της ΟΑ.

⁵⁵ ΟΑ → Outdoor Air

7.11.4 Κόστος

Συνοπτική παρουσίαση: Σε νέες κατασκευές, το κόστος εγκατάστασης των πάνελ ψύξης με απλή ψύξη δέσμης συν ενός κατάλληλου συστήματος DOAS με ανάκαμψη ενθαλπίας είναι παρόμοια με τα συμβατικά συστήματα VAV. Ωστόσο, αυτό εξαρτάται από την ενσωμάτωση άλλων συστατικών του συστήματος, δηλαδή, αν το σύστημα απαιτεί χωριστό σύστημα ακτινοβόλου θέρμανσης για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, τα συστήματα πάνελ ψύξης κρύου νερού κοστίζουν σημαντικά περισσότερο από ένα σύστημα μονού αέρα. Μια σειρά από πηγές, που αναφέρονται παρακάτω έχουν κάνει παρόμοιες δηλώσεις για το συγκριτικό κόστος.

Ο *Mumma (2001b)*, προϋποθέτει ότι ένα σύστημα ψύξης του πίνακα, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα ειδικό σύστημα εξωτερικού αέρα (DOAS) εφοδιασμένο με λογικές συσκευές μεταφοράς, κοστίζει λιγότερο να κατασκευάσει από ένα σύστημα βασισμένο με VAV. Δεν είναι εντελώς σαφές εάν πάνελ ψύξης θα κοστίζουν λιγότερο από ένα λογικό μονό σύστημα VAV σε συνδυασμό με DOAS. Μια προσφορά τιμής που παρέχεται από ένα κατασκευαστή παγωμένης δέσμης βρέθηκε ότι το σύστημα κρύας δέσμης κοστίζει 2% περισσότερο από ό, τι ένα σύστημα VAV, με μεγάλες μειώσεις στο κόστος των αγωγών και του εξοπλισμού του ανεμιστήρα. Ομοίως, ο *Springer (2001)* ανέφερε ότι το κόστος είναι ανταγωνιστικό με VAV, αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη μείωση του κόστους αερισμού. Μια περιπτωσιολογική μελέτη από πηγές ενέργειας έδειξε μία μείωση 40-55% σε απαιτήσεις χώρου για μηχανολογικό εξοπλισμό και τους αεραγωγούς λόγω των μικρότερων αγωγών. Σε νέες κατασκευές, αυτό μπορεί να μεταφραστεί σε χαμηλότερο κόστος κατασκευής και πιο εκμισθωμένης ελεύθερης επιφάνειας.

7.11.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Συνολικά, οι σχεδιαστές των συστημάτων HVAC και οι ανάδοχοι είναι εξοικειωμένοι με την προσέγγιση ψύξης πίνακα και συχνά έχουν την αντίληψη ότι έχει υψηλότερο αρχικό κόστος από ό, τι άλλα συστήματα. Επιπλέον, η εγκατάσταση μίας ακτινοβόλου οροφής έχει αρχιτεκτονικές επιπτώσεις, που απαιτούν έγκαιρη κοινοποίηση για ένα έργο μεταξύ των αρχιτεκτόνων και των σχεδιαστών του συστήματος HVAC. Ιστορικά, ακτινοβόλος ψύξη πάσχει επίσης από προβλήματα του παρελθόντος που αφορούν τη συμπύκνωση (και ως αποτέλεσμα υγρασία) προβλήματα λόγω των υψηλότερων επιπέδων διείσδυσης σε παλαιότερα κτίρια και χωρίς επεξεργασία εξωτερικού αέρα. Όπως σημείωσε ο *Mumma (2001b)*, “ψύξη πάνελ δεν μπορεί να θεωρηθεί, εκτός αν ένα παράλληλο σύστημα είναι σε θέση να αποσυνδέσει το χώρο αισθητών και λανθάνων φορτίων.”

7.11.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

- Προσέγγιση εκπαίδευσης από την πλευρά των σχεδιαστών/κατασκευαστών σε σύστημα HVAC.
- Ενσωμάτωση σε κοινώς χρησιμοποιούμενα εργαλεία σχεδιασμού HVAC, επίδειξη επιχειρησιακών οφελών.
- Κόστος και ενεργειακή κατανάλωση σε σύγκριση με σύστημα VAV χρησιμοποιώντας ένα τροχό ενθαλπίας αφοσιωμένο σε εξωτερικά συστήματα αέρα.

7.12 Μικρότεροι Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές

7.12.1 Περιγραφή

Φυγοκεντρικοί συμπιεστές σήμερα χρησιμοποιούνται σε ψυκτικά συγκροτήματα σε ποσότητες άνω των 80 τόνων (ASHRAE, 1998). Στην πραγματικότητα, οι ψύκτες τείνουν να βασίζονται σε συμπιεστή με κοχλία για να χρησιμοποιηθούν στις περισσότερες εφαρμογές κάτω των 300-400 τόνους, με φυγοκεντρικούς συμπιεστές που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερες χωρητικότητες. Η επιλογή αυτή θα πρέπει να συνδυάζει την υψηλή ταχύτητα κινητήρα με φυγοκεντρικό συμπιεστή για να επεκτείνει το βέλτιστο εύρος χωρητικότητας, παρέχοντας φυγοκεντρικούς συμπιεστές για τους ψύκτες και ενιαία κλιματιστικά σε μικρότερα μεγέθη, δηλαδή, 25-80 τόνων, που εξυπηρετείται σήμερα κυρίως από συμπιεστές κύλισης και παλινδρομής. Τα πιθανά πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν αυξημένη απόδοση, αποτελεσματική διαμόρφωση χωρητικότητας, μειωμένο μέγεθος και βάρος και μειωμένο θόρυβο.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Προχωρημένη.	Κατά προσέγγιση χρόνος για εμπορευματοποίηση: 3-4 χρόνια από τη στιγμή που επιδιώκεται σοβαρά.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Ψυκτικό συμπιεστές χωρητικότητας 20-80 τόνους.	Πρωτοβάθμιες εφαρμογές - μεγάλο ενιαίο κλιματιστικό και παλινδρομικοί ψύκτες κύλισης.
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχων εξοπλισμούς/κτίρια.	Όχι.	Αντικατάσταση τυπικών συμπιεστών, στον τομέα αυτό, αλλά ένα διαφορετικό τύπο συμπιέσης δεν θα εγκατασταθεί στο πεδίο.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	0.9	Ενεργειακή κατανάλωση των εμπορικών ενιαίων παλινδρομικών ψυκτών κύλισης.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.15	20% βελτίωση της εποχιακής απόδοσης, 16% ετήσια μείωση της ενέργειας.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	0-2 χρόνια.	Δυνητικό κόστος σε σύγκριση με ημι-ερμητικό παλινδρομικό ψύκτη κύλισης. Απαιτούμενες επενδύσεις εκκίνησης αναστέλλουν την εμπορευματοποίηση σήμερα.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Μειωμένο μέγεθος, βάρος, και επίπεδα θορύβου.	Βελτιωμένη άνεση των επιβατών από τη μείωση του κύκλου των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης για να μειώσετε εναλλαγές της θερμοκρασίας.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	UTC / Carrier	Σημαντικό πρόγραμμα ATP στα τέλη της δεκαετίας του '90.
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	Δυναμικό για την αύξηση της αποτελεσματικότητας φορτίο αιχμής περίπου 10%, σε σχέση με την state-of-the-art κύλιση και ημι-ερμητικών παλινδρομικών συμπιεστών.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές Τεχνολογία "Επόμενα βήματα"	Ψύκτες και ενιαία κλιματιστικά μεταξύ 20-100 τόνων Επιβεβαιώστε το πλήρες φορτίο και την απόδοση σε μερικό φορτίο και το κόστος. Περαιτέρω R&D και να εργαστούν για την εμπορευματοποίηση του προϊόντος.	

Πίνακας 7.26 Σύνοψη χαρακτηριστικών μικρών φυγοκεντρικών συμπιεστών.

7.12.2 Ιστορικό

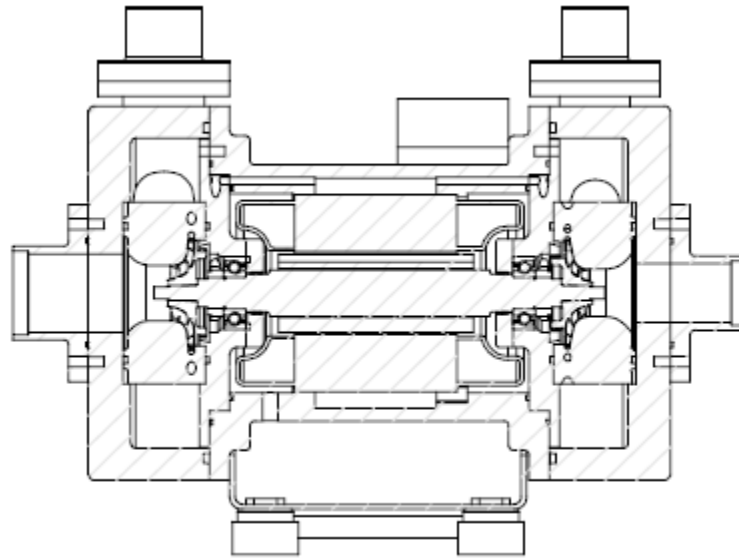
Η επέκταση μίας πολύ γνωστής τεχνολογίας φυγοκεντρικών συμπιεστών ψυκτικού σε αυτό το εύρος χωρητικότητας ενεργοποιείται με τη χρήση ηλεκτρονικών υψηλής ταχύτητας (της τάξης των 50.000 RPM) κινητήρων, οι οποίοι τρέχουν με την ταχύτητα του στροφείου. *United Technologies Research Center* εργάστηκαν για ένα έργο NIST/ATP⁵⁶ για τέσσερα χρόνια για να αναπτύξει ένα μικρό, υψηλής ταχύτητας φυγοκεντρικό συμπιεστή για εμπορικά συστήματα HVAC. Σχήμα 7.16 (από *Brøndum et al., 1998*) απεικονίζει την προσέγγιση του σχεδιασμού για ένα πρωτότυπο συμπιεστή 25-τοπ σχεδιασμένο έτσι ώστε να είναι ικανός να λειτουργήσει σε όλο το εύρος των συνθηκών που συναντώνται κανονικά από μοναδιαία κλιματιστικά. Για να αποκτήσετε τον απαραίτητο ανελκυστήρα (από 45°F θερμοκρασία εξάτμισης με συμπύκνωση σε θερμοκρασίες που πλησιάζουν 150°F σε υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος), επιλέχθηκε ένα σχέδιο σε δύο στάδια. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα του σχεδιασμού δύο σταδίων είναι ότι ένας κύκλος “ψυκτικού εξοικονομητή” μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αύξηση της COP κατά 5-7%. Στον κύκλο του ψυκτικού οικονομητήρα, φαίνεται στην Εικόνα 7.16, το ψυκτικό υγρό από τον συμπυκνωτή επεκτείνεται σε δύο στάδια, πρώτα με την πίεση ενδιάμεσου μεταξύ των δύο σταδίων του συμπιεστή, με τον ατμό που εκτονώνεται κατευθύνεται προς την είσοδο του δεύτερου σταδίου συμπιεστή, εξοικονόμησης ενέργειας συμπίεσης. Το υπόλοιπο υγρό στη συνέχεια επεκτάθηκε σε εξατμιστήρα πίεσης, με λιγότερο ατμό που έλαμψε.

Το δυναμικό της υψηλής ταχύτητας φυγοκεντρικού συμπιεστή για μειωμένη κατανάλωση ενέργειας οφείλεται σε τρεις παράγοντες:

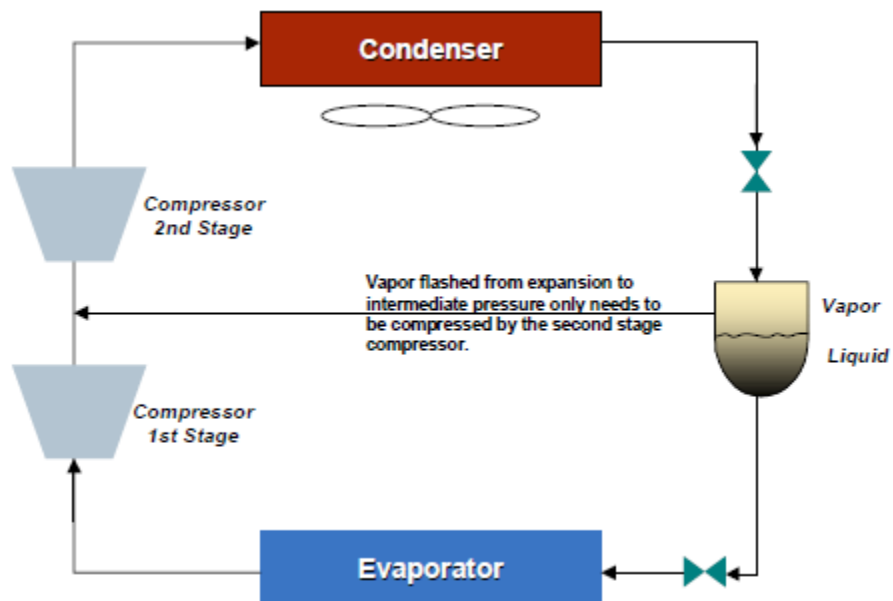
- Η πλήρης απόδοση του φορτίου του συμπιεστή θα μπορούσε να είναι υψηλότερο από ό, τι έχει επιτευχθεί με παλινδρομική κύλισης ή συμπιεστές με κοιλίες σε αυτό το φάσμα ικανοτήτων. Τα επίπεδα απόδοσης μετριούνται σε 45/130 (αξιολόγηση σε πρότυπες συνθήκες συμπιεστή) αεροδυναμική 84%, του κινητήρα 94%, το αυτοκίνητο 97%, και επιτρέποντας 2% για την κάλυψη των ζημιών που ισοδυναμεί με πρότυπες EER συνθήκες συμπιεστή 12,4 Btu/W-h.
- Η μεταβλητή ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα επιτρέπει στενή αντιστοίχιση της χωρητικότητας στις απαιτήσεις μερικού φορτίου, μειώνοντας άσκοπες απώλειες κύκλου, αυξάνοντας ενδεχομένως εποχιακή απόδοση (κατά 20% σε σύγκριση με μια ενιαία ταχύτητα, ενιαίο συμπιεστή, κατά 5% σε σύγκριση με ένα σύστημα πολλαπλών συμπιεστών).
- Η ανωτέρω κύκλος του ψυκτικού οικονομητήρα αυξάνει το COP κατά 5-7%.

Η συνδυασμένη επίδραση των παραγόντων αυτών είναι περίπου 15% βελτίωση της απόδοσης σε πλήρες φορτίο, συν το όφελος για εποχιακή απόδοση ή IPLV που παρέχονται από την αποτελεσματική διαμόρφωση της χωρητικότητας.

⁵⁶ NIST-ATP → National Institute of Standards and Technology/ Advanced Technology Program
Συλλιγνάκης Στέφανος



Εικόνα 7.16 Φυγοκεντρικός συμπιεστής δύο σταδίων, διαμόρφωσης **Back-to-Back**.



Εικόνα 7.17 Εξοικονομητής ψυκτικού κύκλου.

7.12.3 Κόστος

Σε όγκο, οι προβλέψεις δείχνουν ότι οι φυγόκεντρες ψύκτες μπορεί να έχουν περίπου το ίδιο κόστος με παλινδρομικούς ψύκτες. Σύμφωνα με τον *Biancardi (2001)*, ο στόχος ήταν ίδιο κόστος με μια παλινδρομική μηχανή και προβλέπεται ότι, σε 25.000 μονάδες/έτος, θα μπορούσε να επιτευχθεί. Το μοτέρ υψηλής ταχύτητας και ο αναστροφέας συνδυάζονται για να αντιπροσωπεύουν το 75% του συνολικού κόστους του συστήματος, σηματοδοτώντας μια σημαντική ευκαιρία για την περαιτέρω μείωση του κόστους, όπως οι τεχνολογίες αυτές κινούνται γρήγορα κατέβει περαιτέρω κόστος.

7.12.4 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Το *United Technologies Research Center* αποφάσισε κατά την εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας για τρεις λόγους, οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι μικρές τεχνολογίες φυγοκεντρικού συμπιεστή. Κατ' αρχάς, για το τέλος χαμηλής δυναμικότητας, επένδυσαν πολύ στο να πάρει συμπιεστές κύλισης για να εργαστούν και δεν θέλουν να περάσουν από (ενδεχομένως) μια άλλη παρόμοια επώδυνη προσπάθεια. Δεύτερον, στο τέλος υψηλότερη χωρητικότητα, παλινδρομικά προϊόντα συμπιεστή δεν έχουν κανένα περαιτέρω κόστος ανάπτυξης να αποσβέσουν, έτσι δεν ήθελαν να υιοθετήσουν τα δικά τους προϊόντα, ενώ αναλαμβάνοντας το κόστος των υποδομών που απαιτούνται για την παραγωγή, την πώληση και την υποστήριξη ενός νέου προϊόντος. Τέλος, η συνολική αγορά των 25.000 μονάδων δεν φαινόταν αρκετά μεγάλη για να δικαιολογήσει τη μετατόπιση των υφιστάμενων προϊόντων.

7.12.5 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Ένα βασικό επόμενο βήμα θα είναι να ελέγξει την κατάσταση πλήρους φορτίου και μέρος της απόδοσης φόρτωσης και το κόστος, ιδιαίτερα τις τρέχουσες δαπάνες και τις τάσεις για κινητήρες και συστήματα μετάδοσης κίνησης υψηλής ταχύτητας. Αν η υψηλή ταχύτητα συμπιεστή ακόμα φαίνεται να είναι μια ελκυστική εναλλακτική λύση (όσον αφορά τόσο την εξοικονόμηση ενέργειας και την πιθανή αποτελεσματικότητα του κόστους), περαιτέρω R&D και την εργασία εμπορευματοποίησης πρέπει να συμπληρωθεί από έναν κατασκευαστή συμπιεστή για να φέρει το προϊόν στην αγορά. Σε γενικές γραμμές, το προϊόν τείνει να είναι μια καλύτερη τακτοποίηση για μια εταιρεία με περιορισμένο μερίδιο αγοράς της τάξεως μεγέθους στόχου, δεδομένου ότι θα αποτελούσε μια ευκαιρία για ανάπτυξη χωρίς κανιβαλισμό ενός υπάρχον προϊόντος. Ομοίως, μια εταιρεία με εμπειρία υψηλής ταχύτητας κινητήρα τείνει να έχει αναπτυξιακά πλεονεκτήματα κόστους. Τέλος, κατηγορίες προϊόντων όπου η χαμηλή στάθμη θορύβου και το συμπαγές μέγεθος των υψηλών φυγοκεντρικών ταχύτητας παρέχει σημαντικά οφέλη που πρέπει να προσδιορίζονται σαφώς, ως μια ώθηση για να αρχίσει η εμπορευματοποίηση.

7.13 Διαγνωστικά Συστήματα, Εξαρτήματα

7.13.1 Περιγραφή

Διάγνωση συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπίσει αυτόματα τις αποτυχίες σε λειτουργία του εξοπλισμού και των συστημάτων HVAC. Εάν τέτοια συστήματα μπορούν να εντοπίσουν αναποτελεσματική διαχείριση της απόδοσης του συστήματος και την οικοδόμηση συναγερμού, τα συστήματα μπορεί να καθοριστούν νωρίτερα, μειώνοντας έτσι το χρόνο λειτουργίας σε τρόπους αστοχίας και, επομένως, εξοικονόμηση ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι οι προσεγγίσεις της διάγνωσης εφαρμογής ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, πολύ θεμελιώδες έργο στον τομέα αυτό έχει γίνει και έχουν πολλές μορφές διάγνωσης έχουν υλοποιηθεί. Η περαιτέρω εφαρμογή των πιο εξελιγμένων προσεγγίσεων και την εφαρμογή για ένα ευρύτερο φάσμα του εξοπλισμού έχει τη δυνατότητα για σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Παρ

Όλα αυτά, η ανάπτυξη της αγοράς με αποδεκτές προσεγγίσεις που εξοικονομούν ενέργεια με επιτυχία θα είναι μια πρόκληση για τις εταιρείες που προσπαθούν να εμπορευματοποιήσουν αυτήν την τεχνολογία.

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Νέα.	Σημαντικές εργασίες R&D έχουν γίνει, διαγνωστικές λειτουργίες είναι συχνά ενσωματωμένες σε ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, αλλά το επίπεδο των διαγνωστικών δυνατοτήτων και η διείσδυση του ηλεκτρονικού ελέγχου ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του εξοπλισμού.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Όλα τα συστήματα HVAC.	
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχον εξοπλισμούς/κτίρια.	Ναι.	Αυτόνομα διαγνωστικά συστήματα είναι διαθέσιμα, αλλά πιο ακριβά για νέο εξοπλισμό.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	4.5	Όλα τα συστήματα κατανάλωσης ενέργειας HVAC.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.45	Βασίζονται σε πολύ πρόχειρη εκτίμηση εξοικονόμησης ενέργειας 10% για όλες τις ενεργειακές HVAC.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	0.5-3 χρόνια.	Ποικίλλει ευρέως ανάλογα με το σενάριο υλοποίησης.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Πρόληψη βλάβης του εξοπλισμού συντήρησης. Προγραμματίστε πότε είναι πιο βολικό. Μειώστε την δυσφορία των επιβατών.	Τα μη ενεργειακά οφέλη που συνδέονται με την ικανότητα να αποφεύγουν απροσδόκητες και δυνητικά καταστροφικές βλάβες του εξοπλισμού.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	Μεγάλοι προμηθευτές ελέγχου (Honeywell, η Siemens, κλπ), πωλητές υπηρεσία εξειδικευμένης αγοράς, ένας αριθμός ερευνητικών οργανισμών και των πανεπιστημίων (NIST, LBNL, Πανεπιστήμιο Purdue, Texas A & M University, University of Colorado, κλπ)	
Αιχμή μείωση της ζήτησης.	Ναι.	Έντασης ενέργειας κτιρίων με πολύπλοκα συστήματα HVAC και με σημαντική απώλεια δυνητικών εσόδων που συνδέονται με δυσλειτουργία του εξοπλισμού και την αποτυχία.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές		Έμφαση στην εμπορευματοποίηση των προϊόντων που ενσωματώνουν διαγνωστικές δυνατότητες από δημοφιλής κατασκευαστές εξοπλισμού HVAC, ελέγχους, ή τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων. Αυστηρή ποσοτικοποίηση των παροχών.

Πίνακας 7.27 Σύνοψη χαρακτηριστικών διαγνωστικών συστημάτων.

7.13.2 Ιστορικό

Ένα ευρύ φάσμα διαγνωστικών συστημάτων έχει προταθεί, ερευνηθεί, αναπτύσσεται, και στο εμπόριο. Το κοινό νήμα σε όλα αυτά τα συστήματα είναι η παρακολούθηση του εξοπλισμού για να προσδιοριστεί αν λειτουργεί σωστά ή χρειάζεται σέρβις. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

1. Ηλεκτρονικοί ελεγκτές προγραμματισμένοι για μέγιστες και ελάχιστες τιμές των βασικών παραμέτρων ελέγχου, με την κοινοποίηση των φορέων όσον αφορά τις συνθήκες “συναγερμού”, όταν αυτό συμβεί.

2. Οι εγκαταστάσεις που συνδέονται με τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (BEMS) που επιτρέπουν την παρατήρηση των βασικών παραμέτρων λειτουργίας για μεγάλο εξοπλισμό. Για παράδειγμα, τα προγράμματα που βασίζονται σε υπολογιστή που λαμβάνουν δεδομένα από BEMS και παρέχουν φιλική προς το χρήστη πρόσβαση στα δεδομένα. Αυτά τα προγράμματα μπορούν να βοηθήσουν τους φορείς οικοδόμησης για να διασφαλίσουν τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού από: (α) εύκολα-ορατές γραφικές απεικονίσεις, (β) αποτύπωση των τάσεων των δεδομένων, (γ) σύγκριση των πραγματικών πρότυπων λειτουργίας του κτιρίου, κ.λπ.
3. Τα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών που εκτελούν ενεργή ανάλυση των δεδομένων λειτουργίας κτιρίου που λαμβάνονται από μια BEMS να προσδιορίσει πιθανές δυσλειτουργίες του εξοπλισμού.
4. Ενισχυμένες διεπαφές επικοινωνίας για τη βελτίωση της πρόσβασης στα δεδομένα. Αυτές περιλαμβάνουν BACnet⁵⁷ και άλλες προσεγγίσεις για τη δυσλειτουργικότητα των ελέγχων εξοπλισμού κτιρίου, ιδιωτικά δίκτυα που συνδέουν τα κτίρια σε κεντρικά σημεία της διαχείρισης, ασύρματες επικοινωνίες, κ.λπ.
5. Αλγόριθμοι ενσωματωμένοι σε ηλεκτρονικούς ελεγκτές που παρέχουν ανάλυση των παραμέτρων λειτουργίας του εξοπλισμού.
6. Πρόσθετα συστήματα που ενσωματώνουν αισθητήρες και ηλεκτρονικούς επεξεργαστές για τη συλλογή δεδομένων λειτουργίας του εξοπλισμού και να εκτιμήσουν κατά πόσον ο εξοπλισμός χρειάζεται επισκευή ή συντήρηση. Τέτοια συστήματα δεν θα βασίζονται σε ελεγκτές εξοπλισμού για τα δεδομένα και ως εκ τούτου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με τον υπάρχοντα εξοπλισμό, ιδιαίτερα με εξοπλισμό που ελέγχεται με συμβατικούς ηλεκτρομηχανικούς ελέγχους.

Τέτοια συστήματα εξοικονομούν ενέργεια με το να ειδοποιήσουν τους φορείς ότι το κτίριο και άλλες συνθήκες που οδηγούν σε αναποτελεσματική απόδοση του εξοπλισμού δυσλειτουργούν, αλλά δεν είναι αρκετά σοβαρές ώστε να γίνονται αντιληπτές. Το πρόβλημα έχει επιλυθεί πολύ πριν να ανακαλυφθεί από συνήθεις εργασίες συντήρησης ή δυσφορία ένοικου, μειώνοντας έτσι το συνολικό χρόνο λειτουργίας στην αναποτελεσματική λειτουργία.

Ένας αριθμός διεργασιών ή αλγορίθμων έχουν προταθεί και αναπτυχθεί για την ανίχνευση βλαβών και η ανάγκη για συντήρηση σε μια ποικιλία τύπων εξοπλισμού HVAC. Μερικά παραδείγματα φαίνονται στον Πίνακα 7.28. Ο πίνακας είναι ενδεικτικός για το σημαντικό έργο που έχει πάει στην ανάπτυξη αυτών των τεχνικών, αλλά δεν είναι καθόλου εξαντλητικός όσον αφορά τον τύπο του εξοπλισμού, σφάλματα, ή προσέγγιση διάγνωσης.

⁵⁷ BACnet → BACnet is a communications protocol for building automation and control networks

Τύπος Εξοπλισμού	Σφάλματα	Διαγνωστική Προσέγγιση
<i>Μονάδα διαχείρισης του αέρα.</i>	Εναλλάκτης θερμότητας ρύπανσης. Διαρροή βαλβίδας.	Σύγκριση των μοντέλων και πραγματικής απόδοσης Σύγκριση Λειτουργίας με Fuzzy Μοντέλο
<i>Μονάδα διαχείρισης του αέρα VaV.</i>	Αποτυχία επιστροφής ανεμιστήρα. Αποτυχία προσφοράς ανεμιστήρα. Αποτυχία CHW αντλίας. Κολλημένη CHW βαλβίδα. Αποτυχία αισθητήρα. Αποτυχία αισθητήρα πίεσης.	Υπολειμματική μέθοδος και η μέθοδος αναγνώρισης παραμέτρων. Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.
<i>Μονάδα διαχείρισης του αέρα VaV.</i>	Κολλημένο αμορτισέρ VaV.	ARX Μοντέλα. Επέκταση φίλτρου Kalman.
<i>Υδρόψυκτος εμβολοφόρος ψύκτης.</i>	Διαρροή ψυκτικού. Υγρό Γραμμής. Μείωση ροής CW. Μείωση ροής CHW.	Μοντελοποίηση, Αναγνώριση Προτύπων.
<i>Απορρόφηση ψύκτη.</i>	Υποβάθμιση COP.	Τοπολογικές υπόθεση βασισμένης παρακολούθησης.
<i>Ενιαίο Air-condition.</i>	Διαρροή ψυκτικού. Συμπιεστής διαρροής βαλβίδας. Υγρό γραμμής. Ρύπανση συμπυκνωτή. Ρύπανση εξαμιστή.	Στατιστική ανάλυση υπολειμμάτων εναντίον πραγματικών λειτουργικών παραμέτρων.
<i>HVAC, φωτισμός, κ.λπ.</i>	Ένα ευρύ φάσμα του κτιρίου λειτουργικών προβλήματα, επίσης, συμπεριλαμβανομένης της εσφαλμένης χρέωσης.	Διαγνωστικά σε ολόκληρο το κτίριο.

Πίνακας 7.28 Ανίχνευση σφάλματος: Εξοπλισμός, σφάλμα και μέθοδοι.

ARMAX: Autoregressive moving average with exogenous input ARX: Autoregressive with exogenous input CHW: Chilled Water CW: Condenser Water

7.13.3 Απόδοση

Μερικές καλές εκτιμήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτουν από τη χρήση της αυτόματης διάγνωσης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, υπάρχει εκτεταμένα ανεπίσημα στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των συστημάτων HVAC που δεν λειτουργούν σωστά. Παρομοίως, πολλά συγκεκριμένα παραδείγματα διαγνωστικών εφαρμόζονται σε προσομοιωμένες αστοχίες του υπάρχων εξοπλισμού, αλλά ένας ακριβής προσδιορισμός του επιπέδου της χρήσης της ενέργειας που σχετίζεται με αυτήν την κακή απόδοση που θα μπορούσε να αποφευχθεί με αυτοματοποιημένη ανίχνευση βλάβης δεν έχει παρουσιαστεί στη βιβλιογραφία. Μια τέτοια ανάλυση θα πρέπει να βασίζεται σε ένα αρκετά μεγάλο ποσό των δεδομένων, τα δεδομένα όμως αυτά δεν είναι άμεσα διαθέσιμα. Μερικές αναφορές για αντιμετώπιση αυτής της γενικής ερώτησης έχει ως εξής:

- Ο Breker και ο Braun παρέχουν εκτιμήσεις για πρόσθετη χρήση ενέργειας που σχετίζεται με μια σειρά από βλάβες της ενιαίας μονάδας κλιματισμού. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις για το ποσοστό των μονάδων που λειτουργούν σε κάθε μία από τις λειτουργίες βλάβης δεν είχε προβλεφθεί.
- Η αναφορά *EPRI TR-107273* περιγράφει μια διετή μελέτη των επιπτώσεων της ενέργειας και της ζήτησης της συντήρησης στον συσκευασμένο εξοπλισμό του τελευταίου ορόφου. Τα ευρήματα ήταν ότι, ενώ παρατηρήθηκαν προβλήματα λειτουργίας στον τομέα αυτό, οι ενεργειακές επιπτώσεις των στοιχείων συντήρησης δεν ήταν σημαντικές. Ακατάλληλο ψυκτικό μέσο επισημάνθηκε ως πρόβλημα το οποίο δεν μείωνε σημαντικά την απόδοση του συστήματος. Περαιτέρω, η συχνότητα των αλλαγών του φίλτρου αέρα δεν βρέθηκε να έχει μεγάλο αντίκτυπο στην απόδοση του συστήματος. Σε αντίθεση, τα προβλήματα που σχετίζονται με την εγκατάσταση του συστήματος, τα οποία δεν είχαν καθοριστεί κατά τη στιγμή της εγκατάστασης, λόγω της αποτυχίας να πραγματοποιήσει θέση σε λειτουργία του εξοπλισμού, είχε σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις.
- Μια μελέτη από την *Advanced Energy Corporation* δείχνει ότι η υπερβολική χρήση της ενέργειας σε οικιακά συστήματα κλιματισμού διάσπαση του συστήματος που σχετίζονται με την κακή εγκατάσταση ή συντήρηση μπορεί να αντιπροσωπεύει το 40% της ενέργειας που χρησιμοποιείται.
- Έχει μετρηθεί εξοικονόμηση 14-33% για έναν αριθμό ιατρικών γραφείων κτιρίων με απλή περίοδο αποπληρωμής κατά μέσο όρο περίπου ένα χρόνο με τη χρήση ολόκληρου του κτιρίου *Diagnostics (WBD)*.
- Πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι οι περισσότεροι οικονομητές δεν λειτουργούν σωστά σε αυτόν τον τομέα.

Μια χούφτα από μηχανικούς και εργολάβους που ερωτήθηκαν σχετικά με αυτό το θέμα δείχνουν ότι αυτή η ενέργεια “αποβλήτων” είναι πιθανώς τουλάχιστον της τάξης του 20-30%. Δύο παρατηρήσεις σχετικά με το θέμα συνοψίζονται παρακάτω:

- Ο αντιπρόσωπος μιας εταιρίας που πραγματοποιεί τις μελέτες εξοικονόμησης ενέργειας και σχεδιάζει ενέργειες βελτιώσεις για εμπορικά κτίρια δείχνει ότι περισσότερο από το 20% της χρήσης ενέργειας για τα συστήματα HVAC είναι πιθανό να είναι το αποτέλεσμα της κακής λειτουργίας του εξοπλισμού, κακή εγκατάσταση. Ανέφερε επίσης ότι τα περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας έχει εντοπιστεί σε 20+ χρόνια στην επιχείρηση έχει συνδεθεί με μέτρα χαμηλού κόστους για να κάνουν τον εξοπλισμό και τα συστήματα να λειτουργούν κανονικά, παρά τις βελτιώσεις εντάσεως κεφαλαίου.
- Ένας άλλος μηχανικός πρότεινε ότι πάνω από το 50% των συσκευασμένων μονάδων στον τελευταίο όροφο δεν λειτουργούν σωστά.

Η χρήση ενέργειας που συνδέεται με διαφορετικά μοντέλα σφαλμάτων για ενιαία κλιματιστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.29 παρακάτω. Σημειώστε ότι η διαρροή ψυκτικού αναφέρθηκε ότι θα οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της χρήσης ενέργειας, σε αντίθεση με τα συμπεράσματα της μελέτης EPRI⁵⁸. Μερικές από τις λειτουργίες σφάλματος που αναφέρονται παρακάτω δεν έχουν εκτιμήσεις χρήση ενέργειας στο δημόσιο. Γι' αυτούς, έχουν γίνει τραχιά λογικές εκτιμήσεις για την αύξηση της χρήσης της ενέργειας.

Λειτουργία Βλάβη	Πιθανή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας
<i>Ψυκτικού μέσου διαρροής.</i>	5.0%
<i>Περιορισμός της γραμμής υγρού.</i>	5.0%
<i>Συμπιεστής διαρροής βαλβίδας.</i>	11.0%
<i>Ρύπανση συμπυκνωτή.</i>	8.0%
<i>Ρύπανση εξατμιστή.</i>	12.5%
<i>Ακατάλληλος έλεγχος με αποτέλεσμα την υπερβολική ψύξη.</i>	20.0%
<i>Χωρίς εξοικονόμηση.</i>	10.0%
<i>Η αποτυχία να μεταβιβάζεται σε εξωτερική αέρα το καλοκαίρι.</i>	10.0%
<i>Νυχτερινή λειτουργία.</i>	20.0%
<i>Ανεμιστήρας συμπυκνωτή, αποτυχία μηχανής.</i>	15.0%

Πίνακας 7.29 Εκτιμώμενη αύξηση ενεργειακής χρήσης ψύξης για ενιαίο εξοπλισμό βασισμένο σε πιθανούς τρόπους σφάλματος.

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας ψύξης για ενιαία συστήματα κλιματισμού με χρήση διαγνωστικών συστημάτων θα εξαρτηθεί από τη συχνότητα των παραπάνω τρόπων βλάβη σε τυπικό εξοπλισμό και το βαθμό στον οποίο τα διαγνωστικά συστήματα θα εξαλείψουν ή να μειώσουν τις λειτουργίες σε καταστάσεις βλάβης. Προκειμένου να καθοριστεί το εθνικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας, όλες τα σχετικά είδη εξοπλισμού πρέπει να αναλυθούν για τους τρόπους βλάβης και την εξοικονόμηση δυναμικού για τη μείωση σφάλματος στον τρόπο λειτουργίας. Προς το παρόν, ακριβείς πληροφορίες που θα επέτρεπαν μια τέτοια εκτίμηση δεν είναι διαθέσιμες στο κοινό.

Μια απεικόνιση των διαγνωστικών εξοικονόμησης ενέργειας του συστήματος παρουσιάζεται για ένα εστιατόριο γρήγορου φαγητού στον Πίνακα 7.30. Αυτό είναι ένα εστιατόριο 1.500ft² με ξεχωριστές μονάδες στον τελευταίο όροφο που σερβίρει το φαγητό και τις περιοχές της κουζίνας. Η ισχύς του απεικονίζεται στο σενάριο που εξαρτάται από τις δυνατότητες εξοικονόμησης που ένα διαγνωστικό σύστημα θα παραδώσει.

Εξοπλισμός	Ετήσια χρήση ενέργειας	Ποσοστό αποταμίευσης	Ετήσια εξοικονόμηση
Ηλεκτρικό:			
<i>Μονάδες οροφής (ψύξη).</i>	12,000 kWh	20%	2,400 kWh
<i>Μονάδες οροφής (εξαερισμού).</i>	4,000 kWh	25%	1,000 kWh
Σύνολο:			3,400 kWh
<i>Αποταμίευσης ηλεκτρικής ενέργειας Κόστος</i>			\$238
Φυσικό Αέριο:			
<i>Μονάδες οροφής (θέρμανσης)</i>	180 MMBtu	15%	27 MMBtu
<i>Αποταμίευσης ενέργειας κόστους φυσικού αερίου.</i>			\$149
Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας κόστος			\$387

Πίνακας 7.30 Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας για Fast-Food.

Sources and Notes:

* Estimated for 1,500 sqft Fast Food Restaurant using building load models developed by Lawrence Berkeley National Laboratory based on building models presented in Huang (1990), assuming 0.7cfm/sqft fresh air delivery during occupied hours and seasonal equipment efficiency of 7.5EER.

* Operation of 3hp blower for 1,800 hours of the year when no cooling is required.

7.13.4 Κόστος

Ένα ευρύ φάσμα σεναρίων εφαρμογής μπορεί να συλληφθεί για διάγνωση του συστήματος για τον εξοπλισμό HVAC, όπως περιγράφεται παραπάνω. Το χαμηλότερο κόστος προσέγγισης είναι η ενσωμάτωση διαγνωστικής ικανότητας σε ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ενός συστήματος, μια πρακτική που έχει γίνει ο κανόνας για κάποιο εξοπλισμό HVAC, όπως οι φυγόκεντροι ψύκτες, αλλά όχι για όλο τον εξοπλισμό. Ακόμα κι αν η ικανότητα διάγνωσης είναι ενσωματωμένη με ελεγκτές εξοπλισμού, απαιτεί μια πιο σύνθετη προσέγγιση για την αντιμετώπιση βλαβών στη λειτουργία του συστήματος HVAC, δεδομένου ότι τα συστήματα ενσωματώνουν μια σειρά από είδη εξοπλισμού. Εφαρμόζοντας τη διάγνωση σε υπάρχοντα εξοπλισμό ή νέο εξοπλισμό χωρίς ηλεκτρονικό έλεγχο απαιτεί τη χρήση των πρόσθετων συστημάτων που να αποτελούνται από αισθητήρες, διεπαφές επικοινωνίας, και μικροεπεξεργαστές. Επιπλέον, η προσέγγιση των επικοινωνιών που επιλέγονται για μία εγκατάσταση διάγνωσης θα έχει επίσης σημαντικό αντίκτυπο στο κόστος. Συνολικά, διάφοροι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση του κόστους των διαγνωστικών συστήματος είναι:

- Είναι η ικανότητα διάγνωσης χτισμένη μέσα στον ηλεκτρονικό έλεγχο που θα πρέπει να παρέχονται με τον εξοπλισμό, ή μήπως αντιπροσωπεύει πρόσθετο υλικό και το λογισμικό;
- Τι είδους σφάλματα θα εντοπίσει το σύστημα, και με ποιο επίπεδο ακρίβειας;
- Ποια είναι η προσέγγιση για την κοινοποίηση της οικοδόμησης φορείς ή / και διορθωτικές ενέργειες;
- Πόσο πολύπλοκο είναι το σύστημα HVAC;

Μια εκτίμηση του κόστους εγκατάστασης και οικονομίας (που βασίζεται αποκλειστικά στη μείωση του κόστους της ενέργειας) για την διάγνωση του συστήματος για το εστιατόριο *fast food* που περιγράφονται παραπάνω συνοψίζονται στον Πίνακα 4-45. Το σύστημα προϋποθέτει τη χρήση ενός αυτόνομου συστήματος (δηλαδή δεν είναι ενσωματωμένο με τους υπάρχοντες ελεγκτές του συστήματος HVAC) με ασύρματη επικοινωνία σε μια κεντρική τοποθεσία κτιρίου, και την επικοινωνία στο διαδίκτυο σε μια τοποθεσία ανάδοχων υπηρεσιών. Οι κόμβοι αισθητήρων συλλέγουν μετρήσεις από έναν αριθμό αισθητήρων και διαβιβάζουν τα δεδομένα μέσω ασύρματων επικοινωνιών στην πλήρη, η οποία συνδέεται με το διαδίκτυο. Αυτό αντιπροσωπεύει ένα από τα πολλά πιθανά σενάρια για την εφαρμογή της αυτοματοποιημένης διάγνωσης.

Είδος	Αριθμός	Ανά μονάδα υλικών κατασκευής	Ανά μονάδα εγκατάστασης.	Συνολικό Κόστος
<i>Κόμβοι του αισθητήρα.</i>	2	\$100	2	\$400
<i>Κεντρικό και ενδιάμεσο.</i>	1	\$300	9	\$750
<i>Βλάβη ανίχνευσης υπολογιστών και λογισμικού.</i>	0.02	\$4,000	-	\$80
<i>Σύνολο</i>				\$1,230
<i>Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας κόστος.</i>				\$387
<i>Απλή περίοδος αποπληρωμής (έτη).</i>				3.2

Πίνακας 7.31 Διαγνωστικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος και οικονομικών για ένα εστιατόριο γρήγορου φαγητού

Η απλή περίοδος αποπληρωμής βασίζεται αποκλειστικά στην εξοικονόμηση κόστους ενέργειας για διάγνωση του συστήματος για αυτήν την απεικόνιση της χρήσης του είναι λίγο πάνω από 3 χρόνια. Σημειώστε ότι υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες για την παροχή επιπλέον εξοικονόμησης μέσω της μείωσης του εξοπλισμού του χρόνου πρόληψης της απώλειας των εσόδων και την πρόληψη των δαπανηρών επισκευών

εξοπλισμού. Σημειώστε επίσης ότι αυτό είναι ένα αρκετά περίπλοκο σενάριο για την εφαρμογή της αυτοματοποιημένης διάγνωσης που αντιπροσωπεύει σχετικά υψηλό κόστος, διότι: (1) είναι ένα αυτόνομο σύστημα, και (2) περιλαμβάνει ένα αρκετά περίπλοκο δίκτυο επικοινωνιών για τη μετάδοση των δεδομένων σε μια κεντρική τοποθεσία για ανάλυση. Από την άλλη πλευρά, ο ρυθμός και το επίπεδο των σφαλμάτων σε πραγματικές μονάδες στον τελευταίο όροφο θα διαφέρουν σημαντικά από τη μία μονάδα στην άλλη, με αποτέλεσμα ένα ευρύ φάσμα από απλές περιόδους αποπληρωμής. Για παράδειγμα, ορισμένες μονάδες θα έχουν, αλλά μερικές μικρές βλάβες με ελάχιστες ενεργειακές επιπτώσεις, με αποτέλεσμα μια πολύ μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής.

Ένα εναλλακτικό σενάριο θα ήταν ότι οι μονάδες στον τελευταίο όροφο του οποίου η χρήση ενέργειας είναι η βάση της εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.30 να έχουν ηλεκτρονικούς ελεγκτές με διαγνωστικές δυνατότητες. Κοινοποίηση των φορέων κτιρίου θα μπορούσε να κατασκευαστεί για τους θερμοστάτες. Ένα τέτοιο σενάριο μπορεί να συνεπάγεται με υψηλότερο κόστος που συνδέεται με ηλεκτρονικό έλεγχο, χρήση ηλεκτρονικών ελεγκτών με επαρκή υπολογιστική ισχύ για να χειριστεί τους απαιτούμενους αλγορίθμους διάγνωσης, και η χρήση της διεπαφής επιπλέον επικοινωνία με τους θερμοστάτες. Υποθέτοντας ότι ο κατασκευαστής του τελευταίου ορόφου προσφέρει αυτές τις δυνατότητες, το ασφαλιστικό κόστος του τελικού χρήστη μπορεί να είναι \$100 ανά μονάδα. Περαιτέρω υποθέτοντας ότι θα μπορούσε ακόμη να επιτευχθεί η εξοικονόμηση του Πίνακα 7.30, η περίοδος απόσβεσης θα είναι ίση με το ήμισυ περίπου του ενός έτους.

7.13.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Διάφορα εμπόδια στην αγορά εμπόδισαν την υιοθέτηση διαγνωστικών των συστημάτων στη βιομηχανία HVAC:

- Η χρήση των ηλεκτρονικών ελέγχων αυξάνεται, αλλά δεν είναι ακόμα κυρίαρχη για πολλούς τύπους εξοπλισμού. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση όλων, αλλά τις απλούστερες διαγνωστικές προσεγγίσεις απαιτεί ξεχωριστά συστήματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν επιπλέον κόστος και την πολυπλοκότητα.
- Η ανάγκη για την αυτοματοποιημένη διάγνωση δεν αναγνωρίζεται. Φορείς κτιρίου δεν θα ήταν πιθανόν να παραδεχτούν ότι ο εξοπλισμός και τα συστήματα που είναι υπεύθυνα για την μπορούσα να λειτουργούν σωστά. Φορείς κτίριο που είναι αρκετά περίπλοκοι στο να αναγνωρίσουν ότι ο εξοπλισμός δεν μπορεί να εγκατασταθεί ή να λειτουργήσει σωστά κατά πάσα πιθανότητα θα είναι σε θέση να καθορίσει εύκολα αυτά τα προβλήματα, και ως εκ τούτου θα έχουν μικρότερη ανάγκη για την αυτοματοποιημένη διάγνωση. Μπορεί επίσης να υπάρξει ευαισθησία στους μηχανικούς και στους ιδιοκτήτες των κτιρίων με την πιθανή ευθύνη που σχετίζεται με τις πληροφορίες ότι τα συστήματα του κτιρίου δεν λειτουργούν σωστά.
- Το όφελος των διαγνωστικών αυτοματοποιημένων συστημάτων δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί. Οφέλη απαιτούν: (α) η πιθανότητα ότι κάτι μπορεί κάτι να πάει στραβά, (β) η πιθανότητα ότι το διαγνωστικό σύστημα θα ειδοποιήσει το χειριστή του κτιρίου, και (γ) η ανάγκη για τον χειριστή να διορθώσει το πρόβλημα.
- Υπάρχουν πολλές πιθανές προσεγγίσεις για την ενσωμάτωση αυτοματοποιημένων διαγνωστικών στον εξοπλισμό και τα συστήματα HVAC και δεν είναι σαφή ποια κάνει το πιο λογικό από την άποψη της επιτυχούς λειτουργίας και την καλή αποδοχή στην αγορά.

7.13.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

- Μελέτη να αποσαφηνίσει καλύτερα το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας των διαγνωστικών συστημάτων: Ποια είναι η συχνότητα και ο βαθμός εμφάνισης για τις σημαντικές λειτουργίες βλάβης του εξοπλισμού, και ποια είναι η ενέργεια κρούσης από αυτές τις καταστάσεις;
- Επιτρέψει στις δυνάμεις της αγοράς να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη των διαγνωστικών συστημάτων προϊόντων. Οι κατασκευαστές εξοπλισμού HVAC, ελέγχει ή BEMS θα πρέπει να έχουν ηγετικούς ρόλους στην εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας, αν είναι να εξελιχθεί σε μορφές αποδεκτές από την αγορά, αυτό συνεπάγεται συν-ανάπτυξη της τεχνολογίας με εταιρείες από αυτές τις ομάδες είναι πρόθυμοι να συνεργαστούν σε αυτές τις προσπάθειες.

7.14 Ψυκτικό Υγρό Μεταβλητού Όγκου

7.14.1 Περιγραφή

Συστήματα μεταβλητού όγκου ψυκτικού υγρού, ή VRV⁵⁹, είναι εμπορικά συστήματα κλιματισμού χωρίς αγωγούς που μπορεί να διαμορφωθούν σε ένα εξαιρετικά ευέλικτο τρόπο και ταιριάζουν με πολυάριθμες εσωτερικές μονάδες εξάτμισης ποικίλης χωρητικότητας και του σχεδιασμού με μια ενιαία μονάδα συμπύκνωσης. Επί του παρόντος, εφαρμόζονται ευρέως σε μεγάλα κτίρια όπως γραφεία και νοσοκομεία έξω από της ΗΠΑ, ιδιαίτερα στην Ιαπωνία και στην Ευρώπη, αυτά τα συστήματα μόλις τώρα αρχίζουν να εισάγονται στις ΗΠΑ. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν πολλαπλούς συμπιεστές, συμπεριλαμβανομένων των μονάδων μεταβλητής ταχύτητας αναστροφή με γνώμονα, και να παραδώσει την άριστη απόδοση φορτίου και με ζώνες ελέγχου της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα την εξαιρετική άνεση των επιβατών. Και τα δύο, το κόστος εγκατάστασης και οι λειτουργικές δαπάνες της ενέργειας εξαρτώνται από την εφαρμογή, και τα τρέχοντα εργαλεία προσομοίωσης είναι μάλλον ανεπαρκή για να συλλάβουν με ακρίβεια τις πραγματικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας των συστημάτων VRF⁶⁰. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα κόστους και απόδοσης θα ήταν να εκτελεστούν αυστηρές δοκιμές πεδίου σύγκρισής τους με τις βέλτιστες διαθέσιμες σε συμβατικά συστήματα σε διάφορα κτίρια του πραγματικού κόσμου και στις συνθήκες λειτουργίας.

⁵⁹ VRV → Variable Refrigerator Volume

⁶⁰ VRF → Variable Refrigerant Flow

Χαρακτηριστικά	Αποτελέσματα	Σχόλια
Τεχνική αρτιότητα.	Τρέχων.	Ευρέως διαθέσιμα έξω από τις ΗΠΑ, ιδιαίτερα στην Ιαπωνία και στην Ευρώπη, αλλά μόλις τώρα αρχίζουν να εισάγονται στις Η.Π.Α.
Συστήματα επηρεασμένα από την τεχνολογία.	Εμπορικά συστήματα HVAC.	Καλύτερες εφαρμογές είναι κτίρια γραφείων, σχολεία, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, και άλλα εμπορικά κτίρια.
Προσαρμόζονται εύκολα σε ήδη υπάρχον εξοπλισμούς/κτίρια.	Εξαρτάται από το κτίριο.	Εξαιρετικό για εκ των υστέρων εξοπλισμό των κτιρίων χωρίς κλιματισμό ή ορόσημο ή ιστορικά κτίρια όπου η εγκατάσταση του αγωγού είναι δύσκολη ή δαπανηρή. Όπου ήδη υπάρχουν ψύκτες και συνδέονται σωληνώσεις νερού, μια εκ των υστέρων εξοπλισμού VRVM θα ήταν πολύ πιο ακριβή από ό, τι ένας ψύκτη αντικατάστασης.
Σχετική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (quads).	2.2	Μέρος του εμπορικού κλιματισμού χώρου που εφαρμόζονται σε κτίρια όπου VRVM είναι δυναμικά ελκυστική.
Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δυναμικού (quads).	0.3	Υποθέτει τη συνολική εξοικονόμηση 15%, αλλά η πραγματική εξοικονόμηση ποικίλλει ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή.
Προσεγγιστική περίοδος αποπληρωμής.	Εξαιρετικά εξαρτώμενη εφαρμογή.	Εξαρτάται από το κλίμα, το σχεδιασμό των κτιρίων, και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Πραγματικό κόστος της αγοράς για τις ΗΠΑ είναι ακόμη αβέβαια προϊόντα και δεν είναι ακόμη διαθέσιμες σε εμπορικές ποσότητες.
Μη ενεργειακά οφέλη.	Άνεση, μέγεθος, βάρος, σχεδιαστική ευελιξία, θόρυβος.	Βελτιωμένη άνεση λόγω της μειωμένης διακύμανσης θερμοκρασίας που γίνεται δυνατή με συμπίεστες μεταβλητής ταχύτητας και έλεγχο PID. Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί σε +/- 2oF, λιγότερο από το ήμισυ των συμβατικών συστημάτων. Μικρότερα και ελαφρύτερα από τα αντίστοιχα συστήματα του τελευταίου ορόφου ή ψύκτες παρόμοιας χωρητικότητας, επιτρέποντας έτσι ευκολότερη εγκατάσταση και αποφεύγοντας την ανάγκη για ένα ειδικό μηχανοστάσιο. Ευελιξία σχεδιασμού οφείλεται στην ικανότητα να χρησιμοποιούν διάφορες εσωτερικές μονάδες διαφορετικών ικανοτήτων και σχεδιασμού, καθώς και δομοστοιχείωση του συστήματος που επιτρέπει την προετοιμασία των τμημάτων του κτιρίου, όπως αυτές καταλαμβάνονται κατά την κατασκευή ή την ανακαίνιση και την εύκολη προσαρμογή στις αλλαγές της διαρρύθμισης του χώρου. Η δομοστοιχείωση επιτρέπει επίσης μερικές ακόμα λειτουργίες του συστήματος, και αν μια ενιαία μονάδα αποτυγχάνει. Μειώνει το θόρυβο με την εξάλειψη χειριστών αέρα σε κεντρικό σταθμό.
Αξιόλογοι προγραμματιστές/ κατασκευαστές τεχνολογίας.	Daikin-Trane, Mitsubishi, Toshiba-CARRIER, Hitachi, Samsung.	Κυρίως Ιάπωνες κατασκευαστές, σε ορισμένες περιπτώσεις, με Αμερικανούς εταίρους.
Αιχμή μείωσης της ζήτησης.	Δυνατόν.	Μειώνει την ενέργεια που απαιτείται για τη διανομή του αέρα.
Πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές		Κτίρια γραφείων, σχολεία, ξενοδοχεία, νοσοκομεία και άλλα κτίρια με ακανόνιστα μεγέθη δωματίων. Ορόσημα ή ιστορικά κτίρια όπου η εγκατάσταση του αγωγού είναι δύσκολη ή δαπανηρή. Νότια κλίματα όπου τα φορτία θέρμανσης είναι μέτρια.
Τεχνολογία “Επόμενα βήματα”		Προγράμματα επίδειξης, συμπεριλαμβανομένων αυστηρής παρακολούθησης της εξοικονόμησης ενέργειας. Ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος με δυνατότητες θέρμανσης φυσικού αερίου.

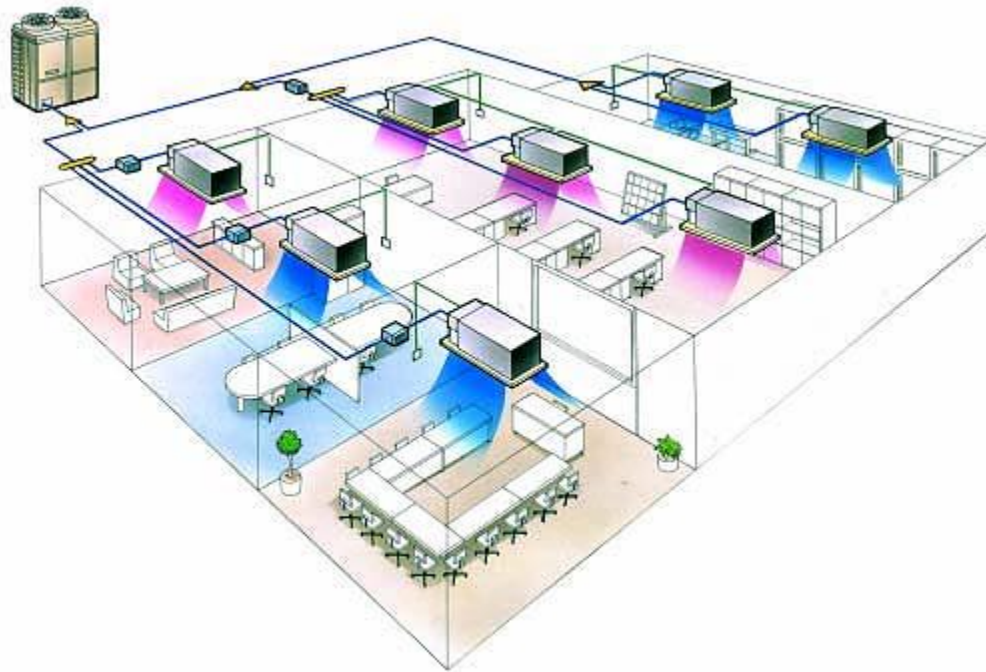
Πίνακας 7.32 Σύνοψη χαρακτηριστικών συστημάτων μεταβλητού όγκου.

7.14.2 Ιστορικό

Συστήματα μεταβλητού όγκου ψυκτικού υγρού, ή VRV, εισήχθησαν στην Ιαπωνία το 1982 και από τότε έχουν αναπτυχθεί σε όλο τον κόσμο, με την αξιοσημείωτη εξαίρεση της Βόρειας Αμερικής, όπου η διείσδυση στην αγορά VRV είναι αμελητέα. Τα συστήματα αυτά είναι βασικά πολύς μεγάλης χωρητικότητας στα συστήματα πολλαπλής διάσπασης χωρίς αγωγούς που έχουν επιτύχει μια εξειδικευμένη αγορά στις ΗΠΑ. Η βασική διαφορά μεταξύ αυτών των συστημάτων και των συμβατικών συστημάτων HVAC είναι ότι το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί άμεσα με πολλαπλές μονάδες εξάτμισης, αντί να χρησιμοποιούν το νερό (όπως σε ένα ψύκτη) ή του αέρα (όπως σε ένα σύστημα) για να επιτευχθεί μεταφορά θερμότητας στο χώρο. Συστήματα VRV είναι εξαιρετικά ευέλικτα, επιτρέποντας σε μία μόνο μονάδα συμπύκνωσης να συνδεθεί με ένα μεγάλο αριθμό εσωτερικών μονάδων ποικίλης χωρητικότητας και διαμόρφωσης, όπως φαίνεται σχηματικά στην Εικόνα 7.18. Ο ακριβής αριθμός των εσωτερικών μονάδων ποικίλλει ανάλογα με τον κατασκευαστή, αλλά μία τυπική κατασκευή επιτρέπει τη σύνδεση έως 16 εσωτερικών μονάδων σε μία μονάδα συμπύκνωσης, ή έως και 30 εσωτερικές μονάδες σε ένα μονό ψυκτικό κύκλωμα που παρέχεται από 3 εξωτερικές μονάδες. Τυπικά, κάθε μονάδα συμπύκνωσης χρησιμοποιεί 2 ή 3 συμπιεστές, ένας από τους οποίους είναι μετατροπέας συμπιεστής μεταβαλλόμενης ταχύτητας. Τα συστήματα συνήθως έχουν σχεδιαστεί συνδυάζοντας πολλαπλές μονάδες συμπύκνωσης για την επίτευξη ικανότητες σύστημα έως και αρκετές εκατοντάδες τόνους.

Η εξοικονόμηση ενέργειας οφείλεται σε διάφορους παράγοντες:

- *Απόδοση υψηλού μερικού φορτίου:* Επειδή τα συστήματα VRV αποτελούνται από πολλαπλούς συμπιεστές, μερικοί από τους οποίους είναι μεταβλητής ταχύτητας, η απόδοση μερικού φορτίου του συστήματος είναι εξαιρετική. Ένα τυπικό σύστημα διπλού συμπιεστή μπορεί να λειτουργήσει σε 21 βήματα χωρητικότητας. Δεδομένου ότι τα περισσότερα συστήματα HVAC περνούν το μεγαλύτερο μέρος των ωρών λειτουργίας τους μεταξύ 30-70% της μέγιστης χωρητικότητάς τους, όπου η COP του VRV είναι πολύ υψηλή, η εποχιακή ενεργειακή απόδοση των συστημάτων αυτών είναι εξαιρετική.
- *Αποτελεσματική ζώνη ελέγχου:* Οι εσωτερικές μονάδες μπορεί εύκολα να απενεργοποιηθούν σε περιοχές που δεν έχουν ανάγκη ψύξης, ενώ το σύστημα διατηρεί εξαιρετικά αποδοτική λειτουργία. Ένα εξαιρετικό παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής περιγράφεται παρακάτω. Σε αυτό το παράδειγμα, ένα δημοτικό κτίριο όπου ένα μεγάλο μέρος του χώρου είναι κατειλημμένο κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας, όταν οι εργαζόμενοι είναι έξω στην ύπαιθρο. Μία σύγκριση της VAV στον τελευταίο όροφο και σε ένα VRF, έδειξε εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 38% για το VRF, αν και οι ακριβείς λεπτομέρειες των δοκιμών είναι αδημοσίευτες, έτσι ώστε να είναι βέβαιο ότι η δοκιμή ήταν πραγματική.
- *Λειτουργία ανάκτησης θερμότητας:* Μια επιλογή σε κτίρια όπου απαιτείται ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη, όπως πολλά κτίρια γραφείων, είναι ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας με τρεις σωλήνες. Σε αυτόν τον τύπο συστήματος, ο έλεγχος της ροής του ψυκτικού μέσου που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου από την απόρριψη των εξατμιστήρων στο χώρο που ψύχεται στους εξατμιστήρες των ζωνών που έχουν ανάγκη τη θερμότητα και αντιστρόφως (βλέπε Εικόνα 7.18). Με τη χρήση του ψυκτικού κινείται θερμότητα μεταξύ των ζωνών, ένα πολύ υψηλό COP μπορεί να πραγματοποιηθεί.



Εικόνα 7.18 Σχηματικό διάγραμμα της VRF σύστημα με ανάκτηση θερμότητας.

7.14.3 Απόδοση

Επειδή η εξοικονόμηση ενέργειας των συστημάτων VRV δεν εξαρτάται τόσο από την εφαρμογή, είναι δύσκολο να οριστεί, γενικές δηλώσεις σχετικά με την ενεργειακή τους απόδοση. Προσομοιώσεις συχνά αποτυγχάνουν να λάβουν υπόψη την πραγματική συμπεριφορά σε ένα κτίριο, καθώς και πολλοί σχετικοί παράγοντες, όπως απώλειες του συστήματος διανομής. Δοκιμές πεδίου συχνά συγκρίνουν την πιο πρόσφατη τεχνολογία VRV σε παλαιότερα συμβατικά συστήματα που αντικατέστησε. Βρήκαμε 38% εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με ένα VAV οροφής στη συγκεκριμένη εγκατάσταση. Ένα πλήρες έτος, ωριαία προσομοίωση, σε σύγκριση με 538 ton VRV με τις δύο βίδες και φυγοκεντρικών ψυκτών (2x240 τόνοι) από τα πιο πρόσφατα σχέδια. Η εξοικονόμηση ενέργειας της VRV ήταν πολύ εντυπωσιακή σε ένα μέτριο κλίμα Βραζιλίας, που κυμαίνονται από περίπου 30% το καλοκαίρι σε πάνω από 60% το χειμώνα, η εξοικονόμηση φαίνονται ασυνήθιστα υψηλή και αποδίδονται στην απόδοση υψηλού φορτίου μέρος του VRV που δραστηριοποιούνται στα πολύ πιο ήπια κλίματα. Προσομοιώσεις στις ΗΠΑ βρίσκονται σε εξέλιξη, και τα τρέχοντα εργαλεία προσομοίωσης είναι μάλλον ανεπαρκείς. Οι αρχικές εκτιμήσεις της εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα είναι στο εύρος 5-15%, με μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε θερμότερο υγρά κλίματα και εξοικονόμηση σε ψυχρά κλίματα, λόγω του πλεονεκτήματος της θέρμανσης αερίου σε ψυχρότερα κλίματα. Ο μόνος τρόπος για να αντιμετωπιστεί το πραγματικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας των συστημάτων VRV θα είναι να εκτελέσουν αυστηρές δοκιμές πεδίου σύγκρισης τους με τις βέλτιστες διαθέσιμες συνθήκες λειτουργίας συμβατικών συστημάτων του πραγματικού κόσμου.

7.14.4 Κόστος

Το κόστος των εγκατεστημένων εφαρμογών εξαρτάται από την κατασκευή του κτιρίου και αν η εγκατάσταση είναι νέα ή ανακαινίστηκε. Σε γενικές γραμμές, το κόστος εξοπλισμού ενός συστήματος VRV θα είναι υψηλότερο από εκείνο ενός συγκρίσιμου συστήματος οροφής ή ένα ψύκτη, αλλά το κόστος εγκατάστασης μπορεί να είναι χαμηλότερο, ιδιαίτερα αν οι αγωγοί είναι δύσκολοι στο να εγκατασταθούν. Επειδή τα συστήματα VRV επί του παρόντος δεν πωλούνται σε εμπορικές ποσότητες στις ΗΠΑ, δεν υπάρχει πραγματική τιμή αγοράς, και τα έξοδα στις αγορές του εξωτερικού ποικίλλουν γιατί οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως τους εισαγωγικούς δασμούς και τους τοπικούς κανονισμούς. Επί του παρόντος, οι εκτιμήσεις της εγκατεστημένης πρωμοδότηση κόστος μιας σειράς VRV από περίπου 5-20% σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα για ένα ενιαίο κτίριο γραφείων στις ΗΠΑ. Μια μελέτη περίπτωσης ενός κτιρίου 17 ορόφων, 100.000 ft² κτίριο γραφείων στη Βραζιλία, η εγκατεστημένη πρωμοδότηση κόστους της VRVTM ήταν περίπου 15-22% σε σχέση με τις επιλογές ψύκτη, αλλά η σύγκριση αυτή είναι ασύμμετρη από υψηλούς εισαγωγικούς δασμούς για την VRV. Η καθαρή παρούσα αξία, αντιπροσωπεύοντας το κόστος κεφαλαίου και ενέργειας, ήταν περίπου 6-10% καλύτερη για το VRV, χρησιμοποιώντας ένα προεξοφλητικό επιτόκιο 10% πάνω από 10 χρόνια. Τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν συγκρίσιμες με τα ποσοστά των ΗΠΑ. Μια άλλη μελέτη περίπτωσης ενός γερμανικού ξενοδοχείου 43,000ft², το κόστος ενός VRV και ενός αερόψυκτου ψύκτη κοχλία ήταν σχεδόν πανομοιότυπα. Στην περίπτωση αυτή, τα έξοδα για τις εσωτερικές και εξωτερικές μονάδες της VRVTM ήταν περίπου 43% υψηλότερα από ό, τι για τον ψύκτη, αλλά η εξοικονόμηση σε μόνωση, οι βαλβίδες και η εγκατάσταση έκανε τη διαφορά. Το καθαρό αποτέλεσμα αυτής της αβεβαιότητας είναι ότι οι συγκρίσεις του κόστους μεταξύ VRV και άλλων συστημάτων εξαρτάται από την εφαρμογή και πρέπει να αξιολογούνται για κάθε περίπτωση χωριστά.

7.14.5 Αντιληπτά Εμπόδια στην Υιοθέτηση της Τεχνολογίας στην Αγορά

Αρκετά εμπόδια υπάρχουν για την υιοθέτηση συστημάτων VRV/VRF στις ΗΠΑ, ακόμη και αν τα συστήματα αυτά έχουν πλέον καθιερωθεί σε όλες τις άλλες περιοχές του κόσμου. Τα βασικά εμπόδια που περιγράφονται είναι τα παρακάτω:

Αρχικό κόστος: Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένα σύστημα VRV έχει υψηλότερο αρχικό κόστος από ό, τι άλλες εφαρμογές, όπως ένα σύστημα ψύκτη στον τελευταίο όροφο. Επιπλέον, οι πελάτες αναμένουν ψύκτες για να λειτουργούν 20-30 χρόνια, ενώ ένα VRV/VRF θεωρείται από τους αναδόχους να είναι συγκρίσιμη με άλλα συστήματα DX που έχουν διάρκεια ζωής μόνο 10-20 χρόνια, αυξάνοντας έτσι το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής. Το κόστος που συνδέεται με ένα ξεχωριστό σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο για την VRV είναι επίσης υψηλότερο από ό, τι για τα άλλα συστήματα. Για μετασκευές ή αντικαταστάσεις των ψυκτών, όπου ένας βρόχος νερού είναι ήδη σε ισχύ, την εγκατάσταση ενός VRVTM θα είναι πιο ακριβά από ό, τι απλά για την αντικατάσταση του ψυκτικού συγκροτήματος, εκτός από τις περιπτώσεις όπου συνέβη ολική ανακαίνιση στο κέλυφος του κτιρίου.

Συντήρηση και αξιοπιστία: Παρά το γεγονός ότι οι προμηθευτές υποστηρίζουν ότι τα συστήματα VRF/VRV είναι πολύ αξιόπιστα, εργολάβοι και μηχανικοί πιστεύουν ότι ένα σύστημα VRV/VRF με πολλούς συμπιεστές (π.χ. 20 συμπιεστές για 100 τόνους ψύξη) είναι εγγενώς λιγότερο αξιόπιστο από ένα ψύκτη που έχει μικρότερο αριθμό συμπιεστών (π.χ. 1-4 συμπιεστές για 100 τόνους). Ωστόσο, αναγνωρίζεται επίσης ότι αυτό είναι ένα πλεονέκτημα της VRV/VRF, δεδομένου ότι, σε αντίθεση με ένα ψύκτη, μια αποτυχία ενός ενιαίου συμπιεστή θα έχει περιορισμένο αντίκτυπο στην ικανότητα του συστήματος να λειτουργήσει. Συστήματα αντλιών θερμότητας θεωρούνται επίσης εγγενώς λιγότερο αξιόπιστα από τα συστήματα θέρμανσης φυσικού αερίου. Ένας λόγος είναι ότι οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν όλο το χρόνο, σύμφωνα

Συλλιγνάκης Στέφανος

με ένα σοβαρό κύκλο, ενώ το μόνο σύστημα ψύξης λειτουργεί μόνο λίγους μήνες το χρόνο. Η συντηρησιμότητα της γραμμής ψυκτικού επίσης αμφισβητείται από πολλούς εργολάβους, οι οποίοι είναι πιο εξοικειωμένοι και άνετοι με τη συντήρηση του κύκλωμα νερού.

Έλλειψη επιλογής ολοκληρωμένης θέρμανσης αερίου: Δεν υπάρχουν συστήματα που διατίθενται σήμερα με τη θερμότητα του φυσικού αερίου, αν και τέτοια συστήματα είναι στη φάση της ανάπτυξης. Στα βόρεια κλίματα, οι πελάτες δεν θα δεχθούν τις αντλίες θερμότητας, ακόμη και αν είχαν για λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες, λόγω ότι αντιλαμβάνονται τα μειονεκτήματα της ενεργειακής απόδοσης. Είναι δυνατόν να έχουμε ένα ξεχωριστό σύστημα φυσικού αερίου ή πετρελαίου θέρμανσης, εκτός από την ψύξη μόνο VRV/VRF, αλλά το κόστος θα είναι υψηλότερο από ό, τι άλλες επιλογές ολοκληρωμένης θέρμανσης/ψύξης, όπως ένα σύστημα στον τελευταίο όροφο με θερμότητα αερίου ή ενός ψύκτη/λέβητα στο σύστημα.

Μεγάλες σωληνώσεις ψυκτικού: Αυτή είναι μια σημαντική ανησυχία συντήρησης, αφού οι επιχειρηματίες πιστεύουν ότι οι διαρροές ψυκτικού είναι δύσκολο να βρεθούν και επισκευάζονται αρκετά δύσκολα, ιδιαίτερα όταν οι γραμμές διασχίζουν απρόσιτους χώρους. Παρά το γεγονός ότι το σύστημα θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις τυπικές απαιτήσεις, *ASHRAE 15*, ασφάλειας και ως εκ τούτου θα ήταν αποδεκτό για τις αρχές οικοδόμησης, υπάρχει η αντίληψη της αυξημένης έκθεσης ευθύνης λόγω του μεγάλου όγκου του ψυκτικού που υπάρχει στο σύστημα και μεγάλες διαδρομές μέσω των κατειλημμένων χώρων. Όλα αυτά τα θέματα έχουν αντιμετωπιστεί επαρκώς στην Ευρώπη, την Ασία και τη Λατινική Αμερική, αλλά μια μεγάλη εκστρατεία εκπαίδευσης είναι απαραίτητη για να αλλάξει τις αντιλήψεις των εργολάβων και μηχανικών.

Υποστήριξη OEM/Επωνυμία και φήμη: Οι προγραμματιστές και οι κατασκευαστές VRV/VRF συστημάτων είναι ιαπωνικές και κορεατικές εταιρείες με περιορισμένη αναγνώριση του ονόματος τους και των δομών τεχνικής υποστήριξης στις ΗΠΑ, ωστόσο, τώρα τουλάχιστον δύο από τους κορυφαίους Ιάπωνες κατασκευαστές έχουν συνάψει στρατηγικές συμμαχίες με τους κορυφαίους κατασκευαστές των ΗΠΑ, οι φραγμοί αυτοί μπορούν να μετριαστούν.

7.14.6 Ανάπτυξη Τεχνολογίας “Επόμενα Βήματα”

Όπως προαναφέρθηκε, συστήματα VRV/VRF σχετίζονται σημαντικά με την ενέργεια και των μη ενεργειακών πλεονεκτημάτων σε σχέση με άλλα συστήματα σε πολλές περιπτώσεις. Τα εμπόδια στην υιοθέτηση από τις ΗΠΑ υπήρχαν αρχικά και σε άλλες περιοχές του κόσμου και έχουν ξεπεραστεί με την επίδειξη των πλεονεκτημάτων και της εκπαίδευσης των εργολάβων και μηχανικών της τεχνολογίας. Τα ενεργειακά οφέλη από αυτά τα συστήματα είναι πολύ συγκεκριμένες εφαρμογές και δεν μπορούν να αποδειχθούν μέσω απλών αξιολογήσεων αποτελεσματικότητας. Πολύπλοκες προσομοιώσεις σε υπολογιστή μπορεί να δείξουν την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά οι εν λόγω προσομοιώσεις συχνά αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό από τους μηχανικούς οι οποίοι πιστεύουν ότι μπορούν να είναι ασύμμετρα από τις υποθέσεις των κατασκευαστών. Ως εκ τούτου, το επόμενο βήμα στην επιτάχυνση της υιοθέτησης από την αγορά αυτής της τεχνολογίας θα είναι αυστηρά προγράμματα επίδειξης και παρακολούθησης για να αποδείξουν τα πιθανολογούμενα πλεονεκτήματα, ιδίως της εξοικονόμησης του κόστους της ενέργειας, και να κατανοήσουν τις το πραγματικό κόστος εγκατάστασης και τη σημασία των άλλων εμποδίων στην εμπορευματοποίηση στις ΗΠΑ. Αυτές οι επιδείξεις θα πρέπει να περιλαμβάνουν διαφορετικούς τύπους κτιρίων και κλιμάτων. Ένα άλλο

σημαντικό βήμα θα είναι η ανάπτυξη ενός οικονομικά αποδοτικού προϊόντος για την ενσωμάτωση του VRV με θέρμανση φυσικού αερίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Αυτό το κεφάλαιο εξετάζει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις αποφάσεις των επιχειρήσεων σχετικά με την έγκριση της εξοικονόμησης τεχνολογιών εισόδου και διαδικασιών (ISTP⁶¹), διότι αυτές οι αποφάσεις στις επιχειρήσεις καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την περιβαλλοντική απόδοση των εμπορικών κτιρίων. Η φύση και η έκταση των αποφάσεων σχετικά με τα ISTP ποικίλλει ανάλογα με το αν το κτίριο βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού, λειτουργίας, ή την ανακαίνιση ή την κατεδάφιση. Εξαιτίας της αλληλεξάρτησης αυτών των φάσεων, συνολικά ή στον κύκλο ζωής, η απόδοση μπορεί να ενισχυθεί με την επικοινωνία μεταξύ των επιχειρήσεων σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής. Πρώτα όμως, το κεφάλαιο αυτό εξετάζει τη λήψη αποφάσεων από μεμονωμένες επιχειρήσεις. Στη συνέχεια, εξετάζει ποια είναι η “κατάλληλη” για τις περιβαλλοντικές επιδόσεις στα κτίρια αυτά από μια ευρεία προοπτική της οικονομίας και συγκρίνει τα αποτελέσματα ISTP που δημιουργούνται από τις αποφάσεις των επιχειρήσεων εναντίον αυτής ευρύτερης προοπτικής.

8.1 Πλαίσιο Λήψης Αποφάσεων της Εκάστοτε Επιχείρησης

Η απόφαση μιας εταιρείας να επενδύσει σε ISTP, και στο ότι θα πρέπει να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις στο εμπορικό κτίριο, βασίζεται στα οφέλη και στη χρέωση που τα ISTPs αναμένεται να δημιουργήσουν για την επιχείρηση.

8.1.1 Οφέλη από την Υιοθέτηση ISTP

Τα ISTP παράγουν τόσο δημόσια όσο και ιδιωτικά οφέλη, αλλά πολλά από τα οφέλη της ιδιωτικής επένδυσης σε ISTP προκύπτουν για την ευρύτερη κοινωνία. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση που επενδύει σε μία τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας δημιουργεί ιδιωτικά οφέλη μέσω μειωμένης λειτουργίας κόστους, και δημόσια οφέλη μέσω της προκύπτουσας μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Τα δημόσια οφέλη που προκύπτουν από τα ISTPs είναι σημαντικά. Αλλά δεν μπορεί να επηρεάζουν σημαντικά την έκδοση ISTP επειδή σε μεγάλο βαθμό προκύψουν για τους κοινοτικούς παρά για τις μεμονωμένες επιχειρήσεις. Το National Electrical and Communications Association (NECA) σημείωσε το εξής:

⁶¹ ISTP → Input Savings Technology and Processes
Συλλιγνάκης Στέφανος

Ο κοινός δικαιούχος (των *ISTP*) είναι η κοινότητα, που ωφελείται από:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Μείωση της ζήτησης για ορυκτά καύσιμα.
- Μείωση της ζήτησης για νερό.
- Μείωση της ανάγκης για τη διάθεση των λυμάτων.

Καθώς οι επιχειρήσεις συνήθως λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τις επενδύσεις τους στη βάση του ιδιωτικού κόστους και τα οφέλη και μόνο, η Επιτροπή έδωσε ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο που οι επιχειρήσεις λαμβάνουν αποφάσεις για *ISTP* και τους παράγοντες που τους επηρεάζουν.

Το κύριο όφελος για την επιχείρηση της υιοθέτησης *ISTPs* στο σχεδιασμό ή τη λειτουργία και φάσεις συντήρησης του κύκλου ζωής είναι η εξοικονόμηση του κόστους που προκύπτει από μια μείωση των εισροών (όπως η ηλεκτρική ενέργεια) που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου. Αυτές οι αποταμιεύσεις αντιπροσωπεύουν τα πιο αναγνωρισμένα και ποσοτικά οφέλη των κτιρίων που ενσωμάτωσαν υψηλότερα περιβαλλοντικά πρότυπα. Ο *Attenborough (1997)* σημείωσε ότι φυσικά αεριζόμενα κτίρια χρησιμοποιούν συνήθως 50% λιγότερη ενέργεια από αυτή που χρησιμοποιείται από πλήρως κλιματιζόμενα κτίρια. Η *Royal Institution of Chartered Surveyors, Queensland Branch* σημείωσε επίσης, ότι οι εξοικονομήσεις αυτές είναι το κύριο κίνητρο για τις επιχειρήσεις να υιοθετήσουν *ISTPs*:

Το κίνητρο για *ISTPs* είναι η εξοικονόμηση στο κόστος λειτουργίας ... Εάν δεν υπάρχει σημαντική αποδεδειγμένη εξοικονόμηση τότε είναι πολύ απίθανο ότι οποιοδήποτε σύστημα θα είναι υιοθετημένο.

Ένα άλλο όφελος για την επιχείρηση της υιοθέτησης *ISTPs* σε οποιαδήποτε φάση της ζωής του κτιριακού κύκλου μπορεί να είναι θετική δημοσιότητα, ή μια βελτιωμένη δημόσια εικόνα, από την κατασκευή ή καταλαμβάνοντας ένα φιλικό προς το περιβάλλον κτίριο ή από την κατεδάφιση και τη διάθεση με έναν τρόπο που ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές ζημιές. Από την άποψη της επιστροφής στα οικονομικά περιουσιακά στοιχεία, τα οφέλη αυτά είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Παρ' όλα αυτά, πολλές επιχειρήσεις οικειοθελώς προωθούν τις περιβαλλοντικές πτυχές των δραστηριοτήτων τους, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι θεωρούν αυτό έχει αξία για ορισμένους πελάτες. Με παρόμοιο τρόπο, ορισμένες επιχειρήσεις μπορούν να ενσωματώνουν ή να εφαρμόσουν μέτρα για την πρόληψη και να αποφύγουν την κριτική και την ευθύνη στο μέλλον. Ωστόσο, αυτό μπορεί να είναι πιο σημαντικό για τις επιχειρήσεις που κατέχουν υψηλά κτιριακά προφίλ, ή για τις επιχειρήσεις που συμμετέχουν σε κλάδους όπου τα περιβαλλοντικά ζητήματα είναι ιδιαίτερα ορατά.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα της υιοθέτησης *ISTPs* μπορεί να είναι το άυλο όφελος που ένα κτίριο ιδιοκτητών ή κατόχων μπορεί να λάβει ενεργώντας κατά τρόπο που να μειώνει την βλάβη στο περιβάλλον. Αυτό θα μπορούσε να είναι σημαντικό, αν και είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί, εάν η επιχείρηση υποκινείται από "πράσινα" ζητήματα.

Μερικοί συγγραφείς θεωρούν ότι η βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοση των κτιρίων βελτιώνει επίσης τις συνθήκες στο χώρο εργασίας και την παραγωγικότητα του προσωπικού. Οι υποστηρικτές αυτής της άποψης υποστηρίζουν ότι τα περιβαλλοντικά βιώσιμα κτίρια μπορεί να προσφέρουν πιο ευχάριστο, υγιές και ελκυστικό περιβάλλον εργασίας από εκείνο που παρέχεται από τα συμβατικά κτίρια. Ενώ οι πιθανές επιπτώσεις της υιοθέτησης *ISTP* στην παραγωγικότητα στο χώρο εργασίας είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, αν ευεργετική, είναι πιθανό να υπερβαίνουν κατά πολύ τα οφέλη που επιτυγχάνονται μέσω της εξοικονόμησης εισόδου. Ο *Αυστραλιανός Συνεταιρισμός Κέντρου Ερευνών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας* σημείωσε ότι το δυναμικό αυτό:

... Υπάρχουν συχνά άυλα οφέλη που μπορεί να είναι σημαντικά ... αλλά δεν μπορούν εύκολα να είναι ποσοτικά. Η πιο προφανής από αυτές είναι η βελτιωμένη τέρψη ενός εμπορικού κτιρίου, η οποία, αν οδηγεί σε βελτίωση της παραγωγικότητας των εργαζομένων, μπορεί να έχει μια τεράστια αξία λόγω υψηλού κόστους των ανθρώπων σε σχέση με την ενέργεια.

8.1.2 Κόστος Υιοθέτησης ISTPs

Το σημαντικό κόστος, για τις επιχειρήσεις, υιοθέτησης ISTPs είναι η απόκτηση τεχνολογιών ή και διαδικασιών, αν και τα ISTPs δεν αυξάνουν πάντα το κεφάλαιο του κόστους ενός κτιρίου. Εκτός από τις άμεσες δαπάνες της υιοθέτησης ISTPs, έμμεση ή «κρυφές» δαπάνες μπορούν να περιλαμβάνουν απώλεια παραγωγής μέσω της διακοπής, ενώ οι τεχνολογίες ή διαδικασίες είναι υλοποιείται, είτε τα έξοδα του προσωπικού κατάρτισης με χρήση ISTP διαθέτει σωστά. Πρόσθετες δαπάνες και καθυστερήσεις μπορεί να προκύψουν κατά την προετοιμασία που ενσωματώνει βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ή τη μείωση της χρήσης των εισροών. Υπάρχει επίσης το κόστος ευκαιρίας της επένδυσης κεφαλαίων σε ISTPs αντί να επενδύει τα κεφάλαια αυτά σε μια άλλη δραστηριότητα.

Από την πλευρά της επιχείρησης από την άποψη αυτή είναι η βελτιστοποίηση για να επενδύσουν σε ISTPs, και έτσι να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις ενός εμπορικού κτιρίου, μόνο εάν τα οφέλη από αυτόν τον τρόπο υπερβαίνουν τις δαπάνες. Επιχειρήσεις, ως εκ τούτου, θα πρέπει να αναμένεται να υιοθετήσουν όλα τα βήματα που είναι οικονομικά αποδοτικά και κερδοφόρα, υπό την προϋπόθεση ότι οι επιχειρήσεις παίρνουν καλά ενημερωμένες αποφάσεις και ότι οι αγορές λειτουργούν αρκετά καλά. Ωστόσο, οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα δεν μπορούν να υλοποιηθούν στην πράξη.

8.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Υιοθέτηση της Επιχείρησης του ISTPs

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση οφέλους-κόστους μιας επιχείρησης για την υιοθέτηση ISTP:

- Δαπάνες που είναι “κρυμμένες” σε εξωτερικούς παρατηρητές, αλλά είναι σχετικές με την τη λήψη της απόφασης από την επιχείρηση.
- Μεγάλος κίνδυνος που συνδέεται με πολλά βήματα σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες, ο οποίος μπορεί να παρεμποδίσει την έγκρισή τους.
- Το συχνά ήσσονος σημασίας συστατικό των δραστηριοτήτων της επιχείρησης λογιστικοποιούνται με την ενέργεια και άλλες εισροές που χρησιμοποιούνται, συνεπάγεται ότι (και τους μηχανισμούς για τη μείωσή τους) μπορεί να είναι μια μικρή προτεραιότητα για την προσοχή της διαχείρισης.
- Η χρήση εργαλείων αξιολόγησης.

Αυτοί οι παράγοντες συχνά αντικατοπτρίζουν τα ποσοστά έκπτωσης ή περιόδου αποπληρωμής ότι οι επιχειρήσεις ισχύουν για τις επενδύσεις τους ISTP.

8.2.1 Κρυφό Κόστος και τα Οφέλη

Η ανάλυση ενός ISTP συγκρίνει ουσιαστικά την αρχική τιμή αγοράς της τεχνολογία ή διαδικασίας για την εξοικονόμηση ρεύματος που αναμένεται να δημιουργήσει στο μέλλον. Ωστόσο, μια επιχείρηση επιλέγει αν θα υιοθετήσει ISTP και θα εξετάσει επίσης μια ευρύτερη σειρά από οφέλη και κόστη. Μερικά από αυτά περιγράφονται ως “κρυφά” επειδή δεν είναι άμεσα εμφανής και επειδή δεν αποτελούν κατ’ ανάγκη ένα μέρος της ίδια ISTP.

Οι δαπάνες για την απόκτηση και επεξεργασία πληροφοριών σχετικά με ISTPs αντιπροσωπεύουν χαρακτηριστικό παράδειγμα “κρυφών” χρεώσεων. Περιλαμβάνουν το κόστος συλλογής πληροφοριών σχετικά με ISTPs από διάφορες πηγές, αναλύοντας πώς τα ISTPs επηρεάζουν ένα εμπορικό κτίριο ή να εναρμονίζεται με άλλες επιχειρήσεις, και η μεταφορά αυτών των πληροφοριών με βασικούς φορείς λήψης αποφάσεων στην επιχείρηση.

Στο πλαίσιο των επιμέρους αποφάσεων σχετικά με την αγορά της ενέργειας που σχετίζονται με ανθεκτικά αγαθά, ο *Chernoff (1983)* συνοψίζει γιατί το κόστος της συλλογής πληροφοριών μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην έγκρισή τους. Αυτό είναι επίσης εφαρμόσιμο στις αποφάσεις ISTP μιας επιχείρησης:

... Για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης, ο καταναλωτής πρέπει να λαμβάνει και να αξιολογεί πληροφορίες που διαφορετικά θα είχαν μικρή αξία. Το καθήκον αυτό επιβάλλει κόστος αναζήτησης στον αγοραστή. Αν το άτομο δεν αναμένει η εξοικονόμηση ενέργειας για να αξίζει το κόστος της αναζήτησης, ή αν το άτομο δεν είναι σε θέση να αξιολογήσει αντικρουόμενες αξιώσεις για το κόστος και τα οφέλη, δεν έχει καμία οικονομική βάση για την αναζήτηση ...

Φυσικά, αντί να αναζητούν πληροφορίες οι ίδιοι, οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν ειδικούς, όπως ενεργειακούς συμβούλους, για να παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες. Ωστόσο, δεδομένου ότι αυτό συνεπάγεται με καταβολή κάποιου τέλους σε έναν ειδικό, αυτό είναι μια άλλη μορφή του κόστους αναζήτησης.

Άλλα “κρυφά” κόστη της υιοθέτησης ISTPs είναι:

- Λήψη αποφάσεων ή διοικητικά έξοδα - εκτίμηση του εύρους των πιθανών. Βήματα κατάλληλο για την εργασία μπορεί να απαιτούν τη χρήση σημαντικών πόρων, όπως ταμεία και το προσωπικό ή τη διαχείριση του χρόνου.
- Οι δαπάνες διαταραχής - εγκατάστασης ISTPs σε ένα υπάρχον κτίριο μπορεί να περιλαμβάνουν το κόστος από διαταράσσοντας με την ημέρα δραστηριότητες.
- Δαπάνες κατάρτισης - προσωπικό χρειάζεται συχνά να εκπαιδευτεί στη λειτουργία του νέου εξοπλισμού ή διαδικασιών και η περαιτέρω προσπάθεια και κόστος που συνεπάγεται η επικαιροποίηση των δεξιοτήτων του προσωπικού.
- Κόστος παρακολούθησης - που προκύπτει όταν οι νέες τεχνολογίες και διαδικασίες είναι υπό παρακολούθηση για να διασφαλιστεί ότι εφαρμόζονται σωστά και ότι λειτουργούν ικανοποιητικά.
- Το κόστος αξιολόγησης - που προκύπτει όταν τα ISTPs αξιολογούνται μετά την εφαρμογή τους για να εξασφαλίσουν ότι πράγματι επιτυγχάνεται η προβλεπόμενη εξοικονόμηση κόστους.

Η υιοθέτηση πολλών ISTPs μπορεί επίσης να παράγει “κρυμμένα” οφέλη. Ένα παράδειγμα αναφέρθηκε προηγουμένως είναι η βελτιωμένη παραγωγικότητα των εργαζομένων από μέτρα όπως η αυξημένη χρήση του φυσικού φωτός. Κρυφά οφέλη μπορεί να είναι μεγάλα, αλλά μπορεί επίσης να είναι αβέβαια και δύσκολα να μετρηθούν. Αυτό μπορεί να περιορίζει την έκταση στην οποία θεωρείται στις αποφάσεις των επιχειρήσεων να υιοθετήσουν ISTPs. Αντίθετα, οι επιχειρήσεις είναι πιθανό να δώσουν μεγαλύτερο βάρος σε ορισμένες δαπάνες παρά στα αβέβαια οφέλη παραγωγικότητας.

Ένας πρόσφατος οδηγός που δημοσιεύτηκε από το *Αυστραλιανό Εθνικό Γραφείο Ελέγχου* παρέχει ένα παράδειγμα του τρόπου που το “κρυφό” κόστος μπορεί εύκολα να αγνοηθεί. Το Γραφείο καθοδηγεί για την καλύτερη πρακτική της ενεργειακής αποδοτικότητας στις εργασίες της Κοινοπολιτείας παρέχει παραδείγματα της ενέργειας και την εξοικονόμηση κόστους λειτουργίας για ένα μεγάλο κτίριο. Τα ακόλουθα παραδείγματα ανέφερε ότι το κόστος αυτών των πρωτοβουλιών ήταν η “ασήμαντο”:

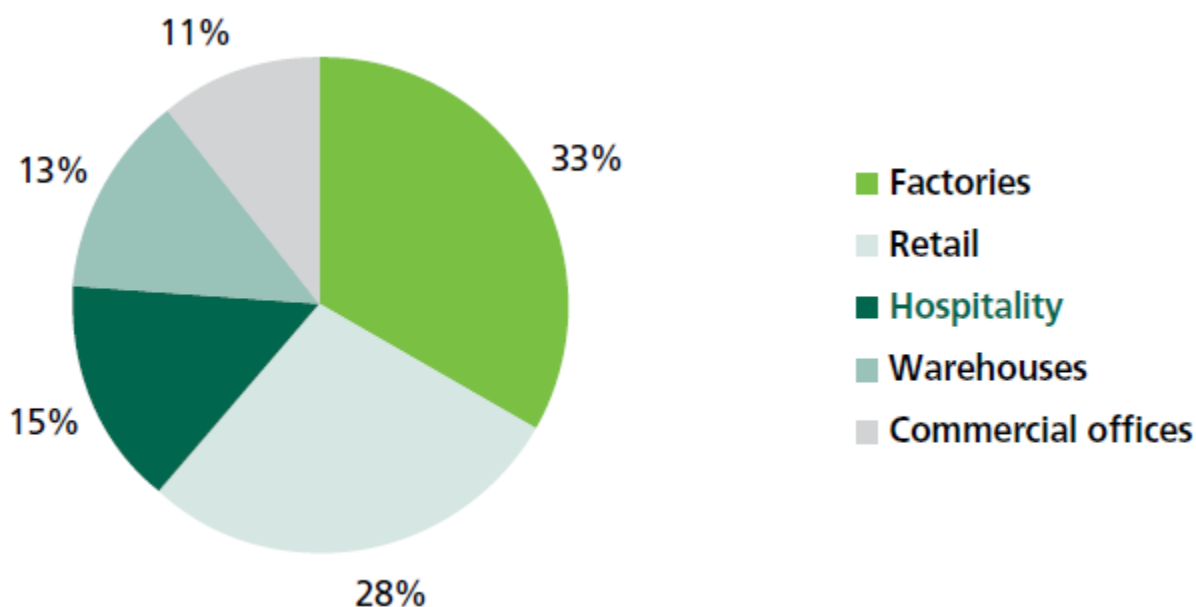
Πρωτοβουλίες Ενεργειακής Απόδοσης	Ετήσια Εξοικονόμηση	Εξοικονόμηση Ενέργειας	Κόστος
<i>Εγκατάσταση αυτόματων ελέγχων φωτισμού.</i>	3000	0.20 GJ	Επουσιώδης
<i>Διαθέσιμος έλεγχος φωτισμού, και αλλαγές με τις ώρες καθαρισμού του κτιρίου.</i>	3500	0.23 GJ	Επουσιώδης

Πίνακας 8.1 Κόστος ενεργειακής απόδοσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΚΟΣΤΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

9.1 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO²) από Εμπορικά Κτίρια

Το 2003, τα εμπορικά κτίρια ευθύνονται για το 14% περίπου των συνολικών εκπομπών CO² στο Ηνωμένο Βασίλειο. Υπόλοιπες εκπομπές που παράγονται από τις μεταφορές (33%), οικιακά κτίρια (26%), βιομηχανικές διαδικασίες (22%) και τα δημόσια και άλλα κτίρια (5%). Συνολικές εκπομπές από εμπορικά κτίρια μπορεί να υποδιαιρούνται περαιτέρω όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 9.1.



Εικόνα 9.1 των εκπομπών CO₂ από τα εμπορικά κτήρια

Εκπομπές CO² είναι πιο σημαντικές από το απόθεμα και τα κτίρια λιανικής, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 60% του συνόλου των εκπομπών από τον εμπορικό τομέα.

9.2 Ευκαιριών Βελτίωσης για τους Ιδιοκτήτες

Οι δράσεις και των δύο, ιδιοκτητών και ενοικιαστών έχουν άμεση επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας μέσα σε ένα κτίριο και, με τη σειρά του, το CO² που εκπέμπεται. Ο ιδιοκτήτης έχει τον αποκλειστικό έλεγχο της απόδοσης του κτιριακού ύφασματος, ενώ ο μισθωτής είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για τη χρήση του κτιρίου από την άποψη των ωρών χρήσης, και την ποσότητα των επιβαίνοντων, την απόδοση του εξοπλισμού και τη ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Ωστόσο, και οι δύο, ιδιοκτήτες και ενοικιαστές έχουν κάποια επίδραση στην ενεργειακή απόδοση των εγκατεστημένων υπηρεσιών του κτιρίου στο μέτρο που ο ιδιοκτήτης μπορεί να εγκαταστήσει τα ηλεκτρικά και μηχανικά συστήματα και ο μισθωτής θα τα χρησιμοποιήσει για να δοκιμάσει τις επαγγελματικές τους απαιτήσεις. Ένας ενοικιαστής μπορεί επίσης να επηρεάσει τις προδιαγραφές των εγκατεστημένων υπηρεσιών του κτιρίου.

Υπάρχουν σημαντικές ευκαιρίες για τους ιδιοκτήτες να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση των εμπορικών κτιρίων που άφησαν στους μισθωτές. Βασικά κτίρια βρίσκονται τα γραφεία, σούπερ μάρκετ, αποθήκες λιανικής πώλησης, ελαφρά βιομηχανικά κτίρια και αποθήκες. Εργοστάσια και πολλά κτίρια λιανικής αποκλείστηκαν από τη μελέτη, επειδή η συντριπτική πλειοψηφία των εκπομπών τους προκύπτουν από την κατασκευή επιχειρήσεων από τον μισθωτή (για παράδειγμα, οι διαδικασίες του εργοστασίου και ψύξης εξοπλισμός) και όχι από το κτίριο.

9.3 Μοντελοποίηση των Εκπομπών CO² και Κατανάλωσης Ενέργειας

Το μέρος L των “Κανονισμών Κτιρίων και τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (EPCs)” μόνο ρυθμίζουν και προβλέπουν ένα ποσοστό των εκπομπών CO² σε ένα κτίριο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Συγκεκριμένα, μόνο θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερού, εξαερισμός και φωτισμός ενέργειας κατανάλωσης λογίζεται για τυποποιημένες ώρες εργασίας και χωρητικότητας. Η διαδικασία μοντελοποίησης ως εκ τούτου, δεν περιλαμβάνει καμία αποζημίωση για τους επιβάτες, για τον εξοπλισμό ή τις συσκευές για παράδειγμα.



■ Ρυθμίζεται η χρήση της ενέργειας περιλαμβάνει μοντελοποιημένη τη θέρμανση, την παραγωγή ζεστού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και την ενέργεια

■ Ανεξέλεγκτη χρήση ενέργειας περιλαμβάνει το φορτίο βύσμα, server room, ασφάλεια, εξωτερικό φωτισμό, ανελκυστήρες, κ.λπ.

■ Επιπλέον χωρητικότητα και εξοπλισμό και επιπλέον ώρες λειτουργίας (π.χ. εργατική βράδυ/Σαββατοκύριακο)

■ Αναποτελεσματικότητας από ανεπαρκή έλεγχο, την κακή θέση, την κακή συντήρηση, κ.λπ.

■ Ειδικές λειτουργίες (διαχωρισθούν ενεργειακές χρήσεις) περιλαμβάνουν αίθουσες συναλλαγών, δωμάτια server, καφετέρια, κ.λπ.

Display Energy Certificate (*DEC*), επί του παρόντος είναι υποχρεωτική μόνο για τα δημόσια κτίρια ή κτίρια με δημόσιους ενοικιαστές, μέτρα σχεδόν όλα τα στοιχεία της πραγματικής χρήσης της ενέργειας σε ένα κτίριο, ενώ μια EPC⁶² περιλαμβάνει θεωρητική πρόβλεψη για το πώς ένα κτίριο θα μπορούσε να εκτελέσει, αν ρεαλιστικά αναβαθμιστεί. Ως εκ τούτου, μια EPC αντανάκλα το κλίμακα επιρροής ένας ιδιοκτήτης πρέπει να επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO² σε ένα κτίριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ “Top Property Management Firms”, *Commercial Property News*, August 1, 1997,p.21.
- ❖ 1995 Commercial Buildings Energy Consumption Survey, DOE/EIA, October 1998, DOE/EIA-0625 (95).
- ❖ ADL, 1999, “Opportunities for Energy Savings in the Residential and Commercial Sectors with High-Efficiency Electric Motors,” *Final Report for the U.S. Department of Energy, Office of Building Technology, State and Community Programs*, December. Available at: http://www.eren.doe.gov/buildings/documents/pdfs/doemotor2_2_00.pdf
- ❖ ADL, 2000, “Energy Efficient Rooftop Air Conditioner: Continuation Application Technical Progress Statement”, Presentation on 7 November, Project #: DE-FC2699FT40640.
- ❖ ADL, 2001, “Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems, Volume I: Chillers, Refrigerant Compressors, and Heating Systems”, *Final report prepared for the U.S. Department of Energy, Office of Building Technology, State and Community Programs*, April.
- ❖ ADL, 2001, “Wireless, Internet-Enabled Fault Detection and Energy Monitoring Device”, Proposal submitted by Arthur D. Little in response to DOE/NETL solicitation DE-PS26-01NT41092, February.
- ❖ ADL, 2002, “Global Comparative Analysis of HFC and Alternative Technologies for Refrigeration, Air Conditioning, Foam, Solvent, Aerosol Propellant, and Fire Protection Applications”, *Final Report to the Alliance for Responsible Atmospheric Policy*, March 21.
- ❖ *Analysis and Categorization of the Office Building Stock*, Briggs et al, PNL for GRI, 1987.
- ❖ *Appendix G of Approved Document L (Dept of the Environment and Welsh Office, 1995 edition)*.
- ❖ Arens, E.A., Benton, C., Brager, G.S., Bauman, F.S., and Heinemeier, K.E., 1991, “Task/Ambient Conditioning Systems in Open-Plan Offices: Assessment of a New Technology”, *California Energy Institute*. September, Report No. UER-271-FR.
- ❖ ASHRAE, 1996, *ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipment: Chapter 42: Air-to-Air Energy Recovery*, ASHRAE Press: Atlanta, Georgia.
- ❖ ASHRAE, 1998, *1998 ASHRAE Handbook: Refrigeration*, ASHRAE Press: Atlanta, Georgia.
- ❖ ASHRAE, 1999, “ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings”, ASHRAE Press: Atlanta, Georgia.
- ❖ ASHRAE. 1998. *ASHRAE Standard 111-1998, Practices for Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air Conditioning, and Refrigeration Systems*. American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers.
- ❖ Bauman, F. G. Brager, E. Arens, A. Baughman, H. Zhang, D. Faulkner, W. Fisk, D. Sullivan, and T. Borgers, 1992, “Localized Thermal Distribution for Office Buildings: Final Report – Phase II”, *Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley*, December.
- ❖ Bauman, F., and Arens, E., 1996, “Task/Ambient Conditioning Systems: Engineering and Application Guidelines”, *Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley for the California Institute for Energy Efficiency*, October, MOU No. 4902510.
- ❖ Bauman, F., Arens, E., Fountain, M., Huizenga, C., Miura, K., Xu, T., Akimoto, T., and Zhang, H., 1994, “Localized Thermal Distribution for Office Buildings: Final Report – Phase I”, *Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley*, July.

- ❖ Bauman, F., Heinemeier, K., Zhang, H. Sharag-Eldin, A., Arens, E., Fisk, W., Faulkner, D., Pih, D., McNeel, P., and Sullivan, D., 1991, “Localized Thermal Distribution for Office Buildings: Final Report – Phase I”, Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley, June.
- ❖ Besant, R.W. and Simonson, C.J., 2000, “Air-to-Air Energy Recovery”, ASHRAE J., May, 2000, pp. 31-42.
- ❖ Biancardi, F., 2001, Personal Communication, Independent Consultant to United Technologies.
- ❖ Biancardi, F.R. and Siemel, T.H., 1997, “Advanced Concepts for Cold Climate Heat Pumps”, Proceedings of the Third International Conference on Heat Pumps in Cold Climates, Natural Resources Canada, pp. 325-337.
- ❖ Boisvert, A., and R.G.Rubio, 1999, “Architecture for Intelligent Thermostats That Learn from Occupants’ Behavior”, ASHRAE Transactions, Vol. 105, Pt. 1.
- ❖ Breuker, M., Rossi, T., Braun, J., 2000, “Smart Maintenance for Rooftop Units.” ASHRAE Journal, November, pp. 41-47.
- ❖ Breuker, M.S. and J.E.Braun, 1998, “Common Faults and Their Impacts for Rooftop Air Conditioners”, International Journal of HVAC&R Research, vol. 4, no. 3, pp. 303-316, July.
- ❖ Brondum, D.C., Materne, J.E., Biancardi, F.R., Pandey, D. R., 1998, “High-Speed, Direct-Drive Centrifugal Compressors for Commercial HVAC Systems”, Proceedings of the 1998 International Compressor Engineering Conference, Purdue University, July 14-17.
- ❖ Bruce Anderson, Solar Energy: Fundamentals in Building Design. Mc Graw-hill, 1977.
- ❖ Building Research Establishment (BRE), Daylighting Design in Architecture.
- ❖ Building Research Establishment (BRE), <http://www.bre.co.uk> .
- ❖ CBPD, 1994, “DOE Building Studies”, Center for Building Performance and Diagnostics, Carnegie Mellon University, October.
- ❖ Chamberlin, G.A., Maki, K.S., Li, Z., Schwenk, D.M., and Christianson, L.L., 1999, “VAV Systems and Outdoor Air”, ASHRAE Journal, October, vol. 41, no. 10, pp. 39-47.
- ❖ Claridge, D., Liu, M., and Turner, W.D., 1999, “Whole Building Diagnostics”, Workshop held 16 and 17 June at the Pacific Energy Center. Available at: <http://poet.lbl.gov/diagworkshop/proceedings/> .
- ❖ Coad, W.J., 1999, Conditioning Ventilation Air for Improved Performance and Air quality,” Heating Piping and Air Conditioning, September, pp. 49-56.
- ❖ Collier, R.K., 1997, “Desiccant Dehumidification and Cooling Systems: Assessment and Analysis”, Final Report to Pacific Northwest National Laboratories, PNNL-11694, September.
- ❖ Daikin Europe NV, 2001, “Case Study of VRV™ and Chiller for Hotel Application in Germany”, Unpublished Presentation by Daikin Industries, Ltd.
- ❖ Dadanco, 2001, Active Chilled Beam Documentation/FAQ. Available at: www.dadanco.com.au.
- ❖ Delp, W.P., Matson, N.E., Tschudy, E., Modera, M. P., and Diamond, R.C., 1997, “Field Investigation of Duct System Performance in California Light Commercial Buildings.” LBNL Report, LBNL-40102.
- ❖ Description of Electric Energy Use in Commercial Buildings in the Pacific Northwest: 1992 Supplement-End-Use Load and Consumer Assessment Program (ELCAP), prepared by PNL, August 1, 1992.
- ❖ Dexter, A.L. and M.Benouarets, 1996, “A Generic Approach to Identifying Faults in HVAC Plants”, ASHRAE Technical Data Bulletin, Volume 12, Number 2, Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems, February.
- ❖ Diana Schumacher, Energy : Crisis or Opportunity?
- ❖ Donahue, J.L., 2001, Personal Communication, Energy Planning, Inc., January.
- ❖ Donald R. Wulfinhoff, The Modern History of Energy Conservation: An Overview for Information Professionals.

- ❖ *Edward Vine, Drury Crawley, Paul Centolella, Energy Efficiency and the Environment; Forging the link. Washington, D.C. : American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) in cooperation with University wide Energy Research Group, University of California, 1991.*
- ❖ *Efficient Thermal Energy Distribution in Commercial Buildings, LBNL for California Institute for Energy Efficiency, April 1996 (Draft).*
- ❖ *Electric Power Research Institute (EPRI) EM-4195, Energy Management Systems for Commercial Buildings.*
- ❖ *Energy Design Resources, 2001, “Design Brief: Radiant Cooling.” Final Draft, prepared by Financial Times Energy, Inc.*
- ❖ *Energy Design Resources, 2002, “Economizers Design Brief”. Available at http://www.energydesignresources.com/publications/design_briefs/pdfs/VOL_02/DB/Economizers.pdf*
- ❖ *Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EREN), <http://www.environmental-expert.com/articles/article193/article193.html> .*
- ❖ *Energy Policy – a Consultative Document, Cmnd 7101, HMSO, London, February 1978, pp. 20,21.*
- ❖ *Energy Requirements for Office Buildings, PNNL for GRI, February 1992, GRI-90/0236.1.*
- ❖ *Energy Savings Potential for Advanced Thermal Distribution Technology in Residential and Small Commercial Buildings, John W. Andrews , Mark P. Modera, prepared for the DOE Office of Building Technologies, July 1991.*
- ❖ *Energy Systems Research Unit (ESRU), <http://www.esru.strath.ac.uk> .*
- ❖ *Environ, <http://www.environ.org.uk> .*
- ❖ *EPRI, 1997, “The Impact of Maintenance on Packaged Unitary Equipment”, EPRI Report TR-107273, abstract at http://www.epri.com/OrderableItemDesc.asp?product_id=TR-107273, February.*
- ❖ *ETSU (Energy Technology Support Unit) (1999) New and Renewable Energy: Prospects for the 21st Century: Supporting Analysis. Report R122.*
- ❖ *EU Official Journal L52 Volume 47 (p. 50-60) on February 21, 2004.*
- ❖ *Feustel, H., 2001, IES International Energy Studies, Inc. “Hydronic Radiant Cooling”.*
- ❖ *Fisk, W.J., 2000, “Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments and their Relationship with Building Energy Efficiency”, Annual Review of Energy and the Environment, vol. 25, pp. 537-566.,*
- ❖ *Glaze, K., 2001, Personal Communication. Global Energy and Environmental Research, Inc.*
- ❖ *Hamilton, L.N., 2002, Personal Communication, HVAC Consultant.*
- ❖ *Haves, P., T.I.Salsbury, J.A.Wright, 1996, “Condition Monitoring in HVAC Subsystems Using First Principles Models”, ASHRAE Technical Data Bulletin, Volume 12, Number 2, Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems, February.*
- ❖ *Hu, S., Chen, Q., and Glicksman, L.R., 1999, “Comparison of Energy Consumption Between Displacement and Mixing Ventilation Systems for Different U.S. Buildings and Climates”, ASHRAE Transactions, vol. 105, no. 2, pp. 453-464.*
- ❖ *Huang, J., Hashem, A., Rainer, L., and Ritschard, R., 1990, “481 Prototypical Commercial Buildings for Twenty Urban Market Areas”, Lawrence Berkley Laboratory for the Gas Research Institute, GRI Report 90/0326, June.*
- ❖ *IPS Research Program, “Costing Energy Efficiency Improvements in Existing Commercial Buildings”, July 2012.*
- ❖ *Jacobi, A.M., Y.Park, D.Tafti, and X.Zhang, 2001, “An Assessment of the State of the Art, and Potential Design Improvements, for Flat-Tube Heat Exchangers in Air Conditioning and Refrigeration Applications—Phase I”, ARTI-21CR Project 20020-01 Final Report, September.*
- ❖ *Johansson, M., 2000, “Local Weather Forecasts Control the HVAC System in Buildings”, CADDET Energy Efficiency, March. Available at: <http://www.ieaetic.com/techpdf/r419.pdf> .*

- ❖ Jolly, P.G., C.P.Tso, P.K.Chia, and Y.W.Wong, 2000, “Intelligent Control to Reduce Superheat Hunting and Optimize Evaporator Performance in Container Refrigeration”, *International Journal of HVAC&R Research*, vol. 6, no. 3, July.
- ❖ Kettler, J.P., 1998, “Controlling Minimum Ventilation Volume in VAV Systems,” *ASHRAE Journal*, May, pp. 45-50.
- ❖ Khattar, M. K. and Brandenmuehl, M. J., 2002, “Separating the V in HVAC: A dual Path Approach,” *ASHRAE Journal*, May, pp. 37-43.
- ❖ Lee, W.Y., C.Park, G.E.Kelly, 1996, “Fault Detection in an Air-Handling Unit Using Residual and Recursive Parameter Identification Methods”, *ASHRAE Technical Data Bulletin, Volume 12, Number 2, Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems*, February.
- ❖ Lee, W.Y., J.M.House, C.Park, G.E.Kelly, 1996, “Fault Diagnosis of an Air-Handling Unit Using Artificial Neural Networks”, *ASHRAE Technical Data Bulletin, Volume 12, Number 2, Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems*, February.
- ❖ Lomonaco, C., and Miller, D., 1997, “Environmental Satisfaction, Personal Control and the Positive Correlation to Increased Productivity”, *Johnson Controls, Inc. publication, PUBL2911*.
- ❖ Lowenstein, A. and Novosel, D., 1995, “The Seasonal Performance of a Liquid-Desiccant Air Conditioner”, *ASHRAE Transactions, Volume 101, Part 1*, pp.679-686, January.
- ❖ Lowenstein, A., 2000, *Personal Communication, AIL Research*.
- ❖ M. and Wang, D., 1998, “Duct Systems in Large Commercial Buildings: Physical Characterization, Air Leakage, and Heat Conduction Gains”, *LBNL Report, LBNL-42339*.
- ❖ *Massachusetts Market Transformation Scoping Study, ADL for Massachusetts Gas DSM/Market Transformation Collaborative, September 1997*.
- ❖ Modera, M., Xu, T., Feustel, H., Matson, N., Huizenga, C., Bauman, F., Arens, E., and Borgers, T., 1999, “Efficient Thermal Energy Distribution in Commercial Buildings”, *LBNL Report, LBNL-41365*.
- ❖ Modera, M.P., 2002, *Personal Communication, Aeroseal, Inc*.
- ❖ Mumma, S.A., 2001a, “Fresh Thinking: Dedicated Outdoor Air Systems”, *Engineered Systems*, May, pp. 54 –60. Available at: <http://www.doas.psu.edu/papers.html> .
- ❖ Mumma, S.A., 2001b, “Designing Dedicated Outdoor Air Systems,” *ASHRAE Journal*, May, pp. 28-31. Available at: <http://www.doas.psu.edu/papers.html> .
- ❖ Mumma, S.A., 2001c, “Dedicated Outdoor Air in Parallel with Chilled Ceiling System”, *Engineered Systems*, November, pp. 56–66. Available at: <http://www.doas.psu.edu/papers.html> .
- ❖ Mumma, S.A., 2001d, “Ceiling Panel Cooling Systems,” *ASHRAE Journal*, November, pp. 28-32. Available at: <http://www.doas.psu.edu/papers.html> .
- ❖ Mumma, S.A., 2002, “Is CO2 Demand-Controlled Ventilation the Answer?,” *Engineered Systems*, May, pp. 66–78.
- ❖ Nadel, S., Rainer, L., Shepard, M., Suozzo, M., and Thorne, J, 1998, “Emerging Energy-Saving Technologies and Practices for the Building Sector”, *American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) Publication, December*.
- ❖ Nastro, T., 2002, *Personal Communication, The Trane Company*.
- ❖ NREL, 2001, “NREL’s Advanced HVAC Project: Research to Reduce Energy Use & Cost”, *EnergySolutions, Spring*. Available at: <http://www.nrel.gov/desiccantcool/pdfs/ess01nrel.pdf> .
- ❖ Persily, A., 1999, “Rationale for Ventilation Rate Requirements in ASHRAE Standard 621999 and in Potential Revisions to the Standard”, *ASTM Symposium – Air Quality and Comfort in Airliner Cabins, New Orleans, October*.
- ❖ Petrovic, V.M., 2001, *Personal Communication, Dedanco*.
- ❖ Richter, M.R., Song, S.M., Yin, J.M., Kim, M.H., Bullard, C.W., and Hrnjak, P.S., 2000, “Transcritical CO2 Heat Pump for Residential Applications”, *Proceedings of the 4th IIR-Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Purdue University, July*.

- ❖ Rossi, T.M. and J.E.Braun, 1997, “A Statistical, Rule-Based Fault Detection and Diagnostic Method for Vapor Compression Air Conditioners”, *International Journal of HVAC&R Research*, Volume 3, No. 1, January.
- ❖ Sand, J.R., Fischer, S.K., and Baxter, V.D., 1997, “Energy and Global Warming Impacts of HFC Refrigerants and Emerging Technologies,” Report prepared by Oak Ridge National Laboratory for the *Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS)*,
- ❖ Schiller, G.E., Arens, E.A., Bauman, F.S., Benton, C.C., Fountain, M., and Doherty, T., 1998, “A Field Study of Thermal Environments and Comfort in Office Buildings”, *ASHRAE Transactions*, vol. 94, Part 2.
- ❖ Shapiro, A., 2001, *Personal Communication*, Taitem Engineering, January.
- ❖ Shelquist, P. and Amborn, R., 2001, “Ventilation Control Strategies,” *ASHRAE Journal*, September, pp. 30-35.
- ❖ Sherman, M. and Walker, I., 1998, “Catastrophic Failure of Sealants”, *Home Energy Magazine On-Line*, August. Available at: www.homeenergy.org/898ductape.textc.html .
- ❖ Smith, C.S., 1999, “Ventilation in the Commercial Environment”, *ASHRAE J.*, October, pp. 73-76.
- ❖ Springer, D., 2001, *Personal Communication*, Davis Energy Group.
- ❖ Stanke, D.A., 1998, “Ventilation Where It’s Needed,” *ASHRAE Journal*, October, pp. 39-47.
- ❖ Stetiu, C., 1997, “Radiant Cooling in US Office Buildings: Towards Eliminating the Perception of Climate-Imposed Barriers”, *Doctoral Dissertation*, Energy and Resources Group, University of California at Berkeley, May. Available at: <http://epb1.lbl.gov/EPB/thermal/dissertation.html> .
- ❖ Stylianou, M. and D.Nikanpour, 1996, “Performance Monitoring, Fault Detection, and Diagnosis of Reciprocating Chillers”, *ASHRAE Technical Data Bulletin*, Volume 12, Number 2, *Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems*, February.
- ❖ Svensson, A.G.L., 1989, “Nordic Experiences of Displacement Ventilation Systems”, *ASHRAE Transactions*, vol. 95, no.2.
- ❖ Tally G., 2001, *Personal Communication*, California Economizer.
- ❖ *Technology Forecast Updates — Ventilation Technologies in the NEMS Commercial Model*, prepared for DAC & EIA by ADL, August 1996.
- ❖ TIAX, 2002, *Internal Preliminary Assessment of Energy Savings Potential Using Conventional Heat Exchanger Technology*, May.
- ❖ Tsutsui, H. and K. Kamimura, 1996, “Chiller Condition Monitoring Using Topological Case-Based Monitoring”, *ASHRAE Technical Data Bulletin*, Volume 12, Number 2, *Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems*, February.
- ❖ Turner, W.A., 1999, *Advanced Ventilation Design for Commercial, Industrial and Institutional Facilities*,” *Heating Piping and Air Conditioning*, October, pp. 61-66.
- ❖ Turpin, J.R., 2000, “Hybrid Systems Offer the Best of Both Worlds”, *ACHRNews*, 2 October, p. 18.
- ❖ Walters, J. 2000, “Applying TS Technology to Cold Climate Heat Pumps,” *Proceedings of Heat Pumps in Cold Climates. Fourth International Conference*, December.
- ❖ Wyon, D.P., 2000, “Enhancing Productivity While Reducing Energy Use in Buildings”, *Paper Prepared for the E-Vision 200 Conference*, 11-13 October, Washington, D.C.
- ❖ Xetex, 2000, *Personal Communications with K. Petersen and J. Tong*. Related information available at: http://www.xetexinc.com/energy_frame/main.html .
- ❖ Xu, T.T., Modera, M.P. and Carrie, R.F., 2000, “Performance Diagnostics of Thermal Distribution Systems in Light Commercial Buildings”, *LBNL Report*, LBNL-45080.
- ❖ Yoshida, H., T.Iwami, H.Yuzawa, M.Suzuki, 1996, “Typical Faults of Air-Conditioning Systems and Detection by ARX and Extended Kalman Filter”, *ASHRAE Technical Data Bulletin*, Volume 12, Number 2, *Fault Detection and Diagnosis for HVAC Systems*, February.

- ❖ *Yuan, X., Chen, Q., and Glicksman, L.R., 1999, "Performance Evaluation and Design Guidelines for Displacement Ventilation", ASHRAE Transactions, vol. 105, no. 1, pp. 298-309.*
- ❖ *Zhivov, A.M. and Rymkevich, A.A., 1998, "Comparison of Heating and Cooling Energy Consumption by HVAC System with Mixing and Displacement Air Distribution for a Restaurant Dining Area in Different Climates", ASHRAE Transactions, vol. 104, no. 2, TO98-1-4.*