

**ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

**Α. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ**

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΔΕ5**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

|                  |
|------------------|
| <b>Α΄ έκδοση</b> |
|------------------|

**Αθήνα, Νοέμβριος 2011**

### **Ομάδα εργασίας θεματικής ενότητας ΔΕ5:**

|                           |                                                                                                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αλέξης Γιώργος            | Δρ. μηχανολόγος μηχανικός, αναπληρωτής καθηγητής, Τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.                                                                   |
| Δασκαλάκη Έλενα           | Δρ. φυσικός, εντεταλμένη ερευνήτρια, Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. |
| Δούλος Θ. Λάμπρος         | Διδάκτωρ Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Εργαστήριο Φωτοτεχνίας, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π.                         |
| Ιωαννίδης Χ. Γεώργιος     | Δρ. ηλεκτρολόγος μηχανικός Ε.Μ.Π., επίκουρος καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Τ.Ε.Ι. ΣΤΕΦ Πειραιά.                                                       |
| Κατσιμίχας Σωτήρης        | Δρ. μηχανολόγος μηχανικός, μέλος Δ.Σ. της Ένωσης Ελληνικών Επιχειρήσεων Θέρμανσης ΕΝ.Ε.ΕΠΙ.Θ.Ε.                                                         |
| Κτενιαδάκης Μιχάλης       | Μηχανολόγος-ηλεκτρολόγος μηχανικός, επίκουρος καθηγητής, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.                                                          |
| Μιχόπουλος Απόστολος      | Δρ. μηχανολόγος μηχανικός, εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών, του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.                                         |
| Παρασκευόπουλος Βασίλειος | Μηχανολόγος μηχανικός, σύμβουλος λειτουργικής παραλαβής συστημάτων.                                                                                     |
| Τοπαλής Β. Φραγκίσκος     | Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Εργαστήριο Φωτοτεχνίας         |
| Τσαγκρασούλης Άρης        | Δρ. φυσικός, επίκουρος καθηγητής, τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.                                                                |
| Ψωμόπουλος Στ. Κων/νος    | Δρ. ηλεκτρολόγος μηχανικός & μηχανικός υπολογιστών Ε.Μ.Π., επίκουρος καθηγητής, τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι. ΣΤΕΦ Πειραιά.                                |

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|          |                                                                                                                                          |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.       | ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....                                                                                            | 6  |
| 1.1.     | ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ, ΨΥΞΗ, ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ, ΑΕΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ.....                                                                   | 6  |
| 1.2.     | ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΨΥΞΗΣ.....                                                                                               | 9  |
| 1.2.1.   | Υποσύστημα εκπομπής (τερματικές μονάδες) .....                                                                                           | 10 |
| 1.2.2.   | Υποσύστημα διανομής .....                                                                                                                | 11 |
| 1.2.3.   | Υποσύστημα παραγωγής .....                                                                                                               | 13 |
| 1.2.4.   | Λέβητες-καυστήρες πετρελαίου, φυσικού αερίου .....                                                                                       | 13 |
| 1.2.5.   | Αντλίες θερμότητας.....                                                                                                                  | 15 |
| 1.2.6.   | Ψύκτες .....                                                                                                                             | 16 |
| 1.2.7.   | Συστήματα αερισμού, κλιματισμού .....                                                                                                    | 17 |
| 1.2.8.   | Βοηθητικά συστήματα.....                                                                                                                 | 18 |
| 1.3.     | ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ (Ζ.Ν.Χ.).....                                                                                    | 20 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΓΙΑ ΕΝΟΤΗΤΕΣ 1.1, 1.2, 1.3. ....                                                                                            | 22 |
| 1.4.     | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....                                                                                                                | 23 |
| 1.4.1.   | Βασικά μεγέθη φωτομετρίας.....                                                                                                           | 23 |
| 1.4.2.   | Φωτεινές πηγές.....                                                                                                                      | 27 |
| 1.4.2.1. | Πυρακτώσεως.....                                                                                                                         | 27 |
| 1.4.2.2. | Εκκενώσεως.....                                                                                                                          | 27 |
| 1.4.2.3. | Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LED) .....                                                                                                       | 28 |
| 1.4.2.4. | Σύγκριση λαμπτήρων.....                                                                                                                  | 28 |
| 1.4.3.   | Διατάξεις έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων εκκένωσης (ballasts) και διατάξεις ελέγχου φωτισμού .....                                    | 29 |
| 1.4.3.1. | Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (Electronic Ballasts)                                                            | 29 |
| 1.4.3.2. | Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts) ..... | 30 |
| 1.4.3.3. | Χρονοδιακόπτες (Time switches).....                                                                                                      | 31 |
| 1.4.3.4. | Αισθητήρες φωτισμού (Photosensors).....                                                                                                  | 31 |
| 1.4.3.5. | Αισθητήρες παρουσίας / κίνησης (Occupancy sensors).....                                                                                  | 31 |
| 1.4.4.   | Φωτιστικά σώματα .....                                                                                                                   | 32 |
| 1.4.4.1. | Είδη φωτιστικών σωμάτων .....                                                                                                            | 33 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 1.4 και 2.10.....                                                                                                  | 34 |
| 1.5.     | ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....                                                                                          | 37 |
| 1.5.1.   | Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων θέρμανσης / ψύξης κτηρίων .....                                                                               | 37 |
| 1.5.2.   | Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων αερισμού.....                                                                                                 | 38 |
| 1.5.3.   | Υλικά και διατάξεις συστημάτων ελέγχου Η/Μ εγκαταστάσεων .....                                                                           | 39 |
| 1.5.3.1. | Ηλεκτρονόμοι τηλεχειρισμού και ελέγχου .....                                                                                             | 39 |
| 1.5.3.2. | Χρονοδιακόπτες .....                                                                                                                     | 40 |
| 1.5.3.3. | Θερμοστάτες – Θερμοστατικοί διακόπτες.....                                                                                               | 40 |
| 1.5.3.4. | Δίοδες και τρίοδες ηλεκτροβάνες – ηλεκτροκίνητες βαλβίδες .....                                                                          | 41 |
| 1.5.3.5. | Υδραυλική εξισορρόπηση .....                                                                                                             | 42 |
| 1.5.4.   | Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων φωτισμού.....                                                                                                 | 43 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 1.5.....                                                                                                           | 43 |
| 2.       | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....                                                                                                 | 45 |
| 2.1.     | ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....                                                                               | 45 |

|          |                                                                                                                             |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1.   | Έννοια και περιεχόμενο της εξοικονόμησης ενέργειας .....                                                                    | 45 |
| 2.1.2.   | Προτεραιότητες μέτρων και επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας .....                                                          | 46 |
| 2.1.2.1. | Ελαχιστοποίηση της ενεργειακής ζήτησης του κτηρίου .....                                                                    | 46 |
| 2.1.2.2. | Εκμετάλλευση συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) .....                                                             | 47 |
| 2.1.2.3. | Αποδοτική (ορθολογική) χρήση της ενέργειας .....                                                                            | 47 |
| 2.2.     | ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ & ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ..... | 47 |
| 2.2.1.   | Προαπαιτούμενα, περιορισμοί και επιδιώξεις κατά την εφαρμογή τεχνολογιών εξ.εν. στις Η/Μ εγκαταστάσεις .....                | 48 |
| 2.2.2.   | Παράμετροι σχεδιασμού και διαστασιολόγησης Η/Μ εγκαταστάσεων που σχετίζονται με επεμβάσεις εξ. εν. στο κτήριο .....         | 49 |
| 2.3.     | ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – ΨΥΞΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ, ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....          | 50 |
| 2.3.1.   | Γενικά ενεργειακά χαρακτηριστικά συστημάτων Θ-Ψ-Κ υπ. απόδοσης.....                                                         | 50 |
| 2.3.2.   | Συστήματα θέρμανσης υψηλής απόδοσης.....                                                                                    | 51 |
| 2.3.2.1. | Λέβητες - καυστήρες .....                                                                                                   | 51 |
| 2.3.2.2. | Ενδοδαπέδια θέρμανση .....                                                                                                  | 52 |
| 2.3.3.   | Συστήματα ψύξης – κλιματισμού υψηλής απόδοσης.....                                                                          | 52 |
| 2.3.3.1. | Η ενεργειακή κατάταξη των συσκευών ψύξης - κλιματισμού .....                                                                | 53 |
| 2.3.3.2. | Ολοκληρωμένα συστήματα κλιματισμού υψηλής απόδοσης .....                                                                    | 54 |
| 2.3.4.   | Εναλλακτικά συστήματα ψύξης – κλιματισμού .....                                                                             | 56 |
| 2.3.4.1. | Εξατμιστική ψύξη .....                                                                                                      | 56 |
| 2.3.4.2. | Ψύξη αφύγρανσης (με υγροσκοπικά υλικά).....                                                                                 | 58 |
| 2.3.4.3. | Εξοικονομητές νερού .....                                                                                                   | 58 |
| 2.4.     | ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ- ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ                                                          | 59 |
| 2.4.1.   | Γενικά .....                                                                                                                | 59 |
| 2.4.2.   | Εναλλάκτες προθέρμανσης/πρόψυξη νωπού αέρα .....                                                                            | 59 |
| 2.4.2.1. | Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα, πλακοειδείς. ....                                                                          | 59 |
| 2.4.2.2. | Εναλλάκτες θερμότητας αέρα/νερού (runaround coils).....                                                                     | 60 |
| 2.4.2.3. | Αναγεννητικοί εναλλάκτες θερμότητας (rotary wheel exchangers-thermal wheels) 61                                             |    |
| 2.4.3.   | Εξοικονομητές αέρα (air side economizer) .....                                                                              | 61 |
| 2.5.     | ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ – ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....                                                                         | 63 |
| 2.5.1.   | Αερισμός και θερμική άνεση .....                                                                                            | 63 |
| 2.5.2.   | Νυκτερινός Αερισμός .....                                                                                                   | 65 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.5.....                                                                                              | 65 |
| 2.6.     | ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – ΨΥΞΗΣ (ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑ) .....                                                                      | 66 |
| 2.6.1.   | Αποθήκευση αισθητής θερμότητας.....                                                                                         | 66 |
| 2.6.1.1. | Αποθήκευση αισθητής θερμότητας – εφαρμογές ψύξης .....                                                                      | 67 |
| 2.6.1.2. | Αποθήκευση αισθητής θερμότητας – εφαρμογές θέρμανσης.....                                                                   | 68 |
| 2.7.     | ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ/ΨΥΞΗΣ.....                                                                           | 71 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.7.....                                                                                              | 75 |
| 2.8.     | ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ άλλες ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....                                                                           | 76 |
| 2.8.1.   | Γενικά περί ηλεκτρικών κινητήρων .....                                                                                      | 76 |
| 2.8.2.   | Κινητήρες Υψηλής Ενεργειακής Απόδοσης.....                                                                                  | 77 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.8.....                                                                                              | 82 |
| 2.9.     | ηλεκτρικές συσκευές χαμηλής ενεργειακής καταναλώσης .....                                                                   | 83 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.9.....                                                                                              | 86 |
| 2.10.    | ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ.....                                                                                     | 88 |

|           |                                                                                                                   |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.10.1.   | Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού .....                                                                                 | 88  |
| 2.10.2.   | Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης.....                                               | 91  |
| 2.10.3.   | Διαχείριση συστήματος φωτισμού .....                                                                              | 93  |
| 2.11.     | ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ Ζ.Ν.Χ.....                                                                   | 96  |
| 3.        | ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ .....                                                                                                | 99  |
| 3.1.      | Σχεδιασμός κεντρικών διατάξεων αυτοματισμών .....                                                                 | 99  |
| 3.1.1.    | Κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου κτηριακών εγκαταστάσεων .....                                                | 100 |
| 3.2.      | Τοπικές διατάξεις ελέγχου .....                                                                                   | 102 |
| 3.2.1.    | Συστήματα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας .....                                                             | 102 |
| 3.2.1.1.  | Παράδειγμα εγκατάστασης συστήματος αυτονομίας με αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας σε παλαιά πολυκατοικία..... | 105 |
| 3.2.2.    | Θερμοστατικές ρυθμίσεις .....                                                                                     | 106 |
| 3.2.3.    | Υδραυλική ισορροπία .....                                                                                         | 106 |
| 3.2.4.    | Συστήματα ελέγχου φωτισμού .....                                                                                  | 108 |
| 3.2.4.1.  | Βασικές στρατηγικές ελέγχου.....                                                                                  | 108 |
| 3.2.4.2.  | Αισθητήρες & πίνακες ελέγχου .....                                                                                | 108 |
| 3.2.4.3.  | Συσκευές εξόδου .....                                                                                             | 110 |
| 3.2.5.    | Χωρητική αντιστάθμιση ισχύος .....                                                                                | 111 |
| 3.2.5.1.  | Τρόποι χωρητικής αντιστάθμισης .....                                                                              | 112 |
| 3.2.6.    | Συστήματα ελέγχου μερικών φορτίων .....                                                                           | 114 |
|           | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 3.....                                                                                      | 115 |
| 4.        | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (COMMISSIONING).....                                                 | 117 |
| 4.1.      | ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ .....                                                                                                  | 117 |
| 4.1.1.    | Γενικά .....                                                                                                      | 117 |
| 4.1.2.    | Ορισμοί .....                                                                                                     | 117 |
| 4.1.2.1.  | ΔΛΠΣ.....                                                                                                         | 117 |
| 4.1.2.2.  | Υπεύθυνος ΔΛΠΣ.....                                                                                               | 117 |
| 4.1.2.3.  | Ομάδα ΔΛΠΣ.....                                                                                                   | 118 |
| 4.1.2.4.  | Τεχνικές Απαιτήσεις Έργου (ΤΑΕ).....                                                                              | 118 |
| 4.1.2.5.  | Βάση Σχεδιασμού.....                                                                                              | 118 |
| 4.1.2.6.  | Σχέδιο ΔΛΠΣ .....                                                                                                 | 118 |
| 4.1.2.7.  | Έντυπα ελέγχου .....                                                                                              | 118 |
| 4.1.2.8.  | Προληπτικές δοκιμές .....                                                                                         | 118 |
| 4.1.2.9.  | Λειτουργικές δοκιμές .....                                                                                        | 118 |
| 4.1.2.10. | Ολοκληρωμένες δοκιμές .....                                                                                       | 119 |
| 4.1.2.11. | ΔΛΠΣ σε υπάρχοντα κτήρια (retro-commissioning).....                                                               | 119 |
| 4.1.2.12. | Επαναληπτική ΔΛΠΣ (recommissioning).....                                                                          | 119 |
| 4.1.3.    | Οφέλη .....                                                                                                       | 119 |
| 4.1.3.1.  | Μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.....                                                                   | 119 |
| 4.1.3.2.  | Βελτίωση των συνθηκών αερισμού και άνεσης σε εσωτερικούς χώρους .....                                             | 120 |
| 4.1.3.3.  | Επέκταση της ζωής των μηχανημάτων.....                                                                            | 120 |
| 4.1.3.4.  | Επιβεβαίωση και πλήρης καταγραφή της σωστής λειτουργίας των συστημάτων μέσω της ΔΛΠΣ .....                        | 120 |
| 4.2.      | ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ.....                                                               | 120 |
| 4.2.1.    | Γενικά .....                                                                                                      | 120 |
| 4.2.2.    | Ολοκληρωμένες δοκιμές (ΟΔ) .....                                                                                  | 121 |
| 4.2.3.    | Παραδείγματα εφαρμογών.....                                                                                       | 121 |
| 4.2.3.1.  | Επιβεβαίωση διατήρησης συνθηκών.....                                                                              | 121 |

|          |                                                                        |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.3.2. | Ενεργειακά ισοζύγια.....                                               | 122 |
| 4.2.3.3. | Καταγραφή μεγεθών και έλεγχος συμπεριφοράς εξαρτημάτων και χώρων. .... | 122 |
| 4.2.3.4. | Επιβεβαίωση ασφαλούς μετάβασης μεταξύ τρόπων λειτουργίας. ....         | 123 |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                                     | 123 |

## 1. ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ηλεκτρομηχανολογικά (Η/Μ) συμβατικά συστήματα που εγκαθίστανται σε ένα κτήριο, θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου. Τα Η/Μ συστήματα που συνήθως είναι απαραίτητα είναι τα εξής:

- Συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και αερισμού χώρων, για την εξασφάλιση των απαραίτητων εσωτερικών συνθηκών (θερμοκρασία, υγρασία, νωπός αέρας) στο κτήριο.
- Συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) στο κτήριο.
- Συστήματα τεχνητού φωτισμού ή/και αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, για την εξασφάλιση των απαιτούμενων συνθηκών φωτισμού σε ένα χώρο.
- Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ή/και θερμικής ενέργειας, π.χ. συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ).

Ο μελετητής οφείλει να σχεδιάζει αυτές τις εγκαταστάσεις με βασικό στόχο τη βέλτιστη λειτουργία τους και τον περιορισμό των καταναλώσεων ενέργειας στο ελάχιστο, λαμβάνοντας υπόψη:

- τη χρήση του κτηρίου: κατοικία, γραφείο, εμπορικό κατάστημα κ.ά.,
- το προφίλ λειτουργίας: ωράριο, χρήστες, εσωτερικές συνθήκες κ.ά.,
- τους χώρους του κτηρίου με διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες, προφίλ λειτουργίας και απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό (θερμικές ζώνες),
- τη θέση του κτηρίου: κλιματικά δεδομένα, προσανατολισμός, ηλιασμός,
- τη δυνατότητα αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε παράλληλη λειτουργία και στήριξη των συμβατικών συστημάτων,
- τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού,
- τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα με υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης,
- τις διαθέσιμες στην αγορά διατάξεις αυτομάτου ελέγχου για τη ενεργειακά ορθολογική χρήση των Η/Μ συστημάτων,
- την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάθε συστήματος.

### 1.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ, ΨΥΞΗ, ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ, ΑΕΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

Οι άνθρωποι περνούν σήμερα σημαντικό μέρος του χρόνου τους μέσα στα κτήρια, ποσοστό που ανέρχεται μέχρι και στο 90% για τους κατοίκους των σύγχρονων αστικών κέντρων. Ο χρόνος αυτός κατανέμεται κυρίως μεταξύ των χώρων κατοικίας και εργασίας. Για την ευχάριστη και υγιεινή διαμονή των ανθρώπων στους εσωτερικούς χώρους είναι αναγκαία και επιβαλλόμενη η διατήρηση του εσωτερικού κλίματος του κτηρίου σε επίπεδα ανεκτά από το ανθρώπινο σώμα. Οι παράγοντες που προσδιορίζουν το εσωκλίμα ενός κτηρίου είναι: (α) η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών του, (β) η σχετική υγρασία, (γ) η ταχύτητα του αέρα, (δ) η συγκέντρωση σωματιδίων και ρύπων στον αέρα, (ε) το επίπεδο φωτισμού, και (στ) το επίπεδο θορύβου. Η ρύθμιση των τεσσάρων πρώτων παραγόντων είναι αντικείμενο των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και κλιματισμού των κτηρίων ενώ των τελευταίων δύο των συστημάτων φωτισμού και ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας αντίστοιχα.

Ο προσδιορισμός των επιθυμητών επιπέδων θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας και ανανέωσης του αέρα είναι αντικείμενο πολυετών μελετών και αποτυπώνεται σήμερα στα διάφορα πρότυπα θερμικής άνεσης, στους κανονισμούς και στις μεθοδολογίες διαστασιολόγησης των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και κλιματισμού.

Ειδικότερα όσο αφορά τη θερμοκρασία του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, για το κλίμα της Ελλάδας και για άνθρωπο ντυμένο, καθιστό και χωρίς ιδιαίτερα έντονη σωματική δραστηριότητα, συνιστάται ως πιο ευνοϊκή θερμοκρασία για τη χειμερινή περίοδο οι 20 έως 21°C, ενώ για τη θερινή περίοδο οι 24 έως 26°C. Σε χώρους που κλιματίζονται με αέρα, η θερμοκρασία που θεωρείται κατάλληλη για το χειμώνα είναι 22 - 23°C. Αυτό συμβαίνει γιατί η κίνηση του αέρα δημιουργεί μια πρόσθετη αίσθηση ψύξης που πρέπει να αντισταθμισθεί από μια υψηλότερη θερμοκρασία. Για άτομα με σωματική δραστηριότητα η κατάλληλη θερμοκρασία είναι τόσο μικρότερη όσο πιο βαριά είναι η φύση της εργασίας. Ανάλογα με αυτή οι θερμοκρασίες θερμικής άνεσης κυμαίνονται από 12°C έως 21°C, όπως ενδεικτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.1.

**Πίνακας 1.1.1.** Ενδεικτικές συνθήκες θερμοκρασίες για διάφορες εργασίες

| Είδος εργασίας                                                        | Θερμοκρασία |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ελαφρά σωματική εργασία σε όρθια στάση και περιορισμένες μετακινήσεις | 18 - 21°C   |
| Μέση σωματική εργασία                                                 | 16 - 19°C   |
| Βαριά σωματική εργασία                                                | 12 - 18°C   |

Σημαντικό στοιχείο είναι επίσης και η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας σε ένα χώρο. Γενικά δεν επιτρέπεται να εμφανίζονται θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες από 4°C, ανάμεσα στα διάφορα σημεία του χώρου, και θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες από 3°C ανάμεσα στο δάπεδο και σε ύψος 1,8 m από το δάπεδο (ζώνη κατοίκησης). Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι και η θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Γενικά η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών με τον αέρα του χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 4°C.

Το αποδεκτό επίπεδο υγρασίας ενός χώρου εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του και το είδος της εργασίας που εκτελείται σε αυτόν και προσδιορίζεται από τη σχετική υγρασία του αέρα. Η υγρασία ενός χώρου επιδρά άμεσα στο ρυθμό εφίδρωσης του ανθρώπινου οργανισμού ο οποίος αποτελεί ουσιαστικά ρυθμιστικό παράγοντα για την αποβολή θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα. Είναι σημαντικό να αποφεύγονται καταστάσεις που εμποδίζουν την εξάτμιση από το ανθρώπινο σώμα, δηλαδή υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με υψηλή υγρασία, διότι τότε προκαλείται δυσφορία και πνιγηρότητα. Έτσι όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι 20°C το κατώτερο όριο σχετικής υγρασίας είναι 30% (σχηματισμός σκόνης, δημιουργία στατικού ηλεκτρισμού, ξήρανση των βλεννογόνων) και το ανώτερο 70% (συμπύκνωση υδρατμών, σχηματισμός μούχλας, δημιουργία δυσάρεστων οσμών). Γενικά τα συνιστώμενα επίπεδα σχετικής υγρασίας σε χώρους παραμονής και εργασίας είναι 40-60% κατά το καλοκαίρι και 30-50% κατά το χειμώνα.

Ενδεικτικές τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα για τις διάφορες χρήσεις των κτηρίων και για τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης δίνονται στον πίνακα 2.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.

Η αποδεκτή ένταση της ταχύτητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως π.χ. από το είδος του χώρου, από την πυκνότητα των ατόμων που ζουν και εργάζονται μέσα στο χώρο, από τη διάρκεια παραμονής τους στο χώρο κ.ά. Γενικά η επιτρεπτή ταχύτητα του αέρα για θερμοκρασίες 20 – 27°C και για καθιστική εργασία είναι περίπου 0,15 έως 0,25 m/s. Σε χώρους με μεγάλη πυκνότητα όπου οι άνθρωποι κινούνται συνεχώς (π.χ. εμπορικά καταστήματα) επιτρέπεται μια μεγαλύτερη ταχύτητα του αέρα. Υπερβολικά χαμηλές ταχύτητες του αέρα, μικρότερες από 0,08 m/s, πρέπει να αποφεύγονται, διότι προκαλούν την αίσθηση στάσιμου αέρα που είναι το ίδιο ενοχλητική. Στην πραγματικότητα η ιδανική ταχύτητα του αέρα για την άνεση των ανθρώπων είναι περίπου 0,13 m/s, αλλά στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

Η ανανέωση του αέρα στους χώρους των κτηρίων είναι αναγκαία για την προσαγωγή οξυγόνου, την αραίωση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα και των διάφορων οσμών που παράγονται από τη δραστηριότητα των ανθρώπων. Η απαραίτητη ποσότητα φρέσκου αέρα προσδιορίζεται συνήθως ως συνάρτηση της πυκνότητας των ατόμων και της χρήσης του χώρου από τους διάφορους κανονισμούς.

Ενδεικτικές τιμές για την παροχή νωπού αέρα για διάφορες κατηγορίες κτηρίων δίνονται στον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Γενικά η βέλτιστη ποσότητα νωπού αέρα που πρέπει να εισαχθεί σε έναν χώρο ή σε ένα κτήριο εξαρτάται από τις ανάγκες αερισμού και από το ισοζύγιο θερμότητας και υγρασίας του χώρου ή του κτηρίου.

Η ρύθμιση των απαιτούμενων συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας, κίνησης και καθαρότητας του αέρα επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων συσκευών που αποτελούν τα αντίστοιχα συστήματα θέρμανσης, ύγρανσης, αερισμού και καθαρισμού του αέρα. Η λειτουργία κάθε συστήματος αλλά και η επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος βασίζεται σε μία σειρά διεργασιών που είναι:

- Η θέρμανση. Είναι η διεργασία με την οποία προστίθεται θερμική ενέργεια (θερμότητα) στον αέρα και στις επιφάνειες του χώρου με σκοπό την αύξηση και τη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου στα επιθυμητά επίπεδα.
- Η ψύξη. Είναι η διεργασία με την οποία αφαιρείται θερμική ενέργεια (θερμότητα) από τον αέρα και στις επιφάνειες του χώρου με σκοπό τη μείωση και τη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου στα επιθυμητά όρια.
- Η ύγρανση. Είναι η διεργασία με την οποία προστίθεται υγρασία (υδρατμός) στον αέρα του χώρου με σκοπό την αύξηση και διατήρηση της σχετικής υγρασίας του χώρου σε επιθυμητές τιμές.
- Η αφύγρανση. Είναι η διεργασία με την οποία αφαιρείται υγρασία (υδρατμός) από τον αέρα του χώρου με σκοπό τη μείωση και διατήρηση της σχετικής υγρασίας του χώρου σε επιθυμητά επίπεδα.
- Ο αερισμός. Είναι η διεργασία με την οποία προστίθεται φρέσκος εξωτερικός αέρας (αέρας του φυσικού περιβάλλοντος) στον αέρα του χώρου με σκοπό τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στα επιθυμητά όρια.
- Ο εξαερισμός. Είναι η διεργασία με την οποία αφαιρείται ποσότητα εσωτερικού αέρα με σκοπό την απομάκρυνση σωματιδίων, οσμών και ρύπων. Η ποσότητα αυτή αναπληρώνεται από το σύστημα αερισμού.
- Ο καθαρισμός. Είναι η διεργασία με την οποία ο εσωτερικός αέρας διέρχεται από διατάξεις φίλτρων και φιλτράρεται (καθαρίζεται). Τα φίλτρα συγκρατούν ποσότητες σωματιδίων και οσμών και στη συνέχεια ο αέρας επανακυκλοφορεί στους εσωτερικούς χώρους με σκοπό τη διατήρηση της ποιότητάς του στα επιθυμητά όρια.
- Ο κλιματισμός. Είναι σύνθετη διεργασία η οποία αποτελείται από το σύνολο ή το συνδυασμό των διεργασιών που αναπτύχθηκαν προηγουμένως. Με τη διεργασία αυτή είναι δυνατή η ολοκληρωμένη ρύθμιση των απαιτούμενων εσωτερικών συνθηκών, γεγονός που κατατάσσει τα συστήματα κλιματισμού στα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης του εσωκλίματος των κτηρίων.

Με την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. εισήχθησαν για όλα τα νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια ελάχιστες απαιτήσεις σχεδιασμού για τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και κλιματισμού που αναφέρονται στο άρθρο 8 (παράγραφος 3). Σημειώνεται δε πως αδυναμία εφαρμογής των απαιτήσεων αυτών απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Οι ελάχιστες αυτές απαιτήσεις είναι:

- κάθε κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) που εγκαθίσταται στο κτήριο με παροχή νωπού αέρα μεγαλύτερη από 60%, επιτυγχάνει ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50%.
- όλα τα δίκτυα διανομής (νερού ή αλλού μέσου) της κεντρικής θέρμανσης ή της εγκατάστασης ψύξης ή του συστήματος Ζ.Ν.Χ. διαθέτουν κατ' ελάχιστο πάχος θερμομόνωσης 19 mm για θέρμανση ή/και ψύξη χώρων και 13 mm για Ζ.Ν.Χ., με ισοδύναμο  $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  στους 20°C. Στον πίνακα 1.1.1.2. δίνονται τα πάχη θερμομόνωσης για τα δίκτυα διανομής (θέρμανσης ή ψύξης ή Ζ.Ν.Χ.) του κτηρίου αναφοράς, για θερμομόνωση με ισοδύναμο  $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  (στοιχείο 20°C), όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.

**Πίνακας 1.1.1.2.** Πάχη θερμομόνωσης σωληνώσεων για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης του κτηρίου αναφοράς, με βάση την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010

| Με διέλευση σε εσωτερικούς χώρους                                        |                   | Με διέλευση σε εξωτερικούς χώρους |                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Διάμετρος σωλήνα                                                         | Πάχος μόνωσης (*) | Διάμετρος σωλήνα                  | Πάχος μόνωσης (*) |
| <b>Για σωληνώσεις εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού</b>        |                   |                                   |                   |
| από ½'' έως ¾''                                                          | 9 mm              | από ½'' έως 2''                   | 19 mm             |
| από 1'' έως 1 ½''                                                        | 11 mm             | από 2'' έως 4''                   | 21 mm             |
| από 2'' έως 3''                                                          | 13 mm             | μεγαλύτερη από 4''                | 25 mm             |
| μεγαλύτερη από 3''                                                       | 19 mm             |                                   |                   |
| <b>Για σωληνώσεις εγκαταστάσεων ζεστού νερού χρήσης</b>                  |                   |                                   |                   |
| ανεξαρτήτου διαμέτρου                                                    | 9 mm              | ανεξαρτήτου διαμέτρου             | 13 mm             |
| (*) για υλικό θερμομόνωσης με $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$ στους 20°C. |                   |                                   |                   |

- οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους διαθέτουν θερμομόνωση με ισοδύναμο  $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$  και πάχος θερμομόνωσης τουλάχιστον 40 mm, ενώ για διέλευση σε εσωτερικούς χώρους τουλάχιστον 30 mm.
- τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης για την αντιμετώπιση των μερικών φορτίων, ή άλλο αντίστοιχο σύστημα.
- όπου απαιτείται κατανομή δαπανών, επιβάλλεται αυτονομία θέρμανσης και ψύξης.
- όπου απαιτείται κατανομή δαπανών για τη θέρμανση χώρων, καθώς επίσης και σε κεντρικά συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ., εφαρμόζεται θερμιδομέτρηση.
- σε όλα τα κτήρια απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτηρίου.

## 1.2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΨΥΞΗΣ

Αποστολή των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης είναι να προσφέρουν τις απαιτούμενες ποσότητες θερμικής και ψυκτικής ενέργειας οι οποίες θα καλύψουν αντίστοιχα τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες των κτηρίων και θα εξασφαλίσουν τις επιθυμητές συνθήκες «θερμικής άνεσης». Τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης ενός κτηρίου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες (α) τα τοπικά και (β) τα κεντρικά. Τοπικά ονομάζονται τα συστήματα στα οποία η θερμότητα ή η ψύξη παράγεται σε μια θερμαντική εστία ή ψυκτική μηχανή τοποθετημένη σε κάποιο σημείο του χώρου που πρόκειται να θερμανθεί/ψυχθεί και αποδίδει την παραγόμενη θερμότητα/ψύξη άμεσα στο χώρο χωρίς τη μεσολάβηση κάποιου μέσου μεταφοράς. Έτσι τα τοπικά συστήματα χαρακτηρίζονται από απλότητα και ευκολία εγκατάστασης ακόμα και σε υφιστάμενα κτήρια.

Αντιθέτως σε ένα κεντρικό σύστημα το σύνολο της απαιτούμενης θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας του κτηρίου ή του κτηριακού συγκροτήματος παράγεται από θερμαντικά και ψυκτικά μηχανήματα και

στη συνέχεια διανέμεται με τη βοήθεια ενδιάμεσου φορέα θερμότητας στους θερμαινόμενους / ψυχόμενους χώρους. Τα κεντρικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μία μεγάλη ποικιλία συσκευών και εναλλακτικών κατασκευαστικών λύσεων και αποτελούνται από τρία επιμέρους υποσυστήματα: παραγωγής, διανομής και εκπομπής (διάθεσης) της θερμικής/ψυκτικής ενέργειας, τα οποία θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα στις επόμενες παραγράφους.

Στα ελληνικά κτήρια τα κυριότερα συστήματα τοπικής θέρμανσης αποτελούν οι ποικίλου τύπου θερμάστρες (σόμπες), πετρελαίου, υγραερίου, φυσικού αερίου, και βιομάζας, οι ανοικτές εστίες καύσης (τζάκια), τα ηλεκτρικά συστήματα θερμοσυσσώρευσης, οι ηλεκτρικοί θερμοπομποί και τα ηλεκτρικά αερόθερμα. Η χρήση των συστημάτων τοπικής θέρμανσης περιορίζεται σήμερα κυρίως σε αγροτικές περιοχές της χώρας καθώς τις τελευταίες δεκαετίες εκτοπίστηκαν από τα κεντρικά εξαιτίας του υψηλότερου βαθμού απόδοσης, της ευκολίας και της καθαρότητας που παρουσιάζουν. Τα τοπικά συστήματα, γνωρίζουν όμως εκτεταμένη χρήση στην κατηγορία των ψυκτικών εγκαταστάσεων καθώς η πλειονότητα των κτηρίων της χώρας χρησιμοποιεί για την ψύξη συστήματα αντλιών θερμότητας αέρα-αέρα διαιρούμενου τύπου (κοινά κλιματιστικά) τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των τοπικών συστημάτων.

### **1.2.1. Υποσύστημα εκπομπής (τερματικές μονάδες)**

Το υποσύστημα εκπομπής σε μία εγκατάσταση θέρμανσης/ψύξης περιλαμβάνει τις τερματικές συσκευές (μονάδες) οι οποίες αποδίδουν στους χώρους των κτηρίων με κατάλληλο τρόπο τα απαιτούμενα ποσά θερμότητας/ψύξης. Οι τερματικές μονάδες πρέπει να καλύπτουν τις θερμικές απώλειες ή/και τα ψυκτικά φορτία των χώρων του κτηρίου ακόμη και όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού (δυσμενέστερες συνθήκες). Από κατασκευαστικής άποψης οι τερματικές μονάδες των θερμικών/ψυκτικών συστημάτων με φορέα θερμότητας το νερό ή το ψυκτικό ρευστό είναι εναλλάκτες νερού-αέρα ή ψυκτικού ρευστού-αέρα αντιστοίχως. Στα συστήματα θέρμανσης/ψύξης με φορέα θερμότητα τον αέρα δεν υφίσταται τερματικό σύστημα εκπομπής καθώς τα στόμια των αεραγωγών από τα οποία εξέρχεται ο θερμός/ψυχρός αέρας αποτελούν τερματικό στοιχείο του υποσυστήματος διανομής.

Η λειτουργία των τερματικών μονάδων βασίζεται στους μηχανισμούς μετάδοσης της θερμότητας και ειδικότερα στο φαινόμενο της συναγωγής και της ακτινοβολίας. Οι δύο αυτοί μηχανισμοί συνυπάρχουν σε όλους τους τύπους τερματικών μονάδων και ανάλογα με το ποσοστό συνεισφοράς τους στο συνολικό φαινόμενο οι τερματικές μονάδες κατατάσσονται σε: (α) μονάδες συναγωγής (convectors) και (β) μονάδες ακτινοβολίας (radiators). Χαρακτηριστικό των μονάδων συναγωγής είναι η κατάλληλη διαμόρφωση της επιφάνειας συναλλαγής της θερμότητας, η ύπαρξη οδηγητικών ελασμάτων ή πτερυγίων, καθώς και η ύπαρξη ανεμιστήρα όπως πχ. στις μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coil). Αντίθετα τα θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας διαθέτουν μεγάλη επιφάνεια η οποία δημιουργείται με την παράλληλη ή σε σειρά τοποθέτηση πολλαπλών στοιχείων.

Οι τερματικές μονάδες θέρμανσης/ψύξης κατασκευάζονται κυρίως από χάλυβα. Υπάρχουν όμως και μονάδες κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο ή από κράματα χαλκού και αλουμινίου. Ανάλογα με την τελική διαμόρφωση οι τερματικές μονάδες διακρίνονται σε:

- χυτοσιδηρές μονάδες στοιχείων. Είναι ο παλαιότερος τύπος θερμαντικών σωμάτων, κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο και αποτελούνται από στοιχεία (φέτες), οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους και στεγανοποιούνται μηχανικά. Σήμερα χρησιμοποιούνται πλέον σπάνια. Είναι μονάδες συναγωγής και χρησιμοποιούνται μόνο σε συστήματα θέρμανσης.
- χαλύβδινες μονάδες στοιχείων. Είναι γνωστά και ως “κοινά θερμαντικά σώματα” ή “ραντιατέρ” ή σώματα τύπου AKAN. Αποτελούνται από ισομεγέθη μεμονωμένα στοιχεία (φέτες) που

κατασκευάζονται από χαλύβδινα ελάσματα. Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών του νερού στο κάθε στοιχείο, χαρακτηρίζονται ως δίστηλα (II), τρίστηλα (III) και τετράστηλα (IV). Είναι επίσης μονάδες συναγωγής και χρησιμοποιούνται μόνο σε συστήματα θέρμανσης.

- επίπεδες μονάδες τύπου Panel. Κατασκευάζονται από επίπεδα χαλυβδοελάσματα συνήθως με πτερύγια στην εσωτερική επιφάνεια. Αποδίδουν μεγαλύτερη θερμική ισχύ ανά τετραγωνικό επιφάνειας σε σχέση με τις χαλύβδινες μονάδες και χρησιμοποιούνται μόνο σε συστήματα θέρμανσης.
- σωληνωτές μονάδες λουτρού. Είναι ειδικές μονάδες, με επάλληλες σειρές σωλήνων σε οριζόντια διάταξη, με ειδικό φινίρισμα επιφάνειας και μεγάλη αντοχή στη διάβρωση, ώστε να τοποθετούνται σε χώρους υψηλής υγρασίας. Είναι μονάδες συναγωγής και χρησιμοποιούνται μόνο σε συστήματα θέρμανσης.
- άβακες ή επίπεδες μονάδες. Είναι επίπεδες χαλύβδινες επιφάνειες κατασκευασμένες από πεπλατυσμένους σωλήνες χωρίς ραφή, ηλεκτροσυγκολλημένους μεταξύ τους, που καταλήγουν σε δύο παράλληλους συλλέκτες εκατέρωθεν. Η μετάδοση θερμότητας τις μονάδες αυτές γίνεται κυρίως με ακτινοβολία και χρησιμοποιούνται μόνο σε συστήματα θέρμανσης.
- μονάδες τύπου Runtal. Αποτελούνται από απλούς ή διπλούς άβακες, στην επιφάνεια των οποίων έχουν συγκολληθεί χαλύβδινα ελάσματα σε σχήμα μαιάνδρου. Είναι μονάδες συναγωγής και χρησιμοποιούνται μόνο σε συστήματα θέρμανσης.
- μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coil). Αποτελούνται από χαλκοσωλήνες με πτερύγια χαλκού ή αλουμινίου. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται εξαναγκασμένα από έναν ανεμιστήρα. Το κύριο προτέρημά τους είναι ότι θερμαίνουν πολύ γρήγορα το χώρο. Χρησιμοποιούνται τόσο σε συστήματα θέρμανσης όσο και σε συστήματα ψύξης με νερό ή άλλο ψυκτικό μέσο και διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία για εγκατάσταση επί του δαπέδου, εντός αυτού, στην οροφή και στον τοίχο του χώρου. Είναι μονάδες συναγωγής.
- ενδοδαπέδια, ενδοτοιχία συστήματα. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από σωλήνες τοποθετημένους εντός του δαπέδου ή του τοίχου στους οποίους κυκλοφορεί θερμό/ψυχρό νερό. Με τον τρόπο αυτό οι αντίστοιχες επιφάνειες μετατρέπονται σε επιφάνειες εκπομπής θερμότητας/ψύχους. Είναι συστήματα ακτινοβολίας.
- συστήματα ψυχόμενης οροφής. Αποτελούνται από σωλήνες εντός της οροφής του χώρου μέσα στους οποίους κυκλοφορεί ψυχρό νερό για την ψύξη του χώρου.

### 1.2.2. Υποσύστημα διανομής

Με τον όρο υποσύστημα διανομής ονομάζουμε το σύνολο των σωληνώσεων, αεραγωγών, των εξαρτημάτων διαμόρφωσης και των λοιπών μηχανολογικών εξαρτημάτων τους, (αποφρακτικές διατάξεις, εναλλάκτες κ.τ.λ.) που μεταφέρουν τα ρευστά μετάδοσης θερμότητας/ψύξης από το σύστημα παραγωγής στις τερματικές συσκευές και αντίστροφα. Στις συνήθεις εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης ως ρευστά διανομής χρησιμοποιούνται: (α) το θερμό/ψυχρό νερό, (β) ο θερμός/ψυχρός αέρας και (γ) τα ψυκτικά ρευστά. Σε ειδικές εφαρμογές του τριτογενή τομέα που αφορούν κυρίως βιομηχανικές εγκαταστάσεις καθώς και εκτεταμένα κτηριακά συγκροτήματα με κεντρικό σύστημα παραγωγής θερμότητας όπως νοσοκομεία, ερευνητικά και εκπαιδευτικά κέντρα κ.ά., δύναται να χρησιμοποιηθούν ως φορείς θερμότητας το υπέρθερμο νερό και ο ατμός (από λέβητες, συστήματα Σ.Η.Θ. κ.ά.).

Η έκταση (μήκος), η όδευση και η διάταξη του δικτύου διανομής εξαρτάται από τον αριθμό και την ποικιλία των θέσεων εγκατάστασης των τερματικών μονάδων εκπομπής. Η τυπική διάταξη ενός δικτύου διανομής περιλαμβάνει: (α) οριζόντιο τμήμα εντός του μηχανοστασίου, το οποίο ξεκινά από το

σύστημα παραγωγής θερμότητας/ψύχους (συσκευή ή το κεντρικό δοχείο αποθήκευσης του φορέα θερμότητας/ψύξης), (β) κατακόρυφο τμήμα που έπεται του οριζοντίου και εκτείνεται από το μηχανοστάσιο μέχρι το επίπεδο διανομής της θερμότητας/ψύχους, και (γ) οριζόντιο τμήμα που οδηγεί το φορέα θερμότητας από το κατακόρυφο τμήμα στις τερματικές μονάδες. Προφανώς ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης μπορούν να υπάρξουν πολλαπλά παράλληλα οριζόντια και κατακόρυφα τμήματα τα οποία εξυπηρετούν τις ανάγκες διαφορετικών θερμικών ζωνών.

Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης όπου χρησιμοποιείται ως φορέας μετάδοσης θερμότητας ο αέρας, το ψυκτικό ρευστό, το υπέρθερμο νερό, ή ο ατμός, τα δίκτυα διανομής από πλευράς κατασκευής περιλαμβάνουν δυο ανεξάρτητους κλάδους, τον κλάδο προσαγωγής του φορέα θερμότητας στους θερμαινόμενους χώρους και αντίστοιχα τον κλάδο απαγωγής. Σε αντίθεση με αυτά τα δίκτυα διανομής θερμού/ψυχρού νερού παρουσιάζουν τέσσερις διαφορετικές κατασκευαστικές διαμορφώσεις, που είναι:

- το μονοσωλήνιο σύστημα. Στο σύστημα αυτό οι τερματικές συσκευές διατάσσονται σε σειρά και τροφοδοτούνται διαδοχικά από το φορέα θερμότητας ο οποίος διατρέχει έναν οριζόντιο κλειστό βρόχο. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στα συστήματα θέρμανσης.
- το δισωλήνιο σύστημα. Στο δισωλήνιο σύστημα υπάρχουν δυο ανεξάρτητοι κλάδοι για την τροφοδοσία των τερματικών συσκευών. Ο πρώτος κλάδος προσάγει το φορέα θερμότητας στις τερματικές συσκευές ενώ ο δεύτερος τον απάγει. Το δισωλήνιο σύστημα χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των θερμικών και ψυκτικών εγκαταστάσεων.
- το τρισωλήνιο σύστημα. Το τρισωλήνιο σύστημα επιλέγεται σε χώρους όπου απαιτείται παράλληλη προσαγωγή θερμού και ψυχρού νερού. Για το λόγο αυτό εγκαθίστανται δυο ανεξάρτητοι κλάδοι προσαγωγής θερμού και ψυχρού νερού ενώ ένας τρίτος αποτελεί κοινό κλάδο επιστροφής. Δεν χρησιμοποιείται λόγω σημαντικής ενεργειακής σπατάλης.
- το τετρασωλήνιο σύστημα. Το τετρασωλήνιο σύστημα χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου οι θερμικές ζώνες του κτηρίου παρουσιάζουν ταυτόχρονα θερμαντικές και ψυκτικές ανάγκες. Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται η παράλληλη λειτουργία θερμικών και ψυκτικών συστημάτων τα οποία τροφοδοτούν παράλληλα, με δυο ανεξάρτητα δισωλήνια συστήματα, με θερμό και ψυχρό νερό τις τερματικές συσκευές, η λειτουργία των οποίων ρυθμίζεται μέσω ενός θερμοστάτη και ηλεκτροβανών.

Το υλικό κατασκευής των δικτύων διανομής επιλέγεται με βάση το φορέα θερμότητας. Για δίκτυα θερμού/ψυχρού νερού χρησιμοποιούνται χαλυβδοσωλήνες, σκληροί ή εύκαμπτοι σωλήνες χαλκού και πλαστικοί σωλήνες από πολυπροπυλένιο (PP) ή από πολυαιθυλένιο (PE). Οι κεντρικές γραμμές αυτών των δικτύων κατασκευάζονται από ευθυγράμμους χαλυβδοσωλήνες ή σωλήνες χαλκού μεγάλων διαμέτρων ή σωλήνες πολυπροπυλενίου (PP), ενώ στις μικρότερες διαμέτρους των τερματικών δικτύων συνήθίζεται και η χρήση εύκαμπτων σωλήνων. Σε αντίθεση με αυτά τα δίκτυα υπέρθερμου νερού και ατμού κατασκευάζονται αποκλειστικά από χαλυβδοσωλήνες. Τα δίκτυα διανομής θερμού/ψυχρού αέρα, δίκτυα αεραγωγών, κατασκευάζονται κυρίως από γαλβανισμένο χαλυβδόφυλλο (λαμαρίνα), κυκλικοί ή ορθογωνικοί. Για μικρές διατομές σε τερματικές μονάδες χρησιμοποιούνται και εύκαμπτοι αγωγοί αλουμινίου. Τέλος, στα ψυκτικά δίκτυα χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά ο χαλκός.

Τα εξαρτήματα ελέγχου και ρύθμισης της ροής (διακόπτες, βαλβίδες, βάνες) των δικτύων κατασκευάζονται κυρίως από ορείχαλκο, μαλακό σίδηρο ή χυτοσίδηρο και σπανιότερα από χάλυβα όταν πρόκειται για εξαρτήματα δικτύων υπό πίεση. Αντίστοιχα τα εξαρτήματα διαμόρφωσης του δικτύου (μούφες, καμπύλες, ταφ, συστολικά κ.τ.λ.) κατασκευάζονται από μαλακό σίδηρο ή χυτοσίδηρο και από χαλκό για τα δίκτυα χαλκοσωλήνων.

### 1.2.3. Υποσύστημα παραγωγής

Το υποσύστημα παραγωγής θερμικής/ψυκτικής ενέργειας των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης απαρτίζεται από μία ή περισσότερες θερμικές/ψυκτικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται εγκατεστημένες σε έναν ιδιαίτερο χώρο (μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, ψυχοστάσιο). Στην περίπτωση εγκατάστασης μονάδων περισσότερων της μιας η λειτουργία τους γίνεται παράλληλα και σε συνάρτηση με το φορτίο που ζητείται από την εγκατάσταση (κτήριο). Οι μονάδες αυτές δύναται να χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας, τον ηλεκτρισμό, το ελαφρύ πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, την ηλιακή ενέργεια, τη γεωθερμία κ.τ.λ., για να παράγουν θερμότητα ή ψύχος με τη μορφή θερμού/υπέρθερμου νερού, ατμού, θερμού αέρα, ψυχρού νερού, ή ψυχρού αέρα αντίστοιχα.

Το υποσύστημα παραγωγής ψύξης αποτελείται από συσκευές που ονομάζονται ψύκτες. Οι ψύκτες, με βάση το λειτουργικό τους κύκλο, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: (α) στους ψύκτες συμπίεσης ατμών, και (β) στους ψύκτες απορρόφησης ή προσρόφησης. Εκτός όμως από τους ψύκτες οι ψυκτικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν για την απόρριψη της θερμότητας και πύργους ψύξης, αερόψυκτους ή υδρόψυκτους συμπυκνωτές, ή και συνδυασμό των μηχανημάτων αυτών. Τα ψυκτικά μηχανήματα καταναλώνουν κυρίως ηλεκτρική ενέργεια εκτός από τα μηχανήματα απορρόφησης και προσρόφησης, τα οποία χρησιμοποιούν θερμότητα και παράγουν ψύχος. Η λειτουργία και οι κατηγορίες των ψυκτικών μηχανημάτων αναλύονται εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα.

Τα κυριότερα συστήματα παραγωγής θερμικής ενέργειας είναι: (α) οι διατάξεις λέβητα-καυστήρα, (β) τα συστήματα Συμπαγωγής Θερμότητας Ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) και (γ) τα συστήματα τηλεθέρμανσης. Τα συστήματα της πρώτης κατηγορίας αποτελούν την πλειονότητα των συστημάτων παραγωγής θερμότητας στον κτηριακό τομέα της Ελλάδας και για το λόγο αυτό έπεται αναλυτικότερη παρουσίασή τους στην επόμενη ενότητα. Τα συστήματα ΣΗΘ χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις κτηρίων με μεγάλη απαίτηση σε θερμική ενέργεια σε σχέση με την ηλεκτρική. Στην Ελλάδα η χρήση των συστημάτων ΣΗΘ περιορίζεται κυρίως σε ξενοδοχειακές μονάδες και νοσοκομεία. Στο μέγεθος αυτό, η τεχνολογία των συστημάτων ΣΗΘ αφορά συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) και συστήματα μικροστροβίλων (micro-turbine).

Η παροχή θερμότητας από σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελεί την οικονομικότερη λύση παρότι τα συστήματα αυτά γνωρίζουν περιορισμένη εφαρμογή στην Ελλάδα. Στο σύστημα τηλεθέρμανσης η παραγωγή θερμότητας γίνεται εκτός του κτηρίου οπότε δεν υφίσταται με την έννοια που αναπτύχθηκε παραπάνω υποσύστημα παραγωγής θερμότητας εντός του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή θεωρείται πως τη θέση του υποσυστήματος την έχει ο εναλλάκτης θερμότητας που συνδέει το δίκτυο της τηλεθέρμανσης με το εσωτερικό δίκτυο διανομής θερμότητας του κτηρίου.

Εκτός όμως από τα ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής θερμότητας/ψύχους που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, υπάρχουν και συσκευές οι οποίες μπορούν να παράγουν εναλλακτικά θερμότητα ή ψύχος. Συσκευές με αυτή τη δυνατότητα είναι οι αντλίες θερμότητας οι οποίες συχνά αποτελούν μέρος ή και ολότητα του υποσυστήματος παραγωγής θερμότητας/ψύχους. Η λειτουργία και οι κατηγορίες των μηχανημάτων αυτών παρουσιάζεται σε ενότητα που ακολουθεί.

### 1.2.4. Λέβητες-καυστήρες πετρελαίου, φυσικού αερίου

Οι λέβητες και οι καυστήρες είναι βασικές συσκευές και μηχανήματα στις συνήθεις εγκαταστάσεις θέρμανσης. Καυστήρας ονομάζεται η συσκευή η οποία δημιουργεί και τροφοδοτεί το θάλαμο καύσης του λέβητα (φλογοθάλαμο) με την απαραίτητη ποσότητα και ποιότητα μείγματος καυσίμου-αέρα και δημιουργεί παράλληλα τις κατάλληλες συνθήκες για την καύση του. Αντίστοιχα ο λέβητας είναι ένας

εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος μεταδίδει την παραγόμενη θερμότητα από την καύση του καυσίμου στο φορέα μεταφοράς θερμότητας που είναι το νερό και σπανιότερα ο αέρας.

Η διάκριση των καυστήρων γίνεται με βάση το καύσιμο σε καυστήρες: (α) στερεών, (β) υγρών και (γ) αερίων καυσίμων, και με βάση την ύπαρξη ή μη ανεμιστήρα σε καυστήρες: (α) χωρίς ανεμιστήρα (ατμοσφαιρικούς), (β) με ανεμιστήρα και χωρίς υπερπίεση και (γ) με ανεμιστήρα υπερπίεσης. Πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχουν επίσης και καυστήρες διπλού καυσίμου, οι οποίοι μπορούν να καύσουν εναλλακτικά υγρά ή αέρια καύσιμα. Προφανώς στην περίπτωση αυτή ο καυστήρας είναι εξοπλισμένος με τα απαραίτητα εξαρτήματα και φέρει τον κατάλληλο προγραμματισμό.

Καυστήρες χωρίς ανεμιστήρα και καυστήρες με ανεμιστήρα και χωρίς υπερπίεση απαντώνται μόνο σε συσκευές αερίων καυσίμων. Παλαιότερα υπήρχαν και καυστήρες με ανεμιστήρα χωρίς υπερπίεση και για υγρά καύσιμα αλλά σήμερα έχουν σχεδόν εκλείψει. Τέλος οι καυστήρες με ανεμιστήρα υπερπίεσης χρησιμοποιούνται στην καύση υγρών άλλα και αερίων καυσίμων.

Οι λέβητες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με: (α) το είδος του καυσίμου, (β) το είδος του καυστήρα, (γ) το υλικό κατασκευής και (δ) το φορέα μετάδοσης της θερμότητας. Ανάλογα με το είδος του καυσίμου οι λέβητες διακρίνονται σε (i) ειδικούς, (ii) μετατρεπόμενης καύσης και (iii) εναλλακτικής καύσης. Οι ειδικοί λέβητες μπορούν να καύσουν ένα συγκεκριμένο καύσιμο και δεν μπορούν να υποστούν μετατροπή ώστε να καύσουν άλλο καύσιμο. Τέτοιοι λέβητες είναι πχ. οι ατμοσφαιρικοί λέβητες αερίου καυσίμου. Οι λέβητες μετατρεπόμενης καύσης μπορούν μετά από κατάλληλη αλλαγή ορισμένων εξαρτημάτων τους να καύσουν και δεύτερο καύσιμο, ενώ οι λέβητες εναλλακτικής καύσης μπορούν να καύσουν διάφορα καύσιμα χωρίς να απαιτείται οποιαδήποτε μετατροπή. Για παράδειγμα λέβητες εναλλακτικής καύσης είναι όλοι σχεδόν οι σημερινοί λέβητες πετρελαίου οι οποίοι με αλλαγή του καυστήρα δύναται να καύσουν και αέριο καύσιμο.

Ανάλογα με το είδος του καυστήρα που φέρουν οι λέβητες διακρίνονται σε: (i) ατμοσφαιρικούς, (ii) με καυστήρα με ανεμιστήρα χωρίς υπερπίεση και (iii) υπερπίεσης. Από πλευράς υλικού κατασκευής οι λέβητες διακρίνονται σε (i) χαλύβδινους και (ii) χυτοσιδηρούς, ενώ με βάση το φορέα μετάδοσης της θερμότητας διακρίνονται σε λέβητες: (i) θερμού νερού με θερμοκρασία προσαγωγής μέχρι 100°C, (ii) υπέρθερμου νερού με θερμοκρασία προσαγωγής άνω των 100°C, (iii) ατμολέβητες και (iv) αερολέβητες, με τις τρεις τελευταίες κατηγορίες να εμφανίζονται κυρίως σε επαγγελματικές και βιομηχανικές χρήσεις. Με βάση την Κοινοτική Οδηγία 92/42/ΕΕ, οι λέβητες παραγωγής θερμού νερού με θερμοκρασία προσαγωγής έως 100°C, διακρίνονται επιπρόσθετα σε: (α) συμβατικούς, (β) χαμηλών θερμοκρασιών και (γ) συμπύκνωσης.

Οι συμβατικοί λέβητες παράγουν θερμό νερό σε θερμοκρασία 80-90°C και είναι οι πλέον διαδεδομένοι στον οικιακό τομέα. Οι λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών μπορούν να λειτουργούν συνεχώς με θερμοκρασία εξόδου 35-40°C και σ' αυτούς κατά περίπτωση μπορεί να εφαρμοστεί και συμπύκνωση. Οι λέβητες αυτοί χρησιμοποιούνται στα συστήματα ενδοδαπέδιας και ενδοτοιχίας θέρμανσης και μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα και με αντλίες θερμότητας. Τέλος, οι λέβητες συμπύκνωσης είναι κατασκευασμένοι για συνεχή συμπύκνωση μεγάλου μέρους του υδρατμού του καυσαερίου και παρουσιάζουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Φέρουν εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίου-νερού στον οποίο ανακτάται το 50-80% της λανθάνουσας θερμότητας του υδρατμού, αυξάνοντας την απόδοση του λέβητα συμπύκνωσης κατά 5-15%.

Σήμερα σύμφωνα με την οδηγία 92/42/ΕΕ και το Π.Δ. 335/1993 (ΦΕΚ 134Α), όλοι οι λέβητες θέρμανσης με ισχύ έως 400 kW πρέπει να φέρουν σήμανση CE και να αναγράφουν στην πινακίδα με τα χαρακτηριστικά τους το βαθμό απόδοσης σύμφωνα με μετρήσεις πιστοποιημένου εργαστηρίου. Η ίδια οδηγία ορίζει τις συνθήκες μέτρησης και τον ελάχιστο αποδεκτό βαθμό απόδοσης, πίνακας 1.2.4.1.

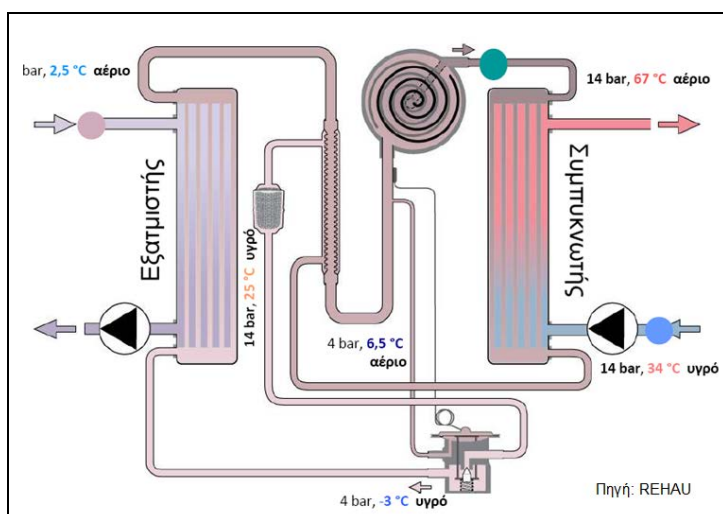
**Πίνακας 1.2.4.1.** Αποδόσεις λεβήτων με βάση την Οδηγία 92/42/ΕΕ και το Π.Δ. 335/1993

| Τύπος λέβητα                     | Φάσμα ισχύος | Απόδοση σε ονομαστική ισχύ ( $P_n$ )                     |                                    | Απόδοση σε μερικό φορτίο                                 |                                    |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                  | kW           | Μέση θερμοκρασία νερού στο λέβητα ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Απαιτήση απόδοσης εκφρασμένης σε % | Μέση θερμοκρασία νερού στο λέβητα ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Απαιτήση απόδοσης εκφρασμένης σε % |
| Συνήθεις λέβητες                 | 4 – 400      | 70                                                       | $\geq 84 + 2\log P_n$              | $\geq 50$                                                | $\geq 80 + 3\log P_n$              |
| Λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών (*) | 4 – 400      | 70                                                       | $\geq 87.5 + 1.5\log P_n$          | 40                                                       | $\geq 87.5 + 1.5\log P_n$          |
| Λέβητες με συμπύκνωση            | 4 – 400      | 70                                                       | $\geq 91 + 1\log P_n$              | 30 (**)                                                  | $\geq 97 + 1\log P_n$              |

(\*) συμπεριλαμβάνονται οι λέβητες συμπύκνωσης υγρών καυσίμων  
(\*\*) θερμοκρασία του νερού τροφοδότησης του λέβητα

### 1.2.5. Αντλίες θερμότητας

Η αντλία θερμότητας είναι μία συσκευή η οποία έχει την ικανότητα να απορροφά (να αντλεί) θερμότητα από πηγή χαμηλής θερμοκρασίας και να τη μεταφέρει σε έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, κατά τη χειμερινή περίοδο η αντλία θερμότητας έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα από τον ψυχρό εξωτερικό αέρα ( $0-15^{\circ}\text{C}$ ) σε ένα χώρο κατοίκησης ( $20^{\circ}\text{C}$ ), με σκοπό τη θέρμανση του χώρου. Επίσης κατά τη θερινή περίοδο η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά θερμότητας από ένα χώρο κατοίκησης ( $26^{\circ}\text{C}$ ) προς το θερμότερο εξωτερικό αέρα ( $35^{\circ}\text{C}$ ), με σκοπό την ψύξη του χώρου. Συνήθως οι αντλίες θερμότητας είναι σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να αντιστρέφουν την ψυκτική και τη θερμαντική τους λειτουργία. Αυτό επιτρέπει τη χρήση της ίδιας συσκευής για ψύξη και θέρμανση.



Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας βασίζεται σε ψυκτικούς κύκλους, με επικρατέστερο αυτόν της συμπίεσης ατμών ενός ψυκτικού ρευστού. Για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας σύμφωνα με τον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμών είναι απαραίτητες οι παρακάτω συσκευές:

- Ο εξατμιστής. Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που βρίσκεται στο χώρο που θέλουμε να ψύξουμε ή στο μέσον από το οποίο θέλουμε να αντλήσουμε θερμότητα. Μέσα στον εξατμιστή, το ψυκτικό ρευστό σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία, απορροφά θερμότητα και εξατμίζεται.

- Ο συμπιεστής. Είναι μία συσκευή που αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού από την έξοδο του εξατμιστή και αυξάνει την πίεση και τη θερμοκρασία τους. Ο συμπιεστής καταναλώνει μηχανικό έργο, που συνήθως προέρχεται από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ο συμπυκνωτής. Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που βρίσκεται στο χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε ή στο μέσον στο οποίο απορρίπτουμε τη θερμότητα. Μέσα στο συμπυκνωτή, οι θερμοί ατμοί του ψυκτικού ρευστού αρχικά ψύχονται μέχρι μια ορισμένη θερμοκρασία και στη συνέχεια συμπυκνώνονται, αποβάλλοντας θερμότητα.
- Η εκτονωτική (στραγγαλιστική βαλβίδα). Είναι μία συσκευή που μειώνει την υψηλή πίεση που επικρατεί στον συμπυκνωτή μέχρι τη χαμηλή πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή.

Οι αντλίες θερμότητας, εκτός από τις παραπάνω τέσσερις βασικές συσκευές, περιέχουν και διάφορα άλλα εξαρτήματα, όργανα και συσκευές όπως π.χ. σωληνώσεις κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου, βαλβίδες, φίλτρα, αφυγραντήρες, όργανα αυτοματισμού και ελέγχου, καλωδιώσεις κ.τ.λ.

Το ιδιαίτερο πλεονέκτημα των αντλιών θερμότητας είναι ότι χρησιμοποιούν όλες τις διαθέσιμες πηγές θερμότητας του περιβάλλοντος που είναι το νερό, το έδαφος, ο αέρας και ο ήλιος. Οι τρεις πρώτες πηγές είναι αποθηκευτές ηλιακής ακτινοβολίας, έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έμμεσα χρησιμοποιείται πάντα η ηλιακή ενέργεια ως πηγή. Ως αποδέκτες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο αέρας, το νερό και το έδαφος.

Οι αντλίες θερμότητας για ψύξη και θέρμανση κτηρίων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με: α) την πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας, β) την ισχύ και γ) την κατασκευή. Ανάλογα με την πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, νερού-αέρα, νερού-νερού, εδάφους-νερού και εδάφους-αέρα. Ανάλογα με την ισχύ τους οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ενώ ανάλογα με την κατασκευή τους, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε ενιαίου (packaged) και διαιρούμενου τύπου (split).

Οι ενιαίου τύπου περιέχουν όλα τα κατασκευαστικά τους μέρη τοποθετημένα μέσα σε μια μονάδα. Οι διαιρούμενου τύπου αντλίες θερμότητας αποτελούνται από δύο ανεξάρτητες μονάδες, που συνδέονται μεταξύ τους μέσω χαλκοσωλήνων.

### 1.2.6. ΨΥΚΤΕΣ

Οι ψύκτες είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό και παράγουν ψυχρό νερό, εργαζόμενοι με βάση τους ψυκτικούς κύκλους: (α) συμπίεσης ατμών και (β) απορρόφησης ή προσρόφησης.

Τα ψυκτικά συγκροτήματα (ψύκτες) που λειτουργούν με βάση τον κύκλο συμπίεσης ατμών περιλαμβάνουν ένα πλήρες ψυκτικό κύκλωμα το οποίο αποτελείται από συμπιεστή, εξατμιστή, συμπυκνωτή, τη μονάδα κίνησης του συμπιεστή, τη διάταξη εκτόνωσης του ψυκτικού ρευστού ή το σύστημα ελέγχου της ροής του και τη μονάδα ελέγχου. Ο ψύκτης μπορεί επίσης να περιλαμβάνει οικονομητήρα, τουρμπίνα εκτόνωσης και διάταξη υπόψυξης. Επιπλέον, ανάλογα με την τεχνολογία χρησιμοποιούνται και βοηθητικά εξαρτήματα όπως ψυγείο λιπαντικού μέσου, διαχωριστή λιπαντικού-ψυκτικού ρευστού, αντλία λιπαντικού, διάταξη απομάκρυνσης της υγρασίας του λιπαντικού, λιπαντικές βαλβίδες, συμπληρωματικές διατάξεις ελέγχου κ.ά.

Το μέσο που ψύχεται (συνήθως νερό) εισέρχεται στον εξατμιστή της μονάδας όπου το ψυκτικό ρευστό απορροφά θερμότητα από το ψυχόμενο μέσο και εξατμίζεται σε χαμηλή θερμοκρασία. Στη συνέχεια το αέριο ψυκτικό ρευστό εισέρχεται στο συμπιεστή όπου αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία του έτσι ώστε στη συνέχεια να ψυχθεί και να αποδώσει θερμότητα στο συμπυκνωτή της μονάδας. Μετά την έξοδο του από το συμπυκνωτή το υγρό ψυκτικό ρευστό εισέρχεται στην εκτονωτική

διάταξη η οποία μειώνει την πίεσή του και το οδηγεί πίσω στον εξατμιστή για την έναρξη ενός νέου κύκλου ψύξης.

Ανάλογα με το φορέα απόρριψης της θερμότητας στο συμπυκνωτή οι ψύκτες διακρίνονται σε: (α) υδρόψυκτους, όταν η θερμότητα απορρίπτεται σε ένα κύκλωμα νερού-πύργου ψύξης, και (β) αερόψυκτους όταν η θερμότητα του συμπυκνωτή απορρίπτεται απευθείας στον ατμοσφαιρικό αέρα. Σύγχρονοι ψύκτες της τεχνολογίας αυτής, έχουν τη δυνατότητα, με κατάλληλη αναστροφή του λειτουργικού τους κύκλου, να εργαστούν και ως συσκευές παραγωγής θερμότητας.

Η αρχή λειτουργίας των ψυκτών απορρόφησης ή προσρόφησης βασίζεται στην ιδιότητα ορισμένων ουσιών να απορροφούν ή να προσροφούν αντίστοιχα ποσότητες ψυκτικού ρευστού σε χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και να το αποδίδουν σε υψηλές θερμοκρασίες. Στους ψύκτες αυτούς ο μηχανικός συμπίεστης αντικαθίστανται από μια διάταξη θερμικής συμπίεσης. Τα ψυκτικά μηχανήματα απορρόφησης χρησιμοποιούν ως ψυκτικό ρευστό το βρωμιούχο λίθιο (LiBr), την αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και το χλωριούχο λίθιο (LiCl), ενώ ως φορέα ψύξης το νερό (H<sub>2</sub>O). Οι ψύκτες προσρόφησης χρησιμοποιούν ως ψυκτικό ρευστό τη γέλη πυριτίου (silica gel) ή ο ζεόλιθος (zeolite), για να ψύξουν νερό. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει διαθέσιμο ζεστό νερό (π.χ. από ηλιακούς συλλέκτες, απόνερα βιομηχανικών διεργασιών κ.ά.), ατμός χαμηλού κόστους, ή φυσικό αέριο.

### 1.2.7. Συστήματα αερισμού, κλιματισμού

Τα συστήματα κλιματισμού, ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που παρέχουν στον αέρα, μπορούν να διακριθούν σε:

- συστήματα αερισμού-εξαερισμού. Τα συστήματα αυτά προσάγουν ή/και απάγουν αέρα από τους χώρους και εξασφαλίζουν την ανανέωσή του. Περιλαμβάνουν από έναν ανεμιστήρα, απαγωγής ή/και έναν ανεμιστήρα προσαγωγής αέρα, οι οποίοι εγκαθίστανται είτε τοπικά είτε κεντρικά. Στην περίπτωση κεντρικής τοποθέτησης εγκαθίσταται παράλληλα και το απαιτούμενο δίκτυο αεραγωγών.
- συστήματα μερικού κλιματισμού. Εκτός από την ανανέωση του αέρα, παρέχουν και μερική επεξεργασία του που περιλαμβάνει κυρίως τον καθαρισμό και τη θέρμανση ή ψύξη του αέρα.
- συστήματα πλήρους κλιματισμού. Τα συστήματα αυτά εξασφαλίζουν τη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας ενός χώρου μέσα σε προκαθορισμένα όρια και περιλαμβάνουν διατάξεις για τον καθαρισμό, τη θέρμανση, την ψύξη, την ύγρανση, την αφύγρανση και την ανανέωση του αέρα, καθώς και τοπικές ή κεντρικές διατάξεις αυτόματης ρύθμισης της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ανανέωσης του αέρα.

Με κριτήριο τη θέση των συσκευών κλιματισμού ως προς τον κλιματιζόμενο χώρο και το μέγεθος του συστήματος, διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες συστημάτων που είναι: α) τα κεντρικά, β) τα ημικεντρικά, και γ) τα τοπικά. Συγχρόνως με κριτήριο το μέσο μεταφοράς της ενέργειας στους κλιματιζόμενους χώρους τα συστήματα κλιματισμού διακρίνονται σε: α) συστήματα με αέρα, β) συστήματα με νερό, γ) συστήματα με αέρα και νερό.

Στα συστήματα κλιματισμού με αέρα ο φορέας μεταφοράς της ενέργειας είναι αέρας. Ο κλιματισμένος αέρας παρασκευάζεται στην κεντρική κλιματιστική μονάδα και μεταφέρεται με τη βοήθεια δικτύου αεραγωγών στους κλιματιζόμενους χώρους. Η κεντρική μονάδα κλιματισμού (Κ.Κ.Μ.) αναρροφά αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον τον οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις δύναται να τον αναμίξει με ποσότητα αέρα που επιστρέφει από το κτήριο (ανακυκλοφορία). Στη συνέχεια ο αέρας φιλτράρεται και ακολουθεί η επεξεργασία του δηλαδή η θέρμανση, ψύξη, ύγρανση, αφύγρανση κ.τ.λ., ανάλογα με τις επιθυμητές συνθήκες των χώρων, και οδηγείται μέσω του ανεμιστήρα και των

αεραγωγών διανομής στους κλιματιζόμενους χώρους. Η θέρμανση του αέρα γίνεται με θερμό νερό, το οποίο παρασκευάζεται σε λέβητα-καυστήρα ή αντλία θερμότητας και προσάγεται στους εναλλάκτες αέρα-νερού (θερμαντικά στοιχεία) της Κ.Κ.Μ. Η ύγρανση του αέρα γίνεται από κατάλληλες συσκευές, τους υγραντήρες, οι οποίοι διοχετεύουν νερό ή ατμό στην Κ.Κ.Μ. Η ψύξη και η αφύγρανση του αέρα γίνεται με ψυχρό νερό, το οποίο παρασκευάζεται σε ψύκτη και οδηγείται σε εναλλάκτες αέρα-νερού (ψυκτικά στοιχεία) της Κ.Κ.Μ. Τα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα διακρίνονται σε συστήματα σταθερής παροχής και σε συστήματα μεταβλητής παροχής αέρα.

Τα συστήματα κλιματισμού με νερό χρησιμοποιούν το νερό ως φορέα μεταφορά της ενέργειας. Το ψυχρό νερό παρασκευάζεται σε ψυκτικές μονάδες (υδρόψυκτες ή αερόψυκτες) και το θερμό νερό σε λέβητες. Το θερμό/ψυχρό νερό μεταφέρεται σε τερματικές συσκευές ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coils), με τη βοήθεια αντλιών. Ο έλεγχος των συνθηκών του αέρα γίνεται με την κυκλοφορία του αέρα των χώρων μέσα από τις τερματικές συσκευές, στις οποίες κυκλοφορεί το θερμό ή ψυχρό νερό. Οι τερματικές συσκευές περιλαμβάνουν θερμαντικό/ψυκτικό στοιχείο, και ανεμιστήρα ρυθμιζόμενης ταχύτητας για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα. Επίσης, κάθε τερματική συσκευή είναι εφοδιασμένη με θερμοστάτη χώρου, μέσω του οποίου ρυθμίζεται η λειτουργία της συσκευής.

Τα συστήματα κλιματισμού με αέρα και νερό είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων συστημάτων. Στους κλιματιζόμενους χώρους μεταφέρεται εκτός από νερό (θερμό/ψυχρό) και κλιματισμένος αέρας, με ανεξάρτητο δίκτυο αεραγωγών. Ο προσαγόμενος αέρα μέσω των αεραγωγών έχει ως σκοπό κυρίως την ανανέωση του αέρα των χώρων και συνήθως προσάγεται με θερμοκρασία που διαφέρει λίγο από τη θερμοκρασία των χώρων (ελαφρά υψηλότερη στη περίπτωση της θέρμανσης και αντίστοιχα χαμηλότερη στη περίπτωση της ψύξης).

### **1.2.8. Βοηθητικά συστήματα**

Τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης διαθέτουν βοηθητικά συστήματα για τον έλεγχο της λειτουργίας τους και τη ρύθμιση των απαιτούμενων χαρακτηριστικών τους (θερμοκρασία, παροχή κ.τ.λ.). Η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των συστημάτων ελέγχου παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα. Για το λόγο αυτό η παρούσα ενότητα θα επικεντρωθεί στην παρουσίαση των συσκευών ρύθμισης και θα δοθεί μια σύντομη περιγραφή της αποστολής και της λειτουργίας τους.

Η λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων ρύθμισης επικεντρώνεται κυρίως στη ρύθμιση της απαιτούμενης θερμοκρασίας ενός χώρου ή ενός φορέα θερμότητας καθώς και στη ρύθμιση της απαραίτητης παροχής του φορέα θερμότητας με σκοπό την ικανοποίηση των θερμικών/ψυκτικών απαιτήσεων ενός χώρου ή μιας θερμικής ζώνης και στην εξασφάλιση των επιθυμητών συνθηκών «θερμικής άνεσης». Τα συστήματα ρύθμισης μπορούν να λειτουργούν είτε αυτόνομα σε προκαθορισμένες τιμές ρύθμισης (στατική ρύθμιση), είτε σε συνεργασία με τα συστήματα ελέγχου τα οποία τροφοδοτούν με τα απαραίτητα δεδομένα και ανατροφοδοτούνται από αυτά με τις αντίστοιχες εντολές (δυναμική ρύθμιση). Για την επίτευξη του σκοπού εγκατάστασης και λειτουργίας τους τα βοηθητικά συστήματα αποτελούνται από μία σειρά συσκευών, οι κυριότερες των οποίων είναι:

- ο κυκλοφορητής. Είναι μία ηλεκτροκίνητη φυγοκεντρική αντλία νερού η οποία προσφέρει την απαιτούμενη μηχανική ενέργεια στο ρευστό για την αντιστάθμιση των αντιστάσεων τριβής, που εμφανίζονται κατά τη ροή του στις σωληνώσεις και στα λοιπά στοιχεία του δικτύου. Η αντιστάθμιση αυτή γίνεται με τη δημιουργία διαφοράς πίεσης ( $\Delta p$ ) μεταξύ της αναρρόφησης και της κατάθλιψης της αντλίας. Οι κυκλοφορητές διακρίνονται από πλευράς στροφών λειτουργίας σε: (α) σταθερών στροφών και (β) μεταβλητών. Στην δεύτερη περίπτωση

παρέχεται η δυνατότητα χειροκίνητης ή αυτόματης ηλεκτρονικής ρύθμισης των στροφών του κυκλοφορητή, με βάση δεδομένα λειτουργίας για την καλύτερη προσαρμογή στις απαιτήσεις του συστήματος.

- οι ανεμιστήρες. Είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις στις οποίες απαιτείται η κίνηση του αέρα, π.χ. δίκτυα αερισμού-εξαερισμού, κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, τερματικές συσκευές ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coil) κ.ά. Η λειτουργία των ανεμιστήρων είναι αντίστοιχη των κυκλοφορητών με τη διαφορά πως αντί για νερό κινούν μάζες αέρα. Για την κίνηση των ανεμιστήρων χρησιμοποιούνται ηλεκτροκινητήρες με ή χωρίς ρύθμιση στροφών.
- τα διαφράγματα (dumpers). Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα κινούμενα πτερύγια με τα οποία είναι δυνατή η ρύθμιση μέσω στραγγαλισμού της παροχής του αέρα στα διάφορα τμήματα ενός δικτύου αεραγωγών, καθώς επίσης και η πλήρης απομόνωση κάποιου κλάδου. Η κίνηση του διαφράγματος μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα είτε με τη βοήθεια σερβοκινητήρα και κατάλληλου ηλεκτρικού σήματος.
- η δίοδη ρυθμιστική βαλβίδα. Χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής νερού σε κλάδο ενός δικτύου θερμού/ψυχρού νερού. Η ρύθμιση της ποσότητας διέλευσης γίνεται με τη βοήθεια ενός στομίου μεταβλητής διατομής. Η μεταβολή της διατομής του στομίου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια κινητήρα και κατάλληλου μηχανισμού.
- η τρίοδη, τετράοδη βάνα ανάμιξης. Είναι συσκευές με τις οποίες επιτυγχάνεται η ανάμιξη δυο ρευστών διαφορετικής θερμοκρασίας και η παρασκευή ρευστού επιθυμητής θερμοκρασίας.

Βοηθητικές συσκευές επίσης των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης αποτελούν και τα δοχεία διαστολής, οι αυτόματοι πλήρωσης, τα εξαεριστικά, οι βαλβίδες ασφαλείας, οι θερμοστάτες κ.ά.

### 1.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ (Ζ.Ν.Χ.)

Τα συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. κατατάσσονται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του νερού σε: (α) κεντρικά και (β) τοπικά. Τα κεντρικά συστήματα εγκαθίστανται σε κτήρια όπου οι απαιτήσεις για Ζ.Ν.Χ. είναι υψηλές. Σε αυτά το νερό παράγεται από μια κεντρική διάταξη, αποθηκεύεται κεντρικά ή τοπικά και στη συνέχεια διανέμεται στις θέσεις κατανάλωσης. Σε περιπτώσεις μονοκατοικιών ή χώρων με περιορισμένη ζήτηση Ζ.Ν.Χ. η εγκατάσταση ενός τοπικού συστήματος παραγωγής Ζ.Ν.Χ. κρίνεται ως πιο αποδοτική. Τα συστήματα αυτά καλύπτουν τις ανάγκες Ζ.Ν.Χ. του εν λόγω χώρου, ή σε ορισμένες περιπτώσεις τις ανάγκες μίας μόνο θέσης κατανάλωσης.

Τα βασικά συστατικά μέρη ενός συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) είναι: (α) η πηγή θερμότητας, (β) η διάταξη μετάδοσης της θερμότητας, (γ) το σύστημα διανομής και (δ) οι τερματικές συσκευές.

Η θερμότητα που απαιτείται για την παραγωγή του Ζ.Ν.Χ. είναι δυνατό να προέρχεται από:

- την καύση ορυκτού καυσίμου. Στην περίπτωση κεντρικού συστήματος παραγωγής Ζ.Ν.Χ. η θερμότητα παράγεται από συγκρότημα λέβητα-καυστήρα και ως πηγή ενέργειας (καύσιμο) χρησιμοποιείται το ελαφρύ πετρέλαιο ή αέριο καύσιμο (κυρίως το φυσικό αέριο). Εναλλακτικά σε περιπτώσεις, όπου το κτήριο διαθέτει σύστημα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ) ή υπάρχει σύνδεση σε δίκτυο τηλεθέρμανσης, το Ζ.Ν.Χ. παράγεται από την αποδιδόμενη θερμότητα των συστημάτων αυτών. Στα τοπικά συστήματα η χρήση ορυκτού καυσίμου περιορίζεται κυρίως στην εγκατάσταση τοπικών θερμαντήρων φυσικού αερίου.
- τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική με τη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης. Η περίπτωση αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη για τα τοπικά συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. που εγκαθίστανται στην Ελλάδα. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τους διάφορους τύπους ηλεκτρικών θερμαντήρων (ηλεκτρικά θερμοσίφωνα) και ταχυθερμαντήρων. Στα κεντρικά συστήματα η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας είναι περιορισμένη και εμφανίζεται κυρίως ως βοηθητική πηγή ενέργειας με την εγκατάσταση βοηθητικών ηλεκτρικών αντιστάσεων στα δοχεία αποθήκευσης.
- την ηλιακή ενέργεια. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. γίνεται με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται τόσο σε κεντρικά όσο και σε τοπικά συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι τον μικρό κόστος λειτουργίας που περιορίζεται κυρίως στο κόστος συντήρησης του συστήματος. Βασικό μειονέκτημα όμως είναι πως συνήθως δεν να καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες για Ζ.Ν.Χ., καθώς η λειτουργία τους εξαρτάται άμεσα από την διαθεσιμότητα και την ποιότητα (ένταση) της ηλιακής ακτινοβολίας. Για τους λόγους αυτούς όταν εγκαθίστανται χρησιμοποιούνται ως κύρια συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. και λειτουργούν παράλληλα με δευτερεύοντα εφεδρικά συστήματα, πχ. ηλεκτρικές αντιστάσεις, λέβητες-καυστήρες κ.τ.λ.
- τον αέρα, τη γεωθερμική ενέργεια, ή την ενέργεια των επιφανειακών και υπόγειων υδροφορέων. Η αξιοποίηση της θερμότητας φυσικών αποθηκευτών της ηλιακής ενέργειας όπως ο αέρας, οι υδροφορείς, και η αβαθής γεωθερμία, γίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας. Οι αντλίες θερμότητας αντλούν θερμότητα από τις προαναφερθείσες πηγές και παράγουν θερμό νερό. Τα συστήματα αυτά στην πλειονότητα των περιπτώσεων καλύπτουν επίσης και τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου, οπότε ο συνδυασμός αυτός επιτυγχάνεται κυρίως σε κεντρικά συστήματα.
- την ανάκτηση θερμότητας που απορρίπτεται από διάφορες διεργασίες. Η ύπαρξη απορριπτόμενης θερμότητας η οποία δύναται να ανακτηθεί αποτελεί έναν οικονομικό τρόπο παραγωγής Ζ.Ν.Χ. Η δυνατότητα αυτή παρουσιάζεται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις,

σε μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα και σε κτήρια μεγάλης επιφάνειας. Στις περιπτώσεις αυτές ποσά θερμότητας μπορούν να ανακτηθούν από το καυσαέριο των συσκευών καύσης, από τον απορριπτόμενο αέρα των συστημάτων εξαερισμού, κλιματισμού, από τους αγωγούς λυμάτων κ.τ.λ. Ο τρόπος αξιοποίησης της απορριπτόμενης θερμότητας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. εξαρτάται από τη διαθέσιμη παροχή και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του απορριπτόμενου μέσου και της επιθυμητής τιμής του Ζ.Ν.Χ. Στην περίπτωση κατά την οποία το απορριπτόμενο ρεύμα εμφανίζει μικρότερο θερμοκρασιακό επίπεδο ή μικρή παροχή η εκμετάλλευσή του γίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας, ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι δυνατή η υπό όρους άμεση θέρμανση του Ζ.Ν.Χ. με τη βοήθεια ενός εναλλάκτη.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός, η αποδοτική λειτουργία και οι τεχνολογικοί περιορισμοί στη χρήση ορισμένων πηγών ενέργειας επιβάλλουν συχνά την εγκατάσταση ενός συστήματος παραγωγής Ζ.Ν.Χ. το οποίο να αξιοποιεί περισσότερες πηγές ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή προκύπτουν τα συζευγμένα συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. τα οποία ανάλογα με τον αριθμό (ποσότητα) των εναλλακτικών πηγών ενέργειας που αξιοποιούνται χαρακτηρίζονται ως συστήματα διπλής ενέργειας, τριπλής ενέργειας, κ.ο.κ. Για παράδειγμα ένα ηλιακό θερμοσιφωνικό σύστημα με ηλεκτρική αντίσταση ονομάζεται σύστημα διπλής ενέργειας, ενώ αντίστοιχα ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει ηλιακούς συλλέκτες, διάταξη λέβητα-καυστήρα και ηλεκτρική αντίσταση ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων τριπλής ενέργειας.

Η μετάδοση θερμότητας από το σύστημα παραγωγής στο Ζ.Ν.Χ. μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους οι οποίοι είναι:

- **άμεσα.** Στην περίπτωση της άμεσης μετάδοσης, η θερμότητα που παράγεται, μεταδίδεται απευθείας στο Ζ.Ν.Χ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα άμεσων διατάξεων παραγωγής Ζ.Ν.Χ. είναι οι ηλεκτρικοί θερμαντήρες (θερμοσίφωνες) όπου η θερμότητα που παράγεται από την ηλεκτρική αντίσταση θερμαίνει απευθείας το νερό το οποίο στη συνέχεια θα οδηγηθεί στην κατανάλωση. Αμιγή συστήματα με άμεση μετάδοσης θερμότητας είναι όλα τα τοπικά συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης σε σχέση με τα υπόλοιπα, αλλά χαρακτηρίζονται από περιορισμένη δυνατότητα παραγωγής.
- **έμμεσα.** Κατά τον έμμεσο τρόπο μετάδοσης της θερμότητας, ένας ενδιάμεσος φορέας θερμότητας μεσολαβεί μεταξύ της διάταξης παραγωγής θερμότητας και του Ζ.Ν.Χ. Η διάταξη παραγωγής θερμότητας θερμαίνει τον ενδιάμεσο φορέα ο οποίος στη συνέχεια μεταδίδει θερμότητα στο Ζ.Ν.Χ. με τη βοήθεια ενός ενδιάμεσου εναλλάκτη (πχ. σερπαντίνα). Ο ενδιάμεσος φορέας θερμότητας ανάλογα με τη διάταξη παραγωγής μπορεί να είναι θερμό/υπέρθερμο νερό, ατμός, διάλυμα νερού-αντιπηκτικού, ή άλλο ρευστό μετάδοσης θερμότητας. Στην περίπτωση της έμμεσης μετάδοσης θερμότητας είναι προφανές πως η συνολική διάταξη απαιτεί την ύπαρξη δοχείου παρασκευής-αποθήκευσης του Ζ.Ν.Χ. Έμμεσα συστήματα μετάδοσης θερμότητας απαντώνται κυρίως στα κεντρικά συστήματα παραγωγής Ζ.Ν.Χ., με αντιπροσωπευτικές εφαρμογές αυτές των ηλιακών συστημάτων και των συστημάτων παρασκευής Ζ.Ν.Χ. από διατάξεις λέβητα-καυστήρα (boiler).
- **με συνδυασμό των δύο.** Χαρακτηριστική περίπτωση συστήματος συνδυασμένης μετάδοσης θερμότητας αποτελεί το σύστημα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. με ηλιακούς συλλέκτες και ηλεκτρική υποβοήθηση. Στην περίπτωση αυτή η θερμότητα από το ηλιακό σύστημα μεταδίδεται και θερμαίνει το Ζ.Ν.Χ. με τη βοήθεια μιας σερπαντίνας (έμμεση μετάδοση), ενώ η θερμότητα από την ηλεκτρική αντίσταση μεταδίδεται απευθείας στο Ζ.Ν.Χ. (άμεση μετάδοση). Τα συστήματα αυτά είναι τα πλέον διαδεδομένα συστήματα του κτηριακού τομέα που αφορά χρήση κατοικίας καθώς παρουσιάζουν υψηλή διαθεσιμότητα και αξιοπιστία.

Το σύστημα διανομής του Ζ.Ν.Χ. αποτελείται από τις σωληνώσεις διανομής και χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των τερματικών συσκευών με Ζ.Ν.Χ. Τα δίκτυα διανομής Ζ.Ν.Χ. κατασκευάζονται κυρίως από χαλύβδινους σωλήνες, ενώ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και σωλήνες χαλκού ή πλαστικού από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HD-PEX). Οι σωληνώσεις τέλος πρέπει να μονώνονται κατάλληλα για την ελαχιστοποίηση των θερμικών τους απωλειών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ.

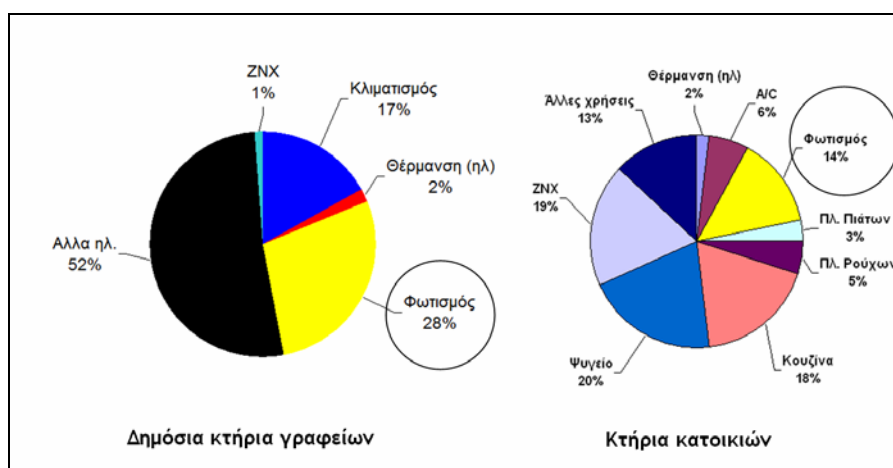
Τερματικές συσκευές του Ζ.Ν.Χ. αποτελούν οι κρουνοί υγιεινής και οι συσκευές που απαιτούν για τη λειτουργία τους ζεστό νερό, πχ. συσκευές πλύσης.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΓΙΑ ΕΝΟΤΗΤΕΣ 1.1, 1.2, 1.3.**

1. Πασπαλάς, Κ.Γ. Καυστήρες – Λέβητες, Σύλλογος Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Βορείου Ελλάδας, ISBN 960-85787-3-6, 2001.
2. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Κλιματισμός κτηριακών χώρων». ΦΕΚ 177/Β/31-3/88, Έκδοση Γ'.
3. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων». Έκδοση Ε'.
4. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης». Υπουργική Απόφαση Αριθ. οικ.17178/2010 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων», ΦΕΚ 1387/2-9-2010, έκδοση Β'.

## 1.4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ο φωτισμός καταναλώνει το 19% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό ισοδυναμεί στο 2%-3% της συνολικής ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής) που καταναλώνει ο πλανήτης ετησίως. Στα κτήρια ειδικότερα, ο φωτισμός απαιτεί το 25%-35% της συνολικής κατανάλωσής τους σε ενέργεια. Το ποσοστό αυτό εκφράζεται σε τεράστιες ποσότητες ενέργειας παγκοσμίως (2650 τρισεκατομμύρια kWh ετησίως). Στην Ελλάδα η συμμετοχή του φωτισμού στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε δημόσια κτήρια γραφείων και κατοικίες παρουσιάζεται στο κατωτέρω σχήμα.

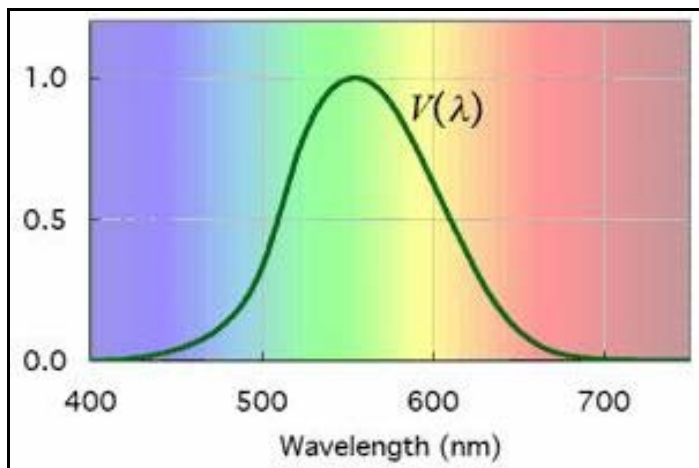


**Σχήμα 1.4.1** Συμμετοχή του φωτισμού στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε δημόσια κτήρια γραφείων και κατοικίες, (Σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης 6/2008 του Υπ. Ανάπτυξης).

Είναι προφανές ότι η εισαγωγή σύγχρονων συστημάτων φωτισμού δεν πρέπει να στοχεύει μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και να συνεισφέρει στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Κατ' αυτό τον τρόπο η βελτίωση της ποιότητας ζωής θα συνοδεύεται από την ταυτόχρονη ορθολογική διαχείριση των ενεργειακών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος. Η ορθή επιλογή των συστημάτων θα πρέπει να βασίζεται στην ισορρόπηση μεταξύ της απόδοσης και της αισθητικής με συνδυασμένη χρήση φυσικού-τεχνητού φωτισμού καθώς και υιοθέτηση τεχνολογιών ρύθμισης της φωτεινής ροής τους συμβάλλοντας στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

### 1.4.1. Βασικά μεγέθη φωτομετρίας

Όραση. Το φως γίνεται αντιληπτό από τον ανθρώπινο οφθαλμό μέσω φωτοαισθητήρων που βρίσκονται στον αμφιβληστροειδή. Η ευαισθησία αυτών των αισθητήρων μεγιστοποιείται στα 555 nm του φάσματος και βαίνει μειούμενη μέχρι τελικού μηδενισμού της όταν φθάσει στα όρια του ορατού φάσματος, που είναι τα 380 nm προς το υπεριώδες και τα 780 nm προς το υπέρυθρο. Η φασματική ευαισθησία της ανθρώπινης όρασης καθορίζεται από την καμπύλη  $V(\lambda)$  της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού (CIE).



**Σχήμα 1.4.2** Τυποποιημένη καμπύλη (CIE) φασματικής ευαισθησίας του ανθρώπινου οφθαλμού.

Φωτεινή ροή (Luminous flux). Η ποσότητα της φωτεινής ενέργειας που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή στη μονάδα του χρόνου εκφράζεται από τη φωτεινή ισχύ της. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται φωτεινή ροή και μετράται σε lumen (lm). Η φωτεινή ροή  $\Phi$  εξαρτάται από την ισχύ της ακτινοβολίας  $P(\lambda)$ · όσο πιο ισχυρή η ακτινοβολία, τόσο περισσότερο φως θα εκπέμπεται. Όμως, η ισχύς της ακτινοβολίας δεν καθορίζει αμφιμονοσήμαντα τη φωτεινή ροή διότι σημαντικό ρόλο παίζει η περιοχή του ορατού φάσματος στην οποία εκπέμπεται η ακτινοβολία· το μέρος της που εκπέμπεται στο κέντρο του φάσματος θα γίνεται πιο “έντονα” αντιληπτό από τον οφθαλμό (περισσότερο φως) ενώ τα μέρη της στις παρυφές του φάσματος θα διεγείρουν πολύ λιγότερο τον οφθαλμό (λιγότερο φως). Άρα η φωτεινή ροή εξαρτάται από την ισχύ της ακτινοβολίας  $P(\lambda)$  πολλαπλασιασμένη φασματικά με την ευαισθησία του οφθαλμού  $V(\lambda)$ :

$$\Phi = K_m \cdot \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d(\lambda) \quad (1.4.1)$$

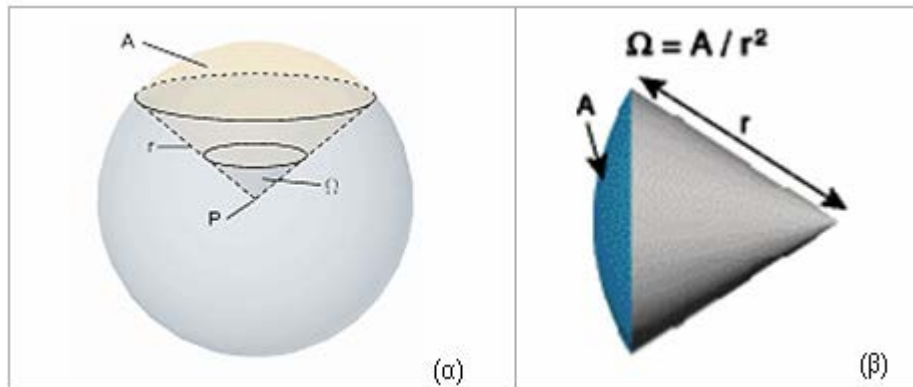
όπου  $K_m = 683 \text{ lumen/W}$  είναι η μέγιστη φασματική απόδοση ακτινοβολίας.

Η φωτεινή ροή που αποδίδει ο λαμπτήρας και η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνει για την παραγωγή αυτής της φωτεινής ροής είναι δύο από τα βασικότερα χαρακτηριστικά μεγέθη σύγκρισης των λαμπτήρων. Ο βαθμός απόδοσης (φωτεινή δραστηριότητα) των φωτεινών πηγών και των φωτιστικών σωμάτων δίνεται σε μονάδες φωτεινής ροής προς την αντίστοιχη συνολική ισχύ (lumen/W).

Στερεά γωνία (Solid angle). Για τους φωτομετρικούς υπολογισμούς απαιτείται ο καθορισμός του μέσου εντός του οποίου διαδίδεται το φως. Κατ’ αντιστοιχία π.χ. με τους ηλεκτροτεχνικούς υπολογισμούς όπου το ρεύμα θεωρείται ότι μεταφέρεται μέσα σε αγωγούς κυλινδρικού σχήματος, η φωτεινή ροή θεωρείται ότι εκπέμπεται εντός κωνικής επιφάνειας με κορυφή την πηγή και με την παραδοχή ότι η φωτεινή πηγή είναι σημειακή. Αυτή η κωνική επιφάνεια είναι η στερεά γωνία  $\Omega$ . Για τον ορισμό της θεωρείται ιδεατή σφαίρα, στο κέντρο της οποίας ευρίσκεται η φωτεινή πηγή που ταυτίζεται με την κορυφή της κωνικής επιφάνειας. Ορίζεται ως στερεά γωνία  $\Omega$  το πηλίκο της επιφάνειας  $A$  που αποκόπτει η κωνική επιφάνεια από την ιδεατή σφαίρα προς το τετράγωνο της ακτίνας  $r$  της σφαίρας:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (1.4.2)$$

Η στερεά γωνία μετράται σε στερακτίνια (steradian) sr ( $1\text{sr}=1\text{m}^2/\text{m}^2$ ). Δημιουργείται από την πλήρη περιστροφή της μιας πλευράς επίπεδης γωνίας  $\gamma$  διατηρώντας σταθερή την άλλη πλευρά της. Η τιμή της στερεάς γωνίας υπολογίζεται από τη σχέση  $\Omega=2\cdot\pi\cdot(1-\cos\gamma)$ .



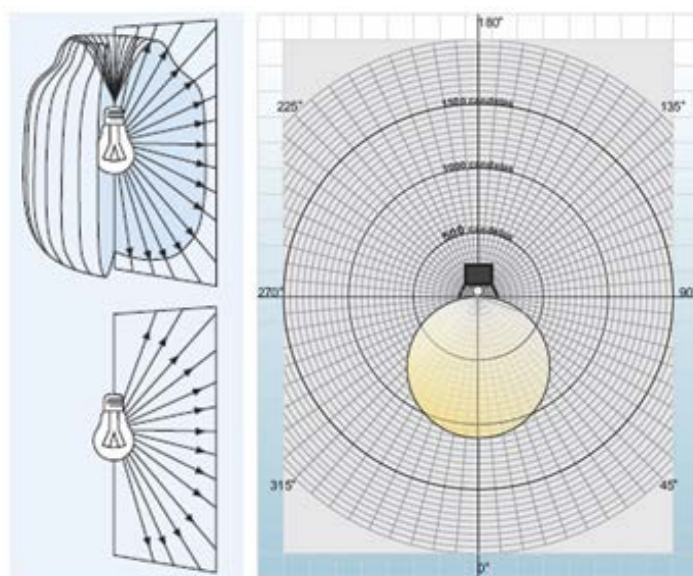
**Σχήμα 1.4.3** Ορισμός (α) και μέτρηση (β) στερεάς γωνίας.

Φωτεινή ένταση (Luminous intensity). Κρίσιμο μέγεθος για τη διεξαγωγή φωτοτεχνικών υπολογισμών και μελετών είναι η κατευθυντικότητα εκπομπής της φωτεινής ροής από την πηγή. Ορίζεται ως φωτεινή ένταση ( $I$ ) της φωτεινής πηγής προς συγκεκριμένη κατεύθυνση, η ποσότητα της φωτεινής ροής  $d\Phi$  που εκπέμπει η πηγή στην κατεύθυνση αυτή προς τη στερεά γωνία  $d\Omega$  εντός της οποίας εκπέμπεται:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1.4.3)$$

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης είναι candela ( $1\text{cd}=1\text{lm}/\text{sr}$ ).

Η κατανομή της φωτεινής έντασης μιας φωτεινής πηγής στο χώρο περιγράφεται από φωτομετρικό διάγραμμα σε πολικές συντεταγμένες (διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης). Συνήθως δίδεται ανηγμένη σε  $1000\text{ lm}$  ροής των λαμπτήρων του φωτιστικού ( $\text{cd}/1\text{klm}$ ).



**Σχήμα 1.4.4** Πολική κατανομή φωτεινής έντασης.

Ένταση φωτισμού (Illuminance). Το μέγεθος με το οποίο μετράται η στάθμη φωτισμού σε μια φωτιζόμενη επιφάνεια είναι η ένταση φωτισμού  $E$  η οποία ορίζεται ως το πηλίκο της φωτεινής ροής  $d\Phi$  που προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια προς το εμβαδόν  $dA$  της επιφάνειας αυτής:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1.4.4)$$

Η μονάδα της έντασης φωτισμού είναι lux ( $1\text{lux}=1\text{lm}/\text{m}^2$ ). Οι συγκεκριμένες απαιτήσεις για το φωτισμό κάθε δραστηριότητας κατά τη διεξαγωγή μελετών φωτισμού δίδονται σε τιμές έντασης φωτισμού (lux). Η ένταση φωτισμού μετράται με ειδικά φωτόμετρα που ονομάζονται μετρητές έντασης φωτισμού (luxmeters).

Λαμπρότητα (Luminance). Δύο φωτεινές πηγές που εκπέμπουν με ταυτόσημη φωτεινή ένταση δεν φαίνονται το ίδιο από τον παρατηρητή. Η πηγή με τις μικρότερες διαστάσεις φαίνεται πιο εκτυφλωτική. Το χαρακτηριστικό αυτό εκφράζεται με τη λαμπρότητα  $L$  που ορίζεται από το πηλίκο της φωτεινής έντασης  $I$  στην κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδόν  $A$  της επιφάνειας της φωτεινής πηγής (αυτόφωτης ή ετερόφωτης) όπως φαίνεται αυτή από τον παρατηρητή:

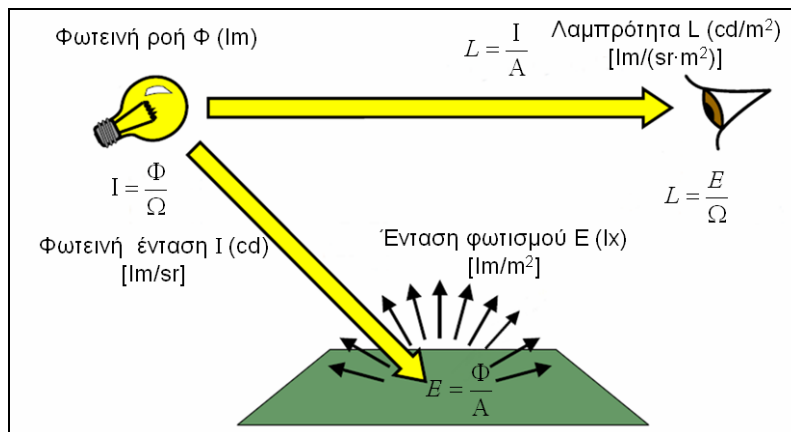
$$L = \frac{I}{A} \quad (1.4.5)$$

Η λαμπρότητα είναι το μοναδικό βασικό φωτομετρικό μέγεθος που γίνεται αντιληπτό από τον ανθρώπινο οφθαλμό. Μονάδας μέτρησης της λαμπρότητας είναι η candela ανά τετραγωνικό μέτρο ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Στις περισσότερες περιπτώσεις μελετών οδοφωτισμού τα όρια σχεδιασμού δίνονται σε τιμές λαμπρότητας.

Θερμοκρασία χρώματος. Η θερμοκρασία χρώματος είναι το μέτρο για να περιγραφεί το χρώμα των φωτεινών πηγών. Εκφράζεται με την ισοδύναμη θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin (K) στην οποία όταν βρεθεί το μέλαν σώμα του Max Planck θα παράγει φως του ίδιου χρώματος με τη φωτεινή πηγή. Η φωτεινή απόχρωση πηγών με θερμοκρασία χρώματος μικρότερη των 3.300K χαρακτηρίζεται ως θερμή, με θερμοκρασία χρώματος στην περιοχή 3.300K-5.300K ουδέτερη και άνω των 5.300K ψυχρή.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης  $R_a$ . Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης  $R_a$  εκφράζει την ποιότητα απόδοσης των χρωμάτων από τη φωτεινή πηγή. Ο δείκτης  $R_a$  μιας πηγής αποτελεί ένδειξη της ικανότητας ρεαλιστικής αναπαραγωγής του χρώματος των αντικειμένων. Παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 100 (20-40 κατηγορία 4, 40-60 κατηγορία 3, 60-80 κατηγορία 2, 80-90 κατηγορία 1B, 90-100 κατηγορία 1A), όπου οι χαμηλές τιμές (20-60) υποδεικνύουν κακή ποιότητα απόδοσης χρωμάτων ενώ οι υψηλές τιμές (80-100) καλή έως άριστη ποιότητα.

Συσχετισμός των βασικών μεγεθών. Έχοντας ορίσει τα βασικότερα φωτομετρικά μεγέθη, γίνεται αντιληπτό ότι τα μεγέθη αυτά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά η τιμή του ενός επηρεάζει τις τιμές των υπολοίπων. Στο παρακάτω σχήμα παρατίθεται γραφικά η μεταξύ τους συσχέτιση. Το βασικό μέγεθος που αποτελεί αφετηρία και σημείο αναφοράς είναι η φωτεινή ροή  $\Phi$ . Από τη φωτεινή ροή προκύπτει η φωτεινή ένταση  $I$  και η ένταση φωτισμού  $E$ . Τόσο από τη φωτεινή ένταση  $I$  όσο και από την ένταση φωτισμού  $E$ , μπορεί να υπολογισθεί η λαμπρότητα  $L$ .



**Σχήμα 1.4.5** Συσχέτιση μεταξύ των βασικών φωτομετρικών μεγεθών.

### 1.4.2. Φωτεινές πηγές

Η κατάλληλη επιλογή του λαμπτήρα σε μια εγκατάσταση φωτισμού είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την επιζητούμενη οπτική άνεση και την ορθολογική χρήση της ενέργειας. Υπάρχει ένα πλήθος τύπων λαμπτήρων με διαφορετική αρχή λειτουργίας, χρήση, διαστάσεις, ισχύ και τάση λειτουργίας. Οι λαμπτήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν συνολικά σε τρεις βασικές ομάδες με βάση την αρχή λειτουργία τους: α) Πυρακτώσεως, β) Εκκενώσεως και γ) φωτοεκπέμπουσες δίοδοι.

#### 1.4.2.1. Πυρακτώσεως

Η λειτουργία τους βασίζεται στην πυράκτωση του νήματος βολφραμίου που περιλαμβάνουν. Ορισμένοι τύποι περιέχουν αλογόνο (π.χ. ιώδιο ή βρώμιο) ως αέριο πλήρωσης του κώδωνα με στόχο την αύξηση της απόδοσής τους και της διάρκειας ζωής τους. Για τη λειτουργία τους δεν χρειάζονται βοηθητικές διατάξεις εκτός από κάποιους τύπους που χρειάζονται μετασχηματιστή λόγω της χαμηλής τάσης λειτουργίας τους (συνήθως 12V). Οι βασικότερες κατηγορίες είναι: α) κοινοί, β) αλογόνου, γ) αλογόνου τύπου σποτ με διχρωμικό ανακλαστήρα.

#### 1.4.2.2. Εκκενώσεως

Η λειτουργία τους βασίζεται στο φαινόμενο της εκκένωσης κατά την οποία ιονίζονται τα άτομα του αερίου που περιέχουν. Το είδος του αερίου και η πίεση στην οποία βρίσκεται προσδίδουν και το όνομα του λαμπτήρα (π.χ. ατμών υδραργύρου, ατμών νατρίου υψηλής πίεσης κλπ). Για τη λειτουργία τους απαιτείται σύστημα έναυσης και λειτουργίας (ballast) και σε ορισμένες περιπτώσεις εκκινήτης (starter). Οι βασικότερες κατηγορίες είναι:

1) Φθορισμού: Είναι λαμπτήρες εκκενώσεως χαμηλής πίεσης στους οποίους το φως παράγεται κυρίως από φθορίζουσες επιστρώσεις στο τοίχωμα του λαμπτήρα οι οποίες ενεργοποιούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία που παράγεται από διεγερμένα άτομα υδραργύρου που περιέχεται σε υγρή και αέρια μορφή στον λαμπτήρα.

2) Επαγωγής: Είναι λαμπτήρες εκκενώσεως χαμηλής πίεσης όπου η εκκένωση προκαλείται από επαγωγικό πηνίο. Η εκκένωση εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία διεγείρει τη φθορίζουσα επιστρώση στο τοίχωμα του λαμπτήρα. Οι σύγχρονοι επαγωγικοί λαμπτήρες δεν απαιτούν πλέον φωτιστικά σώματα με ειδική ηλεκτρομαγνητική θωράκιση όπως παλαιότερα για την εξουδετέρωση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών που δημιουργούσαν.

3) Εκκένωσης υψηλής έντασης (High Intensity Discharge - HID): Στην οικογένεια των λαμπτήρων εκκένωσης υψηλής έντασης ανήκουν τέσσερις μεγάλες υποκατηγορίες λαμπτήρων, κάθε μια από τις οποίες έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αναλόγως το είδος του αερίου που περιέχουν: α) ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης, β) μεταλλικών αλογονιδίων, γ) ατμών νατρίου υψηλής πίεσης και δ) ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης.

Όλοι οι λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης παράγουν φως με τη βοήθεια της εκκένωσης ηλεκτρικού τόξου σε σωλήνα στο εσωτερικό του κώδωνα. Ο σωλήνας αυτός περιλαμβάνει αέριο έναυσης (συνήθως ένα μείγμα αργού, νέου, ξένου) που είναι σχετικά εύκολο να ιονιστεί σε χαμηλή πίεση και κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα περιέχει μέταλλα ή ενώσεις μετάλλων με αλογόνα τα οποία εξαχνώνονται κατά την εκκένωση και παράγουν ακτινοβολία. Το φάσμα του παραγόμενου φωτός εξαρτάται από το είδος αυτών των μετάλλων.

#### 1.4.2.3. Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LED)

Οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι ή αλλιώς φωτοδίοδοι (Light Emitting Diodes) είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n που εκπέμπουν ακτινοβολία όταν εφαρμοσθεί τάση στους δυο ημιαγωγούς. Το φως που εκπέμπεται από τους ημιαγωγούς εκτείνεται σε μια ευρεία περιοχή του φάσματος, από το χαμηλό όριο ορατής ακτινοβολίας (ιώδες) έως πολύ μεγάλα μήκη υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το τελικό επιθυμητό χρωματικό αποτέλεσμα προκύπτει από το συνδυασμό των ημιαγωγίμων υλικών. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υλικών είναι ραγδαία με αποτέλεσμα ο βαθμός της απόδοσής τους να αυξάνει συνεχώς. Μέχρι στιγμής η απόδοσή τους έχει μόλις ξεπεράσει τα 140lm/W, ενώ ερευνητικά έχουν αναπτυχθεί φωτοδίοδοι των οποίων η απόδοση φτάνει τα 180lm/W χωρίς να συνυπολογίζεται η αρνητική επίδραση λόγω απορροφήσεων από τα επιπρόσθετα οπτικά συστήματα (π.χ. φακοί) στους ημιαγωγούς.

#### 1.4.2.4. Σύγκριση λαμπτήρων

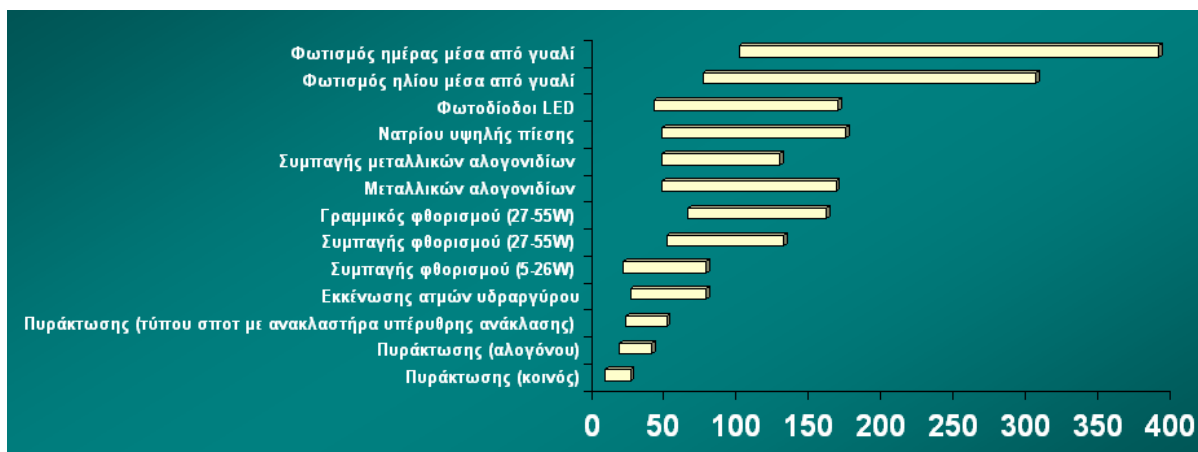
Στον πίνακα 1.4.1 γίνεται συγκριτική αντιπαράθεση διαφορετικών τύπων λαμπτήρων για διαφορετικά κριτήρια ενώ στο σχήμα 1.4.6 παρουσιάζεται ο βαθμός απόδοσής τους.

**Πίνακας 1.4.1** Συγκριτικός πίνακας χαρακτηριστικών διαφόρων τύπων λαμπτήρων.

| Τύπος<br>λαμπτήρα       | Πυρακτώ-<br>σεως | Αλογόνου | Υδραργύ-<br>ρου | Ατμών<br>νατρίου<br>υψηλής<br>πίεσης | Ατμών<br>νατρίου<br>χαμηλής<br>πίεσης | Μεταλλικών<br>αλογονιδίων<br>ν | Φθορισμού | LED |
|-------------------------|------------------|----------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-----------|-----|
| Απόδοση                 | -                | -        | -               | +                                    | +                                     | +                              | +         | *   |
| Θερμοκρασία<br>χρώματος | +                | +        | -               | +                                    | -                                     | +                              | +         | +   |
| Χρωματική<br>απόδοση    | +                | +        | -               | -                                    | -                                     | +                              | +         | +   |
| Διάρκεια ζωής           | -                | -        | +               | +                                    | +                                     | +                              | +         | +   |
| Χρόνος<br>έναυσης       | +                | +        | -               | -                                    | -                                     | +                              | +         | +   |
| Χρόνος<br>επανέναυσης   | +                | +        | -               | +                                    | +                                     | +                              | +         | +   |
| Ύπαρξη<br>υδραργύρου    | X                | X        | √               | √                                    | √                                     | √                              | √         | X   |
| Dimming                 | √                | √        | X               | √                                    | √                                     | √                              | √         | √   |
| Ballast                 | X                | X        | √               | √                                    | √                                     | √                              | √         | X   |

\*Αναλόγως της ποιότητάς τους η απόδοση μεταβάλλεται

+: πλεονέκτημα, -: μειονέκτημα, X: δεν υπάρχει ή δεν είναι αναγκαίο και √: υπάρχει ή είναι απαραίτητο.



**Σχήμα 1.4.6** Απόδοση λαμπτήρων σε  $lm/W$  συμπεριλαμβανομένου του συστήματος έναυσης και λειτουργίας όπου αυτό απαιτείται.

### 1.4.3. Διατάξεις έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων εκκένωσης (ballasts) και διατάξεις ελέγχου φωτισμού

#### 1.4.3.1. Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (Electronic Ballasts)

Το ηλεκτρονικό σύστημα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων (Electronic Ballast, EB) είναι ένα απαραίτητο εξάρτημα για να λειτουργήσουν οι λαμπτήρες εκκένωσης (φθορισμού, υψηλής έντασης κλπ). Μέχρι πρότινος χρησιμοποιούνταν το συμβατικό μαγνητικό ballast, στραγγαλιστικό πηνίο (Σχήμα 1.4.7α), το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλές απώλειες και χαμηλή απόδοση λαμπτήρα. Η κατηγορία αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ επιτρέπονται μόνο μαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία υψηλής απόδοσης με προοπτική να αντικατασταθούν πλήρως από ηλεκτρονικά. Σήμερα, σχεδόν κανένα νέο φωτιστικό φθορισμού δεν φέρει συμβατικό μαγνητικό ballast αφού πρακτικά δεν διατίθεται στην Ευρώπη. Χρησιμοποιούνται ακόμη στα φωτιστικά εξωτερικών χώρων με λαμπτήρες εκκενώσεως αλλά και εκεί τα ηλεκτρονικά (Σχήμα 1.4.7β) κάνουν βαθμιαία τη διείσδυσή τους οπότε είναι θέμα χρόνου η ολοκληρωτική εξαφάνισή τους από την αγορά.



**Σχήμα 1.4.7** Ballast. α: Ηλεκτρομαγνητικό, β: Ηλεκτρονικό.

Τα EBs δεν προκαλούν φωτεινή μαρμαρυγή και χαρακτηρίζονται από αθόρυβη λειτουργία σε αντίθεση με τα συμβατικά τα οποία προκαλούν πρόβλημα μαρμαρυγής και θόρυβο (λόγω ατελειών στο πηνίο) κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους. Η αιτία της διαφοροποίησης αυτής είναι το γεγονός ότι τα EBs λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες ( $>24kHz$ ) σε σχέση με τα 50 Hz των συμβατικών.

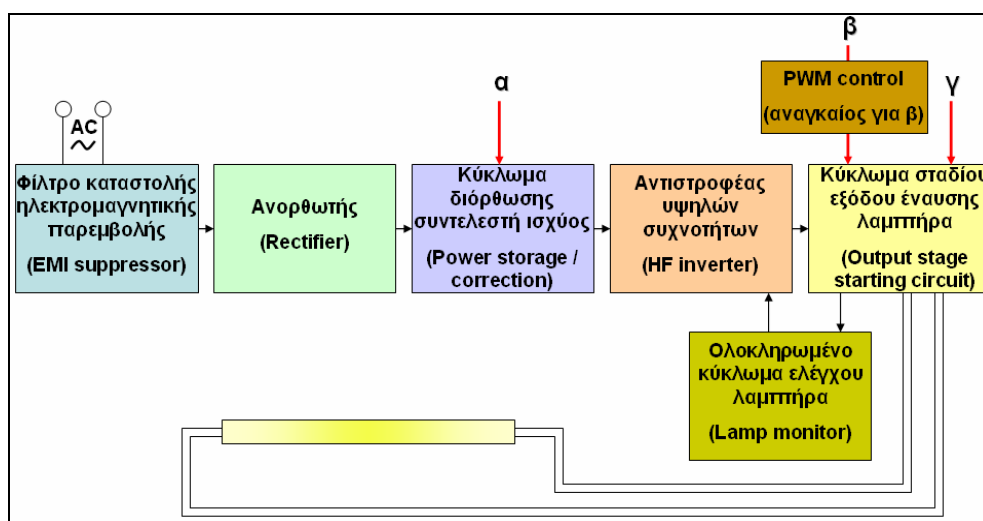
Επίσης η χρησιμοποίησή τους μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25%. Η εξοικονόμηση οφείλεται κυρίως α) στην καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα, β) στη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα και γ) στις μικρότερες απώλειες ενέργειας από ότι στο συμβατικό μαγνητικό ballast.

Υπάρχουν και άλλοι λόγοι για τους οποίους εξοικονομείται ενέργεια και κόστος λόγω της χρησιμοποίησης ηλεκτρονικών ballast: 1) Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast. 2) Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί ενώ το συμβατικό συνεχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια. 3) Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων με αντίστοιχη μείωση του κόστους αντικατάστασης των λαμπτήρων. 4) Βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων, δηλαδή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ό,τι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast επηρεάζοντας έτσι την εγκατεστημένη ισχύ.

#### 1.4.3.2. Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts)

Η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας με την αξιοποίησή του από τεχνολογίες αυτοματισμών που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με μαγνητικά ballast ή απλά EB. Ρυθμίζουν (dimming) την ένταση φωτισμού του λαμπτήρα μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού. Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Επίσης επιτρέπουν την ένταξη της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης (BMS). Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ballast διότι αυτά, πρακτικά, δεν συνεργάζονται με τα συστήματα BMS. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BMS κυμαίνεται από 10% έως 35% ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Συσκευές ελέγχου των EDBs είναι συνήθως: α) Αυτόματες και χειροκίνητες συσκευές σχεδιασμένες για ηλεκτρικό έλεγχο της ρύθμισης της έντασης φωτισμού ενός λαμπτήρα φθορισμού ή μιας οποιαδήποτε πηγής φωτισμού (automatic and manual dimmers). β) Αισθητήρες φωτισμού (photosensors) οι οποίοι μειώνουν την ένταση φωτισμού όταν ανιχνεύουν ανάλογη ποσότητα φυσικού φωτισμού. γ) Ολοκληρωμένα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (energy management systems) σε κτήρια, που μειώνουν την ένταση φωτισμού κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής των φορτίων και τις βραδινές ώρες.

Γενικά τα EDBs διακρίνονται σε αυτά με αναλογικό σήμα ελέγχου (0-10V DC σήμα) και σε αυτά με ψηφιακό σήμα ελέγχου (πλατφόρμες και πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως τα LonWorks, DALI, DMX-512 και DSI). Ο έλεγχος της ισχύος στο λαμπτήρα πραγματοποιείται κυρίως με τρεις μεθοδολογίες (σχήμα 1.4.8):



Σχήμα 1.4.8 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ενός EDB με επισήμανση των σημείων ελέγχου της ισχύος του λαμπτήρα.

α) Με ρύθμιση της DC τροφοδοσίας του εσωτερικού κυκλώματος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος του EDB, σχήμα 1.4.8 (α). Το μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρύτατη κλίμακα ελέγχου.

β) Με διαμόρφωση εύρους παλμών (Pulse Width Modulation) μετά την αντιστροφή των υψηλών συχνοτήτων, σχήμα 1.4.8 (β). Με τη PWM χρειάζεται ένα επιπλέον κύκλωμα για να διατηρείται η θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια του λαμπτήρα.

γ) Με μεταβολή της συχνότητας λειτουργίας του εσωτερικού κυκλώματος σταδίου εξόδου έναυσης του λαμπτήρα, σχήμα 1.4.8 (γ). Αυτή η μεθοδολογία είναι η πιο διαδεδομένη.

#### **1.4.3.3. Χρονοδιακόπτες (Time switches)**

Οι χρονοδιακόπτες είναι ηλεκτρονικά ή μηχανικά συστήματα, τα οποία ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τα κυκλώματα φωτισμού για προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα. Τα χρονικά διαστήματα προσαρμόζονται στις ανάγκες των χρηστών του χώρου. Οι χρονοδιακόπτες μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς διακόπτες χωρίς να υπάρχει ανάγκη επιπλέον καλωδίωσης. Οι χρονοδιακόπτες ομαδοποιούνται ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους σε απλούς μηχανικούς με ελατήριο έως σύνθετους με μικροεπεξεργαστές που μπορούν να προγραμματίσουν μια ακολουθία γεγονότων για ένα ολόκληρο έτος. Κατά κανόνα, πρέπει να υπάρχει κάποια επιλογή παράκαμψης από τους χρήστες, ώστε να λαμβάνονται υπόψη τυχόν αποκλίσεις από το προκαθορισμένο πρόγραμμα.

#### **1.4.3.4. Αισθητήρες φωτισμού (Photosensors)**

Η βασική λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι η παραγωγή μιας τάσης ελέγχου η οποία εξαρτάται από τη στάθμη φωτισμού στο χώρο. Η λειτουργία του αισθητήρα είναι σύνθετη επειδή εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως: α) η κατανομή του φωτισμού στο χώρο που βρίσκεται ο αισθητήρας, β) η φασματική κατανομή του φυσικού και τεχνητού φωτισμού και γ) οι ρυθμίσεις της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα (commissioning). Ο αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης μονάδα ελέγχου που εμπεριέχει ειδικό φακό για την είσοδο του φωτισμού, φωτοκύτταρο και το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου. Ο αισθητήρας μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε ένα σήμα εξόδου, το οποίο ελέγχει τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας (EDB) των λαμπτήρων ή το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας του κτηρίου. Το σήμα εξόδου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 0-10V.

#### **1.4.3.5. Αισθητήρες παρουσίας / κίνησης (Occupancy sensors)**

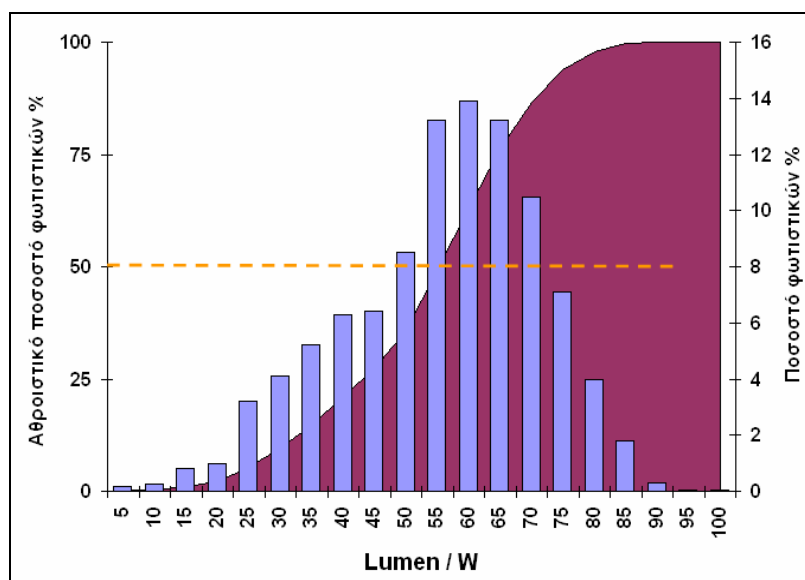
Οι αισθητήρες παρουσίας διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία των κυκλωμάτων φωτισμού που ελέγχουν και σε ορισμένες περιπτώσεις το σύστημα κλιματισμού (HVAC), όταν δεν ανιχνεύουν ανθρώπινη παρουσία στους χώρους στους οποίους είναι τοποθετημένοι. Έτσι μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου. Οι περισσότεροι αισθητήρες διαθέτουν χειροκίνητες και αυτόματες επιλογές για τη ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και τη ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται κίνηση στο χώρο που ελέγχει. Ο ανιχνευτής κίνησης συλλέγει τα δεδομένα εισόδου χρησιμοποιώντας συνήθως ηχητικά κύματα (υπέρηχους), υπέρυθρη ακτινοβολία ή μικροκύματα. Υπάρχουν και αισθητήρες διπλής λειτουργίας οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν και υπέρυθρη ακτινοβολία αλλά και υπέρηχους. Σε γενικές γραμμές οι αισθητήρες αυτοί έχουν τις εξής τρεις ρυθμίσεις: α) αυτόματης ή χειροκίνητης έναυσης, β) αυτόματης ή χειροκίνητης σβέσης και γ) χρόνου αναμονής. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με το συνδυασμό χειροκίνητης έναυσης και αυτόματης σβέσης.

#### 1.4.4. Φωτιστικά σώματα

Ως φωτιστικό σώμα θεωρείται η διάταξη που στεγάζει τους λαμπτήρες και τα όργανά τους και τα συνδέει με το δίκτυο τροφοδοσίας. Τα αποδοτικότερα φωτιστικά εκτρέπουν τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων τους με κατάλληλους ανακλαστήρες ώστε το μεγαλύτερο μέρος της να είναι αξιοποιήσιμο (υψηλός δείκτης απόδοσης φωτιστικού LOR). Οι λαμπτήρες εκκένωσης απαιτούν ειδικό εξοπλισμό (ballast), ο οποίος τοποθετείται στο εσωτερικό των φωτιστικών σωμάτων. Το ballast επιλέγεται σύμφωνα με προδιαγραφές ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία των λαμπτήρων και η προβλεπόμενη διάρκεια ζωής τους. Στο εμπόριο κυκλοφορεί πλήθος φωτιστικών σωμάτων αναλόγως της χρήσης τους (εξωτερικά, οροφής, χωνευτά, κρεμαστά, ράγας).

Τα φωτιστικά σώματα οφείλουν να πληρούν συγκεκριμένες φωτοτεχνικές και ηλεκτροτεχνικές προδιαγραφές σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα τις οποίες ο κατασκευαστής τους είναι υποχρεωμένος να εξασφαλίζει. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι: α) η ασφαλής λειτουργία, β) η κατάλληλη διαμόρφωση του οπτικού συστήματος για την αποδοτική κατανομή της φωτεινής ροής των λαμπτήρων (τα πιο αποδοτικά φωτιστικά περιλαμβάνουν ανακλαστήρα από ανοδιωμένο αλουμίνιο αυξημένης καθαρότητας, σχεδιασμένο από εξειδικευμένα προγράμματα και προσωπικό), γ) η προστασία των λαμπτήρων από μηχανικές καταπονήσεις, δ) η εύκολη απαγωγή της θερμότητας από τη λειτουργία των λαμπτήρων, ε) η εύκολη τοποθέτηση και συντήρηση (σημαντικός παράγοντας για δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας με αντικατάσταση φωτιστικών), στ) ο περιορισμός της θάμβωσης με χρήση περσίδων χωρίς υπέρμετρη αποκοπή φωτισμού, ζ) η εναρμόνιση της παρουσίας του στις λειτουργικές και αρχιτεκτονικές συνθήκες του χώρου και η) η συμβατότητα με διατάξεις ελέγχου φωτισμού (πρόβλεψη για τοποθέτηση αισθητήρα σύζευξης φυσικού – τεχνητού φωτισμού ή ενσωμάτωση ηλεκτρονικού ballast με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού).

Η επιλογή των φωτιστικών σωμάτων σύμφωνα με το βαθμό απόδοσής τους είναι πλέον από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αφού ένας μεγάλος αριθμός τους (σχήμα 1.4.9) δεν πληροί τους εθνικούς κανονισμούς (όριο Κ.Εν.Α.Κ. 55lm/W).



**Σχήμα 1.4.9** Κατάταξη 16.000 φωτιστικών σωμάτων με βάση το βαθμό απόδοσής τους (lm/W). Πηγή: VITO et al. (2007), Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs, Final Report Lot 8: Office lighting

#### 1.4.4.1. Είδη φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα ανάλογα με το χώρο που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν διακρίνονται σε:

α) γενικού εσωτερικού φωτισμού (γραφείου, οικιακής και βιομηχανικής χρήσης), τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν στην οροφή, τοίχο ή δάπεδο, β) εσωτερικού ή εξωτερικού φωτισμού αισθητικής χρήσης (διακοσμήσεων και τοπικού φωτισμού), τα οποία μπορεί να είναι φορητά ή σταθερής τοποθέτησης και γ) εξωτερικού φωτισμού για γενική χρήση (για φωτισμό κήπων, οδών κλπ).

Οι πιο διαδεδομένοι τύποι φωτιστικών σωμάτων γενικής χρήσης μπορούν να καταταγούν σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες (σχήμα 1.4.10):

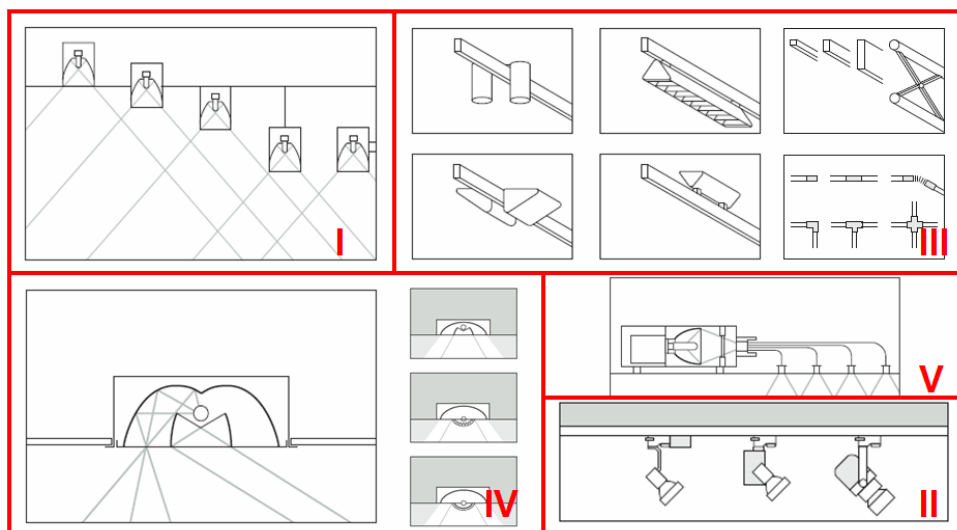
I) Φωτιστικά σώματα σταθερής τοποθέτησης. Στη κατηγορία αυτή ανήκει η πλειοψηφία των φωτιστικών σωμάτων. Η κατανομή της φωτεινής ροής τους είναι σταθερή.

II) Φωτιστικά σώματα με δυνατότητα στρέψης. Σε αντίθεση με τα φωτιστικά σώματα σταθερής τοποθέτησης αυτά έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλουν την κατανομή της φωτεινής ροής καθώς και να μετακινούνται σε προκαθορισμένες θέσεις. Συνήθως τοποθετούνται σε ράγα ή σε συστήματα προφίλ.

III) Προφίλ φωτιστικών σωμάτων. Το ίδιο το σώμα των φωτιστικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό στοιχείο.

IV) Φωτιστικά σώματα έμμεσου φωτισμού. Τα φωτιστικά σώματα αυτά χρησιμοποιούν δευτερεύουσες ανακλάσεις για να οδηγούν το φωτισμό στην περιοχή ενδιαφέροντος.

V) Φωτιστικά σώματα ειδικών χρήσεων. Τα φωτιστικά σώματα αυτά έχουν οπτικά συστήματα για να οδηγούν το φωτισμό σε απομακρυσμένες περιοχές. Αντιπροσωπευτικά φωτιστικά σώματα αυτής της κατηγορίας είναι τα συστήματα οπτικών ινών.



**Σχήμα 1.4.10** Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με τον τύπο κατασκευής τους. Πηγή: Rudiger Ganslandt, Harald Hofmann, "Handbook of lighting design" ERCO edition.

Τα φωτιστικά σώματα μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τους λαμπτήρες τους:

α) Πυρακτώσεως για οικιακό φωτισμό, αισθητικό φωτισμό, φωτισμό ανάδειξης,  
β) Φθορισμού για φωτισμό γραφείων, βιομηχανικό φωτισμό,  
γ) Μεταλλικών αλογονιδίων για εμπορικό φωτισμό, ανάδειξη βιτρινών,  
δ) Ατμών νατρίου υψηλής πίεσης για εξωτερικό φωτισμό, βιομηχανικό φωτισμό,  
ε) LED για εξωτερικό φωτισμό, αισθητικό φωτισμό, φωτισμό ανάδειξης, φωτισμό προθηκών  
στ) Λαμπτήρες ειδικών εφαρμογών π.χ. φωτιστικά με οπτικές ίνες, με λαμπτήρες νέον ή ψυχρής καθόδου για αισθητικό φωτισμό, φωτισμό ανάδειξης, φωτισμό προθηκών.

Μια άλλη κατηγοριοποίηση γίνεται σύμφωνα με την κατανομή του φωτός των φωτιστικών:

α) Άμεσης δέσμης που κατευθύνουν το 90% τουλάχιστον της φωτεινής ροής των λαμπτήρων τους προς τα κάτω,

β) Ημιάμεσης δέσμης που κατευθύνουν το 60% τουλάχιστον της φωτεινής ροής των λαμπτήρων τους προς τα κάτω),

γ) Έμμεσης και άμεσης δέσμης που κατευθύνουν την ίδια ποσότητα της φωτεινής ροής των λαμπτήρων τους προς τα πάνω και προς τα κάτω,

δ) Ημιέμμεσης δέσμης που κατευθύνουν το 40% τουλάχιστον της φωτεινής ροής των λαμπτήρων τους προς τα κάτω και ε) Έμμεσης δέσμης που κατευθύνουν όλη τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων τους προς τα πάνω.

Κατηγοριοποίηση μπορεί επίσης να γίνει ανάλογα με τη χρήση των φωτιστικών:

α) Οικιακής χρήσης,

β) Εμπορικής χρήσης και βιομηχανικής χρήσης.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 1.4 και 2.10**

1. ΕΛΟΤ EN ISO 12464 2008-01-08. Φως και φωτισμός - Φωτισμός χώρων εργασίας - Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας.
2. ΕΛΟΤ EN ISO 12665 2002-12-11. Φως και φωτισμός - Βασικοί όροι και κριτήρια για τον καθορισμό απαιτήσεων φωτισμού.
3. ΕΛΟΤ EN ISO 13032.01 2005-03-11. Φως και φωτισμός - Μέτρηση και παρουσίαση φωτομετρικών δεδομένων λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων - Μέρος 1: Μέτρηση και μορφοποίηση δεδομένων.
4. ΕΛΟΤ EN ISO 13032.02 2005-09-08. Φως και φωτισμός - Μέτρηση και παρουσίαση φωτομετρικών δεδομένων λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων - Μέρος 2: Παρουσίαση δεδομένων για εσωτερικούς και υπαίθριους χώρους εργασίας.
5. ΕΛΟΤ EN ISO 15193 2008-03-13. Ενεργειακή επίδοση κτηρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό.
6. Κ.Υ.Α. Δ6/Β/14826/17-6-2008
7. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων
8. Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες (καθιέρωση Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης ΣΔΕΑ)
9. Οδηγία 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (RoHS)
10. Οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (WEEE)
11. 73/23/EEC Low Voltage Directive on the harmonization of the laws of Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits.
12. 89/336/EEC EMC Directive on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (Amend. 91/263, 92/31, 93/68).
13. Alex Ryer, "Light Measurement Handbook", International Light Inc., ISBN 0 9658356 9 3, 1998.
14. CALiPER Benchmark Report, Performance of Incandescent A-Type and Decorative Lamps and LED Replacements, Department of Energy, USA, November 2008.
15. CALiPER Benchmark Report, Performance of T12 and T8 Fluorescent Lamps and Troffers and LED Linear Replacement Lamps, Department of Energy, USA, January 2009.
16. IES, Energy Management Committee, "IES design considerations for effective building lighting energy utilization", IES LEM-3-1987. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1987.
17. IESNA, "Lighting economics: An intermediate approach to economics as applied to the lighting practice", IES ED-150.9. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1991.

18. IESNA, "The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application", 9th edition, ISBN 0-87995-150-8, 2000.
19. NLPIP, "Specifier Report: "Dimming electronic ballasts", 7 (3), 1999.
20. NLPIP, "Specifier Report: "Photosensors, Dimming and switching systems for daylight harvesting", 11 (1), 2007.
21. NLPIP, "T5 FL Lamps and Ballasts", Lighting Answers", 3 (1), 1996.
22. Λάμπρος Θ. Δούλος, "Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού", Διδακτορική διατριβή ΕΜΠ, Δεκέμβριος 2010.
23. Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, "Φωτοτεχνία", Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα 2010.
24. L. Doulos, A. Tsangrassoulis, F.V. Topalis, "Quantifying energy savings in daylight responsive systems: The role of dimming electronic ballasts", Energy and Buildings, 40 (2008) 36–50
25. Eley C., Tolen T., Benya J., Rubinstein F., Verderber R., "Advanced Lighting Guidelines: 1993. DOE/EE-0008", U. S. Department of Energy, Office of Building Technologies, Washington D.C., 1993.
26. G. Zissis, S. Kitsinelis, State of art on the science and technology of electrical light sources: from the past to the future, Journal of Physics D: Applied Physics, 42 (2009).
27. Kovach-Hebling A., M. Goller, S. Herkel, and J. Wienold, "Assessing The Energy Saving Potential Of Daylighting Technologies For Non-Residential Buildings In Germany", in: Proceedings of Right Light 4, The 4th European Conference On Energy-Efficient Lighting, 115-118, 1997.
28. Love J., "Field Performance of Daylighting Systems With Photoelectric Controls", in: Proceedings of Right Light 3, the 3rd European Conference on Energy Efficient Lighting, Newcastle upon Tyne, England, Vol.1, 1995.
29. Maniccia D., Rutledge B., Rea M., Morrow W., "Occupant Use of Manual Lighting Controls in Private Offices", Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 28 (2), 42-56, 1999.
30. Pigg S., Eilers M., Reed R., "Behavioral Aspects of Lighting and Occupancy Sensors in Private Offices: A Case Study of University Office Building", in: Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Asilomar, California, Vol. 8, 8.161-8.171, 1996.
31. Richman E., A. Dittmer, Keller, J.M. Winter, "Field Analysis of Occupancy Sensor Operation: Parameters Affecting Lighting Energy Savings", Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 25 (1), 83-92, 1996.
32. Robbins C., "Daylighting: design and analysis", New York: Van NostrandReinhold Company, 1986.
33. Robert S. Simpson, "Lighting control, technology and applications", Focal Press, ISBN 0 240 51566 8, 2003.
34. Rubinstein F., "Photoelectric control of equillumination lighting systems", Energy and Buildings, 6 (2) 141-150, 1984.
35. Rubinstein F. and Ward G., "The Control Of Daylight-Linked Lighting Systems", In Conference Record: Industry Applications Society IEEE-IAS-1984 Annual Meeting, New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1249-1252, 1994.
36. Rubinstein F., Jennings J., Avery D., Blanc S., "Preliminary Results from an Advanced Lighting Controls Testbed", Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 28 (1), 130-141, 1999.
37. Rubinstein F., Siminovitch M., Verderber R., "50% Energy Savings with Automatic Lighting Controls", IEEE-IAS Transactions on Industry Applications, 29 (4) 768-773, 1993.
38. Rudiger Ganslandt, Harald Hofmann, "Handbook of lighting design" ERCO edition.
39. Tolen E.C., T. Benya, J. Rubinstein, F.R. Verderber, "Advanced Lighting Guidelines: 1993", DOE/EE-0008, U.S. Department of Energy, Office of Building Technologies, Washington D.C., 1993.
40. Tsangrassoulis A., "A review of innovative daylighting systems", Advances in Building Energy Research, Vol.2, No1, 2008
41. VITO et al. (2007), Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs, Final Report Lot 8: Office lighting.
42. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας- TEE: [www.tee.gr](http://www.tee.gr)
43. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
44. Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: [www.elot.gr](http://www.elot.gr)
45. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
46. Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας- ΙΕΠΒΑ-Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: [www.energycon.org](http://www.energycon.org)

47. Lighting Research Center (LRC), Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180 USA:  
[www.lrc.rpi.edu](http://www.lrc.rpi.edu)
48. SynthLight, SAVE Programme. Project no: 4.1031/Z/01-123/2001:  
[www.learn.londonmet.ac.uk/portfolio/2002-2004/synthlight.shtml](http://www.learn.londonmet.ac.uk/portfolio/2002-2004/synthlight.shtml)
49. [www.philips.com](http://www.philips.com)
50. [www.osram.com](http://www.osram.com)
51. **[www.sylvania-lamps.com](http://www.sylvania-lamps.com)**
52. **[www.tridonicatco.com](http://www.tridonicatco.com)**

## 1.5. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι ηλεκτρομηχανολογικές (Η/Μ) εγκαταστάσεις έχουν συστήματα ελέγχου για να εξασφαλίζουν τη σωστή και ομαλή λειτουργία τους. Η χρήση συστημάτων ελέγχου στις εγκαταστάσεις συμβάλλει και στην εξοικονόμηση ενέργειας αφού ο έλεγχος και η σωστή και ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης με τις σωστές ρυθμίσεις μειώνει την κατανάλωση ενέργειας. Η πλειοψηφία των υφιστάμενων Η/Μ εγκαταστάσεων έχει συμβατικά συστήματα ελέγχου, απλά στη λειτουργία τους ώστε να μην απαιτούν εξειδικευμένους χρήστες, που απαιτούν μικρή συντήρηση και μικρό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Κάποια από τα συστήματα ελέγχου αυτά απαιτούν τη σύνδεση τους στο ηλεκτρολογικό δίκτυο, ενώ κάποιες άλλες όχι. Σε πολλές περιπτώσεις συστημάτων ελέγχου περιλαμβάνονται ηλεκτρονόμοι και αισθητήρια (π.χ. θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης, κλπ) ή/και ρυθμιζόμενοι διακόπτες (χρονοδιακόπτες, ηλεκτροβάνες, κλπ) τα οποία διακόπτουν την ηλεκτρική τροφοδοσία των εγκαταστάσεων, με αποτέλεσμα να διακόπτεται η λειτουργία τους. Σε άλλες περιπτώσεις τοπικά μηχανικά συστήματα επιτελούν αντίστοιχες λειτουργίες χωρίς τη χρήση ηλεκτρικών διατάξεων (π.χ. θερμοστατικοί διακόπτες με θερμοστατικές κεφαλές).

Η λογική με την οποία λειτουργούν τα συμβατικά συστήματα βασίζεται επιγραμματικά στην απαίτηση ελάχιστης γνώσης από το χρήστη των εγκαταστάσεων, τις απλές ρυθμίσεις με συμβατικές διατάξεις ελέγχου, δηλαδή με διατάξεις που δεν απαιτούν επεξεργασία πολλών σημάτων και πολύπλοκων αλγόριθμων για την λειτουργία τους. Τα συμβατικά συστήματα ελέγχου μπορούν να χωριστούν για τον κτηριακό τομέα σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων παραγωγής, διανομής και εκπομπής θέρμανσης ή/και ψύξης.
- Αυτοματισμού συστημάτων αερισμού.
- Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων φωτισμού.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται τα συνηθέστερα συμβατικά συστήματα ελέγχου Η/Μ εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται στις παραπάνω εγκαταστάσεις καθώς και τα πλεονεκτήματα που αυτά παρουσιάζουν σε κάθε περίπτωση.

### 1.5.1. Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων θέρμανσης / ψύξης κτηρίων

Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης οικιών ή συγκροτημάτων κατοικιών και πολυκατοικιών, καθώς και εγκαταστάσεις θέρμανσης χώρων σε κτήρια του τριτογενή τομέα (γραφεία, καταστήματα, κλπ), οι αυτοματισμοί που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως απλοί. Βασική παράμετρος που καθορίζει της διατάξεις και τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν είναι το είδος της εγκατάστασης θέρμανσης, δηλαδή αν είναι μονοσωλήνιο ή δισωλήνιο σύστημα διανομής ζεστού νερού, καθώς και η παροχή θερμότητας που θα διαχειριστούν.

Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης ή/και ψύξης, όταν αυτές γίνονται από τοπικές μονάδες τότε όλοι οι αυτοματισμοί λειτουργίας τους είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τη μονάδα και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της εγκατάστασης τους για την ομαλή λειτουργία τους. Τέτοιες μονάδες λειτουργούν τόσο στον οικιακό όσο και στον τριτογενή τομέα. Οι αυτοματισμοί που περιλαμβάνονται συνήθως είναι θερμοστατικός έλεγχος της λειτουργίας σε συνδυασμό με σύστημα αφής/σβέσης χειροκίνητο ή με χρήση χρονοδιακόπτη.

Ο έλεγχος των εγκαταστάσεων θέρμανσης ή/και ψύξης σύμφωνα και με τα προαναφερθέντα, μπορεί να επιτευχθεί με ένα από τους παρακάτω τρόπους ή με συνδυασμό τους :

- Επεμβαίνοντας στη θερμότητα ή/ και ψύξη της μονάδας παραγωγής, με σύστημα αφής / σβέσης χειροκίνητα από τους χρήστες ή αυτόματα μέσω κάποιας βασικής διάταξης (συνήθως

χρονοδιακόπτες). Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης ή/και ψύξης λειτουργεί με σταθερή (ρυθμιζόμενη από κατάλληλο θερμοστάτη) θερμοκρασία παροχής του μέσου (συνήθως νερό ή αέρα) που κυκλοφορεί στο δίκτυο διανομής και θα θερμάνει/ψύξει το χώρο.

- Επεμβαίνοντας στη λειτουργία του δικτύου διανομής του μέσου (νερού ή αέρα), με σύστημα αφής / σβέσης του κυκλοφορητή (ή των αντλιών διανομής γενικότερα). Η λειτουργία γενικά του δικτύου διανομής συνήθως ελέγχεται κεντρικά, και συνήθως ακολουθεί τη λειτουργία της κεντρικής μονάδας παραγωγής.
- Επεμβαίνοντας στη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής στα θερμαντικά σώματα με χρήση βανών ανάμιξης στο κύκλωμα (τρίοδης – τετράοδης βάνας).
- Επεμβαίνοντας στην παροχή νερού στα θερμαντικά σώματα, είτε κεντρικά, είτε τοπικά. Ο έλεγχος των τερματικών μονάδων γίνεται είτε κεντρικά για όλο το κτήριο (συνήθως σε παλαιότερα κτήρια, άνω των 25 ετών), ή τοπικά αν υπάρχει αυτονομία (στα νεότερα κτήρια), σε επίπεδο ορόφου, διαμερίσματος, ή ξεχωριστής ιδιοκτησίας, με τη χρήση κατάλληλων ηλεκτροκίνητων βαλβίδων, οι οποίες ενεργοποιούνται με εντολή είτε από θερμοστάτη, είτε από σύστημα αφής/ σβέσης. Επέμβαση μπορεί να γίνει ακόμα και σε επίπεδο τερματικής μονάδας με χρήση θερμοστατικών βαλβίδων ή ηλεκτρονικών ελεγκτών.

Μια από τις πλέον αποδοτικές μεθόδους συμβατικού ελέγχου με μικρό συνήθως κόστος, είναι ο χωρισμός των εγκαταστάσεων σε ζώνες (διαμέρισμα, ή όροφος, ή ιδιοκτησία) και η χρήση θερμοστατικού ελέγχου σε επίπεδο ζώνης. Με ταυτόχρονη χρήση θερμοστατικών κεφαλών ρύθμισης στις τερματικές μονάδες επιτυγχάνονται πολύ σημαντικά οφέλη και μείωση της κατανάλωσης, αφού η θερμοκρασία ελέγχεται και σε επίπεδο τερματικής μονάδας, ανάλογα με τη χρήση του χώρου εγκατάστασης της, πέρα από τη ρύθμιση σε επίπεδο ζώνης.

Σε δίκτυα διανομής θέρμανσης και ψύξης στα οποία χρησιμοποιούνται ως τερματικές μονάδες fan-coils, όπως συνήθως υπάρχει σε περιπτώσεις εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων ή εγκαταστάσεων γραφείων και καταστημάτων, οι τερματικές μονάδες έχουν διακόπτες ρύθμισης.

### **1.5.2. Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων αερισμού**

Οι εγκαταστάσεις αερισμού ή/και κεντρικού κλιματισμού απαντώνται συνήθως στα κτήρια του τριτογενή τομέα, και κυρίως σε καταστήματα και κτήρια γραφείων, ξενοδοχεία κ.τ.λ., αλλά και σε κατοικίες. Οι αυτοματισμοί που χρησιμοποιούνται είναι συμβατικοί συνήθως και αρκετά απλοί, αφού συνήθως γίνεται έλεγχος της λειτουργίας με αφή/ σβέση και αν υπάρχει έλεγχος της θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής, τότε αυτός είναι απλός με χρήση θερμομέτρησης. Πιο συγκεκριμένα για τον συμβατικό έλεγχο των συστημάτων αυτών γίνονται τα ακόλουθα :

- Επέμβαση στις μονάδες αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής μονάδας με βασικό έλεγχο της λειτουργίας τους με σύστημα αφής/σβέσης, είτε χειροκίνητα (από το χρήστη), είτε μέσω χρονοδιακόπτη (βασικός χρονοπρογραμματισμός της παροχής αέρα).
- Στις μονάδες αερισμού ο έλεγχος της θερμοκρασίας του αέρα προσαγωγής με βάση την επιθυμητή θερμοκρασία, ενώ στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες μπορεί να ελέγχεται και η υγρασία του αέρα προσαγωγής από την ίδια τη μονάδα, πάλι για την επιθυμητή τιμή υγρασίας του χώρου.

Σε σπάνιες περιπτώσεις υπάρχει ανεξάρτητο σύστημα για νυχτερινό αερισμό ή ελεύθερη μηχανική ψύξη, τα οποία λειτουργούν ανεξάρτητα, από αυτόνομες μονάδες.

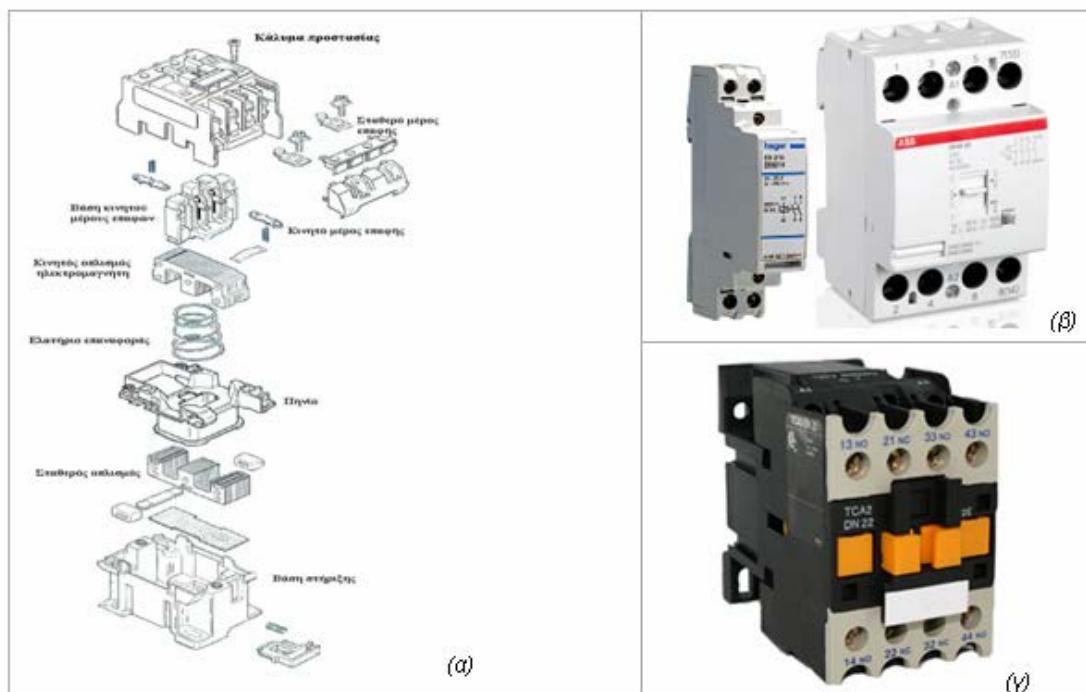
### 1.5.3. Υλικά και διατάξεις συστημάτων ελέγχου Η/Μ εγκαταστάσεων

#### 1.5.3.1. Ηλεκτρονόμοι τηλεχειρισμού και ελέγχου

Οι ηλεκτρονόμοι (ΗΝ) είναι ηλεκτρομαγνητικοί διακόπτες, δηλαδή διακόπτες που ανοίγουν και κλείνουν με τη βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος όταν ενεργοποιηθεί κλείνει μια σειρά επαφών (κύριων). Τα βασικά τμήματα των ηλεκτρονόμων είναι το κινούμενο μαγνητικό κύκλωμα (από δυναμοελάσματα), το πηνίο (που λειτουργεί σε διάφορες τυποποιημένες τιμές τάσης, π.χ. 230V, 110V, 42V, 24V, ανάλογα με το σχεδιασμό των συστημάτων ελέγχου), ο μηχανισμός, οι επαφές ισχύος (είναι οι κύριες επαφές, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα διακοπής υπό φορτίο), ο θάλαμος σβέσης τόξου (σε ηλεκτρονόμους μεγάλης ισχύος), και οι βοηθητικές επαφές (οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη συνεργασία των επιμέρους συστημάτων μεταξύ τους, αλλά και των αισθητηρίων).

Οι επαφές ισχύος χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της λειτουργίας με αφή / σβέση των κύριων και των βοηθητικών συστημάτων, όπως κεντρικές μονάδες παραγωγής θέρμανσης ή/και ψύξης, αντλίες – κυκλοφορητές δικτύων διανομής, ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα κ.τ.λ. Οι βοηθητικές επαφές λειτουργούν (ανοίγουν ή κλείνουν) ανάλογα με το είδος τους με βάση τη λειτουργία των κύριων επαφών, και ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν, ανάλογα, άλλες ηλεκτρικές διατάξεις συνεργαζόμενες, π.χ. κατά την έναρξη λειτουργίας μια κλιματιστικής μονάδας να ενεργοποιείται και ένα ανεμιστήρα απαγωγής.

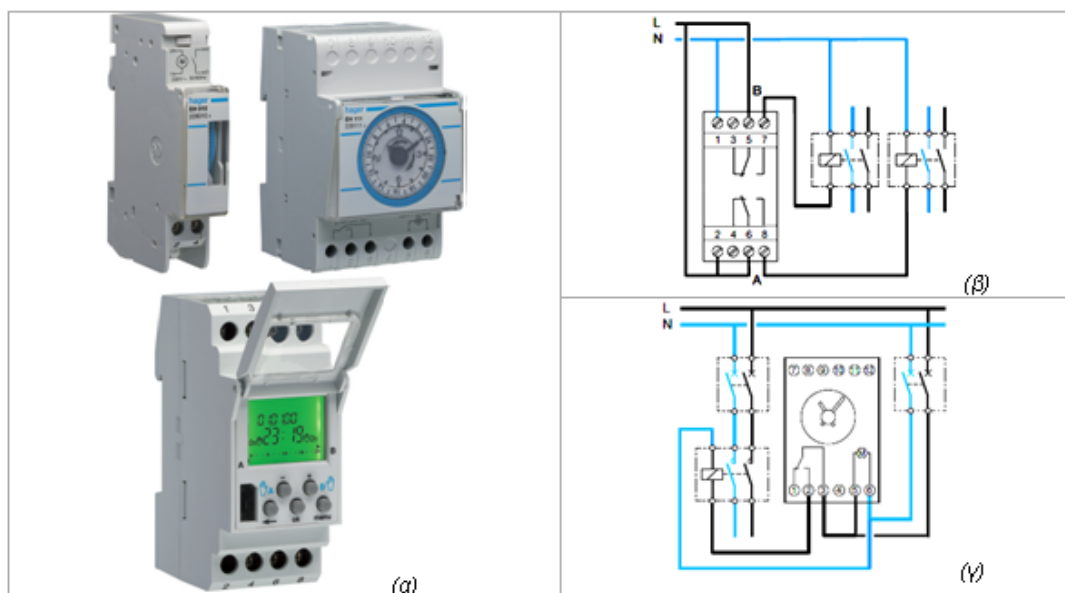
Οι ηλεκτρονόμοι εφαρμόζονται σε όλους τους αυτοματισμούς των Η/Μ εγκαταστάσεων. Συνδυάζονται με το κατάλληλο αισθητήριο και επιτελούν πάρα πολλές εργασίες ελέγχου, όπως : με ενεργοποίηση / απενεργοποίηση από χρονοδιακόπτη μπορούν να ελεγχθούν η αφή/σβέση καυστήρα, κυκλοφορητή, αντλιών, ανεμιστήρων, γενικά μονάδων παραγωγής θέρμανσης ή/και ψύξης, να γίνει χειρισμός ομάδας φωτιστικών σωμάτων σε μια ζώνη με αρκετά φωτιστικά κ.τ.λ.



**Σχήμα 1.5.3.1** Ηλεκτρονόμοι. (α) Δομικά μέρη τυπικού ηλεκτρονόμου, (β) Ηλεκτρονόμος ράγας πίνακα για χρήση σε μονοφασικά ή τριφασικά κυκλώματα, (γ) Ηλεκτρονόμος με 4 πόλους για χρήση στην εκκίνηση κινητήρων, αντλιών κ.τ.λ.

### 1.5.3.2. Χρονοδιακόπτες

Οι χρονοδιακόπτες είναι διακόπτες οι οποίοι με βάση το χρόνο ανοίγουν ή κλείνουν επαφές οι οποίες με τη σειρά τους ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν ηλεκτρονόμους ή εξοπλισμό (π.χ. φωτιστικά σώματα μικρής ισχύος). Ο χρονισμός των χρονοδιακοπών γίνεται από τη συχνότητα της τάσης του δικτύου (50Hz), η οποία απαιτείται για τη λειτουργία των χρονοδιακοπών, ενώ τα μοντέλα που έχουν εφεδρεία, περιλαμβάνουν μικρή μπαταρία, ως εφεδρική τροφοδοσία, ώστε να λειτουργούν και να μη χάνουν τον προγραμματισμό τους ακόμα και κατά τη διακοπή του ρεύματος. Οι χρονοδιακόπτες είναι ηλεκτρομηχανικοί ή ηλεκτρονικοί, και σε όλους γίνεται ρύθμιση της ώρας όπως στο ρολόι και μετά λειτουργεί ο διακόπτης με το χρονοπρόγραμμα που έχει ρυθμιστεί. Στους ηλεκτρομηχανικούς η ρύθμιση γίνεται με κατάλληλο περιστροφικό δίσκο σε διαστήματα 1min 15sec στους ωριαίους, 15 λεπτών στους ημερήσιους και 2 ωρών συνήθως στους εβδομαδιαίους. Στους ηλεκτρονικούς ή αλλιώς ψηφιακούς η ρύθμιση γίνεται με χρήση προγραμματισμένων εντολών on/off που μπορούν να απέχουν μεταξύ τους κατ' ελάχιστον 1min, ή ψηφιακών παλμών με απόσταση μέχρι και 1sec σε κάποια μοντέλα.



**Σχήμα 1.5.3.1** Χρονοδιακόπτες. (α) ηλεκτρομηχανικοί (άνω) και ηλεκτρονικός (κάτω), (β) Παράδειγμα συνδεσμολογίας ελέγχου δύο ηλεκτρονόμων από ένα χρονοδιακόπτη, (γ) Παράδειγμα συνδεσμολογίας ελέγχου δύο κυκλωμάτων φωτισμού από ένα χρονοδιακόπτη,

### 1.5.3.3. Θερμοστάτες – Θερμοστατικοί διακόπτες

Οι θερμοστάτες αποτελούν τη βασική διάταξη ελέγχου της θερμοκρασίας ενός χώρου ή μιας θερμικής ζώνης. Με τη λειτουργία τους γίνεται έναρξη της θέρμανσης ή ψύξης της ζώνης ή του χώρου όταν υπάρχει σχετική ανάγκη, ενώ όταν ο χώρος είναι επαρκώς ζεστός ή ψυχρός σταματά η λειτουργία του συστήματος. Είναι βασική διάταξη αυτοματισμού των εγκαταστάσεων θέρμανσης ή/και ψύξης και οι σωστές ρυθμίσεις σε αυτούς μπορούν να επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ανάλογα με το μέγεθος του κτηρίου και των θερμικών ζωνών χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος τουλάχιστον αριθμός θερμοστατών. Στον οικιακό τομέα συνήθως τοποθετείται ένας θερμοστάτης ανά διαμέρισμα, ενώ στον τριτογενή τομέα συνήθως υπάρχει ένας θερμοστάτης ανά ιδιοκτησία και θερμική ζώνη καθώς και όροφο του κτηρίου. Δηλαδή ακόμα και αν το κτήριο θεωρείται μία θερμική ζώνη, με διαφορετικές ιδιοκτησίες – ανεξάρτητους χώρους, τοποθετούνται ξεχωριστοί θερμοστάτες ανά ιδιοκτησία, ενώ αν αλλάζουν και οι όροφοι, πάλι μπορούν να τοποθετηθούν διαφορετικοί θερμοστάτες

ανά όροφο. Σε ορισμένες περιπτώσεις ενδείκνυται η τοποθέτηση περισσότερων του ενός θερμοστατών, μέσα στην ίδια ιδιοκτησία, ειδικά όταν υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση και ανάγκες θερμικής άνεσης. Οι θερμοστάτες μπορούν να ελέγχουν τη θερμοκρασία τόσο των διατάξεων παραγωγής θέρμανσης ή/και ψύξης, όσο και του μέσου μεταφοράς θέρμανσης ή/και ψύξης.

Οι θερμοστάτες είναι διακόπτες οι οποίοι ενεργοποιούνται από ένα αισθητήριο θερμοκρασίας και με βάση τη λειτουργία τους είναι μηχανικοί-ηλεκτρομηχανικοί ή ηλεκτρονικοί (ή αλλιώς ψηφιακοί). Οι μηχανικοί θερμοστάτες λειτουργούν με τη διαστολή που υφίσταται ένα διμεταλλικό έλασμα ή ένα υγρό, με την αύξηση της θερμοκρασίας του και η ακρίβεια τους είναι της τάξης του  $1^{\circ}\text{C}$ . Οι ηλεκτρονικοί θερμοστάτες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια από τους μηχανικούς αφού βασίζονται στη λειτουργία τους στη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης κάποιων υλικών (thermistors) ανάλογα με τη θερμοκρασία τους, και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ακρίβεια της τάξης του  $0,1 - 0,3^{\circ}\text{C}$ . Πέραν αυτών υπάρχουν και οι χρονοθερμοστάτες οι οποίοι είναι ηλεκτρονικοί θερμοστάτες που συνδυάζονται με ψηφιακούς χρονοδιακόπτες και ελέγχουν έτσι μια εγκατάσταση ταυτόχρονα με τη θερμοκρασία και το χρόνο αφής/ σβέσης.

Μια άλλη διάταξη με την οποία επιτυγχάνεται ο έλεγχος της εγκατάστασης θέρμανσης είναι ο θερμοστατικός διακόπτης, ο οποίος είναι μηχανοκίνητη βαλβίδα που ελέγχεται από θερμοστατική κεφαλή. Οι θερμοστατικοί διακόπτες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις θέρμανσης ζεστού νερού για τοπικό έλεγχο της θερμοκρασίας σε επίπεδο θερμαντικών σωμάτων. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με θερμοστατικές κεφαλές και πιο σπάνια με ηλεκτρικούς κινητήρες που ελέγχονται από θερμοστάτες. Οι θερμοστατικές κεφαλές είναι διατάξεις με αισθητήριο θερμοκρασίας το οποίο ανταποκρίνεται στις αποκλίσεις από την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας χώρου. Όταν η θερμοκρασία χώρου ανεβαίνει, η κεφαλή ενεργοποιείται αναγκάζοντας τη βάννα να είναι συνεχώς κλειστή, οπότε και μειώνεται η απόδοση θερμότητας του σώματος. Όταν η θερμοκρασία χώρου πέσει, ανοίγει και πάλι τη βάννα, οπότε και η απόδοση του σώματος μεγαλώνει πάλι. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει τη συνεχή λειτουργία της βάννας και επιτυγχάνει ομαλή ρύθμιση της προσαγωγής του νερού θέρμανσης προς το θερμαντικό σώμα, διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία χώρου και σύμφωνα με την επιθυμητή τιμή της. Βασικά προτείνονται για όλους τους χώρους, ιδιαίτερα όπου απαιτούνται διαφορετικοί περίοδοι θέρμανσης ή επίπεδα θερμοκρασίας.



**Σχήμα 1.5.3.2** Θερμοστάτες διάφορων τύπων. (α) Ηλεκτρομηχανικός με διακόπτη on/off, (β) ηλεκτρονικός με χειροκίνητη εντολή παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, (γ) θερμοστατικός διακόπτης

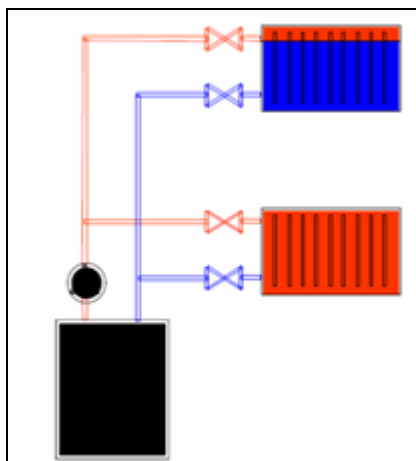
#### 1.5.3.4. Δίοδες και τρίοδες ηλεκτροβάνες – ηλεκτροκίνητες βαλβίδες

Οι ηλεκτροβάνες είναι βάνες οι οποίες κινούνται αυτόματα από ηλεκτροκινητήρες και ρυθμίζουν την παροχή του νερού προσαγωγής στις θερμικές ζώνες ή και τις τερματικές μονάδες. Οι ηλεκτροκινητήρες αυτοί ελέγχονται με τη σειρά τους από αισθητήρια ή από χρονοδιακόπτες. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό με θερμοστάτες ή χρονοδιακόπτες για τον έλεγχο

προσαγωγής νερού σε μια θερμική ζώνη ή μια τερματική μονάδα αντίστοιχα. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση και τη λειτουργίας χρονοθερμοστάτες ώστε να επιτυγχάνεται το απαιτούμενο από τους χρήστες επίπεδο θερμικής άνεσης, τις χρονικές περιόδους που απαιτείται λόγω της χρήσης του χώρου ή της ζώνης. Έχουν μεγάλη εφαρμογή τόσο σε συστήματα θέρμανσης όσο και ψύξης. Οι δίοδες (έχουν δηλαδή μία είσοδο και μία έξοδο), χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μεμονωμένων κυκλωμάτων ή μικρών παροχών – φορτίων, ενώ για την περίπτωση μεγαλύτερων φορτίων χρησιμοποιούνται κυρίως οι τριοδές. Οι τριοδές βάνες συνήθως ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του νερού προσαρμογής στα θερμαντικά σώματα. Βασικό πλεονέκτημα και των δύο είναι ότι διατηρούν σχεδόν σταθερή τη ροή του κυκλοφορητή στο δίκτυο, μεταβάλλοντας την παροχή μόνο μέσα στο θερμαντικό σώμα. Έτσι επιτυγχάνουν μια ικανοποιητική διανομή της θερμότητας καθώς ελαχιστοποιούν τις μεταβολές στην αντίσταση του συστήματος και στην πίεση που ο κυκλοφορητής παρέχει στο δίκτυο.

#### 1.5.3.5. Υδραυλική εξισορρόπηση

Όσο μεγαλύτερο είναι το δίκτυο διανομής από το σημείο παραγωγής της θέρμανσης ή/και ψύξης μέχρι την τερματική μονάδα, τόσο μεγαλύτερη αντίσταση συναντά το νερό. Η αντίσταση μεγαλώνει επιπλέον, όσο περισσότερες διακλαδώσεις, βάνες, γωνίες κλπ έχει αυτή η διαδρομή. Οι σωλήνες, οι θερμοστάτες, οι βαλβίδες, τα σώματα και άλλα στοιχεία του δικτύου θέρμανσης θεωρούνται ως αντιστάσεις σε σειρά. Το νερό, θερμό ή ψυχρό, θα κινηθεί ευκολότερα μέσα από τη διαδρομή με τη μικρότερη αντίσταση. Έτσι, τα δωμάτια που είναι πιο μακριά από τον λέβητα δέχονται (αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα) λιγότερο ζεστό νερό από ότι αυτά που είναι κοντά του (αντίστοιχα για την περίπτωση ψύξης με κύκλωμα νερού). Στο σχήμα 1.5.4.3 απεικονίζεται αυτήν η κατάσταση. Το πάνω θερμαντικό σώμα απέχει περισσότερο από τον λέβητα από ότι το κάτω σώμα και για αυτό δεν θερμαίνεται αρκετά.



**Σχήμα 1.5.3.3.**

*Ροή νερού και θερμότητας σε ένα σύστημα χωρίς υδραυλική εξισορρόπηση*

Η υδραυλική βελτιστοποίηση (εξισορρόπηση) επιτυγχάνεται με το στραγγαλισμό της ροής κυρίως στα κοντινά (πρώτα στο κύκλωμα) σώματα για να αυξηθεί η αντίστασή τους, έτσι ώστε η ροή του νερού να είναι η βέλτιστη προκειμένου να αποδίδεται η απαιτούμενη θερμική ισχύ από κάθε σώμα. Η μείωση της ροής του νερού, έχει ως συνέπεια και την μείωση των θερμικών απωλειών κατά την παραγωγή και διανομή της θερμότητας. Σε ένα υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα, οι κυκλοφορητές καταναλώνουν χαμηλότερη ηλεκτρική ενέργεια, κυρίως λόγω της μειωμένης ροής (παροχής) νερού.

Τα υδραυλικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά συστήματα ελέγχου (στατική ρύθμιση) θέρμανσης ή/και ψύξης με χρήση νερού, για την υδραυλική εξισορρόπηση είναι οι

στραγγαλιστικές βαλβίδες ελεγχόμενου ΔΡ και οι ηλεκτροβάνες. Οι στραγγαλιστικές βαλβίδες ρυθμίζονται στατικά με χειροκίνητο έλεγχο, ενώ οι ηλεκτροβάνες θα ακολουθήσουν μια επαναληπτική διαδικασία στραγγαλισμού εωσώτου επιτύχουν τις ζητούμενες παροχές.

#### **1.5.4. Αυτοματισμοί εγκαταστάσεων φωτισμού**

Οι εγκαταστάσεις φωτισμού αφορούν όλες τις κτηριακές εγκαταστάσεις τόσο του οικιακού τομέα, όσο και του τριτογενή. Όσον αφορά όμως την εκτίμηση της συμβολής τους στον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων, αυτοί υπολογίζονται μόνο για την περίπτωση των κτηρίων του τριτογενή τομέα. Οι εγκαταστάσεις αυτοματισμού του φωτισμού περιλαμβάνουν κυρίως συστήματα αφής/σβέσης. Η αφή / σβέση του φωτιστικού ή των φωτιστικών μπορεί να γίνει χειροκίνητα από κατάλληλο διακόπτη ή χειριστήριο (πίνακα με διακόπτες) ή αυτόματα με χρήση χρονοδιακόπτη, ή με συνδυασμό χειροκίνητης και αυτόματης λειτουργίας. Σε χώρους «αρκετά μεγάλους», είτε στον οικιακό τομέα (π.χ. σαλόνι) είτε στον τριτογενή τομέα, εφαρμόζεται πολύ συχνά κατάτμηση και διαχωρισμός σε ζώνες φωτισμού για τμήματα των χώρων με αντίστοιχα συστήματα αφής / σβέσης ή ακόμα και διαχωρισμός σε διαφορετικά επίπεδα στάθμης φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας (συνήθως δύο). Σε επίπεδο οικιακών εγκαταστάσεων εφαρμόζεται και η ρύθμιση φωτεινότητας χειροκίνητα, μέσω κατάλληλων ροοστατών (dimmers). Στην ενότητα 2.10.3. καθώς και στην ενότητα 3.2.4, γίνεται αναλυτική περιγραφή πάνω στις διατάξεις ελέγχου και ρύθμισης λειτουργίας των εγκαταστάσεων φωτισμού.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 1.5.**

1. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2411/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα. Διανομή κρύου - ζεστού νερού». ΦΕΚ 843B/16-11-88, Έκδοση Δ'.
2. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα. Αποχετεύσεις». ΦΕΚ 177/B/31-3-88, Έκδοση Ε'.
3. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 – Μέρος 1/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Δίκτυα διανομής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων». ΦΕΚ 67/B/4-2-88, Έκδοση Δ'.
4. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 - Μέρος 2/86 Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Λεβητοστάσια παραγωγής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων. ΦΕΚ 148/B/17-3-88, Έκδοση Δ'.
5. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Κλιματισμός κτηριακών χώρων». ΦΕΚ 177/B/31-3/88, Έκδοση Γ'.
6. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.
7. Σελλούντος Β.Η. «Θέρμανση - Κλιματισμός, Μελέτη, κατασκευή, εγκαταστάσεις, υλικά, δίκτυα, εξοπλισμός». Εκδόσεις Σέλκα - 4M (ISBN 960-8257-05-0), Αθήνα, 2002.
8. F.C. McQuiston – J.D.Parker : «Θέρμανση – Αερισμός και Κλιματισμός», Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2003
9. Recknagel – Sprenger, Θέρμανση και Κλιματισμός, Εκδόσεις Γκιούρδας, 1997.
10. ΕΛΟΤ EN ISO 13790 (E2):2009. Ενεργειακή επίδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.
11. Π.Δ. Μπούρκας, «Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων», Έκδοση. Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005.
12. Α.Σ. Χονδρογιάννης, «Όργανα και Αυτοματισμοί Εγκαταστάσεων ύδρευσης & θέρμανσης, Έκδοση Α. Σ. Χονδρογιάννης, Αθήνα, 1992.

## **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

13. ASHRAE Handbook «Fundamentals». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2009.
14. ASHRAE Handbook «HVAC-Systems and Equipment». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2008.
15. ASHRAE Green Guide (3rd edition). The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2010.
16. ASHRAE Standard 55:2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.
17. ASHRAE Standard 62.1:2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.
18. Haines W. Roger ,Control Systems for Heating , Ventilating and Air Conditioning,3rd ed., Van Norstrand Reihold, New York, 1983.

## **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας- TEE: [www.tee.gr](http://www.tee.gr)

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: [www.elot.gr](http://www.elot.gr)

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας- ΙΕΠΒΑ- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: [www.energycon.org](http://www.energycon.org)

ABB : [www.abb.com](http://www.abb.com)

Schneider Electric: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

Hager SA : [www.hagergroup.net](http://www.hagergroup.net)

Siemens S.A. : [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

## 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Απαραίτητη προϋπόθεση για την υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτήρια (αλλά και σε νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα) και την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών είναι να έχει προηγηθεί ενεργειακή επιθεώρηση (ή μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου).

Στην ενεργειακή ανάλυση, που πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού TEE-KENAK, υπολογίζονται:

- Η θερμική και ψυκτική ενεργειακή απαίτηση ( $\text{kWh/m}^2$ ), ανά μήνα και ανά χρήση (συνυπολογίζονται ηλιακά και εσωτερικά θερμικά κέρδη).
- Η ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση ( $\text{kWh/m}^2$ ), ανά χρήση και ανά μορφή ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κλπ).
- Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ( $\text{kWh/m}^2$ ), ανά χρήση και αντίστοιχες εκπομπές  $\text{CO}_2$ .

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες από την ενεργειακή επιθεώρηση και έχοντας ποσοτικά προσδιορισμένη την (εκτιμώμενη) κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση, ο ενεργειακός επιθεωρητής μπορεί να οδηγηθεί ασφαλέστερα στις συστάσεις-προτάσεις του για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

#### 2.1.1. Έννοια και περιεχόμενο της εξοικονόμησης ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας (εξ.εν.) είναι ένας όρος που έχει δύο περιεχόμενα, συνδεδεμένα μεταξύ τους:

A. Από ενεργειακή σκοπιά (ενεργειακός ορισμός) η εξ.εν μπορεί να περιλαμβάνει:

- Χρησιμοποίηση κατάλληλης μορφής ενέργειας (ή και συστήματος μετατροπής ενέργειας). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η υποκατάσταση συμβατικών πηγών ενέργειας (κυρίως πετρελαίου) με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (κυρίως ηλιακή και αιολική).
- Μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας τελικής χρήσης, αλλά χωρίς να συνοδεύεται αυτό με στέρηση ενέργειας ούτε και με υποβάθμιση των παραγομένων προϊόντων ή των υπηρεσιών για τα οποία χρησιμοποιείται. Πρόκειται δηλαδή για μείωση των απαιτήσεων για ενέργεια με αποφυγή σπατάλης, χωρίς να θίγεται το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα της χρήσης της ενέργειας.
- Βελτίωση του βαθμού απόδοσης στη χρήση της ενέργειας, δηλαδή μείωση των πάσης φύσεως απωλειών ή του ενεργειακού περιεχόμενου μιας παραγωγικής δραστηριότητας ή μιας υπηρεσίας κ.τ.λ.

Από ενεργειακή σκοπιά, εκείνο που ενδιαφέρει και μελετάται είναι η ενέργεια που μπορεί να εξοικονομηθεί προκειμένου να παραχθεί το ίδιο αποτέλεσμα. Δηλαδή η εξ.εν. υπολογίζεται καθαρά σε μονάδες ενέργειας ( $\text{kWh}$ ,  $\text{TIP}$  κλπ), πρωτογενούς ή τελικής.

Προκειμένου για κτήρια, η εξ. εν. εκφράζεται σε  $\text{kWh}$  ανά  $\text{m}^2$  θερμαινόμενης επιφάνειας, ανά έτος.

B. Από οικονομική σκοπιά (οικονομικός ορισμός) η εξ.εν. μπορεί να περιλαμβάνει:

- Μείωση του κόστους της ενέργειας ανά  $\text{m}^2$  θερμαινόμενης επιφάνειας (σε κτήρια) ή ανά μονάδα μιας παραγωγικής δραστηριότητας ή μιας υπηρεσίας (στον τριτογενή τομέα) κ.τ.λ.

- Υποκατάσταση της ενέργειας, ως συντελεστή της παραγωγής (στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα) από άλλους συντελεστές (εργασία, κεφάλαιο, έρευνα/τεχνολογία), ιδιαίτερα όταν το κόστος της ενέργειας είναι υψηλό ή έχει αυξητικές τάσεις.

Από οικονομική σκοπιά εκείνο που ενδιαφέρει και εξετάζεται είναι η συμμετοχή της ενέργειας στο συνολικό κόστος λειτουργίας ενός κτηρίου ή μιας παραγωγικής διαδικασίας. Επικρατούν δηλαδή οικονομικά κριτήρια, οπότε η εξ.εν. αφορά και ανάγεται σε εξοικονόμηση χρημάτων.

Πάντως, στη σημερινή πραγματικότητα, τα θέματα εξ.εν. περιέχουν και την ενεργειακή και την οικονομική παράμετρο. Έτσι, σε μια οποιαδήποτε δράση/επένδυση για εξ.εν. λαμβάνονται μεν υπόψη οι εξοικονομούμενες μονάδες ενέργειας αλλά αυτές συναρτώνται και με σχετικά οικονομικά μεγέθη και η αξιολόγηση των επεμβάσεων εξ.εν. γίνεται με βάση τη συνολική οικονομική απόδοσή των.

Σ' αυτούς τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη του μια σειρά από παράγοντες, όπως: το κόστος και η διάρκεια ζωής των συγκεκριμένων επεμβάσεων εξ.εν., το κόστος συντήρησης ή αντικατάστασης μερών (αν υπάρχει), το κόστος του χρήματος (επιτόκια), τυχόν επιδοτήσεις ή επιχορηγήσεις, εργατικές αμοιβές, φορολογικό καθεστώς κ.ά.

Κυρίως πρέπει να υπολογιστεί σωστά το κόστος της χρησιμοποιούμενης (και εξοικονομούμενης) ενέργειας. Το κόστος αυτό μπορεί να εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, αλλά απαιτείται ιδιαίτερη ΠΡΟΣΟΧΗ, αφού εξαρτάται από την τιμολογιακή πολιτική των αντίστοιχων προμηθευτών ενέργειας. Επομένως, η μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια, δεν σημαίνει πάντοτε αναλογική εξοικονόμηση χρημάτων.

Ωστόσο, σ' ένα πρόβλημα εξ.εν. μπορεί να υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως π.χ. το όφελος στην εθνική οικονομία, η αξιοποίηση ντόπιων πηγών ενέργειας, η αύξηση της απασχόλησης, η προώθηση καινοτομιών κ.τ.λ. Η βαρύτητα καθενός από τους παραπάνω παράγοντες μπορεί να επηρεάσει τελικά την απόφαση αν είναι "συμφέρουσα" μια συγκεκριμένη επέμβαση για εξ.εν. ή όχι.

Ο εν. επ. οφείλει να ιεραρχήσει τα προτεινόμενα μέτρα / επεμβάσεις εξ. εν. σε σχέση με το λόγο «κόστος / όφελος» που συνεπάγονται.

Επειδή, συνήθως, οι οικονομικοί υπολογισμοί γίνονται με τιμές κόστους τελικής ενέργειας (ηλεκτρισμός, καύσιμα κλπ), η εξοικονομούμενη ενέργεια πρέπει να αφορά επίσης τελική ενέργεια.

## **2.1.2. Προτεραιότητες μέτρων και επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας**

Σε οποιοδήποτε κτήριο υπάρχει η πρόθεση (βούληση) για εφαρμογή μεμονωμένων ή συνδυασμένων δράσεων εξ.εν., καλό θα είναι να ακολουθηθούν οι παρακάτω γενικές αρχές, που σχετίζονται με τις προτεραιότητες των μέτρων που θα ληφθούν και των επεμβάσεων που θα υλοποιηθούν.

### **2.1.2.1. Ελαχιστοποίηση της ενεργειακής ζήτησης του κτηρίου**

Πρώτος στόχος είναι να μειωθούν, στο επίπεδο που είναι τεχνικοοικονομικά εφικτό και σκόπιμο, οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου και των εγκαταστάσεών του.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- Βελτίωση της θερμομόνωσης του κτηριακού κελύφους (σε μερικά ή όλα τα δομικά στοιχεία, αλλά και μείωση της επίδρασης των θερμογεφυρών, αποτελεσματικότερη σκίαση κλπ).
- Ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων, που συμβάλλουν στη μείωση των απαιτήσεων θέρμανσης.
- Μείωση των κάθε είδους απωλειών, μεταξύ των οποίων οι πρόσθετες απώλειες λόγω αερισμού, οι απώλειες μεταφοράς και διανομής της ενέργειας εντός του κτηρίου κ.τ.λ.

### 2.1.2.2. Εκμετάλλευση συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η ενσωμάτωση και χρήση ΑΠΕ δεν αποτελεί επέμβαση εξ.εν. με τη στενή έννοια, αλλά με την έννοια της υποκατάστασης συμβατικών μορφών ενέργειας. Έτσι, το επόμενο βήμα είναι να εξεταστούν οι δυνατότητες ενσωμάτωσης συστημάτων ΑΠΕ σε υφιστάμενο αλλά, κυρίως, σε νέο (ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτήριο). Οι τεχνικοοικονομικοί περιορισμοί σ' αυτές τις περιπτώσεις, είναι περισσότεροι, αλλά πολλές φορές είναι εφικτές και συμφέρουσες οι επεμβάσεις που αποσκοπούν σε εκμετάλλευση ΑΠΕ.

Ανάλογα με το είδος του κτηρίου, μπορούν να ενσωματωθούν:

#### ΑΠΕ για παραγωγή θερμικής ενέργειας:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα, με συλλέκτες διαφόρων τύπων.
- Γεωθερμικά συστήματα χαμηλής ενθαλπίας κλειστού ή ανοικτού κυκλώματος, καθώς και συστήματα αβαθούς γεωθερμίας με την χρήση αντλιών θερμότητας.
- Συστήματα καύσης βιομάζας (η κατανάλωση βιομάζας προσμετράται στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας, αλλά με συντελεστή μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια 1,00) .

#### ΑΠΕ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:

- Φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα (στην ενεργειακή αξιολόγηση συμμετέχουν μόνο όταν η παραγόμενη ενέργεια καταναλώνεται στο κτήριο και δεν εγχέεται στο δίκτυο)
- Μικρής ισχύος ανεμογεννήτριες (Α/Γ) (η χρήση Α/Γ δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης)
- Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ)

### 2.1.2.3. Αποδοτική (ορθολογική) χρήση της ενέργειας

Σε τρίτο επίπεδο, μπορούν να εφαρμοστούν αρκετά μέτρα που θα αποσκοπούν στην αποδοτική χρήση της παρεχόμενης στο κτήριο ενέργειας, κυρίως όσον αφορά τις εγκαταστάσεις του. Οι αντίστοιχες επεμβάσεις θα πρέπει να μην εξαρτώνται, κατά το δυνατόν, από την συμπεριφορά των χρηστών (παρά το ότι αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ορθολογική χρήση της ενέργειας).

Μέτρα και επεμβάσεις που βοηθούν σ' αυτή την κατεύθυνση, μπορεί να είναι τα παρακάτω (αν και ορισμένα μέτρα σχετίζονται και με την μείωση της ενεργειακής ζήτησης):

- Εξέταση για πιθανή αλλαγή μορφής τελικής ενέργειας (π.χ. υποκατάσταση ηλεκτρισμού με καύσιμο ή και αντίστροφα),
- Συστήματα και συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης,
- Αναβάθμιση συστημάτων παραγωγής θέρμανσης – ψύξης,
- Βελτίωση δικτύων μεταφοράς – διανομής ενέργειας ή και των τερματικών συσκευών,
- Ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας (κυρίως σε συστήματα αερισμού),
- Βελτιωμένα συστήματα αυτοματισμών.

## 2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ & ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η ποικιλία των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας που υπάρχουν και των μέτρων και των τεχνολογιών που μπορούν να εφαρμοστούν είναι, σήμερα, πολύ μεγάλη. Έτσι, τόσο στη φάση του σχεδιασμού όσο και κατά την επιλογή του μεγέθους των επεμβάσεων εξ. εν. στις Η/Μ εγκαταστάσεις

του κτηρίου, θα πρέπει ο εν. επιθεωρητής να αξιολογήσει, ποιοτικά και ποσοτικά, τις επιπτώσεις στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου.

Σε γενικές γραμμές όλες οι τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, με την κατάλληλη εφαρμογή τους, επιτυγχάνουν βελτίωση του βαθμού απόδοσης των ενεργειακών διαδικασιών, με άμεσα αποτελέσματα:

- α) μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων για την ίδια κατανάλωση τελικής ενέργειας.
- β) μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος (των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων ρύπων).

Παράλληλα, προκύπτουν και οφέλη: λειτουργικά (βελτίωση των επιπέδων άνεσης των ενοίκων, της ενεργειακής ασφάλειας του κτηρίου κ.ά) και οικονομικά (μείωση των λειτουργικών εξόδων για θέρμανση, δροσισμό / κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού), πάντα όμως σε σχέση με το κόστος εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών.

Ιδιαίτερα οι ΑΠΕ έχουν το επιπλέον πλεονέκτημα ότι εκμεταλλεύονται μη εξαντλήσιμους (κυρίως) εγχώριους πόρους και, επομένως, μπορούν να συμβάλλουν, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, στην ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση του κτηρίου. Αυτή η παράμετρος μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τόσο την αρχική απόφαση για τη ενσωμάτωση κάποιας τεχνολογίας ΑΠΕ, όσο και τη διαστασιολόγηση του αντίστοιχου συστήματος.

### **2.2.1. Προαπαιτούμενα, περιορισμοί και επιδιώξεις κατά την εφαρμογή τεχνολογιών εξ.εν. στις Η/Μ εγκαταστάσεις**

Ο εν. επιθεωρητής, πριν προβεί στις συστάσεις και προτάσεις για επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, ενημερώνεται από τον αρμόδιο υπεύθυνο του κτηρίου για τυχόν επιπλέον προβλήματα που αντιμετωπίζει το κτήριο σχετικά με την λειτουργία του και ειδικότερα για:

- Τις προγραμματισμένες και αναγκαίες συντηρήσεις που πρέπει να εφαρμοστούν στις εγκαταστάσεις του κτηρίου.
- Τις επεμβάσεις αναβάθμισης των εγκαταστάσεων του κτηρίου, που έχουν ήδη εφαρμοστεί.
- Τις επεμβάσεις αναβάθμισης λόγω λειτουργικών προβλημάτων ή γήρανσης των εγκαταστάσεων ή και στοιχείων του κελύφους, που πρέπει ή/και έχουν προγραμματιστεί να γίνουν, όπως π.χ. αποκατάσταση και βάψιμο εξωτερικών επιφανειών κελύφους, στεγανοποίηση ανοιγμάτων, εξασφάλιση επαρκούς σκίασης των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, έλεγχο και αντικατάσταση / επισκευή εξοπλισμού των εγκαταστάσεων θέρμανσης – ψύξης – αερισμού του κτηρίου, έλεγχος των συστημάτων φωτισμού, καθαρισμός ή αντικατάσταση λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων, ρύθμιση των αυτοματισμών κ.ά.

Παράλληλα, ο εν. επ. καλείται να λάβει υπόψη του και να σταθμίσει και τους παρακάτω παράγοντες:

- Τη συμμόρφωση με ισχύουσα νομοθεσία και κανονισμούς, σε εθνικό ή και τοπικό επίπεδο.
- Τις τεχνικές απαιτήσεις ή και περιορισμούς εγκατάστασης εξοπλισμού, διέλευσης δικτύων κλπ, από άποψη διαθέσιμων χώρων αλλά και επάρκειας των υποδομών (π.χ. αντοχή δομικών στοιχείων, προσβασιμότητα και επάρκεια του ηλεκτρικού δικτύου κ.ά). Σ' αυτές περιλαμβάνονται και οι επιπτώσεις που τυχόν θα υπάρξουν στην αισθητική του κτηρίου ή κάποιων χώρων του.
- Την τυχόν αλληλεπίδραση των επεμβάσεων, είτε με υφιστάμενες εγκαταστάσεις είτε και μεταξύ δύο προτεινόμενων επεμβάσεων εξ. εν. (π.χ. η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος τεχνητού φωτισμού μπορεί να συνοδεύεται από μείωση των ψυκτικών φορτίων κατά το θέρος,

αλλά και από μείωση των θερμικών κερδών κατά τον χειμώνα, άρα από αύξηση των θερμικών αναγκών).

- Την επίτευξη συνθηκών άνεσης (θερμικής – οπτικής – ακουστικής – αισθητικής) των κατοίκων ή των εργαζομένων.
- Την οικονομική βιωσιμότητα των μέτρων εξ. εν., υπολογίζοντας την «Απλή Περίοδο Αποπληρωμής» της κάθε επέμβασης (ή και συνδυασμού αυτών). Πρέπει να ληφθούν υπόψη τα αναφερόμενα στην παρ. 2.1
- Την εξασφάλιση μεθόδων ή και εξοπλισμού για αξιόπιστες μετρήσεις της εξοικονομούμενης ανά έτος ενέργειας, στο βαθμό που αυτό απαιτείται ή είναι σκόπιμο.
- Επισημαίνεται ότι η εφαρμογή όλων των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να γίνεται πριν την αντικατάσταση τμημάτων του εξοπλισμού ή/και της εγκατάστασης.

## **2.2.2. Παράμετροι σχεδιασμού και διαστασιολόγησης Η/Μ εγκαταστάσεων που σχετίζονται με επεμβάσεις εξ. εν. στο κτήριο**

Κατά τη φάση του σχεδιασμού και της διαστασιολόγησης επεμβάσεων εξ. εν. στις Η/Μ εγκαταστάσεις, παίζουν σπουδαίο ρόλο μια σειρά από παραμέτρους, που είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη προκειμένου αυτές να καταστούν, κατά το δυνατόν, αποτελεσματικές και ενεργειακά αποδοτικές, αλλά και οικονομικά ελκυστικές. Αυτές είναι (ενδεικτικά και μη περιοριστικά):

- Το τυπικό ωράριο λειτουργίας του κτηρίου ή κάθε θερμικής ζώνης, ανάλογα με τη γενική ή ειδική χρήση τους. Από το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου, καθορίζεται – σε σημαντικό βαθμό – και ο συνολικός χρόνος αξιοποίησης μιας επέμβασης εξ.εν. κατά τη διάρκεια του έτους. Είναι διαφορετικό το ενεργειακό (και οικονομικό) όφελος που θα προκύψει π.χ. από τη βελτίωση της θερμομόνωσης ενός δικτύου σωληνώσεων νερού, αν αυτό χρησιμοποιείται μόνο για θέρμανση ή μόνο για ψύξη ή και για τα δύο (στην τελευταία περίπτωση η περίοδος αποπληρωμής θα είναι αρκετά μικρότερη).
- Οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες του κτηρίου ή κάθε θερμικής ζώνης, δηλαδή η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα, κατά την περίοδο θέρμανσης και ψύξης. Τυχόν υπάρχουσες μετρήσεις ή καταγραφές σχετικές με τις πραγματικά επικρατούσες συνθήκες κατά την παρούσα λειτουργία του κτηρίου, είναι πολύ χρήσιμες, γιατί μπορούν να ληφθούν υπόψη στον καθορισμό του είδους αλλά και του μεγέθους της όποιας επέμβασης εξ.εν.). Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να επιτυγχάνεται θερμική άνεση χωρίς σπατάλη ενέργειας.
- Ο απαιτούμενος αερισμός των χώρων (παροχή νωπού αέρα). Πρέπει να σταθμίζεται προσεκτικά, καθώς αποτελεί (ειδικά σε κτήρια του τριτογενή τομέα) σημαντική συνιστώσα στο θερμικό και ψυκτικό φορτίο και μπορεί να οδηγήσει σε υπερ-κατανάλωση ενέργειας, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Ο υπολογισμός της παροχής νωπού αέρα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2010, ώστε να εξασφαλίζονται οι συνθήκες υγιεινής για τους χρήστες, αλλά με την ελάχιστη ανανέωση αέρα, βάσει του όγκου και της χρήσης του κτηρίου. Σε υπάρχον κτήριο, η γνώση (με αξιόπιστες μετρήσεις) της υφιστάμενης παροχής νωπού αέρα, είναι ιδιαίτερως χρήσιμη, γιατί θα οδηγήσει στο αν χρειάζεται μείωση ή αύξησή της και να επηρεαστεί έτσι η αναμενόμενη ενεργειακή εκτίμηση.
- Η επιθυμητή στάθμη φωτισμού: Ο φωτισμός μπορεί να έχει σημαντική συνεισφορά στην κατανάλωση ενέργειας, ειδικά σε κτήρια του τριτογενούς τομέα (όπου και μόνο εξετάζεται). Στην TOTEE 20701-1/2010 δίνονται τα συνιστώμενα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου. Αυτή η ελάχιστη μέση στάθμη φωτισμού θα πρέπει να επιτυγχάνεται με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, η χρήση λαμπτήρων υψηλής

απόδοσης αλλά και των κατάλληλων φωτιστικών, σε συνδυασμό με αποδοτική χρήση του φυσικού φωτισμού, θα είναι από τις βασικές επιλογές σε μια προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Είναι, βέβαια, προφανές ότι σχετικές μετρήσεις στάθμης φωτισμού (με λουξόμετρο), αποτελούν σημαντικό δεδομένο για την σωστή κατεύθυνση / απόφαση σχεδιασμού και διαστασιολόγησης ενός νέου συστήματος φωτισμού ή – πιθανόν – της διατήρησης του υφιστάμενου.

- Η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, ο τρόπος παραγωγής του και η θερμοκρασία του. Καθοριστικής σημασίας για το σχεδιασμό και την διαστασιολόγηση του συστήματος Ζ.Ν.Χ. και των επεμβάσεων σ' αυτό, είναι τόσο η απαιτούμενη ημερήσια και ανά μήνα ποσότητα Ζ.Ν.Χ. όσο και η θερμοκρασία του, ανάλογα με το κτήριο και τη χρήση του. Ο σχετικός Πίνακας της TOTEE 20701-1/2010, δίνει εμπειρικές τυπικές τιμές, που λαμβάνονται για τους υπολογισμούς ενεργειακής κατανάλωσης για το Ζ.Ν.Χ. του κτηρίου, θεωρώντας θερμοκρασία Ζ.Ν.Χ. τους 50°C. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανόν σε αρκετές περιπτώσεις είτε κατοικιών είτε κτηρίων τριτογενούς τομέα, η πραγματική κατανάλωση Ζ.Ν.Χ., αλλά και η θερμοκρασία χρήσης του να διαφέρουν. Έτσι, για υπολογισμούς επεμβάσεων εξ.εν. θα ληφθούν τα πραγματικά δεδομένα, αρκεί να στηρίζονται σε αξιόπιστες μετρήσεις και στοιχεία.
- Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από χρήστες και συσκευές, μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις κτηρίων να είναι αξιόλογα και συμμετέχουν στην εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης (κυρίως το καλοκαίρι). Συνήθως, όμως, δεν επηρεάζουν σημαντικά το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση επεμβάσεων εξ. εν. των Η/Μ εγκαταστάσεων.
- Ετεροχρονισμοί – Προτεραιότητες λειτουργίας: Σε κάθε περίπτωση λήψης μέτρων εξ. εν. και σχεδιασμού των αντίστοιχων επεμβάσεων, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται πολύ προσεκτικά υπόψη είναι ο ετεροχρονισμός λειτουργίας διαφόρων συστημάτων (π.χ. φωτισμού ή αερισμού κλπ) ή διαφόρων συσκευών και παρουσίας ατόμων σε διάφορους χώρους του κτηρίου (π.χ. συσκευές σε μαγειρεία, μη ταυτόχρονη παρουσία σε χώρους ξενοδοχείου κ.ά). Σημαντικές μπορεί να είναι, κυρίως σε επίπεδο σχεδιασμού, οι αναγκαίες προτεραιότητες λειτουργίας ή και αλληλουχίες διαφόρων Η/Μ συστημάτων, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου (π.χ. η προτεραιότητα λειτουργίας του ηλιακού συστήματος έναντι της λειτουργίας λέβητα κ.ά.)

## **2.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – ΨΥΞΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ, ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

### **2.3.1. Γενικά ενεργειακά χαρακτηριστικά συστημάτων Θ-Ψ-Κ υπ. απόδοσης**

Τα συστήματα κλιματισμού, σχετικά σύγχρονης τεχνολογίας, που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από πλευράς εξοικονόμησης ενέργειας, συγκεντρώνουν, εν όλων ή εν μέρει, τα εξής γενικά χαρακτηριστικά:

- Έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται σε ικανοποιητικό βαθμό και γρήγορα στις απαιτήσεις μειωμένου (ψυκτικού ή θερμικού) φορτίου, καταναλώνοντας μειωμένη ενέργεια.
- Μπορούν να λειτουργούν με σημαντική ευελιξία / αυτονομία, ώστε να επιτυγχάνεται καλή ρύθμιση των συνθηκών στους χώρους κατά θερμικές ζώνες ή και μεμονωμένα.
- Ενσωματώνουν και αξιοποιούν αποτελεσματικά τις δυνατότητες των σύγχρονων αυτοματισμών.

- Τα επί μέρους συστατικά τους (μηχανήματα, συσκευές, εξαρτήματα κλπ) είναι πολύ καλής ενεργειακής συμπεριφοράς και – στις περισσότερες περιπτώσεις – διαθέτουν αντίστοιχη πιστοποίηση.

## 2.3.2. Συστήματα θέρμανσης υψηλής απόδοσης

### 2.3.2.1. Λέβητες - καυστήρες

Γενικά: Τα σύγχρονα συγκροτήματα λέβητα – καυστήρα παρουσιάζουν σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης. Πέραν των υποχρεωτικών απαιτήσεων που τίθενται με το Π.Δ. 335/1993 ΦΕΚ 143Α (βλ. Κεφ. 1.2.4.), είναι σκόπιμο ο ενεργειακός επιθεωρητής (ή μελετητής) να γνωρίζει τους βαθμούς απόδοσης που έχουν οι λέβητες του κτηρίου αναφοράς, όπως φαίνεται στον Πίν. 2.3.1.

**Πίνακας 2.3.1** Σύγκριση βαθμών απόδοσης λέβητα κτηρίου αναφοράς (Πιν. 4.1. της TOTEE-1) και λεβήτων με την ελάχιστη απόδοση του Π.Δ. 335/1993 ΦΕΚ 143Α

| Τύπος λέβητα                      | Ονομαστική ισχύς λέβητα P <sub>n</sub>                                                        |                  |                   |                    |                    |                    |         |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
|                                   | 4 έως<br>25 kW                                                                                | >25 έως<br>50 kW | >50 έως<br>100 kW | >100 έως<br>200 kW | >200 έως<br>300 kW | >300 έως<br>400 kW | >400 kW |
|                                   | Ελάχιστος βαθμός απόδοσης (%) λέβητα – καυστήρα<br>για μέση θερμοκρασία νερού του λέβητα 70°C |                  |                   |                    |                    |                    |         |
| Λέβητας κτηρίου<br>αναφοράς       | 91,9                                                                                          | 92,5             | 93,0              | 93,4               | 93,8               | 94,1               | 94,4    |
| Συνήθεις λέβητες                  | 85,2 - 86,8                                                                                   | 86,8 - 87,4      | 87,4 - 88,0       | 88,0 - 88,6        | 88,6 - 89,0        | 89,0 - 89,2        |         |
| Λέβητες χαμηλής<br>θερμοκρασίας ή | 88,4 - 89,6                                                                                   | 89,6 - 90,0      | 90,0 - 90,5       | 90,5 - 91,0        | 91,0 - 91,2        | 91,2 - 91,4        |         |
| Λέβητες αερίου με<br>συμπύκνωση   | 91,6 - 92,4                                                                                   | 92,4 - 92,7      | 92,7 - 93,0       | 93,0 - 93,3        | 93,3 - 93,5        | 93,5 - 93,6        |         |

Λέβητες συμπύκνωσης: Η τεχνολογία των λεβήτων συμπύκνωσης βασίζεται στο ότι εκμεταλλεύονται μεγαλύτερο ποσοστό της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων σε σχέση με τους συμβατικούς λέβητες. Οι παραγόμενοι κατά την καύση οποιουδήποτε καυσίμου υδρατμοί στους συνήθεις λέβητες, απομακρύνονται με τα καυσαέρια. Η συμπύκνωση μέρους αυτών μπορεί να αποδώσει επιπλέον εκμεταλλεύσιμη θερμότητα, τη λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης. Επομένως, θα προκύψει αύξηση στην απόδοση του συστήματος λέβητα – καυστήρα κατά 6-9% (εκατοστιαίες μονάδες), δηλ. έως και 11% συγκριτικά με ένα συμβατικό λέβητα. Αυτή η καλή απόδοση διατηρείται και όταν λειτουργούν υπό μερικό φορτίο. Είναι κατάλληλοι για όλα τα συστήματα θέρμανσης με θερμοκρασία νερού έως 85°C, αλλά είναι ιδανικοί για συστήματα χαμηλών θερμοκρασιών (55/45°C).

Στους λέβητες συμπύκνωσης υπάρχουν δύο φάσεις συλλογής θερμότητας. Η πρώτη φάση είναι όπως ενός συμβατικού λέβητα κατά την οποία συλλέγεται η αισθητή θερμότητα από τα καυσαέρια. Στη δεύτερη φάση, σε ένα δεύτερο εναλλάκτη θερμότητας συλλέγεται η λανθάνουσα θερμότητα από την συμπύκνωση των υδρατμών. Κατά την φάση αυτή, πρέπει η θερμοκρασία της επιφάνειας του εναλλάκτη να μην πέσει κάτω από το σημείο δρόσου των λοιπών συστατικών των καυσαερίων.

Επειδή ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης ενός λέβητα υπολογίζεται βάσει της Κατώτερης Θερμογόνου Δύναμης του καυσίμου, δηλ. χωρίς να συνυπολογίζεται η ενέργεια που θα μπορούσε να εξαχθεί από την ψύξη και συμπύκνωση των καυσαερίων, ενώ αυτό επιτυγχάνεται σε σημαντικό βαθμό

από τους λέβητες συμπύκνωσης, γι' αυτό παρουσιάζονται με βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο του 100%! Σύγχρονοι λέβητες συμπύκνωσης με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου μέσω ηλεκτρονικά μεταβαλλόμενων στροφών του ανεμιστήρα, έχουν «συμβατικό» βαθμό απόδοσης έως και 108%.

Συστήματα θέρμανσης για αντιμετώπιση μερικών φορτίων: Επειδή η εγκατάσταση θέρμανσης λειτουργεί επί αρκετό χρονικό διάστημα σε συνθήκες μειωμένου φορτίου, είναι σημαντικό από πλευράς εξοικ. ενέργειας να προσφέρεται κάθε φορά μόνο η απαραίτητη θερμική ισχύς. Πέραν των αυτοματισμών που μπορούν να επιτύχουν κάτι τέτοιο (βλ. ενότητες 3.1 και 3.2), υπάρχουν και τεχνολογίες που μπορούν να υιοθετηθούν στη φάση του σχεδιασμού της εγκατάστασης, όπως:

- Λέβητες με διβάθμιους καυστήρες (0-χαμηλή-πλήρης παροχή)
- Λέβητες με καυστήρες μεταβλητού ρυθμού καύσης (15% έως 100%)
- Κατανομή του φορτίου σε περισσότερους (μικρότερους) λέβητες

### **2.3.2.2. Ενδοδαπέδια θέρμανση**

Η θέρμανση από το δάπεδο, με θερμό νερό σε σωλήνες, έχει αξιόλογη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, κυρίως επειδή λειτουργεί με χαμηλής θερμοκρασίας νερό (30-45°C), που μπορεί να παράγεται κατά ενεργειακά αποδοτικό τρόπο από ηλιοθερμικό σύστημα ή αντλία θερμότητας αέρα/νερού ή αβαθούς γεωθερμίας ή και με φυσικό αέριο ή υγραέριο. Είναι δε και αρχιτεκτονικά-αισθητικά ελκυστική, λόγω της ελευθερίας που επιτρέπει στη διαμόρφωση των χώρων. Επί πλέον, είναι δυνατόν να λειτουργήσει το καλοκαίρι και ως σύστημα δροσισμού, αν τροφοδοτηθεί με κρύο νερό (14-22°C). Αρνητικό παράγοντα αποτελεί το γεγονός ότι για να καλυφθούν οι θερμικές απώλειες, ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα, είναι πιθανόν να χρειαστεί και πρόσθετη ενέργεια σε υψηλότερη θερμοκρασία. Αντίστοιχα, το καλοκαίρι, η πλήρης κάλυψη των ψυκτικών φορτίων θα απαιτήσει την εγκατάσταση πρόσθετων κλιματιστικών συσκευών.

Ενδιαφέρον από πλευράς κόστους εγκατάστασης αλλά και εξοικονόμησης ενέργειας, παρουσιάζει η χρήση μιας αντλίας θερμότητας για: θέρμανση (ενδοδαπέδια) – παραγωγή ZNZ – δροσισμό, με ή χωρίς υποβοήθηση ηλιακής ενέργειας

### **2.3.3. Συστήματα ψύξης – κλιματισμού υψηλής απόδοσης**

Γενικά: Τόσο σε επίπεδο εξοπλισμού παραγωγής ψύξης, όσο και συστημάτων διανομής, αλλά και σχεδιασμού των τερματικών συσκευών, η εξέλιξη είναι αλματώδης. Η γενίκευση της χρήσης των νέων (οικολογικών-HFC) ψυκτικών ρευστών, συνδυάστηκε με σημαντική βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των ψυκτικών συσκευών, ενώ η αξιοποίηση των αυτοματισμών και της ψηφιακής τεχνολογίας δημιούργησε μια τεράστια ποικιλία συστημάτων, έτσι ώστε ο μηχανικός και ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει το πλέον κατάλληλο, οικονομικό και λειτουργικά αποδοτικό για τις ανάγκες του.

Ψυκτικά συγκροτήματα για αντιμετώπιση μερικών φορτίων: Και η ψυκτική – κλιματιστική εγκατάσταση λειτουργεί, όπως η θέρμανση, επί αρκετό διάστημα σε συνθήκες μειωμένου φορτίου, οπότε πρέπει να εξασφαλιστεί η αποδοτική λειτουργία της και σ' αυτές τις συνθήκες. Τα συστήματα αυτοματισμού, τόσο στην όλη εγκατάσταση όσο και στο ίδιο το ψυκτικό συγκρότημα, βοηθούν σ' αυτή την κατεύθυνση. Ωστόσο, η πρόβλεψη εγκατάστασης κατάλληλων ψυκτικών συγκροτημάτων είναι πολύ αποτελεσματική, όπως:

- Ψύκτες πολλαπλών συμπίεστών,
- Ψύκτες με έναν συμπίεστη μεταβλητής ταχύτητας ή με βαθμίδες αποφόρτισης,
- Κατανομή του φορτίου σε περισσότερους (μικρότερους) ψύκτες.

### 2.3.3.1. Η ενεργειακή κατάταξη των συσκευών ψύξης - κλιματισμού

Η τάξη ενεργειακής απόδοσης των οικιακών κλιματιστικών συσκευών ψύξης – θέρμανσης καθορίζεται στην Υ.Α. Δ6/Β οικ.3155 (ΦΕΚ 266Β/2003), σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2002/31/ΕΚ.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Δεν εφαρμόζεται σε συσκευές που είναι δυνατόν να καταναλώνουν ενέργεια από άλλες πηγές, σε συσκευές αέρα-νερού και νερού-νερού και σε μονάδες με ισχύ εξόδου (ψυκτική ισχύ) >12 kW.

Αξιολογούνται τα δύο κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά, που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση, όπως παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.3.2 και 2.3.3.

- EER (Energy Efficiency Ratio): «Βαθμός ενεργειακής απόδοσης» (ΦΕΚ) ή «Δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας» (TOTEE 20701-1)

**Πίνακας 2.3.2** Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κλιματιστικών-λειτουργία ψύξης(EER)

| Τάξη<br>ενεργει-<br>ακής<br>απόδο-<br>σης | Αερόψυκτες συσκευές                                                                                                                                                                      |                    |                          | Υδρόψυκτες συσκευές                        |                    |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                                           | Όρια κατηγορίας                                                                                                                                                                          |                    |                          | Όρια κατηγορίας                            |                    |
|                                           | Βαθμός ενεργειακής απόδοσης (EER) της συσκευής κατά τη λειτουργία ψύξης υπό πλήρες φορτίο, σύμφωνα με μεθόδους δοκιμών που καθορίζονται στα εναρμονισμένα πρότυπα («μέτρες» συνθήκες T1) |                    |                          |                                            |                    |
|                                           | Διαιρούμενες και πολυδιαιρούμενες συσκευές                                                                                                                                               | Συσκευές μονομπλόκ | Συσκευές μονού αεραγωγού | Διαιρούμενες και πολυδιαιρούμενες συσκευές | Συσκευές μονομπλόκ |
| A                                         | EER > 3,20                                                                                                                                                                               | EER > 3,00         | EER > 2,60               | EER > 3,60                                 | EER > 4,40         |
| B                                         | 3,20 ≥ EER > 3,00                                                                                                                                                                        | 3,00 ≥ EER > 2,80  | 2,60 ≥ EER > 2,40        | 3,60 ≥ EER > 3,30                          | 4,40 ≥ EER > 4,10  |
| C                                         | 3,00 ≥ EER > 2,80                                                                                                                                                                        | 2,80 ≥ EER > 2,60  | 2,40 ≥ EER > 2,20        | 3,30 ≥ EER > 3,10                          | 4,10 ≥ EER > 3,80  |
| D                                         | 2,80 ≥ EER > 2,60                                                                                                                                                                        | 2,60 ≥ EER > 2,40  | 2,20 ≥ EER > 2,00        | 3,10 ≥ EER > 2,80                          | 3,80 ≥ EER > 3,50  |
| E                                         | 2,60 ≥ EER > 2,40                                                                                                                                                                        | 2,40 ≥ EER > 2,20  | 2,00 ≥ EER > 1,80        | 2,80 ≥ EER > 2,50                          | 3,50 ≥ EER > 3,20  |
| F                                         | 2,40 ≥ EER > 2,20                                                                                                                                                                        | 2,20 ≥ EER > 2,00  | 1,80 ≥ EER > 1,60        | 2,50 ≥ EER > 2,20                          | 3,20 ≥ EER > 2,90  |
| G                                         | 2,20 ≥ EER                                                                                                                                                                               | 2,00 ≥ EER         | 1,60 ≥ EER               | 2,20 ≥ EER                                 | 2,90 ≥ EER         |

και

- COP (Coefficient Of Performance): «Συντελεστής ενεργειακής απόδοσης» (ΦΕΚ) ή «Συντελεστής επίδοσης» (TOTEE 20701-1)

**Πίνακας 2.3.3** Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κλιματιστικών-λειτουργία θέρμανσης (COP)

| Τάξη<br>ενεργει-<br>ακής<br>απόδο-<br>σης | Αερόψυκτες συσκευές<br>Όρια κατηγορίας                                                                                                                                                      |                    |                          | Υδρόψυκτες συσκευές<br>Όρια κατηγορίας     |                    |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                                           | Συντελ. ενεργειακής απόδοσης (COP) της συσκευής κατά τη λειτουργία θέρμανσης υπό πλήρες φορτίο, σύμφωνα με μεθόδους δοκιμών που καθορίζονται στα εναρμονισμένα πρότυπα (σε συνθήκες T1+7C). |                    |                          |                                            |                    |
|                                           | Διαιρούμενες και πολυδιαιρούμενες συσκευές                                                                                                                                                  | Συσκευές μονομπλόκ | Συσκευές μονού αεραγωγού | Διαιρούμενες και πολυδιαιρούμενες συσκευές | Συσκευές μονομπλόκ |
|                                           | A                                                                                                                                                                                           | COP > 3,60         | COP > 3,40               | COP > 3,00                                 | COP > 4,00         |
| B                                         | 3,60 ≥ COP > 3,40                                                                                                                                                                           | 3,40 ≥ COP > 3,20  | 3,00 ≥ COP > 2,80        | 4,00 ≥ COP > 3,70                          | 4,70 ≥ COP > 4,40  |
| C                                         | 3,40 ≥ COP > 3,20                                                                                                                                                                           | 3,20 ≥ COP > 3,00  | 2,80 ≥ COP > 2,60        | 3,70 ≥ COP > 3,40                          | 4,40 ≥ COP > 4,10  |
| D                                         | 3,20 ≥ COP > 2,80                                                                                                                                                                           | 3,00 ≥ COP > 2,60  | 2,60 ≥ COP > 2,40        | 3,40 ≥ COP > 3,10                          | 4,10 ≥ COP > 3,80  |
| E                                         | 2,80 ≥ COP > 2,60                                                                                                                                                                           | 2,60 ≥ COP > 2,40  | 2,40 ≥ COP > 2,10        | 3,10 ≥ COP > 2,80                          | 3,80 ≥ COP > 3,50  |
| F                                         | 2,60 ≥ COP > 2,40                                                                                                                                                                           | 2,40 ≥ COP > 2,20  | 2,10 ≥ COP > 1,80        | 2,80 ≥ COP > 2,50                          | 3,50 ≥ COP > 3,20  |
| G                                         | 2,40 ≥ COP                                                                                                                                                                                  | 2,20 ≥ COP         | 1,80 ≥ COP               | 2,50 ≥ COP                                 | 3,20 ≥ COP         |

### 2.3.3.2. Ολοκληρωμένα συστήματα κλιματισμού υψηλής απόδοσης

Πολλά σύγχρονα συστήματα κλιματισμού παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή απόδοση, επειδή αξιοποιούν, λίγο ή πολύ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως θα αναπτυχθεί σε επόμενες ενότητες.

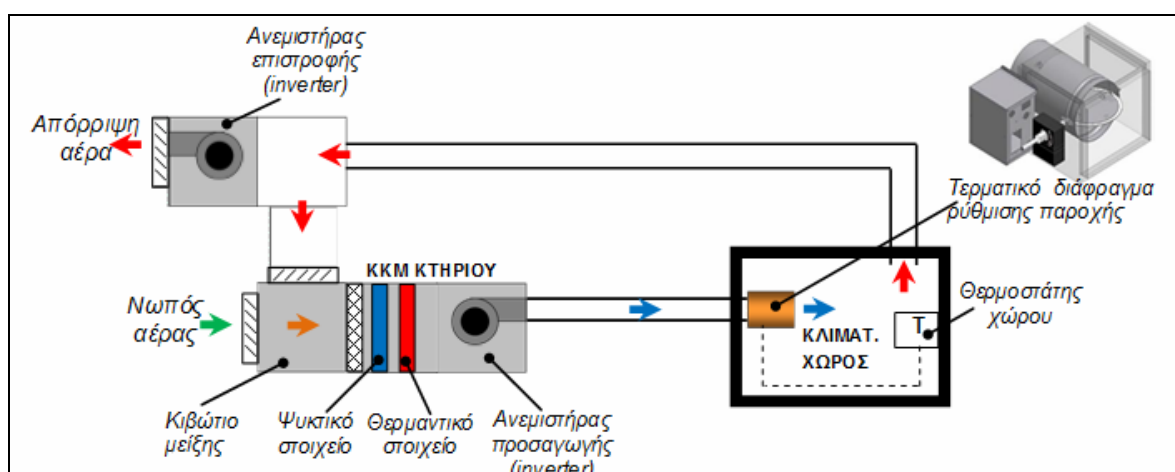
Εδώ αναφέρονται μόνο τρία συστήματα, χωρίς χρήση Α.Π.Ε., των οποίων οι τεχνολογίες είναι άμεσα διαθέσιμες. Μπορούν να εφαρμοστούν σε εγκαταστάσεις Θ-Ψ-Κ κτηρίων, στα οποία υπάρχουν χώροι ή ομάδες χώρων (ζώνες) με ψυκτικά (ή θερμικά) φορτία που είναι διαφοροποιημένα τόσο ως προς το μέγεθός τους όσο και ως προς την ώρα εμφάνισης του μεγίστου. Έτσι, υπάρχει η ανάγκη αφ' ενός αυτόνομης, κατά χώρο ή ζώνη, λειτουργίας και αφ' ετέρου να αντιμετωπίζονται οι σημαντικές μεταβολές στο ψυκτικό (ή θερμικό) φορτίο κατά τη διάρκεια της μέρας.

Γι' αυτό και η ύπαρξη ενός τέτοιου συστήματος «πριμοδοτείται» ενεργειακά και είναι ένας από τους παράγοντες που θα οδηγήσουν την κατάταξη των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου στην κατηγορία Α (Πίν. 5.5. της ΤΟΤΕΕ 20701-1). Υπάρχει δυνατότητα συνεργασίας των αυτοματισμών της εγκατάστασης με (υφιστάμενο ή μελλοντικό) σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου (BEMS).

Και στα τρία αυτά συστήματα, η εγκατεστημένη ψυκτική (ή θερμική) ισχύς στο κτήριο αλλά και η ισχύς των υπόλοιπων συσκευών (ανεμιστήρων, αντλιών κλπ), προκύπτουν μικρότερα σε σχέση με αντίστοιχα συμβατικά σύστημα Θ-Ψ-Κ, λόγω ετεροχρονισμού φορτίων αλλά και χρήσης των χώρων.

#### ▪ Συστήματα μεταβαλλόμενης παροχής αέρα (ΜΠΑ ή VAV)

Οι αρχές λειτουργίας και ο βασικός εξοπλισμός αναφέρεται στην ΤΟΤΕΕ 2423/86, παραγρ. 406.4.



Σχήμα 2.3.1 Σχηματικό διάγραμμα συστήματος κλιματισμού ΜΠΑ (VAV)

Κάθε ζώνη τροφοδοτείται με αέρα μέσω ενός κεντρικού αυτόματου διαφράγματος ρύθμισης της παροχής, ελεγχόμενο βασικά από ένα θερμοστάτη της ζώνης. Η μέγιστη παροχή υπολογίζεται με βάση την αιχμή φορτίου της ζώνης. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται ο απαιτούμενος αερισμός αλλά και η απαραίτητη κίνηση του αέρα στους χώρους, για την περίπτωση ελαχιστοποιημένης παροχής αέρα.

Ένα σύστημα ΜΠΑ κυρίως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις μεσαίας ή μεγάλης ισχύος, αλλά χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις ακριβούς ρύθμισης της υγρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο.

Απαιτούνται, βέβαια, ενσωματωμένα συστήματα αυτοματισμού για τον έλεγχο των συνθηκών χώρου, μέσω της μεταβλητής παροχής αέρα, την επίτευξη αυτόνομης λειτουργίας κατά «ζώνη» ή κατά χώρο, την εξασφάλιση του αναγκαίου νωπού αέρα κατά χώρο κ.λπ.

Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 10% έως 20%, εξαρτώμενη από τις ειδικές συνθήκες σχεδιασμού και λειτουργίας της εγκατάστασης καθώς και των δυνατοτήτων του ίδιου του

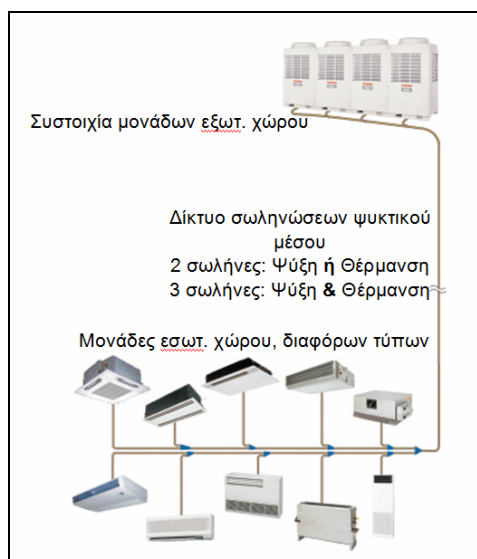
συστήματος ΜΠΑ, σε σχέση με συμβατικό σύστημα σταθερής παροχής αέρα. Η χρήση στις Κ.Κ.Μ. ανεμιστήρων μεταβλητού αριθμού στροφών, με χρήση μετατροπών συχνότητας (inverter) συμβάλλει σε καλύτερη και ακόμη οικονομικότερη λειτουργία.

#### ▪ Συστήματα μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου (ΜΟΨ ή VRV ή VRF)

Το σύστημα ΜΟΨ είναι ένα πολυδιαιρούμενο σύστημα αντλίας θερμότητας, στο οποίο σε μία μονάδα εξωτ. χώρου συνδέονται πολλές εσωτερικές μονάδες για τον κλιματισμό των χώρων, μέσω δικτύου σωληνώσεων ψυκτικού μέσου, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρως αυτόνομη λειτουργία καθεμιάς. Η μονάδα εξωτ. χώρου διαθέτει συμπιεστή (-ες) μεταβλητού αριθμού στροφών, μέσω μετατροπέα συχνότητας (inverter), που απορροφά ηλεκτρική ισχύ σχεδόν ανάλογα με τις απαιτήσεις του ψυκτικού (ή θερμαντικού) φορτίου.

Το σύστημα ΜΟΨ κυρίως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας ισχύος, αλλά χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις ακριβούς ρύθμισης της υγρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο.

Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 20% έως 40%, εξαρτώμενη από τις ειδικές συνθήκες σχεδιασμού και λειτουργίας της εγκατάστασης καθώς και των δυνατοτήτων του ίδιου του συστήματος ΜΟΨ, σε σχέση με συμβατικό σύστημα, αλλά και από το αν το σύστημα ΜΟΨ θα έχει δυνατότητα ταυτόχρονης ψύξης ή θέρμανσης σε διαφορετικούς χώρους.



**Σχήμα 2.3.2** Παραστατική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού ΜΟΨ (VRV ή VRF)

Το σύστημα με 3 σωλήνες κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου, έχει δυνατότητα ταυτόχρονης ψύξης ή θέρμανσης σε διαφορετικούς χώρους.

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών και θερμαντικών αποδόσεων θα πρέπει να υπολογίζονται και να λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές διόρθωσης που σχετίζονται με το ισοδύναμο μήκος των ψυκτικών σωληνώσεων μεταξύ των μονάδων εξωτ. χώρου και εσωτ. χώρου. Για τη θερμαντική απόδοση να υπολογίζεται και ο συντελεστής διόρθωσης λόγω αποπάγωσης του εξωτερικού στοιχείου.

#### ▪ Πολυζωνικά συστήματα νερού (ΠΟΣΝ)

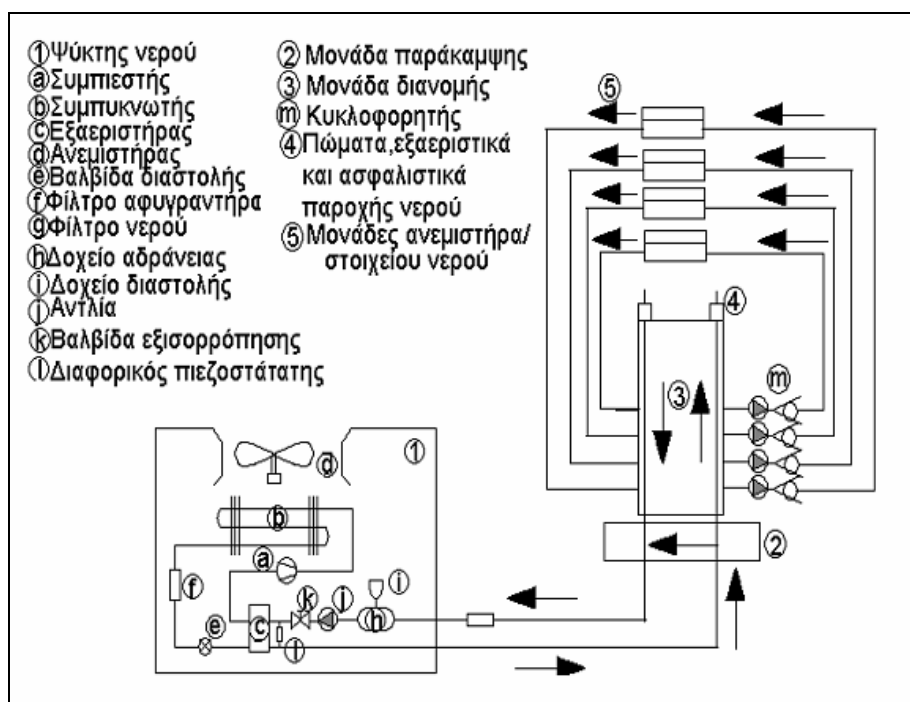
Συγκροτείται έτσι ώστε οι εσωτερικές μονάδες των χώρων να τροφοδοτούνται από ένα πρωτεύον κύκλωμα νερού (ψυχρού ή θερμού), με ανεξάρτητους μικρούς κυκλοφορητές. Η λειτουργία των κυκλοφορητών ελέγχεται από χειριστήριο στον αντίστοιχο χώρο, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρως αυτόνομη λειτουργία καθεμιάς εσωτ. μονάδας.

Το σύστημα ΠΟΣΝ μπορεί να εφαρμοσθεί σε εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας ισχύος, σε κτήρια με ανεξάρτητους χώρους (ή ιδιοκτησίες), όπου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί συμβατικό σύστημα ψύξης-θέρμανσης με νερό και Τοπικές Μονάδες Ανεμιστήρα-Στοιχείου (Τ.Μ.Α.Σ.).

Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 8% έως 15%, εξαρτώμενη κυρίως από τις συνθήκες χρήσης της εγκατάστασης, δηλαδή του βαθμού ανεξαρτησίας λειτουργίας που θα εμφανιστεί, σε σχέση με απλό σύστημα κλιματισμού με νερό και ΤΜΑΣ.

Θα πρέπει να εξασφαλιστεί η διέλευση των σωληνώσεων, που θα έχουν μικρές σχετικά διατομές, αλλά θα είναι εκτεταμένου μήκους. Επίσης των ηλεκτρικών γραμμών τροφοδοσίας και αυτοματισμών και των σωληνώσεων αποχέτευσης συμπυκνωμάτων.

Το σύστημα δεν έχει δυνατότητα ταυτόχρονης ψύξης ή θέρμανσης σε διαφορετικούς χώρους. Απαιτείται προσεκτικός υπολογισμός των υδραυλικών κυκλωμάτων και ειδικά της αντλίας του πρωτεύοντος κυκλώματος, σε σχέση με τα όρια παροχών νερού στο ψυκτικό συγκρότημα και τις θερμοκρασίες λειτουργίας του.



Σχήμα 2.3.3 Συγκρότηση πολυζωνικού συστήματος νερού

## 2.3.4. Εναλλακτικά συστήματα ψύξης – κλιματισμού

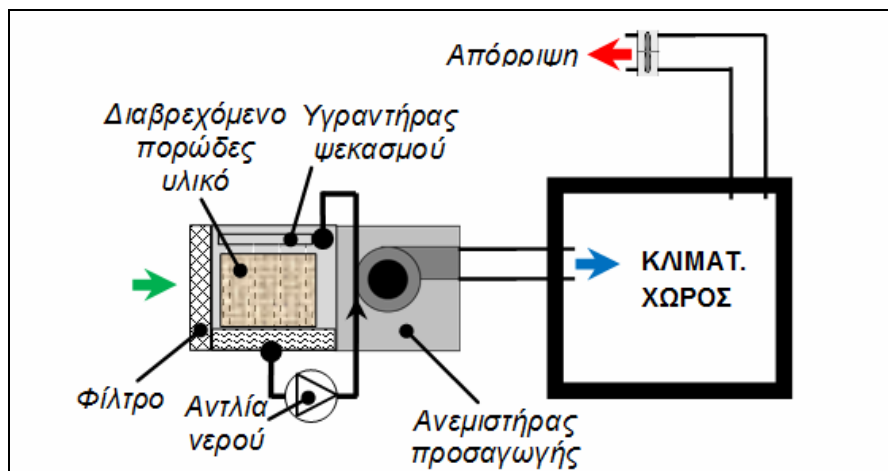
### 2.3.4.1. Εξατμιστική ψύξη

Βασίζεται στη δυνατότητα του αέρα (που δεν βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού), όταν έλθει σε επαφή με μια υγρή επιφάνεια, να εξατμίζει μικρή ποσότητα του νερού, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία του νερού να είναι υψηλότερη από το σημείο δρόσου του αέρα. Η απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα εξατμισμού του νερού προσφέρεται (μερικώς) και από τον αέρα, του οποίου έτσι η θερμοκρασία μειώνεται. Ταυτόχρονα όμως, το περιεχόμενο υγρασίας του αέρα αυξάνεται.

#### ▪ Άμεση εξατμιστική ψύξη

Ο αέρας έρχεται σε άμεση επαφή με υγρή επιφάνεια ή με ψεκαζόμενο νερό, οπότε ψύχεται και υγραίνεται και προσάγεται στο χώρο για παραλαβή ψυκτικού φορτίου. Η άμεση εξατμ. ψύξη μπορεί να

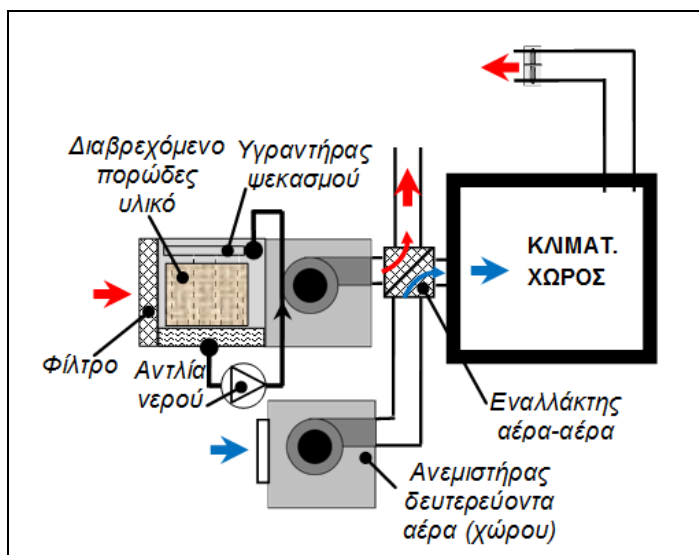
εφαρμοσθεί, για συνήθη κλιματισμό (επίτευξη άνεσης) κατοικιών ή κτηρίων τριτογενούς τομέα, μόνο σε θερμά και ξηρά κλίματα.



Σχήμα 2.3.4 Άμεση εξατμιστική ψύξη

#### ▪ Έμμεση εξατμιστική ψύξη

Ένα ρεύμα αέρα (πρωτεύον) ψύχεται και υγραίνεται, με άμεση εξατμ. ψύξη, αλλά δεν προσάγεται σ' αυτή την κατάσταση στο χώρο. Διέρχεται από έναν εναλλάκτη αέρα-αέρα, όπου ψύχει την παροχή του αέρα που κυκλοφορεί στον κλιματιζόμενο χώρο (δευτερεύον). Έτσι, η υγρασία του αέρα προσαγωγής παραμένει σταθερή, ενώ η θερμοκρασία του μειώνεται και προσάγεται στο χώρο για παραλαβή ψυκτικού φορτίου. Αυτό το σύστημα εξατμ. ψύξης ενδείκνυται και για υγρά κλίματα.



Σχήμα 2.3.5 Έμμεση εξατμιστική ψύξη

#### ▪ Συνδυασμένα συστήματα εξατμιστικής ψύξης

Συστήματα άμεσης - έμμεσης εξατμ. ψύξης μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους (πολυβάθμια) ώστε να επιτευχθεί μια αξιοσημείωτη μείωση θερμοκρασίας χωρίς υπερβολική αύξηση της υγρασίας. Αλλά μπορούν να συνδυαστούν και με συμβατικά συστήματα ψύξης – κλιματισμού, ώστε να βελτιώνεται η συνολική ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης. Π.χ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προ-ψυχθεί ο απαιτούμενος νωπός αέρας πριν εισέλθει σε μια κλιματιστική συσκευή.

Η εξατμ. ψύξη ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά, λόγω της πολύ χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (καταναλώνεται μόνο σε ανεμιστήρες και αντλίες), αλλά απαιτεί διαθεσιμότητα νερού. Είναι ιδιαίτερα συμφέρουσα για μείωση της θερμοκρασίας σε βιομηχανικούς χώρους με σημαντικά θερμικά κέρδη, των οποίων η αντιμετώπιση με συμβατικά συστήματα κλιματισμού θα ήταν πολύ δαπανηρή (και ως εγκατάσταση και ως λειτουργία). Συνήθως απαιτεί μεγάλες παροχές αέρα, πράγμα που είναι επιθυμητό για κάλυψη των απαιτήσεων αερισμού των χώρων, αλλά θα οδηγήσει σε μεγάλους αεραγωγούς και ίσως θορυβώδη λειτουργία. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τη λήψη μέτρων υγιεινής, ώστε να αποκλείεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών σε βρόμικες υγρές επιφάνειες ή/και να εμποδίζεται η μεταφορά τους σε κλιματιζόμενους χώρους.

#### **2.3.4.2. Ψύξη αφύγρανσης (με υγροσκοπικά υλικά)**

Όταν στο χώρο υπάρχουν υψηλά λανθάνοντα φορτία ή επιβάλλεται η σχετική υγρασία του να είναι κάτω από 50%, η επί πλέον υγρασία από το χώρο μπορεί να αφαιρεθεί είτε με σύστημα μεταθέρμανσης (που είναι αποτελεσματική και εύκολη μέθοδος, αλλά εξαιρετικά ενεργοβόρα) είτε να απορροφηθεί/προσροφηθεί από υγροσκοπικά υλικά (desiccants). Ο κύκλος αφύγρανσης εν συντομία:

1. Αφύγρανση του αέρα: το υλικό αφύγρανσης «γεμίζει» με υδρατμούς (και θερμαίνεται λίγο)
2. Αναγέννηση του υλικού αφύγρανσης: η υγρασία που έχει απορροφηθεί αποβάλλεται στο περιβάλλον, με θέρμανση του υλικού.
3. Ψύξη του υλικού: Με οποιοδήποτε τρόπο, ώστε να είναι ικανό να απορροφήσει ξανά υγρασία.

Η ψύξη αφύγρανσης μπορεί να χρησιμοποιείται βοηθητικά, ιδιαίτερα αν διατίθεται φθηνή θερμική ενέργεια σε σχέση με την ηλεκτρική που θα καταναλώνεται για «βαθεία» ψύξη και μεταθέρμανση.

#### **2.3.4.3. Εξοικονομητές νερού**

Είναι συστήματα με τα οποία ο αέρας προσαγωγής ψύχεται έμμεσα με νερό το οποίο βρίσκεται διαθέσιμο ή φθάνει σε χαμηλή θερμοκρασία, χωρίς μηχανική ψύξη. Έτσι σε ενδιάμεσες εποχές, είναι δυνατή η κάλυψη των μειωμένων φορτίων, με ενεργειακά αποδοτικό τρόπο. Το νερό μπορεί:

- να είναι διαθέσιμο από φυσικές πηγές (λίμνες, ποτάμια κλπ) και να κυκλοφορεί στο σύστημα
- να (επανα)ψύχεται μόνο με τη χρήση πύργων ψύξης και να κυκλοφορεί στο σύστημα, σε χωριστό εναλλάκτη. (Όταν η θερμοκρασία εξόδου του νερού από τον Π.Ψ. είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία εισόδου του αέρα στο ψυκτικό στοιχείο, μια βαλβίδα ελέγχου επιτρέπει τη ροή του μέσω του εξοικονομητή)
- να προ-ψύχει αέρα, ο οποίος στη συνέχεια ψύχεται με το συμβατικό ψυκτικό στοιχείο.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το διαθέσιμο σε χαμηλή θερμοκρασία νερό είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται για μείωση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης του ψύκτη, οπότε βελτιώνεται πολύ ο EER του ψύκτη, με την προϋπόθεση ότι θα είναι κατασκευασμένος για τέτοια λειτουργία.

## **2.4. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ- ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ**

### **2.4.1. Γενικά**

Σε πολλές η/μ εγκαταστάσεις είναι δυνατή η ανάκτηση θερμότητας (ή και ψύξης) που απορρίπτεται στο περιβάλλον και η εκμετάλλευσή της, ώστε να βελτιώνεται η συνολική ενεργειακή τους απόδοση.

Αναγκαία προκαταρκτικά βήματα για την κατ' αρχήν εξέταση των δυνατοτήτων ανάκτησης, είναι :

- Εντοπισμός θερμικών πηγών και σχετικός υπολογισμός της συνολικά εισερχόμενης (ή παραγόμενης) στο κτήριο και τις εγκαταστάσεις του θερμότητας (ή ψύξης).
- Υπολογισμός ή εκτίμηση του ποσοστού της θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί πριν αυτή απορριφθεί στο περιβάλλον και για το οποίο υπάρχουν τεχνικές δυνατότητες εκμετάλλευσης.
- Οικονομοτεχνική μελέτη και αξιολόγηση των εφικτών τεχνικών λύσεων ανάκτησης.

Ειδικότερα, στις εγκαταστάσεις Θ-Ψ-Κ κτηρίων, οι πιο ρεαλιστικές δυνατότητες είναι εκείνες που σχετίζονται με τη διαχείριση και την επεξεργασία του αέρα. (Η ανάκτηση αποθηκευόμενης θερμότητας ή και ψύξης αναλύεται σε επόμενη ενότητα 2.6)

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να συνεκτιμάται το μειωμένο, λόγω της ανάκτησης, μέγεθος του θερμαντικού ή ψυκτικού εξοπλισμού (λέβητες, ψύκτες, θερμαντικά ή ψυκτικά στοιχεία, σωληνώσεις, αντλίες κ.λπ.) καθώς και του συνόλου της ηλεκτρικής εγκατάστασης τροφοδοσίας.

### **2.4.2. Εναλλάκτες προθέρμανσης/πρόψυξη νωπού αέρα**

Κατά τη διαδικασία ανανέωσης του αέρα των χώρων, ο αέρας που απορρίπτεται από ένα κλιματιζόμενο χώρο πρέπει να αναπληρωθεί από νωπό (εξωτερικό) αέρα, στον οποίο απαιτείται να προσδοθεί (ή να αφαιρεθεί) θερμότητα. Επειδή ο απορριπτόμενος αέρας βρίσκεται σε συνθήκες διαφορετικές από του περιβάλλοντος, μαζί με τον αέρα απορρίπτεται και ενέργεια (θερμική ή ψυκτική).

Με συστήματα ανάκτησης, σε εγκαταστάσεις Θ-Ψ-Κ, ένα μέρος της ενέργειας που περιέχει το ρεύμα του απορριπτόμενου αέρα μεταφέρεται στο ρεύμα του φρέσκου εξωτερικού αέρα.

Απαιτούνται δίκτυα αεραγωγών για σύνδεση με τον εξοπλισμό εναλλαγής θερμότητας, καθώς και ανεμιστήρες προσαγωγής-απόρριψης. Ο εξοπλισμός τοποθετείται συνήθως μέσα σε κλιματιστική μονάδα, αλλά είναι δυνατόν να εγκατασταθεί ανεξάρτητη και αυτόνομη μονάδα (απαιτείται κατάλληλος χώρος). Συστήματα αυτοματισμών εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες και τον απαραίτητο αερισμό στους κλιματιζόμενους χώρους, αλλά και τη βέλτιστη ενεργειακά λειτουργία της εγκατάστασης.

#### **2.4.2.1. Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα, πλακοειδείς.**

Με αυτούς επιτυγχάνεται απ' ευθείας συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του απορριπτόμενου αέρα και του νωπού αέρα, χωρίς να γίνεται ανάμειξη των δύο (διασταυρούμενων) ρευμάτων.

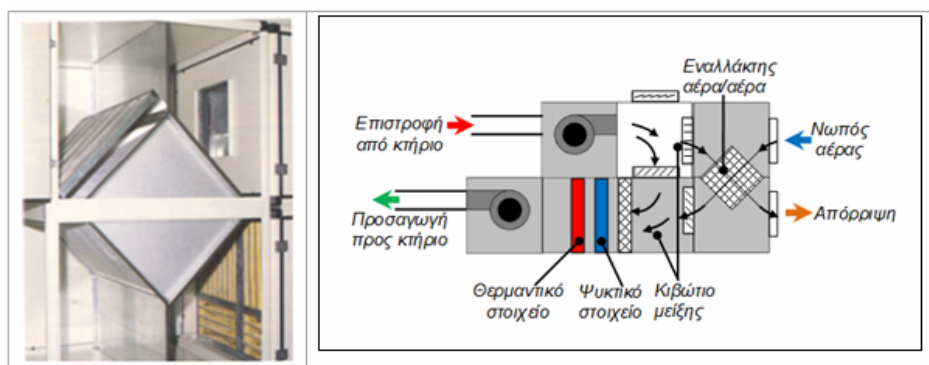
Αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τρόπο ανάκτησης θερμότητας και βρίσκουν εφαρμογή σε εγκαταστάσεις μικρής, μεσαίας ή μεγάλης θερμικής ισχύος. (Βλέπε και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, παρ. 309.3). Συνήθως τοποθετούνται μέσα σε Κ.Κ.Μ. (σχήμα 2.4.1). Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν και χρησιμοποιούνται ευρέως αυτόνομοι (packaged) εναλλάκτες, με ή χωρίς στοιχείο, με τους δύο ανεμιστήρες σε ενιαίο κέλυφος, ώστε να γίνεται εύκολη η σύνδεση με τους αεραγωγούς.

Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 10% έως 25%, εξαρτώμενη από τις ειδικές συνθήκες σχεδιασμού και λειτουργίας της εγκατάστασης. Συνήθως, κατά τη χειμερινή λειτουργία (θέρμανσης) η εξοικονόμηση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τη θερινή λειτουργία (ψύξης).

Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 40% έως 60%, ανάλογα με την κατασκευή.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις πτώσεις πίεσης των δικτύων αλλά και στις πτώσεις πίεσης εντός του ίδιου του εναλλάκτη. Υπερβολικές πτώσεις πίεσης θα αυξήσουν την κατανάλωση ενέργειας των ανεμιστήρων, μειώνοντας το τελικό ενεργειακό όφελος.

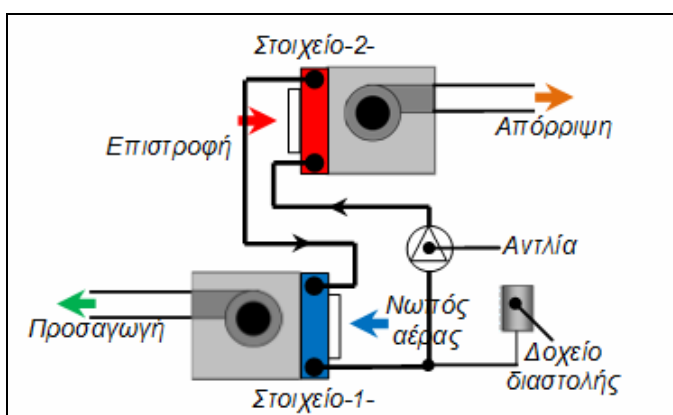
Η αποδοτικότητα ενός τέτοιου εναλλάκτη εξαρτάται και πρέπει να προκύπτει για τις συνθήκες σχεδιασμού του, με καθορισμένα τα παρακάτω μεγέθη: Παροχές, θερμοκρασία και σχετική υγρασία του απορριπτόμενου και του νωπού αέρα, μέγιστες επιτρεπόμενες πτώσεις πίεσης.



**Σχήμα 2.4.1** Κατασκευαστική διαμόρφωση εναλλάκτη αέρα-αέρα και λειτουργία του σε Κ.Κ.Μ.

#### 2.4.2.2. Εναλλάκτες θερμότητας αέρα/νερού (runaround coils)

Πρόκειται για ζεύγος εναλλακτών θερμότητας αέρα-νερού (στοιχεία με συστοιχίες πτερυγιοφόρων σωλήνων), που τοποθετούνται ο ένας στο ρεύμα του απορριπτόμενου αέρα και ο άλλος στο ρεύμα εισαγωγής του νωπού αέρα, ενώ μεταξύ τους συνδέονται ως κλειστό σύστημα. Στο κλειστό σύστημα, μέσω αντλίας, κυκλοφορεί ενδιάμεσο θερμικό μέσο, ενώ απαραίτητο είναι και κατάλληλο κλειστό δοχείο διαστολής. Το εργαζόμενο μέσο στο κλειστό κύκλωμα των στοιχείων είναι νερό ή διάλυμα γλυκόλης (σε περίπτωση χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών).



**Σχήμα 2.4.2** Αρχή λειτουργίας συστήματος runaround coils

Έχουν εφαρμογή μόνο σε εγκαταστάσεις μεσαίας ή μεγάλης θερμικής ισχύος. Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 10% έως 25%.

Πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι οι κεντρικοί αγωγοί απορρίψης / εισαγωγής νωπού αέρα ή τα στοιχεία μπορεί να βρίσκονται σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους, ενώ είναι δυνατή η ταυτόχρονη (με ένα ζεύγος εναλλακτών) ανάκτηση θερμότητας από πολλές απορρίψεις ή εισαγωγές αέρα.

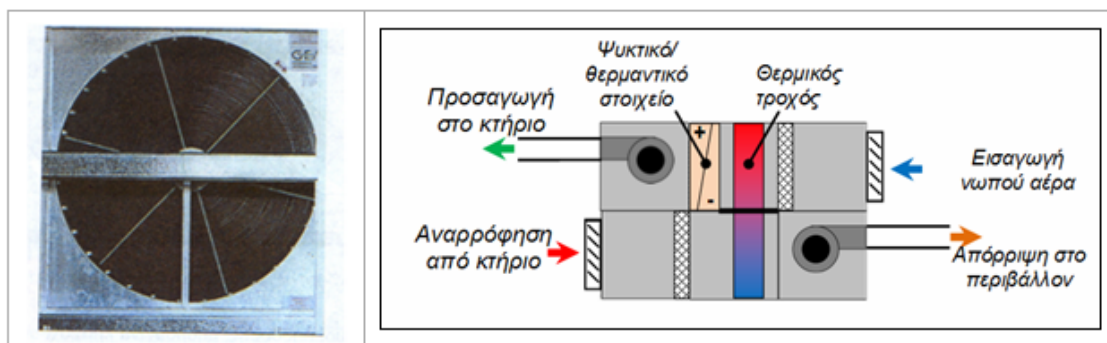
Και πάλι ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις πτώσεις πίεσης των δικτύων αλλά και στις πρόσθετες πτώσεις πίεσης αέρα που δημιουργούν τα στοιχεία-εναλλάκτες. Επί πλέον κατανάλωση ενέργειας έχουμε και στην αντλία κυκλοφορίας. Η παροχή του νερού πρέπει να υπολογιστεί προσεκτικά, σε σχέση και με τα χαρακτηριστικά των στοιχείων. Αυξημένη παροχή νερού γενικά βελτιώνει το βαθμό απόδοσης, αλλά αυξάνει την πτώση πίεσης στο κύκλωμα, ενώ αύξησή της πέραν ενός ορίου δεν αυξάνει πρακτικά την απόδοση.

Για την αποδοτικότητα ισχύουν ανάλογα με τους εναλλάκτες αέρα-αέρα.

#### 2.4.2.3. Αναγεννητικοί εναλλάκτες θερμότητας (rotary wheel exchangers-thermal wheels)

Ο αναγεννητικός εναλλάκτης είναι μία περιστρεφόμενη δισκοειδής κατασκευή (τροχός), από κατάλληλο πορώδες υλικό με ικανότητα κατακράτησης θερμότητας (και σε πολλές περιπτώσεις και υγρασίας). Ο τροχός περιστρέφεται αργά (5...10 στροφές/λεπτό), έτσι ώστε να διαρρέεται στη μια κατεύθυνση από τον απορριπτόμενο αέρα και στην άλλη κατεύθυνση από εξωτερικό νωπό αέρα.

Ο περιστρεφόμενος τροχός εισέρχεται αρχικά στον αγωγό του θερμού αέρα και κατόπιν στον αγωγό του ψυχρού αέρα και διαρρέεται από τα ρεύματα αυτά αξονικά.



**Σχήμα 2.4.3** Αναγεννητικός εναλλάκτης και λειτουργία του σε Κ.Κ.Μ.

Κατά τη λειτουργία «χειμώνα», το τμήμα της περιστρεφόμενης επιφάνειας που βρίσκεται στο απορριπτόμενο θερμό ρεύμα αέρα απορροφά θερμότητα (και υγρασία). Όταν μετά αυτό το τμήμα του περιστραφεί και βρεθεί στο ρεύμα του ψυχρού εξωτερικού αέρα, τότε αποδίδει σ' αυτόν τη θερμότητα (και την υγρασία) που είχε κατακρατήσει, θερμαίνοντάς τον. Με τον τρόπο αυτό, η αισθητή θερμότητα (και η υγρασία εάν το υλικό είναι υγροσκοπικό) μεταφέρεται από το θερμό ρεύμα αέρα στο ψυχρό. Το αντίστροφο συμβαίνει το «καλοκαίρι».

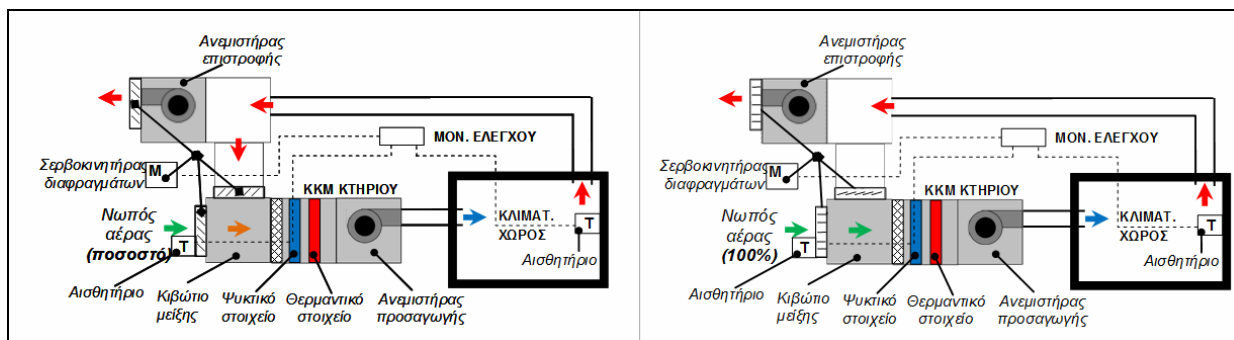
Είναι απαραίτητο να προτάσσονται φίλτρα αέρα και στα δύο ρεύματα, για να διατηρούνται οι δίοδοι του αέρα στον εναλλάκτη κατά το δυνατόν καθαρές.

Το λειτουργικό κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό. Βαθμός απόδοσης: από 65% έως 80%.

#### 2.4.3. Εξοικονομητές αέρα (air side economizer)

Ως εξοικονομητής αέρα χαρακτηρίζεται ένα σύνολο από αεραγωγούς, διαφράγματα, αισθητήρες, και σύστημα ελέγχου, με το οποίο ρυθμίζεται η ποσότητα (παροχή) νωπού αέρα που εισάγεται στο

κτήριο, κατά τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απαιτήσεις μηχανικής ψύξης (κυρίως). Δεν πρόκειται, δηλαδή, για ανάκτηση ενέργειας, αλλά για «προληπτικό» μέτρο ενεργειακού οφέλους.



**Σχήμα 2.4.4** Σύστημα εξοικονομητή σε Κ.Κ.Μ. (κανονική λειτουργία – εξοικονομητική λειτουργία)

Στο πιο απλό σύστημα, οι αισθητήρες μετρούν τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα και του αέρα του χώρου. Αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι αρκετά χαμηλή, το σύστημα ανοίγει το διάφραγμα λήψης νωπού αέρα (πέρα από την ελάχιστη θέση του). Έτσι, ο παραπάνω αέρας παραλαμβάνει μέρος του ψυκτικού φορτίου και μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας από την κυρίως ψυκτική διάταξη.

Το σύστημα ελέγχεται ώστε να λειτουργεί για ένα ορισμένο εύρος θερμοκρασιών περιβάλλοντος, αλλά και να επιτρέπει την απόρριψη τυχόν υπερβολικής ποσότητας εισερχόμενου στο χώρο αέρα.

Αντί της θερμοκρασίας μπορεί να ελέγχεται η ενθαλπία των ρευμάτων αέρα, οπότε λαμβάνεται υπόψη και η σχετική τους υγρασία. Το σύστημα αυτό είναι δαπανηρότερο, αλλά μπορεί να επιτύχει μεγαλύτερο ενεργειακό όφελος.

Με ένα σύστημα που χρησιμοποιεί εξοικονομητή αέρα, μπορεί να επιτευχθεί περίπου 10% έως και 20% μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό, με την προϋπόθεση σωστής ρύθμισης και λειτουργίας (π.χ. εξασφάλιση ότι δεν θα μπλοκάρεται το διάφραγμα σε ανοικτή θέση).

## 2.5. ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ – ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο αερισμός θεωρείται πολύ αποτελεσματική τεχνική δροσίσιμου. Ένας από τους ρόλους του είναι η απομάκρυνση της θερμότητας που εγκλωβίζεται στο εσωτερικό ενός κτηρίου και η οποία προέρχεται από τα ηλιακά κέρδη και την παραγωγή αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας από μηχανήματα, φώτα και ανθρώπους. Συνεπώς, με κατάλληλη χρήση του αερισμού επιτυγχάνεται μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτηρίων. Αυτό είναι άμεσα δυνατό μόνο όταν ο εξωτερικός αέρας έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τον εσωτερικό και η υγρασία του καθώς και η ποιότητά του είναι σε αποδεκτά επίπεδα.

Αν οι συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος δεν πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις, η χρήση του φυσικού αερισμού δεν ενδείκνυται. Τότε χρησιμοποιείται μηχανικός αερισμός κατά τον οποίο ο εξωτερικός αέρας φιλτράρεται και κλιματίζεται προκειμένου να φθάσει στα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας.

### 2.5.1. Αερισμός και θερμική άνεση

Η κυκλοφορία του αέρα γύρω από το ανθρώπινο σώμα αποτελεί έναν από τους καθοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση. Ο ρυθμός απωλειών θερμότητας με μεταφορά από το σώμα προς το περιβάλλον είναι ανάλογος με την ταχύτητα του αέρα και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σώματος και περιβάλλοντος. Κατά τη θερινή περίοδο, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα γύρω από το ανθρώπινο σώμα που επιτυγχάνεται με φυσικό αερισμό ή/και με χρήση ανεμιστήρων οροφής, έχει ως αποτέλεσμα την επέκταση, προς υψηλότερες θερμοκρασίες ( $2-3^{\circ}\text{C}$ ), της περιοχής θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους.

Ανεμιστήρες Οροφής. Από τις πλέον επιτυχημένες και απλές τεχνικές υβριδικού δροσίσιμου, είναι

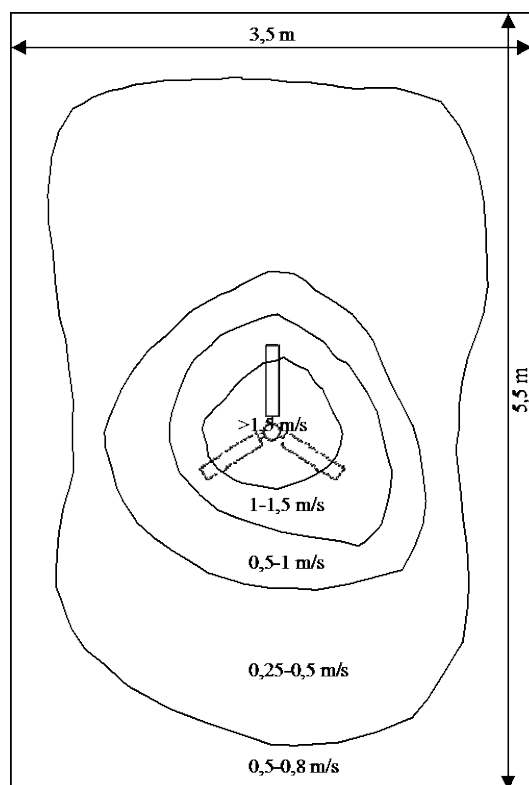


υψηλότερες θερμοκρασίες.

οι **ανεμιστήρες οροφής**. Σε μη κλιματιζόμενους χώρους οι ανεμιστήρες οροφής βελτιώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης προκαλώντας την κυκλοφορία του εσωτερικού αέρα με ταχύτητα  $0,5 - 0,8 \text{ m/s}$ , επιτρέποντας να αισθανόμαστε άνετα μέχρι και τους  $29^{\circ}\text{C}$ . Οι ανεμιστήρες οροφής μπορούν να εγκατασταθούν και σε κλιματιζόμενους χώρους, επιτρέποντας έτσι την ρύθμιση του θερμοστάτη ελέγχου της λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων σε

Η εγκατάσταση των ανεμιστήρων οροφής μπορεί να γίνει πρακτικά σε όλους τους χώρους των κτηρίων. Η ηλεκτρική κατανάλωσή τους είναι σχετικά μικρή (συνήθης ισχύς κινητήρα  $\sim 50 \text{ W}$ ), αλλά ταυτόχρονα προκύπτει σημαντικό όφελος από την βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης. Ανεβάζοντας την θερμοκρασία του θερμοστάτη μόνο  $1-2^{\circ}\text{C}$ , η μέση ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας για δροσίσιμό φτάνει μέχρι  $14\%$ , λαμβάνοντας υπόψη και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία του ανεμιστήρα και την πρόσθετη θερμότητα που αποβάλλει ο κινητήρας του. Η εξοικονόμηση ενέργειας περιορίζεται σε  $2,6\%$ , εάν η ρύθμιση του θερμοστάτη είναι μόνο  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Εάν ο θερμοστάτης του χώρου δεν ρυθμιστεί καθόλου, αν και χρησιμοποιούνται οι ανεμιστήρες οροφής, τότε η κατανάλωση ενέργειας για τον δροσίσιμό μπορεί να αυξηθεί μέχρι και  $15\%$ , ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας. Τα αποτελέσματα αυτά προέρχονται από μια έρευνα του Κέντρου Ηλιακής

Ενέργειας της Φλόριντα (ΗΠΑ) σε 400 νέες κατοικίες, οι οποίες κατά μέσο όρο είχαν 4 με 5 ανεμιστήρες οροφής που λειτουργούσαν συνεχώς για 13 έως 14 ώρες ημερησίως [Sonne et al 1996]. Συνεπώς, ανάλογα με τη χρήση των χώρων όπου είναι εγκατεστημένοι οι ανεμιστήρες οροφής, πρέπει να ρυθμίζεται η λειτουργία των ανεμιστήρων και ο θερμοστάτης της κλιματιστικής μονάδας, εάν υπάρχει.



Κάτοψη ανεμιστήρα οροφής και κατανομή ταχυτήτων μέσα σε ένα χώρο χωρίς εμπόδια. Οι διαστάσεις του χώρου είναι 3,5 X 5,5 X 2,5 m. Οι τιμές των ταχυτήτων (m/s) είναι σε ύψος 1 m από το δάπεδο

Οι συνηθισμένοι ανεμιστήρες οροφής είναι αποτελεσματικοί σε μια ακτίνα από 1,2 m έως 1,8 m από το κέντρο του ανεμιστήρα. Η κυκλοφορία του αέρα και η ταχύτητα του αέρα που θα επιτευχθεί μέσα σε ένα χώρο εξαρτάται από το μήκος των πτερυγίων του ανεμιστήρα, το ύψος ανάρτησής του και την διαρρύθμιση του χώρου. Οι πιο αποδοτικοί ανεμιστήρες, με ειδικά πτερύγια, μπορούν να καλύψουν μια ακτίνα από 2,4 – 3,0 m. Για την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς τους, οι ανεμιστήρες πρέπει να αναρτώνται όσο το δυνατόν πιο χαμηλά, αλλά ποτέ σε μικρότερο ύψος από 2,1 m πάνω από το δάπεδο. Συνήθως, ένας ανεμιστήρας οροφής μπορεί να καλύψει ένα τυπικό δωμάτιο, με μήκος μέχρι 5,5 m. Για μεγαλύτερους χώρους, απλά χρησιμοποιούνται περισσότεροι ανεμιστήρες. Η θέση του ανεμιστήρα επιλέγεται ανάλογα με την διαρρύθμιση και την χρήση του χώρου, έτσι ώστε η κυκλοφορία του αέρα να είναι στο άμεσο περιβάλλον των ατόμων που βρίσκονται μέσα στον χώρο. Η εγκατάσταση επιπλέον ανεμιστήρων δεν θα έχει καλύτερο αποτέλεσμα, αφού όπως τονίστηκε και προηγούμενα, οι ανεμιστήρες δεν είναι κλιματιστικές μονάδες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα υπολογισμών για τα Ελληνικά κτήρια του τριτογενή τομέα, το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη, από τη χρήση ανεμιστήρων οροφής στο 50% των κτηρίων τα οποία κλιματίζονται είναι [Λάλας 2002]:

|                    | Εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη<br>(GWh) | Ποσοστό κάλυψης διαθέσιμης<br>επιφάνειας κτηρίων |
|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Γραφεία / εμπορικά | 295.8                                    | 50                                               |
| Ξενοδοχεία         | 257.4                                    | 70                                               |
| Σχολεία            | 27                                       | 80                                               |
| Νοσοκομεία         | 33.2                                     | 60                                               |

Όμοια, σύμφωνα με τα αποτελέσματα υπολογισμών για τις Ελληνικές κατοικίες, το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη, από τη χρήση ανεμιστήρων οροφής στο 20% των κατοικιών του Ελληνικού κτιριακού αποθέματος που κλιματίζονται στο 20% της συνολικής επιφάνειάς τους, επιφέρει μια εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη ίση με 79,8 GWh.

## 2.5.2. Νυκτερινός Αερισμός

Η τεχνική του νυκτερινού αερισμού αποδεικνύεται πολύ αποδοτική ιδιαίτερα στην περίπτωση κτηρίων με υψηλή θερμική μάζα και εφόσον η θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή όπου βρίσκεται το κτήριο παρουσιάζει μεγάλη ημερήσια διακύμανση.

Κατά τη διάρκεια του νυκτερινού αερισμού, ο εξωτερικός αέρας με χαμηλή θερμοκρασία κυκλοφορεί στο εσωτερικό ενός χώρου, απάγοντας θερμότητα με μεταφορά από τις επιφάνειες των δομικών στοιχείων και ψύχοντας έτσι τη θερμική μάζα του χώρου. Η θερμική μάζα, λόγω μεγάλης θερμοχωρητικότητας, διατηρεί τη χαμηλή της θερμοκρασία για αρκετό χρόνο την επόμενη μέρα, ψύχοντας το χώρο για όσο χρόνο η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλότερη από εκείνη του εσωτερικού αέρα του χώρου. Ταυτόχρονα βέβαια αυξάνεται η θερμοκρασία της, λόγω απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και λόγω αγωγής και μεταφοράς από τον θερμότερο εσωτερικό αέρα. Με την τεχνική αυτή περιορίζονται οι ώρες υπερθέρμανσης του κτηρίου και μειώνεται ή μετατοπίζεται η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος. Ο νυκτερινός αερισμός γίνεται με φυσικό ή μηχανικό τρόπο:

- Φυσικός Νυκτερινός Αερισμός - Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει οικονομικό κόστος, αλλά ενδέχεται να τίθενται προβλήματα ασφάλειας ή λειτουργικά, εξαιτίας της έλλειψης ελέγχου και προσαρμογής των ανοιγμάτων ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες ταχύτητας του ανέμου. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών έχουν μέχρι σήμερα προταθεί και εφαρμοστεί διάφορες τεχνικές. Αν ο φυσικός αερισμός δεν μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό τρόπο, συνίσταται η χρήση μηχανικού αερισμού (free cooling).
- Μηχανικός Νυκτερινός Αερισμός - Σε περίπτωση που οι εξωτερικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη χρήση φυσικού νυκτερινού αερισμού όπως, για παράδειγμα, υπό συνθήκες υψηλής εξωτερικής υγρασίας, ένας χώρος είναι δυνατόν να προ-ψυχθεί με κλιματιστικό σύστημα σε ώρες εκτός περιόδου αιχμής. Έχει βρεθεί ότι η εφαρμογή της τεχνικής του νυκτερινού αερισμού οδηγεί σε μείωση του συνολικού ψυκτικού φορτίου κλιματιζόμενων κτηρίων έως και 30%.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα υπολογισμών για τα Ελληνικά κτήρια του τριτογενή τομέα, το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη, από την εφαρμογή μηχανικού νυκτερινού αερισμού στο 10% των κτηρίων τα οποία κλιματίζονται είναι για τα γραφεία / εμπορικά 13.1 GWh [Λάλας 2002].

### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.5.

1. Sonne J.K., Vieira R.K., Parker D.S., Anello M.T. (1996). Are Energy Savings Due to Ceiling Fans Just Hot Air?, Proc. 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 8, p. 89-94, American Council for an Energy Efficient Economy, Washington D.C.
2. Λάλας Δ., Μπαλαράς Κ.Α., Γαγλία Α., Μοιρασγεντής Σ., Σαραφίδης Ι., Γεωργοπούλου Ε., Ψωμάς Σ. (2002). Διερεύνηση Υποστηρικτικών Πολιτικών για την προώθηση των μέτρων πολιτικής του ΥΠΕΧΩΔΕ Σχετικά με Μείωση των Εκπομπών CO<sub>2</sub> στον Οικιακό – Τριτογενή Τομέα, Έκθεση Προόδου Α & Β Φάσης, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) και Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα, Μάιος.

## 2.6. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – ΨΥΞΗΣ (ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑ)

Τα συστήματα θερμικής αποθήκευσης (θερμότητας ή ψύξης) είναι σχεδιασμένα ώστε να προσδίδουν ή να απάγουν θερμότητα σε / από ένα αποθηκευτικό μέσο, προκειμένου αυτή να μην χρησιμοποιηθεί άμεσα αλλά σε άλλη χρονική στιγμή. Δηλαδή, υπάρχει χρονική μετατόπιση μεταξύ της παραγωγής θερμότητας ή ψύξης και της χρήσης της. Η «**φόρτιση**» της αποθήκης, (παραγωγή) προτιμάται να γίνεται σε περιόδους που είναι πιο συμφέρουσα (π.χ. όταν πρωτογενής ενέργεια είναι διαθέσιμη ευκολότερα ή σε μεγαλύτερα ποσά ή/και όταν η τελική ενέργεια είναι φθηνότερη ή/και όταν δεν υπάρχει αιχμή ζήτησης ενέργειας στο κτήριο). Η «**εκφόρτιση**» (κατανάλωση της ενέργειας) γίνεται όταν απαιτηθεί, προκειμένου να καλυφθούν τότε τα φορτία (θερμικά ή ψυκτικά). Η χρονική αυτή διάρκεια αποθήκευσης ποικίλλει, ανάλογα με το σύστημα, από λίγες ώρες έως και μερικές εβδομάδες.

Ένα σύστημα θερμικής αποθήκευσης σχεδιάζεται ώστε να καλύπτει τις ανάγκες σε θέρμανση ή/και ψύξη, όπως ένα συμβατικό σύστημα, αλλά επιλέγοντας κατάλληλα τη χωρητικότητα της «**θερμικής αποθήκης**» και τη λειτουργία της έτσι ώστε να καλύπτει τα φορτία όταν απαιτείται, ενώ προκειμένου να καλυφθούν φορτία αιχμής, πιθανόν να εργάζεται ταυτόχρονα και το κυρίως σύστημα παραγωγής θερμότητας ή ψύξης. Το πλεονέκτημα όμως είναι ότι αυτό γίνεται κατά (ενεργειακά και οικονομικά βέλτιστο τρόπο), **με μικρότερου μεγέθους εγκαταστάσεις και εξοπλισμό ή/και με μικρότερο κόστος ενέργειας**. Εξ αιτίας αυτών των δύο παραγόντων, είναι πιθανόν να καλύπτεται σε μικρό χρόνο η επιπλέον δαπάνη λόγω της θερμικής αποθήκης, των ειδικών εξοπλισμών και των αυτοματισμών (μικρή περίοδος αποπληρωμής).

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης θερμικής ενέργειας μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικές σε μεγάλης ισχύος εγκαταστάσεις και ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες:

- **Αποθήκευση αισθητής θερμότητας**, όπου η θερμική ενέργεια αποθηκεύεται σε ένα μέσο **χωρίς αλλαγή φάσης**, απλώς με τη δημιουργία ορισμένης θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του (θερμού ή κρύου) νερού του συστήματος και του αποθηκευτικού μέσου.

- **Αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας**, όπου η θερμική ενέργεια αποθηκεύεται σε ένα μέσο **του οποίου αλλάζει τη φάση (από υγρό σε στερεό και αντίστροφα)** και η οποία κατόπιν χρησιμοποιείται για την θέρμανση ή ψύξη του ρευστού που κυκλοφορεί στο σύστημα.

### 2.6.1. Αποθήκευση αισθητής θερμότητας

Για εγκαταστάσεις αποθήκευσης αισθητής θερμότητας, ανάλογα με την περίπτωση (αποθήκευση θερμότητας ή ψύξης) και τις χρησιμοποιούμενες θερμοκρασίες (χαμηλές – συνήθεις – υψηλές), μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα αποθηκευτικά μέσα. Το συνηθισμένο μέσο αποθήκευσης είναι νερό, αλλά σε εφαρμογές, κυρίως, ψύξης και κλιματισμού χρησιμοποιούνται και άλλα μέσα, όπως τα γλυκολούχα διαλύματα. Σε εφαρμογές αποθήκευσης θερμότητας, ως αποθηκευτικό μέσο χρησιμοποιούνται και πετρώματα, σκυρόδεμα, τούβλα συμπαγή ακόμη και το έδαφος ή και ειδικά έλαια ή μίγματα αυτών (θερμικά λάδια).

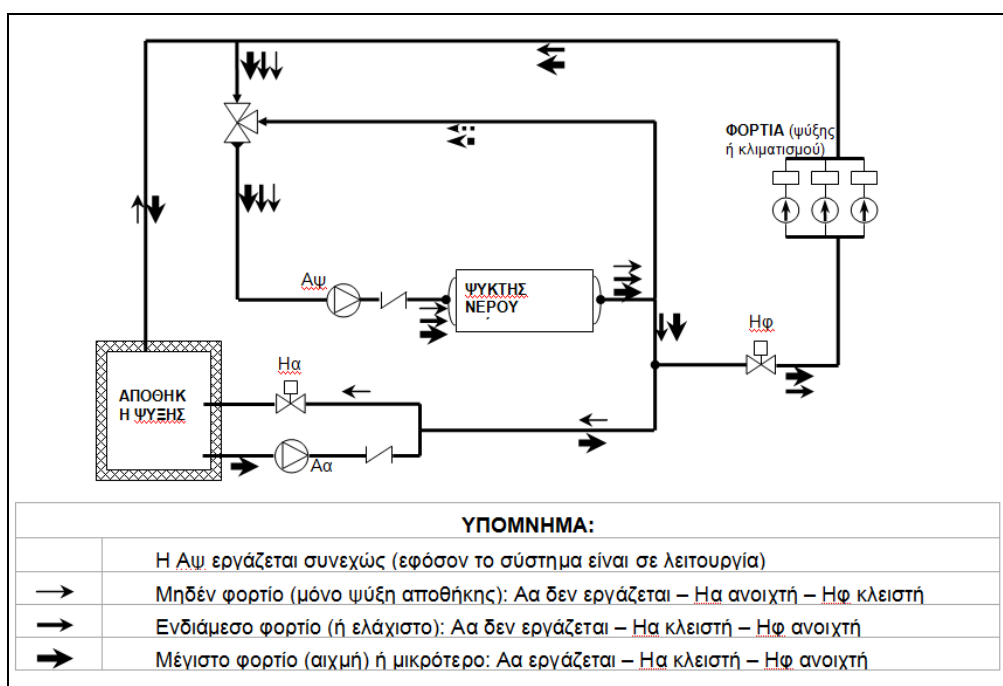
Τα γλυκολούχα διαλύματα είναι διαλύματα γλυκολών σε νερό, κυρίως αιθυλενογλυκόλης ή προπυλενογλυκόλης. Η προσθήκη αυτών των ουσιών στο νερό, συντελεί στο να μειώνεται το σημείο πήξης του νερού και επομένως μπορούν να ψυχθούν σε θερμοκρασίες αρκετά χαμηλότερες από τους 0°C (αντιπηκτικά διαλύματα). Ονομάζονται και «**δευτερεύοντα ψυκτικά**» σε αντίθεση με τα γνωστά συμβατικά ψυκτικά (R), που αποτελούν τα πρωτεύοντα ψυκτικά μέσα. Αρχικά είχαν χρησιμοποιηθεί αλατούχα διαλύματα (άλμες).

### 2.6.1.1. Αποθήκευση αισθητής θερμότητας – εφαρμογές ψύξης

Σε εφαρμογές ψύξης – κλιματισμού, το κυρίως ψυκτικό σύστημα (πρωτεύον) ψύχει νερό ή ένα γλυκολούχο διάλυμα (γλυκόλη), που αποθηκεύεται σε χαμηλή θερμοκρασία και κυκλοφορεί μέσα σε σωληνώσεις με τη βοήθεια αντλιών. Το μέσο αυτό «μεταφέρει ψύξη» (στην πραγματικότητα θερμότητα) οδηγούμενο στις τερματικές μονάδες, όπου παραλαμβάνουν τη θερμότητα από το μέσο που θέλουμε να ψύξουμε (φορτία) και την αποδίδουν κατόπιν στο πρωτεύον ψυκτικό.

Το σχήμα 2.6.1 δείχνει τη βασική συγκρότηση ενός συστήματος αποθήκευσης ψύξης. Η γλυκόλη (ή απλώς νερό) ψύχεται από ένα ψυκτικό συγκρότημα σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και αποθηκεύεται σε δεξαμενή, πολύ καλά μονωμένη. Από τη δεξαμενή το υγρό αντλείται και κυκλοφορεί στα κύρια κυκλώματα ψύξης και κλιματισμού, παρέχοντας ψύξη όπου και όποτε τη χρειαζόμαστε.

Το πλεονέκτημα μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι ότι ο ψύκτης δεν χρειάζεται να έχει μεγάλη ψυκτική ικανότητα για να μπορεί να καλύψει, κάποια στιγμή, τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, που συνήθως έχουν μικρή χρονική διάρκεια. Ένα αρκετά μικρότερο ψυκτικό συγκρότημα, το οποίο θα εργάζεται περισσότερο χρόνο σε συνδυασμό με τις «αποθήκες ψύξης», μπορούν να καλύψουν ικανοποιητικά τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Η λειτουργία του μικρού αυτού ψύκτη προγραμματίζεται να γίνεται κατά προτεραιότητα τη νύχτα, οπότε η ψύξη είναι γενικά πιο αποδοτική (άρα και πιο οικονομική), αλλά και επειδή πιθανόν να μπορεί να χρησιμοποιηθεί φθηνότερο τιμολόγιο ρεύματος.



**Σχήμα 2.6.1.** Διάγραμμα εγκατάστασης αποθήκευσης ψύξης (με νερό ή δευτερεύον ψυκτικό υγρό)

Στην αποθήκευση κρύου νερού (ή δευτερεύοντος ψυκτικού) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Η διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  μεταξύ του (θερμού) νερού επιστροφής και του αποθηκευόμενου (κρύου) νερού, διότι αυτή θα καθορίσει την απαιτούμενη χωρητικότητα της δεξαμενής. Μικρή  $\Delta\theta \Rightarrow$  Μεγάλη χωρητικότητα και αντίστροφα. Συνήθως  $\Delta\theta$ : 7 έως 9 K (κάτω των 5 K αντενδείκνυται)
- Η διαστρωμάτωση του κρύου νερού πρέπει, κατά το δυνατόν, να διασφαλίζεται. Συνήθως αυτό εύκολα επιτυγχάνεται προβλέποντας κατακόρυφες δεξαμενές αποθήκευσης, είσοδο του κρύου νερού από χαμηλά και επιστροφή στη δεξαμενή από ψηλά.

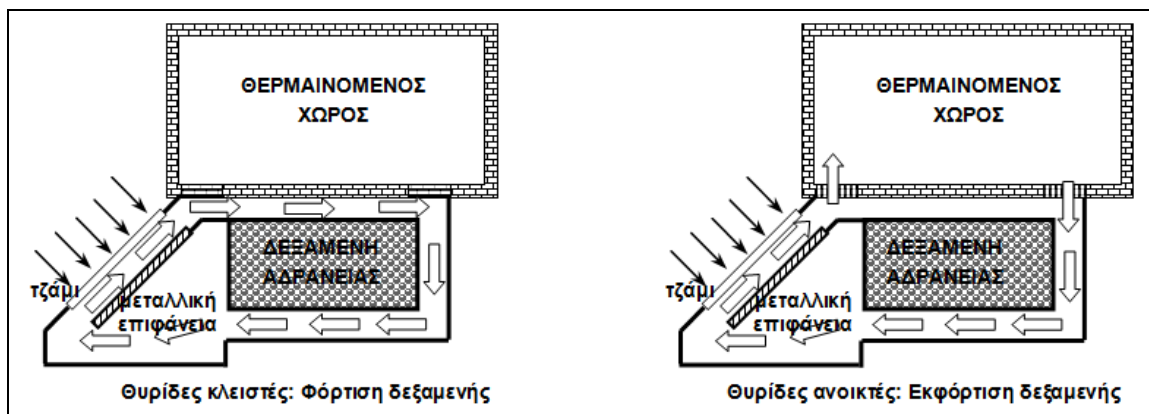
- Απαιτείται ισχυρή θερμομόνωση της δεξαμενής, ειδικά αν χρησιμοποιούνται γλυκολούχα διαλύματα, οπότε οι θερμοκρασίες λειτουργίας διαφέρουν σημαντικά από του περιβάλλοντος.

### 2.6.1.2. Αποθήκευση αισθητής θερμότητας – εφαρμογές θέρμανσης

Η πιο απλή αποθήκευση αισθητής θερμότητας, γίνεται σε συσκευές με μεγάλη θερμοχωρητική μάζα, στους γνωστούς θερμοσυσσωρευτές. Σ' αυτούς αποθηκεύεται η θερμότητα που παράγεται από ηλεκτρικές αντιστάσεις, κατά τη διάρκεια μειωμένου τιμολογίου ηλεκτρικής ενέργειας, και αποδίδεται στους χώρους, συνήθως τις αμέσως επόμενες ώρες. Η «εκφόρτιση» αυτή γίνεται με φυσική ή βεβιασμένη κυκλοφορία του αέρα, με τη βοήθεια μικρών ανεμιστήρων.

Ωστόσο, από ενεργειακή άποψη, ενδιαφέρον παρουσιάζει η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας. Στις εγκαταστάσεις αυτές, συνήθως αξιοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία για να θερμανθεί ένα ρευστό, το οποίο στη συνέχεια θα αποδώσει την απορροφηθείσα θερμότητα σε μια θερμική δεξαμενή (δεξαμενή αδράνειας), μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Από τη δεξαμενή αυτή θα «αντλείται» θερμότητα, όταν υπάρχει ζήτηση από το κτήριο.

Μια τέτοια εφαρμογή αποτελεί το «απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελ», που εγκαθίσταται εκτός του κτηριακού περιβλήματος, γενικά χαμηλότερα από το κυρίως κτήριο, με κλίση 40°- 50°(σχήμα 2.6.2.). Αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια, που φέρει μόνωση εξωτερικά. Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα, μεταφέρεται μέσω αγωγών, με θερμοσιφωνική ροή είτε απευθείας στους χώρους του κτηρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας (συνήθως με κροκάλες ή χαλίκια) απ' όπου αποδίδεται σταδιακά στους χώρους. Σε μεγαλύτερα συστήματα χρησιμοποιείται ανεμιστήρας για την κυκλοφορία του θερμού αέρα και δίκτυο αεραγωγών.



Σχήμα 2.6.2. Αρχή λειτουργίας εγκατάστασης απομονωμένου θερμοσιφωνικού πανέλου

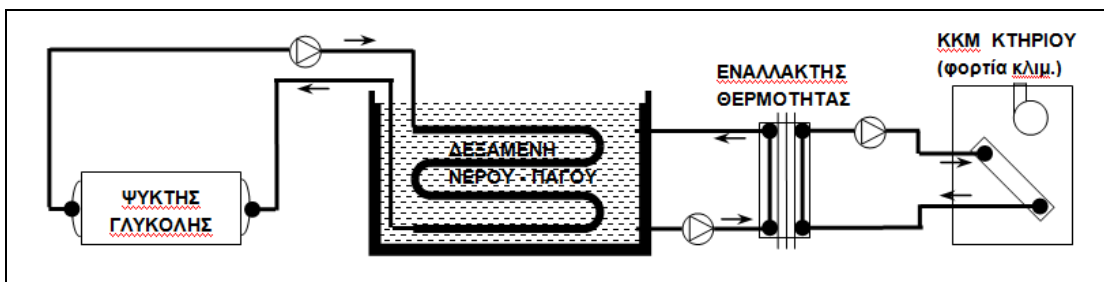
Αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας. Για εγκαταστάσεις αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας, τα βασικά αποθηκευτικά μέσα είναι πάγος ή εύτηκτα άλατα. Έχουν εφαρμογή κυρίως σε εγκαταστάσεις ψύξης – κλιματισμού.

Αποθήκευση σε πάγο. Σε ένα τυπικό σύστημα πάγου, ένας ψύκτης ψύχει ένα γλυκολούχο διάλυμα, σε θερμοκρασία αρκετά κάτω από 0°C, κατά τη διάρκεια μειωμένης ή και μηδενικής απαίτησης του κτηρίου σε κλιματισμό. Το γλυκολούχο διάλυμα ψύχει νερό, μετατρέποντάς το σε πάγο (πήξη = φόρτιση). Αυτή η «αποθηκευμένη ψύξη» αποδίδεται κατόπιν, όταν απαιτείται, στις τερματικές μονάδες κλιματισμού, των οποίων η λειτουργία λιώνει το σχηματισμένο πάγο (τήξη = εκφόρτιση).

Ο σχηματισμός πάγου, υπό θερμοκρασία 0°C, απορροφά σημαντική ψυκτική ενέργεια (αφαίρεση θερμότητας), ίση με τη λανθάνουσα θερμότητα πήξης του νερού, που είναι 335 kJ/kg (≈0,093 kWh/kg).

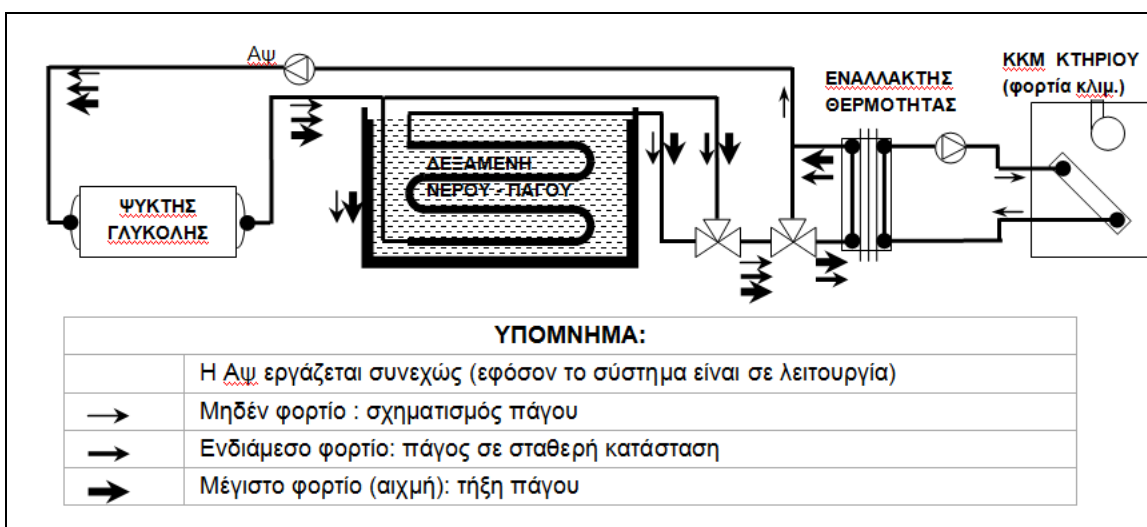
Το νερό μετατρέπεται σε πάγο:

- είτε γύρω και πάνω στις σωληνώσεις ενός ψυκτικού στοιχείου, το οποίο είναι βυθισμένο σε δεξαμενή νερού, όπως στο σχήμα 2.6.3. Η τήξη του πάγου γίνεται μέσα στη δεξαμενή, αφού το νερό του συστήματος, όταν λειτουργεί ο κλιματισμός, π.χ. η ΚΚΜ, αποδίδει τη θερμότητα σ' αυτήν μέσω του εναλλάκτη θερμότητας. Η τήξη ξεκινά από την εξωτερική επιφάνεια του πάγου, που εφάπτεται με το νερό της δεξαμενής, το οποίο κυκλοφορεί στο πρωτεύον του εναλλάκτη θερμότητας.



**Σχήμα 2.6.3.** Διάγραμμα εγκατάστασης αποθήκευσης ψύξης σε πάγο (εξωτερικής τήξης)

- είτε γύρω και πάνω στις σωληνώσεις ενός ψυκτικού στοιχείου, το οποίο είναι βυθισμένο σε δεξαμενή νερού. Όταν το κτήριο δεν έχει φορτία κλιματισμού ή (πολύ ψυχρή) γλυκόλη παγώνει το νερό. Όταν υπάρχουν ενδιάμεσα φορτία, αυτά καλύπτονται από τον ψύκτη. Κατά την αιχμή των φορτίων κλιματισμού, η γλυκόλη ψύχεται από τον ψύκτη, αλλά σε σχετικά υψηλότερη θερμοκρασία, και περνώντας από το ψυκτικό στοιχείο, ψύχεται στην απαιτούμενη χαμηλή θερμοκρασία, λιώνοντας τον σχηματισμένο πάγο. Η τήξη ξεκινά από την εσωτερική επιφάνεια του πάγου, που εφάπτεται με τους σωλήνες του ψυκτικού στοιχείου. Το νερό της δεξαμενής δεν κυκλοφορεί. Το σχήμα 2.6.4 δείχνει μια απλοποιημένη τέτοια εγκατάσταση (ο εναλλάκτης παραλείπεται σε ορισμένες περιπτώσεις).
- είτε μέσα σε ένα ψυκτικό συγκρότημα (παγογεννήτρια), με μορφή μικρών παγοκύβων ή θρυμμάτων, τα οποία αποχωρίζονται περιοδικά από το συγκρότημα και πέφτουν μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Στη δεξαμενή υπάρχει μίγμα νερού – πάγου, από την οποία, με κυκλοφορία του νερού καλύπτονται τα φορτία, με διάταξη παρόμοια με του σχήματος 2.6.4.



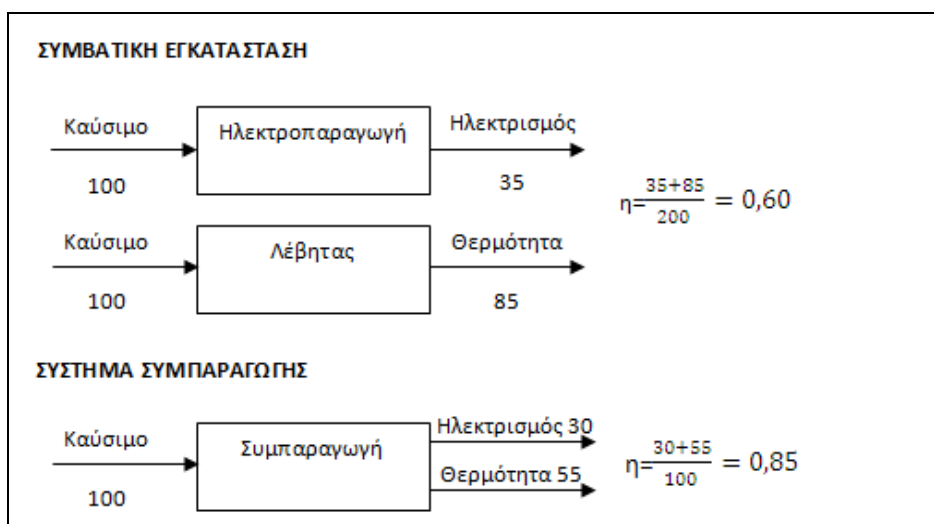
**Σχήμα 2.6.4.** Διάγραμμα εγκατάστασης αποθήκευσης ψύξης σε πάγο (εσωτερικής τήξης)

Αποθήκευση σε εύτηκτα άλατα. Αντί πάγου, σε μια εγκατάσταση αποθήκευσης ψύξης μπορούν να μεταβάλουν φάση άλατα, των οποίων το σημείο τήξης είναι γύρω στους 0°C ή και λίγο ψηλότερο. Είναι συνήθως ένυδρα άλατα, πυκνότητας μεγαλύτερης του νερού, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται άμεσα σε επαφή με τα εξαρτήματα της εγκατάστασης, λόγω της αυξημένης διαβρωτικότητάς τους. Έτσι, χρησιμοποιούνται εγκλωβισμένα μέσα σε μικρά ορθογωνικά ή κυλινδρικά πλαστικά δοχεία, τα οποία στοιβάζονται σε μεγαλύτερη δεξαμενή. Μέσα στη δεξαμενή, ανάμεσα στα δοχεία αυτά, κυκλοφορεί το νερό του συστήματος κλιματισμού, με αποβολή και λήψη θερμότητας. Η εγκατάσταση είναι παρόμοια με του σχ. 2.6.4. Ο όγκος αποθήκευσης είναι αρκετά μικρότερος του αντίστοιχου συστήματος με γλυκόλη (ή νερό) για την ίδια ποσότητα αποθηκευμένης ενέργειας, αλλά είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο χώρο για αποθήκευση πάγου.

## 2.7. ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ/ΨΥΞΗΣ

Ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων ενός καταναλωτή είναι η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το εθνικό δίκτυο και η καύση κάποιου καυσίμου σε λέβητα για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν βαθμό απόδοσης της τάξης του 30-45%, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, επιβαρύνοντας σημαντικά την ατμόσφαιρα από τους εκπεμπόμενους ρύπους. Αντίστοιχα ο βαθμός απόδοσης ενός λέβητα είναι της τάξης του 85-90%.

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας/ψύξης είναι μία τεχνολογία που καθιστά δυνατή την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από μία μόνο ενεργειακή πηγή, εξοικονομώντας ενέργεια και επομένως κόστος και εκπομπή ρύπων. Στο σύστημα συμπαραγωγής ο βαθμός απόδοσης είναι της τάξης του 80-90% με δυνατότητα να ξεπεραστεί και το 90%, (σχήμα 2.7.1).



**Σχήμα 2.7.1.** Σύγκριση βαθμού απόδοσης μεταξύ συμβατικής λύσης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και συμπαραγωγής

Επομένως συμπαραγωγή ονομάζουμε τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής (ή ψυκτικής) ενέργειας από μία κοινή πηγή ενέργειας.

Όταν ο σταθμός καλύπτει και κλιματιστικές ανάγκες με μηχανές απορρόφησης που λειτουργούν είτε με ατμό είτε με θερμό νερό, έχουμε τη λεγόμενη τριπαραγωγή.

Η ενεργειακή πηγή μπορεί να είναι οποιοδήποτε καύσιμο, αλλά λαμβάνοντας υπόψη την αποφυγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης κρίνεται συμφέρουσα η χρήση καυσίμων περισσότερο φιλικών με το περιβάλλον όπως είναι το φυσικό αέριο και η βιομάζα.

Η συμπαραγωγή δεν αποτελεί πάντα μια βιώσιμη επένδυση. Θα πρέπει να προηγηθεί ο υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών σε ηλεκτρισμό και θέρμανση ή ψύξη του συγκεκριμένου κτηρίου (καταναλωτή) είτε είναι νοσοκομείο, ξενοδοχείο, πολυκατοικία είτε είναι βιομηχανικός χώρος και στη συνέχεια με τεchnοοικονομικά κριτήρια να εξετάζεται η βιωσιμότητα του συστήματος με σκοπό την κάλυψη μέρους ή όλου του θερμικού φορτίου και μέρους ή όλου του ηλεκτρικού φορτίου.

Ένα σύστημα συμπαραγωγής για να λειτουργήσει απαιτεί κυρίως τα παρακάτω τέσσερα στοιχεία:

- A. **Τον κινητήρα:** Ο κινητήρας παράγει το μηχανικό έργο και μπορεί να είναι ατμοστρόβιλος, αεριοστρόβιλος, μηχανή εσωτερικής καύσης, συνδυασμένου κύκλου, κυψέλες καυσίμου, μηχανή Stirling ή μικροστρόβιλος.
- B. **Τη γεννήτρια:** Η γεννήτρια παράγει το ηλεκτρικό ρεύμα και μπορεί να είναι σύγχρονη, ασύγχρονη ή αυτοδιεγερόμενη ασύγχρονη.
- Γ. **Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας:** Το σύστημα αυτό ανακτά θερμότητα αφ' ενός από τα δίκτυα ψύξης της μηχανής (εναλλάκτες ανάκτησης θερμότητας) και αφ' ετέρου από τα καυσαέρια (λέβητες ανάκτησης θερμότητας).
- Δ. **Το σύστημα ελέγχου:** Το σύστημα αυτό διασφαλίζει την ασφαλή και ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος συμπαγωγής.

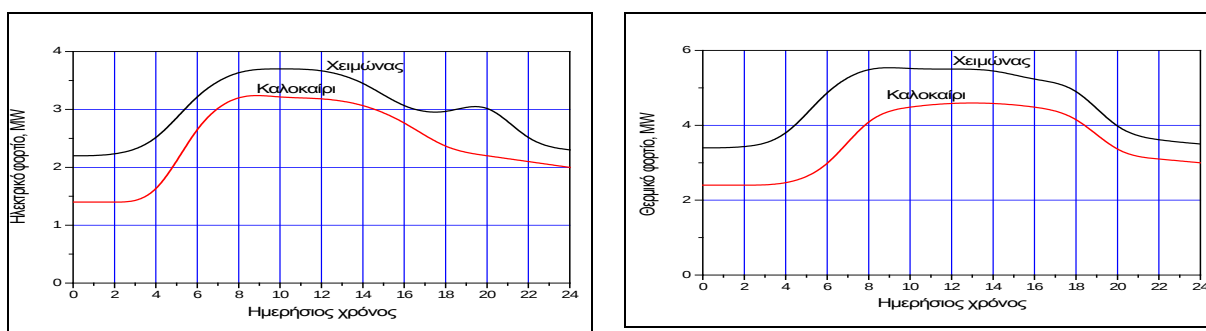
Οι κυριότεροι τρόποι λειτουργίας ενός συστήματος συμπαγωγής, δηλαδή οι τρόποι ρύθμισης της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος σε κάθε χρονική στιγμή, είναι γενικώς τέσσερις:

1. Παραγωγή θερμότητας ίση με το θερμικό φορτίο.
  - Η πλεονάζουσα παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς πωλείται στο εθνικό δίκτυο
  - Το έλλειμμα ηλεκτρικής ισχύος συμπληρώνεται από το εθνικό δίκτυο
2. Παραγωγή ηλεκτρισμού ίση με το ηλεκτρικό φορτίο.
  - Το έλλειμμα της θερμικής ισχύος συμπληρώνεται με την τοποθέτηση βοηθητικού λέβητα
  - Η περίσσεια θερμότητας, με τη βοήθεια εναλλακτών, απορρίπτεται στο περιβάλλον
3. Μικτός τρόπος: Ανάλογα με τις απαιτήσεις άλλοτε το σύστημα ακολουθεί τον (1) τρόπο και άλλοτε ακολουθεί τον (2) τρόπο.
4. Αυτόνομη λειτουργία: Καλύπτεται αυτοδύναμα και πλήρως το θερμικό και ηλεκτρικό φορτίο σε κάθε χρονική στιγμή. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας προϋποθέτει περίπλοκο και δαπανηρό σύστημα συμπαγωγής.

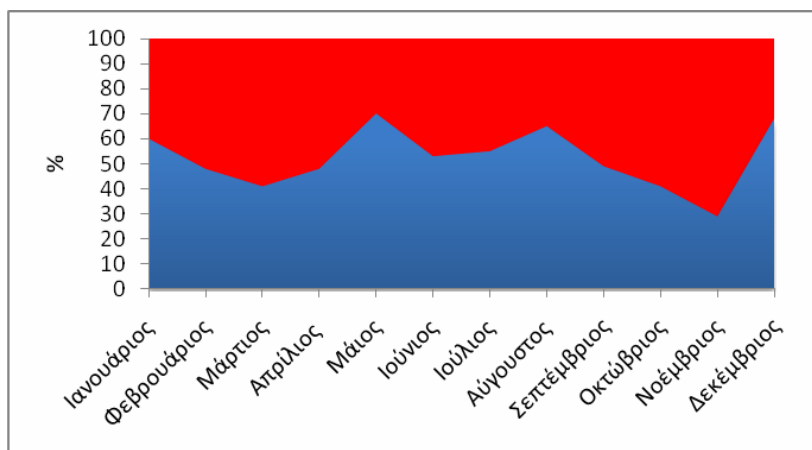
Η επιλογή του τρόπου λειτουργίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με σημαντικότερο τις επί μέρους απαιτήσεις του καταναλωτή σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. Γενικά όμως ο (1) τρόπος λειτουργίας προσφέρει υψηλότερη ενεργειακή και οικονομική απόδοση.

Η διαδικασία επιλογής του συστήματος συμπαγωγής αφορά προφανώς την κάθε περίπτωση με τις ιδιαιτερότητές της σε απαιτήσεις ηλεκτρισμού και θερμότητας σε κάθε στιγμή συγκεκριμένων χρονικών περιόδων (χειμώνας, καλοκαίρι, εργάσιμες ημέρες, αργίες, κ.λπ.). Επιπρόσθετα οι αιχμές των διάφορων φορτίων δεν παρουσιάζονται ταυτόχρονα.

Στόχος είναι η κατασκευή του ωριαίου ημερήσιου προφίλ των φορτίων για συγκεκριμένες κρίσιμες περιόδους, (σχήμα 2.7.2). Σε περίπτωση αδυναμίας κατασκευής του ωριαίου ημερήσιου προφίλ των φορτίων, λόγω έλλειψης στοιχείων, μπορούμε να ανατρέξουμε στο μηνιαίο προφίλ της καταναλωθείσας ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, (σχήμα 2.7.3).



**Σχήμα 2.7.2.** Παράδειγμα ωριαίου ημερήσιου προφίλ ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου



**Σχήμα 2.7.3.** Παράδειγμα μηνιαίου προφίλ ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου

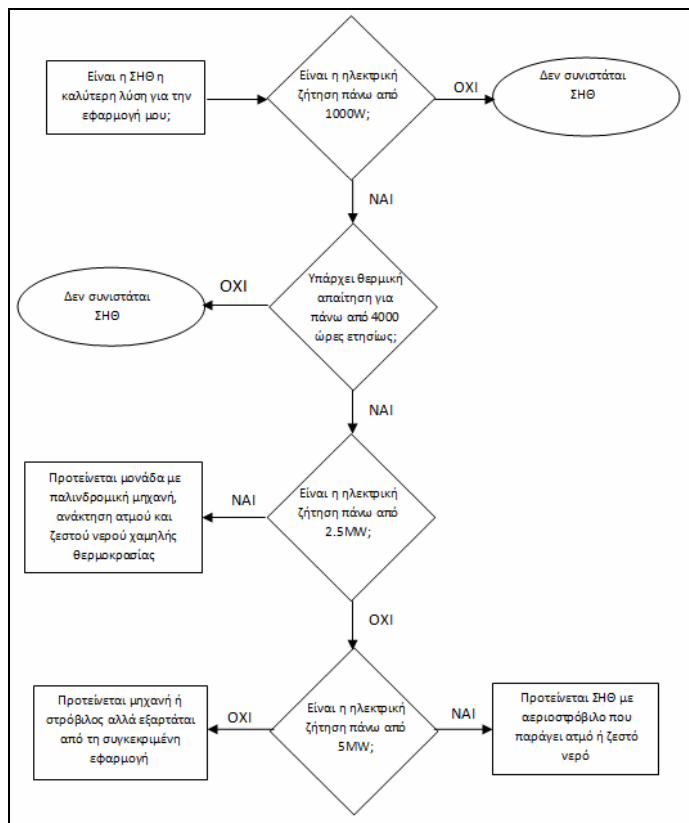
Η επιλογή ενός συστήματος συμπαραγωγής βασίζεται στην τιμή του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR, Power to Heat Ratio) της συγκεκριμένης εγκατάστασης:

$$PHR = \frac{W \text{ (kWhe)}}{Q \text{ (kWht)}}$$

Ανάλογα με την τιμή του λόγου και τη βοήθεια του Πίνακα 2.7.1 ή του Διαγράμματος 2.7.1, επιλέγουμε το κατάλληλο σύστημα συμπαραγωγής.

**Πίνακας 2.7.1.** Προδιαγραφές Συστημάτων ΣΗΘ

| Σύστημα                                   | Ηλεκτρική Ισχύς (MW) | Μέση Ετήσια Διαθεσιμότητα (%) | Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης (%) |            | Ολικός Βαθμός Απόδοσης (%) | PHR       |
|-------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
|                                           |                      |                               | Πλήρες Φορτίο                  | Φορτίο 50% |                            |           |
| Ατμοστρόβιλος                             | 0.5-100              | 90-95                         | 14-30                          | 25-35      | 60-85                      | 0.1-0.3   |
| Αεριοστρόβιλος ανοιχτού κύκλου            | 0.1 - 100            | 90-95                         | 20-35                          | 15-29      | 60-80                      | 0.5-0.8   |
| Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου            | 0.5 - 100            | 90-95                         | 30-35                          | 30-35      | 60-80                      | 0.5-0.8   |
| Συνδυασμένου κύκλου αέριο / ατμοστρόβιλος | 4 - 100              | 77-85                         | 35-45                          | 25-35      | 70-88                      | 0.6-1.1   |
| Κινητήρας Diesel                          | 0.07 - 40            | 80-90                         | 35-45                          | 32-40      | 60-80                      | 1.2 - 2.4 |
| Πακέτο με παλινδρομικό κινητήρα           | 0.0015 - 2           | 80-85                         | 27-35                          | 25-32      | 60-80                      | 0.5-0.7   |
| Κυψέλες καυσίμου                          | 0.04 - 50            | 90-92                         | 34-45                          | 37-45      | 85-90                      | 0.8- 1.1  |
| Μηχανές Stirling                          | 0.003 - 1.5          | 85-90                         | 35-50                          | 34-49      | 60-80                      | 1.2-1.7   |



**Διάγραμμα 2.7.1.** Διάγραμμα ροής για την επιλογή μονάδας ΣΗΘ

Η διαδικασία διαστασιολόγησης του συστήματος συμπαραγωγής είναι διερευνητική και βασίζεται στη μέση υπολογισθείσα θερμική ισχύ ή στη μέση υπολογισθείσα ηλεκτρική ισχύ. Συνήθως επιλέγονται δύο όμοιες μηχανές έτσι ώστε η μία να εργάζεται συνεχώς για λιγότερες από 20 ώρες την ημέρα (600 ώρες το μήνα) και η εφεδρική για χρονικό διάστημα, όσο απαιτείται για να καλύψει το υπόλοιπο φορτίο.

Ο νόμος 3734/2009 διακρίνει τις παρακάτω μονάδες συμπαραγωγής:

A. Συμπαραγωγή πολύ μικρής κλίμακας, με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ  $\leq 50$  kWe

B. Συμπαραγωγή μικρής κλίμακας, με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ  $\leq 1$  MWe

Γ. Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ). Είναι η συμπαραγωγή που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας τουλάχιστον 10% σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δύο πρώτες περιπτώσεις, ανεξάρτητα με το ποσοστό εξοικονόμησης, χαρακτηρίζονται ως συμπαραγωγές υψηλής αποδοτικότητας.

Τα πολύ μικρής κλίμακας συστήματα συμπαραγωγής ( $\leq 50$  kWe), χρησιμοποιούνται συνήθως ως συσκευές θέρμανσης παρέχοντας θέρμανση χώρων και ζεστό νερό χρήσης για κατοικίες και εμπορικά κτήρια, όπως οι συμβατικοί λέβητες. Οι περισσότερες μονάδες λειτουργούν παράλληλα με το δίκτυο, έτσι ώστε το κτήριο να καλύπτει τις ανάγκες του σε ηλεκτρισμό από το δίκτυο, αλλά και ταυτόχρονα να πωλείται στο δίκτυο το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται.

Ο λόγος εξοικονόμησης ενέργειας καυσίμου (FESR, Fuel energy savings ratio) φαίνεται πως είναι ένα από τα πιο χρήσιμα λειτουργικά κριτήρια των μονάδων συμπαραγωγής από όσα έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία, μια και συνδέεται άμεσα με την οικονομική εκτίμηση μονάδων συμπαραγωγής. Με αυτό το κριτήριο αποφασίζεται κατά πόσο μια μονάδα συμπαραγωγής θα δικαιούται να διαθέτει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ή το πλεόνασμά της στο εθνικό δίκτυο:

$$FESR = 1 - \frac{PHR}{\eta \cdot \left( \frac{PHR}{\eta_e} + \frac{1}{\eta_B} \right)}$$

Όπου:  $\eta$  ο βαθμός απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής

$$\eta_B \text{ ο βαθμός απόδοσης του λέβητα, } \eta_B = \frac{Q}{m_f \cdot H_u}$$

$$\eta_e \text{ ο βαθμός απόδοσης της ηλεκτροπαραγωγής, } \eta_e = \frac{W_e}{m_f \cdot H_u}$$

$m_f$  η παροχή καυσίμου στο λέβητα ή στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής

$H_u$  η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του καυσίμου

Το 2006 η κατανομή των εγκαταστάσεων συμπαραγωγής στον Ελλαδικό χώρο, ανάλογα με τον τομέα και το είδος της εγκατάστασης φαίνεται στον πίνακα 2.7.2.

**Πίνακας 2.7.2.** Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων συμπαραγωγής στον Ελλαδικό χώρο το 2006

| Τομέας                              | Ηλεκτρισμός<br>(MW <sub>e</sub> ) | Θερμότητα<br>(MW <sub>th</sub> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| ΔΕΗ                                 | 63,7                              | 345,6                            |
| Διυλιστήρια                         | 112,6                             | 159,22                           |
| Βιομηχανίες τροφίμων, ποτών, καπνού | 59,7                              | 254,06                           |
| Βιομηχανίες υφασμάτων, δέρματος     | 3,3                               | 3,6                              |
| Βιομηχανίες μη-σιδηρούχων μετάλλων  | 10                                | 36,67                            |
| Βιομηχανίες μη μεταλλικών υλικών    | 1,1                               | 3,68                             |
| Νοσοκομεία                          | 0,75                              | 0,89                             |
| Πανεπιστήμια                        | 2,72                              | 3,09                             |
| Οικολογικές κατοικίες               | 9,77                              | 11                               |
| <b>Σύνολο</b>                       | <b>263,6</b>                      | <b>818,8</b>                     |

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.7

1. N3468/2006: «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις».
2. N3734/2009: «Πρωώθηση της συμπαραγωγής δύο ή και περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας...».
3. Φραγκόπουλος Χ., Καρυδογιάννης Η., Καραλής Κ., (1994), Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, ΚΑΠΕ, Αθήνα
4. Πανονίδου Δ., Καρακατσάνης Θ., (Ιούλιος-Αύγουστος 2010), Η συμπαραγωγή στον τομέα της υγείας, ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ
5. EDUCOGEN, (March 2001), A guide to cogeneration, Funded by the SAVE Programme.
6. Frangopoulos Ch., (2009), Medium and small scale CHP, 4<sup>th</sup> International Conference, Energetech 09, Athens
7. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

## 2.8. ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

### 2.8.1. Γενικά περί ηλεκτρικών κινητήρων

Η αρχή λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών κινητήρων, στηρίζεται στη δύναμη Lorentz. Όταν ένας ρευματοφόρος αγωγός βρεθεί μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο ασκείται πάνω του μία δύναμη που είναι ίση με:

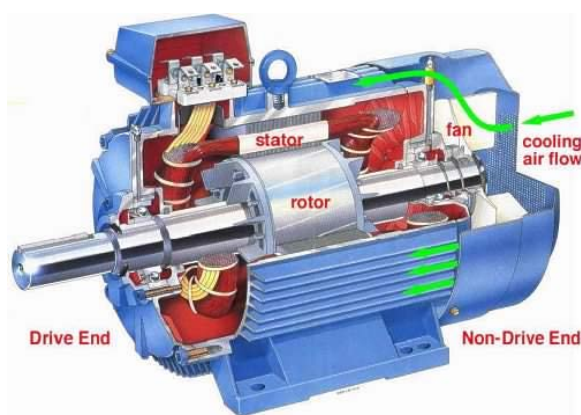
$$F = i \cdot l \cdot B$$

όπου:  $i$  = ένταση ρεύματος,  $l$  = μήκος αγωγού,  $B$  = μαγνητική επαγωγή

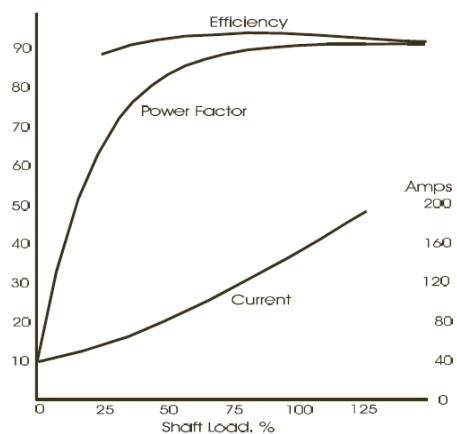
Οι ηλεκτροκινητήρες διακρίνονται σε "συνεχούς ρεύματος" (DC motors) και σε "εναλλασσόμενου ρεύματος" (AC motors). Οι ηλεκτρικοί κινητήρες που συναντώνται στον οικιακό αλλά και στον τριτογενή τομέα είναι κατά κύριο λόγο κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (μονοφασικοί και τριφασικοί) και πολύ λιγότερο κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Οι ηλεκτροκινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται επιμέρους στους "ασύγχρονους" ή "επαγωγικούς κινητήρες" και στους "σύγχρονους κινητήρες".

Οι επαγωγικοί κινητήρες είναι οι συνηθέστεροι και αποτελούν το 90% της υπάρχουσας κινητήριας ισχύος, ενώ απορροφούν το 60% περίπου, της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Και οι δύο αυτοί τύποι έχουν ένα ακίνητο στάτορα και ένα περιστρεφόμενο ρότορα για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Μια βασική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων είναι ο τρόπος παραγωγής του μαγνητικού πεδίου του ρότορα. Στον επαγωγικό κινητήρα, το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτορα επάγει ένα ρεύμα, συνεπώς και ένα μαγνητικό πεδίο, στην περιέλιξη του ρότορα, που συνήθως είναι τύπου κλωβού.

Επειδή το μαγνητικό πεδίο επάγεται, ο ρότορας δεν μπορεί να περιστραφεί όπως το πεδίο του στάτορα (εάν γινόταν αυτό δεν θα μπορούσε να επάγεται ρεύμα στο ρότορα, διότι τότε το μαγνητικό πεδίο του στάτορα παραμένει αμετάβλητο σε σχέση με το ρότορα). Η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας του ρότορα και της περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτορα ονομάζεται ολίσθηση. Στο σύγχρονο κινητήρα, το πεδίο του ρότορα παράγεται με την εφαρμογή συνεχούς ρεύματος στην περιέλιξη του ρότορα. Επομένως, ο ρότορας περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με το μαγνητικό πεδίο του στάτορα και έτσι τα μαγνητικά πεδία του ρότορα και του στάτορα είναι σύγχρονα στην ταχύτητά τους.



(α)



(β)

**Σχήμα 2.8.1** (α) Επαγωγικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα, (β) Ρεύμα, απόδοση και συντελεστής ισχύος τυπικού επαγωγικού κινητήρα 90kW

Λόγω της κατασκευής του, ο επαγωγικός κινητήρας είναι βασικά ένα επαγωγικό φορτίο και έτσι έχει ένα συντελεστή ισχύος με υστέρηση, ενώ ο σύγχρονος κινητήρας μπορεί να εγκατασταθεί έτσι ώστε να έχει συντελεστή ισχύος με προπορεία (δηλαδή, δρα ως πυκνωτής). Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι ένας σύγχρονος κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την απόδοση μηχανικής ενέργειας όσο και για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος μιας συστοιχίας επαγωγικών κινητήρων. Αυτή η επιλογή μπορεί να είναι περισσότερο οικονομικά αποδοτική από την προσθήκη μιας συστοιχίας πυκνωτών.

Οι επαγωγικοί κινητήρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την κατασκευαστική δομή του δρομέα τους:

1. κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα ή κλωβό (squirrel cage rotor) και
2. κινητήρες με δακτυλιοφόρο δρομέα (wound rotor).

Οι ασύγχρονοι κινητήρες είναι γενικά πολύ αποδοτικές μηχανές με αποδόσεις της τάξης του 90% στο πλήρες φορτίο. Η απόδοση αυτή μειώνεται όταν μειωθεί το φορτίο αλλά η μείωση αυτή είναι μικρή για φορτίσεις μεταξύ του πλήρους φορτίου και του μισού φορτίου. Ενδεικτικά, ένας κινητήρας 90kW με απόδοση 92% στο πλήρες φορτίο, παρουσιάζει απόδοση 91% στα  $\frac{3}{4}$  του μέγιστου φορτίου και 89% στο  $\frac{1}{2}$  του μέγιστου φορτίου. Καθώς το φορτίο του άξονα της μηχανής μειώνεται, το ρεύμα μειώνεται, φθάνοντας σε μια ελάχιστη τιμή ίση με το ρεύμα μαγνήτισης της μηχανής. Το ρεύμα μαγνήτισης για έναν κινητήρα επαγωγής μπορεί να ποικίλει μεταξύ 20% και 60% του μέγιστου ρεύματος φορτίου. Καθώς το φορτίο μειώνεται, ο συντελεστής ισχύος της μηχανής μειώνεται κατά ένα μικρό παράγοντα.

Γενικά, οι ασύγχρονοι κινητήρες σχεδιάζονται για λειτουργία μέγιστης ενεργειακής απόδοσης σε πλήρες φορτίο. Η πραγματική λειτουργία όμως είναι διαφορετική στις περισσότερες περιπτώσεις, αφενός επειδή ορισμένοι κινητήρες επιτυγχάνουν το μέγιστο φορτίο σε ισχύ χαμηλότερη της ονομαστικής και αφετέρου εξαιτίας των περιθωρίων που δίδονται κατά τη μελέτη και το σχεδιασμό των εφαρμογών, για την κάλυψη απρόβλεπτων καταστάσεων φόρτισης των κινητήρων. Από την εμπειρία προκύπτει ότι η φόρτιση των κινητήρων σε βιομηχανικές εφαρμογές είναι της τάξης του 60%.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες παρουσιάζουν τέσσερα βασικά είδη απωλειών: απώλειες σιδήρου, απώλειες χαλκού, απώλειες τριβής και απώλειες ανεμισμού. Οι απώλειες τριβής και ανεμισμού είναι σταθερές-ανεξάρτητες από το φορτίο στο άξονα του κινητήρα και τυπικά είναι πολύ μικρές. Οι κύριες απώλειες είναι αυτές του σιδήρου και του χαλκού. Οι απώλειες σιδήρου είναι ουσιαστικά σταθερές, ανεξάρτητες από το φορτίο στον άξονα, ενώ οι απώλειες χαλκού ( $I^2R$ ) εξαρτώνται άμεσα από το φορτίο στον άξονα της μηχανής. Οι απώλειες σιδήρου εξαρτώνται από την τάση τροφοδοσίας και μειώνονται με την μείωση της. Για μια μηχανή με απόδοση 92% στο πλήρες φορτίο, οι απώλειες χαλκού και οι απώλειες σιδήρου είναι της ίδιας τάξης μεγέθους, με τις απώλειες σιδήρου να ανέρχονται χαρακτηριστικά στο 25 - 40% των συνολικών απωλειών του κινητήρα υπό πλήρες φορτίο. Στον προηγούμενο κινητήρα του οποίου η απόδοση έφθανε το 90% υπό πλήρες φορτίο, οι απώλειες σιδήρου είναι μεταξύ 2.5% και 4% της ονομαστικής ισχύος του.

## 2.8.2. Κινητήρες Υψηλής Ενεργειακής Απόδοσης

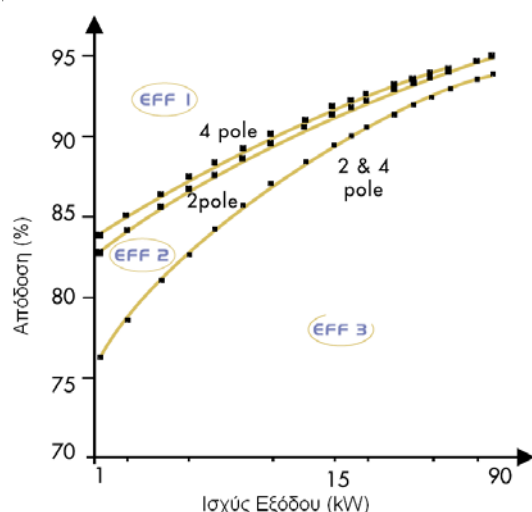
Η μείωση στις διαστάσεις των επαγωγικών κινητήρων δεν είχε συνοδευτεί από ουσιαστική βελτίωση του βαθμού απόδοσης, έως την πετρελαϊκή κρίση του 1973, εξαιτίας του μικρού κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως, στη συνέχεια, όλοι οι κατασκευαστές ανέπτυξαν επαγωγικούς κινητήρες με το χαρακτηρισμό υψηλής απόδοσης (high efficiency induction motors). Οι κινητήρες αυτοί, αν και έχουν μεγαλύτερο κόστος από τους τυπικούς επαγωγικούς κινητήρες, αποκτούν όλο και μεγαλύτερο

μερίδιο της αγοράς. Η τυπική μορφή ενός επαγωγικού κινητήρα υψηλής απόδοσης δε διαφέρει ουσιαστικά από έναν κοινό κινητήρα.

Με βάση την απόδοσή τους, οι κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: συνήθους απόδοσης και υψηλής/εξαιρετικής απόδοσης κινητήρες. Οι ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες είναι 2 έως 10 ποσοστιαίες μονάδες περισσότερο αποδοτικοί από τους συνήθους απόδοσης κινητήρες, ανάλογα με το μέγεθος. Η βελτιωμένη απόδοση των κινητήρων υψηλής/εξαιρετικής απόδοσης οφείλεται στον καλύτερο σχεδιασμό τους με χρήση καλύτερων υλικών για τη μείωση των απωλειών, η οποία πάντως συνοδεύεται από υψηλότερη τιμή (10 έως 30% περίπου μεγαλύτερη από αυτή των συνήθους απόδοσης κινητήρων). Έτσι, εξηγείται μερικώς γιατί μόνο ένα μέρος των κινητήρων που πωλούνται είναι ενεργειακά αποδοτικοί.

Η αντικατάσταση κινητήρων χαμηλής λειτουργικής και ενεργειακής απόδοσης μπορεί, κάτω από τις κατάλληλες τεχνικοοικονομικές προϋποθέσεις, να γίνει με κινητήρες υψηλού βαθμού απόδοσης. Οι κινητήρες αυτοί σχεδιάζονται για επίτευξη υψηλής απόδοσης σε χαμηλή φόρτιση, μέχρι και 25% του πλήρους φορτίου.

Το ευρωπαϊκό σύστημα που ορίζει τις κατηγορίες της ενεργειακής απόδοσης έχει τεθεί σε λειτουργία από το 1999. Αυτό το σύστημα καθιερώθηκε μέσω της συνεργασίας μεταξύ CEMEP (Comité Européen de Constructeurs de Machines Electriques et d'Electronique de Puissance : Ένωση Ευρωπαίων Κατασκευαστών Ηλεκτρικών Μηχανών και Ηλεκτρονικών Ισχύος) και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και αποτελεί σημαντικό στοιχείο των ευρωπαϊκών προσπαθειών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και κατά συνέπεια τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Το σύστημα αυτό ταξινόμησης περιλαμβάνει 3 βασικές κατηγορίες- κλάσεις απόδοσης EFF3, EFF2 και EFF1 με την EFF1 να είναι η πλέον αποδοτική, με την ανάλογη σήμανση στην πινακίδα του κινητήρα και στον κατάλογο της κατασκευάστριας – προμηθεύτριας εταιρίας. Η αποδοτικότητα εκφράζεται ως ποσοστό σε πλήρες φορτίο και σε 3/4 του φορτίου που θα καθορίζεται, μαζί με την ετικέτα της μάρκας στους καταλόγους των κατασκευαστών. Οι κινητήρες που περιλαμβάνονται στο εν λόγω καθεστώς ορίζονται ως αεριζόμενοι (κανονικοί IP 54 ή IP55), τριφασικοί κινητήρες επαγωγής με ισχύ από 1,1 έως 90 kW, με 2 ή 4-πόλους, για δίκτυο ονομαστικής τάσης 400V, 50Hz. Το σχήμα 2.8.2 παρουσιάζει τις καμπύλες απόδοσης για του κινητήρες αυτούς.



**Σχήμα 2.8.2** Καμπύλες βαθμού απόδοσης 2πολικών και 4πολικών κινητήρων ανάλογα με την κατηγορία ενεργειακής απόδοσης του για κινητήρες από 1,1kW έως 90Kw.

Από τα τεχνικά στοιχεία και τα κατασκευαστικά πρότυπα προκύπτει ότι κατά μέσο όρο ένας κινητήρας EFF 1 μειώνει τις απώλειες ενέργειας έως και κατά 40% ενώ ένας κινητήρας EFF2 εξακολουθεί να περιορίζει τις απώλειες ενέργειας έως και κατά 20%. Αυτή η κατηγορία EFF2 εγγυάται μια ικανοποιητική απόδοση με μια ελάχιστη αύξηση της τιμής. Κατά γενικό κανόνα κινητήρες της κατηγορίας EFF3 προσφέρουν μια πολύ χαμηλή απόδοση και αντιπροσωπεύουν μια επένδυση αντισυμβατική στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, επομένως δεν συνιστώνται.

Επιπλέον, χρησιμοποιώντας συστήματα οδήγησης, βελτιστοποιημένα για κινητήρες υψηλής απόδοσης, θα μπορούσαν να αποφευχθούν πολλοί μεγάλοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη με την συνακόλουθη ρύπανση. Από μελέτες έχει προκύψει ότι η αντικατάσταση όλων των σημερινών EFF3 κινητήρων με EFF2 κινητήρες θα μπορούσε να εξοικονομήσει έως και 6 TWh το χρόνο, και ακόμη περισσότερο αν επιλέγονταν κινητήρες EFF1.

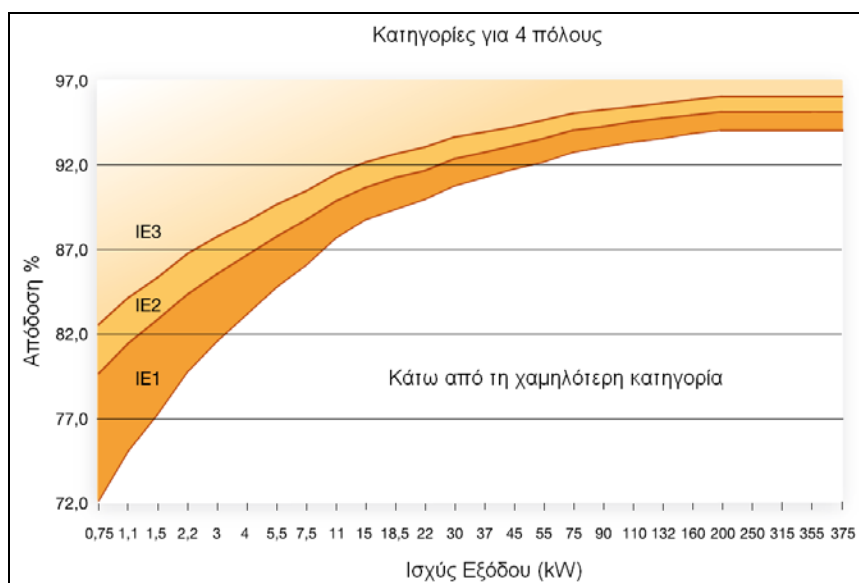
Το 2008 η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή εισήγαγε ένα νέο πρότυπο που αφορά κινητήρες υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Το IEC 60034-30 καθόρισε νέες κατηγορίες απόδοσης για κινητήρες και εναρμόνισε τις ισχύουσες διαφορετικές απαιτήσεις για επίπεδα απόδοσης των κινητήρων επαγωγής σε όλο τον κόσμο. Το νέο πρότυπο καθορίζει τρεις IE (International efficiency) τάξεις απόδοσης για ενιαίας ταχύτητα, τριφασικούς, επαγωγικούς κινητήρες. Το πρότυπο εισάγει επίσης το IE4 (Μέγιστης Αποδοτικότητας), ένα μελλοντικό επίπεδο το οποίο βρίσκεται πάνω από IE3. Τα IE4 προϊόντα δεν είναι ακόμη εμπορικά διαθέσιμα. Το πεδίο εφαρμογής του νέου προτύπου είναι ευρύτερο από εκείνου που ίσχυε προηγουμένως στην Ευρώπη. Το IEC 60034-30 καλύπτει σχεδόν όλους τους κινητήρες (π.χ. τυπικούς, επικίνδυνων περιοχών, τους υποβρύχιους, πέδησης). Αφορά τους τριφασικούς κινητήρες 50 και 60 Hz, 2, 4 ή 6 πόλων, με ονομαστική ισχύ εξόδου από 0,75 έως 375 kW, ονομαστική τάση λειτουργίας έως 1000 V, τύπους λειτουργίας S1 (συνεχής λειτουργία) ή S3 (διαλείπουσα περιοδική λειτουργία).

Εξαιρούνται από το πρότυπο IEC60034-30 μόνο οι κινητήρες που κατασκευάζονται αποκλειστικά για λειτουργία με μετατροπέα, και οι κινητήρες πλήρως ενσωματωμένοι σε ένα μηχάνημα (για παράδειγμα, αντλία, ανεμιστήρα ή συμπιεστή) που δεν μπορούν να υποβληθούν σε δοκιμή χωριστά από το μηχάνημα.

Τα επίπεδα απόδοσης που ορίζονται στο IEC 60034-30 βασίζονται σε μεθόδους δοκιμών που καθορίζονται στο IEC 60034-2-1: 2007 με μικρή αβεβαιότητα για IE2 και IE3. Οι μέθοδοι με το IEC 60034-2-1 καθορίζουν τις τιμές απόδοσης με μεγαλύτερη ακρίβεια από τις προηγούμενες μεθόδους που χρησιμοποιούνταν. Οι τιμές απόδοσης που προκύπτουν διαφέρουν από εκείνες που προέκυπταν στο πλαίσιο του προηγούμενου πρότυπου δοκιμών IEC, IEC 60034-2: 1996, το οποίο γενικά έδωσε υψηλότερες τιμές συνολικής απόδοσης καθώς οι εκτιμώμενες πρόσθετες απώλειες ήταν πολύ χαμηλές. Το νέο Πρότυπο IEC εναρμονίζει τις παρούσες διαφορετικές απαιτήσεις για επίπεδα απόδοσης κινητήρα επαγωγής σε όλο τον κόσμο, ωστόσο, καθιστώντας ευκολότερη τη σύγκριση. Το IEC60034-30 ορίζει τις απαιτήσεις για τις αποδοτικές κλάσεις και έχει ως στόχο να δημιουργήσει μια βάση για τη διεθνή συνοχή. Στο σχήμα 2.8.3. δίνονται οι καμπύλες απόδοσης σύμφωνα με το πρότυπο αυτό για 4πολικούς κινητήρες, και στον πίνακα 2.8.1 γίνεται σύγκριση του προτύπου με άλλα υφιστάμενα πρότυπα και στον πίνακα 2.8.2 δίνονται τα όρια απόδοσης με βάση τις κλάσεις. Το Πρότυπο είναι σε συμφωνία και με τον Κανονισμό 640/2009/EK ο οποίος αφορά την εφαρμογή της οδηγίας 2005/32/EK της Ε.Ε., όσον αφορά τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού ηλεκτροκινητήρων.

**Πίνακας 2.8.1.** Σύγκριση μεταξύ IEC60034-30 και άλλων προτύπων απόδοσης κινητήρων

| IEC60034-30 EuP<br>Οδηγία<br>2005/32/EC | Europe (50Hz) CEMEP<br>voluntary agreement            | US (60Hz)<br>EPAAct                                | Άλλοι παρόμοιοι τοπικοί<br>κανονισμοί, π.χ. για<br>χώρες. |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| IE-1 Κανονική<br>απόδοση                | Συγκρίσιμο με EFF2                                    | Μικρότερη από τη κανονική<br>απόδοση               | AS στην Αυστραλία, NBR<br>στη Βραζιλία, GB/T στη Κίνα,    |
| IE-2 Υψηλή<br>απόδοση                   | Συγκρίσιμο με EFF1                                    | Πανομοιότυπη με NEMA<br>ενεργειακή απόδοση / EPACT | IS στην Ινδία, JIS στην<br>Ιαπωνία, MEPS στη Κορέα.       |
| IE-3 Εξαιρετικά<br>υψηλή απόδοση        | Προέκταση του IE2 με 10 έως<br>15% λιγότερες απώλειες | Πανομοιότυπη με NEMA<br>Μέγιστη απόδοση            |                                                           |



**Σχήμα 2.8.3** Καμπύλες βαθμού απόδοσης 4πολικών κινητήρων ανάλογα με την κατηγορία ενεργειακής απόδοσης του για ισχύ εξόδου των κινητήρων από 0,75kW έως 375kW σύμφωνα με το IEC 60034-30: 2008.

Ο Κανονισμός 640/2009/EK εισάγει προδιαγραφές για την ελάχιστη αποδεκτή ενεργειακή απόδοση των κινητήρων. Η προμελέτη που έγινε δείχνει ότι στην αγορά της Κοινότητας τοποθετούνται ηλεκτροκινητήρες σε μεγάλες ποσότητες, και ότι η ενεργειακή τους κατανάλωση στη φάση της χρήσης αποτελεί τη σημαντικότερη περιβαλλοντική παράμετρο σε σχέση με την αντίστοιχη για όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής, ενώ η ηλεκτρική κατανάλωσή τους το έτος 2005 ανήλθε σε 1067TWh και αντιστοιχεί σε 427 Mt εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επειδή δεν υπάρχουν μέτρα περιορισμού της, προβλέπεται ότι το 2020 αυτή η ενεργειακή κατανάλωση θα αυξηθεί σε 1252TWh. Το συμπέρασμα ήταν ότι η ενεργειακή κατανάλωση στον κύκλο ζωής και η ηλεκτρική κατανάλωση στη φάση της χρήσης είναι δυνατόν να βελτιωθούν σημαντικά, ιδίως αν οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές με μεταβαλλόμενα στροφές και φορτίο είναι εφοδιασμένοι με συστήματα ηλεκτρικής κίνησης.

Στα πλαίσια του κανονισμού ο ορισμός του όρου «Κινητήρας» σημαίνει ηλεκτρικό επαγωγικό κινητήρα τύπου κλωβού, μιας ταχύτητας περιστροφής, τριφασικό, 50 Hz ή 50/60 Hz, ο οποίος έχει 2 έως 6 πόλους, ονομαστική τάση μέχρι 1000 V, έχει ονομαστική ισχύ εξόδου ισχύ PN μεταξύ 0,75 kW και 375 kW, έχει κατασκευαστεί για συνεχή λειτουργία με φορτίο υπό τα ονομαστικά μεγέθη του. Οι απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού για κινητήρες ορίζονται στο παράρτημα I του κανονισμού και αφορούν τις ελάχιστες απαιτήσεις IE2 και IE3. Κάθε απαίτηση οικολογικού σχεδιασμού εφαρμόζεται σύμφωνα με το ακόλουθο χρονοδιάγραμμα:

1. Από 16 Ιουνίου 2011 οι κινητήρες δεν έχουν απόδοση μικρότερη από το επίπεδο απόδοσης του τύπου IE2, όπως ορίζεται στο παράρτημα Ι σημείο 1.
2. Από 1η Ιανουαρίου 2015 οι κινητήρες με ονομαστική ισχύ εξόδου 7,5-375 kW δεν έχουν απόδοση μικρότερη από το επίπεδο απόδοσης του τύπου IE3, όπως ορίζεται στο παράρτημα Ι σημείο 1, ή πληρούν το επίπεδο απόδοσης του τύπου IE2 όπως ορίζεται στο παράρτημα Ι σημείο 1 και είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ηλεκτρικής κίνησης.
3. Από 1η Ιανουαρίου 2017 όλοι οι κινητήρες με ονομαστική ισχύ εξόδου 0,75-375 kW δεν έχουν απόδοση μικρότερη από το επίπεδο απόδοσης του τύπου IE3, όπως ορίζεται στο παράρτημα Ι σημείο 1, ή πληρούν το επίπεδο απόδοσης του τύπου IE2 όπως ορίζεται στο παράρτημα Ι σημείο 1 και είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ηλεκτρικής κίνησης.

**Πίνακας 2.8.2.** Τα όρια των κλάσεων της απόδοσης του κινητήρα για δύο, τεσσάρων και έξι πόλων κινητήρες μεταξύ 0,75 και 375 kW.

| kW        | HP        | IE-1 Κανονική απόδοση |         |         | IE-2 Υψηλή απόδοση |         |         | IE-3 Μέγιστη απόδοση |         |         |
|-----------|-----------|-----------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|           |           | 2 πόλοι               | 4 πόλοι | 6 πόλοι | 2 πόλοι            | 4 πόλοι | 6 πόλοι | 2 πόλοι              | 4 πόλοι | 6 πόλοι |
| 0.75      | 1         | 72.1                  | 72.1    | 70.0    | 77.4               | 79.6    | 75.9    | 80.7                 | 82.5    | 78.9    |
| 1.1       | 1.5       | 75.0                  | 75.0    | 72.9    | 79.6               | 81.4    | 78.1    | 82.7                 | 84.1    | 81.0    |
| 1.5       | 2         | 77.2                  | 77.2    | 75.2    | 81.3               | 82.8    | 79.8    | 84.2                 | 85.3    | 82.5    |
| 2.2       | 3         | 79.7                  | 79.7    | 77.7    | 83.2               | 84.3    | 81.8    | 85.9                 | 86.7    | 84.3    |
| 3         |           | 81.5                  | 81.5    | 79.7    | 84.6               | 85.5    | 83.3    | 87.1                 | 87.7    | 85.6    |
| 3.7       | 5         | -                     | -       | -       | -                  | -       | -       | -                    | -       | -       |
| 4         |           | 83.1                  | 83.1    | 81.4    | 85.8               | 86.6    | 84.6    | 88.1                 | 88.6    | 86.8    |
| 5.5       | 7.5       | 84.7                  | 84.7    | 83.1    | 87.0               | 87.7    | 86.0    | 89.2                 | 89.6    | 88.0    |
| 7.5       | 10        | 86.0                  | 86.0    | 84.7    | 88.1               | 88.7    | 87.2    | 90.1                 | 90.4    | 89.1    |
| 11        | 15        | 87.6                  | 87.6    | 86.4    | 89.4               | 89.8    | 88.7    | 91.2                 | 91.4    | 90.3    |
| 15        | 20        | 88.7                  | 88.7    | 87.7    | 90.3               | 90.6    | 89.7    | 91.9                 | 92.1    | 91.2    |
| 18.5      | 25        | 89.3                  | 89.3    | 88.6    | 90.9               | 91.2    | 90.4    | 92.4                 | 92.6    | 91.7    |
| 22        | 30        | 89.9                  | 89.9    | 89.2    | 91.3               | 91.6    | 90.9    | 92.7                 | 93.0    | 92.2    |
| 30        | 40        | 90.7                  | 90.7    | 90.2    | 92.0               | 92.3    | 91.7    | 93.3                 | 93.6    | 92.9    |
| 37        | 50        | 91.2                  | 91.2    | 90.8    | 92.5               | 92.7    | 92.2    | 93.7                 | 93.9    | 93.3    |
| 45        | 60        | 91.7                  | 91.7    | 91.4    | 92.9               | 93.1    | 92.7    | 94.0                 | 94.2    | 93.7    |
| 55        | 75        | 92.1                  | 92.1    | 91.9    | 93.2               | 93.5    | 93.1    | 94.3                 | 94.6    | 94.1    |
| 75        | 100       | 92.7                  | 92.7    | 92.6    | 93.8               | 94.0    | 93.7    | 94.7                 | 95.0    | 94.6    |
| 90        | 125       | 93.0                  | 93.0    | 92.9    | 94.1               | 94.2    | 94.0    | 95.0                 | 95.2    | 94.9    |
| 110       | 150       | 93.3                  | 93.3    | 93.3    | 94.3               | 94.5    | 94.3    | 95.2                 | 95.4    | 95.1    |
| 132       |           | 93.5                  | 93.5    | 93.5    | 94.6               | 94.7    | 94.6    | 95.4                 | 95.6    | 95.4    |
| 150       | 200       | -                     | -       | -       | -                  | -       | -       | -                    | -       |         |
| 160       |           | 93.8                  | 93.8    | 93.8    | 94.8               | 94.9    | 94.8    | 95.6                 | 95.8    | 95.6    |
| 185       | 250       | -                     | -       | -       | -                  | -       | -       | -                    | -       | -       |
| 200       |           | 94.0                  | 94.0    | 94.0    | 95.0               | 95.1    | 95.0    | 95.8                 | 96.0    | 95.8    |
| 220 - 375 | 300 - 500 | 94.0                  | 94.0    | 94.0    | 95.0               | 95.1    | 95.0    | 95.8                 | 96.0    | 95.8    |

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.8.**

1. Stephen J. Chapman. 'Ηλεκτρικές Μηχανές', Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
2. Fitzgerald / Kingsley /Umans. 'Electrical Machinery', International Student edition, 4th edition, 2008
3. Stephen J. Chapman. 'Ηλεκτρικές Μηχανές', Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
4. Ι. Τεγόπουλου. 'Ηλεκτρικές Μηχανές – τόμος Α', Εκδόσεις Συμμετρία, 2006
5. Οδηγία 2005/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6<sup>ης</sup> Ιουλίου 2005, για «Θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/ΕΚ και 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου» ΕΕΕΚ L.191, 22.7.2005, (2005).
6. Οδηγία 2006/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006 για την «Ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου» ΕΕΕΚ L.114, 27.4.2006, (2003).
7. Οδηγία 2008/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11<sup>ης</sup> Μαρτίου 2008, για την τροποποίηση της οδηγίας 2005/32/EK για «θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/ΕΚ και 2000/55/ΕΚ όσον αφορά τις εκτελεστικές αρμοδιότητες που ανατίθενται στην Επιτροπή» ΕΕΕΚ L.81, 20.3.2008, (2008).
8. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 640/2009 της Επιτροπής, της 22ας Ιουλίου 2009, σχετικά με την «εφαρμογή της οδηγίας 2005/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, όσον αφορά τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού ηλεκτροκινητήρων» ΕΕΕΚ L.191, 23.7.2009, (2009)
9. IEC60034-30 Rotating electrical machines - Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)

## **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: [www.elot.gr](http://www.elot.gr)

Siemens S.A. : [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

ABB : [www.abb.com](http://www.abb.com)

CEMEP European Committee of Manufacturers of Electrical machines and power electronics equipment and systems [www.cemep.org/](http://www.cemep.org/) .

## 2.9. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που διατίθενται στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα υπόκεινται στην εθνική και κοινοτική νομοθεσία που αφορά την ενεργειακή τους σήμανση. Η ενεργειακή σήμανση καθιερώθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση με την έκδοση της οδηγίας 92/75/22.09.92 και σε Εθνικό επίπεδο με την έκδοση του Προεδρικού Διατάγματος 180/1994, το οποίο έθεσε το γενικό νομοθετικό πλαίσιο για την εφαρμογή της ενεργειακής σήμανσης στις οικιακές συσκευές. Στη συνέχεια, εκδόθηκε μια σειρά Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων για την εφαρμογή της ενεργειακής σήμανσης σε διάφορες κατηγορίες οικιακών συσκευών, όπως:

- Ψυγεία, καταψύκτες και συνδυασμοί τους
- Πλυντήρια ρούχων, στεγνωτήρια ρούχων και συνδυασμοί τους
- Πλυντήρια πιάτων
- Ηλεκτρικοί λαμπτήρες
- Ηλεκτρικοί φούρνοι (υποχρεωτική εφαρμογή από 01.07.2003)
- Κλιματιστικές συσκευές (υποχρεωτική εφαρμογή από το 2004)

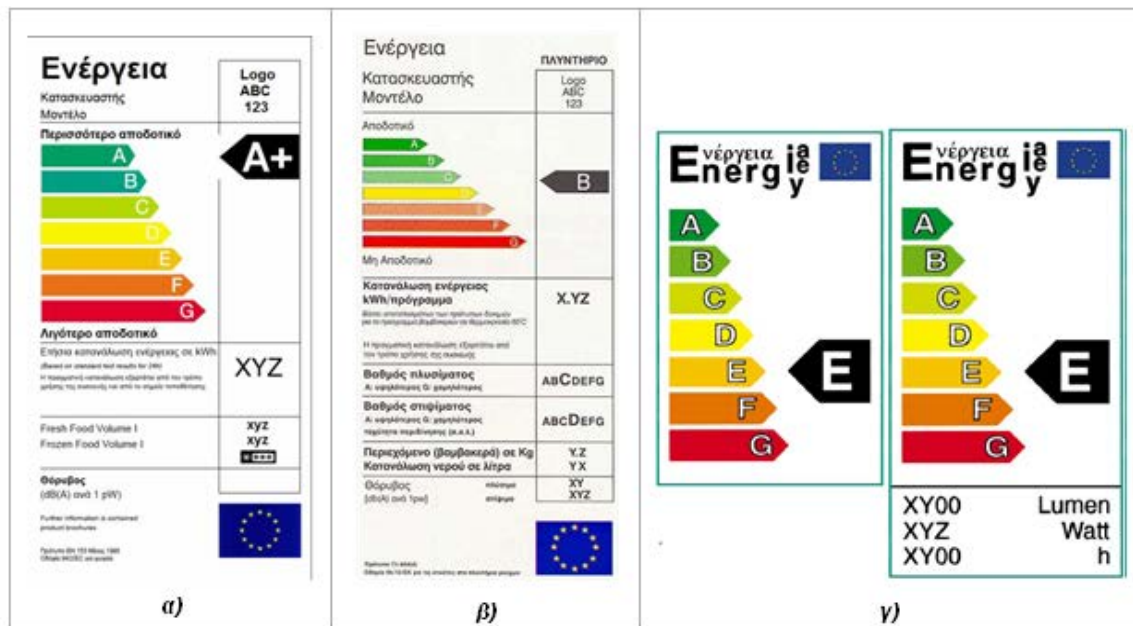
Η ενεργειακή σήμανση των οικιακών συσκευών συνίσταται στην υποχρεωτική επικόλληση μιας ετικέτας (ενεργειακή ετικέτα ή ετικέτα ενεργειακής σήμανσης) σε εμφανές μέρος των συσκευών που επιδεικνύονται στις εκθέσεις των καταστημάτων πώλησης. Τυπικές ετικέτες ενεργειακής σήμανσης παρουσιάζονται στο σχήμα 2.9.1. Η ενεργειακή ετικέτα δείχνει και πληροφορεί τον καταναλωτή για δύο σημαντικά ενεργειακά χαρακτηριστικά της συσκευής:

α) την κατανάλωση ενέργειας, δηλ. την ηλεκτρική ενέργεια, σε kWh, που καταναλώνει η συσκευή κατά τη διάρκεια π.χ. ενός έτους για τα ψυγεία ή ενός τυπικού κύκλου πλυσίματος για τα πλυντήρια ρούχων και πιάτων με το ονομαστικό φορτίο της συσκευής υπό πρότυπες συνθήκες μέτρησης, και

β) την ενεργειακή αποδοτικότητα της συσκευής, που είναι και το σημαντικότερο ενεργειακό χαρακτηριστικό, με τη βοήθεια του οποίου μπορεί ο υποψήφιος αγοραστής να συγκρίνει από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης τις συσκευές διαφόρων κατασκευαστών και διαφορετικών μεγεθών στην ίδια βάση.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα δείχνει την κατανάλωση ενέργειας που αντιστοιχεί στη μονάδα χωρητικότητας της συσκευής π.χ. στα ψυγεία μας δείχνει τις kWh κατανάλωσης ανά lt χωρητικότητας του ψυγείου, στα πλυντήρια ρούχων και πιάτων τις kWh κατανάλωσης ανά kg περιεχομένων ρούχων και πιάτων κ.τ.λ. Ανάλογα με την ενεργειακή τους αποδοτικότητα οι συσκευές κατατάσσονται σε 7 κατηγορίες ή κλάσεις που καθορίζονται από τα λατινικά γράμματα A, B, C, D, E, F, G και από έγχρωμα και διαφορετικού μήκους βέλη που απεικονίζονται στην ενεργειακή ετικέτα το ένα κάτω από το άλλο, ενώ ένας δείκτης απέναντί τους δείχνει σε ποια ενεργειακή κατηγορία ανήκει η συσκευή. Οι πρώτες κατηγορίες A, B, C είναι οι ενεργειακά αποδοτικότερες και έχουν βέλη πρασίνων αποχρώσεων και μικρότερου μήκους (για να δείχνουν τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα χωρητικότητας της συσκευής), ενώ οι τελευταίες κατηγορίες E, F, G είναι οι ενεργειακά χειρότερες σε αποδοτικότητα και έχουν βέλη κόκκινων αποχρώσεων και μεγαλύτερου μήκους (για να δείχνουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις ανά μονάδα χωρητικότητας της συσκευής). Πρόσφατα στα ψυγεία/καταψύκτες προστέθηκαν δύο νέες ενεργειακά αποδοτικότερες κατηγορίες A+ και A++. Στο σχήμα 2.9.2 φαίνεται η αναλυτική περιγραφή μιας τυπικής ετικέτας ενεργειακής σήμανσης. Οι συσκευές οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες A++, A+, A, B ή σε ορισμένες περιπτώσεις και C είναι συσκευές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ψυγεία ενεργειακής κλάσης A καταναλώνουν ετησίως περίπου το 60% της ενέργειας που καταναλώνουν αντίστοιχα ενεργειακής

κλάσης D, ενώ ένα πλυντήριο ενεργειακής κλάσης A καταναλώνει 25% λιγότερη ενέργεια από ένα άλλο ενεργειακής κλάσης C.



**Σχήμα 2.9.1** Ετικέτες Ενεργειακής Σήμανσης (α) ψυγείο/καταψύκτη, (β) πλυντηρίου ρούχων, (γ) λαμπτήρα φωτισμού.



**Σχήμα 2.9.2** Αναλυτική περιγραφή τυπικής ετικέτας ενεργειακής σήμανσης.

Η ενεργειακή ετικέτα είναι τυποποιημένη σε μέγεθος και σχήμα και ξεχωρίζει κυρίως από τα 7 βέλη διαφορετικών χρωμάτων και μεγεθών που χαρακτηρίζουν τις 7 κατηγορίες ενεργειακής αποδοτικότητας, που αποτελούν το «σήμα κατατεθέν» της ενεργειακής σήμανσης. Πέραν των ενεργειακών χαρακτηριστικών που αναφέραμε, η ενεργειακή ετικέτα περιέχει και άλλες χρήσιμες πληροφορίες που βοηθούν τον καταναλωτή να επιλέξει σωστά και οικονομικά. Ειδικά για τους

λαμπτήρες η ετικέτα ενεργειακής σήμανσης επίσης παρέχει πληροφορίες για τη φωτεινή ροή (lumen), την ονομαστική ισχύ (W) και τη διάρκεια ζωής του λαμπτήρα σε ώρες λειτουργίας. Το σημαντικό είναι ότι όλα αυτά τα τεχνικά χαρακτηριστικά, ενεργειακά και μη, έχουν μετρηθεί υπό τα ίδια εναρμονισμένα πρότυπα (standards) και συνθήκες μέτρησης, ώστε να μπορούν να είναι συγκρίσιμα μεταξύ των διαφόρων συσκευών του ίδιου είδους.

Σημαντική ένδειξη στην ετικέτα ενεργειακής σήμανσης, αποτελεί και το Κοινοτικό Οικολογικό Σήμα (EcoLabel) το οποίο απονέμεται αποκλειστικά σε επιλεγμένες ηλεκτρικές συσκευές που ανταποκρίνονται σε πιστοποιημένα υψηλά πρότυπα περιβαλλοντικής και ενεργειακής απόδοσης. Οι συσκευές που φέρουν το Κοινοτικό Οικολογικό Σήμα είναι κατά κανόνα συσκευές με υψηλή ενεργειακή απόδοση και υψηλά περιβαλλοντικά κριτήρια κατασκευής και λειτουργίας.

Οι μηχανές γραφείου (π.χ. υπολογιστές, εκτυπωτές, φωτοτυπικά μηχανήματα) και ο τηλεπικοινωνιακός και δικτυακός εξοπλισμός (π.χ. φαξ, modem, router, ασύρματα τηλέφωνα) έχουν και αυτά ενεργειακή σήμανση. Για τις συσκευές αυτές η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει τη σήμανση EU Energy Star (Σχήμα 2.9.3α), ενώ ισχύει και το Κοινοτικό Οικολογικό Σήμα - Ecolabel (Σχήμα 2.9.3β,γ). Όσα προϊόντα φέρουν είτε τη σήμανση EU Energy Star είτε το Κοινοτικό Οικολογικό Σήμα - Ecolabel σημαίνει ότι έχουν χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, συγκρινόμενα με άλλα ομοειδή τους. Σημαντικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας έχουν και οι συσκευές οι οποίες υπόκεινται και στην οδηγία για την οικολογική σχεδίαση των προϊόντων που καταναλώνουν ενέργεια 2005/32/EK και 2009/125/EK.



**Σχήμα 2.9.3** α) Το ευρωπαϊκό σήμα Energy Star για τα μηχανήματα γραφείου. β) Κοινοτικό Οικολογικό Σχήμα (EcoLabel). γ) Κοινοτικό Οικολογικό Σχήμα (EcoLabel) σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 66/2010 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 2009.

Πέραν των οικιακών συσκευών και των λοιπών ηλεκτρονικών συσκευών που αναφέρονται παραπάνω ενεργειακή σήμανση έχουν και άλλες ηλεκτρικές συσκευές και διατάξεις όπως οι κυκλοφορητές νερού. Σε αυτές υπάρχει επίσης ετικέτα ενεργειακής σήμανσης για την οποία ισχύουν όσα έχουν ήδη προαναφερθεί.

Η κατανάλωση ενέργειας μίας ηλεκτρικής συσκευής χαρακτηρίζεται από διάφορους τρόπους λειτουργίας. Η συσκευή βρίσκεται σε φάση λειτουργίας (on-mode) όταν εκτελεί τη λειτουργία της, σε φάση αναμονής (standby mode) όταν παίρνει έστω και λίγο ρεύμα αλλά δεν εκτελεί την κύρια λειτουργία της και, τέλος, σε φάση διακοπής (off-mode) όταν δεν εκτελεί καμία λειτουργία και δεν καταναλώνει καθόλου ρεύμα. Η κατανάλωση ρεύματος σε φάση αναμονής αφορά κυρίως ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές όπως τηλεοράσεις, στερεοφωνικά, υπολογιστές, ασύρματα τηλέφωνα, φορτιστές και γενικώς συσκευές που στη φάση αναμονής τους παραμένουν υπό τάση και εκτελούν συνήθως κάποια δευτερεύουσα ή βοηθητική λειτουργία. Η κατανάλωση ρεύματος σε φάση αναμονής δεν αφορά συσκευές που λόγω της φύσης της λειτουργίας τους αναγκαστικά παραμένουν συνεχώς

συνδεδεμένες με την παροχή ρεύματος (π.χ. ψυγεία, καταψύκτες) ή δεν έχουν φάση αναμονής και ο χειρισμός τους γίνεται με διακόπτη ανοίγματος-κλεισίματος από την παροχή του ρεύματος (π.χ. πλυντήρια, θερμοσίφωνες, λάμπες κ.λπ.). Η κατανάλωση ενέργειας στην φάση αναμονής είναι πολύ σημαντική παρά το γεγονός ότι φαινομενικά η συσκευή καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια. Αυτό συμβαίνει γιατί η κατανάλωση στη φάση αναμονής γίνεται σε 24ωρη βάση κάθε μέρα επί 365 μέρες το χρόνο. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά ότι μία συσκευή με ονομαστική ισχύ 8W σε φάση αναμονής, εμφανίζει κατανάλωση περίπου 60kWh ανά έτος. Οι ενεργειακά αποδοτικές συσκευές έχουν υποχρεωτικά πολύ χαμηλή κατανάλωση σε κατάσταση αναμονής ενώ από την κοινοτική νομοθεσία έχουν θεσπιστεί πολύ αυστηρά όρια.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.9.**

1. Οδηγία 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 22ας Σεπτεμβρίου 1992 για την «ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών με την επισήμανση και την παροχή ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με τα προϊόντα» ΕΕΕΚ L.297 13.10.1992, (1992)
2. Οδηγία 95/13/ΕΚ της Επιτροπής της 23ης Μαΐου 1995 για την «Εφαρμογή της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου σχετικά με την ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών ηλεκτρικών στεγνωτηρίων ρούχων» ΕΕΕΚ L.136, 21.06.1995, (1995).
3. Οδηγία 96/60/ΕΚ της Επιτροπής της 19ης Σεπτεμβρίου 1996 για «την εκτέλεση της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά την ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών πλυντηρίων-στεγνωτηρίων ρούχων» ΕΕΕΚ L.266, 18.10.1996, (1996)
4. Οδηγία 97/17/ΕΚ της Επιτροπής της 16ης Απριλίου 1997 για «την εκτέλεση της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών πλυντηρίων πιάτων» ΕΕΕΚ L.118, 07.05.1997, (1997).
5. Οδηγία 98/11/ΕΚ της Επιτροπής της 27ης Ιανουαρίου 1998 για «την εφαρμογή της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά την ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών λαμπτήρων» ΕΕΕΚ L.071, 10.03.1998, (1998).
6. Οδηγία 2002/31/ΕΚ της Επιτροπής, της 22ας Μαρτίου 2002, για «εφαρμογή της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών κλιματιστικών» ΕΕΕΚ L.086, 03.04.2002, (2002)
7. Οδηγία 2002/40/ΕΚ της Επιτροπής, της 8ης Μαΐου 2002, περί «εφαρμογής της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών ηλεκτρικών φούρνων» ΕΕΕΚ L.128, 15.05.2002, (2002).
8. Οδηγία 2003/66/ΕΚ της Επιτροπής, της 3ης Ιουλίου 2003, για «την τροποποίηση της οδηγίας 94/2/ΕΚ της Επιτροπής της 21ης Ιανουαρίου 1994 περί εφαρμογής της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας για τα οικιακά ηλεκτρικά ψυγεία και τους καταψύκτες, καθώς και τους συνδυασμούς αυτών» ΕΕΕΚ L.170, 09.07.2003, (2003)
9. Οδηγία 2005/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Ιουλίου 2005, για «Θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/ΕΚ και 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου» ΕΕΕΚ L.191, 22.7.2005, (2005).

10. Οδηγία 2006/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006 για την «Ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου» ΕΕΕΚ L.114, 27.4.2006, (2003).
11. Οδηγία 2008/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Μαρτίου 2008, για την τροποποίηση της οδηγίας 2005/32/EK για «θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/EK και 2000/55/EK όσον αφορά τις εκτελεστικές αρμοδιότητες που ανατίθενται στην Επιτροπή» ΕΕΕΚ L.81, 20.3.2008, (2008)
12. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1980/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Ιουλίου 2000 περί «Αναθεωρημένου κοινοτικού συστήματος απονομής οικολογικού σήματος» ΕΕΕΚ L.237, 21.9.2000, (2000).
13. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2422/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Νοεμβρίου 2001, σχετικά με “Κοινοτικό πρόγραμμα επισήμανσης ενεργειακής απόδοσης για γραφειακό εξοπλισμό” ΕΕΕΚ L.332, 15.12.2001, (2001)
14. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 66/2010 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Νοεμβρίου 2009, σχετικά με το «Οικολογικό σήμα της ΕΕ (EU Ecolabel)» ΕΕΕΚ L 27, 30.1.2010, (2010).
15. Απόφαση της Επιτροπής, της 11ης Μαρτίου 2003, για την «ίδρυση του Γραφείου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για το Energy Star» L.172, 26.06.2001, (2001)
16. Φ.Ε.Κ. Α' 114, Π.Δ.. 180/1994 «Ένδειξη της καταναλώσεως ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών με την επισήμανση και την παροχή ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με τα προϊόντα, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 92/75/ΕΟΚ της 22ας Σεπτεμβρίου 1992.

## ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: [www.elot.gr](http://www.elot.gr)

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας- ΙΕΠΒΑ- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: [www.energycon.org](http://www.energycon.org)

Πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ENERGY STAR :

<http://www.eu-energystar.org/el/index.html>

Κοινοτικό Οικολογικό Σήμα – Ecolabel : <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>

Σύνοψη της νομοθεσίας της ΕΕ, Επισήμανση και συσκευασία προϊόντων, Ηλεκτρικές οικιακές συσκευές :

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/consumers/product\\_labelling\\_and\\_packaging/l3200\\_4\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/product_labelling_and_packaging/l3200_4_en.htm)

Υ.Πε.Χω.Δ.Ε. Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στις Κατοικίες:

[http://www.minenv.gr/4/47/00\\_4701/odigos\\_katoikion.pdf](http://www.minenv.gr/4/47/00_4701/odigos_katoikion.pdf)

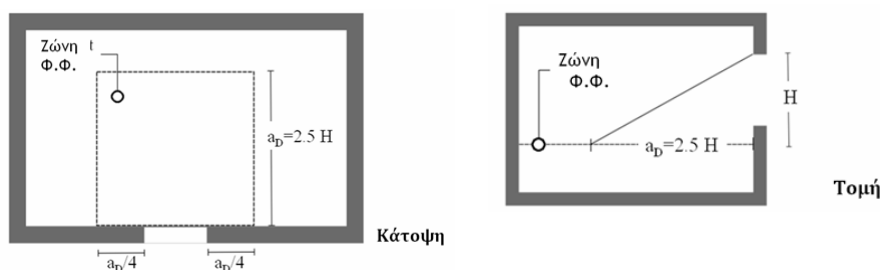
Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη: <http://www.evonymos.org/greek/index.asp?parentid=325>

## 2.10. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ

### 2.10.1.Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

#### Επιλογή ζωνών ελέγχου φωτισμού

Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού είναι περιοχές στους εσωτερικούς χώρους ενός κτηρίου που εκμεταλλεύονται το φυσικό φωτισμό. Παράλληλα με το φυσικό φωτισμό χρησιμοποιούν και τεχνητό, ώστε να διασφαλίζονται τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας ή στο ευρύτερο εσωτερικό περιβάλλον. Το μέγεθος μιας ζώνης ελέγχου εξαρτάται από τη διαμόρφωση και τη γεωμετρία των εξωτερικών ανοιγμάτων, την κατάσταση του ουρανού και φυσικά τη θέση του ήλιου. Για να ορισθεί το μέγεθος των ζωνών ελέγχου απαιτούνται μετρήσεις ή υπολογισμοί από προσομοιώσεις σε ετήσια βάση ή τουλάχιστον σε επιλεγμένους μήνες που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές εποχές. Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού συνδέουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κατανομής φυσικού φωτισμού. Γενικά στη ζώνη ελέγχου η μέγιστη ένταση φωτισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει περίπου την τριπλάσια τιμή της ελάχιστης έντασης φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια ικανοποιητική αντίθεση φωτισμού μέσα σε μια ζώνη ελέγχου. Από τη διεθνή βιβλιογραφία η αναλογία μέγιστης προς ελάχιστης έντασης φωτισμού είναι  $\sim 9:1$ . Για μεγαλύτερες τιμές η περιοχή αυτή πρέπει να διαιρεθεί σε περισσότερες ζώνες ελέγχου. Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 15193 ορίζει τη ζώνη ελέγχου σύμφωνα με το σχήμα 1.10.1.

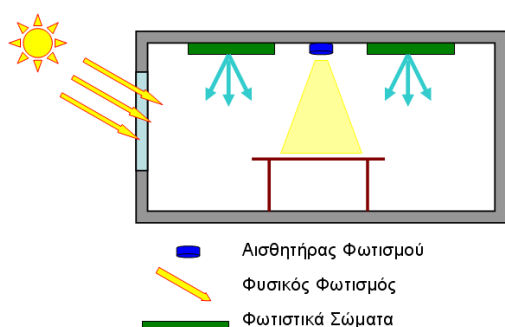


Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού. Οι αισθητήρες φωτισμού (photosensors) είναι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου φωτισμού, οι οποίες ρυθμίζουν αυτόματα το επίπεδο φωτισμού που παράγεται από συστήματα τεχνητού φωτισμού με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύεται στο χώρο. Ο αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης μονάδα ελέγχου που περιέχει α) κατάλληλο φακό (input optics) για την είσοδο της ακτινοβολίας, β) φωτοκύτταρο και γ) το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου. Δεν πρέπει να γίνεται σύγχυση μεταξύ ενός φωτοκυττάρου και ενός αισθητήρα φωτισμού, αφού το φωτοκύτταρο αποτελεί ένα φωτοευαίσθητο εξάρτημα μέσα στον αισθητήρα φωτισμού, ενώ ο αισθητήρας είναι μια πλήρης συσκευή ελέγχου.

Οι αισθητήρες φωτισμού ανήκουν στην κατηγορία του αυτόματου ελέγχου που αντικαθιστά ή συμπληρώνει τον χειροκίνητο έλεγχο στα κτήρια. Ο κύριος σκοπός των αισθητήρων φωτισμού είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με την απενεργοποίηση του τεχνητού φωτισμού ή την προσαρμογή της στάθμης του (dimming) όταν δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία του τεχνητού φωτισμού δεδομένου ότι υπάρχει η απαιτούμενη ποσότητα φυσικού φωτισμού. Το όφελος από τον αυτόματο έλεγχο είναι η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χωρίς επέμβαση ανθρώπινου παράγοντα. Εκτός από την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα φωτισμού, η μείωση των επιπέδων του τεχνητού φωτισμού μειώνει επίσης τα θερμικά κέρδη που προέρχονται από

τα φωτιστικά σώματα. Έτσι μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα ψύξης του κτηρίου κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Συνήθως τα φωτιστικά σώματα στα κτήρια γραφείων χρησιμοποιούν λαμπτήρες φθορισμού. Οπότε, οι αισθητήρες φωτισμού συνδέονται με τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού EDBs (Electronic Dimming Ballasts), τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν την ένταση φωτισμού που παράγεται από αυτούς τους λαμπτήρες. Με αυτόν τον τρόπο η ένταση του τεχνητού φωτισμού μπορεί να αυξομειώνεται με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που εισέρχεται σε ένα χώρο.

Στο Σχήμα 1.10.2 παρουσιάζεται μια βασική και απλουστευμένη περίπτωση ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα φωτισμού σε ένα γραφείο με παράπλευρα εξωτερικά ανοίγματα. Τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού είναι η κατανομή του φυσικού φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα, ο αισθητήρας φωτισμού και η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα.



**Σχήμα 1.10.2** Βασικά μέρη ενός τυπικού συστήματος ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα.

Εξισορρόπηση λαμπρότητας (Brightness Balance). Ο σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού προϋποθέτει τον καθορισμό των επιπέδων της έντασης φωτισμού και λαμπρότητας στο χώρο και μεταξύ των χώρων ενός κτηρίου. Ένας από τους στόχους του σωστού σχεδιασμού είναι η εξισορρόπηση των διαφορετικών επιπέδων έντασης φωτισμού ώστε να ελαχιστοποιείται η θάμβωση (glare). Για παράδειγμα, ο έλεγχος φωτισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετριάσει την πολύ υψηλή ένταση φωτισμού που εισέρχεται από τα εξωτερικά ανοίγματα στο εσωτερικό των κτηρίων.



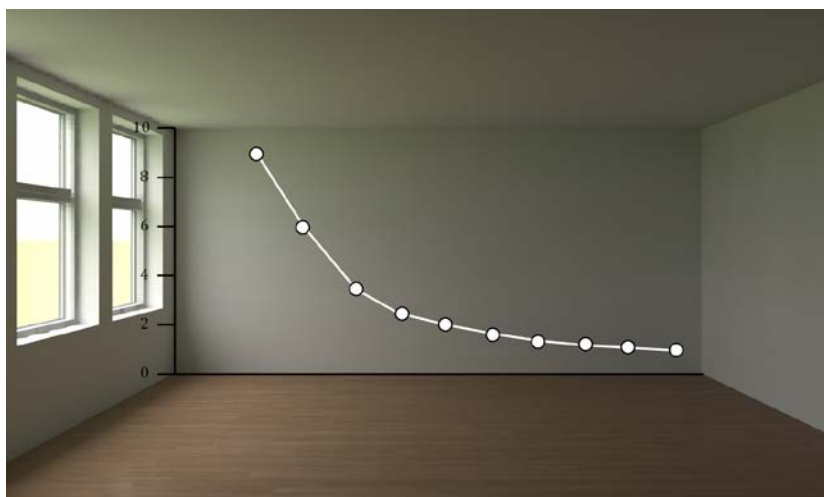
**Σχήμα 1.10.3** Εξισορρόπηση λαμπρότητας με περιορισμό του φυσικού φωτισμού που εισάγεται στο χώρο μέσα από σκιάστρα ή περσίδες.

Μια τέτοια τεχνική ελέγχου επιτυγχάνεται με τον περιορισμό του φυσικού φωτισμού στο χώρο μέσω σκιάστρων ή περσίδων (Σχήμα 1.10.3). Μια άλλη τεχνική με αντίθετα αποτελέσματα για

εσωτερικούς χώρους είναι η αύξηση της έντασης του φωτισμού που παράγεται από τον τεχνητό φωτισμό. Συχνά, ο έλεγχος φωτισμού χρησιμοποιείται για την εξισορρόπηση των επιπέδων φωτισμού μεταξύ δύο χώρων οι οποίοι χαρακτηρίζονται από διαφορετικά επίπεδα έντασης φωτισμού ή τιμές λαμπρότητας.

Αρχιτεκτονικές λύσεις για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να αξιοποιηθεί με ποικίλους τρόπους στους οποίους περιλαμβάνεται α) ο ενδεδειγμένος προσανατολισμός του κτηρίου, β) η κατασκευή ραφιών φωτισμού (light shelves) στα ανοίγματα για την εκτροπή του άμεσου φωτός στο εσωτερικό με ταυτόχρονη αποφυγή της θάμβωσης, γ) η χρησιμοποίηση ειδικών υαλοπινάκων, δ) η εγκατάσταση εξωτερικών ή εσωτερικών συστημάτων φυσικού φωτισμού (σταθερών ή κινητών) τα οποία επιτυγχάνουν σκίαση αλλά και ανακατευθύνουν τμήμα της φωτεινής ροής στην οροφή, ε) η εγκατάσταση φωτοσωλήνων (solar tubes) για τη μεταφορά του φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, στ) η χρήση ηλιοστατών (solar trackers) για τη συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη διοχέτευσή της στο φωτιζόμενο χώρο μέσω των φωτοσωλήνων, ζ) η χρήση οπτικών ινών κ.τ.λ.

Το βασικότερο πρόβλημα είναι το γεγονός ότι τα επίπεδα φυσικού φωτισμού δεν μειώνονται αναλογικά με την απόσταση από το άνοιγμα και αυτό οδηγεί σε υπερβολικά φωτισμένες περιοχές κοντά στο άνοιγμα και υποφωτισμένες μακριά από το άνοιγμα. Η σχέση του φυσικού φωτισμού στο χώρο προς τον εξωτερικό φυσικό φωτισμό υπό συνθήκες πλήρους νεφοκάλυψης εκφράζεται με τον Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού (Daylight Factor, DF) όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.10.4.



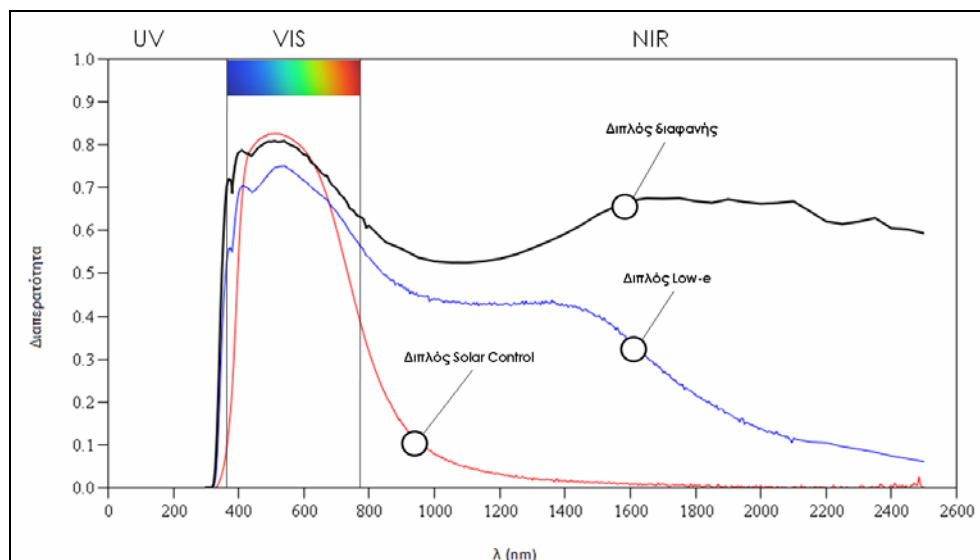
**Σχήμα 1.10.4** Κατανομή της τιμής του Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού (Daylight Factor, DF) συναρτήσει της απόστασης από τα ανοίγματα.

Συνεπώς, η μείωση του βάθους των χώρων συμβάλλει στην ομογενοποίηση των επιπέδων φωτισμού ή στην υιοθέτηση αμφίπλευρου φωτισμού. Η μεγιστοποίηση των περιμετρικών ζωνών (δηλαδή των περιοχών που είναι δυνατή η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού) καθορίζεται από την κάτοψη του κτηρίου. Θεωρώντας ένα τυπικό βάθος περιμετρικής ζώνης 4,5m και κτήριο τετραγωνικής κάτοψης 30mX30m, η περιμετρική ζώνη αντιστοιχεί στο 51% της κάτοψης. Τροποποιώντας την κάτοψη π.χ. σε 60mX15m το ποσοστό της περιμετρικής ζώνης αυξάνεται στο 66%.

Η επιλογή κατάλληλων υαλοπινάκων επιτρέπει τη μέγιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με ταυτόχρονη μείωση των ηλιακών κερδών. Αυτή η φασματική επιλεκτικότητα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.10.5.

Γενικά η χρήση του φυσικού φωτισμού, πέραν της επίδρασης που έχει σε ψυχολογικό/βιολογικό επίπεδο στους ανθρώπους, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σχεδιαστικά σε συνδυασμό με την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου.

Η παρουσίαση των αρχιτεκτονικών λύσεων, έστω και συνοπτικά, είναι αρκετά εκτεταμένη για τα δεδομένα του παρόντος βοηθήματος.



**Σχήμα 2.10.5** Φασματική διαπερατότητα τριών τύπων υαλοπινάκων.

## 2.10.2.Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης

Η επιλογή φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης δεν μπορεί να γίνεται με το κριτήριο της αισθητικής ενσωμάτωσης στο χώρο. Χρειάζεται εξειδικευμένη “ανάγνωση” των τεχνικών χαρακτηριστικών τους όπως είναι ο τύπος κατανομής της φωτεινής ροής, ο συντελεστής απόδοσης, η κατανομή λαμπρότητας, η κλάση θάμβωσης, η κατανάλωση ενέργειας, η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (dimming), ο τύπος του ανακλαστήρα ή του διαχύτη κ.τ.λ. Δείγμα κακού σχεδιασμού αποτελούν χώροι στους οποίους έχουν προστεθεί εκ των υστέρων διαφορετικά φωτιστικά σώματα ώστε να επιλυθούν προβλήματα υποφωτισμού. Επίσης, η επιλογή φωτιστικών με βάση το ελάχιστο αρχικό κόστος ή η μη ορθολογική τοποθέτηση λόγω επισπεύσεως των εργασιών έναντι οποιουδήποτε κόστους, οδηγούν σε μη αποδεκτά αποτελέσματα. Σε αυτό το σημείο να τονισθεί ότι κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος φωτισμού (~10 χρόνια) το μεγαλύτερο μέρος του κόστους (~55%, ανάλογα με τον τύπο του φωτιστικού) οφείλεται στην ενεργειακή του κατανάλωση ενώ μόνο το ~30% στο κόστος αγοράς. Άρα η εστίαση στην ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους μόνο, μπορεί να στερήσει το όφελος της μειωμένης κατανάλωσης αλλά και πολλές φορές επιδρά δυσμενώς στην οπτική άνεση, με την τελευταία να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την παραγωγικότητα των χρηστών στους χώρους εργασίας.

Είναι ευνόητο ότι η επιλογή των φωτιστικών σωμάτων γίνεται σύμφωνα με τον τύπο των εργασιών που διεξάγονται στο χώρο, την αισθητική του, τις αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες και ιδιαιτερότητες καθώς και το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας του φωτισμού. Στις παραμέτρους αυτές οφείλει να συμπεριλαμβάνεται η ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης φωτισμού με στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Οι επιλογές προς την κατεύθυνση αυτή είναι πολλές. Η πρώτη επιλογή αφορά τη γενική μορφή του φωτιστικού π.χ. αν θα είναι φωτιστικό επίμηκες (π.χ. 2Χ36W T8, 2Χ39W T5 κ.λπ.) ή τετράγωνο (π.χ. 4Χ18W T8, 4Χ24W T5 κ.λπ.). Η επιλογή φωτιστικών επιφανειακής

στερέωσης ή ψευδοροφής ή ανάρτησης συνήθως επιβάλλεται εκ των προτέρων από την αρχιτεκτονική διαρρύθμιση του χώρου. Η εμμονή στην επιλογή των τετράγωνων φωτιστικών 60cmX60cm, 4X18W T8, δεν αιτιολογείται ούτε από την καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά τους ούτε από την αισθητική τους ανωτερότητα παρά μόνον από την εύκολη προσαρμογή τους σε συστήματα ψευδοροφών.

Είναι γνωστό ότι η απόδοση των λαμπτήρων (lm/W) αυξάνεται με την ονομαστική ισχύ τους. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου τύπου λαμπτήρων T5, προκύπτει ότι η απόδοσή τους είναι 96 lm/W στην ονομαστική ισχύ των 14 W, 100 lm/W στα 21 W και 104 lm/W στα 28 W. Τα μεγέθη αυτά για τους λαμπτήρες T8 είναι 64 lm/W στα 18 W και 79 lm/W στα 36 W ή 58 W. Αυτό σημαίνει ότι η επιλογή φωτιστικών με λαμπτήρες μεγαλύτερης ονομαστικής ισχύος, δηλαδή γενικά μεγαλύτερου μήκους, είναι ενεργειακά επωφελής. Ως τυπικό παράδειγμα μιας τέτοιας επιτυχούς επιλογής είναι η προτίμηση φωτιστικών 2X36 W T8 αντί των 4X18 W T8.

Σημαντικός παράγοντας επίσης είναι ο τύπος και το υλικό κατασκευής του οπτικού συστήματος του φωτιστικού (διαχύτης, κάτοπτρο, περσίδες κ.λπ.). Οι συνθετικοί διαχύτες έχουν συνήθως μικρότερο βαθμό απόδοσης (LOR) και χειρότερο συντελεστή συντήρησης. Τα οπτικά συστήματα από ανοδιωμένο αλουμίνιο εμφανίζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (έως 85% έναντι 55%-60% των συνθετικών πολυκαρβονικών διαχυτών) αλλά και σ' αυτή την περίπτωση η ποιότητα της ανοδίωσης και ο βαθμός καθαρότητας του αλουμινίου είναι οι κρίσιμοι παράγοντες. Στην αγορά απαντώνται φωτιστικά του ίδιου ακριβώς τύπου (ανακλαστήρας ανοδιωμένου αλουμινίου, διπλής παραβολής) των οποίων οι βαθμοί απόδοσης μπορεί να διαφέρουν και κατά 20 εκατοστιαίες μονάδες. Πρωταρχική αιτία είναι η ποιότητα σχεδίασης του ανακλαστήρα καθώς επίσης και η σχετική του θέση σε σχέση με τον λαμπτήρα. Η προσπάθεια ελαχιστοποίησης των διαστάσεων των φωτιστικών και συνεπώς των ανακλαστήρων οδηγεί σε υιοθέτηση μικρότερων διαστάσεων πηγών που δεν είναι πάντα τεχνικά επιτυχής, με αποτέλεσμα ο ίδιος ο λαμπτήρας να αποτελεί εμπόδιο στη φωτεινή ροή που ανακλάται στο ανακλαστήρα. Η σχεδίαση του τελευταίου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί υψηλή εξειδίκευση και προηγμένο λογισμικό. Οι απαιτήσεις αυτές είναι δύσκολο να πληρούνται από μικρούς κατασκευαστές. Γενικά η επένδυση σε φωτιστικά με υψηλότερο κόστος αγοράς, από κατασκευαστές με τεχνογνωσία, αποσβένεται σχετικά γρήγορα.

Ο ρόλος του ανακλαστήρα είναι να εκτρέψει τη φωτεινή ροή που εκπέμπεται από το λαμπτήρα σύμφωνα με την επιθυμητή κατανομή λαμπρότητας αλλά ταυτόχρονα να μην τη μειώσει υπερβολικά.

Ο βαθμός καθαρότητας του αλουμινίου επηρεάζει την απόδοση των ανακλαστήρων και κατ' επέκταση των φωτιστικών σωμάτων. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι αποκλίσεις κλάσματος της εκατοστιαίας μονάδας στην καθαρότητα του αλουμινίου επιφέρουν δεκαπλάσια απόκλιση (μερικές εκατοστιαίες μονάδες) στην ανακλαστικότητα των οπτικών του φωτιστικού. Ούτε λόγος βέβαια να γίνεται για οπτικά βαφής φούντου όπου η απόδοση κατακρημνίζεται, ειδικότερα δε με την πάροδο του χρόνου οπότε αποσυντίθεται η βαφή και η απόδοση του φωτιστικού μειώνεται σε τιμές μικρότερες του 50%. Μερικές φορές, το οπτικό σύστημα αποτελείται μόνο από περσίδες χωρίς ανακλαστήρα. Είναι προφανές ότι και στην περίπτωση αυτή η απόδοση θα είναι ιδιαίτερα χαμηλή δοθέντος ότι το ήμισυ σχεδόν της φωτεινής ροής των λαμπτήρων θα χάνεται εντός του φωτιστικού.

Η ονομαστική ισχύς του λαμπτήρα δεν είναι το μοναδικό κριτήριο για την επιλογή του. Στο εμπόριο διατίθενται λαμπτήρες με ταυτόσημη ονομαστική ισχύ, χρωματική απόδοση και διαστάσεις αλλά με διαφορετική απόδοση lm/W. Είναι δηλαδή εφικτή η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς καμία αλλαγή στην εγκατάσταση φωτισμού παρά μόνο με την ορθολογική επιλογή των λαμπτήρων. Η διαδικασία της επιλογής αυτής δεν απαιτεί ειδικές γνώσεις και μπορεί να διεξαχθεί από τεχνικούς της επιχείρησης με απλή έρευνα της αγοράς. Αν δε, οι απαιτήσεις φωτισμού των χώρων το επιτρέπουν

είναι εφικτή περαιτέρω εξοικονόμηση με την επιλογή λαμπτήρων διαφορετικής χρωματικής απόχρωσης αλλά καλύτερης απόδοσης lm/W.

Την τελευταία εικοσαετία γνωρίζουν σημαντική εξέλιξη νέες φωτεινές πηγές με επίκεντρο τις διόδους εκπομπής φωτός (LED). Από μετρήσεις του Department of Energy (DOE) των ΗΠΑ προέκυψε ότι σε χαμηλές κλάσεις ισχύος (λίγα W) οι βιδωτοί λαμπτήρες των οποίων ο κώδωνας περιλαμβάνει LED είναι περισσότερο αποδοτικοί από τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού. Συνεπώς είναι περισσότερο συμφέρουσα από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με βιδωτούς με LED παρά με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού. Αντιθέτως σε υψηλότερες κλάσεις ισχύος (περισσότερα W) η απόδοση των βιδωτών λαμπτήρων με LED είναι ελάχιστα χαμηλότερη (αλλά βελτιώνεται ραγδαία) από τους συμπαγείς φθορισμού καθιστώντας ακόμα οριακά συμφέρουσα, από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας, την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς φθορισμού. Αντίστοιχη συγκριτική μέτρηση της απόδοσης σωλήνων με LED για αντικατάσταση γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού έδειξε ότι οι σωλήνες με LED που διατίθενται στο εμπόριο υστερούν ακόμα στην παραγωγή φωτεινής ροής σε σύγκριση με τους λαμπτήρες φθορισμού που υποτίθεται ότι προορίζονται να αντικαταστήσουν. Στο μέλλον οι λαμπτήρες φθορισμού ίσως να παραχωρήσουν τη θέση τους σε άλλες φωτεινές πηγές όπως στις διόδους εκπομπής φωτός (LED), καθώς και σε κάποιες άλλες που σήμερα βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο.

Ανακεφαλαιώνοντας, παρατίθενται ακολούθως τα σημαντικότερα κριτήρια επιλογής φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης και οικονομικών λαμπτήρων:

- Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης (υψηλότερη των 65 lumen/W) αντί των απλών.
- Ηλεκτρονικό ballast ή ηλεκτρονικό ballast με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού αντί του συμβατικού (για εφαρμογές οι οποίες συνδυάζουν την εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού).
- Ballast με υψηλή απόδοση (ballast factor>0,90) εφ' όσον πρόκειται για συμβατικό.
- Κατάργηση των λαμπτήρων πυράκτωσης αλλά και των λαμπτήρων αλογόνου. Πρέπει να τονισθεί σε αυτό το σημείο ο σκεπτικισμός που υπάρχει σε σχέση με την κατάργηση τους από μερίδα σχεδιαστών εξαιτίας της εξαιρετικής ποιότητας φωτισμού.
- Γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού αντί των συμπαγών φθορισμού.
- Λαμπτήρες φθορισμού T5 αντί των T8 ή T12.
- Λαμπτήρες μεγάλης ονομαστικής ισχύος (κατά συνέπεια επιμήκη φωτιστικά στην περίπτωση του φθορισμού) εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν.
- Φωτιστικά με οπτικό σύστημα υψηλής απόδοσης ώστε ο συνολικός βαθμός απόδοσης (LOR) να είναι μεγαλύτερος του 0,65 (κατά προτίμηση με ανακλαστήρα αλουμινίου υψηλής καθαρότητας και ποιότητας ανοδίωσης) και με ικανοποιητικό συντελεστή συντήρησης.
- Η χρήση φωτιστικών έμμεσου φωτισμού θα πρέπει να συνοδεύεται από αυξημένη απόδοση τους ώστε να μην επηρεάζεται δυσμενώς η εγκατεστημένη ισχύς.
- Προσεκτική επιλογή της θερμοκρασίας χρώματος ανάλογα με τη δραστηριότητα.

### 2.10.3. Διαχείριση συστήματος φωτισμού

Εκτός από τις τεχνολογίες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού και τη χρήση φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης (με συνδυασμό αποδοτικών πηγών και ηλεκτρονικών υποστηρικτικών διατάξεων καθώς και οπτικών συστημάτων), ο έλεγχος της διαχείρισης ενέργειας στα συστήματα φωτισμού προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους λειτουργίας, λόγω του μικρότερου χρόνου λειτουργίας τους. Συνοπτικά οι κυριότερες τεχνολογίες εξοικονόμησης με έλεγχο διαχείρισης της ενέργειας στα συστήματα φωτισμού εκτίθενται συνοπτικά κατωτέρω.

Προβλεπόμενος προγραμματισμός (Predictable Scheduling). Η στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού χρησιμοποιείται σε ένα κτήριο στο οποίο υπάρχουν επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της ημέρας και τα φωτιστικά σώματα μπορούν να λειτουργήσουν βάσει σταθερού προγράμματος ( π.χ. χρόνος άφιξης και αναχώρησης του προσωπικού, περίοδοι μεσημεριανού γεύματος, ώρες καθαρισμού, σαββατοκύριακα, αργίες κ.τ.λ.) με τη βοήθεια χρονοδιακοπών. Τέτοιες στρατηγικές μπορούν να μειώσουν την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια έως και 40% μέσω της μείωσης της ενέργειας που δαπανάται από τα φωτιστικά σώματα που λειτουργούν σε περιοχές χωρίς προσωπικό.

Μη προβλεπόμενος προγραμματισμός (Unpredictable Scheduling). Πολλά γεγονότα είναι απρόβλεπτα και απρογραμμάτιστα, όπως οι απουσίες του προσωπικού από τα γραφεία τους λόγω ασθένειας, διακοπών, συνεδριάσεων και επαγγελματικών ταξιδιών. Διάφοροι χώροι όπως χώροι ανάπαυσης, βοηθητικοί χώροι με φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, δωμάτια με αρχεία, χώροι συσκέψεων, δωμάτια για διαλείμματα εργασίας και δοκιμαστήρια καταστημάτων χρησιμοποιούνται ελάχιστα και δεν μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα. Στρατηγικές με μη προβλεπόμενο προγραμματισμό που χρησιμοποιούν αισθητήρες παρουσίας-κίνησης μπορούν να εξοικονομούν ενέργεια έως και 60% σε ορισμένες περιπτώσεις.

Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού (Lumen maintenance). Ένα συμβατικό σύστημα φωτισμού υπερ-διαστασιολογείται ώστε να αντισταθμιστεί η βαθμιαία μείωση της απόδοσής του συν τω χρόνω λόγω της φθοράς και της ρύπανσης των υλικών του (οπτικό σύστημα, λαμπτήρες κ.λπ.). Συνεπώς ο χώρος φωτίζεται αρχικά περισσότερο από τις απαιτήσεις του ώστε με τη μείωση που θα επέλθει με το χρόνο να μην πέσει κάτω από αυτό που καθορίζουν οι προδιαγραφές. Άρα σε όλο το χρόνο η εγκατάσταση λειτουργεί στην ονομαστική (μέγιστη) ισχύ του καταναλώνοντας περισσότερο για να αντισταθμίσει την απώλεια που θα επιφέρει σταδιακά η φθορά και η ρύπανση των υλικών της. Αντιθέτως σε ένα σύστημα με αυτόματο έλεγχο των επιπέδων του φωτισμού, οι αισθητήρες αντιλαμβάνονται την περίσσεια φωτός και μειώνουν την ισχύ των φωτιστικών. Συν τω χρόνω, οι αισθητήρες αντιλαμβάνονται τη μείωση της στάθμης φωτισμού λόγω της φθοράς και της ρύπανσης των υλικών, και αυξάνουν την ισχύ των φωτιστικών για να αντισταθμίσουν τη μειωμένη απόδοση. Άρα, τα επίπεδα φωτισμού παραμένουν σταθερά. Ταυτόχρονα εξοικονομείται ενέργεια, αφού η ισχύς αυξάνεται σταδιακά μέχρι τη μέγιστη τιμή της που έχει συνεχώς ένα σύστημα χωρίς ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού στην αρχή της λειτουργίας του. Η στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια συστήματος που ρυθμίζει την στάθμη του φωτισμού (dimming system) και τους αισθητήρες φωτισμού. Το σύστημα ελέγχου με διατήρηση των επιπέδων φωτισμού είναι οικονομικά αποδοτικότερο όταν ελέγχονται από κοινού μεγάλες συστοιχίες φωτιστικών σωμάτων.

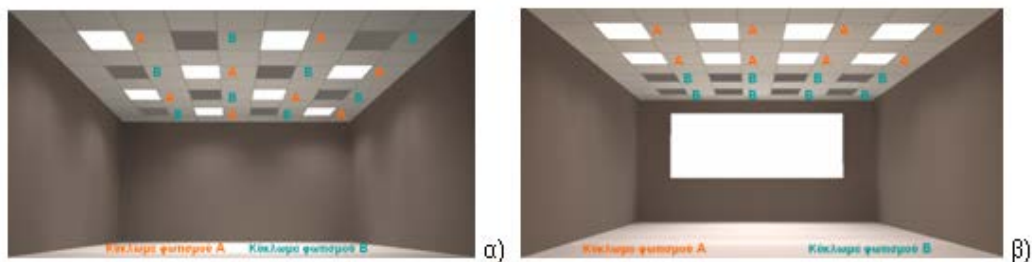
Ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού ανά περιοχή εκτέλεσης εργασιών (Task Tuning). Συνήθως το σύστημα φωτισμού σχεδιάζεται με σκοπό να διασφαλίζει ομοιόμορφα επίπεδα φωτισμού σε όλο το χώρο που τοποθετείται. Παρόλα αυτά με τη στρατηγική ελέγχου ρύθμισης των επιπέδων φωτισμού ανά περιοχή, το σύστημα φωτισμού μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να παρέχει τον κατάλληλο τοπικό φωτισμό, όπου απαιτείται. Τα επίπεδα φωτισμού μπορούν να μειωθούν σε χώρους όπως είναι οι διάδρομοι και οι χώροι υποδοχής και να αυξηθούν σε περιοχές όπου υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις σε επίπεδα φωτισμού. Εξ άλλου η διαφοροποίηση των επιπέδων φωτισμού ανάμεσα στην επιφάνεια εργασίας και στην περιβάλλουσα επιφάνεια (στον ίδιο χώρο) προβλέπεται και στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464-1.

Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος (Load Shedding and Demand Reduction). Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο φωτισμό μπορεί να μειωθεί σημαντικά με τη μείωση της ζήτησης ισχύος για μικρές χρονικές περιόδους. Η επιλεκτική μείωση της έντασης φωτισμού στους

λιγότερο σημαντικούς χώρους του κτηρίου μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές όπου η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζεται το καλοκαίρι. Μια σχετική μείωση στην ισχύ για φωτισμό μπορεί να μειώσει έμμεσα την ισχύ για κλιματισμό. Η υιοθέτηση της συγκεκριμένης στρατηγικής θα πρέπει να μην είναι ενοχλητική στους χρήστες του χώρου. Να τονισθεί σε αυτό το σημείο ότι η φωτεινότητα (υποκειμενική αίσθηση της λαμπρότητας) δεν είναι άμεσα ανάλογη με τα επίπεδα φωτισμού. Σε γενικές γραμμές μια μείωση των επιπέδων φωτισμού κατά 10% δεν γίνεται αντιληπτή από το 90% των χρηστών του χώρου. Οι έλεγχοι με μείωση της ζήτησης ισχύος είναι αρκετά αποδοτικοί όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας στις ώρες αιχμής.

Χειροκίνητος έλεγχος (Manual Switching). Δεδομένου ότι η εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται από την προθυμία των χρηστών να χρησιμοποιήσουν το σύστημα διακοπών, η ευκολία και η ευελιξία του ανοίγματος και κλεισίματος των διακοπών έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού με κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες θα πρέπει βασίζεται στις ακόλουθες οδηγίες:

- Κάθε ανεξάρτητο γραφείο πρέπει να έχει το δικό του διακόπτη ελέγχου, με δυνατότητα επιλογής δύο επιπέδων φωτισμού (ιδιαίτερα εάν είναι μεγαλύτερο των 15m<sup>2</sup>).
- Σε γραφεία που βρίσκονται σε μεγάλους και ανοιχτούς χώρους, οι χώροι εργασίας με κοινή χρήση και ίδια επίπεδα φωτισμού πρέπει να ομαδοποιούνται σε ένα κύκλωμα φωτισμού.
- Όταν υπάρχουν φωτιστικά σώματα με τρεις ή τέσσερις λαμπτήρες φωτισμού, τότε οι μεσαίοι λαμπτήρες πρέπει να συνδεθούν σε ένα ξεχωριστό κύκλωμα ανεξάρτητα από τους εξωτερικούς λαμπτήρες. Αυτή η συνδεσμολογία παράγει διαφορετικά επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τον αριθμό των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται.
- Όταν υπάρχουν αρκετά φωτιστικά σώματα σε έναν ενιαίο χώρο, τότε τα γειτονικά φωτιστικά σώματα πρέπει να τοποθετούνται σε κυκλώματα φωτισμού εναλλάξ έτσι ώστε να υπάρχει επιλογή επιπέδου φωτισμού με τη μισή ένταση (Σχήμα 1.10.6α).
- Τα φωτιστικά σώματα περιμετρικά των χώρων με εξωτερικά ανοίγματα πρέπει να ελέγχονται ανεξάρτητα από τα φωτιστικά σώματα του υπόλοιπου χώρου (Σχήμα 1.10.6β).
- Χώροι με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού πρέπει να διαθέτουν χωριστούς διακόπτες από άλλους χώρους με χαμηλότερες απαιτήσεις φωτισμού.
- Αυτοκόλλητες ετικέτες που θα τοποθετηθούν στους διακόπτες φωτισμού μπορούν να υπενθυμίζουν στους χρήστες να χρησιμοποιούν σωστά τους διακόπτες.



**Σχήμα 1.10.6** α) Επιλογή κυκλωμάτων φωτισμού σε ενιαίους εσωτερικούς χώρους και β) Επιλογή κυκλωμάτων φωτισμού σε περιμετρικές ζώνες με εξωτερικά ανοίγματα.

## 2.11. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ Ζ.Ν.Χ.

Η παραγωγή και κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ιδιαίτερα σε ορισμένες χρήσης κτηρίων (νοσοκομεία, ξενοδοχεία, κατοικίες, κ.ά.) είναι ένα πολύ σημαντικό θερμικό φορτίο και επιβαρύνει ενεργειακά τα κτήρια σε ποσοστό από 10 έως και 25% ανάλογα την τελική ζήτηση (καθαριότητα, μαγείρεμα, πλυντήρια, αποστείρωση, κ.ά.). Επειδή η παραγωγή του ιδιαίτερα στις υφιστάμενες κατοικίες γίνεται με την χρήση ηλεκτρικών θερμαντήρων, η επιβάρυνση είναι ακόμα μεγαλύτερη με την αναγωγή σε πρωτογενή ενέργεια. Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμες τεχνολογίες που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση θερμικής ενέργειας για Ζ.Ν.Χ., ενώ η σωστή επιλογή συστημάτων καθώς και η σωστή διαχείριση τους, συμβάλουν επίσης αποτελεσματικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. περιγράφονται παρακάτω.

Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. Σε κάθε περίπτωση παραγωγής Ζ.Ν.Χ. από ηλιακούς συλλέκτες με ταμιευτήρα (θερμαντήρα) εγκατεστημένο στο εξωτερικό περιβάλλον, δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται παράλληλα άλλη (εφεδρική) θέρμανση του νερού από κάποια συμβατική πηγή θερμότητας (ηλεκτρική αντίσταση, εναλλάκτης – σερπαντίνα για ζεστό νερό προερχόμενο από λέβητα κ.τ.λ.) εντός του ταμιευτήρα. Σε αυτή την περίπτωση ο καλύτερος τρόπος κάλυψης των υπόλοιπων απαιτούμενων θερμικών φορτίων για την παραγωγή νερού χρήσης είναι μέσω εναλλάκτη άλλου ταμιευτήρα (θερμαντήρα) που θα εγκατασταθεί εντός του κτηρίου. Η ιδανική περίπτωση είναι αυτός ο ταμιευτήρας να θερμαίνεται άμεσα ή έμμεσα από καύση φυσικού αερίου.

Χρήση φυσικού αερίου ή και υγραερίου για την θέρμανση του Ζ.Ν.Χ. Η χρήση φυσικού αερίου και ακόμα περισσότερο η χρήση της τεχνολογίας συμπυκνώσεως, μπορεί να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 80% σε σχέση με την ηλεκτρική αντίσταση και έως και 30% σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου.



**Εικόνα 2.11.1.** Απεικόνιση ταχυθερμαντήρα αερίου για παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

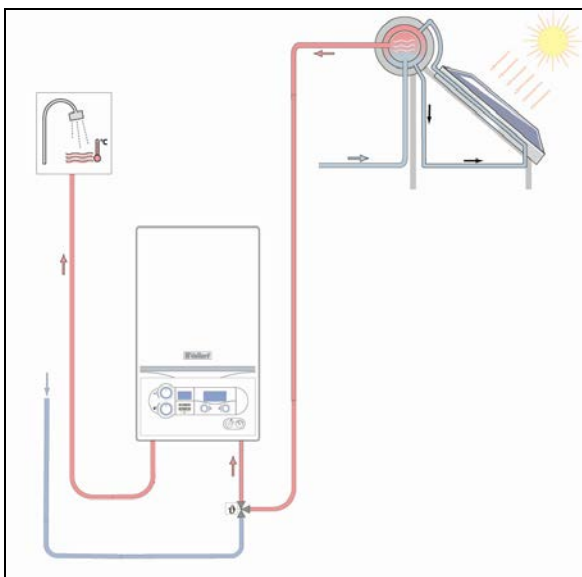


**Εικόνα 2.11.2.** Επιτοίχιος λέβητας αερίου συμπυκνώσεως για θέρμανση και παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

Χρήση ταχυθερμαντήρα αντί ταμιευτήρα. Ο ταχυθερμαντήρας θερμαίνει το Ζ.Ν.Χ. την στιγμή που καταναλώνεται, αποφεύγοντας έτσι τις θερμικές απώλειες αναμονής οι οποίες μπορεί να είναι, σε μερικές περιπτώσεις, ακόμα και συγκρίσιμες με την ωφέλιμη ενέργεια. Υπάρχουν ηλεκτρικοί ταχυθερμαντήρες και αερίου. Οι ταχυθερμαντήρες αερίου (είτε άμεσοι, δηλαδή εναλλάκτες καυσαερίων, Ζ.Ν.Χ., είτε έμμεσοι, δηλαδή πλακοειδείς εναλλάκτες με νερό θερμαινόμενο από καύση αερίου) παράγουν πολύ λιγότερο CO<sub>2</sub> από τους αντίστοιχους ηλεκτρικούς (πρακτικά έως και 5 φορές

λιγότερο). Επειδή σε ορισμένες περιπτώσεις ο ταχυθερμαντήρας μπορεί να μην είναι αρκετός για την κάλυψη αυξημένης ζήτησης Ζ.Ν.Ζ. σε ένα κτήριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυαστικός τύπος μονάδας ταχυθερμαντήρα και μικρού ( $\approx 20$  lt) ταμιευτήρα.

Ηλιακός θερμοσίφωνας σε συνδυασμό με ταχυθερμαντήρα. Στην περίπτωση ύπαρξης ηλιακού θερμοσίφωνα ο συνδυασμός αυτού με έναν ταχυθερμαντήρα αποτελεί ιδανική περίπτωση για την εξοικονόμηση ενέργειας με τις ελάχιστες δυνατές παρεμβάσεις. Σε αυτή την περίπτωση το Ζ.Ν.Χ. οδηγείται από τον ηλιακό θερμοσίφωνα μέσω του ταχυθερμαντήρα (π.χ. ενός επιτοίχιου λέβητα αερίου) στα σημεία κατανάλωσης. Ο ταχυθερμαντήρας σε αυτή την περίπτωση λειτουργεί ως μεταθερμαντής του ζεστού νερού από τον ηλιακό θερμοσίφωνα. Απαραίτητη σε αυτή την περίπτωση είναι η χρήση μίας θερμοστατικής βαλβίδας η οποία δεν επιτρέπει την είσοδο πολύ ζεστού νερού (π.χ. άνω των  $50^{\circ}\text{C}$ ) μέσα από τον λέβητα / ταχυθερμαντήρα.



**Εικόνα 2.11.3.** Σχηματική απεικόνιση επιτοίχιου λέβητα αερίου συμπτκνώσεως, όπου λειτουργεί ως ταχυθερμαντήρας, αλλά και ως μεταθερμαντής του ζεστού νερού από τον ηλιακό θερμοσίφωνα

Χρήση αντλίας θερμότητας αέρα νερού για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. Η χρήση αντλίας θερμότητας για την παραγωγή του Ζ.Ν.Χ. μπορεί να είναι έως και 4 φορές οικονομικότερη και λιγότερο επιβαρυντική για το περιβάλλον σε σχέση με τον απλό ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, αφού το SCOP της μπορεί να φτάσει μέχρι και την τιμή 4. Αυτή η αντλία θερμότητας μπορεί ακόμα αντί να αντλεί θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον να την αντλεί από το εσωτερικό του κτηρίου συμβάλλοντας έτσι στον εξαερισμό του κτηρίου. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανάκτηση της θερμότητας την οποία έτσι κι' αλλιώς θα απορρίπταμε στο περιβάλλον με τον εξαερισμό και αυξάνεται περαιτέρω το COP, ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες, αφού ο αέρας από τον οποίο αντλείται θερμότητα είναι υψηλότερης θερμοκρασία από τον εξωτερικό αέρα.

Χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. Αποτελεί μία ιδανική ενεργειακά περίπτωση. Συνδυάζεται σχεδόν πάντα με την παραγωγή θέρμανσης ή και ψύξης. Στην περίπτωση της ψύξης μπορεί να συνδυαστεί με ανάκτηση θερμότητας, δηλαδή με χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας από τον ψυκτικό κύκλο για την θέρμανση του Ζ.Ν.Χ., Σε αυτή την περίπτωση το μέρος της ισχύος που εναλλάσσεται μεταξύ του ψυκτικού κύκλου και της παραγωγής Ζ.Ν.Χ. είναι ουσιαστικά δωρεάν



**Εικόνα 2.11.4.** Αντλία θερμότητας αέρα νερού μόνο για την παραγωγή Z.N.X.



**Εικόνα 2.11.5.** Γεωθερμική αντλία θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή Z.N.X.

Απενεργοποίηση της ανακυκλοφορίας. Οι απώλειες της ανακυκλοφορίας του Z.N.X. μπορούν να είναι ιδιαίτερα υψηλές, σε μερικές περιπτώσεις διπλασιάζουν την απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή του Z.N.X. Η ανακυκλοφορία σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να λειτουργεί ανεξέλεγκτα. Θα πρέπει να οδηγείται είτε από χρονοπρόγραμμα, το οποίο θα έχει επιλεγεί με βάση τις πραγματικές συνήθειες των χρηστών είτε από κομβίο με το οποίο ο χρήστης θα την ενεργοποιεί λίγο πριν την χρήση Z.N.X.

Επιλογή χαμηλών θερμοκρασιών αποθήκευσης του Z.N.X. Στην περίπτωση αποθήκευσης Z.N.X. σε ταμιευτήρες (θερμαντήρες) προτείνεται να γίνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες (γύρω στους 50°C). Αυτό συνεπάγεται την πιο γρήγορη αποφόρτιση (κατανάλωση του νερού) του ταμιευτήρα λόγω της χρήσης και τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το περίβλημά του προς στον χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένος. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την εξασφάλιση των απαιτούμενων συνθηκών υγιεινής, δηλαδή τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα με την χρήση κατάλληλων αυτοματισμών το περιεχόμενο του ταμιευτήρα να θερμαίνεται μέχρι τους 70° C για την καταστροφή της λεγιονέλας.

Μονώσεις των σωληνώσεων Z.N.X. Όταν η απόσταση μεταξύ παραγωγής / αποθήκευσης και λήψης του Z.N.X. είναι μεγάλη, οι μονώσεις του δικτύου διανομής Z.N.X. είναι σημαντικές για την εξοικονόμηση ενέργειας. Ιδιαίτερα όταν εφαρμόζεται ανακυκλοφορία σε μεγάλες κτηριακές εγκαταστάσεις, οι θερμικές απώλειες λόγω έλλειψης μόνωσης του δικτύου διανομής μπορεί να είναι πολύ μεγάλες.

Θέση του ταμιευτήρα και μόνωση αυτού. Οι θερμικές απώλειες του ταμιευτήρα αυξάνονται όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας του περιεχομένου του και του περιβάλλοντος χώρου και όσο ανεπαρκής είναι η μόνωσης των τοιχωμάτων του. Για αυτούς τους λόγους θα πρέπει, κατά το δυνατόν, ο ταμιευτήρας (θερμαντήρας) να εγκαθίσταται σε εσωτερικούς χώρους θερμαινόμενους ή μη θερμαινόμενους και να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατάσταση της μόνωσης του ταμιευτήρα (αν έχει καταστραφεί ή αλλοιωθεί).

### 3. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

Η ένταξη συστημάτων αυτόματου ελέγχου στις κτηριακές εγκαταστάσεις έχουν ως αποτέλεσμα (εφόσον οι ρυθμίσεις γίνουν σωστά) την ορθολογική και βέλτιστη χρήση των συστημάτων (παθητικών ή ενεργητικών) για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και φωτισμό των κτηρίων, η οποία συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Οι αυτοματισμοί και οι ρυθμίσεις επιδρούν σημαντικά στην καλή λειτουργία των εγκαταστάσεων. Βασικός στόχος είναι η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης και οικονομικής λειτουργίας. Σε πολύ μικρές εγκαταστάσεις είναι οικονομικά ασύμφορο να χρησιμοποιηθούν πολύπλοκα συστήματα αυτοματισμών, όπου ένα βασικό στοιχείο περιορισμού του λειτουργικού κόστους συνδέεται με τον προσεκτικό καθορισμό των χρονικών ορίων στα οποία θα λειτουργεί η εγκατάσταση, καθώς και των συνθηκών θερμικής άνεσης. Πολύ σημαντικός παράγοντας σε αυτό είναι και η ρύθμιση με βάση την εξωτερική θερμοκρασία δεδομένου ότι η θερμική άνεση επιτυγχάνεται έτσι με ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης. Επιπλέον, η απαίτηση για ψύξη μπορεί να μειωθεί με την εκμετάλλευση του νυχτερινού δροσερού αέρα ώστε να μειωθεί σημαντικά η απαίτηση για μηχανική ψύξη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός συστήματος ελέγχου που να χειρίζεται με κινητήρα τα παράθυρα ή τα στόμια αερισμού.

Επειδή, ο χρήστης είτε δεν γνωρίζει, είτε δεν μπορεί (π.χ. ο νυχτερινός δροσισμός λειτουργεί αργά το βράδυ μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες) να εκτελέσει τις σύνθετες λειτουργίες των συστημάτων ελέγχου, η χρησιμοποίηση αυτοματισμών αντιμετωπίζει αυτό ακριβώς το θέμα. Η περαιτέρω βελτίωση της λειτουργίας των αυτοματισμών είναι η μετατροπή των συστημάτων σε πλήρως αυτόματα και εν συνεχεία σε «έξυπνα συστήματα» και κατ' επέκταση των κτηρίων σε «έξυπνα κτήρια». Ο ψηφιακός έλεγχος είναι συνήθως βασικός για τη βελτιστοποίηση του συστήματος, αφού με αυτόν επιτυγχάνονται ρυθμίσεις υψηλής ακρίβειας με μικρή απόκλιση, σε σχέση με τον αναλογικό.

#### 3.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

Η χρήση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου των Η/Μ εγκαταστάσεων μειώνει σημαντικά την ενέργεια που καταναλώνεται ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός, αερισμός, κλιματισμός κ.ά.). Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου μπορεί να είναι τοπικά (λειτουργία σε τοπικό επίπεδο) και να ελέγχουν ένα μεμονωμένο σύστημα ή να ελέγχουν κεντρικά ολόκληρα συστήματα. Οι τοπικές διατάξεις ελέγχου, έχουν την δυνατότητα ελέγχου και ρύθμισης λειτουργίας π.χ. μιας αντλίας (μέσω ρυθμιστών στροφών (inverter) για ρύθμιση των στροφών λειτουργίας στα μερικά φορτία), ενός σώματος καλοριφέρ (μέσω θερμοστατικής βάνας) ή του δικτύου διανομής (μέσω θερμοστάτη αντιστάθμισης για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του μέσου μεταφοράς) ή ενός φωτιστικού (με τοπικό αισθητήρα παρουσίας) κ.τ.λ. Αντίστοιχα, τα κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου (Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίων – Building Energy Management Systems – BEMS), εφαρμόζονται για τον συνολικό έλεγχο όλων των Η/Μ εγκαταστάσεων και ελέγχουν τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης (αν υπάρχουν), κλιματισμού και αερισμού (αν υπάρχουν), φωτισμού, καθώς και την παρακολούθηση των καταναλώσεων ηλεκτρισμού κυρίως, αλλά σε πολλές περιπτώσεις και νερού, πετρελαίου ή φυσικού αερίου, κ.ά..

Σε περίπτωση που οι Η/Μ εγκαταστάσεις διαθέτουν κάποιο σύστημα αυτομάτου ελέγχου και ρύθμισης λειτουργίας (κεντρική ή τοπική), τότε η ενέργεια για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων ανά τελική χρήση μειώνεται. Η μείωση μπορεί και πρέπει να προσδιορίζεται από κατάλληλους υπολογισμούς ή εναλλακτικά να εκτιμάται ανάλογα με το είδος των αυτοματισμών, όπως συμβαίνει

συνήθως σε μια ενεργειακή επιθεώρηση. Αντίθετα, όταν δεν υπάρχει καμία διάταξη αυτομάτου ελέγχου, η ενέργεια για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων αυξάνεται. Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα το ποσοστό μείωσης ή αύξησης της απαιτούμενης ενέργειας υπολογίζεται βάσει του συντελεστή διόρθωσης (μείωσης ή αύξησης) ενέργειας ανά τελική χρήση, (θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό κ.τ.λ.) Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007, προτείνονται δύο συντελεστές διόρθωσης, ένας για την διόρθωση του απαιτούμενου θερμικού ή/και ψυκτικού φορτίου και ένας για την διόρθωση της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας των βοηθητικών συστημάτων. Η τιμή του συντελεστή διόρθωσης διαμορφώνεται ανάλογα το είδος των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και τον αριθμό των Η/Μ συστημάτων του κτηρίου που ελέγχονται. Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007, ορίζονται τέσσερις κατηγορίες διατάξεων αυτομάτου ελέγχου, Α, Β, Γ και Δ. Οι κατηγορίες αυτές δίνονται αναλυτικά και στον πίνακα 5.5 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010.

Οι κεντρικές διατάξεις αυτοματισμών έχουν σημαντικό κόστος όταν τοποθετούνται σε υφιστάμενες Η/Μ εγκαταστάσεις και μικρότερο όταν τοποθετούνται εξ' αρχής στα καινούργια κτήρια ή στα ριζικά ανακαινιζόμενα. Ο αριθμός των εγκαταστάσεων και των συσκευών που ελέγχουν καθορίζει την πολυπλοκότητα και το κόστος. Για τον περιορισμό αυτού του κόστους επιλέγονται συστήματα αυτοματισμού που ελαχιστοποιούν το κόστος ενώ η λειτουργία των εγκαταστάσεων είναι συνήθως αυτόνομη ανά εγκατάσταση, (π.χ. μια διάταξη αυτοματισμών για τον έλεγχο του φωτισμού, μία για τον έλεγχο της θέρμανσης, κλπ). Ειδικά στον οικιακό τομέα τα συστήματα τα οποία επιλέγονται για τα υφιστάμενα κτήρια είναι συνήθως τοπικά συστήματα τα οποία ελέγχουν ανεξάρτητα συγκεκριμένες εγκαταστάσεις, όπως π.χ. ένα σύστημα αντιστάθμισης της εξωτερικής θερμοκρασίας με χρήση θερμοστατικού ελέγχου σε κάθε τερματική μονάδα, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα αυτοματισμού για τον πλήρη έλεγχο της εγκατάστασης θέρμανσης μιας πολυκατοικίας. Αν μάλιστα στο σύστημα αυτό προστεθεί και σύστημα υδραυλικής εξισορρόπησης η εγκατάσταση παρουσιάζει ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση. Τυπικά τοπικά συστήματα ελέγχου παρουσιάζονται στην ενότητα 3.2, ενώ στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφονται τυπικά κεντρικά συστήματα ελέγχου που περιλαμβάνουν όλες τις εγκαταστάσεις.

### **3.1.1. Κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου κτηριακών εγκαταστάσεων**

Τα συστήματα αυτά αναλαμβάνουν την αφή και σβέση του φωτισμού, ρυθμίζουν την λειτουργία ολόκληρης της εγκατάστασης θέρμανσης, ψύξης ή/και κλιματισμού (αν υπάρχουν), στον οικιακό τομέα, ενώ στον τριτογενή επιπλέον ελέγχουν τις εγκαταστάσεις αερισμού και τις κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (αν υπάρχουν). Σε πολλές περιπτώσεις τα συστήματα αυτά ελέγχουν-παρακολουθούν τη λειτουργία και των υπόλοιπων εγκαταστάσεων, όπως διανομή ηλεκτρισμού, αντλιοστάσια, παρακολουθούν τη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρογεννητριών, ανελκυστήρων, πυρόσβεσης, ασφαλείας κ.τ.λ. Παράλληλα αυτά τα συστήματα παρέχουν πολλές δυνατότητες ρυθμίσεων ενώ ταυτόχρονα κάνουν και μετρήσεις ενεργειακών καταναλώσεων. Αυτά τα συστήματα αυτοματισμού είναι ψηφιακά, συνεργάζονται με κατάλληλες μονάδες επεξεργασίας και συνήθως ελέγχονται από υπολογιστές. Αποτελούν τα λεγόμενα Συστήματα Διαχείρισης Κτηρίων (BMS) ή πλέον συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίων (Building Energy Management System – BEMS), αφού με τη λειτουργία τους μπορούν να διαχειριστούν όλες τις ενεργοβόρες εγκαταστάσεις και μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση. Καθίσταται έτσι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των ενεργειακών εγκαταστάσεων από έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και η καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων τα οποία είναι εγκατεστημένα στο κτήριο και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία.

Το σύστημα BEMS βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και το σύστημα EUROPEAN INSTALLATION BUS (EIB). Τα συστήματα BEMS μπορούν να εφαρμοστούν είτε τοπικά σε μεμονωμένα μεγάλα κτήρια είτε, μέσω τηλεφωνικής ή διαδικτυακής επικοινωνίας, σε απομακρυσμένα κτήρια και σε ομάδες κτηρίων.

Το σύστημα BEMS χαρακτηρίζει ένα κτήριο ως “έξυπνο”. Αποτελείται κυρίως (και στις περισσότερες των περιπτώσεων) από τα εξής τμήματα:

1. Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου (επιτελεί τον προγραμματισμό και τον χειρισμό του συστήματος).
2. Αισθητήρια όργανα τα οποία μετρούν τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου όπως, π.χ., θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα αέρα, στάθμη φωτισμού κ.ά. Τα περισσότερα από αυτά είναι όμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται στους συμβατικούς αυτοματισμούς (παρουσιάζονται στην ενότητα 1.5.)
3. Συσκευές εκτέλεσης εντολών οι οποίες μεταβάλλουν τον τρόπο λειτουργίας των διαφόρων εγκαταστάσεων (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, κλιματισμού, αερισμού, κλπ) οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το σύστημα BEMS. Οι συσκευές αυτές είναι ηλεκτρονόμοι (ρελέ), ηλεκτροβάνες, κυκλοφορητές, ρεοστάτες (dimmers) που διακόπτουν ή ενεργοποιούν συσκευές ή αλλάζουν τις τιμές εξόδου των τερματικών συσκευών ή των φωτιστικών. Οι περισσότερες από αυτές είναι όμοιες με τις διατάξεις των συμβατικών συστημάτων αυτοματισμών (παρουσιάζονται στην ενότητα 1.5.).
4. Ελεγκτές που καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και συντονίζουν όλες τις εγκαταστάσεις και αποτελούν, ουσιαστικά, τον «εγκέφαλο» του συστήματος, αφού ανάλογα με τις ενδείξεις των αισθητήρων επιλέγουν τον τρόπο λειτουργίας των εγκαταστάσεων και δίνουν τις εντολές στις συσκευές εκτέλεσης, ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνθήκες εντός του κτηρίου ή ενός χώρου.
5. Διατάξεις επικοινωνίας – διασύνδεσης συστημάτων. Μέσω αυτών γίνεται η επικοινωνία μεταξύ των αισθητήριων, των ελεγκτών, των συσκευών εκτέλεσης εντολών και του κεντρικού σταθμού παρακολούθησης και ελέγχου. Μπορεί σε νέα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια να είναι κατάλληλες καλωδιώσεις. Σε υφιστάμενα κτήρια είναι συνήθως συσκευές ασύρματης επικοινωνίας, οι οποίες μειώνουν σημαντικά το κόστος της εγκατάστασης τους, και προτιμώνται αφού έχουν επιπλέον και το πλεονέκτημα της πολύ γρήγορης και σχετικά εύκολης εγκατάστασης.
6. Χειριστήρια. Αυτά είναι συσκευές είτε τοπικές μόνιμα τοποθετημένες (π.χ. σε ένα τοίχο), είτε φορητές, όπως π.χ. ένα τηλεχειριστήριο, μέσω των οποίων ο χρήστης επεμβαίνει και δίνει εντολές για τη λειτουργία των διαφόρων εγκαταστάσεων. Με τη χρήση των διαφόρων χειριστηρίων ο χρήστης επεμβαίνει και αλλάζει τη λειτουργία των εγκαταστάσεων πέρα από το πρόγραμμα λειτουργίας το οποίο έχει καθοριστεί στην κεντρική μονάδα ελέγχου. Έτσι π.χ. ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την ένταση φωτισμού σε ένα χώρο ανάλογα με τη διάθεσή του και όχι με το πρόγραμμα που έχει θέση στο σύστημα ελέγχου του φωτισμού.

Το σύστημα λειτουργεί με την ακόλουθη διαδικασία: Με την ενεργοποίηση του εκκινούνται τα αισθητήρια και τα μετρητικά όργανα, τα οποία ελέγχουν τις ισχύουσες παραμέτρους και μεταβλητές (π.χ. θερμοκρασία χώρου και θερμοκρασία περιβάλλοντος). Ανάλογα με τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων και ελέγχων γίνονται οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες (π.χ. μειώνεται η ένταση φωτισμού από τους λαμπτήρες όταν υπάρχει φυσικό φως). Μετά την εκτέλεση αυτών των ενεργειών γίνεται επίβλεψη των εγκαταστάσεων και έλεγχος της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ ανάλογα με τα αποτελέσματα των συνεχών ρυθμίσεων γίνονται παρεμβάσεις από το σύστημα ώστε να επικρατούν οι συνθήκες άνεσης και λειτουργίας που έχουν οριστεί. Με βάση αυτή την αλληλουχία και τη λειτουργία που η οποία περιγράφηκε παραπάνω, ένα σύστημα BEMS θα πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστεί

και να καταγράψει τις καταναλώσεις των παρακάτω συστημάτων, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτηρίων:

- Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός
- Ποιότητα αέρα – Υγρασία – Αερισμός (μηχανικός, νυχτερινός, κλπ)
- Φωτισμός (τεχνητός – αξιοποίηση φυσικού) – Συστήματα Σκίασης (ενδεχομένως)
- Διαχείριση – Βέλτιστη Αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Διαχείριση Υδάτων και εγκαταστάσεων νερού
- Ασφάλεια
- Ηλεκτρική εγκατάσταση
- Διαχείριση και έλεγχος αιχμής του ηλεκτρικού φορτίου ανάλογα με τις ώρες αιχμής και το τιμολόγιο χρέωσης

Προφανώς, το σύστημα BEMS αποτελεί τη βέλτιστη λύση όσον αφορά στην ορθολογική λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων σε κτήρια μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, κυρίως στον τριτογενή τομέα. Η εγκατάστασή του έχει νόημα μόνον εφ' όσον έχουν προηγηθεί όλες οι απαραίτητες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας όπως, για παράδειγμα, θερμομόνωση, διπλοί θερμομονωτικοί υαλοπίνακες, συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης και λοιπά. Για τα μικρού μεγέθους κτήρια καθώς και για κτήρια του οικιακού τομέα η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων γενικά δεν είναι συχνή, δεδομένου του σημαντικού κόστους που παρουσιάζει. Αντίθετα στον οικιακό τομέα και στα μικρού μεγέθους κτήρια τοποθετούνται τοπικές διατάξεις ελέγχου οι οποίες ελέγχουν μία εγκατάσταση πλήρως, π.χ. την εγκατάσταση θέρμανσης, ή την εγκατάσταση φωτισμού, όπου εκεί υπάρχουν τα απαιτούμενα για κάθε εγκατάσταση αισθητήρια, συσκευές εκτέλεσης εντολών, ελεγκτές, συστήματα επικοινωνίας και χειριστήρια. Απουσιάζει συνήθως ο κεντρικός σταθμός παρακολούθησης και ελέγχου, ενώ οι εγκαταστάσεις είναι μεταξύ τους αυτόνομες.

### **3.2. ΤΟΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Οι τοπικές διατάξεις ελέγχου είναι οι διατάξεις οι οποίες τοποθετούνται για την επίτευξη ελέγχου τοπικά σε επίπεδο συνήθως τερματικής μονάδας ή μιας εγκατάστασης. Οι τοπικές διατάξεις ελέγχου μπορούν ενδεχομένως να αποτελούν από μόνες τους ένα πλήρες σύστημα ελέγχου ικανό να βελτιστοποιήσει τη λειτουργία μιας εγκατάστασης π.χ. θέρμανσης, φωτισμού, και να επιτύχει σημαντική μείωση στην κατανάλωση αυτής της εγκατάστασης. Επίσης πολύ βασικό είναι και το γεγονός ότι στις διατάξεις ελέγχου αυτές συμπεριλαμβάνονται οι συμβατικοί αυτοματισμοί των Η/Μ εγκαταστάσεων, ενώ ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε αυτούς (τους συμβατικούς) είναι σε μεγάλο βαθμό ίδιος με αυτόν που περιγράφεται στην παράγραφο 1.5.

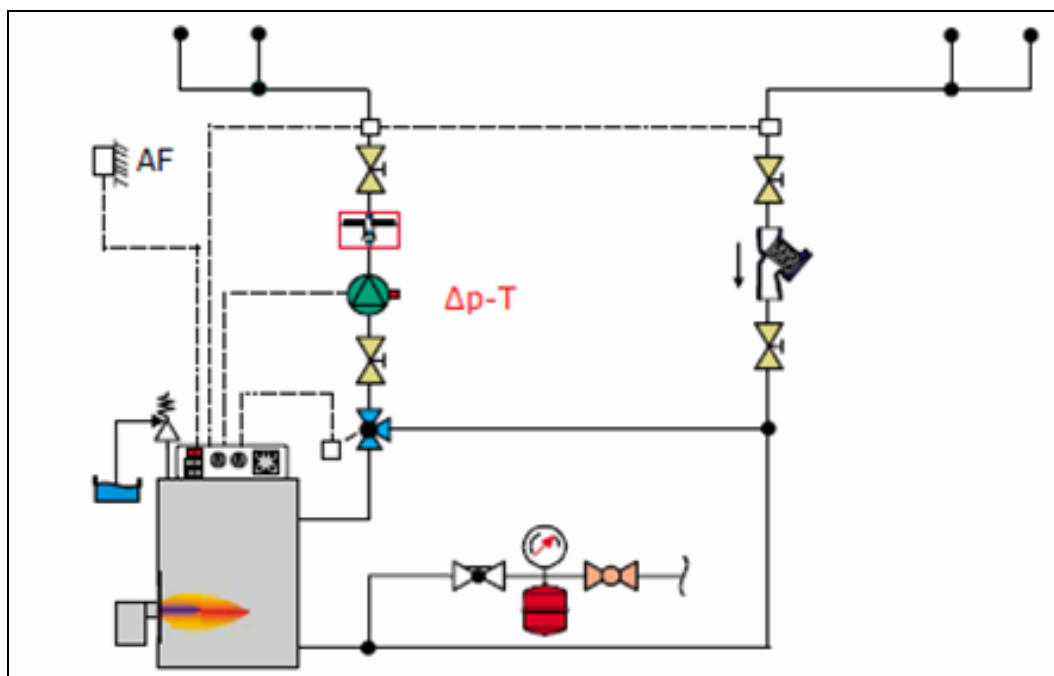
#### **3.2.1. Συστήματα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας**

Η αντιστάθμιση είναι ένα αυτόματο σύστημα, το οποίο μέσω ενός ελεγκτή παρακολουθεί τις καιρικές συνθήκες, καθώς και τη θερμοκρασία νερού του λέβητα, ρυθμίζει κατάλληλα τη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Η αντιστάθμιση εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδιας θέρμανσης και σε εγκαταστάσεις συνδυαστικής λειτουργίας αυτών με ηλιακή ενέργεια. Επίσης εφαρμόζεται και σε εγκαταστάσεις ψύξης με την ίδια λογική και φιλοσοφία λειτουργίας, με διαφοροποίηση στο κομμάτι των τερματικών μονάδων.

Σε μία αντισταθμισμένη εγκατάσταση η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής (δηλαδή του νερού

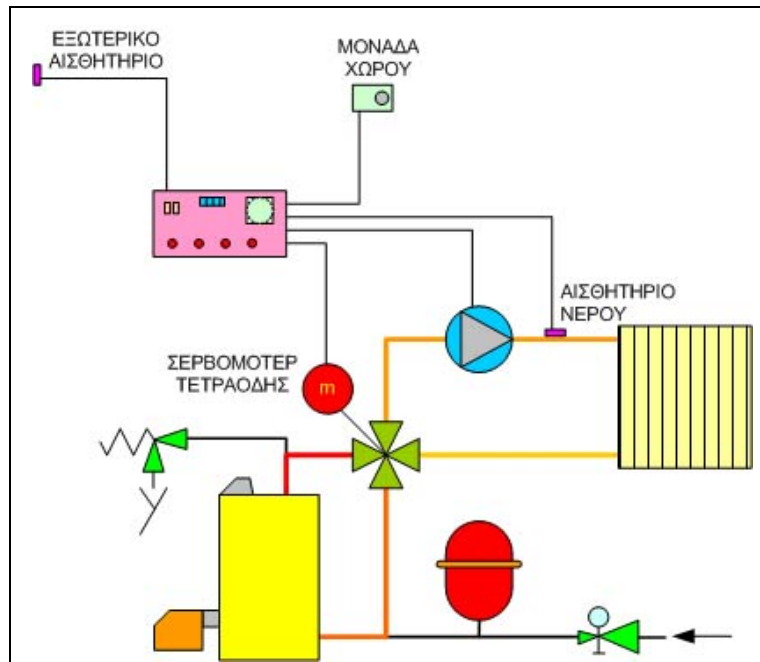
που αποστέλλεται στα θερμαντικά σώματα) ρυθμίζεται ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, έτσι ώστε όταν έχει "πολύ κρύο" η θερμοκρασία στα σώματα να είναι υψηλή ενώ όταν έχει "καλό καιρό" η θερμοκρασία στα σώματα είναι σχετικά χαμηλή (κυκλοφορεί χλιαρό νερό). Η κυκλοφορία νερού χαμηλότερης θερμοκρασίας στο δίκτυο μπορεί να επιτυγχάνεται ή με το σύστημα ανάμιξης ή με επίδραση στη θερμοκρασία λειτουργίας του θερμοστάτη του καυστήρα. Το σύστημα ανάμιξης επιτρέπει την λειτουργία του λέβητα χωρίς κίνδυνο διάβρωσης (από υδροποίηση ατμών θειικού οξέως) πρέπει όμως να είναι τέτοιο ώστε να μην προκαλεί συχνές διακοπές της λειτουργίας του καυστήρα και επανεκκινήσεις. Αντίστοιχη λειτουργία παρουσιάζει και μια εγκατάσταση ψύξης. Η μονάδα αντιστάθμισης μπορεί να είναι ψηφιακή ή αναλογική και αποτελείται τουλάχιστον από τα εξής τμήματα:

- Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος (εξωτερικού χώρου)
- Αισθητήριο θερμοκρασίας νερού προσαγωγής
- Βάνα ανάμιξης, ρυθμιστής παροχής καυσίμου ή άλλο σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας νερού προσαγωγής
- Αναλογικός ή ψηφιακός ελεγκτής αντιστάθμισης όπου συνδέονται τα παραπάνω.



**Σχήμα 1.4.** Σύστημα αντιστάθμισης σε εγκατάσταση θέρμανσης με τρίοδη βάνα αναμειξεως.

Οι συσκευές αντιστάθμισης (αναλογικής ή ψηφιακής) εγκαθίστανται στο λεβητοστάσιο αν πρόκειται για εγκατάσταση θέρμανσης ή σε κατάλληλη θέση πλησίον της κεντρικής μονάδας παραγωγής θέρμανσης/ψύξης, όπου υπάρχει τέτοια μονάδα (και δεν έχει εγκατεστημένη μονάδα αντιστάθμισης). Σε αυτές συνδέονται τα αισθητήρια μέτρησης της εξωτερικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας νερού του λέβητα. Η εγκατάσταση ενός συστήματος ψηφιακής αντιστάθμισης μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια στο σύστημα θέρμανσης μέχρι και 20%.



**Εικόνα 3.2.5.** Τυπική διάταξη αντιστάθμισης σε εγκατάσταση θέρμανσης με τετράοδη βάνα αναμείξεως

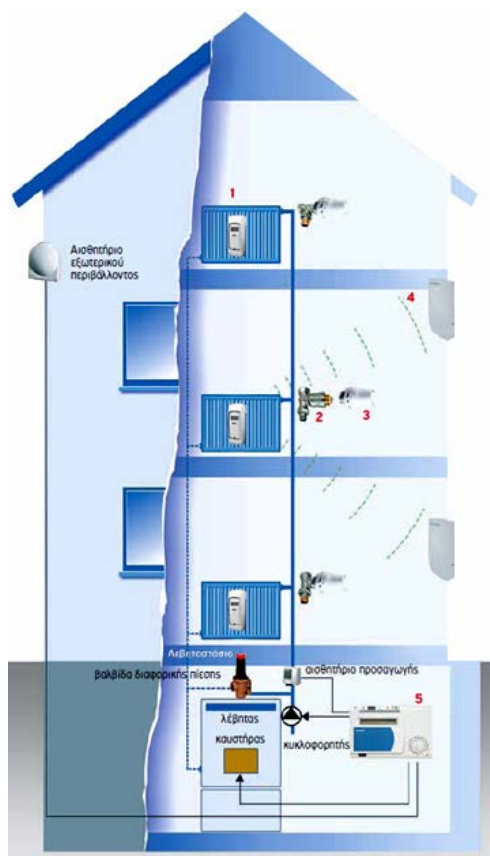


**Εικόνα 3.2.4.** Μονάδα ελέγχου για χρήση σε σύστημα ψηφιακής αντιστάθμισης

Στον αυτόματο έλεγχο συστημάτων θέρμανσης/ψύξης χρησιμοποιούνται δύο τύποι ρυθμίσεων: ανοικτού και κλειστού βρόχου (με ανάδραση δηλαδή). Για την καλύτερη κατανόηση των δύο αυτών συστημάτων δίνεται το παρακάτω παράδειγμα που αφορά μια εγκατάσταση θέρμανσης/ψύξης με αέρα. Σε ένα τέτοιο σύστημα ο αέρας θερμαίνεται/ψύχεται διερχόμενος από στοιχείο εναλλάκτη στον οποίο κυκλοφορεί θερμό/ψυχρό νερό. Τοποθετείται ένα θερμόμετρο (αισθητήρας στοιχείο μέτρησης) στον εναλλάκτη το οποίο μετρά την θερμοκρασία του εναλλάκτη. Η μετρούμενη τιμή μεταβιβάζεται στο ρυθμιστή όπου εκεί θα συγκριθεί με την επιθυμητή τιμή (setting point). Εάν διαπιστωθεί διαφορά μεταξύ των δύο τιμών, ο ρυθμιστής θα δώσει ένα σήμα διόρθωσης προς τη βάνα (στοιχείο ενεργοποίησης ή ρύθμισης) μειώνοντας ή αυξάνοντας την παροχή του ζεστού/κρύου νερού (ρυθμιζόμενο μέσο) ώστε να εξισωθούν οι δύο τιμές θερμοκρασίας. Καθώς η θερμοκρασία του αέρα είναι μέγεθος ρύθμισης εισόδου και η θερμοκρασία του θερμού νερού είναι το μέγεθος μετατροπής, η κάθε μεταβολή του ενός μεγέθους προκαλεί μεταβολή στο άλλο μέσω της διάταξης ρύθμισης. Όταν λοιπόν η θερμοκρασία του αέρα αποκλίνει από την επιθυμητή τιμή, το σύστημα ρύθμισης με τη δράση του μέσω της θερμοκρασίας του νερού επαναφέρει τη ρυθμιζόμενη μεταβλητή στην επιθυμητή θέση. Η ρύθμιση λοιπόν στο κύκλωμα γίνεται τότε σε κλειστό βρόχο. Εάν η ρύθμιση της βάνας του ζεστού νερού γίνεται με βάση τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, ο βρόχος θα είναι ανοικτός, καθώς με κανένα τρόπο η θερμοκρασία του χώρου δεν επηρεάζει τη ρύθμιση. Βέβαια αυτή η περίπτωση πλέον δεν είναι συνηθισμένη και στα σύγχρονα συστήματα δεν εφαρμόζεται ανοικτός βρόχος.

### 3.2.1.1. Παράδειγμα εγκατάστασης συστήματος αυτονομίας με αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας σε παλαιά πολυκατοικία.

Στο παρακάτω σχήμα δείχνεται σχηματικά η τοποθέτηση ενός πλήρους συστήματος αυτοματισμού και αυτονομίας με αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας και ασύρματη επικοινωνία σε παλαιά πολυκατοικία με δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης.



**Εικόνα 3.2.5.** Εγκατάσταση αυτονομίας με εγκατάσταση ψηφιακής αντιστάθμισης της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Σε κάθε θερμαντικό σώμα προσαρμόζεται ασύρματος θερμιδομετρητής (1) με ειδικό μηχανισμό στήριξης επάνω σε αυτό, χωρίς να τρυπάει το σώμα και χωρίς να μπορεί να αφαιρεθεί απ' αυτό. Καταγράφει αυτόματα την κατανάλωση ενέργειας του σώματος, όσο αυτό λειτουργεί και μεταδίδει ασύρματα και σε τακτά χρονικά διαστήματα κάθε ημέρα, τις μονάδες κατανάλωσης στον ασύρματο δέκτη (4). Ο ασύρματος δέκτης (4) ελέγχει ανά 24ωρο την ορθή λειτουργία του θερμιδομετρητή και καταγράφει τα δεδομένα. Οι μετρήσεις και όλα τα δεδομένα λειτουργίας και ελέγχου του θερμιδομετρητή συλλέγονται ασύρματα. Ο παλιός διακόπτης των σωμάτων αντικαθίσταται από θερμοστατικό διακόπτη (2) με τη θερμοστατική κεφαλή (3), η οποία δίνει τη δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας του δωματίου. Εναλλακτικά αντί για την απλή συμβατική θερμοστατική κεφαλή (3) μπορεί να τοποθετηθεί πάνω στο θερμοστατικό διακόπτη, θερμοστατική κεφαλή με δυνατότητα να ελέγχεται ασύρματα, από κεντρική μονάδα τοποθετημένη εντός του διαμερίσματος. Στο λεβητοστάσιο τοποθετείται ένας ελεγκτής αντιστάθμισης (5) ο οποίος ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού, που διαρρέει όλη την εγκατάσταση, ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια.

### 3.2.2. Θερμοστατικές ρυθμίσεις

Σε όλα τα κτήρια απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτηρίου. Για να επιτευχθεί αυτό τοποθετούνται θερμοστάτες χώρου ή θερμοστατικοί διακόπτες με θερμοστατικές κεφαλές, όπως αυτοί οι οποίοι έχουν περιγραφεί στην παράγραφο 1.5.4. Σε μονοκατοικίες ή σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις με μονοσωλήνιο ή δισωλήνιο δίκτυο, ο έλεγχος λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση χειροκίνητης ή θερμοστατικής βαλβίδας στα καλοριφέρ. Η θερμοστατική κεφαλή ρυθμίζει την κυκλοφορία του ζεστού νερού στο καλοριφέρ, μέσω του διακόπτη, ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία. Με τις θερμοστατικές βαλβίδες προσαρμόζεται η λειτουργία κάθε σώματος καλοριφέρ, ανάλογα με τις επικρατούσες εσωτερικές συνθήκες και τα πιθανά ηλιακά ή άλλα εσωτερικά θερμικά κέρδη. Σε μια πολυκατοικία θα πρέπει, παράλληλα, να τοποθετηθούν και θερμιδομετρητές, έτσι ώστε να πιστοποιείται η λειτουργία των σωμάτων καλοριφέρ, να ελέγχεται η πραγματική χρήση τους και η ποσότητα της θερμότητας που αποδίδεται στον χώρο, για να χρεώνεται ο χρήστης, ανάλογα.

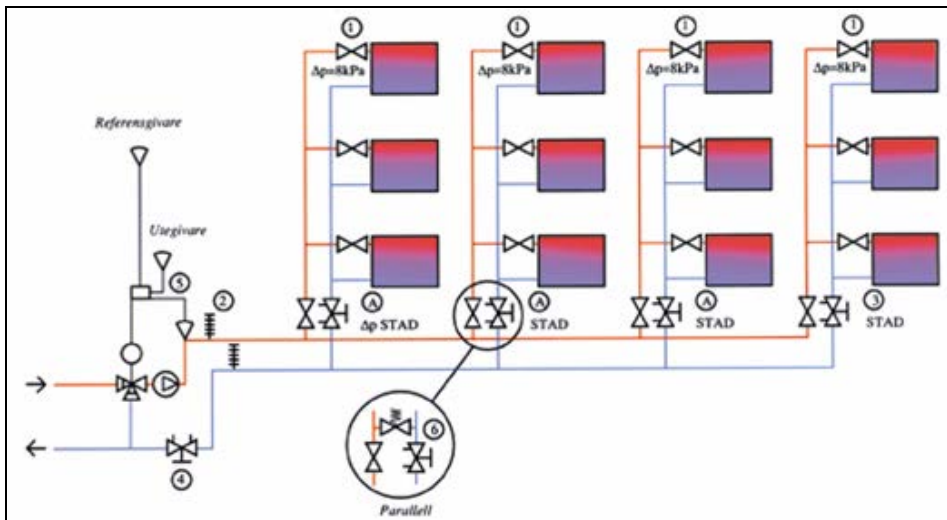
Με τους προγραμματιζόμενους θερμοστάτες προσφέρεται η δυνατότητα προγραμματισμού των λειτουργιών για διάφορες περιόδους (πχ ημερήσιο ή και εβδομαδιαίο πρόγραμμα, με τις επιθυμητές θερμοκρασίες για συγκεκριμένες περιόδους). Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η αμέλεια που μπορεί να επιδείξει ένας χρήστης στο να ρυθμίσει έναν χειροκίνητο θερμοστάτη. Το βράδυ ή τις περιόδους που δεν χρειάζεται να λειτουργεί συνεχώς η θέρμανση (εάν οι χρήστες απουσιάζουν για κάποιες ώρες από το σπίτι, αν είναι χώρος γραφείου με συγκεκριμένες ώρες λειτουργίας) μπορεί να ρυθμίζεται ο θερμοστάτης πιο χαμηλά (π.χ. στους 15-18°C). Για κάθε βαθμό που μειώνεται η ρύθμιση του θερμοστάτη, για μια περίοδο περίπου 8 ωρών, μειώνεται κατά περίπου 1-2% η κατανάλωση ενέργειας. Με την χρήση χρονοδιακοπών ελέγχονται οι διάφορες καταναλώσεις ώστε η χρήση τους να μην είναι άσκοπη και ενεργοβόρα.

Αντίστοιχα στις εγκαταστάσεις ψύξης/κλιματισμού χρησιμοποιούνται θερμοστάτες όπως και στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, για τον έλεγχο των χώρων και των θερμικών ζωνών. Τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας ανά βαθμό όταν ρυθμίζονται οι θερμοστάτες προς τα πάνω είναι αντίστοιχα με τις εγκαταστάσεις θέρμανσης.

### 3.2.3. Υδραυλική ισορροπία

Στην ενότητα 1.5.3.5 αναφέρθηκε ο ρόλος της υδραυλικής ισορροπίας ενός κεντρικού δικτύου διανομής στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα υδραυλικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την υδραυλική εξισορρόπηση είναι οι στραγγαλιστικές βαλβίδες ελεγχόμενης ΔΡ, οι αναλογικές ηλεκτροβάνες και οι διαφορικοί υδραυλικοί ελεγκτές. Τα πρώτο στοιχείο απαιτεί χειροκίνητο έλεγχο και είναι κατάλληλο μόνο για στατική ρύθμιση. Τα υπόλοιπα δύο στοιχεία είτε είναι ηλεκτροκίνητα είτε κινούμενα μέσω σερβομηχανισμών (ελατήριο – μεμβράνη). Είναι δε κατάλληλα και για στατική και για δυναμική ρύθμιση. Στην περίπτωση της στατικής ρύθμισης θα ακολουθήσουν αυτόνομα μία επαναληπτική διαδικασία στραγγαλισμού εωσότου επιτύχουν τις ζητούμενες παροχές. Στην περίπτωση της δυναμικής ρύθμισης δηλαδή της απαίτησης να προσαρμόζουν στραγγαλισμούς τους στα μεταβαλλόμενα υδραυλικά χαρακτηριστικά του δικτύου, ακολουθούν μεν μία αυτόνομη διαδικασία συνεχούς στραγγαλισμού, αλλά είναι πλέον σχετικό εάν θα επιτευχθούν ποτέ οι ζητούμενες παροχές. Και αυτό γιατί τα στραγγαλιστικά στοιχεία έχουν ένα εύρος ΔΡ, στο οποίο συμπεριφέρονται αναλογικά και ουσιαστικά λειτουργούν. Εκτός αυτού του ορίου δεν μπορούν να ανταποκριθούν. Τελικά παρουσιάζεται το φαινόμενο, όλα τα δυναμικά ρυθμιστικά στοιχεία να βρίσκονται σε συνεχή επαναληπτική διαδικασία στραγγαλισμού.



**Εικόνα 3.2.6.** Εξισορρόπηση σε μια τυπική εγκατάσταση θέρμανσης με δισωλήνιο σύστημα



**Εικόνα 3.2.7.** Βαλβίδες υδραυλικής εξισορρόπησης δικτύων θέρμανσης – κλιματισμού.

Η σωστή μέθοδος εξισορρόπησης δίνει τη δυνατότητα να ελέγχεται ότι το δίκτυο λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε και απαιτείται, να ανιχνεύονται σφάλματα και να γίνονται κατάλληλες επεμβάσεις, μετρώντας στις βαλβίδες εξισορρόπησης. Η περιοχή στραγγαλισμού θα πρέπει να δίνει τη δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης. Η βαλβίδα εξισορρόπησης θα πρέπει να έχει δυνατότητα λειτουργίας και ως διακόπτης. Ο ευκολότερος και γρηγορότερος τρόπος να εξισορροπηθεί ένα δίκτυο είναι η χρήση ηλεκτρονικού οργάνου. Ύστερα από μετρήσεις που γίνονται πάνω στις βαλβίδες εξισορρόπησης του δικτύου, το όργανο υπολογίζει και δίνει τις σωστές θέσεις ρύθμισής τους, οι οποίες είναι και οι τελικές. Βασικό επίσης πλεονέκτημα αυτού του τρόπου είναι το ότι, ένας τεχνικός μπορεί να εξισορροπήσει ακόμη και ένα πολύ μεγάλο δίκτυο με τη χρήση ενός μόνο μετρητικού οργάνου.

Το ζήτημα σε κάθε σύστημα θέρμανσης – ψύξης είναι να παρέχονται άνετες συνθήκες στους χώρους με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους και των λειτουργικών προβλημάτων. Θεωρητικά, νέες τεχνολογίες ελέγχου (Control Systems) το επιτυγχάνουν. Μια τέτοια απαραίτητη προϋπόθεση – συνθήκη, είναι οι απαιτούμενες παροχές να είναι διαθέσιμες σε κάθε στοιχείο – κατανάλωση. Η υδραυλική εξισορρόπηση είναι αναγκαία για να ικανοποιηθεί αυτή η συνθήκη. Η υδραυλική εξισορρόπηση αποτρέπει τις μεγάλες παροχές (overflows) σε κάποια κυκλώματα να προκαλέσουν μικρές παροχές σε άλλα κυκλώματα (underflows), ανιχνεύοντας στη πράξη τον βαθμό υπερδιαστασιολόγησης της αντλίας και γενικά εξασφαλίζει ότι το δίκτυο λειτουργεί όπως απαιτείται από τον μελετητή.

### 3.2.4. Συστήματα ελέγχου φωτισμού

Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού διακόπτουν και ρυθμίζουν την φωτεινή ροή φωτιστικών σωμάτων, δημιουργούν σενάρια φωτισμού (σκηνές φωτισμού) και τα διαχειρίζονται τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Η επιλογή ενός συστήματος εξαρτάται από το μέγεθος του συστήματος φωτισμού, τις απαιτήσεις όσον αφορά στη δυνατότητα ελέγχου, την φιλικότητα προς το χρήστη και οικονομικές παραμέτρους.

Τα ψηφιακά συστήματα που επιτρέπουν στην ανεξάρτητη διαχείριση των φωτιστικών παρέχουν μεγάλη ευελιξία. Επιπλέον, είναι ιδιαιτέρως φιλικά προς το χρήστη περιλαμβάνοντας εύκολο προγραμματισμό και λειτουργία μαζί με μια απλή διαδικασία εγκατάστασης. Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού μπορούν να ενσωματωθούν ως υποσύστημα σε ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας κτηρίου και να βοηθήσουν σημαντικά στην ορθολογική χρήση του συστήματος φωτισμού συνδυάζοντας οπτική άνεση και σημαντική οικονομία.

#### 3.2.4.1. Βασικές στρατηγικές ελέγχου

Οι στρατηγικές ελέγχου του συστήματος φωτισμού παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.10.3.

Έλεγχος εξωτερικού φωτισμού. Θα πρέπει να εξασφαλιστεί η λειτουργία του συστήματος εξωτερικού φωτισμού όταν επικρατούν συνθήκες σκότους στον εξωτερικό χώρο και απενεργοποίηση του όταν υπάρχει αρκετό φυσικό φως ή όταν στη περιοχή δεν υπάρχουν άνθρωποι. Ο έλεγχος εξωτερικού φωτισμού χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες φωτισμού:

- Εξωτερικά φώτα ασφάλειας, περιλαμβάνονται όλα τα φωτιστικά που ανάβουν στο σούρουπο και παραμένουν αναμμένα για όλη τη νύχτα μέχρι το ξημέρωμα, εφόσον υπάρχει επαρκές φυσικό φως.
- Γενικός εξωτερικός φωτισμός, φωτισμός που είναι ενεργοποιημένος κατά την διάρκεια της νύκτας και απενεργοποιείται όταν δεν υπάρχει παρουσία ανθρώπων.

#### 3.2.4.2. Αισθητήρες & πίνακες ελέγχου

Οι απλές εφαρμογές φωτισμού απαιτούν μόνο το πάτημα ενός κουμπιού για να λειτουργήσει το σύστημα ελέγχου φωτισμού. Για πιο εξελιγμένες εφαρμογές υπάρχουν αισθητήρες και πίνακες ελέγχου με οθόνες οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προγραμματιστεί το σύστημα φωτισμού. Σ' αυτές τις περιπτώσεις συνήθως χρησιμοποιείται κατάλληλο τηλεχειριστήριο με την βοήθεια του οποίου ελέγχεται το σύστημα φωτισμού από απόσταση.

Αισθητήρας παρουσίας (Occupancy Sensor, OS). Αποτελείται από ένα υπέρυθρο αισθητήρα κίνησης ο οποίος μπορεί να είναι ενσωματωμένος στο φωτιστικό ή να ελέγχει μια ομάδα φωτιστικών. Ο αισθητήρας ανιχνεύει την παρουσία ανθρώπων σε ένα χώρο και αυτόματα ενεργοποιεί το σύστημα τεχνητού φωτισμού. Οι αισθητήρες κίνησης καταγράφουν κίνηση στο χώρο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απενεργοποίησιν ή να ρυθμίσουν αυτόματα την φωτεινή ροή (dimming) των φωτιστικών σε άδεια γραφεία, ώστε να εξοικονομήσετε ενέργεια. Στην περίπτωση μουσείων είναι δυνατόν να μειωθεί ο φωτισμός ευαίσθητων εκθεμάτων όταν δεν υπάρχουν επισκέπτες. Επίσης, όταν οι αισθητήρες κίνησης εγκατασταθούν σε εξωτερικούς χώρους, μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια της νύκτας όπου ο φωτισμός ενεργοποιείται μόνο όταν και όπου απαιτείται. Η ρύθμιση των ορίων ενεργοποίησης και απενεργοποίησης καθορίζεται από τις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Αισθητήρας φωτός (Lighting Sensor LS). Ο αισθητήρας φωτός αποτελείται από ένα φωτοκύτταρο τοποθετείται είτε απευθείας στο φωτιστικό είτε σε κεντρικό σημείο για τον έλεγχο μιας ομάδας φωτιστικών. Ένας αισθητήρας φωτός παρακολουθεί τα επίπεδα φωτός και επιτρέπει τον αυτόματο έλεγχο του φωτός ανάλογα με το διαθέσιμο φως της ημέρας. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα

φωτισμού, σε συνδυασμό με την αλλαγή των επιπέδων φωτός της ημέρας στα δωμάτια εξασφαλίζεται μια ελεγχόμενη στάθμη φωτισμού. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να διατηρηθεί ο φωτισμός σε επιθυμητά επίπεδα σε χώρους εργασίας ή να μειωθεί η έκθεση σε ακτινοβολία εκθεμάτων σε μουσεία. Ένας αισθητήρας φωτός ημέρας επί της οροφής (εξωτερικός αισθητήρας) μετρά την ένταση φωτισμού του φυσικού φωτός και ελέγχει το φωτισμό στο εσωτερικό. Αν ο αισθητήρας φωτός είναι στο δωμάτιο (εσωτερικός αισθητήρας), μετρά τη συνολική ένταση φωτισμού από το φυσικό και το τεχνητό φως ώστε να ελεγχθεί το επίπεδο φωτισμού ανάλογα με το φυσικό φως (φως ημέρας). Η πρώτη διαδικασία είναι γνωστή ως έλεγχος ανοικτού βρόχου, ενώ η δεύτερη ως έλεγχος κλειστού βρόχου.



**Σχήμα 3.2.8.** α) Τυπικός αισθητήρας παρουσίας-κίνησης, β) Τυπικός αισθητήρας φωτός

Διακόπτες πίεσης (Push-button). Ένας διακόπτης πίεσης κλείνει ή ανοίγει ένα κύκλωμα για να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει μια ομάδα φωτιστικών. Για να υλοποιηθούν διαφορετικές λειτουργίες απαιτούνται αρκετοί διακόπτες πίεσης. Οι λειτουργίες προσδιορίζονται όταν το σύστημα ελέγχου φωτισμού είναι εγκατεστημένο.

Διακόπτες. Ένας διακόπτης ανοίγει και κλείνει ένα κύκλωμα. Ασφαλίζει σε μια θέση και δεν απαιτεί συνεχή πίεση όπως συμβαίνει στους διακόπτες πίεσης. Ένας διακόπτης φωτός ελέγχει το φωτισμό ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας τον.

Ένας διακόπτης πίεσης (push-button) κλείνει ή ανοίγει ένα κύκλωμα για να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει μια ομάδα φωτιστικών. Διαθέτει ελατήριο επαναφοράς και συνδυάζεται συνήθως με ηλεκτρονόμο (ρελέ) για να υλοποιήσει την εντολή αφής ή σβέσης ενός κυκλώματος φωτισμού. Για να υλοποιηθούν διαφορετικές λειτουργίες απαιτούνται αρκετοί διακόπτες πίεσης. Οι λειτουργίες προσδιορίζονται όταν το σύστημα ελέγχου φωτισμού είναι εγκατεστημένο. Σχηματικά οι διακόπτες πίεσης είναι όμοιοι με τους κοινούς διακόπτες.



**Σχήμα 3.2.9.** Τυπικός διακόπτης πίεσης (push-button) και απλός διακόπτης

Τηλεχειριστήριο (remote control). Το τηλεχειριστήριο χρησιμοποιείται για να ελέγξει το φωτισμό από απόσταση χωρίς να είναι αναγκαία η χρήση των επιτοιχίων ρυθμιστικών. Ιδιαίτερα σε αίθουσες συνεδριάσεων, ένα τηλεχειριστήριο είναι μια βολική συσκευή για να επιλέξει τον κατάλληλο φωτισμό από οπουδήποτε στην αίθουσα. Ένα υπέρυθρο τηλεχειριστήριο απαιτεί ένα δέκτη υπέρυθρων για να συνδυαστεί μαζί του και να λειτουργήσει κατάλληλα.



**Σχήμα 3.2.10.** Τυπικό τηλεχειριστήριο (remote control)

Γραφικό περιβάλλον χρήστη (Graphical User Interface, GUI). Το γραφικό περιβάλλον χρήστη, γνωστό ως GUI, είναι ο συνηθισμένος τρόπος αλληλεπίδρασης των χρηστών με το λογισμικό σε υπολογιστές ή σε πίνακες ελέγχου που βασίζονται σε εικονίδια. Τα απλά GUIs δεν απαιτούν την εκμάθηση πολύπλοκων γλωσσών και των εντολών τους και έτσι απλοποιούν τη λειτουργία τους. Ένα GUI μπορεί να συνδυαστεί με μια οθόνη αφής, ώστε η αλληλεπίδραση να λαμβάνει χώρα απευθείας στην οθόνη.



**Σχήμα 3.2.11.** Τυπικό γραφικό περιβάλλον χρήστη (Graphical User Interface, GUI)

### 3.2.4.3. Συσκευές εξόδου

Οι συσκευές εξόδου είναι τα εξαρτήματα εκείνα (ενεργοποιητές ή ελεγκτές) που μεταφράζουν τα σήματα σε ένα κύκλωμα ελέγχου σε μια συγκεκριμένη δράση. Οι ενεργοποιητές (π.χ. ηλεκτρονόμοι) ή ρυθμιστές φωτεινής ροής (dimmers) λειτουργούν ή ελέγχουν το παραγόμενο φως μέσω μεταβολών της εφαρμοζόμενης τάσης. Οι ελεγκτές έχουν τους δικούς τους επεξεργαστές και στέλνουν σήματα στις συσκευές ελέγχου.

Ηλεκτρονόμοι-ρελέ (relay). Ένας ηλεκτρονόμος είναι ένας διακόπτης που ενεργοποιείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας των ηλεκτρονόμων – ρελέ δίνεται στην ενότητα 1.5.4.1.



**Σχήμα 3.2.12.** Τυπικό ρελέ ράγας (rail-relay))

Ρυθμιστές Φωτεινής Ροής (Dimmers). Ο ρυθμιστής χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει με συνεχή τρόπο την παραγόμενη φωτεινή ροή μιας πηγής φωτός. Οι λαμπτήρες φθορισμού σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, απαιτούν ειδικά συσκευές ελέγχου ενώ οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού

απαιτούν ειδικές ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου. Οι συμβατικοί συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού δεν μπορούν να ελεγχθούν ως προς την φωτεινή ροή τους. Από την άλλη πλευρά φωτιστικά με LEDs μπορούν εύκολα να ελεγχθούν με τον κατάλληλο εξοπλισμό. Κάνοντας χρήση της αναλογικής τεχνολογίας 1V-10V, η ρύθμιση είναι δυνατή με τη βοήθεια ειδικών κυκλωμάτων (Electronic Control Gear, ECG) με είσοδο κατάλληλη για 1V-10V τάση ελέγχου και ένα ποτενσιόμετρο ή ένα σύστημα ελέγχου το οποίο θα παρέχει 1V -10V αναλογική τάση ελέγχου. Οι ρυθμιστές συχνά τοποθετούνται σε κατάλληλα ερμάρια διακοπών. Οι γραμμές ελέγχου είναι μόνιμα συνδεδεμένες με τα φωτιστικά ή με ομάδες φωτιστικών.

Ακόμα, υπάρχουν ψηφιακά πρωτόκολλα ελέγχου, όπως το DALI, τα οποία επιτρέπουν τον επιμέρους έλεγχο των ηλεκτρονικών συσκευών ελέγχου (ECGs) για όλα τα συνδεδεμένα φωτιστικά.



**Σχήμα 3.2.13.** Τυπικός ρυθμιστής φωτεινής ροής (Dimmer)

Ελεγκτές Συστημάτων Φωτισμού. Οι ελεγκτές συστημάτων φωτισμού είναι ηλεκτρονικές μονάδες για την δημιουργία διαδικασιών ελέγχου. Ένα σύστημα ελέγχου φωτισμού, όπως το DALI αποθηκεύει «σενάρια φωτισμού» και ελέγχει τα φωτιστικά. Η ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση των ρυθμίσεων περιορίζεται από την ικανότητα αποθήκευσης του ελεγκτή. Ο χρήστης χειρίζεται τον ελεγκτή μέσω λογισμικού ή του πίνακα ελέγχου του. Μια γραμμή ελέγχου δημιουργεί μια σύνδεση στα φωτιστικά και μεταδίδει τα σήματα στις συσκευές ελέγχου.

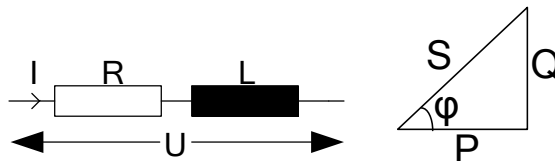


**Σχήμα 3.2.14.** Τυπικός ελεγκτής συστήματος φωτισμού (Lighting controller)

### 3.2.5. Χωρητική αντιστάθμιση ισχύος

Μια εκτεταμένη ηλεκτρική εγκατάσταση περιλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό καταναλώσεων μεγάλης ισχύος όπως: κεντρικά κλιματιστικά συστήματα, τοπικές αντλίες θερμότητας, συστήματα εξαερισμού, φωτιστικά σώματα φθορισμού, εκφορτίσεως υψηλής έντασης (λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης και λαμπτήρες νατρίου χαμηλής και υψηλής πίεσης), στατικοί μετατροπείς και άλλα. Η συμπεριφορά όλων των παραπάνω φορτίων αποκλίνει σημαντικά από αυτή της ωμικής αντίστασης. Στη ουσία η φύση των καταναλώσεων αυτών είναι επαγωγική με άμεσο αποτέλεσμα την εμφάνιση σημαντικής ποσότητας άεργου ισχύος.

Ας θεωρήσουμε ότι το ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση της συνολικής ηλεκτρικής εγκατάστασης ή ενός επιμέρους φορτίου περιγράφεται με την βοήθεια μιας ωμικής αντίστασης  $R$  και μιας αυτεπαγωγής  $L$  όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 3.2.15.**  $R$ - $L$  φορτίο και διάγραμμα ισχύος

Η φαινόμενη ισχύς  $S$  που απορροφάται από το παραπάνω κύκλωμα είναι ίση με το γινόμενο της τάσης  $U$  και του ρεύματος  $I$  που διαρρέει το κύκλωμα. Εάν η πραγματική ισχύς που απορροφά το φορτίο (και προφανώς μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο) είναι  $P$  ενώ η άεργος ισχύς είναι  $Q$  τότε ισχύει παρακάτω σχέση:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{σε VA} \quad (3.1)$$

Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα των ισχύων στο σχήμα 3.1 προκύπτουν τα παρακάτω:

$$P = S \cdot \cos \phi \quad \text{σε kW} \quad (3.2)$$

$$Q = S \cdot \sin \phi \quad \text{σε kVAr} \quad (3.3)$$

$$\tan \phi = \frac{Q}{P} \quad (3.4)$$

Η ισχύς η οποία είναι υπεύθυνη για την παραγωγή ωφέλιμου έργου σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε ένα επιμέρους φορτίο είναι η πραγματική ή αλλιώς μέση ή ενεργός ισχύς  $P$  η οποία δίνεται από την Εξ. 2. Είναι φανερό ότι η πραγματική ισχύς εξαρτάται ιδιαίτερα από την τιμή του  $\cos \phi$ , μέγεθος που υποδηλώνει την φύση του φορτίου (επαγωγικό) ή με άλλα λόγια το συνημίτονο της διαφοράς φάσης μεταξύ της τάσης και του ρεύματος που απορροφά μια κατανάλωση.

Στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι η τάση τροφοδοσίας και το  $\cos \phi$  (συντελεστής μετατόπισης ή συντελεστής ισχύος όταν δεν υπάρχουν αρμονικές συνιστώσες) είναι σταθερά, το φορτίο θα απορροφήσει το ρεύμα που χρειάζεται ώστε να αποδώσει το έργο για το οποίο προορίζεται. Επομένως, εάν το  $\cos \phi$  έχει μικρή τιμή (ισχυρά επαγωγικό φορτίο) το ρεύμα θα αυξηθεί αρκετά συγκρινόμενο με την περίπτωση που το φορτίο ήταν ωμικό. Η αυξημένη τιμή ρεύματος λόγω της επαγωγικής φύσης των φορτίων έχει τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Αύξηση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς και των αγωγών τροφοδοσίας.
- Υπέρ-διαστασιολόγηση των αγωγών μεταφοράς και τροφοδοσίας.
- Μη ορθολογική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Προβλήματα ευστάθειας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Οι επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οι διαχειριστές του ηλεκτρικού δικτύου επιβάλλουν στους μη οικιακούς καταναλωτές την βελτίωση του συντελεστή ισχύος τους  $\cos \phi$ .

### 3.2.5.1. Τρόποι χωρητικής αντιστάθμισης

Η χωρητική αντιστάθμιση αποσκοπεί στην μείωση της άεργου ισχύος  $Q$  του φορτίου σε μια μικρότερη τιμή  $Q_a$  χρησιμοποιώντας πυκνωτή αντιστάθμισης. Η αντιστάθμιση αυτή μπορεί να γίνει τοποθετώντας έναν πυκνωτή (συνήθως συστοιχία πυκνωτών):

- σε σειρά με το φορτίο ή
- παράλληλα με αυτό.

Ακόμα, η αντιστάθμιση μπορεί να είναι:

- κεντρική (στην κεντρική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας) είτε
- ομαδική (σε ομάδα φορτίων ή στον υποπίνακα της ηλεκτρικής εγκατάστασης) είτε
- ατομική (σε κάθε φορτίο ξεχωριστά).

Στην εν σειρά χωρητική αντιστάθμιση ο πυκνωτής διαρρέεται από το ισχυρό ρεύμα της εγκατάστασης. Αυτού του είδους η αντιστάθμιση χρησιμοποιείται κυρίως:

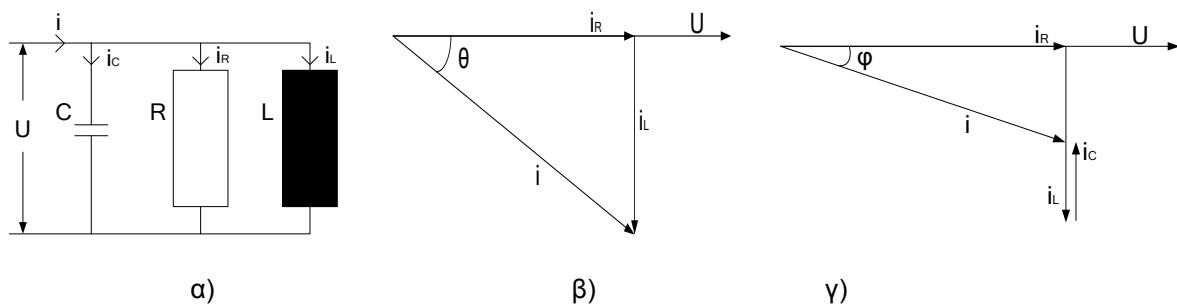
- στην σταθεροποίηση δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας,
- στην ρύθμιση των μεταβολών της τάσης στο δίκτυο και
- στη διατήρηση της συμμετρίας σε φορτία με μεγάλες μεταβολές.

Η εν παραλλήλω χωρητική αντιστάθμιση χρησιμεύει για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος στη περίπτωση ομαδικής ή κεντρικής αντιστάθμισης. Η κεντρική αντιστάθμιση ισχύος υλοποιείται με την χρησιμοποίηση αυτομάτου συστήματος παράλληλων πυκνωτών με την βοήθεια του οποίου γίνεται ζεύξη κατάλληλου αριθμού πυκνωτών αλλά και απόζευξη σε περίπτωση χωρητικής συμπεριφοράς της κατανάλωσης κατά την αντιστάθμιση.

Στις εκτεταμένες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις η απαιτούμενη ισχύς των πυκνωτών κεντρικής αντιστάθμισης καθορίζεται με υπολογισμό του μέσου όρου του μεγέθους.

$$\tan \theta = \frac{W_Q}{W_P} \quad (3.5)$$

όπου η άεργος ισχύς  $W_Q$  και η πραγματική ισχύς  $W_P$  προκύπτουν από μετρήσεις επί αρκετό χρονικό διάστημα (μερικούς μήνες).



**Σχήμα 3.2.16.** Χωρητική αντιστάθμιση ισχύος εν παραλλήλω

Στο σχήμα 3.2.16.α παρουσιάζεται το βασικό κύκλωμα της εν παραλλήλω χωρητικής αντιστάθμισης. Στα σχήματα 3.2.16. β και γ παρουσιάζονται τα φασικά διαγράμματα χωρίς και με χωρητική αντιστάθμιση.

Στην περίπτωση της αντιστάθμισης η συνολική άεργος ισχύς  $Q_{tot}$  είναι

$$Q_{tot} = Q - Q_C \quad (3.6)$$

όπου

$Q$  = η άεργος ισχύς χωρίς αντιστάθμιση

$Q_C$  = η άεργος ισχύς του πυκνωτή αντιστάθμισης

Από το σχήμα 2.β προκύπτει ότι:

$$\tan \theta = \frac{Q}{P} \quad (3.7)$$

Από το σχήμα 2.γ προκύπτει ότι:

$$\tan \phi = \frac{Q_{\text{tot}}}{P} = \frac{Q - Q_c}{P} \quad (3.8)$$

Αφαιρώντας κατά μέλη τις Εξ. 7 και Εξ. 8 προκύπτει:

$$\tan \theta - \tan \phi = \frac{Q_c}{P} \Rightarrow Q_c = P(\tan \theta - \tan \phi) \quad (3.9)$$

Από την Εξ. 9 μπορεί να υπολογιστεί η χωρητική άεργος ισχύς (ή διαφορετικά οι πυκνωτές που απαιτούνται) για την αύξηση του συντελεστή ισχύος από  $\cos \theta$  σε  $\cos \phi$ .

### 3.2.6. Συστήματα ελέγχου μερικών φορτίων

Τόσο τα συστήματα θέρμανσης όσο και τα συστήματα ψύξης καλούνται να λειτουργήσουν σε συνθήκες πολύ ηπιότερες από αυτές για τις οποίες έχουν διαστασιολογηθεί. Η προηγούμενη παρατήρηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το περισσότερο χρονικό διάστημα τα συστήματα αυτά λειτουργούν υπό μερικό φορτίο και εάν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα οι αποδόσεις τους θα είναι σημαντικά μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες υπό πλήρες φορτίο.

Τα συμβατικά κλιματιστικά χρησιμοποιούν έναν συμπιεστή που είτε λειτουργεί αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ του ή απενεργοποιείται περιοδικά, για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία ενός χώρου. Ο θερμοστάτης χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη θερμοκρασία του αέρα και ενεργοποιεί τον συμπιεστή όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μακριά από την επιθυμητή θερμοκρασία.

Ένας εναλλακτικός τρόπος για την αντιμετώπιση των μεταβαλλόμενων συνθηκών ζήτησης ψύξης είναι η μεταβολή της ισχύος του συμπιεστή. Ένας συμπιεστής κλιματισμού αποτελείται από το μηχανικό μέρος (ο πραγματικός συμπιεστής) και το ηλεκτρικό μέρος (ο ηλεκτροκινητήρας). Καθένα από αυτά τα δύο μέρη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαμορφώσουν την ισχύ εξόδου του συμπιεστή.

Πολλά νέας τεχνολογίας κλιματιστικά, είτε πρόκειται για τοπικές διαιρούμενες μονάδες είτε για κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, χρησιμοποιούν ένα μετατροπέα τάσης – συχνότητας (συνήθως ac to dc), δηλ. αντιστροφέα (inverter- μετατροπέα συχνότητας), ο οποίος παράγει τάση μεταβλητής συχνότητας, με σκοπό να ελέγξει την ταχύτητα του ηλεκτροκινητήρα και άρα του συμπιεστή και κατά συνέπεια να ελέγξει την ισχύ εξόδου της κλιματιστικής μονάδας. Αποτέλεσμα αυτού του τρόπου λειτουργίας είναι το σύστημα να λειτουργεί με χαμηλότερες απώλειες και συνεπώς με υψηλό βαθμό απόδοσης ενώ ταυτόχρονα οι εσωτερικές συνθήκες άνεσης να επιτυγχάνονται στο μέγιστο βαθμό.

Η εξάλειψη των συνεχών εκκινήσεων και τερματισμών των συστημάτων οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης τους αλλά και της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων τους, και βοηθά στην εξάλειψη των απότομων διακυμάνσεων που προκαλεί στο δίκτυο τροφοδοσίας. Σε τελική ανάλυση αυτό κάνει τα κλιματιστικά inverter λιγότερο επιρρεπή σε βλάβες, φθηνότερα σε έξοδα λειτουργίας, καθώς και την εξωτερική μονάδα (συνήθως ο συμπιεστής) λιγότερο θορυβώδη από αντίστοιχη συμβατική μονάδα.

Ο έλεγχος ταχύτητας με χρήση inverter χρησιμοποιείται και στους νέου τύπου κυκλοφορητές. Στους παλαιού τύπου κυκλοφορητές καθώς μειώνεται η παροχή αυξάνεται το μανομετρικό ύψος και το

αντίστροφο. Η παροχή και το μανομετρικό ύψος με βάση τον νόμο της ομοιότητας δίνονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3.10)$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (3.11)$$

όπου

$Q_2, Q_1$  = οι παροχές για δύο διαφορετικές τιμές των στροφών ανά λεπτό  $n_2$  και  $n_1$

$H_2, H_1$  = τα μανομετρικά ύψη για δύο διαφορετικές τιμές των στροφών ανά λεπτό  $n_2$  και  $n_1$

Εάν η παροχή μειωθεί κατά 50% τότε το μανομετρικό ύψος μειώνεται στο 25% ενώ εάν η παροχή διπλασιαστεί τότε το μανομετρικό ύψος τετραπλασιάζεται. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι υπάρχει σημαντική απώλεια ενέργειας στο σύστημα. Στα νέα συστήματα η ενέργεια που χάνονταν στην υδραυλική εγκατάσταση λόγω μεταβολών στην κατανάλωση κατά την διάρκεια της ημέρας ή των εποχών μπορεί τώρα να εξοικονομηθεί.

Στις αντλίες ελεγχόμενης ταχύτητας ο ηλεκτρονικός έλεγχος (inverter) προσαρμόζει την απόδοση αυτόματα στις συνθήκες λειτουργίας εξασφαλίζοντας ότι η κατανάλωση ενέργειας θα διατηρείται στο ελάχιστο. Ο αυτόματος έλεγχος της ταχύτητας της αντλίας ρυθμίζει συνέχεια την πίεση (μανομετρικό ύψος) έτσι ώστε να προσαρμόζεται στην παροχή. Στην ουσία αναφερόμαστε σε αντλίες (κυκλοφορητές) μεταβλητού αριθμού στροφών και παροχής οι οποίοι προσφέρουν σταθερό μανομετρικό (inverter ΔV-cP). Ένα επιπλέον πλεονέκτημα αυτών των αντλιών είναι ότι λόγω της ομαλής εκκίνησης τους δεν προκαλούν φθορές (λόγω μηχανικών πληγμάτων) σε βάνες και βαλβίδες του υδραυλικού συστήματος.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 3

1. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2411/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα. Διανομή κρύου - ζεστού νερού». ΦΕΚ 843B/16-11-88, Έκδοση Δ'.
2. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα. Αποχετεύσεις». ΦΕΚ 177/B/31-3-88, Έκδοση Ε'.
3. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 – Μέρος 1/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Δίκτυα διανομής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων». ΦΕΚ 67/B/4-2-88, Έκδοση Δ'.
4. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 - Μέρος 2/86 Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Λεβητοστάσια παραγωγής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων. ΦΕΚ 148/B/17-3-88, Έκδοση Δ'.
5. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Κλιματισμός κτηριακών χώρων». ΦΕΚ 177/B/31-3/88, Έκδοση Γ'.
6. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.
7. Σελλούντος Β.Η. «Θέρμανση - Κλιματισμός, Μελέτη, κατασκευή, εγκαταστάσεις, υλικά, δίκτυα, εξοπλισμός». Εκδόσεις Σέλκα - 4M (ISBN 960-8257-05-0), Αθήνα, 2002.
8. F.C. McQuiston – J.D.Parker : «Θέρμανση – Αερισμός και Κλιματισμός», Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2003
9. Recknagel – Sprenger, Θέρμανση και Κλιματισμός, Εκδόσεις Γκιούρδας, 1997.

10. ΕΛΟΤ EN ISO 13790 (Ε2):2009. Ενεργειακή επίδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.
11. Π.Δ. Μπούρκας, «Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων», Έκδοση. Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005.
12. Α.Σ. Χονδρογιάννης, «Όργανα και Αυτοματισμοί Εγκαταστάσεων ύδρευσης & θέρμανσης, Έκδοση Α. Σ. Χονδρογιάννης, Αθήνα, 1992.

#### **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. ASHRAE Handbook «Fundamentals». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2009.
2. ASHRAE Handbook «HVAC-Systems and Equipment». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2008.
3. ASHRAE Green Guide (3<sup>rd</sup> edition). The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2010.
4. ASHRAE Standard 55:2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.
5. ASHRAE Standard 62.1:2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.
6. Haines W. Roger ,Control Systems for Heating , Ventilating and Air Conditioning, 3<sup>rd</sup> ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1983.

#### **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας- ΤΕΕ: [www.tee.gr](http://www.tee.gr)

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: [www.elot.gr](http://www.elot.gr)

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

## **4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (COMMISSIONING)**

### **4.1. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ**

#### **4.1.1. Γενικά**

Η διαδικασία λειτουργικής παραλαβής συστημάτων (ΔΛΠΣ) ή commissioning (Cx) όπως είναι ο διεθνής όρος, αποτέλεσε την φυσική εξέλιξη των γνωστών απαιτήσεων για δοκιμές, μετρήσεις και ρυθμίσεις (Testing, Adjusting, Balancing). Με την αύξηση της πολυπλοκότητας των συστημάτων ήρθε και η ανάγκη για πιο διεξοδικές διαδικασίες, διαδικασίες που να εισέρχονται κάθετα στην πορεία του έργου, από την αρχική του σύλληψη μέχρι την παράδοση και τη λειτουργία του. Ως στόχος τους τέθηκε η επιβεβαίωση ότι τα διάφορα συστήματα έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν άρτια, με τρόπο ώστε να ικανοποιούν τις προσδοκίες του μελετητή και του κυρίου του έργου.

Σε αυτή την ανάγκη ήρθε να απαντήσει η ASHRAE<sup>1</sup> οργανώνοντας το 1984 την «Commissioning Guideline Committee<sup>2</sup>» που με την σειρά της εξέδωσε το 1989 τον πρώτο οδηγό ΔΛΠΣ με τίτλο «ASHRAE Guideline 1-1989. Commissioning of HVAC Systems». Στη συνέχεια υπήρξαν επανεκδόσεις του συγκεκριμένου οδηγού, αλλά η μεγάλη αλλαγή ήρθε με την έννοια του total commissioning<sup>3</sup>, την εφαρμογή δηλαδή των διαδικασιών αυτών σε κάθε σύστημα και σε ολόκληρο το κτήριο, και την έκδοση από την ASHRAE σε συνεργασία με το NIBS<sup>4</sup> του «Guideline 0-2005: The Commissioning Process».

Γρήγορα έγινε η αναγνώριση της συμβολής της ΔΛΠΣ στην ενεργειακή βελτιστοποίηση των συστημάτων, και συμπεριλήφθηκε στα περισσότερα συστήματα ενεργειακής βαθμολόγησης κτηρίων. Το 1995 το ENERGY STAR® Building Partnership Program συμπεριέλαβε την ΔΛΠΣ ως προαπαιτούμενο, ενώ το 1998 η USGBC την συμπεριέλαβε ως προαπαιτούμενο για το LEED®<sup>5</sup> στα νέα έργα και το 2004 για τις ανακατασκευές (LEED®-EB).

#### **4.1.2. Ορισμοί**

##### **4.1.2.1. ΔΛΠΣ**

Ως ΔΛΠΣ (commissioning) χαρακτηρίζουμε τη συστηματική διαδικασία που εφαρμόζεται σε ένα έργο με σκοπό να επιβεβαιώσει ότι τα συστήματα σχεδιάστηκαν, εγκαταστάθηκαν, δοκιμάστηκαν και μπορούν να λειτουργήσουν και να συντηρηθούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη και τις τεχνικές απαιτήσεις του έργου.

##### **4.1.2.2. Υπεύθυνος ΔΛΠΣ**

Ο εξουσιοδοτημένος μηχανικός που σχεδιάζει, προδιαγράφει, και επιβλέπει συνολικά τη διαδικασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις εργάζεται απ' ευθείας για τον ιδιοκτήτη.

---

<sup>1</sup> ASHRAE: AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. WWW

<sup>2</sup> Ομάδα εργασίας για την εκπόνηση οδηγίας ΔΛΠΣ

<sup>3</sup> Εφαρμογή των διαδικασιών commissioning ως μέθοδος διασφάλισης ποιότητας για ολόκληρο το κτήριο

<sup>4</sup> National Institute of Building Sciences

<sup>5</sup> LEED: Leadership in Energy and Environmental Design.

#### **4.1.2.3. Ομάδα ΔΛΠΣ**

Για την υλοποίηση της διαδικασίας και την ένταξή της στη διαδικασία παραγωγής του έργου συνολικά, απαιτείται η συνεργασία διαφόρων ατόμων. Πιο συγκεκριμένα η ομάδα θα αποτελείται από:

- τον υπεύθυνο ΔΛΠΣ
- τον εκπρόσωπο του ιδιοκτήτη
- τους μελλοντικούς χρήστες-συντηρητές
- τους μελετητές
- τον μηχανικό του εργολάβου που θα είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή της ΔΛΠΣ
- τους υπεργολάβους κλιματισμού – θέρμανσης
- τον προμηθευτή του συστήματος ελέγχου
- τους προμηθευτές των μηχανημάτων

#### **4.1.2.4. Τεχνικές Απαιτήσεις Έργου (ΤΑΕ)**

Οι ΤΑΕ αποτελούν ένα κείμενο που περιγράφει με λεπτομέρεια τις λειτουργικές ανάγκες που θα καλύψει το έργο, καθώς και τις προσδοκίες του ιδιοκτήτη σχετικά με το πώς θα χρησιμοποιηθεί και συντηρηθεί. Επίσης περιλαμβάνει τους στόχους του έργου, μετρήσιμους δείκτες απόδοσης, στοιχεία κόστους και κριτήρια αποδοχής. Είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο-μέτρο, που καθορίζει την ΔΛΠΣ στο βαθμό που η τελευταία προσπαθεί να αποδείξει την επίτευξη των ΤΑΕ.

#### **4.1.2.5. Βάση Σχεδιασμού**

Η βάση σχεδιασμού είναι το κείμενο που καταγράφει τις ιδέες, τις υποθέσεις, τα πρότυπα, τις τιμές αναφοράς, τον τρόπο υπολογισμού και τις αποφάσεις για τα συστήματα και μηχανήματα που προτείνονται με σκοπό την ικανοποίηση των ΤΑΕ.

#### **4.1.2.6. Σχέδιο ΔΛΠΣ**

Το κυρίως κείμενο που προδιαγράφει την οργάνωση, προγραμματισμό, τους ρόλους και τις υπευθυνότητες των εμπλεκόμενων μερών, και περιλαμβάνει μέσω παραρτημάτων όλες τις πληροφορίες που συλλέγονται από το έργο, τα κριτήρια αποδοχής κ.ά.

#### **4.1.2.7. Έντυπα ελέγχου**

Τα έντυπα ελέγχου αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται σε όλα τα στάδια της ΔΛΠΣ για να αποδείξουν ότι οι ΤΑΕ ικανοποιούνται. Σε αυτά περιλαμβάνονται έντυπα για επιβεβαίωση της εγκατάστασης, προ-έλεγχου των μηχανημάτων, μετρήσεις, ρυθμίσεις, καθώς και έλεγχοι και δοκιμές.

#### **4.1.2.8. Προλειτουργικές δοκιμές**

Αφορούν τους ελέγχους που λαμβάνουν χώρα στο προ εκκίνησης συστημάτων στάδιο και σκοπό έχουν να επιβεβαιώσουν ότι η κατασκευή έχει γίνει σωστά, ότι έχουν τοποθετηθεί τα σωστά εξαρτήματα, ότι υπάρχει σήμανση, έχουν γίνει οι διαδικασίες πλύσης και οι δοκιμές πιέσεων και τα συστήματα είναι έτοιμα προς εκκίνηση.

#### **4.1.2.9. Λειτουργικές δοκιμές**

Στις λειτουργικές δοκιμές τα συστήματα αντιμετωπίζονται δυναμικά. Γίνονται οι ρυθμίσεις των δικτύων, και καταγράφονται όλα τα μεγέθη που αφορούν μια εγκατάσταση. Μέσα από αυτή την διαδικασία προσδιορίζονται τα set points των συστημάτων ελέγχου, και τα συστήματα δοκιμάζονται σε κάθε δυνατό τρόπο λειτουργίας (χειμώνας-θέρος, κανονική παροχή-εφεδρεία, διάφορες φορτίσεις

στους ψύκτες κλπ). Τέλος γίνονται οι έλεγχοι αποδόσεων με την σύγκριση των μεγεθών, όπως για παράδειγμα η σύγκριση του ψυκτικού φορτίου νερού έναντι του ψυκτικού φορτίου αέρα για την διεργασία ψύξης σε ένα στοιχείο με ψυχομετρικούς υπολογισμούς.

#### **4.1.2.10. Ολοκληρωμένες δοκιμές**

Οι ολοκληρωμένες δοκιμές είναι σύνθετες δοκιμές που περιλαμβάνουν την συμμετοχή αρκετών μηχανικών. Τα συστήματα δοκιμάζονται σε κάθε δυνατό τρόπο λειτουργίας, και ελέγχονται οι εναλλαγές από τον ένα τρόπο στον άλλο. Συνήθως δίνονται υπό την μορφή σεναρίων, όπου προκαλώντας μια αλλαγή (σφάλμα σε μηχανήμα, αλλαγή set point, προσομοίωση ηλεκτρικής βλάβης, προσομοίωση συναγερμού φωτιάς κ.τ.λ.) καταγράφεται η απόκριση των συστημάτων. Η καταγραφή γίνεται μέσω του συστήματος αυτομάτου ελέγχου, αλλά απαιτείται και η φυσική παρουσία και έλεγχος. Η απόκριση του συστήματος συγκρίνεται με την αναμενόμενη από τις ΤΑΕ και γίνεται η αποδοχή ή όχι.

#### **4.1.2.11. ΔΛΠΣ σε υπάρχοντα κτήρια (retro-commissioning)**

Η ΔΛΠΣ μπορεί να εφαρμοστεί και σε υπάρχοντα κτήρια (retro-commissioning) στα οποία δεν είχε ποτέ εφαρμοστεί η διαδικασία. Εφαρμόζεται ακριβώς όπως στα νέα, με κύριο σκοπό την αναζήτηση βελτιώσεων (κατά προτίμηση χαμηλού αρχικού κόστους) στην λειτουργία και την συντήρηση. Στόχος είναι η αναζήτηση των ισχυόντων στην τωρινή κατάσταση ΤΑΕ και η ικανοποίησή τους από τα συστήματα του κτηρίου.

#### **4.1.2.12. Επαναληπτική ΔΛΠΣ (recommissioning)**

Με την χρήση του ένα κτήριο, ακόμα και αν η ΔΛΠΣ το έχει παραδώσει λειτουργικό και σύμφωνο με τις ΤΑΕ, μπορούν τα συστήματα του να βγουν εκτός ισορροπίας. Αυτό συμβαίνει λόγω των πολλών και διαφορετικών εργολάβων που μπορεί να εμπλακούν σε μικροεργασίες, λόγω πιθανόν αλλαγών της ομάδας συντήρησης, αλλά και λόγω μικροεπισκευαστικών εργασιών που συμβαίνουν για να αντιμετωπίσουν παράπονα των χρηστών και που όλα τελικά επηρεάζουν τις αρχικές ρυθμίσεις. Η εφαρμογή μέρους των διαδικασιών (κυρίως των μετρήσεων και δοκιμών), ως μια επαναληπτική διαδικασία (recommissioning), μπορεί να επαναφέρει τα αρχικά οφέλη από την ΔΛΠΣ.

### **4.1.3. Οφέλη**

Τα οφέλη από την εφαρμογή ΔΛΠΣ περιλαμβάνουν (αλλά δεν εξαντλούνται εκεί):

#### **4.1.3.1. Μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης**

Τα συστήματα κλιματισμού, καθώς εμπλέκουν πολλά συνεργαζόμενα εξαρτήματα και μηχανήματα, όπως και πολλές λειτουργίες και διεργασίες, έχουν πολλές δυνατότητες για εξοικονόμηση αλλά και σπατάλη ενέργειας. Η ΔΛΠΣ εξασφαλίζει ότι όλα τα υποσύνολα συνεργάζονται σωστά και ότι τα συστήματα δεν υπολειτουργούν. Η εφαρμογή των διαδικασιών φροντίζει ώστε το σύστημα να είναι σωστά ρυθμισμένο, επιτυγχάνοντας τον καλύτερο δυνατό βαθμό απόδοσης (σύμφωνα πάντα με τον σχεδιασμό του). Φροντίζει ώστε οι χρήστες να είναι σωστά ενημερωμένοι για τις δυνατότητες και τον τρόπο χρήσης του συστήματος. Τέλος το κόστος συντήρησης μειώνεται καθώς το σύστημα λειτουργεί ορθά, τα εξαρτήματα του είναι αναγνωρισμένα, ρυθμισμένα και καταγεγραμμένα, υπάρχει δε πλήρες αρχείο εγγράφων στην διάθεση των συντηρητών.

#### **4.1.3.2. Βελτίωση των συνθηκών αερισμού και άνεσης σε εσωτερικούς χώρους**

Οι συνθήκες αερισμού και άνεσης στους εσωτερικούς χώρους εξαρτώνται απόλυτα από τα συστήματα κλιματισμού. Σε όλες τις διεθνείς προδιαγραφές υπάρχουν τεχνικές οδηγίες που προβλέπουν έναν ελάχιστο αριθμό εναλλαγών αέρα, αλλά και εξωτερικού αέρα ανά χρήστη. Μόνο η πιστοποίηση των παροχών μπορεί να εξασφαλίσει ότι πραγματικά οι ελάχιστες απαιτήσεις πληρούνται. Ταυτόχρονα μόνο ο ενδελεχής έλεγχος και προσομοίωση λειτουργιών του συστήματος κλιματισμού (και του αυτομάτου ελέγχου του) μπορεί να επιβεβαιώσει την διατήρηση των σωστών συνθηκών στους χώρους.

#### **4.1.3.3. Επέκταση της ζωής των μηχανημάτων**

Η επαλήθευση του σχεδιασμού και της σωστής διασύνδεσης και τοποθέτησης των εξαρτημάτων, εξασφαλίζει την εξάλειψη ανωμαλιών στα συστήματα και τη μεγιστοποίηση του χρόνου ζωής τους. Ο έλεγχος των περιστροφών, των ζυγοσταθμίσεων, οι έλεγχοι διαρροών, η καταγραφή των κινήσεων των ηλεκτροβανών, ο έλεγχος των θερμικών, αλλά και η καταγραφή των ρυθμίσεων βοηθούν στην επίτευξη του μέγιστου χρόνου ζωής των μηχανημάτων.

#### **4.1.3.4. Επιβεβαίωση και πλήρης καταγραφή της σωστής λειτουργίας των συστημάτων μέσω της ΔΛΠΣ**

Η ολοκλήρωση της ΔΛΠΣ γίνεται με την παράδοση των εντύπων ελέγχου των μηχανημάτων<sup>6</sup> που περιλαμβάνουν:

- Προσχεδιασμένες τιμές όπως παροχές αέρα και ροές νερού, θερμοκρασίες και πιέσεις λειτουργίας.
- Τις διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εκτελεστούν οι δοκιμές και οι απαιτούμενες μετρήσεις.
- Τα αποτελέσματα του λειτουργικού ελέγχου και των ολοκληρωμένων δοκιμών, καθώς και τις τελικές μετρήσεις μεγεθών.
- Διαφορές μεταξύ προσχεδιασμένων και μετρούμενων τιμών.
- Αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να έχουμε τα απαιτούμενα αποτελέσματα.
- Θέση και ρύθμιση όλων των ρυθμιστικών οργάνων (βαλβίδων, ντάμπερ κλπ).

Αυτά λοιπόν τα έντυπα ελέγχου της ΔΛΠΣ αποτελούν κείμενα που απεικονίζουν τον τρόπο λειτουργίας, επιβεβαιώνουν την επίτευξη των στόχων του σχεδιασμού και αποτελούν αξιόπραστο βοήθημα στον ιδιοκτήτη και απόδειξη ότι ο εργολάβος έχει πράξει πράγματι αυτά για τα οποία πληρώθηκε. Μόνο με αυτό τον τρόπο είναι ασφαλισμένος ο ιδιοκτήτης ότι ακολουθήθηκαν οι απαιτήσεις του και χωρίς την ΔΛΠΣ δεν θα μπορούσε να είχε αυτό το εύρος της πληροφόρησης.

## **4.2. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ**

### **4.2.1. Γενικά**

Η ΔΛΠΣ ενσωματώνει, τρεις διακριτές ομάδες ελέγχων και δοκιμών: τους προλειτουργικούς ελέγχους, τους λειτουργικούς ελέγχους και τις ολοκληρωμένες δοκιμές (ΟΔ). Οι έλεγχοι αυτοί φιλοδοξούν μέσα από την συστηματικότητά τους να ανακαλύψουν κάθε δυνητική «ασθένεια» του

<sup>6</sup> Και την ολοκλήρωση της αναφοράς ΔΛΠΣ (commissioning report)

συστήματος πριν τη γέννησή της. Μπορεί να εφαρμοστεί σε καινούργια κτήρια, αλλά και σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

Για την επιτυχή έκβαση της ΔΛΠΣ, και την μεγιστοποίηση του οικονομικού και ενεργειακού οφέλους, θα πρέπει να ακολουθείται όλη η διαδικασία και όχι μόνο τμηματικά. Με άλλα λόγια θα πρέπει να καταγράφονται οι ΤΑΕ (ακόμα και αν το έργο είναι υφιστάμενο ή η κατασκευή έχει προχωρήσει), να ενημερώνεται η βάση σχεδιασμού, να ακολουθούν οι έλεγχοι και η διαδικασία να κλείνει με την εκπαίδευση των χειριστών και συντηρητών.

#### **4.2.2. Ολοκληρωμένες δοκιμές (ΟΔ)**

Οι ολοκληρωμένες δοκιμές (ΟΔ) αποτελούν την κορύφωση των διαγνωστικών ελέγχων στην ΔΛΠΣ. Το πρώτο βήμα στην δημιουργία των ΟΔ, είναι ο καθορισμός του ποια ΤΑΕ απαιτεί ποσοτική επιβεβαίωση (για παράδειγμα συνθήκες άνεσης: διατήρηση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας για κάποια περίοδο). Κάποιες δοκιμές μπορεί να αποδεικνύουν την ικανοποίηση περισσότερων από μιας ΤΑΕ.

Το δεύτερο βήμα είναι ο καθορισμός των μεταβλητών που θα αξιολογηθούν σε κάθε ΟΔ (θερμοκρασίες, σχετικές υγρασίες, διαφορά θερμοκρασίας σε αντίθετες όψεις του κτηρίου κλπ).

Το τρίτο βήμα είναι να δομηθούν οι δοκιμές με τρόπο που να περιγράφεται ο ρόλος του κάθε συμμετέχοντα, τα μετρούμενα μεγέθη, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα και οι αποκρίσεις του συστήματος. Συνήθως δίνονται υπό μορφή σεναρίων, όπου περιγράφεται ο ρόλος του κάθε συμμετέχοντα και η θέση του στην εγκατάσταση (π.χ.παρουσία στους ψύκτες για καταγραφή των μεγεθών από το control panel και τα όργανα του δικτύου), ορίζεται ο γενικός συντονιστής (ο οποίος και καταγράφει τα αποτελέσματα, καθώς όλοι αναφέρουν σε αυτόν), και προσδιορίζεται η δράση για την οποία θα καταγραφούν τα αποτελέσματα (βλάβη, ή αλλαγή set point). Άλλες δοκιμές είναι πιο απλές και αφορούν μακροχρόνιες καταγραφές υπό κανονική ή μη λειτουργία με την βοήθεια του συστήματος αυτομάτου ελέγχου.

Βασικό εργαλείο για την διαδικασία των ΟΔ, είναι το σύστημα αυτομάτου ελέγχου (BMS), που επιτρέπει την καταγραφή της συμπεριφοράς των συστημάτων και την ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας. Βασική προϋπόθεση για αυτή την χρήση είναι η σωστή παραλαβή του συστήματος αυτομάτου ελέγχου και ο έλεγχος του ως προς την ορθότητα τοποθέτησης των αισθητηρίων και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων (στο στάδιο των προλειτουργικών και λειτουργικών δοκιμών).

#### **4.2.3. Παραδείγματα εφαρμογών.**

Οι ΟΔ χρησιμοποιούνται για την αναλυτική επιβεβαίωση των κριτηρίων αποδοχής. Ανάλογα την ΤΑΕ που καλούνται να επαληθεύσουν, οι ΟΔ μπορούν να ταξινομηθούν κάτω από τέσσερις γενικές κατηγορίες:

##### **4.2.3.1. Επιβεβαίωση διατήρησης συνθηκών.**

Σε αυτού του είδους τις δοκιμές ελέγχεται η ικανότητα ενός συστήματος να διατηρεί μια συνθήκη σταθερή και εντός των προδιαγραφόμενων αποκλίσεων. Είναι η συνηθέστερη περίπτωση και παραδείγματα εφαρμογής της είναι:

- Παροχή σταθερής θερμοκρασίας προσαγωγής από ΚΚΜ νωπού αέρα. Καταγράφεται η θερμοκρασία προσαγωγής του αέρα για χρονικό διάστημα (συνήθως 3 ημερών) και κάτω από διαφορετικές εξωτερικές συνθήκες. Οι δοκιμές γίνονται πιο περίπλοκες αν η μονάδα έχει

στόχο να κρατά ταυτόχρονα σταθερό το επίπεδο CO<sub>2</sub> ελέγχοντας ταυτόχρονα κάποιο κιβώτιο μείξης (mixing box) ή και στροφές ανεμιστήρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητο να ελέγξει κανείς την απόδοση της μονάδας και την κίνηση των βαλβίδων ελέγχου.

- Διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας - υγρασίας στον κλιματιζόμενο χώρο. Για ένα σύστημα κλιματισμού να αποδειχθεί ότι μπορεί να διατηρεί την θερμοκρασία και την υγρασία εντός ορίων με χρήση ψευδοφορτίων (συνήθως ηλεκτρικών αντιστάσεων - αερόθερμων) και καταγραφή στο σύστημα αυτομάτου ελέγχου. Ο έλεγχος αυτός θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ευκολότερα μέσω αλλαγής των επιθυμητών συνθηκών (set point), αλλά δεν μπορεί να δώσει αποτελέσματα σχετικά με την δυνατότητα φόρτισης του συστήματος. Το αυξημένο κόστος λόγω χρήσης των ψευδοφορτίων, περιορίζει την χρήση αυτής της δοκιμής κυρίως στις κρίσιμες εγκαταστάσεις (data center, εργαστηριακοί χώροι κλπ).

#### **4.2.3.2. Ενεργειακά ισοζύγια.**

Σε αυτού του είδους τις δοκιμές ελέγχονται τα ενεργειακά ισοζύγια των διεργασιών. Οι έλεγχοι αυτοί αφορούν σε συστήματα ολόκληρα ή απλά σε εναλλάκτες. Σχεδόν σε κάθε ΟΔ μπορεί να γίνει (και πρέπει) μια λογιστική αξιολόγηση των ενεργειακών ισοζυγίων. Σε αυτές τις δοκιμές όμως η ζητούμενη ΤΑΕ προς απόδειξη έχει να κάνει με εξοικονόμηση ενέργειας και μικρό κόστος λειτουργίας και εκεί δίνεται η έμφαση. Συνηθισμένη περίπτωση είναι τα ισοζύγια χώρου και συστήματος κλιματισμού. Καταγράφουμε την κατανάλωση ρεύματος ανά μηχανήμα κλιματισμού (ψύκτες, αντλίες, ΚΚΜ). Σε κάποιες περιπτώσεις μη κρίσιμες μπορούν να γίνουν αποδεκτοί και υπολογισμοί κατανάλωσης ειδικά όταν είναι δύσκολη η μέτρηση, όπως για παράδειγμα των κινητήρων fan coil. Σε αυτές μπορούν να γίνουν τα εξής ισοζύγια:

- Κρύο νερό – ψυκτική ισχύς, με μέτρηση στην παροχή νερού και υπολογισμό με βάση το ΔΤ με ταυτόχρονο υπολογισμό της προσφερόμενης στο αέρα ψυκτικής ισχύος στις ΚΚΜ με μέτρηση της παροχής αέρα και του ΔΤ. Σύγκριση των δύο μεγεθών.
- Σύγκριση της εγκατεστημένης θερμικής ισχύος, και της ψυκτικής ισχύος του ψυχοστασίου. Έλεγχος σε φορτίσεις 100% και μερικού φορτίου.
- Σύγκριση της ψυκτικής ισχύος του ψυχοστασίου και της ψυκτικής ενέργειας (με καταγραφή του ΔΤ και των παροχών) με την ηλεκτρική ισχύ και την ηλεκτρική κατανάλωση. Υπολογισμός απόδοσης ψύκτη. Προσθέτοντας τις καταναλώσεις αντλιών και ανεμιστήρων υπολογίζεται ο συνολικός συντελεστής EER.
- Ψυχομετρία ΚΚΜ. Μέτρηση θερμοκρασίας – υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του μηχανήματος.

Οι δύο τελευταίες δοκιμές μπορούν να γίνουν και με το κτήριο σε λειτουργία σε συνθήκες σχεδιασμού (εποχιακά τεστ).

#### **4.2.3.3. Καταγραφή μεγεθών και έλεγχος συμπεριφοράς εξαρτημάτων και χώρων.**

Εδώ ελέγχονται οι αποκρίσεις μεμονωμένων εξαρτημάτων, όπως οι θέσεις βαλβίδων ελέγχου, η συχνότητα των inverter κ.τ.λ., σε μακροχρόνια λειτουργία (συνήθως 3 ημέρες). Οι δοκιμές αυτές γίνονται με την βοήθεια του BMS και των καταγραφικών του δυνατοτήτων. Έτσι:

- Ανά ΚΚΜ ελέγχεται η θέση και το ποσοστό ανοίγματος των βαλβίδων ελέγχου, σε σχέση με την θερμοκρασία προσαγωγής ή επιστροφής του αέρα. Σε αυτές τις δοκιμές ερευνούμε την πιθανότητα «κυνηγητού» των βαλβίδων ελέγχου, κρύου και ζεστού, καθώς και την πιθανότητα «overshooting» (την υπερτροφοδοσία του στοιχείου με μικρή σχετικά κίνηση της βαλβίδας ελέγχου).

- Ανά αντλία ή ανεμιστήρα με inverter καταγράφονται το ΔΡ και η συχνότητα οδήγησης του κινητήρα. Ελέγχεται η απόκριση και συγκρίνεται με τις επιθυμητές (μετρούμενες) παροχές για καθορισμό του set point.
- Επιβεβαίωση σχετικών πιέσεων σε νοσοκομειακούς και εργαστηριακούς χώρους. Η ΟΔ περιλαμβάνει την μέτρηση του ΔΡ και την καταγραφή του κάτω από διάφορες συνθήκες και όχι απλά την επιβεβαίωση των προσαγωγών, απαγωγών αέρα.

#### **4.2.3.4. Επιβεβαίωση ασφαλούς μετάβασης μεταξύ τρόπων λειτουργίας.**

Σε αυτού του τύπου τις δοκιμές ελέγχεται η ομαλή μετάβαση σε διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας: από ψύξη σε θέρμανση, εναλλαγή κινητήρων, μηχανημάτων, ψυκτών κλπ, μετάβαση σε εφεδρική λειτουργία και επαναφορά, ειδικές συνθήκες (συναγερμός φωτιάς, παγετός κλπ). Παραδείγματα περιλαμβάνουν:

- Έλεγχοι εφεδρείας (ψυχοδοχεία, εφεδρικές πηγές ενέργειας, εφεδρικοί ψύκτες, εφεδρικές αντλίες). Οι ΟΔ περιλαμβάνουν σενάρια βλάβης του ενός ψύκτη και ανάληψη φορτίων από τον δεύτερο, σενάρια αποφόρτισης και φόρτισης των ψυχοδοχείων, εντολές σε ηλεκτρικούς πίνακες κ.τ.λ. Ελέγχεται και επιβεβαιώνεται ότι το σύστημα ισορροπεί μετά την εναλλαγή και συνεχίζει την λειτουργία του απρόσκοπτα.
- Έλεγχοι αντίδρασης των συστημάτων σε πυρκαγιά ή παγετό. Προσομοιάζεται η κατάσταση μέσω αλλαγής set point και παρακολουθείται η πραγματοποίηση της προγραμματισμένης διαδικασίας.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. ΕΛΟΤ EN 15378: 2006 Heating systems in buildings — Inspection of boilers and heating systems.
2. EN 12599: 2000 Αερισμός κτηρίων - Διαδικασίες δοκιμής και μέθοδοι μέτρησης για την αποδοχή εγκατεστημένων συστημάτων αερισμού και κλιματισμού.
3. ΕΛΟΤ EN 15240: 2007 Ventilation for buildings — Energy performance of buildings — Guidelines for inspection of air-conditioning systems.
4. TOTEE 2423/86. Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Κλιματισμός κτιριακών χώρων. Γ΄ έκδοση, 1986.

#### **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

5. ASHRAE. Guideline 1-1996: The HVAC commissioning process
6. ASHRAE guideline 0-2005: The commissioning process
7. BSRIA AG5/2002: Commissioning Management. How to achieve a fully-functioning building.
8. Joy E. Altwies: Commissioning for LEED™, National Conference on Building Commissioning: May 8-10, 2002

#### **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers  
[www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)  
 CIBSE, Chartered Institution of Building Services Engineers [www.cibse.org](http://www.cibse.org)  
 CSA, Commissioning Specialists Association [www.csa.org.uk](http://www.csa.org.uk)  
 REHVA Commissioning CD-ROM [www.rehva.eu](http://www.rehva.eu)

IEA Task 38 Solar Air-Conditioning and Refrigeration B5: Commissioning Guideline

[www.iea-shc.org/task38/](http://www.iea-shc.org/task38/)

IEA Annex 40 Commissioning of Buildings and HVAC Systems for Improved Energy Performance

[www.commissioning-hvac.org](http://www.commissioning-hvac.org)

IEA - ECBCS Annex 47 Cost-effective Commissioning for Existing and Low Energy Buildings

[www.iea-annex47.org](http://www.iea-annex47.org)

GSA The Building Commissioning Guide [www.wbdg.org](http://www.wbdg.org)

ACG Commissioning Guideline [www.commissioning.org](http://www.commissioning.org)

BCA Building Commissioning Handbook [www.bcxa.org](http://www.bcxa.org)

NEBB Procedural Standards for Whole Building Systems Commissioning of New Construction and Retro-Commissioning of Existing Buildings [www.nebb.org](http://www.nebb.org)