



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

**«Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης σε σύγχρονα
κτίρια»**

«Energy saving in heating systems in modern buildings»



Υπό

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή: ΑΛΕΠΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΑΜ: 2921001

Πτυχιακή Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Πτυχίου του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας

ΛΑΡΙΣΑ, 2025

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Αγάπη Βασιλειάδου
(Επιβλέπουσα) Επικ. Καθηγήτρια,
Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας, Σχολή Τεχνολογίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Βασίλειος Νταφόπουλος
Καθηγητής, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας, Σχολή
Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Στέφανος Ζαούτσος
Καθηγητής, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας, Σχολή
Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Με το παρόν κείμενο βεβαιώνω ότι ο κάτωθι υπογράφων είμαι συγγραφέας της παρούσης πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των απαιτήσεων του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και η οποία παραδόθηκε, μετά από έγκριση του επιβλέποντας καθηγητή μου, σε έντυπη και ψηφιακή μορφή στη Γραμματεία του Τμήματος. Επίσης δηλώνω πως κάθε πηγή που χρησιμοποίησα (βιβλιογραφία, αρθρογραφία, δικτυογραφία), για την υποστήριξη των υποθέσεων της μελέτης και της ερευνάς μου, είναι πλήρως συμβατή με τα ακολουθούμενα επιστημονικά πρότυπα και, επιπλέον, αναφέρεται ρητά, υπό μορφή αναφοράς-παραπομπής, σε όλο το φάσμα κειμένων της παρούσης εργασίας. Το αυτό ισχύει για τη χρήση δευτερογενών δεδομένων (πινάκων, διαγραμμάτων και εικόνων), ιδεών και λέξεων, τα οποία και αναφέρονται είτε ακριβώς όπως υπάρχουν στις πηγές είτε μεθερμηνεύονται από εμένα.

ΕΠΩΝΥΜΟ	Αλεπίδης
ΟΝΟΜΑ	Νικόλαος
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ	2921001
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	14/09/2025
ΥΠΟΓΡΑΦΗ	

© 2025. ΑΛΕΠΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας της Σχολής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα της τρέχουσας Πτυχιακής Εργασίας Δρ. Αγάπη Βασιλειάδου, Επικ. Καθηγήτρια για την απεριόριστη υποστήριξη προς την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας για όλη την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας μου.

Τέλος, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

*Αφιερωμένη αυτή η εργασία
στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξανόμενη ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας της θέρμανσης στον κτιριακό τομέα αποτέλεσε το έναυσμα για την παρούσα μελέτη, καθώς τα κτίρια ευθύνονται για σημαντικά ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει την εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης των συγχρόνων κτιρίων, με στόχο την ανάδειξη των παραγόντων που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση και την πρόταση των αποτελεσματικών τεχνολογικών και διαχειριστικών λύσεων. Παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες συστημάτων θέρμανσης και οι διαφοροποιήσεις τους σε επίπεδο απόδοσης, κόστους και λειτουργικότητας, ενώ αναλύεται το νομοθετικό πλαίσιο με έμφαση στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), στα κίνητρα για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και στην ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (EPBD). Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις σύγχρονες τεχνολογίες, όπως οι αντλίες θερμότητας, τα αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου και η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που συμβάλλουν καθοριστικά στη μείωση της κατανάλωσης και στη βελτίωση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η μεθοδολογία βασίστηκε στη συλλογή των δεδομένων για το κέλυφος και για τα εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης, ενώ για την αποτίμηση της ενεργειακής απόδοσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Easykenak. Στη συνέχεια εξετάστηκαν σενάρια παρεμβάσεων, τα οποία περιλάμβαναν βελτίωση της θερμομόνωσης και η χρήση ενεργειακών αποδοτικών συσκευών. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η εφαρμογή αυτών των μεθόδων, σε συνδυασμό με σωστό σχεδιασμό και συστηματική συντήρηση, οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον ο συνδυασμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με αποδοτικά συστήματα θέρμανσης αποτελεί την βιώσιμη επιλογή τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική σκοπιά. Συμπερασματικά η βιώσιμη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης στα σύγχρονα κτίρια συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Λέξεις-Κλειδιά: Εξοικονόμηση ενέργειας, συστήματα θέρμανσης, σύγχρονα κτίρια, KENAK, βιώσιμες λύσεις.

ABSTRACT

The growing need for energy saving of heating in the building sector was the trigger for this study, as buildings are responsible for significant percentages of energy consumption and greenhouse gas emissions. This Thesis examines the energy saving in heating systems of modern buildings, with the aim of highlighting the factors that affect energy efficiency and proposing effective technological and management solutions. The main categories of heating systems and their differentiations in terms of efficiency, cost and functionality are presented, while the legislative framework is analyzed with an emphasis on the Energy Performance of Buildings Regulation (KENAK), the incentives for the energy upgrade of buildings and the European Energy Efficiency Directive (EPBD). Particular emphasis is placed on modern technologies, such as heat pumps, automated control systems and the integration of renewable energy sources, which contribute decisively to the reduction of consumption and the improvement of environmental sustainability. The methodology was based on the collection of data on the shell and on the installed heating, cooling and hot water systems, while the Easykenak software was used to assess energy efficiency. Intervention scenarios were then examined, which included improving thermal insulation and the use of energy-efficient appliances. The results demonstrate that the application of these methods, combined with proper planning and systematic maintenance, leads to significant energy savings. In addition, the combination of renewable energy sources with efficient heating systems is the viable option from both a technical and an economic point of view. In conclusion, the sustainable operation of heating systems in modern buildings contributes to the improvement of the quality of life.

Keywords: Energy saving, heating systems, modern buildings, KENAK, sustainable solutions.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ABSTRACT	v
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Σύντομη ιστορική εξέλιξη συστημάτων κεντρικής θέρμανσης	2
1.2 Σκοπός Πτυχιακής Εργασίας	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	3
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	3
2.1.1 Βασικά μέρη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης	3
2.1.2 Κατηγορίες εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης.....	5
2.1.3 Συστήματα κεντρικής θέρμανσης νερού & αέρα	8
2.1.4 Συστήματα τοπικής θέρμανσης	15
2.1.5 Συμβατικά και παθητικά κτίρια	17
2.1.6 Τοπικά συστήματα κλιματισμού	21
2.1.7 Συστήματα θερμαντικών σωμάτων	25
2.1.8 Διατάξεις ελέγχου και προστασίας στα συστήματα θέρμανσης	31
2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
36	
2.2.1 Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην θέρμανση	36
2.2.2 Ηλιακοί θερμοσίφωνες	38
2.2.3 Φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας	42
2.2.4 Γεωθερμική αντλία θερμότητας	45
2.2.5 Λέβητες βιομάζας	47
2.2.6 Ενδοδαπέδια θέρμανση	50
2.2.7 Λέβητες συμπύκνωσης	53
2.2.8 Σύστημα λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας	55

2.2.9	Σύστημα ηλιακών συλλεκτών με αντλία θερμότητας	57
2.2.10	Έξυπνα συστήματα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας (BMS)	59
2.2.11	Σύστημα αντιστάθμισης θέρμανσης	60
2.3	ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ...	62
2.3.1	Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK)	62
2.3.2	Κίνητρα για την ενεργειακή αναβάθμιση	65
2.3.3	Ευρωπαϊκή οδηγία ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (EPBD)	67
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	68
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΚΤΙΡΙΟΥ-ΟΙΚΙΑΣ	69
4.1	Σκοπός της μελέτης	69
4.1.1	Περιγραφή προβλήματος	69
4.2	Συλλογή δεδομένων του υπάρχον κτιρίου	71
4.2.1	Κέλυφος κτιρίου	74
4.2.2	Τοποθέτηση συστημάτων-συσκευών θέρμανσης, ψύξης, ZNX στο Υπάρχον κτίριο	75
4.3	Τεχνολογίες συσκευών εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου	79
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	85
5.1	Αποτελέσματα σχετικά με τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας ..	85
5.2	Αποτελέσματα σεναρίων μελέτης περίπτωσης εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενη οικία	86
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ	88
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1 Βασικά μέρη κεντρικής θέρμανσης: (Α). λέβητας, (Β). καυστήρας, (C). Κυκλοφορητής, (D). Δοχείο διαστολής, (Ε). Θερμαντικό σώμα, (F). Εξαεριστήρας, (G). Θερμοστάτης, (H). Αυτόματος πλήρωσης, (I). Μανόμετρο, (J). Μειωτής πίεσης, (K). Boiler λεβητοστασίου, (L). Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα [16].....	4
Εικόνα 2-2 Απεικόνιση της κεντρικής θέρμανσης αποτελώντας το συνολικό σύστημα διανομής θερμότητας του κτιρίου [17].....	5
Εικόνα 2-3 Συστήματα θέρμανσης: (α). Λέβητας πετρελαίου, (b). Λέβητας φυσικού αερίου, (c). Λέβητας συμπίκνωσης, (d). Αντλία θερμότητας, (e). Ενδοδαπέδια θέρμανση, (f). Ηλιακός θερμοσίφωνας, (g). Συνδυασμός ηλιακού θερμικού συστήματος με αντλία θερμότητας (h). Συνδυασμός ηλιακού θερμικού συστήματος με λέβητα (i). Συνδυασμός Φ/Β πάνελ με αντλία θερμότητας [18],[19],[20].....	8
Εικόνα 2-4 Απεικόνιση μονοσωλήνιου σύστημα [21]	10
Εικόνα 2-5 Απεικόνιση δισωλήνιου σύστημα [21]	11
Εικόνα 2-6 Απεικόνιση αεραγωγών [23]	12
Εικόνα 2-7 Απεικόνιση στόμια παροχής του αέρα [24].....	13
Εικόνα 2-8 Απεικόνιση ανεμιστήρα μικτής ροής [26].....	14
Εικόνα 2-9 α. Βασικές αρχές σχεδιασμού παθητικού κτιρίου, b. Kolon E+Green House (Korea), c. Taos Passive House (New Mexico), d. The “dragon” kindergarten (Denmark) [35]	20
Εικόνα 2-10 Κτίσιμο παθητικού κτιρίου[34]	20
Εικόνα 2-11 Τοπικό σύστημα κλιματισμού εσωτερικής μονάδας τοίχου [39].....	22
Εικόνα 2-12 Εσωτερική μονάδα τύπου παραθύρου [41].....	23
Εικόνα 2-13 Θερμαντικά σώματα. α. Σώμα καλοριφέρ πάνελ [44], β. Σώμα μπάνιου-πετσετοκρεμάστρα [44], γ. Ηλεκτρικό καλοριφέρ [45].....	27
Εικόνα 2-14 Έξυπνη θερμοστατική βαλβίδα [46]	28
Εικόνα 2-15 Smart Wi-Fi θερμοστάτης προγραμματιζόμενος [51].....	32
Εικόνα 2-16 Βαλβίδα ασφάλειας πίεσης νερού [52]	32
Εικόνα 2-17 Βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας [53]	33
Εικόνα 2-18 Ελεγκτής ροής και πίεσης [54]	33
Εικόνα 2-19 Βαλβίδα ζώνης [55].....	34
Εικόνα 2-20 Διαχωριστής σωματιδίων [56]	35
Εικόνα 2-21 Αυτόματος εξαεριστήρας [57].....	35
Εικόνα 2-22 (α). Ηλιοθερμικά συστήματα[58], (b). Γεωθερμική αντλία θερμότητας[59], (c). Λέβητας βιομάζας[60], (d). Φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας[61].....	37

Εικόνα 2-23 Ηλιακός θερμοσίφωνας -επίπεδοι συλλέκτες [58] [64].....	40
Εικόνα 2-24 Ηλιακός θερμοσίφωνας – συλλέκτες κενού [64]	41
Εικόνα 2-25 Φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας [65] [61].....	43
Εικόνα 2-26 Γεώθερμη αντλία θερμότητας [59].....	45
<i>Εικόνα 2-27 (α). Οριζόντιος γεωεναλλάκτης [67], (b). Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης/Κάθετη γεώτρηση [67].....</i>	<i>46</i>
Εικόνα 2-28 Σόμπα πέλλετ [60]	48
Εικόνα 2-29 Ενδοδαπέδια θέρμανση [72] [74]	51
Εικόνα 2-30 Ηλεκτρική ενδοδαπέδια θέρμανση [75]	52
Εικόνα 2-31 Λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου [77]	53
Εικόνα 2-32 Διαδικασία συμπύκνωσης στον λέβητα [76]	54
Εικόνα 2-33 Σύστημα λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας [79]	56
Εικόνα 2-34 Σύστημα ηλιακών συλλεκτών με αντλία θερμότητας [81].....	58
Εικόνα 2-35 Συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS) [84]	60
<i>Εικόνα 2-36 Σύστημα αντιστάθμισης [86] [87] [88].....</i>	<i>62</i>
Εικόνα 4-1 Κλιματολογικά δεδομένα - Στοιχεία κτιρίου	72
Εικόνα 4-2 Ποσοστό φέροντος οργανισμού	73
Εικόνα 4-3 Ιδιότητες θερμικής ζώνης κτιρίου.....	73
Εικόνα 4-4 Ανάλυση κελύφους θερμικής ζώνης	75
Εικόνα 4-5 Ανάλυση συστήματος θέρμανσης - Ζώνης 1	77
Εικόνα 4-6 Ανάλυση συστήματος ψύξης - Ζώνης 1.....	78
Εικόνα 4-7 Ανάλυση συστήματος ZNX - Ζώνη 1	78
Εικόνα 4-8 Θερμομόνωση στα πλαίσια του σεναρίου 1	80
Εικόνα 4-9 Ανάλυση σεναρίου 2 για την αντλία θερμότητας.....	81
Εικόνα 4-10 Ανάλυση σεναρίου 2 για τον ηλιακό θερμοσίφωνα	82
Εικόνα 4-11 Ανάλυση σεναρίου 2 για τα φωτοβολταϊκά.....	83

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κεντρικών Θερμάνσεων [27]	15
Πίνακας 2-2 Βασικά στοιχεία ανά τύπο συσκευής.....	16
Πίνακας 2-3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Τοπικών Θερμάνσεων [32]	17
Πίνακας 2-4 Πλεονεκτήματα ανά κατηγορία των Θερμαντικών Σωμάτων [44] [45]	27
<i>Πίνακας 2-5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ηλιακού θερμοσίφωνα</i>	<i>41</i>
<i>Πίνακας 2-6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φωτοβολταϊκής αντλίας θερμότητας</i>	<i>44</i>
<i>Πίνακας 2-7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας</i>	<i>47</i>
<i>Πίνακας 2-8 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λεβήτων με χρήση βιομάζας</i>	<i>49</i>
<i>Πίνακας 2-9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης</i>	<i>52</i>
<i>Πίνακας 2-10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λεβήτων συμπύκνωσης</i>	<i>54</i>
Πίνακας 2-11 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας.....	56
Πίνακας 4-1 Σύγκριση του υπάρχον κτιρίου με το κτίριο αναφοράς	70
Πίνακας 4-2 Ανάλυση ενεργειακής κλάσης του Σεναρίου 1	80
Πίνακας 4-3 Αποτελέσματα ενεργειακής κλάσης Σεναρίου 2.....	84
Πίνακας 5-1 Συγκριτικός πίνακας των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας.....	85
Πίνακας 5-2 Συγκριτικός πίνακας σεναρίων μελέτης περίπτωσης.....	86

Πίνακας συντμήσεων

Σύντμηση	Επεξήγηση
Α.Π.Ε.	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
Κ.Θ.	Κεντρική Θέρμανση
Κ.ΕΝ.Α.Κ.	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
Π.Ε.Α.	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.	Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα Κεντρικής Θέρμανσης (Κ.Θ.) είναι συστήματα που παράγουν θερμότητα από μια κεντρική πηγή σε πολλαπλούς χώρους μέσα σε ένα κτίριο, εξασφαλίζοντας ομοιόμορφο έλεγχο θερμοκρασίας, σχετική υγρασία, καθαρότητα και κίνηση του αέρα και ενεργειακή απόδοση. Τα βασικά στοιχεία των κεντρικών θερμάνσεων περιλαμβάνουν τον λέβητα (πετρελαίου, φυσικού αερίου, βιομάζας ή ηλεκτρικό), το δίκτυο σωληνώσεων, τα θερμαντικά σώματα και την ενδοδαπέδια θέρμανση. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος εξαρτάται από την ενεργειακή απόδοση λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων και της αυξανόμενης ανάγκης για βιώσιμες ενεργειακές λύσεις και εξοικονόμηση ενέργειας. Οι ενεργειακές ανάγκες και η θερμική άνεση στα συστήματα (Κ.Θ.) αποτελούν τον βασικό μηχανισμό για την κάλυψη της θέρμανσης ενός κτιρίου, όπου ο στόχος τους είναι η διατήρηση κατάλληλων συνθηκών θερμικής άνεσης, δηλαδή η θερμοκρασία στους χώρους να κυμαίνεται συνήθως στους 22°C τον χειμώνα με σχετική υγρασία γύρω στο 30-50%, και για το καλοκαίρι στους 25-26°C με σχετική υγρασία 40-50%.

Η μεταφορά θερμότητας σε ένα σύστημα Κεντρικής Θέρμανσης πραγματοποιείται με τρεις κύριους τρόπους: με αγωγή, όπου η θερμότητα μεταφέρεται μέσω της άμεσης επαφής μεταξύ των μορίων ενός αντικειμένου, με συναγωγή, όπου η μεταφορά θερμότητας μεταφέρεται μέσω της μάζας των υγρών ή αερίων από μια ψυχρότερη περιοχή χώρου σε μια άλλη θερμότερη, και με ακτινοβολία, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το ένα σημείο προς στο άλλο, μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, όπως τη θερμότητα από τον ήλιο. Η πηγή θερμότητας παράγει θερμική ενέργεια καίγοντας καύσιμα ή χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η ενέργεια θερμαίνει νερό ή αέρα ή συνδυασμός και των δύο, ο οποίος στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω του συστήματος διανομής στους φορείς θερμότητας (υλικά που μεταφέρουν θερμότητα). Αυτά τα συστήματα μεταφέρουν τη θερμότητα στο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τους τρεις βασικούς μηχανισμούς μεταφοράς θερμότητας όπως αναφέρεται προηγούμενος, αυξάνοντας την θερμοκρασία του δωματίου στο επιθυμητό επίπεδο, όπως με την χρήση των καλοριφέρ και άλλων συστημάτων θέρμανσης. Οι θερμοστάτες και τα συστήματα ελέγχου

παρακολουθούν και προσαρμόζουν τη διαδικασία θέρμανσης για να διατηρούν σταθερές θερμοκρασίες και να ελαχιστοποιούν τη σπατάλη ενέργειας γεγονός που οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας [\[1\]](#).

1.1 Σύντομη ιστορική εξέλιξη συστημάτων κεντρικής θέρμανσης

Η ανάγκη για θέρμανση των χώρων είναι τόσο παλιά όσο και ο ίδιος ο άνθρωπος. Από τις πρώτες εστίες φωτιάς σε σπηλιές και κατοικίες, η εξέλιξη της τεχνολογίας είχε ως στόχο την καλύτερη διανομή της θερμότητας και τη βελτίωση της άνεσης. Στην αρχαία Ρώμη αναπτύχθηκε το υπόκαυστο (hypocaustum), ένα από τα πρώτα συστήματα κεντρικής θέρμανσης όπου πρόκειται για ένα δίκτυο καναλιών κάτω από τα δάπεδα, μέσω των οποίων διοχετευόταν θερμός αέρας από καύση ξύλων. Έτσι θερμαινόταν ομοιόμορφα ο χώρος, κυρίως σε λουτρά και δημόσια κτίρια. Κατά τον Μεσαίωνα η θέρμανση βασιζόταν κυρίως σε τζάκια, που παρείχαν θερμότητα τοπικά αλλά είχαν χαμηλή απόδοση και μεγάλες απώλειες καπνού. Στην σύγχρονη εποχή, οι τεχνολογικές εξελίξεις κατά τον 20ο αιώνα έφεραν πολύ πιο αποδοτικά και οικονομικά συστήματα, όπως λέβητες συμπύκνωσης και αντλίες θερμότητας. Αυτά τα μέσα βελτίωσαν σημαντικά την απόδοση της θέρμανσης κατοικιών προσφέροντας έτσι υψηλότερη άνεση και ενεργειακή αποδοτικότητα [\[15\]](#).

1.2 Σκοπός Πτυχιακής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση και η αξιολόγηση των μεθόδων και των τεχνολογιών που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης των συγχρόνων κτιρίων. Η εργασία στοχεύει να αναδείξει τη σημασία της ορθής μελέτης, της εγκατάστασης και λειτουργίας των θερμικών συστημάτων, καθώς και την ανάγκη ενσωμάτωσης των νέων τεχνολογιών και βέλτιστων πρακτικών που μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρώντας παράλληλα υψηλό επίπεδο θερμικής άνεσης για τους χρήστες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

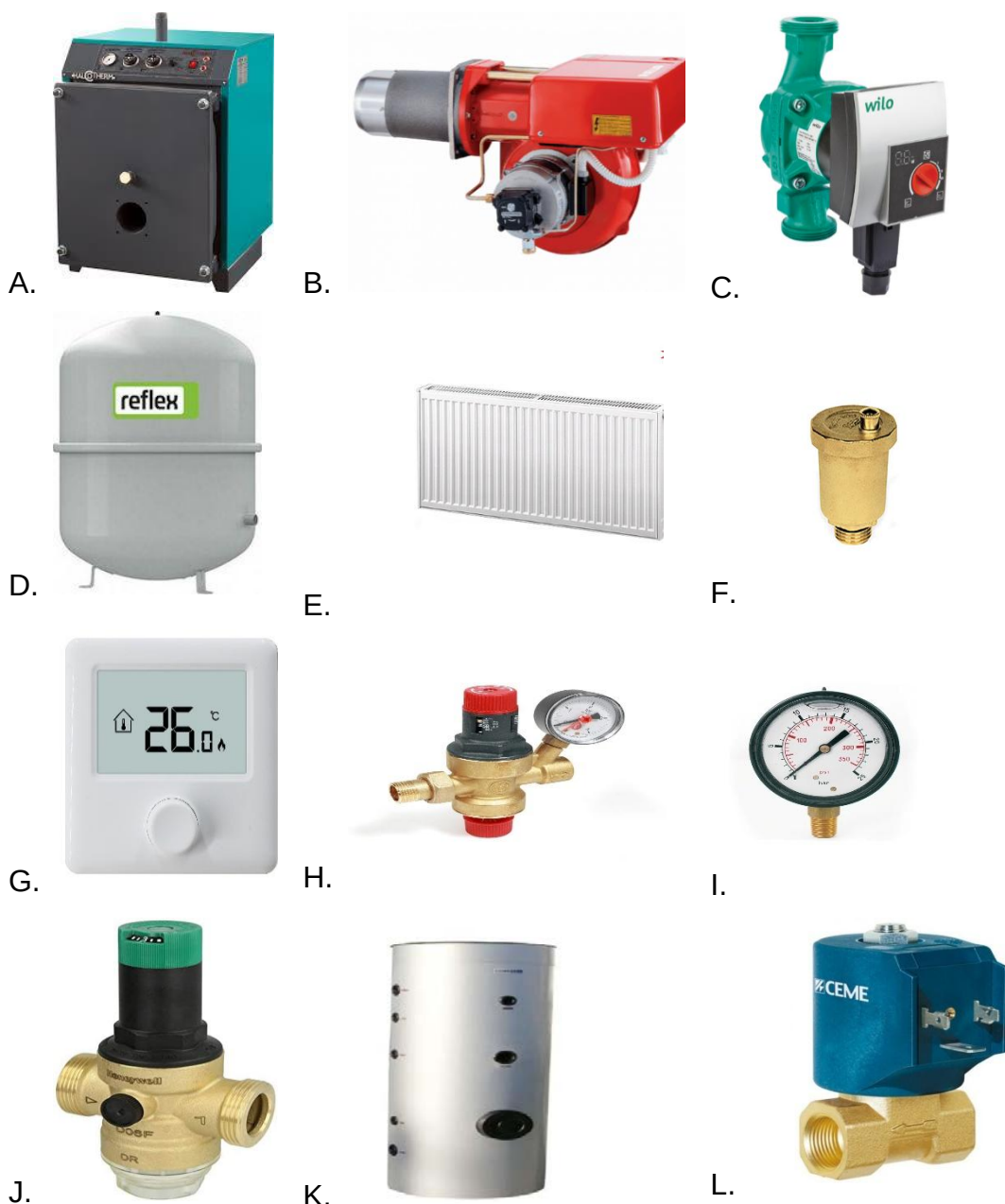
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.1.1 Βασικά μέρη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Τα συστήματα Κεντρικής Θέρμανσης (Κ.Θ.) αποτελούνται από διάφορα μηχανήματα και συσκευές που συνεργάζονται για να παρέχουν αποτελεσματική θέρμανση στα κτίρια και στους χώρους που θα θερμανθούν. Βασικά εξαρτήματα των Κ.Θ. είναι ο λέβητα όπου είναι μια μονάδα παραγωγής θερμότητας στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Λειτουργεί με θέρμανση νερού ή παραγωγή ατμού (φορέας θερμότητας) και στη συνέχεια γίνεται η μεταφορά θερμότητας με τη βοήθεια αυτού του φορέα, σε όλο το σύστημα. Ο καυστήρας είναι υπεύθυνος για την ανάμιξη καυσίμου με αέρα και την ανάφλεξή του για την παραγωγή θερμότητας. Παράγει σημαντικό ρόλο στην απόδοση της καύσης και στον έλεγχο των εκπομπών. Το δοχείο διαστολής είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση της επιπρόσθετης ποσότητας νερού μετά την διαστολή του. Λειτουργεί ως ασφαλιστική δικλίδα. Τα θερμαντικά σώματα διασκορπίζουν τη θερμότητα που μεταφέρει ο φορέας θερμότητας στους θερμαντικούς χώρους μέσω της μεταφοράς και της ακτινοβολίας. Ο θερμοστάτης ρυθμίζει την εσωτερική θερμοκρασία ελέγχοντας το σύστημα θέρμανσης. Ως 'έξυπνο σύστημα' προσφέρει προηγμένες λειτουργίες, όπως τη δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας του χώρου θέρμανσης, Διαθέτει προγραμματιζόμενα χρονοδιαγράμματα και προσαρμοστική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Οι βαλβίδες ασφαλείας είναι αυτές που προστατεύουν το σύστημα θέρμανσης απελευθερώνοντας υπερβολική πίεση, και αποφεύγοντας ζημιές στα εξαρτήματα και διασφαλίζοντας την ασφαλή λειτουργία. Ο κυκλοφορητή είναι αντλία η οποία μεταφέρει το ζεστό νερό ανάλογα με την ρύθμιση της ταχύτητας όπου παράγεται από και προς το λέβητα μέσα από τις σωληνώσεις της εγκατάστασης. Έτσι εξασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, για να επικρατεί η βέλτιστη θερμική άνεση και η ενεργειακή απόδοση.

Τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης αποτελούν σημαντικό παράγοντα της σύγχρονης κτιριακής υποδομής καθώς συνδυάζουν την αποδοτικότητα με την άνεση και τη βιωσιμότητα. Η κατανόηση των παραμέτρων, των αρχών

λειτουργίας και των πλεονεκτημάτων τους είναι απαραίτητη για την επιλογή του σωστού συστήματος για συγκεκριμένες ανάγκες. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται και τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης είναι πιθανόν να γίνουν ακόμη πιο αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον, διαδραματίζοντας κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [\[2\]](#).



Εικόνα 2-1 Βασικά μέρη κεντρικής θέρμανσης: (Α). λέβητας, (Β). καυστήρας, (C). Κυκλοφορητής, (D). Δοχείο διαστολής, (Ε). Θερμαντικό σώμα, (F). Εξαεριστήρας, (G). Θερμοστάτης, (H). Αυτόματος πλήρωσης, (I). Μανόμετρο, (J). Μειωτής πίεσης, (K). Boiler λεβητοστασίου, (L). Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα [\[16\]](#).



Εικόνα 2-2 Απεικόνιση της κεντρικής θέρμανσης αποτελώντας το συνολικό σύστημα διανομής θερμότητας του κτιρίου [17]

2.1.2 Κατηγορίες εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης

Οι κεντρικές θερμάνσεις διαδραματίζουν βασικό στοιχείο για την εξασφάλιση άνετων συνθηκών και θερμικών σταθερών στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης, όπου η καθεμία από τις οποίες διακρίνεται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματά της. Η επιλογή της κατάλληλης κατηγορίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το μέγεθος του κτιρίου, η γεωγραφική τοποθεσία, οι απαιτήσεις άνεσης χώρου και οι περιβαλλοντικές προδιαγραφές.

Η πιο γνωστή μορφή κεντρικής θέρμανσης είναι εκείνη που βασίζεται στη χρήση των λεβήτων πετρελαίου. Οι λέβητες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση του νερού ή του αέρα, το οποίο και στη συνέχεια κυκλοφορεί μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ή αεραγωγών στους θερμαινόμενους χώρους [3]. Οι λέβητες πετρελαίου είναι μια από τις παραδοσιακές επιλογές για την κεντρική θέρμανση. Είναι κατάλληλοι για περιοχές όπου η παροχή φυσικού αερίου δεν είναι διαθέσιμη. Παρόλο που είναι αποτελεσματικοί η λειτουργία τους συνοδεύεται από υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και κόστος καυσίμου [4].

Οι λέβητες φυσικού αερίου είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον και κατά την καύση τους παράγουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το φυσικό αέριο

καίγεται καθαρότερα προσφέροντας υψηλή απόδοση και παράγει ελάχιστους ρύπους σε αντίθεση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα. Αυτή η κατηγορία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής σε αστικές περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου [5]. Οι λέβητες βιομάζας χρησιμοποιούν ως καύσιμο από φυσικά υλικά, όπως ξύλο, πέλλετ ή γεωργικά απόβλητα και μάλιστα προσφέρουν θέρμανση στους χώρους της οικίας και επικρατεί η παραγωγή ζεστού νερού. Είναι μια βιώσιμη επιλογή που συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, βοηθούν στην εξοικονόμηση χρημάτων στους λογαριασμούς ενέργειας αλλά απαιτεί περισσότερη αποθήκευση καυσίμου και συχνή συντήρηση [6].

Οι λέβητες συμπύκνωσης είναι μια τεχνολογικά προηγμένη επιλογή που αξιοποιεί τη θερμότητα από τα καυσαέρια, αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος και μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου γεγονός που συμβάλουν στην μείωση του κόστους της θέρμανσης, παράγουν ελάχιστο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και άλλες εκπομπές αερίων που είναι επιβλαβές για το περιβάλλον και είναι πιο αποδοτικές όταν λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες όπου χρησιμεύουν στις ενδοδαπέδιες θερμάνσεις και στα θερμαντικά σώματα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατοικίες, εμπορικά κτίρια και σε βιομηχανίες με υψηλότερη αποδοτικότητα και εξοικονόμηση ενέργειας και επίσης αποτελούν σημαντικά από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον προσφέροντας βιώσιμη οικονομία.

Οι αντλίες θερμότητας ανήκουν στις πιο σύγχρονες λύσεις για την κεντρική θέρμανση, όπου λειτουργούν μεταφέροντας θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον (αέρας, νερό ή έδαφος) στους εσωτερικούς χώρους. Οι αντλίες θερμότητας αντλούν θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα και την κατευθύνουν στους εσωτερικούς χώρους. Είναι εύκολες στην εγκατάσταση δηλαδή δεν απαιτούν καυστήρες και άλλα διαφορά μεγάλα εξαρτήματα, λειτουργούν αποτελεσματικά σε σταθερή κλίματα, μπορούν να παράγουν περισσότερη θερμική ενέργεια και είναι φιλικές προς το περιβάλλον πάει να πει ότι εφαρμόζουν τον αέρα σαν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς μειώνουν τις εκπομπές του CO_2 . Οι αντλίες θερμότητας αέρος-νερού μεταφέρουν τον αέρα χρησιμοποιώντας την ως πηγή ενέργειας ώστε για να θερμάνουν η να ψύξουν το νερό που κυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων του κτιρίου [7]. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας εκμεταλλεύονται τη θερμότητα του εδάφους

για να θερμάνουν ή να ψύξουν το νερό. Παρόλο που το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό, προσφέρουν εξαιρετική ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με τις αντλίες αέρος-νερού και μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση ενέργειας [\[8\]](#).

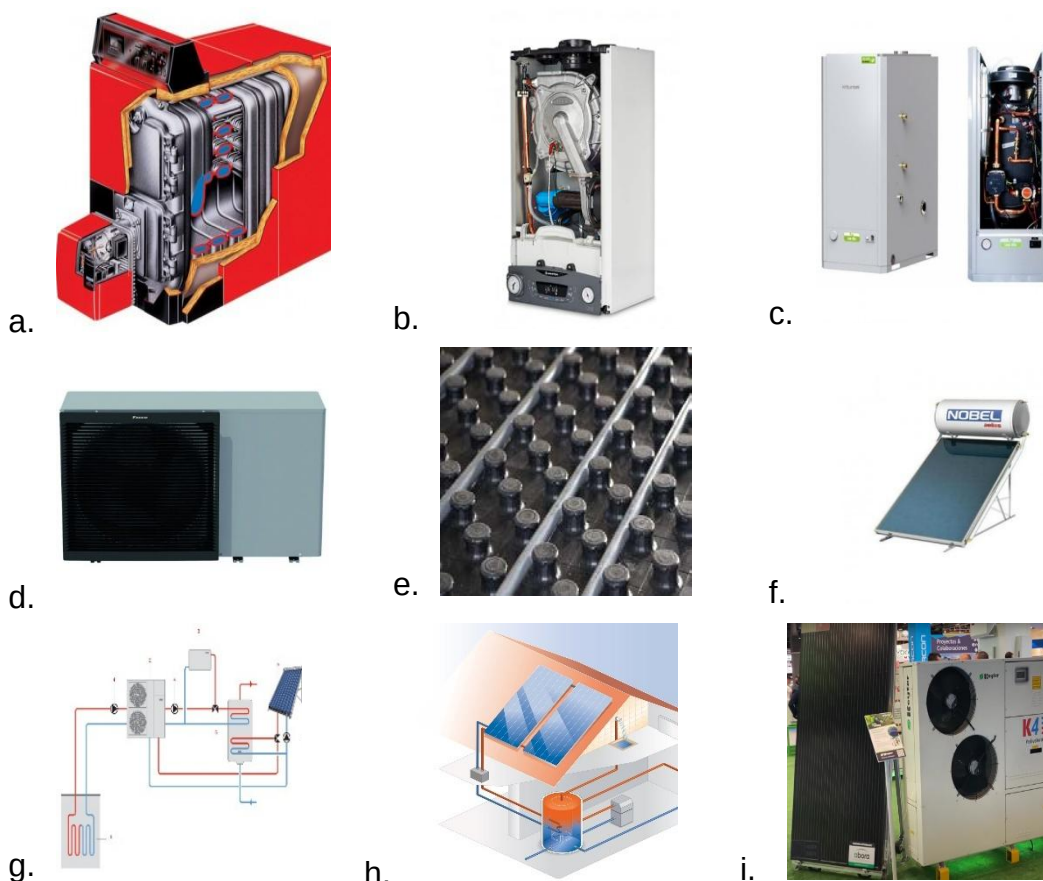
Η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελεί μια δημοφιλή επιλογή σε σύγχρονα κτίρια, καθώς προσφέρει ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας και υψηλή ενεργειακή απόδοση. Μπορεί να λειτουργήσει σε συνδυασμό με λέβητες ή αντλίες θερμότητας. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες: Η υδραυλική και η ηλεκτρική ενδοδαπέδια θέρμανση. Η υδραυλική ενδοδαπέδια θέρμανση βασίζεται στην κυκλοφορία θερμού νερού μέσω σωλήνων που βρίσκονται κάτω από το δάπεδο, είναι κατάλληλη για μεγάλες επιφάνειες και προσφέρει υψηλή απόδοση. Η ηλεκτρική ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί με ηλεκτρικά καλώδια ή με θερμικά καλώδια για τη θέρμανση του δαπέδου σε όλο το χώρο. Είναι πιο εύκολη στην εγκατάσταση αλλά λιγότερο οικονομική στη λειτουργία [\[9\]](#).

Η θέρμανση με χρήση της ηλιακής ενέργειας για την κεντρική θέρμανση είναι μια βιώσιμη λύση που κερδίζει συνεχώς θέρμανση του χώρου. Η ηλιακή θέρμανση συνήθως λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας, όπως λέβητες ή αντλίες θερμότητας, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ηλιοφάνειας. Η τηλεθέρμανση είναι μια σύγχρονη μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως σε αστικές περιοχές. Περιλαμβάνει την παραγωγή θερμότητας σε κεντρικές εγκαταστάσεις και τη μεταφορά της στους τελικούς καταναλωτές μέσω δικτύου θερμικών σωληνώσεων. Είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού [\[10\]](#).

Τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν διάφορες τεχνολογίες, όπως λέβητες και αντλίες θερμότητας μειώνοντας το κόστος θέρμανσης για τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση. Αυτά τα συστήματα παίρνουν την θερμότητα από το περιβάλλον και είναι φιλικές προς το περιβάλλον, παρέχουν ευελιξία και μπορούν να προσαρμοστούν στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε κτιρίου [\[11\]](#).

Η επιλογή της κατάλληλης κατηγορίας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης είναι κρίσιμη για την εξασφάλιση ενεργειακής απόδοσης, άνεσης και βιωσιμότητας. Οι παραδοσιακές λύσεις, όπως οι λέβητες, εξακολουθούν να έχουν τη θέση

τους, ενώ οι σύγχρονες τεχνολογίες, όπως οι αντλίες θερμότητας και τα υβριδικά συστήματα, αποτελούν το μέλλον της θέρμανσης. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η βιομάζα και η ηλιακή ενέργεια, συμβάλλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως οι εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου.



Εικόνα 2-3 Συστήματα θέρμανσης: (α). Λέβητας πετρελαίου, (β). Λέβητας φυσικού αερίου, (γ). Λέβητας συμπίκνωσης, (δ). Αντλία θερμότητας, (ε). Ενδοδαπέδια θέρμανση, (ς). Ηλιακός θερμοσίφωνας, (γ). Συνδυασμός ηλιακού θερμικού συστήματος με αντλία θερμότητας (η). Συνδυασμός ηλιακού θερμικού συστήματος με λέβητα (ι). Συνδυασμός Φ/Β πάνελ με αντλία θερμότητας [18], [19], [20].

2.1.3 Συστήματα κεντρικής θέρμανσης νερού & αέρα

Τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης νερού αποτελούν βασικό παράγοντα σε οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Τα συστήματα αυτά ταξινομούνται με βάση τα επίπεδα πίεσης: συστήματα χαμηλής πίεσης, μέσης πίεσης και συστήματα υψηλής πίεσης, και τον τύπο μονής και διπλής διασωλήνωσης που χρησιμοποιείται για τη διανομή θερμότητας. Η κατανόηση

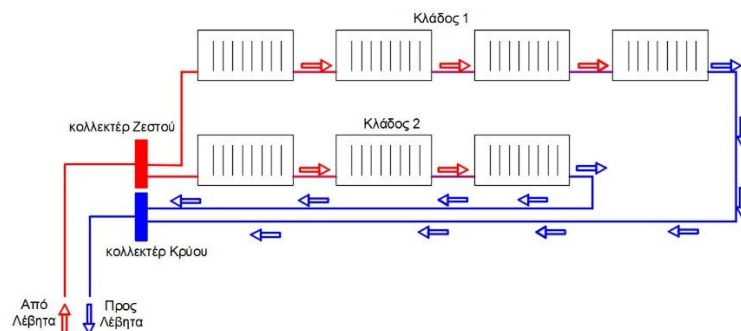
αυτών των ταξινομήσεων είναι απαραίτητη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος για συγκεκριμένες ανάγκες.

- Τα *συστήματα θέρμανσης νερού χαμηλής πίεσης*: λειτουργούν σε πιέσεις κάτω των 2 bar. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε κατοικίες και μικρά εμπορικά κτίρια λόγω της απλότητας και της οικονομικής αποδοτικότητας τους. Τα πλεονεκτήματα είναι το χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, μειωμένος κίνδυνος βλάβης του συστήματος λόγω χαμηλότερης καταπόνησης στα εξαρτήματα και βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για εφαρμογές μικρής κλίμακας. Τα μειονεκτήματα είναι η χαμηλότερη απόδοση μεταφοράς θερμότητας, δεν είναι κατάλληλο για μεγάλα κτίρια ή για βιομηχανικές εφαρμογές και πιθανότητα να υπάρξουν προβλήματα κυκλοφορίας σε εκτεταμένα δίκτυα σωληνώσεων [12].
- Τα *συστήματα θέρμανσης νερού μέσης πίεσης*: λειτουργούν εντός εύρους πίεσης από 2 έως 10 bar. Αυτά τα συστήματα βρίσκονται συχνά σε εμπορικά κτίρια, ξενοδοχεία και μεγαλύτερα οικιστικά συγκροτήματα όπου απαιτούνται υψηλότεροι ρυθμοί ροής νερού και καλύτερη κατανομή θερμότητας. Τα πλεονεκτήματα είναι η βελτιωμένη απόδοση μεταφοράς θερμότητας, κατάλληλο για εφαρμογές μεσαίου μεγέθους, καλύτερη κυκλοφορία, και μειώνει των αναγκών για πρόσθετες αντλίες. Τα μειονεκτήματα είναι το υψηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης σε σύγκριση με τα συστήματα χαμηλής πίεσης και επιπτώσεις του αυξημένου κίνδυνου φθοράς εξαρτημάτων λόγω υψηλότερης πίεσης [13].
- Τα *συστήματα θέρμανσης νερού υψηλής πίεσης*: λειτουργούν σε πιέσεις άνω των 10 bar, όπου αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε βιομηχανικές εφαρμογές, εμπορικά κτίρια μεγάλης κλίμακας και δίκτυα τηλεθέρμανσης. Τα πλεονεκτήματα είναι η υψηλή απόδοση μεταφοράς θερμότητας σε εκτεταμένους χώρους, δυνατότητα παροχής πολλαπλών κτιρίων ή βιομηχανικών διεργασιών και βελτιωμένη απόδοση σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Τα μειονεκτήματα είναι η σύνθετη εγκατάσταση που απαιτεί εξειδικευμένα εξαρτήματα-μηχανήματα τα οποία φέρνουν ως αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος της

λειτουργίας και της συντήρησης, αυξημένος κίνδυνος διαρροών και βλαβών του συστήματος λόγω υψηλής πίεσης που προκαλεί πλήγμα στις σωληνώσεις [14].

Εκτός από την ταξινόμηση με βάση την πίεση, τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης νερού κατηγοριοποιούνται επίσης με βάση τη διαμόρφωση των διασωληνώσεών τους, η οποία καθορίζει τον τρόπο διανομής και επιστροφής του θερμαινόμενου νερού.

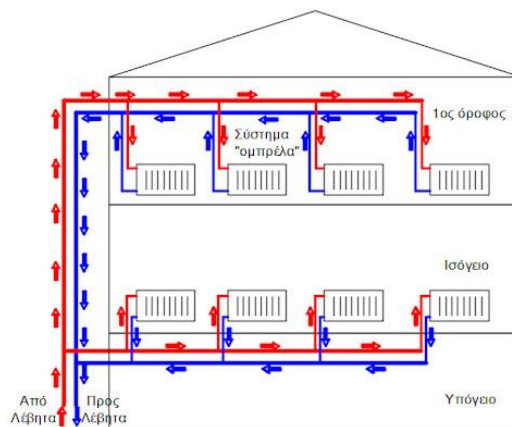
- Τα *συστήματα μονής διασωλήνωσης (ή μονού σωλήνα)*: χρησιμοποιούν έναν μόνο αγωγό τόσο για την παροχή όσο και για την επιστροφή ζεστού νερού. Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρά οικιστικά και εμπορικά κτίρια όπου η απλότητα και η εξοικονόμηση κόστους αποτελούν προτεραιότητες. Τα πλεονεκτήματα είναι το χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης, ο απλούστερος σχεδιασμός και συντήρηση της εγκατάστασης και κατάλληλο για εφαρμογές μικρής κλίμακας. Τα μειονεκτήματα είναι η μη ομοιόμορφη διανομή της θερμότητας, καθώς το νερό χάνει θερμοκρασία όταν προέρχεται από διαφορετικά σημεία, Περιορισμένη απόδοση σε μεγαλύτερα κτίρια εξαιτίας της μονής διασωλήνωσης και Δύσκολο να εξισορροπηθούν λόγω απωλειών θερμοκρασίας για τις απαιτήσεις θέρμανσης χώρων.



Εικόνα 2-4 Απεικόνιση μονοσωλήνιου συστήμα [21]

- Τα *συστήματα διπλής διασωλήνωσης (ή δύο σωλήνων)*: διαθέτουν ξεχωριστούς σωλήνες τροφοδοσίας και επιστροφής. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού και την αποτελεσματικότερη κατανομή θερμότητας. Τα πλεονεκτήματα

είναι ότι έχουν σταθερή κατανομή θερμοκρασίας, έχουν υψηλότερη απόδοση για μεγαλύτερα κτίρια, αποτελεί ευκολότερη ρύθμιση και εξισορρόπηση των απαιτήσεων θέρμανσης. Τα μειονεκτήματα είναι το ψηλό κόστος εγκατάστασης και υλικών, Πιο ευρύτερες σύνθετες απαιτήσεις συντήρησης και επισκευής της εγκατάστασης.



Εικόνα 2-5 Απεικόνιση δισωλήνιου σύστημα [21]

Η επιλογή του σωστού συστήματος κεντρικής θέρμανσης νερού εξαρτάται από τις ειδικές απαιτήσεις του κτιρίου ή της εφαρμογής. Τα συστήματα χαμηλής πίεσης είναι ιδανικά για μικρές οικιακές χρήσεις, ενώ τα συστήματα μέσης και υψηλής πίεσης εξυπηρετούν μεγαλύτερα και πιο απαιτητικά περιβάλλοντα. Ομοίως, τα συστήματα μονής διασωλήνωσης προσφέρουν απλότητα, ενώ τα συστήματα διπλής διασωλήνωσης παρέχουν καλύτερο έλεγχο θερμοκρασίας και αποτελεσματικότητα. Η κατανόηση αυτών των ταξινομήσεων βοηθά στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για ενεργειακά αποδοτικές και οικονομικά αποδοτικές λύσεις θέρμανσης.

Το *σύστημα κεντρικής θέρμανσης με αέρα*: αποτελεί βασικό στοιχείο του σύγχρονου ελέγχου του κλίματος των κτιρίων, εξασφαλίζοντας άνετα εσωτερικό περιβάλλον με την αποτελεσματική διανομή του θερμού αέρα, είναι το σύστημα που χρησιμοποιεί τον αέρα σαν μέσο μεταφοράς της θερμότητας. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από διάφορα διασυνδεδεμένα εξαρτήματα, όπως αεραγωγούς, στόμια (γρίλιες) παροχής και επιστροφής του αέρα, μηχανισμούς ελέγχου της ροής του αέρα, αερόθερμα-θερμαντήρες μηχανισμοί θέρμανσης του αέρα, ανεμιστήρες και υγραποποιητές. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία παίζει

σημαντικό ρόλο στη συνολική λειτουργικότητα και απόδοση του συστήματος θέρμανσης[22].

- Οι αεραγωγοί είναι κρίσιμοι για την κατεύθυνση και τη διασπορά του θερμού αέρα σε όλο το κτίριο. Είναι στρατηγικά τοποθετημένα για να εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή και βέλτιστη κυκλοφορία αέρα. Οι αεραγωγοί τροφοδοσίας παρέχουν ζεστό αέρα στα δωμάτια, ενώ οι αεραγωγοί επιστροφής διευκολύνουν την κυκλοφορία του αέρα πίσω στο σύστημα θέρμανσης για αναθέρμανση. Η σωστή τοποθέτηση και το μέγεθος των αεραγωγών επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση του συστήματος θέρμανσης, αποτρέποντας τα κρύα σημεία και βελτιώνοντας τα επίπεδα άνεσης[23].



Εικόνα 2-6 Απεικόνιση αεραγωγών [23]

- Τα στόμια(γρίλιες) παροχής αέρα είναι υπεύθυνες για την άντληση φρέσκου ή ανακυκλωμένου αέρα, ο οποίος στη συνέχεια θερμαίνεται και διανέμεται μέσω του αγωγού. Εξασφαλίζουν συνεχή ροή αέρα στο σύστημα θέρμανσης, διατηρώντας την απόδοση και αποτρέποντας τη στασιμότητα. Οι επιστροφές, από την άλλη πλευρά, συλλέγουν ψυχρό αέρα από εσωτερικούς χώρους και τον επιστρέφουν στο σύστημα θέρμανσης για αναθέρμανση. Βοηθούν στη διατήρηση ισορροπημένης πίεσης αέρα εντός του συστήματος, εξασφαλίζοντας ομαλή και ενεργειακά αποδοτική λειτουργία. Οι σωστά σχεδιασμένες είσοδοι τροφοδοσίας και επιστροφής μειώνουν τις απώλειες ενέργειας και βελτιώνουν τη συνολική κυκλοφορία του αέρα μέσα σε ένα κτίριο.



Εικόνα 2-7 Απεικόνιση στόμια παροχής του αέρα [24]

- Οι μηχανισμοί ελέγχου ροής του αέρα ρυθμίζουν την κίνηση και την κατεύθυνση του αέρα μέσα στο σύστημα. Αυτά περιλαμβάνουν αποσβεστήρες, θερμοστάτες και αυτοματοποιημένους ελεγκτές που ρυθμίζουν τον όγκο και τη θερμοκρασία του αέρα με βάση τη ζήτηση. Οι αποσβεστήρες είναι ρυθμιζόμενες πλάκες εντός του αγωγού που ρυθμίζουν τη ροή του αέρα, επιτρέποντας τη θέρμανση βάσει ζώνης και μειώνοντας τη σπατάλη ενέργειας. Οι θερμοστάτες παρακολουθούν τα επίπεδα θερμοκρασίας και ελέγχουν τη λειτουργία της μονάδας θέρμανσης για τη διατήρηση των επιθυμητών εσωτερικών θερμοκρασιών. Οι αυτοματοποιημένοι ελεγκτές ενσωματώνονται με έξυπνα συστήματα κτιρίων, βελτιστοποιώντας τη χρήση ενέργειας και εξασφαλίζοντας αποδοτική θέρμανση ρυθμίζοντας δυναμικά τη ροή του αέρα.
- Οι θερμαντήρες αέρα(αερόθερμα) και οι μηχανισμοί θέρμανσης αποτελούν τον πυρήνα του κεντρικού συστήματος θέρμανσης αέρα, είναι λέβητες που είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα. Αυτά τα θερμαντικά στοιχεία μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, όπως φυσικό αέριο, ηλεκτρική ενέργεια ή υδραυλικά συστήματα, όπως οι θερμαντήρες ηλεκτρικής αντίστασης μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα, που χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρότερες εφαρμογές [25].

- Οι ανεμιστήρες είναι ένας βασικός μηχανισμός που οδηγούν την κίνηση του αέρα μέσα στο σύστημα θέρμανσης. Αυτές οι μηχανικές συσκευές εξασφαλίζουν τη σωστή κυκλοφορία του αέρα, διανέμοντας αποτελεσματικά τον ζεστό αέρα μέσω αγωγών και αεραγωγών. Οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται συνήθως λόγω των δυνατοτήτων υψηλής πίεσης και της ικανότητάς τους να μετακινούν αποτελεσματικά τον αέρα δηλαδή τον εισάγουν στο κέντρο τους και των εξάγουν από το άκρο τους μέσω των αγωγών. Οι αξονικοί ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται σε ορισμένες εφαρμογές όπου απαιτείται άμεση ροή του αέρα, δηλαδή ο αέρας εισέρχεται από το ένα άκρο και βγαίνει από το αντίθετο. Οι ανεμιστήρες μικτοί ροής είναι αυτοί που συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά των φυγοκεντρικών και των αξονικών ανεμιστήρων, καθώς προσφέρουν μια ισορροπία μεταξύ πίεσης και παροχής αέρα[26].



Εικόνα 2-8 Απεικόνιση ανεμιστήρα μικτής ροής [26]

- Οι υγραποποιητές καθορίζουν στη διατήρηση της ποιότητας και της άνεσης του εσωτερικού αέρα. Κατά τη θέρμανση του αέρα, τα επίπεδα υγρασίας μπορεί να κυμαίνονται, οδηγώντας σε ξηρές ή υπερβολικά υγρές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα προσθέτουν υγρασία στον αέρα όταν τα επίπεδα υγρασίας πέφτουν πολύ χαμηλά, αποτρέποντας προβλήματα που συνδέονται με την ξηρότητα, όπως αναπνευστική δυσφορία και ζημιά στα ξύλινα έπιπλα.

Με τους πιο πάνω μηχανισμούς που αναφέρονται αποδεικνύουν ότι ένας σωστός σχεδιασμός για την εγκατάσταση και για την συντήρηση αυτών, είναι

απαραίτητα για τη βέλτιστη απόδοση, για την εξοικονόμηση ενέργειας και της μακροπρόθεσμη αξιοπιστία του συστήματος.

Πίνακας 2-1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κεντρικών Θερμάνσεων [27]

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ομοιόμορφη θέρμανση χώρων	Υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης
Αυξημένη άνεση σε σχέση με τα τοπικά συστήματα	Απώλειες θερμότητας στο δίκτυο σωληνώσεων
Απόδοση και οικονομία	Ανάγκη για λεβητοστάσιο και αποθήκευση καυσίμου
Ασφάλεια και ευκολία ελέγχου	Κόστος συντήρησης
Δυνατότητα παραγωγής ΖΝΧ	Εξάρτηση από ένα σύστημα

2.1.4 Συστήματα τοπικής θέρμανσης

Τα συστήματα τοπικής θέρμανσης είναι αυτά όπου η εστία καύσης βρίσκεται στον ίδιο χώρο με αυτόν που πρόκειται να θερμανθεί. Δηλαδή, θερμαίνουν μόνο ένα συγκεκριμένο χώρο μιας οικίας ή κτιρίου, αντί να θερμαίνουν ολόκληρο το κτίριο όπως πραγματοποιείται με την περίπτωση των Κ.Θ.. Σε αντίθεση με τα συστήματα της κεντρικής θέρμανσης, τα οποία μεταδίδουν θερμότητα από μία μόνο πηγή σε όλο το κτίριο, τα τοπικά συστήματα θέρμανσης λειτουργούν ανεξάρτητα σε καθορισμένους χώρους. Αυτά τα συστήματα ποικίλλουν σε πηγές καυσίμου, απόδοση και εφαρμογή, καθιστώντας τα κατάλληλα για διαφορετικές ανάγκες θέρμανσης.

- Οι θερμαντήρες χώρου είναι αυτόνομες συσκευές σχεδιασμένες να θερμαίνουν μια περιορισμένο χώρο, οι τύποι είναι όπως ηλεκτρικοί θερμαντήρες χώρου χρησιμοποιούν ηλεκτρική αντίσταση για την παραγωγή θερμότητας. Οι θερμαντήρες αερίου (σόμπα υγραερίου) καίνε το φυσικό αέριο για την παραγωγή θερμότητας, είναι πιο αποδοτικοί αλλά απαιτούν κατάλληλο εξαερισμό για την πρόληψη της συσσώρευσης μονοξειδίου του άνθρακα [28]. Υπέρυθρες θερμάστρες χρησιμοποιούν υπέρυθρη ακτινοβολία για να θερμαίνουν αντικείμενα και εμάς τους ανθρώπους απευθείας αντί να θερμαίνουν τον αέρα. Οι σόμπες ξύλου

είναι αποτελεσματικές για τις λύσεις θέρμανσης σε σπίτια με ψυχρό περιβάλλον. Παράγουν θερμότητα καίγοντας κορμούς ξύλου ή συμπιεσμένα σφαιρίδια ξύλου η pellet[29].

- Τα τζάκια παρέχουν τόσο ζεστασιά όσο και στην φιλόξενη ατμόσφαιρα, καθιστώντας μια αίσθηση άνεσης και χαλάρωσης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τα οποία είναι τα τζάκια καύσης ξύλου απαιτούν καμινάδα για εξαερισμό και τακτική συντήρηση. Τζάκια αερίου είναι πιο βολικά από τα τζάκια καύσης ξύλου όπου η λειτουργία τους γίνεται με την καύση φυσικού αερίου η υγραερίου το οποίο εισέρχεται στο τζάκι μέσω ενός σωλήνα, αναμιγνύεται με αέρα και ανάβει με ένα ηλεκτρικό σπινθήρα[30]. Τα ηλεκτρικά τζάκια δεν απαιτούν ξύλα η άλλα καύσιμα για την καύση αλλά χρησιμοποιούν μόνο με ηλεκτρικό ρεύμα και δημιουργεί σαν ψευδαίσθηση εμφάνισης μιας πραγματικής φωτιάς ενώ παράγει θερμότητα, καθιστώντας ασφάλεια, εύκολα στην εγκατάσταση καθώς επικρατείτε η καθαριότητα και είναι ενεργειακά αποδοτικά για την εξοικονόμηση ενέργειας [31].

Στον Πίνακα 2-2 παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία ανά τύπο όπως το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, απόδοση, και καταλληλότητα ανά μέγεθος χώρου. Επιπλέον, στον Πίνακα 2-3 παρουσιάζονται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τοπικής θέρμανσης.

Πίνακας 2-2 Βασικά στοιχεία ανά τύπο συσκευής

Τύπος Συσκευής	Καύσιμο / Πηγή Ενέργειας	Απόδοση (Watt ή kW)	Χρήση / Κατάλληλος Χώρος
Σόμπα υγραερίου	Προπάνιο η Βουτάνιο	1500-4200 W	Μικροί-Μεσαίοι χώροι
Υπέρυθρη Θέρμανση	Ηλεκτρικό Ρεύμα	600-2500 W	Μικροί-Μεσαίοι χώροι
Σόμπα Ξύλου	Ξύλο	5-12 kW	Μεγάλοι χώροι
Τζάκι	Ξύλο	8-20 kW	Μεγάλοι χώροι
Τζάκι αερίου	Φυσικό αέριο η Υγραέριο	4-12 kW	Μεγάλοι χώροι
Ηλεκτρικό Τζάκι	Ηλεκτρικό Ρεύμα	750-2000 W	Μεγάλοι χώροι
Καλοριφέρ	Ηλεκτρικό Ρεύμα	800-2500 W	Μικροί-Μεσαίοι χώροι
Κλιματιστικό(Θέρμανση)	Ηλεκτρικό Ρεύμα	900-5000 W	Μικροί-Μεσαίοι χώροι
Αερόθερμο	Ηλεκτρικό Ρεύμα	1000-2500 W	Μικροί χώροι

Πίνακας 2-3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Τοπικών Θερμάνσεων [32]

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Εύκολη εγκατάσταση	Ψηλό κόστος λειτουργίας
Άμεση θέρμανση	Τακτική συντήρηση
Φορητότητα	Περιβαλλοντική επιβάρυνση
Ευελιξία	Περιορισμένη κάλυψη

Κλείνοντας, τα συστήματα τοπικής θέρμανσης αποτελούν εναλλακτική λύση για τη θέρμανση του σπιτιού, προσφέροντας μεγαλύτερη αυτονομία για τον έλεγχο της θέρμανσης του σπιτιού. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ανάγκες του ιδιοκτήτη και τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι για να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα, απαιτείται τακτική συντήρηση του συστήματος καύσης, καθώς η μη καλή καύση (ατελής καύση ή καύση με αρκετή περίσσεια αέρα από ότι απαιτείται), η χρήση ακατάλληλου καυσίμου, κ.λπ. μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα καύσης, λειτουργία με χαμηλή απόδοση, σπατάλη ενέργειας, βλάβη στον εξοπλισμό, αλλά και εκπομπές ρύπων (CO₂, NO_x, PM, κλπ.) που οδηγούν κατά συνέπεια σε ρύπανση του περιβάλλοντος.

2.1.5 Συμβατικά και παθητικά κτίρια

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης αποτελεί βασικό ζήτημα στα σύγχρονα κτίρια, καθώς συμβάλλει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του λειτουργικού κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τα συστήματα θέρμανσης θα πρέπει να περιλαμβάνουν τη χρήση αποδοτικότερων συσκευών, όπως η αναβάθμιση των συστημάτων με λέβητες συμπύκνωσης, οι οποίοι εκμεταλλεύονται τη θερμότητα των καυσαερίων και αυτό οδηγεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Παράλληλα με την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, οι οποίες αξιοποιούν την ενέργεια από το περιβάλλον όπου προσφέρουν υψηλή ενεργειακή απόδοση και μειωμένες εκπομπές ρύπων. Με την σωστή μόνωση των σωληνώσεων και των θερμαινόμενων χώρων μειώνει τις απώλειες

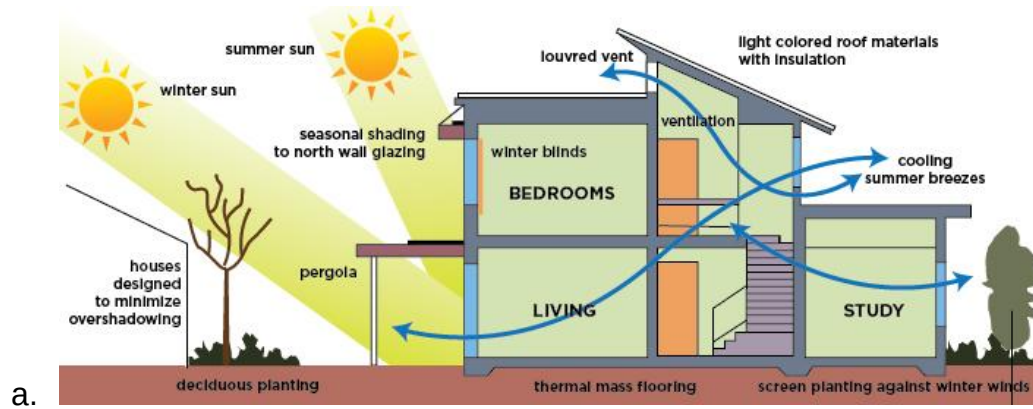
θερμότητας και συμβάλλει στη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας με λιγότερη ενέργεια. Επιπλέον, η τοποθέτηση έξυπνων θερμοστατών στα συστήματα θέρμανσης όπου βελτιώνουν τις συνθήκες άνεσης, την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, δηλαδή βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας των χρημάτων και στην αύξηση της άνεσης στο σπίτι. Χρησιμοποιούν τις συνήθειες του χρήστη ώστε να προσαρμόζουν αυτόματα τη θερμοκρασία, αποφεύγοντας τη σπατάλη ενέργειας όταν στο σπίτι δεν μένει κανείς [\[33\]](#).

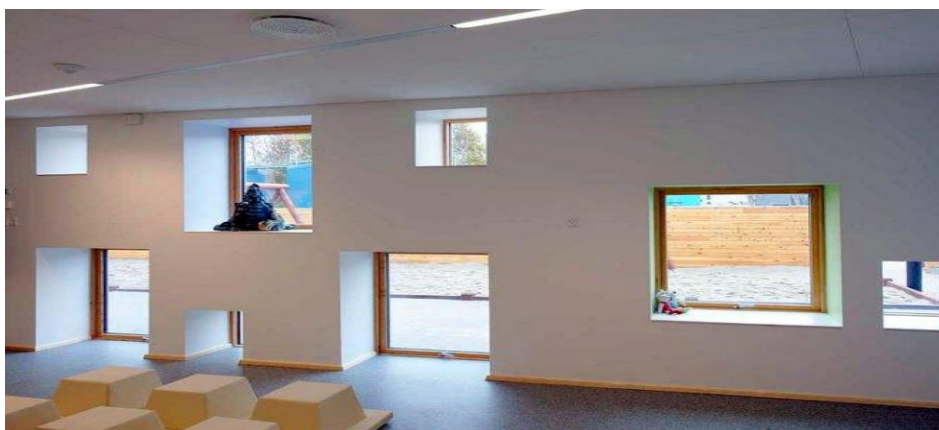
2.1.5.1 Παθητικά κτίρια (*Passive buildings*)

Τα παθητικά κτίρια αποτελούν μια από τις πιο αποδοτικές και βιώσιμες λύσεις για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ανάγκη για θέρμανση και ψύξη. Ο σχεδιασμός τους βασίζεται περισσότερο στην θερμομόνωση στους τοίχους, στην οροφή και στο δάπεδο, μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας για το χειμώνα και τις απώλειες ψύξης για το καλοκαίρι. Με την αεροστεγανότητα που δημιουργείται επικρατούν συνθήκες ελεγχόμενης διαρροής αέρας, μειώνοντας έτσι τις ενεργειακές απώλειες για την εξασφάλιση σταθερής θερμοκρασίας. Τα ανοίγματα του κτιρίου, δομικά κουφώματα και τα παράθυρα όπως τριπλής υάλωσης επιτρέπουν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, καθώς περιορίζουν τις θερμικές απώλειες, έτσι κερδίζεται το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης ενέργειας έως και 90% σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια, και μειώνουν σημαντικά το αποτύπωμα του άνθρακα του κτιρίου λόγω της ελάχιστης κατανάλωσης ενέργειας.

Επίσης, ένας άλλος παράγοντας ο οποίος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο είναι η σωστή επιλογή τοποθέτησης (προσανατολισμός) του κτιρίου και ο σχεδιασμός, συμβάλλουν στην αξιοποίηση της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα και την αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι. Επιπλέον, με την ανάκτηση θερμότητας όπου χρησιμοποιούνται συστήματα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας (Mechanical Ventilation with Heat Recovery-MVHR) είναι για την εξασφάλιση φρέσκου αέρα με ελάχιστες απώλειες θερμότητας, το οποίο είναι ένα απαραίτητο διότι τα συστήματα MVHR ανακτούν τη θερμότητα από τον εξερχόμενο αέρα και τη μεταφέρουν στον εισερχόμενο φρέσκο αέρα,

ελαχιστοποιώντας τις ενεργειακές απώλειες και διατηρώντας μια σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό χώρο [34].





d.

Εικόνα 2-9 α. Βασικές αρχές σχεδιασμού παθητικού κτιρίου, b. Kolon E+Green House (Korea), c. Taos Passive House (New Mexico), d. The “dragon” kindergarten (Denmark) [\[35\]](#)



Εικόνα 2-10 Κτίσιμο παθητικού κτιρίου [\[34\]](#)

2.1.5.2 Συμβατικά κτίρια (Conventional buildings)

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης των συμβατικών κτιρίων αποτελεί σημαντικό κομμάτι, καθώς συμβάλει τόσο στη μείωση του κόστους λειτουργίας όσο και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Υπάρχουν διάφορες στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, οι οποίες σκοπεύουν τόσο στην τεχνολογική αναβάθμιση όσο και στην βελτίωση των πρακτικών χρήσεων και συντήρησης.

Αρχικά η πρώτη βασική παρέμβαση για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι η βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιρίου. Συνήθως τα παλαιά κτίρια δεν

διαθέτουν επαρκή μόνωση για λιγότερες θερμικές απώλειες, γι' αυτό με την τοποθέτηση θερμομονωτικών υλικών στους τοίχους, στην οροφή και στα δάπεδα μειώνει τη διαφυγή της θερμότητας και τις ανάγκες θέρμανσης. Επίσης με την αντικατάσταση παλιών λεβήτων με νέους συμπυκνωτικούς λέβητες υψηλής απόδοσης μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση του καυσίμου, καθώς και εκμεταλλεύονται την λανθάνουσα θερμότητα των καυσαερίων, βελτιώνοντας τον βαθμό απόδοσης [36].

Με τη χρήση των αντλιών θερμότητας οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν πιο αποδοτική λύση για τη θέρμανση των συμβατικών κτιρίων, κυρίως εκμεταλλεύονται τη θερμότητα του αέρα ή του εδάφους για να επιτύχουν την εξοικονόμηση ενέργειας. Ακόμη, οι αντλίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ψύξη, όπου η λειτουργία τους είναι να αφαιρούν την θέρμανση από τον εσωτερικό χώρο και την αποβάλλουν στο εξωτερικό περιβάλλον, έτσι μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους ενέργειας και για την βελτίωση άνεσης του χώρου [37]. Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι είναι η τοποθέτηση των έξυπνων θερμοστατών έχουν την δυνατότητα να προσαρμόζουν αυτόματα τη θερμοκρασία του σπιτιού, υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου δηλαδή οι χρήστες μπορούν να ελέγχουν και να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία από οπουδήποτε, και έτσι μπορούν εκτελέσουν την προθέρμανση ή την ψύξη του σπιτιού πριν από την άφιξη τους, εξοικονομώντας ενέργεια όταν το σπίτι είναι άδειο [38].

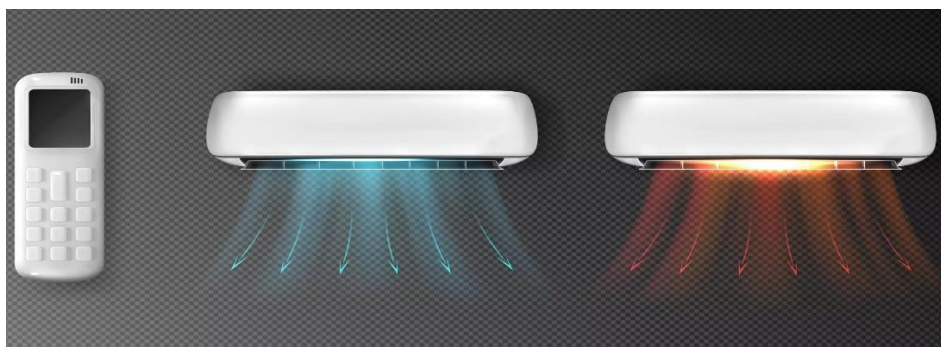
2.1.6 Τοπικά συστήματα κλιματισμού

Τα τοπικά συστήματα κλιματισμού αναφέρονται σε μονάδες θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) που παρέχουν έλεγχο θερμοκρασίας για ένα συγκεκριμένο δωμάτιο ή ένα μικρό τμήμα ενός κτιρίου και όχι για μια ολόκληρη δομή, αυτά τα συστήματα βρίσκονται συνήθως σε διαμερίσματα κατοικιών, γραφεία και μικρούς εμπορικούς χώρους. Οι μονάδες κλιματισμού που χρησιμοποιούνται στα τοπικά συστήματα κλιματισμού ταξινομούνται σε:

1. Μονάδες κλιματισμού διαιρεμένου τύπου (**Split unit**)
2. Μονάδες κλιματισμού τύπου παραθύρου (**Window type**)

Οι μονάδες διαιρεμένου τύπου αποτελούνται από μια εσωτερική μονάδα όπου τοποθετείτε στον τοίχο και αποδίδει πιο αθόρυβη λειτουργία και μια εξωτερική μονάδα που τοποθετείτε έξω από το κτίριο καθώς είναι το πιο θορυβώδες μέρος, αυτές λοιπόν οι δυο μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με σωληνώσεις όπου μεταφέρουν το ψυκτικό υγρό με αποτέλεσμα να παρέχουν μεγαλύτερη απόδοση και δυνατότητα ψύξης/θέρμανσης μεγαλύτερων χώρων. Έτσι έχουμε τους πιο κάτω τέσσερις βασικούς τύπους:

- ✓ Εσωτερική μονάδα τοίχου
- ✓ Εσωτερική μονάδα οροφής
- ✓ Εσωτερική μονάδα δαπέδου
- ✓ Εσωτερική μονάδα χωστή η (κρυφή μονάδα fan coil)



Εικόνα 2-11 Τοπικό σύστημα κλιματισμού εσωτερικής μονάδας τοίχου [39]

Η επιλογή του κατάλληλου κλιματιστικού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα σύγχρονα κτίρια. Η ενεργειακή κλάση ενός κλιματιστικού είναι ουσιώδης, καθώς τα συστήματα που ανήκουν στην κατηγορία (A) η και υψηλότερα προσφέρουν σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Συγκεκριμένα, ένα κλιματιστικό υψηλής ενεργειακής απόδοσης μπορεί να καταναλώνει έως και 30% λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με ένα παλαιότερο η χαμηλότερης απόδοσης. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η τεχνολογία inverter, η οποία επιτρέπει στο κλιματιστικό να προσαρμόζει συνεχώς τη λειτουργία του, αυξομειώνοντας την ισχύ του συμπιεστή σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες του χώρου. Η σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας για το καλοκαίρι είναι μεταξύ 25 – 28 C° και για τον χειμώνα 20 – 23 C°. Η χρήση του αφυγραντήρα μπορεί να μείωση την υγρασία στον χώρο και να συμβάλει

στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς μπορεί να μειώσει την αισθητή θερμοκρασία έως και 3 C° και το περιβάλλον του σπιτιού να είναι πιο δροσερό [\[40\]](#).

Οι μονάδες τύπου παραθύρου περιλαμβάνουν τον συμπιεστή και τη μονάδα ανεμιστήρα για τη μετακίνηση και την ανακύκλωση του αέρα, ονομάζονται έτσι επειδή η εγκατάστασή τους γίνεται σε ανοίγματα τοίχων ή μέσα στα ίδια τα παράθυρα που μοιάζουν με παράθυρα, συνεπώς προσφέρουν ψύξη και θέρμανση.



Εικόνα 2-12 Εσωτερική μονάδα τύπου παραθύρου [\[41\]](#)

Τα τοπικά συστήματα κλιματισμού λειτουργούν εξάγοντας θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και απελευθερώνοντάς την έξω, ψύχοντας έτσι το χώρο. Ορισμένες μονάδες είναι εξοπλισμένες με λειτουργίες θέρμανσης, επιτρέποντάς τους να λειτουργούν ως αντλίες θερμότητας κατά τους ψυχρότερους μήνες. Αυτά τα συστήματα είναι ενεργειακά αποδοτικά όταν χρησιμοποιούνται σωστά, αλλά η ακατάλληλη χρήση μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό ενεργειακό κόστος.

Για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση και να μειωθεί το κόστος θέρμανσης όταν χρησιμοποιούνται τοπικά συστήματα κλιματισμού σε λειτουργία θέρμανσης, θα πρέπει να εξεταστούν οι παρακάτω δείκτες απόδοσης:

- Το HSPF (Heating Seasonal Performance Factor), εποχιακός συντελεστής απόδοσης θέρμανσης, είναι ένας δείκτης ο οποίος μετράει την ενεργειακή απόδοση των αντλιών θερμότητας κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Συγκεκριμένα, δείχνει πόση θερμότητα παράγεται ανά κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται (BTU/kWh).

Για παράδειγμα, μια αντλία θερμότητας με HSPF 8 θα παράγει 8.000 BTU θερμότητας για κάθε kWh που καταναλώνει, ενώ μια αντλία με HSPF 10 θα παράγει 10.000 BTU για την ίδια ποσότητα ενέργειας. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία HSPF, τόσο πιο αποδοτική είναι η αντλία θερμότητας τόσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνει για να παράγει την ίδια ποσότητα θερμότητας [\[42\]](#).

$$\text{Υπολογισμός HSPF: } HSPF = \frac{BTU_{Heating}}{Wh_{Electricity}} \quad (2-1)$$

Υποθέτοντας ότι μια αντλία θερμότητας καταναλώνει 22.000 kWh και παράγει 190.000.000 BTU για την θέρμανση του σπιτιού κατά τους χειμερινούς μήνες.

Σημείωση: Θα πρέπει να μετατραπούν οι κιλοβατώρες σε βατώρες. Για μετατροπή από 22.000 kWh=22.000.000 Wh [\[43\]](#).

Άρα από την εξίσωση (2.1) προκύπτει

$$HSPF = \frac{190.000.000}{22.000.000} = 8,64$$

- Η τοποθέτηση της μονάδας κλιματισμού επηρεάζει την απόδοσή της. Άρα με την σωστή τοποθέτηση της εσωτερικής μονάδας σε κεντρικό χώρο για να κατανέμεται ομοιόμορφα ο ζεστός αέρας. Είναι προτιμότερο να επιλεγεί κλιματιστικό Inverter, το οποίο προσαρμόζει την απόδοσή του στις ανάγκες του χώρου, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας. Αποφεύγεται η τοποθέτησή του κοντά σε παράθυρα ή πόρτες όπου η απώλεια της θερμότητας είναι πιο σημαντική. Επιπλέον, ένας προγραμματιζόμενος θερμοστάτης βοηθά στην αποτελεσματική ρύθμιση της θερμοκρασίας. Η ρύθμιση για χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας ή όταν ο χώρος είναι άδειος ελαχιστοποιείτε η σπατάλη ενέργειας. Οι έξυπνοι θερμοστάτες μπορούν να

βελτιστοποιήσουν περαιτέρω τη χρήση ενέργειας μαθαίνοντας τις συνήθειες θέρμανσης και προσαρμόζοντας αυτόματα.

- Η κακή μόνωση έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια θερμότητας κάνοντας τη μονάδα κλιματισμού να λειτουργεί σκληρότερα. Θα πρέπει τα παράθυρα, οι πόρτες και οι τοίχοι είναι καλά μονωμένοι για να διατηρούν τη θερμότητα σε όλους τους χώρους. Η χρήση θερμικών κουρτινών και η απογύμνωση του καιρού μπορεί να μειώσει σημαντικά την απώλεια θερμότητας. Η διατήρηση του συστήματος κλιματισμού καθαρού και καλά συντηρημένου είναι απαραίτητη για την απόδοση. Να γίνεται τακτικά η εκκαθάριση ή αντικατάσταση των φίλτρων για τον αέρα, και να γίνεται επιθεώρηση στα πηνία και για τυχόν διαρροές ή από έναν κάποιο επαγγελματία, ώστε για να εξασφαλιστεί τη βέλτιστη απόδοση.

Ακολουθώντας αυτές τις στρατηγικές, τα τοπικά συστήματα κλιματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για θέρμανση, διατηρώντας παράλληλα το κόστος διαχειρίσιμο. Η εφαρμογή αυτών των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας όχι μόνο μειώνει τα έξοδα, αλλά συμβάλλει επίσης σε μια πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση θέρμανσης.

2.1.7 Συστήματα θερμαντικών σωμάτων

Τα θερμαντικά σώματα γνωστά και ως καλοριφέρ αποτελούν σημαντικό ρόλο των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης σε οικιστικά, εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια. Παρέχουν ζεστασιά μεταφέροντας θερμότητα από ζεστό νερό ή ατμό στον περιβάλλοντα αέρα. Η απόδοση ενός συστήματος θέρμανσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή εγκατάσταση των θερμαντικών σωμάτων, τον επιλεγμένο τύπο και τις στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας που εφαρμόζονται [\[44\]](#). Η σωστή εγκατάσταση καλοριφέρ είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης θέρμανσης και ενεργειακής απόδοσης. Η διαδικασία εγκατάστασης περιλαμβάνει διάφορα βήματα:

- Η επιλογή της σωστής θέσης για τα θερμαντικά σώματα είναι κρίσιμη για την ομοιόμορφη κατανομή θερμότητας. Η καλύτερη τοποθέτηση είναι συνήθως κάτω από παράθυρα ή κατά μήκος εξωτερικών τοίχων, όπου ο κρύος αέρας εισέρχεται στο δωμάτιο. Αυτή η ρύθμιση επιτρέπει στον ζεστό αέρα να κυκλοφορεί αποτελεσματικά, αποτρέποντας τα κρύα ρεύματα
- Τα θερμαντικά σώματα συνδέονται με το σύστημα κεντρικής θέρμανσης μέσω σωληνώσεων που παρέχουν ζεστό νερό ή ατμό. Η σωστή μόνωση των σωλήνων συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της απώλειας θερμότητας και στη βελτίωση της απόδοσης. Οι βαλβίδες καλοριφέρ, όπως οι θερμοστατικές βαλβίδες καλοριφέρ, επιτρέπουν τον ατομικό έλεγχο της θερμοκρασίας σε κάθε δωμάτιο.

Επίσης, υπάρχουν διάφοροι τύποι θερμαντικών σωμάτων, το καθένα με μοναδικά χαρακτηριστικά οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοση θέρμανσης και την αισθητική τους.

- Τα θερμαντικά σώματα πάνελ (καλοριφέρ πάνελ), βλ. Εικόνα 2-13 α., είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείται στα σπίτια και στους επαγγελματικούς χώρους. Αποτελούνται από ένα επίπεδο ή ραβδωτό μεταλλικό πλαίσιο που ακτινοβολεί θερμότητα. Αποτελούνται από ένα επίπεδο πάνελ, συνήθως από χάλυβα μέσω του οποίου κυκλοφορεί ζεστό νερό, όπου προσφέρουν αυξημένη απόδοση θερμότητας. Το ζεστό νερό παράγεται από τον λέβητα και κυκλοφορεί μέσα από το πάνελ, με αποτέλεσμα να εκπέμπει θερμότητα στο χώρο μέσω ακτινοβολίας που θερμαίνει άμεσα τα αντικείμενα και τους ανθρώπους στον οικιακό ή επαγγελματικό χώρο, και με συναγωγή που θερμαίνει τον αέρα.
- Τα θερμαντικά σώματα μπάνιου ή αλλιώς πετσετοκρεμάστρες, βλ. Εικόνα 2-13 β., χρησιμοποιούνται στα μπάνια για να παρέχουν θέρμανση ώστε να διατηρείτε ζεστασιά στο μπάνιο για ένα πιο άνετο περιβάλλον, ειδικά για τους χειμερινούς μήνες, και άλλη κύρια λειτουργία είναι να στεγνώνουν τις πετσέτες αποφεύγοντας την ανάπτυξη της

μούχλας και δυσάρεστων οσμών. Με διάφορους τύπους, σχέδια και υλικά διαθέσιμα, η επιλογή του σωστού μοντέλου εξαρτάται από τις ανάγκες θέρμανσης, την ενεργειακή απόδοση και τις αισθητικές προτιμήσεις όπου εξασφαλίζει ένα ζεστό και κομψό περιβάλλον μπάνιου.

- Τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, Εικόνα 2-13 c., είναι ανεξάρτητες συσκευές θέρμανσης που δεν απαιτούν σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Υπάρχουν ηλεκτρικά καλοριφέρ τα οποία γεμίζονται με λάδι και θερμαίνονται από μια ηλεκτρική αντίσταση ή οι θερμοπομποί οι οποίοι θερμαίνουν τον αέρα που περνά από μια ηλεκτρική αντίσταση, και άλλοι που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή θερμότητας. Είναι ιδανικά για χώρους χωρίς πρόσβαση σε σύστημα λέβητα.



a.



b.



c.

Εικόνα 2-13 Θερμαντικά σώματα. α. Σώμα καλοριφέρ πάνελ [44], β. Σώμα μπάνιου-πετσετοκρεμάστρα [44], γ. Ηλεκτρικό καλοριφέρ [45]

Η βελτιστοποίηση της χρήσης του καλοριφέρ μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος θέρμανσης διασφαλίζοντας εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 2-4 Πλεονεκτήματα ανά κατηγορία των Θερμαντικών Σωμάτων [44] [45]

Τύπος Θέρμανσης	Πλεονεκτήματα
Θερμαντικά Σώματα Μπάνιου	Θέρμανση και Άνεση
	Στέγνωμα πετσετών
	Αισθητική & Εξοικονόμηση χώρου
Θερμαντικά Σώματα Πάνελ	Υψηλή απόδοση θερμότητας

Ηλεκτρικά Θερμαντικά Σώματα	Ομοιόμορφη κατανομή θερμότητας
	Ενεργειακή απόδοση
	Εύκολη εγκατάσταση
	Ανεξάρτητο από το κεντρικό σύστημα
	Γρήγορη θέρμανση

Με τη χρήση των θερμοστατικών βαλβίδων καλοριφέρ (Thermostatic Radiator Valves) TRVs, Εικόνα XX, πραγματοποιείται η ρύθμιση της θερμοκρασίας σε μεμονωμένους χώρους του κτιρίου. Ρυθμίζοντας την θερμοστατική βαλβίδα, οι χρήστες μπορούν να μειώσουν την παραγωγή θερμότητας σε αχρησιμοποίητους χώρους του κτιρίου, οδηγώντας σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 2-14 Έξυπνη θερμοστατική βαλβίδα [46]

Τα παλαιότερα θερμαντικά σώματα τείνουν να είναι λιγότερο αποδοτικά από τα νεότερα μοντέλα. Η αναβάθμιση σε σύγχρονα ενεργειακά αποδοτικά θερμαντικά σώματα με βελτιωμένη θερμική αγωγιμότητα και σχεδιασμό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η απώλεια της θερμότητας μέσω των σωλήνων μπορεί να μειώσει την απόδοση των θερμαντικών σωμάτων και γι' αυτό θα ήταν καλό να τοποθετηθούν μονωτικοί σωλήνες όπου ελαχιστοποιούν την απαγωγή θερμότητας, διασφαλίζοντας ότι το ζεστό νερό φτάνει στα θερμαντικά σώματα στην προβλεπόμενη θερμοκρασία[47].

Οι έξυπνοι θερμοστάτες και τα χειριστήρια θέρμανσης επιτρέπουν στους χρήστες να προγραμματίζουν προγράμματα θέρμανσης και να ρυθμίζουν εξ

αποστάσεως τις θερμοκρασίες. Αυτό αποτρέπει την περιττή θέρμανση όταν οι χώροι είναι κενοί, οδηγώντας σε μειωμένη κατανάλωση ενέργειας.

Τα θερμαντικά σώματα προσφέρουν διατήρηση άνετων εσωτερικών θερμοκρασιών και η απόδοσή τους εξαρτάται από τη σωστή εγκατάσταση, τον τύπο του επιλεγμένου καλοριφέρ και τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που εφαρμόζονται. Επιλέγοντας τον σωστό τύπο καλοριφέρ και ενσωματώνοντας πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας, οι ιδιοκτήτες σπιτιού και οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος θέρμανσης διατηρώντας παράλληλα τη βέλτιστη ζεστασιά. Η επένδυση στη σύγχρονη τεχνολογία, τη συντήρηση ρουτίνας και τη στρατηγική τοποθέτηση βελτιώνει τόσο την απόδοση όσο και τη βιωσιμότητα στα συστήματα θέρμανσης.

2.1.7.1 Υπολογισμός απόδοσης θερμαντικών σωμάτων

Ο υπολογισμός της απόδοσης των θερμαντικών σωμάτων είναι πολύ σημαντικός για τη σωστή διαστασιολόγηση και την επιλογή τους για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης του σπιτιού/κτιρίου. Η απόδοση ενός θερμαντικού σώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία προσαγωγής και επιστροφής του νερού, τη θερμοκρασία του χώρου, καθώς και από τα υλικά κατασκευής και από το σχεδιασμό του σώματος.

Ο υπολογισμός γίνεται με βάση από τους πιο κάτω τύπους (Εξ. 2-1 έως 2-6):

Για τον υπολογισμό της θερμικής απόδοσης ενός θερμαντικού σώματος νερού χρησιμοποιείται η Εξ. 2-2.

$$Q = F \cdot K \cdot t_{ev} \quad (2-2)$$

Όπου:

Q: Η θερμική απόδοση (ισχύς) ενός σώματος (Kcal/h)

F: Η επιφάνεια του σώματος σε m²

K: Συντελεστής θερμοπερατότητας του σώματος σε Kcal/m²h °C

t_{ev}: Η μέση ενεργός θερμοκρασία του σώματος σε °C

Η μέση ενεργός θερμοκρασία υπολογίζεται από την Εξ. 2-3:

$$t_{ev} = (t_v + t_r) \div 2 - t_i \quad (2-3)$$

Όπου:

t_v : Θερμοκρασία εισόδου του νερού στο σώμα (°C)

t_r : Θερμοκρασία εξόδου του νερού από το σώμα (°C)

t_i : Θερμοκρασία του χώρου (°C)

Για ένα σύστημα θέρμανσης όπου η θερμοκρασία του χώρου είναι 20°C , η θερμοκρασία εισόδου νερού στο σώμα είναι 90°C και η θερμοκρασία εξόδου είναι 70°C , τότε εφαρμόζοντας τον τύπο **(2.3)** βρίσκουμε ότι η μέση ενεργός θερμοκρασία είναι: $(90 + 70) \div 2 - 20 = 60^\circ\text{C}$. [\[48\]](#) [\[49\]](#)

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τον σχεδιασμό και την κατασκευή του καλοριφέρ και ορίζεται από την εξ. 2-4:

$$\frac{K_1}{K_2} = \left(\frac{t_{ev1}}{t_{ev2}} \right)^{0.33} \quad (2-4)$$

Όπου:

K_1 : Συντελεστής θερμοπερατότητας σε ενεργή θερμοκρασία t_{ev1}

K_2 : Συντελεστής θερμοπερατότητας σε ενεργή θερμοκρασία t_{ev2}

Αντίστοιχα, η θερμική απόδοση των θερμαντικών σωμάτων ορίζεται χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εξισώσεις (Εξ. 2-5 και Εξ. 2-6):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{t_{ev1}}{t_{ev2}} \right)^{1.33} \quad (2-5)$$

ή

$$Q_1 = Q_2 \cdot \left(\frac{t_{\varepsilon v1}}{t_{\varepsilon v2}} \right)^{1.33} \quad (2-6)$$

Όπου:

Q₁: Συντελεστής θερμοπερατότητας σε ενεργή θερμοκρασία $t_{\varepsilon v1}$

Q₂: Συντελεστής θερμοπερατότητας σε ενεργή θερμοκρασία $t_{\varepsilon v2}$

Σημείωση: Η δεύτερη εξίσωση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόδοσης ενός θερμαντικού σώματος σε θερμοκρασία $t_{\varepsilon v1}$ εφόσον είναι γνωστή η απόδοση του σώματος στη θερμοκρασία $t_{\varepsilon v2}$. [\[48\]](#) [\[49\]](#)

2.1.8 Διατάξεις ελέγχου και προστασίας στα συστήματα θέρμανσης

Η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια αυτών των συστημάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ενσωμάτωση κατάλληλων διατάξεων ελέγχου και προστασίας. Η εφαρμογή των κατάλληλων συσκευών όχι μόνο εξασφαλίζει αξιόπιστη λειτουργία αλλά συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Καθώς επίσης τα συστήματα θέρμανσης είναι βασικά συστατικά σε οικιστικά, εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια, παρέχοντας την απαραίτητη θερμική άνεση κατά τη διάρκεια ψυχρότερων περιόδων.

Οι θερμοστάτες είναι θεμελιώδεις συσκευές ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των συστημάτων θέρμανσης. Παρακολουθώντας τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και συγκρίνοντάς την με το επιθυμητό σημείο ρύθμισης και προσαρμόζουν ανάλογα την έξοδο της θέρμανσης. Οι προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες είναι ιδιαίτερα ωφέλιμοι για την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς επιτρέπουν στους χρήστες να προγραμματίζουν περιόδους θέρμανσης, μειώνοντας την περιττή λειτουργία κατά τις ώρες εκτός αιχμής. Οι έξυπνοι θερμοστάτες μπορούν να μάθουν τις προτιμήσεις των χρηστών και να προσαρμόσουν αυτόματα τα πρότυπα θέρμανσης, ενισχύουν περαιτέρω την ενεργειακή απόδοση βελτιστοποιώντας την παροχή θερμότητας σύμφωνα με την πραγματική ζήτηση. [\[50\]](#)



Εικόνα 2-15 Smart Wi-Fi θερμοστάτης προγραμματιζόμενος [51]

Οι βαλβίδες ελέγχου θερμοκρασίας και πίεσης βλ. Εικόνα 2-16 & 2-17 είναι ουσιώδους σημασίας για τη διατήρηση της ασφαλούς και αποτελεσματικής λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης. Αυτές οι συσκευές ρυθμίζουν τη ροή ζεστού νερού ή ατμού, διασφαλίζοντας ότι η θερμοκρασία και η πίεση παραμένουν εντός αποδεκτών ορίων. Αποτρέποντας την υπερθέρμανση και την υπερβολική συσσώρευση πίεσης, αυτές οι βαλβίδες συμβάλλουν τόσο στην ασφάλεια όσο και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ειδικότερα, η χρήση θερμοστατικών βαλβίδων καλοριφέρ (TRV) επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας σε μεμονωμένους χώρους, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση και μειώνοντας τη σπατάλη ενέργειας.



Εικόνα 2-16 Βαλβίδα ασφάλειας πίεσης νερού [52]



Εικόνα 2-17 Βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας [53]

Οι συσκευές ελέγχου ροής, βλ. Εικόνα 2-18 & 2-19, όπως οι ελεγκτές διαφορικής πίεσης και οι βαλβίδες ζώνης, διαχειρίζονται τη διανομή θερμότητας σε όλο το σύστημα θέρμανσης. Βελτιστοποιώντας τους ρυθμούς ροής και απομονώνοντας συγκεκριμένες περιοχές όταν δεν απαιτείται θέρμανση, αυτές οι συσκευές συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Τα σύγχρονα συστήματα συχνά ενσωματώνουν μηχανοκίνητες βαλβίδες που μπορούν να ελεγχθούν εξ αποστάσεως, επιτρέποντας πιο εξελιγμένη και αποτελεσματική διαχείριση θέρμανσης.



Εικόνα 2-18 Ελεγκτής ροής και πίεσης [54]



Εικόνα 2-19 Βαλβίδα ζώνης [55]

Οι διατάξεις ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων των βαλβίδων εκτόνωσης πίεσης και των οριακών διακοπών υψηλής θερμοκρασίας, έχουν σχεδιαστεί για να κλείνουν αυτόματα το σύστημα θέρμανσης σε περίπτωση μη φυσιολογικών συνθηκών λειτουργίας. Η κύρια λειτουργία τους είναι να προστατεύουν το σύστημα από ζημιές και να αποτρέπουν επικίνδυνες καταστάσεις. Ενώ ο κύριος σκοπός τους είναι η ασφάλεια, ο ρόλος τους στην εξοικονόμηση ενέργειας δεν πρέπει να υποτιμάται, καθώς η πρόληψη βλαβών ή δυσλειτουργιών μειώνει την ανάγκη για ενεργοβόρες επισκευές και εξασφαλίζει τη βέλτιστη απόδοση του συστήματος.

Ο διαχωριστής σωματιδίων, Εικόνα 2-20, είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται στα συστήματα θέρμανσης για την απομάκρυνση στερέων σωματιδίων και ακαθαρσιών από το νερό του κυκλώματος. Λειτουργεί έτσι εξασφαλίζοντας καθαρότερο νερό στο σύστημα. Η παρουσία σωματιδίων όπως άμμος, σκουριά και άλλα υπολείμματα μπορεί να προκαλέσει φθορές, απόφραξη των σωληνώσεων και μείωση της αποδοτικότητας του συστήματος. Άρα η εγκατάσταση του διαχωριστή σωματιδίων βοηθά στην προστασία των εξαρτημάτων όπως τους κυκλοφορητές, τις βάνες κλπ. αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού και ελαχιστοποιώντας τις ανάγκες για συντήρηση. Επίσης συμβάλει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, καθιστώντας τη λειτουργία του πιο οικονομική και αποδοτική.



Εικόνα 2-20 Διαχωριστής σωματιδίων [56]

Ο αυτόματος εξαεριστήρας, Εικόνα 2-21, αποτελεί σημαντικό κομμάτι στην διάταξη ασφάλειας, ωστόσο η χρησιμότητά του είναι η απομάκρυνση του αέρα από το νερό που εγκλωβίζεται στο κύκλωμα. Πιο αναλυτικά ο εγκλωβισμένος αέρας μπορεί να προκαλέσει μειωμένη κυκλοφορία του νερού, θόρυβο, μειωμένη θερμική απόδοση και διάβρωση των σωληνώσεων. Ο τρόπος που λειτουργεί ο αυτόματος εξαεριστήρας ουσιαστικά διαθέτει μια βαλβίδα όπου ανοίγει όταν ανιχνεύεται αέρας επιτρέποντας την εκτόνωση του. Κάπως έτσι απομακρύνεται ο αέρας και η βαλβίδα κλείνει αυτόματα διατηρώντας το σύστημα σφραγισμένο, και όλα αυτά μέσω από έναν πλωτήρα που ανεβοκατεβαίνει ανάλογα με την ποσότητα του αέρα που υπάρχει. Η χρήση του εξαεριστήρα αυξάνει την αποδοτικότητα του συστήματος θέρμανσης και την βελτιστοποίηση οικονομικής λειτουργίας.



Εικόνα 2-21 Αυτόματος εξαεριστήρας [57]

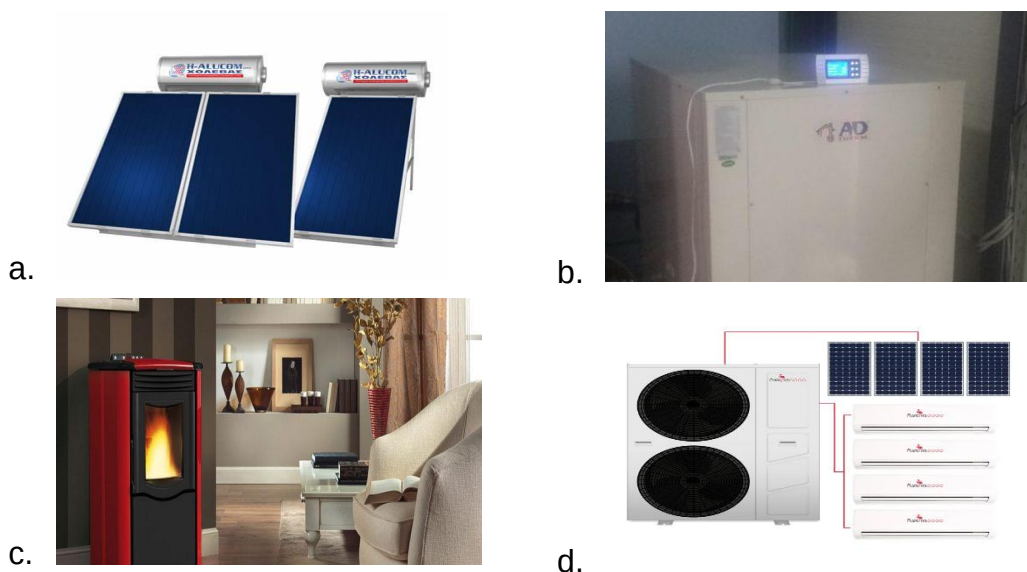
Η ενσωμάτωση διατάξεων ελέγχου και προστασίας στα συστήματα θέρμανσης διαδραματίζει καίριο ρόλο στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης και στη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας. Οι θερμοστάτες, οι βαλβίδες ελέγχου, οι συσκευές ελέγχου ροής, ο διαχωριστής σωματιδίων και ο αυτόματος εξαεριστήρας συμβάλλουν στην επίτευξη σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, η ανάπτυξη εξυπνότερων και αποτελεσματικότερων μηχανισμών ελέγχου θα ενισχύσει περαιτέρω την ικανότητα βελτιστοποίησης των συστημάτων θέρμανσης, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη ενέργειας και μειώνοντας το λειτουργικό κόστος.

2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

2.2.1 Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην θέρμανση

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη θέρμανση παίζει κρίσιμο ρόλο στην αντιμετώπιση της παγκόσμιας ενεργειακής κρίσης, στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η βιομάζα, τα ηλιακά θερμικά συστήματα, η γεωθερμική ενέργεια και οι αντλίες θερμότητας, παρέχουν καθαρές, αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον και εναλλακτικές λύσεις σε συμβατικά συστήματα θέρμανσης που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα. Αυτές οι καινοτόμες τεχνολογίες συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος, στην ενεργειακή ασφάλεια και στην οικονομική ανάπτυξη.

Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενισχύουν την ενεργειακή ασφάλεια μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα. Οι χώρες που επενδύουν σε τεχνολογίες θέρμανσης από ανανεώσιμες πηγές μπορούν να αυξήσουν την ενεργειακή ανεξαρτησία και την ανθεκτικότητά τους έναντι των διακυμάνσεων των διεθνών τιμών των καυσίμων. Τα ηλιοθερμικά συστήματα και οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, για παράδειγμα, προσφέρουν αξιόπιστες και συνεπείς λύσεις θέρμανσης που δεν επηρεάζονται από γεωπολιτικούς ή οικονομικούς παράγοντες. Αυτή η αυξημένη ενεργειακή ασφάλεια συμβάλλει σε μια πιο σταθερή και βιώσιμη ενεργειακή υποδομή.



Εικόνα 2-22 (α). Ηλιοθερμικά συστήματα[58], (β). Γεωθερμική αντλία θερμότητας[59], (γ). Λέβητας βιομάζας[60], (δ). Φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας[61]

Ένα άλλο κρίσιμο όφελος από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη θέρμανση είναι η δυνατότητα σημαντικής εξοικονόμησης κόστους. Αν και το αρχικό κόστος εγκατάστασης των συστημάτων θέρμανσης από ανανεώσιμες πηγές μπορεί να είναι υψηλότερο σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση στους λογαριασμούς ενέργειας μπορεί να είναι σημαντική. Οι τεχνολογίες όπως οι αντλίες θερμότητας και τα ηλιοθερμικά συστήματα απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και έχουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, οδηγώντας σε μειωμένες ενεργειακές δαπάνες με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, διάφορες κυβερνήσεις προσφέρουν κίνητρα, επιδοτήσεις και φορολογικά οφέλη για την προώθηση της υιοθέτησης των συστημάτων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθιστώντας τα πιο προσιτά για τους καταναλωτές[62].

Καθώς η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης στηρίζει επίσης και την τοπική οικονομική ανάπτυξη. Επενδύοντας σε τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπου οι χώρες μπορούν να δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες απασχόλησης στους τομείς της κατασκευής, της εγκατάστασης, της συντήρησης και της έρευνας. Αυτή η οικονομική ανάπτυξη, που καθοδηγείται από τη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορεί να συμβάλει στην περιφερειακή ανάπτυξη και να βελτιώσει το συνολικό βιοτικό επίπεδο.

Σύμφωνα με μια μελέτη όπου εξετάζει τον ρόλο των πολιτικών εργαλείων στην προώθηση των τεχνολογιών ανανεώσιμης θέρμανσης, στο πλαίσιο της οδηγίας 2009/28/EK της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν το μοντέλο προσομοίωσης Invert/EE-Lab το οποίο είναι για την εκτίμηση των τεχνολογικών εφαρμογών και των μελλοντικών τάσεων στην κατανάλωση ενέργειας, ώστε να αναλύσουν τη ζήτηση θερμικής ενέργειας σε κτίρια σε τρεις ευρωπαϊκές χώρες: Αυστρία, Λιθουανία και Ηνωμένο Βασίλειο[62]. Η μελέτη καταλήγει στο αποτέλεσμα ότι οι υποχρεώσεις για την χρήση ανανεώσιμων πηγών για θέρμανση είναι από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα για την προώθηση της αγοράς των συστημάτων θέρμανσης με ΑΠΕ.

Επομένως, αυτές οι χώρες προσπαθούν να μεταβούν προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, και η υιοθέτηση τεχνολογιών θέρμανσης από ανανεώσιμες πηγές γίνεται όλο και πιο σημαντική. Με τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και την προώθηση βιώσιμων πρακτικών, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης αντιπροσωπεύει ένα κρίσιμο βήμα προς ένα πιο πράσινο και ανθεκτικό μέλλον.

2.2.2 Ηλιακοί θερμοσίφωνες

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες (βλ. Εικόνα 2-23) είναι συστήματα σχεδιασμένα για να αξιοποιούν την άφθονη ηλιακή ενέργεια και να διατηρήσουν την ενέργεια για τη θέρμανση και για την κάλυψη αναγκών ζεστού νερού χρήσης, αυτά τα συστήματα είναι φιλικά προς το περιβάλλον και ενεργειακά αποδοτικά. Αυτός είναι ο κύριος τρόπος με τον οποίο οι ηλιακοί θερμοσίφωνες εξοικονομούν ενέργεια, καθώς να μειώνει την ανάγκη για ηλεκτρισμό ή για το φυσικό αέριο που καταναλώνουν οι συμβατικοί θερμοσίφωνες. Κατά μέσο όρο, ένας ηλιακός θερμοσίφοντας μπορεί να μειώσει τους λογαριασμούς θέρμανσης νερού κατά 50% έως 80%. Ένας ηλιακός θερμοσίφοντας χωρητικότητας 100 λίτρων, για παράδειγμα, μπορεί να εξοικονομήσει περίπου 1500 kWh ηλεκτρισμού ετησίως[63].

Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλιακών θερμοσιφώνων είναι ότι χρησιμοποιούν την απεριόριστη και δωρεάν ενέργεια του ήλιου, η

οποία είναι μια καθαρή και ανανεώσιμη πηγή. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη λειτουργία τους, δεν παράγονται εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO₂), συμβάλλοντας στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η μετάβαση από έναν συμβατικό θερμοσίφωνα σε έναν ηλιακό μπορεί να μειώσει το ανθρακικό αποτύπωμα ενός νοικοκυριού ή μιας επιχείρησης, δηλαδή οι συμβατικοί θερμοσίφωνες, είτε ηλεκτρικοί είτε πετρελαίου/φυσικού αερίου, οι οποίες βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα για τη θέρμανση του νερού. Μετέπειτα η καύση αυτών των καυσίμων απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες CO₂ στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα των ηλιακών θερμοσιφώνων είναι η ικανότητά τους να μειώνουν σημαντικά τους λογαριασμούς ενέργειας, ειδικά σε περιοχές με άφθονο ηλιακό φως και η απόδοσή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωγραφική τους θέση, το κλίμα και τη διαθεσιμότητα του ηλιακού φωτός. Επιπλέον, το αρχικό κόστος εγκατάστασης μπορεί να είναι σχετικά υψηλό, αν και αυτό συχνά αντισταθμίζεται από τη μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση στους λογαριασμούς ενέργειας και να προσφέρουν μια πρακτική λύση για την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για οικιακές εφαρμογές.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ηλιακών θερμοσίφωνων-συλλεκτών που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας, οι οποίοι είναι οι **επίπεδοι συλλέκτες** και οι **συλλέκτες κενού**. Παρακάτω εξηγούνται αναλυτικά τι είναι και πώς λειτουργεί καθένας από αυτούς.

Οι **επίπεδοι συλλέκτες** είναι οι πιο συνηθισμένοι και οικονομικοί τύποι για την παραγωγή θέρμανσης. Αποτελούνται από:

- Γυάλινο κάλυμμα (πρόσοψη) όπου επιτρέπει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Απορροφητή το οποίο είναι από χαλκό ή αλουμίνιο, βαμμένο μαύρο για μέγιστη απορρόφηση θερμότητας.
- Σωληνώσεις συνήθως από χαλκό όπου μεταφέρουν το θερμαινόμενο νερό.

- Θερμομόνωση στο πίσω και στα πλάγια τοιχώματα για να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας.

Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το γυάλινο κάλυμμα από τον απορροφητή και η θερμότητα μεταφέρεται στο νερό μέσα στους σωλήνες και θερμαίνεται. Έπειτα το θερμαινόμενο νερό οδηγείται στη δεξαμενή (μπόιλερ), όπου αποθηκεύεται το ζεστό νερό. Έχει χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης και μάλιστα καλή απόδοση σε περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια, όταν υφίσταται ψυχρό κλίμα η συννεφιά, η απόδοση θα παραμείνει σταθερή η ακόμα και μειωμένη με αποτέλεσμα να υπάρξουν υψηλότερες απώλειες θερμότητας σε σχέση με τους συλλέκτες κενού.



Εικόνα 2-23 Ηλιακός θερμοσίφωνας -επίπεδοι συλλέκτες [58] [64]

Οι **συλλέκτες κενού** (βλ. Εικόνα 2-24) αποτελούνται από σωλήνες γυαλιού σε κενό αέρος. Κάθε σωλήνας αποτελείται από δύο κυλινδρικά γυάλινα τοιχώματα, μεταξύ των οποίων υπάρχει κενό αέρος που λειτουργεί ως θερμομονωτικό. Στο εσωτερικό υπάρχει απορροφητική επίστρωση και σωλήνας μεταφοράς της θερμότητας. Το φως του ήλιου διαπερνά τον εξωτερικό σωλήνα και θερμαίνει την απορροφητική επίστρωση και έτσι η θερμότητα του νερού μεταφέρεται στον εσωτερικό σωλήνα. Καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου προσφέρει μέγιστη απόδοση και ζεστό νερό, ακόμα και σε λιγότερο ηλιόλουστες περιοχές.



Εικόνα 2-24 Ηλιακός θερμοσίφωνας – συλλέκτες κενού [64]

Πίνακας 2-5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ηλιακού θερμοσίφωνα

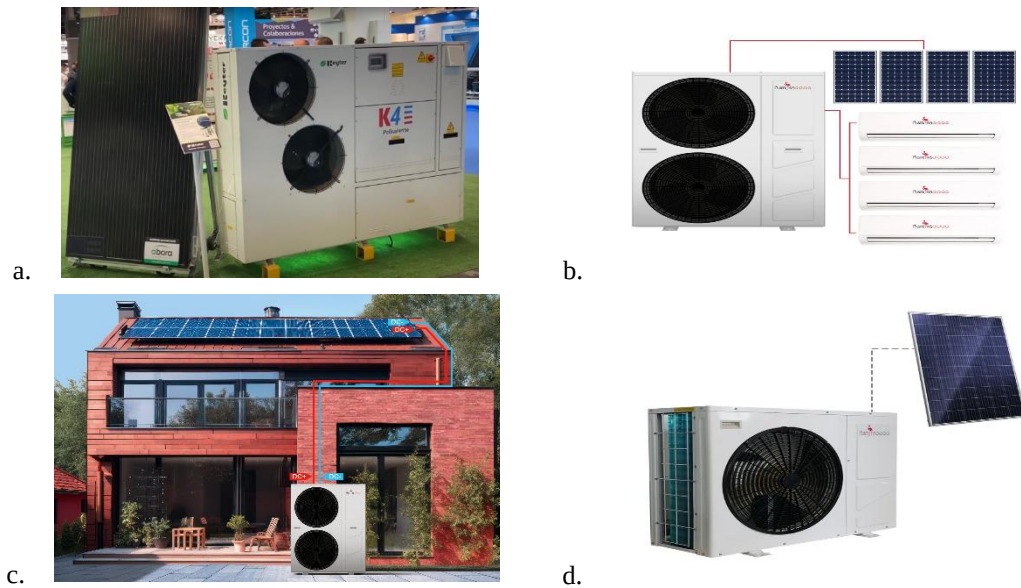
Τεχνολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Ηλιακός θερμοσίφωνας -επίπεδοι συλλέκτες	- Χαμηλότερο κόστος αγοράς και εγκατάστασης. - Ευελιξία στην τοποθέτηση. - Απλότητα συντήρησης. - Αποτελεσματικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.	- Μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. - Χαμηλότερη απόδοση σε χειμερινές συνθήκες. - Πιθανότητα διαρροών.	[58]
ηλιακού θερμοσίφωνα – συλλεκτών κενού	- Ελάχιστες απώλειες λόγω του κενού. - Λειτουργεί σαν εξαιρετική θερμομόνωση. - Καλή απόδοση σε χειμερινές συνθήκες.	- Υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης. - Πιο περίπλοκη κατασκευή (ευαίσθησία σε θραύση σωλήνων).	[64]

		• Ελαφρώς αυξημένες ανάγκες συντήρησης.	
--	--	---	--

2.2.3 Φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας

Μια φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας, (βλ. Εικόνα 2-25), είναι ένα σύστημα θέρμανσης και ψύξης που συνδυάζει δυο τεχνολογίες, οι οποίες αυτές είναι η αντλία θερμότητας όπου είναι μια συσκευή που μεταφέρει θερμότητα από ένα μέρος σε ένα άλλο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ενός χώρου το χειμώνα, αντλώντας θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα (ακόμη και όταν είναι κρύος) και μεταφέροντας την μέσα. Το καλοκαίρι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη ενός χώρου, αντλώντας θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και απορρίπτοντας τον εξωτερικό αέρα. Επιπλέον και τα φωτοβολταϊκά πάνελ να μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η τοποθέτηση της φωτοβολταϊκής αντλίας θερμότητας φέρνει μειωμένο ενεργειακό κόστος, τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει την αντλία θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, μειώνοντας την εξάρτηση, δηλαδή την ανάγκη αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο και από τα ορυκτά καύσιμα, κάτι το οποίο οδηγεί στο πλεονέκτημα για πιο αυξημένη ενεργειακή αυτονομία, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πιο μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπου ουσιαστικά αυτό να συμβάλει στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.



Εικόνα 2-25 Φωτοβολταϊκή αντλία θερμότητας [65] [61]

Στη σχετική μελέτη παρουσιάζεται ένα πρωτοποριακό σύστημα που συνδυάζει φωτοβολταϊκούς/θερμικούς συλλέκτες (PV/T) με μία αντλία θερμότητας υποβοηθούμενη από ηλιακή ενέργεια (SAHP – Solar Assisted Heat Pump). Το εν λόγω σύστημα ενσωματώνει τους συλλέκτες PV/T ως τον εξατμιστή της αντλίας θερμότητας, επιτρέποντας στο ψυκτικό μέσο να απορροφά θερμότητα απευθείας από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω συνδυασμένων συστημάτων φωτοβολταϊκών (PV) και αντλιών θερμότητας αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της βιώσιμης ανάπτυξης [66].

Η προσέγγιση αυτή παρουσιάζει δύο βασικά πλεονεκτήματα:

- Πρώτον, η μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πάνελ έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ηλεκτρικής τους απόδοσης, αφού είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των ηλιακών κυψελών.
- Δεύτερον, η αντλία θερμότητας επωφελείται από την πρόσθετη θερμότητα που συλλέγεται από τους PV/T συλλέκτες, βελτιώνοντας τη θερμική της απόδοση.

Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα της μελέτης, ο μέγιστος συντελεστής απόδοσης (COP-Coefficient of Performance) ουσιαστικά είναι

ένας δείκτης ενεργειακής απόδοσης που χρησιμοποιείται κυρίως για αντλίες θερμότητας. Εκφράζει τη σχέση της ωφέλιμης θερμικής ενέργειας που παρέχει η αντλία θερμότητας προς την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει. Αυτού του συνδυασμένου συστήματος PV-SAHP έφτασε το 8,4 όπου είναι η μέγιστη τιμή που πέτυχε σε ιδανικές συνθήκες, ενώ η μέση τιμή κυμάνθηκε γύρω στο 6,5, δηλαδή η απόδοση που είχε το σύστημα κατά τη διάρκεια της συνολικής περιόδου δοκιμής. Επιπλέον, η μέση ηλεκτρική απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ διαμορφώθηκε στο 13,4%, ποσοστό σημαντικά βελτιωμένο συγκριτικά με τις αποδόσεις ανεξάρτητων PV μονάδων υπό τις ίδιες συνθήκες. Το σύστημα επέδειξε επίσης θετική απόκριση σε μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως η ηλιακή ακτινοβολία και η εξωτερική θερμοκρασία, ενισχύοντας τη δυνατότητα προσαρμογής του σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

Η εφαρμογή ενός τέτοιου ολοκληρωμένου συστήματος καθιστά εφικτή την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια εγκατάσταση, γεγονός που μειώνει την ανάγκη για εξωτερική ενέργεια και αυξάνει τη συνολική ενεργειακή απόδοση. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη βιωσιμότητα και αποτελεί ιδανική λύση για κτήρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης ή για περιοχές με αυξημένες απαιτήσεις σε θέρμανση και ταυτόχρονα υψηλή ηλιοφάνεια.

Η συγκεκριμένη μελέτη τεκμηριώνει τη σημασία της ενσωμάτωσης πολλαπλών τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αναδεικνύει τις δυνατότητες εφαρμογής των PV/T συλλεκτών σε συνδυασμό με αντλίες θερμότητας για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε οικιακά και επαγγελματικά περιβάλλοντα[55].

Πίνακας 2-6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φωτοβολταϊκής αντλίας θερμότητας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Υψηλότερη συνολική απόδοση.	Υψηλότερο αρχικό κόστος.	[65]
Ψύξη των Φ/Β και αύξηση της ηλεκτρικής απόδοσης.	Πολυπλοκότητα σχεδιασμού και εγκατάστασης.	[66]

Συνδυασμένη παραγωγή ενέργειας για αυτοκατανάλωση.	Μειωμένη απόδοση σε χειμερινές συνθήκες.	[61]
--	--	------

2.2.4 Γεωθερμική αντλία θερμότητας

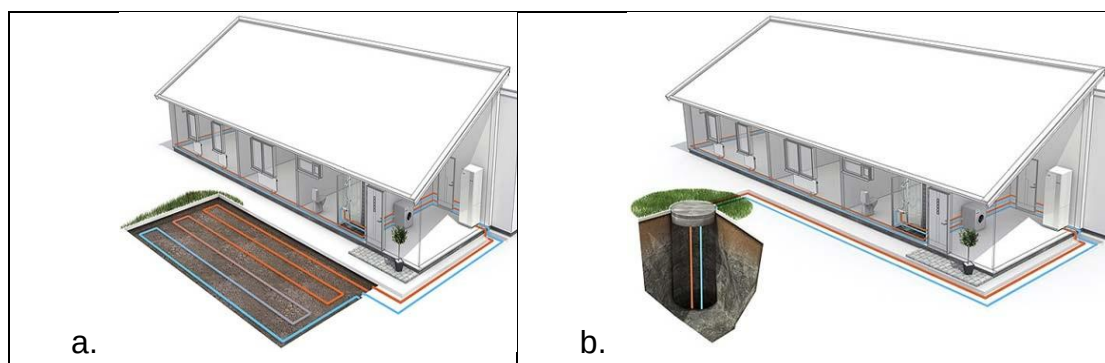
Μια από τις πιο αποδοτικές τεχνολογίες και φιλικές προς το περιβάλλον για εξοικονόμηση ενέργειας είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας (Geothermal Heat Pump) (βλ. Εικόνα 2-26), η οποία αποτελεί μια καινοτόμα τεχνολογία αξιοποίηση της ανανεώσιμης γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης σε κτίρια. Το βασικό πλεονέκτημα έγκειται στην ικανότητα της να εκμεταλλεύεται την σχετική σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους, επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα.



Εικόνα 2-26 Γεωθερμική αντλία θερμότητας [59]

Η λειτουργία της βασίζεται στην θερμική ανταλλαγή, δηλαδή το χειμώνα απορροφά θερμότητα από το έδαφος και τη μεταφέρει στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι λειτουργεί αντίστροφα, απομακρύνοντας τη θερμότητα από το κτίριο και την αποβάλλει στο υπέδαφος. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω ενός κυκλώματος σωληνώσεων (κατακόρυφο ή οριζόντιο γεωεναλλάκτη) (βλ. Εικόνα 2-27), το οποίο είναι θαμμένο στο έδαφος και συνδέεται με την αντλία θερμότητας [67]. Η ενεργειακή απόδοση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας μετρείται μέσω του συντελεστή απόδοσης (COP), οποίος συχνά ξεπερνά το 4 ή το 5, γεγονός που σημαίνει ότι για κάθε 1

kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, η αντλία αποδίδει 4 έως 5 kWh θερμικής ενέργειας. Αυτό υποδεικνύεται σε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 70-80% προερχόμενης ενέργειας από το υπέδαφος [68].



Εικόνα 2-27 (α). Οριζόντιος γεωεναλλάκτης [67], (β). Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης/Κάθετη γεώτρηση [67]

Επιπλέον, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, συμβάλλοντας στη βιωσιμότητα του κτιρίου και στην ενεργειακή αναβάθμιση, κάτι που συχνά οδηγεί και στην βελτίωση της ενεργειακής κατηγορίας του στο ενεργειακό έλεγχο. Παρά την υψηλότερη αρχική επένδυση για την εγκατάσταση του γεωθερμικού συστήματος, η εξοικονόμηση στα λειτουργικά κόστη καθιστούν τη λύση συμφέρουσα.

Επίσης, σε ένα άρθρο αναφέρει για μια εκτενή επισκόπηση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (ΓΑΘ) να γίνεται σύγκριση όσον αφορά για την απόδοση τους με άλλες συμβατικές συσκευές για μεθόδους θέρμανσης[69].

Η μελέτη εξετάζει την τεχνολογία των (ΓΑΘ) για τις συνδέσεις με το έδαφος, όπου αξιοποιούν την σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους για θέρμανση και για ψύξη, μέσω συστημάτων κλειστού και ανοιχτού βρόχου και επιτρέπει υψηλή απόδοση και ενεργειακή αποδοτικότητα. Για την παγκόσμια κατάσταση και τις πρόσφατες εξελίξεις, η χρήση των (ΓΑΘ) αυξάνεται παγκοσμίως, με σημαντικές εφαρμογές σε χώρες με κρύα κλίματα, καθώς και συγκρίσεις με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης κυρίως που προσφέρουν υψηλότερη απόδοση και μειωμένες εκπομπές ρύπων[69].

Η χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι πιο ενεργειακά οικονομικά συμφέρουσα όταν συνδυάζεται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθιστώντας

την πιο φιλική προς το περιβάλλον και πιο ελκυστική επιλογή σε περιοχές με κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες και υποδομές.

Πίνακας 2-7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Υψηλή απόδοση και σταθερότητα.	Υψηλό αρχικό κόστος.	[59]
Μειωμένο κόστος λειτουργίας.	Ανάγκη για χώρο.	[69]
Φιλικότητα προς το περιβάλλον.	Πολύπλοκος σχεδιασμός.	[67]
Μεγάλη διάρκεια ζωής.	Δεν είναι κατάλληλη για όλες τις περιπτώσεις.	[68]
Ψύξη χωρίς πρόσθετο κόστος.	Αύξηση ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας.	[68]

2.2.5 Λέβητες βιομάζας

Σύμφωνα με τους λέβητες βιομάζας (βλ. Εικόνα 2-28) αποτελούν μια από τις πιο βιώσιμες τεχνολογίες θέρμανσης, αξιοποιώντας ως καύσιμο τα οργανικά υλικά, όπως ξύλο, γεωργικά υπολείμματα, πέλλετ και άλλα βιολογικά απορρίμματα. Με την χρήση της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας συνδέεται άμεσα με τη στρατηγική για την μείωση των εκπομπών CO₂ και για καλύτερη μετάβαση προς μία οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η εφαρμογή των λεβήτων βιομάζας είναι ιδιαίτερα ελκυστική τόσο σε οικιακές όσο και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπου λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τους συμβατικούς λέβητες πετρελαίου ή φυσικού αερίου, με τη διαφορά ότι το καύσιμο είναι στερεό και ανανεώσιμο.

Τα πέλλετ ως καύσιμο για την θέρμανση είναι ένας δημοφιλής τρόπος, όπου πρόκειται για μικρούς, κυλινδρικούς κόκκους που παράγονται από υποπροϊόντα ξυλείας, χωρίς όμως να υπάρχει καμία πρόσθετη χημική ουσία και χωρίς υγρασία. Για την παραγωγή θέρμανσης χρησιμοποιούνται σαν καύσιμη ύλη και χρειάζονται ειδικές συσκευές για την καύση τους, όπως:

- **Σόμπες πέλλετ:** Θερμαίνουν απευθείας τον χώρο παράγοντας θερμότητα και ζεστό αέρα.
- **Λέβητες πέλλετ:** Συνδέονται με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης (καλοριφέρ) του σπιτιού και ζεσταίνουν το νερό που κυκλοφορεί στα θερμαντικά σώματα.

Τα πέλλετ θεωρούνται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς κατά την καύση τους, απελευθερώνουν λιγότερους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα το οποίο είναι αυτό που απορροφήθηκε από τα φυτά κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Η θέρμανση με πέλλετ μπορεί να κάνει εξοικονόμηση των χρήματων έως 50% συγκριτικά με την καύση πετρελαίου. Επίσης, η λειτουργία της σόμπας διακόπτεται αυτόματα όταν δεν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση στο χώρο, κάτι το οποίο προσφέρει σημαντική αυτονομία [\[60\]](#).

Η θερμική απόδοση των πέλλετ για την θέρμανση έχουν υψηλή απόδοση, πράγμα που σημαίνει ότι αξιοποιείται στο μέγιστο η ενέργεια του καυσίμου, αλλά εξαρτάται πάντα και από την επιλογή ποιότητας της σόμπας. Επιλέγοντας την σωστή συσκευή σόμπας πέλλετ, εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία και κατανομή θέρμανσης στο χώρο, προσφέροντας έλεγχο στην κατανάλωση λογαριασμών ενέργειας.



Εικόνα 2-28 Σόμπα πέλλετ [\[60\]](#)

Σε ένα άρθρο που μελετήθηκε [\[70\]](#), η εφαρμογή των λεβήτων βιομάζας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης χώρου και ζεστού νερού χρήσης σε κτίρια κατοικιών στην Ισπανία. Η μελέτη εστιάζει στην ενεργειακή, περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση αυτής της εναλλακτικής λύσης σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο

θέρμανσης, το υγραέριο και το φυσικό αέριο. Πέντε τυπικά κτίρια κατοικιών από διαφορετικές κλιματικές ζώνες στην Ιβηρική Χερσόνησο επιλέχθηκαν για να αναλύσουν τη συμπεριφορά των συστημάτων βιομάζας κάτω από διάφορες κλιματικές και ενεργειακές απαιτήσεις.

Η αντικατάσταση των υφιστάμενων λεβήτων με λέβητες βιομάζας είχε ως αποτέλεσμα την εντυπωσιακή μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς μη ανανεώσιμης ενέργειας, με ποσοστά που αγγίζουν έως και το 93%. Ταυτόχρονα, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μειώθηκαν κατά περίπου 94%, υπογραμμίζοντας τη σημαντική συμβολή αυτής της τεχνολογίας στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Αξιοσημείωτη βελτίωση παρουσίασε και η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, καθώς η χρήση βιομάζας ενισχύει τον βαθμό ενεργειακής αυτονομίας και αξιοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Συνολικά, η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή των λεβήτων βιομάζας σε πολυκατοικίες μπορεί να χρησιμεύσει ως μια αξιόπιστη ενέργεια, πιο φιλική προς το περιβάλλον και οικονομικά βιώσιμη με εναλλακτική λύση, σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα. Παρά τις τεχνικές και λειτουργικές προκλήσεις που ενδέχεται να προκύψουν, ιδίως στα υφιστάμενα κτίρια, τα πλεονεκτήματα υπερτερούν σημαντικά των μειονεκτημάτων, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών πολιτικών για την ενεργειακή μετάβαση και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου[70].

Πίνακας 2-8 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λεβήτων με χρήση βιομάζας

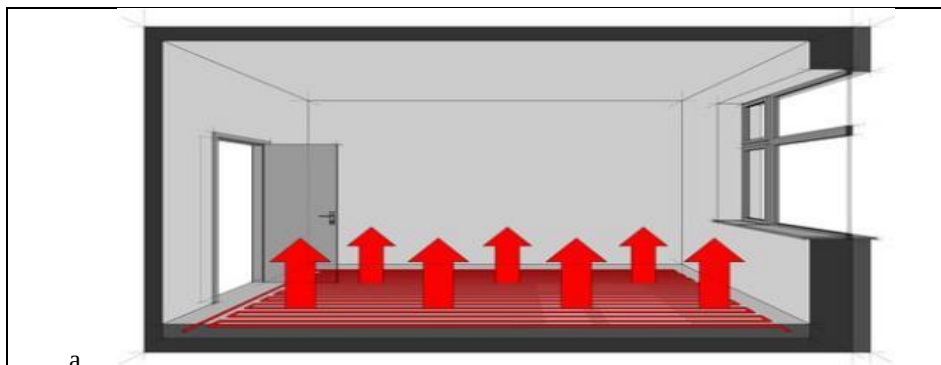
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Υψηλή απόδοση.	Υψηλό κόστος εγκατάστασης.	[71]
Οικονομία στην ενέργεια.	Απαιτείται χώρος αποθήκευσης.	[71]
Περιβαλλοντικά οφέλη.	Κόστος συντήρησης.	[71]

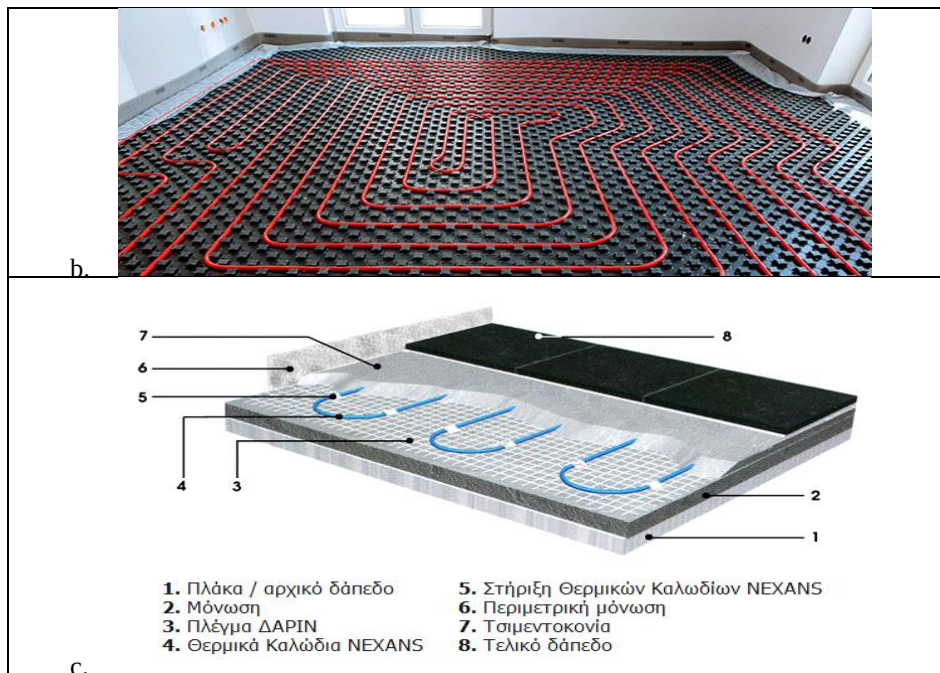
2.2.6 Ενδοδαπέδια θέρμανση

Η ενδοδαπέδια θέρμανση (βλ. Εικόνα 2-29) είναι ιδιαίτερα ένα σύγχρονο αποδοτικό σύστημα θέρμανσης, όπου χρησιμοποιεί το πάτωμα ως θερμαντικό σώμα, προσφέροντας ομοιόμορφη και ευχάριστη θέρμανση σε όλο το χώρο. Λειτουργεί μέσα από ένα συστήματα σωληνώσεων όπου είναι τοποθετημένη κάτω από το δάπεδο και μέσα από αυτούς τους σωλήνες κυκλοφορεί ζεστό νερό, το οποίο συνήθως έχει θερμοκρασία περίπου 35-45 °C και ακτινοβολεί τη θερμότητα προς τα πάνω, θερμαίνοντας τα αντικείμενα και τους ανθρώπους στο χώρο. Κάτω από τις σωληνώσεις τοποθετείται η θερμομόνωση, ώστε η θερμότητα να κατευθύνεται προς τα πάνω, εντός του χώρου και να μην χάνεται προς το κάτω μέρος του δαπέδου, έπειτα πάνω από τις σωληνώσεις απλώνεται ένα ειδικό θερμοπετόν που καλύπτει τους σωλήνες και βοηθά στην ομοιόμορφη διάχυση της θερμότητας σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου [\[72\]](#).

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ενδοδαπέδιας θέρμανσης:

- **Υδραυλική ενδοδαπέδια θέρμανση:** Είναι ο πιο διαδεδομένος και αποδοτικός τύπος, όπου κυκλοφορεί το ζεστό νερό στους σωλήνες.
- **Ηλεκτρική ενδοδαπέδια θέρμανση:** Γίνεται μέσω ηλεκτρικών καλωδίων που τοποθετούνται κάτω από το δάπεδο και έτσι επιτυγχάνεται η θέρμανση [\[73\]](#).





Εικόνα 2-29 Ενδοδαπέδια θέρμανση [72] [74]

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι ο συνδυασμός με την αντλία θερμότητας, όπου αποτελεί μια από τις πιο αποδοτικές λύσεις στον τομέα της σύγχρονης θέρμανσης, προσφέροντας υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμηση ενέργειας. Η αντλία θερμότητας λαμβάνει ενέργεια από τον εξωτερικό αέρα (αντλία αέρα-νερού) ή από το έδαφος (γεωθερμική αντλία) και την μετατρέπει σε θερμότητα, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του νερού. Υπάρχει και το δοχείο αδράνειας μεταξύ της αντλίας θερμότητας και της ενδοδαπέδιας, όπου αυτό το δοχείο αποθηκεύει το ζεστό νερό, ώστε η αντλία θερμότητας να λειτουργεί για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, και καθώς το ζεστό νερό να κυκλοφορεί μέσω του δικτύου σωληνώσεων που είναι εγκατεστημένο κάτω από το δάπεδο με αποτέλεσμα να θερμαίνεται ο χώρος του σπιτιού ομοιόμορφα[72].

Η χρήση ηλεκτρικής ενδοδαπέδιας θέρμανσης (βλ. Εικόνα 2-30) πρόκειται για ένα σύστημα που βασίζεται στη χρήση ηλεκτρικών καλωδίων θέρμανσης, τα οποία ενσωματώνονται κάτω από το δάπεδο και τροφοδοτείται με ρεύμα απευθείας από το δίκτυο, όπου περνά το ηλεκτρικό ρεύμα μέσω της αντίστασης της ηλεκτρικής ενδοδαπέδιας θέρμανσης, προσφέροντας θερμική άνεση στο χώρο του σπιτιού. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας γίνεται μέσω θερμοστατών χώρου, επιτρέποντας την σωστή διαχείριση της θερμικής

απόδοσης και της κατανάλωσης ενέργειας. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της είναι η εύκολη εγκατάσταση της ειδικά σε περιπτώσεις ανακαινίσεων, καθώς δεν απαιτεί τη δημιουργία υδραυλικών κυκλωμάτων, και κατόπιν ένα από τα κύρια μειονεκτήματα της είναι το υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης.

Σε περιοχές με υψηλό κόστος ηλεκτρικού ρεύματος, η συνεχής χρήση της ηλεκτρικής ενδοδαπέδιας θέρμανσης ενδέχεται να οδηγήσει σε αυξημένες ενεργειακές δαπάνες. Για τον λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η εγκατάσταση της σε χώρους με καλή θερμομόνωση και σύγχρονα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης, ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη απόδοση με μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενδοδαπέδια θέρμανση θα θεωρείται πιο φιλική προς το περιβάλλον όταν θα συνδυάζεται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα.



Εικόνα 2-30 Ηλεκτρική ενδοδαπέδια θέρμανση [75]

Πίνακας 2-9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Ομοιόμορφη θέρμανση & άνεση.	Υψηλό αρχικό κόστος.	[72]
Χαμηλό κόστος λειτουργίας.	Δυσκολία επισκευής.	[72]
Ενεργειακή αποδοτικότητα.	Απαιτείται εξειδικευμένη εγκατάσταση.	[74]
Ευελιξία με τις αντλίες θερμότητας.	Περιορισμός σε χαλιά/μοκέτες.	[75]

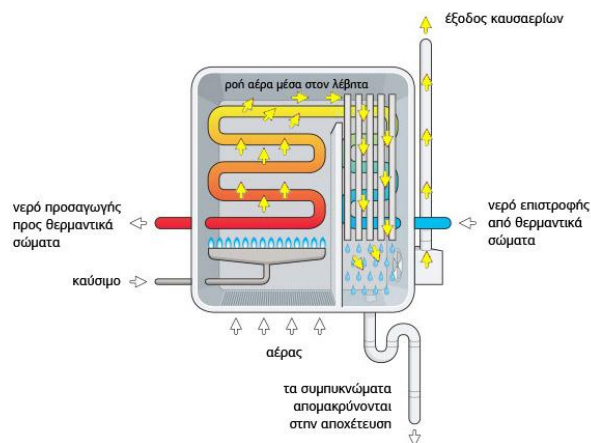
2.2.7 Λέβητες συμπύκνωσης

Οι λέβητες συμπύκνωσης (βλ. Εικόνα 2-31) είναι μια προχωρημένη τεχνολογία στον τομέα της κεντρικής θέρμανσης και της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, όπου η βασική τους διαφορά από τους συμβατικούς λέβητες είναι ότι έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν την λανθάνουσα θερμότητα των καυσαερίων, κάτι το οποίο στους συμβατικούς λέβητες αποβάλλουν τα καυσαέρια προς στην ατμόσφαιρα. Ένας λέβητας συμπύκνωσης καίει καύσιμο (συνήθως από φυσικό αέριο ή πετρέλαιο) για να παράγει θερμότητα, ουσιαστικά τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση, περνούν μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος ψύχει τα καυσαέρια σε σημείο όπου οι υδρατμοί που περιέχονται σε αυτά συμπυκνώνονται σε υγρό. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας συμπύκνωσης, απελευθερώνεται επιπλέον θερμότητα (λανθάνουσα θερμότητα) όπου χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του νερού επιστροφής που εισέρχεται στον λέβητα, μειώνοντας την ποσότητα του καυσίμου που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας.

Ένα εξελιγμένο σύστημα ελέγχου σε ένα λέβητα συμπύκνωσης είναι ο αισθητήρας λάμβδα, όπου ουσιαστικά είναι ένας αισθητήρας οξυγόνου που μετράει την ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια. Η λειτουργία του αισθητήρα είναι να στέλνει συνεχώς πληροφορίες στον πίνακα ελέγχου του λέβητα, δηλαδή αντιλαμβάνεται τις εξωτερικές συνθήκες, π.χ. την υγρασία ή την αλλαγή στην παροχή του καυσίμου, και προσαρμόζει σε πραγματικό χρόνο τη λειτουργία του, εξασφαλίζοντας σταθερή και αποδοτική καύση [\[76\]](#).



Εικόνα 2-31 Λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου [\[77\]](#)



Εικόνα 2-32 Διαδικασία συμπύκνωσης στον λέβητα [76]

Οι λέβητες συμπύκνωσης προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως, έχουν την δυνατότητα να εκμεταλλεύονται τη θερμότητα των καυσαερίων, επιτυγχάνοντας υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τους συμβατικούς λέβητες, όπου αυτό φέρνει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και κατά συνέπεια σε μειωμένους λογαριασμούς θέρμανσης. Επίσης πιο αποτελεσματική καύση οδηγεί σε λιγότερες εκπομπές επιβλαβών αερίων, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος, και οι λέβητες είναι κατασκευασμένοι από υλικά υψηλής ποιότητας που προσφέρουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής με την κατάλληλη συντήρηση, παρέχοντας τις καλύτερες συνθήκες άνεσης χώρου[76].

Σύμφωνα με μια μελέτη, η ενσωμάτωση λεβήτων συμπύκνωσης στο πλαίσιο ανακαίνισης θερμικών συστημάτων συνοδεύεται από σημαντικά ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη, συγκεκριμένα οι εκπομπές CO₂ μειώνονται αισθητά, ενώ η εξοικονόμηση καυσίμου οδηγεί σε χαμηλότερα κόστη λογαριασμών θέρμανσης. Σε επίπεδο συστημικής ανάλυσης, η τεχνολογία αυτή θεωρείται κατάλληλη για κτίρια με μεσαία η υψηλή θερμική ζήτηση, ενισχύοντας τον βαθμό απόδοσης και μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα[78].

Πίνακας 2-10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λεβήτων συμπύκνωσης

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Υψηλή ενεργειακή απόδοση.	Υψηλότερο αρχικό κόστος.	[76]
Οικονομία στην κατανάλωση.	Απαιτήση εξειδικευμένης εγκατάστασης.	[76]

Περιβαλλοντική προστασία.	Πολυπλοκότερη συντήρηση.	[78]
Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.	Απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας.	[78]
Χαμηλότερες απώλειες.	Απαιτήσεις στο σύστημα αποστράγγισης.	[77]

2.2.8 Σύστημα λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας

Η συνεχής ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη συνδυασμένων συστημάτων θέρμανσης, όπως ο συνδυασμός λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας (βλ. Εικόνα 2-33) , όπου πρόκειται για ένα υβριδικό σύστημα που αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα των δύο αποδοτικών τεχνολογιών, παρέχοντας υψηλή ενεργειακή απόδοση και μείωση του κόστους λειτουργίας. Η βασική ιδέα είναι η έξυπνη εναλλαγή η και ταυτόχρονη λειτουργία των δύο μονάδων, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και τη ζήτηση θέρμανσης.

Η αντλία θερμότητας εκμεταλλεύεται την ενέργεια από το περιβάλλον (αέρα, έδαφος η νερό) και τη μεταφέρει στο σύστημα θέρμανσης, προσφέροντας θερμότητα με υψηλό συντελεστή απόδοσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αντλία θερμότητας καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ζήτησης, καθώς η λειτουργία της είναι πιο αποδοτική από τον λέβητα, όταν όμως οι εξωτερικές θερμοκρασίες πέσουν πολύ χαμηλά, η απόδοση της αντλίας θερμότητας μειώνεται σημαντικά και η κατανάλωση ρεύματος αυξάνεται. Σε αυτό το σημείο, το σύστημα ελέγχου ενεργοποιεί τον λέβητα συμπύκνωσης, ο οποίος αναλαμβάνει είτε να καλύψει πλήρως το φορτίο είτε να λειτουργήσει σε συνεργασία με την αντλία θερμότητας και έπειτα εκμεταλλεύεται τη λανθάνουσα θερμότητα των καυσαερίων, επιτυγχάνοντας βαθμό απόδοσης που φτάνει έως και το 109%.

Άρα ο συνδυασμός του συστήματος λέβητα συμπύκνωσης και αντλία θερμότητας εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή ενεργειακή εκμετάλλευση. Το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης παρέχεται από την αντλία θερμότητας, η οποία έχει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος σε σχέση με τον λέβητα και μειώνει

τις εκπομπές CO₂ αξιοποιώντας ανανεώσιμη ενέργεια. Ο λέβητας λειτουργεί μόνο σε περιόδους πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, μειώνοντας έτσι τη συνολική κατανάλωση του καυσίμου, καθώς συμβάλλει στη μείωση των ρύπων, όπου καίει καύσιμο με υψηλή απόδοση με χαμηλές εκπομπές.



Εικόνα 2-33 Σύστημα λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας [79]

Πίνακας 2-11 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα λέβητα συμπύκνωσης με αντλία θερμότητας

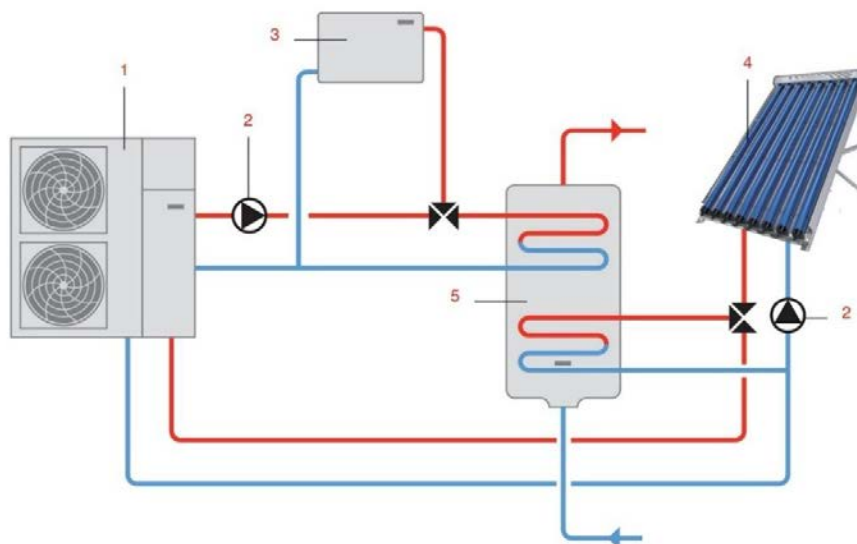
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Υψηλή ενεργειακή απόδοση.	Υψηλό αρχικό κόστος.	[79]
Μείωση λειτουργικού κόστους.	Σωστός σχεδιασμός και ρύθμιση.	[79]
Ευελιξία και αξιοπιστία.	Απαιτήσεις χώρου.	[79]
Περιβαλλοντικά οφέλη.	Εξάρτηση από το κλίμα.	[79]

2.2.9 Σύστημα ηλιακών συλλεκτών με αντλία θερμότητας

Ο συνδυασμός ηλιακών συλλεκτών με αντλία θερμότητας (βλ. Εικόνα 2-34) αποτελεί εξελιγμένη λύση, όπου εξασφαλίζει υψηλή ενεργειακή απόδοση και μέγιστη αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Οι ηλιακοί συλλέκτες συλλέγουν θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία και τη μεταφέρουν σε έναν εναλλάκτη θερμότητας ή σε θερμοδοχείο, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του νερού. Η αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί θερμότητα από τον περιβάλλοντα αέρα, το έδαφος ή το νερό, αντλώντας ενέργεια για τη θέρμανση του νερού ή του χώρου με υψηλό συντελεστή απόδοσης.

Η λειτουργία του συστήματος προσαρμόζεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τη ζήτηση. Όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, οι ηλιακοί συλλέκτες καλύπτουν μεγάλο μέρος της θερμικής ανάγκης, όπου σε πολλές περιπτώσεις το νερό φτάνει σε θερμοκρασίες ικανοποιητικές για απευθείας χρήση σε θέρμανση ή για ζεστό νερό. Επίσης όταν υπάρχει συννεφιά ή νύχτα, αν η θερμοκρασία από τους συλλέκτες δεν επαρκεί, τότε ενεργοποιείται η αντλία θερμότητας για να καλύψει το υπόλοιπο φορτίο. Σε ενδιάμεσες συνθήκες, η αντλία θερμότητας προθερμαίνει το νερό που ήδη έχει θερμανθεί από τους ηλιακούς συλλέκτες, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας.

Σε μια μελέτη πραγματοποιήθηκαν θεωρητικές και πειραματικές αναλύσεις της θερμικής απόδοσης ενός συστήματος αντλίας θερμότητας που συνδυάζεται με ηλιακό συλλέκτη ως εξατμιστεί. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ενσωμάτωση των συλλεκτών ως εξατμιστεί οδηγεί σε υψηλότερη απόδοση του συστήματος, καθιστώντας τη λύση ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα [\[80\]](#).



Εικόνα 2-34 Σύστημα ηλιακών συλλεκτών με αντλία θερμότητας [81]

1. Αντλία θερμότητας.
2. Κυκλοφορητής.
3. Θερμαντικό σώμα.
4. Ηλιακός συλλέκτης.
5. Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Refs.
Υψηλή ενεργειακή απόδοση.	Υψηλό κόστος.	[81]
Εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους.	Απαιτήσεις χώρου.	[81]
Αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών.	Εξάρτηση από την ηλιοφάνεια.	[80]
Μείωση εκπομπών CO ₂ .	Σωστή μελέτη και εγκατάσταση.	[80]
Ευελιξία εφαρμογής.	Συντήρηση.	[81]

2.2.10 Έξυπνα συστήματα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας (BMS)

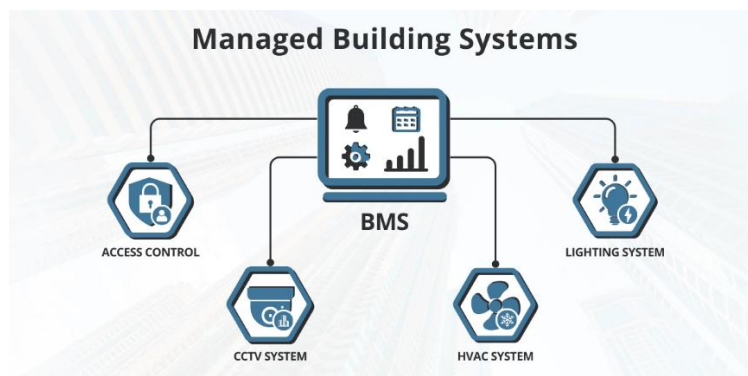
Τα έξυπνα συστήματα ελέγχου για την διαχείριση ενέργειας, γνωστά και ως Building Management Systems (BMS), αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο επιτρέπει την παρακολούθηση από υπολογιστή ή από το κινητό-τηλέφωνο χωρίς την ανάγκη παρουσίας στο κτίριο για χειροκίνητες αλλαγές λειτουργίας, γίνεται για τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών ενός κτιρίου, με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, την ασφάλεια και την άνεση των χρηστών, χρησιμοποιώντας ανοιχτά πρωτόκολλα όπως BACnet, Lon, Modbus[82]. Πιο συγκεκριμένα, ένα BMS σύστημα ελέγχει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, τα οποία είναι:

- Ψύξη
- Θέρμανση
- Εξαερισμός
- Φωτισμός
- Συστήματα ενέργειας

Ο ρόλος των BMS στο σύστημα θέρμανσης και ψύξης (HVAC) είναι να παρακολουθούν συνεχώς τη θερμοκρασία των χώρων και να ελέγχουν τις μονάδες θέρμανσης ή ψύξης (π.χ. λέβητες, ψύκτες, fan coils), ώστε να διατηρείται η επιθυμητή θερμική άνεση με τη μικρότερη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση. Μπορούν επίσης να ρυθμίσουν το ωράριο λειτουργίας του συστήματος HVAC ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου (π.χ. ενεργοποίηση κατά τις ώρες του γραφείου), αποφεύγοντας την άσκοπη λειτουργία όταν ο χώρος δεν χρησιμοποιείται, μπορούν να παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (π.χ. για την απόδοση του λέβητα, για την ποσότητα κατανάλωσης του καυσίμου και τις ώρες λειτουργίας), έτσι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η προληπτική συντήρηση, η έγκαιρη αναγνώριση των βλαβών και η διατήρηση της υψηλής απόδοσης του συστήματος [83].

Τα ενδεικτικά οφέλη των BMS είναι ότι συνήθως προσφέρουν 40% εξοικονόμηση ενέργειας και εάν συμπεριληφθεί και ο φωτισμός τότε η εξοικονόμηση αυξάνεται στο 70%, που σημαίνει αυτό ότι υφίσταται μείωση ενεργειακής κατανάλωσης στα HVAC συστήματα, αύξηση άνεσης και

σταθερότητας θερμοκρασίας στους χώρους και ευκολία στον απομακρυσμένο έλεγχο και επίβλεψη μέσω του λογισμικού[82].



Εικόνα 2-35 Συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS) [84]

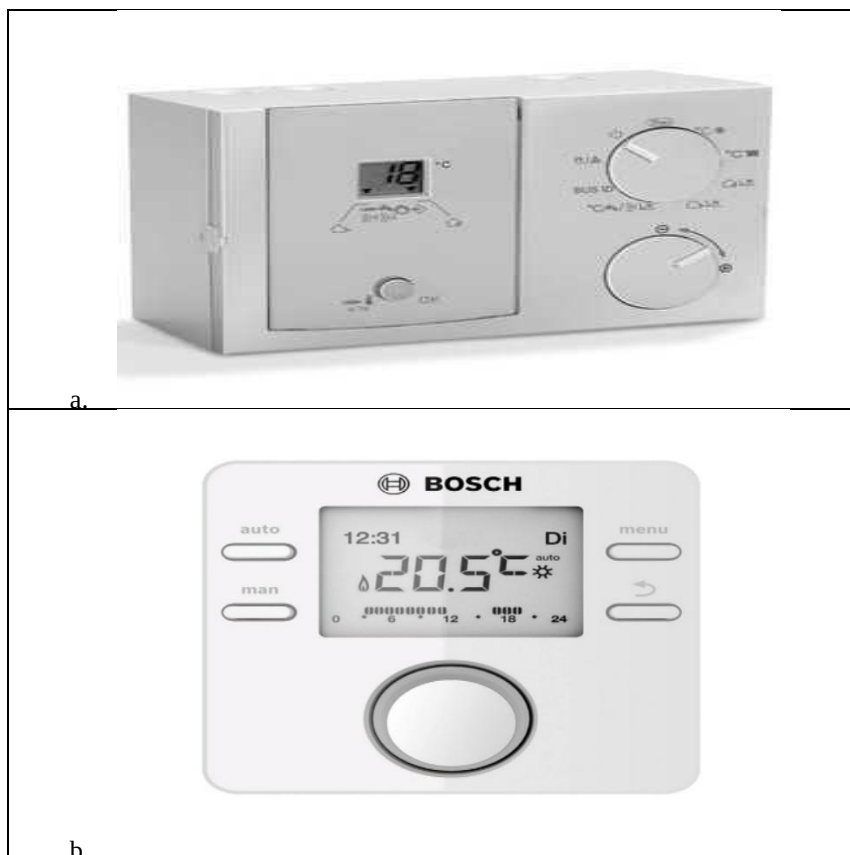
2.2.11 Σύστημα αντιστάθμισης θέρμανσης

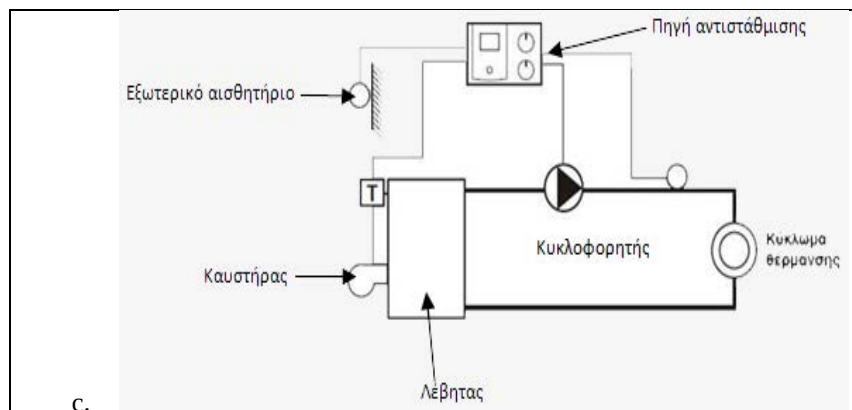
Το σύστημα αντιστάθμισης (βλ. Εικόνα 2-34) είναι ένα αυτόματο σύστημα, το οποίο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες τεχνολογίες που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων της κεντρικής θέρμανσης σε σύγχρονα κτίρια. Η λειτουργία τους βασίζεται μέσω ελεγκτή ο οποίος λαμβάνει σήμα από έναν αισθητήρα εξωτερικής θερμοκρασίας να παρακολουθεί τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες που μεταβάλλονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας, και κυρίως να προγραμματίζει την επιθυμητή θερμοκρασία του νερού που προωθείται προς τα θερμαντικά σώματα, όσο χαμηλότερη είναι η εξωτερική θερμοκρασία τόσο υψηλότερη είναι η απαιτούμενη θερμοκρασία προσαγωγής για την επίτευξη της εσωτερικής θερμικής άνεσης[85].

Η εφαρμογή του συστήματος αντιστάθμισης μπορεί να γίνει σε διάφορους τύπους εγκαταστάσεων, όπως σε συμβατικά συστήματα με θερμαντικά σώματα, σε ενδοδαπέδια θέρμανση, καθώς και σε συνδυαστικά συστήματα με ηλιακούς συλλέκτες. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει έναν ελεγκτή ο οποίος τοποθετείται κοντά στον λέβητα ή σε άλλο κατάλληλο σημείο, και συνδέεται με δυο βασικά αισθητήρια:

- Το ένα τοποθετείτε εξωτερικά σε σημείο που δεν επηρεάζεται από τον ήλιο ή από άλλες πηγές θερμότητας (συνήθως στη βόρεια πλευρά του κτιρίου).
- Το δεύτερο στην προσαγωγή του νερού μετά τη βάννα ανάμιξης (όπου ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού που κατευθύνεται στα σώματα ή στην ενδοδαπέδια θέρμανση)

Η λειτουργία της αντιστάθμισης βασίζεται στην καμπύλη θέρμανσης, η οποία αποτελεί τον βασικό μηχανισμό υπολογισμού της επιθυμητής θερμοκρασίας προσαγωγής σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία. Η καμπύλη αυτή προσαρμόζεται ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης και το βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου, για παράδειγμα σε ενδοδαπέδια θέρμανση η κλίση της καμπύλης κυμαίνεται συνήθως από 0,4 έως 0,6, ενώ για εγκαταστάσεις με θερμαντικά σώματα κυμαίνεται από 1,0 έως 1,5. Ο ελεγκτής διαθέτει επίσης χρονοδιακόπτη, μέσω του οποίου ρυθμίζονται οι ώρες λειτουργίας του συστήματος και οι επιτρεπόμενες ελάχιστες ή μέγιστες θερμοκρασίες λειτουργίας[85].





Εικόνα 2-36 Σύστημα αντιστάθμισης [86] [87] [88]

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ελέγχου μέσω αντιστάθμισης, όπου μία βασική μορφή είναι ο ελεγκτής να ρυθμίζει άμεσα τον καυστήρα προσαρμόζοντας τη θερμοκρασία του νερού που εξέρχεται από τον λέβητα. Αυτή η μέθοδος απαιτεί σε λέβητες που λειτουργούν αποδοτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, διότι διαφορετικά μπορεί να προκληθεί πρόωρη φθορά λόγω συμπίκνωσης. Εναλλακτικά, η αντιστάθμιση μπορεί να ελέγχει μια τρίοδο ή τετράποδη βάνα ανάμιξης, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού προς τα θερμαντικά σώματα χωρίς να μεταβάλλεται η θερμοκρασία στον λέβητα, γεγονός που προσφέρει μεγαλύτερη προστασία και ευελιξία. Το σύστημα αντιστάθμισης αποτελεί έναν ιδιαίτερα αποδοτικό μηχανισμό εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, παρέχοντας αυξημένη άνεση, μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου και προσαρμόζεται στις ανάγκες κάθε τύπου εγκατάστασης.

2.3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.3.1 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)

Μία βασική θεσμική και τεχνική βάση για τη μελέτη και αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), όπου αποτελεί συγκεκριμένα χρήσιμο εργαλείο στην προσπάθεια δίνοντας έμφαση στη θερμική προστασία για πιο αποδοτικά συστήματα θέρμανσης, με στόχο για τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας, το οποίο φέρνει ως

αποτέλεσμα πιο ενεργειακά αποδοτικά κτίρια. Σε ότι αφορά για την θέρμανση, ο KENAK προβλέπει συγκεκριμένες απαιτήσεις, όπως προδιαγραφές και κατευθύνσεις για τον σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη λειτουργία των θερμικών συστημάτων, τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια[89].

Σύμφωνα με τον KENAK, κάθε νέο ή ριζικά ανακαινισμένο κτίριο οφείλει να διαθέτει συστήματα θέρμανσης υψηλής απόδοσης, με σκοπό την κάλυψη των θερμικών του αναγκών με όσο το δυνατόν μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Ειδικότερα προωθεί τη χρήση συγχρόνων λεβήτων υψηλής απόδοσης όπως οι λέβητες συμπύκνωσης, και ενθαρρύνει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη θέρμανση, όπως αντλίες θερμότητας, γεωθερμικά συστήματα, και ηλιοθερμικά συστήματα. Επίσης επιβάλλει την εφαρμογή αυτοματισμών και διατάξεων ελέγχου, όπως θερμοστάτες χώρων και συστήματα ελέγχου ώστε να εξασφαλίζουν ότι η θερμότητα παρέχεται μόνο όταν είναι απαραίτητη, με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους λειτουργίας που συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση της ενέργειας για θέρμανση.

Ένα σημαντικό στοιχείο του KENAK είναι η απαίτηση για ενεργειακή μελέτη του κτιρίου πριν από την κατασκευή ή την ανακαίνιση. Η μελέτη αυτή πρέπει να περιλαμβάνει την επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης που πληροί τις ενεργειακές απαιτήσεις του κανονισμού. Η επιλογή βασίζεται στον υπολογισμό των θερμικών φορτίων και στη βέλτιστη διαστασιολόγηση του εξοπλισμού θέρμανσης, αποφεύγοντας την σπατάλη ενέργειας. Ο KENAK επίσης ενθαρρύνει τη θερμομόνωση των κτιριακών στοιχείων, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τις ανάγκες για θέρμανση, δηλαδή τα κτίρια με χαμηλό θερμικό φορτίο λόγω επαρκούς θερμομόνωσης απαιτούν λιγότερη ενέργεια για να διατηρήσουν τις επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες. Επομένως, η εφαρμογή του κανονισμού οδηγεί σε συνολική βελτίωση του θερμικού ισοζυγίου των κτιρίων.

Μέσω των διατάξεων του, ο KENAK προάγει τη βιωσιμότητα και τη μείωση των εκπομπών CO₂, ιδιαίτερα μέσω της αντικατάστασης παλαιών και ενεργοβόρων λεβήτων με νέα συστήματα φιλικά προς το περιβάλλον. Παράλληλα, συμβάλλει στην ευθυγράμμιση της Ελλάδας με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για

την ενεργειακή απόδοση και για την κλιματική αλλαγή. Η σύνταξη των μελετών της ενεργειακής απόδοσης όπου εφαρμόζουν τον ενεργειακό υπολογισμό των κτιρίων μόνο στην Ελλάδα γίνεται με τη βοήθεια των λογισμικών όπως το TEE-KENAK ή το EasyKENAK. Ουσιαστικά μέσω αυτών των εργαλείων, γίνεται προσομοίωση των ενεργειακών ροών του κτιρίου και ελέγχεται η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του κανονισμού που περιλαμβάνονται τόσο οι ενεργειακές απώλειες όσο και η απόδοση του συστήματος θέρμανσης, δίνοντας στον μηχανικό τη δυνατότητα να βελτιστοποιήσει το σύστημα.

Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι ο KENAK ενσωματώνει τις απαιτήσεις του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), το οποίο είναι απαραίτητο για κάθε νέα οικοδομή, αλλά και για τις μισθώσεις και αγοραπωλησίες ακινήτων. Η θέρμανση αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα του ΠΕΑ, και η επιλογή αποδοτικού συστήματος θέρμανσης μπορεί να αναβαθμίσει την ενεργειακή κλάση ενός κτιρίου[89].

2.3.1.1 TOTEE 20701-1/2017

Αρχικά το TOTEE (Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδος) όπου αποτελούν τις αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές και οδηγίες για την εφαρμογή του KENAK αλλά στην πράξη. Δηλαδή, περιγράφουν με λεπτομέρεια τον τρόπο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης, τις θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών, τις οδηγίες για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και άλλα απαραίτητα στοιχεία για την ορθή εφαρμογή του κανονισμού. Πιο αναλυτικά, οι TOTEE είναι τα εργαλεία και οι οδηγίες που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί για να υπολογίσουν και να αξιολογήσουν την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του KENAK, όπου υπάρχει άμεση και υποχρεωτική σχέση μεταξύ τους [90].

Στο πλαίσιο αυτό της ενεργειακής ανάλυσης, η TOTEE 20701-1/2017 περιλαμβάνει μεθοδολογίες για τον υπολογισμό της εποχιακής απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης, καθώς και για τον προσδιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου. Παράλληλα, καθορίζει τις παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την διαστασιολόγηση των λεβήτων, των

θερμαντικών σωμάτων, αλλά και των συστημάτων θερμικής διανομής ενέργειας (π.χ. σωληνώσεις, αντλίες κυκλοφορίας, κ.λπ.). Ένα από τα βασικά σημεία της οδηγίας είναι η απαίτηση για θερμοστατικό έλεγχο των ζωνών θέρμανσης, γεγονός που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην καλύτερη ρύθμιση των εσωτερικών θερμοκρασιών. Επίσης, εισάγεται η αρχή της αντιστάθμισης, η οποία επιτρέπει τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής με βάση τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Αυτή η λειτουργία οδηγεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, ιδιαίτερα στα κτίρια με καλή θερμομόνωση.

Η οδηγία ορίζει επίσης την απαίτηση εγκατάστασης αυτοματισμών (όπως προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες και συστήματα διαχείρισης των κτιρίων-BMS), ενώ λαμβάνει υπόψη την ποιότητα των λεβήτων και της καύσης μέσω της εποχιακής θερμικής απόδοσης, του λόγου κάλυψης φορτίου και της αποτελεσματικότητας διανομής και εκπομπής. Παράλληλα, διαπιστώνεται ότι η TOTEE 20701-1/2017 αποτελεί υποχρεωτική αναφορά για τις ενεργειακές μελέτες νέων υφιστάμενων κτιρίων, καθώς και για την έκδοση Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Μέσων αυτών, εξασφαλίζεται η δυνατότητα αξιολόγησης και σύγκρισης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων σε εθνικό επίπεδο, γεγονός που ενισχύει την στρατηγική για την επίτευξη των κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) ¹.

2.3.2 Κίνητρα για την ενεργειακή αναβάθμιση

Η ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης αποτελεί βασικό στόχο τόσο της εθνικής όσο και τις ευρωπαϊκής πολιτικής για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας. Η Ελλάδα έχει θεσπίσει σημαντικά χρηματοδοτικά και φορολογικά κίνητρα για τους πολίτες και τους ιδιοκτήτες ακινήτων, με στόχο την αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων, ενεργοβόρων συστημάτων θέρμανσης με νέες τεχνολογίες

¹ [TOTEE_20701-1_2017.pdf](#)

υψηλής απόδοσης, όπως οι αντλίες θερμότητας, οι λέβητες συμπύκνωσης, καθώς και οι ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Ένα από τα βασικότερα προγράμματα για επιδοτήσεις είναι το «Εξοικονομώ», το οποίο παρέχει παρεμβάσεις για την αναβάθμιση της θερμικής θωράκισης και των εγκαταστάσεων θέρμανσης. Το νέο πρόγραμμα «Εξοικονομώ 2025» αποτελεί μια σημαντική πρωτοβουλία για την ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών στην Ελλάδα, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την εξοικονόμηση πόρων. Όσον αφορά συγκεκριμένα για τη θέρμανση, το πρόγραμμα καλύπτει ένα ευρύ φάσμα παρεμβάσεων, προσφέροντας επιδοτήσεις και κίνητρα από 50 έως και 100% σε νοικοκυριά, όπως:

- Στην αντικατάσταση των κουφωμάτων
- Στην τοποθέτηση και αναβάθμιση θερμομόνωσης
- Στην αναβάθμιση συστήματος θέρμανσης και ψύξης
- Στο σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) με χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)
- Λοιπές παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όπως η εγκατάσταση του έξυπνου συστήματος διαχείρισης (smart home)[\[91\]](#)

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το πρόγραμμα «Αλλάζω σύστημα θέρμανσης και θερμοσίφωνα», μέσω του οποίου οι ωφελούμενοι μπορούν να αντικαταστήσουν παλαιά συστήματα θέρμανσης με την αγορά νέου συστήματος θέρμανσης με της αντλίες θερμότητας, με επιδότηση που φτάνει το 50%. Επιπλέον, το συγγενές πρόγραμμα «Ανακυκλώνω αλλάζω θερμοσίφωνα» επιδοτεί την εγκατάσταση των ηλιακών θερμοσιφώνων, καθώς ανακυκλώνονται οι παλαιοί ενεργοβόροι θερμοσίφωνες, και με ποσοστό επιδότησης 50 έως και 60% για τα ευάλωτα νοικοκυριά[\[91\]\[92\]](#). Τα κίνητρα αυτά δεν αποσκοπούν μόνο στην οικονομική ελάφρυνση των πολιτών, αλλά και στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των κτιρίων, ώστε να αυξηθεί η ενεργειακή απόδοση και η επίτευξη των εθνικών στόχων για την μείωση των εκπομπών CO₂.

2.3.3 Ευρωπαϊκή οδηγία ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (EPBD)

Η Ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Energy Performance of Buildings Directive - EPBD) αποτελεί ένα από τα βασικότερα νομοθετικά εργαλεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον κτιριακό τομέα, η οποία επικαιροποιήθηκε με την οδηγία (2018/844/ΕΕ). Ως πρωταρχικό στόχο, η EPBD έχει στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα κτίρια, καθώς αυτά είναι υπεύθυνα για την συνολική ενεργειακή κατανάλωση και των εκπομπών στην ΕΕ, δηλαδή να γίνει απανθρακοποίηση του κτιριακού αποθέματος της Ευρώπης έως το 2050, με μεταβατικά στάδια για το 2030 και για το 2040, ακόμη και στο ευρύτερο πλαίσιο της στρατηγικής για την κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050 συνδέεται άμεσα με το πακέτο πολιτικής όπως το (Fit for 55), που προβλέπει την μείωση των εκπομπών κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 [\[93\]](#). Τα κτίρια όπως αναφέρει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ευθύνονται για περίπου το 40% της τελικής ευρωπαϊκής ενεργειακής κατανάλωσης και το 36% των εκπομπών CO₂. Συνεπώς, τα κτίρια στην Ευρώπη είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας για την θέρμανση, την ψύξη και για το ζεστό νερό χρήσης, όπου χρησιμοποιείτε το 80% της ενέργειας [\[94\]](#).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης μέσω του λογισμικού Easykenak ακολουθεί μία συγκεκριμένη διαδικασία. Αρχικά, πραγματοποιείται η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων του κτιρίου, σε αυτά περιλαμβάνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως κάτοψη, ύψη ορόφων και συνολική επιφάνεια, καθώς και ο προσανατολισμός που επηρεάζει την ηλιακή ακτινοβολία. Παράλληλα, καταγράφονται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής σύμφωνα με την αντίστοιχη κλιματική ζώνη του ΚΕΝΑΚ, καθώς και τα κατασκευαστικά στοιχεία του κελύφους, όπως οι τοιχοποιίες, η θερμομόνωση, τα κουφώματα και η στέγη. Επιπλέον, συλλέγονται πληροφορίες για τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης, όπου σε αυτό το στάδιο δηλώνονται ο τύπος, η απόδοση και η ισχύς της κάθε συσκευής θέρμανσης. Στη συνέχεια το Easykenak εκτελεί τους απαραίτητους υπολογισμούς για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του υφιστάμενου κτιρίου, δηλαδή υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και κ.λπ. Με βάση τα αποτελέσματα, το κτίριο κατατάσσεται σε συγκεκριμένη ενεργειακή κατηγορία (A+, A, B+, κ.λπ.).

Τέλος, ένα ιδιαίτερο σημαντικό στάδιο αποτελεί η εφαρμογή βελτιωτικών σεναρίων, όπου σε αυτό εξετάζονται οι πιθανές παρεμβάσεις για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, όπως η προσθήκη θερμομόνωσης, η αντικατάσταση κουφωμάτων με ενεργειακά, η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καθώς και η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Έπειτα ακολουθεί η συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων μεταξύ της αρχικής κατάστασης και των προτεινόμενων σεναρίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΟΙΚΙΑΣ

4.1 Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της μελέτης για την ανάλυση ενεργειακής απόδοσης οικίας είναι η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της κατανάλωσης ενέργειας με βάση λογισμικό *easykenak* για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του σπιτιού. Μέσα από αυτήν τη διαδικασία επιδιώκονται οι μέθοδοι για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του υπάρχον κτιρίου, όπου υπάρχουν μερικές ελλείψεις τεχνολογικών εφαρμογών, λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες όπως η θερμομόνωση, τα συστήματα θέρμανσης και της ψύξης. Αυτές οι εφαρμογές συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και κατά συνέπεια στη μείωση του κόστους λειτουργίας, ώστε να υπάρχει η αντιστοίχιση της ενεργειακής κλάσης με το κτίριο αναφοράς (ουσιαστικά είναι ένα υποθετικό κτίριο που χρησιμοποιείται για να συγκριθεί η ενεργειακή απόδοση του υπό μελέτη (πραγματικού) κτιρίου), συμβάλλοντας παράλληλα στην ευρύτερη προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας και για πιο ενεργειακό κτίριο-σπίτι.

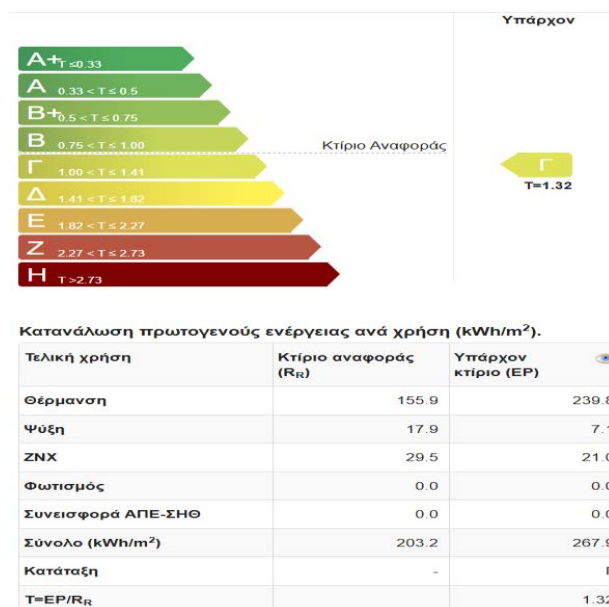
4.1.1 Περιγραφή προβλήματος

Αρχικά τα προβλήματα του υπάρχοντος κτιρίου σε σύγκριση με το κτίριο αναφοράς είναι ότι βρίσκεται σε χαμηλή ενεργειακή κατάταξη (Κατηγορία Γ), με τιμή $T = 1.32$, δηλαδή είναι χειρότερο από το κτίριο αναφοράς με ενεργειακή κατάταξη Β ($0.75 < T \leq 1.00$). Αυτό δείχνει ότι καταναλώνει σημαντικά περισσότερη ενέργεια. Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση στο υπάρχον κτίριο είναι 239.8 kWh/m^2 , ενώ στο κτίριο αναφοράς είναι 155.9 kWh/m^2 , αυτό δείχνει ανεπαρκή θερμομόνωση και απώλειες ενέργειας. Όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση για την ψύξη, το υφιστάμενο κτίριο παρουσιάζει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά σε σύγκριση με το κτίριο αναφοράς. Συγκεκριμένα, καταναλώνει 7.1 kWh/m^2 , ενώ το κτίριο αναφοράς καταναλώνει 17.9 kWh/m^2 , όπου αυτό μεταφράζεται σε μείωση κατά 10.8 kWh/m^2 . Η

κατανάλωση για Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) στο υπάρχον κτίριο είναι 21 kWh/m², ενώ 29.5 kWh/m² του κτιρίου αναφοράς, όπου δείχνει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, επομένως αυτό συνιστά ένα πλεονέκτημα. Για τον Φωτισμό² είναι μόνο υποχρεωτικός για τα κτίρια που ανήκουν στον τριτογενή τομέα, ενώ για τα κτίρια μόνο για χρήσης κατοικίας δεν πρέπει να συμπληρώνεται και γι' αυτό τον λόγο θα παραμένει στο μηδέν (0 kWh/m²). Για το συνολικό ενεργειακό φορτίο του υπάρχοντος κτιρίου είναι 267 kWh/m², ενώ του κτιρίου αναφοράς είναι 203.2 kWh/m², γεγονός που καθιστά το κτίριο λιγότερο ενεργειακά αποδοτικό. Τέλος, δεν υπάρχει καμία συνεισφορά από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ή Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ), κάτι που σημαίνει ότι επιβαρύνει περαιτέρω τον ενεργειακό δείκτη, στην οποία αυτή την περίπτωση στο σενάριο μας θα πρέπει να τοποθετήσουμε σύγχρονες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας όπως, αντλία θερμότητας, ηλιακό θερμοσίφωνα, θερμομόνωση και φωτοβολταϊκά έτσι ώστε να επαναφέρουμε στις τιμές του κτιρίου αναφοράς.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η τιμή $T=EP/RR$ για το υπάρχον κτίριο είναι 1.32, γεγονός που αποδεικνύει ότι καταναλώνει 32% περισσότερη ενέργεια σε σχέση με το πρότυπο κτίριο (αναφοράς), για την ίδια χρήση. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στον παρακάτω (Πίνακα 4-1).

Πίνακας 4-1 Σύγκριση του υπάρχον κτιρίου με το κτίριο αναφοράς



² Φωτισμός [ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ]

4.2 Συλλογή δεδομένων του υπάρχον κτιρίου

Αρχικά το κτίριο-σπίτι βρίσκεται στην Κλιματική Ζώνη Γ (Λάρισα Λαρίσης) και σε υψόμετρο κάτω των 500 μέτρων. Πρόκειται για παλαιά κατασκευή, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη θερμική του απόδοση, καθώς τα δομικά του στοιχεία δεν ακολουθούν τις σύγχρονες προδιαγραφές θερμομόνωσης. Για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία (τοίχοι, οροφές, δάπεδα) υπολογίστηκαν σύμφωνα με την ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία (ουσιαστικά αναφέρεται σε κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου (τοιχοποιία, οροφές, δάπεδα, κουφώματα κ.λπ.)) που δεν πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτίριων (ΚΕΝΑΚ), και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης, πριν από την ενεργειακή αναβάθμιση ή σε παλιά κτίρια χωρίς ενεργειακή αναβάθμιση. Όσον αφορά για τα διαφανή στοιχεία (κουφώματα), το κτίριο διαθέτει ανοιγμένα κουφώματα με μεταλλικό πλαίσιο και διπλό υαλοπίνακα με διάκενο, προσφέροντας μέτρια θερμομονωτική ικανότητα. Οι συντελεστές απορροφητικότητας (α) και εκπομπής (ϵ) ορίστηκαν στις τιμές 0.3 και 0.8 αντίστοιχα, όπου είναι τυπικές για παλαιά κτίρια με συμβατικά υλικά επικάλυψης.

Κατά την μελέτη, λήφθηκαν υπόψη οι εξής συνθήκες άνεσης: θερμική, ακουστική, οπτική και ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Τα δεδομένα εισήχθησαν βάσει των πληροφοριών από τον ιδιοκτήτη, χωρίς την υποστήριξη τεχνικών σχεδίων ή επίσημων εγγράφων κατανάλωσης ενέργειας, όπου αυτά τα στοιχεία του κτιρίου φαίνονται στον παρακάτω (βλ. Εικόνα 4-1).

Εικόνα 4-1 Κλιματολογικά δεδομένα - Στοιχεία κτιρίου

Το κτίριο ανήκει στη χρήση κατοικίας και συγκριμένα χαρακτηρίζεται ως (Μονοκατοικία, πολυκατοικίας) με συνολική επιφάνεια 86 m². Η θερμική ζώνη που μελετήθηκε περιλαμβάνει 2 χώρους/υπνοδωμάτια. Η μέση ετήσια κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) ανέρχεται σε 54,76 m³, ενώ η ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα εκτιμήθηκε στις 300 kJ/m²K, η ένδειξη σχετικά χαμηλής θερμικής αδράνειας είναι χαρακτηριστική για παλαιά κτίρια. Επίσης δεν υπάρχουν απώλειες θερμογεφυρών καταγεγραμμένες σε αυτή τη φάση της μελέτης.

Στην κατασκευή έργου παρατηρούνται:

- 1 καμινάδα
- 2 θύρες εξαερισμού
- 1 εξώθυρα (πόρτα εισόδου – εξόδου)
- 0 (μηδέν) ανεμιστήρες οροφής

Στα γεωμετρικά στοιχεία θερμικής ζώνης:

- Μεικτό ύψος ορόφου: 3 m
- Καθαρό ύψος: 2.80 m
- Ύψος από την οροφή: 4 m

- Άνω στάθμη διαφανών: 0.15 m
- Εσοχή διαφανών: 0.1 m
- Ποσοστό φέροντος οργανισμού: 23% (ουσιαστικά σχετίζεται με το Πλήθος ορόφων και το Έτος έκδοσης οικοδομικής άδειας όπως φαίνεται στον (βλ. Εικόνα 4-2).

Έτος έκδοσης οικοδομικής άδειας	Πλήθος ορόφων		
	έως 2	2<όροφοι<5	≥5
πρό του 1980	15%	20%	23%
1980 έως 1999	18%	23%	28%

Εικόνα 4-2 Ποσοστό φέροντος οργανισμού

Τα στοιχεία αυτά είναι κρίσιμα για την ακριβή προσομοίωση των θερμικών απωλειών και της ενεργειακής συμπεριφοράς του κελύφους, ενώ λαμβάνονται υπόψη στην τελική ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.

Ιδιότητες Θερμικής Ζώνης

Χρήση

Κατοικίας

Μονοκατοικία, πολυκ

Αριθμός Υ/Δ

2

Επιφάνεια Θ.Ζ. (m²)

86

Μέση κατανάλωση ZNX (m³/έτος)

54.76

Ανηγγεμένη θερμοχωρητικότητα

300

Απώλειες θερμογεφυρών Σ(Ψ*I)
(W/K)

0

Αρ. καμινάδων

1

Αρ. θυρίδων εξαερισμού

2

Αρ. ανεμιστήρων οροφής

0

Αρ. εξώθυρων

1

Γεωμετρικά στοιχεία Θερμικής Ζώνης

Μεικτό ύψος ορόφου (m)

3

Καθαρό ύψος (m)

2.80

Άνω στάθμη διαφανών (m)

0.15

Εσοχή διαφανών (m)

0.1

Ποσοστό φέροντος οργανισμού (%)

23

Ύψος από την οροφή (m)

4

Εικόνα 4-3 Ιδιότητες θερμικής ζώνης κτιρίου

4.2.1 Κέλυφος κτιρίου

Η θερμική ζώνη έχει συνολικό εμβαδόν 86 m^2 και όγκο 258 m^3 , εκ των οποίων 86 m^2 χαρακτηρίζονται ως ωφέλιμοι χώροι και 43 m^2 ως ψυχόμενοι.

Το κτίριο περιλαμβάνει 6 κύριες Αδιαφανείς Επιφάνειες:

- 4 εξωτερικοί τοίχοι, κατασκευασμένοι σύμφωνα με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία, με συντελεστές θερμοπερατότητας (U-value) περίπου $0.89 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- 1 πιλοτή και 1 οροφή, με βελτιωμένη θερμομονωτική απόδοση ($U \approx 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Οι τοίχοι έχουν διαφορετικό προσανατολισμό (Νότιο, Δυτικό, Ανατολικό, Βόρειο), κάτι που επηρεάζει την ηλιακή πρόσπτωση και τη θερμική συμπεριφορά.

Για τις Διαφανείς Επιφάνειες υπάρχουν 5 ανοίγματα (κουφώματα), όλα ανοιγμένα, με σταθερές διαστάσεις:

- Ύψος: 2.2 m
- Μήκος: 1.2 m
- Εμβαδό: 2.64 m^2 το καθένα

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας κουφωμάτων είναι περίπου $3.88 \text{ W/m}^2\text{K}$, υποδηλώνοντας σημαντικές απώλειες θερμότητας, ειδικά αν δεν πρόκειται για σύγχρονα ενεργειακά κουφώματα.

Η διείσδυση αέρα (V_{inf}) είναι $13.99 \text{ m}^3/\text{h}$ για κάθε άνοιγμα, τιμή που ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά την ενεργειακή απόδοση του κελύφους. Ουσιαστικά δείχνει πόσος αέρας εισέρχεται από κάθε άνοιγμα ανά ώρα, λόγω χαραμάδων, κακής στεγανότητας κουφώματος, ή απουσίας επαρκούς μόνωσης. Όσο υψηλότερη είναι η διείσδυση αέρα, τόσο περισσότερη θερμότητα χάνεται τον χειμώνα (λόγω ψυχρού αέρα που μπαίνει). Αντίστοιχα, το καλοκαίρι μπορεί να εισέλθει θερμός αέρας, αυξάνοντας το φορτίο ψύξης. Η ανάλυση της θερμικής ζώνης φαίνεται στον (βλ. Εικόνα 4-4).

Αποθήκευση

1 Ταυτότητα

2 Αρχικοποίηση

3 Σχεδίαση

4 Κελύφους

5 Συστήματα

6 Αποτελέσματα

◀ Προηγούμενο

Επόμενο ▶

Πίνακες Κελύφους

Επιφάνειες & Όγκοι Θερμικών Ζωνών

	Σύνολο	Οφέλιμος	Ψυχόμενος
Εμβαδό (m²)	88	86	43
Όγκος (m³)	258	258	129

Αδιαφανείς Επιφάνειες

#	ΘΖ	Περ.	Τύπος	Περιγραφή	Επαφή	Προσαν. γ	Κλίση β	α	ε	Ε συν	Υποσθ	Εμπ. Οριζ.	Πρόβολοι	Τέντες	Πλ.Εμπ.
1	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία	Αέρας	180°	90°	0.3	0.8	21.30	0.88	25°		☐	☐
2	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία	Αέρας	270°	90°	0.3	0.8	30.72	0.89	38°		☐	☐
3	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία	Αέρας	0°	90°	0.3	0.8	19.38	0.89	25°		☐	☐
4	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία	Αέρας	90°	90°	0.3	0.8	30.72	0.89	38°		☐	☐
5	-	ΘΖ 1	-	Πυλωτή	Αέρας	0°	180°	0.65	0.8	86.00	0.40			☐	-
6	-	ΘΖ 1	-	Οροφή	Αέρας	0°	0°	0.65	0.8	86.00	0.40			☐	-

Διαφανείς Επιφάνειες

#	ΘΖ	Περ.	Τύπος	Περιγραφή	Προσαν. γ	Κλίση β	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδό (m²)	U _w	g _w	V _{eff}	Ε.Οριζ.	Πρόβολοι	Τέντες	Πλ.Εμπ.
1	ΘΖ 1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		270°	90°	1.2	2.2	2.64	3.88	0.58	13.99	40°	5°	☐	☐
2	ΘΖ 1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		270°	90°	1.2	2.2	2.64	3.88	0.58	13.99	40°	5°	☐	☐
3	ΘΖ 1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		0°	90°	1.2	1.6	1.92	3.95	0.57	13.06	27°	7°	☐	☐
4	ΘΖ 1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		90°	90°	1.2	2.2	2.64	3.88	0.58	13.99	40°	5°	☐	☐
5	ΘΖ 1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		90°	90°	1.2	2.2	2.64	3.88	0.58	13.99	40°	5°	☐	☐

Εικόνα 4-4 Ανάλυση κελύφους θερμικής ζώνης

4.2.2 Τοποθέτηση συστημάτων-συσκευών θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ στο Υπάρχον κτίριο

Ένα σημαντικό κομμάτι στο υπάρχον κτίριο είναι ο βασικός μηχανισμός θέρμανσης της Ζώνης 1 που είναι ένας λέβητας³ ο οποίος χρησιμοποιεί φυσικό αέριο ως καύσιμο. Πρόκειται για μία παραδοσιακή και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, η οποία προσφέρει υψηλή ενεργειακή απόδοση και ταυτόχρονα μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σύγκριση με πετρέλαιο.

- **Θερμική ισχύς:** 35,00 kW – επαρκής για την κάλυψη μεσαίων έως μεγάλων φορτίων.
- **Βαθμός απόδοσης (Β.Απ.):** 1.000 – υποδηλώνει ότι η μονάδα επιτυγχάνει καλή θερμική απόδοση, ιδιαίτερα πρόκειται για συμπυκνωτικό λέβητα.
- **Seasonal Coefficient of Performance (SCOP):** 1,00 – πιθανώς προσεγγιστική ή ενδεικτική τιμή, δεδομένου ότι το SCOP αφορά

³ Αερίου - Υγραερίου : Riello Residence 35 KIS Επίτοιχος Λέβητας φυσικού αερίου υγραερίου συμπύκνωσης 35 kW

συνήθως αντλίες θερμότητας. Εδώ δηλώνεται σταθερή απόδοση σε όλη τη διάρκεια της περιόδου.

- **Βαθμός κάλυψης:** 0,50 – καλύπτει το **50% των αναγκών θέρμανσης** της Ζώνης 1.

Ο λέβητας λειτουργεί σταθερά σε όλους τους μήνες που εμφανίζεται ζήτηση θέρμανσης (Οκτώβριος – Απρίλιος), με σταθερό συντελεστή συμμετοχής 0,5, γεγονός που φανερώνει ισοκατανομή της κάλυψης με την χρήση του λέβητα.

Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες (καλοριφέρ)

Η δεύτερη μονάδα παραγωγής θερμότητας στο υπάρχον κτίριο προκύπτει από την επιλογή καρτέλας «σύνολο από τοπικές ηλεκτρικές μονάδες» στο easykenak, οι οποίες αντιπροσωπεύουν θερμαντικά σώματα με αντιστάσεις ή θερμοπομπούς⁴, που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια.

- **Θερμική ισχύς:** 4,00 kW – μικρότερη από τον λέβητα, προσαρμοσμένη για τοπική ή συμπληρωματική χρήση.
- **Βαθμός απόδοσης:** 1,000 – χαρακτηριστικό των αντιστάσεων, όπου κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε ισόποση θερμική ενέργεια χωρίς απώλειες.
- **SCOP:** 1,00 – ενδεικτικό της σταθερής απόδοσης κατά τη λειτουργία.
- **Βαθμός κάλυψης:** 0,50 – δηλώνει ότι καλύπτει το υπόλοιπο 50% της ζήτησης θέρμανσης, σε συνδυασμό με τον λέβητα.

Η λειτουργία τους είναι επίσης συνεχής κατά τη χειμερινή περίοδο, από Οκτώβριο έως Απρίλιο, με ίδιο ποσοστό συμμετοχής κάθε μήνα (0,5). Αυτό σημαίνει ότι για τα πιο πάνω δύο συστήματα θέρμανσης που καλύπτουν 0.5-50% το καθένα (δηλαδή $0.5 + 0.5 = 1.00$ άρα έχει πλήρη κάλυψη των αναγκών). Η κάλυψη μέχρι 1.00 που αντιστοιχεί το 100% στο easykenak έχει να κάνει με το πόσο ποσοστό της συνολικής θερμικής ανάγκης ενός κτιρίου καλύπτεται από τα συστήματα θέρμανσης για συγκεκριμένους μήνες.

⁴ [Morris MHR-20042 Θερμοπομπός Δαπέδου 2000W με Ηλεκτρονικό Θερμοστάτη 55.3x66cm | Skroutz.gr](#)

Α/Α	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	SCOP	B. κάλυψης	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Λέβητας	Φυσικό αέριο	35.00	1.000	1.00	0.50	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5
2	Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες (κα)	Ηλεκτρισμός	2.00	1.000	1.00	0.50	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5

Εικόνα 4-5 Ανάλυση συστήματος θέρμανσης - Ζώνης 1

Καθώς στο πλαίσιο της ενεργειακής μελέτης υπάρχει ένα σύστημα κλιματισμού στη Ζώνη 1, το οποίο απεικονίζεται στο easyskenak σαν Υδροψυκτική Αντλία Θερμότητας με ηλεκτρική πηγή ενέργειας, καθώς δεν είναι τυποποιημένο από το λογισμικό. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας όπως αναφέρονται είναι:

- **Τύπος μονάδας:** Υδροψυκτική Αντλία Θερμότητας(Κλιματιστικό – air condition⁵) **Πηγή ενέργειας:** Ηλεκτρισμός
- **Ψυκτική ισχύς:** 2,6 kW – καλύπτει μικρού έως μεσαίου μεγέθους για τις απαιτήσεις ψύξης.
- **Βαθμός απόδοσης (B.Απ.):** 1,000 – υποδηλώνει θεωρητική ενεργειακή απόδοση με βάση την ηλεκτρική είσοδο.
- **Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER):** 8,90 – τιμή που φανερώνει χαμηλή εποχική απόδοση της μονάδας, πράγμα που οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.
- **Βαθμός κάλυψης:** 0,20 – δηλαδή η μονάδα συμβάλλει κατά 20% στην συνολική απαίτηση για ψύξη της Ζώνης 1.

Χρονική κατανομή λειτουργίας της μονάδας για ψύξη λειτουργεί κατά τους θερμότερους μήνες του έτους:

- **Ιούνιος – Ιούλιος – Αύγουστος – Σεπτέμβριος:** Έχει σταθερή συμμετοχή 1 σε κάθε έναν από αυτούς τους μήνες, υποδεικνύοντας **μέγιστη απαίτηση ψύξης** και ενεργή χρήση της μονάδας.

⁵ [Bosch ASI09AW40 Serie 6 PerfectClima 9.000 BTU/h Κλιματιστικό Inverter | ΚΩΤΣΟΒΟΛΟΣ - kotsovolos.gr](https://www.bosch-thermotechnik.com/ASIO9AW40_Serie_6_PerfectClima_9.000_BTU_h_Klimatisierendes_Inverter)

- Οι υπόλοιποι μήνες (Οκτώβριος – Μάιος): Δεν παρουσιάζουν καταγεγραμμένη ψυκτική ζήτηση.

Αποθήκευση

1 Ταυτότητα

2 Αρχικοποίηση

3 Σχεδίαση

4 Κάλυψος

5 Συστήματα

6 Αποτελέσματα

Προηγούμενο

Επόμενο

Θέρμανση

Ψύξη

ZNX

Ηλιακός συλλέκτης

Φωτισμός

Μηχανικός Αερισμός

Υγρανση

Σ.Η.Θ.

Φωτοβολταϊκά

Ζώνη 1

Καθαρισμός

Θεωρητικό Σύστημα

?

Παραγωγή

A/A	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	SEER	B. κάλυψης	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	Υδροψυκτική Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	2.60	1.000	8.90	0.20	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0

Εικόνα 4-6 Ανάλυση συστήματος ψύξης - Ζώνης 1

Επίσης σημαντικό είναι και το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (ZNX) του κτιρίου. Σύμφωνα με τα στοιχεία που καταγράφηκαν κατά την μελέτη και όπως απεικονίζεται στον πιο παρακάτω πίνακα, όπου το σύστημα παραγωγής ZNX αποτελείται από:

- **Τύπος:** Λέβητας
- **Πηγή Ενέργειας:** Φυσικό Αέριο
- **Ισχύς (kW):** 35.00
- **Βαθμός Απόδοσης :** 1.000 (Θεωρητικά, ενδέχεται να είναι ονομαστική τιμή).
- **Συντελεστής Κάλυψης:** 1.00 (Υποδηλώνει ότι ο λέβητας καλύπτει το 100% των αναγκών σε ZNX).
- **Μηνιαία Λειτουργία:** Το σύστημα εμφανίζεται να λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Ιαν-Δεκ), υποδεικνύοντας συνεχή παροχή ZNX.

Αποθήκευση

1 Ταυτότητα

2 Αρχικοποίηση

3 Σχεδίαση

4 Κέλφος

5 **Συστήματα**

6 Αποτελέσματα

◀ Προηγούμενο

Επόμενο ▶

Θέρμανση

Ψύξη

ZNX

Ηλιακός συλλέκτης

Φωτισμός

Μηχανικός Αερισμός

Υγρανση

Σ.Η.Θ.

Φωτοβολταϊκά

Ζώνη 1 ▼

Καθαρισμός

Θεωρητικό Σύστημα

Θερμοσίφωνας/Boiler ▼

?

Παραγωγή

A/A	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	B. κάλυψης			Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	Λέβητας ▼	Φυσικό αέριο ▼	35.00	1.000	1.00			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Εικόνα 4-7 Ανάλυση συστήματος ZNX - Ζώνη 1

4.3 Τεχνολογίες συσκευών εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου

Πραγματοποιήθηκαν δύο σενάρια για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σπίτι, το πρώτο εστίασε στην θερμομόνωση του σπιτιού και το δεύτερο στην προσθήκη αντλίας θερμότητας, ηλιακού θερμοσίφωνα και φωτοβολταϊκού.

Αρχικά, στο σενάριο 1 πραγματοποιήθηκε η ανάλυση για τη διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m^2) μεταξύ του υπάρχοντος κτιρίου, του σεναρίου 1 (με εφαρμογή της θερμομόνωσης) και του Κτιρίου Αναφοράς. Αυτό υποδεικνύει ότι με το υπάρχον κτίριο και με το σενάριο 1 υπάρχει μέτρια ενεργειακή απόδοση, κατατασσόμενα στην μέτρια ενεργειακή κλάση Γ. Το σενάριο 1 εμφανίζει ελαφρώς καλύτερο δείκτη από το υπάρχον κτίριο λόγω της τοποθέτησης της θερμομόνωσης. Δηλαδή η εφαρμογή της θερμομόνωσης μειώνει την κατανάλωση για θέρμανση από 239.8 kWh/m^2 σε 181.6 kWh/m^2 σε σχέση με το υπάρχον κτίριο. Άρα σημαίνει ότι έρχεται πιο κοντά στην τιμή του κτηρίου αναφοράς 155.9 kWh/m^2 .

Το σενάριο 1 παρουσιάζει χαμηλότερες ανάγκες ψύξης με 6.8 kWh/m^2 από το υπάρχον κτίριο με 7.1 kWh/m^2 και από το κτίριο αναφοράς με 17.9 kWh/m^2 . Η θερμομόνωση δεν επηρεάζει σημαντικά το ZNX από το υπάρχον κτίριο, η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με το σενάριο 1 με 209.4 kWh/m^2 σε σύγκριση με το υπάρχον κτήριο με 267.9 kWh/m^2 μειώνεται κατά 58.5 kWh/m^2 . Άρα σημαίνει ότι έρχεται πιο κοντά στην τιμή του κτιρίου αναφοράς 203.2 kWh/m^2 . Όπως και στην ανάλυση του υπάρχοντος σπιτιού, η κατάταξη είναι στην Κατηγορία Γ, όμως το σενάριο 1 πλησιάζει σημαντικά το όριο για την Κατηγορία Β.

Η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο σενάριο 1 οδηγεί σε αισθητή μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, κυρίως στη θέρμανση, αν και το σενάριο εξακολουθεί να ανήκει στην κατηγορία Γ όπως φαίνεται στην (Εικόνα 4-8). Επιπλέον στον (Πίνακα 4-2) φαίνεται η κατάταξη και η ενεργειακή κλάση του σπιτιού.

Όνομα σεναρίου: **Σενάριο 1** Μένουν: 173/180

Κέλφος

Έτοιμα Σενάρια - Θερμομόνωση τοίχων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Στοιχεία προς αντικατάσταση

☒ Αδιαφανή
☐ Διαφανή

Χαρακτηριστικά νέων στοιχείων

☒ Εξοικονομώ 2025 - Παρέμβαση 2Γ1: Θερμομόνωση τοίχων κατα ΚΕΝΑΚ-2017 με επικάλυψη με συνθετικό επίστρωμα
☐ Εξοικονομώ 2025 - Παρέμβαση 2Γ2: Θερμομόνωση τοίχων κατα ΚΕΝΑΚ-2017 με επικάλυψη με ελαφριά πετάσματα

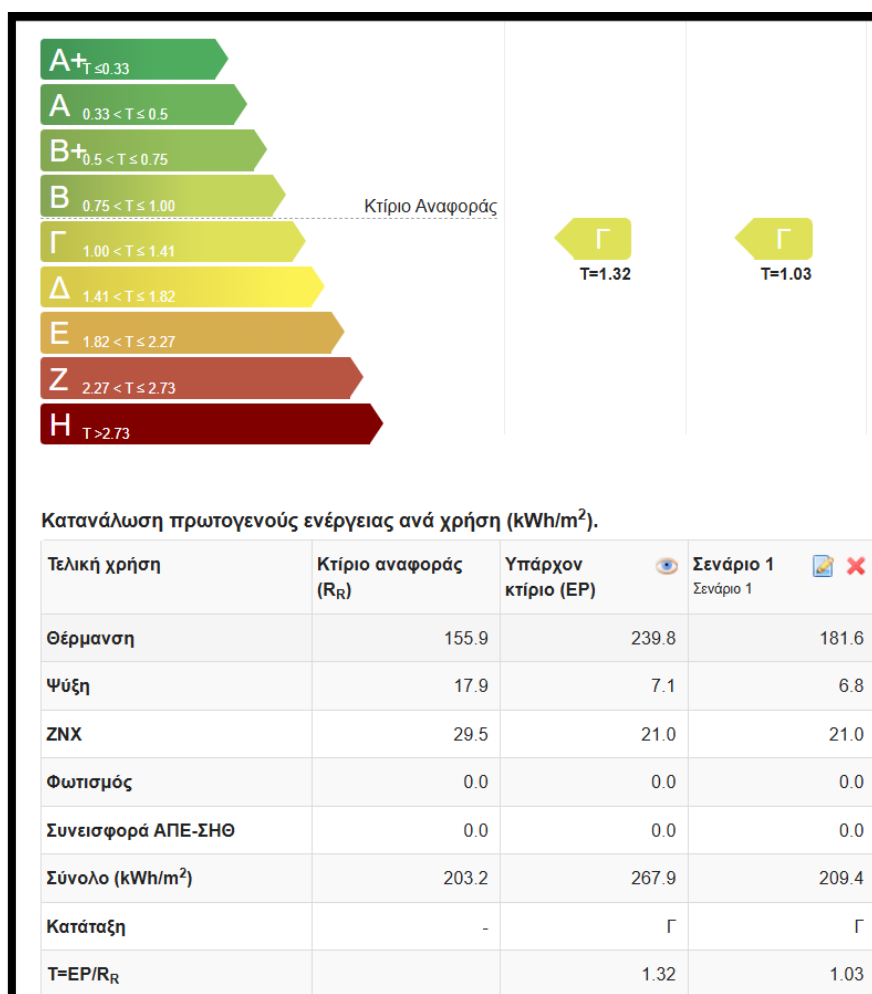
U : 0.4 $\frac{W}{m^2K}$
R : 2.50 m^2K/W
Κόστος : 30 $\frac{\text{€}}{m^2}$

Αδιαφανή

#	-	ΘΖ	Περ.	Τύπος	Περιγραφή	Επαφή	Προσαν. γ	α	ε	Ε συν	U σταθ	Εμπ. Οριζ.	Πρόβολοι	Τέντες	Κόστος €/m ²
1	☒	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με Θερμομόνωση	Αέρας	180°	0.3	0.8	21.30	0.40	25°		☐	30.00
2	☒	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με Θερμομόνωση	Αέρας	270°	0.3	0.8	30.72	0.40	38°		☐	30.00
3	☒	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με Θερμομόνωση	Αέρας	0°	0.3	0.8	19.38	0.40	25°		☐	30.00
4	☒	ΘΖ 1	1	Τοίχος	Με Θερμομόνωση	Αέρας	90°	0.3	0.8	30.72	0.40	38°		☐	30.00
5	-	ΘΖ 1	-	Πυλωτή		Αέρας	0°	0.65	0.8	86.00	0.40			☐	
6	-	ΘΖ 1	-	Οροφή		Αέρας	0°	0.65	0.8	86.00	0.40			☐	

Εικόνα 4-8 Θερμομόνωση στα πλαίσια του σεναρίου 1

Πίνακας 4-2 Ανάλυση ενεργειακής κλάσης του Σεναρίου 1



Με βάση την προηγούμενη ανάλυση θα πρέπει η ενεργειακή αναβάθμιση του σπιτιού να επεκταθεί περαιτέρω. Γι' αυτό το λόγο προχωρήσαμε στο σενάριο 2.

Συγκεκριμένα, στο σενάριο 1 έγινε μόνο θερμομόνωση και είχαμε ήδη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, επομένως στο σενάριο 2 προστέθηκαν ενεργειακά αποδοτικά συστήματα, με στόχο το σπίτι να ανήκει τουλάχιστον στην Κατηγορία Β. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήσαμε μια αντλία θερμότητας, ηλιακό θερμοσίφωνα και φωτοβολταϊκά.

Αρχικά, σχετικά με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας⁶, η οποία λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια, η θερμική ισχύς της ανέρχεται στα 16 kW με κόστος 7600 ευρώ και με συντελεστή εποχιακής απόδοσης (SCOP) ίσο με 3,3, γεγονός που υποδηλώνει υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης. Ο βαθμός απόδοσης της συσκευής ορίζεται σε 1.000 και η συνολική κάλυψη της ζήτησης θερμότητας από το σύστημα αγγίζει το 50%. Η λειτουργία της συσκευής περιορίζεται στους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριος – Μάρτιος και Οκτώβριος – Δεκέμβριος), με σταθερή μηνιαία ενεργειακή συμμετοχή 0.5-50% και για τις άλλες δύο συσκευές θέρμανσης (Λέβητας και καλοριφέρ) που καλύπτουν 0.25 το καθένα (δηλαδή 25%), οπότε $0.25 + 0.25 + 0.50 = 1.00$, άρα καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης του σπιτιού. Το συγκεκριμένο σενάριο κρίνεται ως μια αποτελεσματική λύση προσφέροντας ικανοποιητική ενεργειακή απόδοση με σχετικά μικρή εγκατεστημένη ισχύ. Η ανάλυση του σεναρίου φαίνεται στην (Εικόνα 4-9).

Θέρμανση

Ψύξη

ZNX

Ηλιακός συλλέκτης

Φωτισμός

Μηχανικός Αερισμός

Ύγρανση

Σ.Η.Θ.

Φωτοβολταϊκά

Ετοιμα Σενάρια - Θέρμανση

Προτεινόμενες επεμβάσεις

Τύπος : Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.

B.Απ. : 1

Ισχύς : 16 Kw

Προσθήκη

Πηγή ενέργειας : Ηλεκτρισμός

SCOP : 3.3

Κόστος : 7600 €

Αντικατάσταση παλιού

Νέα αντλία θερμότητας για θέρμανση-ψύξη (Εξοικονομώ 2025 - Παρέμβαση 3 Β)

Υπολογισμός μέγιστης ισχύος Pgen και Pzph

Παραγωγή

A/A	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	SCOP	B. κάλυψης	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Κόστος €
1	Λέβητας	Φυσικό αέριο	35.00	1.000	1.00	0.50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.25
2	Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες (καλ)	Ηλεκτρισμός	2.00	1.000	1.00	0.50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.25
3	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	16.00	1.000	3.30	1.00	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	7600.00

Εικόνα 4-9 Ανάλυση σεναρίου 2 για την αντλία θερμότητας

⁶ [Daikin EBLA16D3W1 Αντλία Θερμότητας 16kW Τριφασική 60°C Monoblock | Skroutz.gr](#)

Επιπλέον, στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάζεται η εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα⁷ για την κάλυψη αναγκών Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) και θέρμανσης. Ο ηλιακός συλλέκτης είναι επιλεκτικού τύπου και επίπεδος, με επιφάνεια 2,00 m². Ο προσανατολισμός του είναι νότιος (180°) και η κλίση της επιφάνειας του συλλέκτη είναι 45°, τιμές που βελτιστοποιούν τη συλλογή ηλιακής ενέργειας στις κλιματολογικές συνθήκες της Λάρισας. Η απόδοση του συστήματος καθορίζεται από το συνολικό συντελεστή απόδοσης (Συν. α όπως αναφέρεται στο easyKENAK) 0,36, ενώ το κόστος εγκατάστασης για τη συγκεκριμένη διάταξη ανέρχεται στα 587,49 €. Ο συντελεστής σκίασης είναι 1, δηλώνοντας πλήρη έκθεση στον ήλιο χωρίς εμπόδια. Η ανάλυση του ηλιακού θερμοσίφωνα στο easykenak φαίνεται στην (Εικόνα 4-10). Συνοπτικά, πρόκειται για μια ενεργειακά αποδοτική και οικονομική επιλογή για την υποστήριξη θέρμανσης νερού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

A/A	Τύπος	ZNX	Συν. α (-)	Θέρμανση	Συν. β (-)	Επιφάνεια (m²)	γ (deg)	β (deg)	F _s (-)	Κόστος €/m²
1	Επιλεκτικός επίπεδος	☒	0.360	☒	0.360	2.00	180°	45°	1.000	293.75

Εικόνα 4-10 Ανάλυση σεναρίου 2 για τον ηλιακό θερμοσίφωνα

Στο σενάριο 2 επίσης εξετάζεται η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος⁸ τύπου πολυκρυσταλλικού συλλέκτη όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-14. Το σύστημα καλύπτει επιφάνεια 1,63 m² και έχει συνολική ηλεκτρική ισχύ 0,28 kW. Ο συντελεστής απόδοσης (Συν. α) του συστήματος είναι 0,250, ενώ οι γωνίες προσανατολισμού και κλίσης είναι ιδιαίτερα μικρές (1° για το γ και 1° για το β), κάτι που ενδέχεται να επηρεάσει την απόδοση αν η εγκατάσταση δεν γίνεται σε σχεδόν οριζόντια επιφάνεια με άμεση ηλιακή πρόσπτωση. Ο

⁷ Termomax Ηλιακός Θερμοσίφωνα 160 λίτρων Glass Διπλής Ενέργειας με 2τ.μ. Συλλέκτη | Skroutz.gr

⁸ EPEVER P-280W ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ 280Wp 12V EPEVER - energybatteries.gr

συντελεστής σκίασης είναι 1.000, δηλώνοντας ότι το σύστημα δεν υπόκειται σε σκίαση. Η τιμή εγκατάστασης ανέρχεται σε 111,60 € ανά τετραγωνικό μέτρο, προσφέροντας μια προσιτή λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών, αν και η συγκεκριμένη εγκατάσταση δεν συνδέεται με σύστημα συμψηφισμού (net metering). Η ανάλυση του ηλιακού θερμοσίφωνα στο easykenak φαίνεται στην (Εικόνα 4-11).

Κέλυσος		Συστήματα							
Θέρμανση	Ψύξη	ZNX	Ηλιακός συλλέκτης	Φωτισμός	Μηχανικός Αερισμός	Υγρανση	Σ.Η.Θ.	Φωτοβολταϊκά	
Φωτοβολταϊκά ? Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κοινά για όλες τις ζώνες.									
A/A	Τύπος	Συν. Α (-)	Επιφάνεια (m ²)	Ισχύς (KW)	γ (deg)	β (deg)	F _s (-)	Σύνδεση με συμψηφισμό	Κόστος €/m ²
1	Πολυκρυσταλλικό	0.250	1.63	0.28	1°	1	1.000	☐	111.60

Εικόνα 4-11 Ανάλυση σεναρίου 2 για τα φωτοβολταϊκά

Στα πλαίσια του σεναρίου 2 πραγματοποιήθηκαν σημαντικές παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης στο σπίτι, μέσω της εγκατάστασης αντλίας θερμότητας για τη θέρμανση και ψύξη, ηλιακού θερμοσίφωνα για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και φωτοβολταϊκού συστήματος για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι παρεμβάσεις αυτές οδήγησαν σε σημαντική μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας το οποίο περιγράφεται και στον παρακάτω (Πίνακα 5-14).

Το σπίτι που επιλέχθηκε είχε σημαντικές προκλήσεις σε επίπεδο ενεργειακής απόδοσης και η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίστηκε σε σενάρια μείωσής της για να ανταποκρίνεται στο κτήριο αναφοράς. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δυο σενάρια για την βελτίωση της υφιστάμενης ενεργειακής κλάσης του σπιτιού, τα οποία εν τέλει το οδήγησαν να έχει πολύ καλύτερη ενεργειακή απόδοση.

Στο σενάριο 1 έγινε μόνο η τοποθέτηση της θερμομόνωσης και είχαμε ήδη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από ότι στο υπάρχον κτίριο. Μετέπειτα στο σενάριο 2 προστέθηκαν ενεργειακά αποδοτικά συστήματα, οι οποίες οι παρεμβάσεις αυτές οδήγησαν σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης

πρωτογενούς ενέργειας, από 203,2 kWh/m² του κτηρίου αναφοράς, σε 122,4 kWh/m², επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση της τάξεως των 80,8 kWh/m². Ειδικότερα, η κατανάλωση για θέρμανση μειώθηκε από 155,9 στο σενάριο 1 σε 123,1 kWh/m² στο σενάριο 2. Για ψύξη από 17,9 στο σενάριο 1 σε 6,8 kWh/m² στο σενάριο 2 και για ZNX από 29,5 στο σενάριο 1 σε 7,4 kWh/m² στο σενάριο 2. Επίσης υπήρξε και συμβολή ανανεώσιμης ενέργειας ύψους 14,9 kWh/m² από το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Ως αποτέλεσμα, η ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου βελτιώθηκε σημαντικά, κατατάσσοντάς το στην κατηγορία B+ με τιμή δείκτη ενεργειακής απόδοσης T=0,60, σε σχέση με το αρχικό T=1,32 του υφιστάμενου κτιρίου. Η ενεργειακή αυτή αναβάθμιση αποδεικνύει τη σημαντική συμβολή των στοχευμένων τεχνολογικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Πίνακας 4-3 Αποτελέσματα ενεργειακής κλάσης Σεναρίου 2



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Αποτελέσματα σχετικά με τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας

Πίνακας 5-1 Συγκριτικός πίνακας των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας

Τεχνολογία	Τεχνολογικά οφέλη	Οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας	Περιβαλλοντικά οφέλη	Refs.
Λέβητες Συμπύκνωσης	Υψηλός βαθμός απόδοσης (έως 108%), αξιοποίηση λανθάνουσας θερμότητας.	Χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου (έως 30% εξοικονόμηση) Υψηλό κόστος εγκατάστασης.	Μείωση εκπομπών CO ₂ κατά 20-30%.	[95]
Αντλίες θερμότητας	COP 3-5, δυνατότητα θέρμανσης και ψύξης, λειτουργία με ΑΠΕ.	Υψηλή εξοικονόμηση 40-60%, χαμηλό κόστος λειτουργίας αλλά υψηλό αρχικό κόστος.	Σχεδόν μηδενικές εκπομπές, συμβατότητα με πράσινη ενέργεια.	[96]
Ηλιακά θερμικά	Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας για θέρμανση νερού.	Μείωση κατανάλωσης καυσίμου έως 70%, υψηλό κόστος εγκατάστασης.	Μηδενικές εκπομπές κατά τη λειτουργία, μακροχρόνια βιωσιμότητα.	[63]
Λέβητες βιομάζας	Καύση βιομάζας (pellets, ξύλο), ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.	Χαμηλό κόστος καυσίμου, ψηλό κόστος εγκατάστασης, απαιτεί	Μείωση εκπομπών CO ₂ , αλλά απαιτεί διαχείριση	[97]

		αποθήκευση καυσίμου.	στάχτης και αποθήκευσης.	
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	Υψηλή σταθερή απόδοση (COP 4-5), ανεξαρτησία από εξωτερικές θερμοκρασίες.	Εξοικονόμηση έως 70%, πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας, υψηλό αρχικό κόστος και ανάγκη γεωτρήσεων.	Μηδενικές εκπομπές κατά τη λειτουργία, μακροχρόνια βιωσιμότητα.	[98]
Φωτοβολταϊκές αντλίες θερμότητας	Συνδυασμός Φ/Β με αντλία θερμότητας, αυτονομία ηλεκτρικής ενέργειας.	Σχεδόν μηδενικό λειτουργικό κόστος, υψηλό κόστος εγκατάστασης.	Μηδενικές εκπομπές, χρήση πράσινης ενέργειας.	[54] [47]
Αυτοματισμοί (BMS)	Έλεγχος θερμοκρασίας, χρονοπρογραμματισμός, απομακρυσμένη διαχείριση.	Εξοικονόμηση 10-25%, μικρό κόστος.	Μείωση κατανάλωσης, καμία επιβάρυνση για το περιβάλλον.	[66]

5.2 Αποτελέσματα σεναρίων μελέτης περίπτωσης εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενη οικία

Πίνακας 5-2 Συγκριτικός πίνακας σεναρίων μελέτης περίπτωσης

Τεχνολογία	Τεχνολογικά οφέλη	Οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας	Περιβαλλοντικά οφέλη
Θερμομόνωση κελύφους (Σενάριο 1)	Μείωση θερμικών απωλειών,	Εξοικονόμηση 20- 40% χαμηλότερη χρήση θέρμανσης/ψύξης.	Μείωση εκπομπών λόγω χαμηλής κατανάλωσης.

	σταθερή θερμοκρασία.		
Αντλία θερμότητας (Σενάριο 2)	Δυνατότητα θέρμανσης και ψύξης (COP 3-4)	Υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας.	Χαμηλές εκπομπές χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.
Ηλιακός θερμοσίφωνας (Σενάριο 2)	Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης με ηλιακή ενέργεια.	Εξοικονόμηση ενέργειας για ZNX.	Μηδενικές εκπομπές κατά τη χρήση.
Φωτοβολταϊκά με net metering (Σενάριο 2)	Αυτοπαραγωγή ρεύματος, μείωση κόστους λογαριασμών.	Εξοικονόμηση έως 70% του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας.	Μηδενικές εκπομπές κατά τη λειτουργία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα συζήτηση εστιάζει στην ανάλυση των αποτελεσμάτων, σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης των συγχρόνων κτιρίων. Στο προηγούμενο κεφάλαιο η μελέτη ανέδειξε ότι η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂, ενώ εφαρμόζονται στρατηγικές θέρμανσης που συνδέονται με σημαντικά οφέλη τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο.

Ένα βασικό κομμάτι είναι ότι η εφαρμογή του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK) και των τεχνικών οδηγιών του TEE (TOTEE) έχει οδηγήσει σε μια συστηματική προσπάθεια για την ενσωμάτωση ενεργειακών αποδοτικών λύσεων, όπως οι προδιαγραφές για θερμομόνωση και χρήση αποδοτικών λεβήτων ή αντλιών θερμότητας δημιουργούν ένα πλαίσιο εξοικονόμησης ενέργειας του κτιρίου χωρίς να επηρεάζουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ωστόσο, η πραγματική αποτελεσματικότητα αυτών των μέτρων εξαρτάται από την εφαρμογή τους στην πράξη, καθώς και από τον τακτικό έλεγχο και συντήρηση των συστημάτων.

Η σύγκριση των παραδοσιακών και συγχρόνων συστημάτων θέρμανσης έδειξε ότι οι λέβητες συμπύκνωσης, τα ηλιοθερμικά συστήματα και οι αντλίες θερμότητας υπερτερούν σημαντικά έναντι των συμβατικών λεβήτων, προσφέροντας αυξημένο βαθμό απόδοσης και μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Παράλληλα, η υιοθέτηση συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου, όπως οι θερμοστάτες χώρου και τα συστήματα αντισταθμίσεις, ενισχύουν την ενεργειακή αποδοτικότητα, μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας και προσαρμόζοντας τη λειτουργία στις πραγματικές ανάγκες του κτιρίου. Παρά τα πλεονεκτήματα, διαπιστώθηκαν προκλήσεις στην πρακτική εφαρμογή, όπως είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης για τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης και η έλλειψη ενημέρωσης των ιδιοκτητών. Ειδικά σε υφιστάμενα κτίρια, όπως οι τεχνικές δυσκολίες αναβάθμισης της υποδομής οδηγούνται σε μερική εφαρμογή των μέτρων, μειώνοντας την αποδοτικότητα. Οπότε για περαιτέρω βελτίωση θα πρέπει να περιλαμβάνεται η ενίσχυση των οικονομικών κινήτρων για τη αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης, τη βελτίωση των

διαδικασιών επιθεώρησης και ελέγχου, καθώς και την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για μηχανικούς και τεχνικούς.

Η ανάλυση ανέδειξε επίσης την ανάγκη για συνεχή ενεργειακή επιθεώρηση της λειτουργίας των συστημάτων, ώστε να διασφαλίζεται η συμμόρφωση με τον ΚΕΝΑΚ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι προτάσεις που βασίζονται σε λογισμικά προσομοίωσης, όπως το λογισμικό Easykenak, μπορούν να υποστηρίξουν την ορθολογική λήψη των αποφάσεων για παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, μειώνοντας τον κίνδυνο υπερδιαστασιολόγησης και εξασφαλίζοντας καλύτερη οικονομική απόδοση.

Άρα συνοψίζοντας λοιπόν ότι η εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης των συγχρόνων κτιρίων αποτελεί πολυδιάστατη πρόκληση που συνδυάζει τεχνικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες. Η χρήση αποδοτικών τεχνολογιών και η υιοθέτηση «έξυπνων» λύσεων μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, τη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και να την ενισχύσει της βιωσιμότητας του κτιριακού τομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την παρούσα πτυχιακή εργασία υπογραμμίζουν τη σημασία της συστηματικής διερεύνησης της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα και ειδικότερα στα συστήματα θέρμανσης. Η μελέτη κατέδειξε ότι οι κεντρικές θερμάνσεις εξακολουθούν να αποτελούν τον κυρίαρχο τρόπο κάλυψης θερμικών αναγκών στα σύγχρονα κτίρια, ωστόσο η απόδοση τους εξαρτάται άμεσα από τον τύπο, τη συντήρηση και την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών. Μέσα από την ανάλυση και τη μελέτη περίπτωσης αναδείχθηκε ότι η εφαρμογή στοχευμένων παρεμβάσεων μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Η προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος, η αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με λέβητες συμπύκνωσης, η χρήση αντλιών θερμότητας και η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών, όπως οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, συνεισφέρουν ουσιαστικά στη βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς των κτιρίων. Τα αποτελέσματα της ενεργειακής αποτίμησης έδειξαν ότι η συνδυασμένη εφαρμογή των παραπάνω μέτρων οδηγεί σε αναβάθμιση της ενεργειακής κατηγορίας και σε μείωση του κόστους λειτουργίας.

Η ανάλυση κόστους-οφέλους επιβεβαίωσε ότι ορισμένες παρεμβάσεις απαιτούν υψηλότερο αρχικό κόστος επένδυσης, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με προγράμματα επιδότησης και ενισχύσεις ενεργειακής αναβάθμισης. Παράλληλα, η συμμόρφωση με το θεσμικό πλαίσιο (ΚΕΝΑΚ, ευρωπαϊκή οδηγία EPBD και τις τεχνικές οδηγίες TOTEE) δεν αποτελούν απλώς νομική υποχρέωση, αλλά εργαλείο που διασφαλίζει την ποιότητα, την αξιοπιστία και τη βιωσιμότητα των παρεμβάσεων. Ιδιαίτερη σημασία έχει και η αξιοποίηση συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου, τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα προσαρμογής της λειτουργίας των εγκαταστάσεων στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών, συμβάλλοντας έτσι στην αποφυγή άσκοπης κατανάλωσης ενέργειας για την επίτευξη περαιτέρω εξοικονόμησης ενέργειας.

Συνεπώς η πτυχιακή εργασία καταλήγει ότι οι μελλοντικές έρευνες και εφαρμογές θα πρέπει να εστιάσουν στη βέλτιστη ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και καινοτόμων τεχνολογιών διαχείρισης θέρμανσης, ώστε να

εξασφαλιστεί η περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και η ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] LEROY MERLIN, [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.leroymerlin.gr/gr/thermansi/kedriki-thermansi/?page=1>.
- [2] Θέρμανση, 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://thermansi.org/kentriki-thermansi/>.
- [3] Δ. Γ. Μ. Σταυρακάκης, «Στοιχεία εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης,» 2020-21, p. 27.
- [4] Mytherm, «Ελληνική Βιομηχανία Ενεργειακών Συστημάτων,» Mytherm, 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://mytherm.gr/>.
- [5] hengas, hengas Hellenic Natural Gas Distribution, 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.hengas.gr/fysiko-aerio/ofeli-kai-pleonektimata-fysikou-aeriou/>.
- [6] RenovablesVerdes, «Ανακαλύψτε τους λέβητες βιομάζας και τη διαμάχη για το ισοζύγιο CO₂,» 2024.
- [7] skroutz, «Αντλίες Θερμότητας: Αναλυτικός Οδηγός Αγοράς,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.skroutz.gr/guides/102.Antlies-thermotitas-Analytikos-odigos-agoras.html>.
- [8] nikolaos psarras | Geothermal Engineering, «Γεωθερμικές Αντλίες θερμότητας,» Geothermal Engineering, 3 July 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://nikolaospsarras.com/antlies-thermotitas/>.
- [9] IdealKlima, «Ενδοδαπεδια Θερμανση: Όλα όσα πρέπει να γνωρίζετε,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://idealklima.gr/endodapedia-thermansi-ola-osa-prepei-na-gnwrizete/>.
- [10] C. Z. Y. Tian, «Applied Energy,» *A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications*, pp. 538-553, April 2013.
- [11] LENICON GREEN BUILDING TECHNOLOGIES, «Υβριδικό σύστημα θέρμανσης,» 2025.
- [12] N. Polishchuk, «Boiler Losing Pressure? Here's Why and What You Need to Know,» HeatingForce, 23 March 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://heatingforce.co.uk/blog/boiler-losing-pressure/>.
- [13] Pmg, «Medium Pressure Boilers,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://pmg.engineering/>.

- [14] J. Elston, «Boiler Pressure Too High: Causes Of High pressure In Boilers & How To Fix,» BoilerCentral, 17 January 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.boilercentral.com/troubleshooting/7-reasons-why-your-boiler-pressure-is-too-high-or-low/>.
- [15] ‘Η ιστορία της θέρμανσης και της ψύξης’. Accessed: Aug. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.harbortech.gr/blog/posts/i-istoria-tis-thermansis-kai-tis-psyksis>
- [16] ‘Προϊόντα & Υπηρεσίες ψύξης, θέρμανσης σε Κόρινθο, Αθήνα, Περιστέρι, Ίλιον, Αιγάλεω |’, TexKat. Accessed: Aug. 22, 2025. [Online]. Available: <https://texkat.gr/>
- [17] Θ. Μάνεσης, ‘Θέρμανση’, ANDRIANOS. Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.andrianos.gr/gr/proionta/thermansis>
- [18] ‘Θέρμανση’, dropfix.gr. Accessed: Aug. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.dropfix.gr/thermansis/>
- [19] ‘Συνδυασμός ηλιακού θερμικού συστήματος με αντλία θερμότητας - ktirio.gr’. Accessed: Aug. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.ktirio.gr/el/%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CF%82/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CF%88%CF%85%CE%BE%CE%B7-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82-%CE%BC%CE%B5-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B1-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82>
- [20] ‘KLIMATIKA ΠΡΟΪΟΝΤΑ - Ηλιοθερμικά συστήματα - Ηλιοθερμικά συστήματα’. Accessed: Aug. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.klimatika.gr/default.asp?pid=10&ct=38&sec=0&itm=103>
- [21] ‘All Technical Solutions’. Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <http://www.alltechsolutions.gr>

- [22] J. Hazlehurst, 'Chapter eleven - Central Heating – Warm Air Systems', in *Tolley's Domestic Gas Installation Practice (Fifth Edition)*, J. Hazlehurst, Ed., Oxford: Newnes, 2009, pp. 552–602. doi: 10.1016/B978-1-85617-683-5.10011-7.
- [23] 'Αεραγωγοί', Climaduct. Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.climaduct.gr/αεραγωγοί/>
- [24] 'Dimovent Περίσδεσ ρυθμιζ. κατεύθυνσης'. Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: https://www.dimovent.gr/default.asp?pid=130&kid=144&sid=145&prod_id=2470&lang=1
- [25] 'Αεροθερμία; Τι είναι, πώς λειτουργεί, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα - Οικολόγος Πράσινο', Green-Ecolog.com. Accessed: Feb. 16, 2025. [Online]. Available: <https://el.green-ecolog.com/15343343-aerothermy-what-it-is-how-it-works-advantages-and-disadvantages>
- [26] 'Kruger'. Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.krugerfan.com/index.php/products/view/10/63?lang=en>
- [27] 'Advantages and Disadvantages of Using a Central Heating System - P & H Plumbing, Heating and Air Conditioning'. Accessed: Aug. 23, 2025. [Online]. Available: <https://phplumbingheating.com/advantages-and-disadvantages-of-using-a-central-heating-system/>
- [28] Y.-C. Ko and T.-H. Lin, 'Emissions and efficiency of a domestic gas stove burning natural gases with various compositions', *Energy Conversion and Management*, vol. 44, no. 19, pp. 3001–3014, Nov. 2003, doi: 10.1016/S0196-8904(03)00074-8.
- [29] M. Koraïem and D. Assanis, 'Wood stove combustion modeling and simulation: Technical review and recommendations', *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 127, p. 105423, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2021.105423.
- [30] M. Thomas, 'Combustion gas moisture generated by vent-free fireplaces', *Solplan Review*, May 2007, Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20930222>
- [31] 'Ηλεκτρικό Τζάκι: Πώς Λειτουργεί & Γιατί να το Επιλέξεις; | Douleutaras'. Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.douleutaras.gr/bsdir/tzakia/symvoules/ilektriko-tzaki-pos-leitourgei/>

- [32] ‘Τοπικός οικιακός μηχανικός αερισμός: Μια επισκόπηση’. Accessed: Aug. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.wolf.eu/el-gr/symboules/oikiakos-mechanikos-aerismos/topikos-oikiakos-mechanikos-aerismos>
- [33] Θ. Βούλγαρης, ‘ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ | EASYGREEN’. Accessed: Mar. 02, 2025. [Online]. Available: https://www.easygreen.com.gr/ipiresies/sistimata_thermansis/
- [34] Ι. Γεωργίου, ‘Παθητικά κτίρια και ενεργειακή εξοικονόμηση’, *Construction*. Accessed: Feb. 23, 2025. [Online]. Available: <https://constructionmag.gr/pathitika-ktiria-kai-energeiaki-exoikonomisi/>
- [35] ‘8 Ultra-Low-Energy Passive Houses Around the World’, *Inhabitat - Green Design, Innovation, Architecture, Green Building | Green design & innovation for a better world*. Accessed: Aug. 23, 2025. [Online]. Available: <https://inhabitat.com/8-ultra-low-energy-passive-buildings-around-the-world/>
- [36] C. Filippín, S. Flores Larsen, A. Beascochea, and G. Lesino, ‘Response of conventional and energy-saving buildings to design and human dependent factors’, *Solar Energy*, vol. 78, no. 3, pp. 455–470, Mar. 2005, doi: 10.1016/j.solener.2004.05.021.
- [37] kokotas.gr, ‘Αντλίες Θερμότητας πώς λειτουργούν και γιατί να τις επιλέξω?’, kokotas.gr. Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.kokotas.gr/nea/antlies-thermotitas-pos-leitourgoun-kai-gati-na-tis-epilekso.html>
- [38] GreenBuilding ©, ‘Εξυπνος θερμοστάτης wifi σε όλα τα σπίτια • GreenBuilding’. Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://greenbuilding.gr/thermansis/exypnos-thermostatis/>
- [39] ‘Κλιματισμός – Clima Therm’. Accessed: Mar. 07, 2025. [Online]. Available: <https://clima-therm.gr/air-conditioning-ventilation/>
- [40] ‘Εξοικονόμηση ενέργειας με σωστή χρήση του κλιματιστικού!’ Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.leroymerlin.gr/gr/idees-kai-sumvoules/eksoikonomisi-energeias/>
- [41] H. expert, ‘Τα είδη των συσκευών κλιματισμού’, *Κλιματιστικά*. Accessed: Mar. 07, 2025. [Online]. Available: <https://klimatistika.wordpress.com/2016/07/27/%cf%84%cf%8d%cf%80%ce%bf%ce%b9-%cf%83%cf%85%cf%83%ce%ba%ce%b5%cf%85%cf%8e%ce%bd->

%ce%ba%ce%bb%ce%b9%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b9%cf%83%ce%bc%ce%bf%cf%8d/

[42] ‘HSPF Rating Explained: How Efficient Are High HSPF Heat Pumps?’ Accessed: Mar. 07, 2025. [Online]. Available: <https://learnmetrics.com/hspf-rating/>

[43] ‘Τι είναι η αξιολόγηση HSPF και γιατί είναι σημαντική για εσάς’; Accessed: Mar. 06, 2025. [Online]. Available: <https://el.365electric.com/m1013148/d1013155/1013117057.html>

[44] charakidas-store.gr, ‘Σώματα καλοριφέρ: πώς λειτουργούν, τύποι και σωστές θερμίδες ανά τ.μ.’ Accessed: Mar. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.charakidas-store.gr/ell/news-item/8/Somata-kalorifer-pos-leitoyrgoyn-typoi-kai-sostes-thermides-ana-t.m>.

[45] GreenBuilding ©, ‘Καλοριφέρ: Ότι χρειάζεται να γνωρίζετε για αυτά • GreenBuilding’. Accessed: Mar. 08, 2025. [Online]. Available: <https://greenbuilding.gr/thermansι/καλοριφερ/>

[46] ‘Thermostatic Radiator Valve Suppliers Κατασκευαστές - HYSEN’. Accessed: Mar. 08, 2025. [Online]. Available: <https://gr.hysencontrol.com/thermostatic-radiator-valve/>

[47] M. Maivel and J. Kurnitski, ‘Low temperature radiator heating distribution and emission efficiency in residential buildings’, *Energy and Buildings*, vol. 69, pp. 224–236, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.10.030.

[48] ‘Υπολογισμός απόδοσης θερμαντικών σωμάτων’, ΑΕΝΑΟΣ Α.Ε. Accessed: Mar. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.aenaos-sa.gr/ypologismos-apodosis-thermandikon-somaton>

[49] ‘Βιβλιοθήκη - Υπολογισμός απόδοσης θερμαντικών σωμάτων’. Accessed: Mar. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.monachos.gr/forum/content.php/379-%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B1%CF%80%CF%8C%CE%B4%CE%BF%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CF%83%CF%89%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD>

[50] H. Stopps and M. F. Touchie, ‘Residential smart thermostat use: An exploration of thermostat programming, environmental attitudes, and the influence of smart

controls on energy savings', *Energy and Buildings*, vol. 238, p. 110834, May 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.110834.

- [51] 'Smart Wifi Θερμοστάτης Προγραμματιζόμενος Εβδομαδιαίος Χωνευτός Θέρμανσης με Ξηρή Επαφή Μαύρος'. [Online]. Available: <https://www.meidanis.gr/el/advance-smart-analogiko-rele-2x25a-thermosifona-thermostatis-hroniko-me-diakopi-oudeterou-wifi-648-etibht18b.html>
- [52] embed, 'Tumblr', Tumblr is a place to express yourself, discover yourself, and bond over the stuff you love. It's where your interests connect you with your people. Accessed: Mar. 11, 2025. [Online]. Available: <https://embed.tumblr.com/widgets/share/button?canonicalUrl=https%3A%2F%2Fwww.theprocesspiping.com%2Fintroduction-pressure-safety-valve%2F&postcontent%5Btitle%5D=Introduction%20to%20Pressure%20Safety%20Valve&postcontent%5Bcontent%5D=https%3A%2F%2Fwww.theprocesspiping.com%2Fintroduction-pressure-safety-valve%2F>
- [53] M. Boer, 'Τι είναι η βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας', GMS Instruments. Accessed: Mar. 11, 2025. [Online]. Available: <https://gms-instruments.com/el/what-is/what-is-a-temperature-control-valve/>
- [54] 'Ελεγκτές πίεσης και ποής INVERTER Italtcnica SIRIO Universal | newtools.gr'. Accessed: Mar. 11, 2025. [Online]. Available: <https://newtools.gr/italtecnica-sirio-universal-italy>
- [55] 'Βαλβίδες ζώνης | Belimo ZoneTight™ | Belimo'. Accessed: Mar. 11, 2025. [Online]. Available: https://www.belimo.com/gr/el_GR/products/valves/product-documentation/zone-valves
- [56] 'One of the important and underestimated components of a heating system, apart from all the devices installed in it, is water. The efficient functioning of heat - Onninen Wholesale', Onninen - Plumbing and electrical wholesaler. Accessed: Mar. 11, 2025. [Online]. Available: <https://onninen.pl/en/article/filters-and-separators-in-heating-systems>
- [57] 'Αυτόματος εξαερισμός - πώς λειτουργεί, γιατί ρέει'. Accessed: Mar. 11, 2025. [Online]. Available: <https://buildis.techinfus.com/el/otoplenie/vozdushnyj-klapan-dlya-otopleniya.html>
- [58] K. Θωμάς, 'Τα Μέρη ενός Ηλιακού Θερμοσίφωνα', Ηλιακός LIVE. Accessed: May 24, 2025. [Online]. Available: <https://xn--mxaiafgebcfhrnue2a8ad5c3c.gr/τα-μέρη-ενός-ηλιακού-θερμοσίφωνα/>

- [59] Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 'Γεωθερμική αντλία θερμότητας σε βιομηχανικό κτίριο', ADTHERM. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.adtherm.gr/works/geothermiki-antlia-se-biomihania/>
- [60] 'Θέρμανση Με Πέλλετ: 10 Σημεία που Πρέπει να Γνωρίζεις! | Douleutaras'. Accessed: May 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.douleutaras.gr/bsdir/autonomi-thermanssi/symvoules/thermanssi-me-pellet/>
- [61] 'Φωτοβολταϊκή Αντλία Θερμότητας Πηγής Αέρα με Ηλιακό Πάνελ'. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://el.flamingooooo.com/product-photovoltaic-air-source-heat-pump-with-solar-panel.html>
- [62] L. Kranzl, M. Hummel, A. Müller, and J. Steinbach, 'Renewable heating: Perspectives and the impact of policy instruments', *Energy Policy*, vol. 59, pp. 44–58, Aug. 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2013.03.050.
- [63] C. E. Commission, 'Solar Water Heating Assessment Project - Understanding and Improving Effectiveness for California Households'. Accessed: May 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.energy.ca.gov/publications/2019/solar-water-heating-assessment-project-understanding-and-improving-effectiveness>
- [64] G. Portillo, 'Ηλιακοί συλλέκτες: Τύποι και λειτουργία', Renovables Verdes. Accessed: May 25, 2025. [Online]. Available: <https://el.renovablesverdes.com/%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D%CF%82-%CF%83%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82/>
- [65] 'Photovoltaic Heat Pump', Keyter. Accessed: May 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.keyter.com/photovoltaic-heat-pump/>
- [66] 'Performance analysis of a photovoltaic heat pump', *Applied Energy*, vol. 85, no. 8, pp. 680–693, Aug. 2008, doi: 10.1016/j.apenergy.2008.01.003.
- [67] 'γεωεναλλάκτης', Panagoulas Group - Energy. Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: <https://energy.panagoulas.com.gr/geoenallaktis/>
- [68] G. Portillo, 'Γεωθερμική ενέργεια στο σπίτι: αποδοτικός κλιματισμός και εξοικονόμηση ενέργειας', Renovables Verdes. Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: <https://el.renovablesverdes.com/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CF%83%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82/>

- %CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9%3A-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CF%80%CF%8C%CE%B4%CE%BF%CF%83%CE%B7/
- [69] S. J. Self, B. V. Reddy, and M. A. Rosen, 'Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options', *Applied Energy*, vol. 101, pp. 341–348, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.01.048.
- [70] J. Las-Heras-Casas, L. M. López-Ochoa, J. P. Paredes-Sánchez, and L. M. López-González, 'Implementation of biomass boilers for heating and domestic hot water in multi-family buildings in Spain: Energy, environmental, and economic assessment', *Journal of Cleaner Production*, vol. 176, pp. 590–603, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.061.
- [71] 'Λέβητες Βιομάζας » DIANA-SKORDAS'. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://diana-skordas.gr/levites-viomazas/>
- [72] GreenBuilding ©, 'Ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργία & οφέλη • GreenBuilding'. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <https://greenbuilding.gr/thermansι/ενδοδαπεδια-θερμανση/>
- [73] admin, 'Ενδοδαπέδια Θέρμανση - Όλα Όσα Πρέπει να Γνωρίζετε - Ηλεκτρική & Υδραυλική - Υλικά - Εγκατάσταση - Συντήρηση κ.α.', Ανακαίνιση Σπιτιού. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <https://anakainisisspitiou.gr/anakainisisspitiou/endodapedia-thermansι/>
- [74] 'Ενδοδαπέδια θέρμανση', AENAOΣ Α.Ε. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.aenaos-sa.gr/endodapedia_thermansι
- [75] www.4green.gr, 'Ηλεκτρική Ενδοδαπέδια Θέρμανση', 4green.gr. Accessed: Jun. 03, 2025. [Online]. Available: https://www.4green.gr/news/data/ellhnika-nea/Hlektrikh-Endodapedia-Thermansh_153925.asp
- [76] 'Λέβητες συμπίκνωσης - τι είναι και πως λειτουργούν | AENAOΣ Α.Ε. - Θέρμανση - κλιματισμός - Θεσσαλονίκη'. Accessed: Jun. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.aenaos-sa.gr/levites-sympiknosis-kaysaerion>
- [77] 'ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ – Hydrothermiki Υδροθερμική | Χρυσούπολη Καβάλας'. Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://hydrothermiki.gr/2016/09/06/%ce%bb%ce%b5%ce%b2%ce%b7%cf%84%>

ce%b5%cf%83-

%cf%83%cf%85%ce%bc%cf%80%cf%85%ce%ba%ce%bd%cf%89%cf%83%ce%b7%cf%83-

%cf%80%ce%b5%cf%84%cf%81%ce%b5%ce%bb%ce%b1%ce%b9%ce%bf%cf%85/

- [78] R. M. Lazzarin, 'Condensing boilers in buildings and plants refurbishment', *Energy and Buildings*, vol. 47, pp. 61–67, Apr. 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.11.029.
- [79] 'Υβριδικό Σύστημα Λέβητα Με Αντλία Θερμότητας Immergas Magis Combo 4/6/9 V2', Casa Solutions. Accessed: Aug. 25, 2025. [Online]. Available: <https://casasolutionsgekas.com/product/υβριδικό-σύστημα-λέβητα-με-αντλία-θερ/>
- [80] S. Ito, N. Miura, and K. Wang, 'PERFORMANCE OF A HEAT PUMP USING DIRECT EXPANSION SOLAR COLLECTORS¹', *Solar Energy*, vol. 65, no. 3, pp. 189–196, Feb. 1999, doi: 10.1016/S0038-092X(98)00124-8.
- [81] 'Συνδυασμός ηλιακού θερμικού συστήματος με αντλία θερμότητας - ktirio.gr'. Accessed: Aug. 25, 2025. [Online]. Available: <https://ktirio.gr/el/%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CF%82/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CF%88%CF%85%CE%BE%CE%B7-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82-%CE%BC%CE%B5-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B1-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82>
- [82] 'Συστήματα BMS - Ενέργεια - Θέρμανση - Κλιματισμός - Υδραυλικά , Χανιά'. Accessed: Jun. 08, 2025. [Online]. Available: <https://hydroclima.gr/pagesc024.html?id=95&cat=6&lang=el>
- [83] 'HVAC BMS Integration: Basics, Components and Controls - aircondlounge'. Accessed: Jun. 08, 2025. [Online]. Available: <https://aircondlounge.com/hvac-bms-integration-basics-components-controls/>

- [84] Fabian, 'What is a Building Management System or BMS?', Integra Controls | Building Automation Solutions. Accessed: Jun. 08, 2025. [Online]. Available: <https://integracontrols.com/what-is-a-building-management-system-or-bms/>
- [85] D. HELLAS, 'ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ'. Accessed: Jun. 09, 2025. [Online]. Available: <https://www.hvacolutions.gr/news/news-1-leitourgia-antista8mishs-sthn-8ermansh/>
- [86] 'Αντιστάθμιση Θέρμανσης'. Accessed: Jun. 09, 2025. [Online]. Available: <https://yourenergy.gr/?p=560>
- [87] 'CW 100 - Αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας', ΑΕΝΑΟΣ Α.Ε. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.aenaos-sa.gr/cw-100-antistathmisi-ekswterikhs-thermokrasias>
- [88] thodoris, 'Αντιστάθμιση κεντρικής θέρμανσης', ANDRIANOS. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.andrianos.gr/gr/nea/arthra/%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82>
- [89] 'Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων', Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Accessed: Jun. 21, 2025. [Online]. Available: <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>
- [90] 'Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας', ΤΕΕ. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://web.tee.gr/d-e-k-a-d/tmima-epistimonikoy-kai-anaptyxiakoy-ergoy/totee/>
- [91] Α. Διανά, 'Εξοικονομώ 2025: Επιδοτήσεις από 50 – 100% σε νοικοκυριά για ενεργειακή αναβάθμιση- Τα κριτήρια - iEnergie.gr'. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.ienergeia.gr/ilektrismos/34518/eksoikonomo-2025-epidotiseis-apo-50-100-se-noikokyria-gia-energeiaki-anavathmisi-ta-kritiria>
- [92] newsroom and E. για την Ο. | newmoney, 'Ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών: Ερχονται μέσα στο 2025 τέσσερα προγράμματα ύψους 1 δισ. ευρώ', Ειδήσεις για την Οικονομία | newmoney. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/energiaki->

anavathmisi-katikion-erchonte-mesa-sto-2025-tessera-programmata-ipsous-1-dis-
evro/

- [93] 'Αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD) | Kingspan Hellas', Kingspan.com. Accessed: Jun. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.kingspan.com/gr/el/arthra-gnosis/epbd/>
- [94] E. Hellas, 'Αναθεώρηση Οδηγίας EPBD'. Accessed: Jun. 26, 2025. [Online]. Available: <https://epshellas.com/anatheorisi-odigias-epbd/>
- [95] 'Condensing boiler', *Wikipedia*. Jul. 27, 2025. Accessed: Aug. 26, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Condensing_boiler&oldid=1302801311
- [96] 'Heat pump', *Wikipedia*. Aug. 24, 2025. Accessed: Aug. 26, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Heat_pump&oldid=1307655602
- [97] 'Benefits of Biomass and Pellet Boilers in 2025', The Renewable Energy Hub. Accessed: Aug. 26, 2025. [Online]. Available: https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/biomass-boiler-information/benefits-of-biomass?utm_source=chatgpt.com
- [98] 'Ground source heat pump', *Wikipedia*. Aug. 09, 2025. Accessed: Aug. 26, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ground_source_heat_pump&oldid=1304981884