



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αυτοματοποίηση συστήματος συμπαράγωγής  
ζεστού νερού χρήσης για ενδοδαπέδια θέρμανση  
από διαφορετικές πηγές.

Γρηγόριος Αποστολόπουλος

A.M.: HN07302

Επιβλέπων: Γάβρος Κωνσταντίνος, Καθηγητής



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα εργασία γίνεται ανάλυση των εναλλακτικών πηγών θέρμανσης, με ανάλυση κυρίως της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και του συστήματος PLC. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή στους τρόπους θέρμανσης των κατοικιών. Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται ενδελεχής ανάλυση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, παρουσιάζοντας τα οφέλη της, Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του συστήματος PLC και των παραμέτρων που συνιστούν το προγραμματιστικό κομμάτι χειρισμού της ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

## **ABSTRACT**

In this paper, an analysis of alternative heating sources will be made, with an analysis mainly of underfloor heating and the PLC system. In the first chapter there is a brief historical review of the ways of heating houses. In the second chapter, there is a thorough analysis of underfloor heating, Finally, in the third chapter there is an analysis of the PLC system.



## ΣΕΛΙΔΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Γαύρος Κωνσταντίνος αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο. Copyright (C)

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα/ες, Έτος, Πόλη Copyright (C)  
Αποστολόπουλος Γρηγόριος, Γαύρος Κωνσταντίνος, 2023 , Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή

Αποστολόπουλος Γρηγόριος

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT.....	3
ΣΕΛΙΔΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ .....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ – ΕΙΚΟΝΩΝ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ PLC ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ .....	21
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	28
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	29

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ – ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Υποκαυστικά συστήματα θέρμανσης, πηγή: Shipton’s Heating and Cooling LTD.....	8
Εικόνα 2 Καμινάδες στο Ηνωμένο Βασίλειο κατά τον μεσαίωνα, πηγή: Schiedel.....	9
Εικόνα 3 Ξυλόσομπα κατά τον 18ο αιώνα, πηγή: <a href="https://stock.adobe.com/au/images/18th-century-interior-stove/306566218">https://stock.adobe.com/au/images/18th-century-interior-stove/306566218</a> .....	10
Εικόνα 4 Franz San Galli και το πρώτο καλοριφέρ σε σκιαγράφιση, πηγή: Radiator-co.com.....	11
Εικόνα 5 Σύστημα καλοριφέρ ατμού, πηγή: Hackaday.....	12
Εικόνα 6 Ηλεκτρικό καλοριφέρ, πηγή: Shipton’s Heating and cooling LTD.....	13
Εικόνα 7 Καλοριφέρ με ράβδους σπειροειδούς σύρματος, πηγή: <a href="https://www.electricradiatorsdirect.co.uk/">https://www.electricradiatorsdirect.co.uk/</a> .....	14
Εικόνα 8 Σύστημα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης, πηγή: <a href="http://homeidea.gr/endodapedia-thermansi/">homeidea.gr/endodapedia-thermansi/</a> .....	17
Εικόνα 9 Λειτουργικό σχέδιο PLC.....	22
Εικόνα 10 Προγραμματιστικό σχέδιο PLC με τη χρήση προγράμματος LOGO.....	23
Εικόνα 11 HMI για παρακολούθηση της θερμοκρασίας και εντολή on-off ηλεκτροβάννας.....	24
Εικόνα 12 Προγραμματισμός Θερμοστάτη Χώρου Οικίας με το πρόγραμμα LOGO (Block 1).....	25
Εικόνα 13 Προγραμματισμός Θερμοστάτη Πάνελ με το πρόγραμμα LOGO (Block 2).....	26
Εικόνα 14 Προγραμματισμός Θερμοστάτη Λέβητα με το πρόγραμμα LOGO (Block 3).....	27

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα προβλήματα που ελλοχεύουν κατά τη διαχείριση της ενέργειας είναι η οικονομική χρήση της και η προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό το πρόβλημα απασχολεί αρκετούς μηχανικούς, αλλά και επιστήμονες, ιδίως αν ληφθεί υπόψη η προσπάθεια για την μετάβαση στην «πράσινη ενέργεια», καθώς και η τρέχουσα παγκόσμια ενεργειακή κρίση. Για αυτό το λόγο είναι προτιμώμενη και σε κάποιες περιπτώσεις υποχρεωτική και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία γίνεται λόγος για την ενδοδαπέδια θέρμανση, η οποία φαίνεται να είναι μία από τις εναλλακτικές επιλογές για θερμότητα. Η ενδοδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιεί τη χαμηλή θερμοκρασία του νερού και δύναται να λειτουργεί με αντλίες θερμότητας ή λέβητες διαζευκτικά (Κεφαλέας, 2012). Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης έγκειται τη χρήση σωλήνων που είναι σχεδιασμένοι για να περνάει ζεστό νερό. Εν ολίγοις, το σύστημα αυτό αποτελείται από βρόγχους,, συλλέκτες και ζώνες θέρμανσης.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μία εναλλακτική πηγή ενέργειας για τις κατοικίες. Η πράσινη μετάβαση προτάσσει την χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Μερικές από αυτές είναι η ηλιακή ενέργεια (παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα, συλλέκτες, κ.α), η αιολική ενέργεια (χρήση ενέργειας από ανεμογεννήτριες ή αιολικά πάρκα), η βιομάζα, η υδραυλική ενέργεια και η γεωθερμία (Μητράκα, 2012).

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αυτοματισμός στη διαχείριση ενέργειας παίζει έναν αρκετά καταλυτικό ρόλο. Ειδικότερα, στην περίπτωση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, το σύστημα PLC παρέχει λύση αυτοματισμού στην ενδοδαπέδια θέρμανση σε μία κατοικία, προκειμένου να αναλύει τις συνθήκες θερμοκρασίας εντός αυτής και αντιστοίχως να ενεργοποιεί και απενεργοποιεί το σύστημα.

Συνεπώς, στην παρούσα εργασία θα γίνει ανάλυση των εναλλακτικών πηγών θέρμανσης, με ανάλυση κυρίως της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και του συστήματος PLC. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή στους τρόπους θέρμανσης των κατοικιών. Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται ενδελεχής ανάλυση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του συστήματος PLC.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Διαχρονικά ο τρόπος θέρμανσης στην κατοικία λαμβάνει διαφορετικές μορφές. Από τα πρώτα χρόνια στην ανθρώπινη ιστορία οι άνθρωποι επιδίωκαν με διάφορους τρόπους να θερμάνουν την οικία τους.

Ξεκινώντας από τους αρχαίους χρόνους ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τη φωτιά (Τομπουλίδης, 2015). Η φωτιά ήταν η βασικότερη πηγή ενέργειας για τη θέρμανση των κατοικιών, αλλά και για τις άλλες λειτουργίες. Οι κατοικίες τότε είχαν εντελώς διαφορετική μορφή από ό,τι γνωρίζουμε σήμερα, καθώς κατά τα πρώτα χρόνια της ανθρωπότητας οι κατοικίες συγκροτούνταν σε σπηλιές.

Με το πέρασμα των χρόνων και αφού οι άνθρωποι συγκροτούσαν τις πρώτες κατοικίες, έβρισκαν αντίστοιχα και άλλους τρόπους θέρμανσης. Για παράδειγμα, τα ρωμαϊκά κτίρια στηρίζονταν σε πυλώνες και είχαν ανοίγματα στα δάπεδα και τους τοίχους ως μέρος του υποκαυστικού συστήματος θέρμανσης των Ρωμαίων. Κάτω από τις κατασκευές, άναβαν φωτιές, επιτρέποντας στη θερμότητα να περάσει μέσα από τα δάπεδα και τους τοίχους των δωματίων και να βγει μέσω των καπναγωγών της οροφής (Basaran, 2007). Με αυτόν τον τρόπο, το κτίριο ζεσταινόταν αποτελεσματικά χωρίς να αφήνει τον καπνό να μολύνει τον αέρα μέσα.



Εικόνα 1 Υποκαυστικά συστήματα θέρμανσης, πηγή: Shipton's Heating and Cooling LTD.



Με την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, η χρήση του κάρβουνου μειώθηκε και τα τζάκια έγιναν η κύρια πηγή οικιακής θέρμανσης. Κατά τον μεσαίωνα, η εστία αντικαταστάθηκε από το τζάκι, το οποίο εξαεριζόταν μέσω μιας τρύπας στη μέση της οροφής, κατά τον 12ο αιώνα με την εμφάνιση της καμινάδας (Allen, 2013). Η λοξή καμινάδα του πλευρικού τοιχώματος που χρησιμοποιείται στα νορμανδικά κάστρα είναι εκεί που ξεκίνησε η καμινάδα. Αυτό κατέστησε δυνατή την τοποθέτηση του τζακιού σε ένα πλαϊνό δωμάτιο. Μπορούν πλέον να κατασκευαστούν και να χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί καπναγωγοί και τζάκια χάρη στις βελτιώσεις στο σχεδιασμό της καμινάδας.

Παρά το γεγονός ότι η χρήση της καμινάδας είναι αρκετά εκτεταμένη, το πότε και από πού προήλθαν είναι αμφιλεγόμενο. Αυτό προέρχεται βασικώς από το γεγονός ενός σεισμού που συνέβη στη Βενετία το 1347, ο οποίος προσδιορίζει πόσες καμινάδες καταστράφηκαν ως αποτέλεσμα της καταστροφής (Allen, 2013). Παρά την απλή μορφή τους, οι καμινάδες τροποποιούνταν συνεχώς καθώς αναπτύχθηκαν νέες τεχνολογίες για να αυξήσουν την απόδοσή τους. Τον 16ο αιώνα, ο Λουί Σαβότ έκανε αλλαγές στο Παρίσι, όπως επιβάλλει μια πιο ομαλή καπνοδόχο και μια μικρότερη σόμπα. Η ασφάλεια γύρω από τις καμινάδες αποκτούσε επίσης σημασία. Μέχρι το 1719, όλες οι πήλινες καμινάδες στην Αγγλία έπρεπε να ξαναχτιστούν με τούβλα.



Εικόνα 2 Καμινάδες στο Ηνωμένο Βασίλειο κατά τον μεσαίωνα, πηγή: Schiedel

Κατά τον 17<sup>ο</sup> με 18<sup>ο</sup> αιώνα, η θέρμανση γινόταν με τη χρήση σόμπας. Μέχρι τότε, το τζάκι παρέμενε η κύρια πηγή θερμότητας σε ένα σπίτι. Η ανάπτυξη μιας ασφαλέστερης, πιο αποτελεσματικής σόμπας από τον Benjamin Franklin, του οποίου

το όνομα εξακολουθεί να συνδέεται με μια παραλλαγή της, ήταν ένας σημαντικός παράγοντας για τη διάδοση της σόμπας (Ramsey, 2007). Η σόμπα βάσης του Eliphalet Nott και η αεροστεγή σόμπα του Isaac Orr, που παρουσιάστηκαν και οι δύο το 1833, ήταν πρόσθετες εξελίξεις.

Το ξύλο χρησίμευε ως κύρια πηγή καυσίμου για σόμπες και τζάκια αυτή την εποχή. Ο άνθρακας χρησιμοποιήθηκε ευρέως μέχρι το 1885, όταν τα καρότσια και στη συνέχεια τα φορτηγά άρχισαν να παραδίδουν ποσότητες αυτού του ορυκτού καυσίμου σε υπόγεια σε όλο τον κόσμο (Allen, 2009).



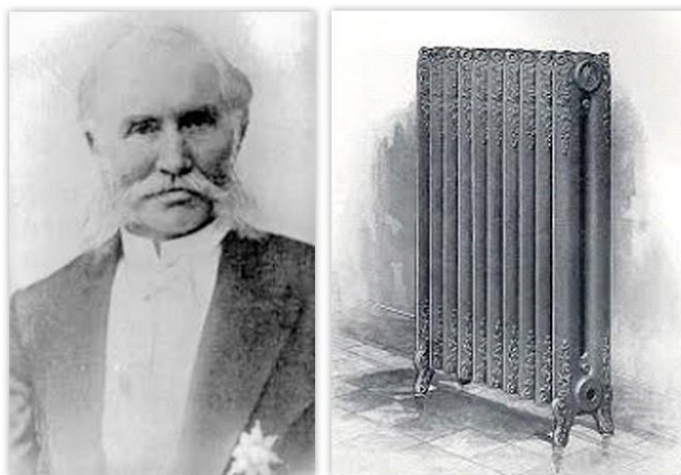
Εικόνα 3 Ξυλόσομπα κατά τον 18ο αιώνα, πηγή: <https://stock.adobe.com/au/images/18th-century-interior-wood-burning-stove/306566218>

Αυτή η περίοδος παράδοσης διήρκεσε τουλάχιστον 50 χρόνια. παρόλο που εξακολουθεί να εξορύσσεται άνθρακας για ηλεκτρική ενέργεια. Βέβαια η χρήση της ξυλόσομπας συνοδεύεται από την εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>. Τα σπίτια, ιδιαίτερα τα αγροτικά νοικοκυριά σε υπανάπτυκτες χώρες, χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα όπως κάρβουνο, άχυρα καλλιεργειών, ξύλο, κοπριά ζώων κ.λπ. για καθημερινό μαγείρεμα και θέρμανση (Shen et al., 2021). Αν και το σχετικό μερίδιο των καταναλωτών στερεών καυσίμων μειώνεται λόγω της αύξησης του πληθυσμού, ο αριθμός των ανθρώπων που καταναλώνουν στερεά καύσιμα παγκοσμίως έχει παραμείνει περίπου στα τρία δισεκατομμύρια (Bonjour et al., 2013).

Η ταχεία κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές μειώσεις στη χρήση στερεών καυσίμων, αλλά συνήθως η «στοίβαξη» ή η χρήση διαφόρων καυσίμων και εστιών, διατηρεί υψηλή τη χρήση στερεών καυσίμων κατά τη διάρκεια της ενεργειακής μετάβασης (Zhu et al., 2019).

Ο Dave Lennox δημιούργησε και πούλησε έναν χαλύβδινο φούρνο με καύση άνθρακα στα τέλη του 1800 που θέρμαινε αποτελεσματικά ένα σπίτι χρησιμοποιώντας φθηνά καλοριφέρ από χυτοσίδηρο. Αυτό σήμαινε ότι οι άνθρωποι δεν χρειαζόταν πλέον να μαζεύονται γύρω από μια σόμπα ή τζάκι για να ζεσταθούν.

Κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα στη Ρωσία εφευρέθηκε το καλοριφέρ. Η εφεύρεσή του αποδίδεται στον Franz San-Galli και συνέβαλε σημαντικά στην πρόοδο των σύγχρονων συστημάτων κεντρικής θέρμανσης. Στην Αγία Πετρούπολη, ο San-Galli εφηύρε το θερμαντικό σώμα μεταξύ 1855 και 1857, δίνοντας του την ονομασία «hot-box» και του χορηγήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1857 (Ionescu et al., 2015). Τα πρώτα καλοριφέρ ήταν κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο δοχεία που μετακινούσαν το ζεστό νερό μέσω σωλήνων. Τα καλοριφέρ χρησίμευαν ως διακοσμητικά αντικείμενα στη βικτωριανή εποχή εκτός από το ότι χρησίμευαν ως θερμάστρες. Η ανάπτυξη σύγχρονων καλοριφέρ, τα οποία κατασκευάζονται από πεπιεσμένα φύλλα χάλυβα, πιθανότατα επηρεάστηκε από τις ανησυχίες ότι το ψυγείο από χυτοσίδηρο ήταν πολύ βαρύ για καθημερινή χρήση.

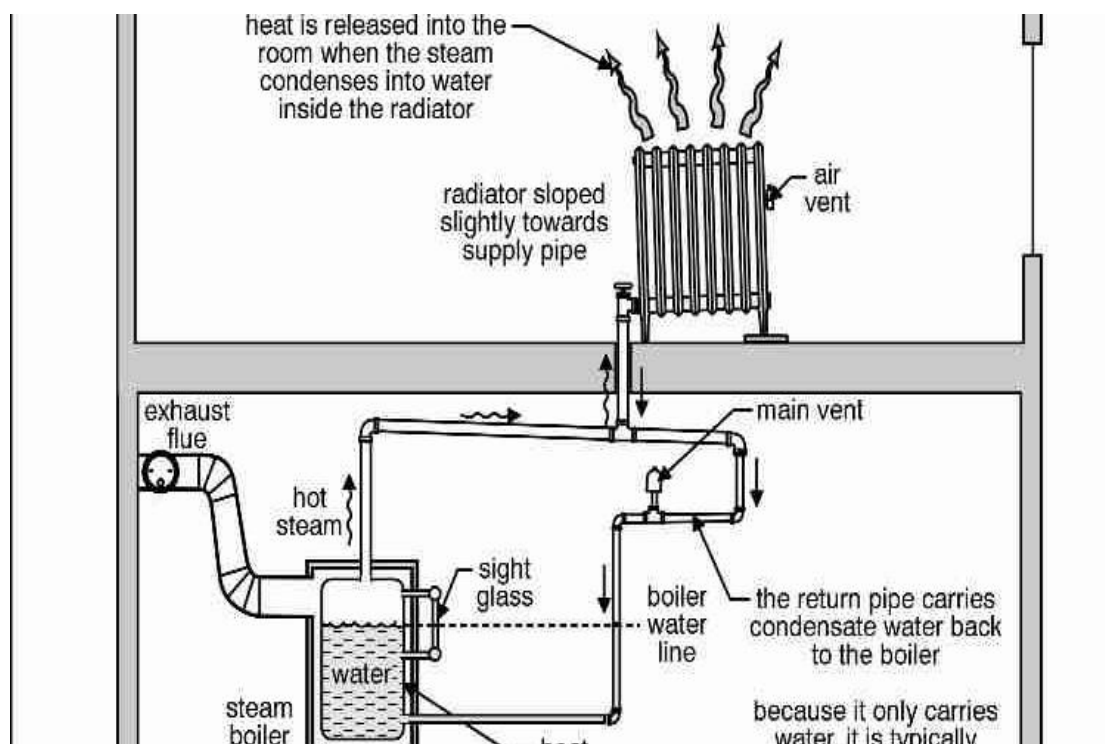


Εικόνα 4 Franz San Galli και το πρώτο καλοριφέρ σε σκιαγράφιση, πηγή: Radiator-co.com

Η εξέλιξη του καλοριφέρ συνεχίστηκε από τον Thomas Edison, ο οποίος δημιούργησε τον ηλεκτρικό θερμαντήρα το 1883. Δεδομένου ότι η ανάπτυξη του

ηλεκτρικού θερμαντήρα ήταν αποτέλεσμα μελέτης από πολλές πηγές, οι ιστορικοί δεν μπόρεσαν να εντοπίσουν πότε πρωτοεμφανίστηκε ακριβώς. Ωστόσο, ο Albert Leroy Marsh, ο οποίος δημιούργησε το κράμα "chromel" το 1905, είναι επίσης σωστά αναγνωρισμένος επειδή οι ηλεκτρικοί θερμαντήρες χρειάζονται επίσης ένα ισχυρό καλώδιο υψηλής αντίστασης για να λειτουργήσουν. Το Chromel, ή νικρώμιο όπως αποκαλείται τώρα, έφερε επανάσταση στην ηλεκτρική μηχανική, καθώς ήταν περισσότερο από 300 φορές ισχυρότερο από άλλα κράματα στην αγορά εκείνη την εποχή. Το Nichrome έχει υψηλό σημείο τήξης 1.400 °C και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται συχνά σήμερα λόγω της ικανότητάς του να αντιστέκεται στη διάβρωση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη δεκαετία του 1860' έγινε πιο συνηθισμένο η θέρμανση κατοικιών με λέβητες, καλοριφέρ, ατμό ή ζεστό νερό. Η πλειονότητα των νοικοκυριών ήταν εξοπλισμένα με θερμαντικά σώματα ζεστού νερού χαμηλότερης πίεσης επειδή θεωρούνταν πιο ασφαλή, ακόμη και όταν μεγάλα εμπορικά και δημόσια κτίρια χρησιμοποιούν ατμό.



Εικόνα 5 Σύστημα καλοριφέρ ατμού, πηγή: Hackaday



**Εικόνα 6 Ηλεκτρικό καλοριφέρ, πηγή: Shipton's Heating and cooling LTD**

.Κατά τις αρχές του 20<sup>ο</sup> αιώνα, η Alice Parker κατέθεσε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η θερμότητα μεταφερόταν μέσω των αγωγών με φυσική μεταφορά επειδή δεν υπήρχε ηλεκτρικό ρεύμα για να χρησιμοποιήσουν οι ανεμιστήρες. Ένα δίκτυο αγωγών συνδέθηκε με έναν φούρνο άνθρακα και έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα λιγότερο από 20 χρόνια αργότερα, προκειμένου να διανεμηθεί ο ζεστός αέρας σε μια κατοικία. Οι άνθρωποι είχαν ένα εύρος επιλογών από τα μέσα του 20ου αιώνα για τη θέρμανση των σπιτιών τους. Αυτές περιελάμβαναν λέβητες και φούρνους πετρελαίου, προπάνιου, φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας (Hegerl et al, 2018). Οι επιτοίχιες ή χωνευτές ηλεκτρικές θερμάστρες βρίσκονται συχνά σε διαμερίσματα. Αυτά επιμένουν μέχρι τώρα. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα μέσα στο σπίτι και του εξωτερικού αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω αντλιών θερμότητας, οι οποίες μπορεί να προέρχονται είτε από αέρα είτε από γεωθερμικές πηγές.

Ένα ακόμα τρόπος που υπάγεται στην ηλεκτρική θέρμανση, την εποχή εκείνη, προέρχεται από τους ράβδους σπειροειδούς σύρματος που χρησιμοποιούνται ως θερμαντικά στοιχεία μέσα στο σώμα των θερμαντήρων. Αυτές οι μπάρες εκπέμπουν μια εκθαμβωτική πορτοκαλί λάμψη και ηρεμιστική ακτινοβολία θερμότητα όταν χρησιμοποιούνται (Cavicchi, 2006). Από τη δεκαετία του 1950 και μετά, οι φωτιές με ακτινοβολία ράβδο κέρδισαν δημοτικότητα ως επιλογή θέρμανσης, επειδή η

πλειονότητα των τύπων μπορούσαν να μεταφερθούν οπουδήποτε στο σπίτι και να συνδεθούν στην πρίζα. σχεδόν στιγμιαία. Αυτό όμως δεν εγγυήθηκε την πλήρη ασφάλειά τους, λόγω των κακών φυλάκων των πρώτων θερμαντήρων γύρω από τα καυτά στοιχεία, πολλά περίεργα δάχτυλα κάηκαν από τις καυτές θερμοκρασίες τους.



Εικόνα 7 Καλοριφέρ με ράβδους σπειροειδούς σύρματος, πηγή: <https://www.electricradiatorsdirect.co.uk/>

Η ηλεκτρική θέρμανση έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στις αρχές του 20ου αιώνα. Οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες και τα καλοριφέρ ήταν πλέον μια πολύ πιο αποτελεσματική επιλογή για χρήση σε σπίτια χάρη στην πρόοδο στον σχεδιασμό τους. Οι σύγχρονες ηλεκτρικές θερμάστρες είναι εξίσου πιο ευαίσθητες αφού για την καλύτερη κατανόηση των θερμαντικών στοιχείων έχουν δημιουργηθεί πολλές περισσότερες τεχνικές ηλεκτρικής θέρμανσης.

Οι απλοί διακόπτες και οι στροφικοί διακόπτες αντικαταστάθηκαν από οθόνες LED και ψηφιακούς προγραμματιστές χάρη στην εξέλιξη της νανοτεχνολογίας, τα οποία επέτρεψαν στις συσκευές να γίνουν πιο περίπλοκες αναφορικά με τον τρόπο λειτουργίας τους. Ως τρόπος για τους χρήστες να εισάγουν πιο ακριβείς και εξελιγμένες παραγγελίες, τα ψηφιακά πληκτρολόγια ενίσχυσαν το φάσμα των δυνατοτήτων διαχείρισης θέρμανσης. Έχουν ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων χάρη στους ψηφιακούς ελέγχους που δεν ήταν δυνατοί πριν από την αλλαγή του αιώνα. Σε

καθημερινή βάση, οι χρήστες μπορούν να σχεδιάζουν τα δικά τους χρονοδιαγράμματα θέρμανσης μέχρι την ώρα και όλα τα δεδομένα φυλάσσονται σε μια ενσωματωμένη τράπεζα μνήμης για να προστατεύουν τον προγραμματισμό σας σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Εν ολίγοις, η θέρμανση έχει μία διαχρονική εξέλιξη, η οποία χρονολογείται από την εμφάνιση της ανθρωπότητας. Επιπλέον, οι ανάγκες του ανθρώπου εξελίσσονται διαχρονικά επίσης. Για αυτόν τον λόγο, και η εξέλιξη των θερμαντικών συστημάτων γίνεται βάσει των διαθέσιμων πόρων και της κάλυψης των αναγκών του ανθρώπου. Τα τελευταία χρόνια, και στο πλαίσιο της ενεργειακής κρίσης, υπάρχει έντονη ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας. Ως εκ τούτου, τα συστήματα θέρμανσης δεν στοχεύουν μόνο στην θέρμανση της κατοικίας, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος, όπως η εποχή επιτάσσει.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Οι Κορεάτες ανέπτυξαν μια μέθοδο για να κατευθύνουν τη θερμότητα από μια φλεγόμενη φωτιά κάτω από τα πέτρινα πατώματα των σπιτιών τους ήδη από το 5000 π.Χ. Μέχρι το 3000 π.Χ., μια πολύ απλή διαδικασία γνωστή ως "ondol" (ψημένη πέτρα) είχε τελειοποιηθεί τόσο που περιλάμβανε πολλαπλές φωτιές και θερμαινόμενους φούρνους εκτός από το δάπεδο (Baek & Park, 2017). Όπως είδαμε και στο προηγούμενο μέρος, η ενδοδαπέδια θέρμανση έχει πρωταγωνιστικό ρόλο και στη Ρωμαϊκή εποχή. Ειδικότερα, μπορεί να ειπωθεί ότι τα υποκαυστικά συστήματα θέρμανσης είναι πρόδρομος των σημερινών συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιεί τη χαμηλή θερμοκρασία του νερού και δύναται να λειτουργεί με αντλίες θερμότητας ή λέβητες διαζευκτικά. Πιο συγκεκριμένα, για τη θέρμανση ενός δωματίου, η ενδοδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιεί τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το δάπεδο.. Εκείνη την εποχή, το δωμάτιο θερμαινόταν χρησιμοποιώντας ενδοδαπέδια αγωγούς θερμού αέρα που προέρχονταν από την καύση ξύλου.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της είναι η αίσθηση άνεσης που παρέχεται στους ανθρώπους και τους επιτρέπει να διατηρούν τις βιολογικές τους παραμέτρους στα βέλτιστα επίπεδα αναφέρεται ως θερμική άνεση. Αναφέρεται κυρίως στη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα του αέρα της περιοχής στην οποία βρίσκεται. Στην πραγματικότητα, εκτός από αυτούς τους παράγοντες, όπως η σωματική δραστηριότητα, η ενδυμασία και το επίπεδο θορύβου, η ευημερία επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες. Αποτελεί ενδεχομένως τη μόνη τεχνολογία έως σήμερα που ικανοποιεί με επιτυχία ακόμη και τις πιο ακραίες κλιματικές και εργονομικές απαιτήσεις σε οικιακούς, εμπορικούς και βιομηχανικούς χώρους.

Λειτουργεί παρέχοντας νερό σε θερμοκρασία μεταξύ 30 και 45 βαθμών Κελσίου μέσω πλαστικών σωλήνων που κρύβονται κάτω από το δάπεδο. Λόγω του μεγάλου μεγέθους του σώματος που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση, ολόκληρου του δαπέδου, αυτή η θερμοκρασία θεωρείται ικανοποιητική. Σε αντίθεση με άλλες παραδοσιακές τεχνικές θέρμανσης, αυτό προκαλεί μια ομοιογενή κατανομή της θερμοκρασίας σε όλο το χώρο. Τα χαρακτηριστικά που παρέχουν σε αυτό το



σύστημα τα βασικά του πλεονεκτήματα είναι η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας, η ομοιογενής κατανομή θερμοκρασίας και η στιβαρή μόνωση δαπέδου:



Εικόνα 8 Σύστημα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης, πηγή: [homeidea.gr/endodapedia-thermans/](http://homeidea.gr/endodapedia-thermans/)

Επιπρόσθετα, παρέχεται η ικανότητα να λειτουργεί με οποιοδήποτε σύγχρονο σύστημα θέρμανσης, συμπεριλαμβανομένων των αντλιών θερμότητας και των λεβήτων συμπύκνωσης. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί σε αρμονία με τις λεγόμενες «μαλακές» πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (έως 60%) και μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Αναφορικά με τις συνθήκες στο δωμάτιο, είναι εφικτή η διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας έως και 2 °C χαμηλότερη από ένα τυπικό σύστημα θέρμανσης λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας στο πάτωμα, όπου είναι εγκατεστημένη ισχυρή μόνωση, και όχι υψηλή στο δωμάτιο, όπου οι απώλειες από την οροφή αυξάνονται. Έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 5-7% με τη μείωση της θερμοκρασίας του δωματίου μόνο κατά ένα βαθμό (Lin et al., 2005).

Με τη χρήση ακτινοβολίας για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός χώρου, εξαλείφονται τα ρεύματα και η κίνηση της σκόνης, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής.

Τα ζεστά πόδια και το πιο κρύο κεφάλι είναι οι τέλειες συνθήκες για το ανθρώπινο σώμα, το οποίο βοηθάται επίσης από την πτώση της θερμοκρασίας καθώς αυξάνεται το ύψος (Shove et al., 2014). Η συνεχής λειτουργία και η αδράνεια του συστήματος, μαζί με τη στιβαρή μόνωση του δαπέδου, προσφέρουν τις ιδανικές συνθήκες για περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Αναφορικά με τον σχεδιασμό του συστήματος, η ποσότητα ακτινοβολίας που απελευθερώνεται ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας εξαρτάται από το πώς έχει διαστασιολογηθεί ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης (Plytaria et al., 2018). Ένας τέτοιος υπολογισμός εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας τοποθέτησης του σωλήνα στη μονωτική πλάκα, του τύπου του τελικού δαπέδου (ξύλο, πλακάκι, μάρμαρο κ.α.) και τα δομικά χαρακτηριστικά του. το συνολικό μήκος των κυκλωμάτων, η υδραυλική ισορροπία των κυκλωμάτων, η διάμετρος του σωλήνα των κυκλωμάτων κ.λπ.

Αναφορικά με την τεχνολογική εξέλιξη, τα στοιχεία που παρατίθενται αντλούνται από την ιστοσελίδα της «Home Idea» (<https://www.homeidea.gr/endodapedia-thermansi>). Αρχικά, το βασικότερο σημείο σε όλο το σύστημα είναι ο σωλήνας, ο οποίος μπορεί να περικλείεται από ένα φράγμα υδρατμών οξυγόνου. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας, δε μπορεί να σχηματιστεί δικτύωση του σωλήνα. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν έχουμε αλλοίωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της δικτύωσης σε όλη την επιφάνεια του σωλήνα.

Τέτοιου τύπου σωλήνες έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα. Πρώτα απ' όλα, η υψηλή ευελιξία καθιστά εύκολη την εντατική εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία με χαμηλότερες θερμοκρασίες παροχής. Επιπλέον, λόγω της μειωμένης ευθραυστότητας του υλικού, επιτρέπεται η τοποθέτησή του ακόμη και σε θερμοκρασίες κάτω των 0°C χωρίς ανησυχία για αστοχία. Λόγω της απλότητας της εγκατάστασης και της εξοικονόμησης κόστους από λιγότερη εργασία, είναι ελαφρύ. Δεύτερον, η διαδικασία κατασκευής του σωλήνα, η εσωτερική επιφάνεια είναι μάλλον λεία εξασφαλίζει τις χαμηλότερες απώλειες ροής και προστατεύει το σύστημα από τη διάβρωση. Οι σωλήνες υψηλής τραχύτητας ενθαρρύνουν την ανάπτυξη εναποθέσεων στο εσωτερικό τους, αυξάνοντας την απαραίτητη μανομετρική πίεση και συμβάλλοντας στη φθορά του συστήματος. Τέλος, ένα ακόμα πλεονέκτημα που έχει είναι το χαμηλό κόστος. Αυτό οφείλεται

στην απουσία ανάγκης προσθήκης επιπλέον χημικών και διεργασιών κατά την παραγωγή του, προκειμένου να ενισχυθεί η δομή του.

Ο τρόπος που λειτουργεί η ενδοδαπέδια θέρμανση έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης και σε επιστημονικό επίπεδο. Αρχικά, οι Ławryńczuk & Ocłoń (2019) μοντελοποίησαν τον Προγνωστικό Έλεγχο Μοντέλων (MPC) και την ενεργειακή βελτιστοποίηση μέσω διαδικτύου ενός κτιρίου κατοικιών στο οποίο χρησιμοποιείται ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης που βασίζεται σε ηλεκτρικά φύλλα θέρμανσης. Το μοντέλο της πρώτης αρχής αναπτύσσεται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στο κτίριο. Σε αυτό το πλαίσιο, τα ευρήματά του συνιστούν την ύπαρξη γραμμικών μοντέλων χαμηλής τάξης για MPC. Έπειτα, κατόπιν εξέτασης δύο δομών συστήματος ελέγχου: MPC με σταθερό σημείο ρύθμισης θερμοκρασίας και MPC που συνεργάζεται με βελτιστοποιητή σημείου ρύθμισης που υπολογίζει επανειλημμένα μέσω διαδικτύου (online) το σημείο ρύθμισης προκειμένου να ελαχιστοποιήσει την ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται. Το πόσο αποτελεσματικές είναι οι δομές προκύπτει από προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό σενάριο αλλαγών εξωτερικής θερμοκρασίας. Έτσι, στην πρώτη δομή, χρησιμοποιείται μια φυσική μέθοδος για τη μείωση της ενέργειας που χρησιμοποιείται είναι η ελαφρά μείωση του σημείου ρύθμισης θερμοκρασίας, π.χ. μείωση του σημείου ρύθμισης από 21 °C σε 18,5 °C οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά περίπου. 1430 KWh κατά την περίοδο θέρμανσης. Η λύση που παρουσιάζεται είναι υπολογιστικά αποδοτική αφού στη βελτιστοποίηση MPC και καθορισμένου σημείου χρησιμοποιείται η κλασική τετραγωνική μέθοδος βελτιστοποίησης online.

Οι Barzin et al. (2015) διεξήγαγαν ορισμένα πειράματα σε δύο πανομοιότυπες δοκιμαστικές καλύβες στην πανεπιστημιούπολη Tamaki, στο Πανεπιστήμιο του Όκλαντ. Μια μέθοδος ελέγχου βάσει τιμών, υπέστη ελέγχο χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης PCM, το οποίο έδειξε επιτυχημένη πρωινή μετατόπιση αιχμής φορτίου. Όμως, πολύ μικρή βελτίωση παρατηρήθηκε κατά την απογευματινή περίοδο αιχμής φορτίου. Στους εσωτερικούς τοίχους τοποθετήθηκαν τοιχοσανίδες για να παρέχουν αποθήκευση ενέργειας για την απογευματινή αιχμή. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι η εφαρμογή του συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε συνδυασμό με την επιφάνεια τοίχου PCM επιτρέπει την πολύ αποδοτική χρήση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, εξοικονομήθηκε ενέργεια και

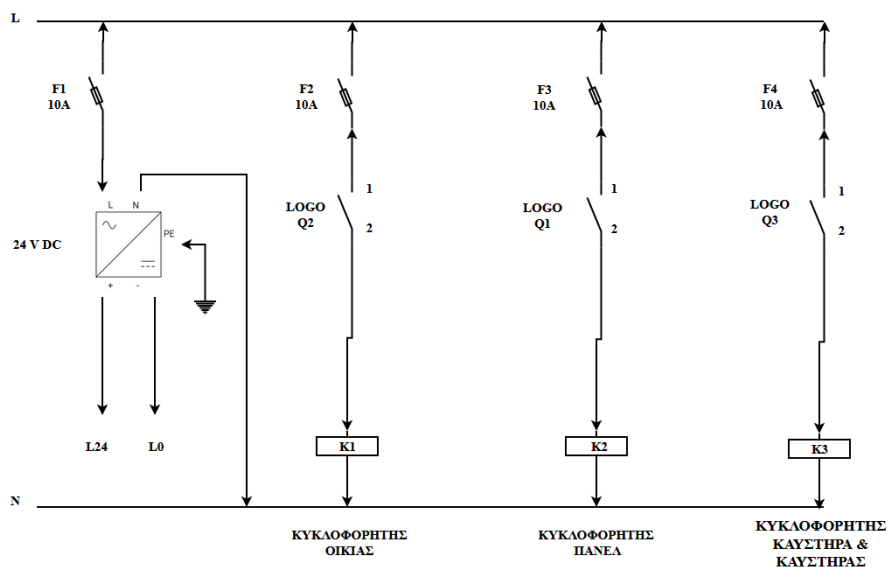
κόστος ίσα με 18,8% και 28,7%, αντίστοιχα, σε διάστημα πέντε ημερών. Η υψηλότερη εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν 35%, με αντίστοιχη εξοικονόμηση κόστους 44,4%.

Τέλος, οι Plytaria et al. (2018) χρησιμοποίησαν ένα κτίριο εμβαδού 100 τ.μ πρώτου ορόφου στην Αθήνα, το οποίο υπόκειται σε προσομοίωση και αξιολόγηση κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η ανάλυση είναι σε όρους ενέργειας και κόστους. Ειδικότερα, οι ηλιακοί συλλέκτες, οι φωτοβολταϊκοί και οι θερμικοί φωτοβολταϊκοί συνδέονται με μια δεξαμενή που τροφοδοτεί μια αντλία θερμότητας για σκοπούς θέρμανσης χώρου. Για να αυξηθεί η χωρητικότητα αποθήκευσης και να αποφευχθεί η λειτουργία της αντλίας θερμότητας κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, τοποθετείται ένα στρώμα PCM στο σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης και εξετάζονται περιπτώσεις, απλά αλλάζοντας το πάχος της μόνωσης στο δάπεδο και την περιοχή των συλλεκτών. Αυτό συνοδεύεται και από την καταγραφή του κεφάλαιο που χρησιμοποιείται, του κόστους, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τον συντελεστή απόδοσης, το ηλιακό κάλυμμα και την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου για όλα τα συστήματα. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η χρήση της στρώσης 19 PCM στο σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης μειώνει το φορτίο θέρμανσης περίπου 40% και το μεταβλητό κόστος έως και 20%, επειδή η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί μεταξύ 42% και 67% αντίστοιχα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ PLC ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η επεξήγηση του προγραμματισμού ενός κυκλώματος που αφορά την κατασκευή ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε μία οικία και με εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ζεστού νερού στον λέβητα. Αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο παραγωγής νερού ο οποίος συνιστά τη χρήση θερμοσίφωνα με ηλιακό πάνελ όπως θα γινόταν και στον παρακάτω προγραμματισμό ,διατηρώντας την θερμοκρασία στους σωλήνες τις ενδοδαπέδιας θέρμανσης από +14C έως τους +25C, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί σταθερή θέρμανση στον χώρο που είναι κατασκευασμένος με τον τρόπο της ενδοδαπέδιας κατασκευής και να αποφευχθούν οι οποιεσδήποτε απώλειες θερμότητας από τον χώρο αυτόν επιτυγχάνοντας την μέγιστη αποδοτικότητα που μπορεί να προσφέρει.

Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται το «Λειτουργικό Σχέδιο PLC». Βάσει αυτού, χρησιμοποιούνται 4 ασφάλειες 10A έκαστη (F1, F2, F3 και F4), οι οποίες αφορούν και διαφορετικές λειτουργίες επάνω στο κύκλωμα. Επίσης, χρησιμοποιείται ένα τροφοδοτικό 24V DC. Μέσα στο κύκλωμα φαίνονται 3 έξοδοι από το PLC, τα Q1, Q2, Q3, τα οποία έχουν προγραμματιστεί με το πρόγραμμα LOGO και δίνουν λειτουργία στα ρελέ K1 - Κυκλοφορητής Οικίας, K2 – Κυκλοφορητής Πάνελ και K3 – Κυκλοφορητής Καυστήρα & Καυστήρας.



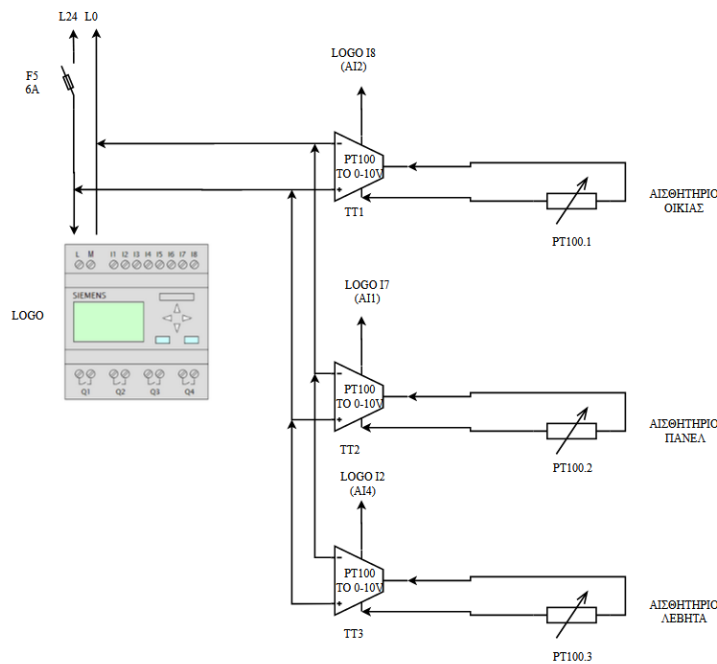
Εικόνα 9 Λειτουργικό σχέδιο PLC

Στην Εικόνα 10 απεικονίζονται οι 3 είσοδοι του PLC (LOGO I8, LOGO I7 και LOGO I2). Αυτές συνδέονται με τα θερμοστοιχεία PT100.1, PT100.2 και PT100.3. Προκειμένου να γίνει η μετατροπή του σήματος στην τιμή που διαβάζει το θερμοστοιχείο PT100 σε 0-10 V, χρησιμοποιείται αντίστοιχα το TT1, TT2 και TT3, τα οποία ονομάζονται Temperature Transmitters. Έτσι, είναι εφικτή η αναγνώριση και η εκτέλεση των εντολών του PLC. Ο μηχανισμός αυτός προσφέρει ακριβή έλεγχο του συστήματος και με υψηλή ακρίβεια, σταθερότητα και αξιοπιστία, καθώς δεν είναι ευαίσθητος σε εξωτερικές παρεμβολές, ενώ η θερμοκρασία του κουτιού μπορεί να ελεγχθεί με επιτυχία από το σύστημα.

Το θερμοστοιχείο είναι ένας αισθητήρας που μετρά τη θερμοκρασία. Αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα που συνδέονται στο ένα άκρο. Παράγεται μια τάση που σχετίζεται με τη θερμοκρασία όταν η ένωση των δύο μετάλλων θερμαίνεται ή ψύχεται. Ένα θερμοστοιχείο είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος αισθητήρας θερμοκρασίας που είναι απλός, αξιόπιστος και σε λογικές τιμές. Γενικά, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι θερμοστοιχείων που παράγονται, συμπεριλαμβανομένων ανιχνευτών θερμοστοιχείων, αισθητήρες θερμοστοιχείου με συνδέσεις, αισθητήρες θερμοστοιχείων μετάβασης, θερμοστοιχεία υπέρυθρης ακτινοβολίας, θερμοστοιχεία γυμνού σύρματος και ακόμη και απλό καλώδιο θερμοστοιχείου. Τα θερμοστοιχεία

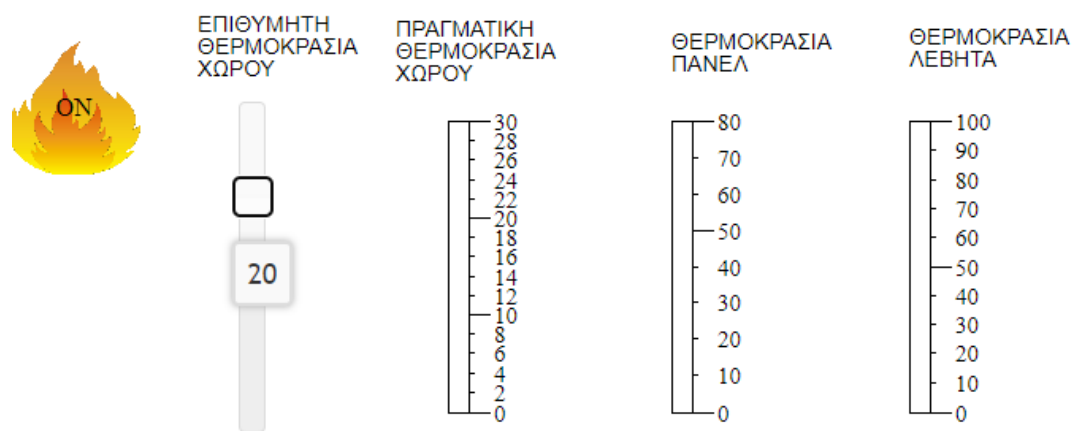
χρησιμοποιούνται συχνά σε πολλές εφαρμογές. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας μοντέλων και των τεχνικών απαιτήσεών τους, είναι σημαντικό να γίνει αντιληπτός ο βασικός σχεδιασμός, η λειτουργία και οι σειρές τους προκειμένου να επιλέξετε τον καλύτερο τύπο και υλικό θερμοστοιχείου για μια δεδομένη εφαρμογή.

Αναφορικά με τον μετατροπέα σήματος – Temperature Transmitter (TT), ο αισθητήρας PT100 μετρά τη θερμοκρασία χρησιμοποιώντας αυτή τη βασική αρχή λειτουργίας. Είναι ένα συγκεκριμένο είδος αισθητήρα που ανήκει σε μια κατηγορία που είναι γνωστή ως Ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης ή RTD. Το PT100, παρέχει δύο κρίσιμες λεπτομέρειες για τον αισθητήρα. Το πρώτο συστατικό, Pt, υποδεικνύει ότι ο αισθητήρας βασίζεται σε πλατίνα επειδή η πλατίνα αντιπροσωπεύεται χημικά με αυτό το γράμμα. Η αντίσταση της συσκευής στους 0°C υποδεικνύεται από το δεύτερο εξάρτημα, 100. Σε αυτήν την περίπτωση είναι 100. Σε αυτό το θέμα, υπάρχουν πολλές παραλλαγές. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και άλλα υλικά, όπως το νικέλιο (Ni) και ο χαλκός (Cu), καθώς και βαθμολογίες αντίστασης 50, 500 και 1000. Αυτό καθιστά δυνατή την αναγνώριση των αισθητήρων ως Cu100, Ni120 και Pt1000.



Εικόνα 10 Προγραμματιστικό σχέδιο PLC με τη χρήση προγράμματος LOGO

Στην Εικόνα 11 απεικονίζεται ένα σύστημα HMI για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας. Σε αυτό το σύστημα ορίζονται τα επιθυμητά όρια της θερμοκρασίας ή αλλιώς τις δυνατές τιμές που αυτή που μπορεί να παίρνει. Στην προκειμένη περίπτωση η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας είναι οι 14 βαθμοί Κελσίου και η μέγιστη τιμή 25 βαθμοί Κελσίου. Αν υπερβεί το ανώτατο όριο που έχει οριστεί, τα θερμομέτρα θα ενημερώνουν τον χειριστή του συστήματος με την αλλαγή χρώματος στα θερμομέτρα που έχουμε τοποθετήσει. Στην παρούσα περίπτωση, έχουν τοποθετηθεί 3 θερμομέτρα: Πραγματική Θερμοκρασία Χώρου, Θερμοκρασία Πάνελ και Θερμοκρασία Λέβητα. Στο HMI έχει τοποθετηθεί ένας ροοστάτης στον οποίο ο χειριστής δίνει την θερμοκρασία που ο ίδιος επιθυμεί για την οικία του. Ο συγκεκριμένος ροοστάτης έχει την ονομασία Επιθυμητή Θερμοκρασία Χώρου. Τέλος, για να γίνουν όλα τα παραπάνω απαιτείται η βασικότερη εντολή, η οποία είναι η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση του συστήματος και απεικονίζεται στο HMI ως μία φλόγα (Εικόνα 11 πάνω και αριστερά). Από εκείνο το σημείο ο χειριστής δίνει την εντολή έναρξης και λήξης της διαδικασίας αυτής.



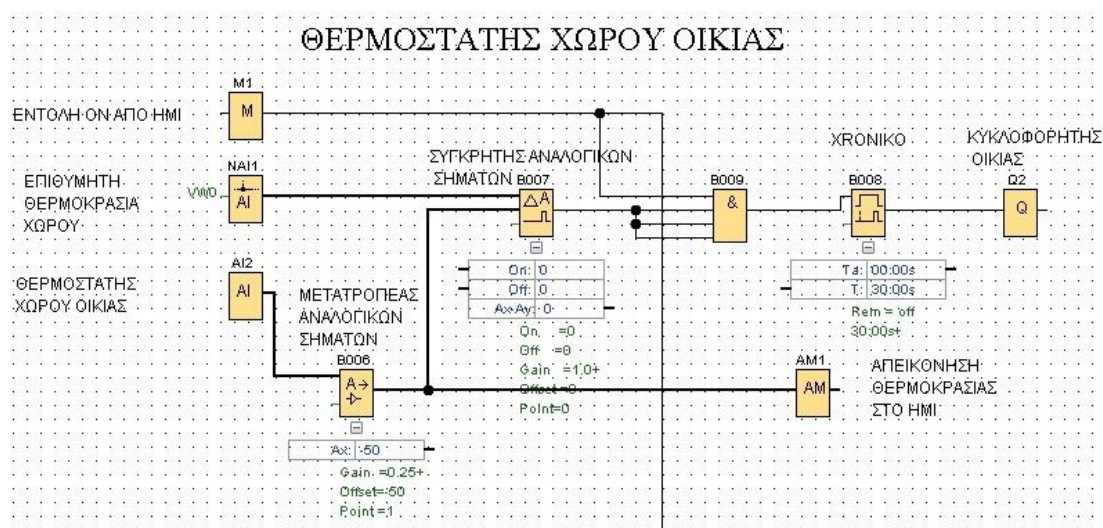
**Εικόνα 11 HMI για παρακολούθηση της θερμοκρασίας και εντολή on-off ηλεκτροβάνας**

Για να επιτευχθεί η λειτουργία του συστήματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και με τη χρήση του εναλλακτικών τρόπων ενέργειας έχουν χρησιμοποιηθεί τρία διαφορετικά block μέσα στο πρόγραμμα LOGO τα οποία αναλύονται παρακάτω κατά σειρά.

Αρχικά, στην Εικόνα 12, παρουσιάζεται διαγραμματικά ο προγραμματισμός του θερμοστάτη του χώρου οικίας με τη χρήση του προγράμματος LOGO. Είναι ο θερμοστάτης που διαβάζει τη θερμοκρασία μέσα στην ίδια την οικία. Αποτελείται ένα



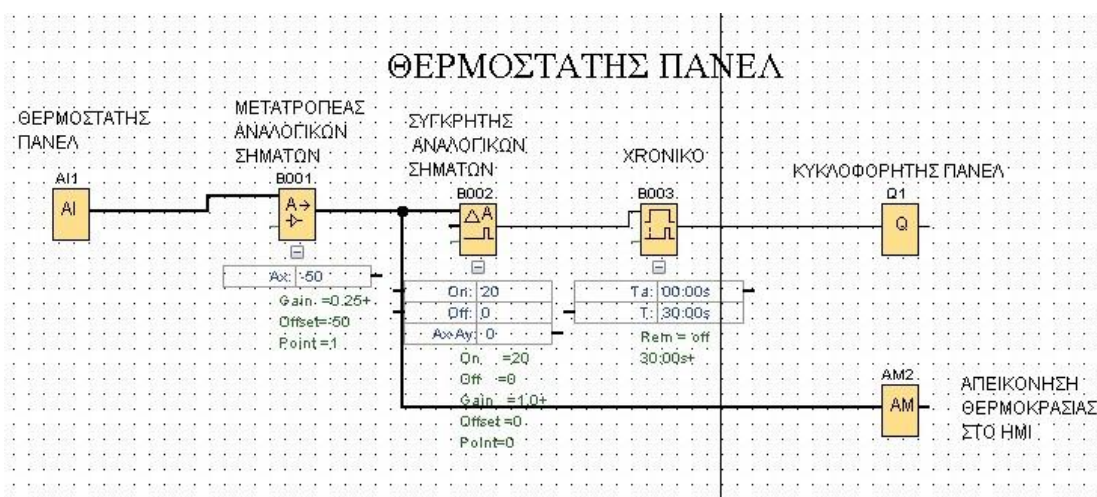
κουμπί στην οθόνη (M) που δίνει την εντολή ενεργοποίησης της θέρμανσης (ENTOLH ON ΑΠΟ ΗΜΙ). Ακριβώς από κάτω βρίσκεται η λειτουργία της επιθυμητής θερμοκρασίας χώρου, η οποία είναι ο ροοστάτης της θερμοκρασίας του χώρου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (NAI1). Ακριβώς από κάτω στο AI2 είναι η αναλογική είσοδος που βλέπει την πραγματική θερμοκρασία της οικίας. Από εκεί δίνεται η εντολή στον μετατροπέα αναλογικών σημάτων (B006) σε σήμα που μπορεί να διαχειριστεί το σύστημα PLC. Τα σήματα NAI1 και AI2 συγκρίνονται μεταξύ τους με τον συγκριτή αναλογικών σημάτων (B007) και συνεπώς αν το NAI1 είναι μικρότερο από το AI2 συνεχίζεται η διαδικασία έως την εντολή AND (B009). Αν ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες και έχει δοθεί η εντολή ON από το ΗΜΙ (M1), τότε ενεργοποιείται η εντολή AND (B009) και προχωράει σε ένα Χρονικό (B008) με μία συγκεκριμένη χρονοκαθυστέρηση, στην παρούσα περίπτωση 30 δευτερολέπτων. Με το πέρας των 30 δευτερολέπτων, και αφού ισχύουν όλες οι προηγούμενες συνθήκες, τότε ενεργοποιείται ο κυκλοφορητής οικίας (Q2). Επίσης, έχουμε και την Απεικόνιση Θερμοκρασίας στο ΗΜΙ (AM1) η οποία παίρνει το σήμα με τη θερμοκρασία του χώρου της οικίας και το απεικονίζει στο αντίστοιχο θερμόμετρο στο ΗΜΙ.



Εικόνα 12 Προγραμματισμός Θερμοστάτη Χώρου Οικίας με το πρόγραμμα LOGO (Block 1)

Στην Εικόνα 12 απεικονίζεται ο προγραμματισμός του θερμοστάτη πάνελ (block 2) και η διαδικασία, ώστε να μπουν σε λειτουργία τα πάνελ στην ενδοδαπέδια θέρμανση. Υπάρχει ο θερμοστάτης πάνελ (AI1), ο οποίος, όταν αντλείται ηλιακό φως, ξεκινάει τον κυκλοφορητή του νερού, ώστε να παρέχει ζεστό νερό στους σωλήνες της ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Ο θερμοστάτης πάνελ (AI1) δέχεται μία τιμή θερμοκρασίας. Η τιμή αυτή υπόκειται επεξεργασία από τον μετατροπέα αναλογικών σημάτων (B001), ώστε να μπορεί να την επεξεργαστεί μετέπειτα το PLC. Κατόπιν της επεξεργασίας, απεικονίζεται στο HMI στο θερμόμετρο με την ονομασία «ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΑΝΕΛ» (βλ. Εικόνα 11). Το αναλογικό σήμα της θερμοκρασίας των πάνελ πηγαίνει σε έναν συγκριτή αναλογικών σημάτων (B002). Μοιάζει με την προηγούμενη περίπτωση, με τη διαφορά είναι ότι δεν του ορίζει ο χειριστής μία θερμοκρασία να συγκρίνει, αλλά η τιμή είναι προκαθορισμένη στους 14 βαθμούς Κελσίου για να ξεκινάει και να δίνει το σήμα. Όταν η θερμοκρασία είναι παραπάνω, με μία συγκεκριμένη πάλι χρονοκαθυστέρηση, εδώ έχει καθοριστεί στα 30 δευτερόλεπτα, ενεργοποιείται ο κυκλοφορητής πάνελ (Q1) και ξεκινάει να κυκλοφορεί το νερό, για να ζεστάνει τον λέβητα.

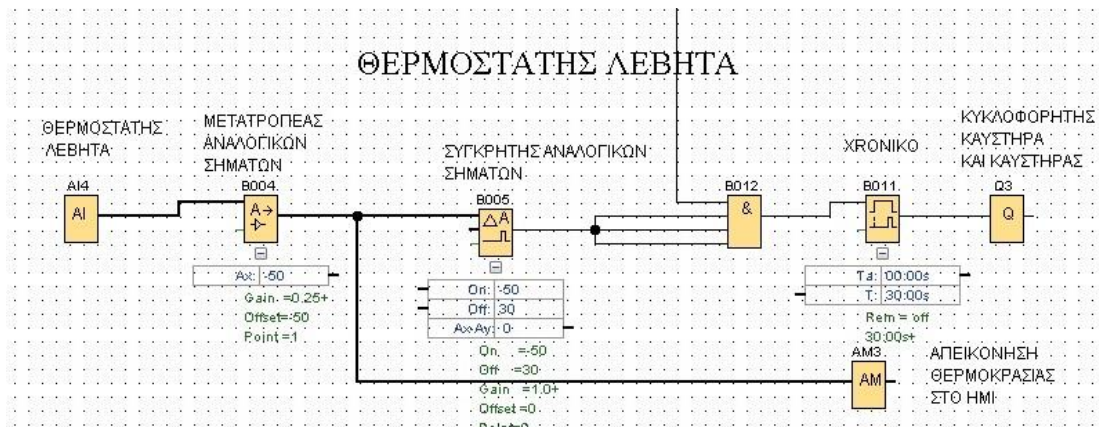


Εικόνα 13 Προγραμματισμός Θερμοστάτη Πάνελ με το πρόγραμμα LOGO (Block 2)

Στην Εικόνα 14 απεικονίζεται ο προγραμματισμός του θερμοστάτη λέβητα (block 3) και η διαδικασία του, ώστε να μπει σε λειτουργία ο λέβητας, για να ζεστάνει νερό στην ενδοδαπέδια θέρμανση.

Έχουμε τον θερμοστάτη λέβητα (AI4) ο οποίος μας στέλνει ένα αναλογικό σήμα στον μετατροπέα αναλογικών σημάτων (B004), για να μπορεί να την επεξεργαστεί το PLC. Αφού έχει γίνει η μετατροπή του αναλογικού σήματος, απεικονίζεται η θερμοκρασία του λέβητα στο HMI, στο θερμόμετρο με την ονομασία «ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΒΗΤΑ» (βλ. εικόνα 11). Η τιμή του αναλογικού σήματος στέλνεται στο συγκριτή αναλογικών σημάτων και αν η θερμοκρασία είναι κάτω από 30 βαθμούς Κελσίου και

έχει δοθεί η εντολή ON από το HMI (βλ Εικόνα 11 φλόγα), τότε δίνεται η εντολή στο χρονικό (B011) που είναι ρυθμισμένο με χρονοκαθυστέρηση 30 δευτερόλεπτα, να ενεργοποιηθεί ο κυκλοφορητής καυστήρα και ο καυστήρας (Q3), δηλαδή να γίνει καύση πετρελαίου, διότι δεν είναι εφικτή η παραγωγή ζεστού νερού από τα πάνελ.



Εικόνα 14 Προγραμματισμός Θερμοστάτη Λέβητα με το πρόγραμμα LOGO (Block 3)

Αν για οποιονδήποτε λόγο στην παρούσα κατασκευή δεν λειτουργήσει σωστά ένα θερμοστοιχείο ή βγει ελαττωματικό και δεν τηρήσει τα επιθυμητά όρια, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί θερμοπρεσοστατική βαλβίδα. Η θερμοστατική βαλβίδα είναι μια συσκευή που λειτουργεί, για να βοηθήσει στην επίτευξη μιας επιθυμητής θερμοκρασίας. Συνήθως χρησιμοποιούν ηλεκτρονική παρακολούθηση θερμοκρασίας και είναι συχνά προγραμματιζόμενα ή τηλεχειριζόμενα, επιτρέποντας στους χειριστές να ρυθμίζουν κάθε καλοριφέρ στην οικία τους για διαφορετική θερμοκρασία σε διαφορετική ώρα της ημέρας. Οι προηγμένοι έλεγχοι καθίστανται δυνατοί χάρη στον αυξημένο έλεγχο, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε ακόμη μεγαλύτερες μειώσεις στη χρήση ενέργειας και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία έγινε λόγος για την ενδοδαπέδια θέρμανση με τη χρήση εναλλακτικών τρόπων ενέργειας. Η ενδοδαπέδια θέρμανση χρονολογείται από τα αρχαία χρόνια με σημαντικότερες αναφορές να γίνονται από τους Κορεάτες, οι οποίοι ανέπτυξαν μια μέθοδο για να κατευθύνουν τη θερμότητα από μια φλεγόμενη φωτιά κάτω από τα πέτρινα πατώματα, καθώς επίσης και από τους Ρωμαίους που χρησιμοποιούσαν τα υποκαυστικά συστήματα.

Είναι προφανές ότι η σημασία της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είχε γίνει από παλιά αντιληπτή από τους ανθρώπους. Για αυτό το λόγο αντιμετώπιζε και τεράστια ακμή κατά το πέρασμα των χρόνων. Σήμερα ολοένα και περισσότεροι τρόποι προτείνονται για το στήσιμο ενός συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης, με έμφαση κυρίως στον αυτοματισμό της διαδικασίας, αλλά και στη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την οικονομικότερη και πιο οικολογική χρήση της ενέργειας, καθώς τόσο σε όρους κόστους, όσο και σε όρους ρύπανσης, η ενδοδαπέδια θέρμανση φαίνεται να αποτελεί μία πολύ καλή λύση.

Αναλύοντας το σύστημα PLC για τη λειτουργία της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και επεξηγώντας τον προγραμματισμό του κυκλώματος που αφορά την κατασκευή ενδοδαπέδιας θέρμανσης, βλέπουμε ότι αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο παραγωγής νερού εξασφαλίζοντας σταθερή θέρμανση στην οικία χωρίς απώλειες θερμότητας και μέγιστη αποδοτικότητα. Το εν λόγω σύστημα χωρίζεται σε 3 block: Θερμοστάτης Χώρου Οικίας, Θερμοστάτης Πάνελ και Θερμοστάτης Λέβητα. Μέσα από ένα σύστημα μετατροπών αναλογικού σήματος και συγκριτών είναι εφικτή η μετάδοση του σήματος από τον χειριστή και να θέτει τη θερμοκρασία που ο ίδιος επιθυμεί.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη:

- Allen, R. C. (2013). *Energy transitions in history: The shift to coal*. RCC Perspectives, (2), 11-16.
- Allen, R. C. (2009). *The British industrial revolution in global perspective*. Cambridge University Press.
- Baek, S., & Park, J. C. (2017). *Proposal of a PCM underfloor heating system using a web construction method*. International Journal of Polymer Science, 2017.
- Barzin, R., Chen, J. J., Young, B. R., & Farid, M. M. (2015). *Application of PCM underfloor heating in combination with PCM wallboards for space heating using price based control system*. Applied energy, 148, 39-48.
- Basaran, T. (2007). *The Heating System of the Roman Baths*. ASHRAE Transactions, 113(1).
- Bonjour, S., Adair-Rohani, H., Wolf, J., Bruce, N. G., Mehta, S., Prüss-Ustün, A., ... & Smith, K. R. (2013). *Solid fuel use for household cooking: country and regional estimates for 1980–2010*. Environmental health perspectives, 121(7), 784-790.
- Cavicchi, E. (2006). *Nineteenth-century developments in coiled instruments and experiences with electromagnetic induction*. Annals of Science, 63(3), 319-361.
- Hegerl, G. C., Brönnimann, S., Schurer, A., & Cowan, T. (2018). *The early 20th century warming: Anomalies, causes, and consequences*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 9(4), e522.
- Ionescu, C., Baracu, T., Vlad, G. E., Necula, H., & Badea, A. (2015). *The historical evolution of the energy efficient buildings*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 243-253.
- Lin, K., Zhang, Y., Xu, X., Di, H., Yang, R., & Qin, P. (2005). *Experimental study of under-floor electric heating system with shape-stabilized PCM plates*. Energy and buildings, 37(3), 215-220.

Ławryńczuk, M., & Ocloń, P. (2019). *Model Predictive Control and energy optimisation in residential building with electric underfloor heating system*. Energy, 182, 1028-1044.

Plytaria, M. T., Tzivanidis, C., Bellos, E., & Antonopoulos, K. A. (2018). *Energetic investigation of solar assisted heat pump underfloor heating systems with and without phase change materials*. Energy Conversion and Management, 173, 626-639.

Ramsey, C. T. (2007). *Stealing Benjamin Franklin's Stove: A New Identification for the "Ironmonger in London"*. ANQ: A Quarterly Journal of Short Articles, Notes and Reviews, 20(2), 25-30.

Shen, H., Luo, Z., Xiong, R., Liu, X., Zhang, L., Li, Y., ... & Tao, S. (2021). *A critical review of pollutant emission factors from fuel combustion in home stoves*. Environment International, 157, 106841.

Shove, E., Walker, G., & Brown, S. (2014). *Material culture, room temperature and the social organisation of thermal energy*. Journal of Material Culture, 19(2), 113-124.

Zhu, X., Yun, X., Meng, W., Xu, H., Du, W., Shen, G., ... & Tao, S. (2018). *Stacked use and transition trends of rural household energy in mainland China*. Environmental science & technology, 53(1), 521-529.

### **Ελληνική:**

Κεφαλέας, Φ. Η. (2012). *Αντλίες θερμότητας και ενδοδαπέδια θέρμανση: εφαρμογές σε συστήματα θέρμανσης κτιρίων κατοικιών*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Μήτρακα, Ε. (2012). *Θέρμανση κατοικίας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*. ΤΕΙ Σερρών.

Τομπουλίδης, Χ. (2015). *Τεχνοοικονομική Μελέτη Συστημάτων Θέρμανσης, Ψύξης & Κλιματισμού*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

### **Διαδίκτυο:**

Home Idea. Διαθέσιμο στο: <https://www.homeidea.gr/endodapedia-thermansi/>