

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη Ευφυούς και Ενεργειακά Αποδοτικής Κατοικίας»



Των φοιτητριών
Δουβιώτου Θεοδώρα
Αρ. Μητρώου: 517029

Επιβλέπων
Κιοσκερίδης Ιορδάνης
Βαθμίδα: Καθηγητής

Μαλαχτάρη Δωροθέα
Αρ. Μητρώου: 517083

Φεβρουάριος 2024

Τίτλος Δ.Ε. «Μελέτη Ευφυσούς και Ενεργειακά Αποδοτικής Κατοικίας»
Κωδικός Δ.Ε. 23241
Ονοματεπώνυμο φοιτητριών Μαλαχτάρη Δωροθέα, Δουβιώτου Θεοδώρα
Ονοματεπώνυμο εισηγητή Κιοσκερίδης Ιορδάνης
Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 9/9/2023
Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 31/1/2024

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητριών Δουβιώτου Θεοδώρα και Μαλαχτάρη Δωροθέα που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Στις οικογένειές μας»

Πρόλογος

Ξεκινώντας το ταξίδι της διπλωματικής μας εργασίας με τίτλο «Μελέτη Ευφυούς και Ενεργειακά Αποδοτικής Κατοικίας», τα κίνητρά μας βασίστηκαν σε μια βαθιά δέσμευση να αντιμετωπίσουμε τις πιεστικές προκλήσεις της εποχής μας. Οι κλιμακούμενες ανησυχίες σχετικά με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την κατανάλωση ενέργειας μας παρότρυναν να εξερευνήσουμε καινοτόμες λύσεις που συνδυάζουν την ευφυΐα με την αποτελεσματικότητα. Αυτή η διπλωματική προσέφερε μια μοναδική ευκαιρία να εμβαθύνουμε στον περίπλοκο δεσμό των τεχνολογιών αιχμής και της βιώσιμης διαβίωσης. Η προοπτική της αποκρυπτογράφησης της πολυπλοκότητας των έξυπνων οικιακών συστημάτων, σε συνδυασμό με την έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας, αιχμαλώτισαν την πνευματική μας περιέργεια. Το συνεχώς εξελισσόμενο τοπίο του οικιακού αυτοματισμού και των ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών παρουσιάζει έναν ιδανικό καμβά για εξερεύνηση και ανακάλυψη. Η αποκτηθείσα γνώση όχι μόνο μας ενδυνάμωσε με μια ολοκληρωμένη κατανόηση των ευφύων οικιακών συστημάτων, αλλά μας έδωσε επίσης τη δυνατότητα να συνεισφέρουμε ουσιαστικά στον παγκόσμιο λόγο για τη βιώσιμη ζωή. Η εργασία αυτή βελτίωσε τις τεχνικές μας δεξιότητες και έχει ενσταλάξει ένα αίσθημα ευθύνης για τη δημιουργία ενός φιλικού προς το περιβάλλον μέλλοντος. Αυτός ο πρόλογος ενσωματώνει τη μετασχηματιστική επίδραση του επιλεγμένου τομέα, όπου η μελέτη ενός ευφυούς και ενεργειακά αποδοτικού σπιτιού εκτείνεται πέρα από την ακαδημαϊκή κοινότητα για να διαμορφώσει μια σκόπιμη και βιώσιμη τροχιά.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εμβαθύνει στην ενοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας με την τεχνολογία Internet of Things (IoT) για τη δημιουργία βιώσιμων και αποδοτικών έξυπνων κατοικιών. Το πρώτο κεφάλαιο κάνει μια ανάλυση της ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επικεντρώνοντας στη βιομάζα, στην αιολική και ηλιακή ενέργεια ως προς την εξέλιξη και τα οφέλη τους, θέτοντας τα θεμέλια για την κατανόηση της χρήσης τους σε κατοικίες. Το δεύτερο κεφάλαιο εμβαθύνει στο IoT και στο ρόλο του στη διαμόρφωση έξυπνων περιβαλλόντων διαβίωσης. Αναλύει το Διαδίκτυο της Έξυπνης Διαβίωσης, δίνοντας έμφαση στη μεταμορφωτική επίδραση των διασυνδεδεμένων συσκευών στην καθημερινή ζωή. Επιπλέον, περιγράφει το αρχιτεκτονικό πλαίσιο των έξυπνων σπιτιών και αναλύει διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα συστήματα. Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στην ηλιακή ενέργεια, παρέχοντας μια λεπτομερή εξέταση των ηλιακών συλλεκτών προσαρμοσμένων για οικιακές και βιομηχανικές εφαρμογές. Κατηγοριοποιεί τους συλλέκτες με βάση την καταλληλότητά τους για οικιακή χρήση και εγκαταστάσεις βιομηχανικής κλίμακας, ενώ διευκρινίζει τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και περιβαλλοντικά οφέλη. Το τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζουν μια ολοκληρωμένη μελέτη και τον σχεδιασμό ενός συστήματος ηλιακής ενέργειας ειδικά προσαρμοσμένο για θέρμανση χώρου και νερού σε μια οικία των 200τ.μ. με την χρήση του λογισμικού Polysun. Αξιοποιώντας τις γνώσεις από τα προηγούμενα κεφάλαια, η μελέτη ενσωματώνει την ηλιακή θερμική τεχνολογία με την έξυπνη οικιακή υποδομή για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και άνεσης. Στο τελευταίο κεφάλαιο, η διατριβή διερευνά μια σειρά από έξυπνες συσκευές συμβατές με συστήματα ηλιακής ενέργειας, προσφέροντας πρακτικές συστάσεις για ιδιοκτήτες σπιτιού που επιδιώκουν να βελτιώσουν τους χώρους διαβίωσής τους με βιώσιμες και τεχνολογικά προηγμένες λύσεις. Αυτή η διεπιστημονική προσέγγιση υπογραμμίζει τις δυνατότητες ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με έξυπνες τεχνολογίες για την προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον και ευφών οικιστικών περιβαλλόντων.

«Study of an Intelligent and Energy Efficient Home»

«Douviotou Theodora»

«Malachtari Dorothy»

Abstract

This paper delves into the integration of renewable energy sources, especially solar energy with Internet of Things (IoT) technology to create sustainable and efficient smart homes. The first chapter does an analysis of energy and the latest energy industrialists focusing mainly on wind and solar energy in terms of their evolution and development, laying the foundation for understanding their use in homes. The second chapter delves into IoT and its role in shaping smart living environments. Analyzes the Internet of Smart Living, emphasizing the transformative impact of interconnected devices on everyday life. Additionally, it describes the architectural framework of smart homes and analyzes various communication protocols it writes in these systems. The third chapter focuses on solar energy, providing a detailed examination of solar panels adapted for domestic and industrial applications. It categorizes collectors based on their suitability for domestic use and industrial scale, while clarifying the respective advantages, disadvantages and environmental profits. The fourth and fifth chapters present a comprehensive study and design of a solar energy system specially adapted for space and water heating in a 200 sq.m. house using Polysun software. Leveraging knowledge from previous chapters, the study integrates solar thermal technology with smart home infrastructure to optimize energy efficiency and comfort. In the final chapter, the thesis explores a range of smart devices compatible with solar energy systems, offering practical recommendations for homeowners seeking to improve their living spaces with sustainable and technologically advanced solutions. This interdisciplinary approach highlights the possibilities of integrating renewable energy sources with smart technologies to promote environmentally friendly and intelligent residential environments.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων	x
Κατάλογος Πινάκων.....	xii
Συντομογραφίες.....	xiii
Κεφάλαιο 1ο: Πράσινη Ενέργεια.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	1
1.3 Ενέργεια από Βιομάζα.....	4
1.3.1 Πυρόλυση.....	5
1.3.2 Αεριοποίηση.....	7
1.3.3 Καύση Βιομάζας	7
1.4 Αιολική Ενέργεια	8
1.4.1 Η εξέλιξη της Αιολικής Ενέργειας.....	9
1.4.1.1 Ανεμόμυλοι.....	9
1.4.1.2 Ανεμογεννήτριες.....	11
1.4.2 Συστήματα Μετατροπής Αιολικής Ενέργειας.....	133
1.5 Ηλιακή Ενέργεια	14
1.5.1 Εισαγωγή.....	14
1.5.2 Ηλιακά Θερμικά Συστήματα.....	15
1.5.2.1 Γραμμικά Συστήματα Συγκέντρωσης.....	16
1.5.2.2 Πύργοι Ηλιακής Ενέργειας.....	17
1.5.2.3 Συστήματα Ηλιακών Πιάτων/Κινητήρων.....	18
Κεφάλαιο 2ο: Smart Home.....	19
2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2 Διαδίκτυο Των Πραγμάτων.....	20
2.2.1 Internet of Smart Living	200
2.2.1.1 Διαφορά μεταξύ Έξυπνου Σπιτιού με ένα Ηλεκτρικό.....	21
2.3 Κύρια Χαρακτηριστικά Smart Home.....	222

2.3.1	Αρχιτεκτονική ενός Έξυπνου Σπιτιού.....	233
2.4	Πρωτόκολλα Επικοινωνίας Smart Home.....	244
2.4.1	Ενσύρματα Πρωτόκολλα.....	255
2.4.2	Ασύρματα Πρωτόκολλα.....	266
2.5	Η τεχνολογία του Smart Home.....	28
Κεφάλαιο 3ο:	Ηλιοθερμία – Θέρμανση με Συλλέκτες.....	300
3.1	Εισαγωγή.....	300
3.2	Συλλέκτες Ηλιακής Ενέργειας.....	300
3.2.1	Σταθεροί ή Μη Συγκεντρωμένοι Συλλέκτες για Οικιακή Χρήση.....	311
3.2.1.1	Επίπεδοι Συλλέκτες.....	31
3.2.1.2	Συλλέκτες Εκκενωμένων Σωλήνων.....	33
3.2.1.3	Σταθεροί Σύνθετοι Παραβολικοί Συλλέκτες.....	34
3.2.2	Συγκεντρωμένοι Συλλέκτες για Ηλεκτροπαραγωγή σε σταθμούς Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	37
3.2.2.1	Τύποι Συγκεντρωμένων Συλλεκτών.....	38
3.2.2.2	Πλεονεκτήματα Και Μειονεκτήματα.....	40
3.3	Smart Home και Ηλιοθερμία.....	41
3.4	Περιβαλλοντικά Οφέλη.....	42
Κεφάλαιο 4ο:	Σχεδιασμός και μελέτη ηλιοθερμικού συστήματος για την θέρμανση χώρου μιας ευφυούς κατοικίας και την παροχή ζεστού νερού με Συλλέκτες επιφάνειας 2.33m ²	45
4.1	Εισαγωγή.....	45
4.2	Καταγραφή ενεργειακής απαίτησης.....	45
4.3	Μελέτη Εγκατάστασης Ηλιοθερμικού Συστήματος.....	46
4.4	Υλοποίηση Ηλιοθερμικού Συστήματος.....	51
4.5	Αναλυτική Αναφορά Συστήματος.....	59
4.6	Συμπεράσματα.....	64
Κεφάλαιο 5ο:	Σχεδιασμός και μελέτη ηλιοθερμικού συστήματος για την θέρμανση χώρου μιας ευφυούς κατοικίας και την παροχή ζεστού νερού με Συλλέκτη των 5m ²	65
5.1	Εισαγωγή.....	65
5.2	Υλοποίηση του Ηλιοθερμικού Συστήματος.....	65
5.3	Αναλυτική αναφορά του συστήματος.....	69
5.4	Συμπεράσματα.....	73
Κεφάλαιο 6ο:	Ενσωμάτωση έξυπνων συσκευών σε ένα σπίτι με ηλιοθερμικό σύστημα.....	74
6.1	Εισαγωγή.....	74

6.2 Έξυπνες Συσκευές.....	74
Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα.....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	78

Κατάλογος Εικόνων

Σχήμα 1.1: Αρχαία ιδέα για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από το Νερό.....	3
Σχήμα 1.2: Renewable Energy WTS Energy.....	4
Σχήμα 1.3: Biomass-Types, Uses, Merits and Demerits of Biomass.....	5
Σχήμα 1.4: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Βιομάζα.....	6
Σχήμα 1.5: Διαδικασία Γρήγορης Πυρόλυσης.....	7
Σχήμα 1.6: Αεριοποίηση Βιομάζας.....	8
Σχήμα 1.7: Squirrel-Cage Induction Generator.....	10
Σχήμα 1.8: Ιράν - Ανεμόμυλοι 1000 ετών που χρησιμοποιούνται σήμερα.....	11
Σχήμα 1.9: Μηχανισμός Περίελιξης ενός Ολλανδικού πέτρινου Πυργόμυλου.....	12
Σχήμα 1.10: Τυπικό Σχέδιο Ανεμογεννήτριας.....	13
Σχήμα 1.11: Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα.....	14
Σχήμα 1.12: Ανεμογεννήτρια Κάθετου Άξονα.....	14
Σχήμα 1.13: Ηλιακή Ενέργεια.....	15
Σχήμα 1.14: Εξαρτήματα Ηλιακού Θερμικού Συστήματος.....	16
Σχήμα 1.15: Παραβολικό Σύστημα.....	17
Σχήμα 1.16: Γραμμικά Συστήματα Ανακλαστήρα Fresnel.....	18
Σχήμα 1.17: Απεικόνιση ενός Πύργου Ηλιακής Ενέργειας.....	18
Σχήμα 1.18: Απεικόνιση και Επεξήγηση ενός Συστήματος Ηλιακού Πιάτου.....	19
Σχήμα 2.1: Smart Homes and IoT.....	20
Σχήμα 2.2: Η εφαρμογή του Διαδικτύου των Πραγμάτων.....	21
Σχήμα 2.3: Η Τεχνολογία της Έξυπνης Διαβίωσης.....	22
Σχήμα 2.4: Αρχιτεκτονική Smart Home.....	25
Σχήμα 2.5 : Ενσύρματο Πρωτόκολλο Ethernet.....	26
Σχήμα 2.6 : Σύνδεση Wireless Fidelity.....	28
Σχήμα 3.1: Εφαρμογή της Ηλιοθερμίας για θέρμανση νερού.....	31
Σχήμα 3.2: Flat Plate Collectors for Solar Heat.....	32
Σχήμα 3.3: Η Δομή ενός Επίπεδου Συλλέκτη.....	33
Σχήμα 3.4: Συλλέκτης Εκκενωμένων Σωλήνων.....	34
Σχήμα 3.5: Στοιχεία ενός ETC.....	35
Σχήμα 3.6: Σύνθετος Παραβολικός Συγκεντρωτής για Βιομηχανική Χρήση.....	36
Σχήμα 3.7: Η ανάπτυξη μιας νέας θερμικής μοντελοποίησης και μηχανισμών μεταφοράς θερμότητας ενός σύνθετου παραβολικού συλλέκτη.....	37
Σχήμα 3.8: Ηλιακό Σύστημα Παραβολικού Συγκεντρωτή.....	37
Σχήμα 3.9: Πύργος Ηλιακής Ενέργειας.....	38
Σχήμα 3.10: Ανακλαστήρες Παραβολικού Πιάτου Ηλιακής Ενέργειας.....	38
Σχήμα 3.11: Συγκεντρωτικοί Συλλέκτες Ηλιακής Ακτινοβολίας.....	41
Σχήμα 3.12: Σχεδιασμός έξυπνου σπιτιού με τεχνολογία Ηλιοθερμίας.....	42
Σχήμα 3.13: Smart Home και Internet of Things.....	43
Σχήμα 3.14: Οφέλη του Περιβάλλοντος από τα συστήματα Ηλιακής Ενέργειας.....	43
Σχήμα 3.15: Μείωση ατμοφαιρικής ρύπου μέσω της Ηλιοθερμίας.....	44
Σχήμα 4.1 : Συλλέκτης Ηλιακής Ενέργειας Vitosol 200-FM.....	48
Σχήμα 4.2 : Λέβητας Φυσικού αερίου ecoTEC Plus System Vaillant 12kw.....	49
Σχήμα 4.3 : Δοχείο αποθήκευσης νερού Hygiene-Schichtladespeicher HSK-SLS.....	50
Σχήμα 4.4 : Ηλιακός Ελεγκτής SALUS PCSOL 201.....	51

Σχήμα 4.5 : Τρίοδη αναμεικτική βάνα MXG461B Siemens.....	51
Σχήμα 4.6 : Ηλιοθερμικό Σύστημα για θέρμανση χώρου και ζεστό νερό με λέβητα ισχύος 12kW.....	52
Σχήμα 4.7 : Συνοπτική παρουσίαση του συστήματος μέσω του Polysun.....	53
Σχήμα 4.8 : Σύγκριση του Ποσοστού ηλιακής κάλυψης μεταξύ ενός Δοχείου 1500 lt και 2200 lt.....	56
Σχήμα 4.9 : Σύγκριση της ηλιακής ενέργειας στο σύστημα από τα δύο δοχεία.....	57
Σχήμα 4.10 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς την καθαρή τιμή σε ευρώ μέσω του Polysun.....	57
Σχήμα 4.11 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς τα κόστη παροχής ενέργειας μέσω του Polysun.....	58
Σχήμα 4.12 : Σύγκριση του Ποσοστού ηλιακής κάλυψης μεταξύ ενός Δοχείου 650 lt και 2200 lt.....	58
Σχήμα 4.13 : Σύγκριση της ηλιακής ενέργειας στο σύστημα από τα δύο δοχεία.....	58
Σχήμα 4.14 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς την καθαρή τιμή σε ευρώ μέσω του Polysun.....	59
Σχήμα 4.16 : Συνολική ενεργειακή απαίτηση στο σύστημα ανά μήνα.....	60
Σχήμα 4.17 : Ενεργειακή Κατανάλωση ανά μήνα.....	60
Σχήμα 4.18 : Ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα ανά μήνα.....	61
Σχήμα 4.19 : Θέση του Ήλιου και Μετεωρολογικά δεδομένα.....	61
Σχήμα 4.20 : Παρουσίαση του συστήματος με το λογισμικό Polysun.....	62
Σχήμα 4.21 : Αποτελέσματα ηλιοθερμικής ενέργειας μέσω του Polysun.....	62
Σχήμα 4.22 : Παρουσίαση εξαρτημάτων μέσω του Polysun.....	64
Σχήμα 4.23 : Μέγιστη Ημερήσια Θερμοκρασία Συλλέκτη μέσω του Polysun.....	64
Σχήμα 5.1 : Επίπεδος συλλέκτης PowerSol 55.....	66
Σχήμα 5.2 : Ηλιοθερμικό σύστημα με συλλέκτη 5m ² στο Polysun.....	67
Σχήμα 5.3 : Ηλιακή κάλυψη στα δύο συστήματα με το πράσινο να είναι το σύστημα με τον μεγαλύτερο συλλέκτη.....	67
Σχήμα 5.4 : Η Ηλιοθερμική ενέργεια στα δύο συστήματα.....	68
Σχήμα 5.5 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς την καθαρή τιμή σε ευρώ μέσω του Polysun.....	69
Σχήμα 5.6 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς τα κόστη παροχής ενέργειας μέσω του Polysun.....	70
Σχήμα 5.7 : Ποσοστό Ηλιακής ενέργειας στο δοχείο ανά μήνα.....	70
Σχήμα 5.8 : Συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα.....	70
Σχήμα 5.9 : Ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα ανά μήνα.....	71
Σχήμα 5.10 : Αποτελέσματα Ηλιοθερμικής ενέργειας στο σύστημα.....	72
Σχήμα 5.11 : Πληροφορίες εξαρτημάτων συστήματος.....	73
Σχήμα 5.12 : Ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα ανά μήνα.....	73
Σχήμα 6.1 : Έξυπνος Θερμοστάτης Siemens.....	75
Σχήμα 6.2 : Έξυπνη Πρίζα tp-link.....	76
Σχήμα 6.3 : Έξυπνη Βάνα Θερμαντικού Σώματός Siemens.....	76
Σχήμα 6.4 : Έξυπνος Αισθητήρας Tp-Link.....	77

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά Ενός Smart Home.....	24
Πίνακας 2.2 : Τοπολογίες Δικτύου Zigbee.....	27
Πίνακας 2.3 : Η εξέλιξη του Έξυπνου Σπιτιού.....	30
Πίνακας 3.1: Περιγραφή των Συγκεντρωμένων Συλλεκτών.....	40
Πίνακας 4.1 : Απόδοση συστήματος σύμφωνα με την κλίση των συλλεκτών με προσανατολισμό στον νότο.....	53
Πίνακας 4.2 : Απόδοση συστήματος σύμφωνα με την κλίση των συλλεκτών με προσανατολισμό στην Ανατολή.....	54
Πίνακας 4.3 : Απόδοση συστήματος σύμφωνα με την κλίση των συλλεκτών με προσανατολισμό στην Δύση.....	55
Πίνακας 5.1 : Απόδοση του συστήματος.....	69

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία
Α.Π.Ε	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Τ.Π.Ε.	Πληροφορίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών
IoT	Internet Of Things
IosL	Internet Of Smart Living
WECS	Wind Energy Conversion Systems
STE	Solar Thermal Systems
CPC	Compound Parabolic Collectors
ETC	Evacuated Tube Collectors
FPC	Flat Plate Collectors
CPC	Compound Parabolic Collector
CSP	Concetrated Solar Power

Κεφάλαιο 1ο: Πράσινη Ενέργεια

1.1 Εισαγωγή

Είναι ευρέως γνωστό ότι η ενέργεια αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρωπότητας. Πρόκειται για μια ποσότητα που περιέχεται σε κάθε φυσικό σύστημα και όπως μαρτυρά η ετυμολογία της λέξης, ενέργεια είναι η ικανότητα του συστήματος αυτού να παράγει έργο, το οποίο απαιτείται έτσι ώστε αυτό να πάει από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική. Η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί αλλά μπορεί να αλλάξει μόνο από τη μια μορφή στην άλλη σύμφωνα με το νόμο διατήρησης της ενέργειας[1].

Η ενέργεια είναι κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα της κοινωνίας μας, με βασικούς άξονες αυτής να αποτελούν τα ορυκτά καύσιμα που τροφοδοτούν την βιομηχανική εποχή και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και η αιολική ενέργεια. Η υπεύθυνη διαχείριση και η μετάβαση σε καθαρότερες, πιο αποδοτικές πηγές ενέργειας έχουν αποκτήσει πρωταρχική σημασία στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής και της πεπερασμένης φύσης των ορυκτών καυσίμων, διαμορφώνοντας έτσι την πορεία του τεχνολογικού και περιβαλλοντικού μέλλοντος.

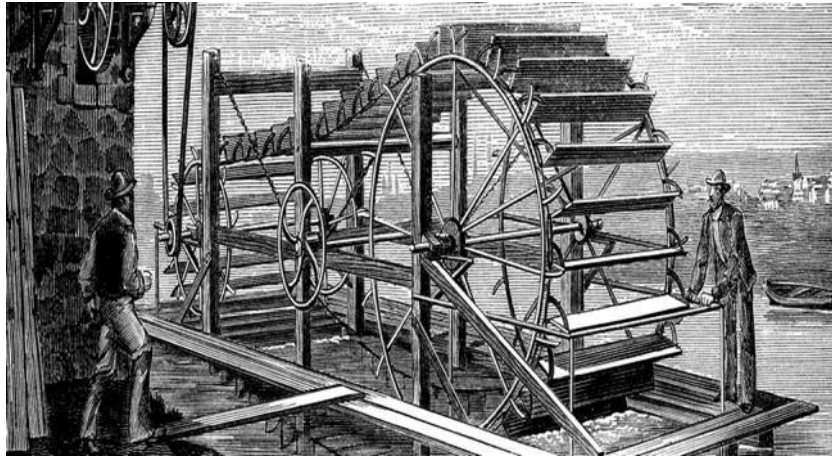
Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν γίνει κομβικό σημείο στην παγκόσμια προσπάθεια μετάβασης προς βιώσιμες και περιβαλλοντικά υπεύθυνες ενεργειακές λύσεις. Αυτές οι πηγές προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα, τα οποία όχι μόνο εξαντλούν τους πεπερασμένους πόρους αλλά συμβάλλουν σημαντικά στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος και στην κλιματική αλλαγή. Εκμεταλλεύονται επίσης τη δύναμη της φύσης, αντλώντας από άφθονους και φυσικά ανανεούμενους πόρους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Σε αυτήν την ενότητα, θα διερευνήσουμε τις κύριες κατηγορίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις δυνατότητές τους και τον ζωτικό ρόλο που παίζουν στη διαμόρφωση ενός πιο πράσινου και πιο βιώσιμου μέλλοντος για τον πλανήτη μας.

1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η ιστορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αρχίζει από τους αρχαίους πολιτισμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν τη δύναμη του ήλιου, του ανέμου και του νερού για διάφορους σκοπούς. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν αντλίες νερού με αιολική ενέργεια για να ποτίζουν τις καλλιέργειές τους και οι αρχαίοι Κινέζοι και Πέρσες χρησιμοποιούσαν ρόδες νερού (Σχήμα 1.1) για να αλέσουν τα σιτηρά. Ωστόσο, η ευρεία χρήση των ορυκτών καυσίμων και η Βιομηχανική Επανάσταση του 18^{ου} και 19^{ου} αιώνα οδήγησαν σε μείωση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας[2].

Τον 20^ο αιώνα, με την άνοδο του περιβαλλοντικού κινήματος και τις αυξανόμενες ανησυχίες για τις αρνητικές επιπτώσεις των ορυκτών καυσίμων στον πλανήτη, το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισε να αυξάνεται ξανά. Στη δεκαετία του 1970 , η πετρελαϊκή κρίση οδήγησε σε μια εκ νέου εστίαση στην ενεργειακή ανεξαρτησία και στην ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο άρχισαν να επενδύουν στην έρευνα και την ανάπτυξη τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας[2]. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, τα συστήματα μετατροπής ενέργειας που βασίζονταν σε τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φάνηκαν να είναι πιο ελκυστικά λόγω γεγονότων όπως το υψηλό κόστος του πετρελαίου, οι εκτιμήσεις κόστους-αποτελεσματικότητας και η εύκολη εφαρμογή συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπρόσθετα, σε πιο πρόσφατους χρόνους, έχει γίνει αντιληπτό ότι οι ΑΠΕ και τα συστήματα μπορούν να έχουν ευεργητική επίδραση σε βασικά τεχνικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά και πολιτικά ζητήματα του κόσμου όπως είναι τα μείζονα περιβαλλοντικά προβλήματα που περιλαμβάνουν την όξινη βροχή, την καταστροφή του όζοντος στην ατμόσφαιρα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η περιβαλλοντική υποβάθμιση, η εξάντληση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κόσμο και η αύξηση της χρήσης ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες.



Σχήμα 1.1: Αρχαία ιδέα για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από το Νερό

Οι τεχνολογίες ΑΠΕ παράγουν εμπορεύσιμη ενέργεια μετατρέποντας τα φυσικά φαινόμενα σε χρήσιμες μορφές ενέργειας. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούν την ενέργεια που δίνει το ηλιακό φως και τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις του στη Γη όπως είναι τα φωτόνια, ο άνεμος, η πτώση νερού, τα φαινόμενα θέρμανσης και η ανάπτυξη φυτών. Ακόμη χρησιμοποιούν βαρυτικές δυνάμεις όπως οι παλίρροιες και η θερμότητα του πυρήνα της Γης (γεωθερμική), ως πόρους από τους οποίους παράγουν ενέργεια. Αυτοί οι πόροι αντιπροσωπεύουν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό που είναι μικρότερο από αυτό των ισοδύναμων ορυκτών πόρων. Επομένως το μέγεθος αυτών δεν αποτελεί βασικό περιορισμό στην παραγωγή ενέργειας [3].

Το 1998 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρείχαν περίπου το 14 τοις εκατό της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Στην προσφορά κυριαρχούσε η παραδοσιακή βιομάζα με περίπου 38 exajoules ετησίως. Άλλες σημαντικές συνεισφορές προήλθαν από τη μεγάλη υδροηλεκτρική με 9 exajoules το χρόνο και από τη σύγχρονη βιομάζα με 7 exajoules. Η συνεισφορά όλων των άλλων ΑΠΕ – γεωθερμίας, ηλιακής, μικρής υδροηλεκτρικής, αιολικής και θαλάσσιας ενέργειας – ήταν περίπου 2 exajoules. Αυτό σημαίνει ότι η παροχή ενέργειας από νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν γύρω στα 9 exajoules δηλαδή του 2 τοις εκατό της παγκόσμιας κατανάλωσης. Η εμπορική προμήθεια πρωτογενούς ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν σχεδόν το 7 τοις εκατό της παγκόσμιας κατανάλωσης με κατά μέσο όρο 16 exajoules από βιομάζα.

Οι ΑΠΕ μπορούν να καλύψουν αρκετά την τρέχουσα παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση, πράγμα που σημαίνει ότι οι δυνατότητές τους είναι τεράστιες. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να ενισχύσουν την ποικιλομορφία στις αγορές εφοδιασμού ενέργειας, να εξασφαλίσουν μακροπρόθεσμα βιώσιμους ενεργειακούς εφοδιασμούς και να μειώσουν τις τοπικές και παγκόσμιες ατμοσφαιρικές εκπομπές. Ακόμη, παρέχουν ελκυστικές εμπορικά επιλογές για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών για ενεργειακές υπηρεσίες, να δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες απασχόλησης και να προσφέρουν δυνατότητες τοπικής κατασκευής εξοπλισμού.

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες των πηγών αυτών, οι οποίες αν και διατίθενται συχνά στο εμπόριο, οι περισσότερες βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης και δεν είναι τεχνικά ώριμες, καθώς απαιτούν συνεχείς προσπάθειες έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης. Επιπλέον, λίγες από τις προαναφερθέντες τεχνολογίες μπορούν να ανταγωνιστούν τα συμβατικά καύσιμα ως προς το κόστος, εκτός από ορισμένες εξειδικευμένες αγορές. Ωστόσο, μπορούν να επιτευχθούν σημαντικές μειώσεις κόστους για τις περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σενάρια που διερευνούν τις δυνατότητες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποκαλύπτουν ότι μπορεί να συνεισφέρουν το 20-10 τοις εκατό των ενεργειακών αποθεμάτων στο δεύτερο μισό του 21^{ου} αιώνα. Η μετάβαση σε ενεργειακά συστήματα με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα πρέπει να βασίζεται :

- Επιτυχή ανάπτυξη και διάδοση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που γίνονται πιο ανταγωνιστικές μέσω της μείωσης του κόστους από τις τεχνολογικές και οργανωτικές εξελίξεις.
- Πολιτική βούληση για εσωτερίκευση του περιβαλλοντικού κόστους και άλλων εξωτερικών επιπτώσεων που αυξάνουν μόνιμα τις τιμές των ορυκτών καυσίμων.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν σημαντικές για τον άνθρωπο από την αρχή του πολιτισμού. Για αιώνες και με πολλούς τρόπους, η βιομάζα έχει χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, μαγείρεμα, άντληση ατμού και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας – και υδροηλεκτρική και αιολική ενέργεια, για κίνηση και αργότερα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ΑΠΕ εξαρτώνται από τις ροές της ενέργειας μέσω του οικοσυστήματος της Γης και από την ηλιακή ακτινοβολία και τη γεωθερμική ενέργεια της Γης και διακρίνονται στις εξής μορφές :

- Ενέργεια από Βιομάζα
- Αιολική ενέργεια
- Άμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας
- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Θαλάσσια ενέργεια [4].



Σχήμα 1.2: Renewable Energy | WTS Energy

1.3 Ενέργεια από Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται ως «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης, από τη γεωργία, τη δασοπονία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας όπως επίσης και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων». Ουσιαστικά, αποτελεί την ύλη που έχει άμεση ή έμμεση βιολογική προέλευση. [5]

Η βιομάζα μπορεί να θεωρηθεί ως η καλύτερη επιλογή και να εξασφαλίσει την παροχή καυσίμου στο μέλλον. Κυρίως σε μορφή ξύλου, είναι η παλαιότερη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Έχει μεγάλες δυνατότητες ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, τόσο για τις πλουσιότερες χώρες όσο και για τον αναπτυσσόμενο κόσμο.

Η παγκόσμια βιομάζα κατέχει την τέταρτη θέση ως πηγή ενέργειας και παρέχει περίπου το 14% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών και πρόκειται για μια καθαρή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Κατά την καύση, το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, αλλά το διοξείδιο του άνθρακα ήταν η πηγή του άνθρακα για τη δημιουργία της βιομάζας, επομένως δεν υπάρχει καθαρό κέρδος διοξειδίου του άνθρακα. Η βιομάζα είναι η μόνη ανανεώσιμη πηγή σταθερού άνθρακα και ως εκ τούτου, έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή ως ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια.



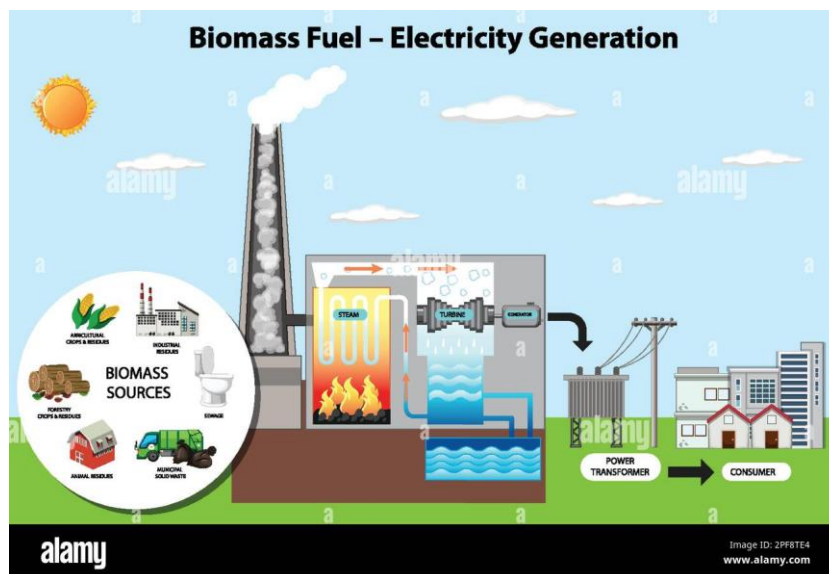
Σχήμα 1.3: Biomass-Types, Uses, Merits and Demerits of Biomass

Η βιομάζα χρησιμοποιείται για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, της θέρμανσης κατοικιών, της τροφοδοσίας οχημάτων και της παροχής θερμότητας για βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η ενέργεια από καύση βιομάζας χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες ηλεκτρικής ενέργειας, ξυλείας και προϊόντων ξύλου και σε βιομηχανίες χαρτιού. Το καύσιμο ξύλου είναι μια ΑΠΕ και η σημασία του θα αυξηθεί στο μέλλον. Υπάρχουν τρεις κύριοι καθοριστικοί παράγοντες του κόστους λειτουργίας και κατασκευής μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής με καύση ξύλου δεδομένου μεγέθους, τα οποία περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα του απαιτούμενου καυσίμου, τις τιμές των παραδοθέντων καυσίμων και τη χρηματοδότηση και κατασκευή του επιθυμητού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής.

Η ενέργεια από αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα όπως για καύση ξύλου για θέρμανση και μαγείρεμα, ή έμμεσα μετατρέποντάς τα σε υγρό ή αέριο καύσιμο. Η καθαρή ενέργεια που διατίθεται

από τη βιομάζα κατά την καύση της κυμαίνεται από περίπου 8 MJ/kg για το πράσινο ξύλο, έως 20 MJ/kg για ξηρή φυτική ύλη, έως 55 MJ/kg για τον άνθρακα. Τα φυτικά έλαια, το βιοντίζελ, το βιοαέριο και η αιθανόλη έχουν εισαχθεί με επιτυχία και χρησιμοποιούνται ήδη. Τα καινοτόμα συνθετικά καύσιμα σχετίζονται με πτυχές και τις νέες εξελίξεις στις τεχνολογίες μετατροπής σε καύσιμα όπως η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η αναβάθμιση σε βενζίνη, ντίζελ και υδρογόνο, μεθανόλη, DME (Dimethyl Ether – Διμεθυλαιθέρας) καθώς και με τις δυνατότητες παραγωγής τους από τη βιομάζα. Η βιομάζα μπορεί να θεωρηθεί ως πηγή άνθρακα και υδρογόνου. Στο μέλλον, αναμένεται ότι θα χρησιμοποιηθεί για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και για παραγωγή υδρογόνου για μεταφορά.

Καθώς οι παλαιότεροι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής πρέπει να αντικατασταθούν, και εάν το κόστος των ορυκτών καυσίμων συνεχίσει να αυξάνεται, η συμπαραγωγή θα είναι μια ολοένα και πιο ελκυστική εναλλακτική για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το μέλλον της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα έγκειται στην ενσωματωμένη τεχνολογία αεριοποίησης/αεριοστροβίλου βιομάζας, η οποία προσφέρει υψηλή ενεργειακή απόδοση μετατροπής. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με άμεση καύση βιομάζας, προηγμένες τεχνολογίες αεριοποίησης και πυρόλυσης και είναι σχεδόν έτοιμη για χρήση σε εμπορική κλίμακα [6].



Σχήμα 1.4: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Βιομάζα

1.3.1 Πυρόλυση

Υπάρχουν τρεις κύριες θερμικές διεργασίες διαθέσιμες για την μετατροπή της βιομάζας σε μια πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας, οι οποίες περιλαμβάνουν την πυρόλυση, την αεριοποίηση και την καύση.

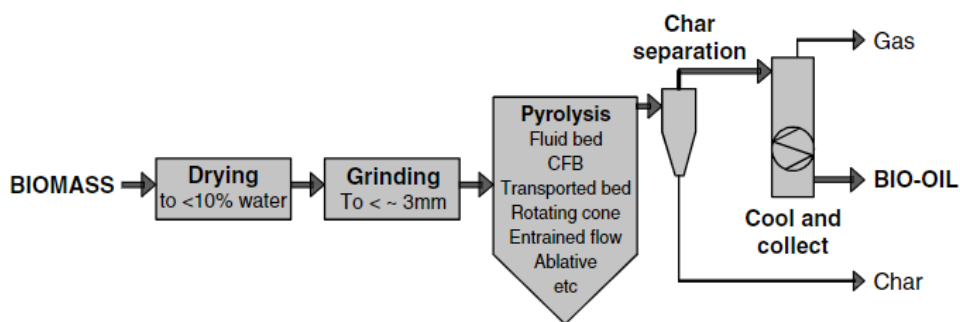
Η πυρόλυση είναι η θερμική αποσύνθεση που συμβαίνει απουσία οξυγόνου. Είναι επίσης πάντα το πρώτο βήμα καύσης και αεριοποίησης, αλλά σε αυτές τις διαδικασίες ακολουθείται από ολική ή μερική οξειδωση των πρωτογενών προϊόντων. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες διεργασίας και οι μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής των ατμών ευνοούν την παραγωγή ξυλάνθρακα. Οι υψηλές θερμοκρασίες και οι μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής αυξάνουν τη μετατροπή της βιομάζας σε αέριο και οι μέτριες θερμοκρασίες και ο σύντομος χρόνος παραμονής των ατμών είναι οι βέλτιστες για την παραγωγή

υγρών. Η γρήγορη πυρόλυση για την παραγωγή υγρών παρουσιάζει επί του παρόντος ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή τα υγρά μπορούν να αποθηκευτούν και να μεταφερθούν πιο εύκολα και με χαμηλότερο κόστος από τη στερεά βιομάζα. Οι διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας και μάζας και τα φαινόμενα μετάβασης φάσης, καθώς και η κινητική των χημικών αντιδράσεων παίζουν σημαντικό ρόλο. Το πιο σημαντικό κομμάτι είναι να φέρουμε τα σωματίδια βιομάζας που αντιδρούν στη βέλτιστη θερμοκρασία διεργασίας και να ελαχιστοποιήσουμε την έκθεσή τους στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες που ευνοούν το σχηματισμό άνθρακα.

Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός είναι η χρήση μικρών σωματιδίων, όπως γίνεται στις διαδικασίες ρευστοποιημένης κλίνης. Ακόμη, μια άλλη δυνατότητα είναι η μεταφορά θερμότητας πολύ γρήγορα μόνο στην επιφάνεια των σωματιδίων που έρχεται σε επαφή με τις πηγές θερμότητας όπως εφαρμόζεται στην αφαιρετική πυρόλυση. Μια τεχνική πρόκληση σε κάθε περίπτωση είναι η μεταφορά θερμότητας στα εμπορικά συστήματα των αντιδραστήρων.

Στη γρήγορη πυρόλυση, η βιομάζα αποσυντίθεται για να δημιουργήσει κυρίως ατμούς και αερολύματα και λίγο άνθρακα. Μετά την ψύξη και τη συμπύκνωση, σχηματίζεται ένα σκούρο καφέ κινητό υγρό που έχει θερμαντική αξία περίπου ίση με το μισό του συμβατικού μαζούτ. Αποτελεί μια προηγμένη διαδικασία με προσεκτικά ελεγχόμενες παραμέτρους, παρόλο που σχετίζεται με τις παραδοσιακές διαδικασίες πυρόλυσης για την παραγωγή ξυλάνθρακα, με απότερο σκοπό να δώσει υψηλές αποδόσεις υγρού. Τα βασικά χαρακτηριστικά που απαριθμίζουν την διαδικασία αυτή για την παραγωγή υγρών είναι :

- Η προσεκτικά ελεγχόμενη θερμοκρασία αντίδρασης πυρόλυσης περίπου στους 500°C και θερμοκρασία ατμού 400-450°C.
- Η ταχεία ψύξη των ατμών της πυρόλυσης για να δώσει το προϊόν του bio-oil.
- Οι πολύ υψηλοί ρυθμοί θέρμανσης και μεταφοράς θερμότητας στη διεπαφή αντίδρασης, η οποία συνήθως απαιτεί τροφοδοσία βιομάζας με λεπτή άλεση.
- Οι σύντομοι χρόνοι παραμονής ζεστού ατμού τυπικά μικρότεροι από 2 δευτερόλεπτα.



Σχήμα 1.5: Διαδικασία Γρήγορης Πυρόλυσης

Το κύριο προϊόν, το bio-oil (βιοέλαιο), λαμβάνεται σε αποδόσεις έως και 75% wt σε ξηρή τροφοδοσία, μαζί με το υποπροϊόν κάρβουνο και το αέριο, τα οποία χρησιμοποιούνται στη διαδικασία για την παροχή των απαιτήσεων θερμότητας της διαδικασίας, για να μην υπάρχουν άλλα ρεύματα αποβλήτων παρά καυσαέρια και τέφρα.

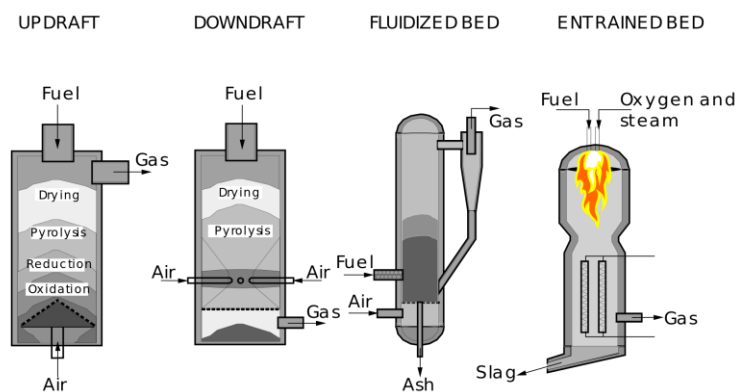
Μια τέτοια διαδικασία περιλαμβάνει ξήρανση της τροφοδοσίας σε τυπικά λιγότερο από 10% νερό έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το νερό στο υγρό λάδι του προϊόντος, παρόλο που μπορεί να είναι αποδεκτό έως και 15%, άλεση της τροφοδοσίας σε μέγεθος σωματιδίων περίπου 2mm στους αντιδραστήρες ρευστής κλίνης για να δώσουν αρκετά μικρά σωματίδια προκειμένου να εξασφαλιστεί η ταχεία

αντίδραση, η αντίδραση πυρόλυσης, ο διαχωρισμός στερεών (απανθράκωμα) και η απόσβεση και η συλλογή του υγρού προϊόντος.

Στην ουσία, οποιαδήποτε μορφή βιομάζας μπορεί να εξεταστεί για γρήγορη πυρόλυση. Ενώ οι περισσότερες εργασίες έχουν γίνει σε ξύλο λόγω της συνοχής και της συγκρισιμότητας μεταξύ δοκιμών, σχεδόν 100 διαφορετικοί τύποι βιομάζας έχουν δοκιμαστεί από πολλά εργαστήρια τα οποία κυμαίνονται από γεωργικά απόβλητα όπως άχυρο, κουκούτσι ελιάς και κέλυφος ξηρών καρπών έως ενεργειακές καλλιέργειες όπως ο σόργος, τα δασικά απόβλητα όπως λάσπη λυμάτων και υπολείματα δέρματος [7].

1.3.2 Αεριοποίηση

Η διαδικασία αεριοποίησης βιομάζας συνίσταται στη μετατροπή μιας στερεής ή υγρής οργανικής ένωσης σε φάση αερίου ή ατμού και σε στερεή φάση. Η αέρια φάση, που συνήθως αποκαλείται “σύνγκαρο”, έχει υψηλή θερμοκρατική ισχύ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή παραγωγή βιοκαυσίμων. Η στερεά φάση, που ονομάζεται “char”, περιλαμβάνει το οργανικό μη μετατρέπόμενο κλάσμα και το αδρανές υλικό που υπάρχει στην επεξεργασμένη βιομάζα. Αυτή η μετατροπή αντιπροσωπεύει μια μερική οξείδωση του άνθρακα στο τροφοδοτικό υλικό και γενικά πραγματοποιείται παρουσία ενός φορέα αεριοποίησης, όπως αέρας, οξυγόνο, ατμός ή διοξείδιο του άνθρακα. Η αεριοποίηση της βιομάζας θεωρείται ένας τρόπος για να αυξηθεί η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας, επιτρέποντας την ευρεία χρήση της βιομάζας. Η ανάπτυξη των διαδικασιών αεριοποίησης βιομάζας προωθείται από την αυξανόμενη συνειδητοποίηση των πιθανών επιπτώσεων των ορυκτών καυσίμων στο κλίμα και από τη συνεχή αύξηση των τιμών του πετρελαίου.



Σχήμα 1.6: Αεριοποίηση Βιομάζας

Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης είναι ένα μείγμα αερίων μονοξειδίου του άνθρακα (CO), υδρογόνου (H₂), μεθανίου (CH₄) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) καθώς και ελαφρών υδρογονανθράκων, όπως αιθάνιο και προπάνιο, και βαρύτερων υδρογονανθράκων, όπως η πίσσα, που συμπυκνώνονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 250 και 300°C. Στο αέριο σύνθεσης υπάρχουν επίσης ανεπιθύμητα αέρια, όπως το σουλφιδρικό (H₂S) και το χλωριδρικό οξύ (HCl), ή αδρανή αέρια, όπως το άζωτο (N₂). Η παρουσία τους εξαρτάται από την επεξεργασμένη βιομάζα και από τις συνθήκες λειτουργίας της διαδικασίας αεριοποίησης. Η χαμηλότερη τιμή θέρμανσης του αερίου σύνθεσης κυμαίνεται από 4 έως 13 MJ/Nm³, ανάλογα με την πρώτη ύλη, την τεχνολογία αεριοποίησης και τις συνθήκες λειτουργίας [8].

1.3.3 Καύση Βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να καεί με θερμική μετατροπή και να χρησιμοποιηθεί για ενέργεια. Η θερμική μετατροπή περιλαμβάνει τη θέρμανση της πρώτης ύλης βιομάζας προκειμένου να καεί, να αφυδατωθεί

ή να σταθεροποιηθεί. Οι πιο γνωστές πρώτες ύλες βιομάζας για θερμική μετατροπή είναι οι πρώτες ύλες όπως τα αστικά στερεά απόβλητα και τα υπολείμματα από χαρτοβιομηχανίες ή ξυλεία.

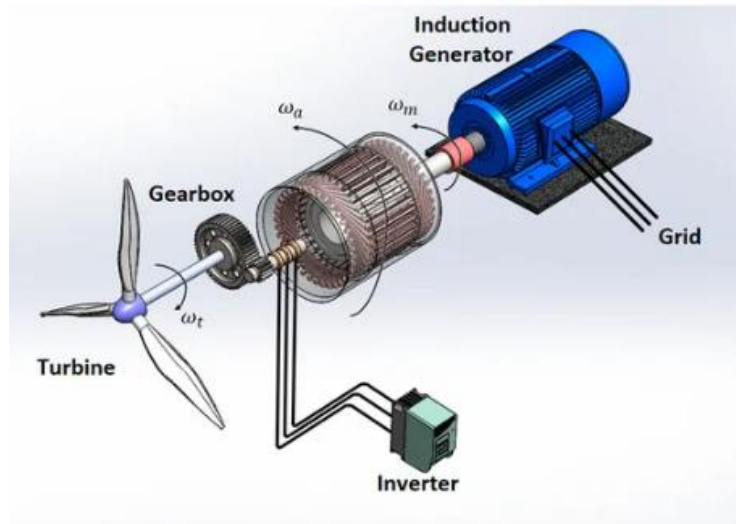
Διαφορετικοί τύποι ενέργειας δημιουργούνται μέσω άμεσης πυροδότησης, συν-πυρόλυσης, πυρόλυσης, αεριοποίησης και αναερόβιας αποσύνθεσης. Ωστόσο, πριν καεί η βιομάζα, πρέπει να στεγνώσει. Αυτή η χημική διαδικασία ονομάζεται διάσπαση. Κατά τη διάσπαση, η βιομάζα θερμαίνεται στους περίπου 200° έως 320° Κελσίου (390° έως 610° Fahrenheit). Η βιομάζα στεγνώνει τόσο εντελώς που χάνει την ικανότητα της να απορροφά την υγρασία ή σαπίζει. Χάνει περίπου το 20 τοις εκατό της αρχικής της μάζας, αλλά διατηρεί το 90 τοις εκατό της ενέργειάς της. Η χαμένη ενέργεια και η μάζα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τροφοδοτήσουν τη διαδικασία διάσπασης.

Κατά τη διάσπαση, η βιομάζα γίνεται ένα ξηρό, μαυρισμένο υλικό. Στη συνέχεια συμπιέζεται σε μπρικέτες. Οι μπρικέτες βιομάζας είναι πολύ υδρόφοβες, δηλαδή απωθούν το νερό. Αυτό καθιστά δυνατή την αποθήκευσή τους σε υγρές περιοχές, έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και καίγονται εύκολα κατά τη διάρκεια της άμεσης ή παράλληλης πυροδότησης. Οι περισσότερες μπρικέτες καίγονται απευθείας. Ο ατμός που παράγεται κατά τη διαδικασία πυροδότησης τροφοδοτεί έναν στρόβιλο, ο οποίος στρέφει μια γεννήτρια και παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ή για τη θέρμανση κτιρίων. Η βιομάζα μπορεί επίσης να καεί από κοινού ή να καεί με ορυκτό καύσιμο και χρησιμοποιείται συχνότερα σε εργοστάσια άνθρακα. Η ταυτόχρονη καύση εξαλείφει την ανάγκη για νέα εργοστάσια επεξεργασίας βιομάζας. Η συνδυασμένη καύση διευκολύνει επίσης τη ζήτηση για άνθρακα. Αυτό μειώνει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που απελευθερώνονται από την καύση ορυκτών καυσίμων [9].

1.4 Αιολική Ενέργεια

Η ενέργεια αποτελεί βασικό συστατικό της κοινωνικοοικονομικής και της οικονομικής ανάπτυξης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Ο άνεμος είναι η έμμεση μορφή της ηλιακής ενέργειας και ανανεώνεται συνεχώς από τον ήλιο. Έχει υπολογιστεί ότι περίπου 10 εκατομμύρια MW ενέργειας είναι συνεχώς διαθέσιμα στον άνεμο της γης. Η αιολική ενέργεια παρέχει μια μεταβλητή και φιλική προς το περιβάλλον επιλογή καθώς και εθνική ενεργειακή ασφάλεια σε μια εποχή που η μείωση των παγκόσμιων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων απειλεί τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της παγκόσμιας οικονομίας [10].

Μαζί με την ταχέως αναπτυσσόμενη χωρητικότητα, οι τεχνολογίες ηλεκτρονικών ισχύος που χρησιμοποιούνται για συστήματα ανεμογεννητριών (WTS – Wind Turbine Systems) έχουν επίσης αλλάξει δραματικά τα τελευταία 30 χρόνια. Στη δεκαετία του 1980, τα ηλεκτρονικά ισχύος στις ανεμογεννήτριες ήταν απλώς ένας μαλακός εκκινητής, ο οποίος χρησιμοποιούνταν αρχικά για τη διασύνδεση μιας SCIG (Squirrel-cage Induction Generator – Γεννήτρια επαγωγής κλωβού σκίουρου) με το ηλεκτρικό δίκτυο όταν η ανεμογεννήτρια αρχίζει να παράγει ισχύ. Επειδή τα ηλεκτρονικά ισχύος δεν χρειαζόταν να μεταφέρουν ισχύ συνεχώς, εφαρμόστηκαν απλές συσκευές ημιαγωγών ισχύος, όπως θυρίστορ.



Σχήμα 1.7: Squirrel-Cage Induction Generator

Στη δεκαετία του 1990, η τεχνολογία ηλεκτρονικών ισχύος χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τον έλεγχο της αντίστασης του ρότορα (WRIGs – Wound Rotor Induction Generator), στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν πιο προηγμένες ηλεκτρονικές συσκευές ισχύος, όπως γέφυρες διόδου και κοπτήρες για τον έλεγχο της αντίστασης του ρότορα για την γεννήτρια. Από το 2000, έχουν εισαχθεί ακόμη πιο προηγμένοι μετατροπείς πηγών τάσης με αμφίδρομη ροή ισχύος. Τα ηλεκτρονικά ισχύος άρχισαν να διαχειρίζονται συνεχώς την παραγόμενη ισχύ από τις ανεμογεννήτριες, πρώτα με μερική κλίμακα χωρητικότητας ισχύος για γεννήτριες επαγωγής διπλής τροφοδοσίας (DFIG – Doubly-fed Induction Generator) και στη συνέχεια με την πλήρη κλίμακα χωρητικότητας ισχύος για ασύγχρονες ή σύγχρονες γεννήτριες [11].

1.4.1 Η εξέλιξη της Αιολικής Ενέργειας

1.4.1.1 Ανεμόμυλοι

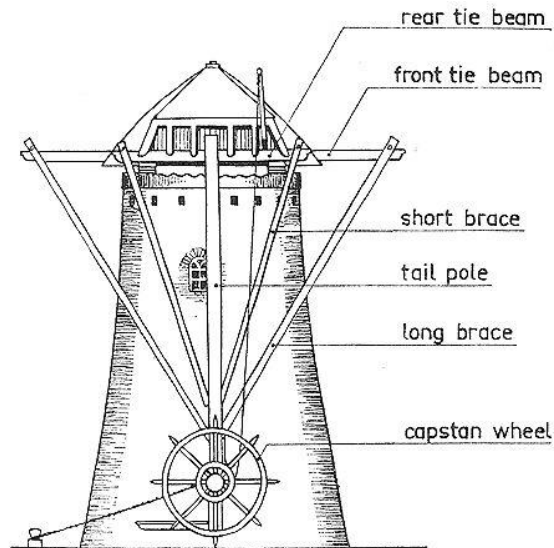
Ανεμόμυλος είναι η συσκευή για την αξιοποίηση της ενέργειας του ανέμου μέσω πανιών τοποθετημένων σε περιστρεφόμενο άξονα. Τα πανιά είναι τοποθετημένα υπό γωνία ή έχουν μια μικρή συστροφή, έτσι ώστε η δύναμη του ανέμου εναντίον τους να διαιρείται σε δύο συνιστώσες, εκ των οποίων η μία, στο επίπεδο των πανιών προσδίδει περιστροφή [12]. Η χρήση του αέρα ως πηγή ενέργειας ξεκινά από την αρχαιότητα. Ανεμόμυλοι κάθετου άξονα για την άλεση σιτηρών αναφέρθηκαν τον δέκατο αιώνα στην Περσία και τον δέκατο τρίτο αιώνα στην Κίνα. Κάποτε ο άνεμος αποτελούσε σημαντική πηγή ενέργειας για τις μεταφορές με την χρήση ιστιοφόρων, το άλεσμα των σιτηρών και την άντληση νερού. Οι ανεμόμυλοι, μαζί με τους νερόμυλους, ήταν οι μεγαλύτερες πηγές ενέργειας πριν από την εφεύρεση της ατμομηχανής και ήταν συνηθισμένοι σε όλη την Ευρώπη, ενώ ορισμένοι χρησιμοποιούνταν ακόμη και για βιομηχανικούς σκοπούς, όπως το πριόνισμα ξύλου. Καθώς οι Ευρωπαίοι ξεκίνησαν να κατοικούν ανά τον κόσμο, ανεμόμυλοι κατασκευάστηκαν σε όλες αυτές τις αποικίες. Εκτός από την ιστιοπλοΐα, η κύρια μακροχρόνια χρήση του ανέμου ήταν η άντληση νερού [13].



Σχήμα 1.8: Ιράν - Ανεμόμυλοι 1000 ετών που χρησιμοποιούνται σήμερα

Οι σύγχρονοι ανεμόμυλοι, όπως τους γνωρίζουμε σήμερα, άρχισαν να εμφανίζονται γύρω στον 8^ο και 9^ο αιώνα στη Μέση Ανατολή και τη Δυτική Ασία. Οι ανεμόμυλοι, που αρχικά διαδόθηκαν από τους μουσουλμάνους, έφτασαν σύντομα στην Ινδία, την Κίνα και την Ευρώπη, όπου πέρασαν από διάφορους κύκλους απίστευτης καινοτομίας. Τα πρώτα παραδείγματα των Post Mills άρχισαν να κατασκευάζονται γύρω στον 11^ο αιώνα, ενώ πιο προηγμένα μοντέλα των Tower και Smock Mills κατασκευάστηκαν τους επόμενους αιώνες. Δύο χώρες που φιλοξένησαν τους περισσότερους ανεμόμυλους ήταν η Αγγλία και οι Κάτω Χώρες, αλλά και πολλές άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Οι μετανάστες που εγκαταστάθηκαν στη Βόρεια Αμερική έφεραν μαζί τους γνώσεις κατασκευής ανεμόμυλων, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τη δημιουργία ανεμογεννητριών. Στο απόγειο της δημοτικότητας των ανεμογεννητριών το 1930, οι ΗΠΑ φιλοξενούσαν πάνω από 600 χιλιάδες από αυτές, εκ των οποίων πολλές εξακολουθούν να είναι ενεργές και χρησιμοποιούνται κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές που δεν διαθέτουν υποδομές διανομής νερού [12].

Ο κάθετος ανεμόμυλος, με πανιά σε οριζόντιο άξονα, προέρχεται απευθείας από τον ρωμαϊκό νερόμυλο με την ορθή γωνία κίνησης των λίθων μέσω ενός ζεύγους γραναζιών. Η παλαιότερη μορφή κάθετου μύλου είναι γνωστή ως ταχυμύλος. Διαθέτει ένα κιβωτιόσχημο σώμα που περιέχει τα γρανάζια, τις μυλόπετρες και τα μηχανήματα και φέρει τα πανιά. Είναι τοποθετημένο σε έναν καλά στηριγμένο ξύλινο στύλο, ο οποίος είναι στερεωμένος σε μια οριζόντια δοκό στο επίπεδο του δεύτερου ορόφου του σώματος του μύλου. Σε αυτό μπορεί να γυρίσει έτσι ώστε τα πανιά να είναι στραμμένα προς τον άνεμο. Η επόμενη εξέλιξη ήταν η τοποθέτηση των λίθων και των γραναζιών σε έναν σταθερό πύργο. Αυτό έχει μια κινητή κορυφή, ή καπάκι, που φέρει τα πανιά και μπορεί να περιστρέφεται σε μια τροχιά, ή κράσπεδο, στην κορυφή του πύργου. Η παλαιότερη γνωστή απεικόνιση ενός πυργόσχημου μύλου χρονολογείται γύρω στο 1420. Τόσο οι πασσαλόμυλοι όσο και οι πυργόσχημοι μύλοι υπήρχαν σε όλη την Ευρώπη και κατασκευάστηκαν επίσης από αποίκους στην Αμερική.



Σχήμα 1.9: Μηχανισμός Περιέλιξης ενός Ολλανδικού πέτρινου Πυργόμυλου

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά, τα πανιά ενός ανεμόμυλου πρέπει να είναι στραμμένα ευθεία προς τον άνεμο, και στους πρώτους μύλους η περιστροφή του σώματος του στύλου ή του καπακιού του πύργου του μύλου γινόταν με το χέρι μέσω ενός μακρύ ουραίου στύλου που έφτανε μέχρι το έδαφος. Το 1745 ο Edmund Lee στην Αγγλία εφηύρε τον αυτόματο έλικα. Αυτός αποτελείται από ένα σύνολο πέντε έως οκτώ μικρότερων περυγίων που είναι τοποθετημένα στον ουραίο στύλο ή στη σκάλα ενός πασσαλόμυλου σε ορθή γωνία προς τα πανιά και συνδέονται με γρανάζια με τροχούς που κινούνται σε μια τροχιά γύρω από τον μύλο. Όταν ο άνεμος στρίβει, χτυπάει στις πλευρές των περυγίων, τα στρέφει και συνεπώς και τους τροχούς, οι οποίοι στρέφουν το σώμα του μύλου μέχρι τα πανιά να είναι και πάλι ευθυγραμμισμένα με τον άνεμο. Ο έλικας αυτός, μπορεί επίσης να τοποθετηθεί στα καπάκια των μύλων πύργου, οδηγώντας προς τα κάτω σε ένα οδοντωτό ράφι στο κράσπεδο [14].

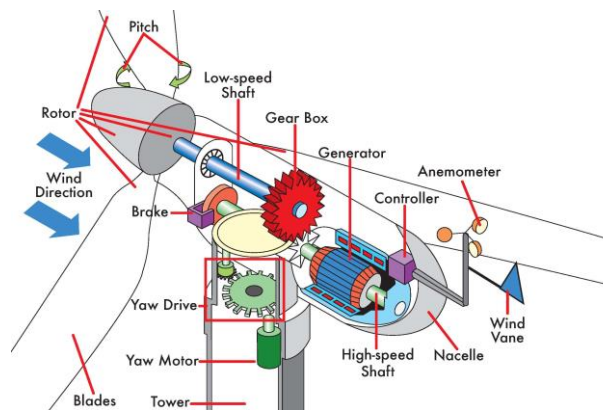
1.4.1.2 Ανεμογεννήτριες

Λόγω των απλών αρχών λειτουργίας των ανεμόμυλων, τα τελευταία χίλια χρόνια, αυτοί έγιναν ευρέως διαδεδομένοι σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, ακόμη και όταν η δημοτικότητά τους μειώθηκε δραματικά τον 19ο και τον 20ό αιώνα με την άφιξη των ατμοκίνητων και ηλεκτροκίνητων μηχανών, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ενεργά σε όλο τον κόσμο. Τα δύο πιο δημοφιλή σενάρια χρήσης τους είναι οι ανεμογεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες γίνονται όλο και πιο ικανές να παρέχουν σοβαρές δυνατότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και οι ανεμόμυλοι αντλιών που συχνά τοποθετούνται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου απαιτούνται αυτοσυντηρούμενες μηχανές για την τακτική κίνηση νερού είτε για τη γεωργία είτε για την πρόσβαση σε νερό από βαθιά υπόγεια πηγάδια.

Οι ανεμογεννήτριες άρχισαν να κατασκευάζονται ήδη από το 1887 και μετά το 1900 όλο και περισσότεροι ανεμόμυλοι αντλιών ανέμου απέκτησαν την ικανότητα να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ως δευτερεύουσα εργασία τους. Το 1941 δημιουργήθηκε η πρώτη ανεμογεννήτρια κατηγορίας μεγαβάτ στις Ηνωμένες Πολιτείες και μια δεκαετία αργότερα το Ηνωμένο Βασίλειο άρχισε να τροφοδοτεί μέρος του δικτύου ηλεκτροδότησης με αυτές. Η πραγματική αναγέννηση της δημοτικότητας, της έρευνας και της ανάπτυξης των ανεμογεννητριών συνέβη μετά τη δεκαετία του 1970, όταν έγινε φανερό ότι οι τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου θα συνεχίσουν να αυξάνονται τις επόμενες δεκαετίες. Πολλές κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο παρείχαν κονδύλια και κίνητρα για την κατασκευή και την ανάπτυξη πιο αποδοτικών ανεμογεννητριών, και το 2012 υπήρχαν πάνω από 45 χιλιάδες ανεμογεννήτριες ενεργές στον κόσμο, ενώ κάθε χρόνο εισάγονται όλο και περισσότερες [12].

Μια ανεμογεννήτρια μετατρέπει την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική χρησιμοποιώντας την αεροδυναμική δύναμη από τα πτερύγια του ρότορα, τα οποία λειτουργούν σαν πτέρυγα αεροπλάνου ή πτερύγια ρότορα ελικοπτερου. Όταν ο άνεμος ρέει κατά μήκος της λεπίδας, η πίεση του αέρα στη μία πλευρά της λεπίδας μειώνεται. Η διαφορά στην πίεση του αέρα στις δύο πλευρές της λεπίδας δημιουργεί και ανύψωση και οπισθέλκουσα. Η δύναμη της ανύψωσης είναι ισχυρότερη από την οπισθέλκουσα και αυτό προκαλεί την περιστροφή του ρότορα. Ο ρότορας συνδέεται με τη γεννήτρια, είτε απευθείας (αν πρόκειται για τουρμπίνα άμεσης μετάδοσης κίνησης) είτε μέσω ενός άξονα και μιας σειράς γραναζιών (ένα κιβώτιο ταχυτήτων) που επιταχύνουν την περιστροφή και επιτρέπουν μια φυσικά μικρότερη γεννήτρια. Αυτή η μετατροπή της αεροδυναμικής δύναμης στην περιστροφή μιας γεννήτριας δημιουργεί ηλεκτρισμό [15].

Το σχήμα 1.10 δείχνει τα βασικά στοιχεία που συνθέτουν έναν τυπικό σχεδιασμό ανεμογεννητριών. Μια ανεμογεννήτρια εξάγει την κινητική ενέργεια από τον άνεμο επιβραδύνοντας τον άνεμο και μεταφέροντας αυτή την ενέργεια στον περιστρεφόμενο άξονα, επομένως είναι σημαντικό να έχουμε καλό σχεδιασμό. Η διαθέσιμη ισχύς στον άνεμο που είναι διαθέσιμη για συγκομιδή εξαρτάται τόσο από την ταχύτητα του ανέμου όσο και από την περιοχή που σαράνεται από τα περιστρεφόμενα πτερύγια του στροβίλου.



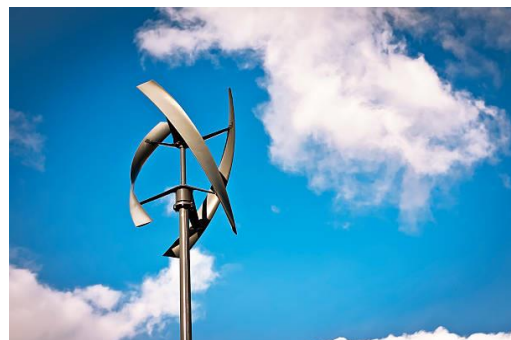
Σχήμα 1.10: Τυπικό Σχέδιο Ανεμογεννήτριας

Επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου ή όσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια του ρότορα, τόσο περισσότερη ενέργεια μπορεί να εξαχθεί από τον άνεμο. Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι η παραγωγή ισχύος της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την αλληλεπίδραση μεταξύ των πτερυγίων του δρομέα και του ανέμου και είναι αυτή η αλληλεπίδραση που είναι σημαντική για το σχεδιασμό μιας ανεμογεννήτριας.

Για τη βελτίωση αυτής της αλληλεπίδρασης και συνεπώς την αύξηση της απόδοσης είναι διαθέσιμοι δύο τύποι σχεδιασμού ανεμογεννητριών. Ο κοινός οριζόντιος άξονας και ο κατακόρυφος άξονας. Ο σχεδιασμός της ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα πιάνει περισσότερο άνεμο, επομένως η ισχύς εξόδου είναι υψηλότερη από αυτή ενός σχεδίου ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα. Το μειονέκτημα του σχεδιασμού του οριζόντιου άξονα είναι ότι ο πύργος που απαιτείται για τη στήριξη της ανεμογεννήτριας είναι πολύ υψηλότερος και ο σχεδιασμός των πτερυγίων του ρότορα πρέπει να είναι πολύ καλύτερος [16].



Σχήμα 1.11: Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα



Σχήμα 1.12: Ανεμογεννήτρια Κατακόρυφου Άξονα

1.4.2 Συστήματα Μετατροπής Αιολικής Ενέργειας

Ένα σύστημα μετατροπής αιολικής ενέργειας (WECS) είναι μια συσκευή που χρησιμοποιεί την κινητική ενέργεια του ανέμου και τη μετατρέπει σε μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια. Έχουν γίνει πολλές έρευνες για την εφεύρεση μιας φιλικής προς το περιβάλλον προσέγγισης για την κάλυψη της εθνικής ενεργειακής ζήτησης με βιώσιμη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Η ταξινόμηση των συστημάτων μετατροπής αιολικής ενέργειας (WECS) βασίζεται στον άξονα περιστροφής των πτερυγίων του δρομέα της ανεμογεννήτριας. Ακολουθούν οι τέσσερις κύριες ταξινομήσεις των WECS:

- **Περιστροφικός Άξονας (Rotational Axis)** . Ανάλογα με τον τύπο του περιστροφικού άξονα, οι άξονες αυτοί ταξινομούνται περαιτέρω σε ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα και ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.
- **Στρόβιλος (Turbine)**. Με βάση την ηλεκτρική ισχύ οι στρόβιλοι μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω σε στρόβιλους χαμηλής ισχύος με μέγιστη ισχύς 30 kW, σε στρόβιλους μεσαίας ισχύος όπου η ισχύς κυμαίνεται από 30 έως 300kW και σε στρόβιλους υψηλής ισχύος όπου παράγεται σημαντική ποσότητα ισχύος.
- **Έλεγχος ισχύος (Power Control)**. Είναι σημαντικό να ελέγχεται το επίπεδο της αιολικής ενέργειας για σταθερή παραγωγή ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με ενεργό έλεγχο ισχύος, όπου με τη χρήση μηχανισμού ελέγχου βήματος χειρίζεται η γωνία των πτερυγίων του ρότορα και ρυθμίζεται η ποσότητα του ανέμου, και με τον έλεγχο άεργου ισχύος, όπου η διαχείριση και η ρύθμιση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από την γεννήτρια.
- **Κριτήρια ελέγχου ταχύτητας περιστροφής (Rotational Speed Control Criteria)**. Η ταχύτητα των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας βασίζεται στην ταχύτητα του ανέμου. Για τον έλεγχο ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιούνται τα WECS σταθερής ταχύτητας, όπου ο ρυθμιστής είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ταχύτητας του στρόβιλου, και τα WECS μεταβλητής ταχύτητας, όπου η συσκευή μετατροπέα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ταχύτητας της τουρμπίνας.

Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος μετατροπής αιολικής ενέργειας περιλαμβάνουν μηχανικά εξαρτήματα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει ο ρότορας που συλλαμβάνει τον άνεμο και περιστρέφεται με αποτέλεσμα τη μετατροπή του σε μηχανική ενέργεια, ο κύριος άξονας που είναι κατασκευασμένος από χάλυβα και συνδέεται με τον ρότορα και το κιβώτιο ταχυτήτων που βοηθά στην αύξηση της ταχύτητας του ρότορα. Επίσης, μηχανικά εξαρτήματα αποτελούν τα μηχανικά φρένα που σταματάνε τον ρότορα, το ατρακτίδιο που αποτελείται από όλα τα ηλεκτρικά και μηχανικά εξαρτήματα, οι κινητήρες κλίσης που είναι χρήσιμοι για τη ρύθμιση των γωνιών των πτερυγίων και ο εξοπλισμός μέτρησης ανέμου. Πρόκειται για μια συσκευή μέτρησης της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου.

Ακόμα, τα WECS περιλαμβάνουν ηλεκτρικά εξαρτήματα όπως η γεννήτρια που μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και ο μετατροπέας ισχύος που βοηθά στη μετατροπή του ρεύματος

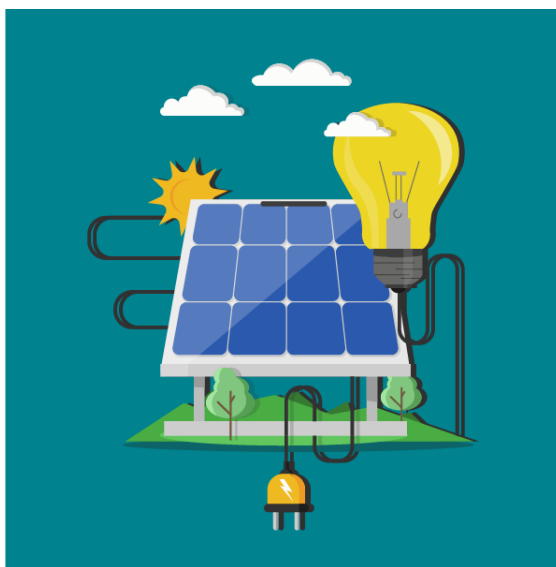
από συνεχές σε εναλλασσόμενο. Επιπλέον, στα ηλεκτρικά εξαρτήματα ανοίγει ο μετασχηματιστής ανώψωσης, όπου αυξάνεται η τάση της ηλεκτρικής ενέργειας, και τα σημεία συλλογής αιολικού πάρκου ή σημείο κοινής ζεύξης όπου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια συλλέγεται εδώ [17].

1.5 Ηλιακή Ενέργεια

1.5.1 Εισαγωγή

Ηλιακή Ενέργεια είναι η ακτινοβολία από τον Ήλιο η οποία είναι ικανή να προκαλεί χημικές αντιδράσεις, να παράγει ηλεκτρισμό ή να παράγει θερμότητα. Η συνολική ποσότητά της που λαμβάνεται στη Γη είναι πολύ μεγαλύτερη από τις τρέχουσες και αναμενόμενες ενεργειακές απαιτήσεις του κόσμου. Εάν αξιοποιηθεί κατάλληλα, έχει τη δυνατότητα να ικανοποιήσει όλες τις μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες. Στον 21^ο αιώνα, αναμενόταν ότι η ηλιακή ενέργεια θα γινόταν όλο και πιο ελκυστική ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας λόγω της ανεξάντλητης προσφοράς και του μη ρυπογόνου χαρακτήρα της, σε πλήρη αντίθεση με τα πεπερασμένα ορυκτά καύσιμα άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Ο Ήλιος είναι μια εξαιρετικά ισχυρή πηγή ενέργειας που λαμβάνει η Γη, αλλά η έντασή του στην επιφάνεια της Γης είναι στην πραγματικότητα αρκετά χαμηλή. Αυτό οφείλεται ουσιαστικά στην τεράστια ακτινική εξάπλωση της ακτινοβολίας από τον μακρινό Ήλιο. Μια σχετικά μικρή πρόσθετη απώλεια οφείλεται στην ατμόσφαιρα και τα σύννεφα της Γης, τα οποία απορροφούν ή διασκορπίζουν έως και το 54 τοις εκατό του εισερχόμενου ηλιακού φωτός. Το ηλιακό φως που φτάνει στο έδαφος αποτελείται από σχεδόν 50 τοις εκατό ορατό φως, 45 τοις εκατό υπέρυθη ακτινοβολία και μικρότερες ποσότητες υπεριώδους και άλλων μορφών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

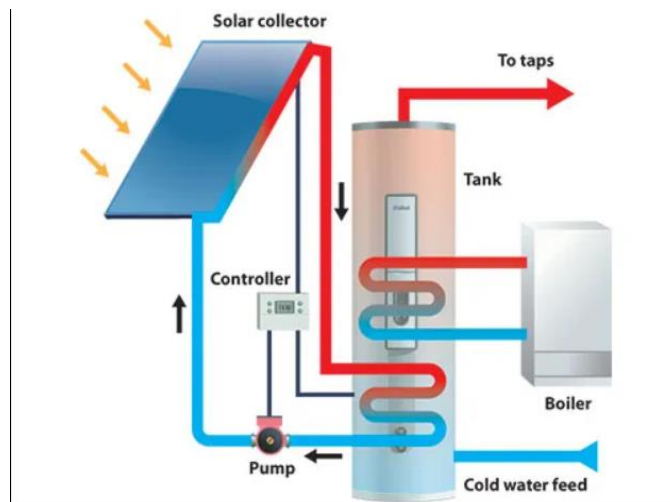


Σχήμα 1.13: Ηλιακή Ενέργεια

Οι δυνατότητες για ηλιακή ενέργεια είναι τεράστιες, αφού περίπου 200.000 φορές η συνολική ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο λαμβάνεται καθημερινά από τη Γη με τη μορφή ηλιακής ενέργειας. Δυστυχώς, αν και η ίδια η ηλιακή ενέργεια είναι δωρεάν, το υψηλό κόστος συλλογής, μετατροπής και αποθήκευσης εξακολουθεί να περιορίζει την εκμετάλλευσή της σε πολλά μέρη. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να μετατραπεί είτε σε θερμική ενέργεια (θερμότητα) είτε σε ηλεκτρική ενέργεια [18].

1.5.2 Ηλιακά Θερμικά Συστήματα

Η ηλιακή θερμική ενέργεια (STE) είναι μια μορφή ενέργειας και μια τεχνολογία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θερμικής ενέργειας για χρήση στη βιομηχανία και στον οικιακό και εμπορικό τομέα. Οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες ταξινομούνται ως συλλέκτες χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας. Δουλεύει τους είναι να συλλέγουν και να συγκεντρώνουν το ηλιακό φως για να παράγουν τη θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας που απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όλα τα συστήματα ηλιακής θερμικής ενέργειας διαθέτουν συλλέκτες με δύο κύρια στοιχεία, τους ανακλαστήρες, οι οποίοι συλλαμβάνουν και εστιάζουν το ηλιακό φως σε έναν δέκτη. Στους περισσότερους τύπους συστημάτων, ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας θερμαίνεται και κυκλοφορεί στον δέκτη και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού. Ο ατμός μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια σε έναν στρόβιλο, ο οποίος τροφοδοτεί μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα STE διαθέτουν, επίσης, συστήματα παρακολούθησης που κρατούν το ηλιακό φως εστιασμένο στον δέκτη καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας καθώς ο ήλιος αλλάζει θέση στον ουρανό. Οι ηλιακοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί έχουν συνήθως ένα μεγάλο πεδίο ή μια σειρά συλλεκτών που παρέχουν θερμότητα σε έναν στρόβιλο και μια γεννήτρια.



Σχήμα 1.14: Εξαρτήματα Ηλιακού Θερμικού Συστήματος

Αξιοποιώντας την απεριόριστη δύναμη του ήλιου, αυτά τα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να μετατρέπουν το ηλιακό φως σε χρησιμοποιήσιμο ηλεκτρισμό ή θερμότητα, προσφέροντας μια ευέλικτη και ανανεώσιμη εναλλακτική λύση στις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Επίσης, μπορεί να περιλαμβάνουν ένα στοιχείο συστήματος αποθήκευσης θερμικής ενέργειας που επιτρέπει στο σύστημα ηλιακού συλλέκτη να θερμαίνει ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας και η θερμότητα από το σύστημα αποθήκευσης να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το βράδυ ή κατά τη διάρκεια συννεφιασμένου καιρού. Ακόμη, περιέχουν μια σειρά εξαρτημάτων, καθένα από τα οποία παίζει ζωτικό ρόλο στην απρόσκοπτη μετατροπή του ηλιακού φωτός σε χρησιμοποιήσιμη ενέργεια, όπως τα ηλιακά πάνελ, τα οποία αποτελούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία που ξεκινούν τη διαδικασία μετατροπής. Αυτά τα πάνελ είναι στρατηγικά τοποθετημένα σε κατασκευές για βελτιστοποίηση της έκθεσης στο ηλιακό φως, εξασφαλίζοντας μέγιστη απόδοση στη δέσμευση ενέργειας. Οι ηλιακοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί μπορεί να είναι υβριδικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν άλλα καύσιμα, όπως φυσικό αέριο, για να συμπληρώσουν την ενέργεια από τον ήλιο σε περιόδους χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας [19].

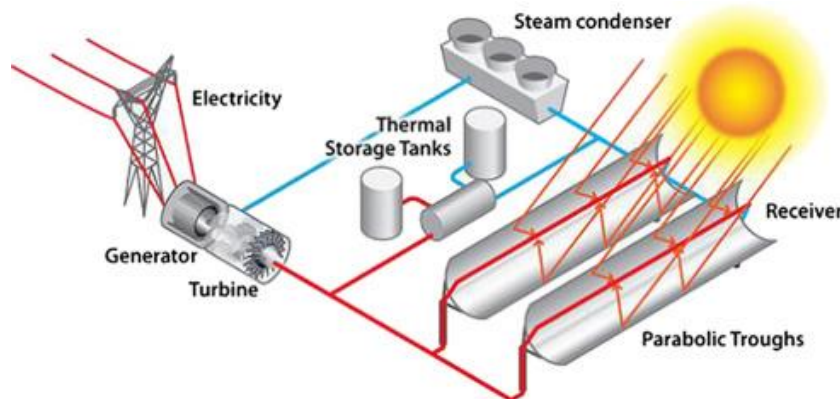
Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ηλιακών θερμικών συστημάτων συγκέντρωσης :

- Γραμμικά συστήματα συγκέντρωσης, τα οποία περιλαμβάνουν παραβολικές κοιλότητες και γραμμικούς ανακλαστήρες Fresnel
- Πύργοι ηλιακής ενέργειας
- Συστήματα ηλιακών πιάτων/κινητήρων

1.5.2.1 Γραμμικά Συστήματα Συγκέντρωσης

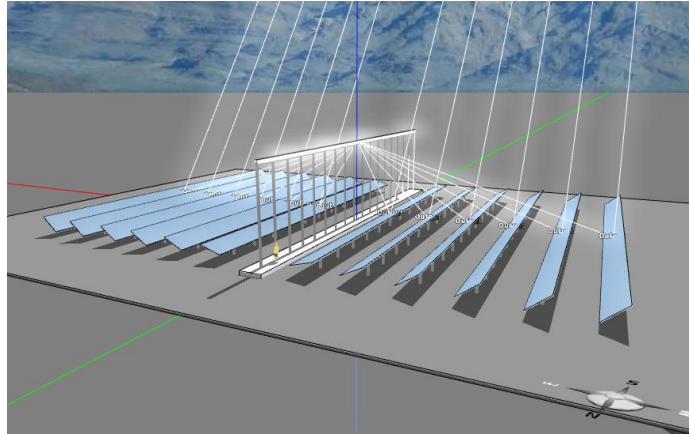
Ένα σύστημα γραμμικής συγκέντρωσης φωτοβολταϊκών είναι ένας τύπος τεχνολογίας ηλιακής ενέργειας που συγκεντρώνει το ηλιακό φως σε φωτοβολταϊκά (PV) κύτταρα χρησιμοποιώντας γραμμικά οπτικά στοιχεία, όπως φακούς ή καθρέφτες. Οι καθρέφτες εστιάζουν το ηλιακό φως σε δέκτες που διατρέχουν το μήκος των καθρεπτών. Το συγκεντρωμένο ηλιακό φως θερμαίνει ένα ρευστό που ρέει μέσα από τους σωλήνες. Το ρευστό στέλνεται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας για να βράσει νερό σε μια συμβατική γεννήτρια ατμοστροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι γραμμικών συστημάτων συμπυκνωτή :

- Παραβολικά συστήματα κοιλότητας: Περιέχουν έναν μακρύ ανακλαστήρα παραβολικού σχήματος, το οποίο εστιάζει τις ακτίνες του ήλιου σε έναν σωλήνα δέκτη που βρίσκεται στην εστία της παραβολής. Ο συλλέκτης γέρνει με τον ήλιο να διατηρεί το ηλιακό φως εστιασμένο στον δέκτη καθώς ο ήλιος κινείται από την ανατολή προς τη δύση. Λόγω του παραβολικού σχήματός του, μια γούρνα μπορεί να εστιάζει το ηλιακό φως από 30 φορές έως 100 φορές την κανονική του ένταση στον σωλήνα δέκτη, που βρίσκεται κατά μήκος της εστιακής γραμμής της γούρνας, επιτυγχάνοντας θερμοκρασίες λειτουργίας υψηλότερες από 750°F (400°C).



Σχήμα 1.15: Παραβολικό Σύστημα

- Γραμμικά συστήματα ανακλαστήρα Fresnel: Είναι παρόμοια με τα παραβολικά στο ότι οι καθρέφτες συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε έναν δέκτη που βρίσκεται πάνω από τους καθρέφτες. Αυτοί οι ανακλαστήρες χρησιμοποιούν το εφέ φακού Fresnel, το οποίο επιτρέπει έναν συγκεντρωτικό καθρέφτη με μεγάλο διάφραγμα και μικρή εστιακή απόσταση. Αυτά τα συστήματα είναι ικανά να συγκεντρώνουν την ενέργεια του ήλιου σε περίπου 30 φορές την κανονική του ένταση. Τα Fresnel είναι ένα τύπος τεχνολογίας LFR που έχει πολλαπλούς απορροφητές κοντά στους καθρέφτες. Πολλαπλοί δέκτες επιτρέπουν στους καθρέφτες να αλλάζουν την κλίση τους για να ελαχιστοποιήσουν το πόσο εμποδίζουν την πρόσβαση των παρακείμενων ανακλαστών στο ηλιακό φως.

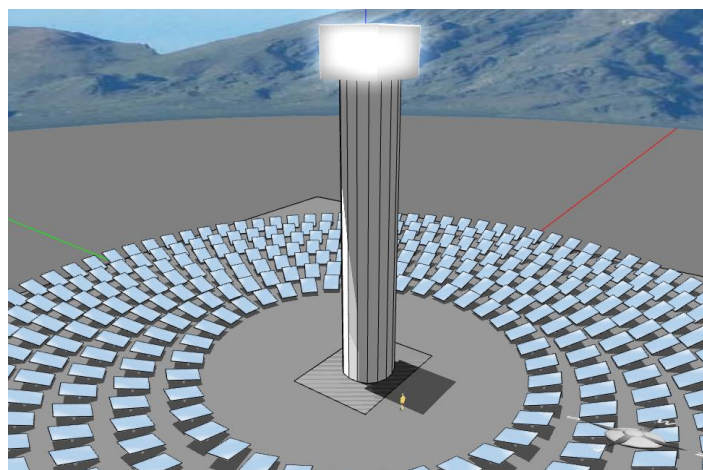


Σχήμα 1.16: Γραμμικά Συστήματα Ανακλαστήρα Fresnel

Ο πρωταρχικός στόχος ενός Γραμμικού Συστήματος είναι να βελτιώσει την απόδοση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εστιάζοντας το ηλιακό φως σε μια μικρότερη περιοχή φωτοβολταϊκών κυψελών υψηλής απόδοσης. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά φωτοβολταϊκά συστήματα επίπεδης πλάκας, τα οποία μετατρέπουν απευθείας το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς συγκέντρωση, τα προαναφερθέντα συστήματα χρησιμοποιούν οπτικά εξαρτήματα για τη συγκέντρωση του ηλιακού φωτός σε μικρότερα, πιο αποδοτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία [19].

1.5.2.2 Πύργοι Ηλιακής Ενέργειας

Ένα σύστημα πύργων ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιεί ένα μεγάλο πεδίο επίπεδων καθρεφτών που παρακολουθούν τον ήλιο, οι οποίοι ονομάζονται ηλιοστάτες και χρησιμοποιούνται για να αντανακλούν και να συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε έναν δέκτη στην κορυφή ενός πύργου. Το ηλιακό φως μπορεί να συγκεντρωθεί έως και 1.500 φορές. Μερικοί πύργοι ισχύος χρησιμοποιούν νερό ως υγρό μεταφοράς θερμότητας. Τα προηγμένα σχέδια πειραματίζονται με τηγμένο νιτρικό άλας λόγω των ανώτερων δυνατοτήτων μεταφοράς θερμότητας και αποθήκευσης ενέργειας. Η ικανότητα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας επιτρέπει στο σύστημα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια συννεφιασμένου καιρού ή τη νύχτα.



Σχήμα 1.17: Απεικόνιση ενός Πύργου Ηλιακής Ενέργειας

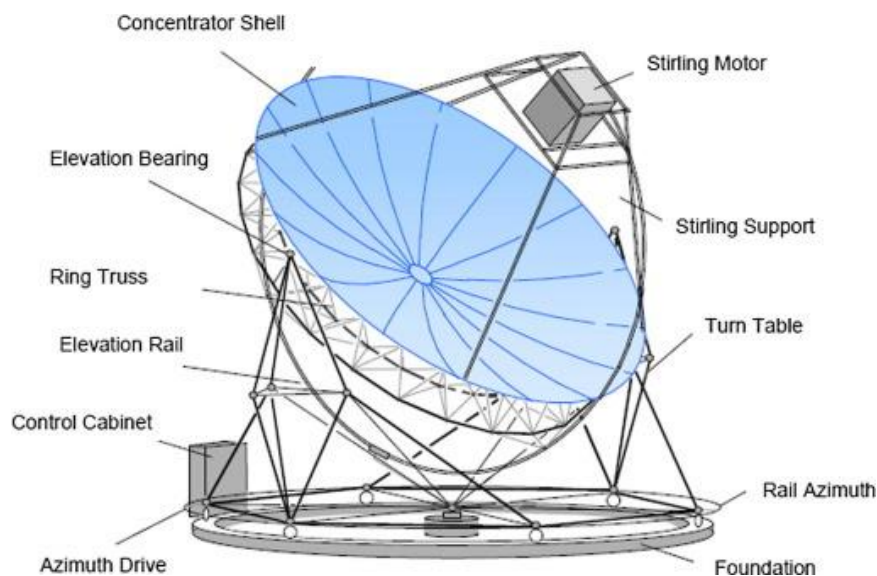
Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, μαζί με πολλές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, κατασκεύασε και λειτούργησε τον πρώτο πύργο επίδειξης ηλιακής ενέργειας κοντά στο Μάρστροου της Καλιφόρνια, κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1980 και του 1990. Το 2021, υπήρχαν δύο εγκαταστάσεις πύργων ηλιακής ενέργειας που λειτουργούσαν στις Ηνωμένες Πολιτείες:

- Ivanpah Solar Power Facility: μια εγκατάσταση με τρία χωριστά πεδία συλλογής και πύργους με συνδυασμένη καθαρή θερινή ισχύ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 393 MW στην Ivanpah Dry Lake, Καλιφόρνια, που άρχισε να λειτουργεί το 2013.
- Crescent Dunes Solar Energy Project: μια μονάδα ενός πύργου ισχύος 110 MW με εξάρτημα αποθήκευσης ενέργειας στην Tonopah της Νεβάδα, η οποία ξεκίνησε να λειτουργεί το 2015 [19].

1.5.2.3 Συστήματα Ηλιακών Πιάτων/Κινητήρων

Τα συστήματα ηλιακών πιάτων/κινητήρων μετατρέπουν την ενέργεια από τον ήλιο σε ηλεκτρική ενέργεια με πολύ υψηλή απόδοση. Χρησιμοποιώντας μια διάταξη καθρέφτη που έχει διαμορφωθεί σε σχήμα πιάτου, το ηλιακό πιάτο εστιάζει τις ακτίνες του ήλιου σε έναν δέκτη. Ο δέκτης μεταδίδει την ενέργεια σε έναν κινητήρα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Λόγω των υψηλών αναλογιών συγκέντρωσης που επιτυγχάνονται με τα παραβολικά πιάτα και του μικρού μεγέθους του δέκτη, τα ηλιακά πιάτα είναι αποτελεσματικά στη συλλογή ηλιακής ενέργειας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Δοκιμές πρωτότυπων συστημάτων και εξαρτημάτων σε τοποθεσίες σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες έχουν δείξει καθαρές αποδόσεις μετατροπής ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική έως και 30%. Αυτό είναι σημαντικά υψηλότερο από οποιαδήποτε άλλη ηλιακή τεχνολογία.

Λόγω του μεγέθους και της αντοχής τους, τα ηλιακά αυτά συστήματα είναι κατάλληλα για μη παραδοσιακή παραγωγή ενέργειας. Οι επιμέρους μονάδες κυμαίνονται σε μέγεθος από 10 κιλοβάτ έως 25 κιλοβάτ. Μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας σε απομακρυσμένες ηλιόλουστες τοποθεσίες για χρήσεις όπως η άντληση νερού και η παροχή ρεύματος σε άτομα που ζουν σε απομονωμένα χωριά. Τα συστήματα πιάτων/κινητήρων μπορούν επίσης να συνδεθούν μεταξύ τους για να παρέχουν ισχύ σε κλίμακα χρησιμότητας σε ένα δίκτυο μετάδοσης. Τέτοια συστήματα θα μπορούσαν να βρίσκονται κοντά σε καταναλωτές, μειώνοντας ουσιαστικά την ανάγκη δημιουργίας ή αναβάθμισης της ικανότητας μεταφοράς. Σε μεγάλο βαθμό λόγω της υψηλής απόδοσης τους, το κόστος αυτών των συστημάτων αναμένεται να είναι χαμηλότερο από αυτό των άλλων ηλιακών συστημάτων για αυτές τις εφαρμογές [20].



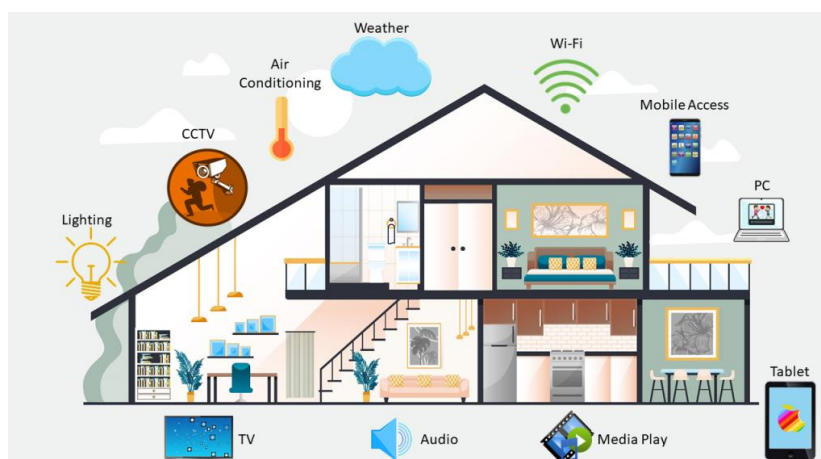
Σχήμα 1.18: Απεικόνιση και Επεξήγηση ενός Συστήματος Ηλιακού Πιάτου

Κεφάλαιο 2ο: Smart Home

2.1 Εισαγωγή

Η αναμενόμενη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού αυξάνει αυτόματα και την ζήτηση για ενέργεια. Τα τρέχοντα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκαν πριν από δεκαετίες και παρά το γεγονός ότι αναβαθμίζονται τακτικά, η ικανότητά τους να ικανοποιήσουν τις μελλοντικές απαιτήσεις είναι αβέβαιη. Τα υπάρχοντα αποθέματα ορυκτών καυσίμων είναι περιορισμένα και με επιβλαβείς εκπομπές, καθιστώντας τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις αναπόφευκτες. Το αποτέλεσμα αυτής της τρέχουσας κατάστασης είναι η μετάβαση του παραδοσιακού κεντρικού δικτύου προς ένα καταναμημένο υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αιολικά και ηλιακά συστήματα, βιομάζα, κυψέλες καυσίμου και παλιρροιακή δύναμη.

Το έξυπνο σπίτι είναι μια έννοια που ενσωματώνει τις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) με τα συστήματα ισχύος του δικτύου, προκειμένου να επιτευχθεί αποδοτική και έξυπνη παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας. Χαρακτηρίζεται από αμφίδρομη ροή τόσο ηλεκτρικής ενέργειας όσο και πληροφοριών. Οι προσεγγίσεις στο έξυπνο δίκτυο περιλαμβάνουν νέες λύσεις που θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν αποτελεσματικά το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο προκειμένου να μειωθούν ή να εξαλειφθούν οι διακοπές ρεύματος, η πτώση τάσης και οι υπερφορτώσεις.



Σχήμα 2.1 : Smart Homes and IoT

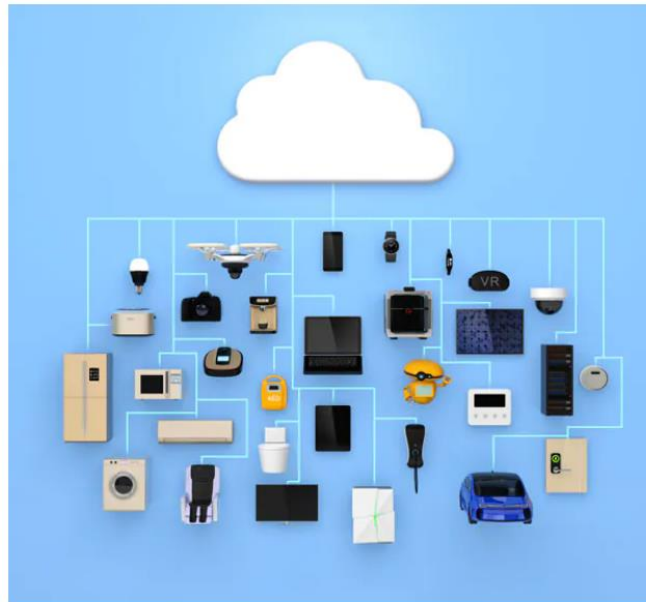
Οι λύσεις έξυπνου δικτύου μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε τμήμα του δικτύου : παραγωγή, μεταφορά και διανομή. Πρόσφατα, ένα τέταρτο μέρος του έξυπνου δικτύου, δηλαδή το έξυπνο σπίτι έχει γίνει το κύριο αντικείμενο έρευνας και εφαρμογής στο έξυπνο δίκτυο. Το έξυπνο σπίτι αναφέρεται στη χρήση των ΤΠΕ στον οικιακό έλεγχο, που κυμαίνεται από τον έλεγχο των συσκευών μέχρι τον αυτοματισμό των λειτουργιών του σπιτιού όπως είναι τα παράθυρα, ο φωτισμός κλπ. Βασικό στοιχείο του έξυπνου σπιτιού είναι η χρήση έξυπνων αλγορίθμων προγραμματισμού ισχύος, οι οποίοι θα παρέχουν στους κατοίκους τη δυνατότητα να κάνουν βέλτιστες επιλογές για το πώς να ξοδεύουν ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας. Ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο αυτοματισμός έξυπνου σπιτιού [21].

Ο οικιακός αυτοματισμός περιλαμβάνει κάθε συσκευή που μπορεί να παρακολουθείται ή να ελέγχεται μέσω ασύρματων ραδιοσημάτων, όχι μόνο όσες έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Όταν συνδέονται σε αυτό, οι οικιακοί αισθητήρες και οι συσκευές ενεργοποίησης αποτελούν σημαντικό συστατικό του

Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT – Internet of Things). Τα έξυπνα σπίτια χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως το IoT και την Τεχνητή Νοημοσύνη (AI – Artificial Intelligence) για την αυτοματοποίηση και την παρακολούθηση, καθιστώντας την καθημερινή ζωή πιο άνετη και αποτελεσματική [22].

2.2 Διαδίκτυο Των Πραγμάτων

Με την εκθετική πρόοδο της τεχνολογίας αυτοματισμού, το μέλλον των χειροκίνητων συστημάτων αλλάζει σε αυτόματο σύστημα για διάφορα οφέλη. Το διαδίκτυο έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος της ζωής του ανθρώπου, όπου το IoT (Διαδίκτυο των Πραγμάτων) αποτελεί την τελευταία και αναδυόμενη τεχνολογία που έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε τα πράγματα. Το IoT αναπτύσσεται καθημερινά από μηχανές μικρής κλίμακας έως μηχανές μεγάλης κλίμακας που μπορούν να μοιράζονται δεδομένα και να εκτελούν εργασίες ενώ τα άτομα είναι απασχολημένα με άλλες δραστηριότητες. Αποτελεί το πιο πρόσφατο παράδειγμα επικοινωνίας που οραματίζεται ένα κοντινό μέλλον, στο οποίο τα αντικείμενα της καθημερινής ζωής θα είναι εφοδιασμένα με μικροελεγκτές, ακουστικά για ηλεκτρονική αλληλογραφία και κατάλληλα πρωτόκολλα που θα τα καθιστούν έτοιμα να επικοινωνούν μεταξύ τους και με τους χρήστες, μετατρέποντάς τα σε απαραίτητο κομμάτι του Διαδικτύου [23].



Σχήμα 2.2: Η εφαρμογή του Διαδικτύου των Πραγμάτων

Η έννοια του IoT απαιτεί την απρόσκοπτη συνδεσιμότητα εκατομμυρίων ετερογενών συσκευών. Στον σημερινό κόσμο, η εφαρμογή του έξυπνου σπιτιού με βάση την συγκεκριμένη τεχνολογία έχει προσελκύσει τεράστια έλξη και έχει γίνει ένας εξέχων τομέας έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, το έξυπνο σπίτι αφορά μια οικιστική πλατφόρμα που χρησιμοποιεί το IoT, την τεχνολογία υπολογιστών, την τεχνολογία ελέγχου, την τεχνολογία απεικόνισης εικόνας καθώς και την τεχνολογία επικοινωνίας για να συνδέσει διάφορες εγκαταστάσεις μέσω του δικτύου για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις αυτοματισμού ολόκληρου του συστήματος και να παρέχει πιο βολικό έλεγχο και διαχείριση [24].

2.2.1 Internet of Smart Living

Καθώς εισερχόμαστε στην εποχή του Διαδικτύου των Πραγμάτων – το δίκτυο καθημερινών φυσικών αντικειμένων ενσωματωμένων με αισθητήρες και ειδικό λογισμικό που μπορούν να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα από άλλες υπολογιστικές συσκευές μέσω του Διαδικτύου – ο παγκόσμιος κλάδος

του έξυπνου σπιτιού παρουσιάζει εκθετική ανάπτυξη. Η αγορά αυτή, η οποία αποτιμήθηκε σε 826 εκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ το 2019, αναμένεται να αξίζει 3,28 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2027, σύμφωνα με την εταιρία έρευνας αγοράς Verified Market Research.

Ο όρος “Smart Living” , δηλαδή έξυπνη διαβίωση, αναφέρεται συχνά στο πλαίσιο του IoT ή του Έξυπνου Σπιτιού. Η έξυπνη διαβίωση υπόσχεται περισσότερη άνεση, ασφάλεια και ενεργειακή αποδοτικότητα στην καθημερινή μας ζωή μέσω της ψηφιοποίησης και της διασύνδεσης των συσκευών. Αλλά η “έξυπνη διαβίωση” έχει ακόμη περισσότερες δυνατότητες από την απλή σύνδεση των συσκευών μεταξύ τους. Είναι μια τάση που περιλαμβάνει εξελίξεις, οι οποίες δίνουν στους ανθρώπους την ευκαιρία να επωφεληθούν από νέους τρόπους διαβίωσης. Περιλαμβάνει πρωτότυπες και καινοτόμες λύσεις με στόχο να καθιστά την ζωή πιο αποτελεσματική, ελεγχόμενη, οικονομική, παραγωγική, ολοκληρωμένη και βιώσιμη. Πρόκειται για μια τάση που καλύπτει όλες τις πτυχές της καθημερινότητας, από τις κατοικίες και τους χώρους εργασίας έως τον τρόπο με τον οποίο μεταφέρονται οι άνθρωποι μέσα στις πόλεις. Εν ολίγοις, η έξυπνη διαβίωση περιλαμβάνει βελτιωμένα πρότυπα σε διάφορες πτυχές της ζωής, ενώ παράλληλα επιδιώκεται η αποτελεσματικότητα, η οικονομία και η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα [25].



Σχήμα 2.3: Η Τεχνολογία της Έξυπνης Διαβίωσης

Η βασική φιλοσοφία του συστήματος στο σενάριο του Έξυπνου Σπιτιού, είναι να καταστούν όλες τις συσκευές του σπιτιού “έξυπνες”, ώστε να μπορούν να επικοινωνούν ψηφιακά μεταξύ τους και με ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου. Για την διασφάλιση της επικοινωνίας, εγκαθίστανται στον ηλεκτρολογικό πίνακα του σπιτιού μικροαυτόματοι διακόπτες, οι οποίοι έχουν την μορφή κοινών ασφαλειών πίνακα και συνδέονται με τις ασφάλειες του πίνακα μέσω κοινών καλωδίων. Αυτοί οι μικροαυτόματοι διακόπτες αποτελούν τον πυρήνα του συστήματος, καθώς διανέμουν όλες τις πληροφορίες και δέχονται προγραμματισμό μέσω μιας τοπικής σύνδεσης δικτύου για την δημιουργία διαφόρων σεναρίων στο σπίτι [26].

2.2.1.1 Διαφορά μεταξύ Έξυπνου Σπιτιού με ένα Ηλεκτρικό

Σε ένα ηλεκτρικό σπίτι, τα ηλεκτρικά συστήματα και οι συσκευές λειτουργούν χειροκίνητα, χωρίς κάποιον απαραίτητο αυτοματισμό ή συνδεσιμότητα. Δηλαδή, μπορούμε να ελέγχουμε χειροκίνητα τα φώτα, να ρυθμίζουμε το θερμοστάτη με το χέρι και γενικότερα να χρησιμοποιούμε τυπικές συσκευές χωρίς έξυπνες λειτουργίες.

Αντιθέτως, ένα έξυπνο σπίτι ενσωματώνει τεχνολογίες που επιτρέπουν την αυτοματοποίηση, τον τηλεχειρισμό με σκοπό την καθημερινή διευκόλυνση και άνεση των πολιτών και κυρίως την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Τα έξυπνα σπίτια χρησιμοποιούν διασυνδεδεμένες συσκευές και συστήματα που μπορούν να ελέγχονται μέσω ενός κεντρικού κόμβου ή μέσω του Διαδικτύου.

Ουσιαστικά, η βασική διαφορά έγκειται στο επίπεδο αυτοματοποίησης, συνδεσιμότητας και τηλεχειρισμού που παρέχει ένα έξυπνο σπίτι σε σύγκριση με ένα πιο παραδοσιακό, χειροκίνητο ηλεκτρικό σπίτι. Πιο συγκεκριμένα ένα ηλεκτρικό σπίτι αποτελείται κυρίως από καλώδια και συνδέσεις, προστατευτικές συσκευές, όπως διακόπτες, ασφάλειες και ρελέ για τυχόν βραχυκυκλώματα, υποδοχές και χρονοδιακόπτες. Με λίγα λόγια, η παραδοσιακή εφαρμογή του έξυπνου σπιτιού γενικά ελέγχει και επικοινωνεί τις κτιριακές εγκαταστάσεις μέσω της καλωδίωσης των ενσύρματων γραμμών έτσι ώστε να είναι δύσκολο να απαλλαγούμε από τους περιορισμούς των διαφόρων καλωδίων, το κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό και η επεκτασιμότητα του συστήματος είναι επίσης ανεπαρκής. Το έξυπνο οικιακό σύστημα βασίζεται στην τεχνολογία ασύρματου δικτύου αισθητήρων και μπορεί όχι μόνο να απαλλαγεί από τα δεσμά των καλωδίων και να μειώσει το κόστος εγκατάστασης, αλλά και να βελτιώσει σημαντικά την επεκτασιμότητα του συστήματος [27].

2.3 Κύρια Χαρακτηριστικά Smart Home

Στα έξυπνα σπίτια, τα συστήματα αυτοματισμού χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ενεργειακής χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών και του εξοπλισμού και μπορούν να θεωρηθούν ως το εμπρόσθιο άκρο ενός έξυπνου δικτύου. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συνδεθούν με μετρητές κοινής ωφέλειας για να σχηματίσουν ένα έξυπνο δίκτυο ή να λειτουργήσουν ως αυτόνομο σύστημα. Εκτός από τις συσκευές παρακολούθησης και ελέγχου της ενέργειας, υπάρχουν πολλές άλλες συσκευές που μπορούν να συνδεθούν με τα συστήματα οικιακού αυτοματισμού, όπως αισθητήρες κίνησης και αισθητήρες θερμοκρασίας για να παρέχουν ασφάλεια, πυροπροστασία και διάφορα άλλα οφέλη στους χρήστες. Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά που συνήθως συνδέονται με τα έξυπνα σπίτια είναι τα εξής :

- Το έξυπνο σπίτι μπορεί να πραγματοποιήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και της επιχείρησης ηλεκτρικού δικτύου, να λάβει τις πληροφορίες για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την τιμή της, να ορίσει το σχέδιο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, να καθοδηγήσει την επιστημονική και ορθολογική χρήση της και να υποστηρίξει τη συνείδηση της οικογένειας για την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.
- Επίσης, μπορεί να βελτιώσει την άνεση, την ασφάλεια, την ευκολία και την διαδραστικότητα της ζωής στο σπίτι και να βελτιστοποιήσει τον τρόπο ζωής των ανθρώπων.
- Μπορεί να παρακολουθεί και να αλληλεπιδρά μέσω κινητού τηλεφώνου και απομακρυσμένου δικτύου, έτσι ώστε να ανακαλύπτει την ανώμαλη λειτουργία με έγκαιρη προειδοποίηση.
- Ακόμη, υλοποιεί την υπηρεσία ανάγνωσης μετρητών και ασφάλειας σε πραγματικό χρόνο του μετρητή νερού, του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και του μετρητή φυσικού αερίου, οι οποίες παρέχουν πιο βολικές συνθήκες για την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας.
- Τέλος, το έξυπνο σπίτι παρέχει πλήρη υποστήριξη των υπηρεσιών “τριπλών δικτύων” και της τέλει έξυπνης υπηρεσίας [24] .

Μερικά παραδείγματα των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

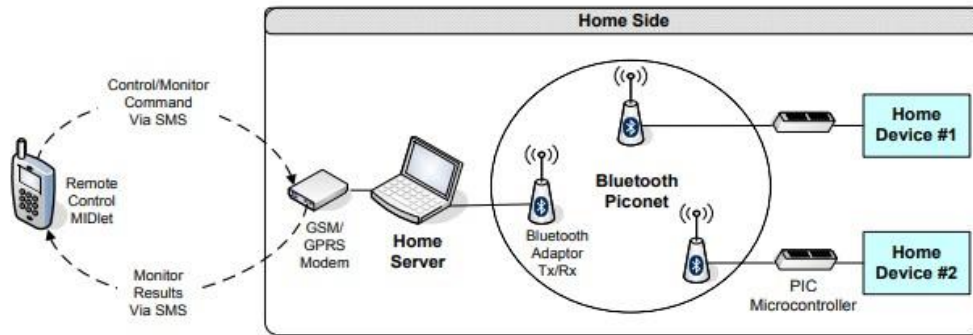
Πίνακας 2.1 : Χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Σπιτιού

Οικιακός Αυτοματισμός	Αποτελείται από Έλεγχο φώτων, θερμοστατών, κλειδαριών θυρών και συσκευών από απόσταση μέσω smartphones ή φωνητικών εντολών.
--------------------------	---

	Αυτοματοποιημένος προγραμματισμός εργασιών, όπως το σβήσιμο των φωτών ή η ρύθμιση του θερμοστάτη.
Έλεγχος Φωνής	Ενσωμάτωση με εικονικούς βοηθούς όπως η Amazon Alexa, ο Google Assistant ή το Apple HomeKit για τον έλεγχο ορισμένων συσκευών χωρίς κάποια ενεργοποίηση τους με τα χέρια.
Έξυπνος Φωτισμός	Ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες LED που ελέγχονται εξ αποστάσεως, με τη δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας τους και της θερμοκρασίας του χρώματος.
Έξυπνοι Θερμοστάτες	Θερμοστάτες εκμάθησης και προσαρμογής που ρυθμίζουν τη θέρμανση και την ψύξη με βάση τα πρότυπα χρήσης και τις προτιμήσεις του πελάτη, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.
Συστήματα Οικιακής Ασφάλειας	Έξυπνες κάμερες και αισθητήρες κίνησης για την παρακολούθηση και την ασφάλεια του σπιτιού λαμβάνοντας ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο στο κινητό τηλέφωνο του πελάτη.
Έξυπνες Συσκευές και Συστήματα Ψυχαγωγίας	Έξυπνες τηλεοράσεις και συσκευές streaming, ψυγεία, φούρνοι, πλυντήρια και άλλες συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης για απομακρυσμένη παρακολούθηση και έλεγχο.
Έξυπνοι Αισθητήρες	Αισθητήρες περιβάλλοντος για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, της υγρασίας και άλλων παραμέτρων. Αισθητήρες κίνησης για σκοπούς αυτοματισμού και ασφάλειας.
Διαχείριση Ενέργειας	Έξυπνοι μετρητές και συστήματα παρακολούθησης της ενέργειας για την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Ενσωμάτωση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και έξυπνα δίκτυα.
Υγεία και Ευεξία στο Σπίτι	Έξυπνες συσκευές υγείας για την παρακολούθηση μετρήσεων υγείας, όπως έξυπνες ζυγαριές, πιεσόμετρα και συσκευές παρακολούθησης ύπνου και άγχους.
Μέτρα για την Ασφάλεια Δεδομένων και Απορρήτων	Ασφαλείς μέθοδοι ελέγχου ταυτότητας και πρωτόκολλα κρυπτογράφησης για την προστασία των δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής των χρηστών.

2.3.1 Αρχιτεκτονική ενός Έξυπνου Σπιτιού

Μια αρχιτεκτονική ανωτάτου επιπέδου ενός έξυπνου σπιτιού όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.4 περιλαμβάνει έναν διακομιστή/πύλη, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως το κεντρικό σημείο συνδεσιμότητας για συσκευές εντός του σπιτιού, καθώς και να επιτρέπει τη συνδεσιμότητα με τον εξωτερικό κόσμο. Το στήσιμο περιλαμβάνει επίσης έξυπνους αισθητήρες καθώς και συσκευές που διαθέτουν είτε ενσύρματη, είτε ασύρματη συνδεσιμότητα. Η επικοινωνία με το έξυπνο σπίτι από τον “έξω κόσμο” μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό των ακόλουθων εξωτερικών δικτύων, όπως τηλεφωνικές γραμμές, γραμμές xDSL, καλωδιακές τηλεοράσεις, GSM και δίκτυα ηλεκτρικού ρεύματος .



Σχήμα 2.4: Αρχιτεκτονική Smart Home

Πιο συγκεκριμένα στην φωτογραφία βλέπουμε ότι το σύστημα αποτελείται από ένα κινητό με δυνατότητα Java, με εφαρμογή κινητής τηλεφωνίας, έναν διακομιστή υπολογιστή με εφαρμογή Java, μόντεμ GSM που συνδέει τον διακομιστή με το εξωτερικό δίκτυο, έναν μικροελεγκτή PIC με μια ενσύρματη εφαρμογή που συνδέεται με τις συσκευές και προσαρμογείς Bluetooth που συνδέουν τον διακομιστή και τους μικροελεγκτές στο εσωτερικό δίκτυο Bluetooth. Το σύστημα συνδέεται με το εξωτερικό δίκτυο χρησιμοποιώντας το δίκτυο GSM. Ένα κινητό τηλέφωνο επικοινωνεί με τον οικιακό διακομιστή χρησιμοποιώντας την υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων (SMS). Η εφαρμογή του κινητού η οποία είναι γραμμένη με τη χρήση της τεχνολογίας Java 2 Micro Edition (J2ME) περιλαμβάνει ένα φιλικό γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI) με μενού. Το GUI χρησιμοποιείται από τον χρήστη με την εισαγωγή όλων των πληροφοριών στο σύστημα. Διαθέτει μια λίστα για την εμφάνιση των κύριων υπηρεσιών του συστήματος, κουμπιά για ενεργοποίηση, απενεργοποίηση ή παρακολούθηση μιας συσκευής και πεδία κειμένου για τη λήψη πληροφοριών διαμόρφωσης. Το σύστημα χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Bluetooth P-to-P (Point-to-Point, Από Σημείο-Σε Σημείο), ως ασύρματο εσωτερικό δίκτυο για τη σύνδεση των μικροελεγκτών και των οικιακών συσκευών στον οικιακό διακομιστή. Ο οικιακός διακομιστής, ο οποίος αποτελεί τον πυρήνα του συστήματος ενός έξυπνου σπιτιού, είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο GSM μέσω ενός μόντεμ GSM για την αποστολή και λήψη μηνυμάτων SMS από και προς το κινητό τηλέφωνο και συνδέεται επίσης με οικιακές συσκευές μέσω της σύνδεσης Bluetooth [28].

2.4 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας Smart Home

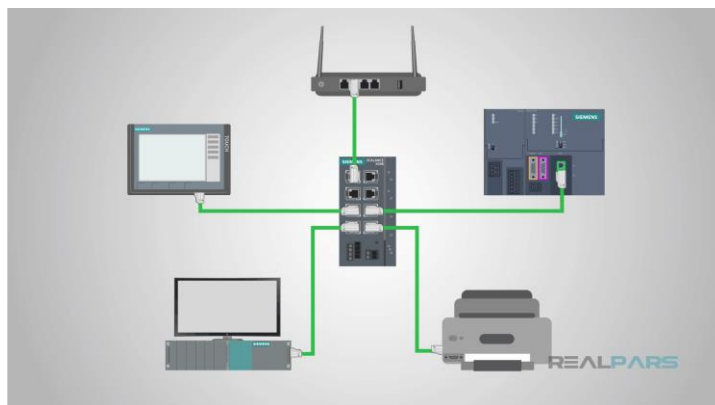
Η αγορά του έξυπνου σπιτιού αναπτύσσεται ραγδαία με την είσοδο περισσότερων πελατών στον τομέα των καταναλωτικών ηλεκτρονικών ειδών, όπως η Samsung και η LG, καθώς και εταιρίες πληροφορικής όπως η Google, στην ήδη υπάρχουσα αγορά. Αυτές οι εταιρίες έχουν ανακοινώσει προϊόντα και υπηρεσίες που θα μπορούσαν να αναπτύξουν ραγδαία τον κλάδο του έξυπνου σπιτιού. Στην τρέχουσα αγορά οικιακού αυτοματισμού, υπάρχουν διάφορες δημοφιλείς τεχνολογίες που ανταγωνίζονται για μερίδιο αγοράς. Μέσα σε αυτές είναι οι X10, Z-Wave, ZigBee, INSTEON, EnOcean. Το αποτέλεσμα είναι μια πληθώρα επιλογών για τον δυνητικό καταναλωτή, ανάλογα πάντα με τα κριτήρια σύνδεσης που ο ίδιος χρειάζεται.

Ένα “οικιακό δίκτυο αυτοματισμού”, ή αλλιώς “Home Automation Network” (HAN) είναι ένα δίκτυο το οποίο χρησιμοποιείται για να περιγράψει την διαδικασία επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών στη διαχείριση ενέργειας μιας κατοικίας. Το HAN κατηγοριοποιείται σε ενσύρματο και ασύρματο, και σε κάθε περίπτωση έχουμε διαφορετικές συμβάσεις που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας, την απόσταση σηματοδότησης, την ευαισθησία σε παρεμβολές και την ασφάλεια.

2.4.1 Ενσύρματα Πρωτόκολλα

Τα ενσύρματα δίκτυα που θα αναφέρουμε χρησιμοποιούν ως μέσο μεταφοράς της πληροφορίας τις ηλεκτρονικές καλωδιώσεις, τηλεφωνικές γραμμές, ομοαξονικά καλώδια, μη θωρακισμένα συνεστραμμένα ζεύγη, οπτικές ίνες ή συνδυασμούς των παραπάνω[29],[30],[31].

- Ethernet : Η σύνδεση μέσω Ethernet βρίσκεται στα περισσότερα σπίτια λόγω της συχνής χρήσης σε διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως οι εκτυπωτές και οι ηλεκτρονικές συσκευές. Χρησιμοποιεί ως μια στιβαρή και αξιόπιστη τεχνολογία δικτύωσης που υποστηρίζει την απρόσκοπτη συνδεσιμότητα και την αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων που απαιτούνται για τις εφαρμογές IoT. Με τις δυνατότητες υψηλής ταχύτητας και τα ισχυρά χαρακτηριστικά ασφαλείας, το Ethernet αποτελεί μια ιδανική επιλογή για εγκαταστάσεις IoT. Με την ενσωμάτωσή του στην αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων, οι επιχειρήσεις μπορούν να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες IoT, ξεκλειδώνοντας νέες δυνατότητες σε διάφορους τομείς, όπως οι έξυπνες πόλεις, ο βιομηχανικός αυτοματισμός, και η υγειονομική περίθαλψη. Παρ'όλα αυτά, η συγκεκριμένη σύνδεση έχει υψηλό κόστος και απαιτήσεις ισχύος, καθώς επίσης απαιτεί την επιστροφή μέσω καλωδίου στην κεντρική πηγή αυξάνοντας την πολυπλοκότητα του δικτύου.



Σχήμα 2.5 : Ενσύρματο Πρωτόκολλο Ethernet

- X10: Το πρωτόκολλο X10 είναι ένα από τα παλαιότερα διαθέσιμα πρότυπα οικιακού αυτοματισμού. Εκμεταλλεύεται τις ηλεκτρικές οικιακές συνδέσεις για επικοινωνία και έλεγχο μέσω σημάτων σε μορφή ραδιοσυχνοτήτων τα οποία αντιστοιχούν σε ψηφιακές πληροφορίες. Ένα πλεονέκτημά του επίσης αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε ενσύρματη γραμμή τροφοδοσίας είτε ασύρματες μεθόδους ραδιοεπικοινωνίας. Ωστόσο, η μετάδοση των μηνυμάτων γίνεται με μία εντολή τη φορά κάτι το οποίο είναι ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου, επειδή τα πολλαπλά και ταυτόχρονα σήματα X10 μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα αποκωδικοποίησης με αποτέλεσμα χαμένες εντολές. Επιπροσθέτως, το πρωτόκολλο X10 παρουσιάζει προβλήματα συμβατότητας με κάποιους τύπους καλωδίων και συσκευών και έχει χαμηλές ταχύτητες.
- Insteon : Ως πιο βελτιωμένη επέκταση του X10, η τεχνολογία Insteon λύνει τα περισσότερα προαναφερθέντα προβλήματα. Η επικοινωνία των διαφόρων συνδεδεμένων συσκευών γίνεται είτε μέσω ασύρματων ραδιοσυχνοτήτων είτε μέσω ηλεκτρικών καλωδίων. Σε περίπτωση που αποτύχει η μια από τις δύο επικοινωνίες (ασύρματη ή ενσύρματη) επιλέγεται η δεύτερη για επανεκπομπή του ίδιου μηνύματος αυξάνοντας την αξιοπιστία του συστήματος. Αξίζει να σημειωθεί πως όλες οι συσκευές συνδέονται σε ένα δίκτυο ομότιμων (peer to peer), που σημαίνει πως κάθε συσκευή μπορεί να διαβιβάζει, να λαμβάνει και να επαναλαμβάνει οποιαδήποτε πληροφορία χωρίς την βοήθεια κάποιου κεντρικού ελεγκτή. Ακόμη, ένα πλεονέκτημα του Insteon είναι η μερική συμβατότητά του με συσκευές X10. Οι αντοχές Insteon και X10 δεν είναι παρόμοιες, αλλά το chipset του προγράμματος οδήγος Insteon έχει τη

δυνατότητα να ανταποκρίνεται σε μηνύματα X10 και επομένως μπορεί να επικοινωνεί με τις συσκευές αυτές. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται στα 1131,65kHz για της συσκευές powerline και στα 904 MHz για τις ασύρματες συσκευές.

- G.hn : Τέλος, ένα από τα ενσύρματα πρωτόκολλα αποτελεί το G.hn. η σύνδεση αυτού του δικτύου γίνεται μέσω τεσσάρων διαφορετικών καλωδίων τα οποία είναι η τηλεφωνική καλωδίωση, τα ομοαξονικά καλώδια, τα ηλεκτρικά καλώδια και οι πλαστικές οπτικές ίνες με ταχύτητες των 1 Gbps. Επιπρόσθετα, το G.hn παρέχει ασφαλείς συνδέσεις μεταξύ συσκευών που υποστηρίζουν IP, IPv4, και IPv6, προσφέροντας πλεονεκτήματα όπως η δυνατότητα σύνδεσης σε οποιοδήποτε δωμάτιο ανεξάρτητα από τον τύπο καλωδίωσης, εγκατάσταση και διαχείριση από τον ίδιο τον καταναλωτή και ενσωματωμένες διαγνωστικές υπηρεσίες.

2.4.2 Ασύρματα Πρωτόκολλα

Τα κυριότερα ασύρματα πρωτόκολλα οικιακών αυτοματισμών για έλεγχο, διαχείριση και επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων συνδεδεμένων συσκευών είναι [29],[30],[31]:

- Zigbee : Αποτελεί ένα δημοφιλές πρότυπο που ορίζει ένα σύνολο πρωτοκόλλων επικοινωνίας για χαμηλό ρυθμό δεδομένων και ασύρματη δικτύωση μικρής εμβέλειας. Είναι ένα πρότυπο IEEE 802.15 που χρησιμοποιείται σε οικιακές τεχνολογίες αυτοματισμού και μοιάζει πολύ με τα πρότυπα Bluetooth και Wi-fi. Οι συσκευές Zigbee είναι ελκυστικές κυρίως λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που καθιστά τις συσκευές ιδανικές για χρήση με μπαταρία. Όπως και το Z-Wave, έτσι κι αυτό είναι ένα πρωτόκολλο πλέγματος, όπου οι συσκευές μπορούν να μιλούν μεταξύ τους και να λειτουργούν ως επαναλήπτες. Το πρότυπο Zigbee υλοποιεί τα επίπεδα δικτύου (Network Layer), εφαρμογής (Application Layer) και ασφάλειας (Security Layer). Κάθε συνδεδεμένη συσκευή στο δίκτυο Zigbee μπορεί να είναι μία από τις τρεις κατηγορίες : PAN Συντονιστής (Personal Area Network Coordinator), Δρομολογητής (Router) ή Συσκευή τερματισμού (End Device).

Υπάρχουν διάφορες τοπολογίες ενός δικτύου Zigbee :

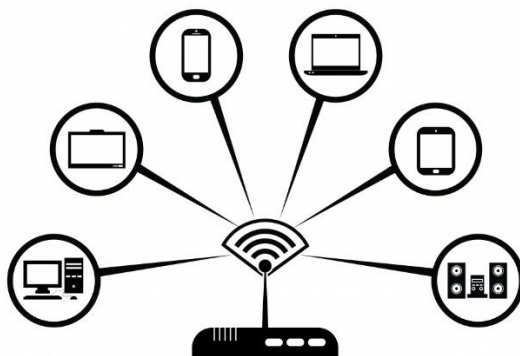
Πίνακας 2.2 : Τοπολογίες Δικτύου Zigbee

Τοπολογία σε σχήμα Αστέρα (Star Topology)	Κάθε συσκευή επικοινωνεί μόνο με τον συντονιστή PAN.
Τοπολογία Ομότιμων (Peer to Peer)	Κάθε συσκευή μπορεί να επικοινωνήσει απευθείας με οποιαδήποτε άλλη γειτονική συσκευή. Στην περίπτωση της τοπολογίας ομότιμων το τελικό σχήμα του δικτύου καθορίζεται από τους εκάστοτε κανόνες που έχουμε θέσει. Εάν δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός, το δίκτυο ονομάζεται ως τοπολογία πλέγματος (Mesh Topology).
Τοπολογία σε δέντρο (Tree Topology)	Ο συντονιστής PAN αποτελεί την ρίζα καθιερώνοντας το αρχικό δίκτυο, οι δρομολογητές αποτελούν τα κλαδιά αναμεταδίδοντας τα διάφορα μηνύματα και τέλος οι συσκευές τερματισμού αποτελούν τα φύλλα χωρίς να συμμετέχουν στην δρομολόγηση μηνυμάτων. Επίσης υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι επικοινωνίας σε ένα δίκτυο Zigbee με ραδιοφάρο (Beacon Enabled) και χωρίς ραδιοφάρο (Beaconless).

- **Z-Wave** : Το Z-Wave είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας, σχεδιασμένο κυρίως για οικιακούς αυτοματισμούς και προσφέρει καλή αξιοπιστία και σταθερότητα δικτύου. Το καλύτερο χαρακτηριστικό των συσκευών Z-Wave είναι η διασταυρώμενη συμβατότητά τους μεταξύ διαφορετικών επώνυμων συστημάτων. Είναι ένα πρωτόκολλο πλέγματος και έτσι οι συσκευές μπορούν να συνομιλούν μεταξύ τους. Η συχνότητα λειτουργίας του ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή. Στις ΗΠΑ η συχνότητα είναι 908,42 MHz και στην Ευρώπη 868,42 MHz. Ακόμη, η εμβέλεια του σήματος που προσφέρει είναι υψηλή, της τάξης των 30 μέτρων, και είναι δυνατή η επέκταση της εμβέλειας των συσκευών με τη χρήση τους ως επαναλήπτες. Καθώς το σήμα περνάει από τη μία συσκευή στην άλλη, αποκτά εμβέλεια άλλων 30 μέτρων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Άλμα (Hop) και μπορεί να γίνει για την επέκταση του σήματος χρησιμοποιώντας το πολύ 4 συσκευές. Ωστόσο, πέραν των τεσσάρων συσκευών, το πρωτόκολλο Z-Wave τερματίζει το σήμα (Hop Kill).

Το Z-Wave ορίζει δύο τύπους συσκευών μέσα σε ένα δίκτυο, τους Ελεγκτές (Controllers) και του Σκλάβους (Slaves). Σκοπός των ελεγκτών είναι να ελέγχουν την εκάστοτε κατάσταση των σκλάβων (on/off, τρέχουσα θερμοκρασία) ή να τους στέλνουν κάποια εντολή. Αντίθετα, οι σκλάβοι να απαντούν στα αιτήματα των ελεγκτών ή να εκτελούν τις εντολές που τους ανατέθηκαν. Στο επίπεδο δρομολόγησης οι ελεγκτές κρατάνε πίνακες δρομολόγησης που αντιπροσωπεύουν ολόκληρη την τοπολογία του δικτύου και στην περίπτωση αποστολής κάποιου πακέτου αναγράφουν την διεύθυνση του προορισμού και αποστολέα. Τέλος, οι σκλάβοι χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρακολούθηση διαφόρων αισθητήρων και ενεργοποιητών που εκτελούν κάποια εντολή.

- **Wi-Fi** : Το Wi-Fi αποτελεί μία τεχνολογία ασύρματης σύνδεσης που χρησιμοποιείται ευρέως στις σημερινές οικίες για την ασύρματη σύνδεση πληθώρας ηλεκτρονικών συσκευών. Η διαδεδομένη επιλογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας επιτρέπει στους κατασκευαστές, με την χρήση ενός μικροελεγκτή, να διαχειρίζονται και να παρακολουθούν ολόκληρο το δίκτυο. Πιο αναλυτικά, το Wireless Fidelity (WiFi) είναι ένας κοινός όρος που αναφέρεται στο ασύρματο IEEE 802.11 πρότυπο επικοινωνίας για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) στα 2.4 , 3.6 και 5 GHz ζώνες συχνοτήτων. Οι χρήστες δικτύου, όταν χρησιμοποιούν την συγκεκριμένη τεχνολογία, μπορούν να μετακινούνται χωρίς περιορισμούς και πρόσβαση στο δίκτυο σχεδόν από οπουδήποτε. Δύο τύποι συσκευών εξετάζονται στο πρότυπο WiFi, ένα σημείο πρόσβασης (AP) και μια ασύρματη συσκευή που θα μπορούσε να είναι ένας φορητός υπολογιστής εξοπλισμένος με διεπαφή ασύρματου δικτύου. Η κύρια λειτουργία ενός AP είναι να γεφυρώσει τις πληροφορίες μεταξύ του σταθερού ενσύρματου δικτύου και του ασύρματου δικτύου. Ένα AP μπορεί να υποστηρίξει έως και 30 ασύρματες συσκευές και να καλύψει εμβέλεια 33-50 μέτρων σε εσωτερικούς χώρους και έως 100 μέτρα σε εξωτερικούς χώρους.



Σχήμα 2.6 : Σύνδεση Wireless Fidelity

- **6LoWPAN** : Για την υλοποίηση ενός οικιακού δικτύου, πέρα από μια μεγάλη περιοχή απαιτείται και ένας μεγάλος αριθμός κόμβων ή συσκευών χαμηλής κατανάλωσης και χαμηλού κόστους με παρατεταμένο κύκλο ζωής. Για τους παραπάνω λόγους αναπτύχθηκε το πρότυπο IEEE 802.15.4, βασισμένο στο πρότυπο IPv6, το οποίο ορίζει μια ασύρματη σύνδεση χαμηλής ισχύος για ασύρματα δίκτυα προσωπικής περιοχής (6LoWPAN). Τα κύρια χαρακτηριστικά του, σε σχέση με το IPv6, που το κάνουν πιο λειτουργικό για οικιακά δίκτυα, είναι η μείωση του μεγέθους των πακετών από 1280 bytes σε 2 bytes. Το 6LoWPAN έχει υλοποιηθεί ως ένα στρώμα προσαρμογής (adaptation layer), για την δρομολόγηση και προώθηση πακέτων, μεταξύ των επιπέδων του δικτύου και των δεδομένων (network layer, data layer). Με τη δημιουργία του στρώματος προσαρμογής είναι δυνατόν η λήψη και η διαβίβαση αποφάσεων να γίνει στο επίπεδο δικτύου (network layer) ή στο στρώμα προσαρμογής. Εάν η απόφαση δρομολόγησης πακέτων ληφθεί στο επίπεδο δικτύου η διαδρομή ονομάζεται “route-over”, αλλιώς αν η απόφαση λαμβάνεται στο στρώμα προσαρμογής η διαδρομή ονομάζεται “meshunder”. Η κύρια διαφορά των δύο αυτών επιλογών είναι ότι στην περίπτωση του route-over σε κάθε άλμα (hop) έχουμε μια διαφορετική IP (IP hop) και η δρομολόγηση γίνεται στο επίπεδο του IP, αντίθετα, στην περίπτωση του mesh-under ανεξαρτήτως πόσα άλματα γίνουν η δρομολόγηση, εμφανίζεται με μία ενιαία IP hop.
- **Epocean** : Η ευελιξία και λειτουργικότητα των περισσότερων ασύρματων οικιακών δικτύων, επιτυγχάνεται με την συνεχόμενη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις διάφορες συσκευές μέσω κάποιας πηγής ενέργειας όπως μπαταρίες ή πρίζες. Το Epocean είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε με στόχο την λύση του προηγούμενου προβλήματος, ενσωματώνοντας στις διάφορες συσκευές την τεχνική της ενεργειακής συγκομιδής (energy harvesting). Πιο συγκεκριμένα, όλες οι εγκατεστημένες συσκευές του δικτύου όπως αισθητήρες, ενοεργοποιητές και πομποί συλλέγουν διάφορες μορφές ενέργειας (ηλιακή ενέργεια, πίεση, θερμοκρασία, κίνηση) και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια με την βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών και θερμοηλεκτρικών γεννητριών, ηλιακών κυψελών και άλλων μετατροπών ενέργειας. Το μοναδικό ενεργειακό χαρακτηριστικό των συσκευών Epocean είναι η ικανότητά τους να λειτουργούν χωρίς μπαταρία και να εξακολουθούν να έχουν τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μικρομετατροπών ενέργειας μαζί με ηλεκτρονικά συστήματα εξαιρετικά χαμηλής ισχύος. Τα πρώτα σχέδια των συσκευών αυτών χρησιμοποιούσαν πιεζοηλεκτρικές γεννήτριες, αλλά αργότερα αντικαταστάθηκαν από ηλεκτρομαγνητικές πηγές ενέργειας. Επειδή οι συσκευές είναι αυτοτροφοδοτούμενες, η συντήρησή τους είναι ελάχιστη.

2.5 Η τεχνολογία του Smart Home

Η τεχνολογία του έξυπνου σπιτιού έχει κάνει μεγάλη πρόοδο τις τελευταίες δεκαετίες. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται μερικά από τα πιο σημαντικά γεγονότα στην ιστορία της τεχνολογίας έξυπνου σπιτιού :

Πίνακας 2.3 : Η εξέλιξη του Έξυπνου Σπιτιού

1975	Με την κυκλοφορία του X10, ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας για τον οικιακό αυτοματισμό, το έξυπνο σπίτι, που κάποτε αποτελούσε όνειρο θερινής νυκτός, ζωντάνεψε. Το X10 στέλνει ριπές ψηφιακών πληροφοριών ραδιοσυχνότητας 120 kHz στην υπάρχουσα ηλεκτρική καλωδίωση ενός σπιτιού σε προγραμματιζόμενες πρίζες ή διακόπτες. Τα σήματα αυτά μεταφέρουν εντολές σε αντίστοιχες συσκευές, ελέγχοντας τον τρόπο και τον χρόνο λειτουργίας των συσκευών. Ένας πομπός θα μπορούσε, για παράδειγμα, να στείλει ένα σήμα κατά μήκος της ηλεκτρικής καλωδίωσης του σπιτιού, λέγοντας σε μια συσκευή να ενεργοποιηθεί σε μια συγκεκριμένη ώρα. Ωστόσο, επειδή η ηλεκτρική καλωδίωση δεν έχει σχεδιαστεί για να είναι απαλλαγμένη από θόρυβο ραδιοσυχνότητας, το X10 δεν ήταν
------	---

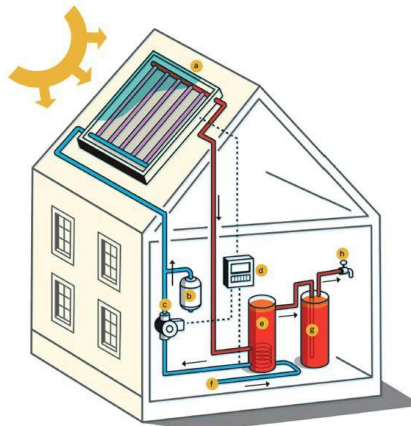
	<p>πάντα απόλυτα αξιόπιστα. Τα σήματα θα χάνονταν και, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα σήματα δεν θα διέσχιζαν κυκλώματα που ήταν συνδεδεμένα με διαφορετικές πολικότητες, όπως συμβαίνει όταν η υπηρεσία 220 wolt χωρίζεται σε ένα ζεύγος τροφοδοσιών 100 wolt. Ακόμη, το X10 ήταν αρχικά μια τεχνολογία μονής κατεύθυνσης, οπότε, ενώ οι έξυπνες συσκευές μπορούν να λαμβάνουν εντολές, δεν μπορούν να στέλνουν δεδομένα πίσω σε ένα κεντρικό δίκτυο. Αργότερα, παρ'όλα αυτά, έγιναν διαθέσιμες συσκευές X10 διπλής κατεύθυνσης, αν και με υψηλότερο κόστος.</p>
1984	<p>Η αμερικάνικη Ένωση Κατασκευαστών Κατοικιών επινόησε τον όρο “Έξυπνο Σπίτι” για να προωθήσει την έννοια της τεχνολογίας στο σχεδιασμό κατοικιών.</p>
2005	<p>Η εταιρία οικιακού αυτοματισμού Insteon εισήγαγε τεχνολογία που συνδύαζε την ηλεκτρική καλωδίωση με ασύρματα σήματα. Άλλα πρωτόκολλα, συμπεριλαμβανομένων των Zigbee και Z-wave, έχουν έκτοτε εμφανιστεί για να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που είναι επιρρεπή στο X10.</p>
2007	<p>Κυκλοφόρησαν οι πρώτες έξυπνες τηλεοράσεις. Προσέφεραν ολοκληρωμένες υπηρεσίες συνδεδεμένες στο διαδίκτυο, όπως ροή και πρόσβαση σε περιεχόμενο που δημιουργείται από χρήστες.</p>
2011	<p>Η νεοϊδρυθείσα Nest Labs κυκλοφόρησε το πρώτο της έξυπνο προϊόν, τον θερμοστάτη Nest Learning Thermostat. Η εταιρία δημιούργησε επίσης έξυπνους ανιχνευτές καπνού και μονοξειδίου του άνθρακα και κάμερες ασφαλείας. Μετά από την εξαγορά της από την Google το 2015, η Nest έγινε θυγατρική της Alphabet Inc.</p>
2012	<p>Η SmartThings Inc. ξεκίνησε εκστρατεία στο Kickstarter, συγκεντρώνοντας 1,2 εκατομμύρια δολάρια για τη χρηματοδότηση του συστήματος έξυπνου σπιτιού της. Μετά από πρόσθετη χρηματοδότηση, η εταιρία εισήλθε στην αγορά τον Αύγουστο του 2013 και εξαγοράστηκε από τη Samsung το 2014.</p>
2014	<p>Παρουσιάστηκαν το Amazon Echo, η Amazon Alexa και το Apple Homekit, κάνοντας ένα τεράστιο άλμα στις έξυπνες συσκευές με δυνατότητα φωνής.</p>
2016-2018	<p>Η άφιξη των έξυπνων ηχείων, όπως τα Google Home, Google Nest, Apple HomePod και Sonos, σηματοδότησε μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με τις έξυπνες οικιακές συσκευές.</p>
Σήμερα	<p>Οι τάσεις του οικιακού αυτοματισμού συνεχίζουν να εξελίσσονται, με περισσότερες επιλογές συνδεσιμότητας και λειτουργίες.</p>

Οι μελλοντικές εξελίξεις στην τεχνολογία των έξυπνων συσκευών θα συνδυάζουν γλωσσικά μοντέλα και εικονικούς βοηθούς, όπως το ChatGPT. Ορισμένες εταιρίες χρησιμοποιούν ήδη αυτή την τεχνολογία για να δημιουργήσουν τους δικούς τους προσωπικούς βοηθούς, ενώ η Amazon εργάζεται επί του παρόντος σε ένα σημαντικό γλωσσικό μοντέλο που ονομάζεται μεγάλο γλωσσικό μοντέλο για τη βελτίωση της Alexa [32].

Κεφάλαιο 3ο: Ηλιοθερμία – Θέρμανση με Συλλέκτες

3.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας, η παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια αυξήθηκε κατά 2,3% το 2019. Σχεδόν το 70% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης καλύφθηκε από τα ορυκτά καύσιμα και για το λόγο αυτό, οι επιστήμονες και οι μηχανικοί επιθυμούν να αναπτύξουν πράσινες, βιώσιμες, υψηλής απόδοσης, εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Η ηλιακή θέρμανση αναφέρεται στη χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας για διάφορες εφαρμογές, όπως θέρμανση χώρων, θέρμανση νερού ή βιομηχανικές διεργασίες. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης συνήθως περιλαμβάνουν τη χρήση ηλιακών συλλεκτών για τη σύλληψη του ηλιακού φωτός και τη μετατροπή του σε χρησιμοποιήσιμη θερμική ενέργεια [33].



Σχήμα 3.1: Εφαρμογή της Ηλιοθερμίας για θέρμανση νερού

Η ηλιακή θερμική ενέργεια είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θερμότητα. Οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες ταξινομούνται ως συλλέκτες χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας. Οι συλλέκτες χαμηλής θερμοκρασίας είναι επίπεδες πλάκες που χρησιμοποιούνται γενικά για την θέρμανση πισινών. Οι συλλέκτες μέσης θερμοκρασίας είναι επίσης ως επί το πλείστον επίπεδες πλάκες, αλλά χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού ή αέρα για οικιακή και εμπορική χρήση. Τέλος, οι συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας συγκεντρώνουν το ηλιακό φως χρησιμοποιώντας καθρέφτες ή φακούς και γενικά χρησιμοποιούνται για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή θερμική ενέργεια είναι διαφορετική και πολύ πιο αποδοτική από τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική [34].

3.2 Συλλέκτες Ηλιακής Ενέργειας

Οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας είναι ειδικοί εναλλάκτες θερμότητας που μετατρέπουν την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε εσωτερική ενέργεια του μεταφορικού μέσου. Το κύριο συστατικό κάθε ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Αυτή είναι μια συσκευή που απορροφά την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, τη μετατρέπει σε θερμότητα και τη μεταφέρει σε ένα ρευστό, συνήθως αέρας, νερό ή λάδι, που ρέει μέσω του συλλέκτη. Η ηλιακή ενέργεια έτσι που συλλέγεται μεταφέρεται από το κυκλοφορούν υγρό είτε απευθείας στο ζεστό νερό ή στον εξοπλισμό κλιματισμού χώρου, είτε σε μια δεξαμενή αποθήκευσης θερμικής ενέργειας από την οποία μπορεί να αντληθεί για χρήση τη νύχτα και τις συνεφιασμένες μέρες.

Υπάρχουν δύο τύποι ηλιακών συλλεκτών : οι μη συγκεντρωμένοι ή σταθεροί και συγκεντρωμένοι. Ένας μη συγκεντρωμένος συλλέκτης έχει την ίδια περιοχή για την αναχίτιση και την απορρόφηση της

ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ ένας συγκεντρωμένος ηλιακός συλλέκτης έχει συνήθως κοίλες ανακλαστικές επιφάνειες για να παρεμποδίσει και να εστιάσει την ακτινοβολία του ήλιου σε μια μικρότερη περιοχή λήψης, αυξάνοντας έτσι τη ροή ακτινοβολίας [35].

3.2.1 Σταθεροί ή Μη Συγκεντρωμένοι Συλλέκτες για Οικιακή Χρήση

Στατικός συλλέκτης, στο πλαίσιο των ηλιακών θερμικών συστημάτων, αναφέρεται σε έναν ηλιακό συλλέκτη ο οποίος παραμένει ακίνητος στον προσανατολισμό του ως προς τον ήλιο. Σε αντίθεση με τους συλλέκτες παρακολούθησης, οι οποίοι μπορούν να ακολουθούν την κίνηση του ήλιου όλη την ημέρα για να μεγιστοποιήσουν την έκθεση στο ηλιακό φως, οι σταθεροί συλλέκτες είναι τοποθετημένοι σε σταθερή γωνία και δεν παρακολουθούν ενεργά τον ήλιο.

Οι σταθεροί συλλέκτες είναι ο πιο κοινός τύπος συλλεκτών που χρησιμοποιούνται σε πολλές ηλιακές θερμικές εφαρμογές. Ο προσανατολισμός και η γωνία κλίσης των στατικών συλλεκτών ρυθμίζονται τυπικά με βάση το τοπικό γεωγραφικό πλάτος και την προβλεπόμενη εφαρμογή. Στόχος τους είναι να βελτιστοποιηθεί η έκθεση του συλλέκτη στο ηλιακό φως κατά τη διάρκεια της ημέρας, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις εποχιακές διακυμάνσεις στη θέση του ήλιου.

Οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας διακρίνονται βασικά από την κίνησή τους, δηλαδή τη σταθερή, την παρακολούθηση ενός άξονα και την παρακολούθηση δύο αξόνων και τη θερμοκρασία λειτουργίας τους. Αρχικά αναφερόμαστε στους σταθερούς ηλιακούς συλλέκτες. Αυτοί οι συλλέκτες είναι μόνιμα στερεωμένοι στη θέση τους και δεν παρακολουθούν τον ήλιο. Τρεις τύποι συλλεκτών εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία :

- 1) Σταθεροί σύνθετοι παραβολικοί συλλέκτες (CPC)
- 2) Συλλέκτες εκκενωμένων σωλήνων (ETC)
- 3) Επίπεδοι συλλέκτες (FPC)

3.2.1.1 Επίπεδοι Συλλέκτες

Ένας επίπεδος συλλέκτης είναι ένας τύπος ηλιακής θερμικής τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για τη σύλληψη και τη μετατροπή του ηλιακού φωτός σε θερμική ενέργεια για διάφορες εφαρμογές, όπως θέρμανση νερού και θέρμανση χώρου. Είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους και ευρέως χρησιμοποιούμενους ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες.

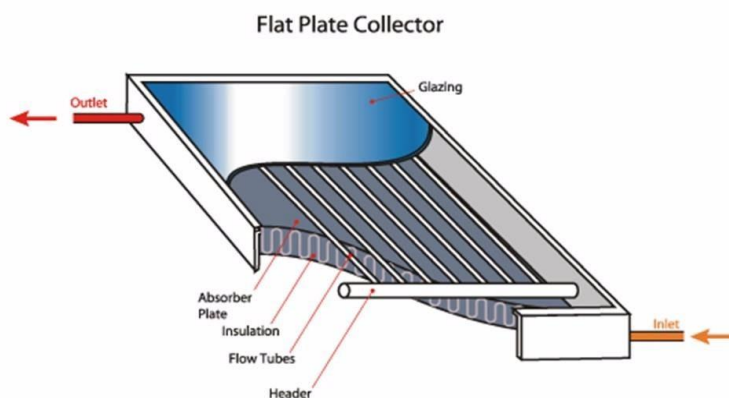


Σχήμα 3.2: Flat Plate Collectors for Solar Heat

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από ένα διαφανές κάλυμμα και προσκρούει στη μαυρισμένη επιφάνεια του απορροφητή υψηλής απορροφητικότητας, ένα μεγάλο μέρος αυτής της ενέργειας απορροφάται από την πλάκα και στη συνέχεια μεταφέρεται μέσα στους σωλήνες ρευστού προς μεταφορά για αποθήκευση ή χρήση. Η κάτω πλευρά της πλάκας απορρόφησης και η πλευρά του περιβλήματος είναι καλά μονωμένες για μείωση των απωλειών αγωγιμότητας. Οι σωλήνες υγρού μπορούν να συγκολληθούν στην απορροφητική πλάκα ή μπορούν να αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της πλάκας. Οι σωλήνες υγρού συνδέονται και στα δύο άκρα με σωλήνες κεφαλής μεγάλης διαμέτρου.

Το διαφανές κάλυμμα χρησιμοποιείται για τη μείωση των απωλειών μεταφοράς από την πλάκα απορρόφησης μέσω της συγκράτησης του στάσιμου στρώματος αέρα μεταξύ της πλάκας απορρόφησης και του γυαλιού. Μειώνει επίσης, τις απώλειες ακτινοβολίας από τον συλλέκτη, καθώς το γυαλί είναι διαφανές στην ακτινοβολία βραχέων κυμάτων που δέχεται ο ήλιος, αλλά είναι σχεδόν αδιαφανής στη θερμική ακτινοβολία μακρών κυμάτων που εκπέμπεται από την πλάκα απορρόφησης (φαινόμενο θερμοκηπίου). Τα FPC είναι στερεωμένα συνεχώς στη θέση τους και δεν απαιτούν παρακολούθηση του ηλίου.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα στοιχεία που απαρτίζουν έναν FPC :



Σχήμα 3.3: Η Δομή ενός Επίπεδου Συλλέκτη

- Glazing : Ένα ή περισσότερα φύλλα γυαλιού ή άλλου διαθερμαντικού υλικού.
- Absorber Plate : Πλάκα Απορρόφησης για τη δέσμευση της ηλιακής ενέργειας από το πλαίσιο του υαλοπίνακα. Συνήθως είναι επίπεδες, κυματοειδείς ή αυλακωτές πλάκες.
- Flow Tubes : Σωλήνες Ροής που επιτρέπουν στο νερό να ρέει μέσα σε αυτούς και να αποκτά τη θερμότητα που δεσμεύεται από την πλάκα απορρόφησης
- Insulation : Μόνωση που χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση της απώλειας της θερμότητας από το πίσω μέρος και τα πλαϊνά του συλλέκτη.
- Header : Κεφαλίδα που δέχεται και αποβάλλει το υγρό[35] [36].

Τα FPCs έχουν κατασκευαστεί σε μεγάλη ποικιλία σχεδίων και από πολλά διαφορετικά υλικά. Έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση υγρών όπως νερό, νερό και αντιψυκτικό πρόσθετο ή αέρα. Ο κύριος σκοπός τους είναι να συλλέγουν όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ενέργεια με το χαμηλότερο δυνατό συνολικό κόστος. Ο συλλέκτης θα πρέπει επίσης να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, παρά τις δυσμενείς επιπτώσεις της υπερόδου ακτινοβολίας του ήλιου, τη διάβρωση και την απόφραξη λόγω της οξύτητας, της αλκαλικότητας ή της σκληρότητας του ρευστού μεταφοράς θερμότητας, του παγώματος του νερού ή της εναπόθεσης σκόνης ή υγρασίας στο τζάμι και τη θράυση των υαλοπινάκων λόγω θερμικής διαστολής, χαλαζόπτωσης, βανδαλισμού ή άλλων αιτιών. Αυτές οι αιτίες μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τη χρήση σκληρυμένου γυαλιού [35].

3.2.1.2 Συλλέκτες Εκκενωμένων Σωλήνων

Ένας εκκενωμένος σωλήνας έχει υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερο κόστος από τον τύπο επίπεδης πλάκας. Μπορεί να συλλέξει την ηλιακή ακτινοβολία καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας λόγω του κυλινδρικού του σχήματος και δίνει υψηλότερη απόδοση και μεγαλύτερη παραγωγικότητα σε πολλές ηλιακές εφαρμογές. Σε αυτούς τους συλλέκτες, χρησιμοποιούνται ένας εσωτερικός και άλλοι εξωτερικοί σωλήνες. Ο εσωτερικός σωλήνας θερμαίνεται με ηλιακή ακτινοβολία η οποία διέρχεται από τον διαφανή σωλήνα. Για να δημιουργηθεί κενό στο εσωτερικό των σωλήνων, συντήκονται μεταξύ τους στην κορυφή. Λόγω αυτού, η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται αποτελεσματικά από τους εκκενωμένους σωλήνες, οι οποίοι δίνουν υψηλότερη απόδοση από τους επίπεδους συλλέκτες [37].

Πιο συγκεκριμένα, ένα ETC είναι κατασκευασμένο από παράλληλους εκκενωμένους σωλήνες. Κάθε σωλήνας που εκκενώνεται αποτελείται από δύο σωλήνες, ο ένας είναι εσωτερικός και ο άλλος εξωτερικός. Ο εσωτερικός σωλήνας επικαλύπτεται με επιλεκτική επίστρωση ενώ ο εξωτερικός σωλήνας είναι διαφανής. Οι ακτίνες φωτός διέρχονται από τον διαφανή εξωτερικό σωλήνα και απορροφώνται από τον εσωτερικό σωλήνα. Τόσο ο εσωτερικός όσο και ο εξωτερικός σωλήνας έχουν ελάχιστες ιδιότητες ανάκλασης. Ο εσωτερικός σωλήνας θερμαίνεται ενώ το ηλιακό φως περνά μέσα από τον εξωτερικό σωλήνα και για να κρατήσει τη θερμότητα μέσα στον εσωτερικό σωλήνα, δημιουργείται ένα κενό το οποίο επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να περάσει αλλά δεν επιτρέπει τη μεταφορά της θερμότητας. Για να δημιουργηθεί το κενό, οι δύο σωλήνες συγχωνεύονται στην κορυφή και ο υπάρχων αέρας αντλείται έξω. Έτσι, η θερμότητα παραμένει μέσα στους εσωτερικούς σωλήνες και συλλέγει αποτελεσματικά την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα ένας ETC να είναι ο πιο αποδοτικός ηλιακός θερμικός συλλέκτης.

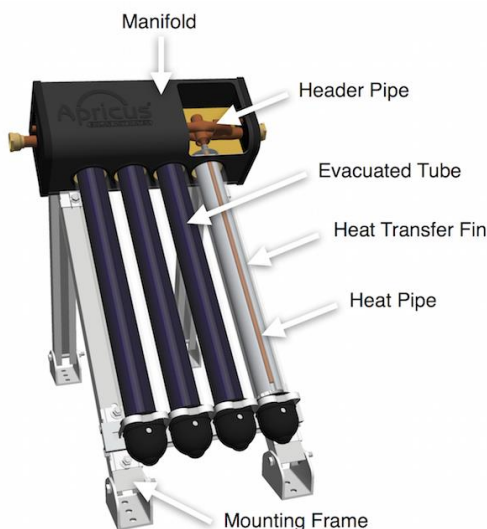


Σχήμα 3.4: Συλλέκτης Εκκενωμένων Σωλήνων

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, τα ETC έχουν πολύ μεγαλύτερη απόδοση από τους Επίπεδους Συλλέκτες (FPC), καθώς οι συλλέκτες εκκενωμένων σωλήνων μπορούν να συλλέγουν τόσο άμεση όσο και διάχυτη ακτινοβολία. Εκτός από τις εξαιρετικές θερμικές αποδόσεις, τα ETCs έχουν εύκολη εγκατάσταση και μεταφορά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπως η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, ο κλιματισμός, η θέρμανση κτιρίων, η ψύξη και η βιομηχανική θέρμανση, οι οποίες απαιτούν υψηλότερη θερμοκρασία. Ακόμη, είναι σε θέση να λειτουργούν και στη στιγμιαία θέρμανση αερίου, στο ενσωματωμένο σύστημα ενιαίας ηλιακής δεξαμενής με ενισχυτικό στοιχείο και σε ηλιακούς προθερμαντήρες με ενσωματωμένη δεξαμενή ενίσχυσης, σε αντίθεση με τους FPCs οι οποίοι δεν μπορούν να λάβουν την ίδια ηλιακή ενέργεια διότι την λαμβάνουν μόνο το μεσημέρι όταν ο ήλιος είναι κάθετος στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Επιπρόσθετα, τα ETCs επηρεάζονται λιγότερο από τη χαμηλή θερμοκρασία και τον άνεμο λόγω του περιβλήματος κενού μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών σωλήνων του εκκενωμένου σωλήνα. Το κενό σχηματίζεται για να μειώσει την απώλεια θερμότητας μέσω μεταφοράς και αγωγίμης εκκένωσης του αέρα μέσα στον εσωτερικό σωλήνα του. Η συντήρησή τους είναι εύκολη και φθηνή καθώς εάν ένας σωλήνας έχει υποστεί ζημιά ή σπάσει, δεν παρουσιάζεται διαρροή ούτε σταματά το σύστημα να λειτουργεί. Εν αντιθέσει, ο συλλέκτης εξακολουθεί να λειτουργεί με χαμηλότερη απόδοση. Σε περίπτωση εκκενωμένου συλλέκτη, χωρίς να απενεργοποιηθεί ολόκληρο το σύστημα, είναι δυνατόν να αντικατασταθεί ο κατεστραμμένος σωλήνας, ενώ στα FPC, εάν εμφανισθεί βλάβη στον συλλέκτη πρέπει να απενεργοποιηθεί ολόκληρο το σύστημα προκειμένου να αντικατασταθεί. Έτσι, οι επίπεδοι συλλέκτες έχουν υψηλότερο κόστος επισκευής και συντήρησης από του συλλέκτες εκκενωμένων σωλήνων. Τέλος, τα ETCs είναι σε θέση να θερμαίνουν νερό όλο το χρόνο, ακόμη και σε συννεφιά, λόγω των απομονωτικών ιδιοτήτων που έχουν οι σωλήνες και της εξαιρετικά αποτελεσματικής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα η μέση παραγωγή τους για ένα ολόκληρο έτος να είναι 25-40% υψηλότερη από τα FPC [38].

Στη παρακάτω εικόνα αναγράφονται τα στοιχεία που απαρτίζουν έναν συλλέκτη εκκενωμένων σωλήνων:

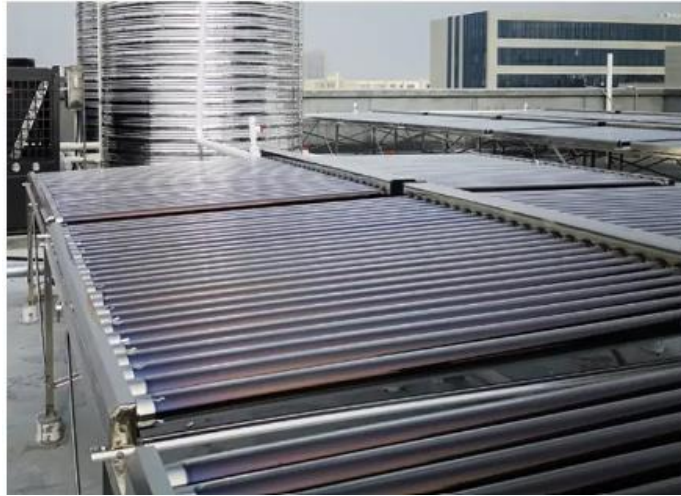


Σχήμα 3.5: Στοιχεία ενός ETC

3.2.1.3 Σταθεροί Σύνθετοι Παραβολικοί Συλλέκτες

Ένας σύνθετος παραβολικός συγκεντρωτής (CPC) ορίζεται ως ένας μη απεικονιστικός τύπος συγκέντρωσης συλλέκτη όπου οι ηλιακές ακτινοβολίες, μετά την ανάκλαση από τον ανακλαστήρα, δεν είναι συγκεντρωμένοι σε ένα σημείο ή μια γραμμή, αλλά απλά μαζί στον απορροφητή που φαίνεται ότι δεν παράγει εικόνα της φωτεινής πηγής. Είναι ένας ιδανικός συλλέκτης ηλιακής ενέργειας που συλλέγει και εστιάζει μια μεγαλύτερη περιοχή ηλιακού φωτός σε μια μικρότερη περιοχή με ελάχιστες απώλειες. Εφευρέθηκαν από την Winston το 1960 στις ΗΠΑ και παρουσιάστηκαν το 1974 για να βελτιώσουν την απόδοση των ηλιακών συλλεκτών χαμηλής συγκέντρωσης που έχουν την ικανότητα να ανακλούν όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία στο άνοιγμα προς το δέκτη σε εύρος γωνιών πρόσπτωσης εντός της γωνίας αποδοχής. Οι πρώτες εφαρμογές αφορούσαν την παροχή ζεστού νερού και πολλές μελέτες έχουν γίνει για τη βελτίωση της απόδοσής τους. Οι CPCs ανήκουν στους μη απεικονιστικούς συγκεντρωτές με χαμηλό λόγο συγκέντρωσης, οι οποίοι εκμεταλλεύονται κυρίως την ακτινοβολία δέσμης και ένα μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας. Ο μικρός λόγος συγκέντρωσης μειώνει τη ζήτηση παρακολούθησης

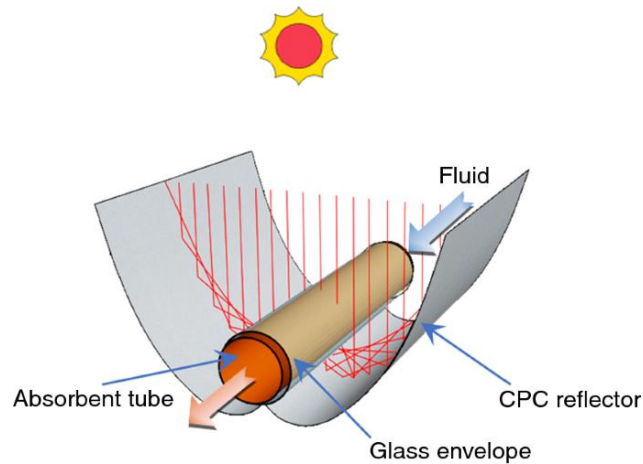
και πολλά συστήματα CPC είναι σε θέση να λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση, γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος [39].



Σχήμα 3.6: Σύνθετος Παραβολικός Συγκεντρωτής για Βιομηχανική Χρήση

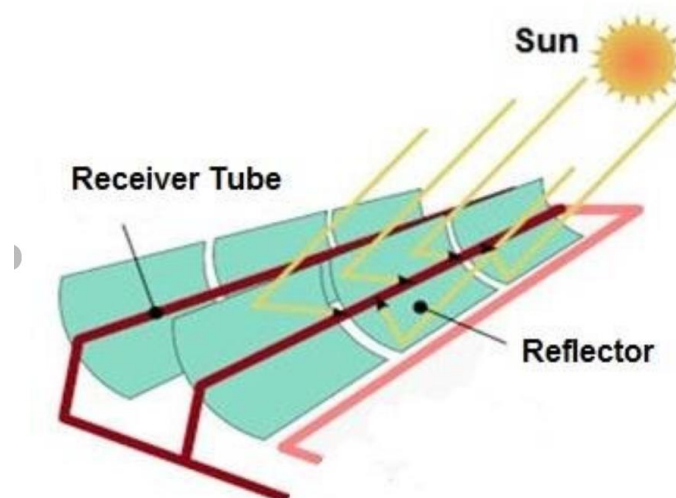
Οι συλλέκτες CPC επιτρέπουν το σχεδιασμό οπτικών συστημάτων που μπορούν να επιτύχουν τις μέγιστες γεωμετρικές συγκεντρώσεις που επιτρέπουν οι νόμοι της φυσικής διατήρησης για ένα δεδομένο γωνιακό πεδίο. Σε αντίθεση με τους συγκεντρωτές απεικόνισης ή εστίασης, οι συγκεντρωτές που βασίζονται σε μη απεικονιστικά οπτικά συστήματα είναι σε θέση να επιτύχουν μέτρια επίπεδα συγκέντρωσης χωρίς να παρακολουθούν τον ήλιο. Οι μη απεικονιστικοί οπτικοί συγκεντρωτές σχεδιάζονται με βάση την αρχή των ακραίων ακτίνων, η οποία υποστηρίζει ότι οι ηλιακές ακτίνες που προέρχονται από τις άκρες της πηγής εστιάζονται στις άκρες της επιφάνειας του στόχου. Έτσι, όλες οι ακτίνες που βρίσκονται εντός μιας δεδομένης γωνίας αποδοχής έχουν την ευκαιρία να φτάσουν στον δέκτη. Στην απλούστερη μορφή του, το CPC αποτελείται από δύο παραβολικά ανακλαστικά τμήματα που κατευθύνουν τις ηλιακές ακτίνες που φθάνουν στο άνοιγμα εισόδου σε μια επιφάνεια δέκτη τοποθετημένη στο άνοιγμα εξόδου. Το αριστερό και το δεξί τμήμα του CPC είναι τμήματα δύο παραβολών, ενώ ο δέκτης τοποθετείται μεταξύ των σημείων εστίασης αυτών των παραβολών. Οι άξονες των παραβολικών τμημάτων προσανατολίζονται μακριά από τον άξονα CPC κατά ένα γωνιακό εύρος, γνωστό ως ημιγωνία αποδοχής. Η ηλιακή ακτινοβολία που εμπίπτει σε αυτό το γωνιακό εύρος του CPC θα διανύσει όλη τη διαδρομή για να φτάσει στον δέκτη, απευθείας ή μετά από μία ή περισσότερες ανακλάσεις. Ο απορροφητής μπορεί να έχει διάφορες διαμορφώσεις- μπορεί να είναι κυλινδρικός, κυκλικός ή επίπεδος. Με τη χρήση πολλαπλής εσωτερικής ανάκλασης, οποιαδήποτε ακτινοβολία εισέρχεται στο άνοιγμα, εντός της γωνίας αποδοχής του συλλέκτη, βρίσκει το δρόμο της προς την απορροφητική επιφάνεια που βρίσκεται στο κάτω μέρος του συλλέκτη [35][40].

Τα CPC έχουν την ικανότητα να ανακλούν στον απορροφητή όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία εντός ευρέων ορίων. Η αναγκαιότητα της μετακίνησης του συγκεντρωτή για να προσαρμοστεί στον μεταβαλλόμενο ηλιακό προσανατολισμό μπορεί να μειωθεί με τη χρήση μιας γούρνας με δύο τμήματα παραβολής αντικριστά μεταξύ τους. Οι σύνθετοι παραβολικοί συγκεντρωτές μπορούν να δέχονται εισερχόμενη ακτινοβολία σε ένα σχετικά ευρύ φάσμα γωνιών. Ο απορροφητής μπορεί να λάβει διάφορες διαμορφώσεις. Καθώς το ανώτερο τμήμα ενός CPC συμβάλλει ελάχιστα στην ακτινοβολία που φθάνει στον απορροφητή, συνήθως αποκόπτεται σχηματίζοντας έτσι μια μικρότερη έκδοση του CPC, η οποία είναι επίσης φθηνότερη. Συνήθως καλύπτονται με γυαλί για να αποφεύγεται η είσοδος σκόνης και άλλων υλικών στον συλλέκτη και μειώνει έτσι την ανακλαστικότητα των τοιχωμάτων του.



Σχήμα 3.7: Η ανάπτυξη μιας νέας θερμικής μοντελοποίησης και μηχανισμών μεταφοράς θερμότητας ενός σύνθετου παραβολικού συλλέκτη

Όταν ο συλλέκτης είναι προσανατολισμένος κατά μήκος της διεύθυνσης βορρά-νότου, πρέπει να ακολουθεί τον ήλιο στρέφοντας τον άξονά του έτσι ώστε να είναι συνεχώς στραμμένος προς τον ήλιο. Καθώς η γωνία αποδοχής του συγκεντρωτή κατά μήκος του μεγάλου άξονά του είναι ευρεία, η εποχική ρύθμιση της κλίσης δεν είναι απαραίτητη. Μπορεί επίσης να είναι σταθερός, αλλά η ακτινοβολία θα λαμβάνεται μόνο τις ώρες που ο ήλιος βρίσκεται εντός της γωνίας αποδοχής του συλλέκτη. Όταν ο συγκεντρωτής προσανατολίζεται με τον μακρύ άξονά του κατά μήκος της ανατολικής-δυτικής κατεύθυνσης, με μια μικρή εποχιακή προσαρμογή της γωνίας κλίσης ο συλλέκτης είναι σε θέση να συλλαμβάνει αποτελεσματικά τις ακτίνες του ήλιου μέσω της ευρείας γωνίας αποδοχής του κατά μήκος του μεγάλου άξονά του. Η ελάχιστη γωνία αποδοχής σε αυτή την περίπτωση πρέπει να είναι ίση με την μέγιστη γωνία πρόσπτωσης που προβάλλεται σε ένα κατακόρυφο επίπεδο βορρά-νότου κατά τη διάρκεια των περιόδων κατά τις οποίες απαιτείται παραγωγή από τον συλλέκτη. Για τους σταθερούς συλλέκτες CPC που είναι τοποθετημένοι σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, η ελάχιστη γωνία αποδοχής είναι ίση με 47° . Έχουν σχεδιαστεί δύο βασικοί τύποι συλλεκτών CPC: ο συμμετρικός και ο ασύμμετρος. Συνήθως χρησιμοποιούν δύο κύριους τύπους απορροφητών: τύπου πτερυγίου με σωλήνα και σωληνοειδείς απορροφητές [35].



Σχήμα 3.8: Ηλιακό Σύστημα Παραβολικού Συγκεντρωτή

3.2.2 Συγκεντρωμένοι Συλλέκτες για Ηλεκτροπαραγωγή σε σταθμούς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ενας συγκεντρωτικός συλλέκτης συλλαμβάνει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε μια μεγάλη περιοχή και την εστιάζει σε μια μικρή περιοχή απορρόφησης, αυξάνοντας έτσι την ροή ακτινοβολίας. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί μια κοίλη ανακλαστική επιφάνεια και παρακολούθηση για να αναχαιτίσει και να εστιάσει όλη την ηλιακή ακτινοβολία. Το συγκεντρωτικό σύστημα ονομάζεται επίσης σύστημα σημειακής εστίασης, το οποίο επιτυγχάνει υψηλότερο λόγο συγκέντρωσης από τα μη συγκεντρωτικά συστήματα, επειδή τα κάτοπτρα τους παρακολουθούν τον ήλιο σε δύο διαστάσεις. Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια αναχαιτίσεως από έναν απορροφητή, είναι πιο κατάλληλοι για εφαρμογές υψηλής θερμοκρασίας και μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο διαφορετικές κατηγορίες:

- Ανακλαστήρες / Δέκτες Πύργου Ισχύος



Σχήμα 3.9: Πύργος Ηλιακής Ενέργειας

- Ανακλαστήρες Παραβολικού Πιάτου



Σχήμα 3.10: Ανακλαστήρες Παραβολικού Πιάτου Ηλιακής Ενέργειας

Αυτοί οι συλλέκτες συλλαμβάνουν την ηλιακή ενέργεια με κάτοπτρα που αντανακλούν και εστιάζουν το ηλιακό φως σε έναν δέκτη ή απορροφητή και δημιουργούν θερμότητα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μέσο μεταφοράς θερμότητας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού στους 400°C που χρησιμοποιείται για την κίνηση μιας γεννήτριας αμοστροβίλου. Οι περισσότεροι από αυτούς τους συλλέκτες αποτελούν έως και το 40% του συνολικού κόστους του

συστήματος για τις τεχνολογίες CSP. Στις πρόσφατες εφαρμογές, η τεχνολογία των παραβολικών γούρνων και των πύργων ισχύος έχει καταστεί μια τεχνολογία ωρίμανσης για την παροχή εξαιρετικά αξιόπιστης λειτουργίας και βελτιωμένης συνολικής απόδοσης των εγκαταστάσεων [41].

Για τους συγκεντρωτικούς συλλέκτες, έχουν εξεταστεί πολλά σχέδια. Οι συγκεντρωτές μπορεί να είναι ανακλαστήρες ή διαθλαστήρες, με σχήμα κυλινδρικό ή παραβολικό. Αυτοί οι ανακλαστήρες διατίθενται ως συνεχές ενιαίο τεμάχιο ή ως τμηματοποιημένοι με πολλά τεμάχια. Οι υποδοχείς είναι γενικά κυρτοί, επίπεδοι και κυλινδρικοί ή κοίλοι με υαλοποιημένες ή μη υαλοποιημένες επιφάνειες. Ο λόγος συγκέντρωσης των ηλιακών συλλεκτών είναι ο λόγος του ανοίγματος προς την επιφάνεια του απορροφητή. Μπορεί να κυμαίνεται από τη μονάδα έως την τάξη των 10.000. Αυξημένες αναλογίες συγκέντρωσης σημαίνουν αυξημένες θερμοκρασίες χρήσιμες για την τελική εφαρμογή. Όμως, αυτοί οι συλλέκτες έχουν αυξημένες απαιτήσεις για ακρίβεια στην οπτική ποιότητα και την τοποθέτηση του οπτικού συστήματος.

Οι συμβατικοί συλλέκτες συγκέντρωσης πρέπει να ακολουθούν την καθημερινή κίνηση του ήλιου, λόγω της φαινομενικής κίνησης του ήλιου στον ουρανό. Χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι για την παρακολούθηση της κίνησης του ήλιου. Στην πρώτη μέθοδο, η μέθοδος Altazimuth, η οποία απαιτεί από τη συσκευή παρακολούθησης να μετατρέψει τόσο το υψόμετρο όσο και το αζιμούθιο, δηλαδή να κάνει τον συγκεντρωτή να ακολουθήσει τον ήλιο ακριβώς. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται σε παραβολούς ηλιακούς συλλέκτες. Η δεύτερη μέθοδος είναι η παρακολούθηση ενός άξονα στην οποία ο συλλέκτης παρακολουθεί τον ήλιο μόνο προς μία κατεύθυνση είτε από ανατολικά προς δυτικά είτε από βορρά προς νότο. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται σε παραβολικούς συλλέκτες. Για να αντισταθμιστούν οι αλλαγές στον προσανατολισμό του ήλιου, αυτά τα συστήματα απαιτούν συνεχή και ακριβή προσαρμογή [42].

3.2.2.1 Τύποι Συγκεντρωμένων Συλλεκτών

Κατά κύριο λόγο υπάρχουν τέσσερις τύποι συγκεντρωμένων ηλιακών συλλεκτών, οι οποίοι είναι: Παραβολικός συλλέκτης, Δέκτης πύργου ισχύος, Παραβολικός συλλέκτης πιάτων, Συλλέκτης φακών Fresnel.

Πίνακας 3.1: Περιγραφή των Συγκεντρωμένων Συλλεκτών

Συλλέκτης Παραβολικής Γούρνας	Μια παραβολική γούρνα περιλαμβάνει έναν γραμμικό παραβολικό ανακλαστήρα που συγκεντρώνει το ηλιακό φως σε έναν δέκτη που είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής του ανακλαστήρα. Ο δέκτης είναι ένας σωλήνας που τοποθετείται ακριβώς πάνω από το μέσο του παραβολικού κατόπτρου και είναι γεμάτος με ένα εργαζόμενο υγρό. Η θερμότητα που απορροφάται από το εργαζόμενο ρευστό μεταφέρεται στο νερό για την παραγωγή ατμού. Η εστίαση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλάζει με την αλλαγή του ύψους του Ήλιου. Ο ανακλαστήρας ακολουθεί τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ακολουθώντας έναν ενιαίο άξονα. Ένα εργαζόμενο ρευστό (π.χ. λιωμένο αλάτι) θερμαίνεται μεταξύ 150 και 350 °C (302-662 °F) καθώς ρέει μέσω του δέκτη και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως πηγή θερμότητας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μεταξύ όλων των
--------------------------------------	---

	συγκεντρωτικών ηλιακών συλλεκτών, τα συστήματα με κοιλότητα είναι η πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία.
Δέκτης Πύργου Ισχύος	Ένας πύργος ηλιακής ενέργειας περιλαμβάνει μια σειρά από ανακλαστικές παρακολούθησης διπλού άξονα ή ηλιοστάτες που συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε έναν κεντρικό δέκτη που βρίσκεται στην κορυφή του πύργου. Ο δέκτης περιέχει ένα υγρό μεταφοράς θερμότητας, το οποίο περιέχει νερό-ατμό ή λιωμένο αλάτι. Οι ηλιοστάτες είναι εγκατεστημένοι γύρω από τον κεντρικό πύργο. Κάθε ηλιοστάτης περιστρέφεται προς δύο κατευθύνσεις για να παρακολουθεί τον ήλιο. Η ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται από τους ηλιοστάτες απορροφάται από τον δέκτη που είναι τοποθετημένος σε έναν πύργο ύψους περίπου 500 m. Οπτικά ένας πύργος ηλιακής ενέργειας είναι παρόμοιος με έναν κυκλικό ανακλαστήρα Fresnel. Το υγρό εργασίας στον δέκτη θερμαίνεται στους 500–1000°C. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται ως πηγή θερμότητας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή την αποθήκευση ενέργειας. Ένα πλεονέκτημα του ηλιακού πύργου είναι ότι οι ανακλαστικές μπορούν να ρυθμιστούν αντί για ολόκληρο τον πύργο. Η τεχνολογία του ηλεκτρικού πύργου είναι λιγότερο προηγμένη από τα συστήματα γούρνας. Ωστόσο, παρέχουν υψηλότερη απόδοση και καλύτερη ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας.
Συλλέκτης Παραβολικού Πιάτου	Ένας συλλέκτης παραβολικού πιάτου ή ένα πιάτο stirling διαθέτει έναν αυτόνομο παραβολικό ανακλαστήρα που συγκεντρώνει το φως σε έναν δέκτη τοποθετημένο στο εστιακό σημείο του ανακλαστήρα. Ο ανακλαστήρας παρακολουθεί τον Ήλιο κατά μήκος δύο αξόνων. Το εργαζόμενο ρευστό στο δέκτη θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεταξύ 250°C και 700°C (482-1, 292 °F) και στη συνέχεια χρησιμοποιείται σε μια μηχανή stirling. Τα συστήματα παραβολικών δίσκων παρέχουν υψηλό επίπεδο απόδοσης από ηλιακή σε ηλεκτρική ενέργεια (μεταξύ 31% και 32%) και ο αρθρωτός χαρακτήρας τους παρέχει επεκτασιμότητα.
Ανακλαστικές Fresnel	Οι ανακλαστικές Fresnel περιέχουν πολλές λεπτές, επίπεδες λωρίδες κατόπτρων για να συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε σωλήνες μέσω των οποίων αντλείται εργαζόμενο υγρό. Τα επίπεδα κάτοπτρα φιλοξενούν περισσότερες ανακλαστικές επιφάνειες στον ίδιο χώρο από ό,τι ένας παραβολικός ανακλαστήρας. Συλλέγουν περισσότερο διαθέσιμο ηλιακό φως και είναι επίσης πολύ φθηνότερα από τους παραβολικούς ανακλαστικές. Οι ανακλαστικές Fresnel μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα μεγέθη CSP. Οι ανακλαστικές Fresnel λέγεται συχνά ότι είναι μια τεχνολογία με τη

	χαμηλότερη απόδοση από άλλες μεθόδους. Πρόσφατα δοκιμάστηκαν ορισμένα νέα μοντέλα ανακλαστήρων Fresnel με δυνατότητα ανίχνευσης ακτίνων και αρχικά αποδείχθηκε ότι παρέχουν υψηλότερη απόδοση από την τυπική έκδοση [43].
--	---

3.2.2.2 Πλεονεκτήματα Και Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα των Συγκεντρωμένων Συλλεκτών διακρίνονται ως εξής:

- **Κόστος μηδενικού καυσίμου:** Οι συγκεντρωμένοι ηλιακοί συλλέκτες δεν χρειάζονται καύσιμα όπως οι περισσότερες άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό είναι αναμφισβήτητο ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ορυκτών καυσίμων, το κόστος των οποίων αυξάνεται γρήγορα κάθε χρόνο. Λόγω αυτού, οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνονται επίσης ταχύτερα σε περισσότερα μέρη του κόσμου από ότι στον γενικό πληθωρισμό.
- **Μπορούν να παράγουν τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και θερμότητα συγκεντρώνοντας ηλιακούς συλλέκτες που προσφέρουν θερμότητα σε πολύ υψηλότερη θερμοκρασία.** Λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών, είναι δυνατόν ο εξοπλισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα.
- **Διαθεσιμότητα Ηλεκτρικής Ενέργειας:** Οι συγκεντρωμένοι ηλιακοί συλλέκτες καθιστούν δυνατή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 24 ωρών την ημέρα αποθηκεύοντας την ενέργεια. Άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, είναι διαλείποντες.
- **Μηδενική εκπομπή άνθρακα:** Οι συγκεντρωμένοι ηλιακοί συλλέκτες δεν προκαλούν εκπομπή άνθρακα, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα ως προς το περιβάλλον.
- **Δημιουργία θέσεων εργασίας:** Η συγκεντρωμένη παραγωγή ηλιακής ενέργειας μπορεί να δημιουργήσει πιο μόνιμες θέσεις εργασίας και να ενισχύσει την οικονομία σε σύγκριση με άλλους τύπους πόρων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- **Οικονομία κλίμακας:** Οι επιπτώσεις μιας σημαντικής οικονομίας κλίμακας μπορούν να παρατηρηθούν όταν μετατοπίζονται σε μεγάλα συστήματα συγκέντρωσης, γεγονός που καθιστά την τεχνολογία οικονομικά αποδοτική.



Σχήμα 3.11: Συγκεντρωτικοί Συλλέκτες Ηλιακής Ακτινοβολίας

Παρόλα αυτά, όπως είναι επόμενο, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στη χρήση συγκεντρωμένων συλλεκτών. Πιο συγκεκριμένα το μέσο κόστος παραγωγής της συγκεντρωμένης ηλιακής θερμικής ενέργειας είναι πολύ υψηλότερο από άλλους ανανεώσιμους πόρους. Ακόμη, οι μελλοντικές τεχνολογίες μπορούν ενδεχομένως να καταστήσουν παρωχημένη την CSP καθώς η ηλιακή ενέργεια παρακολουθεί

τις νέες καινοτομίες αρκετά συχνά. Οι εταιρίες σε όλο τον κόσμο πειραματίζονται για να βρουν πιο αποτελεσματικούς και οικονομικά αποδοτικούς τρόπους για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας κάνοντας τεχνολογικές ανακαλύψεις. Ειδικά, οι κινέζικες ηλιακές εταιρίες κυριαρχούν στην ηλιακή αγορά παρέχοντας ενέργεια χαμηλού κόστους χρησιμοποιώντας προηγμένες μεθόδους. Αυτές οι νέες καινοτομίες ενδέχεται να καταστήσουν την συγκεντρωμένη ηλιακή τεχνολογία ξεπερασμένη [43].

3.3 Smart Home και Ηλιοθερμία

Τα έξυπνα σπίτια, που ενεργοποιούνται από την τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη μεγιστοποίηση των πλεονεκτημάτων της ενσωμάτωσης της ηλιακής ενέργειας. Μέσω του έξυπνου αυτοματισμού και της αποτελεσματικής διαχείρισης της ενέργειας, τα έξυπνα σπίτια βελτιστοποιούν τη χρήση ενέργειας και μειώνουν περαιτέρω τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τρόπους όπως:

- Ενεργειακή παρακολούθηση και βελτιστοποίηση: Τα έξυπνα οικιακά συστήματα παρέχουν ενεργειακή παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες του σπιτιού να παρακολουθούν τη χρήση ενέργειας και να εντοπίζουν περιοχές για βελτίωση. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα βελτιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας προσαρμόζοντας τις ρυθμίσεις ανάλογα με την πληρότητα και τη ζήτηση ενέργειας.



Σχήμα 3.12: Σχεδιασμός έξυπνου σπιτιού με τεχνολογία Ηλιοθερμίας

- Απόκριση ζήτησης: Τα έξυπνα σπίτια μπορούν να συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης, όπου η περίσσεια ηλιακής ενέργειας αποθηκεύεται ή διοχετεύεται πίσω στο δίκτυο κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης. Αυτό δεν ωφελεί μόνο τους ιδιοκτήτες κατοικιών αλλά βελτιώνει επίσης τη σταθερότητα του δικτύου.
- Αποθήκευση ενέργειας: Τα έξυπνα σπίτια μπορούν να ενσωματώσουν λύσεις αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες, μεγιστοποιώντας τη χρήση της ηλιακής ενέργειας που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια, μειώνοντας την εξάρτηση από το δίκτυο.
- Ενισχυμένη ευκολία: Οι έξυπνες οικιακές συσκευές, όπως θερμοστάτες, συστήματα φωτισμού και συσκευές, μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως μέσω εφαρμογών για κινητά. Αυτό παρέχει ευκολία, μεγαλύτερο έλεγχο της χρήσης ενέργειας και πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας.



Σχήμα 3.13: Smart Home και Internet of Things

- Έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας: Η ενσωμάτωση των δεδομένων παραγωγής ηλιακής ενέργειας σε έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας επιτρέπει τη δυναμική εξισορρόπηση φορτίου και τη βελτιστοποίηση της ενέργειας. Τα συστήματα αυτά αναλύουν τα πρότυπα χρήσης ενέργειας, τις προβλέψεις του καιρού και την παραγωγή ηλιακής ενέργειας για να προσαρμόζουν αυτόματα τις ρυθμίσεις και να ελέγχουν τη λειτουργία των συσκευών, της θέρμανσης, της ψύξης και του φωτισμού. Αυτό ελαχιστοποιεί τη σπατάλη ενέργειας και μεγιστοποιεί τη χρήση της ηλιακής ενέργειας.
- Αλληλεπίδραση δικτύου και Net Metering: Τα έξυπνα σπίτια με ηλιακούς συλλέκτες μπορούν να συνδεθούν με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η πλεονάζουσα ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να επιστρέψει στο δίκτυο μέσω της καθαρής μέτρησης, επιτρέποντας στους χρήστες να λαμβάνουν πιστώσεις ή οικονομικά οφέλη για την πλεονάζουσα ενέργεια που συνεισφέρουν. Τα έξυπνα οικιακά συστήματα παρακολουθούν και διαχειρίζονται αυτή την αλληλεπίδραση, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη ανταλλαγή ενέργειας με το δίκτυο.

Καθώς η ενσωμάτωση της ηλιακής ενέργειας και οι τεχνολογίες έξυπνου σπιτιού συνεχίζουν να εξελίσσονται, η ευρεία υιοθέτησή τους γίνεται όλο και πιο εφικτή. Η προώθηση της αλλαγής μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των βιώσιμων πρακτικών είναι ζωτικής σημασίας για ένα πιο πράσινο και πιο ανθεκτικό μέλλον [44][45].

3.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη



Σχήμα 3.14: Οφέλη του Περιβάλλοντος από τα συστήματα Ηλιακής Ενέργειας

Τα ηλιακά συστήματα ενέργειας προσφέρουν μια σειρά από περιβαλλοντικά οφέλη, καθιστώντας το βασικό συστατικό των λύσεων βιώσιμης και καθαρής ενέργειας.

Η ηλιακή ενέργεια μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ηλιακή ενέργεια αντί για ορυκτά καύσιμα μπορεί να μειώσει δραματικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Όταν καίγονται ορυκτά καύσιμα, εκπέμπονται αέρια θερμοκηπίου, οδηγώντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή ήδη συμβάλλει σε σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα και ζητήματα δημόσιας υγείας, συμπεριλαμβανομένων των ακραίων καιρικών φαινομένων, της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των αλλαγών του οικοσυστήματος.

Η χρήση ηλιακής ενέργειας συρρικνώνει το αποτύπωμα άνθρακα καθώς δημιουργεί λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου). Ένα σπίτι που εγκαθιστά ένα σύστημα ηλιακής ενέργειας μπορεί να έχει μετρήσιμη επίδραση στο περιβάλλον: Σύμφωνα με την Υπηρεσία Ενεργειακών Πληροφοριών των ΗΠΑ, το μέσο νοικοκυριό των ΗΠΑ χρησιμοποιεί 10.632 κιλοβατώρες (kWh) ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Η αλλαγή αυτής της ποσότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα σε ηλιακή ενέργεια έχει το ίδιο αποτέλεσμα μείωσης των εκπομπών με τη φύτευση 125 δέντρων κάθε χρόνο ή την εξάλειψη της ετήσιας παραγωγής 8.440 λιβρών άνθρακα.



Σχήμα 3.15: Μείωση ατμοσφαιρικής ρύπου μέσω της Ηλιοθερμίας

Η ηλιακή ενέργεια μειώνει τα αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα υγείας. Ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη της ηλιακής ενέργειας είναι ότι δεν απελευθερώνει ατμοσφαιρικούς ρύπους επειδή είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας. Μια ανάλυση από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (NREL) του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE) διαπίστωσε ότι η ευρεία υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου, διοξειδίου του θείου και σωματιδίων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας. Η NREL διαπίστωσε ότι, μεταξύ άλλων πλεονεκτημάτων για την υγεία, η ηλιακή ενέργεια έχει ως αποτέλεσμα λιγότερης χρόνιας βρογχίτιδας, λιγότερα αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα και μειωμένες χαμένες εργάσιμες ημέρες που σχετίζονται με θέματα υγείας [46].

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια βιώσιμη και καθαρή πηγή ενέργειας. Δεν παράγονται επιβλαβή σωματίδια στον αέρα με αποτέλεσμα να μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι πόλεις να γίνονται πιο υγιεινά μέρη. Τα ηλιακά πάνελ βρίσκονται συνήθως σε στέγες ή άλλες περιοχές που μπορούν να συλλάβουν το φως του ήλιου όλη την ημέρα. Αυτό, τα επιτρέπει να παράγουν ενέργεια καθημερινά για έως και 30 χρόνια και με ελάχιστη μόνο συντήρηση όπου απαιτείται.

Δεν καταναλώνεται νερό για τη λειτουργία τους. Ένα από τα πιο υποτιμημένα οφέλη της ηλιακής ενέργειας για το περιβάλλον είναι ότι δεν απαιτεί νερό για να λειτουργήσει. Σε αντίθεση με πολλούς άλλους τύπους πηγών ενέργειας, τα ηλιακά πάνελ δεν χρειάζονται εξωτερικά ή εσωτερικά υγρά για να λειτουργήσουν σωστά. Αυτό σημαίνει ότι δεν καταναλώνουν πολύτιμο νερό για να λειτουργήσουν και

να συνεχίσουν. Τα ηλιακά πάνελ επίσης δεν χρειάζεται να καθαρίζονται με χημικά όπως αυτά που χρησιμοποιούνται από συμβατικά εργοστάσια ορυκτών καυσίμων. Αντίθετα, βασίζονται στη φυσική βροχή και την εξάτμιση για τη διαδικασία καθαρισμού τους.

Δεν απαιτείται κατασκευή πρόσθετης υποδομής. Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν απλά να εγκατασταθούν σε υπάρχοντα κτίρια και σπίτια, πράγμα που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να κατασκευαστούν νέα κτίρια για να φιλοξενήσουν την εγκατάσταση. Επιπλέον, είναι εύκολο να εγκατασταθούν αφού δεν απαιτούν το σκάψιμο του εδάφους ή την αφαίρεση δέντρων ή άλλης βλάστησης. Αυτό σημαίνει ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς πρόσθετη περιβαλλοντική υποβάθμιση που προκαλείται από την κατασκευή νέων υποδομών.

Τα ηλιακά πάνελ μπορούν να ανακυκλωθούν. Οι ηλιακοί συλλέκτες κατασκευάζονται από διάφορα υλικά, όπως πυρίτιο και ασήμι. Αυτά τα υλικά μπορούν να ανακυκλωθούν στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, δηλαδή περίπου 30 χρόνια. Οι εταιρείες ανακύκλωσης ηλιακών πάνελ συλλέγουν μεταχειρισμένα ηλιακά κύτταρα που αποτελούνται από ημιαγωγούς και άλλα μέρη. Στη συνέχεια τα στέλνουν για επανεπεξεργασία σε νέα ηλιακά κύτταρα για χρήση σε νέα προϊόντα όπως ηλεκτρονικές συσκευές ή μόνωση κτιρίων. Αυτό σημαίνει ότι και τα ηλιακά πάνελ μπορούν να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης.

Η ηλιακή ενέργεια μειώνει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η εξόρυξη ορυκτών καυσίμων συμβάλλει σημαντικά στην κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τον άνθρωπο, καθώς και έχει πολλές επιβλαβείς παρενέργειες στο περιβάλλον. Η ηλιακή ενέργεια είναι ανανεώσιμη και καθαρότερη από τα ορυκτά καύσιμα, πράγμα που σημαίνει ότι συμβάλλει στη μείωση αυτών των προβλημάτων. Στην πραγματικότητα, μόλις παραχθούν και εγκατασταθούν, τα ηλιακά πάνελ μειώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να καίγεται απολύτως τίποτα. Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν επίσης να εγκατασταθούν σε ιστιοφόρα και RV, μειώνοντας την εξάρτηση από γεννήτριες και βελτιώνοντας την περιβαλλοντική τους βιωσιμότητα. Ακόμα κι αν η παραγωγή ηλιακών συλλεκτών απαιτεί πολλή ενέργεια και υλικά, δεν μολύνουν το περιβάλλον μετά την εγκατάστασή τους. Επιπλέον, η ρύπανση που παράγεται κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής των ηλιακών συλλεκτών είναι σημαντικά χαμηλότερη σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα [47].

Κεφάλαιο 4ο: Σχεδιασμός και μελέτη ηλιοθερμικού συστήματος για την θέρμανση χώρου μιας ευφυούς κατοικίας και την παροχή ζεστού νερού με Συλλέκτες επιφάνειας 2.33m²

4.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της επιδίωξης βιώσιμων και ενεργειακά αποδοτικών λύσεων για τη σύγχρονη διαβίωση, η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε σπίτια αποτελεί επιτακτική ανάγκη. Αυτό το κεφάλαιο θέτει τα θεμέλια για μια σε βάθος διερεύνηση του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός ηλιακού συστήματος σε μια κατοικία που βρίσκεται στα Προάστια της Αθήνας. Η επιλογή της συγκεκριμένης τοποθεσίας έχει σημασία για τις μοναδικές κλιματολογικές συνθήκες που προσφέρει. Το μεσογειακό κλίμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και άπλετο ηλιακό φως, αποτελεί μια ιδανική επιλογή για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η υπό εξέταση κατοικία εκτείνεται σε μια έκταση των 200τ.μ. και μέσω σχολαστικής έρευνας, ανάλυσης και σχεδιασμού, η παρούσα εργασία προσπαθεί να συμβάλει στην αυξανόμενη συζήτηση για τις ενεργειακά αποδοτικές κατοικίες, προσφέροντας παράλληλα πρακτικές ιδέες για την εφαρμογή των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης στο πλαίσιο ενός σύγχρονου έξυπνου σπιτιού.

4.2 Καταγραφή ενεργειακής απαίτησης

Ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ενός λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση και ζεστό νερό περιλαμβάνει πολλά βήματα. Για να υπολογίσουμε την κατανάλωση ενέργειας, θα χρειαστούμε πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του λέβητα, τους βαθμούς θέρμανσης για τη συγκεκριμένη τοποθεσία και τη χρήση ζεστού νερού.

1ο Βήμα : Προσδιορισμός Απόδοσης Λέβητα

Η απόδοση του λέβητα φυσικού αερίου που επιλέξαμε για την κατασκευή του συστήματος είναι 90% και παρέχεται από τον κατασκευαστή. Ας συμβολίσουμε αυτό το ποσοστό ως η .

2ο Βήμα : Προσδιορισμός ημερών βαθμών θέρμανσης

Οι ημέρες βαθμού θέρμανσης αντιπροσωπεύουν το βαθμό στον οποίο η εξωτερική θερμοκρασία είναι κάτω από μια ορισμένη βασική θερμοκρασία, η οποία είναι συνήθως 18° C για κτίρια κατοικιών. Κάτα μέσο όρο και σύμφωνα με βάσεις δεδομένων από τοπικούς μετεωρολογικούς φορείς, η τιμή HDD για ένα έτος στην Αθήνα είναι 1500.

3ο Βήμα : Προσδιορισμός ετήσιου φορτίου Θέρμανσης

Υπολογίζουμε το ετήσιο φορτίο θέρμανσης με τον τύπο :

$$\text{AnnualHeatingLoad} = \eta \times \text{HDD} \times A$$

Όπου η : Απόδοση Λέβητα σε δεκαδική μορφή

HDD : οι ημέρες βαθμών θέρμανσης

A : το εμβαδόν του σπιτιού σε τετραγωνικά μέτρα

Επομένως Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζουμε το ετήσιο φορτίο θέρμανσης ως :

$$\text{AnnualHeatingLoad} = 270.000\text{W} = 270\text{kWh.}$$

4ο Βήμα : Εκτίμηση χρήσης ζεστού νερού

Για ένα σπίτι των 200τ.μ. που απαρτίζεται από 6 άτομα, η ημερήσια απαίτηση σε ζεστό νερό εκτιμάται στα 300lt την ημέρα. Αν θεωρήσουμε πως αφαιρούμε 3 εβδομάδες από τις καλοκαιρινές διακοπές τότε για να υπολογίσουμε τη χρήση του ζεστού νερού :

$$300\text{lt} \times (365-21) = 103200\text{lt}$$

5ο Βήμα : Υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ζεστού νερού

AnnualHotWaterEnergy = Χρήση ζεστού νερού × Ενεργειακό περιεχόμενο φυσικού αερίου

Το ενεργειακό περιεχόμενο του φυσικού αερίου είναι συνήθως περίπου 38MJ ανά κυβικό μέτρο. Επομένως σύμφωνα με αυτές τις τιμές, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ζεστού νερού εκτιμάται ότι θα είναι :

$$\text{AnnualHotWaterEnergy} = 3.921.600\text{W} = 3.921,6\text{kWh}$$

Υπολογίζοντας λοιπόν τα παραπάνω και με το άθροισμα των δύο τιμών ενεργειακής απαίτησης (ετήσιο φορτίο θέρμανσης και ετήσια κατανάλωση ενέργεια για ζεστό νερό) οδηγηθήκαμε στη συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$\text{Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας} = 4.191,6\text{kWh}$$

4.3 Μελέτη εγκατάστασης ηλιοθερμικού συστήματος

Μέρος 1ο

Οι συλλέκτες που θα χρησιμοποιηθούν είναι της εταιρίας Viessmann Werke Gmbh & Co με ονομασία Vitosol 200-FM, ο οποίος περιλαμβάνει στρώμα απορρόφησης μεταγωγής ThermProtect. Παρέχει υψηλή ηλιακή κάλυψη και δεν υπερθεμαίνεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλή. Θα χρησιμοποιήσουμε 10 συλλέκτες ώστε η επιφάνεια που θα καλύπτουν να είναι στα 25,1τ.μ.

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα:

- Επιφάνεια απορρόφησης : 2,33 m²
- Συνολική επιφάνεια : 2,51 m²
- Περιοχή Διαφράγματος : 2,33 m²
- Πλάτος : 1056 mm
- Ύψος : 2380 mm
- Βάθος : 90 mm
- Οπτική Απόδοση : 82,3%
- Θερμική Ικανότητα : 4,89 kJ
- Χωρητικότητα υγρού : 1,81 lt
- Όγκος : 2.4 lt
- Εσωτερική διάμετρος σωλήνα : 7 mm
- Μήκος σωλήνα (μονή) : 1,056 m
- Παράλληλη Σωλήνωση : 16
- Ταχύτητα σωλήνα : 0,1 mm
- Μέγιστη Πίεση : 6 bar
- Μέγιστη θερμοκρασία : 145οC
- Απαιτήσεις για επιφάνεια εγκατάστασης : Κατασκευή στέγης με επαρκή ικανότητα φόρτωσης για τις επικρατούσες δυνάμεις ανέμου

- Βάρος : 41kg [48]



Σχήμα 4.1 : Συλλέκτης Ηλιακής Ενέργειας Vitosol 200-FM

Μέρος 2ο

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που απαρτίζουν ένα σύστημα ηλιοθερμίας με συλλέκτες, είναι ο λέβητας. Στο σύστημά μας έχουμε χρησιμοποιήσει λέβητα φυσικού αερίου, ο οποίος αποτελεί μια συσκευή θέρμανσης που χρησιμοποιεί φυσικό αέριο ως πηγή καυσίμου για την παραγωγή ζεστού νερού. Η βασική λειτουργία του είναι να παρέχει κεντρική θέρμανση και ζεστό νερό για κατοικίες, εμπορικά ή βιομηχανικά κτίρια. Ο λέβητας που θα χρησιμοποιήσουμε είναι της εταιρίας Vaillant και συγκεκριμένα ο ecoTEC plus System 12kw. Λειτουργεί παράλληλα με μια φιάλη ζεστού νερού στην ιδιοκτησία και συμμορφώνεται με τους πιο πρόσφατους κανονισμούς ErP (Προγραμματισμός Πόρων Επιχείρησης) [49].

Χαρακτηριστικά & Οφέλη

- Αρκετά αποδοτικό και οικονομικό στη λειτουργία με βαθμολογία απόδοσης έως και 89,2%
- Συμπαγές και με μικρό βάρος
- Προγραμματισμός κουμπιών για να κάνει την χρήση άμεση και εύκολη στον χρήστη
- Ενσωματωμένη προστασία από παγετό σε δύο στάδια για εξασφάλιση βέλτιστης απόδοσης όλο το χρόνο
- Συστήματα καυσαερίων Push fit για μεγαλύτερη ευελιξία εγκατάστασης [50]

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Ύψος : 602 mm
- Πλάτος : 375 mm
- Βάθος : 320 mm
- Εύρος ονομαστικής απόδοσης θερμότητας στους 50/30°C : 4.7 – 12.8 kW
- Μέγιστη θερμοκρασία ροής : 80°C
- Μέγιστη απόδοση θερμότητας για παραγωγή νερού : 18 kW
- Μάζα : 150 kg [49]



Σχήμα 4.2 : Λέβητας Φυσικού αερίου ecoTEC Plus System Vaillant 12kw

Μέρος 3^ο

Το επόμενο στοιχείο του συστήματος μας είναι το Δοχείο Αποθήκευσης νερού. Συνίσταται το δοχείο αποθήκευσης να είναι 10πλάσιο των τετραγωνικών μέτρων της κατοικίας, επομένως θέλουμε να επιλέξουμε ένα δοχείο με τουλάχιστον $10 \times 200 \text{τ.μ.} = 2000 \text{lt}$. Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε της εταιρίας Solarbayer, το δοχείο Hygiene-Schichtladespeicher HSK-SLS. Πρόκειται για κύλινδρο θέρμανσης που συνδυάζεται με θέρμανση ζεστού νερού με προστασία από τη λεγεωνέλλα χάρη στον ενσωματωμένο εναλλάκτη θερμότητας με κυματοειδή σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα. Το σύστημα αγωγιμότητας στρώσεων SLS δημιουργεί μια ιδανική θερμική διαστρωμάτωση στον κύλινδρο. Παρέχονται δύο ηλιακοί εναλλάκτες οβάλ σωλήνων μεγάλων διαστάσεων για τη σύνδεση ενός ηλιοθερμικού συστήματος και μπορεί να εγκατασταθεί ένα ηλεκτρικό στοιχείο θέρμανσης για ηλεκτρική βοηθητική θέρμανση.

Χαρακτηριστικά & Οφέλη

- Ευέλικτες επιλογές σύνδεσης
- Συνδέσεις υπό γωνία 90°
- Βέλτιστη θερμομόνωση χάρη στο πατενταρισμένο σύστημα SLS
- Υψηλής ποιότητας χάλυβας S235JR
- Μεγάλης διάστασης ηλιακοί εναλλάκτες θερμότητας με οβάλ σωλήνα στο πάνω και στο κάτω μέρος
- Υγιεινή θέρμανση πόσιμου νερού
- Ανοξείδωτος κυματοειδής αγωγός 1.4404

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Ονομαστική χωρητικότητα : 2204 lt
- Όγκος εσωτερικού δοχείου : 144.5 lt
- Ύψος : 2290 mm
- Διάμετρος : 1690 mm
- Πάχος μόνωσης : 220 mm
- Βάρος : 413 kg
- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας δοχείου : 95°C

- Μέγιστη πίεση λειτουργίας δοχείου : 6 bar
- Υλικό : ατσάλι



Σχήμα 4.3 : Δοχείο αποθήκευσης νερού Hygiene-Schichtladespeicher HSK-SLS

Μέρος 4^ο

Έπειτα, στα συστήματα ηλιοθερμίας κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση ηλιακών ελεγκτών, οι οποίοι παρακολουθούν και ελέγχουν τη λειτουργία διαφόρων εξαρτημάτων στο ηλιακό θερμικό σύστημα. Βοηθούν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης και στην πρόληψη της υπερθέρμανσης ή του παγώματος. Επιλέξαμε τον ηλιακό ελεγκτή SALUS PCSOL 201 της εταιρίας ANDRIANOS. Πρόκειται για ευέλικτο ηλιακό ελεγκτή με γραφική οθόνη ενδείξεων και λειτουργικό σύστημα “TOUCH & PLAY”, κατάλληλος για τον έλεγχο των ηλιακών συστημάτων. Μπορεί να συνδεθεί με αντλίες υψηλής απόδοσης PWM και χωρίς τάση εξόδου H.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Είσοδοι (χαμηλή τάση) : 4 είσοδοι θερμοκρασίας
- Συχνότητα σήματος PWM : 200 Hz
- Συνθήκες λειτουργίας : 0°C - 40°C, υγρασία 10-90%
- Βάρος : 280 gr
- Διαστάσης (ΠxΥxΔ) : 140x95x40 mm
- Επίπεδο σήματος : 5 V [52].



Σχήμα 4.4 : Ηλιακός Ελεγκτής SALUS PCSOL 201

Τέλος, για την διεκπεραίωση του συστήματός μας χρησιμοποιούμε τρίοδη βάνα καθώς αποτελεί ένα ακόμη κρίσιμο στοιχείο που χρησιμεύει στον έλεγχο της ροής του ρευστού μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του συστήματος. Στο πλαίσιο ενός συστήματος ηλιακής θέρμανσης, η τρίοδη βάνα χρησιμοποιείται συχνά για τη διαχείριση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του ηλιακού συλλέκτη, της δεξαμενής αποθήκευσης και του φορτίου. Θα χρησιμοποιήσουμε την Τρίοδη αναμεικτική βάνα MXG461B της εταιρίας Siemens, με μαγνητικό κινητήρα, εξωτερικό σπείρωμα, PN16, IP31.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Τάση λειτουργίας : AC 24 V, DC 20 – 30 V
- Κατανάλωση ισχύος : 33VA
- Χρόνος λειτουργίας : < 2 s
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος λειτουργίας : -5 έως 45°C
- Θερμοκρασία μέσου : -20 έως 130°C
- Επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας : 1600kPa [53].



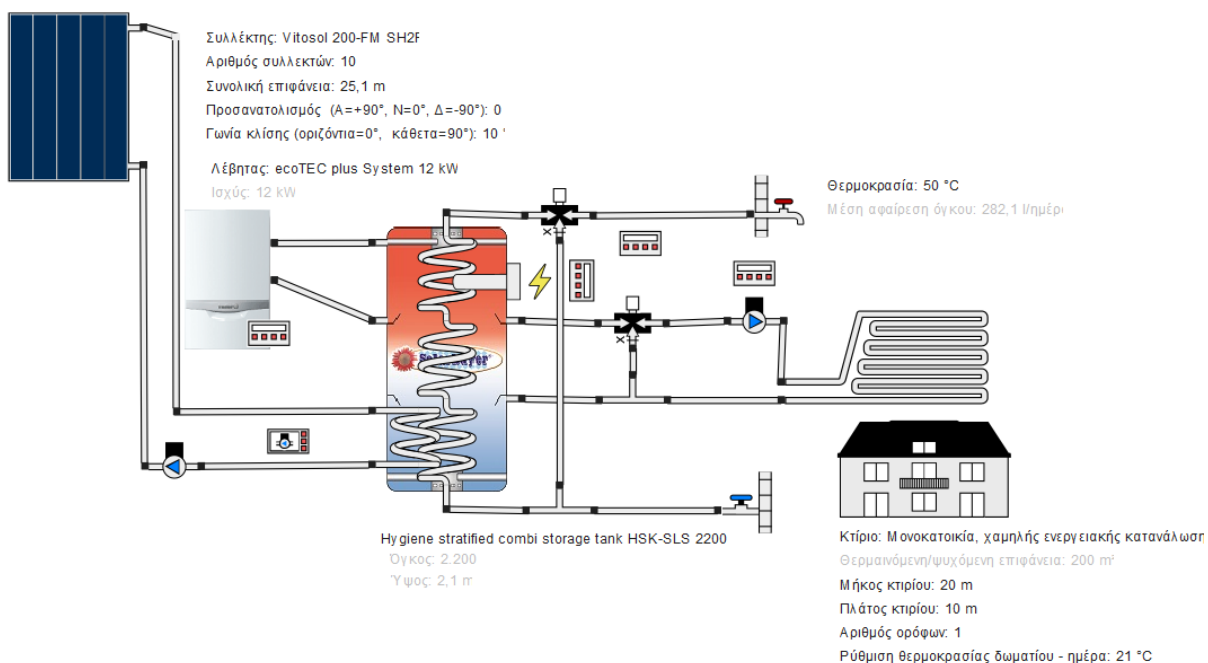
Σχήμα 4.5 : Τρίοδη αναμεικτική βάνα MXG461B Siemens

4.4 Υλοποίηση Ηλιοθερμικού Συστήματος

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε ξεκίνησε με την τοποθέτηση των επίπεδων συλλεκτών στην οροφή του κτιρίου. Αυτοί οι συλλέκτες απορροφούν το ηλιακό φως, μετατρέποντάς το σε θερμότητα. Η συλλεγόμενη θερμότητα στη συνέχεια μεταφέρεται σε ένα ρευστό θερμότητας που κυκλοφορεί μέσω των συλλεκτών. Η βάννα τριών κατευθύνσεων παίζει κεντρικό ρόλο στον έλεγχο της ροής αυτού του θερμαινόμενου υγρού.

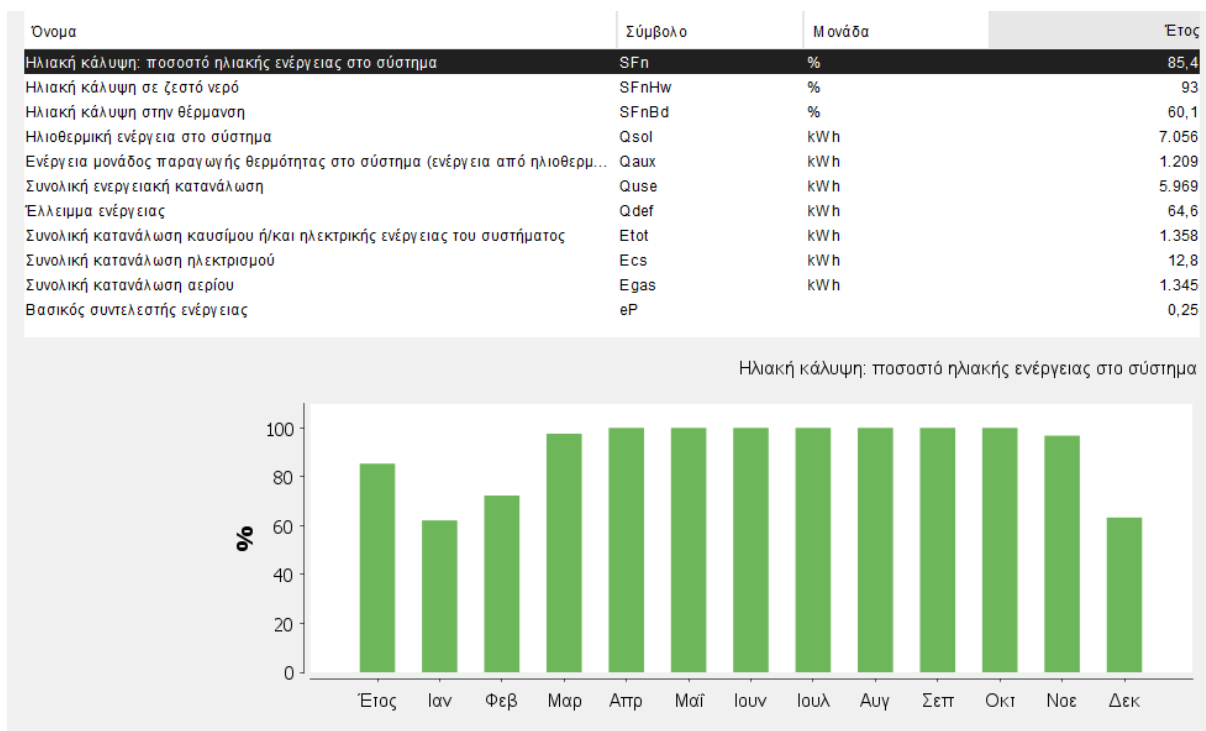
Όταν η θερμοκρασία στους συλλέκτες υπερβαίνει αυτή του νερού στη δεξαμενή αποθήκευσης, η τρίοδη βάννα κατευθύνει τη ροή του θερμαινόμενου υγρού στη δεξαμενή νερού. Εδώ, η ηλιακή ενέργεια μεταφέρεται στο νερό, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του. Αυτό χρησιμεύει ως κύρια πηγή για τις ανάγκες ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Ταυτόχρονα, ένας ηλιακός ελεγκτής παρακολουθεί τις διάφορες θερμοκρασίες του συστήματος και διαχειρίζεται έξυπνα τη ροή της θερμότητας. Εάν η ηλιακή ενέργεια δεν είναι επαρκής ή η θερμοκρασία του νερού είναι κάτω από το επιθυμητό επίπεδο, ο ηλιακός ελεγκτής μπορεί να ενεργοποιήσει τον λέβητα φυσικού αερίου. Η τρίοδη βάννα κατευθύνει τη ροή στον λέβητα, ο οποίος συμπληρώνει την ηλιακή θέρμανση αυξάνοντας περαιτέρω τη θερμοκρασία του νερού και μπορεί να κατευθύνει τη ροή από τους συλλέκτες είτε στο σύστημα θέρμανσης δαπέδου είτε στη δεξαμενή νερού, ανάλογα με τις διαφορές θερμοκρασίας και τις απαιτήσεις θέρμανσης. Αυτό διασφαλίζει ότι η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται τόσο για ζεστό νερό οικιακής χρήσης όσο και για θέρμανση χώρων.

Το σύστημα θέρμανσης δαπέδου κυκλοφορεί ζεστό νερό μέσω σωλήνων κάτω από το δάπεδο, εκπέμποντας θερμότητα στους χώρους διαβίωσης. Ο ηλιακός ελεγκτής και η βάννα τριών κατευθύνσεων λειτουργούν παράλληλα για τη βελτιστοποίηση της κατανομής της ηλιακής θερμότητας, δίνοντας προτεραιότητα μεταξύ θέρμανσης νερού και θέρμανσης χώρου με βάση τις απαιτήσεις σε πραγματικό χρόνο και τη διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια.



Σχήμα 4.6 : Ηλιοθερμικό Σύστημα για θέρμανση χώρου και ζεστό νερό με λέβητα ισχύος 12kW

Με τη βοήθεια του λογισμικού Polysun θα γίνει η συνοπτική παρουσίαση του συστήματος η οποία περιλαμβάνει την Ηλιακή κάλυψη για ένα έτος ως προς το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας στο σύστημα, την ηλιακή κάλυψη σε ζεστό νερό και θέρμανση.



Σχήμα 4.7 : Συνοπτική παρουσίαση του συστήματος μέσω του Polysun

Έπειτα, κάναμε μια μελέτη πάνω στις μοίρες, σύμφωνα με τον κατακόρυφο άξονα, που είναι τοποθετημένοι οι συλλέκτες στην οροφή του κτιρίου για να βρούμε την μέγιστη δυνατή απόδοση του συστήματος. Οι συλλέκτες έχουν προσανατολισμό προς τον Νότο. Τα αποτελέσματα αναγράφονται αναλυτικά στον κάτωθι πίνακα :

Πίνακας 4.1 : Απόδοση συστήματος σύμφωνα με την κλίση των συλλεκτών με προσανατολισμό στον νότο

Μοίρες	Απόδοση (kWh)	Ποσοστό Ηλιακής Κάλυψης (%)
10°	5.995	73.9
15°	6.241	76.6
20°	6.452	78.7
25°	6.618	80.5
30°	6.763	82.3
35°	6.862	83.0
40°	6.953	83.9
45°	6.966	84.4

50°	7.042	85.0
55°	7.056	85.4
60°	7.022	85.4
65°	6.927	84.9
70°	6.795	84.2
75°	6.660	83.8
80°	6.345	81.3
85°	5.874	76.5
90°	5.356	70.5

Εν συνεχεία, κάναμε την παραπάνω μελέτη με διαφορετικό προσανατολισμό των συλλεκτών, με φορά προς την Ανατολή αυτή τη φορά και πήραμε τις παρακάτω μετρήσεις :

Πίνακας 4.2 : Απόδοση συστήματος σύμφωνα με την κλίση των συλλεκτών με προσανατολισμό στην Ανατολή

Μοίρες	Απόδοση (kWh)	Ποσοστό Ηλιακής Κάλυψης (%)
10°	5.355	66.7
15°	5.358	66.9
20°	5.355	66.9
25°	5.338	66.6
30°	5.323	66.5
35°	5.301	66.5
40°	5.280	66.4
45°	5.232	65.9
50°	5.164	65.2
55°	5.108	64.5
60°	5.014	63.6
65°	4.901	62.5
70°	4.780	61.1
75°	4.635	59.6
80°	4.485	58.0
85°	4.474	55.9
90°	4.036	53.1

Τέλος, πήραμε τις ίδιες μετρήσεις για προσανατολισμό των συλλεκτών με φορά στην Δύση ούτως ώστε να βρούμε την καλύτερη δυνατή θέση που θα είναι τοποθετημένοι οι συλλέκτες ώστε να επιτύχουμε την μεγαλύτερη απόδοση.

Πίνακας 4.3 : Απόδοση συστήματος σύμφωνα με την κλίση των συλλεκτών με προσανατολισμό στην Δύση

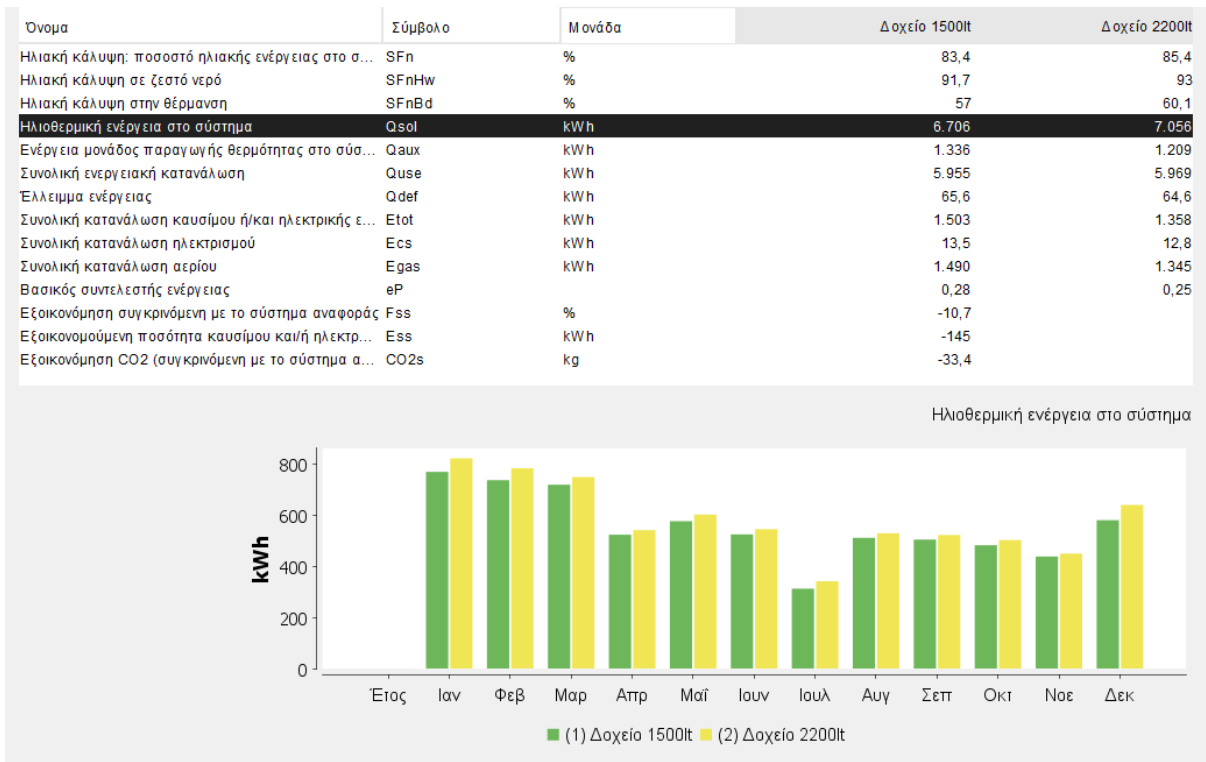
Μοίρες	Απόδοση (kWh)	Ποσοστό Ηλιακής Κάλυψης (%)
10°	5.422	67.6
15°	5.445	67.7
20°	5.488	68.3
25°	5.514	68.6
30°	5.457	69.1
35°	5.574	69.4
40°	5.577	69.5
45°	5.571	69.4
50°	5.578	69.7
55°	5.541	69.3
60°	5.498	69.0
65°	5.428	68.2
70°	5.350	67.5
75°	5.233	66.3
80°	5.099	64.8
85°	4.936	63.1
90°	4.775	61.3

Συμπέρασμα : Συγκρίνοντας λοιπόν τις παραπάνω μετρήσεις διαπιστώθηκε πως η καλύτερη δυνατή απόδοση επιτυγχάνεται όταν οι συλλέκτες είναι τοποθετημένοι με φορά στον Νότο στις 55° βάσει του κατακόρυφου άξονα, όπου η απόδοση αγγίζει το ποσοστό των 85.4%. Παρόλα αυτά θέλαμε να εξετάσουμε και τον συντελεστή που έχει το δοχείο αποθήκευσης νερού στα 2200 lt που προτείναμε για την υλοποίηση του συστήματος. Για το λόγο αυτό υλοποιήσαμε το κύκλωμα με άλλους δύο διαφορετικούς τύπους δοχείου με μικρότερο δοχείο αποθήκευσης υγρού, οι οποίοι σίγουρα αποτελούν οικονομικότερη λύση από την αρχική μας επιλογή αλλά διαπιστώθηκε πως η διαφορά στην απόδοση είναι αρκετά σημαντική και μακροχρόνια θα φέρει μεγαλύτερη οικονομική επιβάρυνση.

1^η περίπτωση : Δοχείο αποθήκευσης 1500 lt



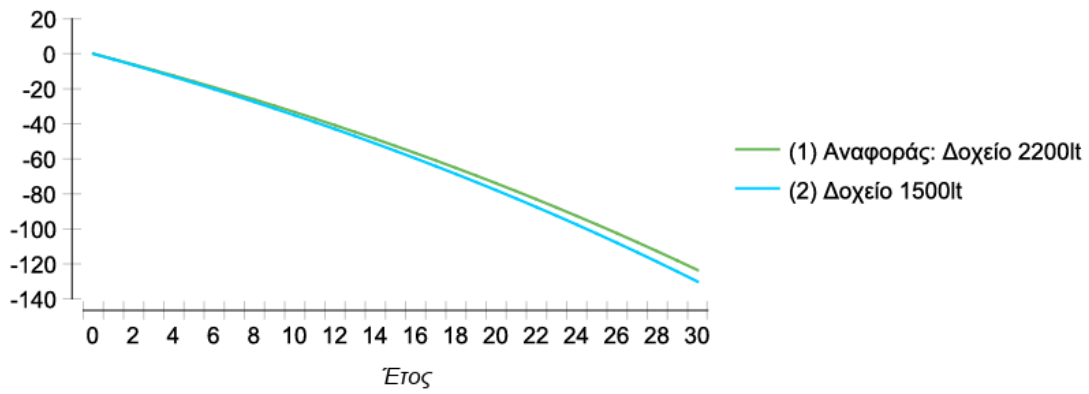
Σχήμα 4.8 : Σύγκριση του Ποσοστού ηλιακής κάλυψης μεταξύ ενός Δοχείου 1500 lt και 2200 lt



Σχήμα 4.9 : Σύγκριση της ηλιακής ενέργειας στο σύστημα από τα δύο δοχεία

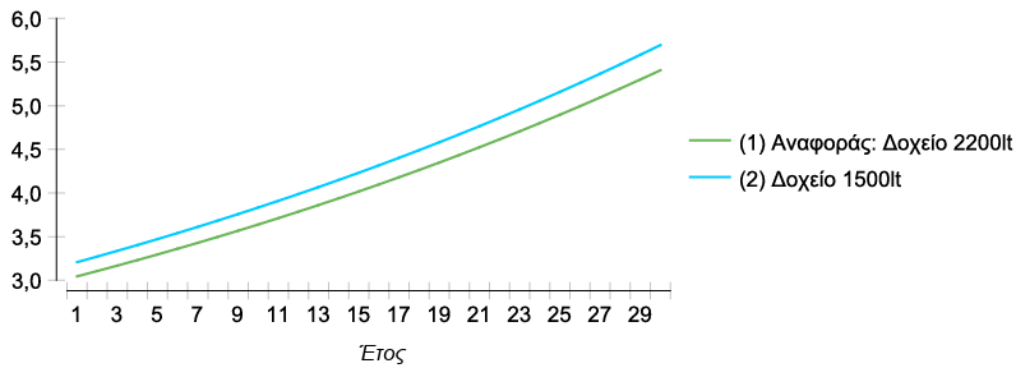
Σε οικονομική ανάλυση, τα δύο αυτά συστήματα συγκρίθηκαν μεταξύ τους και πήραμε τα παρακάτω δεδομένα :

Καθαρή τρέχουσα τιμή [EUR]



Σχήμα 4.10 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς την καθαρή τιμή σε ευρώ μέσω του Polysun

Κόστη παροχής ενέργειας [EUR]



Σχήμα 4.11 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς τα κόστη παροχής ενέργειας μέσω του Polysun

2η περίπτωση : Δοχείο Αποθήκευσης νερού 650 lt

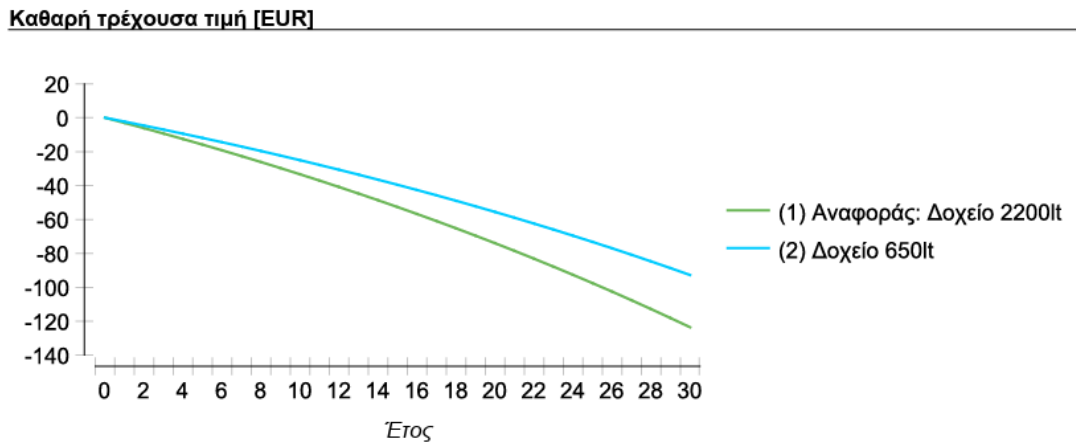


Σχήμα 4.12 : Σύγκριση του Ποσοστού ηλιακής κάλυψης μεταξύ ενός Δοχείου 650 lt και 2200 lt

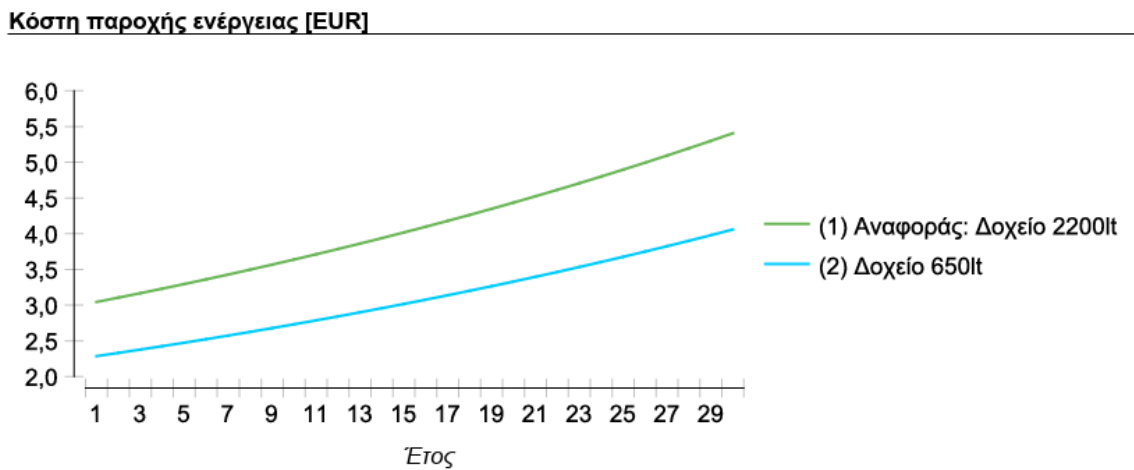


Σχήμα 4.13 : Σύγκριση της ηλιακής ενέργειας στο σύστημα από τα δύο δοχεία

Σε οικονομική ανάλυση, τα δύο αυτά συστήματα συγκρίθηκαν μεταξύ τους και πήραμε τα παρακάτω δεδομένα :



Σχήμα 4.14 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς την καθαρή τιμή σε ευρώ μέσω του Polysun

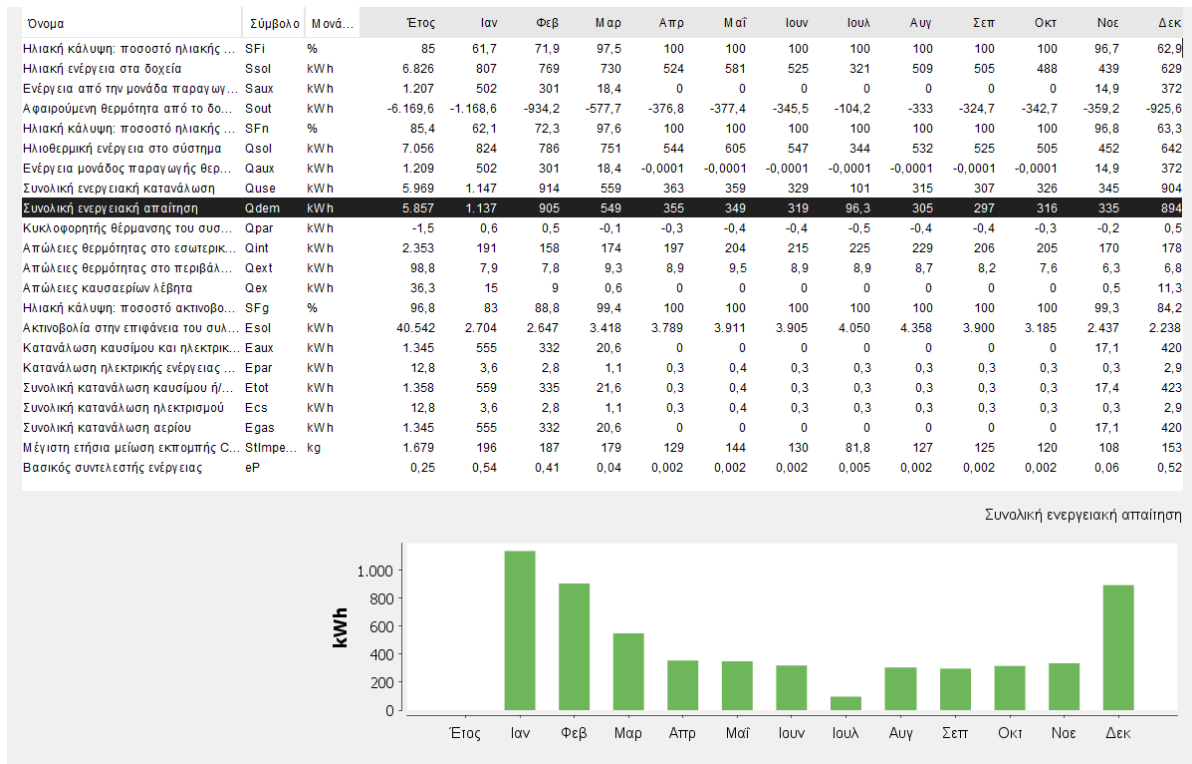


Σχήμα 4.15 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς τα κόστη παροχής ενέργειας μέσω του Polysun

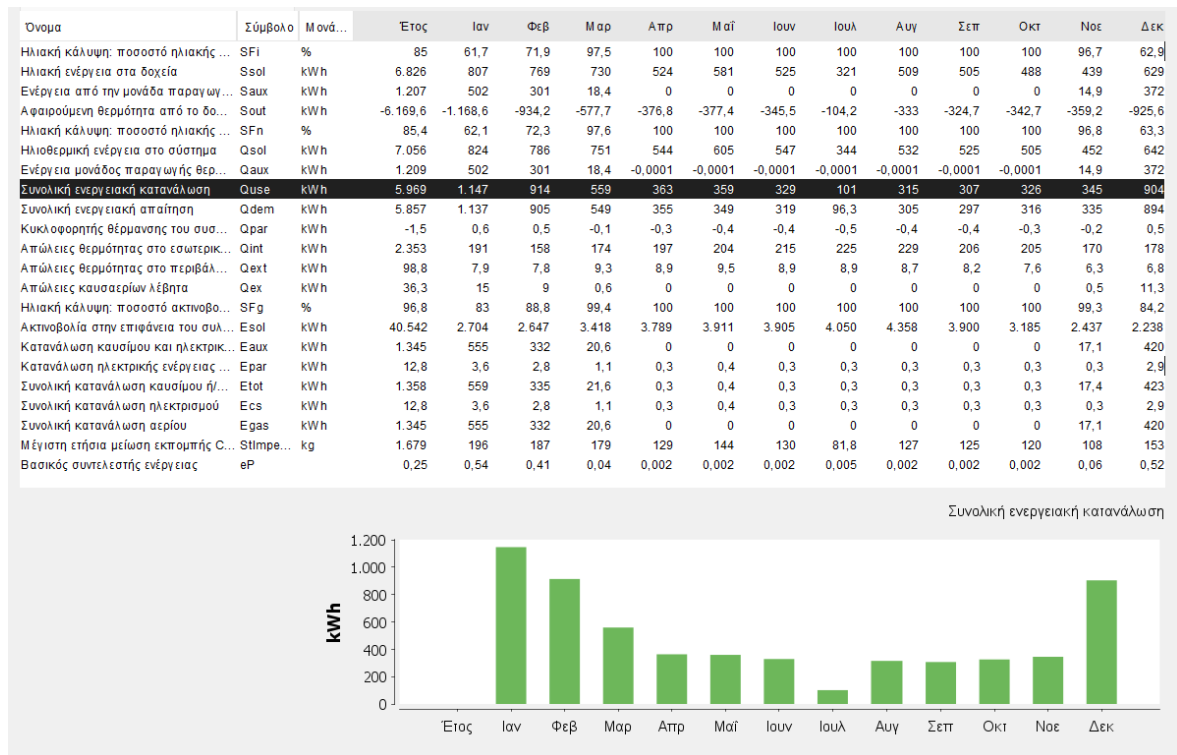
Συμπέρασμα : Βλέπουμε λοιπόν και από την οικονομική αλλά και από την ενεργειακή ανάλυση πως ένα δοχείο αποθήκευσης νερού με χωρητικότητα 2200 lt φέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

4.5 Αναλυτική Αναφορά του Συστήματος

Εν κατακλείδι πήραμε την αναλυτική αναφορά του συστήματος με τη βοήθεια του λογισμικού Polysun πάνω στο πρωταρχικό μας σύστημα :



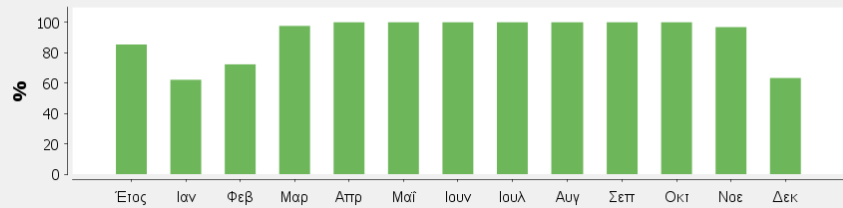
Σχήμα 4.16 : Συνολική ενεργειακή απαίτηση στο σύστημα ανά μήνα



Σχήμα 4.17 : Ενεργειακή Κατανάλωση ανά μήνα

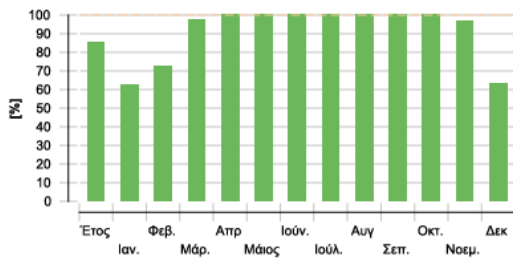
Όνομα	Σύμβολο	Μονά...	Έτος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ηλιακή κάλυψη: ποσοστό ηλιακής ...	SFi	%	85	61,7	71,9	97,5	100	100	100	100	100	100	100	96,7	62,9
Ηλιακή ενέργεια στα δοχεία	Ssol	kWh	6.826	807	769	730	524	581	525	321	509	505	488	439	629
Ενέργεια από την μονάδα παραγωγ...	Saux	kWh	1.207	502	301	18,4	0	0	0	0	0	0	0	14,9	372
Αφαιρούμενη θερμότητα από το δο...	Sout	kWh	-6.169,6	-1.168,6	-934,2	-577,7	-376,8	-377,4	-345,5	-104,2	-333	-324,7	-342,7	-359,2	-925,6
Ηλιακή κάλυψη: ποσοστό ηλιακής ...	SFn	%	85,4	62,1	72,3	97,6	100	100	100	100	100	100	100	96,8	63,3
Ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα	Qsol	kWh	7.056	824	786	751	544	605	547	344	532	525	505	452	642
Ενέργεια μονάδος παραγωγής θερ...	Qaux	kWh	1.209	502	301	18,4	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	14,9	372
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση	Quse	kWh	5.969	1.147	914	559	363	359	329	101	315	307	326	345	904
Συνολική ενεργειακή απαίτηση	Qdem	kWh	5.857	1.137	905	549	355	349	319	96,3	305	297	316	335	894
Κυκλοφορητής θέρμανσης του συσ...	Qpar	kWh	-1,5	0,6	0,5	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	0,5
Απώλειες θερμότητας στο εσωτερικ...	Qint	kWh	2.353	191	158	174	197	204	215	225	229	206	205	170	178
Απώλειες θερμότητας στο περιβάλ...	Qext	kWh	98,8	7,9	7,8	9,3	8,9	9,5	8,9	8,9	8,7	8,2	7,6	6,3	6,8
Απώλειες καυσαερίων λέβητα	Qex	kWh	36,3	15	9	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0,5	11,3
Ηλιακή κάλυψη: ποσοστό ακτινοβο...	SFg	%	96,8	83	88,8	99,4	100	100	100	100	100	100	100	99,3	84,2
Ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλ...	Esol	kWh	40.542	2.704	2.647	3.418	3.789	3.911	3.905	4.050	4.358	3.900	3.185	2.437	2.238
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικ...	Eaux	kWh	1.345	555	332	20,6	0	0	0	0	0	0	0	17,1	420
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ...	Epar	kWh	12,8	3,6	2,8	1,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2,9
Συνολική κατανάλωση καυσίμου ή/...	Etot	kWh	1.358	559	335	21,6	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	17,4	423
Συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού	Ecs	kWh	12,8	3,6	2,8	1,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2,9
Συνολική κατανάλωση αερίου	Egas	kWh	1.345	555	332	20,6	0	0	0	0	0	0	0	17,1	420
Μέγιστη ετήσια μείωση εκπομπής C...	Stimpre...	kg	1.679	196	187	179	129	144	130	81,8	127	125	120	108	153
Βασικές συντελεστές ενέργειας	eP		0,25	0,54	0,41	0,04	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,06	0,52

Ηλιακή κάλυψη: ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα

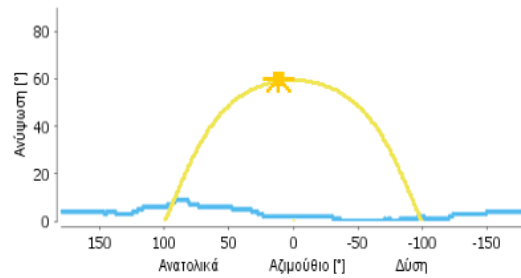


Σχήμα 4.18 : Ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα ανά μήνα

Ηλιακή κάλυψη: ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα [SFn]



Γραμμή του οριζοντα



Μετεωρολογικά δεδομένα-Σύνοψη

Μέση εξωτερική θερμοκρασία	18,6 °C
Ετήσια συνολική ακτινοβολία	1.707 kWh/m ²
Ετήσια διάχυτη ακτινοβολία	639 kWh/m ²

Σχήμα 4.19 : Θέση του Ήλιου και Μετεωρολογικά δεδομένα

Παρουσίαση συστήματος (ετήσιες τιμές)

Συνολική κατανάλωση καυσίμου ή/και ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος [Etot]	1.358 kWh
Συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού [Ecs]	12,8 kWh
Συνολική κατανάλωση αερίου [Egas]	1.345 kWh
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση [Quse]	5.969 kWh
Απόδοση συστήματος $[(Quse+Ein_v) / (Eaux+Epar)]$	4,4
Βασικός συντελεστής ενέργειας	0,25
Απαίτηση κατανάλωσης	Καλύφθηκε η ενεργειακή απαίτηση

Σχήμα 4.20 : Παρουσίαση του συστήματος με το λογισμικό Polysun

Παρουσίαση αποτελεσμάτων ηλιοθερμικής ενέργειας (ετήσιες τιμές)

Επιφάνεια συλλεκτών	25,1 m ²
Συνολική ηλιακή κάλυψη	85,4%
Ηλιακή κάλυψη σε ζεστό νερό [SFnHw]	93 %
Ηλιακή κάλυψη στην θέρμανση [SFnBd]	60,1 %
Συνολικό πεδίο απόδοσης συλλεκτών	7.056,2 kWh
Ενεργειακή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της συνολικής επιφάνειας του	281,1 kWh/m ² /Ετος
Ενεργειακή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της εσωτερικής επιφάνειας του	302,8 kWh/m ² /Ετος
Μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση καυσίμου	690,7 m ³ (gas): [Φυσικό αέριο H]
Μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας	7.252 kWh
Μέγιστη ετήσια μείωση εκπομπής CO ₂	1.679 kg

Σχήμα 4.21 : Αποτελέσματα ηλιοθερμικής ενέργειας μέσω του Polysun

Παρουσίαση εξαρτημάτων (ετήσιες τιμές)		
Λέβητας	ecoTEC plus System 12 kW	
Ισχύς	kW	12
Συνολική απόδοση	%	89,9
Ενέργεια από/στο σύστημα [Qaux]	kWh	1.209
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [Eaux]	kWh	1.345
Κατανάλωση καυσίμου του εφεδρικού λέβητα [Baux]	m ³ (gas)	128
Ενεργειακή εξοικονόμηση ηλιοθερμικού	kWh	7.252
CO2 εξοικονόμηση ηλιοθερμικού	kg	1.679
Εξοικονόμηση καυσίμου ηλιοθερμικού	m ³ (gas)	691
Απώλειες εξόδου [Qex]	kWh	36,3
Συλλέκτης	Vitosol 200-FM SH2F	
Πηγή δεδομένων		TÜV Rheinland
Αριθμός συλλεκτών		10
Παράλληλες συστοιχίες		4
Συνολική επιφάνεια	m ²	25,1
Συνολική εσωτερική επιφάνεια	m ²	23,3
Απορροφητική επιφάνεια	m ²	23,3
Γωνία κλίσης (οριζόντια=0°, κάθετα=90°)	°	55
Προσανατολισμός (A=+90°, N=0°, Δ=-90°)	°	0
Ενεργειακή απόδοση συλλεκτών [Qsol]	kWh	7.056
Ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλεκτή [Esol]	kWh	40.542
Απόδοση συλλεκτή [Qsol / Esol]	%	17,4
Άμεση ακτινοβολία λαμβάνοντας υπόψη την γωνία πρόσπτωσης	kWh	23.061
Διαχεόμενη ακτινοβολία λαμβάνοντας υπόψη την γωνία πρόσπτωσης	kWh	13.194
Απαίτηση σε ζεστό νερό	Αιχμές στην διάρκεια της ημέρας	
Όγκος κατανάλωσης / καθημερινή κατανάλωση	l/d	282
Ρύθμιση θερμοκρασίας	°C	50
Απαίτηση ενέργειας [Qdem]	kWh	3.771
Κτίριο	Μονοκατοικία, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	
Θερμαινόμενη/ψυχόμενη επιφάνεια	m ²	200
Ρύθμιση θερμοκρασίας δωματίου	°C	20,5
Απαίτηση για ενέργεια θέρμανσης εξαιρώντας το ζεστό νερό [Qdem]	kWh	2.086
Καθορισμένη απαίτηση για ενέργεια θέρμανσης εξαιρώντας το ζεστό νερό [Qdem]	kWh/m ²	10,4
Θερμικά κέρδη μέσω των παραθύρων	kWh	13.820
Συνολικές ενεργειακές απώλειες	kWh	21.726

Σχήμα 4.22 : Παρουσίαση εξαρτημάτων μέσω του Polysun

Στοιχείο θέρμανσης/ψύξης	Θέρμανση δαπέδου	
Ισχύς ανά στοιχείο θέρμανσης υπο κανονικές συνθήκες	W	1.000
Θερμοκρασία προσαγωγής υπό κανονικές συνθήκες	°C	40
Θερμοκρασία επιστροφής υπό κανονικές συνθήκες	°C	35
Τελική ενέργεια από/τις μονάδες θέρμανσης/ψύξης	kWh	2.063

Δοχείο αποθήκευσης Συνδυαστικό δοχείο	Hygiene stratified combi storage tank HSK-SLS 2200	
Όγκος	l	2.200
Ύψος	m	2,1
Υλικό		Ατσάλι
Μόνωση		Αφρός πολυεθανίου
Πάχος της μόνωσης	mm	100
Απώλειες θέρμανσης [Qhl]	kWh	1.367
Απώλειες σύνδεσης	kWh	494

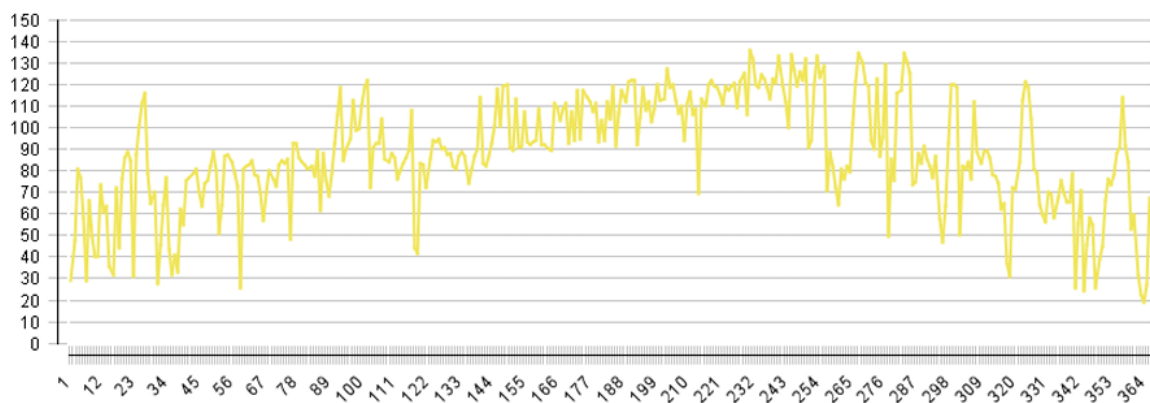
Κυκλοφορητής Κύκλωμα θέρμανσης	Αντλία Eco, μεσαία	
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,013
Παροχή	l/h	1.074
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [Epar]	kWh	8

Κυκλοφορητής Κυκλοφορητής ηλιακού	Αντλία Eco, μικρή	
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,084
Παροχή	l/h	932
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [Epar]	kWh	4,8

Σχήμα 4.22 : Παρουσίαση εξαρτημάτων μέσω του Polysun

Συλλέκτης

Μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία [°C]



Σχήμα 4.23 : Μέγιστη Ημερήσια Θερμοκρασία Συλλέκτη μέσω του Polysun

4.6 Συμπεράσματα

Με το πέρας της μελέτης και εγκατάστασης του ηλιοθερμικού μας συστήματος φτάσαμε σε κάποια συμπεράσματα ως προς την λειτουργικότητά του και την απόδοση που φέρει στην κατοικία των 200τ.μ. που επιλέξαμε. Αρχικά, επιλέξαμε τον κατάλληλο τύπο συλλέκτη ώστε να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις του σπιτιού και να φέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Με το λογισμικό Polysun καταγράψαμε το ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα των συλλεκτών και την ηλιοθερμική τους ενέργεια στο σύστημα σε κιλοβατώρες, σύμφωνα με την κλίση τους και τον προσανατολισμό τους. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1 διαπιστώθηκε πως η καλύτερη τοποθέτησή τους είναι με προσανατολισμό στον Νότο και κλίση 55° με βάση τον κατακόρυφο άξονα, όπου το ποσοστό ηλιακής ενέργειας αγγίζει το 85.4% και η ηλιοθερμική ενέργεια φτάνει τις 7.056kWh. Στη συνέχεια, κάναμε σύγκριση του πρωταρχικού συστήματος με ένα σύστημα με μικρότερο δοχείο αποθήκευσης νερού στα 1500 lt, όπου από το σχήμα 4.8 διαπιστώθηκε ότι το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για το μικρότερο δοχείο είναι στα 83.4% εν αντιθέσει με το μεγαλύτερο δοχείο στα 85.4%. Επιπλέον, από το σχήμα 4.9 φαίνεται η ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα με το μικρότερο δοχείο να είναι στις 6.706kWh, ενώ στο μεγαλύτερο δοχείο να είναι στις 7.056kWh. Στα σχήματα 4.10 και 4.11 έγινε μια οικονομική σύγκριση των συστημάτων όπου το απόλυτο κέρδος για το δοχείο των 1500lt και των 2200 lt είναι -89.55 ευρώ και -94.3 ευρώ αντίστοιχα και το κόστος παροχής ενέργειας είναι 130.11 ευρώ και 123.52 ευρώ. Μετέπειτα, έγινε άλλη μια σύγκριση με ένα ακόμη μικρότερο δοχείο των 650 lt, όπου στο σχήμα 4.12 βρήκαμε το ποσοστό ηλιακής ενέργειας στα 72.9% και στο σχήμα 4.13 την ηλιοθερμική ενέργεια στις 5.848kWh. Από την οικονομική τους σύγκριση, στα σχήματα 4.14-4.15 το μικρότερο δοχείο είχε απόλυτο κέρδος -67.24 ευρώ και το κόστος παροχής ενέργειας ανερχόταν στα 92.74 ευρώ. Στο σχήμα 4.16 φαίνεται η αναλυτική αναφορά του συστήματος όπου φαίνεται η συνολική ενεργειακή απαίτηση ανά μήνα με την μεγαλύτερη να είναι τον Ιανουάριο στις 1.137kWh. Από το σχήμα 4.17 παίρνουμε την ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα όπου πάλι η μεγαλύτερη είναι τον Ιανουάριο με 1.147kWh. Επιπροσθέτως, από το σχήμα 4.18 καταλαβαίνουμε πως τους μήνες Απρίλιο έως Οκτώβριο έχουμε 100% ηλιακή ενέργεια στο σύστημα. Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται στις 5.969kWh σύμφωνα με το σχήμα 4.20 και τέλος από το σχήμα 4.21 συμπεραίνουμε ότι έχουμε ηλιακή κάλυψη σε ζεστό νερό με ποσοστό 93% και ηλιακή κάλυψη σε θέρμανση στα 60.1%. Η μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας είναι στις 7.252kWh. Η μέσο τιμή μιας κιλοβατώρας είναι 0.14 € , το οποίο μεταφράζεται σε 1.015,28 € ετησίως. Όσον αφορά το περιβάλλον, η μείωση εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα είναι στα 1.679 κιλά ετησίως. Το τελικό ποσό εγκατάστασης του συστήματος ανέρχεται σε περίπου 25.000 €.

Κεφάλαιο 5ο: Σχεδιασμός και μελέτη ηλιοθερμικού συστήματος για την θέρμανση χώρου μιας ευφυούς κατοικίας και την παροχή ζεστού νερού με Συλλέκτη των 5m²

5.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει μια προσέγγιση με βάση το προηγούμενο σύστημα με την διαφορά ότι θα έχουμε συλλέκτες με μεγαλύτερη επιφάνεια, για μια πιο οικονομική εγκατάσταση με καλύτερες αποδόσεις ηλιακής ενέργειας. Θα κάνουμε την οικονομική σύγκριση των συστημάτων, θα βρούμε την ετήσια κάλυψη σε ηλιακή ενέργεια, την ετήσια κατανάλωση ενέργειας καθώς και την μέγιστη δυνατή απόδοση των συλλεκτών βάσει της κλίσης τους. Θα γίνει, ακόμη, μια αναλυτική αναφορά που θα περιλαμβάνει και την λεπτομερή περιγραφή των εξαρτημάτων που θα απαρτίζουν το σύστημα. Τέλος θα κλείσουμε με κάποια συμπεράσματα ώστε να δώσουμε μια πλήρη αναφορά στον πελάτη και να τον βοηθήσουμε να επιλέξει το καλύτερο δυνατό σύστημα, με βάση τις ανάγκες του.

5.2 Υλοποίηση Ηλιοθερμικού Συστήματος

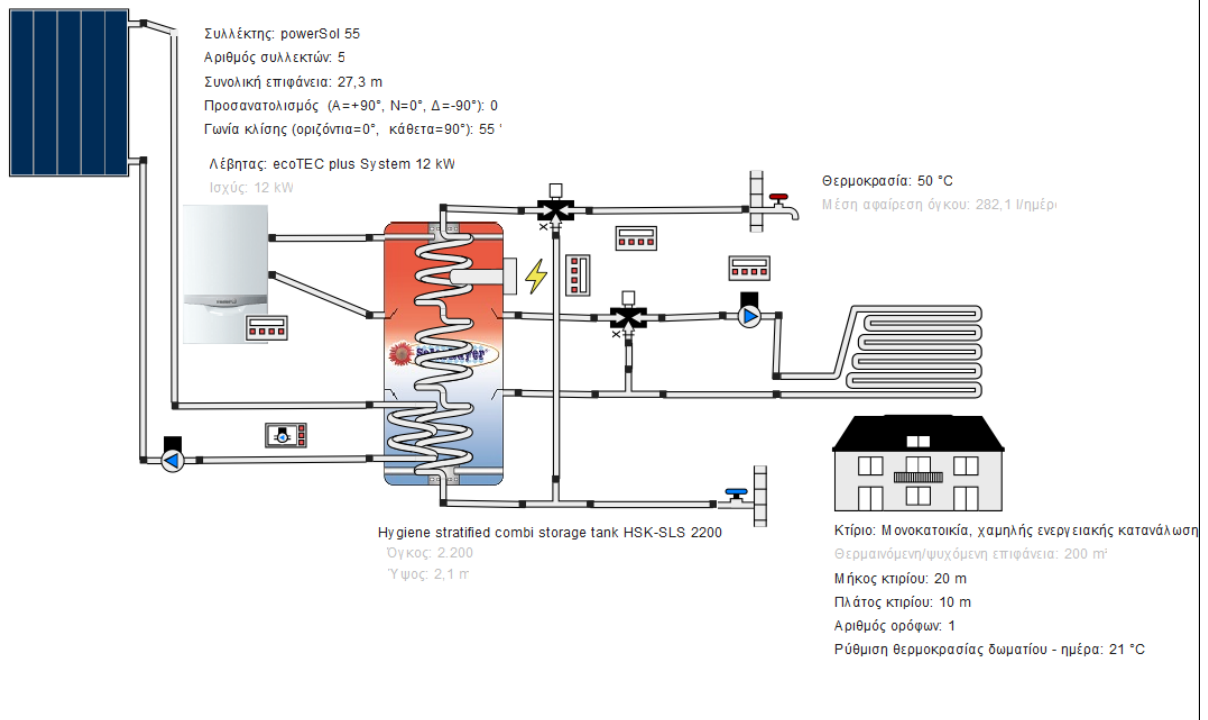
Με τη βοήθεια του λογισμικού Polysun κάναμε το νέο μας σύστημα με τον συλλέκτη της εταιρίας Gasokol GmbH και συγκεκριμένα το μοντέλο PowerSol 55. Θα χρησιμοποιήσουμε 5 συλλέκτες ώστε η επιφάνεια που θα καλύπτουν να είναι στα 27.3m².

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Επιφάνεια απορρόφησης : 5.04m²
- Εσωτερική επιφάνεια : 5.04m²
- Συνολική επιφάνεια : 5.46m²
- Όγκος : 5.7lt
- Μήκος σωλήνα : 2.522m
- Μέγιστη θερμοκρασία : 240°C

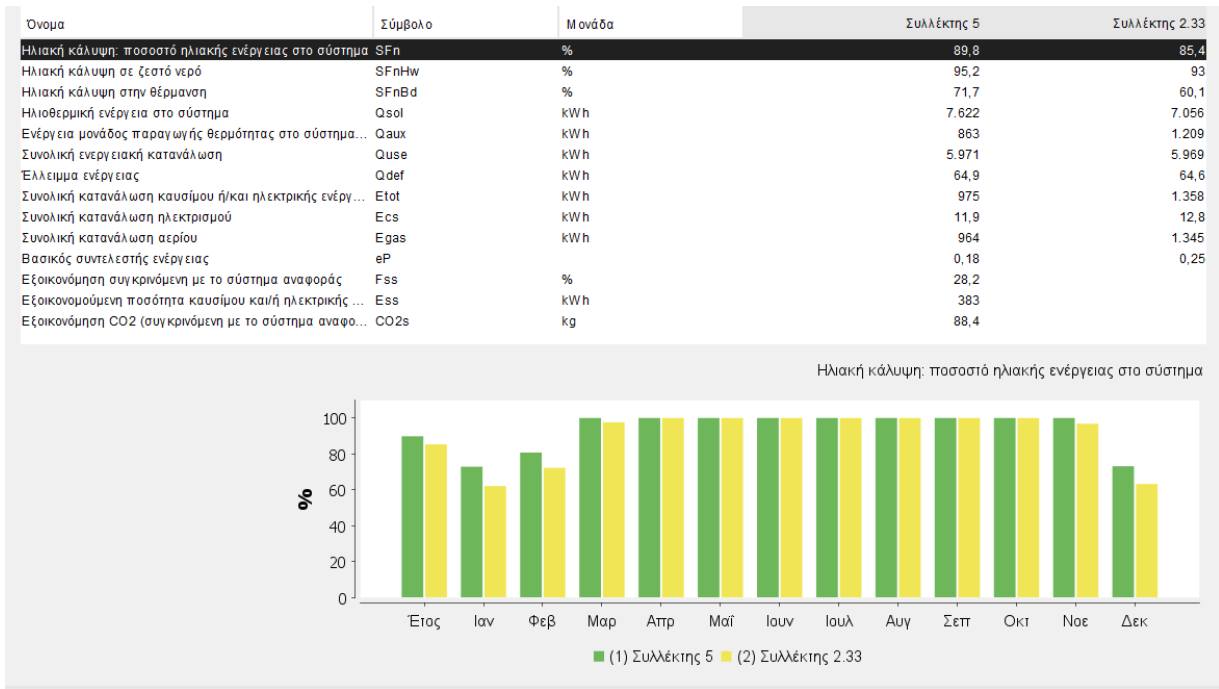


Σχήμα 5.1 : Επίπεδος συλλέκτης PowerSol 55



Σχήμα 5.2 : Ηλιοθερμικό σύστημα με συλλέκτη 5m² στο Polysun

Μέσω την συνοπτικής παρουσίασης του συστήματός μας με τη βοήθεια του λογισμικού Polysun, συγκρίναμε τα βασικά χαρακτηριστικά του με την πρωταρχική μας πρόταση.



Σχήμα 5.3: Ηλιακή κάλυψη στα δύο συστήματα με το πράσινο να είναι το σύστημα με τον μεγαλύτερο συλλέκτη



Σχήμα 5.4 : Η Ηλιοθερμική ενέργεια στα δύο συστήματα

Έπειτα πήραμε τα αποτελέσματα για το ποσοστό κάλυψης ηλιακής ενέργειας και την Ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα για διαφορετικές μοίρες τοποθέτησης των συλλεκτών πάλι βάσει του κατακόρυφου άξονα.

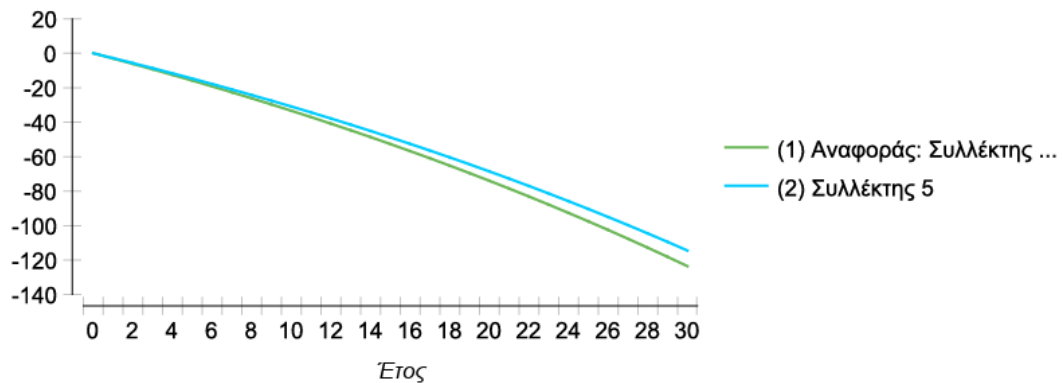
Πίνακας 5.1 : Απόδοση του συστήματος

Μοίρες	Απόδοση (kWh)	Ποσοστό Ηλιακής Κάλυψης (%)
10°	6.690	80.6
15°	6.924	82.9
20°	7.110	84.8
25°	7.257	86.1
30°	7.367	87.4
35°	7.421	87.8
40°	7.505	88.7
45°	7.545	89.1
50°	7.585	89.5
55°	7.622	89.8
60°	7.617	89.7
65°	7.606	89.6
70°	7.551	89.1
75°	7.451	88.8
80°	7.275	88.2
85°	6.982	86.7
90°	6.499	82.3

Διαπιστώθηκε λοιπόν ότι η καλύτερη τοποθέτηση για τους συλλέκτες είναι πάλι στις 55° όπου η ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα φτάνει τις 7.622kWh.

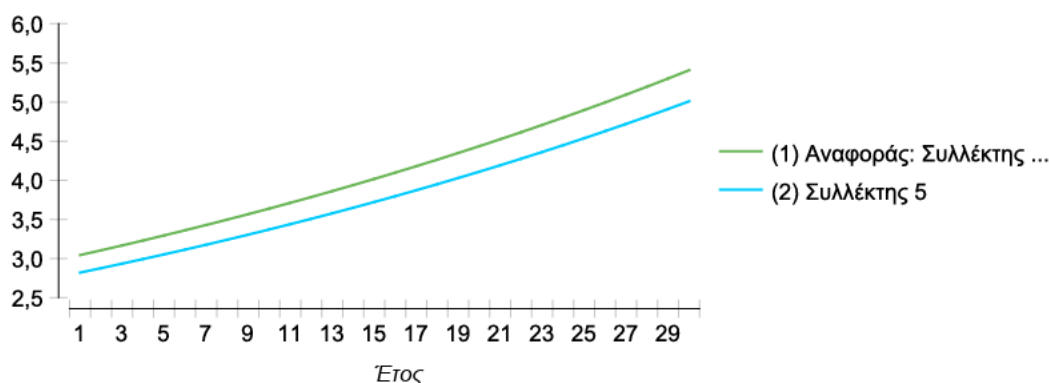
Στην οικονομική ανάλυση του συστήματος πάρθηκαν τα κάτωθι αποτελέσματα :

Καθαρή τρέχουσα τιμή [EUR]



Σχήμα 5.5 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς την καθαρή τιμή σε ευρώ μέσω του Polysun

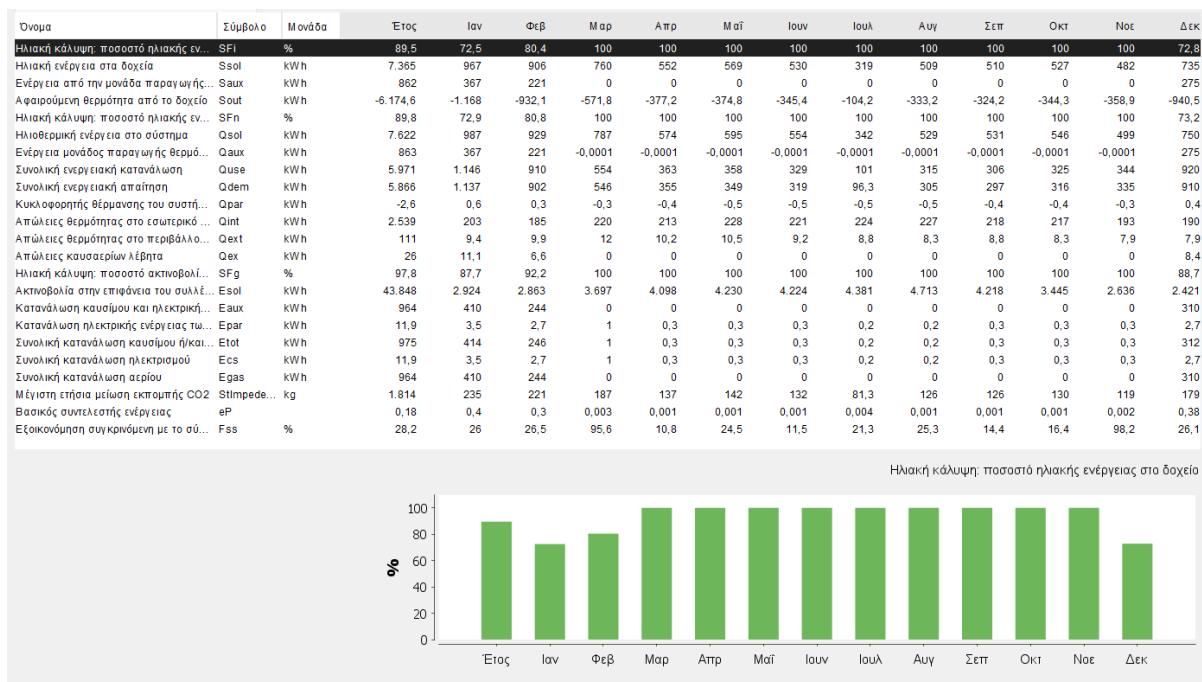
Κόστη παροχής ενέργειας [EUR]



Σχήμα 5.6 : Σύγκριση των συστημάτων ως προς τα κόστη παροχής ενέργειας μέσω του Polysun

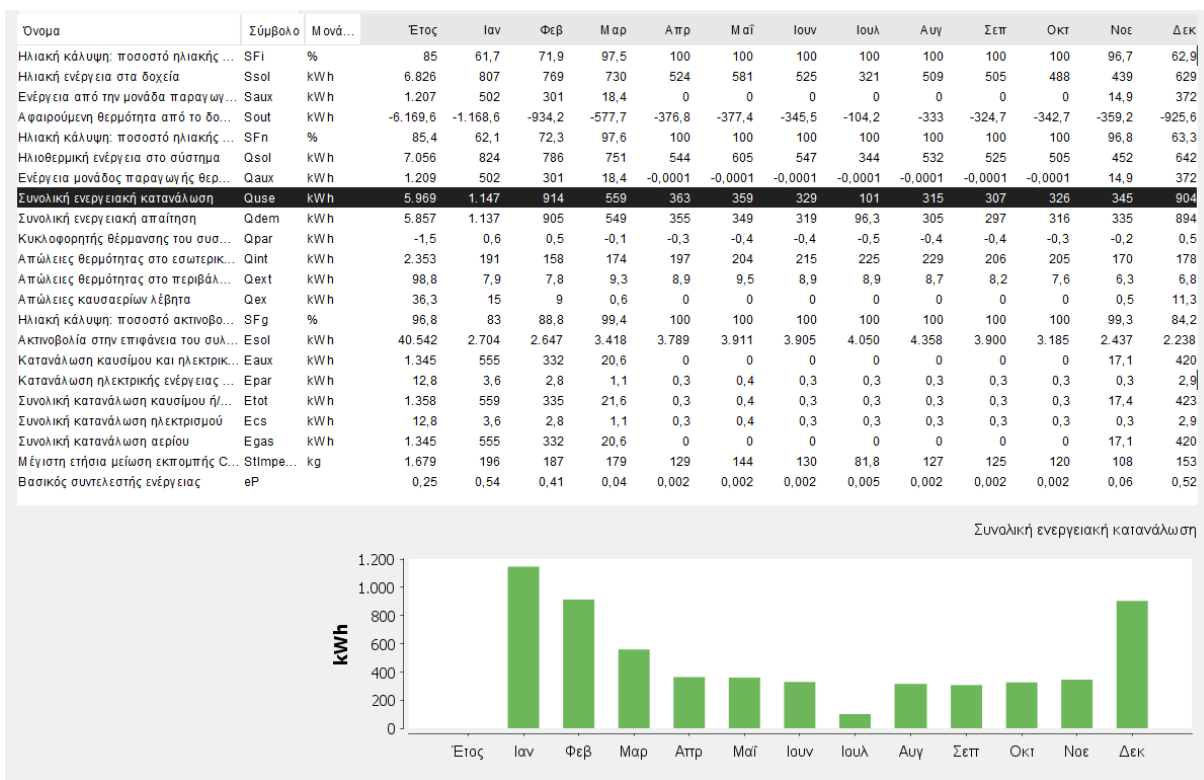
5.3 Αναλυτική Αναφορά του συστήματος

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τις μετρήσεις του συστήματος ως προς την απόδοσή του μηνιαία και ανά έτος, το ποσοστό ηλιακής του κάλυψης και ηλιακής του κατανάλωσης.

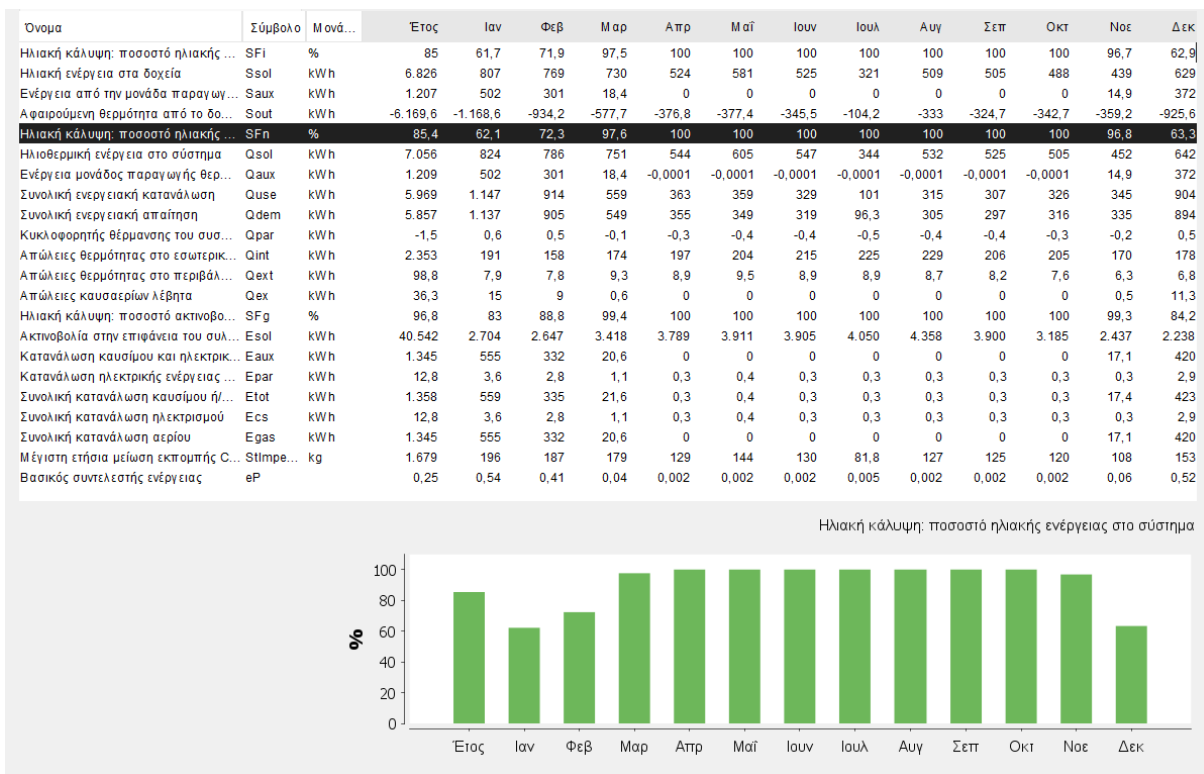


Σχήμα 5.7 : Ποσοστό Ηλιακής ενέργειας στο δοχείο ανά μήνα

Μελέτη Ευφυούς και Ενεργειακά Αποδοτικής Κατοικίας



Σχήμα 5.8 : Συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα



Σχήμα 5.9 : Ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα ανά μήνα

Παρουσίαση αποτελεσμάτων ηλιοθερμικής ενέργειας (ετήσιες τιμές)

Επιφάνεια συλλεκτών	27,3 m ²
Συνολική ηλιακή κάλυψη	89,8%
Ηλιακή κάλυψη σε ζεστό νερό [SFnHw]	95,2 %
Ηλιακή κάλυψη στην θέρμανση [SFnBd]	71,7 %
Συνολικό πεδίο απόδοσης συλλεκτών	7.622,1 kWh
Ενεργειακή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της συνολικής επιφάνειας του	279,2 kWh/m ² /Έτος
Ενεργειακή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της εσωτερικής επιφάνειας του	302,5 kWh/m ² /Έτος
Μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση καυσίμου	746,1 m ³ (gas): [Φυσικό αέριο H]
Μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας	7.833,6 kWh
Μέγιστη ετήσια μείωση εκπομπής CO ₂	1.814 kg

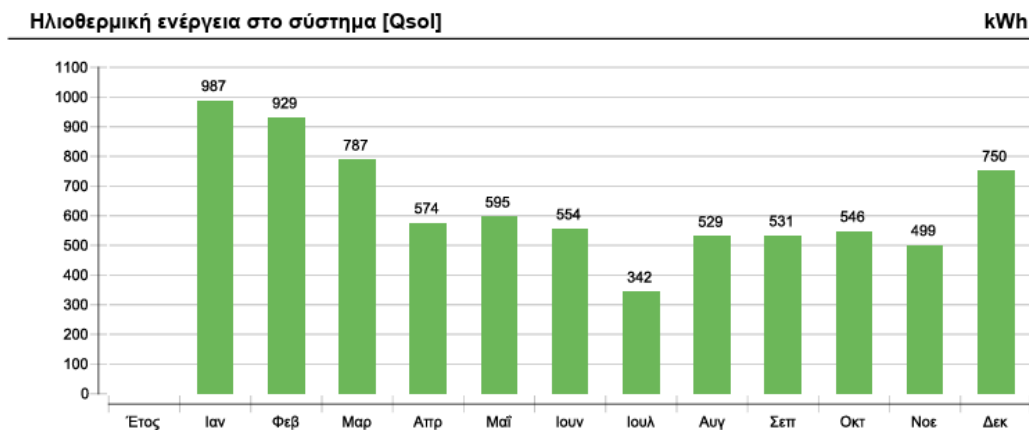
Σχήμα 5.10 : Αποτελέσματα Ηλιοθερμικής ενέργειας στο σύστημα

Στοιχείο θέρμανσης/ψύξης	Θέρμανση δαπέδου	
Ισχύς ανά στοιχείο θέρμανσης υπο κανονικές συνθήκες	W	1.000
Θερμοκρασία προσαγωγής υπό κανονικές συνθήκες	°C	40
Θερμοκρασία επιστροφής υπό κανονικές συνθήκες	°C	35
Τελική ενέργεια από/τις μονάδες θέρμανσης/ψύξης	kWh	2.072
Δοχείο αποθήκευσης Συνδυαστικό δοχείο	Hygiene stratified combi storage tank HSK-SLS 2200	
Όγκος	l	2.200
Ύψος	m	2,1
Υλικό		Ατσάλι
Μόνωση		Αφρός πολυεθανίου
Πάχος της μόνωσης	mm	100
Απώλειες θέρμανσης [Qhl]	kWh	1.510
Απώλειες σύνδεσης	kWh	545
Κυκλοφορητής Κύκλωμα θέρμανσης	Αντλία Eco, μεσαία	
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,013
Παροχή	l/h	1.079
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [Epar]	kWh	7,6
Κυκλοφορητής Κυκλοφορητής ηλιακού	Αντλία Eco, μικρή	
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,095
Παροχή	l/h	1.008
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [Epar]	kWh	4,3

Παρουσίαση εξαρτημάτων (ετήσιες τιμές)

Λέβητας	ecoTEC plus System 12 kW	
Ισχύς	kW	12
Συνολική απόδοση	%	89,6
Ενέργεια από/στο σύστημα [Q _{aux}]	kWh	863
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [E _{aux}]	kWh	964
Κατανάλωση καυσίμου του εφεδρικού λέβητα [B _{aux}]	m ³ (gas)	91,8
Ενεργειακή εξοικονόμηση ηλιοθερμικού	kWh	7.834
CO ₂ εξοικονόμηση ηλιοθερμικού	kg	1.814
Εξοικονόμηση καυσίμου ηλιοθερμικού	m ³ (gas)	746
Απώλειες εξόδου [Q _{ex}]	kWh	26
Συλλέκτης	powerSol 55	
Πηγή δεδομένων		TÜV Rheinland
Αριθμός συλλεκτών		5
Παράλληλες συστοιχίες		4
Συνολική επιφάνεια	m ²	27,3
Συνολική εσωτερική επιφάνεια	m ²	25,2
Απορροφητική επιφάνεια	m ²	25,2
Γωνία κλίσης (οριζόντια=0°, κάθετα=90°)	°	55
Προσανατολισμός (A=+90°, N=0°, Δ=-90°)	°	0
Ενεργειακή απόδοση συλλεκτών [Q _{sol}]	kWh	7.622
Ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλεκτή [E _{sol}]	kWh	43.848
Απόδοση συλλέκτη [Q _{sol} / E _{sol}]	%	17,4
Άμεση ακτινοβολία λαμβάνοντας υπόψη την γωνία πρόσπτωσης	kWh	24.803
Διαχεόμενη ακτινοβολία λαμβάνοντας υπόψη την γωνία πρόσπτωσης	kWh	14.145
Απαίτηση σε ζεστό νερό	Αιχμές στην διάρκεια της ημέρας	
Όγκος κατανάλωσης / καθημερινή κατανάλωση	l/d	282
Ρύθμιση θερμοκρασίας	°C	50
Απαίτηση ενέργειας [Q _{dem}]	kWh	3.771
Κτίριο	Μονοκατοικία, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	
Θερμαινόμενη/ψυχόμενη επιφάνεια	m ²	200
Ρύθμιση θερμοκρασίας δωματίου	°C	20,5
Απαίτηση για ενέργεια θέρμανσης εξαιρώντας το ζεστό νερό [Q _{dem}]	kWh	2.095
Καθορισμένη απαίτηση για ενέργεια θέρμανσης εξαιρώντας το ζεστό νερό [Q _{dem}]	kWh/m ²	10,5
Θερμικά κέρδη μέσω των παραθύρων	kWh	13.819
Συνολικές ενεργειακές απώλειες	kWh	21.738

Σχήμα 5.11 : Πληροφορίες εξαρτημάτων συστήματος



Σχήμα 5.12 : Ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα ανά μήνα

5.4 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο, υλοποιήσαμε το ίδιο σύστημα με την διαφορά ότι εδώ χρησιμοποιήσαμε 5 συλλέκτες με μεγαλύτερη επιφάνεια, στα 5m² με αποτέλεσμα η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια που θα καλύπτουν να είναι στα 27.3 m². Η αλλαγή αυτή έφερε διαφορές στην απόδοση του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας με το σχήμα 5.3 γίνεται μια σύγκριση στα ποσοστά της ηλιακής κάλυψης στα δύο συστήματα όπου αναγράφεται ότι το κύκλωμα με τους μεγαλύτερους συλλέκτες φέρει ποσοστό 89.8% εν αντιθέσει με τους μικρότερους που έχουν ποσοστό 85.4%. Στη συνέχεια, στο σχήμα 5.4 βρίσκουμε την ηλιοθερμική ενέργεια για τα συστήματα με το δεύτερο σύστημα να έχει απόδοση 7.622kWh και το πρώτο να έχει 7.056kWh. Επιπρόσθετα, βρήκαμε την καλύτερη δυνατή τοποθέτηση των συλλεκτών όπου από τον πίνακα 5.1 διαπιστώθηκε πως αυτή θα ήταν στις 55° συναρτήσει του κατακόρυφου άξονα. Στα σχήματα 5.5 και 5.6 γίνεται οικονομική ανάλυση του συστήματος και πιο συγκεκριμένα, η σύγκριση των δύο συστημάτων ως προς το κόστος παροχής ενέργειας για το δεύτερο σύστημα είναι 114.44 € και το απόλυτο κέρδος ανέρχεται σε -82.97 €. Έπειτα, στο κεφάλαιο 5.3 κάναμε μια αναλυτική αναφορά του συστήματος όπου διαπιστώθηκε από το σχήμα 5.7 ότι από τον Μάρτιο έως τον Νοέμβριο έχουμε 100% ηλιακή κάλυψη στο δοχείο, από το σχήμα 5.8 ότι η υψηλότερη συνολική ενεργειακή κατανάλωση γίνεται τον Ιανουάριο με ποσό που αγγίζει τις 5.969kWh, από το σχήμα 5.9 ότι το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας στο σύστημα είναι 100% για τους μήνες Απρίλιος έως Οκτώβριος και τέλος από το σχήμα 5.10 ότι η ηλιακή κάλυψη σε ζεστό νερό ετησίως είναι 95.2% και στην θέρμανση 71.7%. Τέλος, η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως είναι 7.833,6kWh όπου αν λάβουμε υπόψιν ότι η μέση τιμή της κιλοβατώρας ανέρχεται σε περίπου 0.14 €, αυτό μεταφράζεται σε 1.096,7 € και η μέγιστη ετήσια μείωση εκπομπής CO₂ είναι 1.814 kg. Το κόστος του ηλιοθερμικού αυτού συστήματος εκτιμάται σε περίπου 23.840 €.

Κεφάλαιο 6ο: Ενσωμάτωση έξυπνων συσκευών σε ένα σπίτι με ηλιοθερμικό σύστημα

6.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, θέλουμε να προτείνουμε μια σειρά από έξυπνες συσκευές οι οποίες θα βελτιώσουν την απόδοση, την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε ένα Smart Home με ηλιοθερμικό σύστημα, ώστε να δώσουμε στον πελάτη την πιο “smart” εμπειρία.

6.2 Έξυπνες συσκευές

- **Έξυπνος Θερμοστάτης** : Οι έξυπνοι θερμοστάτες επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο του συστήματος θέρμανσης, επιτρέποντας στους χρήστες να ορίζουν χρονοδιαγράμματα, να παρακολουθούν την κατανάλωση ενέργειας και να προσαρμόζουν τις ρυθμίσεις θερμοκρασίας εξ αποστάσεως μέσω εφαρμογών smartphone. Προτείνουμε τον έξυπνο θερμοστάτη χώρου Zigbee RDZ100ZB της εταιρίας Siemens ο οποίος μπορεί να ελέγχει τη θερμοκρασία του δωματίου, παρέχει επικοινωνία με το Hub του “Connected Home” μέσω δικτύου Zigbee και φέρει έλεγχο 2-θέσεων/TPI με έξοδο On/Off για τη θέρμανση. Έχει ενσωματωμένο ρελέ και περιλαμβάνει ανίχνευση ανοιχτού παραθύρου, αντιπαγετική προστασία, χρονοπρόγραμμα μέσω της εφαρμογής κινητών συσκευών “Connected Home” και ρυθμιζόμενες παραμέτρους ελέγχου και θέσης σε λειτουργία μέσω της εφαρμογής [54].



Σχήμα 6.1 : Έξυπνος Θερμοστάτης Siemens

- **Smart Wi-Fi Πρίζα** : Η συσκευή αυτή επιτρέπει τον χρήστη να ελέγχει και να αυτοματοποιεί εξ αποστάσεως την παροχή ρεύματος σε ηλεκτρικές συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτή. Περιλαμβάνει έλεγχο φωνής, προγραμματισμούς και χρονόμετρα και ενεργειακή παρακολούθηση. Προτείνουμε τον KP125M της εταιρίας tp-link, ο οποίος παρέχει όλα τα παραπάνω καθώς επίσης έχει συμπαγή σχεδίαση και ενεργοποιεί και απενεργοποιεί αυτόματα τις συσκευές σε διαφορετικές ώρες για να δώσει την ένδειξη ότι κάποιος είναι σπίτι [55].



Σχήμα 6.2 : Έξυπνη Πρίζα tp-link

- **Ασύρματος Κινητήρας Βάνας Θερμαντικού Σώματος :** Πρόκειται για μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ροής ζεστού νερού μέσω μεμονωμένων καλοριφέρ σε ένα σύστημα θέρμανσης. Πιο συγκεκριμένα επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει εξ αποστάσεως τη θερμοκρασία μεμονωμένων δωματίων ή ζωνών στο σπίτι χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή smartphone ή ένα σύστημα ελέγχου κεντρικής θέρμανσης. Ακόμη, επιτρέπει τον έλεγχο θέρμανσης βάσει ζώνης, επιτρέποντας τον χρήστη να χωρίσει το σπίτι του σε διαφορετικές ζώνες θέρμανσης και να ορίσει μεμονωμένα προγράμματα θερμοκρασίας για κάθε ζώνη. Επίσης, διαθέτει προγραμματιζόμενα χρονοδιαγράμματα, με τα οποία μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει προσαρμοσμένα προγράμματα θέρμανσης για κάθε δωμάτιο ή ζώνη χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες προγραμματισμού του κινητήρα έξυπνης βαλβίδας. Μια καλή επιλογή αποτελεί ο SSA911.02ZB της εταιρίας Siemens, ο οποίος περιλαμβάνει ασύρματο πρωτόκολλο Zigbee, οθόνη με interface χρήστη και αλγόριθμο τοπικού ελέγχου θερμοκρασίας [56].



Σχήμα 6.3 : Έξυπνη Βάνα Θερμαντικού Σώματος Siemens

- **Έξυπνοι Αισθητήρες :** Οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να τροφοδοτήσουν δεδομένα στο έξυπνο σπίτι βοηθώντας στη βελτιστοποίηση της παραγωγής θέρμανσης και ζεστού νερού με βάση τις συνθήκες σε πραγματικό χρόνο. Προτείνουμε τον TAPO T315 της εταιρίας tp-link, ο οποίος ανιχνεύει τη θερμοκρασία και την υγρασία σε πραγματικό χρόνο με μεγάλη ακρίβεια, συμβάλλει στον οικιακό αυτοματισμό ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας αυτόματα τα οικιακά ηλεκτρονικά όπως θερμάστρες, ανεμιστήρες και υγραντήρες για να εξοικονομηθεί ενέργεια. Επίσης, δίνει άμεσες ειδοποιήσεις εφαρμογής όταν οι συνθήκες βρίσκονται εκτός του προκαθορισμένου εύρους [57].



Σχήμα 6.4 : Έξυπνος Αισθητήρας Tp-Link

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα

Αυτή η Πτυχιακή έχει διερευνήσει τη διασταύρωση των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, με την τεχνολογία έξυπνου σπιτιού, δίνοντας έμφαση στις δυνατότητες βιώσιμης και αποδοτικής οικιακής διαβίωσης. Μέσα από μια ολοκληρωμένη ανάλυση των πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της βιομάζας, της αιολικής ενέργειας και της ηλιακής ενέργειας, σε συνδυασμό με μια εις βάθος εξέταση της υποδομής IoT και των εννοιών έξυπνης διαβίωσης, έχουν προκύψει αρκετές βασικές γνώσεις.

Πρώτον, η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την τεχνολογία έξυπνου σπιτιού υπόσχεται τεράστια μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ενίσχυση της άνεσης και μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρου και νερού σε κατοικίες, οι ιδιοκτήτες των κατοικιών μπορούν να μειώσουν σημαντικά την εξάρτησή τους από συμβατικές πηγές ενέργειας, ενώ απολαμβάνουν τα οφέλη της εξοικονόμησης κόστους και της περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Επιπλέον, η μελέτη των ηλιακών συλλεκτών έχει παράσχει πολύτιμες γνώσεις για την επιλογή, το σχεδιασμό και την εφαρμογή ηλιακών θερμικών συστημάτων προσαρμοσμένων για οικιακή χρήση. Η κατανόηση των πλεονεκτημάτων, των μειονεκτημάτων και των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων των διαφορετικών τύπων συλλεκτών είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

Η σχεδίαση ενεργειακά αποδοτικής κατοικίας με ηλιοθερμικό σύστημα που αποτελείται από επίπεδους συλλέκτες ηλιακής ενέργειας, προσφέρει μια ενεργειακά αποδοτική επιλογή για ένα σπίτι που μέσω του συστήματος αυτού θερμαίνεται μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μειώνοντας την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και αποκτώντας μια οικονομικότερη λύση θέρμανσης.

Τέλος, η μελέτη για έξυπνες συσκευές συμβατές με συστήματα ηλιακής ενέργειας έχει τονίσει τη σημασία της διαλειτουργικότητας και της απρόσκοπτης ενσωμάτωσης στο οικοσύστημα του έξυπνου σπιτιού. Επιλέγοντας και αναπτύσσοντας έξυπνες συσκευές στρατηγικά, οι ιδιοκτήτες σπιτιού μπορούν να δημιουργήσουν έξυπνα, διασυνδεδεμένα περιβάλλοντα που ενισχύουν την ευκολία, την άνεση και τη διαχείριση ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Wikipedia, “Energy”, 13 Jun. 2023. [Online]. Available <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1>
- [2] DGB GROUP , “The history and future of renewable sources”, 23 Jan. 2023.
- [3] Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals, “Renewable energy and sustainable development : a crucial review”, Ibrahim Dincer ,10 Feb. 1999.
- [4] Julia Ptasznik, *Energy and the challenge of Sustainability*, Suazion, Staten Island, NY: UNDP 2000.
- [5] ΕΚΕΤΑ, *Οδηγός στερεών βιοκαυσίμων και λεβήτων βιομάζας για εφαρμογές οικιακής θέρμανσης*, Αθήνα: 2014.
- [6] Mystafa Balat, Gunhan Ayar, “Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends”, 17 Aug. 2006.
- [7] Tony Bridgwater , “Review, Biomass for energy”, Bio-Energy Research Group, Aston University, Birmingham B4 7ET, UK, 23 Jun. 2006.
- [8] Antonio Molino, Simeone Chianese, Dino Musmarra, “ Biomass gasification technology: The state of the art overview”, Elsevier, Italy, 28 Nov. 2015.
- [9] Andrew Turgeon, Elizabeth Morse, “Biomass Energy”, National Geographic, 19 Oct. 2023.
- [10] Vaughn Nelson, "Wind Energy-Renewable Energy and the Environment", 2009.
- [11] Frede Blaabjerg, Fellow IEEE, Ke Ma, “Wind Energy Systmes”, IEEE, 16 May 2017.
- [12] “History of Windmills”, 2023. [Online]. Available: <http://www.historyofwindmills.com>
- [13] Vaughn Nelson, "Wind Energy-Renewable Energy and the Environment", 2009.
- [14] Britannica, “Windmill”, Editors of Encyclopedia Britannica, Nov 2023.
- [15] “How Do Wind Turbines Work?”, Office of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work>
- [16] Alternative Energy Tutorial, “Wind Turbine Design for Wind Power” [Online]. Available: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/wind-energy/wind-turbine-design.html>
- [17] Elliot Clark, "What is Wind Energy Conversion System (WECS)?" Dec 1, 2023
- [18] S. Ashok , “Solar Energy” , Britannica, 18 Nov. 2023.
- [19] U.S. Energy Information Administration, “Solar thermal power plants”, 25 April 2022.
- [20] SunLab SnapShot, “Solar Dish/Engine Systems”, April 1998.
- [21] Biljana L. Risteska Stojkoska, “A revie of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions”,1 Jan. 2017,
- [22] HDL, “How IoT and Smart Home Technology are Shaping Our Lives”, 28 Sep. 2021.

- [23] Vignesh Govindraj, Mithileysh Sathiyarayanan, Babangida Abubaka, “Customary Homes to Smart Homes using Internet of Things (IoT) and Mobile Application”, IEEE, 14 May 2018.
- [24] Min Li, Wendin Gu, Wei Chen, Yeshen He, Yannian Wu, Yiyinh Zhang, “Smart Home: Architecture, Technologies and Systems”, 11 May 2018.
- [25] Δημήτρης Διαμαντίδης, “Τί είναι το έξυπνο σπίτι;”, GreenAgenda, 23 Mar. 2017. [Online]. Available:<https://greenagenda.gr/%CF%84%CE%B9%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%BF%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9/>
- [26] Laurent Probst, Erica Monfardini, Laurent Frideres, Daniela Cedola, PwC Luxembourg, “Business Innovation Observatory, Smart Living, Smart construction products and processes”, European Union, Feb. 2014.
- [27] Branko Dvorsak, Juraj Havelka, Elena Mainardi, Tea Selic, Mario Tretinjak, “Smart Home Systems”, European Union
- [28] Mahmud Al-Qutayri, Jeedella Jeedella, “Integrated Wireless Technologies for Smart Homes Applications”, February 2010
- [29] Cathura Withanage, Rahul Ashok, Chau Yuen, Kevin Otto, “A Comparison of the Popular Home Automation Technologies”, IEEE, 2014
- [30] Carles Gomez, Josep Paradells, “Wireless Home Automation Networks: A survey of Architectures and Technologies”, Technical University of Catalonia, June 2010
- [31] Aravind Kailas, Valentina Cecchi, Arindam Mukherjee, “A Survey of Communications and Networking Technologies for Energy Management in Buildings and Home Automation” Department of Electrical and Computer Engineering, University of North Carolina, December 2011
- [32] Kinza Yasar, Sharon Shea, “What is a smart home?” , TechTarget, August 2023
- [33] Sumair Faisal Ahmed, Mohammad Khalid, Mahesh Vaka, Rashmi Walvekar, Arshid Numan, Abdul Khaliq Rasheed, Nabisab Mujawar Mubarak, “Recent progress in solar water heaters and solar collectors : A comprehensive review”, Oct. 2021.
- [34] S.C. Bhatia, “Solar thermal energy”, Advanced Renewable Energy Systems, 12 Dec. 2014.
- [35] Soteris A. Kalogirou, “Solar thermal collectors and applications”, Nicosia, Cyprus, 10 Feb. 2004.
- [36] Ibrahim Dincer, Muhammad F. Ezzat, “Solar Energy Production”, University of Ontario Institute of Technology, Oshawa, ON, Canada, 28 Feb. 2018.
- [37] Dinesh Mevadaa, Hitesh Panchal, Hagar Alm ElDinBastawissi, Medhat Elkelawy, Kishorkumar Sadashivuni, Deepalekshmi Ponnamma, Nishant Thakar and S. W. Sharshir, “Applications of evacuated tubes collector to harness the solar energy : a review”, Jun 2019.
- [38] M.A. Sabiha, R. Saidur, Saad Mekhilef, Omid Mahian, “Progress and latest developments of evacuated tube solar collectors”, 25 Jul 2015.
- [39] D. K. Patel, P. K. Brahmabhatt & Hitesh Panchal, “A review on Compound parabolic solar concentrator for sustainable development”, International Journal of Ambient Energy, 20 Apr 2017.
- [40] Faisal Masood, Mohammad Alam, Mujahid Ali, “Compound Parabolic Concentrator-Based Hybrid Solar Photovoltaic/Thermal Collectors”, Encyclopedia, 23 May 2022.

- [41] Salahuddin Qazi, “Solar Thermal Electricity and Solar Insolation”, Standalone Photovoltaic (PV) Systems for Disaster Relief and Remote Areas, 2017.
- [42] Pushkaraj D. Sonawane & V. K. Bupesh Raja, “An overview of concentrated solar energy and its applications”, International Journal of Ambient Energy, 7 Jul 2017.
- [43] Renewable Energy Industry Translations, “Types of Concentrated Solar Collectors and their Advantages and Disadvantages”, APT translations, 24 Oct 2019.
- [44] UtilitiesOne, “Solar Integration and Smart Homes creating an Energy-Efficient Future”, 28 Oct. 2023.
- [45] Bluetti, “Solar Energy and Smart Homes: Integrations and Features”. [Online]. Available : <https://bluettipower.com/blogs/news/solar-energy-and-smart-homes>
- [46] Vikram Aggarwal, Spencer Fields, “What are the environmental benefits of solar energy-and what are its impacts?”, Emily Walker, 2 Jan. 2019.
- [47] Simon, “8 Benefits of Solar Energy To The Environment”, Sustainability Success, 30 Dec. 2023.
- [48] Viessmann, “Technical Data Manual – Vitosol 200-FM”.
- [49] PlumbNation, “Vaillant ecoTEC Plus 412 Regular Natural Gas ErP 0010021223”. [Online]. Available : <https://www.plumbnation.co.uk/vaillant-ecotec-plus-412-regular-natural-gas-boiler-erp-250-14016>
- [50] Vaillant , “ecoTEC Plus 412, 415, 418, 424, 430 and 435”. [Online]. Available : <https://professional.vaillant.co.uk/for-installers/products/ecotec-plus-412-415-418-424-430-and-435-3328.html>
- [51] Solarbayer, “Hygienic stratification buffer tank HSK-SLS”. [Online]. Available : <https://www.solarbayer.de/de/produkte/speichertechnik/hygiene-schichtspeicher-hsk-sls/>
- [52] ANDRIANOS, “Ηλιακοί Ελεγκτές”. [Online]. Available : <https://www.andrianos.gr/gr/proionta/iliothermia/hliakoi-elegktes#resol>
- [53] ANDRIANOS, “Εξαρτήματα – Παρελκόμενα Ηλιακών Συστημάτων”. [Online]. Available : <https://www.andrianos.gr/gr/proionta/iliothermia/exarthmata-hliakwn-susthmatwn#vanes>
- [54] Siemens, “Θερμοστάτης χώρου Zigbee RDZ100ZB”. [Online]. Available : <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=GR&lang=el&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=S55772-T113>
- [55] Tp-Link, “Kasa Smart Wi-Fi Plug Slim, Energy Monitoring, KP125M”. [Online]. Available : <https://www.tp-link.com/us/home-networking/smart-plug/kp125m/>
- [56] Siemens, “Ασύρματος Κινητήρας Βάνας Θερμαντικού σώματος Zigbee, SSA911.02ZB”. [Online]. Available : <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=GR&lang=el&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=S55181-A105>
- [57] Tp-Link, “Smart Temperature & Humidity Monitor Tapo T315”. [Online]. Available : <https://www.tp-link.com/us/smart-home/smart-sensor/tapo-t315/>

